관리번호

사본번호

서울제물포터널 민간투자사업 건설공사

구 조 계 산 서

[국회대로지하차도 및 상부공원화(1단계-중첩구간) [변경] 실시설계]

- 1구간 - [토목분야] 3/3권

2021. 04.

서울터널주식회사

관 리 번 호

사 본 번 호

국회대로지하차도 및 상부공원화(1단계-중첩구간) (변경)실시설계

구 조 계 산 서

[III]

2021. 04.

서울특별시

목 차

I 권

제 1장 지하차도 1-1

1.1 접속슬래브 1-3

1.2 U1~U3(STA.0+285.0) 1-11

1.3 U4~U5(STA.0+325.0) 1-97

1.4 U6(STA.0+345.0) 1-181

1.5 U7(STA.0+365.0) 1-265

1.6 U8(STA.0+385.0) 1-359

1.7 U9~U10(STA.0+425.0) 1-465

1.8 U11(STA.0+445.0) 1-563

1.9 U12(STA.0+465.0) 1-373

1.10 U13(STA.0+485.0) 1-885

1.11 B1(STA.0+510.0) 1-1101

1.12 B2(STA.0+540.0) 1-1281

1.13 B3(STA.0+580.0) 1-1471

1.14 B4(STA.0+620.0) 1-1667

1.15 B5(STA.0+660.0) 1841

II 권

제 1장 지하차도 2-1

1.16 B6(STA.0+679, 본선) 2-3

1.17 B6-1(STA.0+700, 본선) 2-163

1.18 B6-1(STA.0+700.0, 램프) 2-347

1.19 B7(STA.0+740.0, 본선) 2-471

1.20 B7(STA.0+740.0, 램프) 2-655

1.21 B8(STA.0+780.0, 본선) 2-657

1.22 B8(STA.0+780.0, 램프) 2-959

1.23 차량용 피난연결통로 2-1081

1.24 대인용 피난연결통로 2-1191

1.25 개구부 보강거더 2-1355

1.26 부반력 앵커 2-1383

1.27 풍도슬래브 및 브라켓 2-1481

II 권

제 2장 집수정 2-1607

2.1 집수정 단면 2-1609

2.2 점검통로 단면 A-A 2-1805

2.3 점검통로 단면 C-C 2-1921

2.4 점검통로 단면 D-D 2-1949

2.5 점검통로 단면 E-E 2-2067

2.6 점검통로 단면 F-F 2-2095

2.7 보강거더 #1,#2 2-2123

2.8 보강거더 #3,#4 2-2135

2.9 보강거더 #5,#6 2-2147

2.10 집수정 마감벽 2-2159

2.11 집수정 점검통로 마감벽 #1 2-2203

2.12 집수정 점검통로 마감벽 #2 2-2237

2.13 집수정 점검통로 마감벽 #3 2-2271

2.14 내부계단 및 월류벽 2-2301

III권

제 3장 가시설공

3-1 1차시공가시설 3-1

3-1.1 TYPE-01(STA.0+224.0 ~ 0+324.0) 3-3

3-1.2 TYPE-02(STA.0+324.0 ~ 0+362.0) 3-33

3-1.3 TYPE-03(STA.0+362.0 ~ 0+382.0) 3-91

3-1.4 TYPE-04(STA.0+382.0 ~ 0+443.5) 3-143

3-1.5 TYPE-05(STA.0+443.5 ~ 0+463.0) 3-197

3-1.6 TYPE-06(STA.0+463.0 ~ 0+484.5) 3-251

3-1.7 TYPE-07(STA.0+484.5 ~ 0+509.5) 3-315

3-1.8 TYPE-08(STA.0+509.5 ~ 0+539.5) 3-375

3-1.9 TYPE-09(STA.0+539.5 ~ 0+560.0) 3-451

3-1.10 TYPE-10(STA.0+560.0 ~ 0+580.0) 3-527

3-1.11 TYPE-11(STA.0+580.0 ~ 0+600.0) 3-607

3-1.12 TYPE-12~12-1(STA.0+600.0 ~ 0+619.0) 3-689

3-1.13 TYPE-13(STA.0+619.0 ~ 0+625.0) 3-869

3-1.14 TYPE-13-1(STA.0+625.0 ~ 0+632.2) 3-963

3-1.15 TYPE-13-2(STA.0+632.2 ~ 0+644.5) 3-1041

3-1.16 TYPE-14(STA.0+644.5 ~ 0+657.5) 3-1137

3-1.17 TYPE-15(STA.0+657.5 ~ 0+683.5) 3-1229

3-1.18 TYPE-16(STA.0+683.5 ~ 0+701.0) 3-1335

3-1.19 TYPE-17(STA.0+701.0 ~ 0+720.0) 3-1469

3-1.20 TYPE-18(좌,우)(STA.0+720.0 ~ 0+737.0) 3-1577

3-1.21 TYPE-19(STA.0+737.0 ~ 0+751.5) 3-1797

3-1.22 TYPE-20(STA.0+751.5 ~ 0+769.5) 3-1917

3-1.23 TYPE-21(STA.0+769.5 ~ 0+780.15) 3-2037

3-1.24 TYPE-21(갱문-사버팀보) 3-2163

3-1.25 TYPE-막이벽 3-2297

III권

제 3장 가시설공 3-2361

3-2 2차시공가시설 3-2361

3-2.1 TYPE-16(STA.0+683.5 ~ 0+701.0) 3-2363

3-2.2 TYPE-17(STA.0+701.0 ~ 0+720.0) 3-2389

3-2.3 TYPE-18(STA.0+720.0 ~ 0+737.7) 3-2437

3-2.4 TYPE-19(STA.0+737.7 ~ 0+751.5) 3-2479

3-2.5 TYPE-20(STA.0+751.5 ~ 0+769.5) 3-2521

3-2.6 TYPE-21(STA.0+769.5 ~ 0+780.150) 3-2563

3-3 광역상수관 매달기 3-2605

3-3.1 A.상수관매달기(지간4.0m) 3-2607

3-3.2 A.상수관매달기(지간4.5m) 3-2615

3-3.3 B.상수관매달기(곡관보호공) 3-2623

제 4장 수리계산서 3-2631

4.1 집수정 용량 계산서 3-2633

4.2 초기우수처리시설 용량 계산서 3-2641

제3장 가시설공

3-1 1차시공가시설
3-1.1 TYPE-01
3-1.2 TYPE-02
3-1.3 TYPE-03
3-1.4 TYPE-04
3-1.5 TYPE-05
3-1.6 TYPE-06
3-1.7 TYPE-07
3-1.8 TYPE-08
3-1.9 TYPE-09
3-1.10 TYPE-10
3-1.11 TYPE-11
3-1.12 TYPE-12~12-1
3-1.13 TYPE-13
3-1.14 TYPE-13-1
3-1.15 TYPE-13-2
3-1.16 TYPE-14
3-1.17 TYPE-15
3-1.18 TYPE-16
3-1.19 TYPE-17
3-1.20 TYPE-18(좌,우)
3-1.21 TYPE-19
3-1.22 TYPE-20
3-1.23 TYPE-21
3-1.24 TYPE-21(갱문-사버팀보)
3-1.25 TYPE-막이벽

3-1.1 TYPE-01

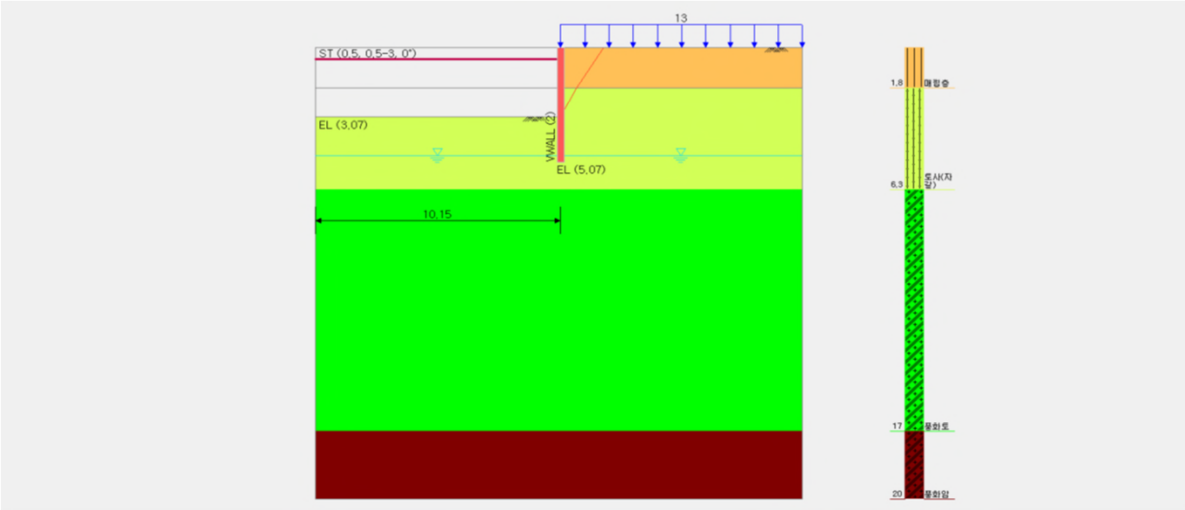
(STA.0+224.0~0+324.0)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.지보재 설계
4.1 Strut 설계 (Strut-1)
5.띠장 설계
5.1 Strut-1 띠장 설계
6.측면말뚝 설계
6.1 흙막이벽(우)
7.중간말뚝 설계
8. 흙막이 벽체 설계
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 3.07m)
9.전산 입력 정보
10.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 P 406.4x9	0.50	휨응력	65.528	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	29.879	104.404	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	4.760	88.910	O.K		

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.50	휨응력	40.856	142.373	O.K	
		전단응력	29.053	90.000	O.K	

2.3 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	34.249	146.506	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	4.829	155.623	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	29.800	90.000	O.K	지지력	O.K

2.4 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	압축응력	1.016	136.539	O.K	지지력	O.K

2.5 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 3.07	휨응력	145.044	303.750	O.K		
		압축응력	140.483	262.992	O.K		
		전단응력	37.934	174.375	O.K		

2.6 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS3 : 굴착 3.07 m	3.930	6.140	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 2.00m

다. 지보재

Strut - P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SS400)	2.00m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

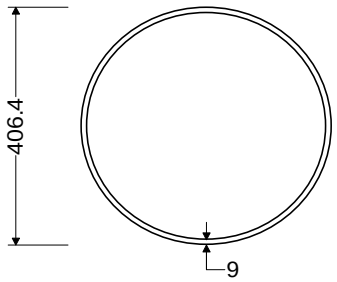
4.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 10.700 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 71.907 kN/m ---> Strut-1 (CS4 : Peck)
= 71.907 x 3.00 / 1 단
= 215.722 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 215.722 + 120.0 = 335.722 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 10.700 x 10.700 / 8 / 1 단
= 71.556 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 10.700 / 2 / 1 단
= 26.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 71.556 x 1000000 / 1092000.0 = 65.528 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 335.722 x 1000 / 11236.2 = 29.879 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{26.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 4.760 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.137 x 9)
= 19.851 ---> $r/(\alpha t) \le 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.137

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (95.406 - -35.649) / 95.406
= 1.374 ($0 \le \Phi \le 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 10700 / 140.5

76.157 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (76.157 − 18.6))

= 104.404 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 104.404 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (76.157)^2

= 232.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 104.404 MPa > f_c = 29.879 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 65.528 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 4.760 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{29.879}{104.404} + \frac{65.528}{157.500 \times (1 - (29.879 / 232.766))}$

= 0.764 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 29.879 + \frac{65.528}{1 - (29.879 / 232.766)}$

= 105.056 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.764 , 0.667)

= 0.764 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{95.406}{104.404} + \left\{ \frac{4.760}{88.910} \right\}^2$

$= 0.917 < 1.0$ ---> O.K

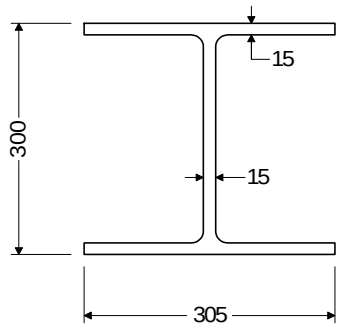
5.띠장 설계

5.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

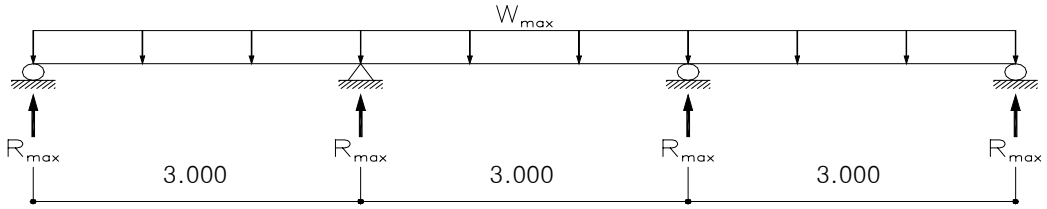
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



R_{max} = 71.907 kN/m ---> Strut-1 (CS4 : Peck)

P = 71.907 × 3.00 m / 1 ea = 215.722 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 215.722 / (11 × 3.000)
= 65.370 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 65.370 × 3.000^2 / 10
= 58.833 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 65.370 × 3.000 / 10
= 117.667 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 58.833 x 1000000 / 1440000.0 = 40.856 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 117.667 x 1000 / 4050 = 29.053 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (40.856 + 40.856) / 40.856

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 40.856 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 29.053 MPa ---> O.K

6.측면말뚝 설계

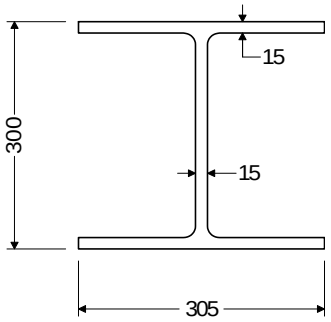
6.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 2.000 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 0.000 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 0.000 kN

다. 측면말뚝 자중 = 5.900 kN

라. 버팀보 자중 = 7.100 kN

마. 띠장 자중 = 2.100 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 2.000 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 65.100 kN

최대모멘트, M_{max} = 24.659 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS3 : 굴착 3.07 m)

최대전단력, S_{max} = 60.344 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS4 : Peck)

▶ Pmax = 65.100 kN

▶ Mmax = 24.659 × 2.000 = 49.319 kN·m

▶ Smax = 60.344 × 2.000 = 120.688 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 49.319 x 1000000 / 1440000.0 = 34.249 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 65.100 x 1000 / 13480 = 4.829 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 120.688 x 1000 / 4050 = 29.800 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.225

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (39.079 − −29.420) / 39.079

= 1.753

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 2600 / 126

20.635 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (20.635 − 18.6))

= 155.623 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 155.623 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2600 / 305

= 8.525 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.525 − 4.6))

= 146.506 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 146.506 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (20.635)^2

= 3170.503 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 155.623 MPa > f_c = 4.829 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 146.506 MPa > f_b = 34.249 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 29.800 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{4.829}{155.623} + \frac{34.249}{146.506 \times (1 - (4.829 / 3170.503))}$$

$$= 0.265 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 4.829 + \frac{34.249}{1 - (4.829 / 3170.503)}$$

$$= 39.131 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.265 , 0.248)

= 0.265 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 3.9 mm ---> 흙막이벽(우) (CS3 : 굴착 3.07 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 3.070 x 1000 x 0.002 = 6.140 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 65.10 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	15	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	13	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	8	
L_s(모래층 중의 길이)	=	2.000	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	1.500	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 15 x 0.0915 + 0.2 x 13 x 1.210 x 2.000

+ 0.5 x 8 x 1.210 x 1.500

= 47.865 tonf

= 469.39 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 469.39 / 2.0

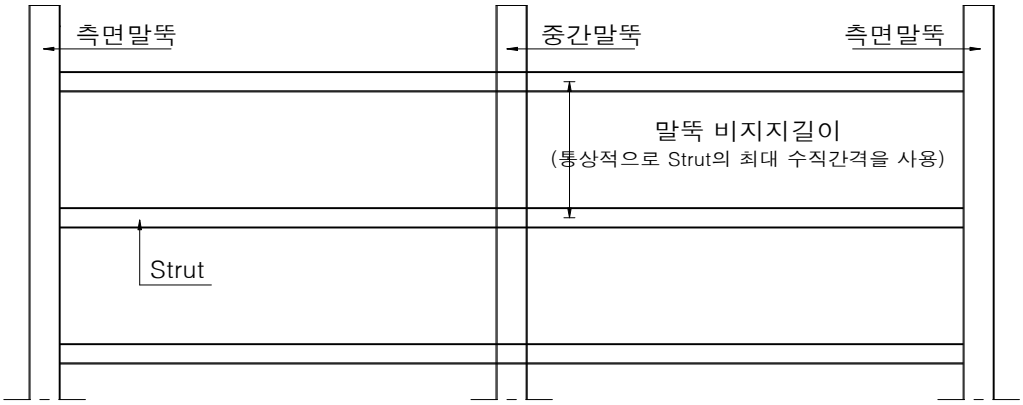
= 234.695 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7.중간말뚝 설계

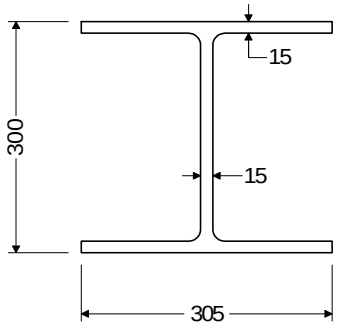
7.1 설계제원

가. PILE 설치간격 : 3.00 m



나. 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



7.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 13.700 kN

(2) 버팀보 자중 = 0.000 kN

(3) ㄷ형강 자중 = 0.000 kN

$\sum P_s$ = 13.700 kN

나. 단면력 산정

(1) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_s$ = 13.700 kN

7.3 작용응력 및 허용응력 검토

가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑P / A = 13.700 x 1000 / 13480 = 1.016 MPa

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.000

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (1.016 − 1.016) / 1.016

= 0.000

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 3000 / 126

23.810 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (23.810 − 18.6))

= 152.694 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 152.694 MPa

L_y / R_y = 3000 / 72.6

41.322 ---> 18.6 < Ly/Ry ≤ 92.8 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (41.322 − 18.6))

= 136.539 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 136.539 MPa

∴ f_{cag} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 136.539 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 136.539 MPa > f_c = 1.016 MPa ---> O.K

7.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 13.70 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = 25·N·A_p + 0.2·N_s·U·L_s + 0.5·N_c·U·L_c(선굴착 최종경타 공법)

여기서, N(선단의 N치) = 40

N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 21

N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0

L_s(모래층 중의 길이) = 9.000 m

L_c(점토층 중의 길이) = 0.000 m

A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2

U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 21 x 1.210 x 9.000
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000
= 137.238 tonf
= 1345.85 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1345.85 / 2.0
= 672.923 kN

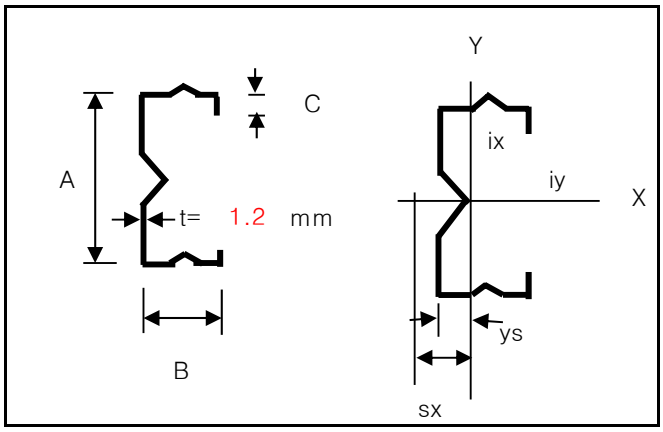
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

8. 흙막이 벽체 설계

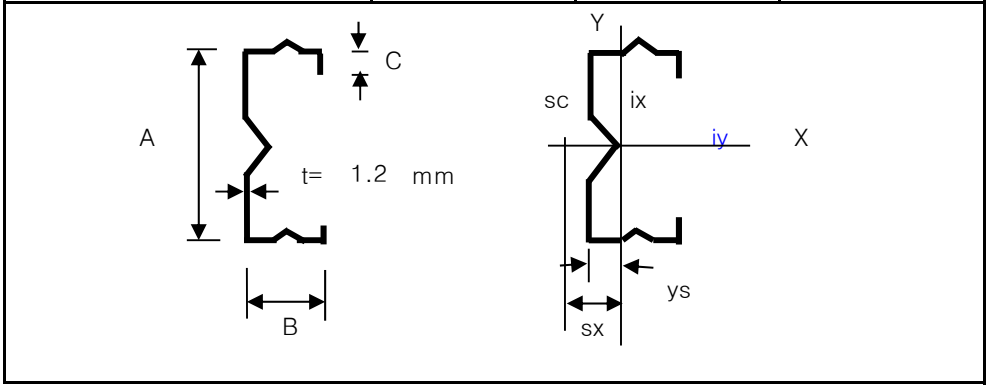
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 3.07m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	2000.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	263.0
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

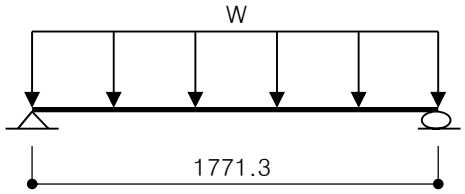
설계지간 (L) = 2000.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1771.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0501 MPa ---> (CS4 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 50.1 kN/m^2 x 0.2000 m = 10.0 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 10.0 x 1.77^2 / 8 = 3.9 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 10.0 x 1.77 / 2 = 8.9 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3930700 / 27,100 = 145.04 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3930700 / 27,980 = 140.48 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 8877 / 234 = 37.93 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,771 / 200 − 3.4) }

= 262.992 MPa

여기서, ℓ = 1,771 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 8.856 이므로,

∴ f_{ba} = 262.992 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 145.04 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 140.48 MPa < f_{ba} = 262.99 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 37.93 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

9. 탄소성 입력 데이터

9.1 해석종류 : 탄소성보법

9.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

9.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 10 m, 굴착폭 = 10.15 m, 최대굴착깊이 = 3.07 m, 전모델높이 = 20 m

9.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.80	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(자갈)	6.30	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
3	풍화토	17.00	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00
4	풍화암	20.00	21.00	22.00	30.00	33.00	10	-	34000.00

9.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SS400	5.07	2

9.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	P 406.4x9	SS400	0.5	3	10.7	150	1

9.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

9.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 3.07 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.00	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.07	-	-	-	-	-	-	X	X
4	3.07	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

10. 해석 결과
10.1 전산 해석결과 집계

10.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1 m	1.00	8.42	1.4	-6.22	3.9	1.11	0.0	-10.86	2.2
CS2 : 생성 Strut-1	1.00	8.36	0.5	-40.85	0.5	8.81	2.2	-4.18	0.5
CS3 : 굴착 3.07 m	3.07	15.50	3.5	-55.44	0.5	24.66	2.2	-4.18	0.5
CS4 : Peck	3.07	14.54	3.5	-60.34	0.5	23.53	2.2	-5.78	0.5
TOTAL		15.50	3.5	-60.34	0.5	24.66	2.2	-10.86	2.2

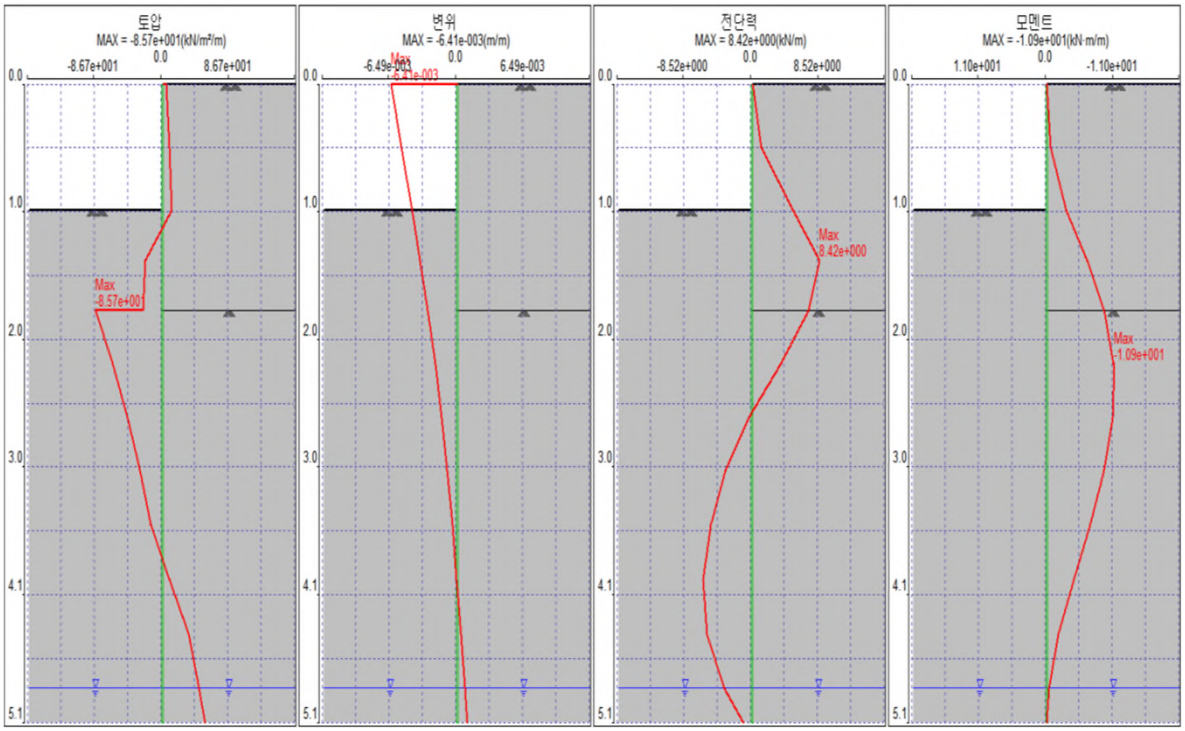
10.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

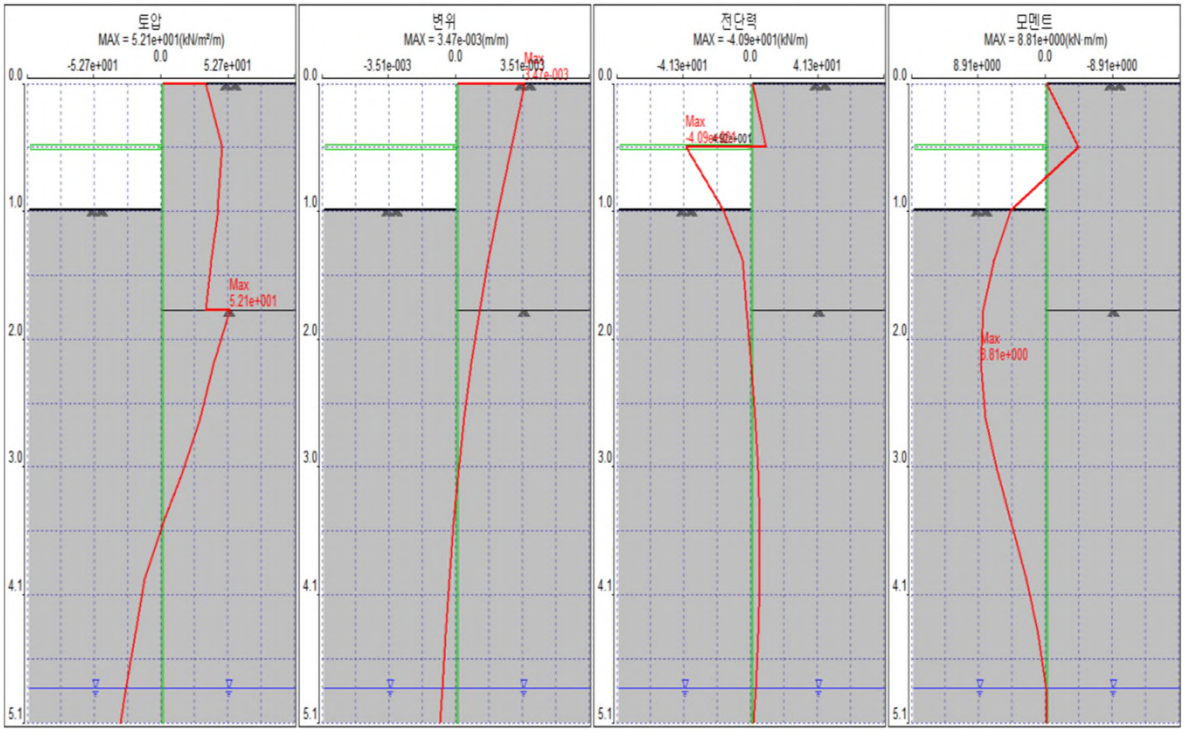
시공단계	굴착 깊이	Strut-1				
		0.5 (m)				
CS1 : 굴착 1 m	1.00	-				
CS2 : 생성 Strut-1	1.00	49.21				
CS3 : 굴착 3.07 m	3.07	63.81				
CS4 : Peck	3.07	71.91				
TOTAL		71.91				

10.2 시공단계별 단면력도

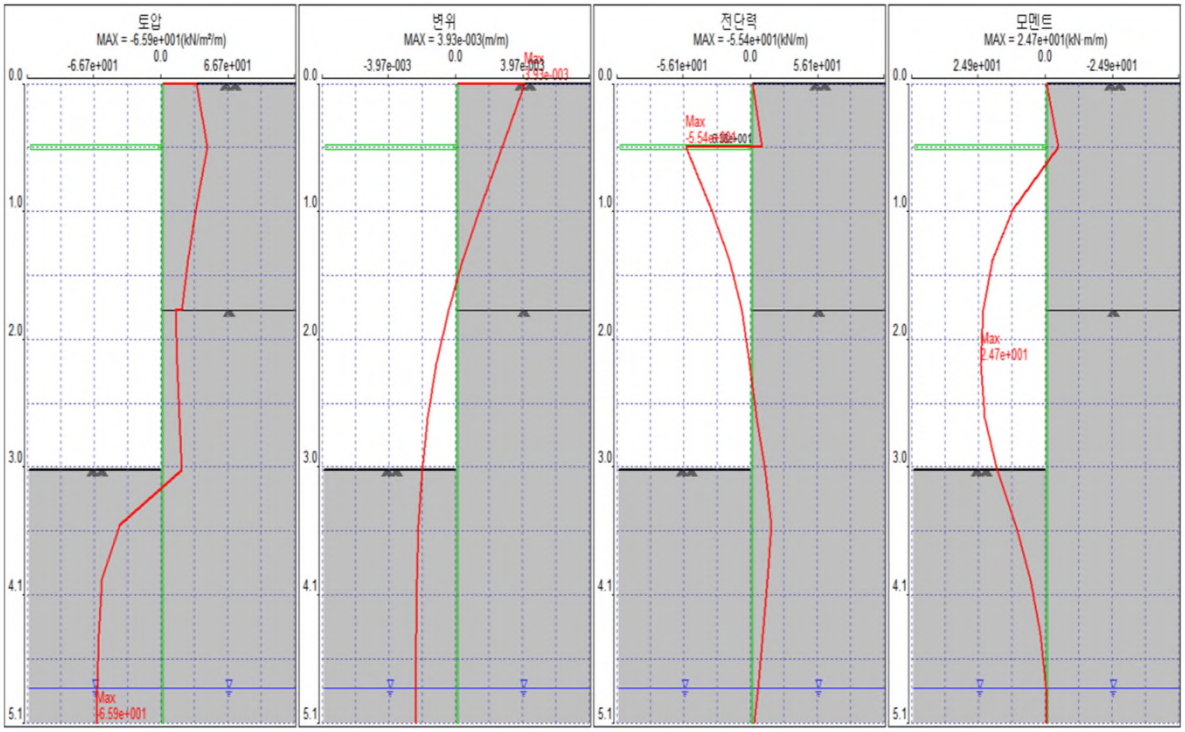
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1 m]



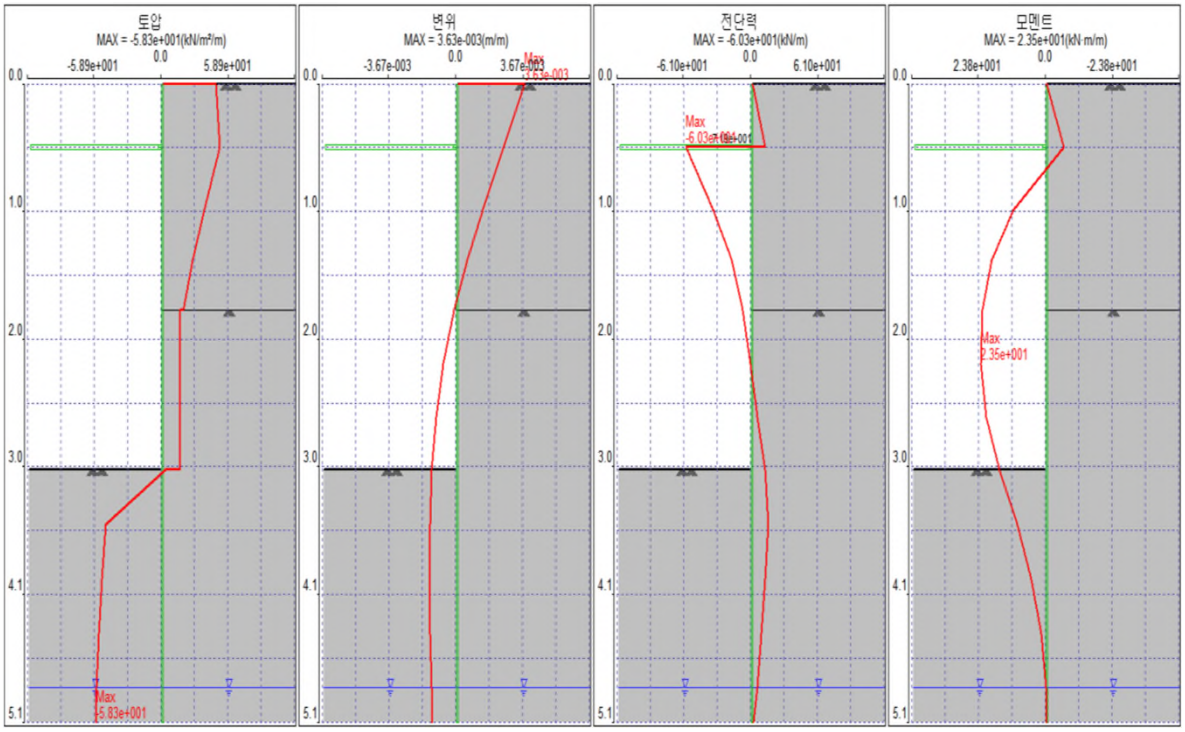
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



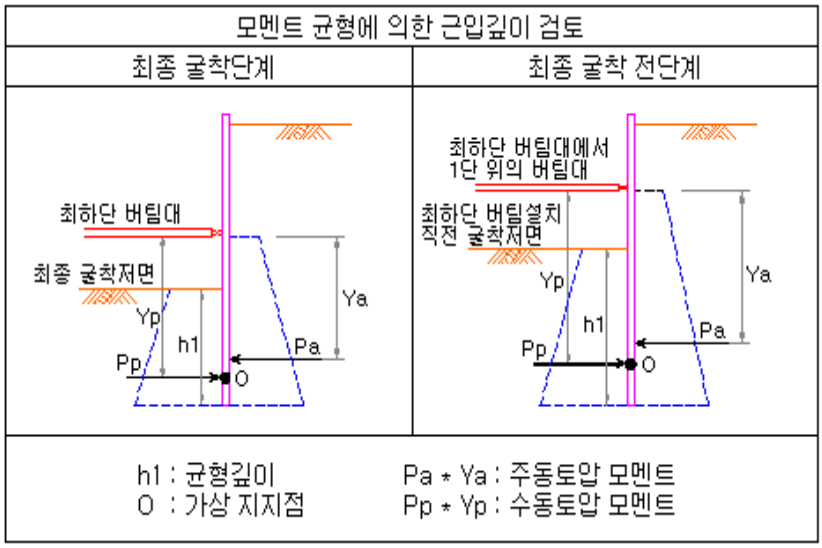
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.07 m]



4) 시공 4 단계 [CS4 : Peck]



10.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.176	2.000	109.832	344.462	3.136	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.817	4.070	91.291	1312.798	14.380	1.200	OK

10.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.5 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 82.963 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.254 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1.602 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.614 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (82.963 x 1.254) + (1.602 x 3.614) = 109.832 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 88.233 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.904 m

Mp = (Pp x Yp) = (88.233 x 3.904) = 344.462 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 344.462 / 109.832 = 3.136

S.F. = 3.136 > 1.2 ... OK

10.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL - m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 17.18 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.572 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 24.401 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.339 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (17.18 x 0.572) + (24.401 x 3.339) = 91.291 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 349.529 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.756 m

Mp = (Pp x Yp) = (349.529 x 3.756) = 1312.798 kN · m

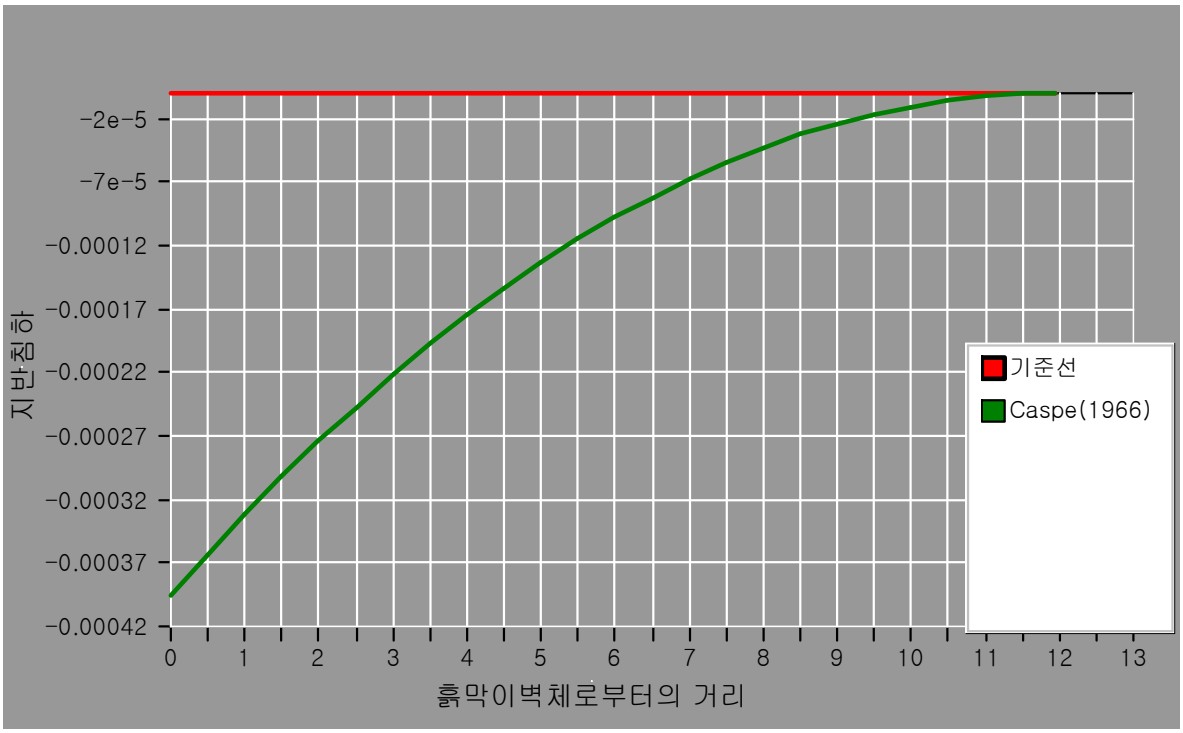
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1312.798 / 91.291 = 14.38

S.F. = 14.38 > 1.2 ... OK

10.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



10.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.001 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20.3 m, Hw = 3.07 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 29.723 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20.3 x tan(45 + 29.723/2) = 17.483 m

Ht = Hp + Hw = 17.483 + 3.07 = 20.553 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 20.553 x tan(45-29.723/2) = 11.932 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.001 / 11.932 = -3.959e-004 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -3.959e-004 x ((11.932 - Xi) / 11.932)^2

3-1.2 TYPE-02

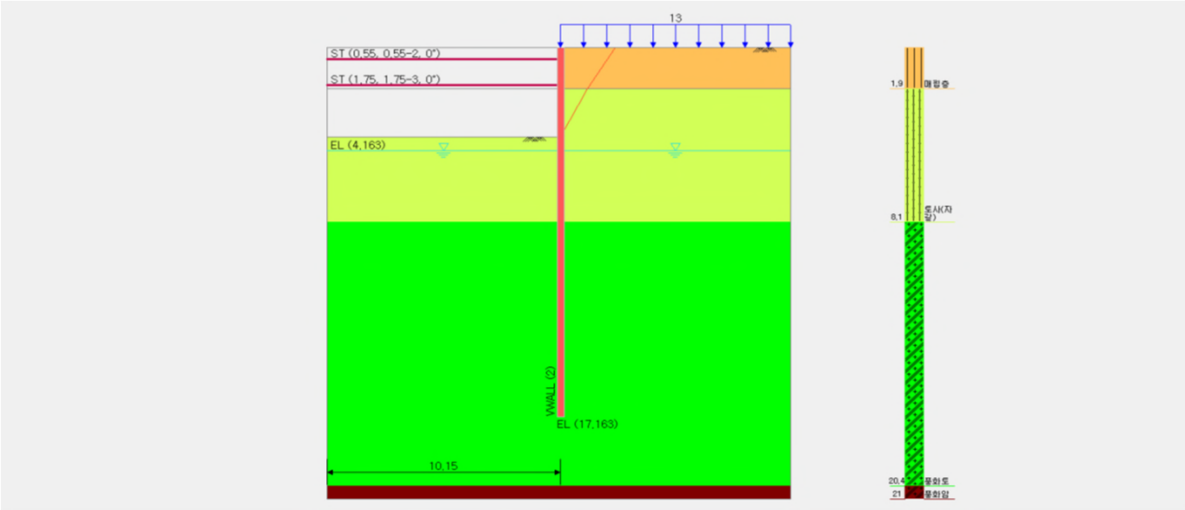
(STA.0+324.0~0+362.0)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 4.16m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (1.75, 1.75-3, 0°)
EL (4.163)
WALL (2)
EL (17.163)
10.15
1.9
0.1
20.4
21

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	124.392	152.017	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.456	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	5.017	106.891	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	6.413	80.553	O.K		
		전단응력	2.006	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	1.75	휨응력	36.630	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	27.689	122.132	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.559	88.910	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	4.974	152.017	O.K	
		전단응력	3.537	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	1.75	휨응력	38.326	142.373	O.K	
		전단응력	38.610	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	36.020	145.588	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	32.367	154.891	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	18.932	90.000	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	74.063	142.832	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.493	136.539	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 4.16	휨응력	71.847	303.750	O.K		
		압축응력	69.587	262.992	O.K		
		전단응력	18.791	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS2 : 생성 Strut-1	5.968	8.326	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 2.00m

다. 지보재

Strut - H 700x300x13/24 수평간격 : 2.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SS400)	2.00m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%
종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

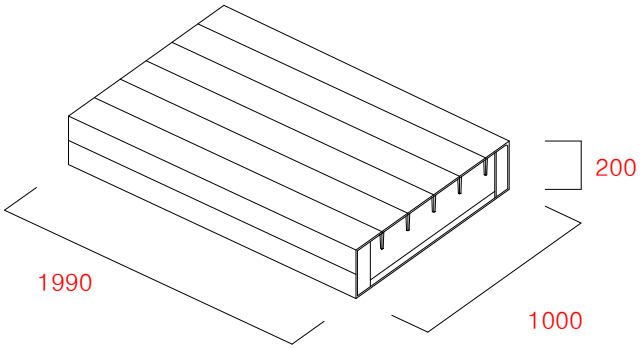
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

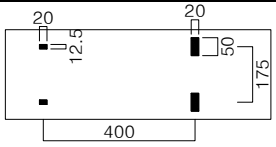
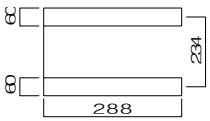
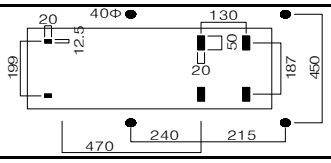
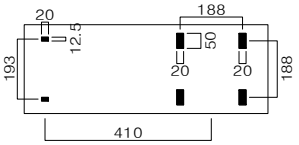
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (㎝)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

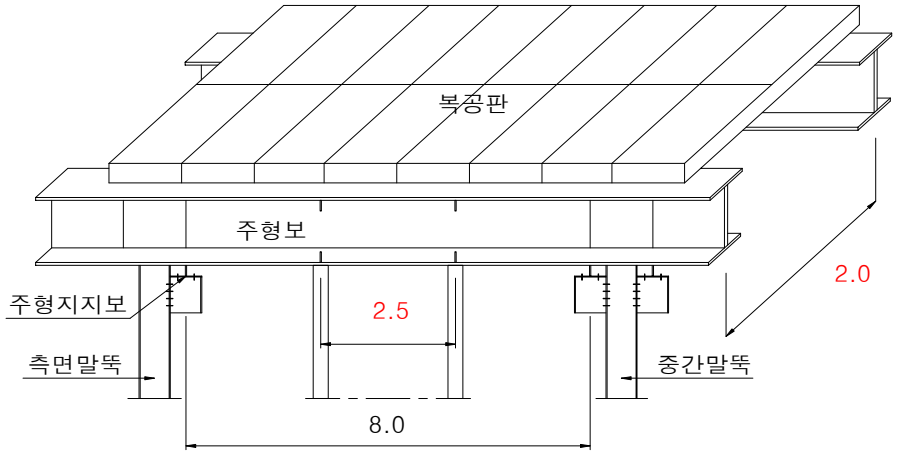
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

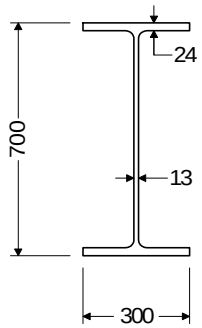
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)$

$= 0.313 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

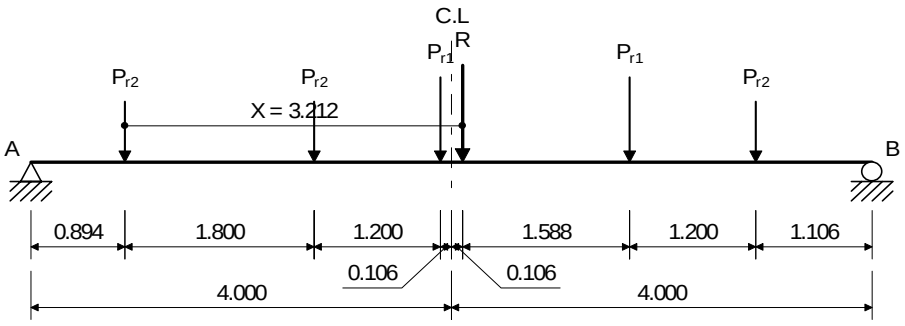
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

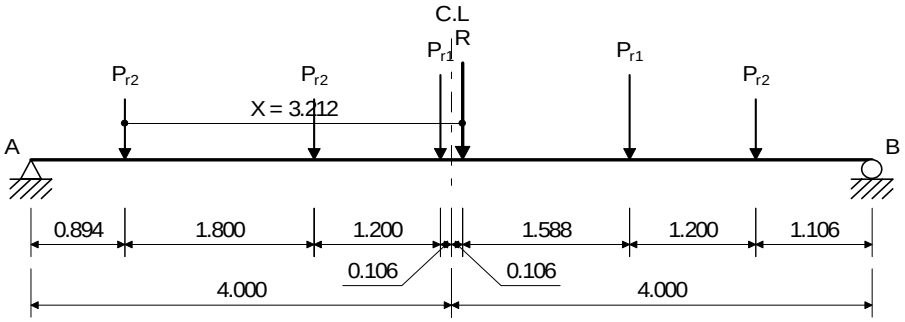
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) /

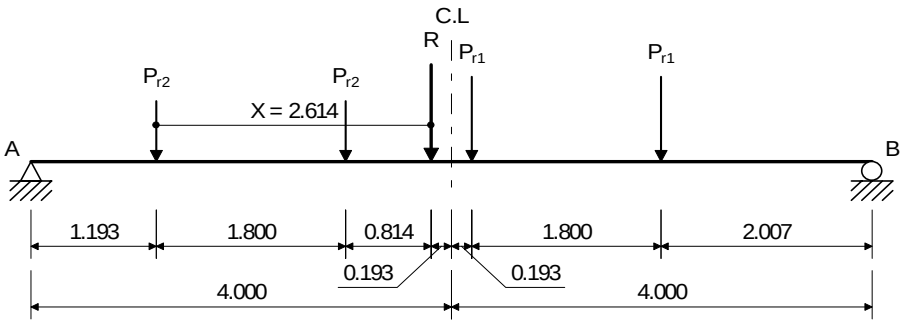
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2

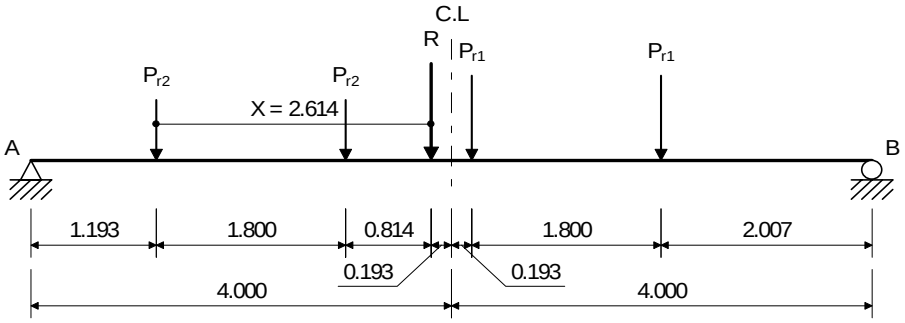
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800

= 2.614 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L

= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000

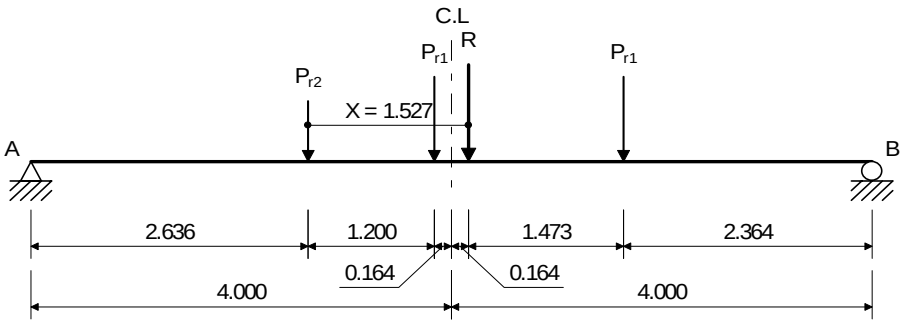
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

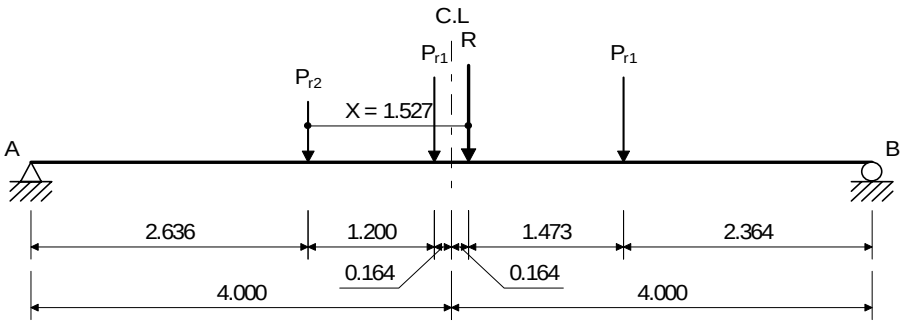


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

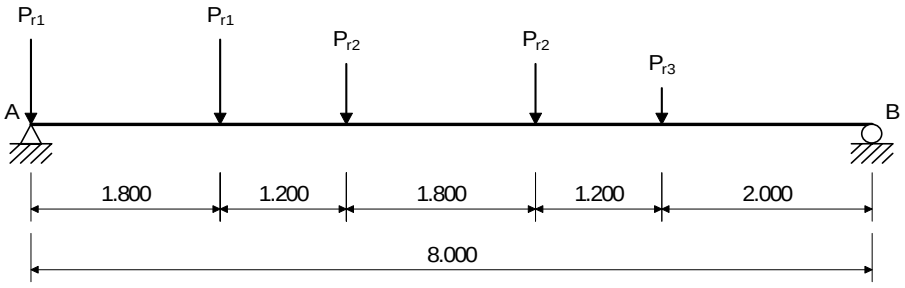


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L

= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) /

= 335.010 kN

S_l = 335.010 x 1.00 = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 470.972 / (8.00 \times 8.00) = 58.871$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 58.871 \times 8000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 7.439$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

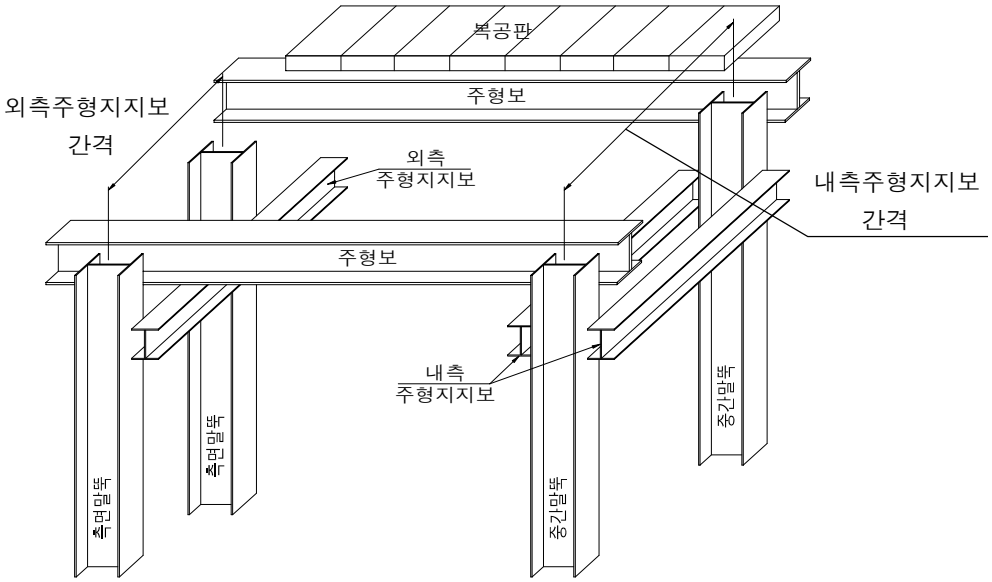
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

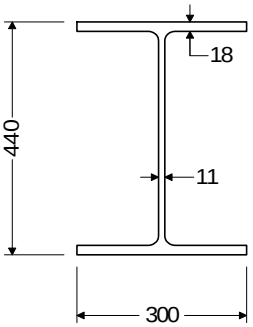
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

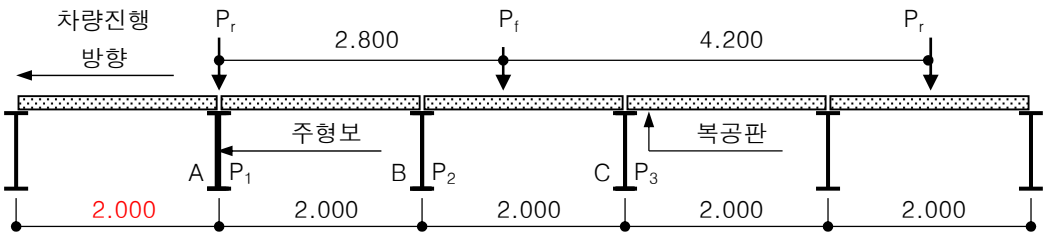


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



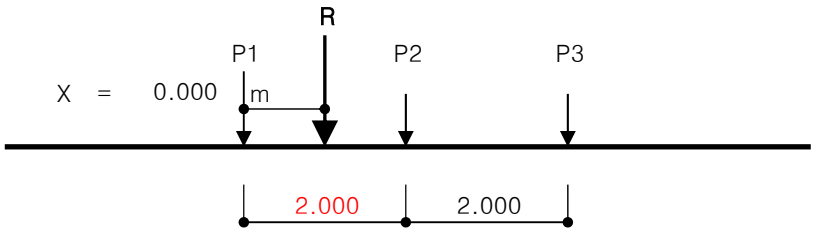
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

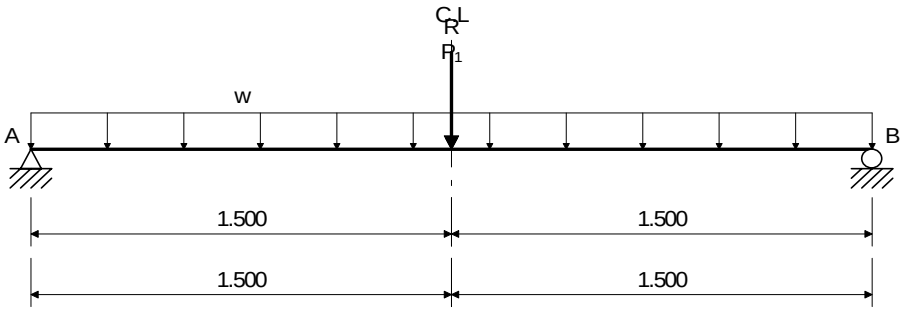


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

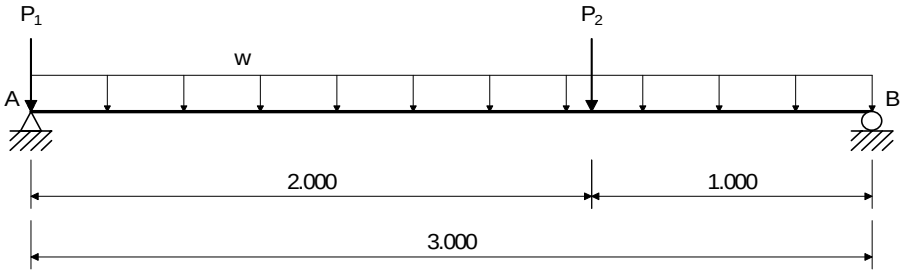
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (357.210 \times 1.500) / 3.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 269.271$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

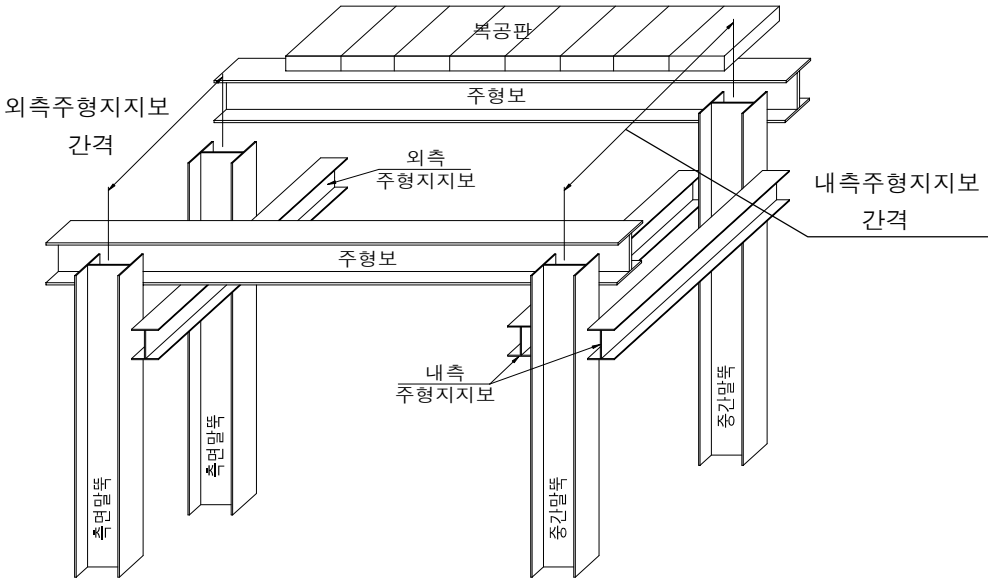
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

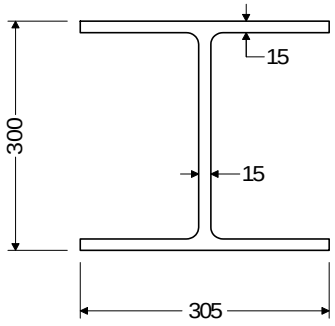
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

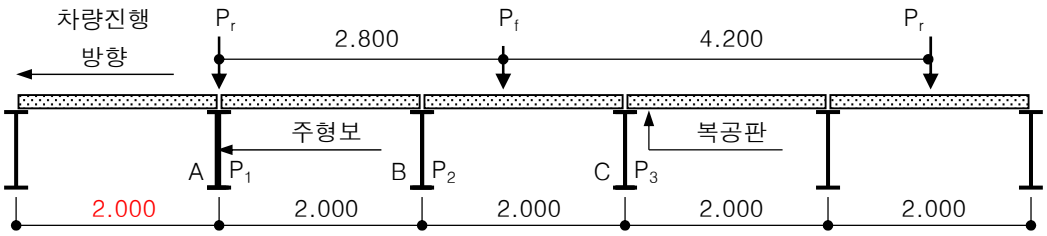


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



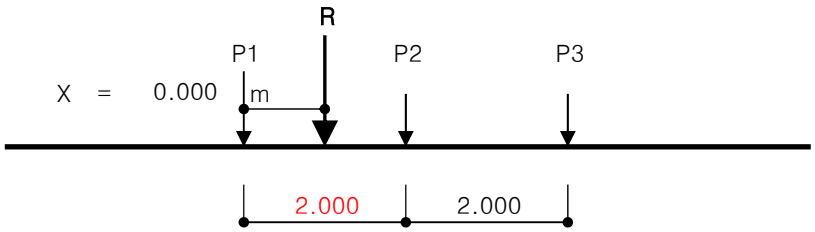
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

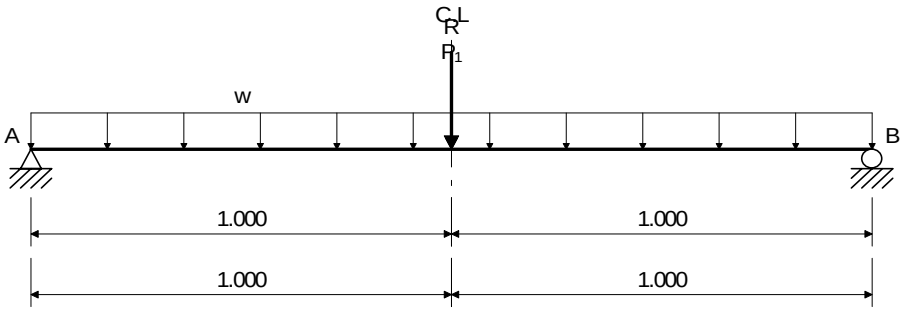


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

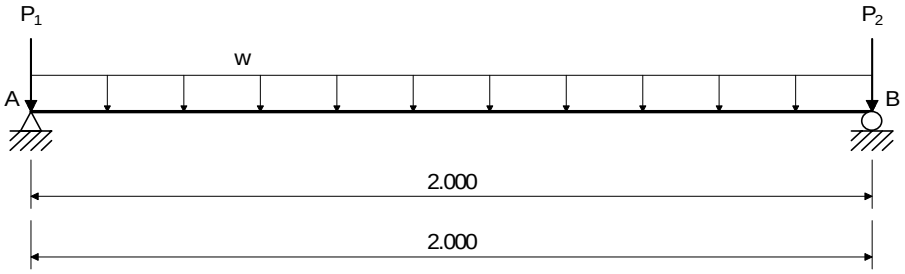
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.000) / L$
$= (357.210 \times 1.000) / 2.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.000) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.000) + 1.038 \times 2.00^2 / 8$
$= 179.124$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (357.210 x 2.000 + 72.451 x 0.000) / 2.000
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 2.00 / 2
= 358.248 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 179.124 x 1000000 / 1440000.0 = 124.392 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 358.248 x 1000 / 4050 = 88.456 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (124.392 + 124.392) / 124.392
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))
= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 124.392 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.456 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 358248 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.04 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.04 ea ---> O.K

7.지보재 설계

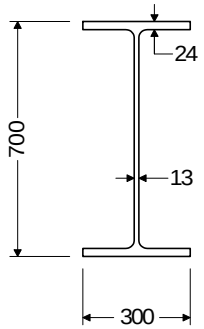
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.800 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 15.518 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.25 m)

= 15.518 x 2.00 / 1 단

= 31.035 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 31.035 + 120.0 = 151.035 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단

= 5.0 x 6.800 x 6.800 / 8 / 1 단

= 28.900 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단

= 5.0 x 6.800 / 2 / 1 단

= 17.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 28.900 x 1000000 / 5760000.0 = 5.017 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 151.035 x 1000 / 23550 = 6.413 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 17.000 x 1000 / 8476 = 2.006 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.615

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (11.431 - 1.396) / 11.431

= 0.878

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000
= 157.500 MPa

L_x / R_x = 6800 / 293
23.208 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로
f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (23.208 − 18.6))
= 153.249 MPa
f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}
= 153.249 MPa

L_y / R_y = 6800 / 67.8
100.295 ---> 92.8 < Ly/Ry 이므로
f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 100.295²)
= 80.553 MPa
f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}
= 80.553 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 80.553 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6800 / 300
= 22.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (22.667 − 4.6))
= 106.891 MPa
f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 106.891 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (23.208)^2
= 2506.405 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 80.553 MPa > f_c = 6.413 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 106.891 MPa > f_b = 5.017 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.006 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{6.413}{80.553} + \frac{5.017}{106.891 \times (1 - (6.413 / 2506.405))}$$

$$= 0.127 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 6.413 + \frac{5.017}{1 - (6.413 / 2506.405)}$$

$$= 11.444 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.127 , 0.073)

= 0.127 < 1.0 ---> O.K

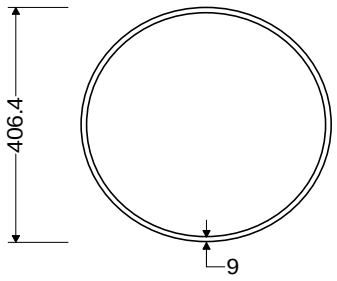
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 63.706 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.163 m)
= 63.706 x 3.00 / 1 단
= 191.119 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 191.119 + 120.0 = 311.119 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1092000.0 = 36.630 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 311.119 x 1000 / 11236.2 = 27.689 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.559 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.114 x 9)
= 20.269 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.114
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (64.319 − −8.941) / 64.319
= 1.139 ($0 \le \Phi \le 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000
= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 140.5
56.940 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로
f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (56.940 − 18.6))
= 122.132 MPa
f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}
= 122.132 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa
f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (56.940)^2
= 416.396 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9
= 22.578 ---> $r/t \le 125$ 이므로
τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)
= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.132 MPa > f_c = 27.689 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 36.630 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.559 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{27.689}{122.132} + \frac{36.630}{157.500 \times (1 - (27.689 / 416.396))}$$

$$= 0.476 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 27.689 + \frac{36.630}{1 - (27.689 / 416.396)}$$

$$= 66.928 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.476 , 0.425)

= 0.476 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{64.319}{122.132} + \left\{ \frac{3.559}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.528 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

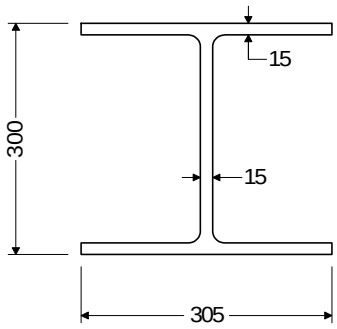
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

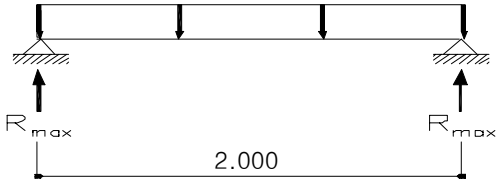
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 15.518 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.25 m)

P = 15.518 × 2.00 m / 1 ea = 31.035 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 31.035 / (13 × 2.000)
= 14.324 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 14.324 × 2.000^2 / 8
= 7.162 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 14.324 × 2.000 / 2
= 14.324 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 7.162 x 1000000 / 1440000.0 = 4.974 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 14.324 x 1000 / 4050 = 3.537 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (4.974 + 4.974) / 4.974

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 4.974 MPa ---> O.K

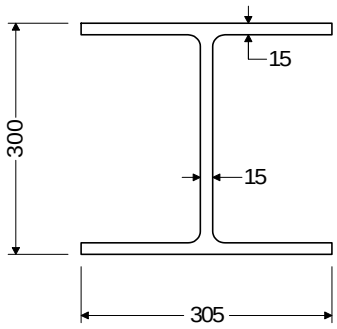
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 3.537 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

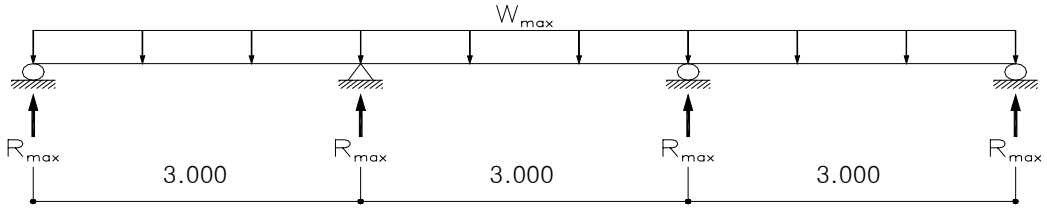
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



R_{max} = 63.706 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.163 m)

P = 63.706 × 3.00 m / 1 ea = 191.119 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 191.119 / (11 × 3.000)
= 57.915 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 57.915 × 3.000^2 / 10
= 52.123 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 57.915 × 3.000 / 10
= 104.247 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 52.123 x 1000000 / 1440000.0 = 36.197 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 104.247 x 1000 / 4050 = 25.740 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (36.197 + 36.197) / 36.197

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 36.197 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 25.740 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

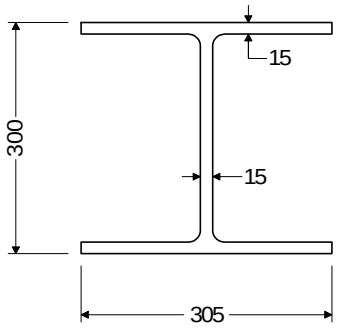
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 2.000 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 357.210 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 2.100 kN

다. 측면말뚝 자중 = 17.800 kN

라. 버팀보 자중 = 7.100 kN

마. 띠장 자중 = 2.100 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 2.000 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 436.310 kN

최대모멘트, M_{max} = 25.935 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.163 m)

최대전단력, S_{max} = 38.337 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS6 : Peck)

▶ Pmax = 436.310 kN

▶ Mmax = 25.935 × 2.000 = 51.869 kN·m

▶ Smax = 38.337 × 2.000 = 76.674 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 51.869 x 1000000 / 1440000.0 = 36.020 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 436.310 x 1000 / 13480 = 32.367 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 76.674 x 1000 / 4050 = 18.932 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 1.858$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (68.388 - -3.653) / 68.388$

$= 1.053$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 2700 / 126$

21.429 ---> $18.6 < Lx/Rx \leq 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (21.429 - 18.6))$

$= 154.891$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 154.891$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2700 / 305$

$= 8.852$ ---> $4.6 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (8.852 - 4.6))$

$= 145.588$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 145.588$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (21.429)^2$

$= 2940.000$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 154.891$ MPa $> f_c = 32.367$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 145.588$ MPa $> f_b = 36.020$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa $> \tau = 18.932$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{32.367}{154.891} + \dfrac{36.020}{145.588 \times (1 - (32.367 / 2940.000))}$

$= 0.459 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 32.367 + \frac{36.020}{1 - (32.367 / 2940.000)}$$

$$= 68.789 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.459 , 0.437)
= 0.459 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 6.0 mm ---> 흙막이벽(우) (CS2 : 생성 Strut-1)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 4.163 x 1000 x 0.002 = 8.326 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 436.31 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 25
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 14
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 5
- L_s(모래층 중의 길이) = 13.000 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 2.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 25 x 0.0915 + 0.2 x 14 x 1.210 x ##
+ 0.5 x 5 x 1.210 x 2.000
= 107.282 tonf
= 1052.07 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1052.07 / 2.0
= 526.036 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

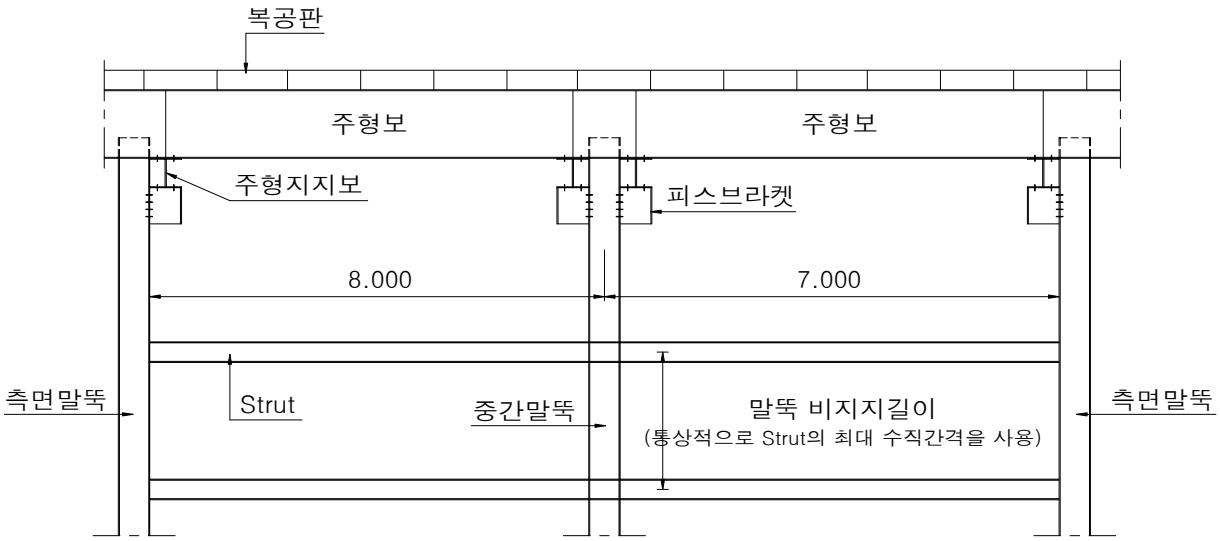
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 7.000 = 15.000 m

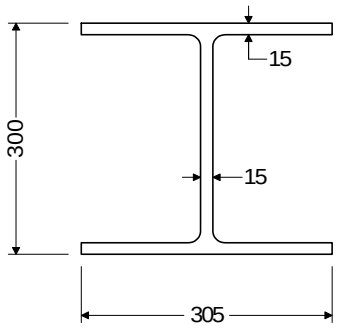
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 21.000 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 6.000 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 1.610 kN

$\sum P_s$ = 37.150 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.000) / 2 = 19.425 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

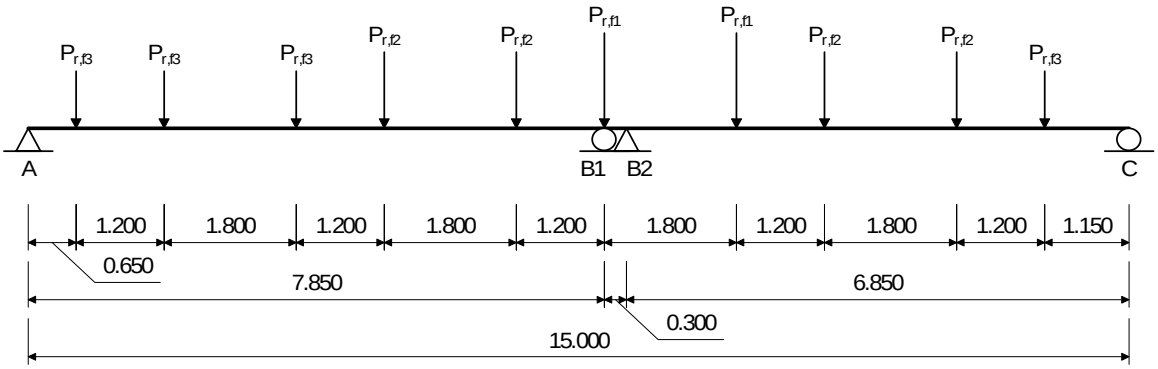
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850 + 70.200 x 0.650) / 7.850

= 316.918 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350 + 70.200 x 1.150) / 6.850

= 198.074 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 316.918 x 1.00 = 316.918 kN

P_{r2} = 198.074 x 1.00 = 198.074 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850 + 17.550 x 0.650) / 7.850

= 79.230 kN

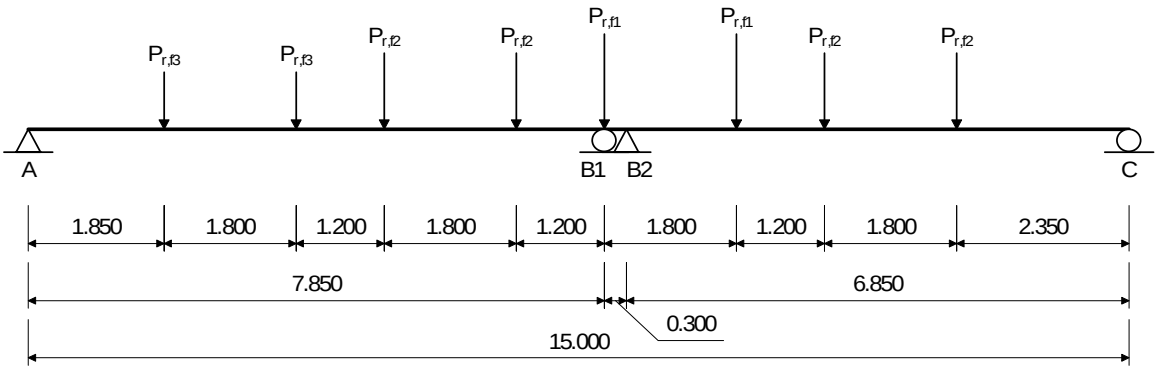
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350 + 17.550 x 1.150) / 6.850

= 49.519 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.230 x 1.00 = 79.230 kN

P_{f2} = 49.519 x 1.00 = 49.519 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850) / 7

= 311.106 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350) / 6.850

= 186.289 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 311.106 x 1.00 = 311.106 kN

P_{r2} = 186.289 x 1.00 = 186.289 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850) / 7.

= 77.776 kN

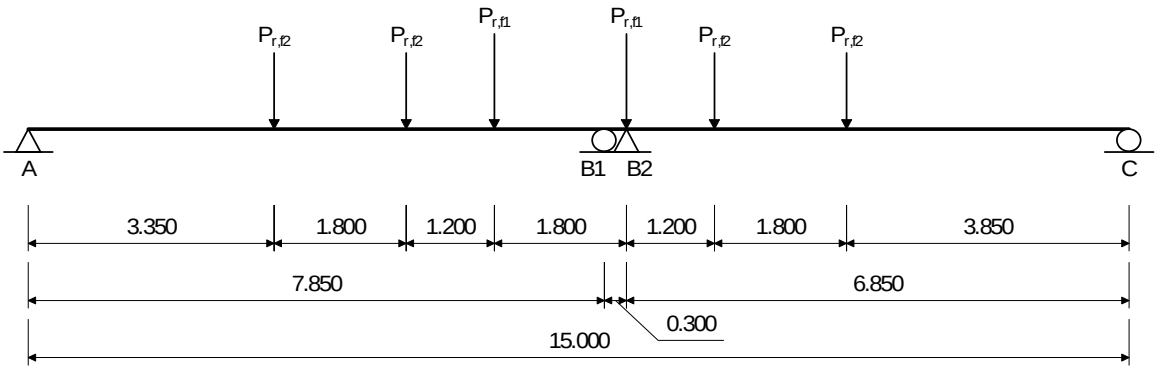
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350) / 6.850

= 46.572 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 77.776 x 1.00 = 77.776 kN

P_{f2} = 46.572 x 1.00 = 46.572 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 7.850

= 202.303 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.850 + 93.600 x 5.650 + 93.600 x 3.850) / 6.850

= 254.610 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 202.303 x 1.00 = 202.303 kN

P_{r2} = 254.610 x 1.00 = 254.610 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 7.850

= 50.576 kN

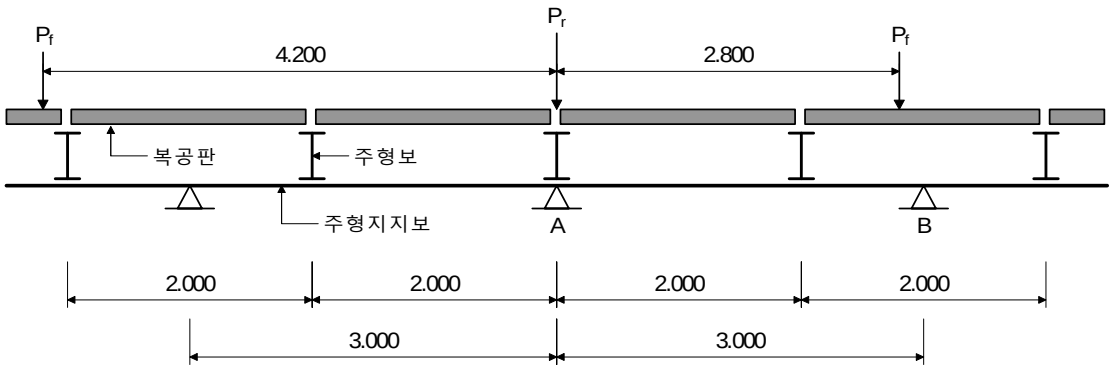
R_{B2} = (31.200 x 6.850 + 23.400 x 5.650 + 23.400 x 3.850) / 6.850

= 63.653 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 50.576 x 1.00 = 50.576 kN

P_{f2} = 63.653 x 1.00 = 63.653 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (316.918 x 3.000 + 79.230 x 0.200) / 3.000

= 322.200 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 322.200 + 22.200 x 3.00 / 2.00 = 355.500 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (254.610 x 3.000 + 63.653 x 0.200) / 3.000

= 258.854 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

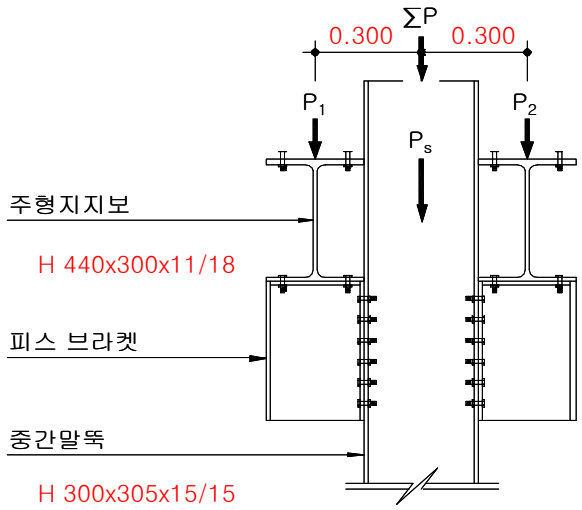
= 258.854 + 19.425 x 3.00 / 2.00 = 287.991 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 355.500 + 287.991 + 37.150 = 680.642 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 680.642 x 1000 / 13480 = 50.493 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.650 x 1000000 / 1440000 = 74.063 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 355.500 x 0.300 = 106.650 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.074

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (124.555 − −23.570) / 124.555

= 1.189

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 3000 / 126

23.810 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (23.810 − 18.6))

= 152.694 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 152.694 MPa

L_y / R_y = 3000 / 72.6

41.322 ---> 18.6 < Ly/Ry ≤ 92.8 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (41.322 − 18.6))

= 136.539 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 136.539 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 136.539 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (23.810)^2

= 2381.400 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 136.539 MPa > f_c = 50.493 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 74.063 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{50.493}{136.539} + \frac{74.063}{142.832 \times (1 - (50.493 / 2381.400))}$

= 0.900 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 50.493 + \frac{74.063}{1 - (50.493 / 2381.400)}$

= 126.160 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.900 , 0.801)

= 0.900 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 680.64 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	13	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	15.500	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 13 x 1.210 x ##
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 140.263 tonf

= 1375.51 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1375.51 / 2.0

= 687.755 kN

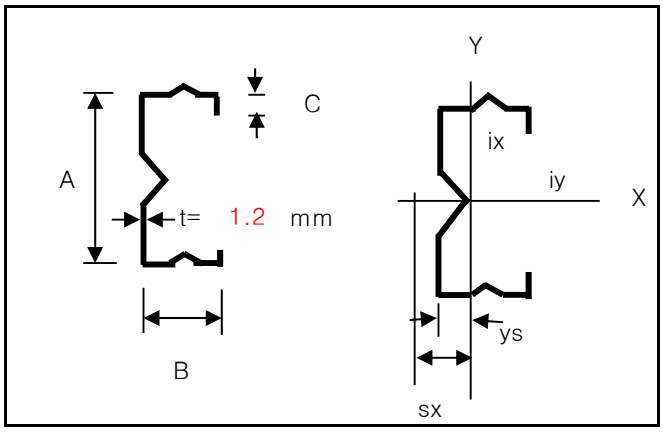
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

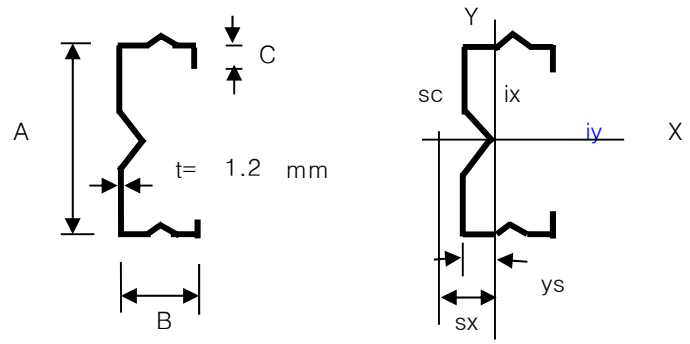
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 4.16m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	2000.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	263.0
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

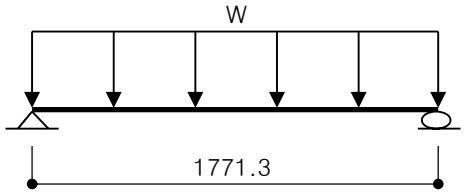
설계지간 (L) = 2000.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1771.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0248 MPa ---> (CS5 : 굴착 4.163 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 24.8 kN/m^2 x 0.2000 m = 5.0 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 5.0 x 1.77^2 / 8 = 1.9 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 5.0 x 1.77 / 2 = 4.4 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 1947049 / 27,100 = 71.85 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 1947049 / 27,980 = 69.59 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 4397 / 234 = 18.79 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,771 / 200 − 3.4) }

= 262.992 MPa

여기서, ℓ = 1,771 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 8.856 이므로,

∴ f_{ba} = 262.992 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 71.85 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 69.59 MPa < f_{ba} = 262.99 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 18.79 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 10 m, 굴착폭 = 10.15 m, 최대굴착깊이 = 4.163 m, 전모델높이 = 21 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.90	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(자갈)	8.10	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
3	풍화토	20.40	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00
4	풍화암	21.00	21.00	22.00	30.00	33.00	10	-	34000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SS400	17.163	2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	6.8	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	1.75	3	8	50	1

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 4.163 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.25	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	4.16	-	-	-	-	-	-	X	X
6	4.16	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.02	1.4	-4.58	4.5	0.62	8.6	-13.27	2.7
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.02	1.4	-4.58	4.5	0.62	8.6	-13.27	2.7
CS3 : 굴착 2.25 m	2.25	11.23	2.7	-13.10	0.6	5.71	1.4	-9.10	4.2
CS4 : 생성 Strut-2	2.25	10.62	1.8	-6.05	1.8	0.62	0.0	-10.10	3.2
CS5 : 굴착 4.163 m	4.16	26.67	1.8	-37.04	1.8	10.34	3.7	-25.93	1.8
CS6 : Peck	4.16	24.49	1.8	-38.34	1.8	9.13	3.7	-22.00	1.8
TOTAL		26.67	1.8	-38.34	1.8	10.34	3.7	-25.93	1.8

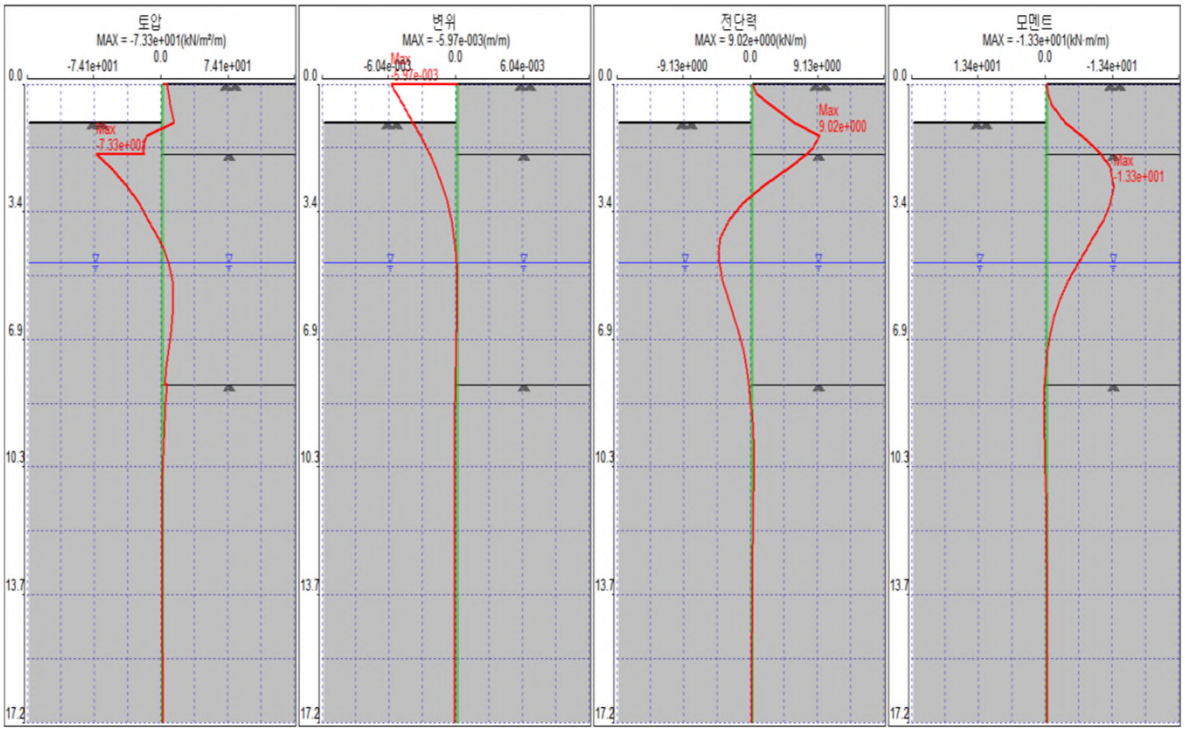
13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

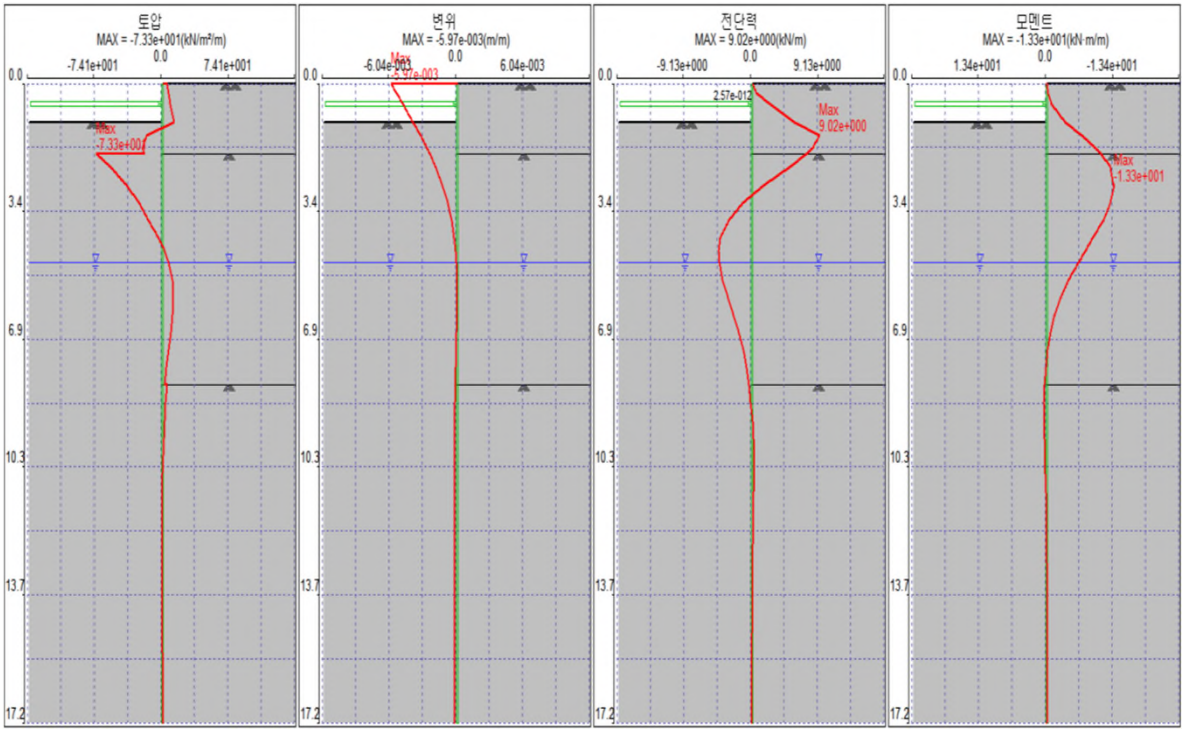
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2			
		0.55 (m)	1.75 (m)			
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-			
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-			
CS3 : 굴착 2.25 m	2.25	15.52	-			
CS4 : 생성 Strut-2	2.25	5.32	16.67			
CS5 : 굴착 4.163 m	4.16	-10.73	63.71			
CS6 : Peck	4.16	7.75	62.83			
TOTAL		15.52	63.71			

13.2 시공단계별 단면력도

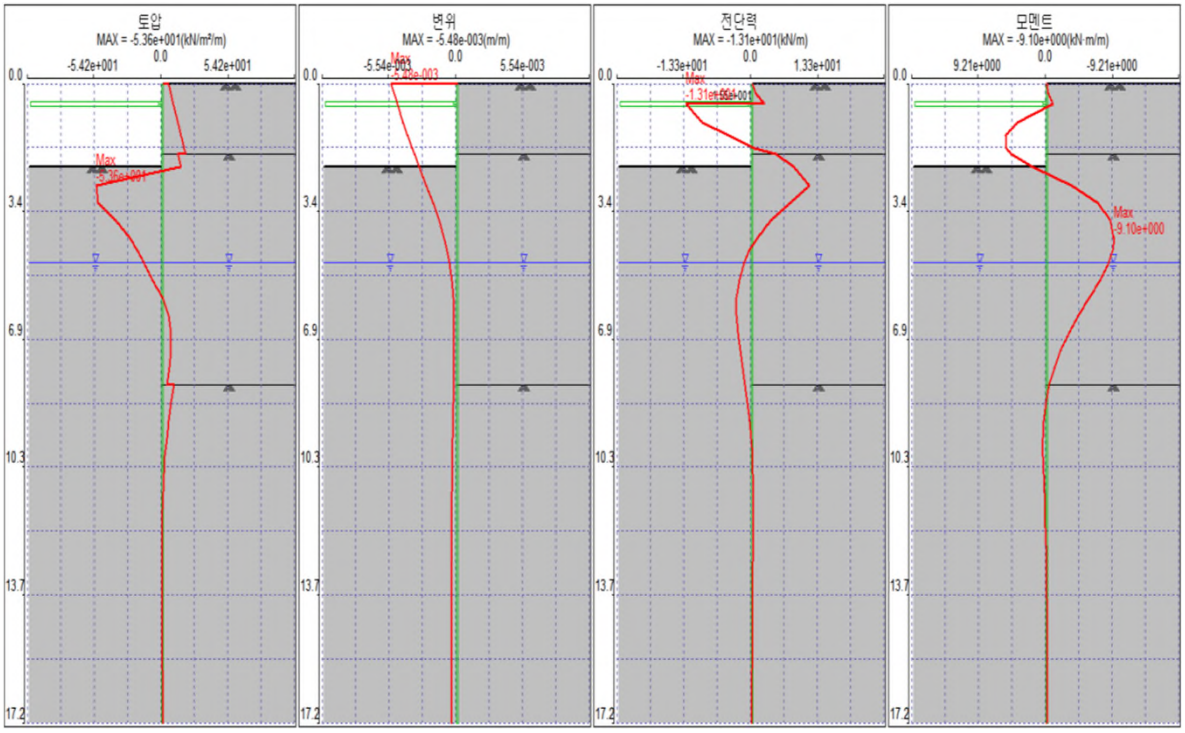
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



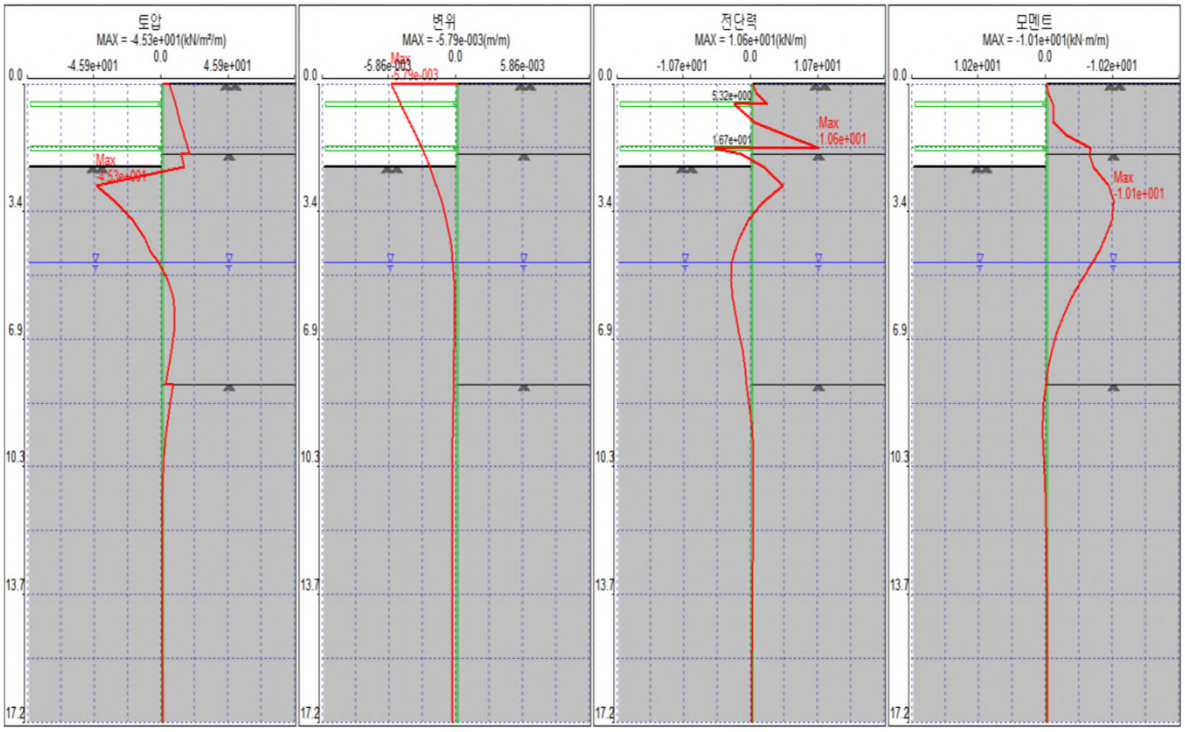
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



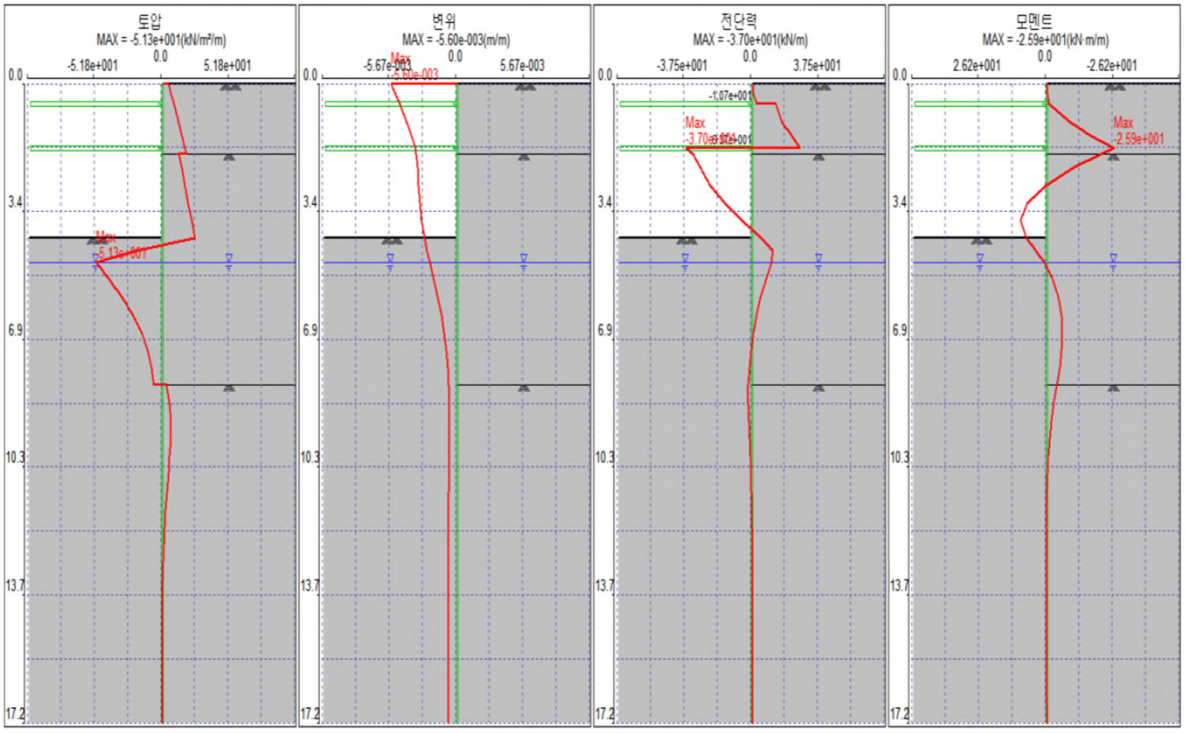
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.25 m]



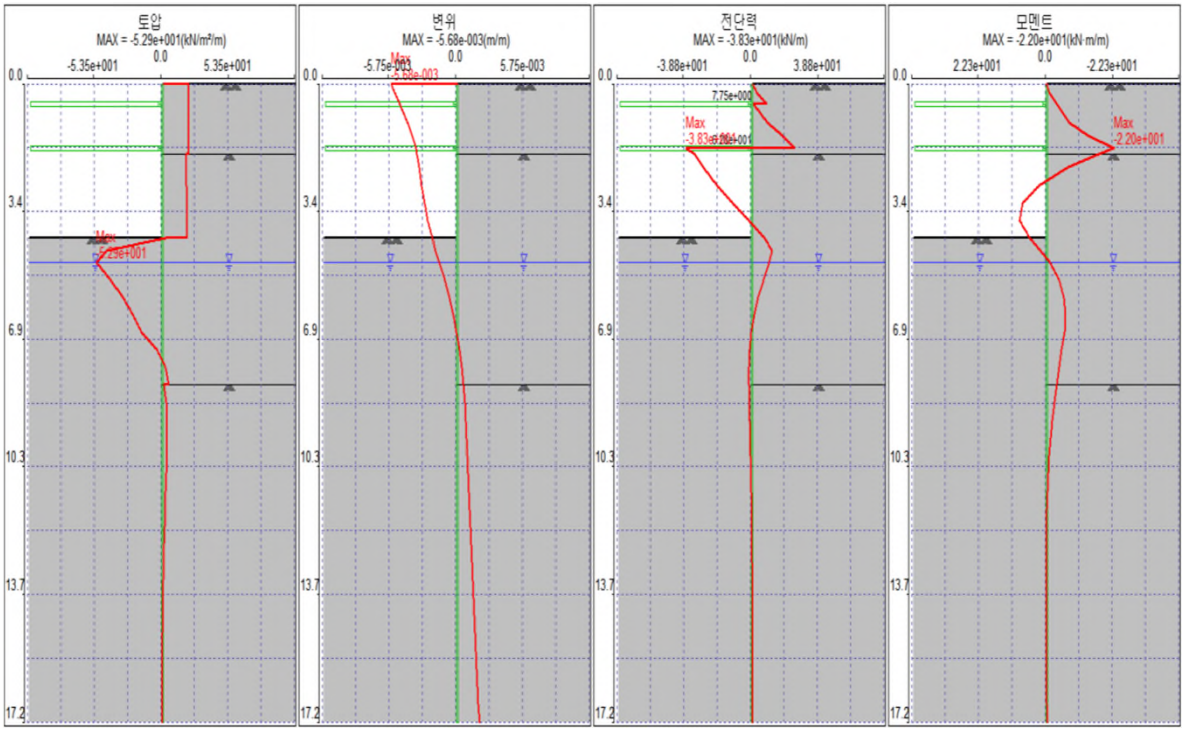
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



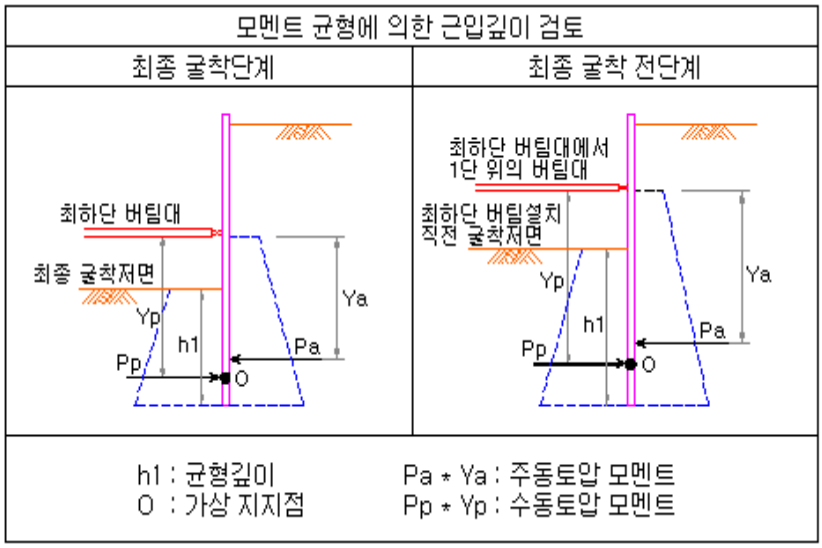
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.163 m]



6) 시공 6 단계 [CS6 : Peck]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.283	13.000	2042.628	31566.130	15.454	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.001	14.913	4031.838	44390.258	11.010	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -1.75 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 93.872 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.201 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 173.086 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 11.15 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (93.872 x 1.201) + (173.086 x 11.15) = 2042.628 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2897.511 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 10.894 m

Mp = (Pp x Yp) = (2897.511 x 10.894) = 31566.13 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 31566.13 / 2042.628 = 15.454

S.F. = 15.454 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.55 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 46.569 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.915 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 346.842 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 11.502 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (46.569 x 0.915) + (346.842 x 11.502) = 4031.838 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3911.66 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 11.348 m

Mp = (Pp x Yp) = (3911.66 x 11.348) = 44390.258 kN · m

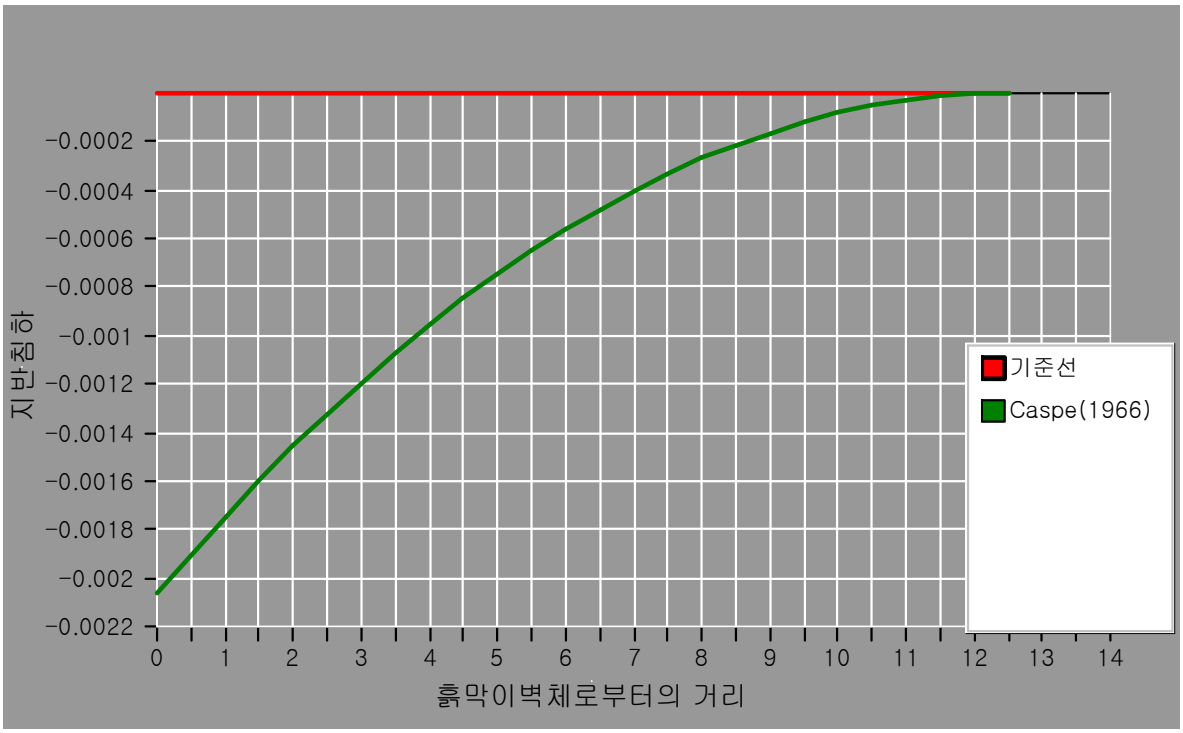
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 44390.258 / 4031.838 = 11.01

S.F. = 11.01 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.006 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20.3 m, Hw = 4.163 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 30.892 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20.3 x tan(45 + 30.892/2) = 17.901 m

Ht = Hp + Hw = 17.901 + 4.163 = 22.064 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 22.064 x tan(45-30.892/2) = 12.51 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.006 / 12.51 = -0.002 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.002 x ((12.51 - Xi) / 12.51)^2

3-1.3 TYPE-03

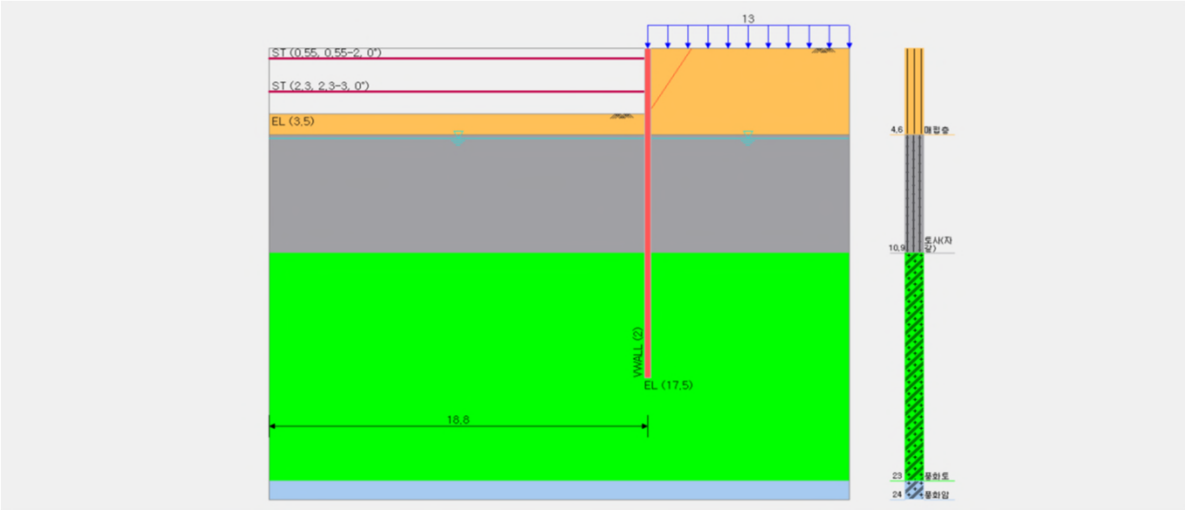
(STA.0+362.0~0+382.0)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
  3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
  3.2 재료의 허용응력
  3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
  6.1 주형지지보(중앙)
  6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
  7.1 Strut 설계 (Strut-1)
  7.2 Strut 설계 (Strut-2)
8.띠장 설계
  8.1 Strut-1 띠장 설계
  8.2 Strut-2 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
  9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
  11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 3.50m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	124.392	152.017	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.456	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	6.944	95.686	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.233	65.462	O.K		
		전단응력	2.360	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	2.30	휨응력	36.630	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	24.771	122.132	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.559	88.910	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	8.066	152.017	O.K	
		전단응력	5.736	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	2.30	휨응력	31.752	142.373	O.K	
		전단응력	31.987	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	26.206	145.588	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	32.419	154.891	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	15.793	90.000	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	74.680	141.914	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.678	135.268	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 3.50	휨응력	85.366	303.750	O.K		
		압축응력	82.681	262.992	O.K		
		전단응력	22.326	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재		최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	MAX	2.050	7.000	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 2.00m

다. 지보재

Strut – H 700x300x13/24 수평간격 : 2.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SS400)	2.00m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨 응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

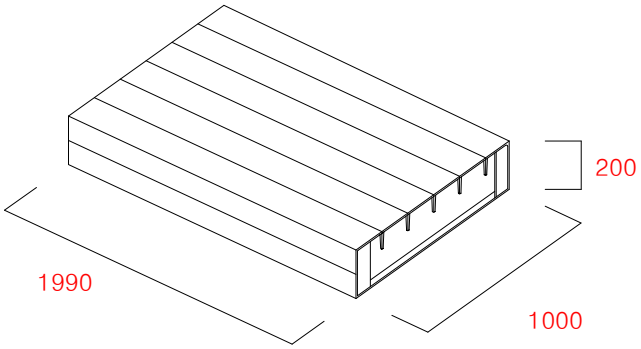
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

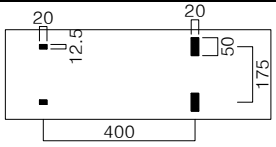
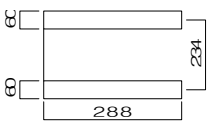
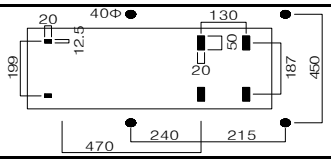
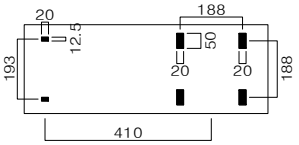
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (㎝)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140

= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80

= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

$$= 0.0209001 + 1.662$$

$$= 1.682 \text{ mm}$$

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

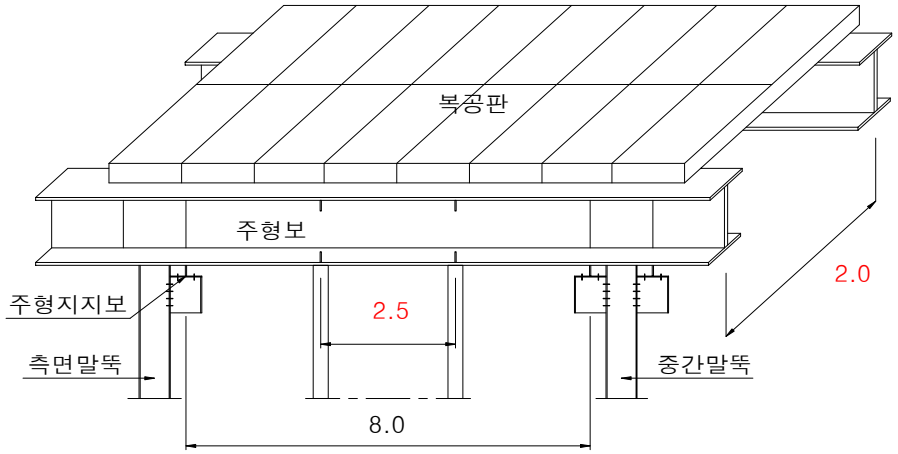
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

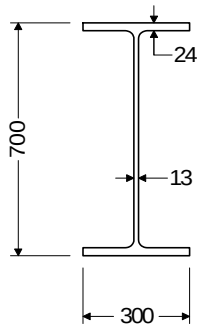
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)$

$= 0.313 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

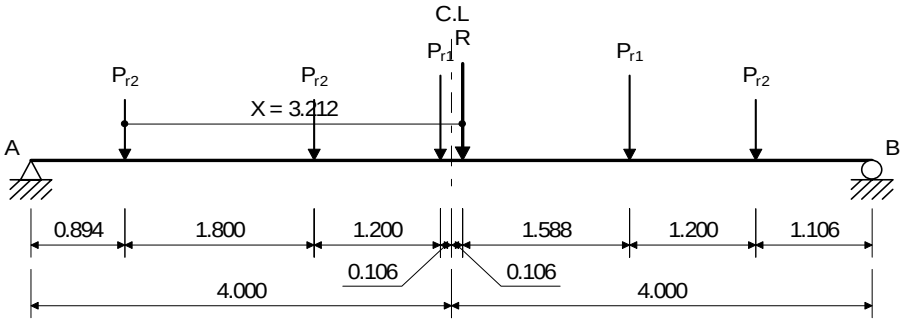
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

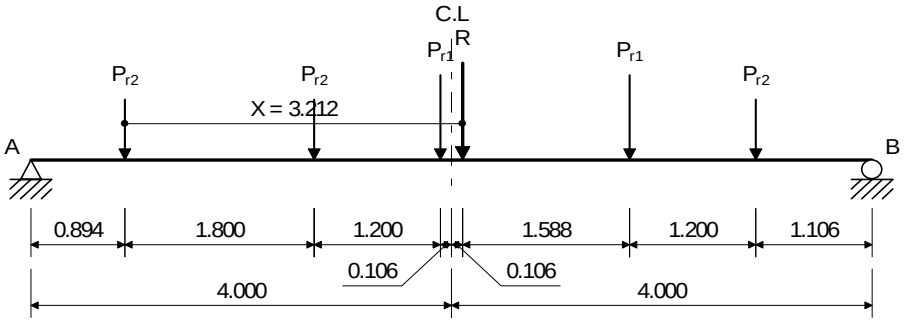
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) /

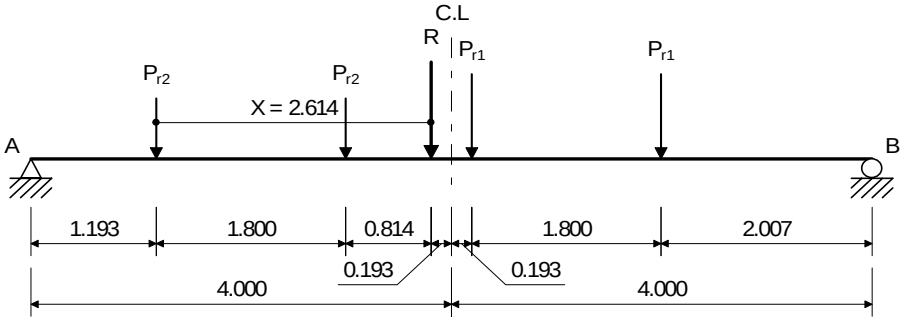
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)



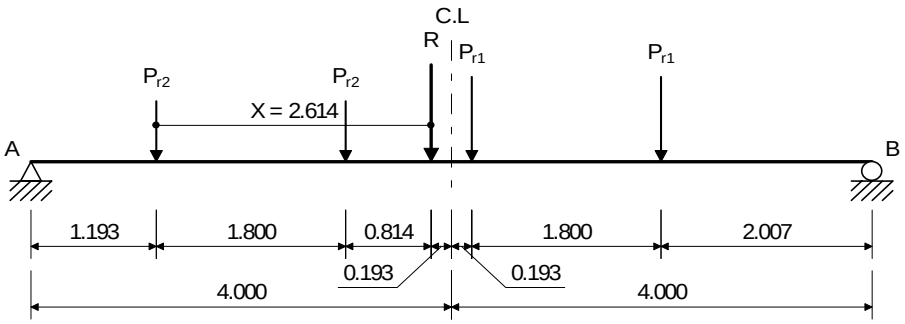
a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2

= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

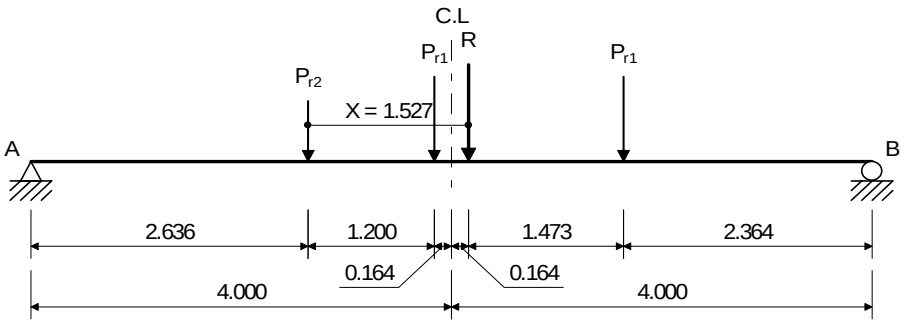
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

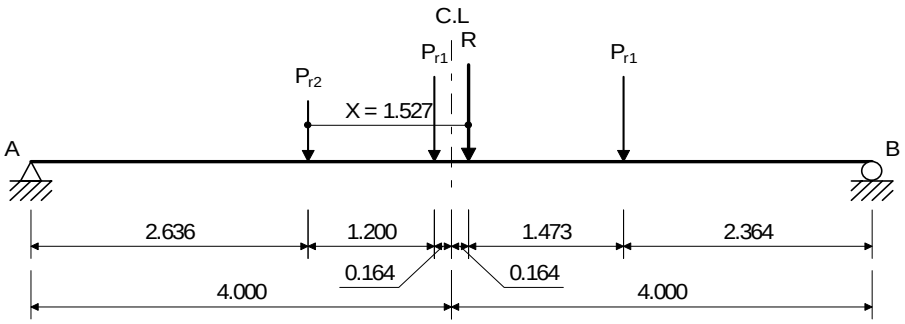


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

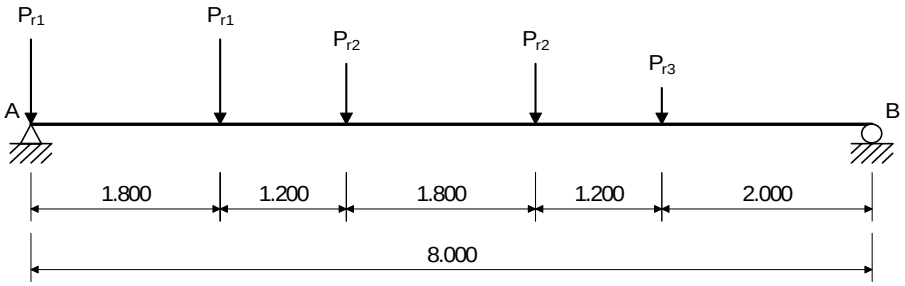


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L
= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) /
= 335.010 kN

S_l = 335.010 x 1.00 = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 470.972 / (8.00 \times 8.00) = 58.871$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

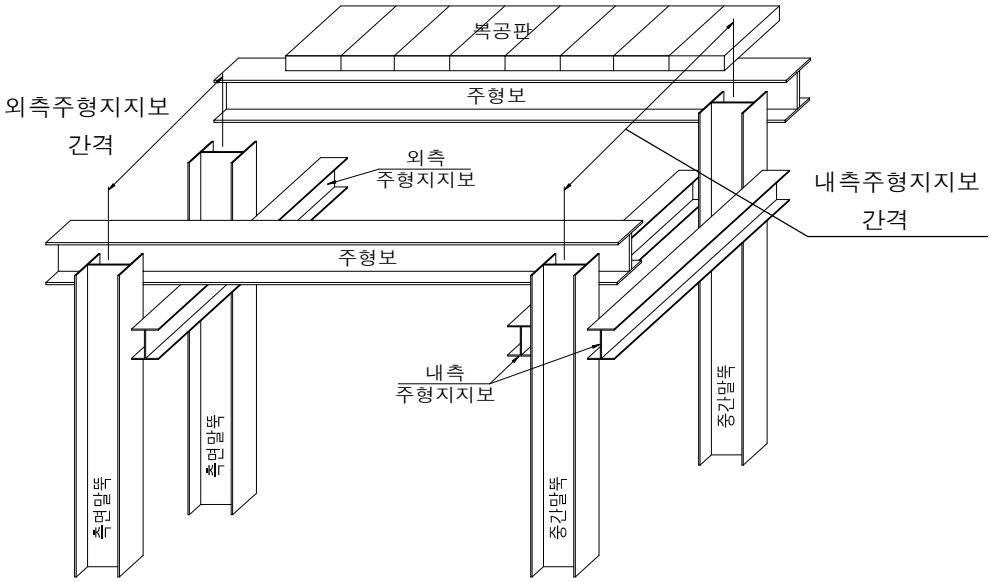
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

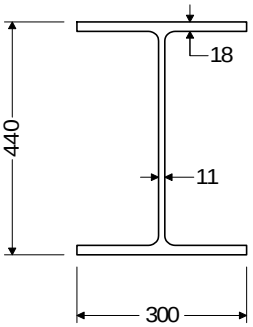
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

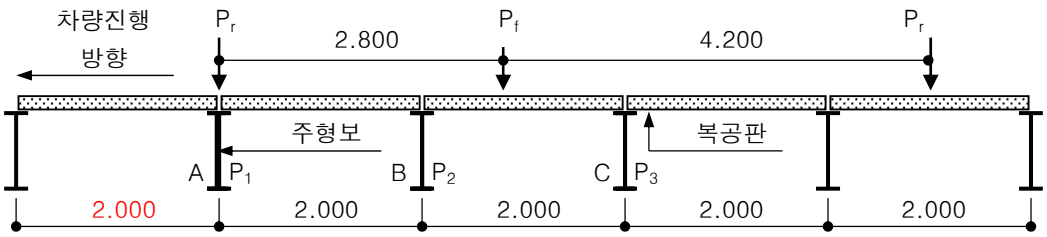


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



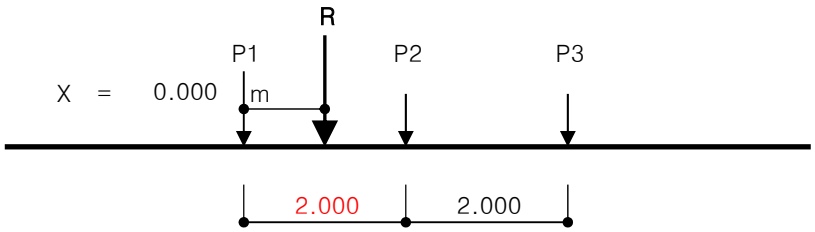
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

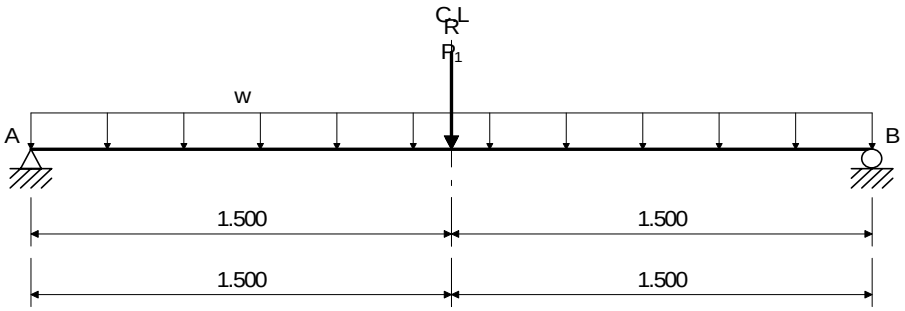


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 357.210
= 357.210 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

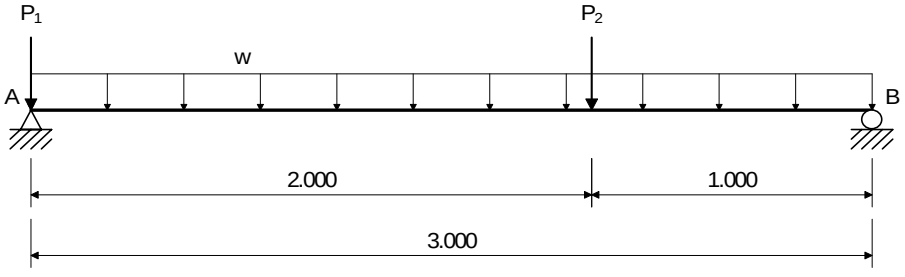
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (357.210 x 1.500) / 3.000
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 269.271 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

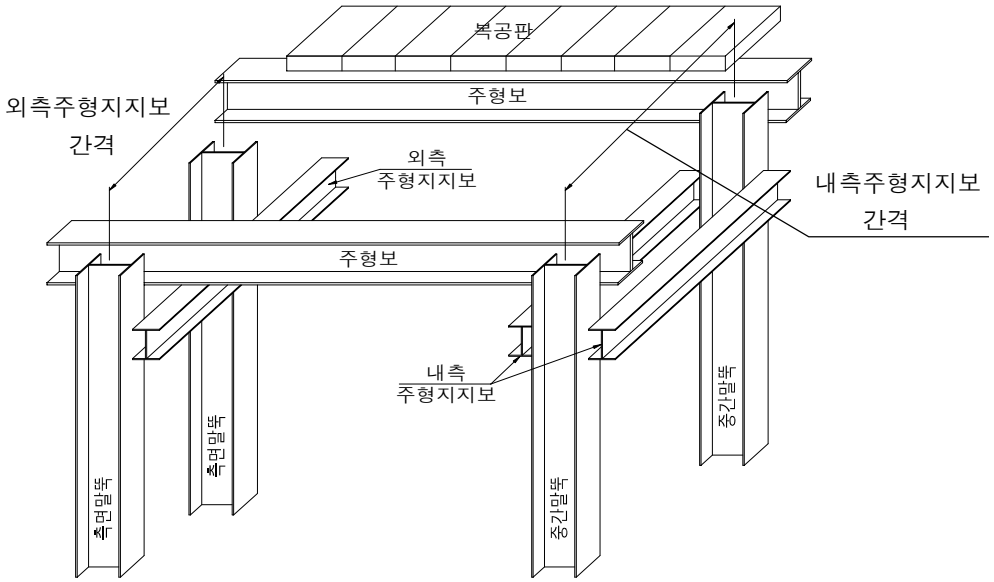
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

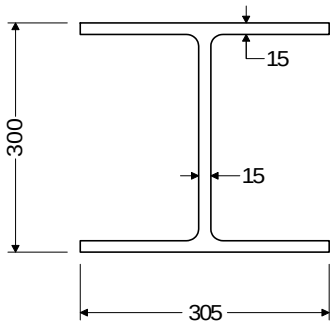
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

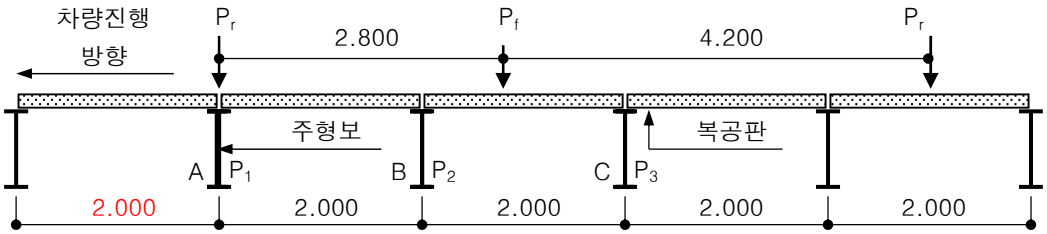


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



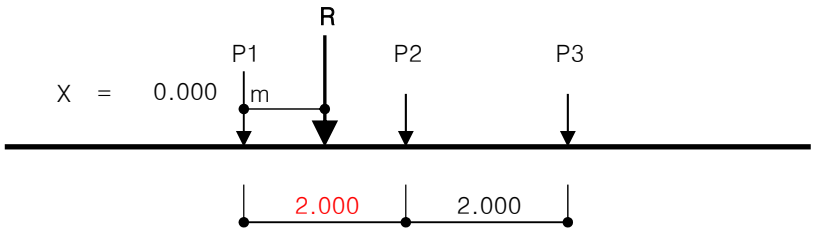
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

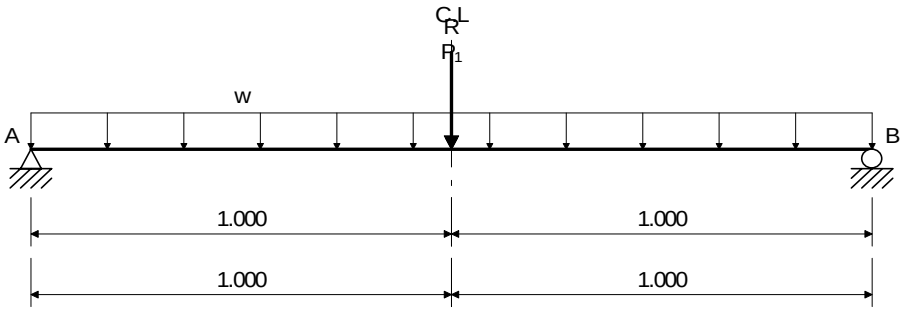


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 357.210
= 357.210 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

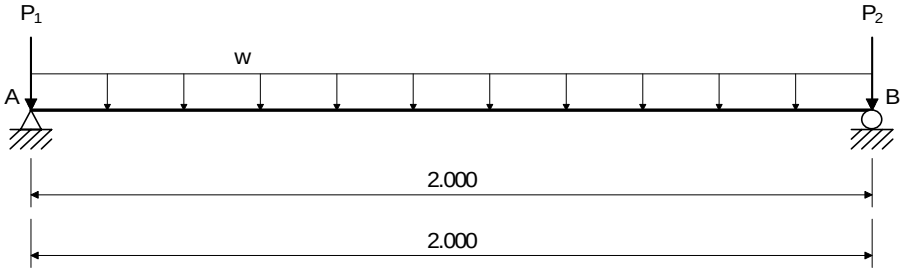
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (357.210 x 1.000) / 2.000
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 179.124 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (357.210 x 2.000 + 72.451 x 0.000) / 2.000
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 2.00 / 2
= 358.248 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 179.124 x 1000000 / 1440000.0 = 124.392 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 358.248 x 1000 / 4050 = 88.456 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (124.392 + 124.392) / 124.392
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))
= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 124.392 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.456 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 358248 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 7.04 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.04 ea ---> O.K

7.지보재 설계

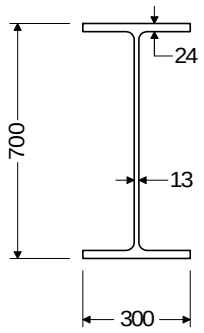
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 25.166 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.8 m)
= 25.166 x 2.00 / 1 단
= 50.331 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 50.331 + 120.0 = 170.331 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 5760000.0 = 6.944 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 170.331 x 1000 / 23550 = 7.233 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.000 x 1000 / 8476 = 2.360 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.751

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (14.177 - 0.288) / 14.177
= 0.980

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8000 / 293

27.304 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.304 − 18.6))

= 149.471 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 149.471 MPa

L_y / R_y = 8000 / 67.8

117.994 ---> 92.8 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 117.994²)

= 65.462 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 65.462 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 65.462 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8000 / 300

= 26.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.667 − 4.6))

= 95.686 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.686 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.304)^2

= 1810.877 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 65.462 MPa > f_c = 7.233 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 95.686 MPa > f_b = 6.944 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.360 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{7.233}{65.462} + \frac{6.944}{95.686 \times (1 - (7.233 / 1810.877))}$

= 0.183 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 7.233 + \frac{6.944}{1 - (7.233 / 1810.877)}$$

$$= 14.205 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.183 , 0.090)
= 0.183 < 1.0 ---> O.K

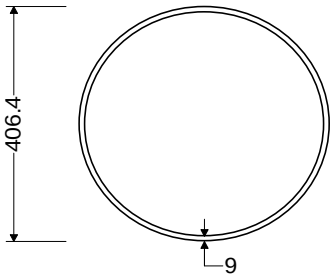
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 52.778 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 3.5 m)
= 52.778 x 3.00 / 1 단
= 158.335 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 158.335 + 120.0 = 278.335 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1092000.0 = 36.630 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 278.335 x 1000 / 11236.2 = 24.771 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{20.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.559 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.119 x 9)

= 20.171 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.119

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (61.401 − −11.859) / 61.401

= 1.193 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 140.5

56.940 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (56.940 − 18.6))

= 122.132 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 122.132 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (56.940)^2

= 416.396 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.132 MPa > f_c = 24.771 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 36.630 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.559 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{24.771}{122.132} + \dfrac{36.630}{157.500 \times (1 - (24.771 / 416.396))}$

$$= \quad 0.450 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= \quad 24.771 + \frac{36.630}{1 - (24.771 / 416.396)}$$

$$= \quad 63.718 \quad < \quad f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.450 , 0.405)

= 0.450 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{61.401}{122.132} + \left\{ \frac{3.559}{88.910} \right\}^2$$

$$= \quad 0.504 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

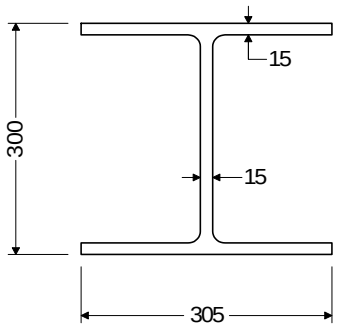
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

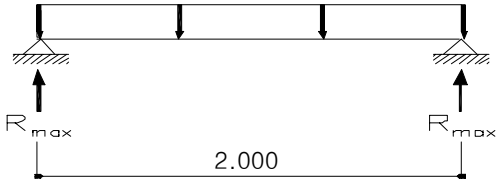
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 25.166 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.8 m)

P = 25.166 × 2.00 m / 1 ea = 50.331 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 50.331 / (13 × 2.000)
= 23.230 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 23.230 × 2.000^2 / 8
= 11.615 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 23.230 × 2.000 / 2
= 23.230 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 11.615 x 1000000 / 1440000.0 = 8.066 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 23.230 x 1000 / 4050 = 5.736 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (8.066 + 8.066) / 8.066

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 8.066 MPa ---> O.K

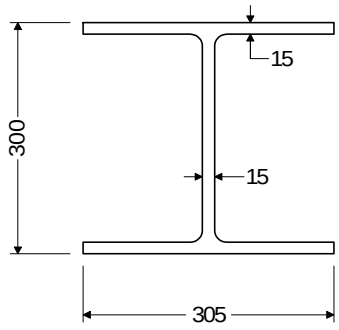
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 5.736 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

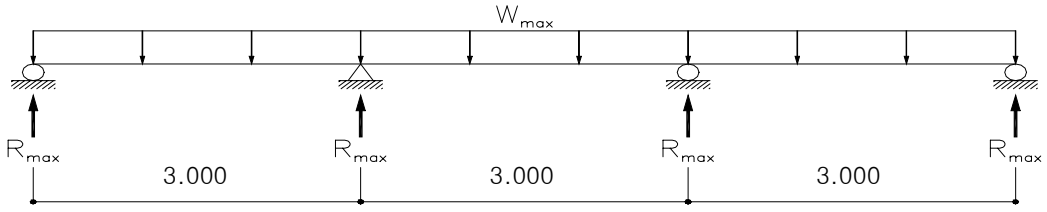
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



R_{max} = 52.778 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 3.5 m)

$P = 52.778 \times 3.00\ m / 1\ ea = 158.335\ kN$

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 158.335 / (11 \times 3.000)$
$= 47.980\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 47.980 \times 3.000^2 / 10$
$= 43.182\ kN\cdot m$

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 47.980 \times 3.000 / 10$
$= 86.364\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 43.182 \times 1000000 / 1440000.0 = 29.988$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 86.364 \times 1000 / 4050 = 21.325$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$
$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (29.988 + 29.988) / 29.988$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (9.836 - 4.6))$
$= 142.832$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$
$= 142.832$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$
$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 142.832$ MPa > $f_b = 29.988$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 21.325$ MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

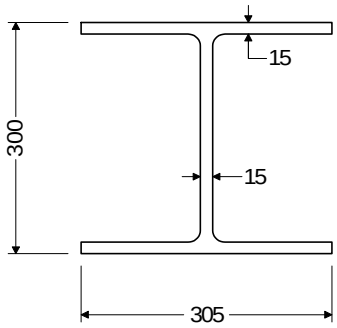
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 2.000 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 357.210 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 2.400 kN

다. 측면말뚝 자중 = 18.200 kN

라. 버팀보 자중 = 7.100 kN

마. 띠장 자중 = 2.100 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 2.000 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 437.010 kN

최대모멘트, M_{max} = 18.868 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 3.5 m)

최대전단력, S_{max} = 31.981 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 3.5 m)

▶ Pmax = 437.010 kN

▶ Mmax = 18.868 × 2.000 = 37.737 kN·m

▶ Smax = 31.981 × 2.000 = 63.962 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 37.737 x 1000000 / 1440000.0 = 26.206 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 437.010 x 1000 / 13480 = 32.419 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 63.962 x 1000 / 4050 = 15.793 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 1.636$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (58.625 - 6.213) / 58.625$

$= 0.894$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 2700 / 126$

21.429 ---> $18.6 < Lx/Rx \leq 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (21.429 - 18.6))$

$= 154.891$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 154.891$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2700 / 305$

$= 8.852$ ---> $4.6 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (8.852 - 4.6))$

$= 145.588$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 145.588$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (21.429)^2$

$= 2940.000$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 154.891$ MPa $> f_c = 32.419$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 145.588$ MPa $> f_b = 26.206$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa $> \tau = 15.793$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{32.419}{154.891} + \dfrac{26.206}{145.588 \times (1 - (32.419 / 2940.000))}$

$= 0.391 < 1.0$ ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 32.419 + \dfrac{26.206}{1 - (32.419 / 2940.000)}$

= 58.917 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.391 , 0.374)
= 0.391 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 2.1 mm ---> 흙막이벽(우) (MAX)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 3.500 x 1000 x 0.002 = 7.000 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 437.01 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 30
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 13
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 5
- L_s(모래층 중의 길이) = 14.000 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 1.500 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 30 x 0.0915 + 0.2 x 13 x 1.210 x ##
+ 0.5 x 5 x 1.210 x 1.500
= 117.207 tonf
= 1149.40 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1149.40 / 2.0
= 574.702 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

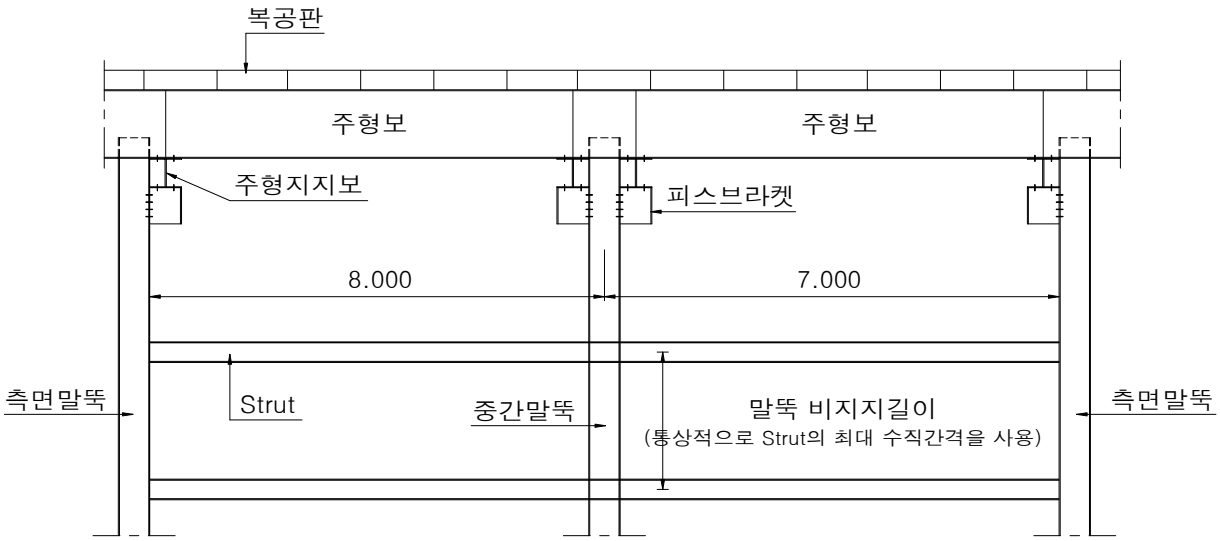
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 7.000 = 15.000 m

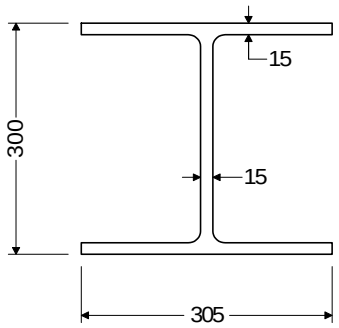
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 22.400 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 7.100 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 1.610 kN

$\sum P_s$ = 39.650 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.000) / 2 = 19.425 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

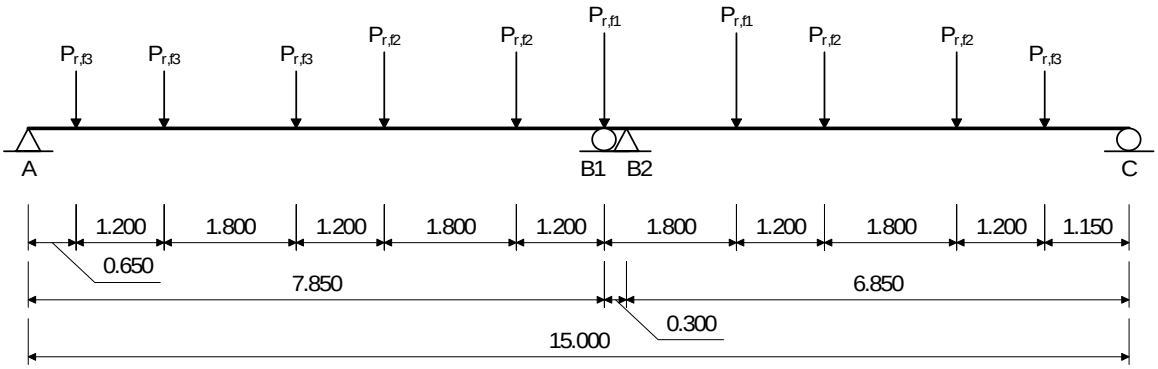
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① 2.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850 + 70.200 x 0.650) / 7.850

= 316.918 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350 + 70.200 x 1.150) / 6.850

= 198.074 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 316.918 x 1.00 = 316.918 kN

P_{r2} = 198.074 x 1.00 = 198.074 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850 + 17.550 x 0.650) / 7.850

= 79.230 kN

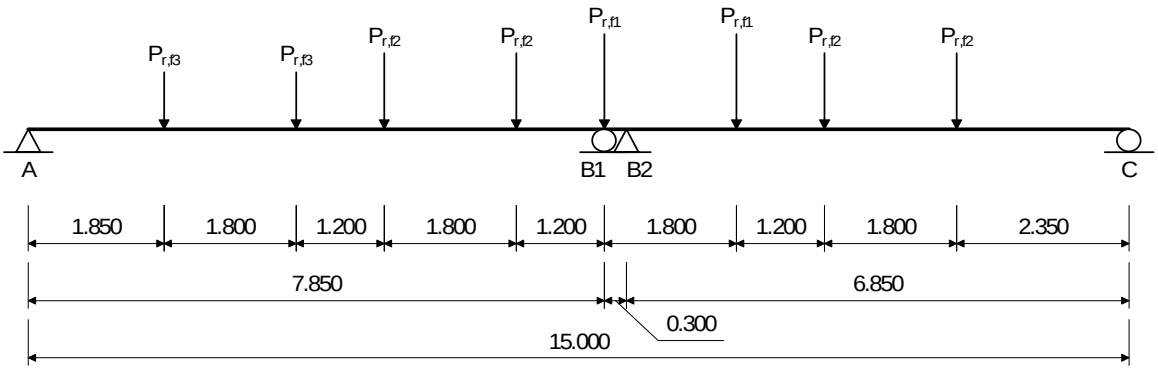
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350 + 17.550 x 1.150) / 6.850

= 49.519 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.230 x 1.00 = 79.230 kN

P_{f2} = 49.519 x 1.00 = 49.519 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850) / 7

= 311.106 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350) / 6.850

= 186.289 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 311.106 x 1.00 = 311.106 kN

P_{r2} = 186.289 x 1.00 = 186.289 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850) / 7.

= 77.776 kN

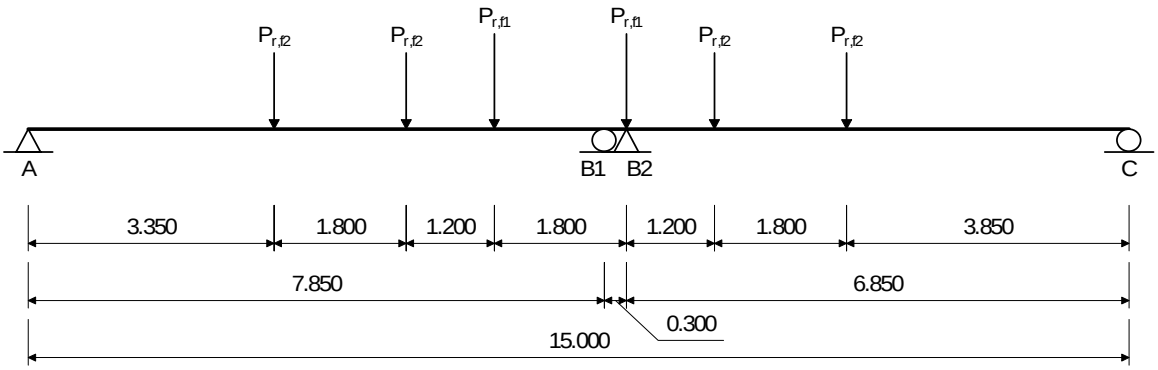
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350) / 6.850

= 46.572 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 77.776 x 1.00 = 77.776 kN

P_{f2} = 46.572 x 1.00 = 46.572 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 7.850

= 202.303 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.850 + 93.600 x 5.650 + 93.600 x 3.850) / 6.850

= 254.610 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 202.303 x 1.00 = 202.303 kN

P_{r2} = 254.610 x 1.00 = 254.610 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 7.850

= 50.576 kN

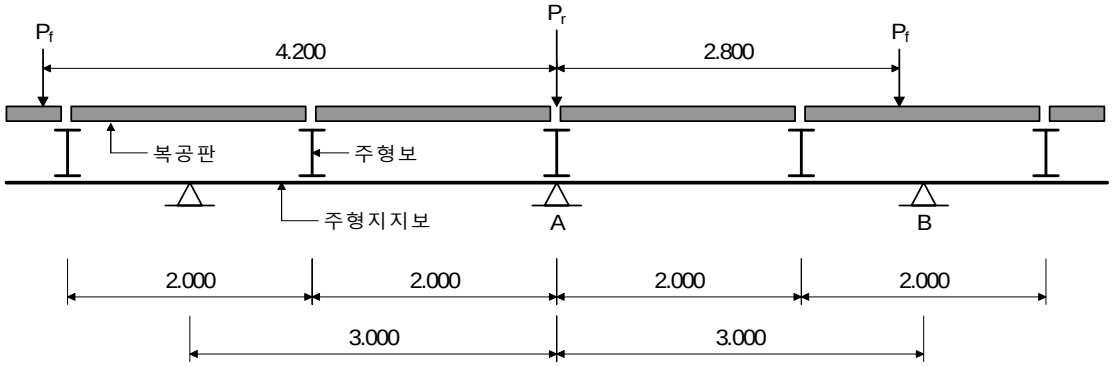
R_{B2} = (31.200 x 6.850 + 23.400 x 5.650 + 23.400 x 3.850) / 6.850

= 63.653 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 50.576 x 1.00 = 50.576 kN

P_{f2} = 63.653 x 1.00 = 63.653 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (316.918 x 3.000 + 79.230 x 0.200) / 3.000

= 322.200 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 322.200 + 22.200 x 3.00 / 2.00 = 355.500 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (254.610 x 3.000 + 63.653 x 0.200) / 3.000

= 258.854 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

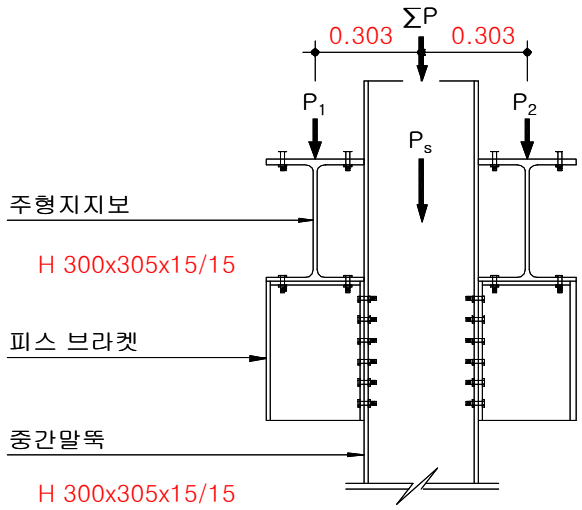
= 258.854 + 19.425 x 3.00 / 2.00 = 287.991 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 355.500 + 287.991 + 39.650 = 683.142 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 683.142 x 1000 / 13480 = 50.678 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.539 x 1000000 / 1440000 = 74.680 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 355.500 x 0.303 = 107.539 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.078

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (125.358 − −24.002) / 125.358

= 1.191

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 3100 / 126

24.603 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (24.603 − 18.6))

= 151.962 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 151.962 MPa

L_y / R_y = 3100 / 72.6

42.700 ---> 18.6 < Ly/Ry ≤ 92.8 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (42.700 − 18.6))

= 135.268 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 135.268 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 135.268 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3100 / 305

= 10.164 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.164 − 4.6))

= 141.914 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 141.914 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (24.603)^2

= 2230.239 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 135.268 MPa > f_c = 50.678 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 141.914 MPa > f_b = 74.680 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{50.678}{135.268} + \frac{74.680}{141.914 \times (1 - (50.678 / 2230.239))}$

= 0.913 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 50.678 + \frac{74.680}{1 - (50.678 / 2230.239)}$

= 127.094 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.913 , 0.807)

= 0.913 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 683.14 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	16	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	15.000	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 16 x 1.210 x ##
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 149.580 tonf

= 1466.88 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1466.88 / 2.0

= 733.439 kN

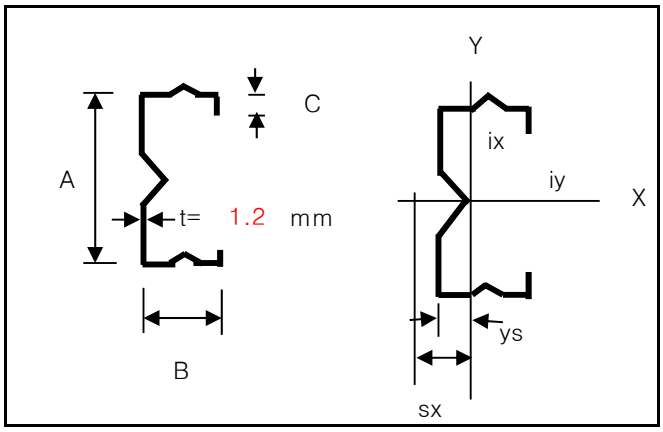
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

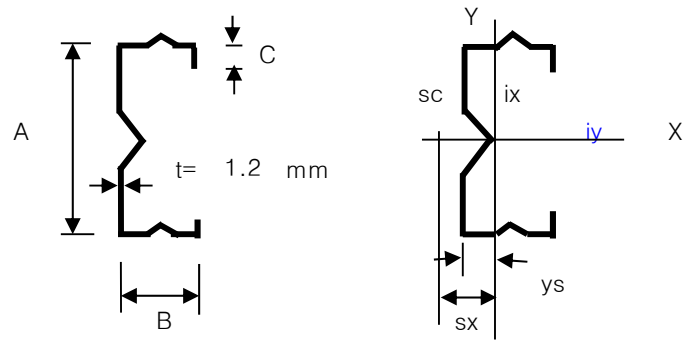
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 3.50m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	2000.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	263.0
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

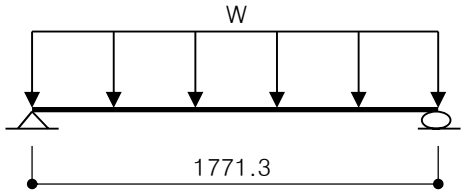
설계지간 (L) = 2000.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1771.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0295 MPa ---> (CS5 : 굴착 3.5 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 29.5 kN/m^2 x 0.2000 m = 5.9 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 5.9 x 1.77^2 / 8 = 2.3 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 5.9 x 1.77 / 2 = 5.2 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2313418 / 27,100 = 85.37 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2313418 / 27,980 = 82.68 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 5224 / 234 = 22.33 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,771 / 200 − 3.4) }

= 262.992 MPa

여기서, ℓ = 1,771 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 8.856 이므로,

∴ f_{ba} = 262.992 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 85.37 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 82.68 MPa < f_{ba} = 262.99 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 22.33 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 10 m, 굴착폭 = 18.8 m, 최대굴착깊이 = 3.5 m, 전모델높이 = 24 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	4.60	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(자갈)	10.90	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
3	풍화토	23.00	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00
4	풍화암	24.00	21.00	22.00	30.00	33.00	10	-	34000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SS400	17.5	2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	2.3	3	8	100	1

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 3.5 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.80	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	3.50	-	-	-	-	-	-	X	X
6	3.50	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	8.78	1.5	-4.18	5.7	0.58	0.0	-13.29	3.2
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	8.78	1.5	-4.15	5.7	0.58	0.0	-13.27	3.2
CS3 : 굴착 2.8 m	2.80	15.32	3.2	-22.85	0.6	18.74	2.3	-13.09	5.7
CS4 : 생성 Strut-2	2.80	17.32	2.3	-16.01	2.3	0.58	0.0	-12.78	2.3
CS5 : 굴착 3.5 m	3.50	20.80	2.3	-31.98	2.3	0.58	0.0	-18.87	2.3
CS6 : Peck	3.50	19.06	2.3	-23.05	2.3	2.64	0.0	-13.46	2.3
TOTAL		20.80	2.3	-31.98	2.3	18.74	2.3	-18.87	2.3

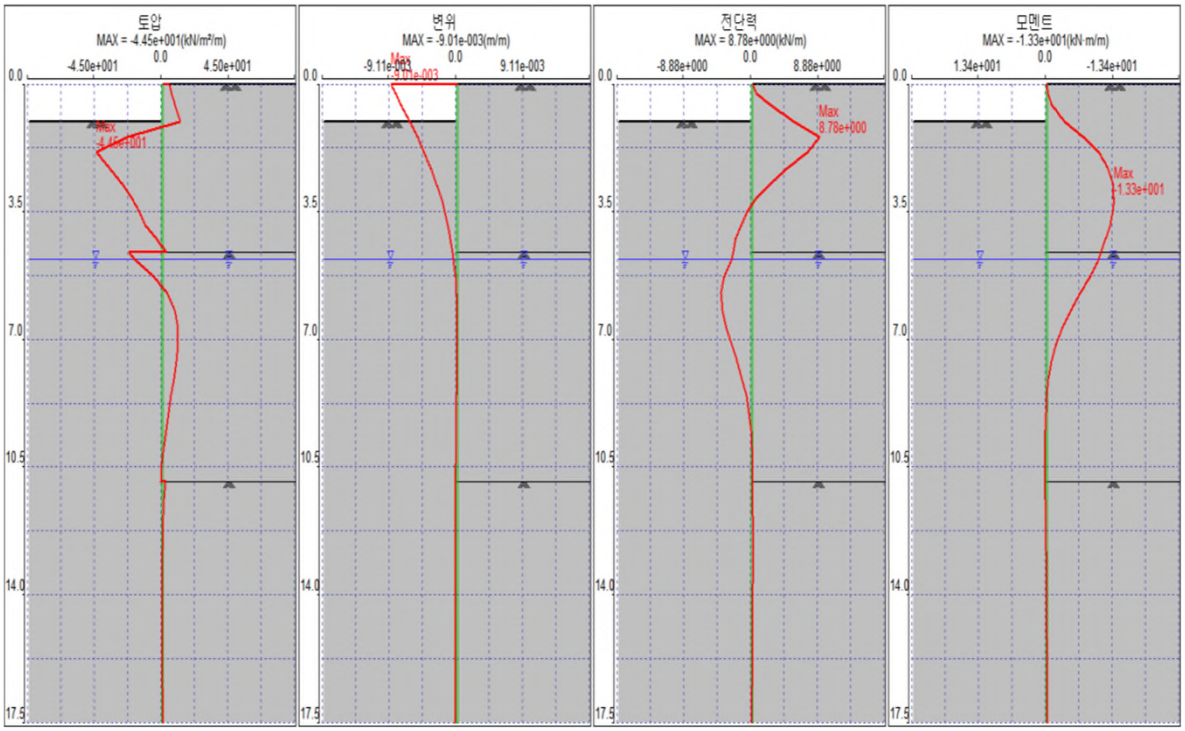
13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

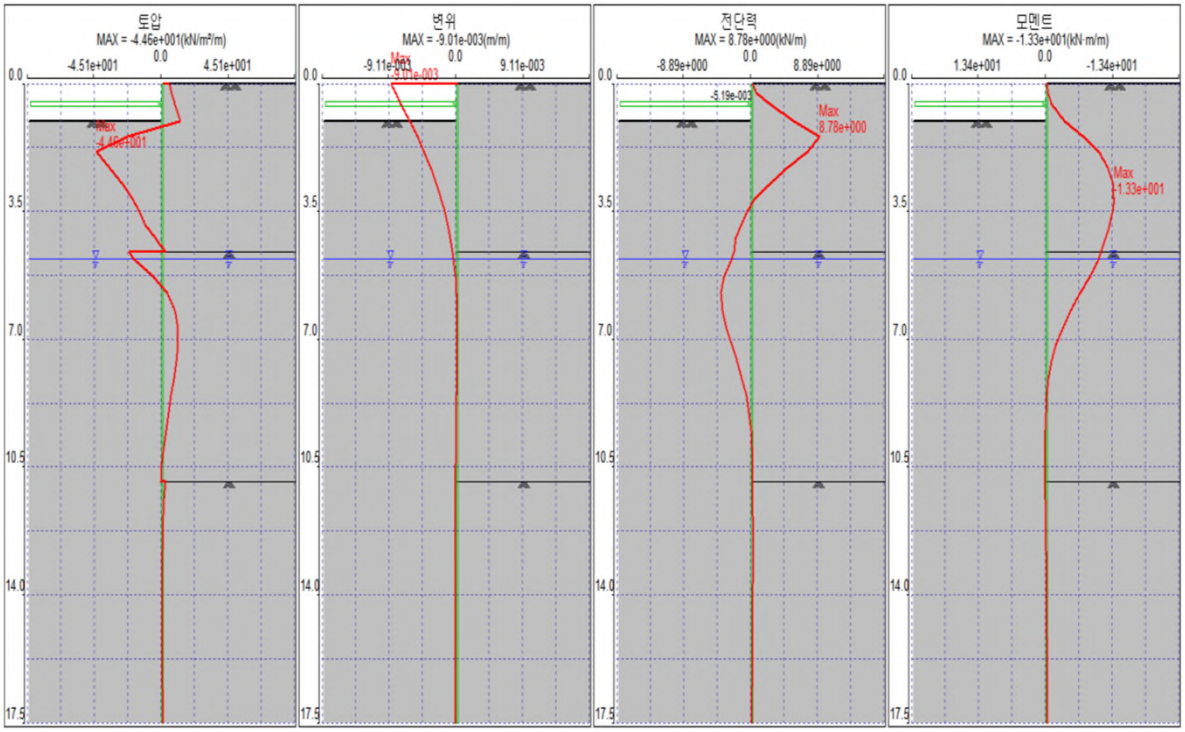
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2			
		0.55 (m)	2.3 (m)			
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-			
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-0.01	-			
CS3 : 굴착 2.8 m	2.80	25.17	-			
CS4 : 생성 Strut-2	2.80	7.21	33.33			
CS5 : 굴착 3.5 m	3.50	3.73	52.78			
CS6 : Peck	3.50	21.60	42.10			
TOTAL		25.17	52.78			

13.2 시공단계별 단면력도

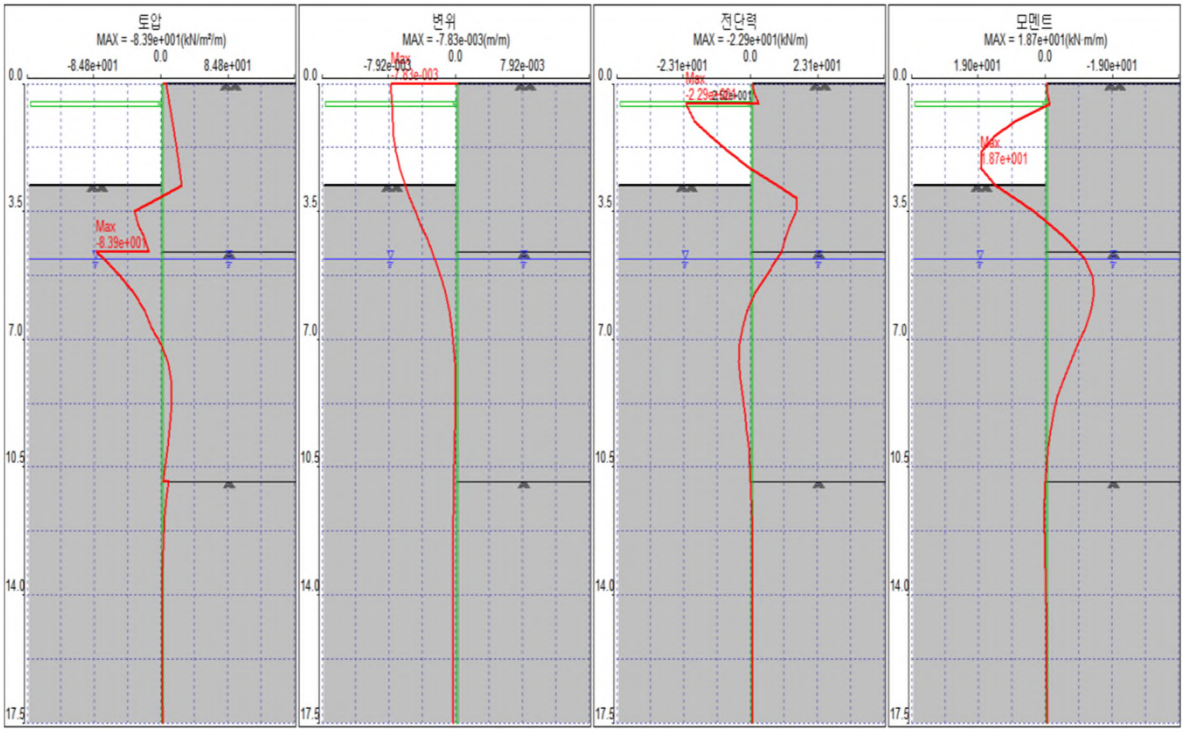
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



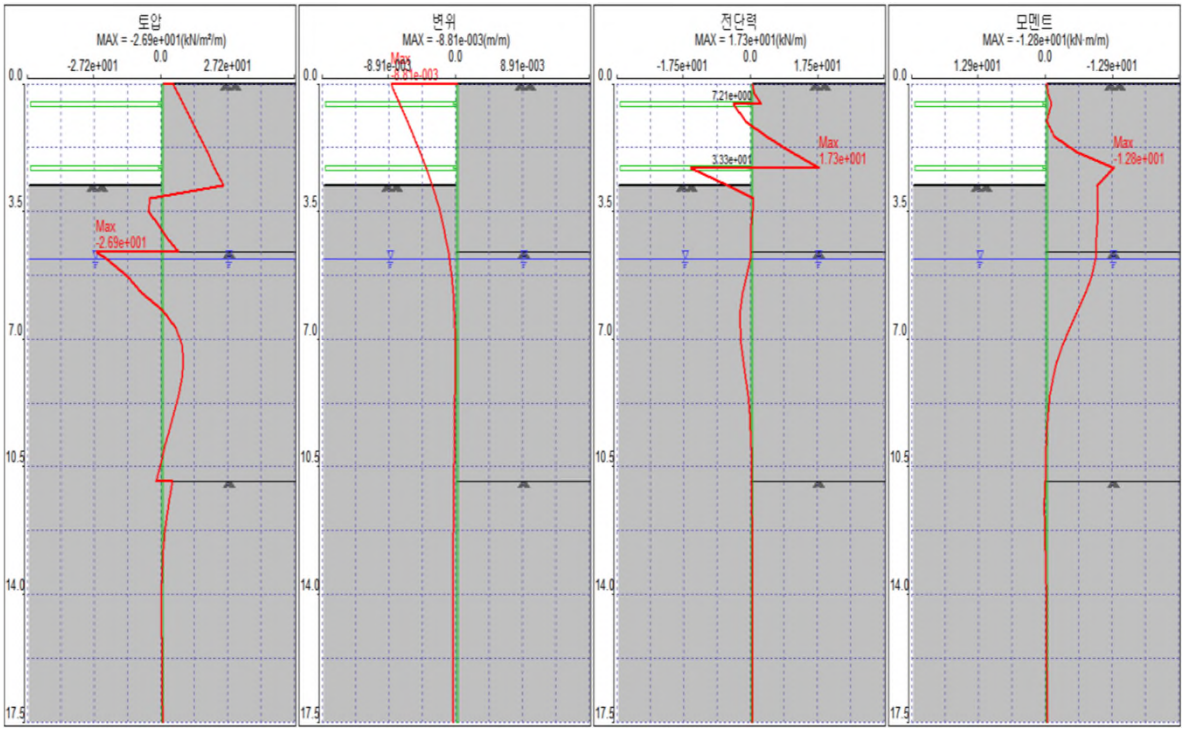
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



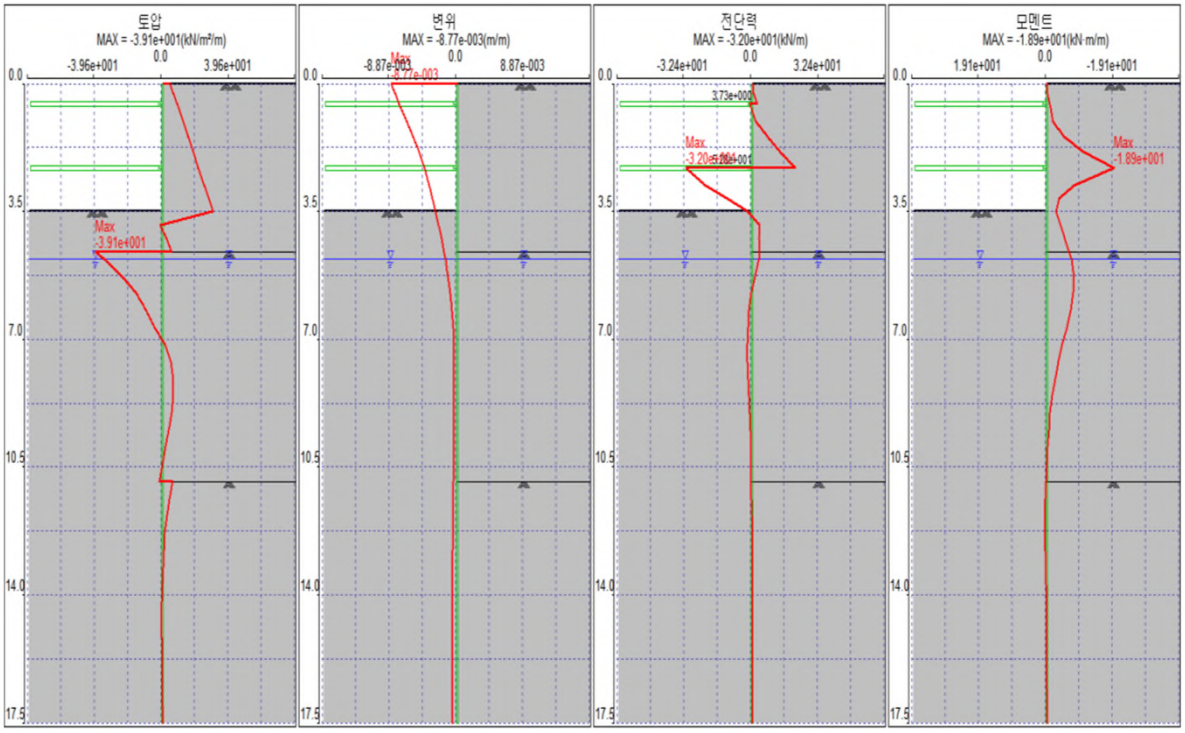
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.8 m]



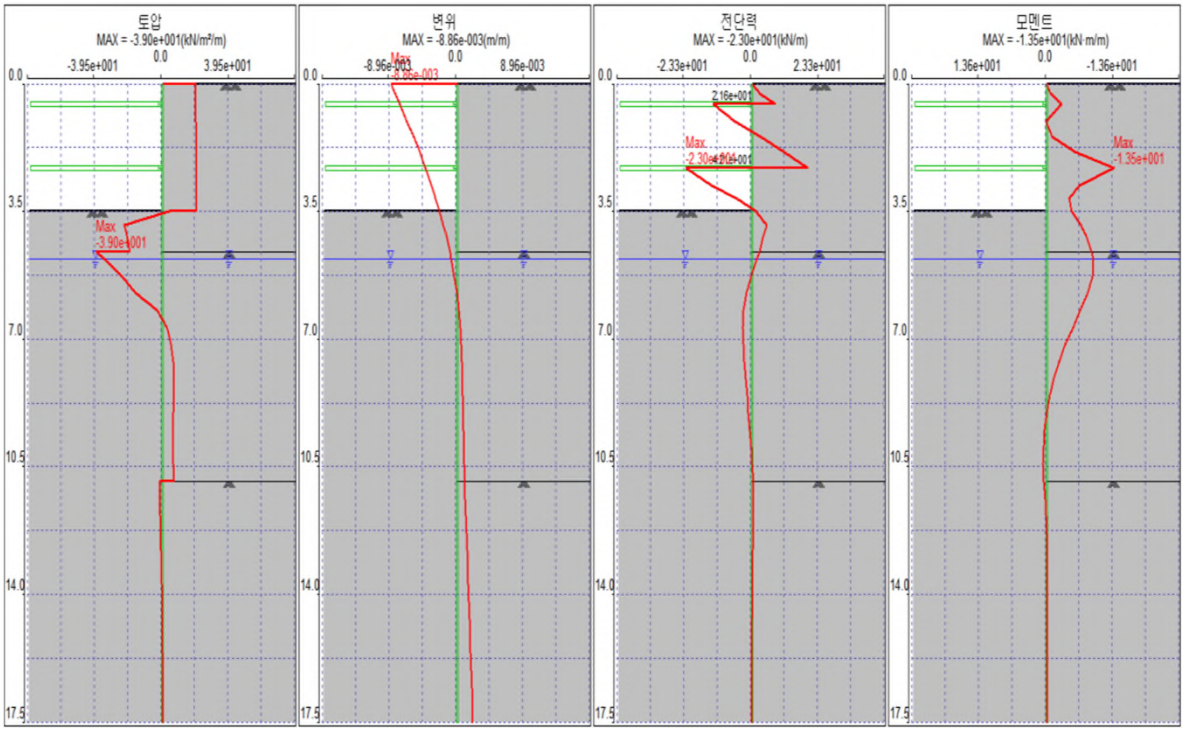
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



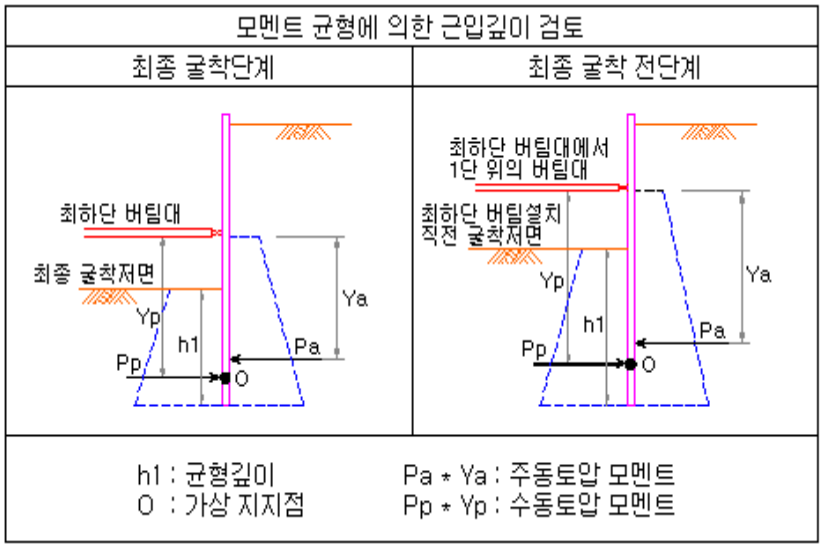
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 3.5 m]



6) 시공 6 단계 [CS6 : Peck]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.078	14.000	1998.000	34388.235	17.211	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.784	14.700	4386.695	43518.140	9.920	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.3 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 48.203 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.600 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 182.5 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 10.789 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (48.203 x 0.600) + (182.5 x 10.789) = 1998 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3319.177 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 10.36 m

Mp = (Pp x Yp) = (3319.177 x 10.36) = 34388.235 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 34388.235 / 1998 = 17.211

S.F. = 17.211 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.55 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 75.818 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.302 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 368.385 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 11.64 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (75.818 x 1.302) + (368.385 x 11.64) = 4386.695 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3666.81 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 11.868 m

Mp = (Pp x Yp) = (3666.81 x 11.868) = 43518.14 kN·m

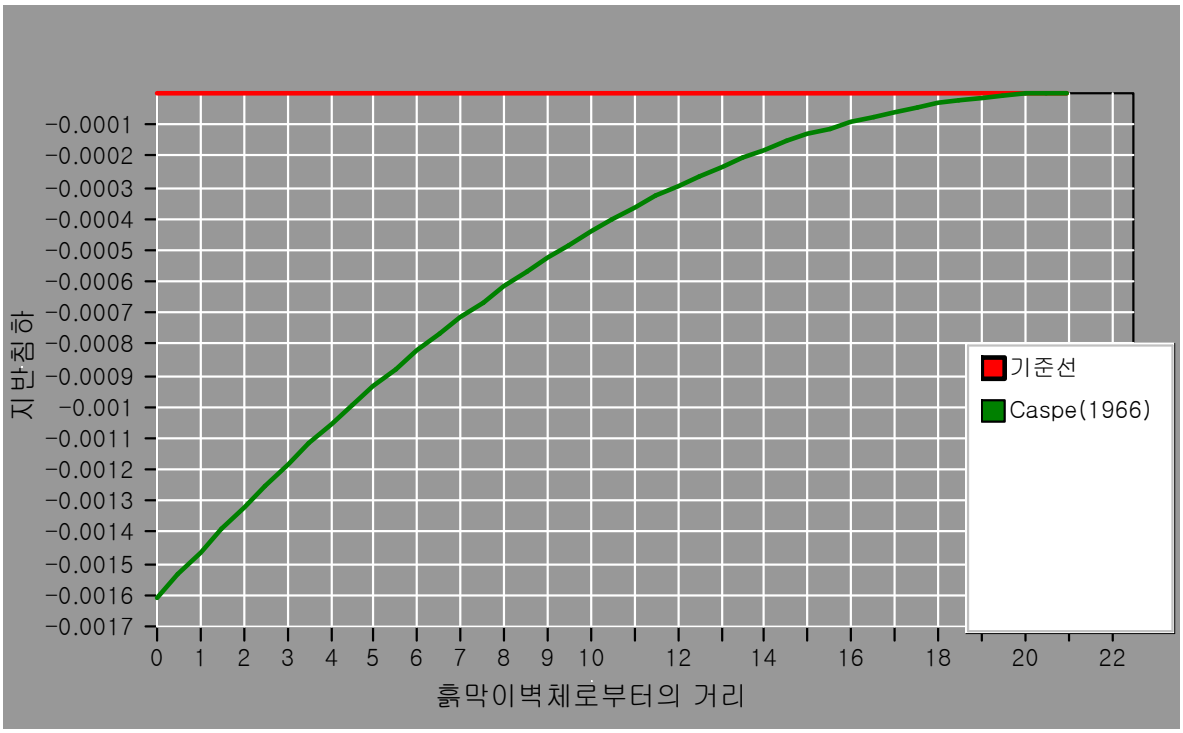
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 43518.14 / 4386.695 = 9.92

S.F. = 9.92 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.008 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 37.6 m, Hw = 3.5 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 26 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 37.6 x tan(45 + 26/2) = 30.086 m

Ht = Hp + Hw = 30.086 + 3.5 = 33.586 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 33.586 x tan(45-26/2) = 20.987 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.008 / 20.987 = -0.002 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.002 x ((20.987 - Xi) / 20.987)^2

3-1.4 TYPE-04

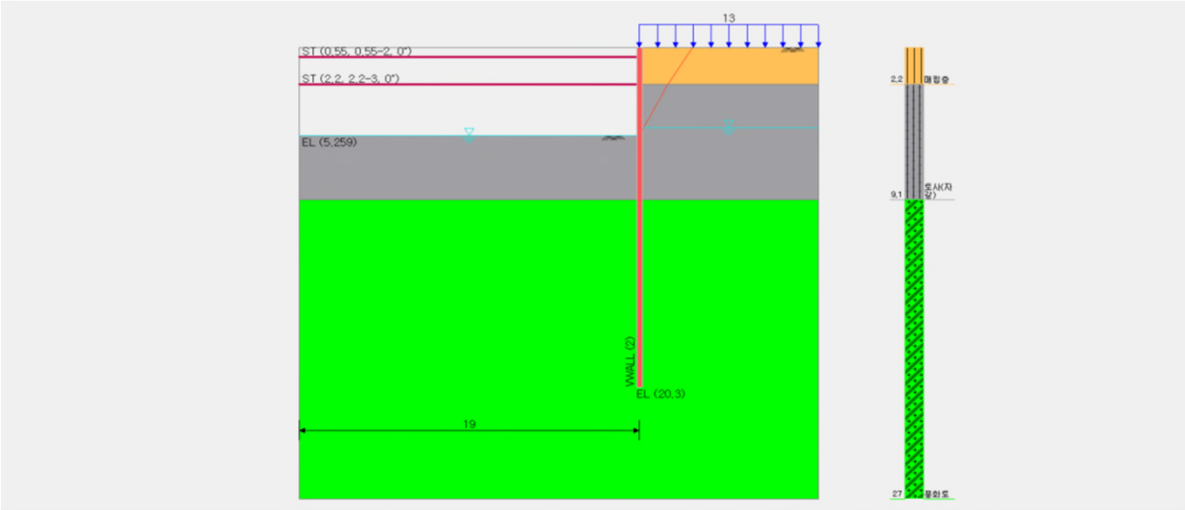
(STA.0+382.0~0+443.5)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 5.26m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	124.392	152.017	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.456	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	6.944	95.686	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	6.858	65.462	O.K		
		전단응력	2.360	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	2.20	휨응력	36.630	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	34.742	122.132	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.559	88.910	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	6.652	152.017	O.K	
		전단응력	4.731	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	2.20	휨응력	64.992	142.832	O.K	
		전단응력	30.811	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	57.256	152.017	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	33.265	157.500	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	27.470	90.000	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	74.063	141.914	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	51.665	135.268	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 5.26	휨응력	95.068	303.750	O.K		
		압축응력	92.078	262.992	O.K		
		전단응력	24.864	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS1 : 굴착 1.05 m	6.681	10.518	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 2.00m

다. 지보재

Strut – H 700x300x13/24 수평간격 : 2.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SS400)	2.00m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)	$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
	$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
	$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$

휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b-4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b-4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5-7.035(\ell/b-3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6<\ell/r\le73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4<\ell/r\le67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0<\ell/r\le54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

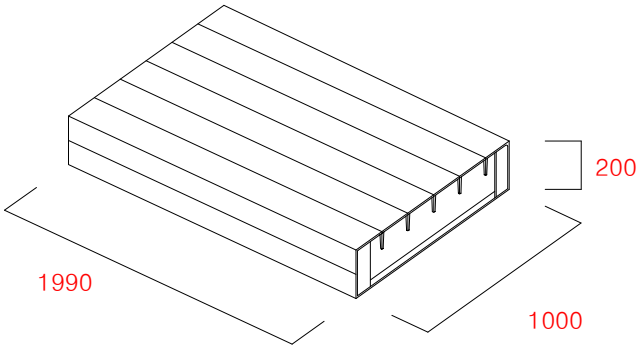
가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

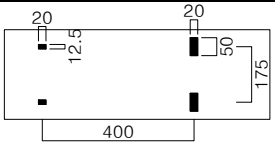
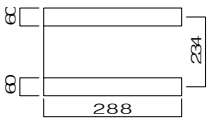
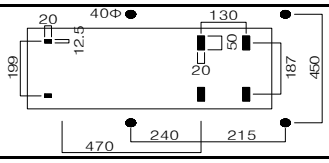
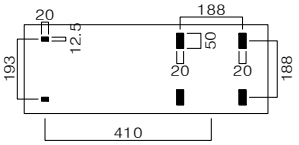
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (㎝)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140

= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80

= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

$$= 0.0209001 + 1.662$$

$$= 1.682 \text{ mm}$$

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

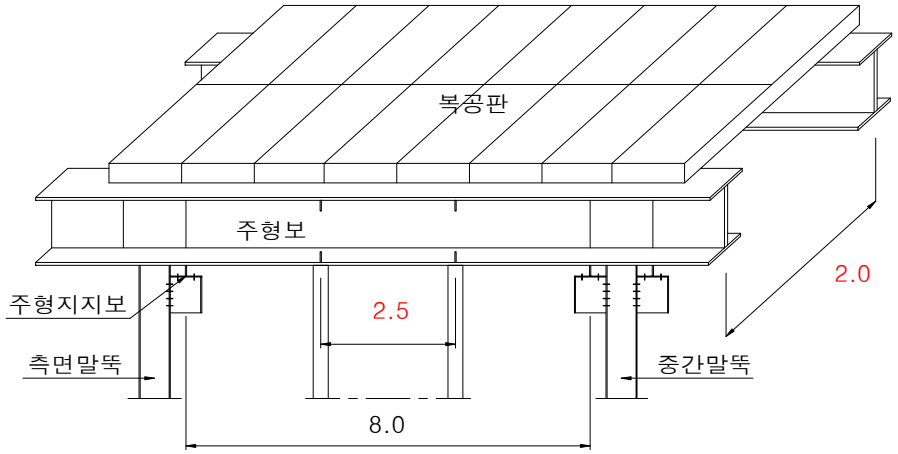
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

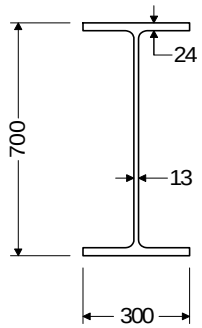
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)$

$= 0.313 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

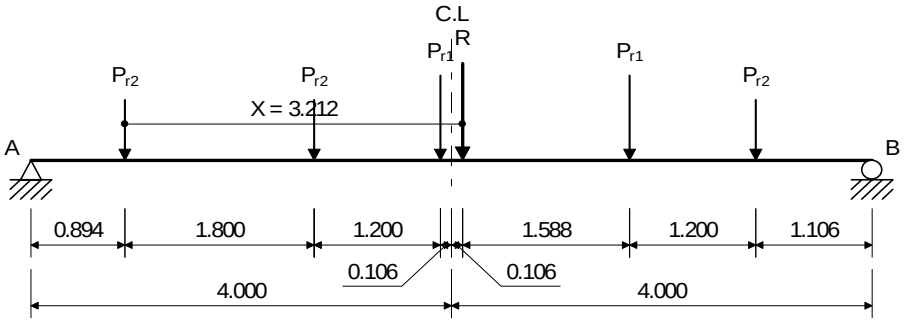
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

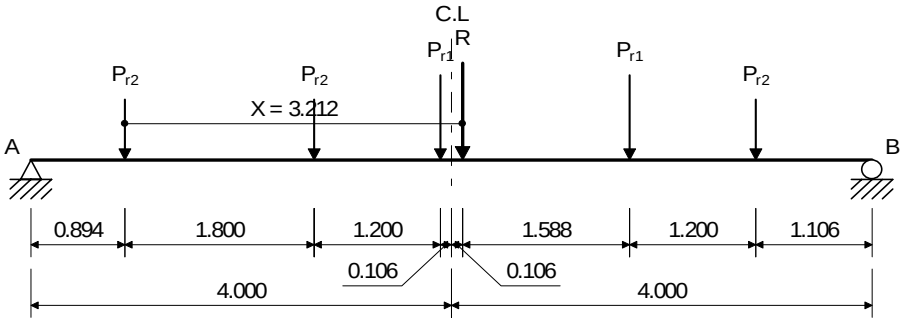
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) /

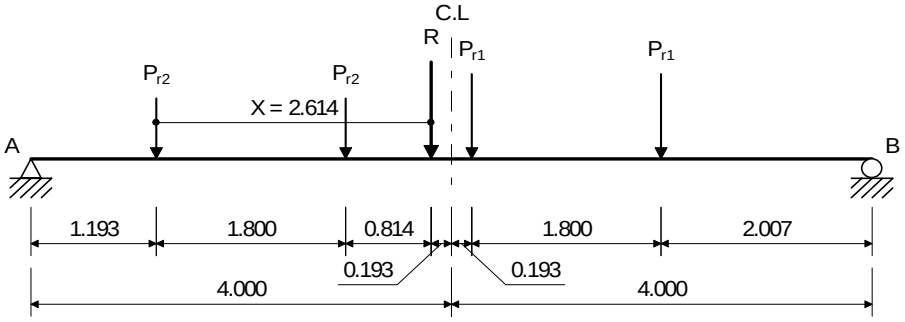
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)



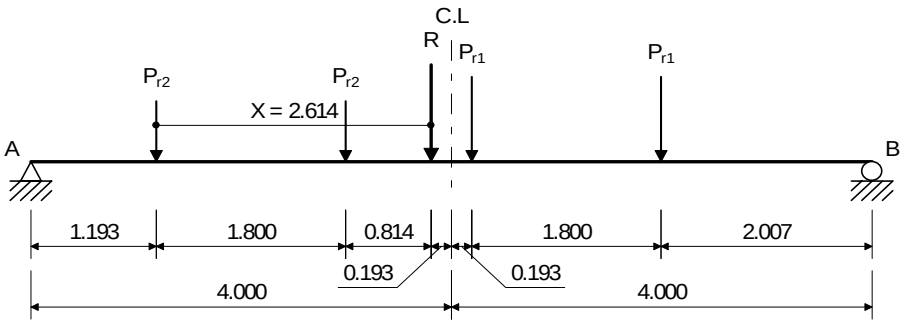
a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2

= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

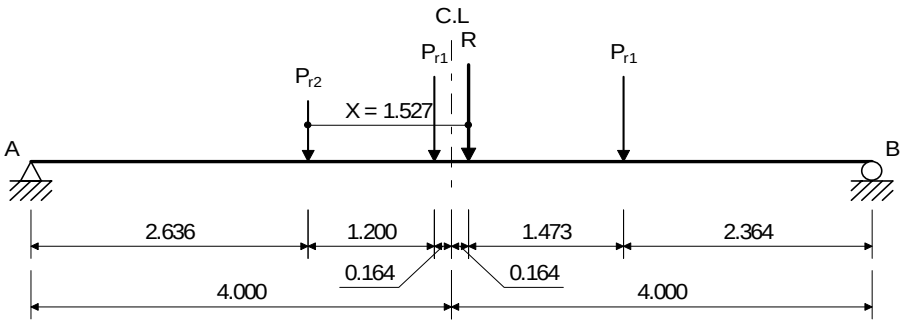
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

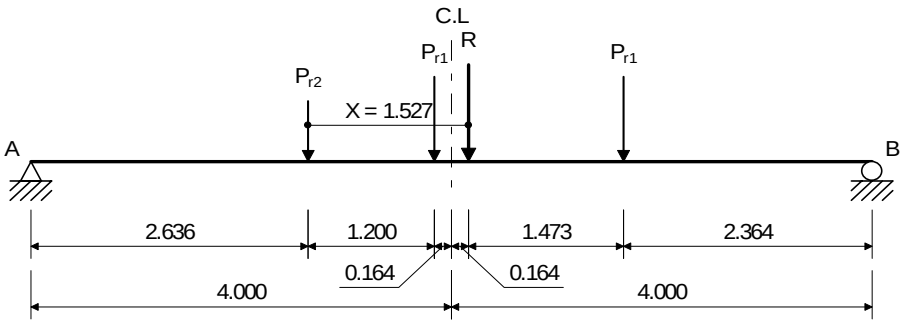


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

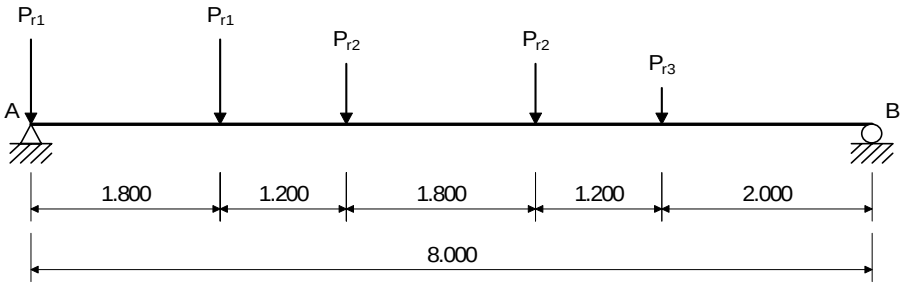


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L
= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) /
= 335.010 kN

S_l = 335.010 x 1.00 = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

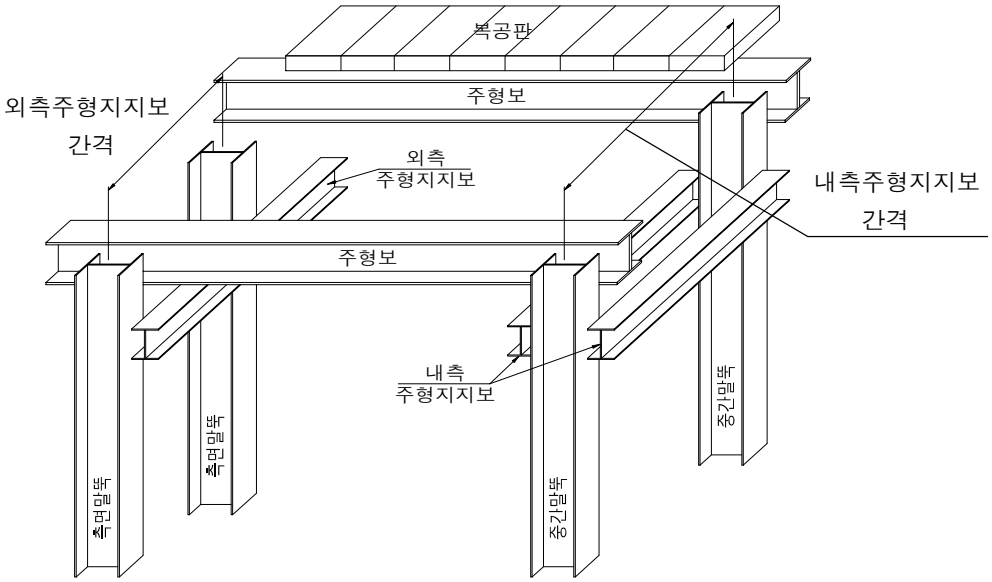
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

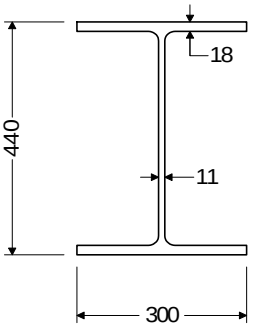
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

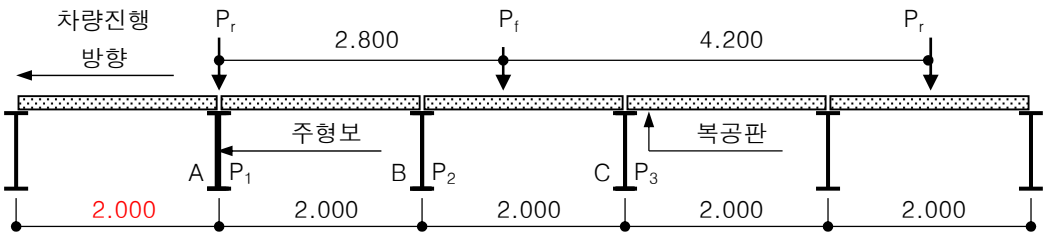


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



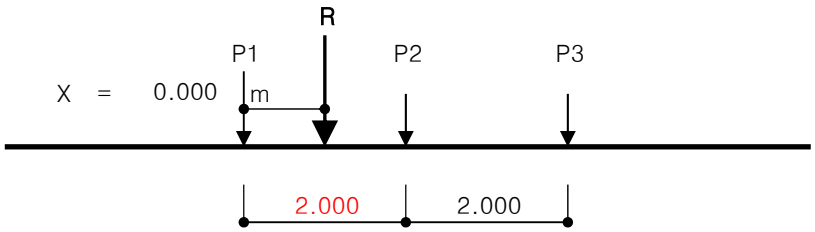
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

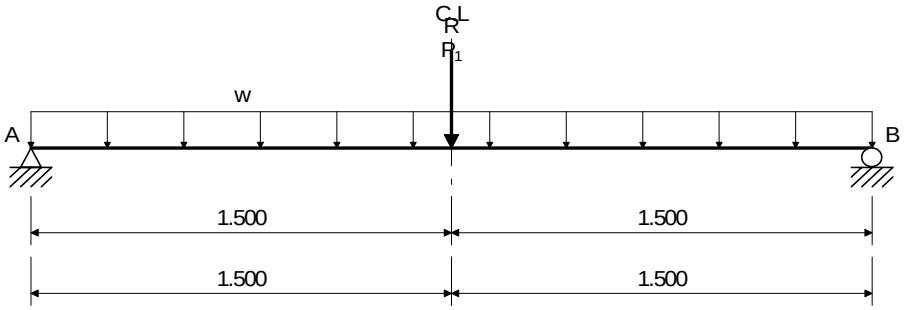


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 357.210
= 357.210 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

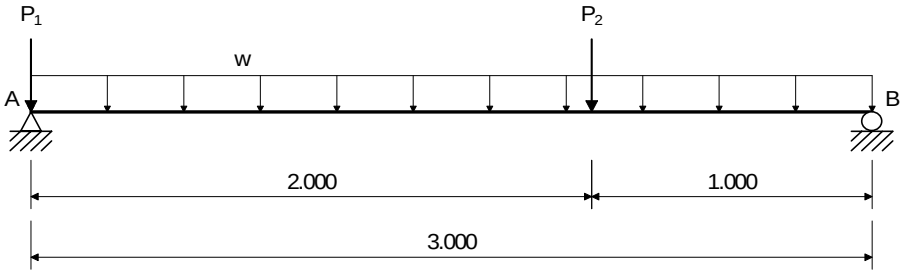
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (357.210 x 1.500) / 3.000
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 269.271 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

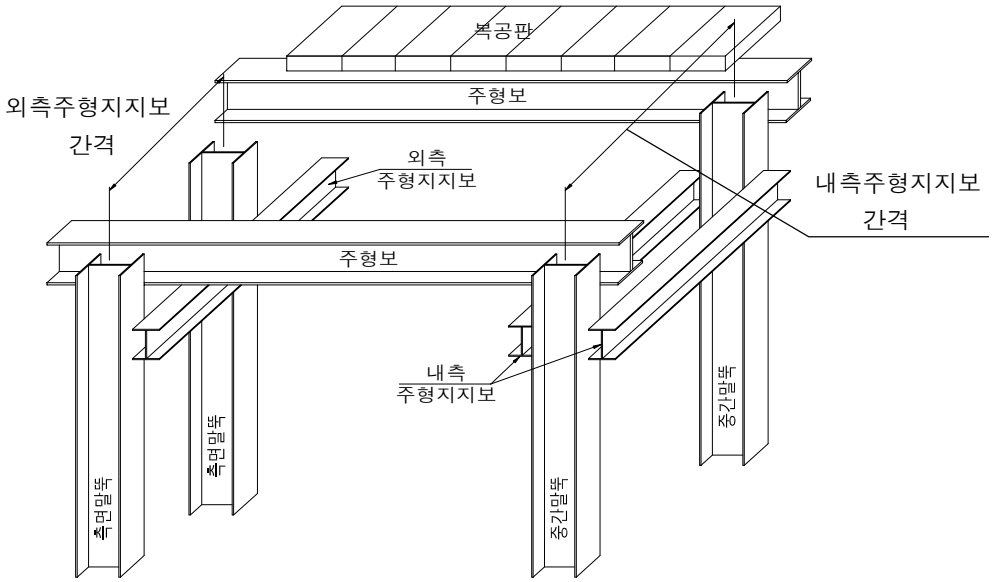
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

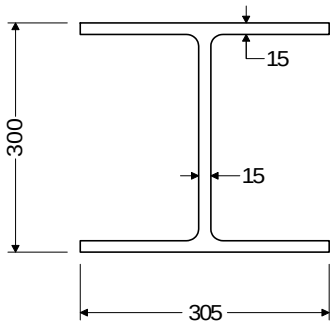
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

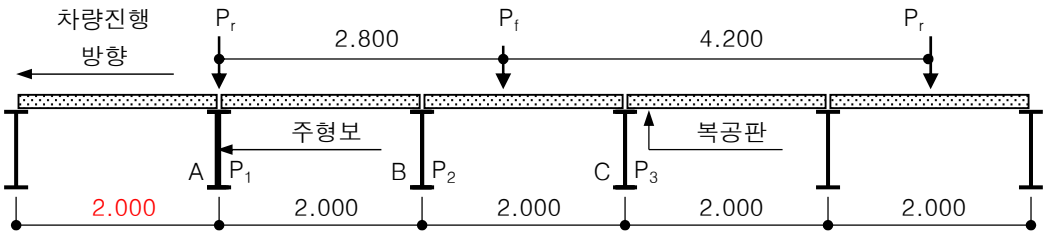


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



나. 주형보 반력 case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



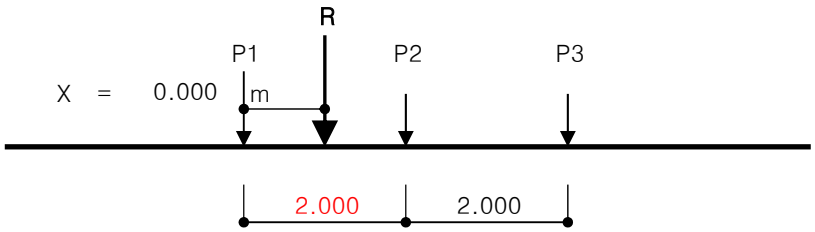
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

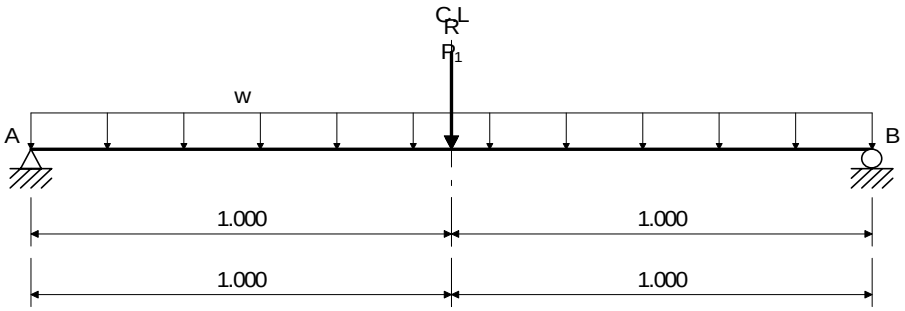


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 357.210
= 357.210 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

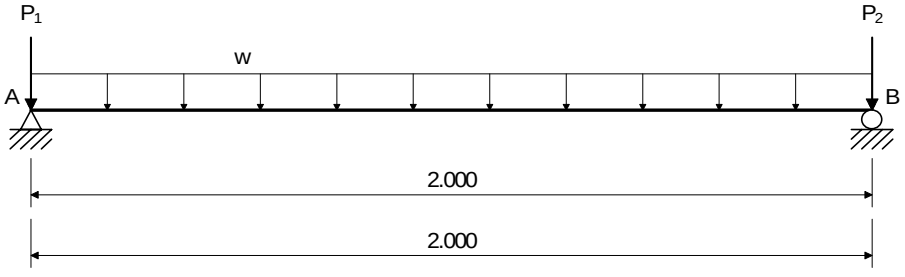
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (357.210 x 1.000) / 2.000
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 179.124 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (357.210 x 2.000 + 72.451 x 0.000) / 2.000
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 2.00 / 2
= 358.248 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 179.124 x 1000000 / 1440000.0 = 124.392 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 358.248 x 1000 / 4050 = 88.456 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (124.392 + 124.392) / 124.392
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))
= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 124.392 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.456 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 358248 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 7.04 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.04 ea ---> O.K

7.지보재 설계

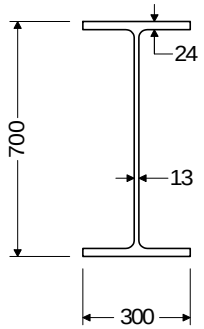
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 20.755 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.7 m)
= 20.755 x 2.00 / 1 단
= 41.511 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 41.511 + 120.0 = 161.511 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 5760000.0 = 6.944 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 161.511 x 1000 / 23550 = 6.858 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.000 x 1000 / 8476 = 2.360 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.789

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (13.803 - -0.086) / 13.803
= 1.006

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8000 / 293

27.304 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.304 − 18.6))

= 149.471 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 149.471 MPa

L_y / R_y = 8000 / 67.8

117.994 ---> 92.8 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 117.994²)

= 65.462 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 65.462 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 65.462 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8000 / 300

= 26.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.667 − 4.6))

= 95.686 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.686 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.304)^2

= 1810.877 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 65.462 MPa > f_c = 6.858 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 95.686 MPa > f_b = 6.944 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.360 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{6.858}{65.462} + \frac{6.944}{95.686 \times (1 - (6.858 / 1810.877))}$

= 0.178 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 6.858 + \frac{6.944}{1 - (6.858 / 1810.877)}$$

$$= 13.829 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.178 , 0.088)
= 0.178 < 1.0 ---> O.K

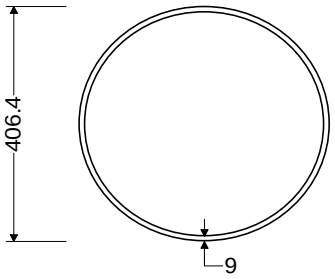
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 90.122 kN/m ---> Strut-2 (CS6 : Peck)
= 90.122 x 3.00 / 1 단
= 270.366 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 270.366 + 120.0 = 390.366 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 40.000 x 1000000 / 1092000.0 = 36.630 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 390.366 x 1000 / 11236.2 = 34.742 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.559 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.103 x 9)

= 20.476 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.103

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.372 − −1.888) / 71.372

= 1.026 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 140.5

56.940 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (56.940 − 18.6))

= 122.132 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 122.132 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (56.940)^2

= 416.396 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.132 MPa > f_c = 34.742 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 36.630 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.559 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{34.742}{122.132} + \dfrac{36.630}{157.500 \times (1 - (34.742 / 416.396))}$

$$= \quad 0.538 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= \quad 34.742 + \frac{36.630}{1 - (34.742 / 416.396)}$$

$$= \quad 74.706 \quad < \quad f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.538 , 0.474)

$$= \quad 0.538 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{71.372}{122.132} + \left\{ \frac{3.559}{88.910} \right\}^2$$

$$= \quad 0.586 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

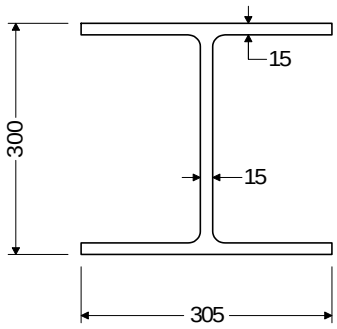
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

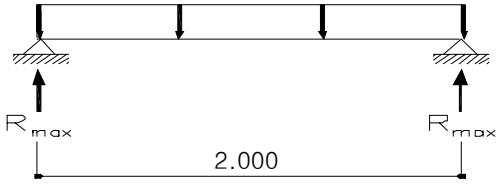
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 20.755 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.7 m)

P = 20.755 × 2.00 m / 1 ea = 41.511 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 41.511 / (13 × 2.000)
= 19.159 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 19.159 × 2.000^2 / 8
= 9.579 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 19.159 × 2.000 / 2
= 19.159 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 9.579 x 1000000 / 1440000.0 = 6.652 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 19.159 x 1000 / 4050 = 4.731 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (6.652 + 6.652) / 6.652

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 6.652 MPa ---> O.K

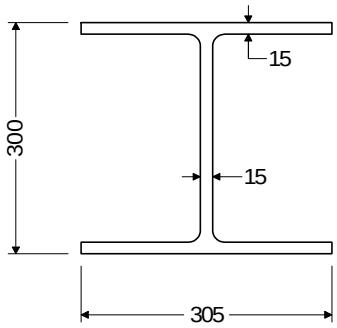
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 4.731 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

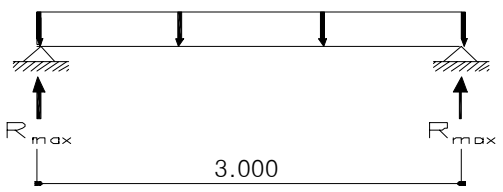
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 90.122 kN/m ---> Strut-2 (CS6 : Peck)

$P = 90.122 \times 3.00\ m / 1\ ea = 270.366\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 270.366 / (13 \times 3.000)$
$= 83.190\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 83.190 \times 3.000^{2} / 8$
$= 93.588\ kN\cdot m$

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 83.190 \times 3.000 / 2$
$= 124.784\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 93.588 \times 1000000 / 1440000.0 = 64.992$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 124.784 \times 1000 / 4050 = 30.811$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$
$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (64.992 + 64.992) / 64.992$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (9.836 - 4.6))$
$= 142.832$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 142.832$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$
$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 142.832$ MPa > $f_b = 64.992$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 30.811$ MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

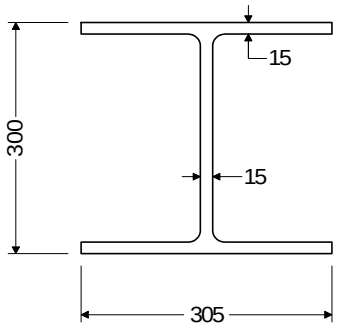
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 2.000 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 357.210 kN
나. 주형 지지보의 자중 = 2.100 kN
다. 측면말뚝 자중 = 20.800 kN
라. 버팀보 자중 = 14.100 kN
마. 띠장 자중 = 4.200 kN
바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 2.000 = 0.000 kN
사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 448.410 kN

최대모멘트, M_{max} = 41.224 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 5.259 m)
최대전단력, S_{max} = 55.626 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS6 : Peck)

▶ Pmax = 448.410 kN
▶ Mmax = 41.224 × 2.000 = 82.449 kN·m
▶ Smax = 55.626 × 2.000 = 111.252 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 82.449 x 1000000 / 1440000.0 = 57.256 MPa
▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 448.410 x 1000 / 13480 = 33.265 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 111.252 x 1000 / 4050 = 27.470 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 2.205
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (90.521 − −23.991) / 90.521
= 1.265

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 2000 / 126

15.873 ---> Lx/Rx ≤ 18.6 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 157.500 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (15.873)^2

= 5358.150 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 157.500 MPa > f_c = 33.265 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 57.256 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 27.470 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{33.265}{157.500} + \frac{57.256}{152.017 \times (1 - (33.265 / 5358.150))}$

= 0.590 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 33.265 + \frac{57.256}{1 - (33.265 / 5358.150)}$

= 90.879 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.590 , 0.577)
= 0.590 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 6.7 mm ---> 흙막이벽(우) (CS1 : 굴착 1.05 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 5.259 x 1000 x 0.002 = 10.518 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 448.41 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 24
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 12
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 9
- L_s(모래층 중의 길이) = 15.000 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 2.500 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 24 x 0.0915 + 0.2 x 12 x 1.210 x ##
+ 0.5 x 9 x 1.210 x 2.500
= 112.073 tonf
= 1099.06 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1099.06 / 2.0
= 549.528 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

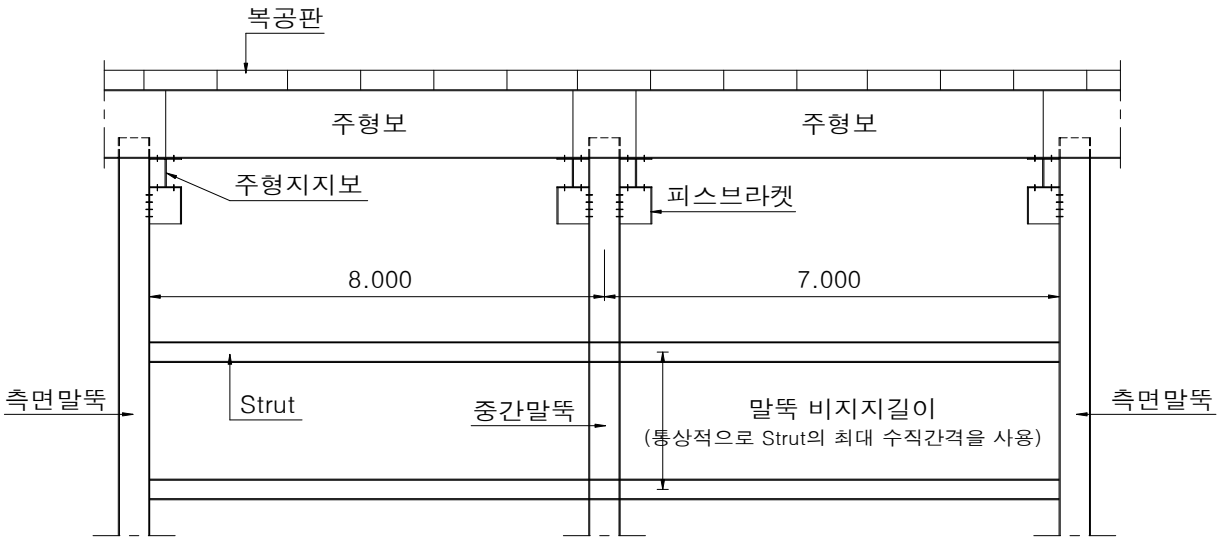
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 7.000 = 15.000 m

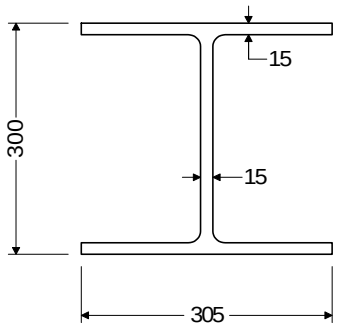
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 27.100 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 14.100 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 52.950 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.000) / 2 = 19.425 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

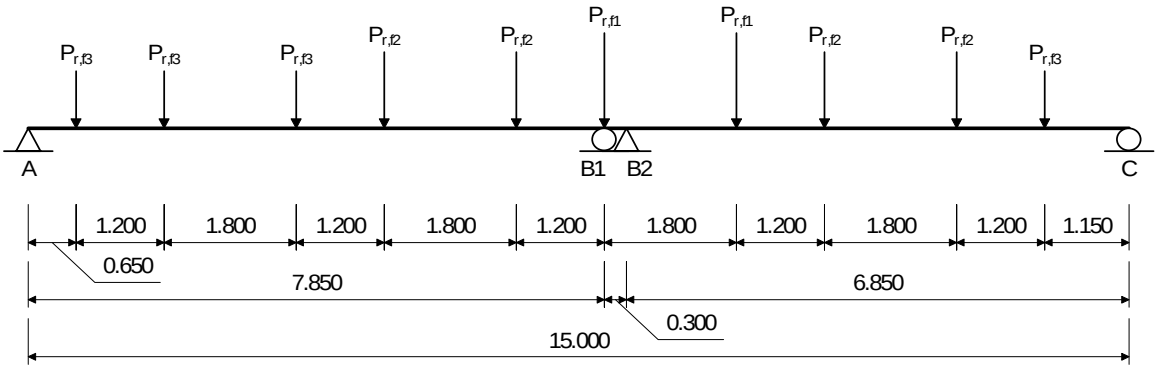
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850 + 70.200 x 0.650) / 7.850

= 316.918 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350 + 70.200 x 1.150) / 6.850

= 198.074 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 316.918 x 1.00 = 316.918 kN

P_{r2} = 198.074 x 1.00 = 198.074 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850 + 17.550 x 0.650) / 7.850

= 79.230 kN

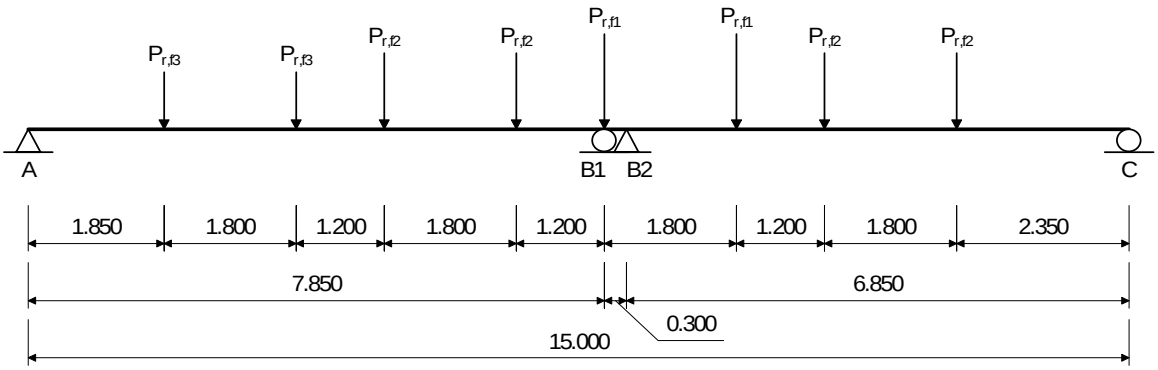
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350 + 17.550 x 1.150) / 6.850

= 49.519 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.230 x 1.00 = 79.230 kN

P_{f2} = 49.519 x 1.00 = 49.519 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850) / 7

= 311.106 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350) / 6.850

= 186.289 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 311.106 x 1.00 = 311.106 kN

P_{r2} = 186.289 x 1.00 = 186.289 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850) / 7.

= 77.776 kN

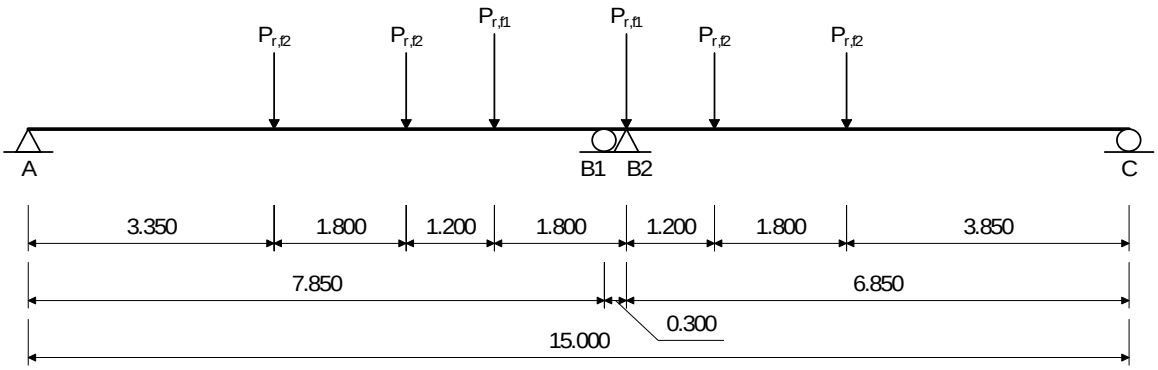
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350) / 6.850

= 46.572 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 77.776 x 1.00 = 77.776 kN

P_{f2} = 46.572 x 1.00 = 46.572 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 7.850

= 202.303 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.850 + 93.600 x 5.650 + 93.600 x 3.850) / 6.850

= 254.610 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 202.303 x 1.00 = 202.303 kN

P_{r2} = 254.610 x 1.00 = 254.610 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 7.850

= 50.576 kN

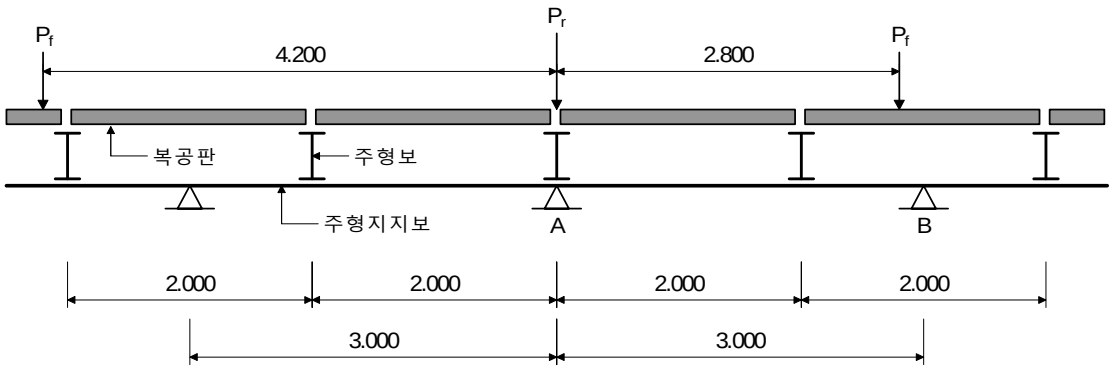
R_{B2} = (31.200 x 6.850 + 23.400 x 5.650 + 23.400 x 3.850) / 6.850

= 63.653 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 50.576 x 1.00 = 50.576 kN

P_{f2} = 63.653 x 1.00 = 63.653 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (316.918 x 3.000 + 79.230 x 0.200) / 3.000

= 322.200 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 322.200 + 22.200 x 3.00 / 2.00 = 355.500 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (254.610 x 3.000 + 63.653 x 0.200) / 3.000

= 258.854 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

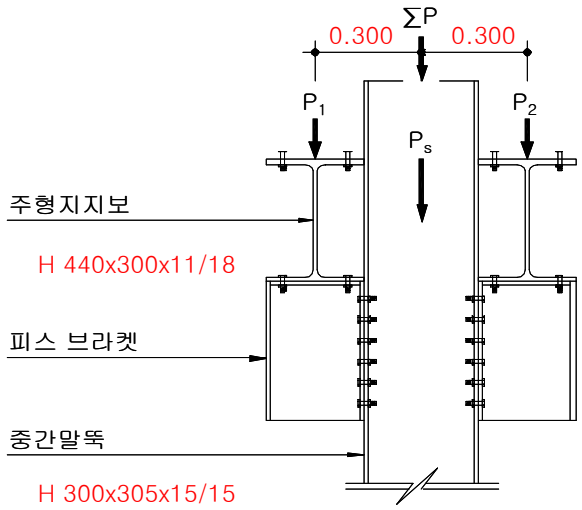
= 258.854 + 19.425 x 3.00 / 2.00 = 287.991 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 355.500 + 287.991 + 52.950 = 696.442 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 696.442 x 1000 / 13480 = 51.665 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.650 x 1000000 / 1440000 = 74.063 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 355.500 x 0.300 = 106.650 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.055

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (125.727 − −22.398) / 125.727

= 1.178

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 3100 / 126

24.603 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (24.603 − 18.6))

= 151.962 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 151.962 MPa

L_y / R_y = 3100 / 72.6

42.700 ---> 18.6 < Ly/Ry ≤ 92.8 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (42.700 − 18.6))

= 135.268 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 135.268 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 135.268 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3100 / 305

= 10.164 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.164 − 4.6))

= 141.914 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 141.914 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (24.603)^2

= 2230.239 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 135.268 MPa > f_c = 51.665 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 141.914 MPa > f_b = 74.063 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{51.665}{135.268} + \frac{74.063}{141.914 \times (1 - (51.665 / 2230.239))}$

= 0.916 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 51.665 + \frac{74.063}{1 - (51.665 / 2230.239)}$

= 127.484 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.916 , 0.809)

= 0.916 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 696.44 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	15	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	18.500	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 15 x 1.210 x ##
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 158.655 tonf

= 1555.87 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1555.87 / 2.0

= 777.937 kN

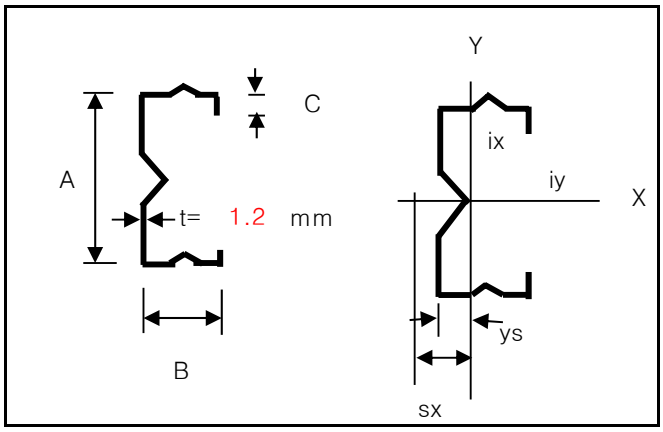
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

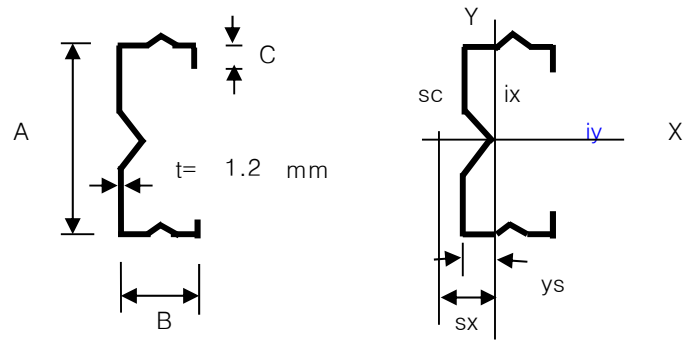
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 5.26m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	2000.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	263.0
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

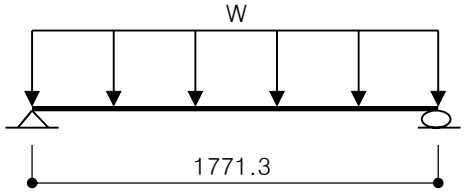
설계지간 (L) = 2000.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1771.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0328 MPa ---> (CS5 : 굴착 5.259 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 32.8 kN/m^2 x 0.2000 m = 6.6 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 6.6 x 1.77^2 / 8 = 2.6 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 6.6 x 1.77 / 2 = 5.8 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2576336 / 27,100 = 95.07 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2576336 / 27,980 = 92.08 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 5818 / 234 = 24.86 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,771 / 200 − 3.4) }

= 262.992 MPa

여기서, ℓ = 1,771 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 8.856 이므로,

∴ f_{ba} = 262.992 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 95.07 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 92.08 MPa < f_{ba} = 262.99 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 24.86 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 10 m, 굴착폭 = 19 m, 최대굴착깊이 = 5.259 m, 전모델높이 = 27 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.20	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(자갈)	9.10	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
3	풍화토	27.00	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SS400	20.3	2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	2.2	3	8	50	1

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 5.259 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.70	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	5.26	-	-	-	-	-	-	X	X
6	5.26	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	8.98	1.4	-4.95	4.8	0.61	0.0	-14.03	2.7
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	8.99	1.4	-4.93	4.8	0.61	0.0	-14.03	2.7
CS3 : 굴착 2.7 m	2.70	14.49	3.1	-18.36	0.6	12.08	1.8	-10.01	4.8
CS4 : 생성 Strut-2	2.70	11.31	2.2	-9.64	0.6	2.77	1.4	-9.43	4.0
CS5 : 굴착 5.259 m	5.26	34.27	2.2	-53.52	2.2	25.68	4.8	-41.22	2.2
CS6 : Peck	5.26	34.50	2.2	-55.63	2.2	22.19	4.4	-35.34	2.2
TOTAL		34.50	2.2	-55.63	2.2	25.68	4.8	-41.22	2.2

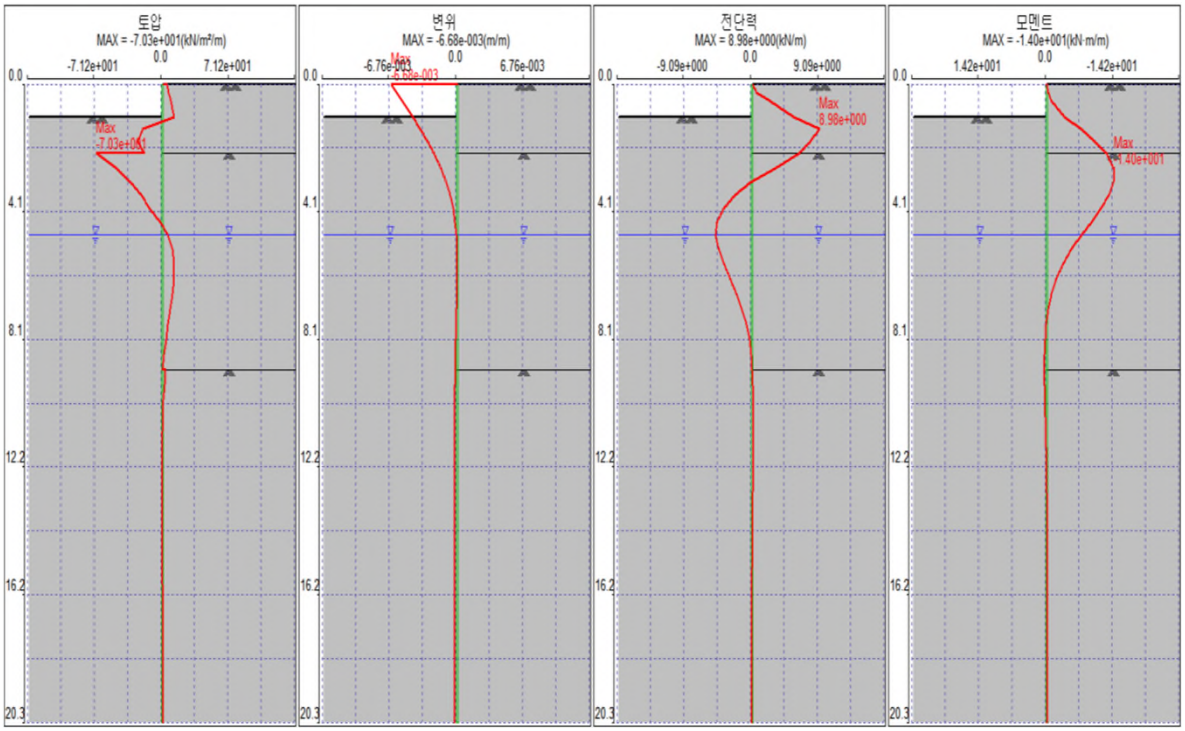
13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

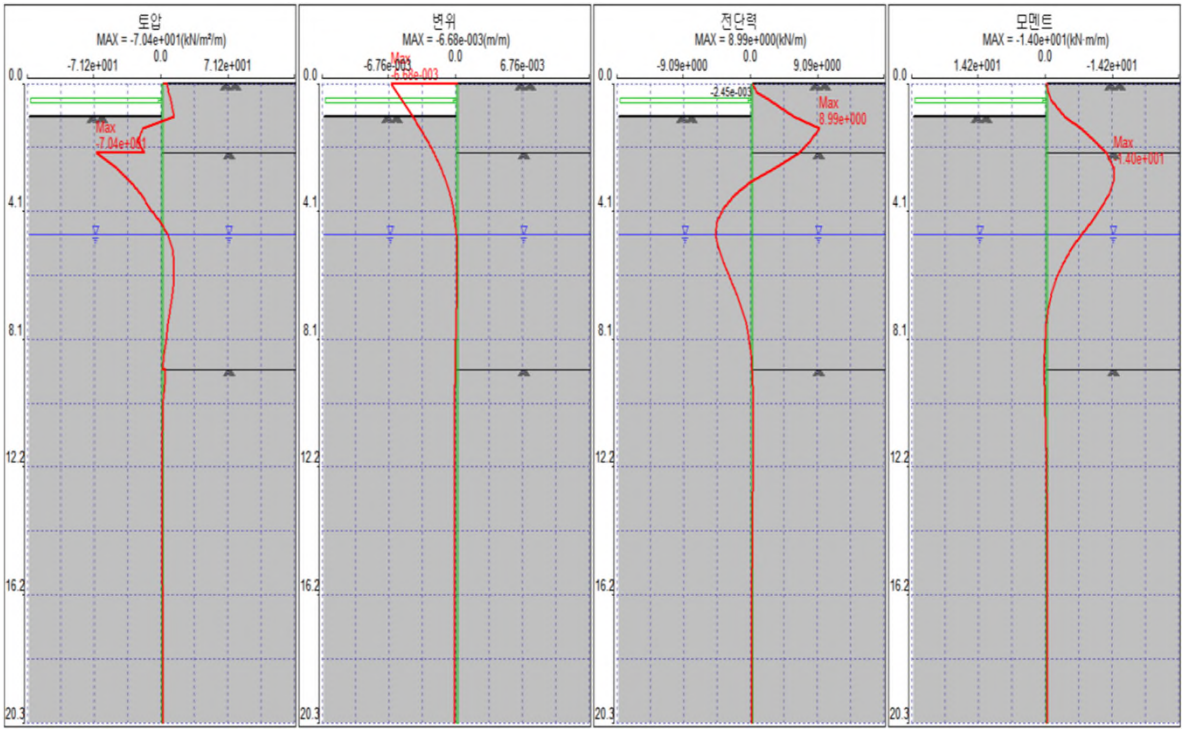
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2			
		0.55 (m)	2.2 (m)			
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-			
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-			
CS3 : 굴착 2.7 m	2.70	20.76	-			
CS4 : 생성 Strut-2	2.70	12.02	16.67			
CS5 : 굴착 5.259 m	5.26	-10.95	87.78			
CS6 : Peck	5.26	13.83	90.12			
TOTAL		20.76	90.12			

13.2 시공단계별 단면력도

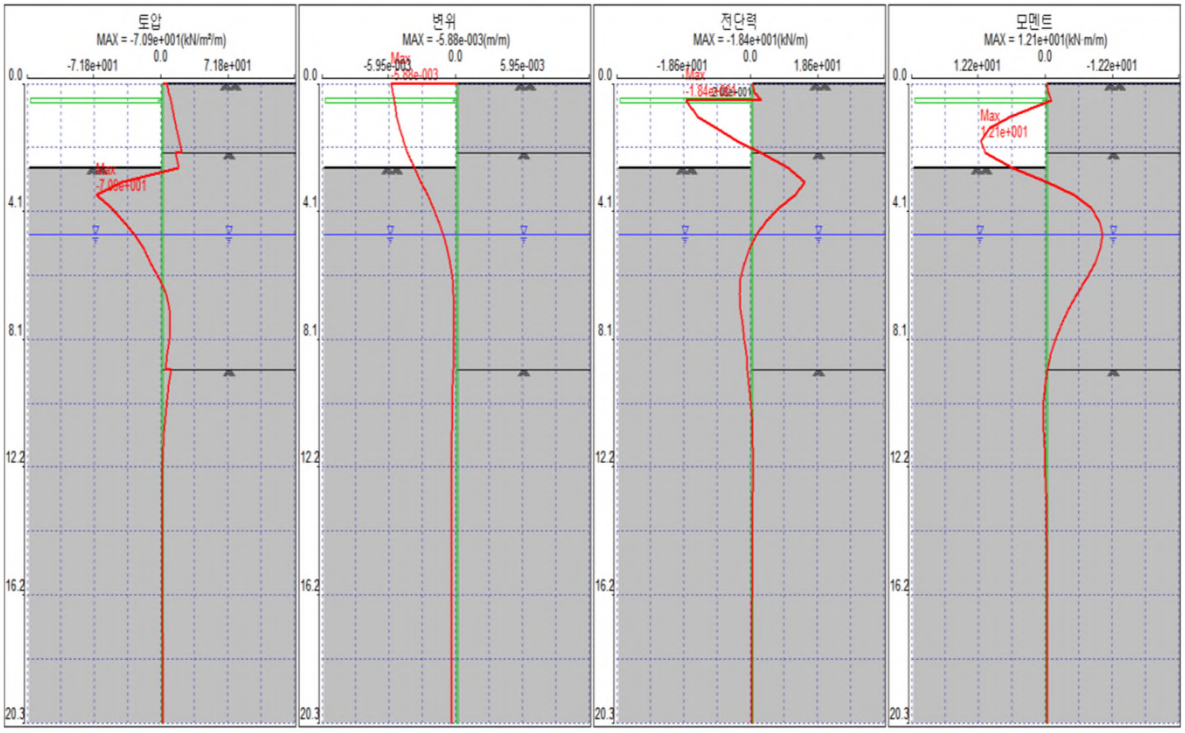
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



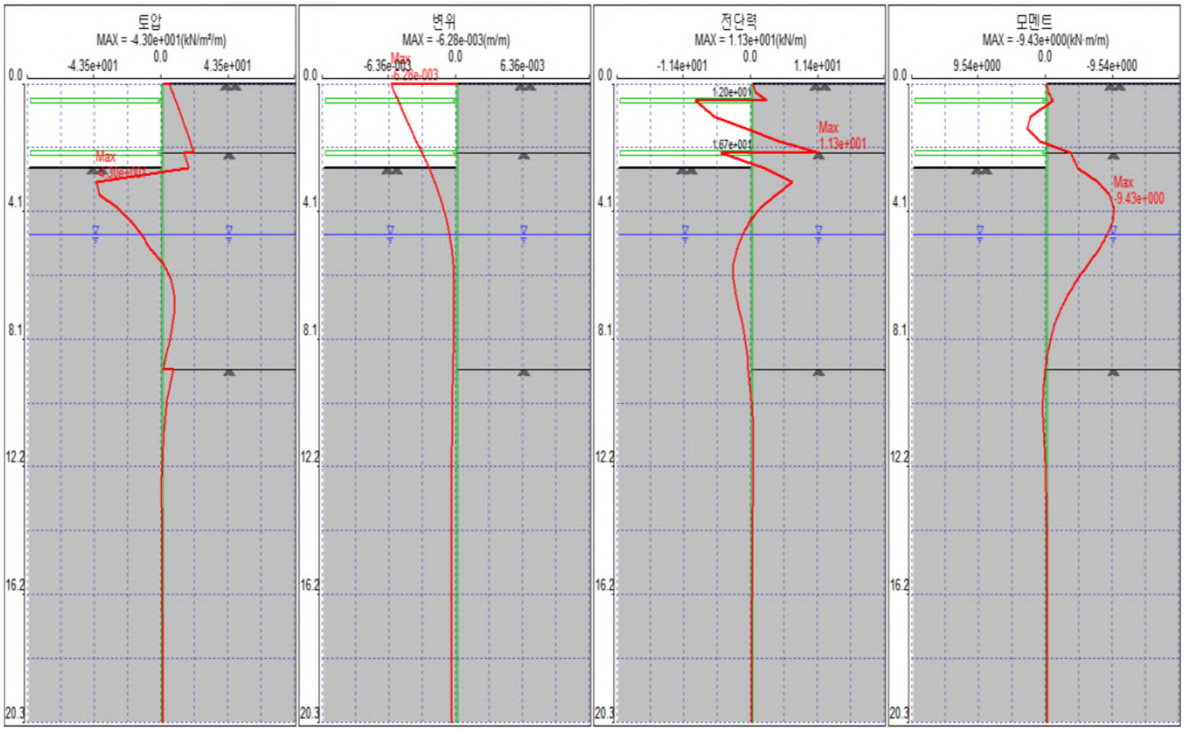
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



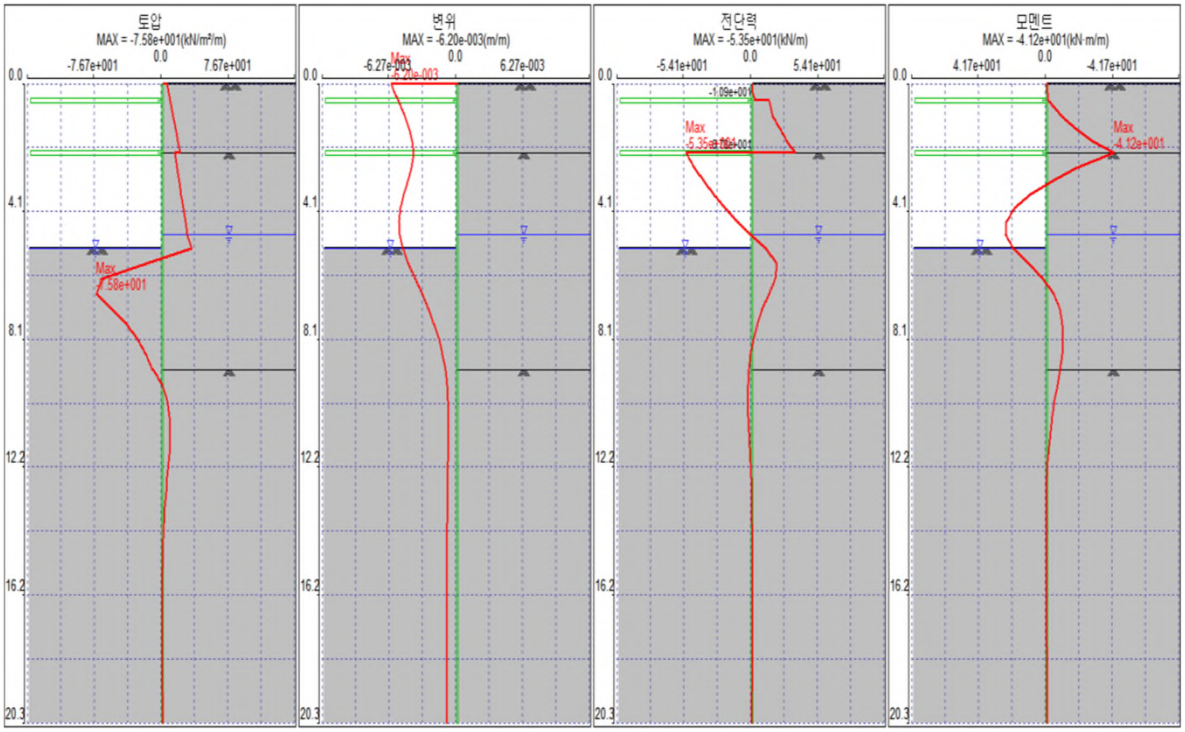
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.7 m]



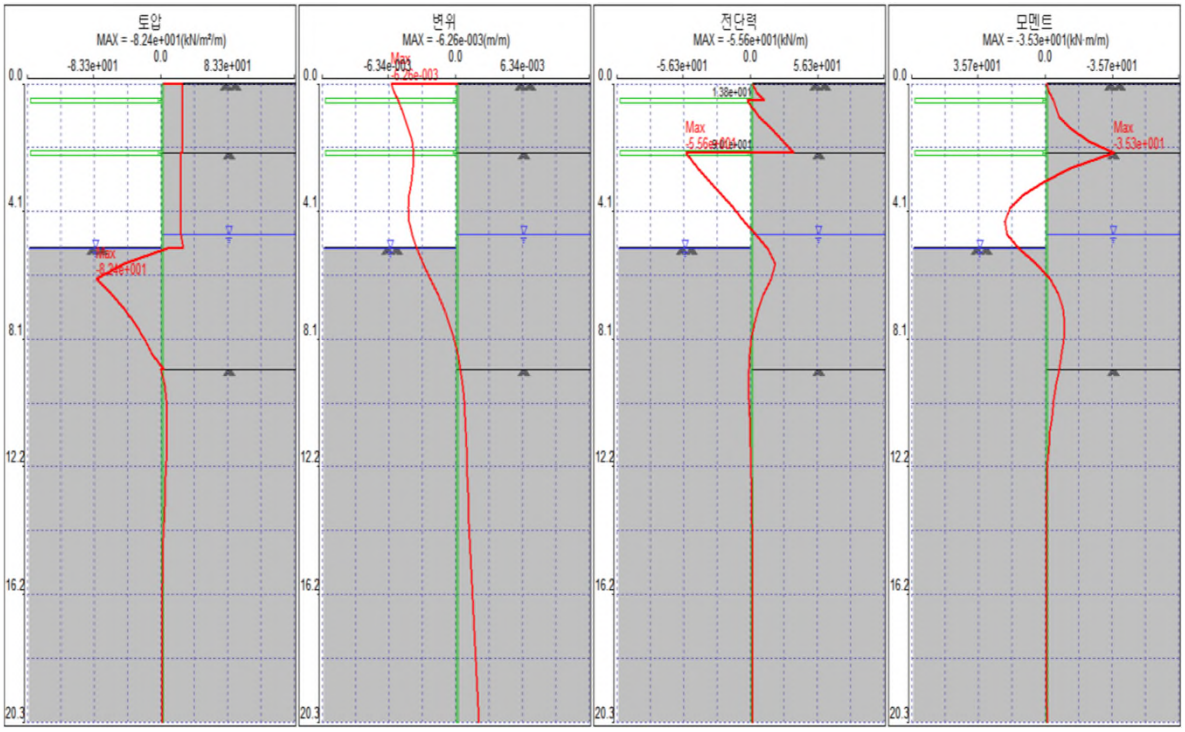
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



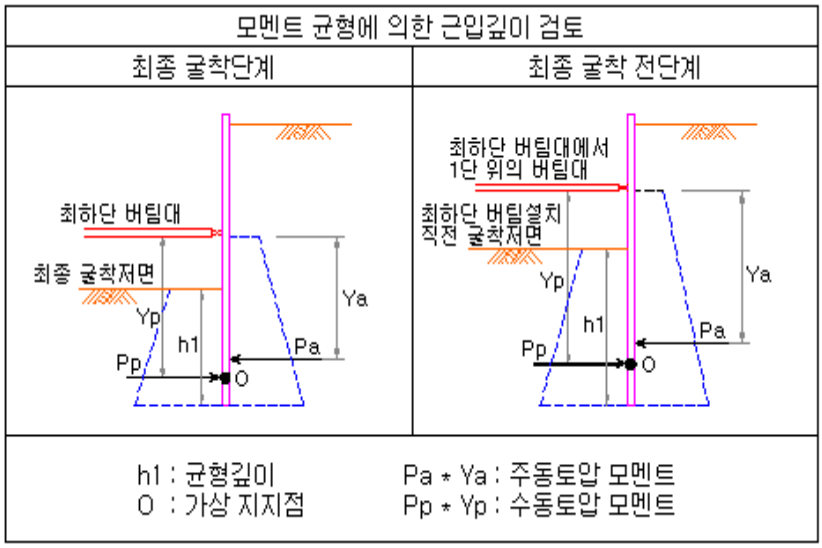
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.259 m]



6) 시공 6 단계 [CS6 : Peck]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.794	15.041	3644.391	48326.016	13.260	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.195	17.600	7116.472	71412.594	10.035	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.2 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 142.148 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.544 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 266.831 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 12.836 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (142.148 x 1.544) + (266.831 x 12.836) = 3644.391 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3742.764 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 12.912 m

Mp = (Pp x Yp) = (3742.764 x 12.912) = 48326.016 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 48326.016 / 3644.391 = 13.26

S.F. = 13.26 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.55 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 64.251 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.171 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 514.028 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 13.698 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (64.251 x 1.171) + (514.028 x 13.698) = 7116.472 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 5265.514 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 13.562 m

Mp = (Pp x Yp) = (5265.514 x 13.562) = 71412.594 kN·m

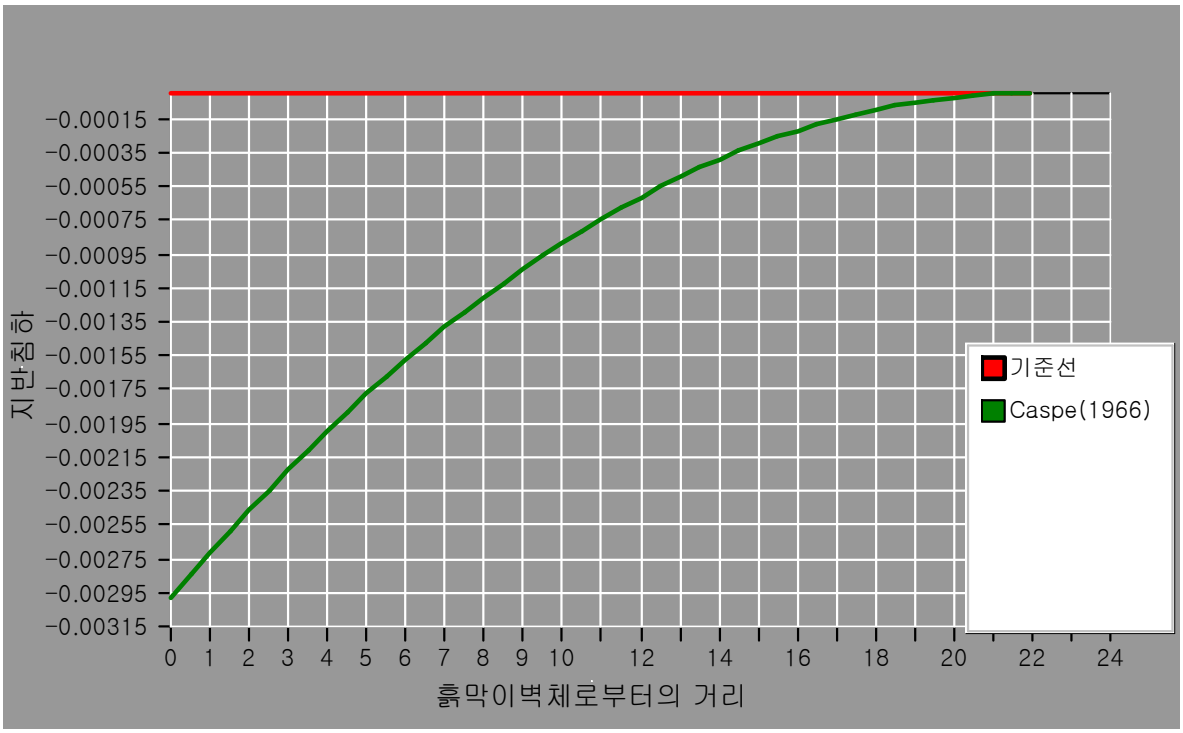
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 71412.594 / 7116.472 = 10.035

S.F. = 10.035 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.016 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 38 m, Hw = 5.259 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 31.235 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 38 x tan(45 + 31.235/2) = 33.744 m

Ht = Hp + Hw = 33.744 + 5.259 = 39.003 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 39.003 x tan(45-31.235/2) = 21.961 m

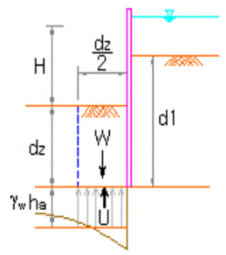
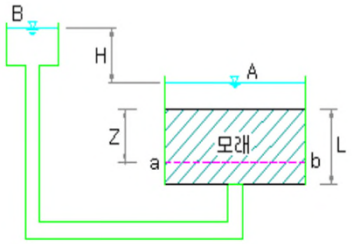
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.016 / 21.961 = -0.003 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.003 x ((21.961 - Xi) / 21.961)^2

13.5 보일링 검토 (최종 굴착단계)

Terzaghi 방법	한계동수경사 방법
	
U : 과잉수압 ha : 보일링의 평균과잉 수두 W : 흙의 중량	H : A, B 면의 수위차 i : 동수경사 (H/L) L : 모래층 두께(유선길이) ic : 한계경사 (γ'/γw)

구분	Terzaghi 해석법			한계동수구배 검토법			적용 안전율	판정
	과잉수압 (kN/m)	흙의중량 (kN/m)	안전율	동수 구배	한계 구배	안전율		
최종 굴착 단계	1.011	28.000	27.682	0.067	2.000	29.682	2.000	OK

13.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 7 x 0.145 x 2 / 2 = 1.011

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 14 x 2^2 / 2 = 28

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 28 / 1.011 = 27.682

S.F. = 27.682 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

13.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 0.289 / 4.289 = 0.067

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 14 / 7 = 2

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 2 / 0.067 = 29.682

S.F. = 29.682 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

3-1.5 TYPE-05

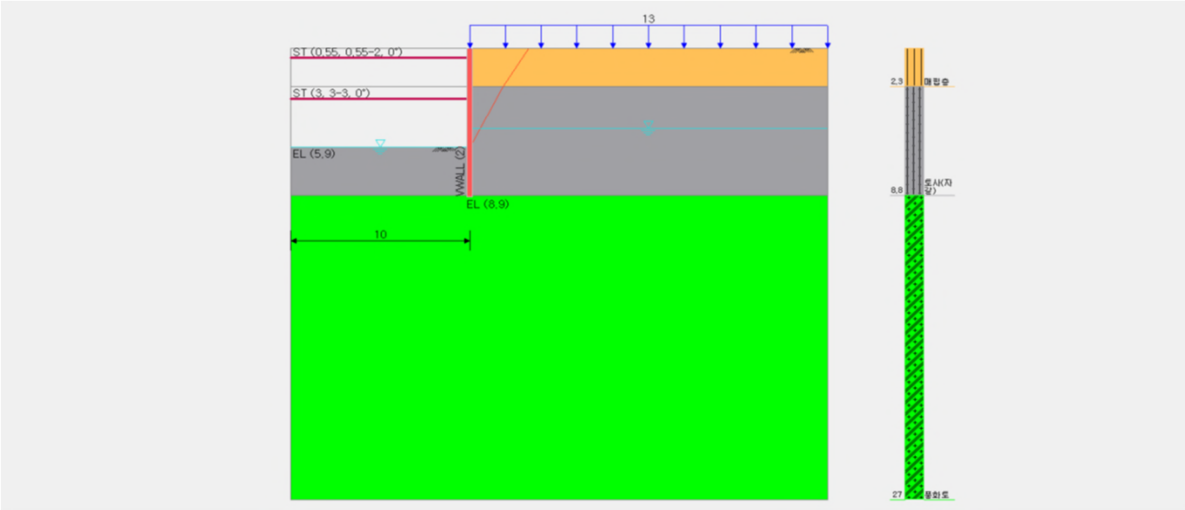
(STA.0+443.5~0+463.0)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 5.90m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	124.392	152.017	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.456	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	6.944	95.686	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	8.307	65.462	O.K		
		전단응력	2.360	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.00	휨응력	36.630	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	37.147	122.132	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.559	88.910	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	12.121	152.017	O.K	
		전단응력	8.619	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.00	휨응력	71.488	142.832	O.K	
		전단응력	33.890	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	51.998	144.669	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.930	154.159	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	30.513	90.000	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	74.063	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.151	137.022	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 5.90	휨응력	165.401	303.750	O.K		
		압축응력	160.199	262.992	O.K		
		전단응력	43.259	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS5 : 굴착 5.9 m	5.839	11.800	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 2.00m

다. 지보재

Strut – H 700x300x13/24 수평간격 : 2.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SS400)	2.00m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)	$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
	$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
	$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$

휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b-4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b-4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5-7.035(\ell/b-3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6<\ell/r\le73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4<\ell/r\le67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0<\ell/r\le54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{4{,}100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{3{,}500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{2{,}300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

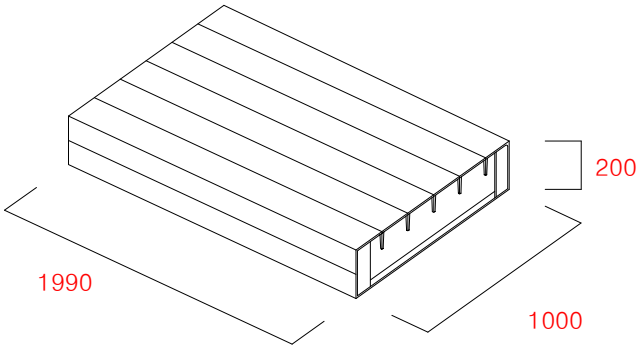
가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

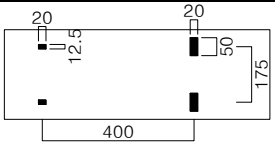
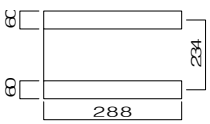
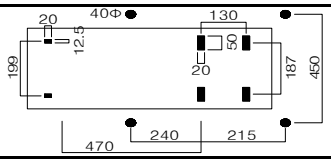
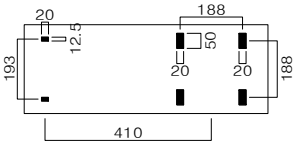
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (㎝)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140

= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80

= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

$$= 0.0209001 + 1.662$$

$$= 1.682 \text{ mm}$$

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

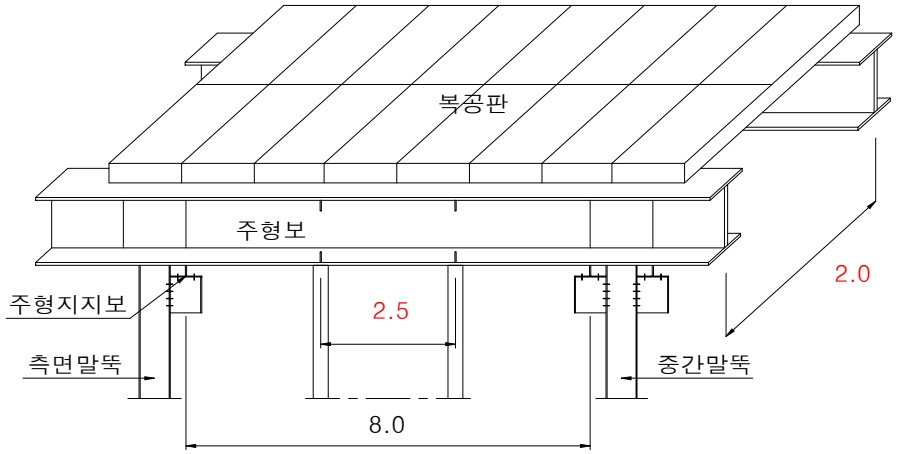
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

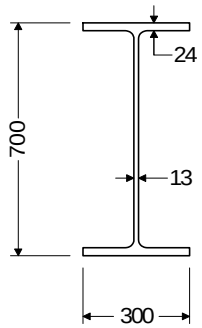
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)$

$= 0.313 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

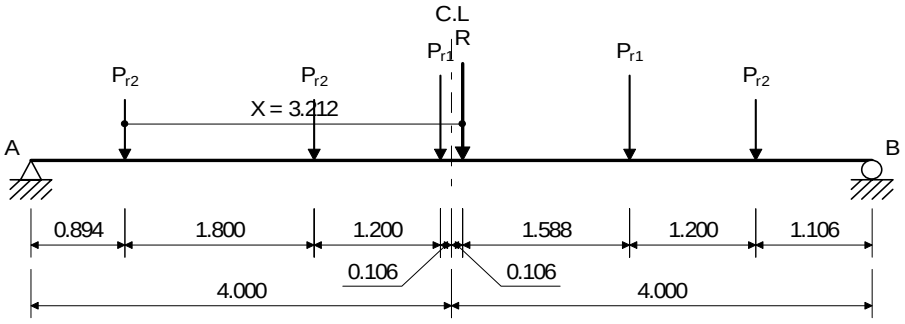
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

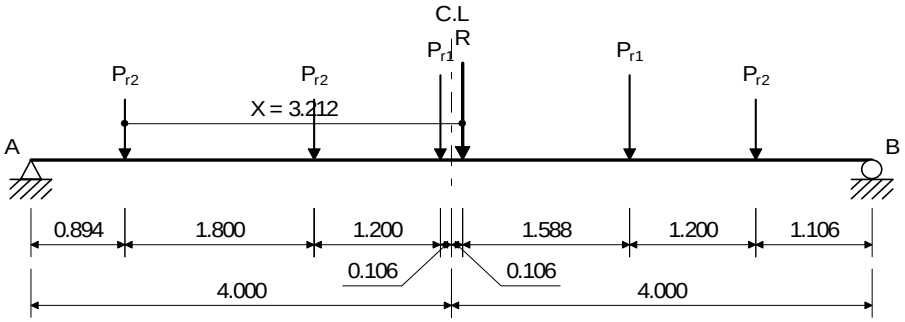
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) /

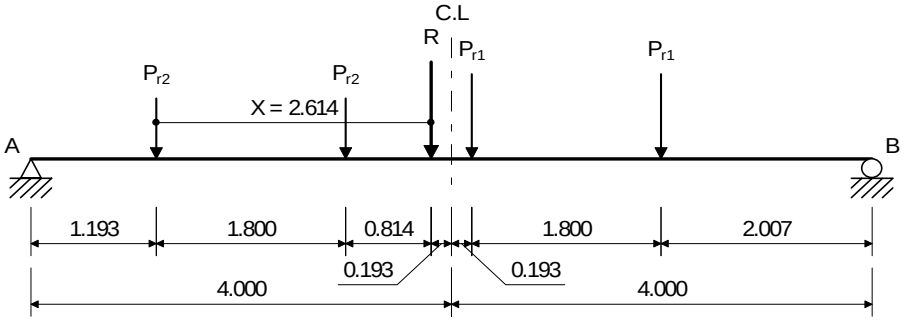
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)



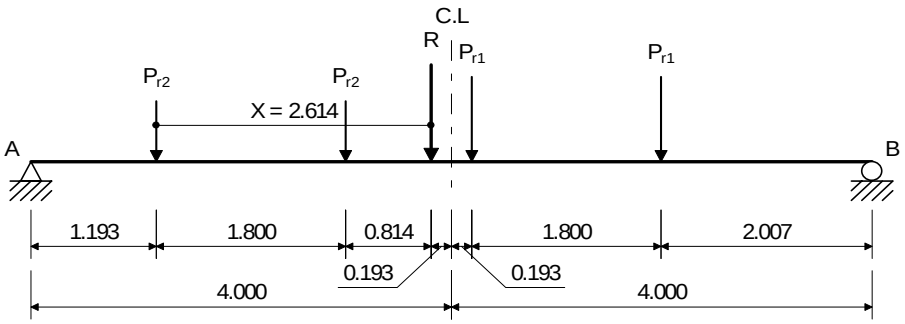
a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2

= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

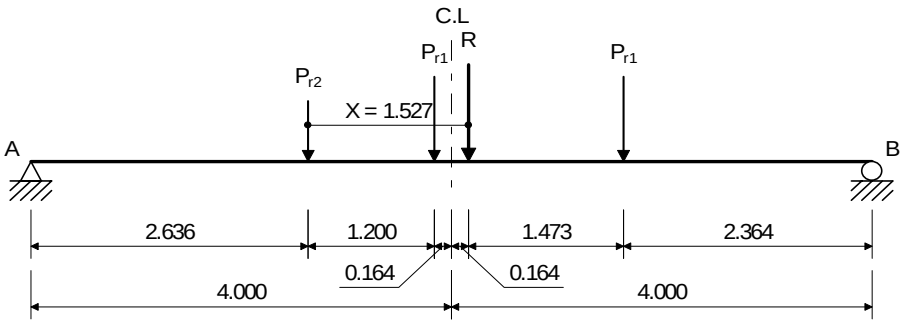
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

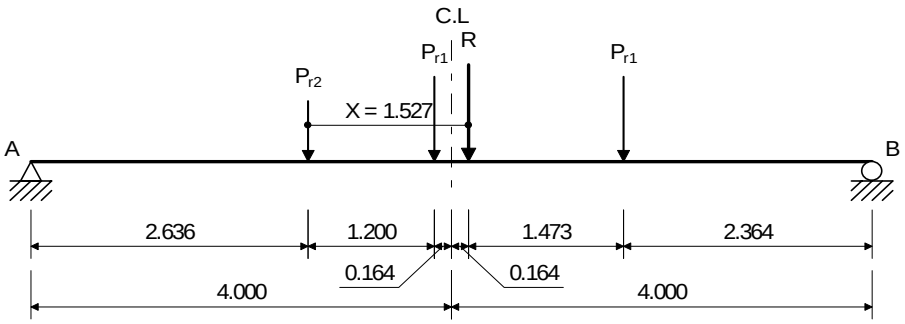


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

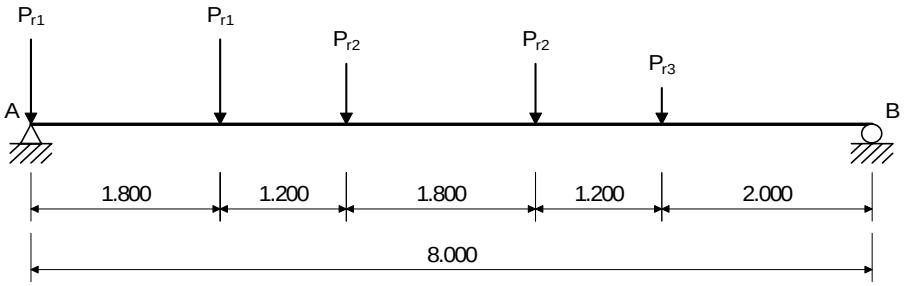


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L
= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) /
= 335.010 kN

S_l = 335.010 x 1.00 = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i)$ = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

$w = 8 \times M / L^2$ = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

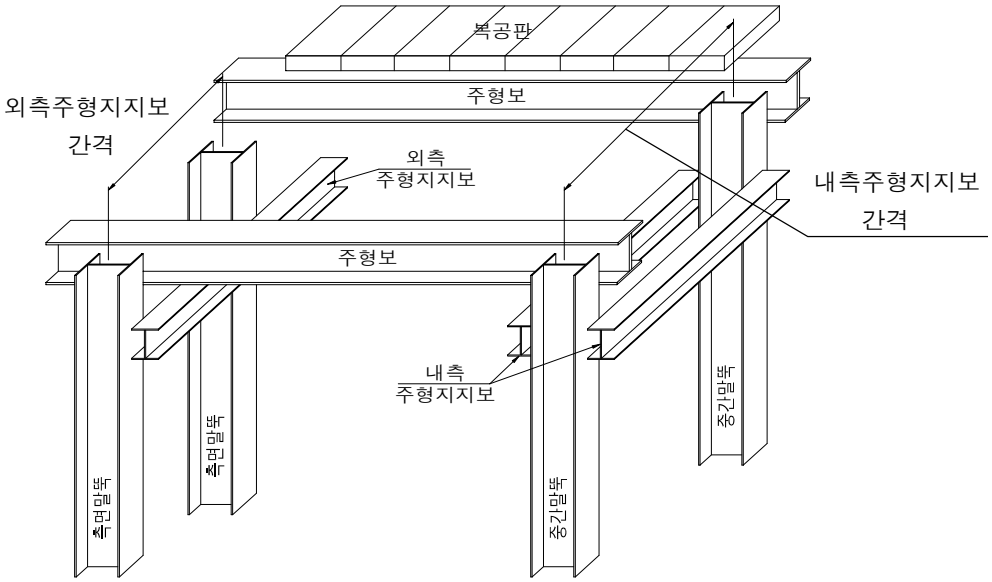
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

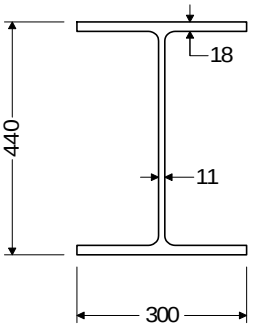
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

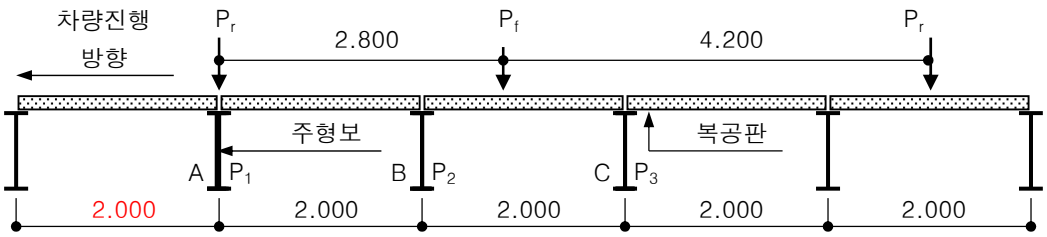


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



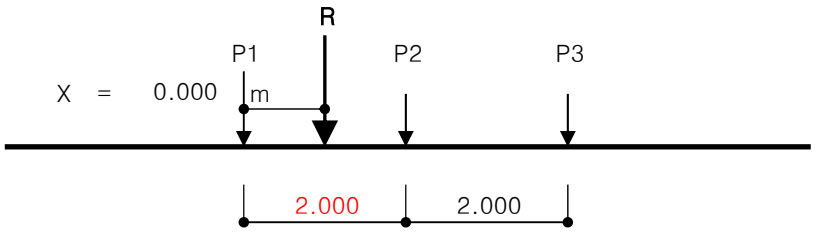
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

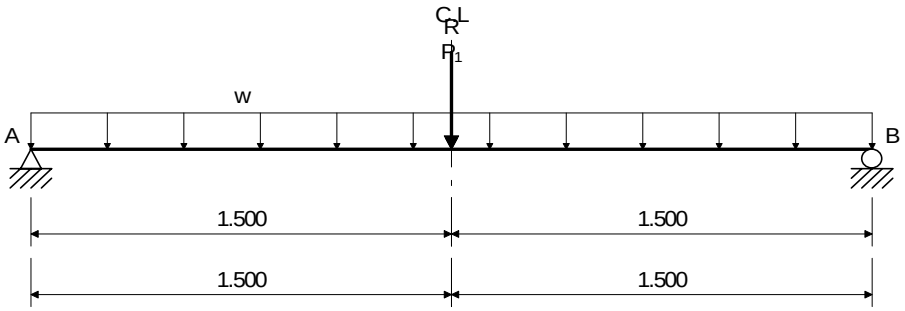


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 357.210
= 357.210 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

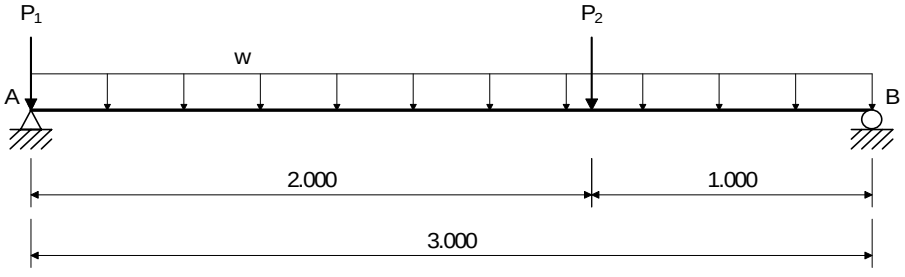
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (357.210 x 1.500) / 3.000
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 269.271 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

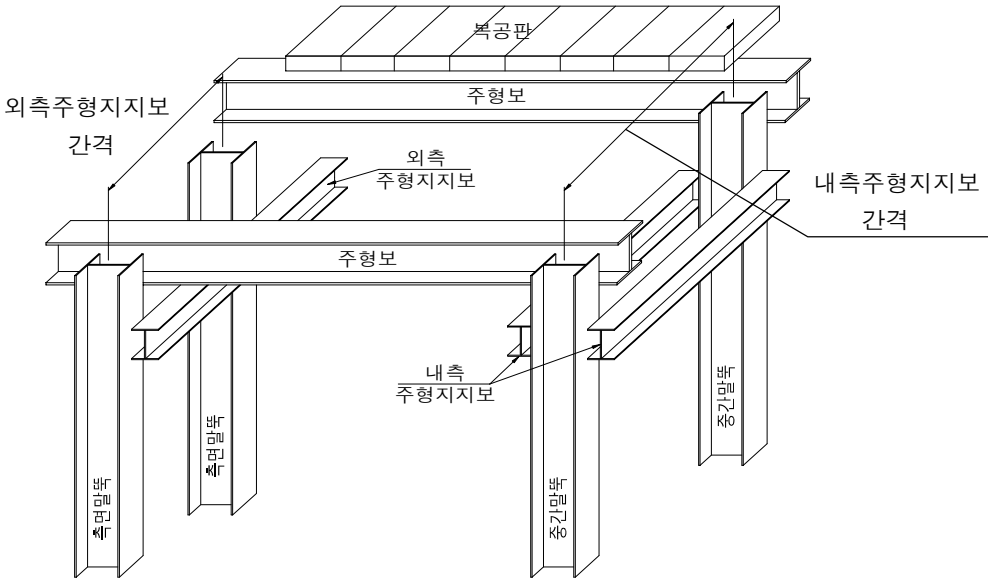
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

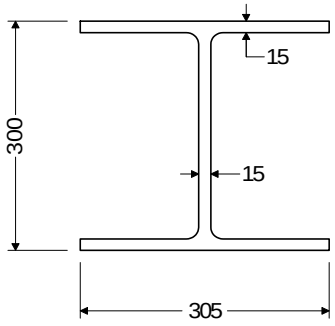
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

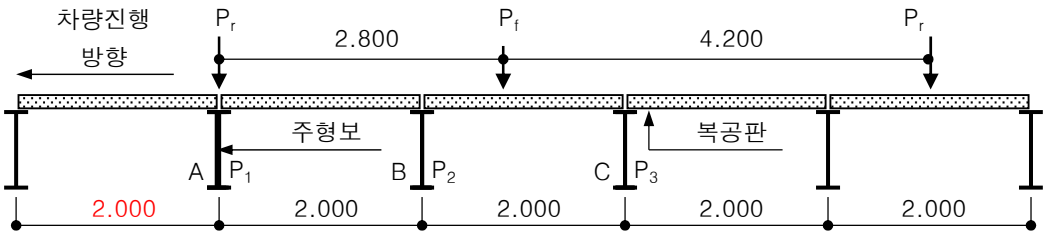


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



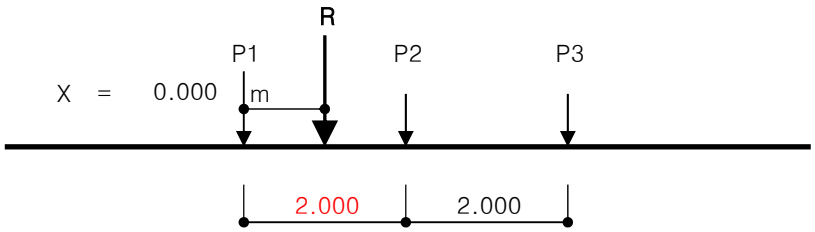
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

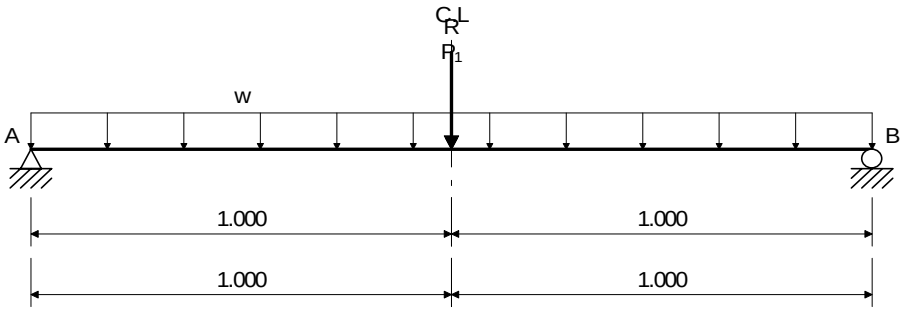


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 357.210
= 357.210 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

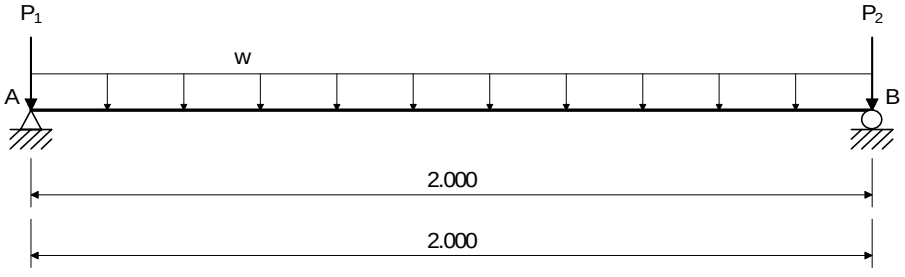
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (357.210 x 1.000) / 2.000
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 179.124 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (357.210 x 2.000 + 72.451 x 0.000) / 2.000
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 2.00 / 2
= 358.248 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 179.124 x 1000000 / 1440000.0 = 124.392 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 358.248 x 1000 / 4050 = 88.456 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (124.392 + 124.392) / 124.392
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))
= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 124.392 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.456 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 358248 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 7.04 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.04 ea ---> O.K

7.지보재 설계

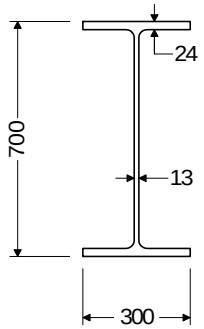
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 37.816 kN/m ---> Strut-1 (CS6 : Peck)
= 37.816 x 2.00 / 1 단
= 75.633 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 75.633 + 120.0 = 195.633 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 5760000.0 = 6.944 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 195.633 x 1000 / 23550 = 8.307 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.000 x 1000 / 8476 = 2.360 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.657

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (15.252 - 1.363) / 15.252
= 0.911

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8000 / 293

27.304 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.304 − 18.6))

= 149.471 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 149.471 MPa

L_y / R_y = 8000 / 67.8

117.994 ---> 92.8 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 117.994²)

= 65.462 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 65.462 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 65.462 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8000 / 300

= 26.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.667 − 4.6))

= 95.686 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.686 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.304)^2

= 1810.877 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 65.462 MPa > f_c = 8.307 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 95.686 MPa > f_b = 6.944 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.360 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{8.307}{65.462} + \frac{6.944}{95.686 \times (1 - (8.307 / 1810.877))}$

= 0.200 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 8.307 + \frac{6.944}{1 - (8.307 / 1810.877)}$$

$$= 15.284 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.200 , 0.097)
= 0.200 < 1.0 ---> O.K

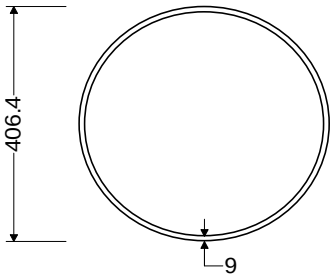
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 99.130 kN/m ---> Strut-2 (CS6 : Peck)
= 99.130 x 3.00 / 1 단
= 297.389 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 297.389 + 120.0 = 417.389 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 40.000 x 1000000 / 1092000.0 = 36.630 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 417.389 x 1000 / 11236.2 = 37.147 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.559 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.099 x 9)

= 20.538 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.099

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (73.777 − 0.517) / 73.777

= 0.993 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 140.5

56.940 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (56.940 − 18.6))

= 122.132 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 122.132 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (56.940)^2

= 416.396 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.132 MPa > f_c = 37.147 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 36.630 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.559 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{37.147}{122.132} + \dfrac{36.630}{157.500 \times (1 - (37.147 / 416.396))}$

$$= \quad 0.560 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= \quad 37.147 + \frac{36.630}{1 - (37.147 / 416.396)}$$

$$= \quad 77.365 \quad < \quad f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.560 , 0.491)

= 0.560 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{73.777}{122.132} + \left\{ \frac{3.559}{88.910} \right\}^2$$

$$= \quad 0.606 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

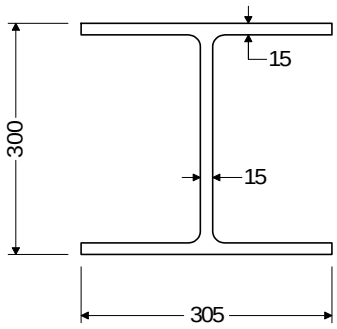
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

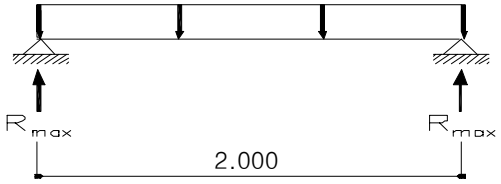
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 37.816 kN/m ---> Strut-1 (CS6 : Peck)

P = 37.816 × 2.00 m / 1 ea = 75.633 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 75.633 / (13 × 2.000)
= 34.907 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 34.907 × 2.000^2 / 8
= 17.454 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 34.907 × 2.000 / 2
= 34.907 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 17.454 x 1000000 / 1440000.0 = 12.121 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 34.907 x 1000 / 4050 = 8.619 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (12.121 + 12.121) / 12.121

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 12.121 MPa ---> O.K

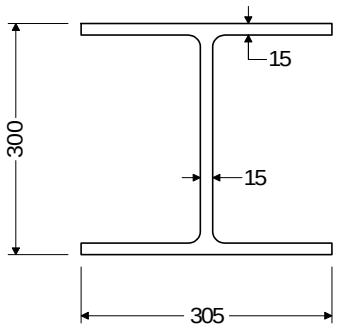
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 8.619 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

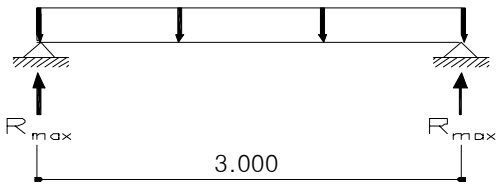
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 99.130 kN/m ---> Strut-2 (CS6 : Peck)

P = 99.130 × 3.00 m / 1 ea = 297.389 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 297.389 / (13 × 3.000)
= 91.504 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 91.504 × 3.000 ^{2} / 8
= 102.942 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 91.504 × 3.000 / 2
= 137.256 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 102.942 x 1000000 / 1440000.0 = 71.488 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 137.256 x 1000 / 4050 = 33.890 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.488 + 71.488) / 71.488
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 71.488 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 33.890 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

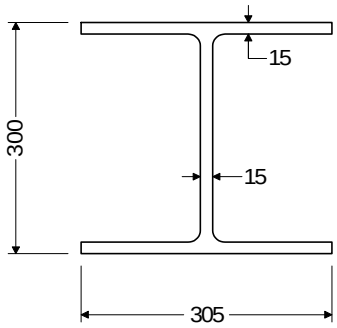
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 2.000 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 357.210 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 2.100 kN

다. 측면말뚝 자중 = 9.000 kN

라. 버팀보 자중 = 7.100 kN

마. 띠장 자중 = 5.000 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 2.000 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 430.410 kN

최대모멘트, M_{max} = 37.439 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 5.9 m)

최대전단력, S_{max} = 61.788 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS6 : Peck)

▶ Pmax = 430.410 kN

▶ Mmax = 37.439 × 2.000 = 74.877 kN·m

▶ Smax = 61.788 × 2.000 = 123.577 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 74.877 x 1000000 / 1440000.0 = 51.998 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 430.410 x 1000 / 13480 = 31.930 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 123.577 x 1000 / 4050 = 30.513 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 2.159$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (83.928 - -20.068) / 83.928$

$= 1.239$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 2800 / 126$

22.222 ---> $18.6 < Lx/Rx \leq 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (22.222 - 18.6))$

$= 154.159$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 154.159$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2800 / 305$

$= 9.180$ ---> $4.6 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (9.180 - 4.6))$

$= 144.669$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 144.669$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (22.222)^2$

$= 2733.750$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 154.159$ MPa $> f_c = 31.930$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 144.669$ MPa $> f_b = 51.998$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa $> \tau = 30.513$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{31.930}{154.159} + \dfrac{51.998}{144.669 \times (1 - (31.930 / 2733.750))}$

$= 0.571 < 1.0$ ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 31.930 + \dfrac{51.998}{1 - (31.930 / 2733.750)}$

= 84.542 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.571 , 0.537)
= 0.571 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 5.8 mm ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 5.9 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 5.900 x 1000 x 0.002 = 11.800 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 430.41 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,			
	N(선단의 N치)	= 30	
	N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	= 25	
	N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	= 13	
	L_s(모래층 중의 길이)	= 3.000	m
	L_c(점토층 중의 길이)	= 2.800	m
	A_p(H-Pile 단면적)	= 0.0915	m^2
	U(파일의 둘레길이)	= 1.210	m

= 25 x 30 x 0.0915 + 0.2 x 25 x 1.210 x 3.000
+ 0.5 x 13 x 1.210 x 2.800
= 108.797 tonf
= 1066.93 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1066.93 / 2.0
= 533.467 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

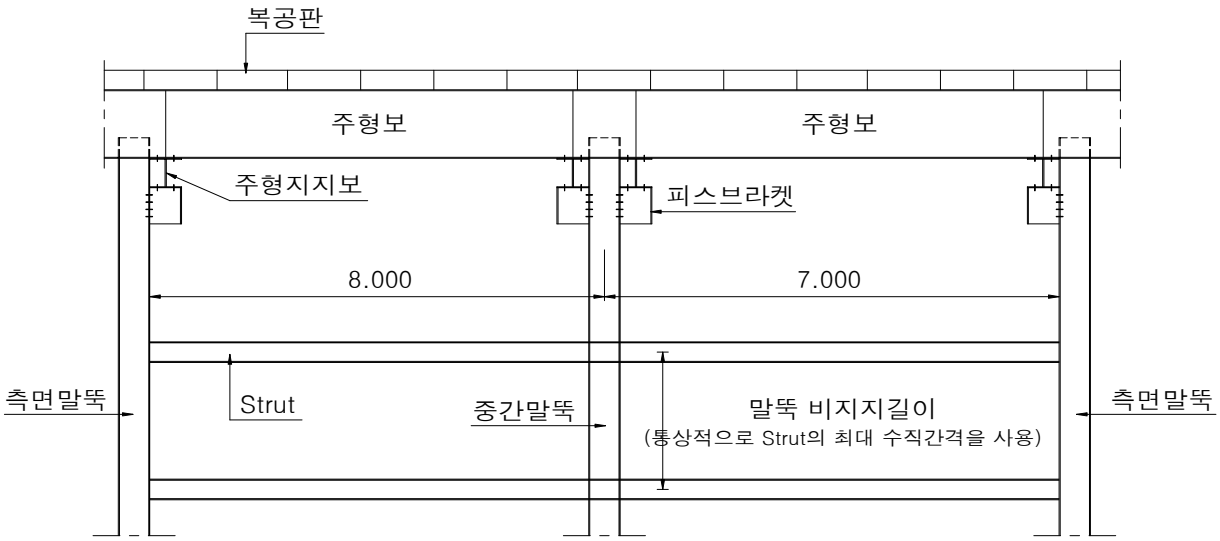
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 7.000 = 15.000 m

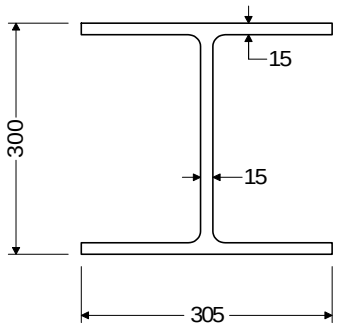
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 15.300 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 7.100 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 1.610 kN

$\sum P_s$ = 32.550 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.000) / 2 = 19.425 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

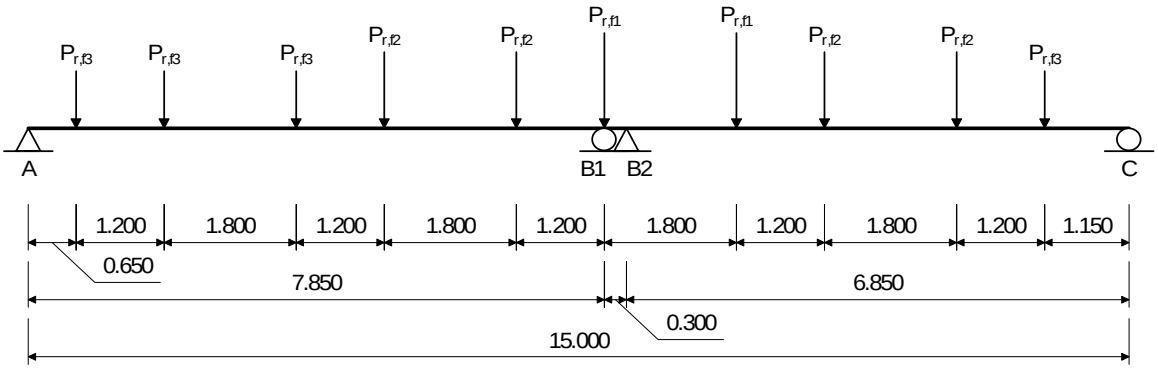
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850 + 70.200 x 0.650) / 7.850

= 316.918 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350 + 70.200 x 1.150) / 6.850

= 198.074 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 316.918 x 1.00 = 316.918 kN

P_{r2} = 198.074 x 1.00 = 198.074 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850 + 17.550 x 0.650) / 7.850

= 79.230 kN

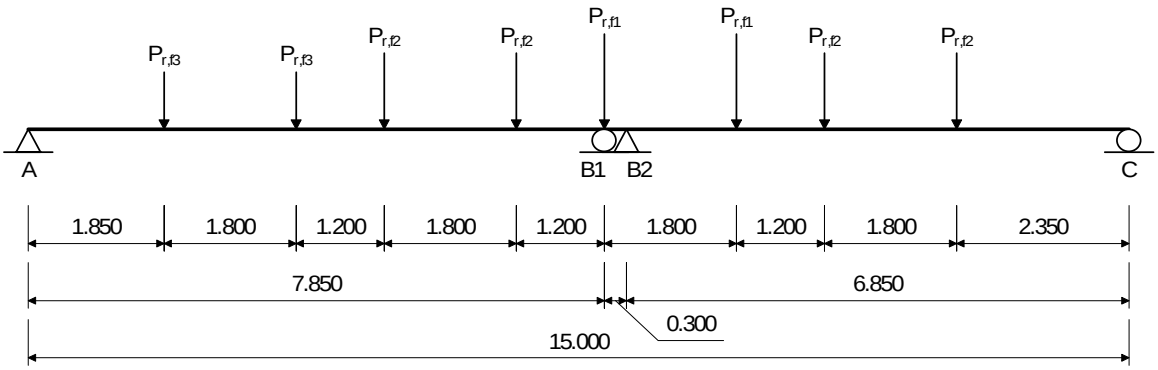
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350 + 17.550 x 1.150) / 6.850

= 49.519 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.230 x 1.00 = 79.230 kN

P_{f2} = 49.519 x 1.00 = 49.519 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850) / 7

= 311.106 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350) / 6.850

= 186.289 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 311.106 x 1.00 = 311.106 kN

P_{r2} = 186.289 x 1.00 = 186.289 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850) / 7.

= 77.776 kN

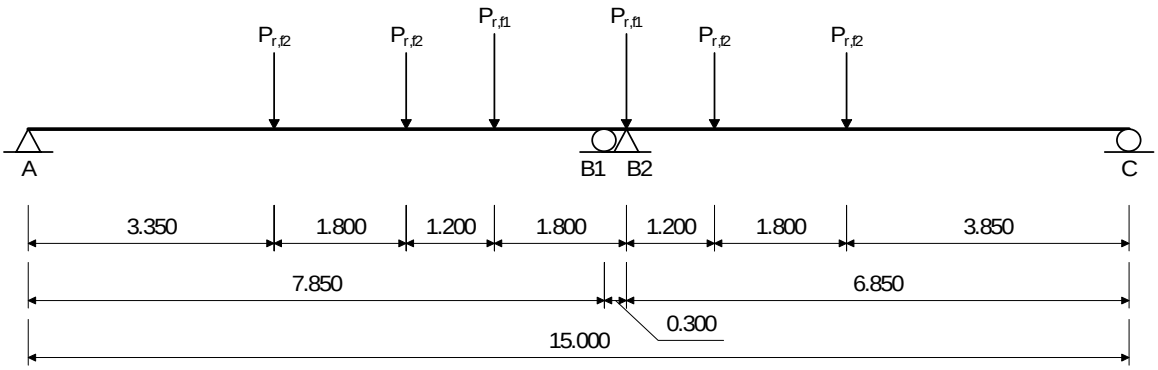
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350) / 6.850

= 46.572 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 77.776 x 1.00 = 77.776 kN

P_{f2} = 46.572 x 1.00 = 46.572 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 7.850

= 202.303 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.850 + 93.600 x 5.650 + 93.600 x 3.850) / 6.850

= 254.610 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 202.303 x 1.00 = 202.303 kN

P_{r2} = 254.610 x 1.00 = 254.610 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 7.850

= 50.576 kN

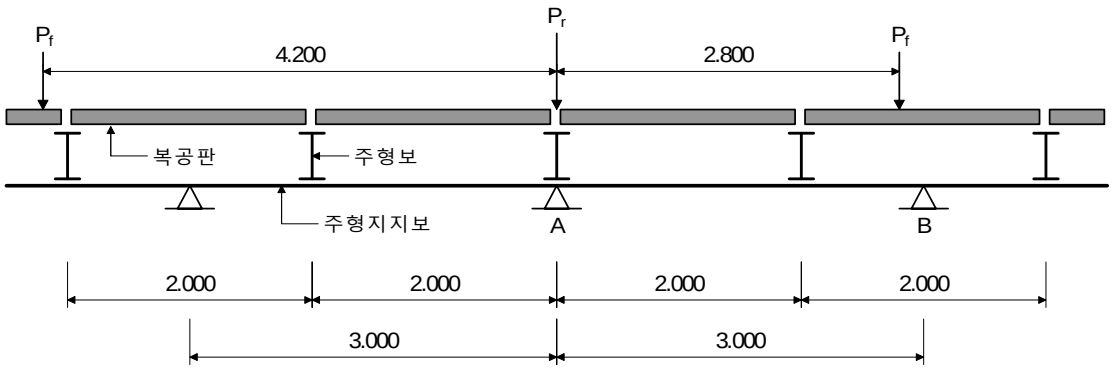
R_{B2} = (31.200 x 6.850 + 23.400 x 5.650 + 23.400 x 3.850) / 6.850

= 63.653 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 50.576 x 1.00 = 50.576 kN

P_{f2} = 63.653 x 1.00 = 63.653 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (316.918 x 3.000 + 79.230 x 0.200) / 3.000

= 322.200 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 322.200 + 22.200 x 3.00 / 2.00 = 355.500 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (254.610 x 3.000 + 63.653 x 0.200) / 3.000

= 258.854 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

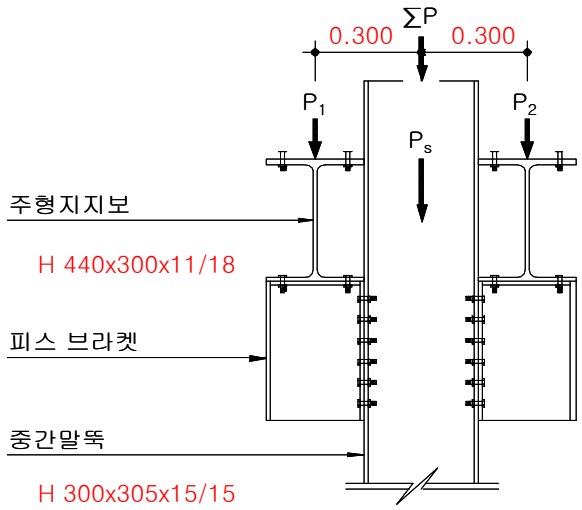
= 258.854 + 19.425 x 3.00 / 2.00 = 287.991 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 355.500 + 287.991 + 32.550 = 676.042 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 676.042 x 1000 / 13480 = 50.151 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.650 x 1000000 / 1440000 = 74.063 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 355.500 x 0.300 = 106.650 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.079

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (124.214 − −23.911) / 124.214

= 1.192

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 50.151 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 74.063 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{50.151}{137.022} + \frac{74.063}{159.234 \times (1 - (50.151 / 857.304))}$

= 0.860 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 50.151 + \frac{74.063}{1 - (50.151 / 857.304)}$

= 128.816 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.860 , 0.603)

= 0.860 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 676.04 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	40	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	6.500	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 40 x 1.210 x 6.500
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 154.420 tonf

= 1514.34 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1514.34 / 2.0

= 757.171 kN

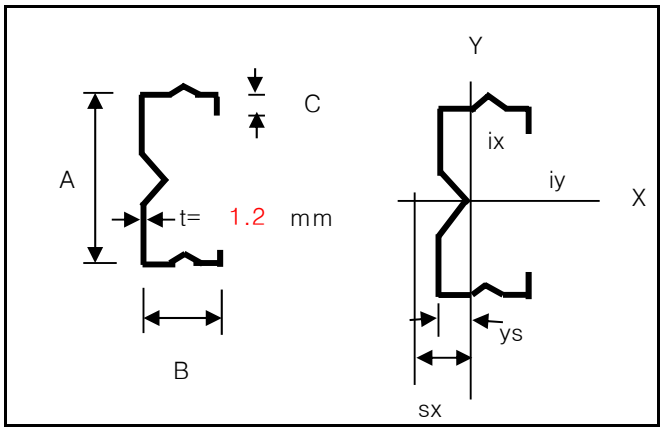
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

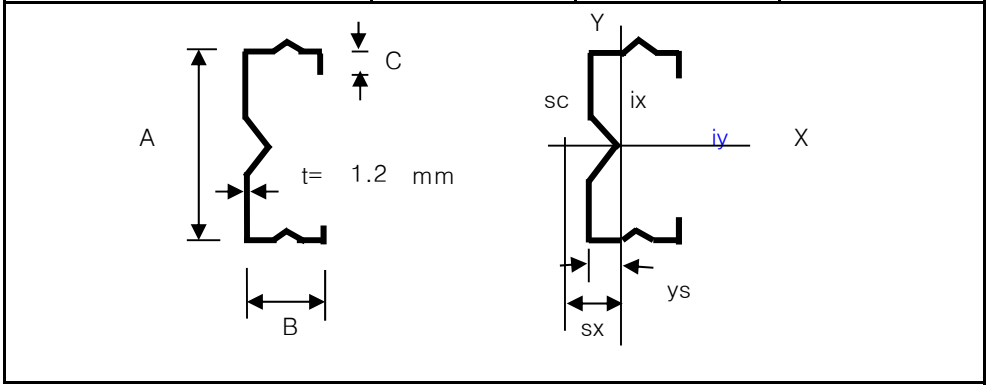
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 5.90m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	2000.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	263.0
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

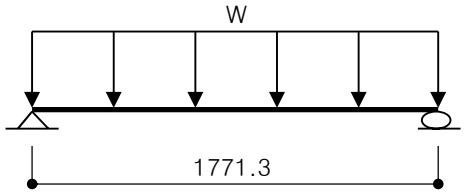
설계지간 (L) = 2000.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1771.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0571 MPa ---> (CS4 : 생성 Strut-2:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 57.1 kN/m^2 x 0.2000 m = 11.4 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 11.4 x 1.77 ^{2}/ 8 = 4.5 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 11.4 x 1.77 / 2 = 10.1 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 4482376 / 27,100 = 165.40 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 4482376 / 27,980 = 160.20 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 10123 / 234 = 43.26 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,771 / 200 − 3.4) }

= 262.992 MPa

여기서, ℓ = 1,771 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 8.856 이므로,

∴ f_{ba} = 262.992 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 165.40 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 160.20 MPa < f_{ba} = 262.99 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 43.26 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 20 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 5.9 m, 전모델높이 = 27 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.30	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(자갈)	8.80	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
3	풍화토	27.00	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SS400	8.9	2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3	3	8	50	1

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 5.9 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.50	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	5.90	-	-	-	-	-	-	X	X
6	5.90	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.27	1.5	-6.73	3.9	0.66	0.0	-12.58	2.3
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.27	1.5	-6.73	3.9	0.66	0.0	-12.58	2.3
CS3 : 굴착 3.5 m	3.50	22.49	3.9	-26.48	0.6	22.79	2.3	-14.82	5.2
CS4 : 생성 Strut-2	3.50	17.75	4.4	-26.01	0.6	20.82	2.3	-13.45	5.2
CS5 : 굴착 5.9 m	5.90	33.60	3.0	-58.62	3.0	37.44	5.2	-31.33	3.0
CS6 : Peck	5.90	37.34	3.0	-61.79	3.0	35.93	5.2	-31.21	3.0
TOTAL		37.34	3.0	-61.79	3.0	37.44	5.2	-31.33	3.0

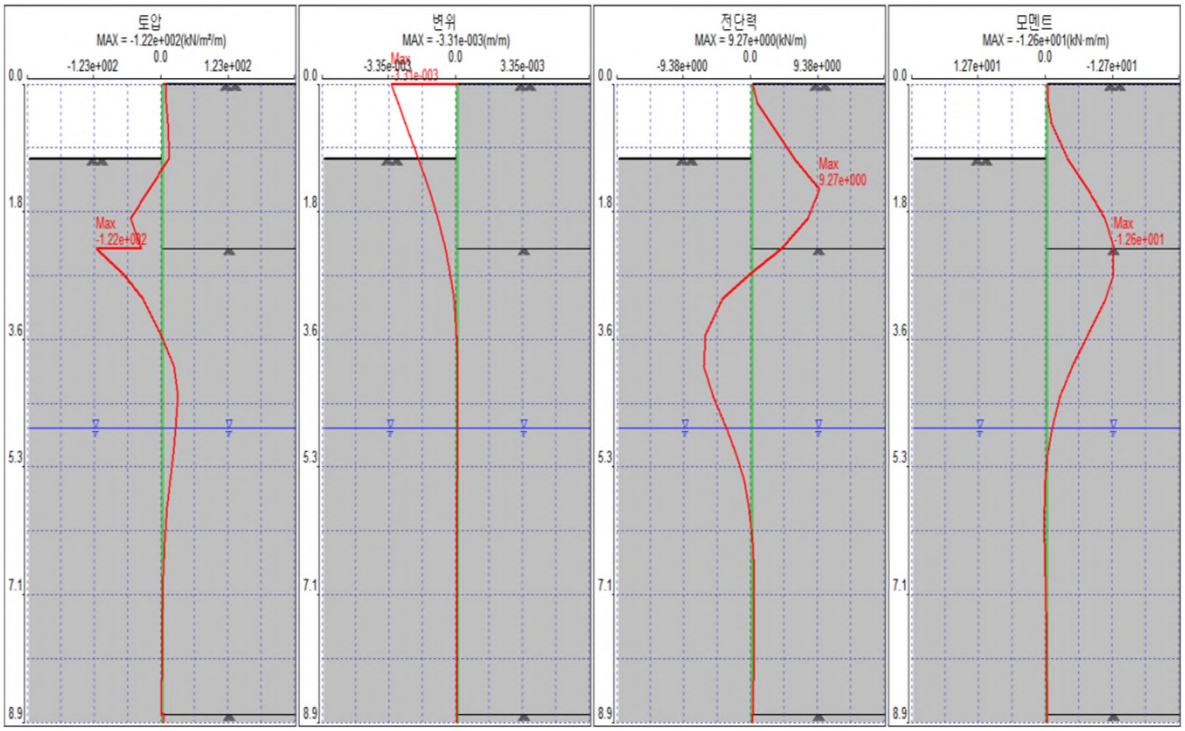
13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

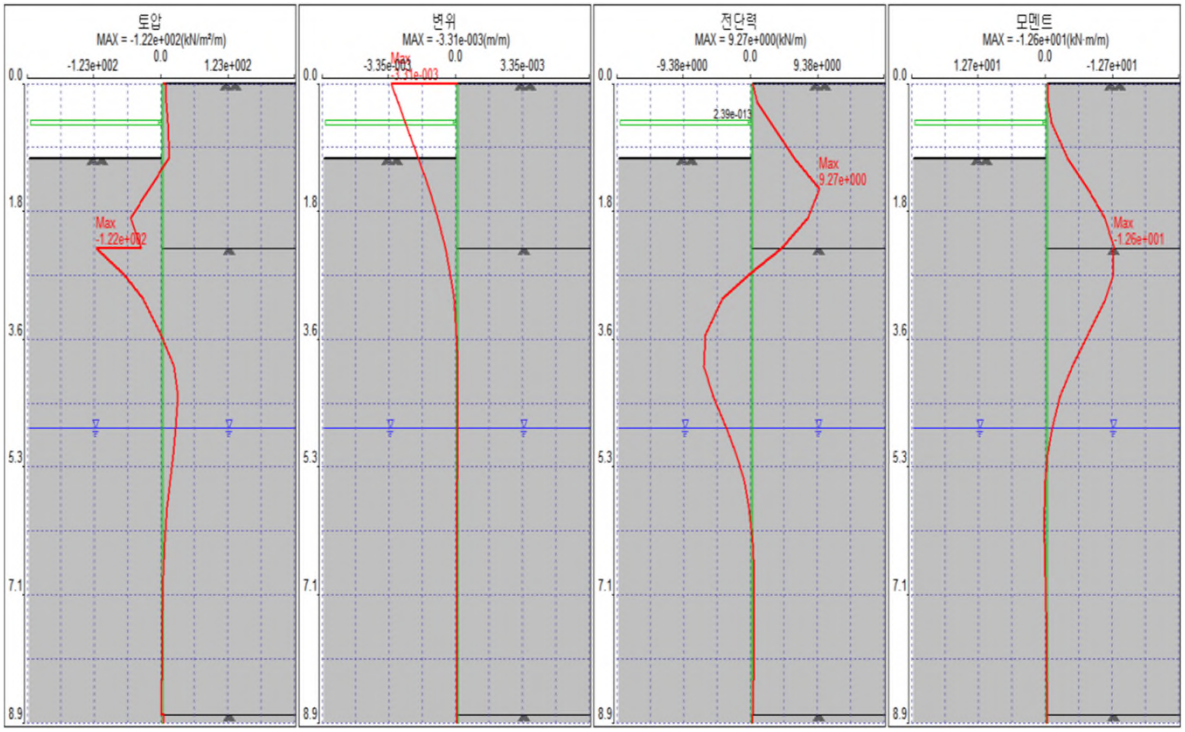
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2			
		0.55 (m)	3 (m)			
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-			
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-			
CS3 : 굴착 3.5 m	3.50	32.37	-			
CS4 : 생성 Strut-2	3.50	31.69	16.67			
CS5 : 굴착 5.9 m	5.90	15.92	92.22			
CS6 : Peck	5.90	37.82	99.13			
TOTAL		37.82	99.13			

13.2 시공단계별 단면력도

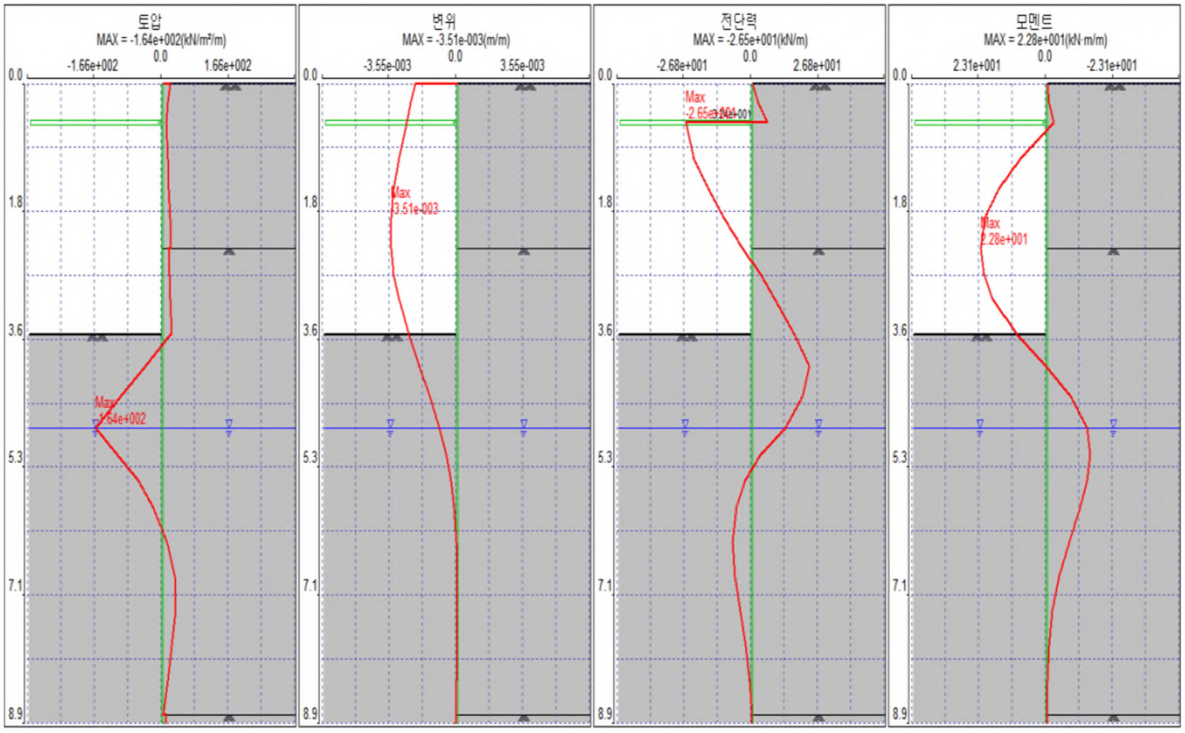
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



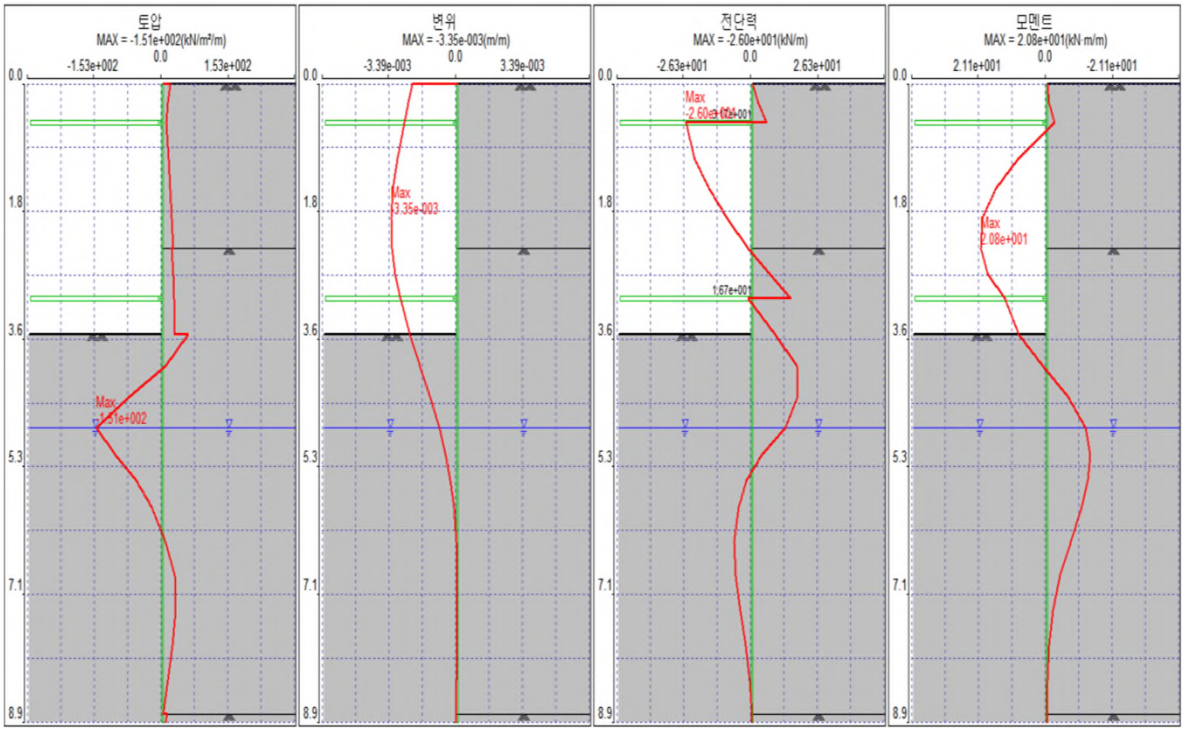
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



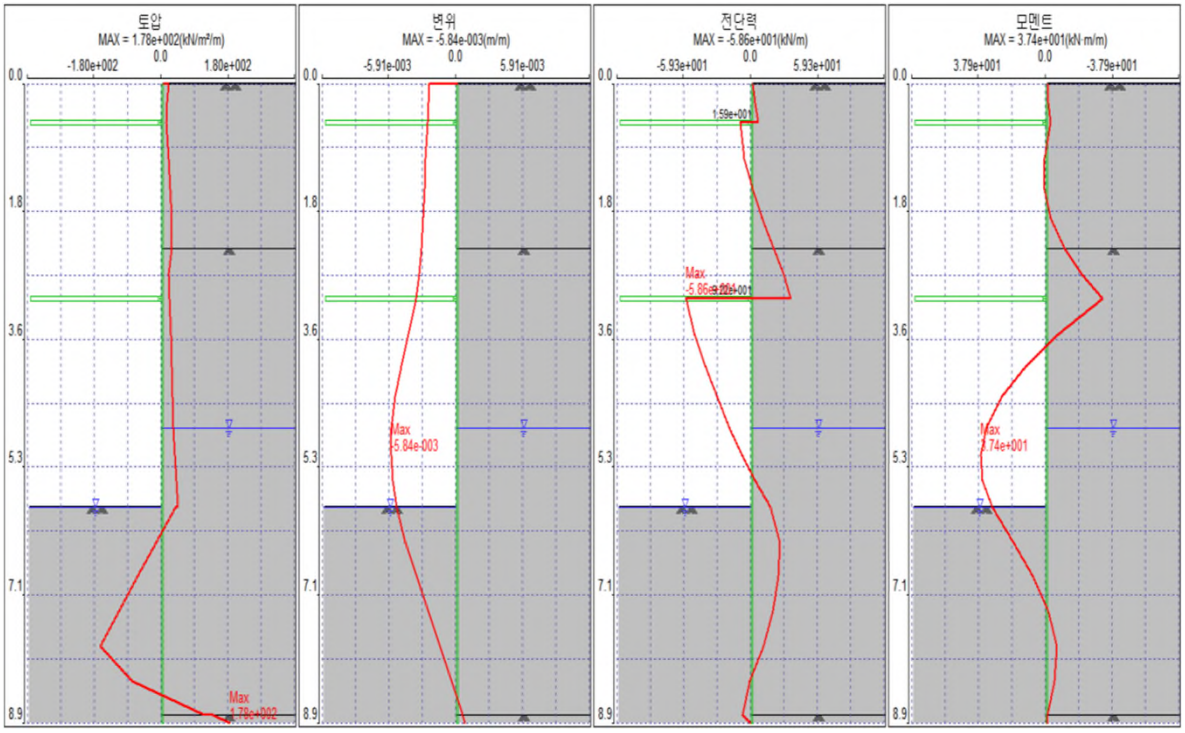
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.5 m]



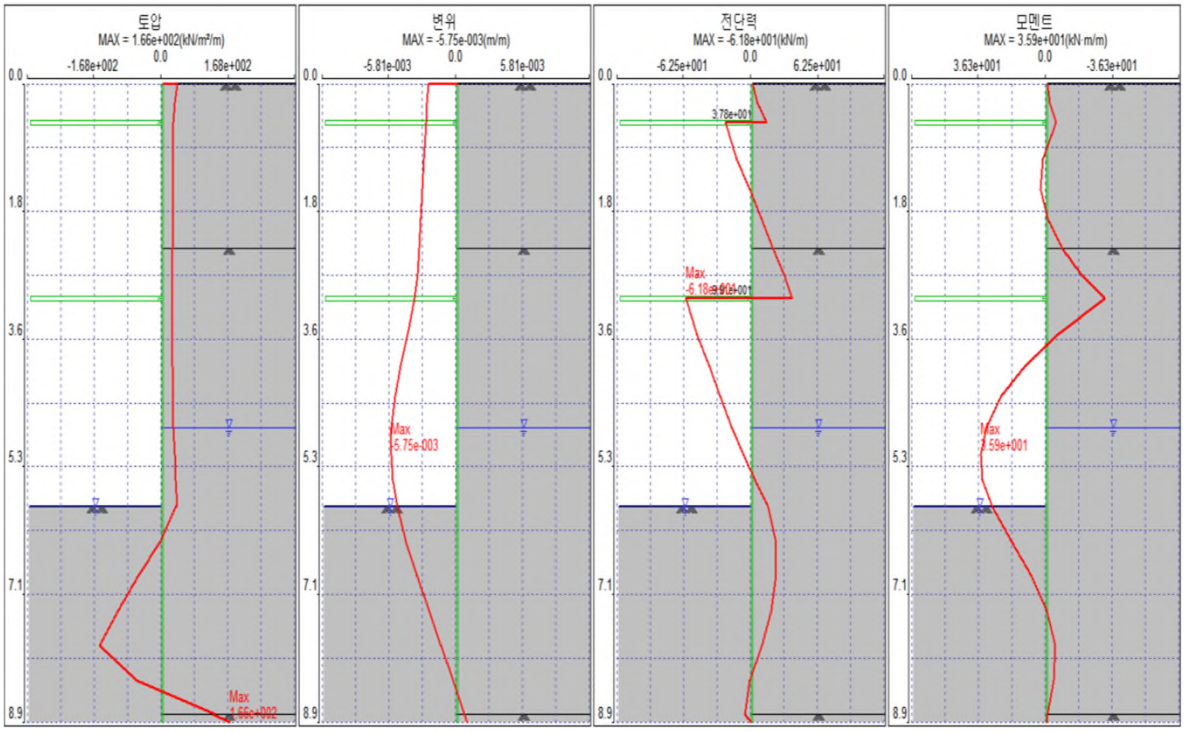
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



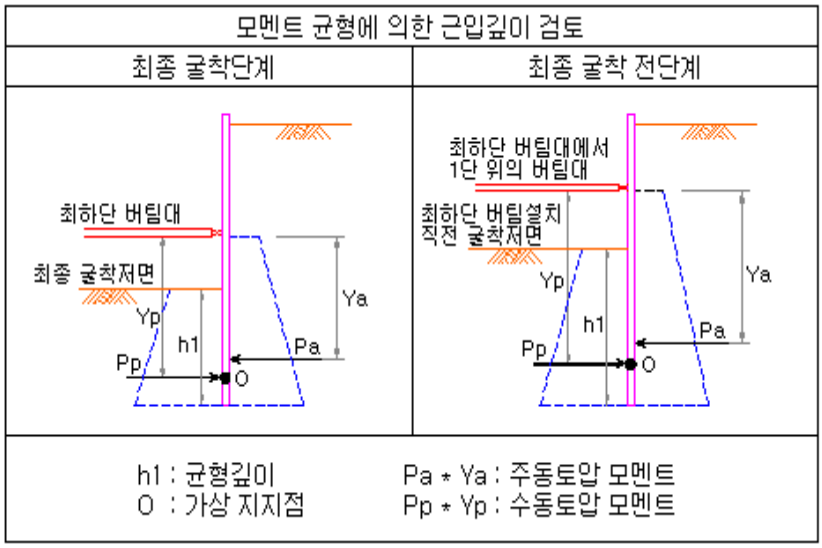
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.9 m]



6) 시공 6 단계 [CS6 : Peck]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.900	3.000	315.334	789.813	2.505	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.496	5.400	596.964	3698.563	6.196	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 151.077 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.511 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 18.698 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.656 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (151.077 x 1.511) + (18.698 x 4.656) = 315.334 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 160.664 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.916 m

Mp = (Pp x Yp) = (160.664 x 4.916) = 789.813 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 789.813 / 315.334 = 2.505

S.F. = 2.505 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.55 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 96.005 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.621 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 71.3 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.189 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (96.005 x 1.621) + (71.3 x 6.189) = 596.964 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 569.545 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.494 m

Mp = (Pp x Yp) = (569.545 x 6.494) = 3698.563 kN · m

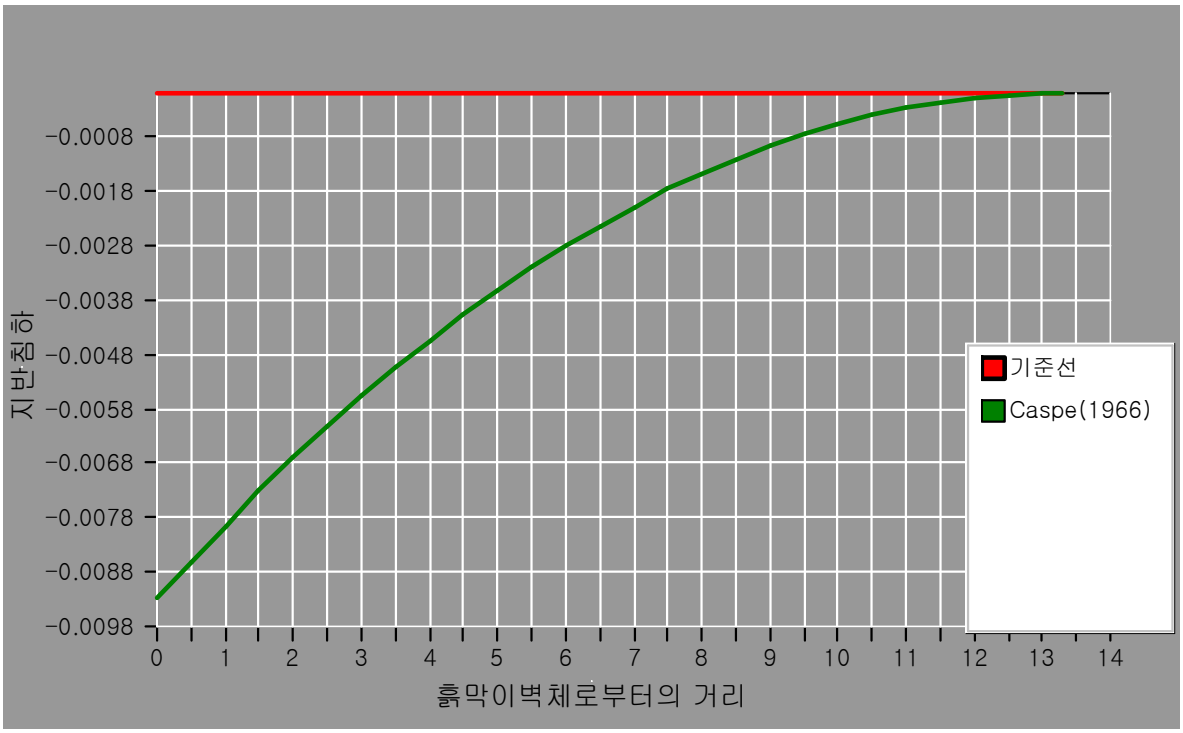
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 3698.563 / 596.964 = 6.196

S.F. = 6.196 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.031 m³ /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 5.9 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 31.492 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 31.492/2) = 17.853 m

Ht = Hp + Hw = 17.853 + 5.9 = 23.753 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 23.753 x tan(45-31.492/2) = 13.305 m

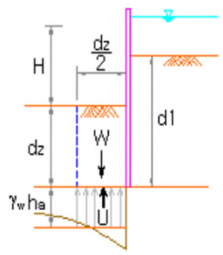
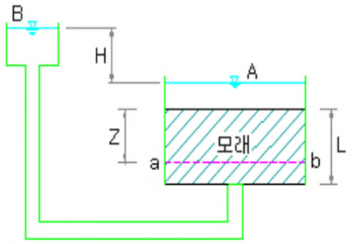
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.031 / 13.305 = -0.009 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.009 x ((13.305 - Xi) / 13.305)^2

13.5 보일링 검토 (최종 굴착단계)

Terzaghi 방법	한계동수경사 방법
	
U : 과잉수압 ha : 보일링의 평균과잉 수두 W : 흙의 중량	H : A, B 면의 수위차 i : 동수경사 (H/L) L : 모래층 두께(유선길이) ic : 한계경사 (γ'/γw)

구분	Terzaghi 해석법			한계동수구배 검토법			적용 안전율	판정
	과잉수압 (kN/m)	흙의중량 (kN/m)	안전율	동수 구배	한계 구배	안전율		
최종 굴착 단계	3.055	28.000	9.164	0.179	2.000	11.164	2.000	OK

13.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 7 x 0.437 x 2 / 2 = 3.055

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 14 x 2^2 / 2 = 28

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 28 / 3.055 = 9.164

S.F. = 9.164 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

13.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 0.873 / 4.873 = 0.179

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 14 / 7 = 2

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 2 / 0.179 = 11.164

S.F. = 11.164 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

3-1.6 TYPE-06

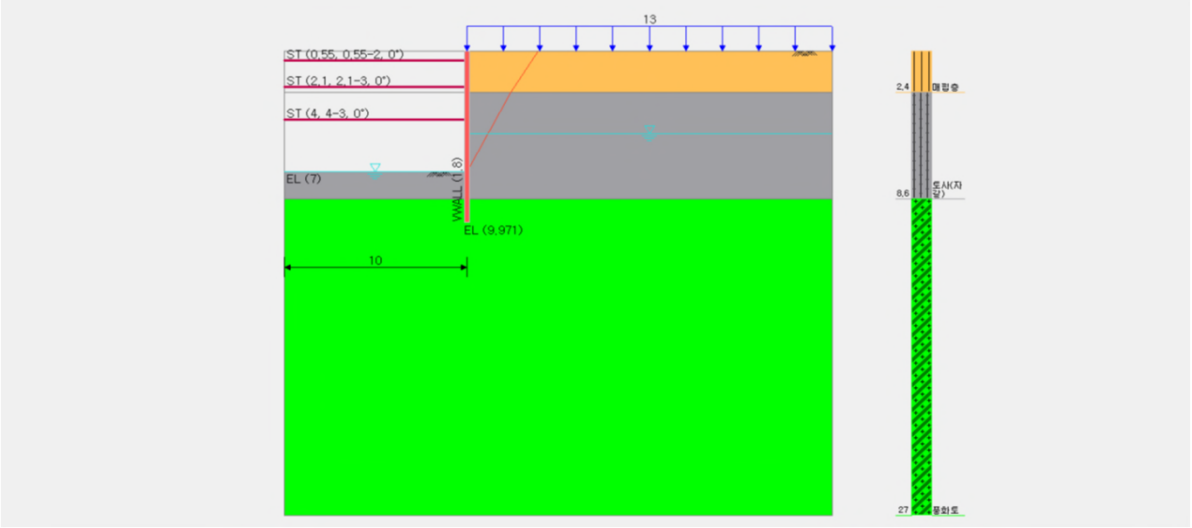
(STA.0+463.0~0+484.5)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
  3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
  3.2 재료의 허용응력
  3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
  6.1 주형지지보(중앙)
  6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
  7.1 Strut 설계 (Strut-1)
  7.2 Strut 설계 (Strut-2)
  7.3 Strut 설계 (Strut-3)
8.띠장 설계
  8.1 Strut-1 띠장 설계
  8.2 Strut-2 띠장 설계
  8.3 Strut-3 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
  9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
  11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 7.00m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	111.920	153.854	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.431	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	6.944	95.686	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	6.946	65.462	O.K		
		전단응력	2.360	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	2.10	휨응력	36.630	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	28.220	122.132	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.559	88.910	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	4.00	휨응력	36.630	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	43.134	122.132	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.559	88.910	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	6.984	152.017	O.K	
		전단응력	4.966	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	2.10	휨응력	47.375	142.832	O.K	
		전단응력	22.459	90.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	4.00	휨응력	87.659	142.832	O.K	
		전단응력	41.557	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	73.696	142.832	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	32.412	152.694	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	38.773	90.000	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	74.063	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.752	137.022	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 7.00	휨응력	116.684	364.500	O.K		
		압축응력	113.014	324.554	O.K		
		전단응력	34.402	209.250	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS7 : 굴착 7 m	8.320	14.000	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.80m

다. 지보재

Strut – H 700x300x13/24 수평간격 : 2.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SS400)	1.80m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

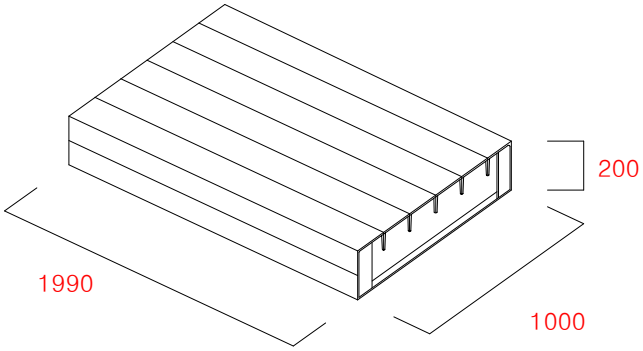
가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

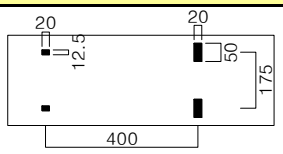
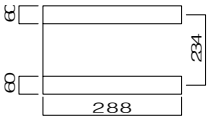
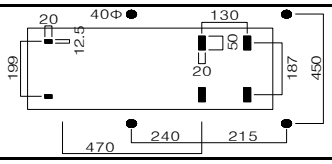
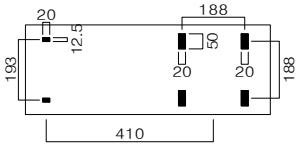
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

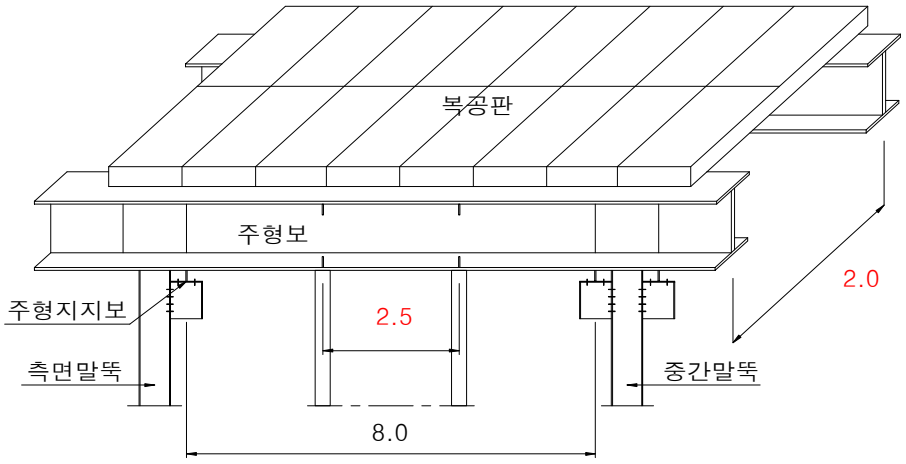
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

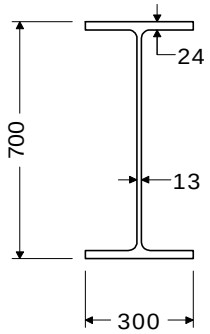
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)$

$= 0.313 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

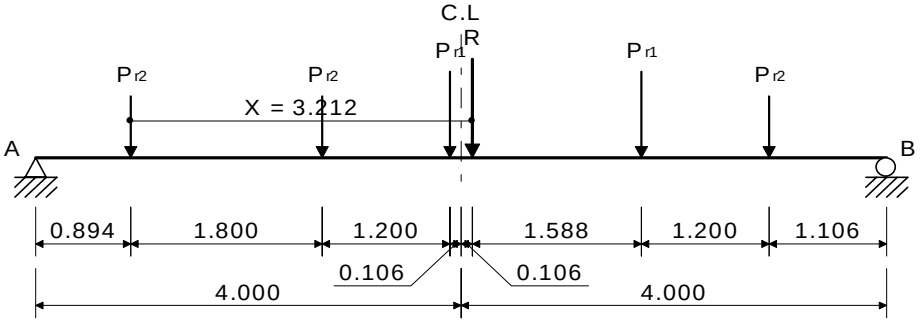
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

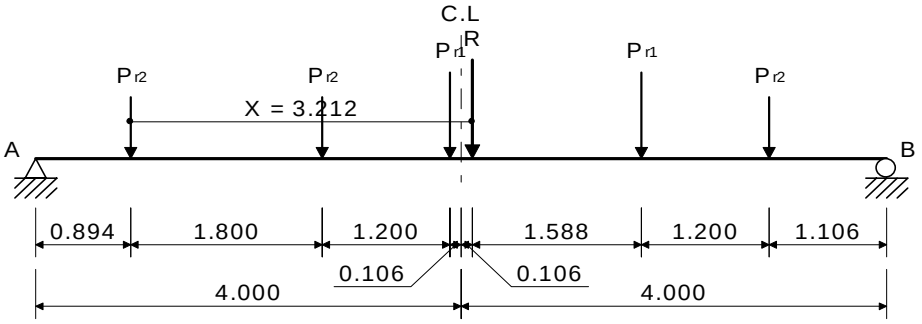
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106)/8.000

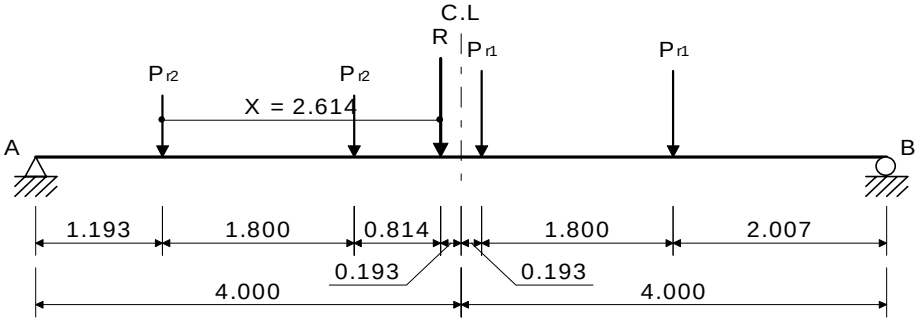
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

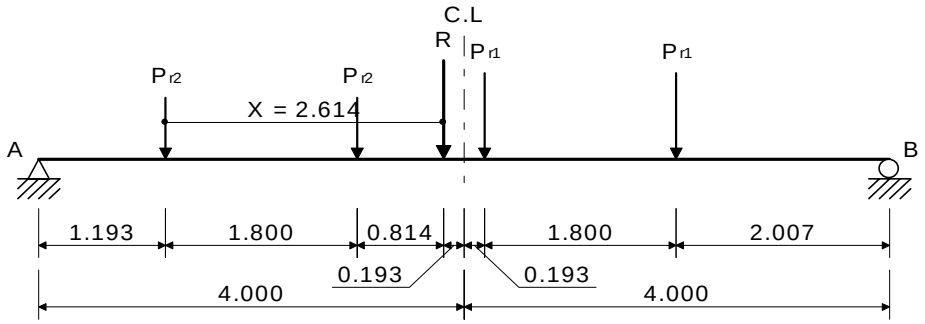


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

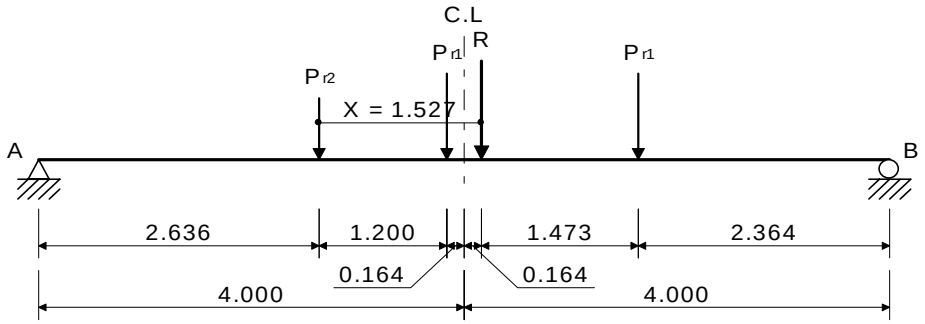
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

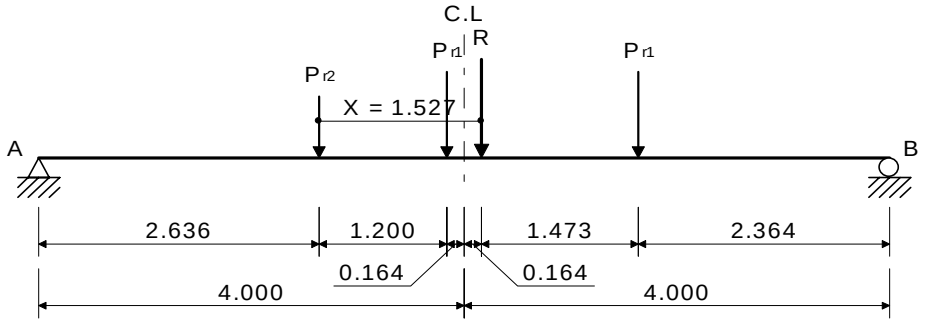


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

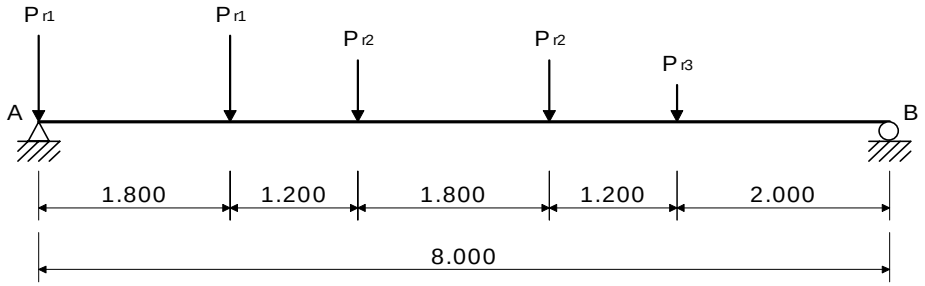


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L
= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000)/8.000
= 335.010 kN

S_l = 335.010 x **1.00** = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m
S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i)$ = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

$w = 8 \times M / L^2$ = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

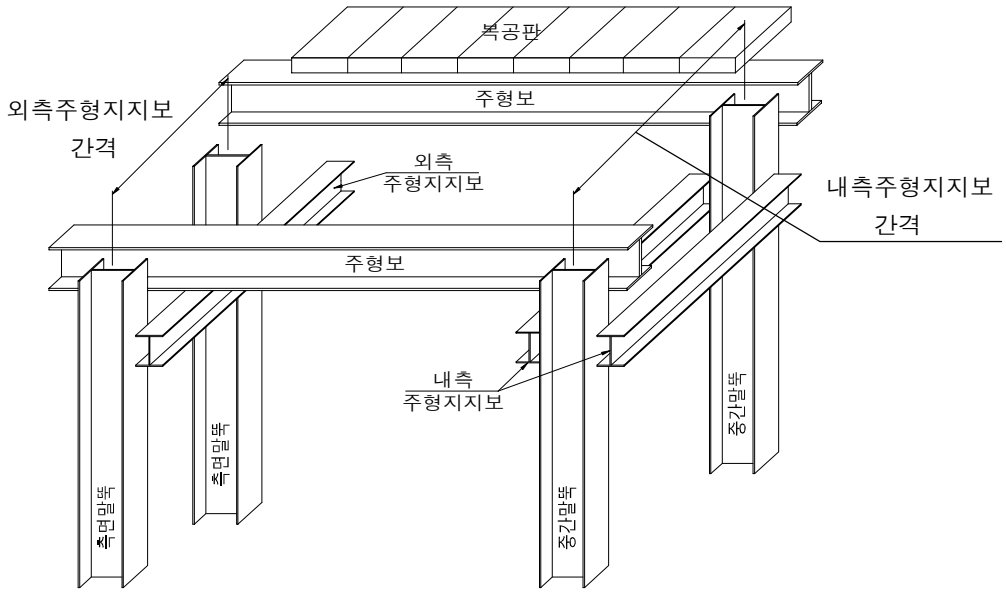
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

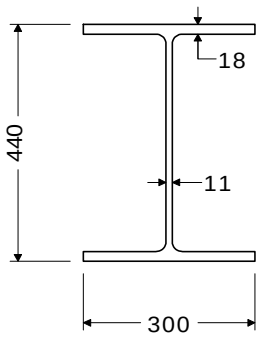
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

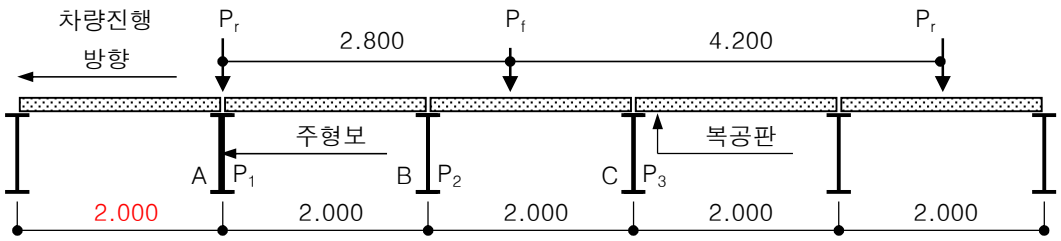


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



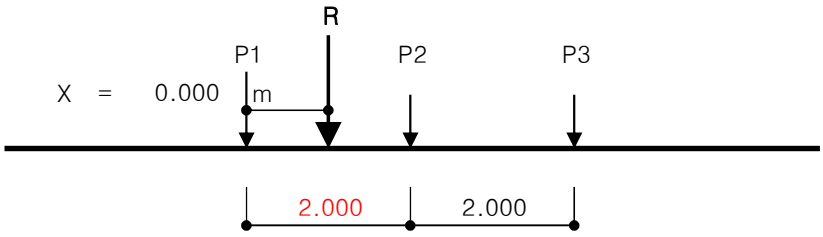
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

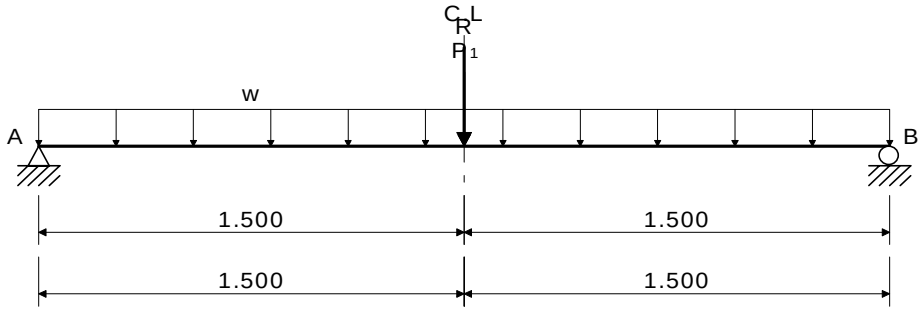


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

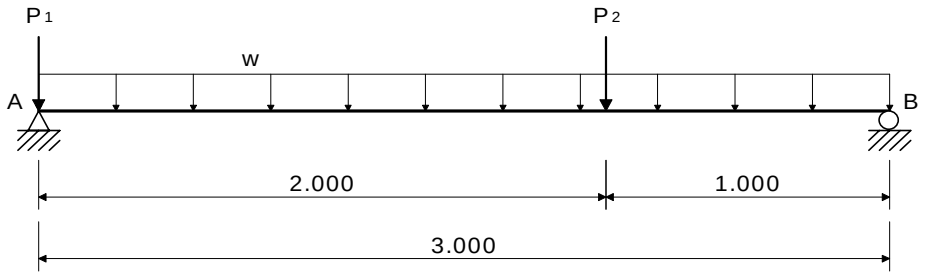
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (357.210 \times 1.500) / 3.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 269.271$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

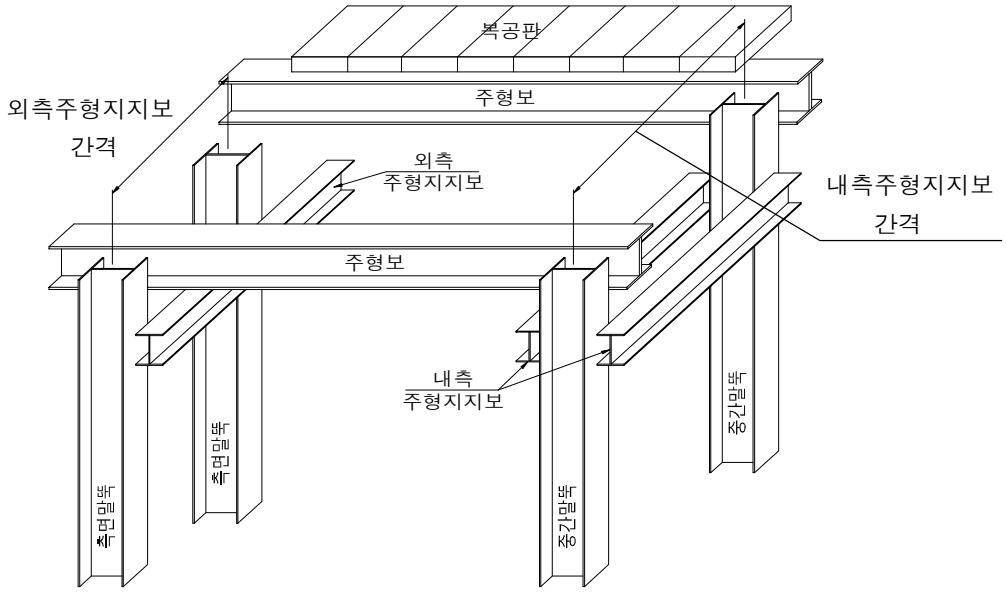
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

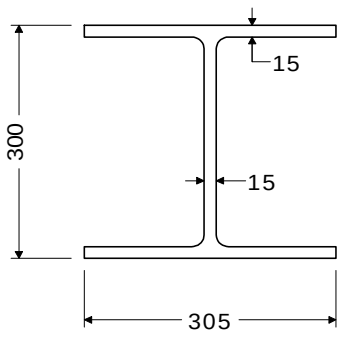
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.80 m

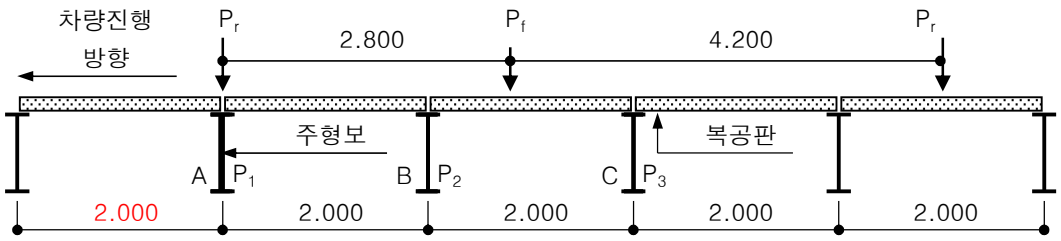


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



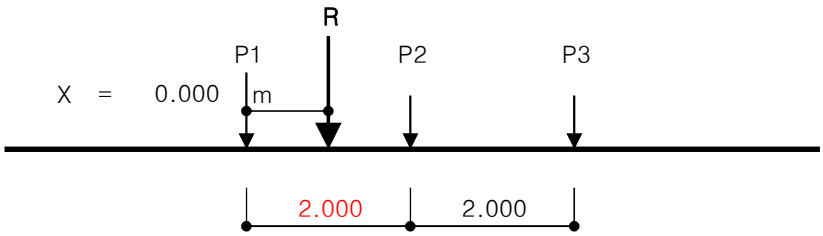
나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 357.210

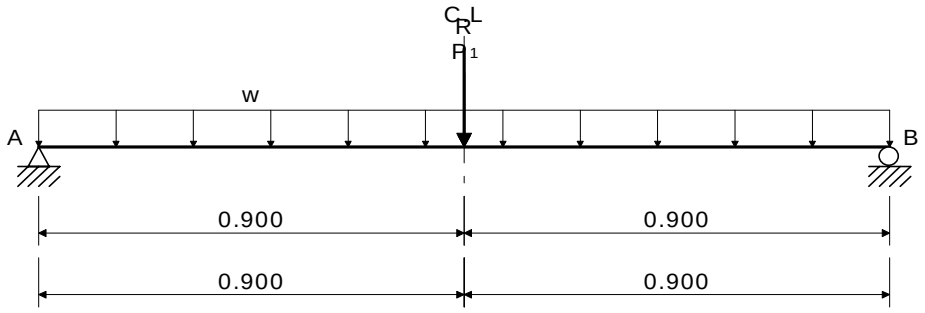
= 357.210 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 357.210

= 0.000 m

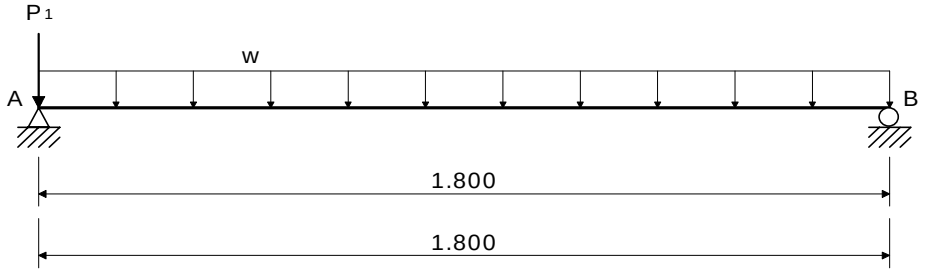
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.900) / L
= (357.210 x 0.900) / 1.800
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 0.900) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 0.900) + 1.038 x 1.80^2 / 8
= 161.165 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.800) / L
= (357.210 x 1.800) / 1.800
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.80 / 2
= 358.144 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 161.165 x 1000000 / 1440000.0 = 111.920 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 358.144 x 1000 / 4050 = 88.431 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (111.920 + 111.920) / 111.920$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1800 / 305

= 5.902 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (5.902 − 4.6))

= 153.854 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.854 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.854 MPa > f_b = 111.920 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.431 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 358144 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.04 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.04 ea ---> O.K

7.지보재 설계

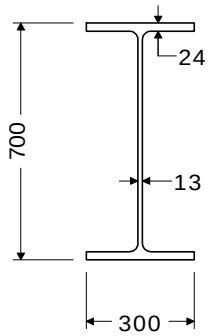
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 21.790 kN/m ---> Strut-1 (CS8 : Peck)
= 21.790 x 2.00 / 1 단
= 43.579 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 43.579 + 120.0 = 163.579 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 5760000.0 = 6.944 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 163.579 x 1000 / 23550 = 6.946 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.000 x 1000 / 8476 = 2.360 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 1.780$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (13.890 - 0.002) / 13.890$

$= 1.000$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L_x / R_x = 8000 / 293$

27.304 ---> $18.6 < Lx/Rx \leq 92.8$ 이므로

$f_{cagx} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (27.304 - 18.6))$

$= 149.471$ MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 149.471$ MPa

$L_y / R_y = 8000 / 67.8$

117.994 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

$f_{cagy} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (6700 + 117.994^2)$

$= 65.462$ MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 65.462$ MPa

$\therefore f_{ca} = Min.(f_{cax}, f_{cay}) = 65.462$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 8000 / 300$

$= 26.667$ ---> $4.6 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (26.667 - 4.6))$

$= 95.686$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$

$= 95.686$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (27.304)^2$

$= 1810.877$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 65.462$ MPa $> f_c = 6.946$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 95.686$ MPa $> f_b = 6.944$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa $> \tau = 2.360$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{6.946}{65.462} + \frac{6.944}{95.686 \times \left(1 - \left(6.946 / 1810.877\right)\right)}$$

$$= 0.179 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \left(f_c / f_{eax}\right)}$$

$$= 6.946 + \frac{6.944}{1 - \left(6.946 / 1810.877\right)}$$

$$= 13.917 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.179 , 0.088)

= 0.179 < 1.0 ---> O.K

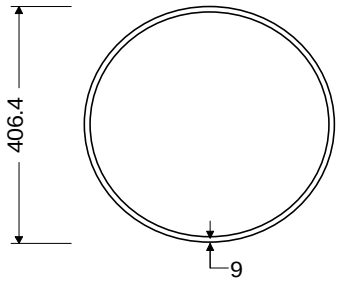
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 65.694 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.5 m)
= 65.694 x 3.00 / 1 단
= 197.081 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 197.081 + 120.0 = 317.081 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1092000.0 = 36.630 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 317.081 x 1000 / 11236.2 = 28.220 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{20.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.559 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.113 x 9)
= 20.286 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.113$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (64.850 - -8.410) / 64.850$

$= 1.130 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8000 / 140.5$

56.940 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (56.940 - 18.6))$

$= 122.132$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 122.132$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (56.940)^2$

$= 416.396$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 88.910$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 122.132$ MPa > $f_c = 28.220$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa > $f_b = 36.630$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 88.910$ MPa > $\tau = 3.559$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{28.220}{122.132} + \dfrac{36.630}{157.500 \times (1 - (28.220 / 416.396))}$

$= 0.481 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 28.220 + \frac{36.630}{1 - (28.220 / 416.396)}$$

$$= 67.513 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.481 , 0.429)

= 0.481 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{64.850}{122.132} + \left\{ \frac{3.559}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.533 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

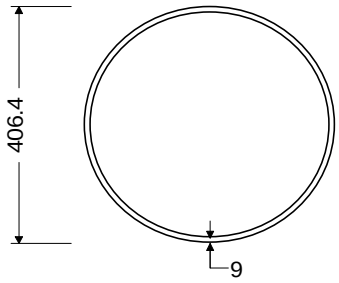
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 121.553 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 7 m)
= 121.553 x 3.00 / 1 단
= 364.659 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 364.659 + 120.0 = 484.659 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1092000.0 = 36.630 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 484.659 x 1000 / 11236.2 = 43.134 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.559 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.092 x 9)
= 20.679 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.092$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (79.764 - 6.504) / 79.764$

$= 0.918 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8000 / 140.5$

56.940 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (56.940 - 18.6))$

$= 122.132$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 122.132$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (56.940)^2$

$= 416.396$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 88.910$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 122.132$ MPa > $f_c = 43.134$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa > $f_b = 36.630$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 88.910$ MPa > $\tau = 3.559$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{43.134}{122.132} + \dfrac{36.630}{157.500 \times (1 - (43.134 / 416.396))}$

$= 0.613 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 43.134 + \frac{36.630}{1 - (43.134 / 416.396)}$$

$$= 83.997 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.613 , 0.533)

= 0.613 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{79.764}{122.132} + \left\{ \frac{3.559}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.655 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

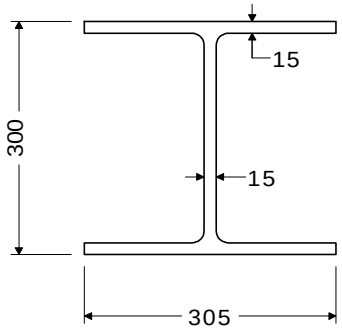
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

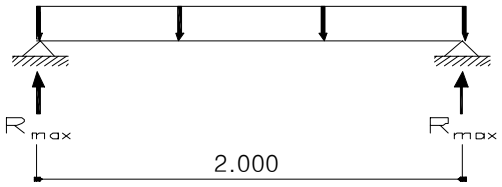
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 21.790 kN/m ---> Strut-1 (CS8 : Peck)

P = 21.790 × 2.00 m / 1 ea = 43.579 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 43.579 / (13 × 2.000)
= 20.114 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 20.114 × 2.000^2 / 8
= 10.057 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 20.114 × 2.000 / 2
= 20.114 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 10.057 x 1000000 / 1440000.0 = 6.984 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.114 x 1000 / 4050 = 4.966 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (6.984 + 6.984) / 6.984

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 6.984 MPa ---> O.K

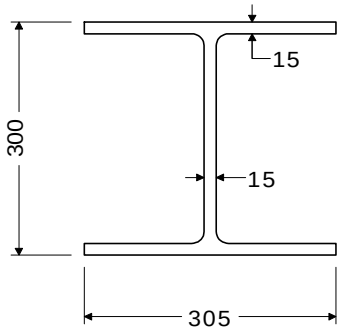
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 4.966 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

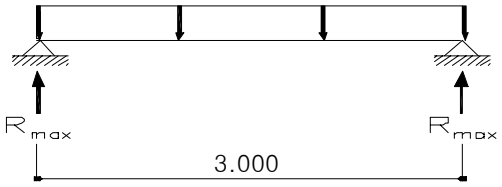
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 65.694 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.5 m)

P = 65.694 × 3.00 m / 1 ea = 197.081 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 197.081 / (13 × 3.000)
= 60.640 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 60.640 × 3.000^2 / 8
= 68.220 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 60.640 × 3.000 / 2
= 90.960 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 68.220 x 1000000 / 1440000.0 = 47.375 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 90.960 x 1000 / 4050 = 22.459 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (47.375 + 47.375) / 47.375

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 47.375 MPa ---> O.K

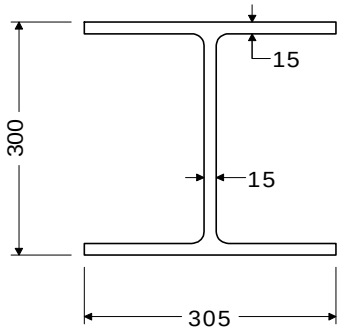
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 22.459 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

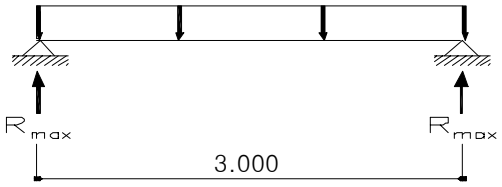
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 121.553 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 7 m)

P = 121.553 × 3.00 m / 1 ea = 364.659 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 364.659 / (13 × 3.000)
= 112.203 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 112.203 × 3.000 ^{2} / 8
= 126.228 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 112.203 × 3.000 / 2
= 168.304 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 126.228 x 1000000 / 1440000.0 = 87.659 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 168.304 x 1000 / 4050 = 41.557 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (87.659 + 87.659) / 87.659

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 87.659 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 41.557 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

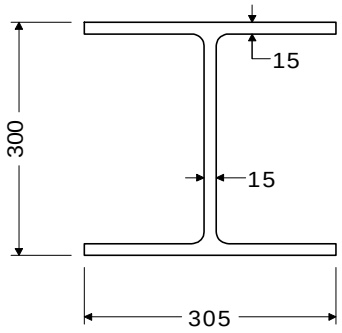
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.800 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	357.210	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.900	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	7.300	kN				
라. 버팀보 자중	=	14.100	kN				
마. 띠장 자중	=	6.400	kN				
바. 지보재 수직분력	=	0.000	×	1.800	=	0.000	kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	436.910	kN				

최대모멘트, M_{max} = 58.957 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 7 m)

최대전단력, S_{max} = 87.240 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 7 m)

▶ Pmax = 436.910 kN

▶ Mmax = 58.957 × 1.800 = 106.122 kN·m

▶ Smax = 87.240 × 1.800 = 157.032 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.122 x 1000000 / 1440000.0 = 73.696 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 436.910 x 1000 / 13480 = 32.412 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 157.032 x 1000 / 4050 = 38.773 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 2.435

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (106.108 − −41.284) / 106.108

= 1.389

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 3000 / 126

23.810 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (23.810 − 18.6))

= 152.694 MPa

f_{ca} = $f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 152.694 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (23.810)^2

= 2381.400 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 152.694 MPa > f_c = 32.412 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 73.696 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 38.773 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{32.412}{152.694} + \frac{73.696}{142.832 \times (1 - (32.412 / 2381.400))}$$

$$= 0.735 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 32.412 + \frac{73.696}{1 - (32.412 / 2381.400)}$$

$$= 107.125 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.735 , 0.680)

= 0.735 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 8.3 mm ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 7 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 7.000 x 1000 x 0.002 = 14.000 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 436.91 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	30	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	32	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	13	
L_s(모래층 중의 길이)	=	3.000	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	3.500	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 30 x 0.0915 + 0.2 x 32 x 1.210 x 3.000

+ 0.5 x 13 x 1.210 x 3.500

= 119.385 tonf

= 1170.76 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1170.76 / 2.0

= 585.381 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

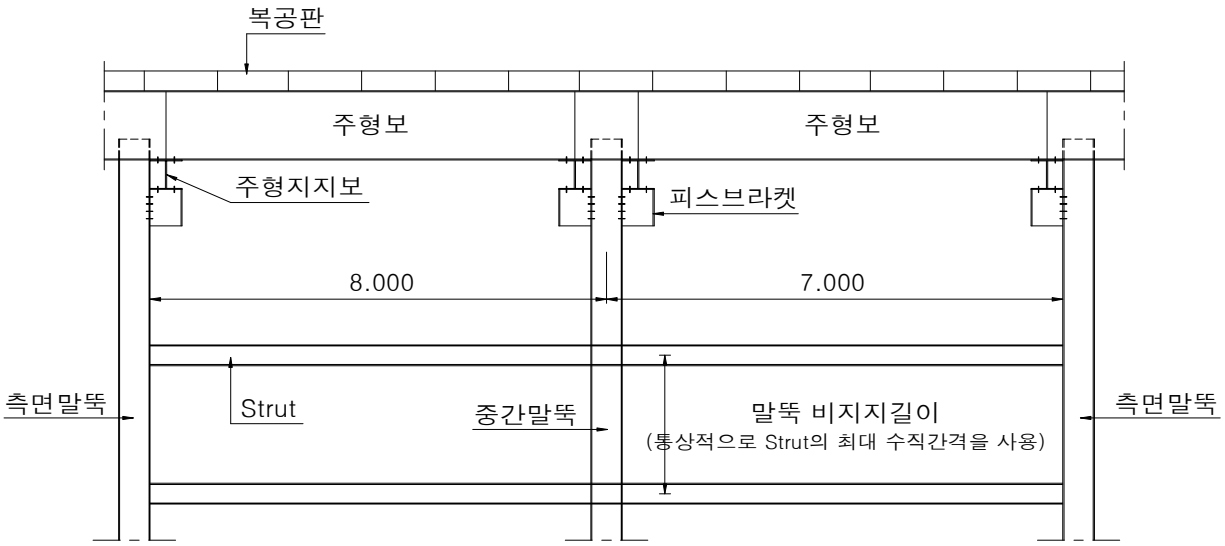
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 7.000 = 15.000 m

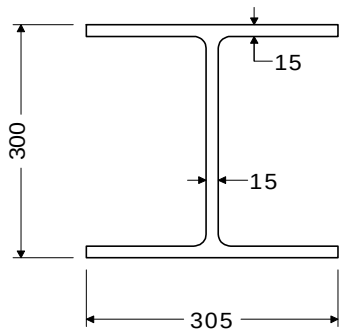
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 14.800 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 14.100 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

ΣP_s = 40.650 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.000) / 2 = 19.425 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

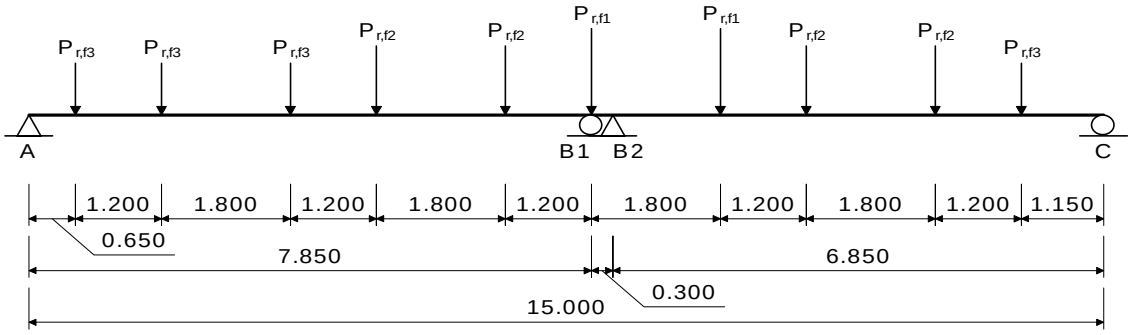
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① 2.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850 + 70.200 x 0.650) / 7.850

= 316.918 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350 + 70.200 x 1.150) / 6.850

= 198.074 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 316.918 x 1.00 = 316.918 kN

P_{r2} = 198.074 x 1.00 = 198.074 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850 + 17.550 x 0.650) / 7.850

= 79.230 kN

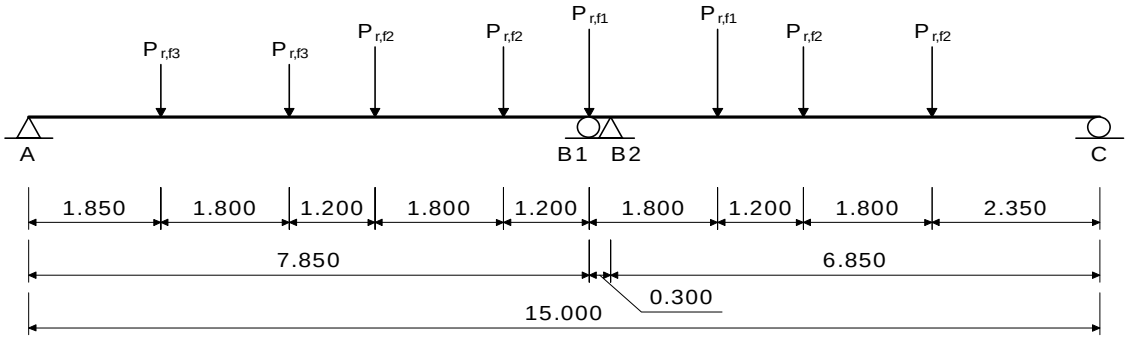
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350 + 17.550 x 1.150) / 6.850

= 49.519 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.230 x 1.00 = 79.230 kN

P_{f2} = 49.519 x 1.00 = 49.519 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850) / 7.850

= 311.106 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.350 + 93.600 x 4.150 + 93.600 x 2.350) / 6.850

= 186.289 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 311.106 x 1.00 = 311.106 kN

P_{r2} = 186.289 x 1.00 = 186.289 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850) / 7.850

= 77.776 kN

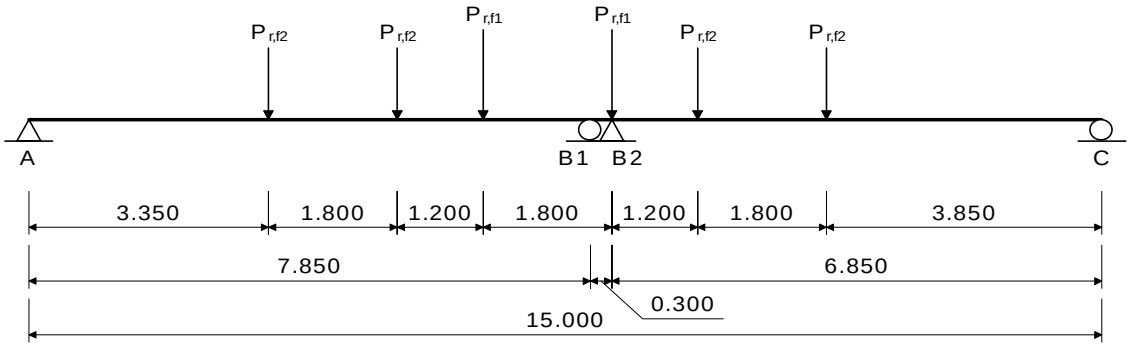
R_{B2} = (31.200 x 5.350 + 23.400 x 4.150 + 23.400 x 2.350) / 6.850

= 46.572 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 77.776 x 1.00 = 77.776 kN

P_{f2} = 46.572 x 1.00 = 46.572 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 7.850

= 202.303 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.850 + 93.600 x 5.650 + 93.600 x 3.850) / 6.850

= 254.610 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 202.303 x 1.00 = 202.303 kN

P_{r2} = 254.610 x 1.00 = 254.610 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 7.850

= 50.576 kN

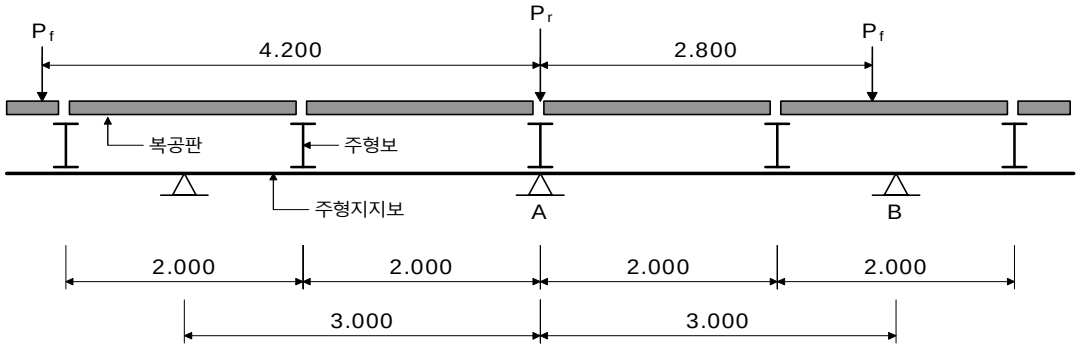
R_{B2} = (31.200 x 6.850 + 23.400 x 5.650 + 23.400 x 3.850) / 6.850

= 63.653 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 50.576 x 1.00 = 50.576 kN

P_{f2} = 63.653 x 1.00 = 63.653 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (316.918 x 3.000 + 79.230 x 0.200) / 3.000

= 322.200 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 322.200 + 22.200 x 3.00 / 2.00 = 355.500 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (254.610 x 3.000 + 63.653 x 0.200) / 3.000

= 258.854 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

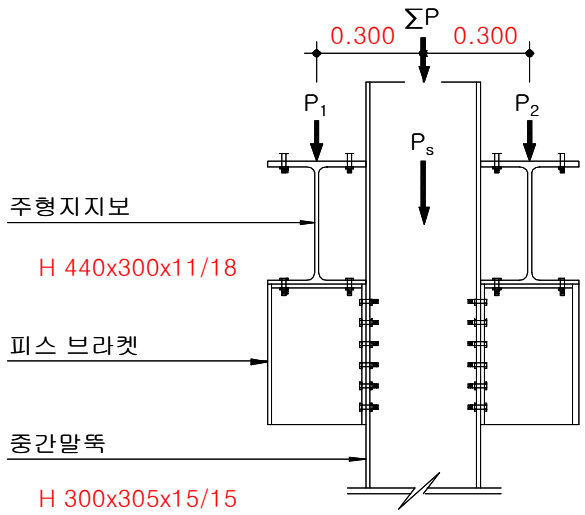
= 258.854 + 19.425 x 3.00 / 2.00 = 287.991 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 355.500 + 287.991 + 40.650 = 684.142 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 684.142 x 1000 / 13480 = 50.752 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.650 x 1000000 / 1440000 = 74.063 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 355.500 x 0.300 = 106.650 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.070

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (124.815 − −23.310) / 124.815

= 1.187

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 50.752 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 74.063 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{50.752}{137.022} + \frac{74.063}{159.234 \times (1 - (50.752 / 857.304))}$

= 0.865 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 50.752 + \frac{74.063}{1 - (50.752 / 857.304)}$

= 129.475 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.865 , 0.606)

= 0.865 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 684.14 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	40	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	5.500	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 40 x 1.210 x 5.500
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 144.740 tonf

= 1419.41 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1419.41 / 2.0

= 709.707 kN

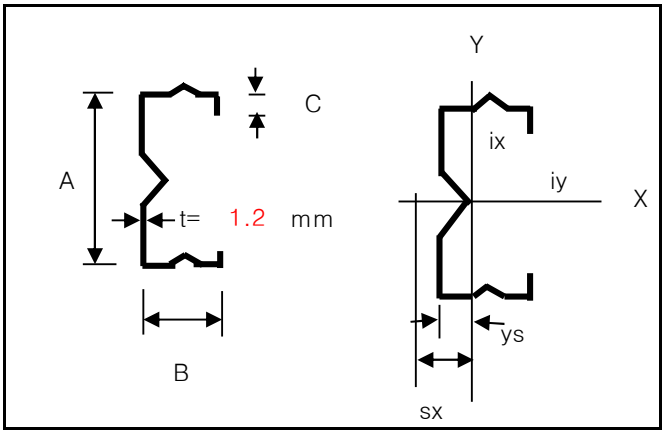
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

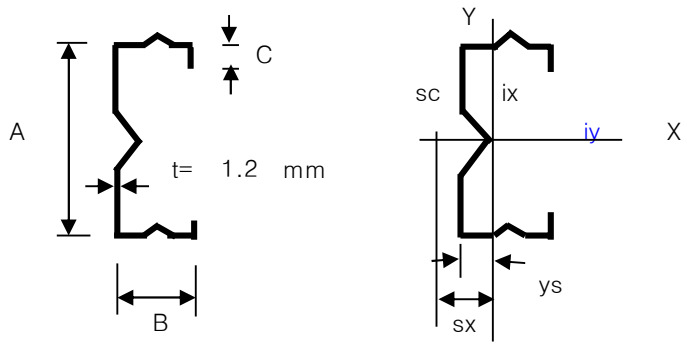
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 7.00m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1800.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	324.6
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

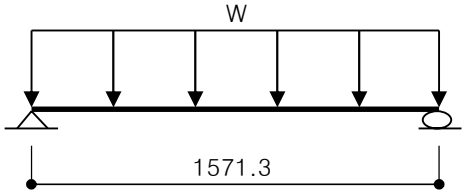
설계지간 (L) = 1800.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1571.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0512 MPa ---> (CS7 : 굴착 7 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 51.2 kN/m^2 x 0.2000 m = 10.2 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 10.2 x 1.57 ^{2}/ 8 = 3.2 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 10.2 x 1.57 / 2 = 8.0 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3162137 / 27,100 = 116.68 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3162137 / 27,980 = 113.01 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 8050 / 234 = 34.40 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,571 / 200 − 3.4) }

= 324.554 MPa

여기서, ℓ = 1,571 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 7.856 이므로,

∴ f_{ba} = 324.554 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 116.68 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 113.01 MPa < f_{ba} = 324.55 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 34.40 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 20 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 7 m, 전모델높이 = 27 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.40	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(자갈)	8.60	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
3	풍화토	27.00	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SS400	9.971	1.8

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	2.1	3	8	50	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	4	3	8	50	1

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 7 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.60	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	4.50	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	7.00	-	-	-	-	-	-	X	X
8	7.00	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.01	1.4	-5.10	4.8	0.61	0.0	-14.60	3.1
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.01	1.4	-5.08	4.8	0.61	0.0	-14.60	3.1
CS3 : 굴착 2.6 m	2.60	14.96	3.1	-17.69	0.6	11.14	1.8	-10.66	4.8
CS4 : 생성 Strut-2	2.60	10.89	2.1	-8.56	0.6	1.88	1.4	-10.48	4.0
CS5 : 굴착 4.5 m	4.50	24.96	2.1	-40.74	2.1	12.17	4.0	-25.48	2.1
CS6 : 생성 Strut-3	4.50	19.75	2.1	-30.59	2.1	2.93	3.5	-17.40	2.1
CS7 : 굴착 7 m	7.00	34.31	4.0	-87.24	4.0	54.30	6.6	-58.96	4.0
CS8 : Peck	7.00	21.43	4.0	-42.65	4.0	23.45	6.1	-24.23	4.0
TOTAL		34.31	4.0	-87.24	4.0	54.30	6.6	-58.96	4.0

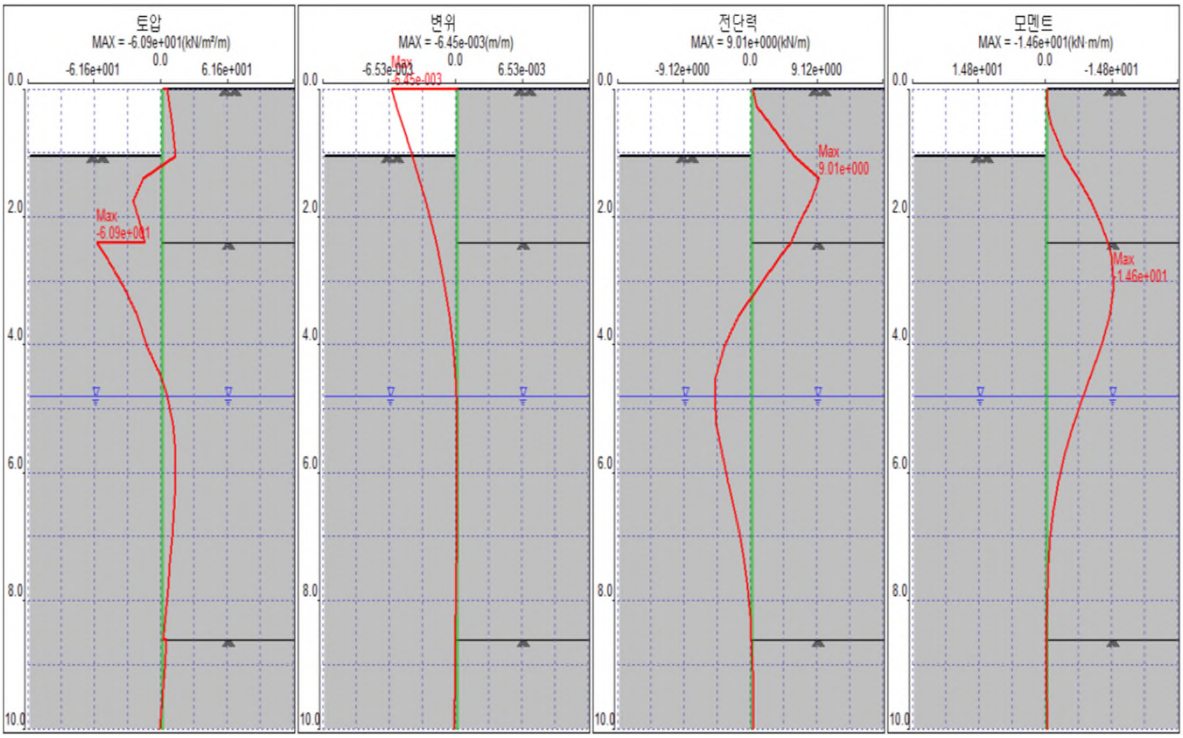
13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

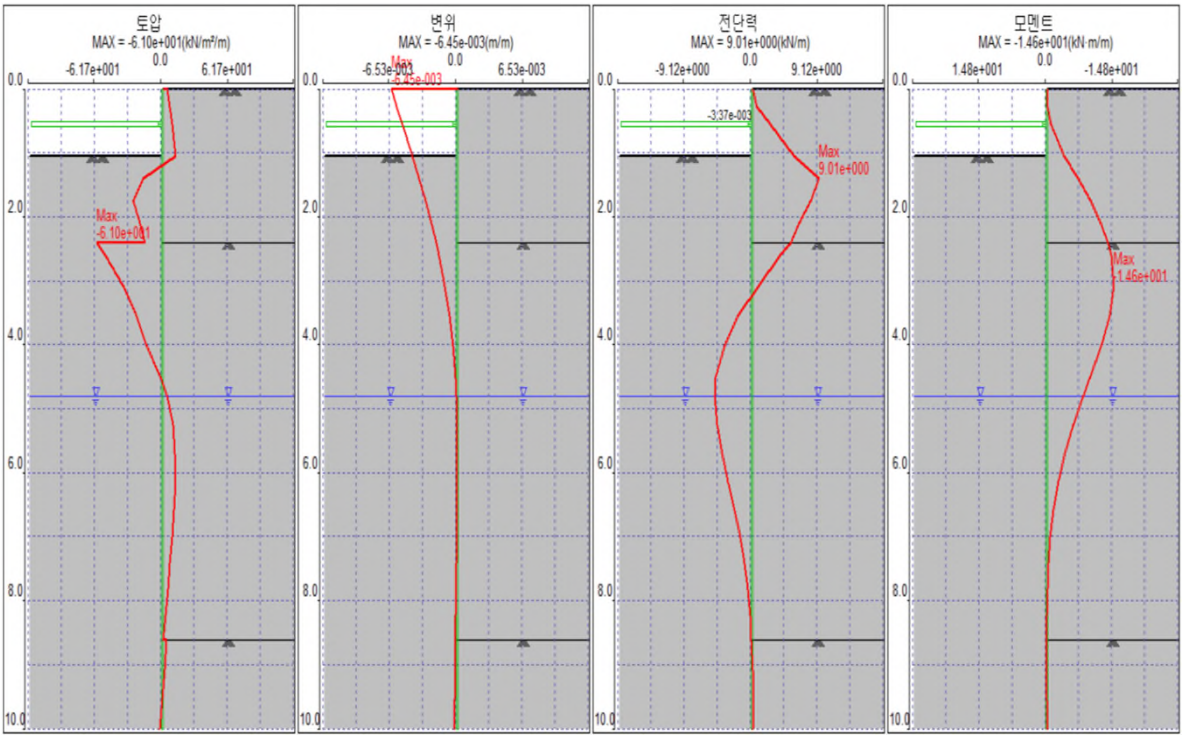
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3		
		0.55 (m)	2.1 (m)	4 (m)		
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-		
CS3 : 굴착 2.6 m	2.60	20.09	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	2.60	10.95	16.67	-		
CS5 : 굴착 4.5 m	4.50	-3.13	65.69	-		
CS6 : 생성 Strut-3	4.50	2.08	50.34	16.66		
CS7 : 굴착 7 m	7.00	0.17	22.35	121.55		
CS8 : Peck	7.00	21.79	19.67	64.08		
TOTAL		21.79	65.69	121.55		

13.2 시공단계별 단면력도

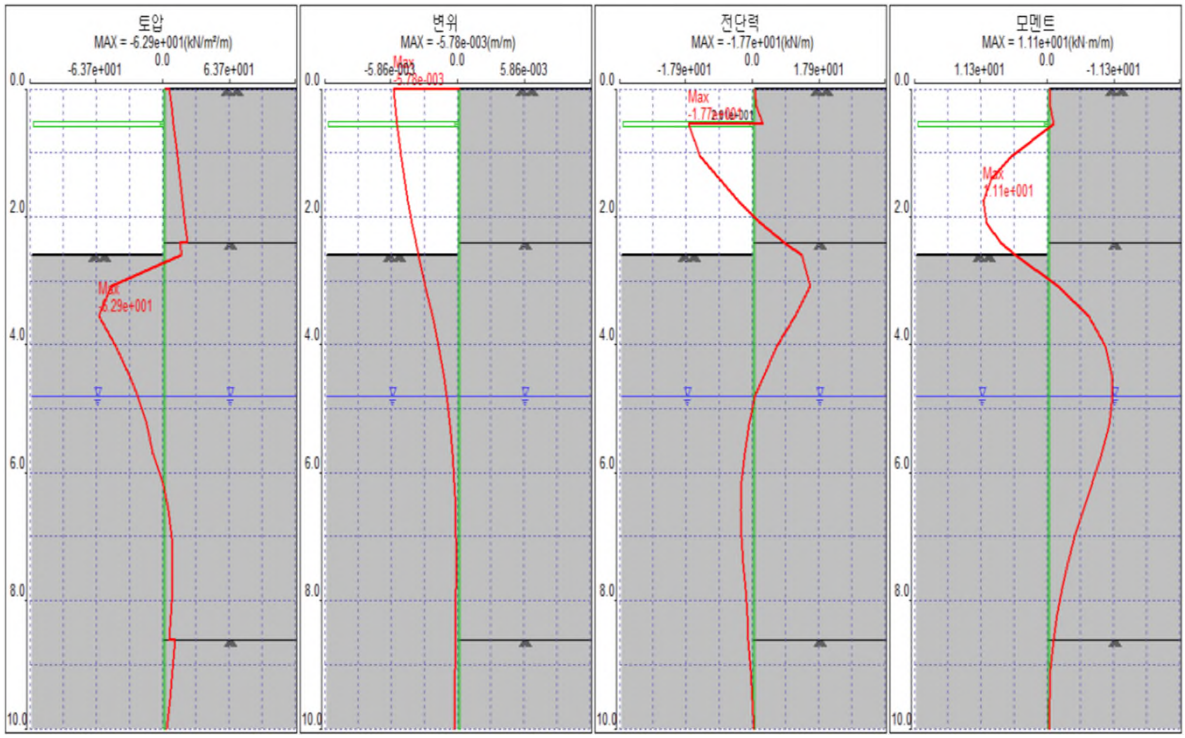
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



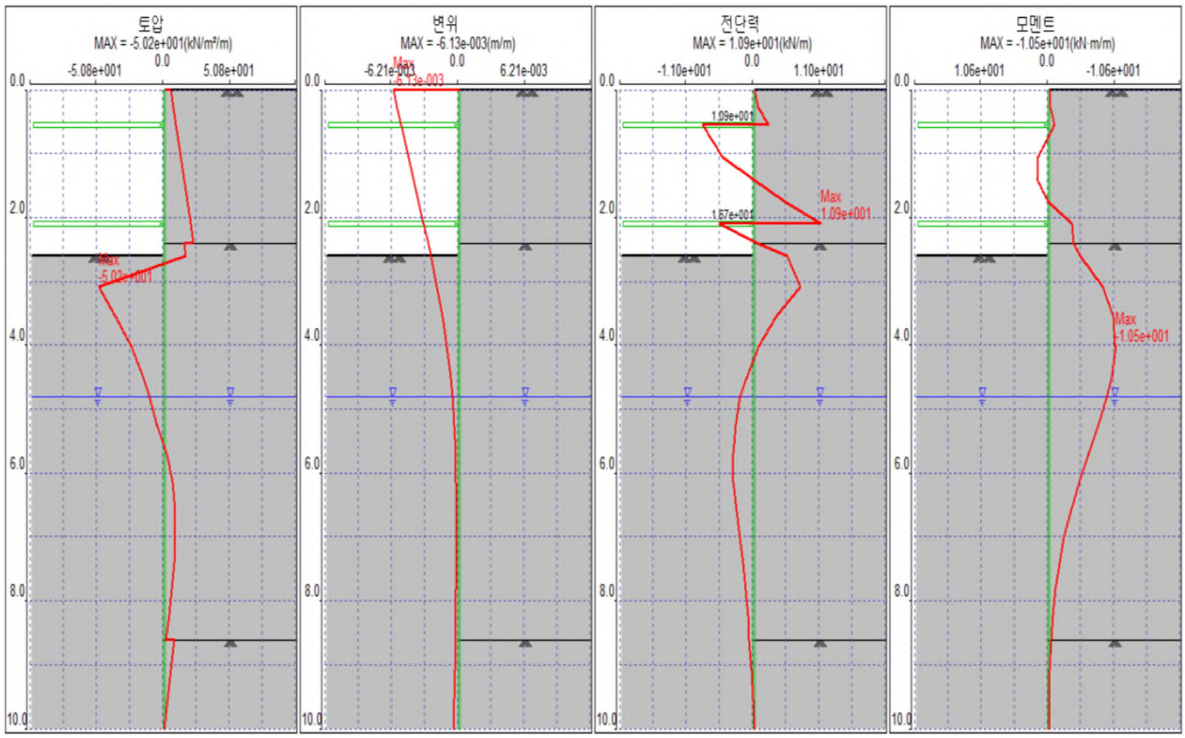
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



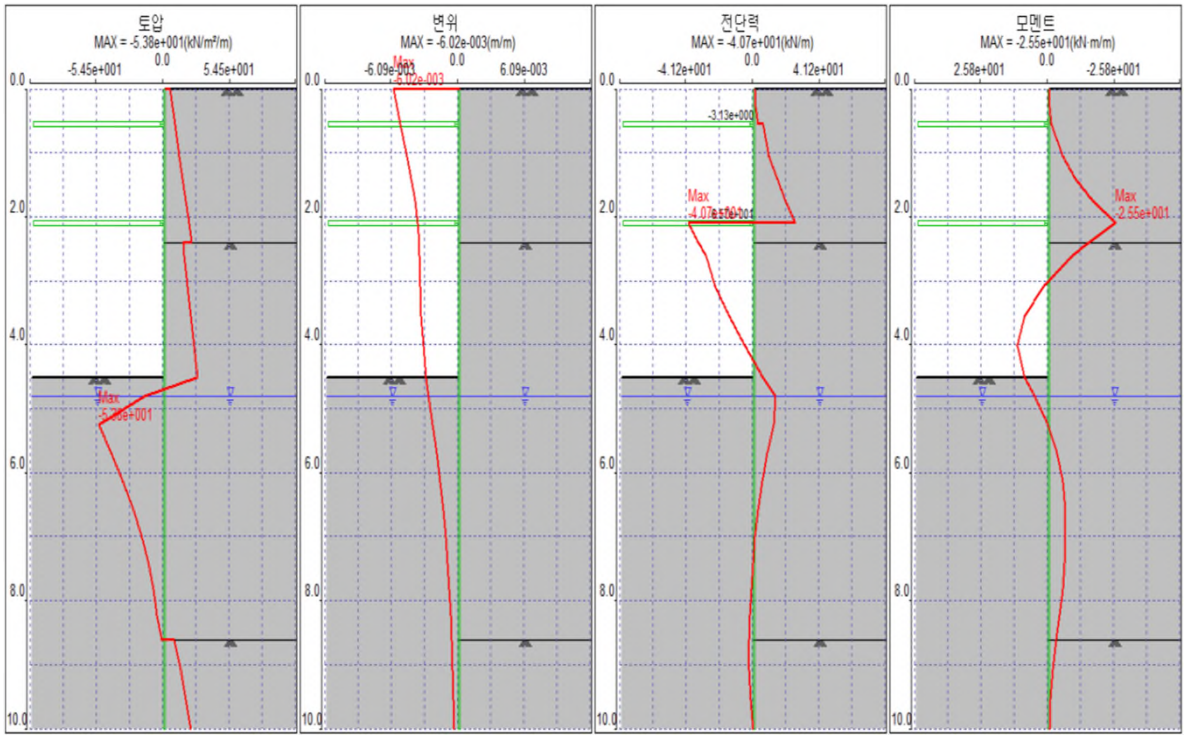
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.6 m]



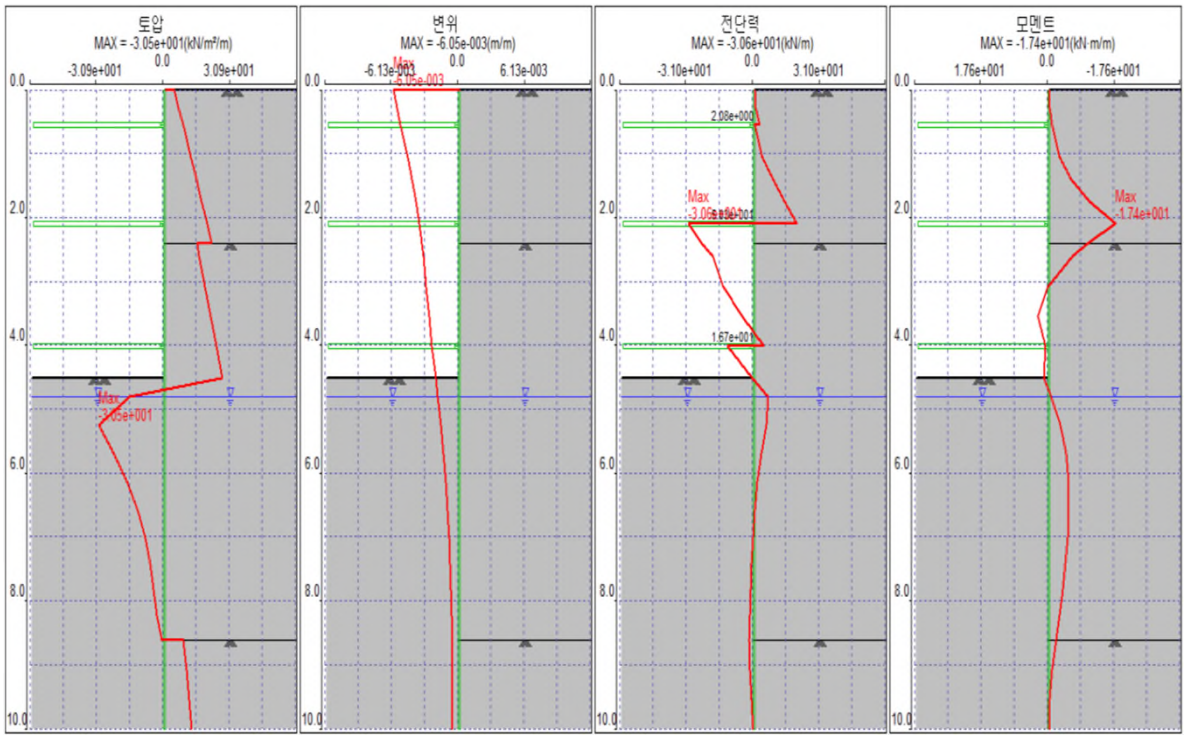
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



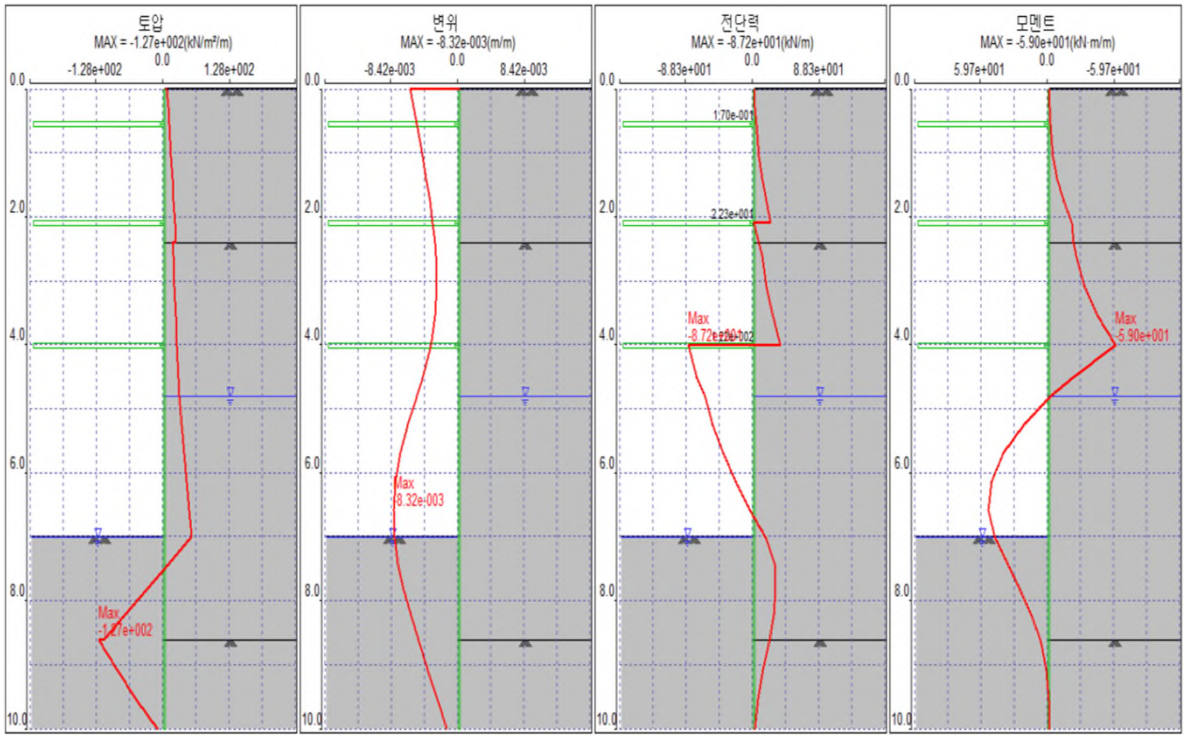
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.5 m]



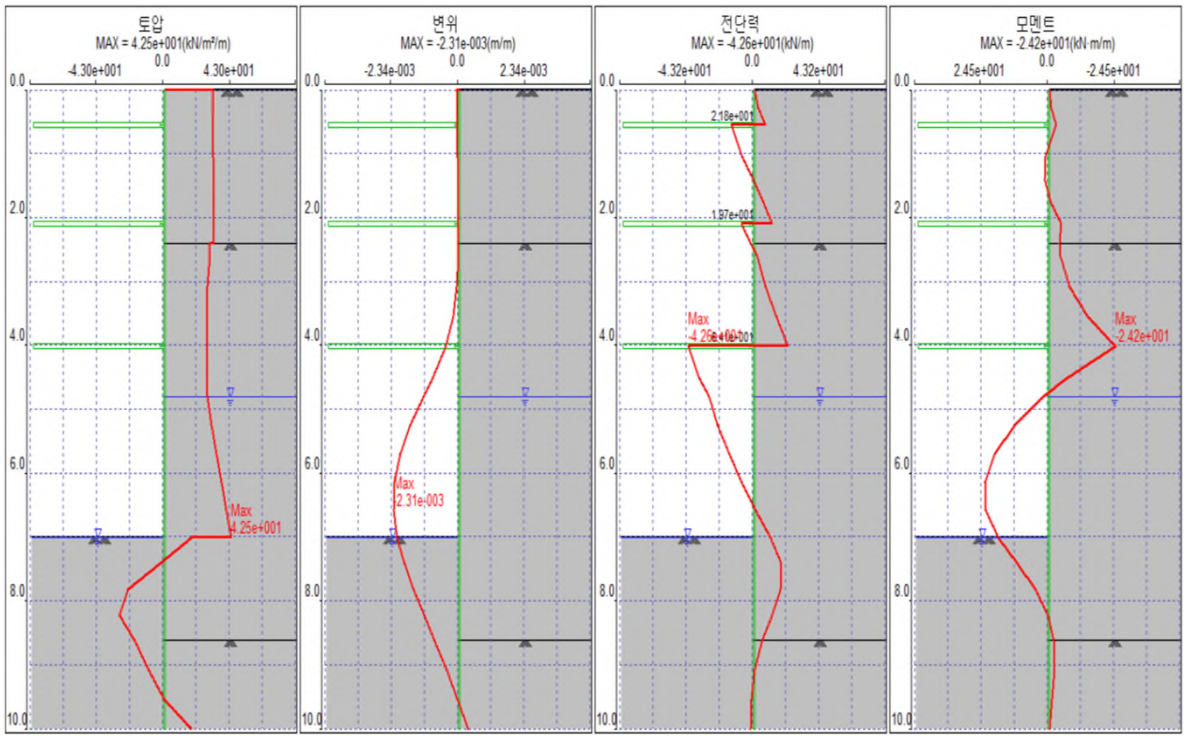
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



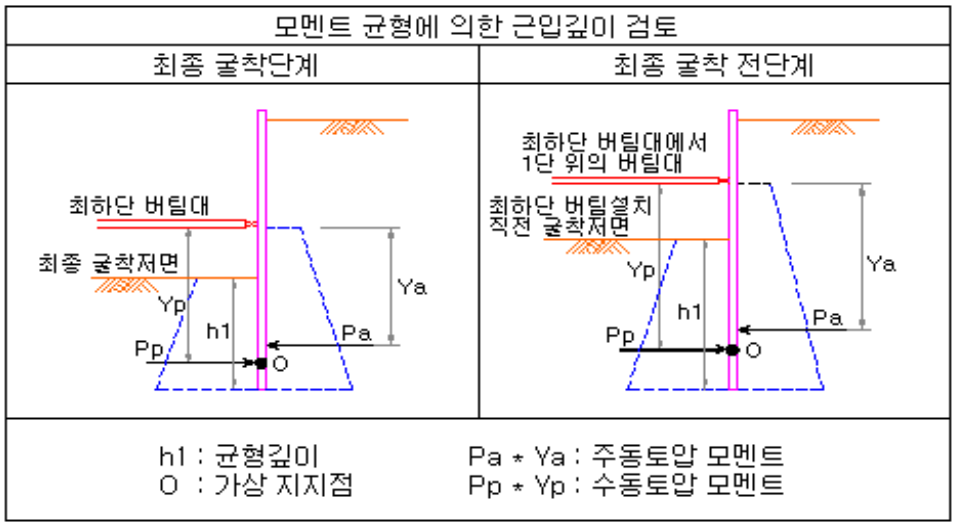
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 7 m]



8) 시공 8 단계 [CS8 : Peck]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.256	2.971	587.535	970.117	1.651	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.594	5.471	584.553	3352.991	5.736	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.8 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -4 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 196.377 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.704 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 55.668 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.543 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (196.377 x 1.704) + (55.668 x 4.543) = 587.535 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 192.724 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.034 m

Mp = (Pp x Yp) = (192.724 x 5.034) = 970.117 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 970.117 / 587.535 = 1.651

S.F. = 1.651 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.8 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.1 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 90.36 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.285 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 84.609 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.537 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (90.36 x 1.285) + (84.609 x 5.537) = 584.553 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 554.184 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.05 m

Mp = (Pp x Yp) = (554.184 x 6.05) = 3352.991 kN·m

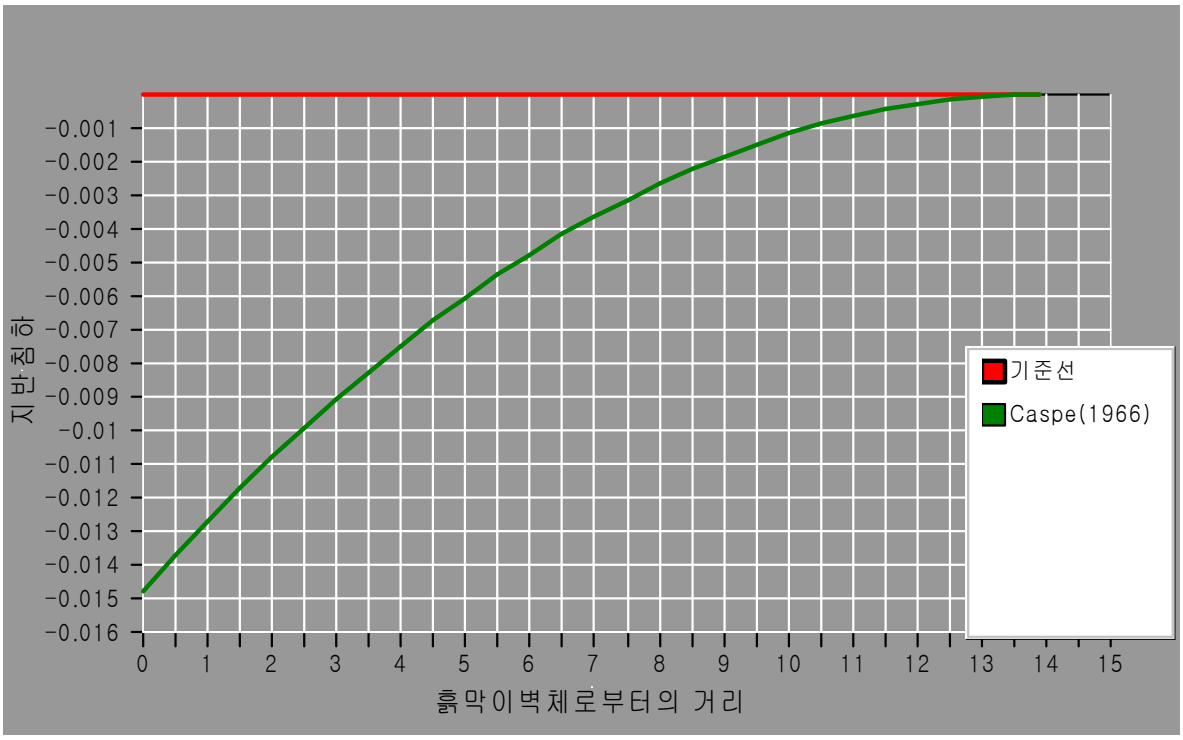
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 3352.991 / 584.553 = 5.736

S.F. = 5.736 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.051 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 7 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 31.914 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 31.914/2) = 18.009 m

Ht = Hp + Hw = 18.009 + 7 = 25.009 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 25.009 x tan(45-31.914/2) = 13.887 m

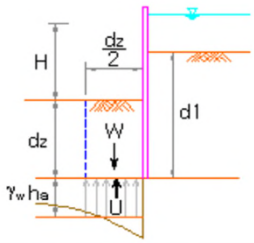
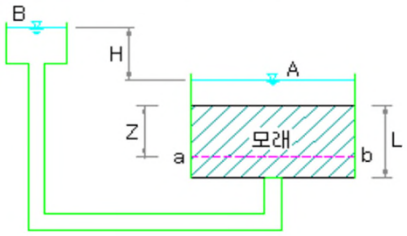
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.051 / 13.887 = -0.015 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.015 x ((13.887 - Xi) / 13.887)^2

13.5 보일링 검토 (최종 굴착단계)

Terzaghi 방법	한계동수경사 방법
	
U : 과잉수압 ha : 보일링의 평균과잉 수두 W : 흙의 중량	H : A, B 면의 수위차 i : 동수경사 (H/L) L : 모래층 두께(유선길이) ic : 한계경사 (γ'/γw)

구분	Terzaghi 해석법			한계동수구배 검토법			적용 안전율	판정
	과잉수압 (kN/m)	흙의중량 (kN/m)	안전율	동수 구배	한계 구배	안전율		
최종 굴착 단계	11.438	61.788	5.402	0.270	2.000	7.402	2.000	OK

13.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 7 x 1.1 x 2.971 / 2 = 11.438

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 14 x 2.971^2 / 2 = 61.788

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 61.788 / 11.438 = 5.402

S.F. = 5.402 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

13.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 2.2 / 8.142 = 0.270

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 14 / 7 = 2

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 2 / 0.270 = 7.402

S.F. = 7.402 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

3-1.7 TYPE-07

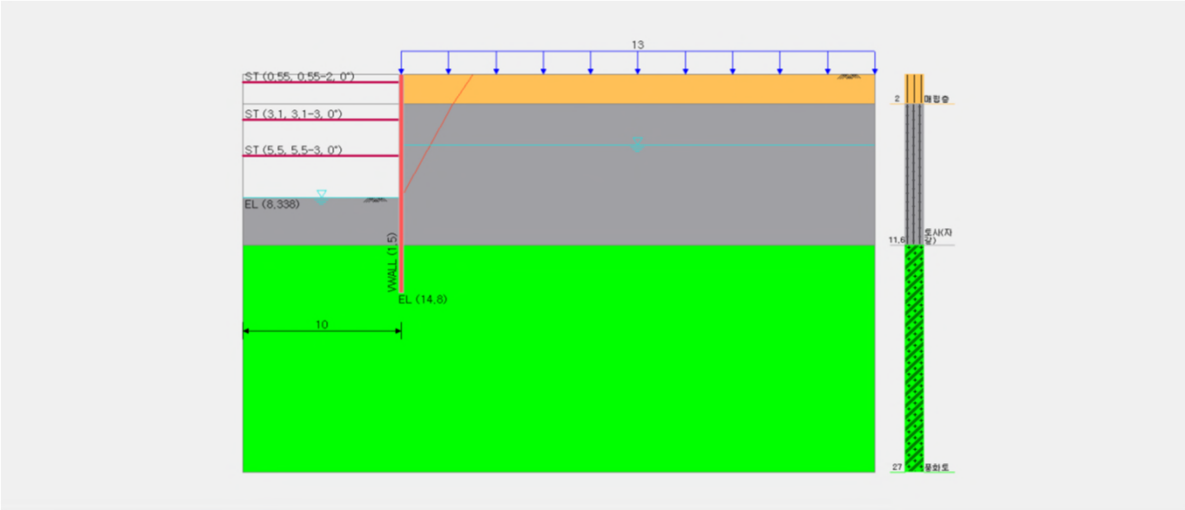
(STA.0+484.5~0+509.5)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 8.40m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (3.1, 3.1-3, 0°)
ST (5.5, 5.5-3, 0°)
EL (8.338)
VWALL (1.5)
EL (14.8)
10
2
11.6
27

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	89.879	156.609	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.218	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	6.104	100.355	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	9.416	71.290	O.K		
		전단응력	2.212	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.10	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	35.267	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.50	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	54.444	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	16.305	152.017	O.K	
		전단응력	11.595	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.10	휨응력	66.411	142.832	O.K	
		전단응력	31.484	90.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.50	휨응력	118.209	142.832	O.K	
		전단응력	56.040	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	71.434	189.521	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.614	203.568	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	42.388	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	69.937	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.291	137.022	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 8.40	휨응력	98.060	303.750	O.K		
		압축응력	94.976	281.667	O.K		
		전단응력	35.734	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS7 : 굴착 8.338 m	9.570	16.676	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut – H 700x300x13/24 수평간격 : 2.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)	$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
	$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
	$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$

휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b-4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b-4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5-7.035(\ell/b-3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6<\ell/r\le73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4<\ell/r\le67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0<\ell/r\le54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{4{,}100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{3{,}500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{2{,}300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

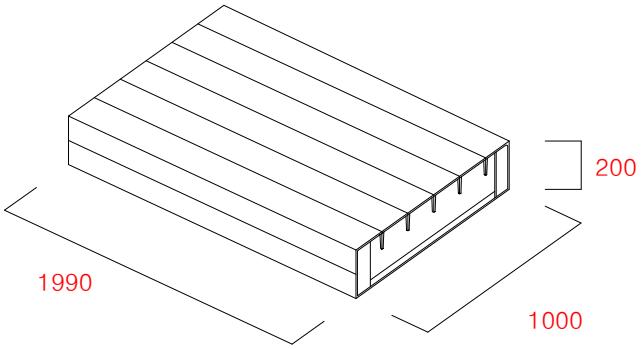
가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

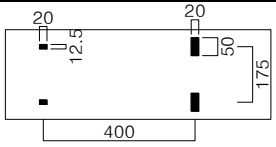
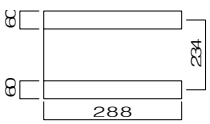
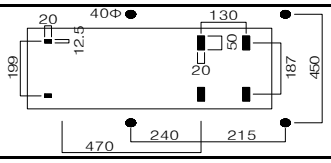
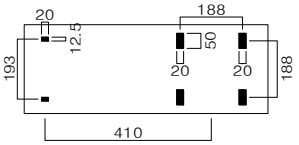
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140

= 175.000 MPa

▶ $\tau a = 1.25 \times 80$

$= 100.000$ MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 175.000$ MPa > $f_b = 157.726$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 100.000$ MPa > $\tau = 10.429$ MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

$= 0.0209001 + 1.662$

$= 1.682$ mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

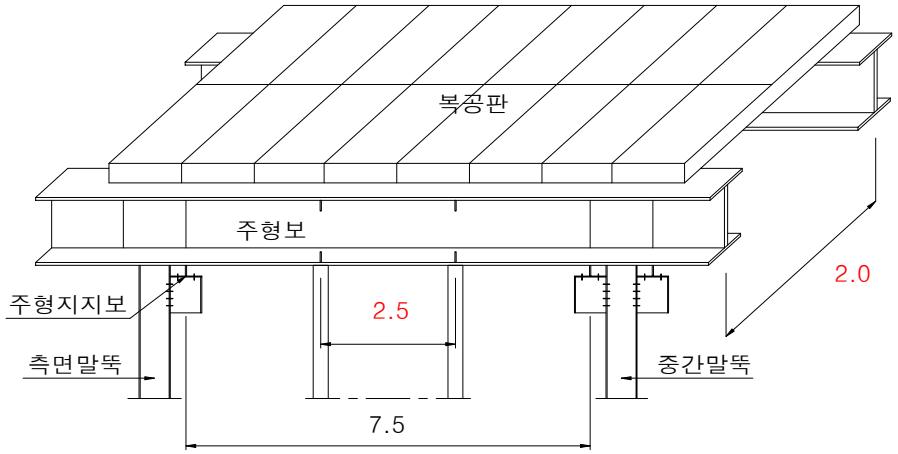
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

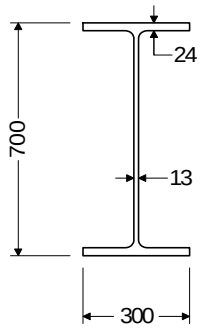
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.500 \times 7.500 / 8 = 39.023$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.500 / 2 = 20.813$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)$

$= 0.316 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

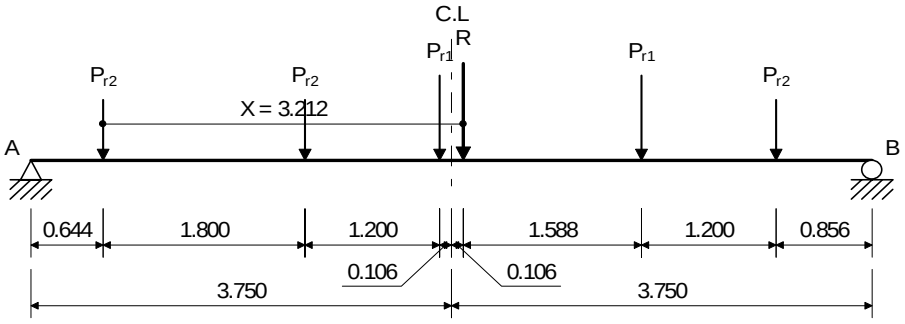
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

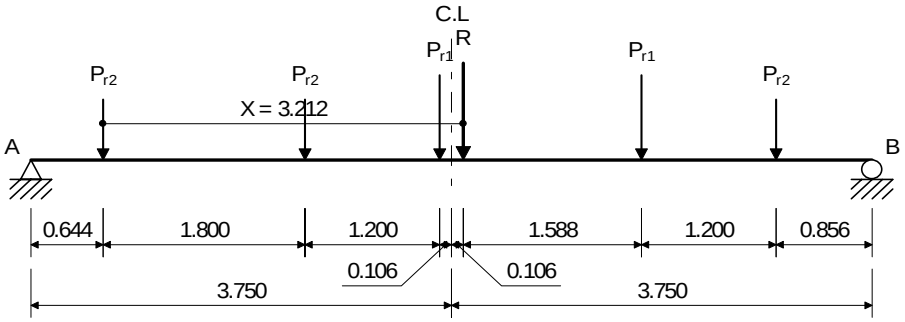
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L

= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) /

= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 546.013 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2

= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

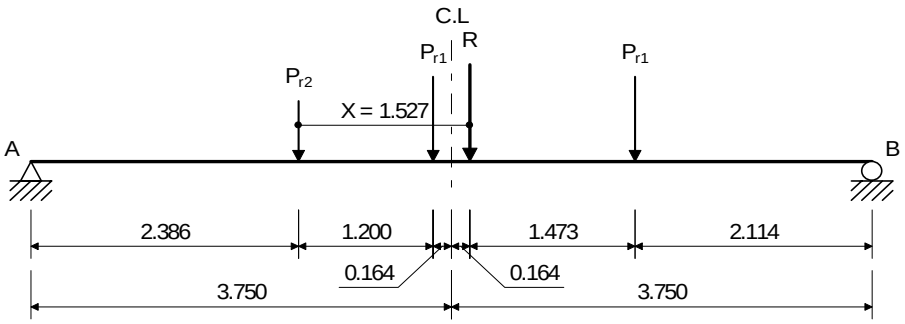
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

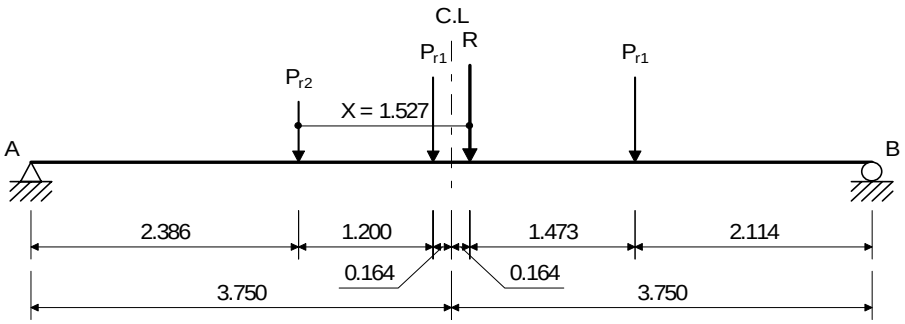


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

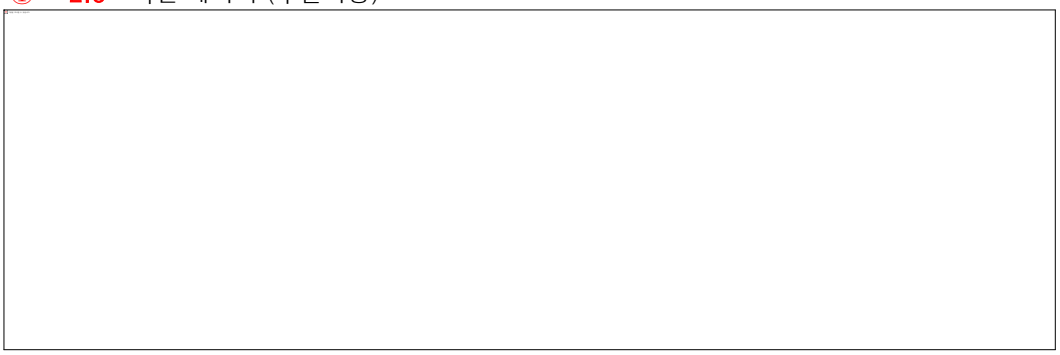


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) /
= 323.544 kN
S_l = 323.544 x **1.00** = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m
S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 x 1000000 / 5760000.0 = 101.569 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.357 x 1000 / 8476 = 40.627 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 101.569 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.627 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 420.010 / (7.50 x 7.50) = 59.735 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 59.735 x 7500.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 5.830 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7500.0 / 400 , 25)

= 18.750 mm > δ_l = 5.830 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

외측주형지지보
간격

내측주형지지보
간격

(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0

나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**

차량진행 방향 P_r 2.800 P_f 4.200 P_r

주형보 복공판

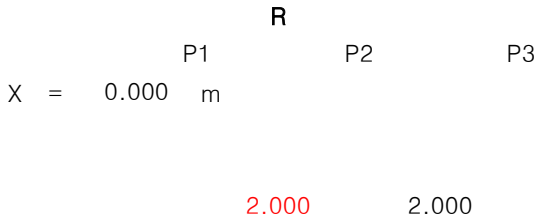
A P_1 B P_2 C P_3

2.000 2.000 2.000 2.000 2.000

▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 344.356$
$= 344.357$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 344.356$
$= 0.000$ m

② 최대 휨모멘트

$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (344.356 \times 1.500) / 3.000$
$= 172.178$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (172.178 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 259.631$ kN·m

라. 최대 전단력 산정

$R_a = (P_1 \times 3.000 + P_2 \times 1.000) / L$
$= (344.356 \times 3.000 + 69.344 \times 1.000) / 3.000$
$= 367.471$ kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 367.471 + 1.212 x 3.00 / 2
= 369.289 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.50 m

외측주형지지보
간격

내측주형지지보
간격

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0

나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**

차량진행 방향 P_r 2.800 P_f 4.200 P_r

주형보 복공판

A P_1 B P_2 C P_3

2.000 2.000 2.000 2.000 2.000

▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

R

P1 P2 P3

X = 0.000 m

2.000 2.000

① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 344.356$
$= 344.357$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 344.356$
$= 0.000$ m

② 최대 휨모멘트

$R_a = (P_1 \times 0.750) / L$
$= (344.356 \times 0.750) / 1.500$
$= 172.178$ kN

$M_{max} = (Ra \times 0.750) + w \times L^2 / 8$
$= (172.178 \times 0.750) + 1.038 \times 1.50^2 / 8$
$= 129.426$ kN·m

라. 최대 전단력 산정

$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (344.356 \times 1.500) / 1.500$
$= 344.357$ kN

$S_{max} = Ra + w \times L / 2$
$= 344.356 + 1.038 \times 1.50 / 2$
$= 345.135$ kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 129.426 \times 1000000 / 1440000.0 = 89.879$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 345.135 \times 1000 / 4050 = 85.218$ MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.879 + 89.879) / 89.879

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 305

= 4.918 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.918 − 4.6))

= 156.609 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.609 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.609 MPa > f_b = 89.879 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.218 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 345135 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8

(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 50.873 kN/m ---> Strut-1 (CS8 : Peck)
= 50.873 x 2.00 / 1 단
= 101.746 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 101.746 + 120.0 = 221.746 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 5760000.0 = 6.104 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 221.746 x 1000 / 23550 = 9.416 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.750 x 1000 / 8476 = 2.212 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.504

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (15.519 - 3.312) / 15.519
= 0.787

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 7500 / 293

25.597 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (25.597 − 18.6))

= 151.045 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 151.045 MPa

L_y / R_y = 7500 / 67.8

110.619 ---> 92.8 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 110.619²)

= 71.290 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 71.290 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 71.290 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7500 / 300

= 25.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (25.000 − 4.6))

= 100.355 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 100.355 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (25.597)²

= 2060.376 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 71.290 MPa > f_c = 9.416 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 100.355 MPa > f_b = 6.104 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.212 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{9.416}{71.290} + \frac{6.104}{100.355 \times (1 - (9.416 / 2060.376))}$

= 0.193 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 9.416 + \frac{6.104}{1 - (9.416 / 2060.376)}$$

$$= 15.547 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.193 , 0.099)
= 0.193 < 1.0 ---> O.K

7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9

(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 92.089 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 6 m)
= 92.089 x 3.00 / 1 단
= 276.268 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 276.268 + 120.0 = 396.268 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1092000.0 = 32.194 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 396.268 x 1000 / 11236.2 = 35.267 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.095 x 9)

= 20.611 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.095

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (67.461 − 3.073) / 67.461

= 0.954 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 35.267 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{35.267}{125.415} + \frac{32.194}{157.500 \times (1 - (35.267 / 473.766))}$

$$= \quad 0.502 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 35.267 + \frac{32.194}{1 - (35.267 / 473.766)}$$

$$= 70.051 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.502 , 0.445)$$
$$= 0.502 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^2$

$$= \frac{67.461}{125.415} + \left(\frac{3.336}{88.910}\right)^2$$

$$= 0.539 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9

(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 163.916 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.338 m)
= 163.916 x 3.00 / 1 단
= 491.748 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 491.748 + 120.0 = 611.748 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN
(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1092000.0 = 32.194 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 611.748 x 1000 / 11236.2 = 54.444 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.074 x 9)
= 21.016 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.074

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (86.639 − 22.250) / 86.639
= 0.743 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000
= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5
53.381 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))
= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2
= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578²)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 54.444 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + f_{bag} \times \left(1 - \left(f_c / f_{eax} \right) \right)$

$= \frac{54.444}{125.415} + 157.500 \times \left(1 - \left(54.444 / 473.766 \right) \right)$

= 0.665 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \left(f_c / f_{eax} \right)}$

$= 54.444 + \frac{32.194}{1 - \left(54.444 / 473.766 \right)}$

= 90.819 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.665 , 0.577)

= 0.665 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left(\frac{\tau}{\tau_a} \right)^2$

$= \frac{86.639}{125.415} + \left(\frac{3.336}{88.910} \right)^2$

= 0.692 < 1.0 ---> O.K

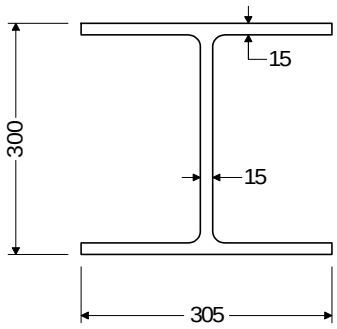
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

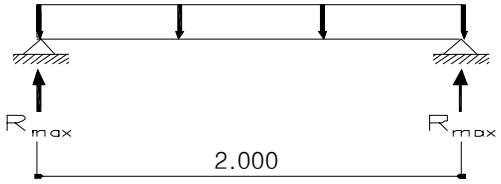
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 50.873 kN/m ---> Strut-1 (CS8 : Peck)

P = 50.873 × 2.00 m / 1 ea = 101.746 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 101.746 / (13 × 2.000)
= 46.960 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 46.960 × 2.000^2 / 8
= 23.480 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 46.960 × 2.000 / 2
= 46.960 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 23.480 x 1000000 / 1440000.0 = 16.305 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 46.960 x 1000 / 4050 = 11.595 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (16.305 + 16.305) / 16.305

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 16.305 MPa ---> O.K

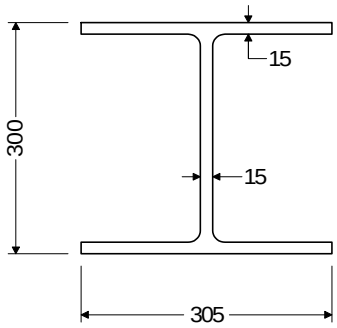
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 11.595 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

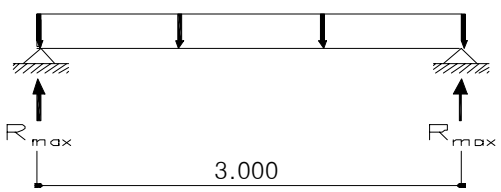
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 92.089 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 6 m)

$P = 92.089 \times 3.00\ m / 1\ ea = 276.268\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 276.268 / (13 \times 3.000)$
$= 85.006\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 85.006 \times 3.000^2 / 8$
$= 95.631\ kN\cdot m$

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 85.006 \times 3.000 / 2$
$= 127.508\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 95.631 \times 1000000 / 1440000.0 = 66.411$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 127.508 \times 1000 / 4050 = 31.484$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$
$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (66.411 + 66.411) / 66.411$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (9.836 - 4.6))$
$= 142.832$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 142.832$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$
$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 142.832$ MPa > $f_b = 66.411$ MPa ---> O.K

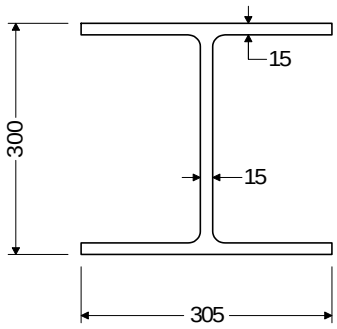
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 31.484$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

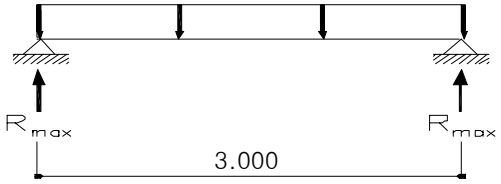
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 163.916 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.338 m)

P = 163.916 × 3.00 m / 1 ea = 491.748 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 491.748 / (13 × 3.000)
= 151.307 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 151.307 × 3.000^2 / 8
= 170.220 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 151.307 × 3.000 / 2
= 226.961 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 170.220 x 1000000 / 1440000.0 = 118.209 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 226.961 x 1000 / 4050 = 56.040 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (118.209 + 118.209) / 118.209

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 118.209 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 56.040 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

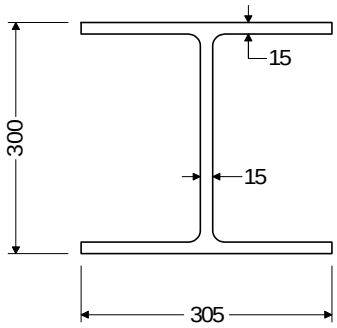
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.600	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	8.600	kN			
라. 버팀보 자중	=	14.100	kN			
마. 띠장 자중	=	7.500	kN			
바. 지보재 수직분력	=	0.000	×	1.500	=	0.000 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
$\sum P_s$	=	426.157	kN			

최대모멘트, M_{max} = 68.576 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 8.338 m)

최대전단력, S_{max} = 114.448 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 8.338 m)

▶ Pmax = 426.157 kN

▶ Mmax = 68.576 × 1.500 = 102.864 kN·m

▶ Smax = 114.448 × 1.500 = 171.671 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 102.864 x 1000000 / 1440000.0 = 71.434 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 426.157 x 1000 / 13480 = 31.614 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 171.671 x 1000 / 4050 = 42.388 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 2.430$
$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (103.048 - -39.820) / 103.048$
$= 1.386$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 190.000$
$= 213.750$ MPa

L / R = 2900 / 126
23.016 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로
$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (23.016 - 16))$
$= 203.568$ MPa
$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 203.568$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2900 / 305
= 9.508 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로
$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 3.91 \times (9.508 - 4))$
$= 189.521$ MPa
$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 189.521$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (23.016)^2$
$= 2548.466$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 110$
$= 123.750$ MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 203.568$ MPa > $f_c = 31.614$ MPa ---> O.K
▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.521$ MPa > $f_b = 71.434$ MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , $\tau_a = 123.750$ MPa > $\tau = 42.388$ MPa ---> O.K
▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{31.614}{203.568} + \frac{71.434}{189.521 \times (1 - (31.614 / 2548.466))}$

$= 0.537 < 1.0$ ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 31.614 + \frac{71.434}{1 - (31.614 / 2548.466)}$

= 103.945 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.537 , 0.486)
= 0.537 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 9.6 mm ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 8.338 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 8.338 x 1000 x 0.002 = 16.676 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 426.16 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 30
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 20
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 6
- L_s(모래층 중의 길이) = 6.500 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 4.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 30 x 0.0915 + 0.2 x 20 x 1.210 x 6.500
+ 0.5 x 6 x 1.210 x 4.000
= 114.605 tonf
= 1123.89 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1123.89 / 2.0
= 561.946 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

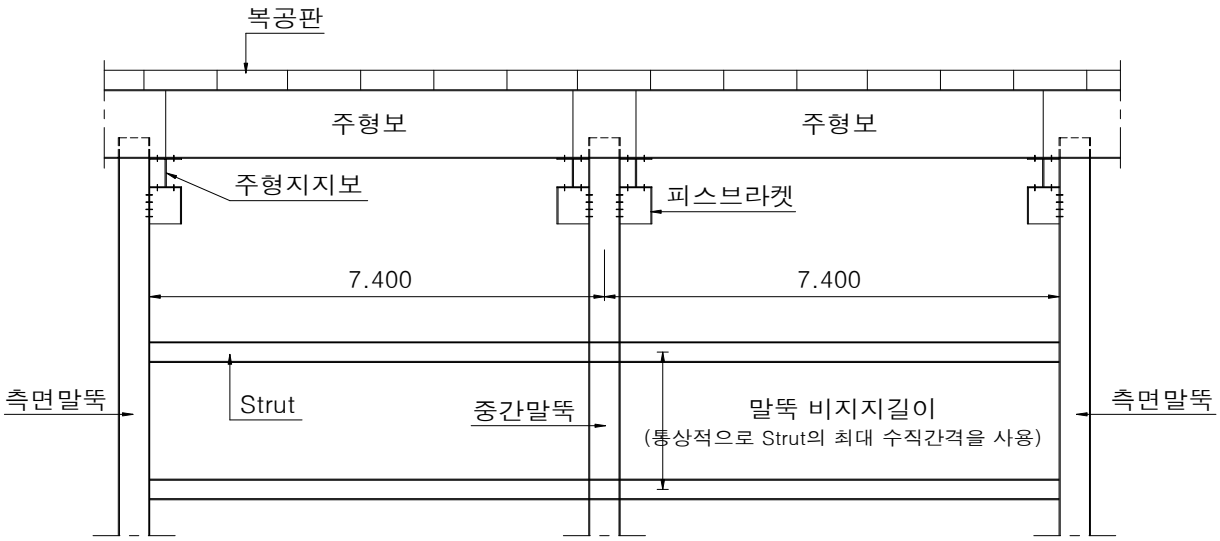
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.400 + 7.400 = 14.800 m

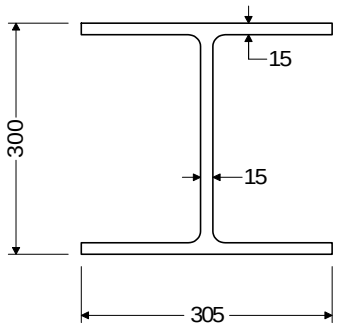
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 23.500 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 14.100 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 49.350 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.400) / 2 = 20.535 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.400) / 2 = 20.535 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.400)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

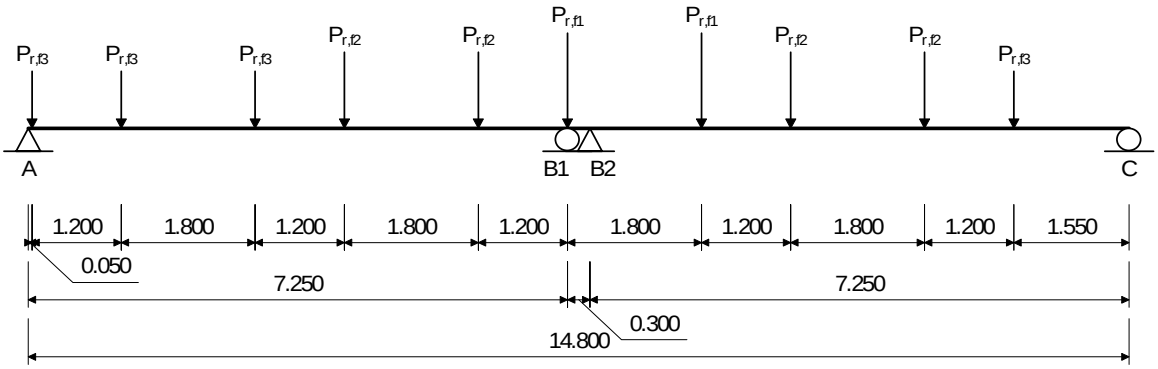
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① 2.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250 + 70.200 x 3.050 + 70.200 x 1.250 + 70.200 x 0.050) / 7.250

= 299.897 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550 + 93.600 x 2.750 + 70.200 x 1.550) / 7.250

= 208.233 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 299.897 x 1.00 = 299.897 kN

P_{r2} = 208.233 x 1.00 = 208.233 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250 + 17.550 x 3.050 + 17.550 x 1.250 + 17.550 x 0.050) / 7.250

= 74.974 kN

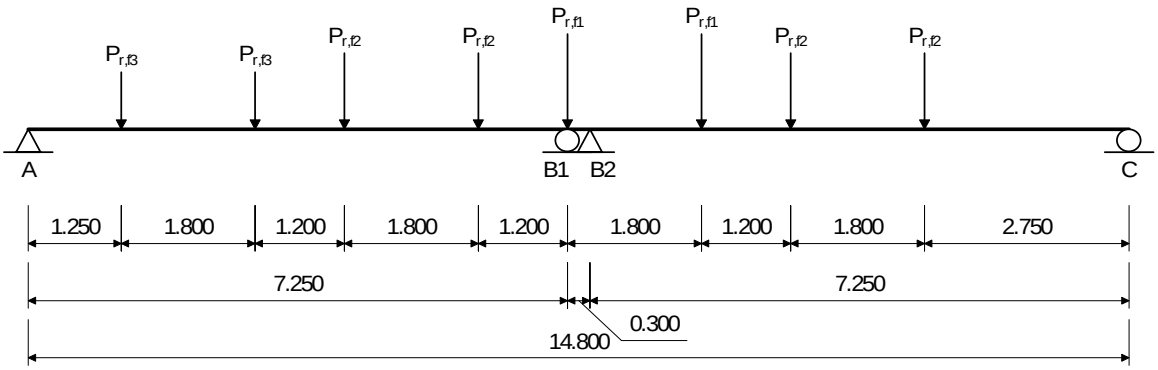
R_{B2} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550 + 23.400 x 2.750 + 17.550 x 1.550) / 7.250

= 52.058 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 74.974 x 1.00 = 74.974 kN

P_{f2} = 52.058 x 1.00 = 52.058 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250 + 70.200 x 3.050 + 70.200 x 1.250) / 7

= 299.412 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550 + 93.600 x 2.750) / 7.250

= 193.225 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 299.412 x 1.00 = 299.412 kN

P_{r2} = 193.225 x 1.00 = 193.225 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250 + 17.550 x 3.050 + 17.550 x 1.250) / 7.

= 74.853 kN

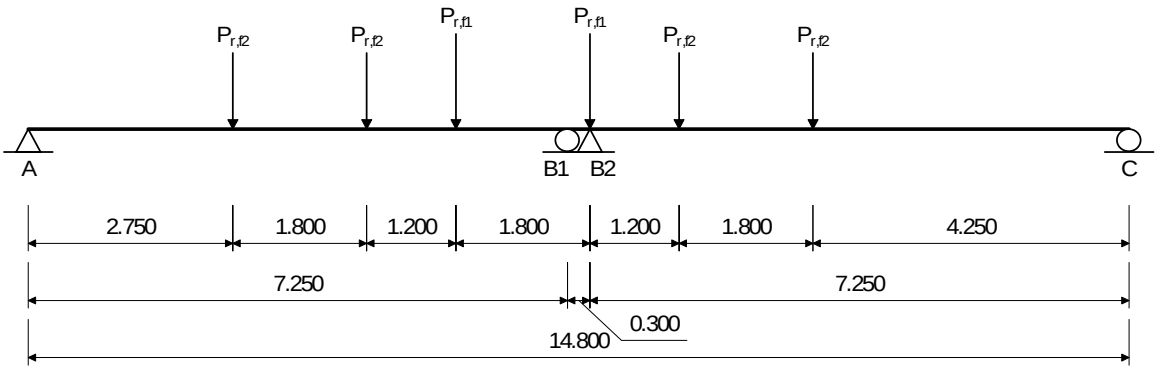
R_{B2} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550 + 23.400 x 2.750) / 7.250

= 48.306 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 74.853 x 1.00 = 74.853 kN

P_{f2} = 48.306 x 1.00 = 48.306 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550 + 93.600 x 2.750) / 7.250

= 193.225 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250) / 7.250

= 257.777 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 193.225 x 1.00 = 193.225 kN

P_{r2} = 257.777 x 1.00 = 257.777 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550 + 23.400 x 2.750) / 7.250

= 48.306 kN

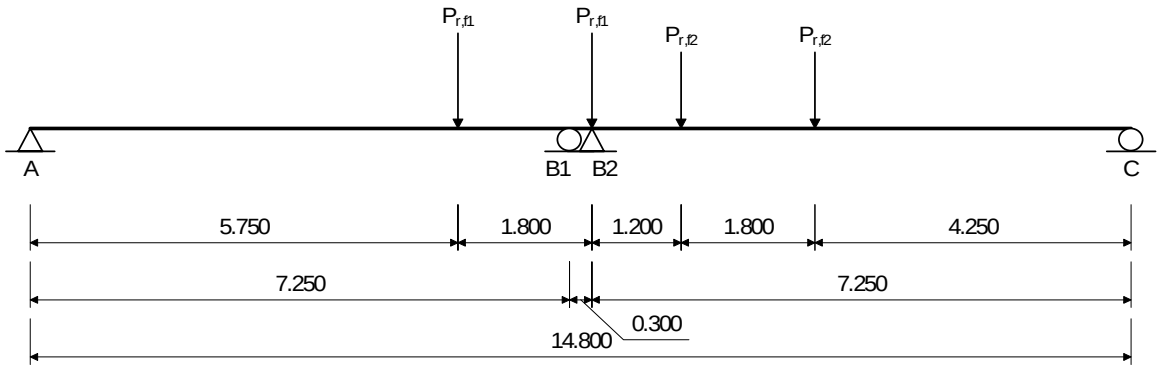
R_{B2} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250) / 7.250

= 64.444 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.306 x 1.00 = 48.306 kN

P_{f2} = 64.444 x 1.00 = 64.444 kN

④ 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.750) / 7.250

= 98.979 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250) / 7.250

= 257.777 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 98.979 x 1.00 = 98.979 kN

P_{r2} = 257.777 x 1.00 = 257.777 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.750) / 7.250

= 24.745 kN

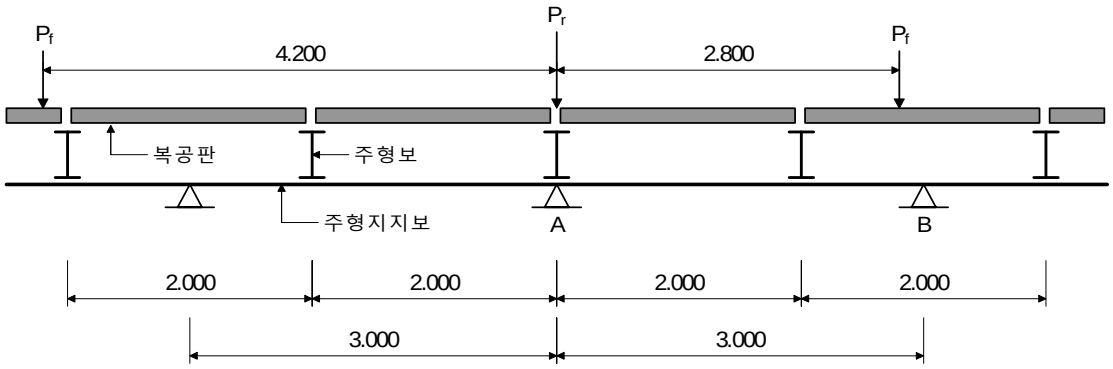
R_{B2} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250) / 7.250

= 64.444 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.745 x 1.00 = 24.745 kN

P_{f2} = 64.444 x 1.00 = 64.444 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (299.897 x 3.000 + 74.974 x 0.200) / 3.000

= 304.895 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} \times 3.00 / 2.00$

= 304.895 + 20.535 x 3.00 / 2.00 = 335.697 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (257.777 x 3.000 + 64.444 x 0.200) / 3.000

= 262.073 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} \times 3.00 / 2.00$

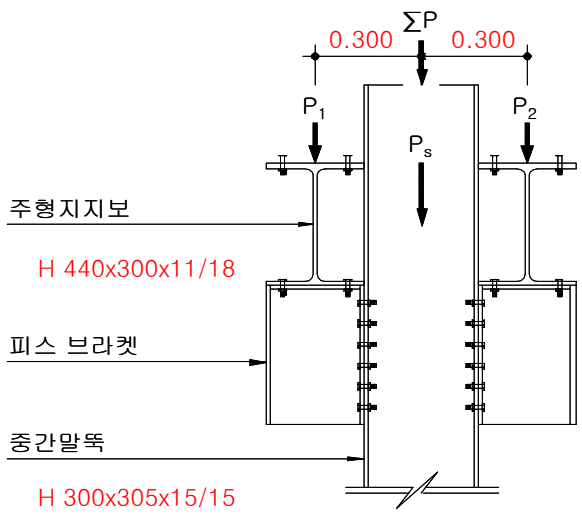
= 262.073 + 20.535 x 3.00 / 2.00 = 292.875 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_1 + P_2 + P_s$

= 335.697 + 292.875 + 49.350 = 677.923 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 677.923 x 1000 / 13480 = 50.291 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 100.709 x 1000000 / 1440000 = 69.937 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 335.697 x 0.300 = 100.709 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.031

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (120.228 − −19.646) / 120.228

= 1.163

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 50.291 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 69.937 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{50.291}{137.022} + \frac{69.937}{159.234 \times (1 - (50.291 / 857.304))}$$

$$= 0.834 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 50.291 + \frac{69.937}{1 - (50.291 / 857.304)}$$

$$= 124.586 < f_{cal} = 213.750 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.834 , 0.583)

= 0.834 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 677.92 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	32	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	10.500	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 32 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 172.812 tonf

= 1694.71 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1694.71 / 2.0

= 847.353 kN

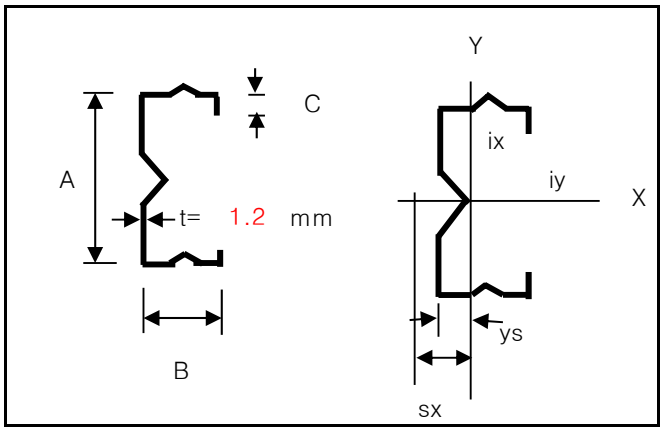
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

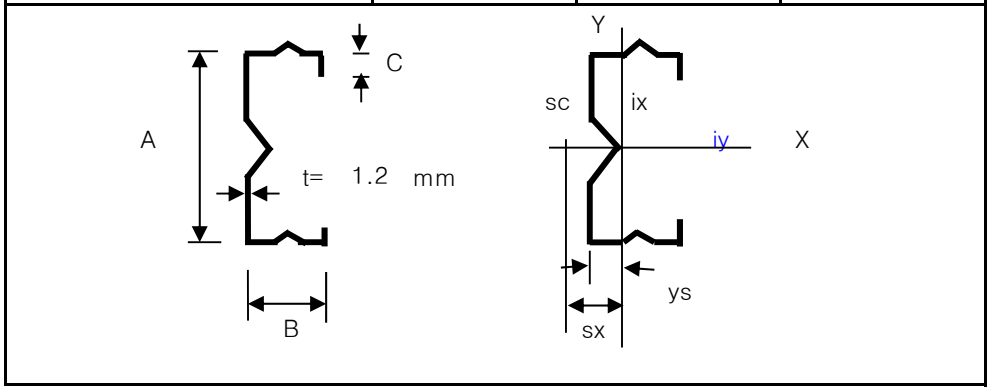
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 8.40m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

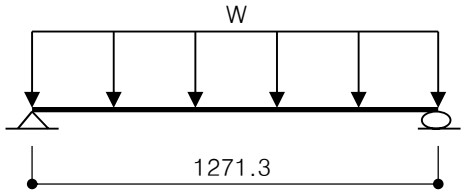
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0658 MPa ---> (CS7 : 굴착 8.338 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 65.8 kN/m^2 x 0.2000 m = 13.2 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 13.2 x 1.27^2 / 8 = 2.7 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 13.2 x 1.27 / 2 = 8.4 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2657436 / 27,100 = 98.06 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2657436 / 27,980 = 94.98 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 8362 / 234 = 35.73 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 98.06 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 94.98 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 35.73 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 8.338 m, 전모델높이 = 27 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.00	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(자갈)	11.60	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
3	풍화토	27.00	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	14.8	1.5

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	7.5	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.1	3	7.5	50	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.5	3	7.5	100	1

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 8.338 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.60	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.00	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.34	-	-	-	-	-	-	X	X
8	8.34	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.38	1.5	-4.93	4.4	0.63	0.0	-14.07	2.7
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.38	1.5	-4.93	4.4	0.63	0.0	-14.07	2.7
CS3 : 굴착 3.6 m	3.60	22.14	4.0	-27.14	0.6	26.04	2.4	-12.35	6.0
CS4 : 생성 Strut-2	3.60	14.29	3.1	-20.77	0.6	15.37	2.0	-9.06	5.5
CS5 : 굴착 6 m	6.00	30.99	3.1	-61.10	3.1	35.42	5.5	-36.36	3.1
CS6 : 생성 Strut-3	6.00	23.83	3.1	-42.22	3.1	16.28	4.8	-18.12	3.1
CS7 : 굴착 8.338 m	8.34	49.47	5.5	-114.45	5.5	68.58	7.9	-65.49	5.5
CS8 : Peck	8.34	42.74	5.5	-95.73	5.5	53.62	7.9	-47.28	5.5
TOTAL		49.47	5.5	-114.45	5.5	68.58	7.9	-65.49	5.5

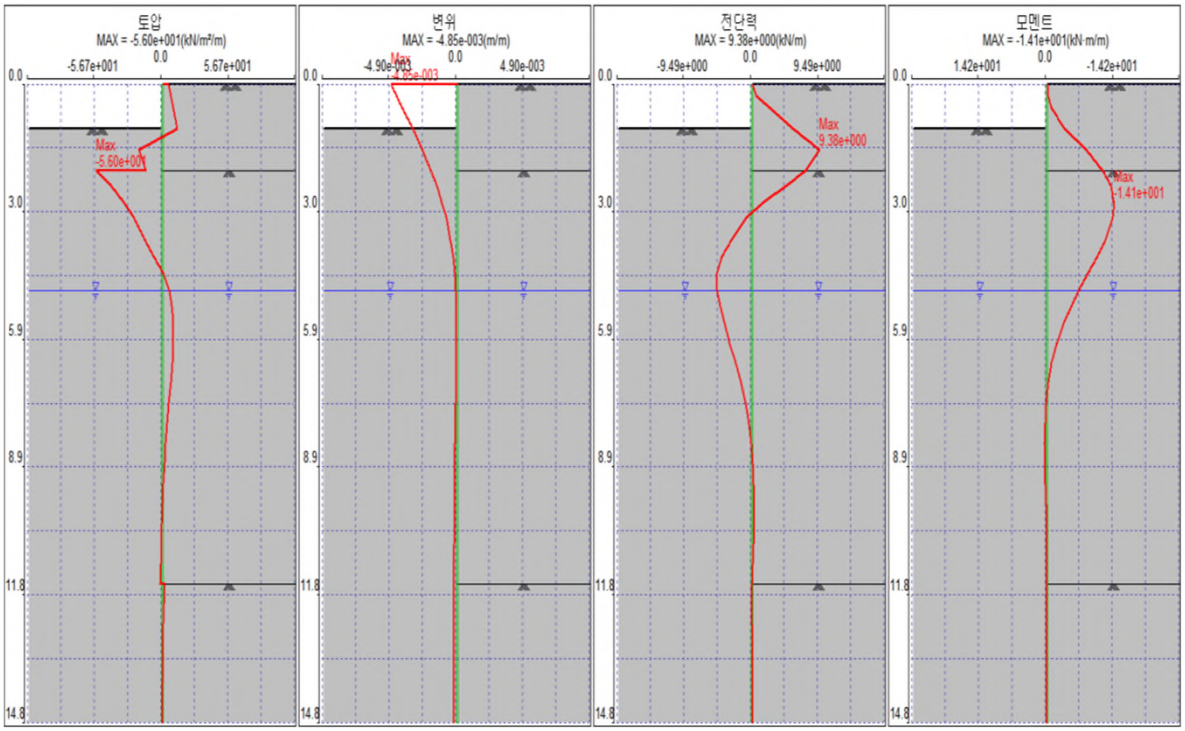
13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

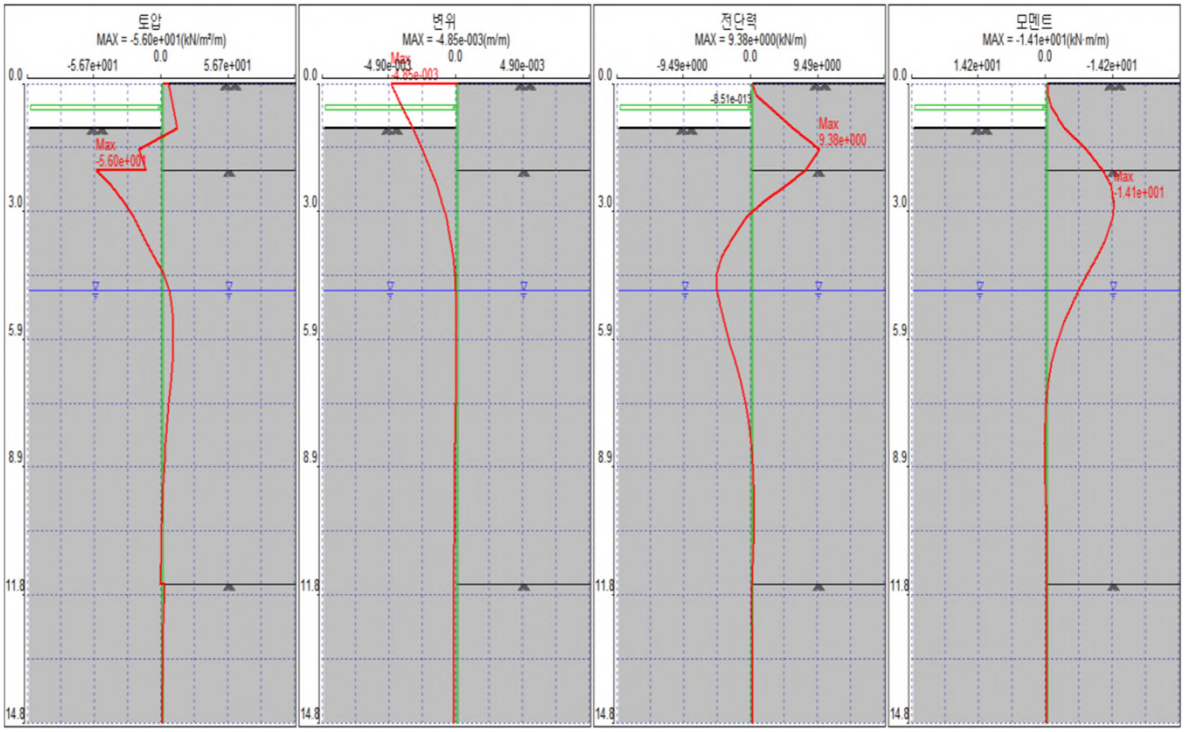
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3		
		0.55 (m)	3.1 (m)	5.5 (m)		
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-		
CS3 : 굴착 3.6 m	3.60	29.62	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	3.60	23.24	16.65	-		
CS5 : 굴착 6 m	6.00	6.57	92.09	-		
CS6 : 생성 Strut-3	6.00	13.71	66.05	33.33		
CS7 : 굴착 8.338 m	8.34	15.13	32.54	163.92		
CS8 : Peck	8.34	50.87	68.66	138.47		
TOTAL		50.87	92.09	163.92		

13.2 시공단계별 단면력도

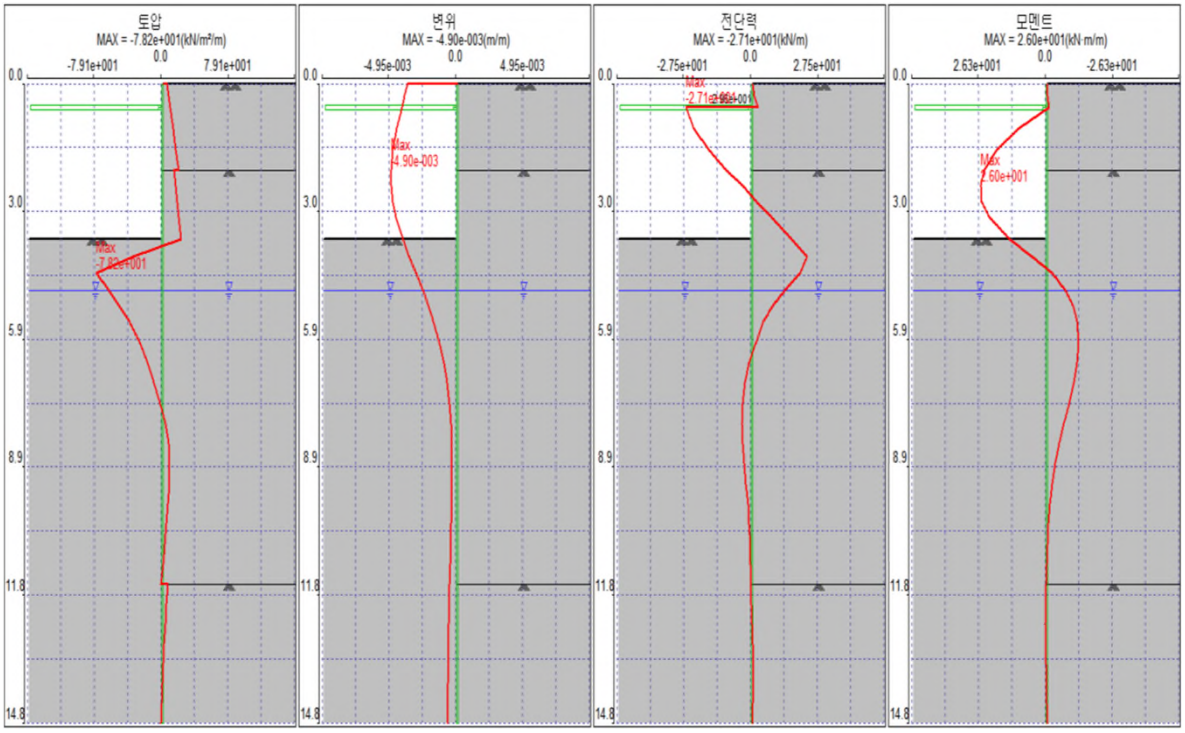
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



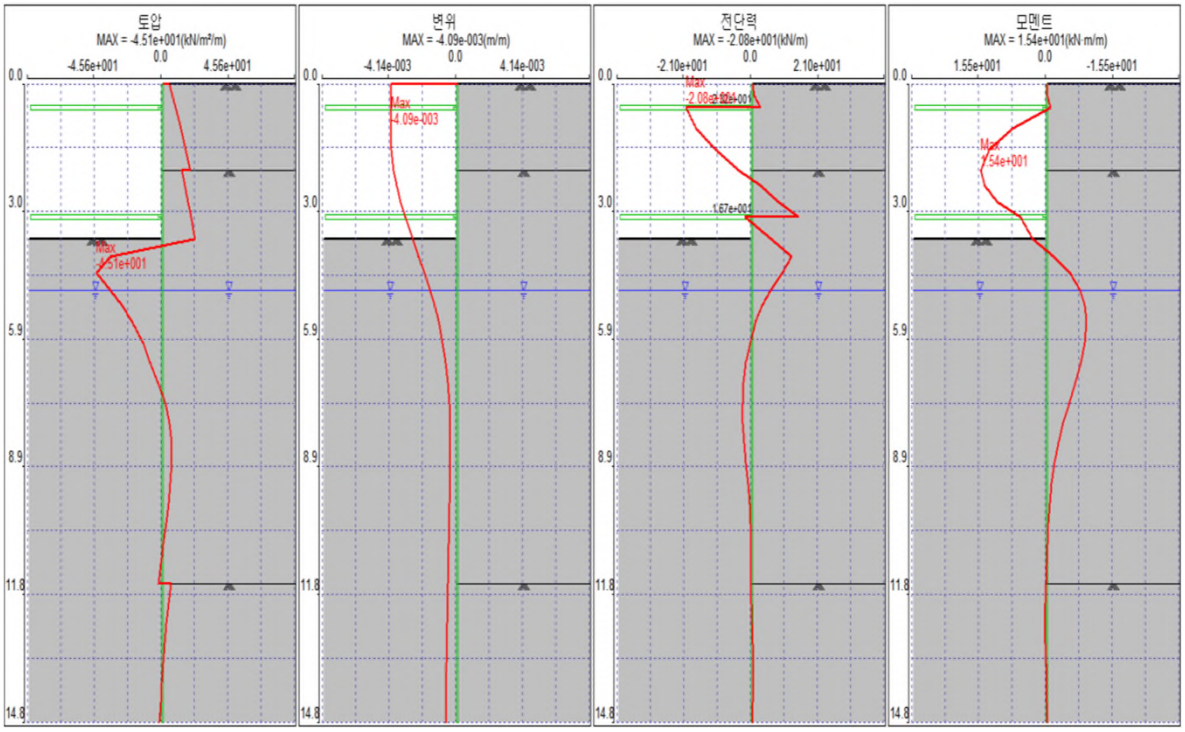
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



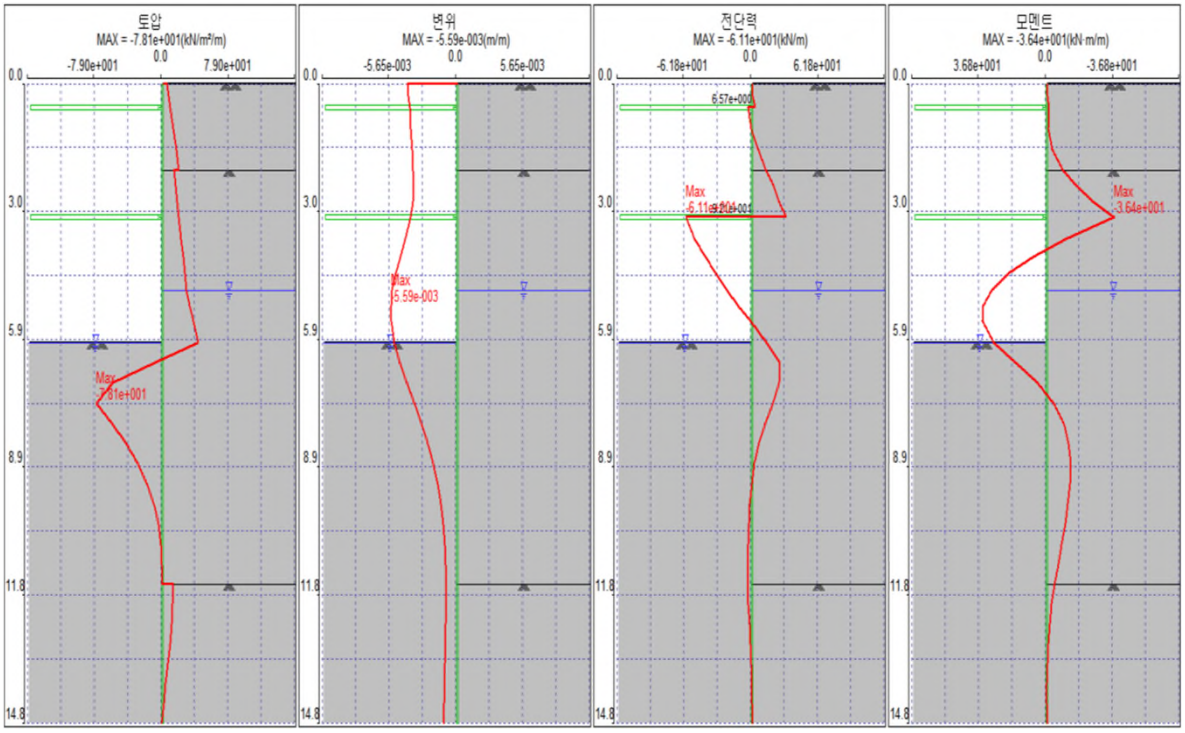
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.6 m]



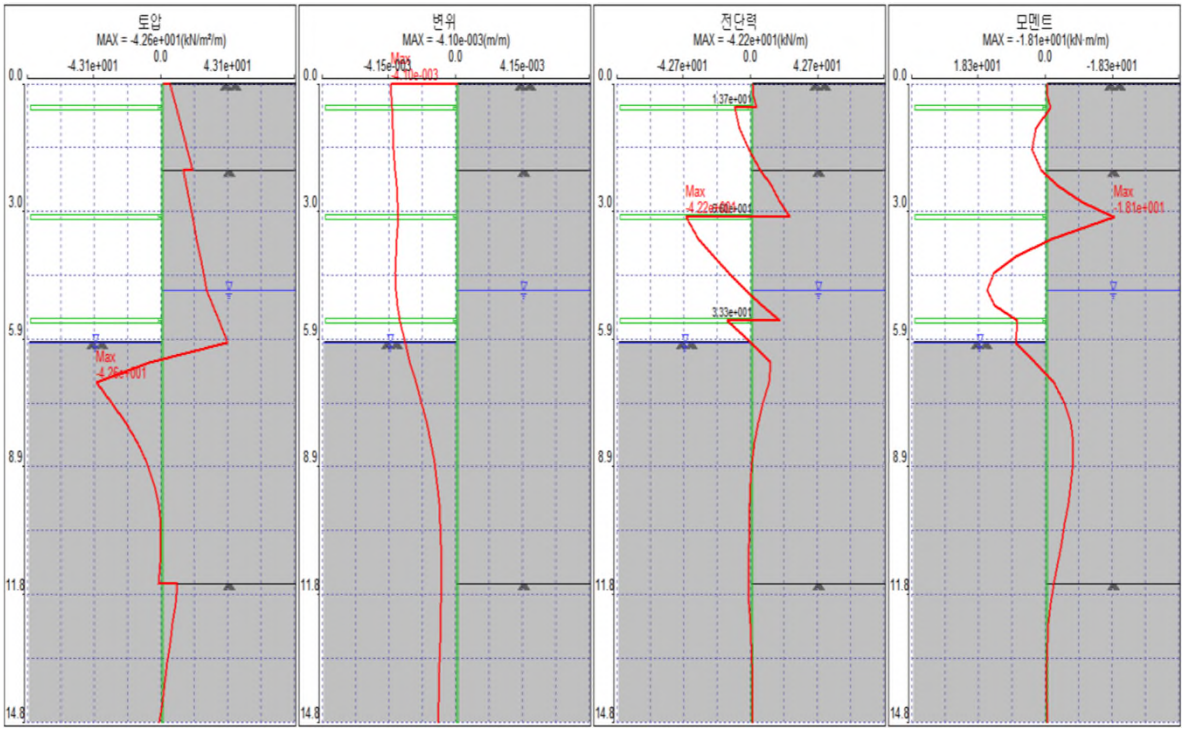
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



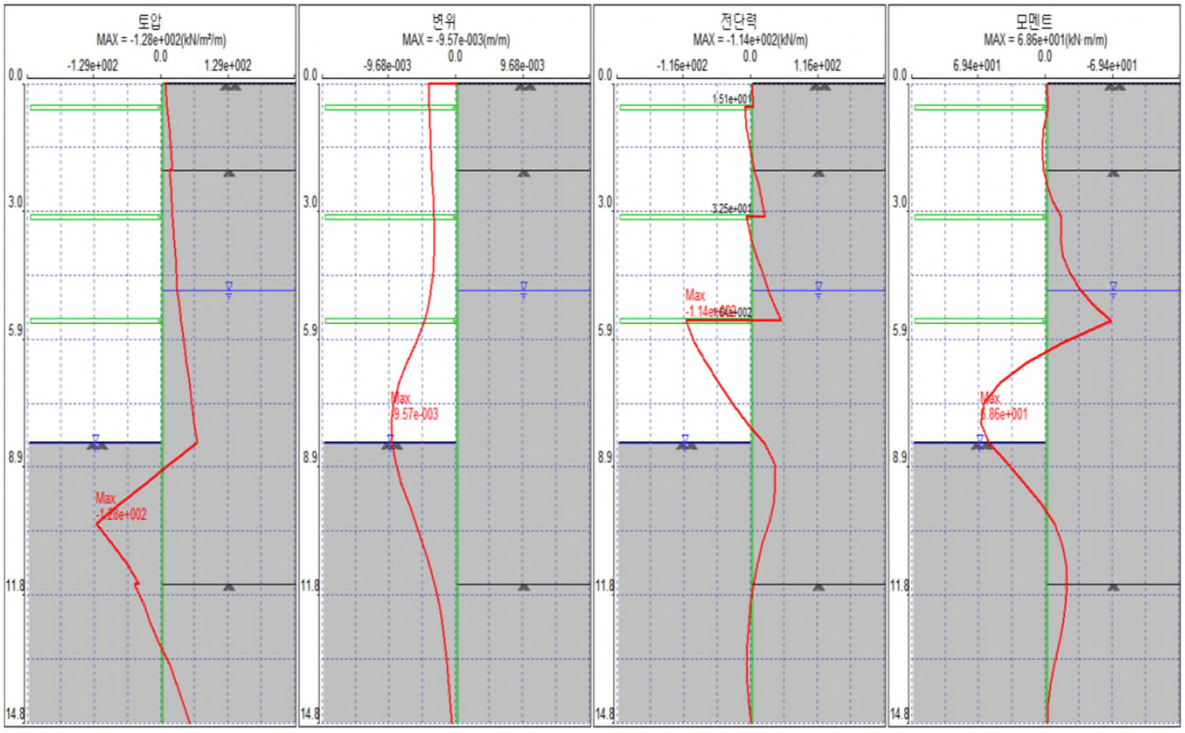
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6 m]



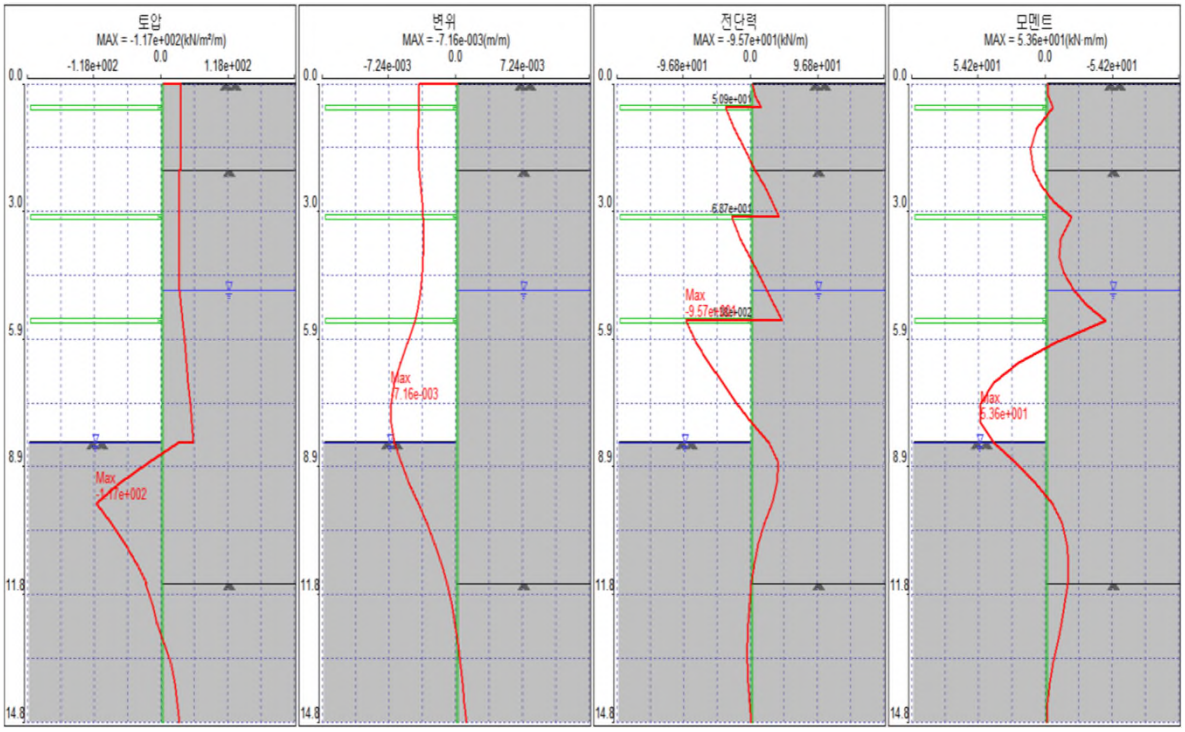
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



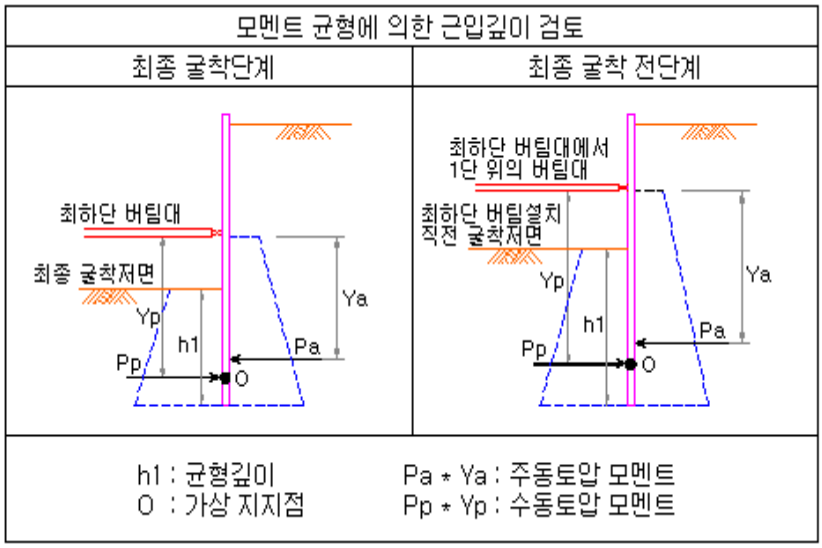
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.338 m]



8) 시공 8 단계 [CS8 : Peck]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.241	6.462	933.549	5474.541	5.864	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.085	8.800	2024.323	11733.163	5.796	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.5 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 191.316 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.524 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 97.733 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.568 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (191.316 x 1.524) + (97.733 x 6.568) = 933.549 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 766.165 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.145 m

Mp = (Pp x Yp) = (766.165 x 7.145) = 5474.541 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 5474.541 / 933.549 = 5.864

S.F. = 5.864 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.1 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 123.685 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.634 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 227.182 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 8.021 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (123.685 x 1.634) + (227.182 x 8.021) = 2024.323 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

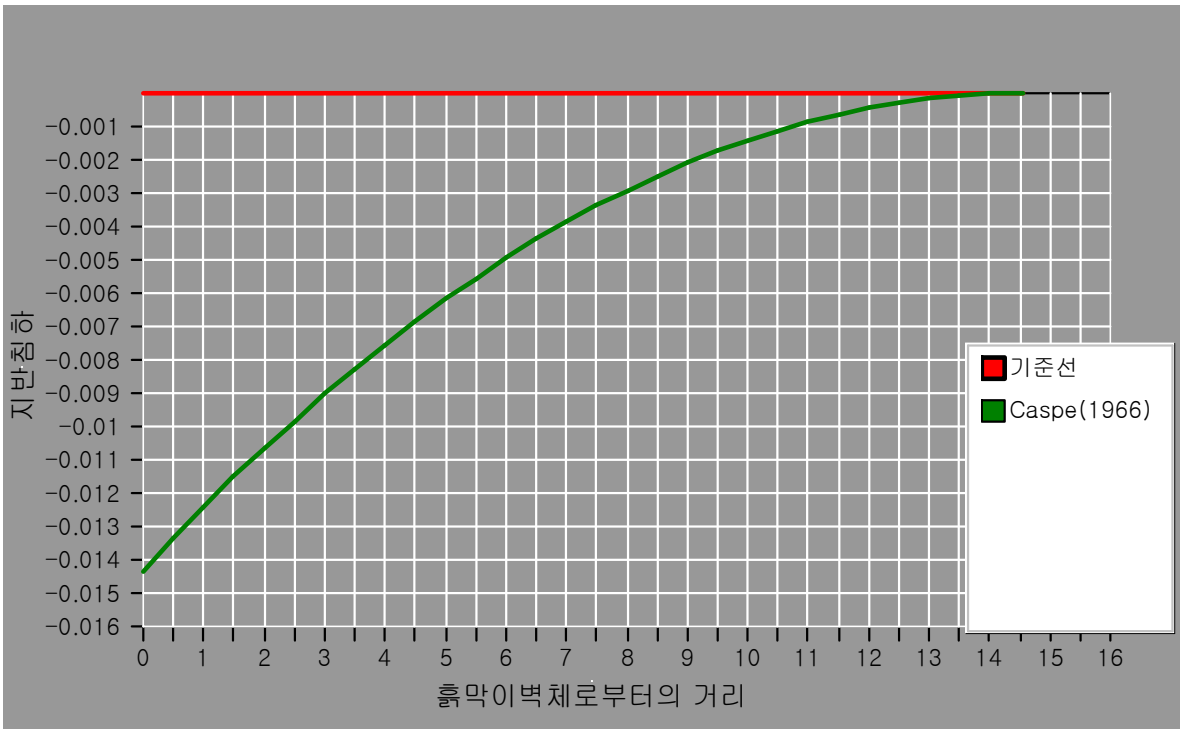
굴착면 하부토압 (Pp) = 1343.346 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.734 m
Mp = (Pp x Yp) = (1343.346 x 8.734) = 11733.163 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11733.163 / 2024.323 = 5.796
S.F. = 5.796 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.052 m³ /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 8.338 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.841 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 32.841/2) = 18.357 m

Ht = Hp + Hw = 18.357 + 8.338 = 26.695 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 26.695 x tan(45-32.841/2) = 14.542 m

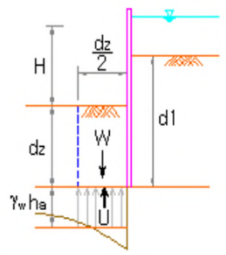
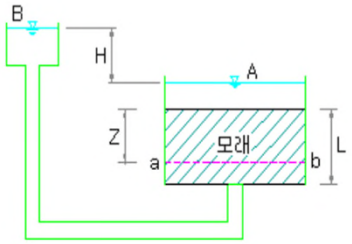
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.052 / 14.542 = -0.014 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.014 x ((14.542 - Xi) / 14.542)^2

13.5 보일링 검토 (최종 굴착단계)

Terzaghi 방법	한계동수경사 방법
	
U : 과잉수압 ha : 보일링의 평균과잉 수두 W : 흙의 중량	H : A, B 면의 수위차 i : 동수경사 (H/L) L : 모래층 두께(유선길이) ic : 한계경사 (γ'/γw)

구분	Terzaghi 해석법			한계동수구배 검토법			적용 안전율	판정
	과잉수압 (kN/m)	흙의중량 (kN/m)	안전율	동수 구배	한계 구배	안전율		
최종 굴착 단계	18.339	61.414	3.349	0.374	2.000	5.349	2.000	OK

13.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 7 x 1.769 x 2.962 / 2 = 18.339

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 14 x 2.962^2 / 2 = 61.414

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 61.414 / 18.339 = 3.349

S.F. = 3.349 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

13.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 3.538 / 9.462 = 0.374

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 14 / 7 = 2

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 2 / 0.374 = 5.349

S.F. = 5.349 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

3-1.8 TYPE-08

(STA.0+509.5~0+539.5)

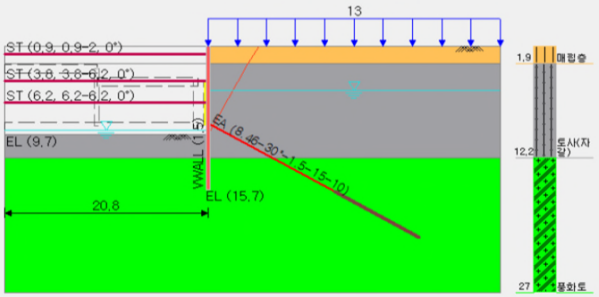
GeoX 구조계산서

TYPE-8 벽체1단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Earth Anchor 설계 (Strut-3)
8.까치발 설계
8.1 Strut
9.띠장 설계
9.1 Strut-1 띠장 설계
9.2 Strut-2 띠장 설계
9.3 Strut-3 띠장 설계
10.측면말뚝 설계
10.1 흙막이벽(우)
11.중간말뚝 설계
12. 흙막이 벽체 설계
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.70m)
13.전산 입력 정보
14.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9-2, 0°)
ST (3.6, 3.6-6.2, 0°)
ST (6.2, 6.2-6.2, 0°)
EL (9.7)
VWALL (15)
EA (8.46-30°-1.5-15-10)
EL (15.7)
20.8
1.9
매립층
12.2
풍화토
27

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	89.879	156.609	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.218	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 2P 406.4x9	3.80	휨응력	16.097	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	47.511	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.668	88.910	O.K		
Strut-2 2P 406.4x9	6.20	휨응력	16.097	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	51.602	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.668	88.910	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Strut-3 Strand12.7x4EA	8.46	O.K	O.K	O.K

2.5 까치발

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut H 300x305x15/15	0.90	휨응력	1.653	152.461	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	11.372	149.860	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	1.205	90.000	O.K		

2.6 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 2H 300x305x15/15	3.80	휨응력	108.025	131.811	O.K	
		전단응력	36.580	90.000	O.K	
Strut-2 2H 300x305x15/15	6.20	휨응력	118.504	131.811	O.K	
		전단응력	40.128	90.000	O.K	
Strut-3 2H 250x250x9/14	8.46	휨응력	45.697	153.578	O.K	
		전단응력	52.879	90.000	O.K	

2.7 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	91.265	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.397	179.381	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	47.827	123.750	O.K	지지력	O.K

2.8 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	70.665	152.023	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.787	127.027	O.K	지지력	O.K

2.9 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 9.70	휨응력	133.373	303.750	O.K		
		압축응력	129.178	281.667	O.K		
		전단응력	48.602	174.375	O.K		

2.10 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS17 : 해체 Strut-1	17.027	29.100	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut - P 406.4x9 수평간격 : 6.20 m

P 406.4x9 수평간격 : 6.20 m

Earth Anchor - Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.50 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	6.20m	
까치발	H 300x305x15/15(SS400)	1.38m	45.0°
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

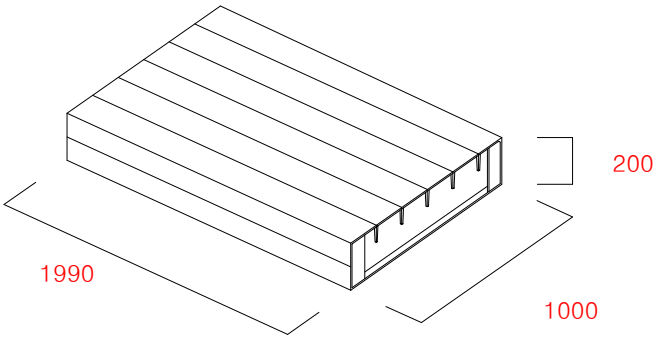
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

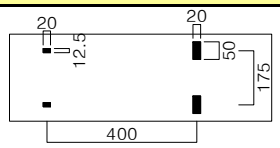
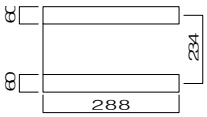
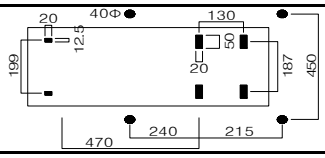
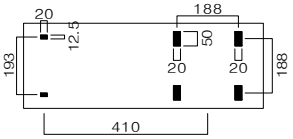
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

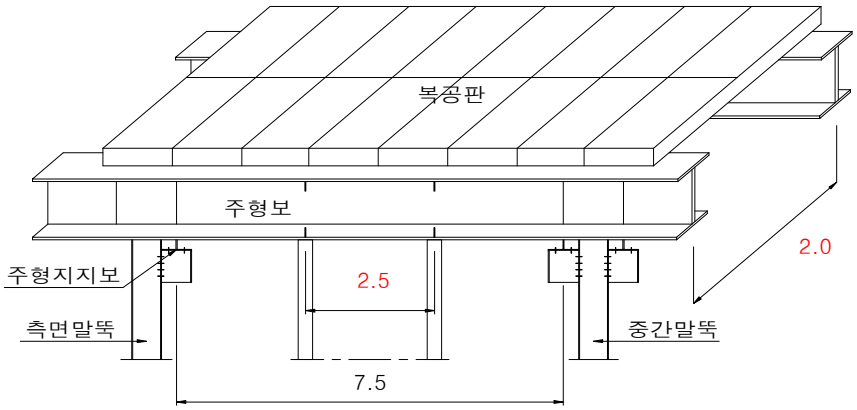
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

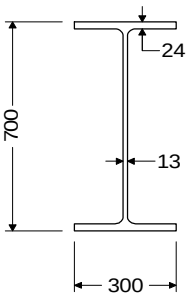
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.500 \times 7.500 / 8 = 39.023$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.500 / 2 = 20.813$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)$

$= 0.316 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

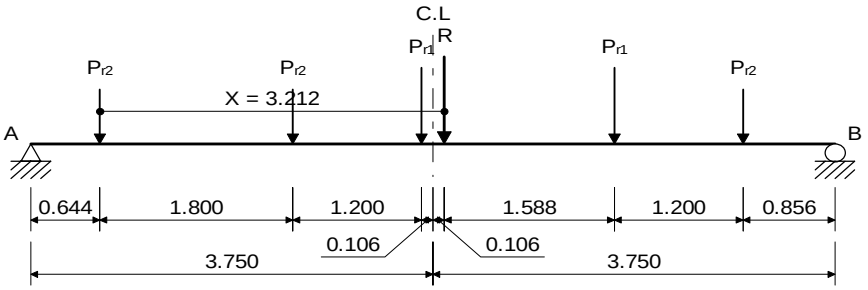
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)

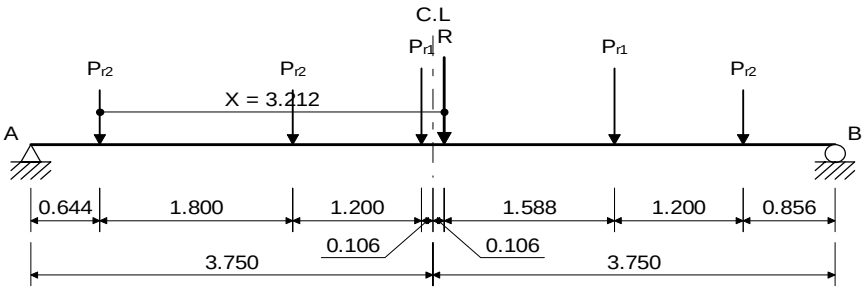


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

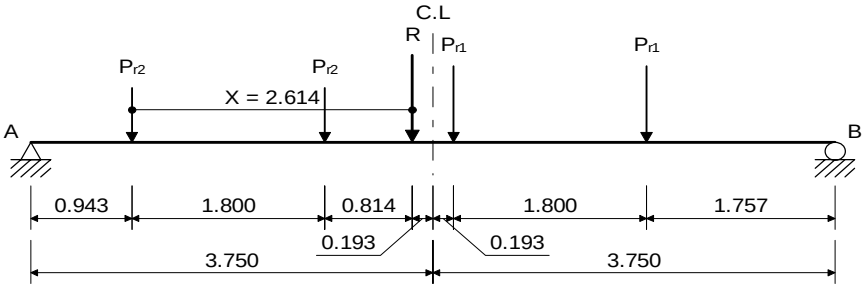
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L
= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500
= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② **2** 차선 재하시 (후륜하중)

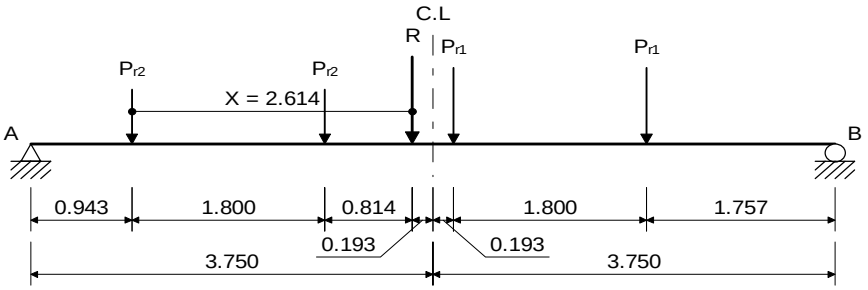


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

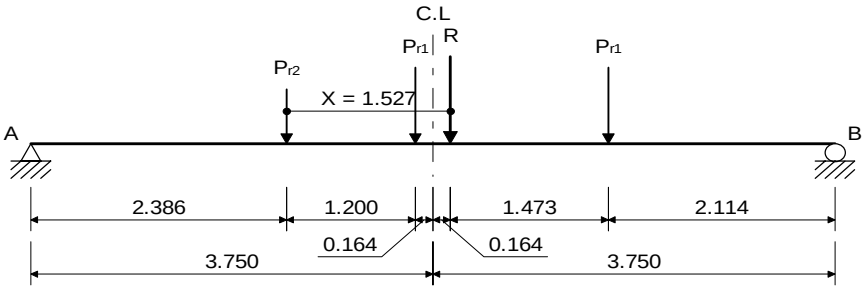
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

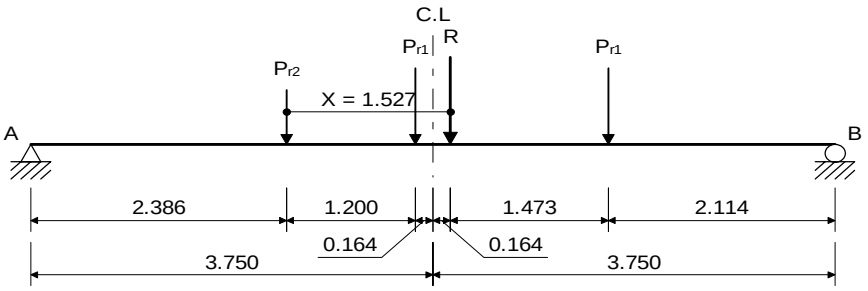


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

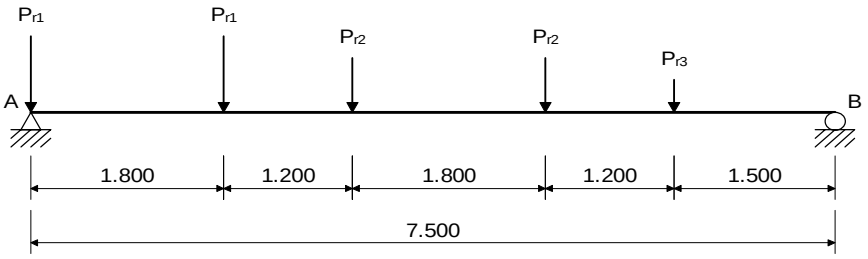


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x 1.00 = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 x 1000000 / 5760000.0 = 101.569 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.357 x 1000 / 8476 = 40.627 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 101.569 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.627 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 420.010 / (7.50 x 7.50) = 59.735 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 59.735 x 7500.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 5.830 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7500.0 / 400 , 25)

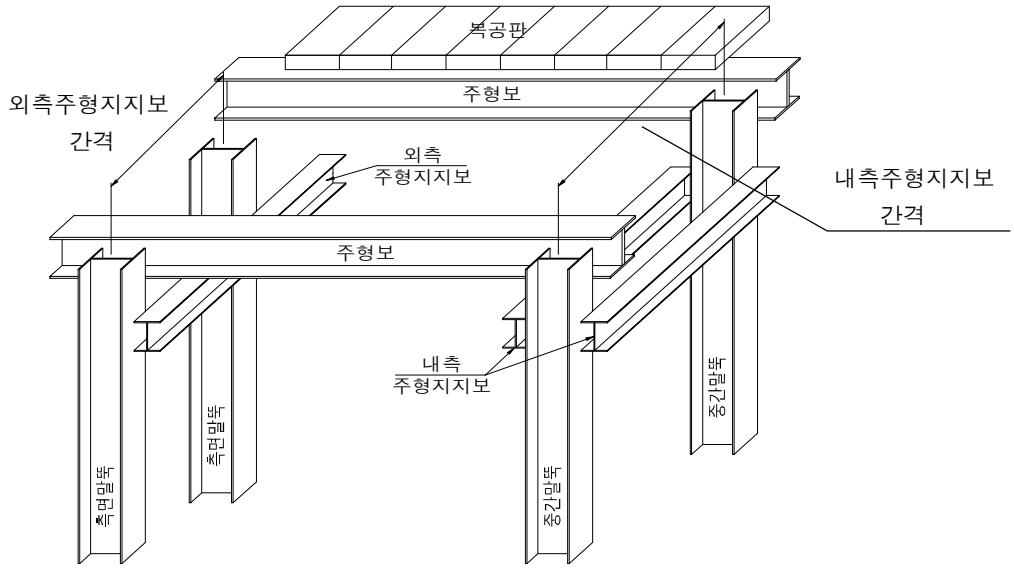
= 18.750 mm > δ_l = 5.830 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

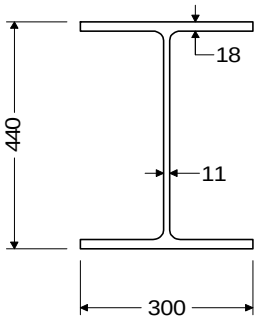
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

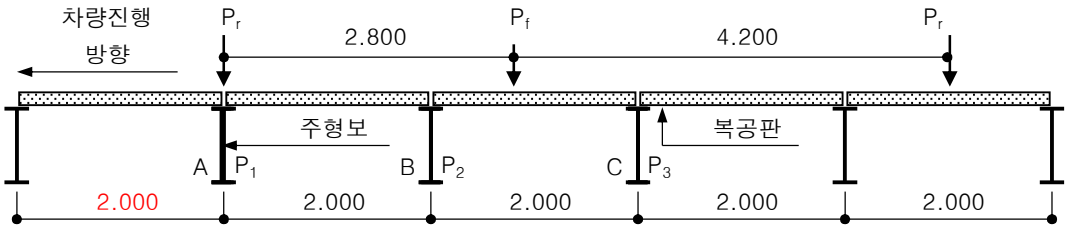


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

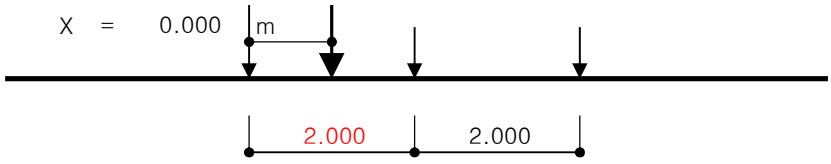
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



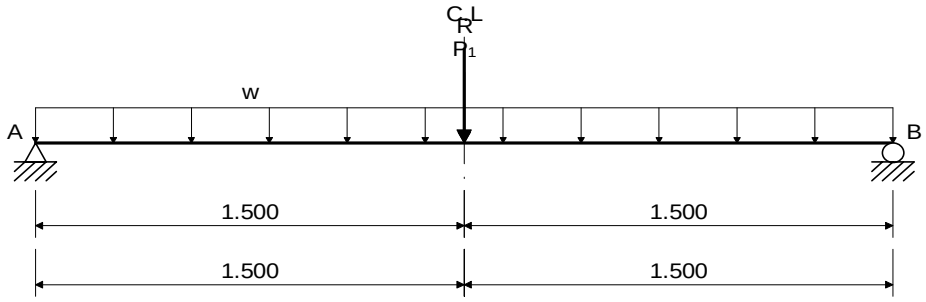


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 344.356$
$= 344.357$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 344.356$
$= 0.000$ m

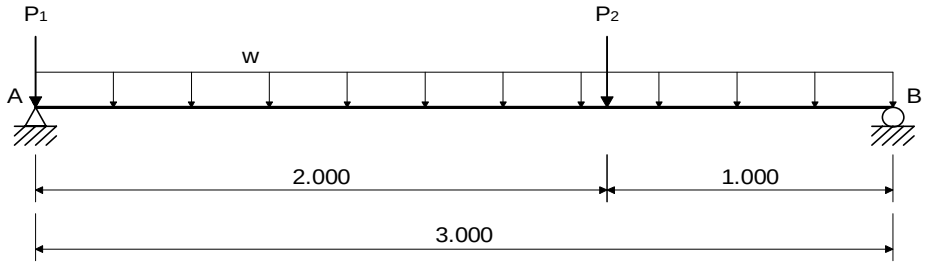
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (344.356 \times 1.500) / 3.000$
$= 172.178$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (172.178 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 259.631$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



$R_a = (P_1 \times 3.000 + P_2 \times 1.000) / L$
$= (344.356 \times 3.000 + 69.344 \times 1.000) / 3.000$
$= 367.471$ kN

$S_{max} = Ra + w \times L / 2$
$= 367.471 + 1.212 \times 3.00 / 2$
$= 369.289$ kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

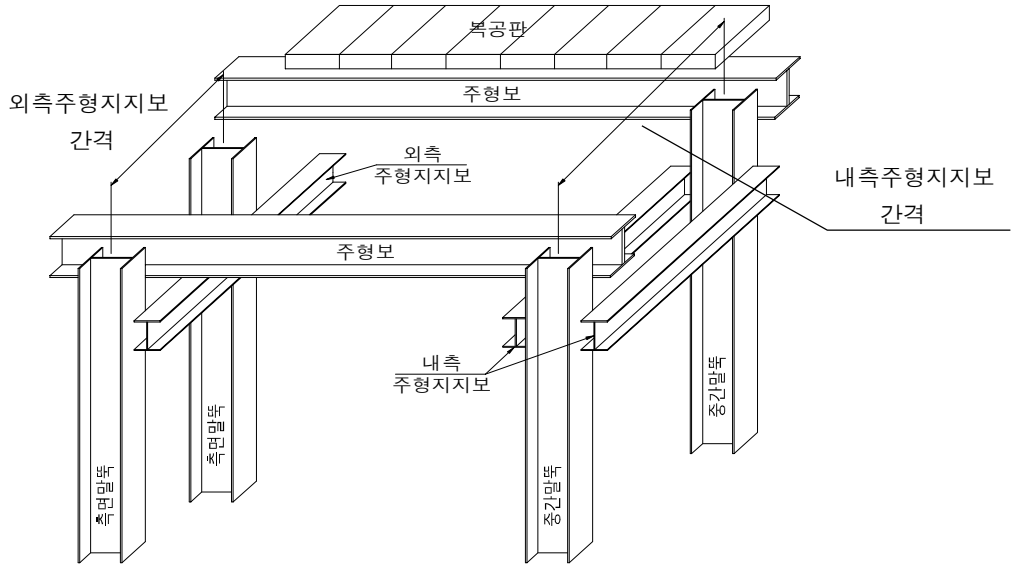
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

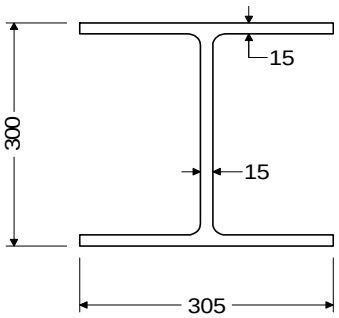
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.50 m

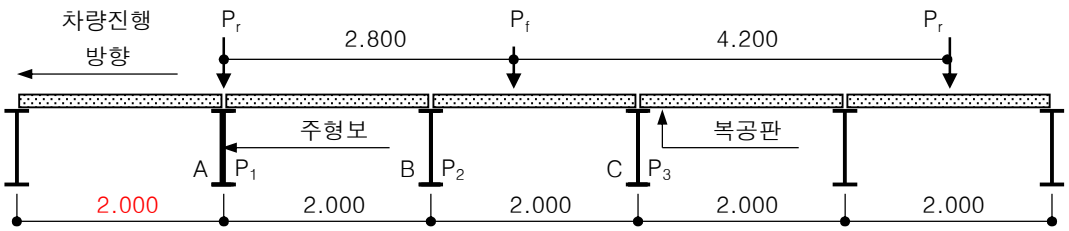


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



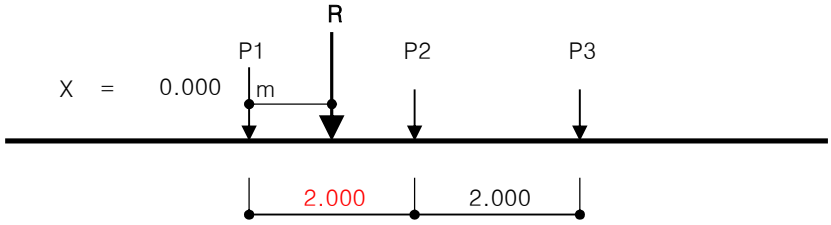
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

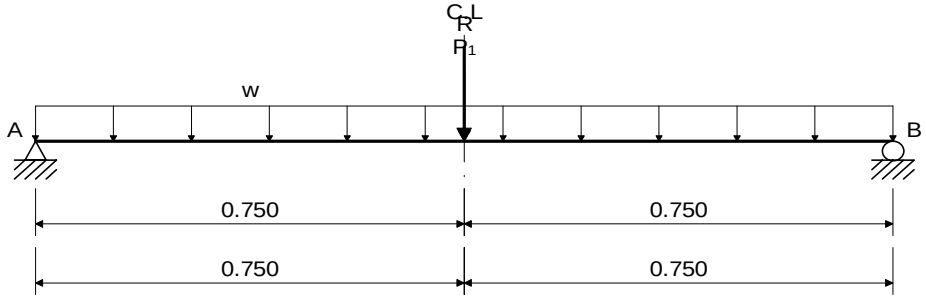


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

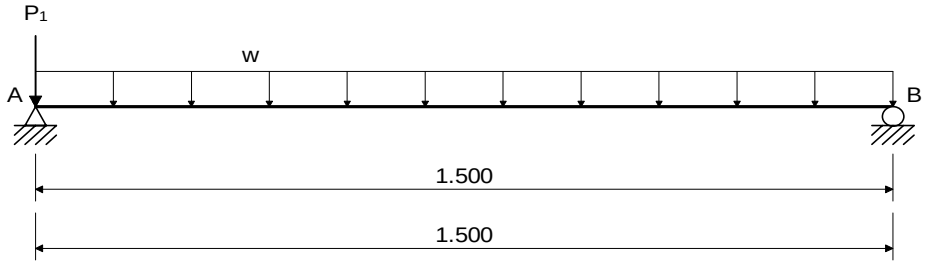
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.750) / L
= (344.356 x 0.750) / 1.500
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.750) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 0.750) + 1.038 x 1.50^2 / 8
= 129.426 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 1.500
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.50 / 2
= 345.135 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 129.426 x 1000000 / 1440000.0 = 89.879 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 345.135 x 1000 / 4050 = 85.218 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.879 + 89.879) / 89.879
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 305
= 4.918 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.918 − 4.6))
= 156.609 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 156.609 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.609 MPa > f_b = 89.879 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.218 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 345135 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

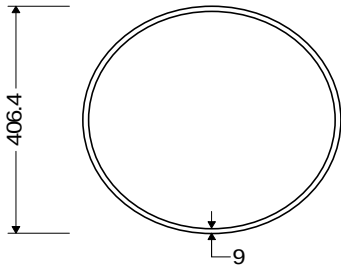
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 6.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 152.851 kN/m ---> Strut-1 (CS16 : 벽체1)
= 152.851 x 6.20 / 2 단
= 473.838 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 473.838 + 60.0 = 533.838 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 2 단
= 17.578 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 2 단
= 9.375 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 17.578 x 1000000 / 1092000.0 = 16.097 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 533.838 x 1000 / 11236.2 = 47.511 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.375 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.668 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.051 x 9)

= 21.490 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.051

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (63.608 − 31.413) / 63.608

= 0.506 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 47.511 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 16.097 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.668 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{47.511}{125.415} + \dfrac{16.097}{157.500 \times (1 - (47.511 / 473.766))}$

= 0.492 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 47.511 + \dfrac{16.097}{}$

$$= \frac{47.511}{1 - (47.511 / 473.766)}$$

$$= 65.402 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.492, 0.415)$$
$$= 0.492 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{63.608}{125.415} + \left\{ \frac{1.668}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.508 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

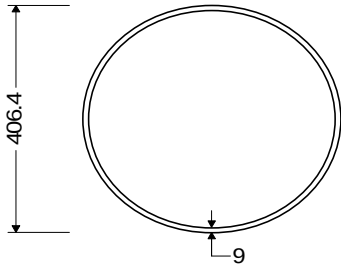
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 6.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 167.680 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 9.0m)
= 167.680 x 6.20 / 2 단
= 519.807 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 519.807 + 60.0 = 579.807 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 2 단
= 17.578 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 2 단
= 9.375 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 17.578 x 1000000 / 1092000.0 = 16.097 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 579.807 x 1000 / 11236.2 = 51.602 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.375 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.668 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.048 x 9)

= 21.553 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.048

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (67.699 − 35.504) / 67.699

= 0.476 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 51.602 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 16.097 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.668 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{51.602}{125.415} + \dfrac{16.097}{157.500 \times (1 - (51.602 / 473.766))}$

= 0.526 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 51.602 + \dfrac{16.097}{}$

$$= \frac{51.602}{1 - (51.602 / 473.766)}$$

$$= 69.666 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.526 , 0.442)

= 0.526 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{67.699}{125.415} + \left\{ \frac{1.668}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.540 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

7.3 Earth Anchor 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	105.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

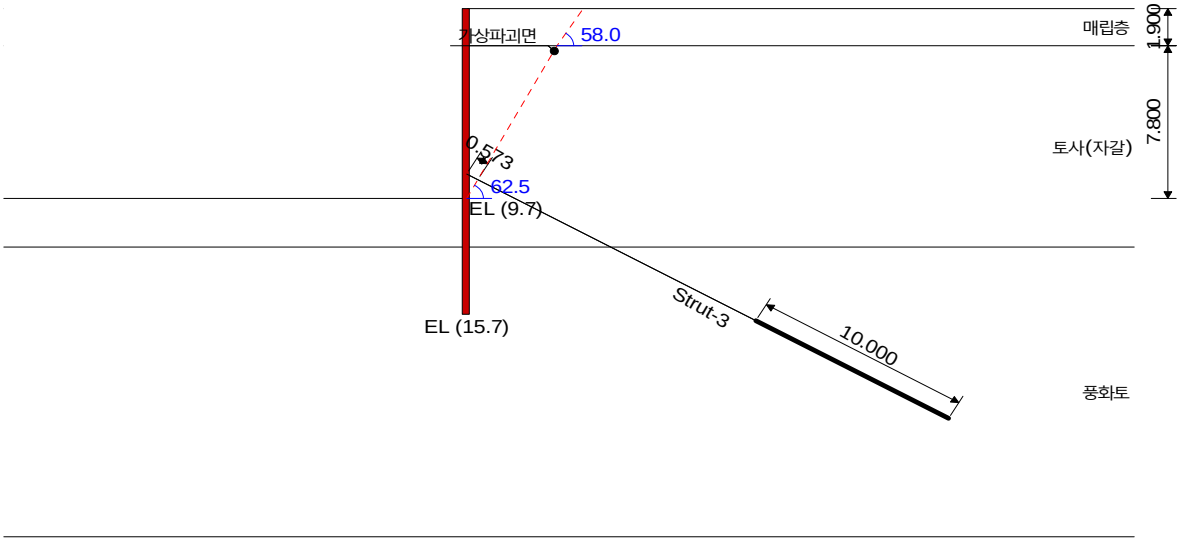
(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,
0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
Strut-3	8.460	0.573	1.500	15.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)

Strut-3	8.460	219.895	1.500	30	329.842

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
8.460	200000	3.0	98.71	4	15.5	15284.129

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
8.460	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
8.460	329.842	15.284	24.796	369.922

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
8.460	369.922	110.160	4	3.358	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)

N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
Strut-3	8.460	329.842	풍화토	2.50	105.000	320.000	7.812	329.842
합계		-	-	-	-	-	7.812	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,
T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
8.460	329.842	4.0	12.70	1000.0	2.067

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
8.460	7.812	2.067	10.0	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
8.460	15.000	1.500	10.000	26.500

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
8.460	369.922	15.5	200000	98.71	4	72.609

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
8.460	1.50	30.0	15.000	1.500	10.000	369.922

8.까치발 설계

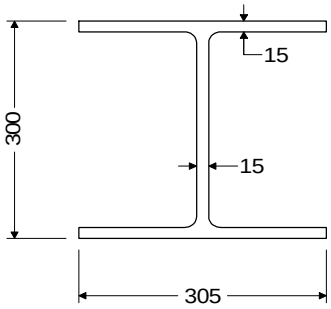
8.1 Strut

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 1.952 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480.000
I_x (mm^4)	215000000.000
Z_x (mm^3)	1440000.000
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



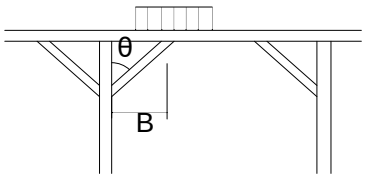
(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.000 m

(5) 까치발 설치위치(B) : 1.380 m

(6) 각도 (θ) : 45 도

(7) 축력분담폭 : 0.310 m



나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 75.948 kN/m ---> 주형보 (CS10 : Peck)
= 75.948 x 0.310 / 1 단
= 23.544 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 23.544 / cos 45 ° + 120.0
= 153.296 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 1.952 x 1.952 / 8
= 2.381 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 1.952 / 2 / 1 단
= 4.879 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 2.381 x 1000000 / 1440000.0 = 1.653 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 153.296 x 1000 / 13480 = 11.372 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 4.879 x 1000 / 4050 = 1.205 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.075

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (13.025 − 9.719) / 13.025

= 0.254

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 1951.61 / 126

15.489 ---> $Lx/Rx \le 18.6$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 157.500 MPa

L_y / R_y = 1951.61 / 72.6

26.882 ---> $18.6 < Ly/Ry \le 92.8$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (26.882 − 18.6))

= 149.860 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 149.860 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 149.860 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1951.61 / 305

= 6.399 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.399 − 4.6))

= 152.461 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.461 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (15.489)^2

= 5627.127 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 149.860 MPa > f_c = 11.372 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.461 MPa > f_b = 1.653 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 1.205 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{11.372}{149.860} + \frac{1.653}{152.461 \times (1 - (11.372 / 5627.127))}$$

$$= 0.087 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 11.372 + \frac{1.653}{1 - (11.372 / 5627.127)}$$

$$= 13.029 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.087 , 0.083)

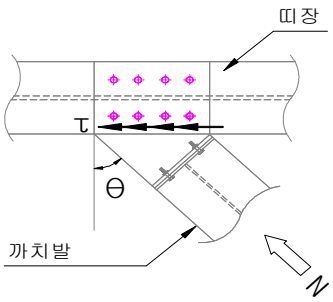
= 0.087 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 153.296 \times \sin 45°$

$= 108.397$ kN



$\tau = N * \sin\Theta$

▶ 사용볼트 : F8T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 100 = 112.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 108397 / (112.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 2.53$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 2.53 ea ---> O.K

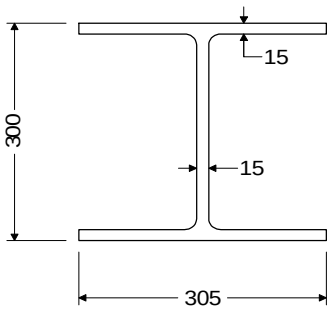
9.띠장 설계

9.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

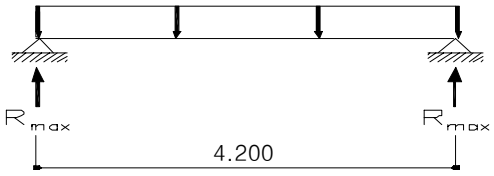
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 4.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 152.851 kN/m ---> Strut-1 (CS16 : 벽체1)

P = 152.851 × 6.20 m / 2 ea = 473.838 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 473.838 / (13 × 6.200)
= 70.547 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 70.547 × 4.200^2 / 8
= 155.555 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 70.547 × 4.200 / 2
= 148.148 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 155.555 x 1000000 / 1440000.0 = 108.025 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 148.148 x 1000 / 4050 = 36.580 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (108.025 + 108.025) / 108.025

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4200 / 305

= 13.770 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (13.770 − 4.6))

= 131.811 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 131.811 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 131.811 MPa > f_b = 108.025 MPa ---> O.K

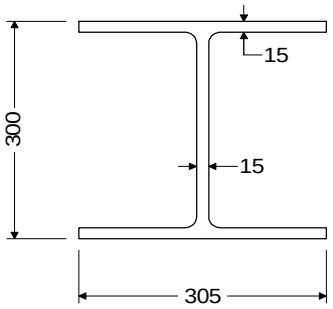
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 36.580 MPa ---> O.K

9.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

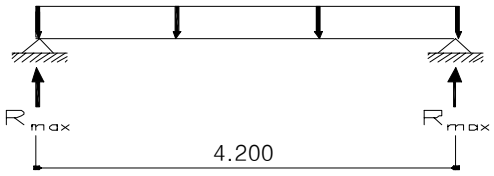
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 4.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 167.680 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 9.0m)

P = 167.680 × 6.20 m / 2 ea = 519.807 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 519.807 / (13 × 6.200)
= 77.391 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 77.391 × 4.200 ^{2} / 8
= 170.646 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 77.391 × 4.200 / 2
= 162.520 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 170.646 x 1000000 / 1440000.0 = 118.504 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 162.520 x 1000 / 4050 = 40.128 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (118.504 + 118.504) / 118.504$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 4200 / 305$

$= 13.770$ ---> $4.6 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (13.770 - 4.6))$

$= 131.811$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 131.811$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 131.811$ MPa > $f_b = 118.504$ MPa ---> O.K

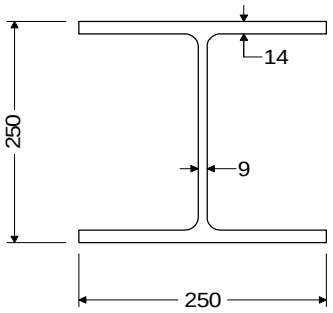
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 40.128$ MPa ---> O.K

9.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

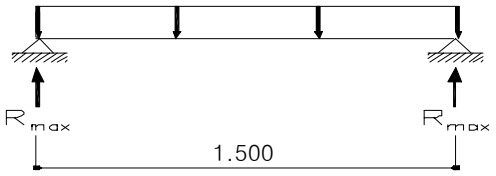
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



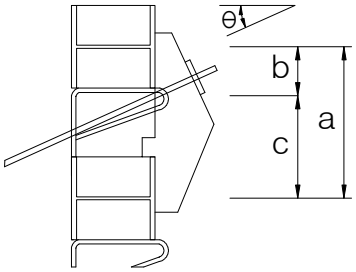
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 369.922 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 369.922 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 228.913 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 228.913 / (13 × 1.500)
= 140.870 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 140.870 × 1.500 ^{2} / 8
= 39.620 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 140.870 × 1.500 / 2
= 105.652 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 39.620 x 1000000 / 867000.0 = 45.697 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 105.652 x 1000 / 1998 = 52.879 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (45.697 + 45.697) / 45.697

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 45.697 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 52.879 MPa ---> O.K

10.측면말뚝 설계

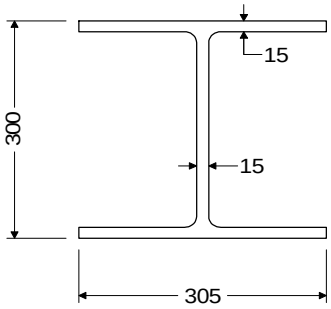
10.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.600	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	16.950	kN			
라. 버팀보 자중	=	13.200	kN			
마. 띠장 자중	=	7.500	kN			
바. 지보재 수직분력	=	109.906	kN	× 1.500	=	164.859 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
∑ P_s	=	598.466	kN			

최대모멘트, M_{max} = 87.614 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS15 : 해체 Strut-2)

최대전단력, S_{max} = 129.132 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 9.0m)

▶ Pmax = 598.466 kN

▶ Mmax = 87.614 × 1.500 = 131.421 kN·m

▶ Smax = 129.132 × 1.500 = 193.698 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 131.421 x 1000000 / 1440000.0 = 91.265 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 598.466 x 1000 / 13480 = 44.397 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 193.698 x 1000 / 4050 = 47.827 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 2.352

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (135.661 − −46.868) / 135.661

= 1.345

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 5000 / 126

39.683 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{ca} = $f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 179.381 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 179.381 MPa > f_c = 44.397 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 91.265 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 47.827 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{44.397}{179.381} + \dfrac{91.265}{159.234 \times (1 - (44.397 / 857.304))}$

= 0.852 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.397 + \frac{91.265}{1 - (44.397 / 857.304)}$$

$$= 140.646 < f_{cal} = 213.750 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.852 , 0.658)
= 0.852 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 17.0 mm ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 해체 Strut-1)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 9.700 x 1000 x 0.003 = 29.100 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> **O.K**

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 598.47 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 35
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 20
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 10
- L_s(모래층 중의 길이) = 6.000 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 5.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 35 x 0.0915 + 0.2 x 20 x 1.210 x 6.000
+ 0.5 x 10 x 1.210 x 5.000
= 139.353 tonf
= 1366.58 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1366.58 / 2.0
= 683.291 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

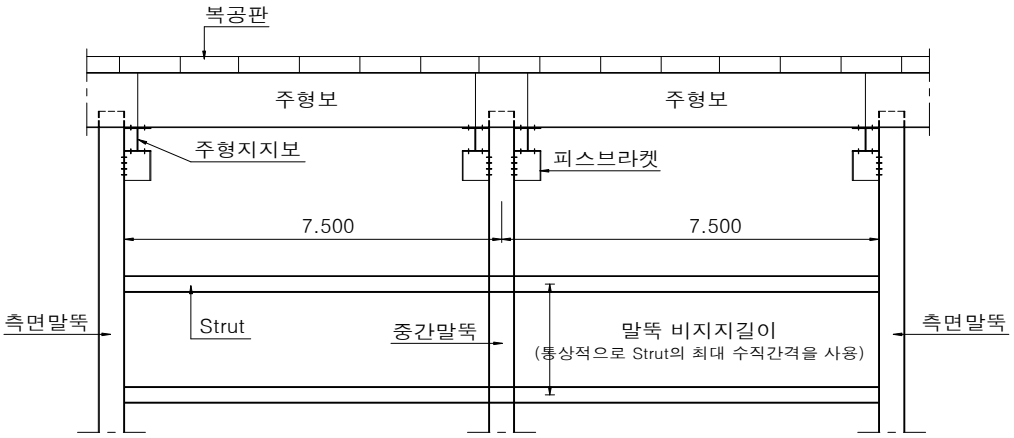
11.중간말뚝 설계

11.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 + 7.500 = 15.000 m

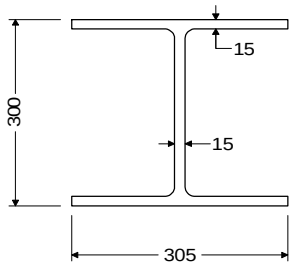
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



11.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 20.700 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 13.200 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 45.650 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

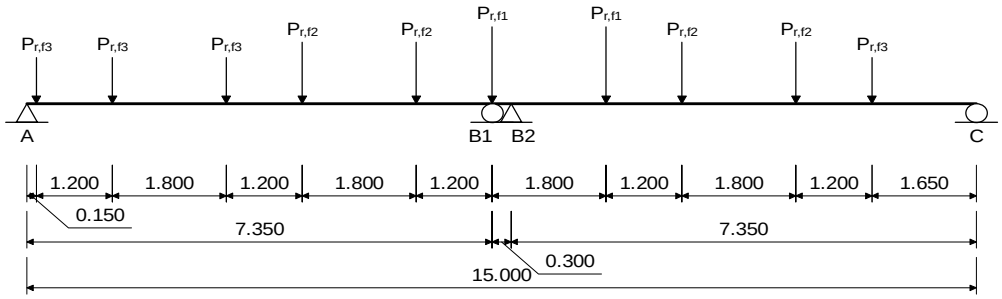
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350 + 70.200 x 0.150) / 7.350

= 302.927 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 70.200 x 1.650) / 7.350

= 210.600 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 302.927 x 1.00 = 302.927 kN

P_{r2} = 210.600 x 1.00 = 210.600 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350 + 17.550 x 0.150) / 7.350

= 75.732 kN

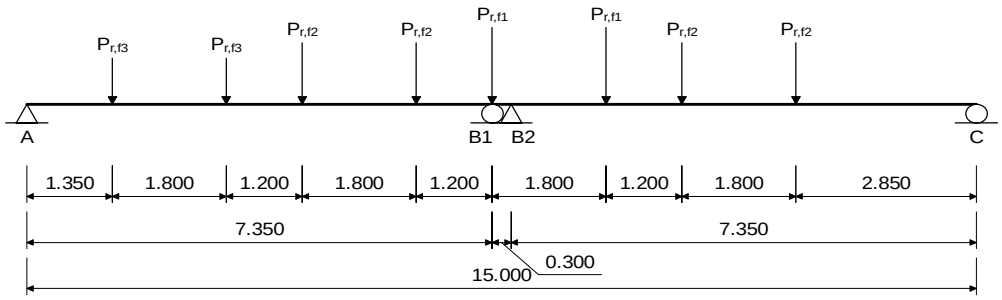
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 17.550 x 1.650) / 7.350

= 52.650 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.732 x 1.00 = 75.732 kN

P_{f2} = 52.650 x 1.00 = 52.650 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350) / 7.350

= 301.494 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 301.494 x 1.00 = 301.494 kN

P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350) / 7.350

= 75.373 kN

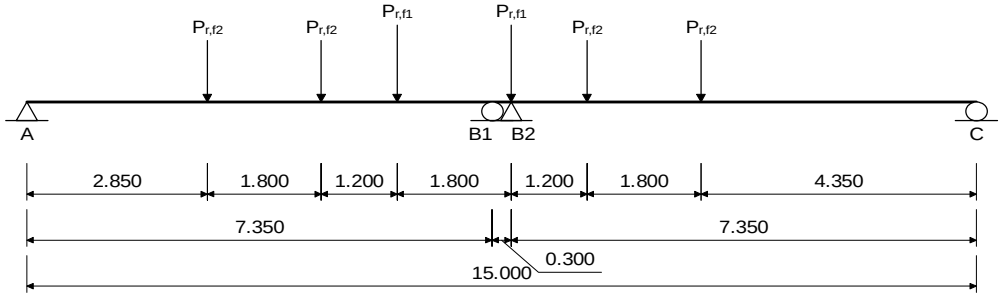
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.373 x 1.00 = 75.373 kN

P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350

= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

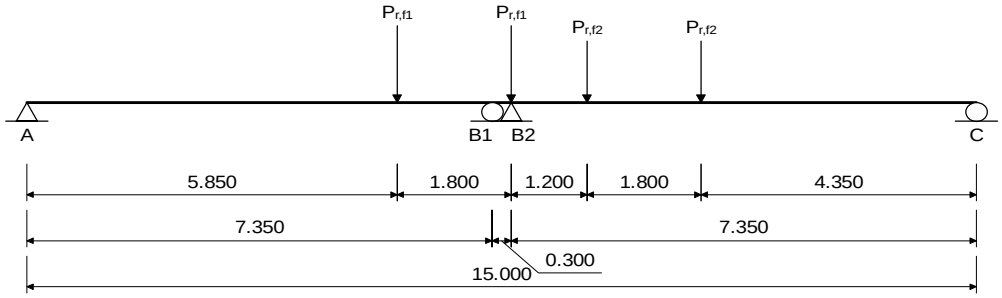
R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350

= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

④ **1.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850) / 7.350

= 99.331 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350

= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 99.331 x 1.00 = 99.331 kN

P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

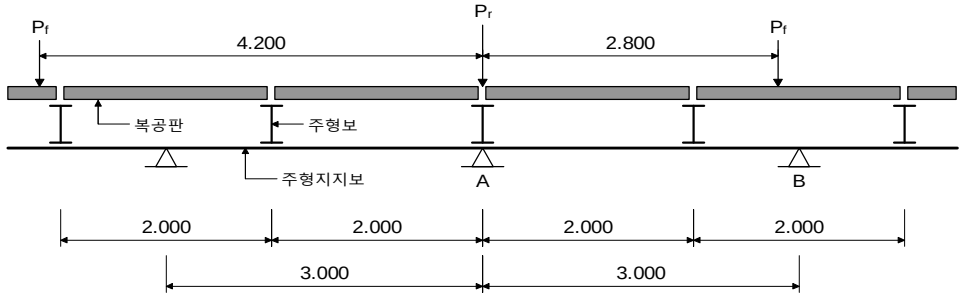
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850) / 7.350
= 24.833 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.833 x 1.00 = 24.833 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (302.927 x 3.000 + 75.732 x 0.200) / 3.000
= 307.975 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 307.975 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 339.194 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000
= 262.823 kN

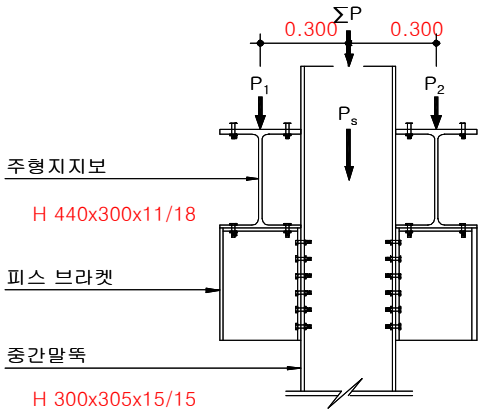
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s
= 339.194 + 294.042 + 45.650 = 678.886 kN

11.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑P / A = 226.295 x 1000 / 13480 = 16.787 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 101.758 x 1000000 / 1440000 = 70.665 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 339.194 x 0.300 = 101.758 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.908

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.453 − −53.878) / 87.453

= 1.616

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5500 / 126

43.651 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (43.651 − 16))

= 173.622 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 173.622 MPa

L_y / R_y = 5500 / 72.6

75.758 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (75.758 − 16))

= 127.027 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 127.027 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 127.027 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5500 / 305

= 18.033 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (18.033 − 4))

= 152.023 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.023 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (43.651)^2

= 708.516 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 127.027 MPa > f_c = 16.787 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.023 MPa > f_b = 70.665 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{16.787}{127.027} + \frac{70.665}{152.023 \times (1 - (16.787 / 708.516))}$

= 0.608 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 16.787 + \frac{70.665}{1 - (16.787 / 708.516)}$

= 89.168 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.608 , 0.417)

= 0.608 < 1.0 ---> O.K

11.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 226.30 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	35
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0
L_s(모래층 중의 길이)	=	7.300 m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000 m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915 m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210 m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 35 x 1.210 x 7.300

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 153.331 tonf

= 1503.66 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1503.66 / 2.0

= 751.832 kN

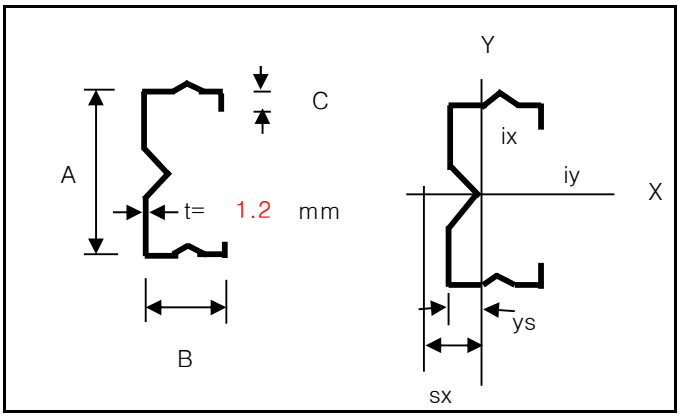
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

12. 흙막이 벽체 설계

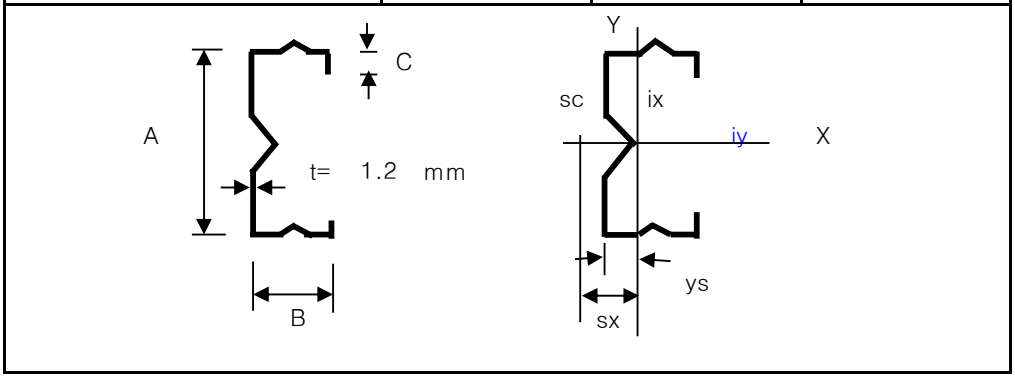
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.70m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

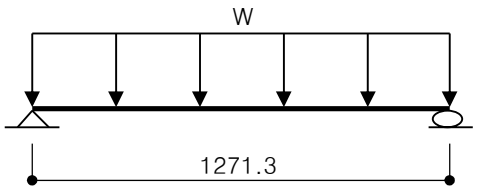
설계지간 (L) = 1500.0 − 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0895 MPa ---> (CS8 : 생성 EA-3:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 89.5 kN/m^2 x 0.2000 m = 17.9 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 17.9 x 1.27 ^{2}/ 8 = 3.6 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 17.9 x 1.27 / 2 = 11.4 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3614409 / 27,100 = 133.37 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3614409 / 27,980 = 129.18 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 11373 / 234 = 48.60 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 133.37 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 129.18 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 48.60 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

13. 탄소성 입력 데이터

13.1 해석종류 : 탄소성보법

13.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

13.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 20.8 m, 최대굴착깊이 = 9.7 m, 전모델높이 = 27 m

13.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.90	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(자갈)	12.20	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
3	풍화토	27.00	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00
4	뒤채움	-	19.00	20.00	15.00	25.00	30	37311.00	27500.00

13.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	15.7	1.5

13.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	7.5	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	3.8	6.2	20.8	200	2
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	6.2	6.2	20.8	250	2

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-3	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.46	1.5	30	15	320

13.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브3	2.45	0	9.4	C27	0.9	-
2	슬래브2	3.9	9.4	19.8	C27	0.9	-
3	벽체1	19.8	3.9	8.75	C27	1	뒤채움
4	벽체2	9.4	2.45	8.75	C27	0.45	-
5	슬래브1	8.75	0	19.8	C27	0.9	-

13.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

13.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 10 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.40	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	4.30	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	6.70	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	9.00	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	9.70	-	-	-	-	-	-	X	X
10	9.70	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
11	9.70		Strut-3	-	-	-	-	O	X
12	9.20	-	-	-	-	-	-	O	X
13	9.20	-	-	8.75	-	-	-	O	X
14	9.20	-	-	8.3	-	-	-	O	X
15	-		Strut-2	-	-	-	-	O	X
16	-	-	-	4.3	-	-	-	O	X
17	-		Strut-1	-	-	-	-	O	X
18	-	-	-	3.9	-	-	-	O	X
19	-	-	-	2.45	-	-	-	O	X

14. 해석 결과
14.1 전산 해석결과 집계

14.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.4m	1.40	13.95	1.9	-7.04	4.8	0.98	0.0	-20.16	2.9
CS2 : 생성 주형보	1.40	13.95	1.9	-7.04	4.8	0.98	0.0	-20.16	2.9
CS3 : 굴착 4.3m	4.30	28.11	4.8	-34.77	0.9	34.56	2.9	-17.05	6.7
CS4 : 생성 Strut-1	4.30	21.77	3.8	-23.36	0.9	13.67	2.5	-10.30	5.7
CS5 : 굴착 6.7m	6.70	35.08	3.8	-74.51	3.8	44.79	6.2	-42.75	3.8
CS6 : 생성 Strut-2	6.70	28.60	3.8	-52.31	3.8	18.37	5.3	-23.88	3.8
CS7 : 굴착 9.0m	9.00	47.23	9.7	-129.13	6.2	85.14	8.5	-55.02	6.2
CS8 : 생성 EA-3	9.00	101.76	8.5	-83.01	8.5	29.00	5.7	-65.55	8.5
CS9 : 굴착 9.7 m	9.70	90.70	8.5	-99.73	8.5	19.75	6.7	-53.84	8.5
CS10 : Peck	9.70	93.20	8.5	-91.57	8.5	27.19	5.7	-64.84	8.5
CS11 : 해체 EA-3	9.70	52.39	10.2	-114.19	6.2	82.78	8.8	-58.40	6.2
CS12 : 골재포설	9.20	43.48	9.7	-97.51	6.2	63.78	8.3	-37.62	6.2
CS13 : 슬래브1	9.20	43.48	9.7	-97.50	6.2	63.77	8.3	-37.62	6.2
CS14 : 벽체0	9.20	43.48	9.7	-97.50	6.2	63.77	8.3	-37.62	6.2
CS15 : 해체 Strut-2	9.20	50.54	3.8	-102.31	3.8	81.13	7.1	-87.61	3.8
CS16 : 벽체1	9.20	50.54	3.8	-102.31	3.8	81.13	7.1	-87.61	3.8
CS17 : 해체 Strut-1	9.20	33.45	8.3	-39.43	6.2	58.19	7.1	-32.40	11.7
CS18 : 슬래브2	9.20	33.46	8.3	-39.44	6.2	58.20	7.1	-32.44	11.7
CS19 : 슬래브3	9.20	33.46	8.3	-39.44	6.2	58.20	7.1	-32.44	11.7
TOTAL		101.76	8.5	-129.13	6.2	85.14	8.5	-87.61	3.8

14.1.2 지보재 반력 집계

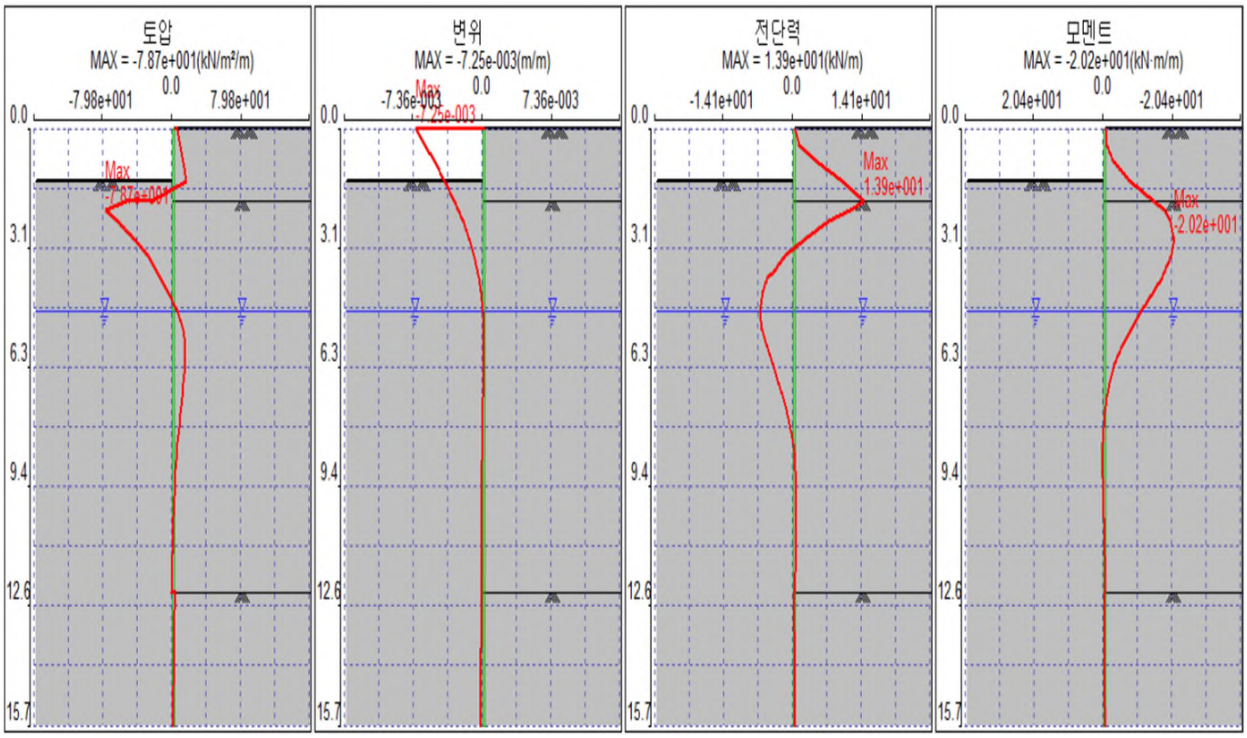
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	
		0.9 (m)	3.8 (m)	6.2 (m)	8.46 (m)	
CS1 : 굴착 1.4m	1.40	-	-	-	-	
CS2 : 생성 주형보	1.40	0.00	-	-	-	
CS3 : 굴착 4.3m	4.30	39.32	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-1	4.30	27.85	32.24	-	-	
CS5 : 굴착 6.7m	6.70	14.42	109.59	-	-	
CS6 : 생성 Strut-2	6.70	20.93	80.91	40.32	-	
CS7 : 굴착 9.0m	9.00	15.67	65.60	167.68	-	
CS8 : 생성 EA-3	9.00	20.63	87.17	40.60	213.35	
CS9 : 굴착 9.7 m	9.70	20.10	83.00	56.09	219.90	
CS10 : Peck	9.70	75.95	110.50	43.48	213.35	
CS11 : 해체 EA-3	9.70	16.56	61.35	152.66	-	

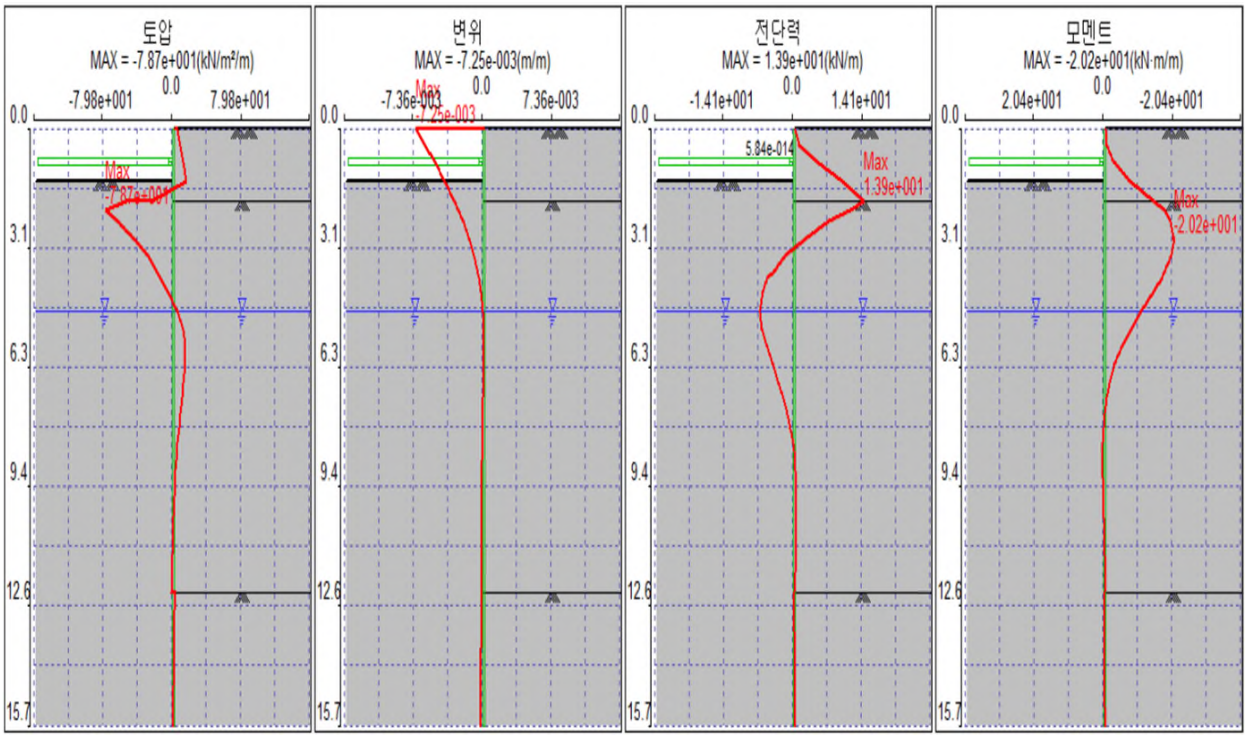
CS12 : 골재포설	9.20	17.39	68.13	128.33	-	
CS13 : 슬래브1	9.20	17.39	68.13	128.33	-	
CS14 : 벽체0	9.20	17.39	68.13	128.33	-	
CS15 : 해체 Strut-2	9.20	-1.04	152.85	-	-	
CS16 : 벽체1	9.20	-1.04	152.85	-	-	
CS17 : 해체 Strut-1	9.20	31.38	-	-	-	
CS18 : 슬래브2	9.20	31.38	-	-	-	
CS19 : 슬래브3	9.20	31.38	-	-	-	
TOTAL		75.95	152.85	167.68	219.90	

14.2 시공단계별 단면력도

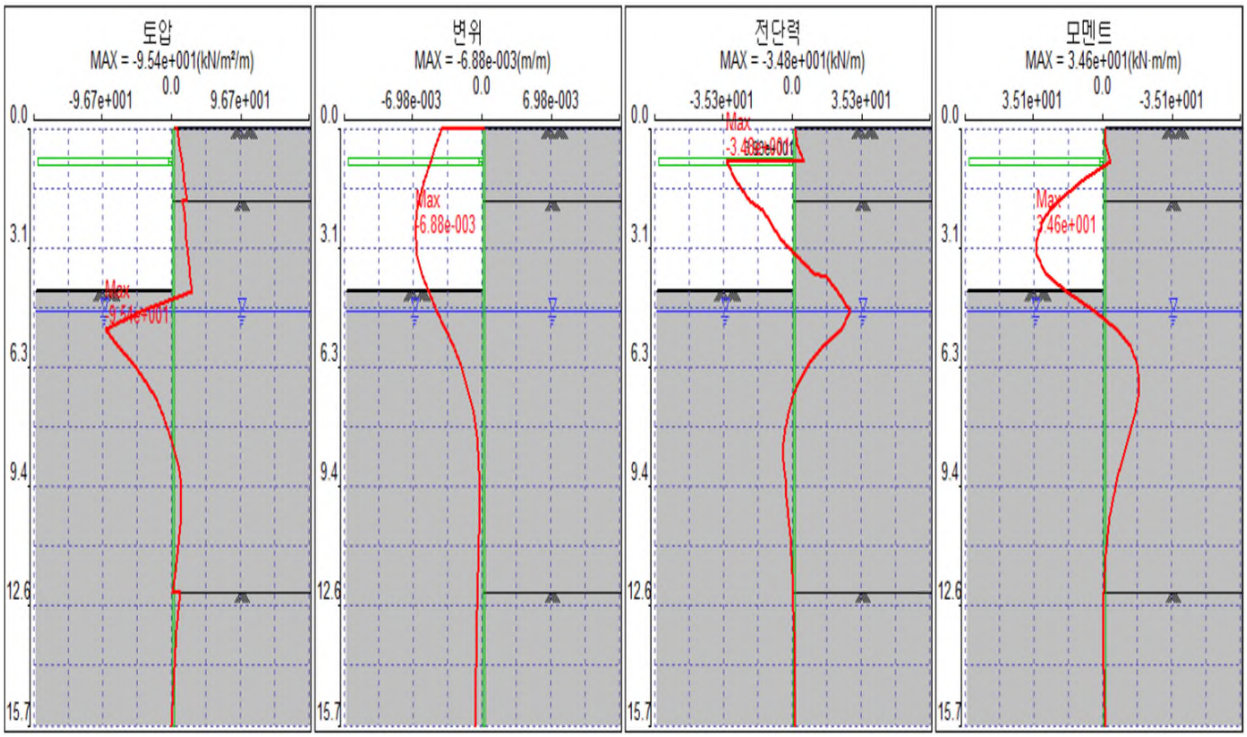
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.4m]



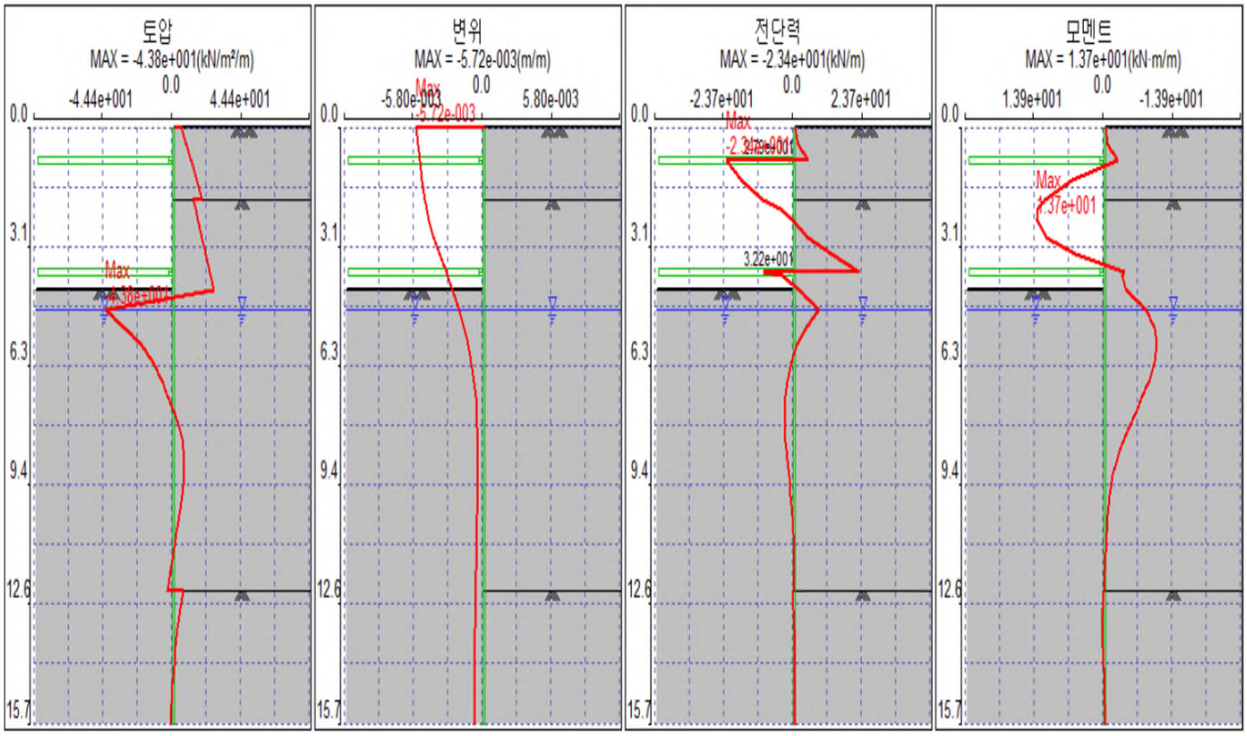
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



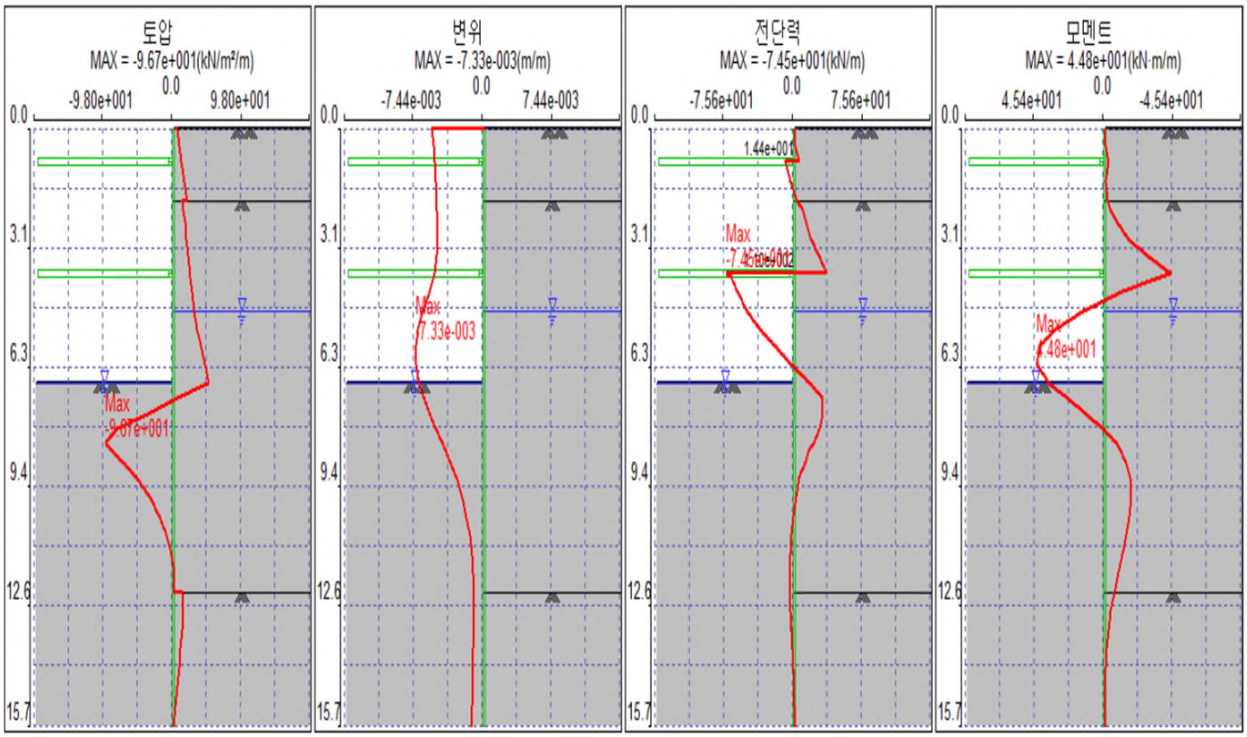
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.3m]



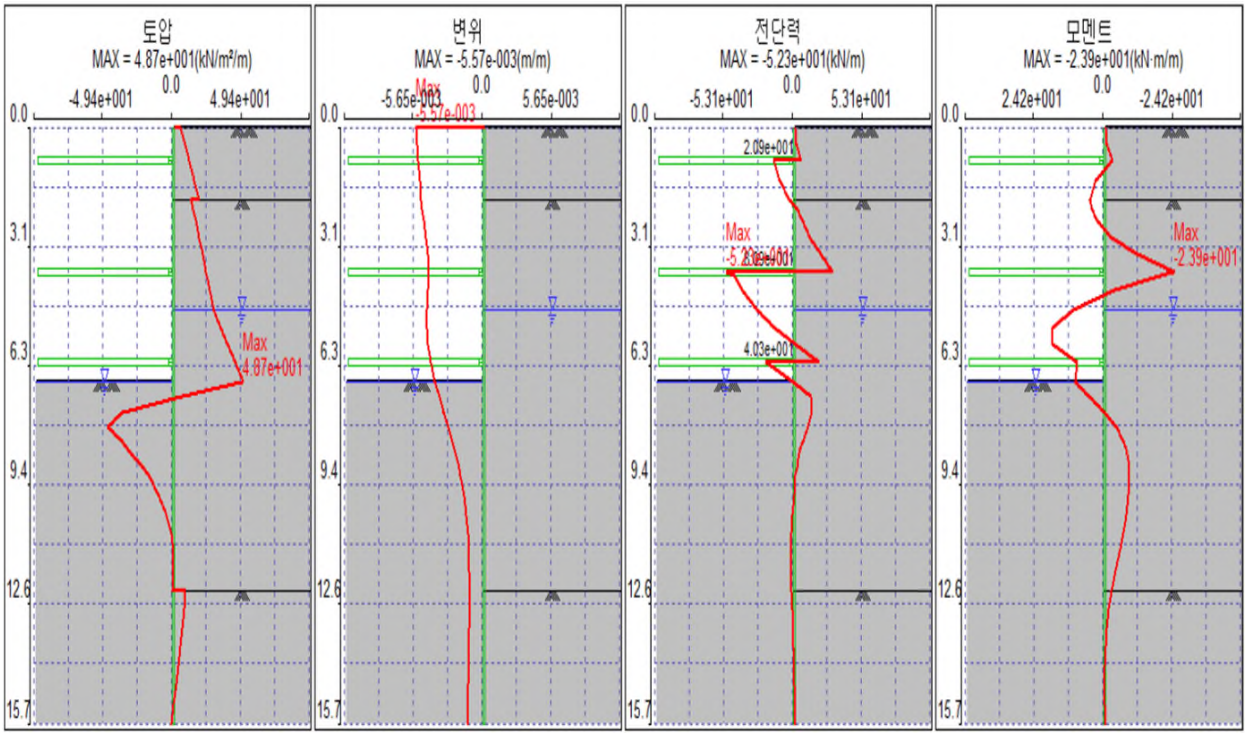
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



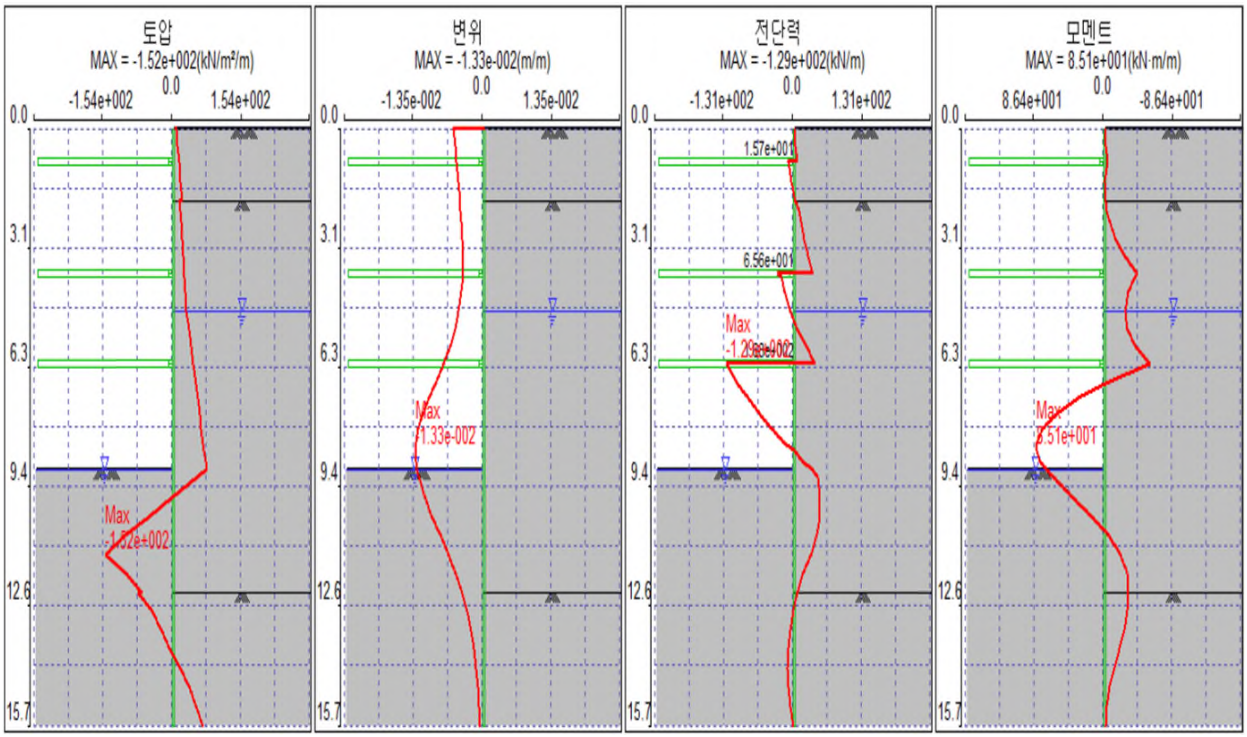
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.7m]



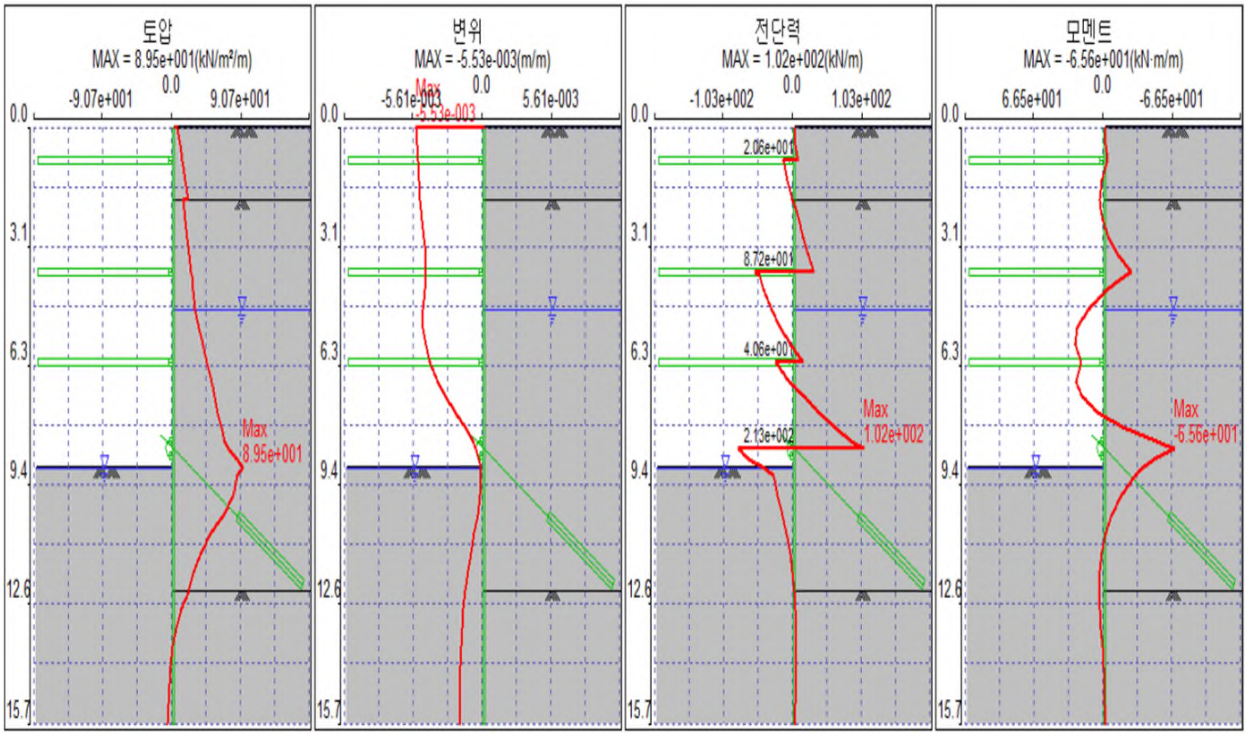
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



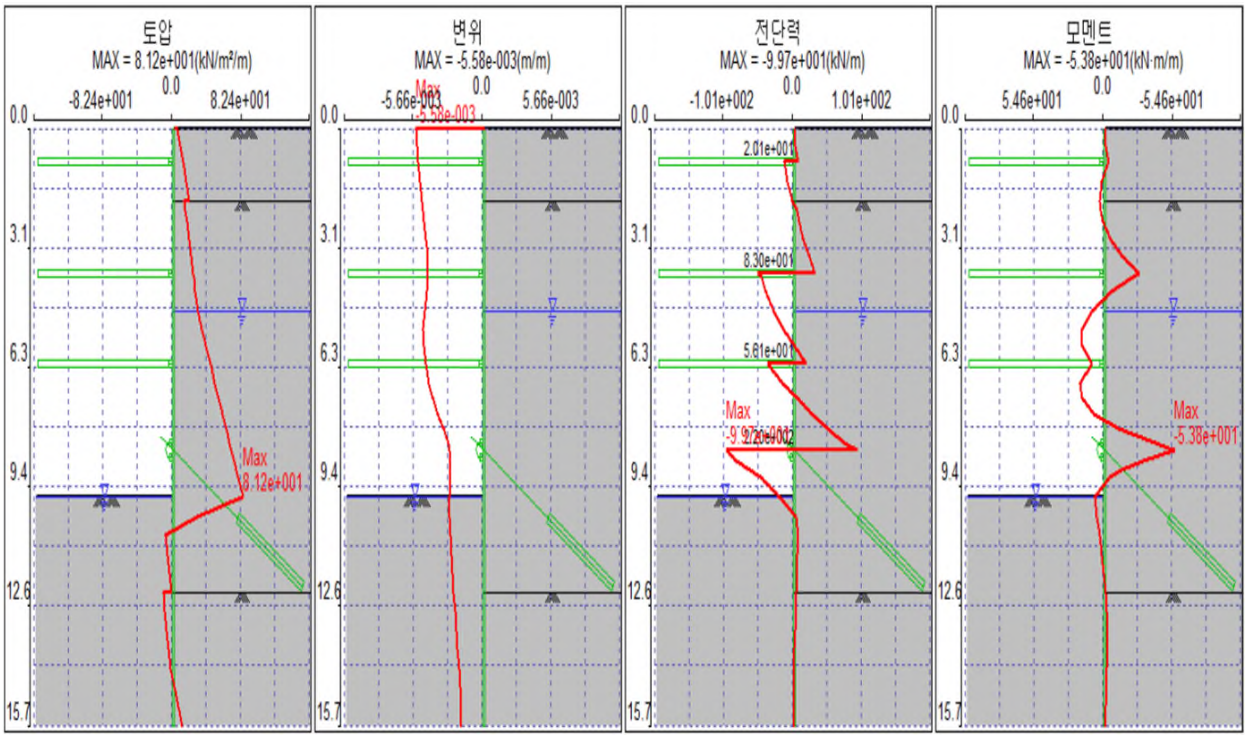
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 9.0m]



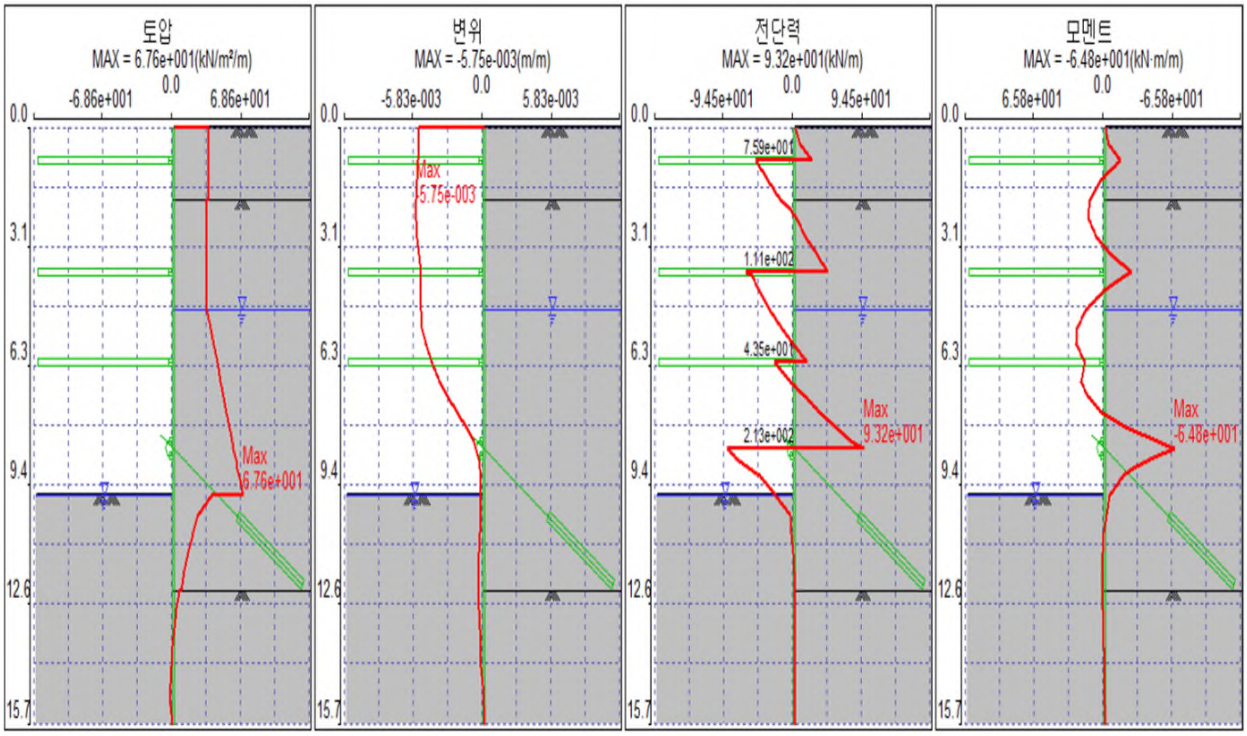
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 EA-3]



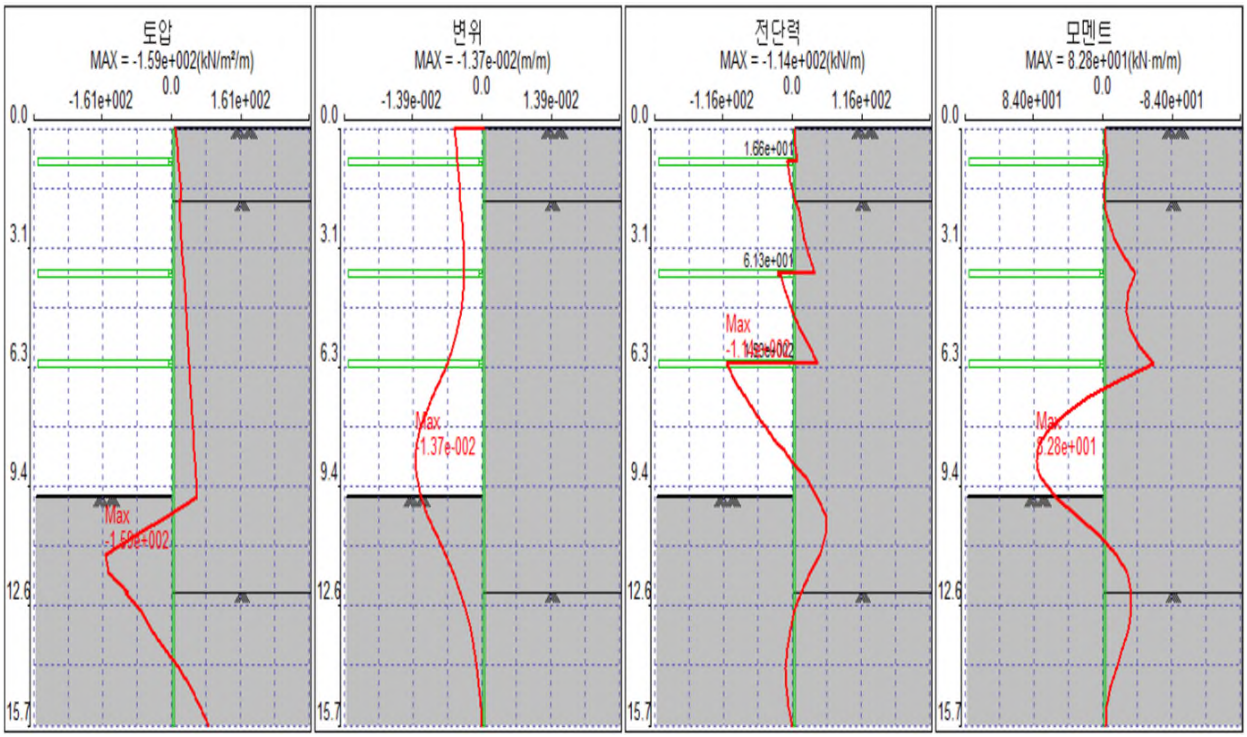
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.7 m]



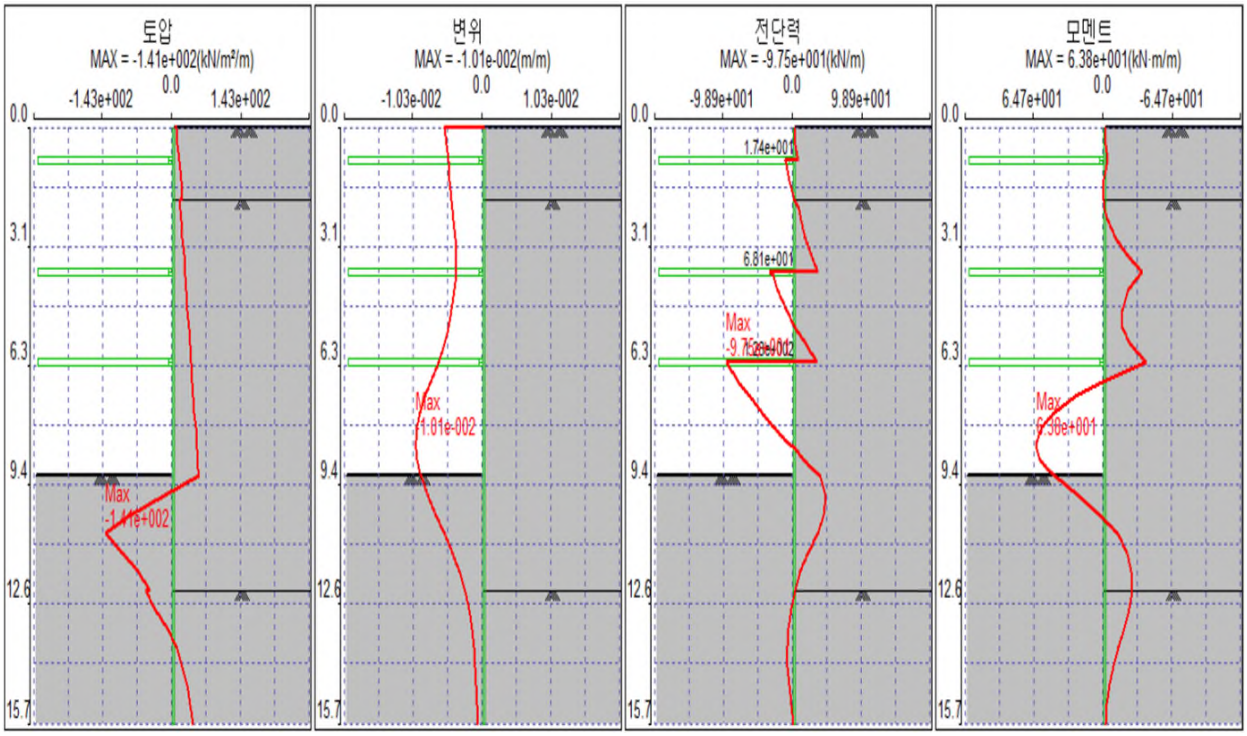
10) 시공 10 단계 [CS10 : Peck]



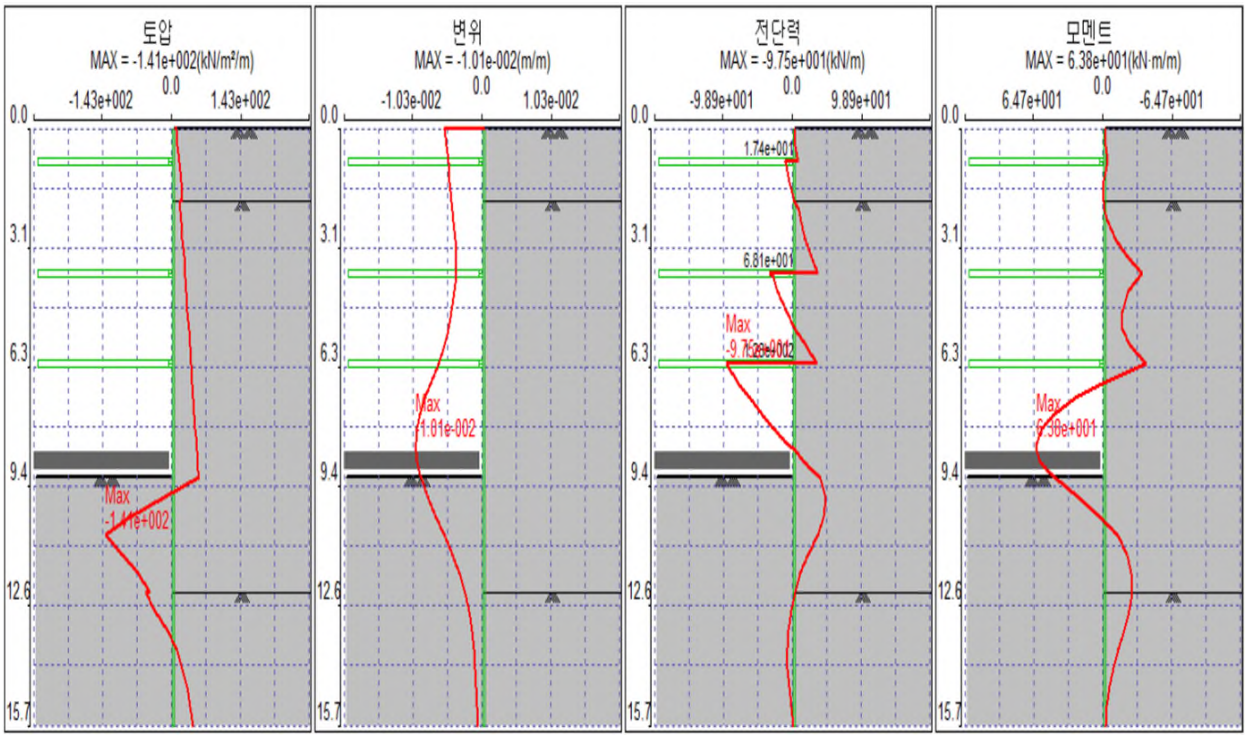
11) 시공 11 단계 [CS11 : 해체 EA-3]



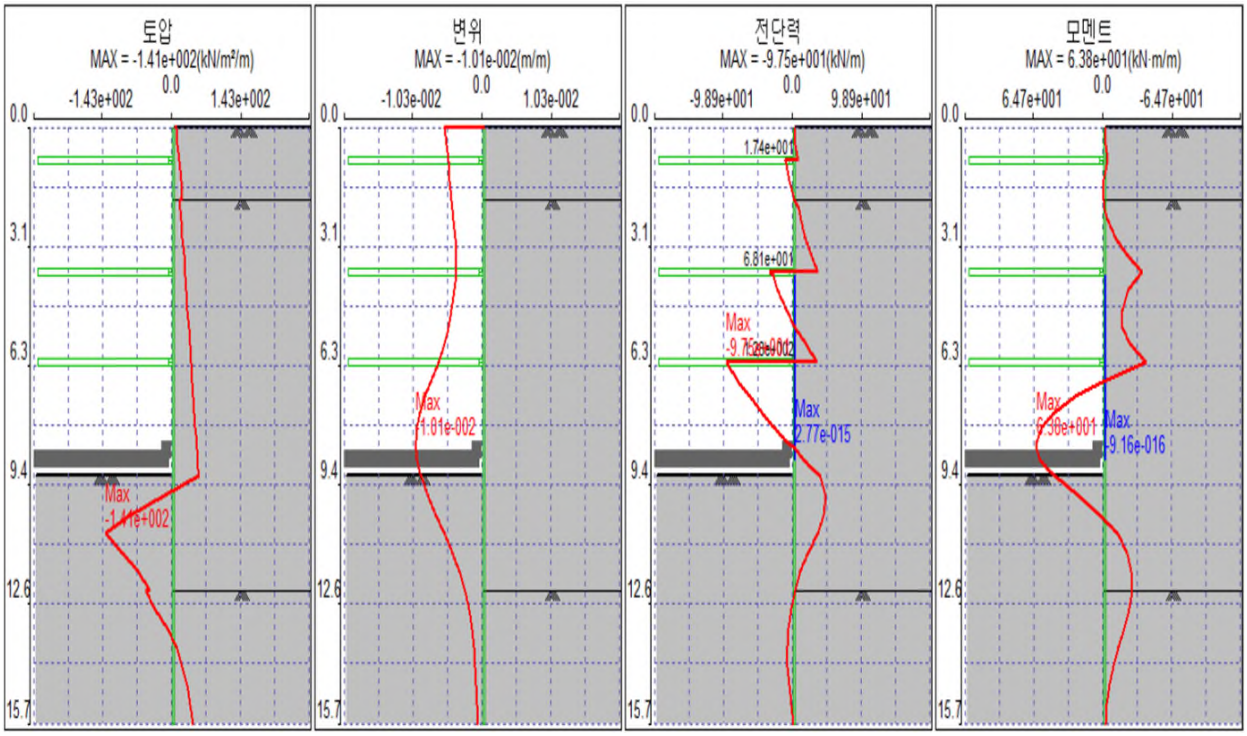
12) 시공 12 단계 [CS12 : 골재포설]



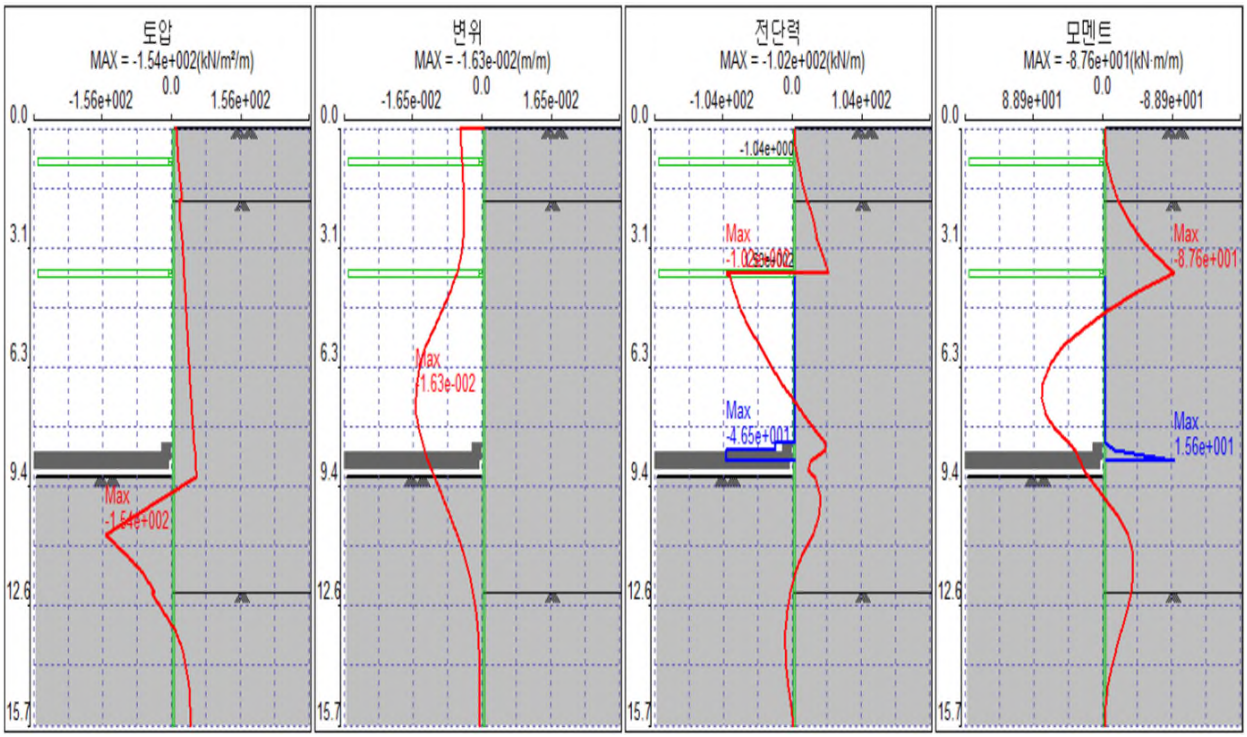
13) 시공 13 단계 [CS13 : 슬래브1]



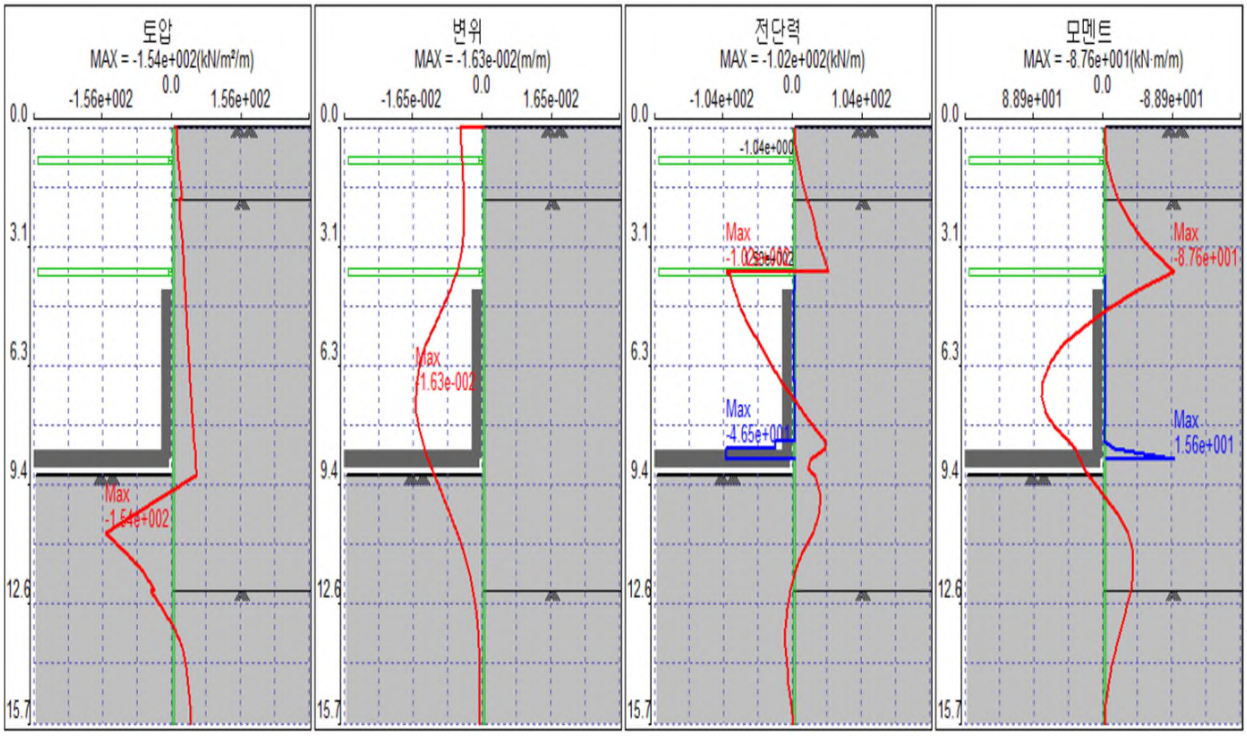
14) 시공 14 단계 [CS14 : 벽체0]



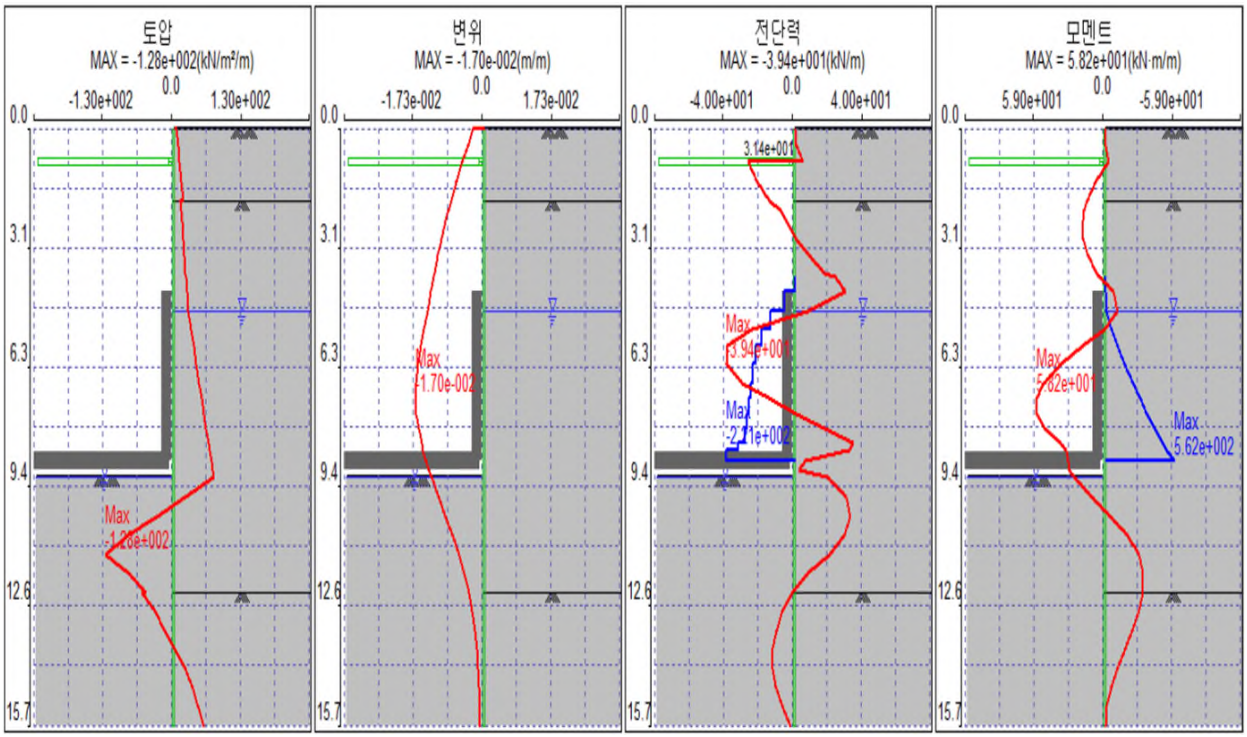
15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체 Strut-2]



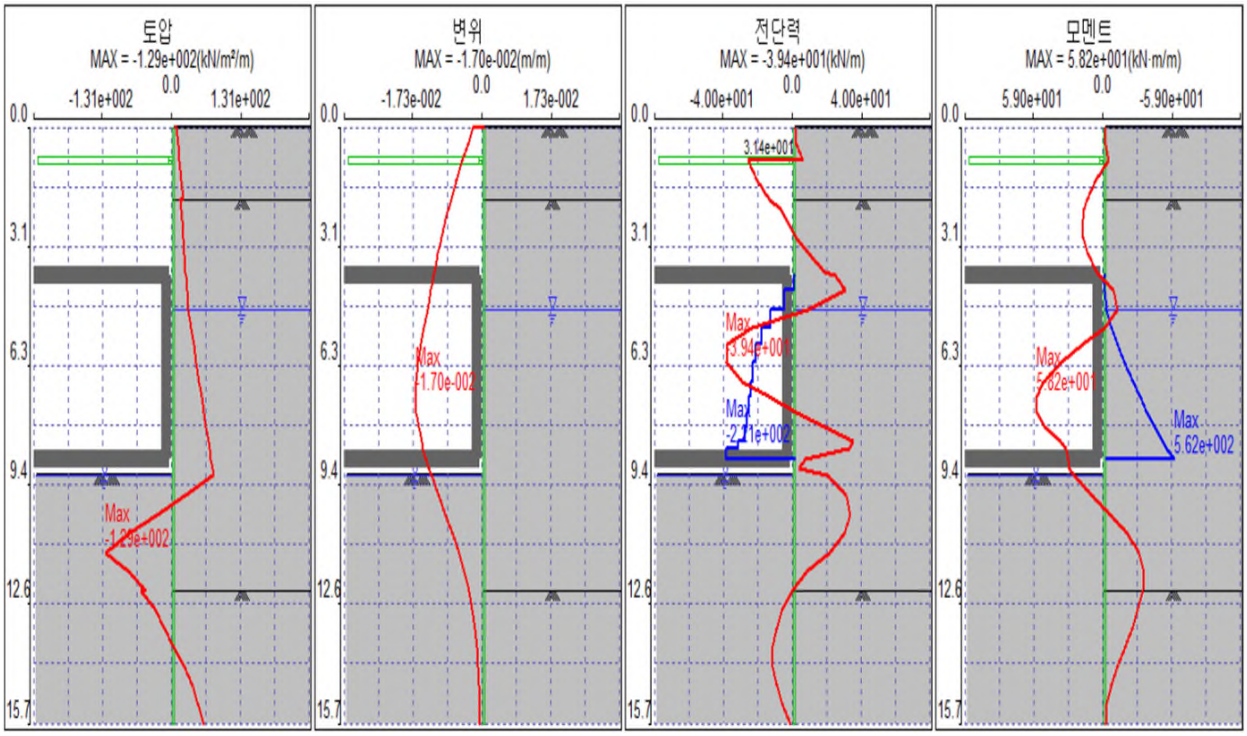
16) 시공 16 단계 [CS16 : 벽체1]



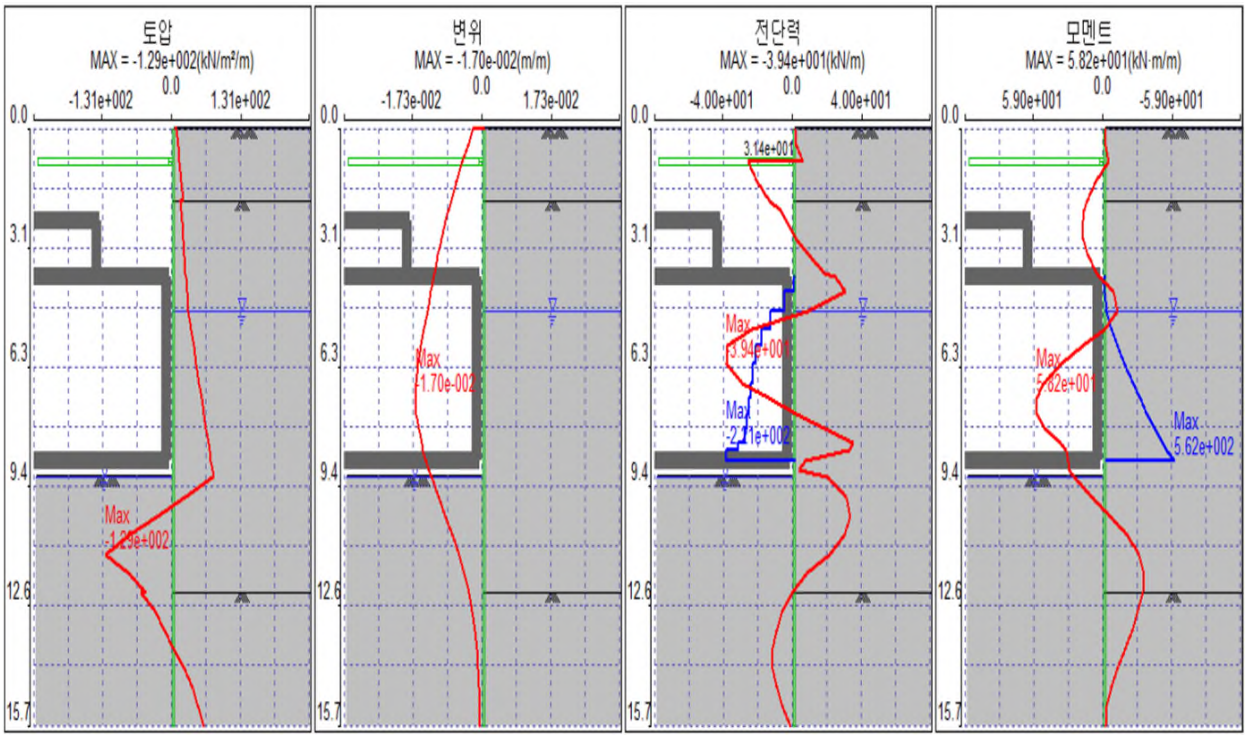
17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체 Strut-1]



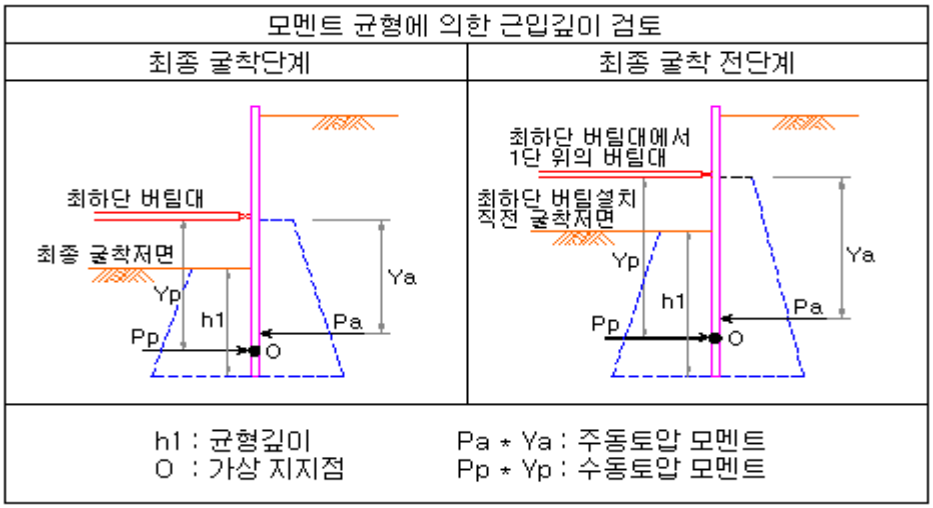
18) 시공 18 단계 [CS18 : 슬래브2]



19) 시공 19 단계 [CS19 : 슬래브3]



14.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.135	6.500	587.870	4649.254	7.909	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.910	6.700	1760.184	5966.323	3.390	1.200	OK

14.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -8.46 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 55.888 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.375 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 133.457 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.248 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (55.888 x 0.375) + (133.457 x 4.248) = 587.87 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 923.974 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.032 m

Mp = (Pp x Yp) = (923.974 x 5.032) = 4649.254 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 4649.254 / 587.87 = 7.909

S.F. = 7.909 > 1.2 ... OK

14.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -6.2 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 246.67 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.521 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 213.74 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.48 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (246.67 x 1.521) + (213.74 x 6.48) = 1760.184 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 822.136 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.257 m

Mp = (Pp x Yp) = (822.136 x 7.257) = 5966.323 kN · m

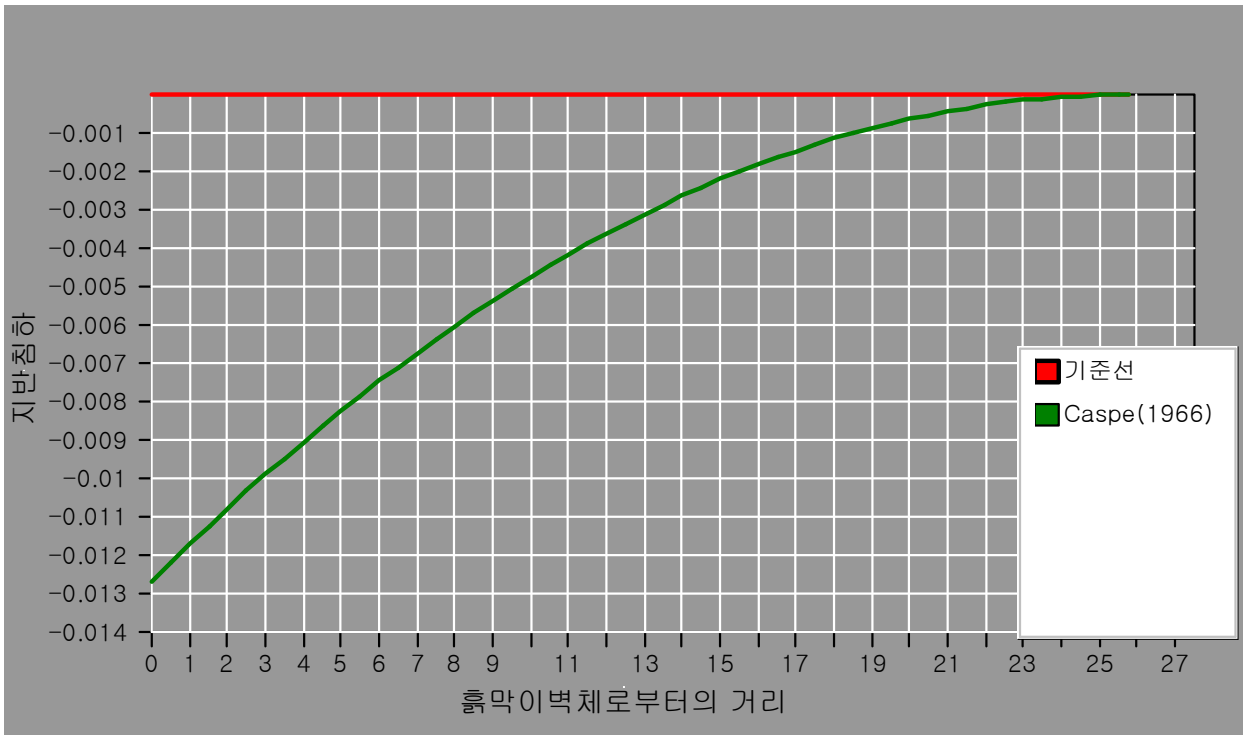
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 5966.323 / 1760.184 = 3.39

S.F. = 3.39 > 1.2 ... OK

14.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



14.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.082 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 41.6 m, Hw = 9.7 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 33.141 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 41.6 x tan(45 + 33.141/2) = 38.422 m

Ht = Hp + Hw = 38.422 + 9.7 = 48.122 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 48.122 x tan(45-33.141/2) = 26.051 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.082 / 26.051 = -0.013 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.013 x ((26.051 - Xi) / 26.051)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-12.684	-0.487	-0.974
0.50	-12.196	-0.478	-0.955
1.00	-11.719	-0.468	-0.936
1.50	-11.251	-0.459	-0.917
2.00	-10.792	-0.449	-0.898
2.50	-10.343	-0.440	-0.879
3.00	-9.903	-0.430	-0.860
3.50	-9.473	-0.420	-0.841

4.00	−9.053	−0.411	−0.822
4.50	−8.642	−0.401	−0.803
5.00	−8.241	−0.392	−0.784
5.50	−7.849	−0.382	−0.765
6.00	−7.467	−0.373	−0.745
6.50	−7.094	−0.363	−0.726
7.00	−6.731	−0.354	−0.707
7.50	−6.377	−0.344	−0.688
8.00	−6.033	−0.335	−0.669
8.50	−5.699	−0.325	−0.650
9.00	−5.374	−0.315	−0.631
9.50	−5.058	−0.306	−0.612
10.00	−4.752	−0.296	−0.593
10.50	−4.456	−0.287	−0.574
11.00	−4.169	−0.277	−0.555
11.50	−3.892	−0.268	−0.536
12.00	−3.624	−0.258	−0.516
12.50	−3.366	−0.249	−0.497
13.00	−3.117	−0.239	−0.478
13.50	−2.878	−0.230	−0.459
14.00	−2.648	−0.220	−0.440
14.50	−2.428	−0.211	−0.421
15.00	−2.218	−0.201	−0.402
15.50	−2.017	−0.191	−0.383
16.00	−1.826	−0.182	−0.364
16.50	−1.644	−0.172	−0.345
17.00	−1.471	−0.163	−0.326
17.50	−1.309	−0.153	−0.307
18.00	−1.155	−0.144	−0.287
18.50	−1.012	−0.134	−0.268
19.00	−0.877	−0.125	−0.249
19.50	−0.753	−0.115	−0.230
20.00	−0.638	−0.106	−0.211
20.50	−0.532	−0.096	−0.192
21.00	−0.436	−0.086	−0.173
21.50	−0.350	−0.077	−0.154
22.00	−0.273	−0.067	−0.135
22.50	−0.205	−0.058	−0.116
23.00	−0.148	−0.048	−0.097
23.50	−0.099	−0.039	−0.077
24.00	−0.060	−0.029	−0.058
24.50	−0.031	−0.020	−0.039
25.00	−0.012	−0.010	−0.020
25.50	−0.002	−0.002	−0.005
25.78	0.000	0.000	0.000
Max	−12.684	−0.487	−0.974

3-1.9 TYPE-09

(STA.0+539.5~0+560.0)

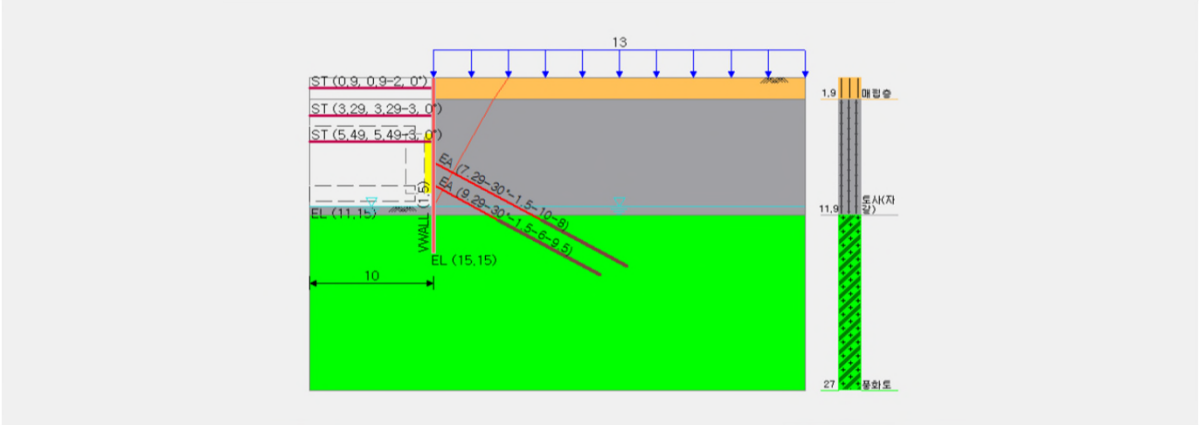
GeoX 구조계산서

TYPE-9 벽체 1단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
  3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
  3.2 재료의 허용응력
  3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
  6.1 주형지지보(중앙)
  6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
  7.1 Strut 설계 (ST1)
  7.2 Strut 설계 (ST2)
  7.3 Earth Anchor 설계 (EA3, EA4)
8.띠장 설계
  8.1 ST1 띠장 설계
  8.2 ST2 띠장 설계
  8.3 EA3 띠장 설계
  8.4 EA4 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
  9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
  11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 11.15m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9~2, 0°)
ST (3.29, 3.29~3, 0°)
ST (5.49, 5.49~3, 0°)
EL (11.15)
WALL (15)
EL (15.15)
10
EA (7.29~30~1.5~10~8)
EA (9.29~30~1.5~6~8.5)
1.9
11.9
27

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	89.879	156.609	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.218	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
ST1 P 406.4x9	3.29	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	41.694	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		
ST2 P 406.4x9	5.49	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	62.817	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
EA3 Strand12.7x4EA	7.29	O.K	O.K	O.K
EA4 Strand12.7x4EA	9.29	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
ST1 H 300x305x15/15	3.29	휨응력	83.769	142.832	O.K	
		전단응력	39.713	90.000	O.K	
ST2 H 300x305x15/15	5.49	휨응력	140.822	142.832	O.K	
		전단응력	66.760	90.000	O.K	
EA3 2H 250x250x9/14	7.29	휨응력	37.744	153.578	O.K	
		전단응력	43.675	90.000	O.K	
EA4 2H 250x250x9/14	9.29	휨응력	44.082	153.578	O.K	
		전단응력	51.010	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	

흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	117.024	173.656	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	52.634	190.899	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	50.830	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	70.665	149.139	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.763	123.029	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 11.15	휨응력	142.957	303.750	O.K		
		압축응력	138.461	281.667	O.K		
		전단응력	52.094	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS20 : 슬래브2	21.072	33.450	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

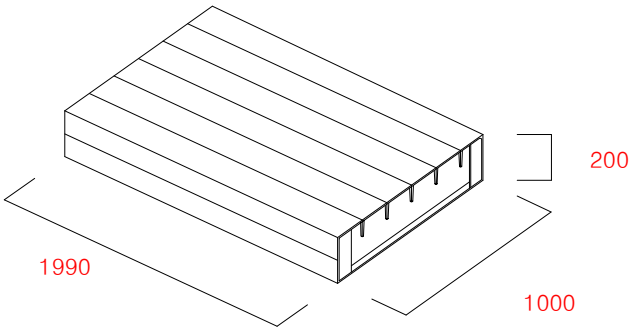
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

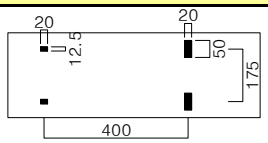
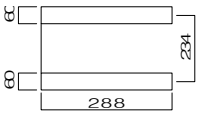
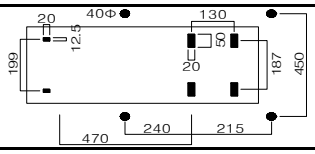
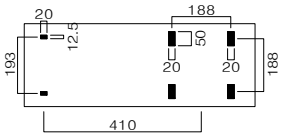
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

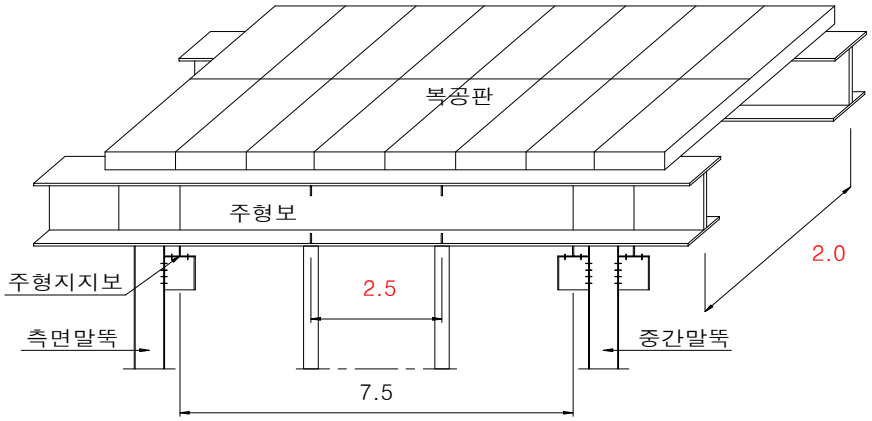
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

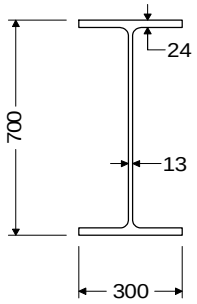
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

Σ = 5.550 kN/m

M_d = w_d x L^2 / 8 = 5.550 x 7.500 x 7.500 / 8 = 39.023 kN·m

S_d = w_d x L / 2 = 5.550 x 7.500 / 2 = 20.813 kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

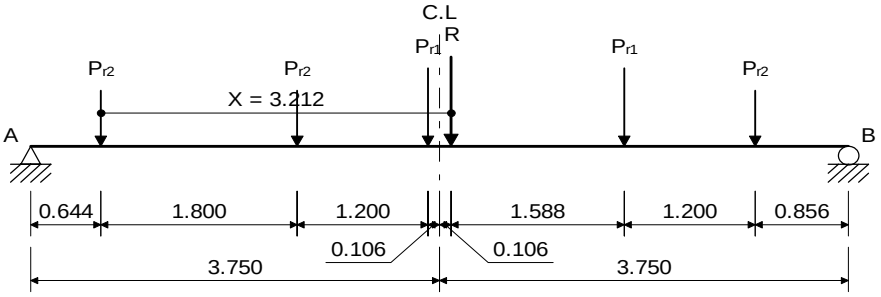
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)

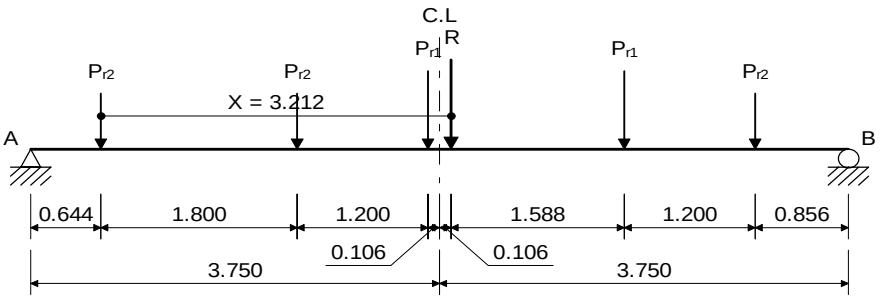


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

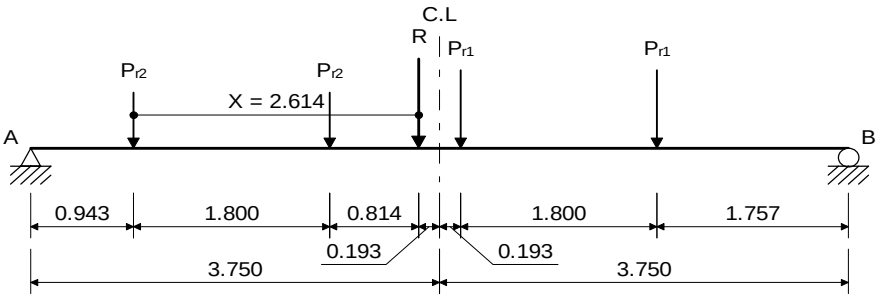
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L
= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500
= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② **2** 차선 재하시 (후륜하중)

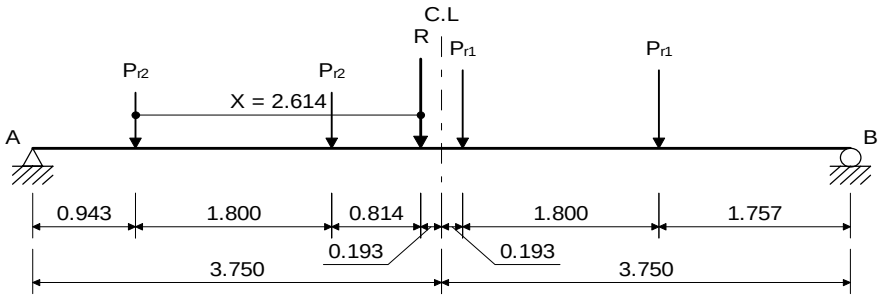


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

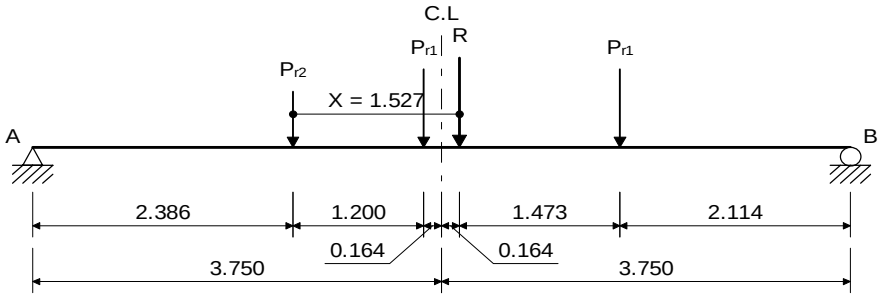
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ **1.5** 차선 재하시 (후륜하중)

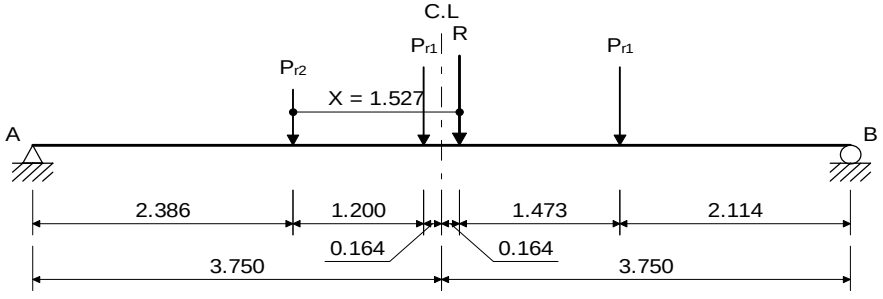


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

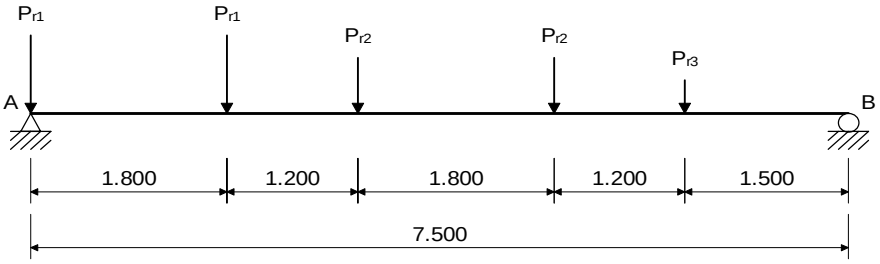


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x **1.00** = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 \times 1000000 / 5760000.0 = 101.569$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 344.357 \times 1000 / 8476 = 40.627$ MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 24.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2500 / 300$

$= 8.333$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (8.333 - 4.6))$

$= 147.042$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 147.042$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 147.042$ MPa > $f_b = 101.569$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 40.627$ MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 420.010 / (7.50 \times 7.50) = 59.735$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 59.735 \times 7500.0^4 / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 5.830$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

$\delta_a = Min.(L/400, 25mm)$

$= Min. (7500.0 / 400 , 25)$

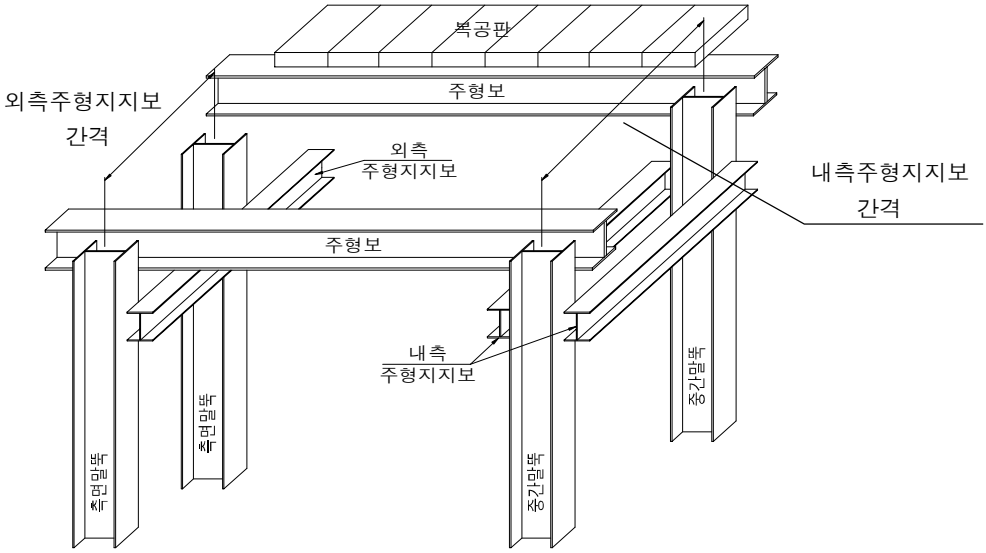
$= 18.750$ mm > $\delta_l = 5.830$ mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

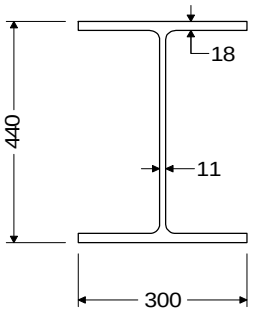
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

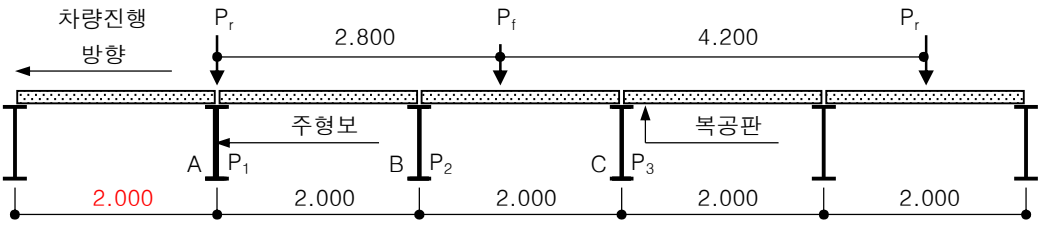


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



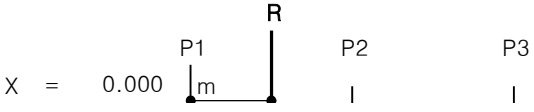
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

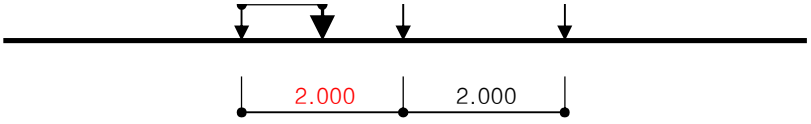
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



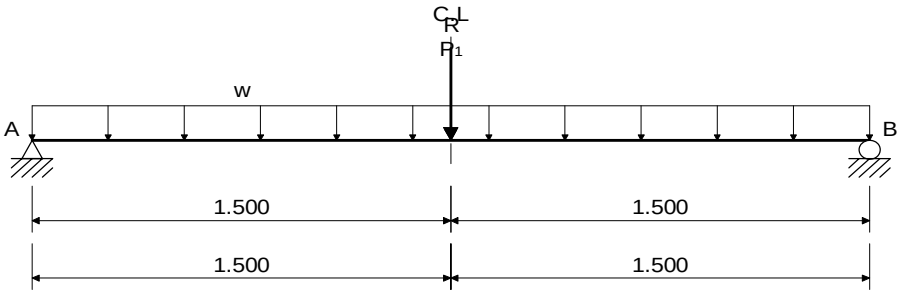


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

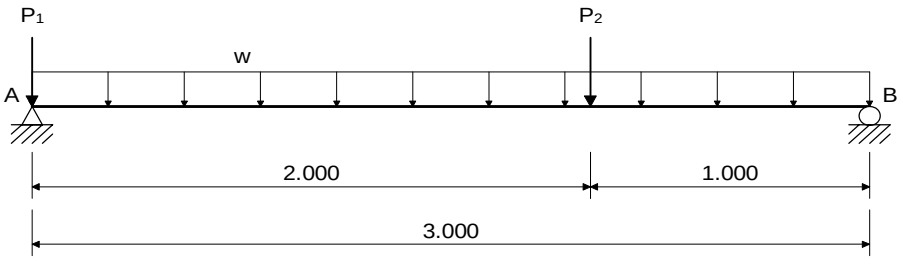
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 3.000
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 259.631 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (344.356 x 3.000 + 69.344 x 1.000) / 3.000
= 367.471 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 367.471 + 1.212 x 3.00 / 2
= 369.289 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

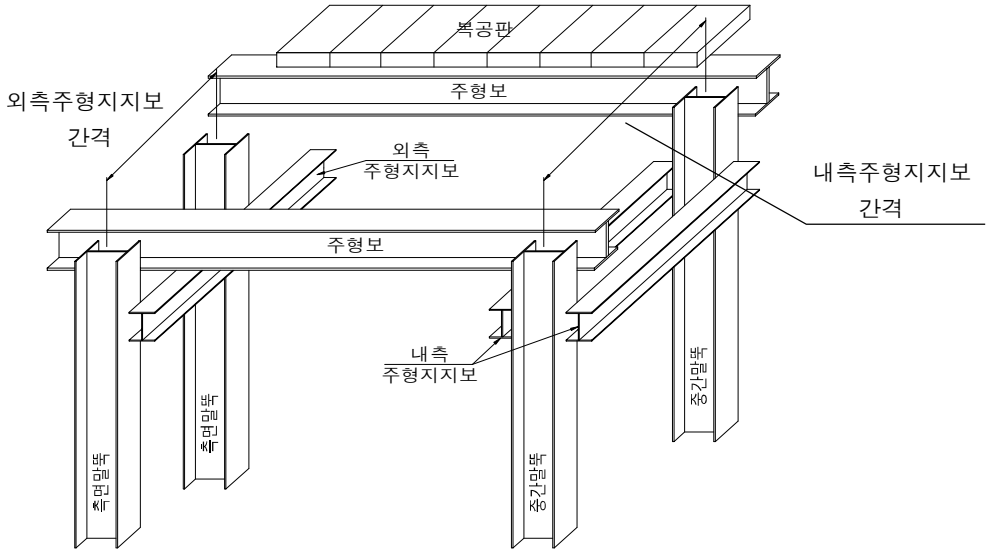
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

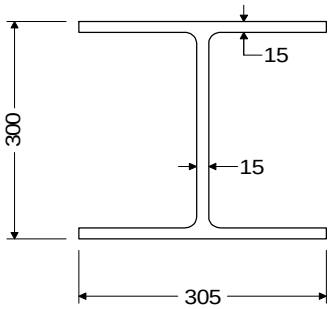
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.50 m

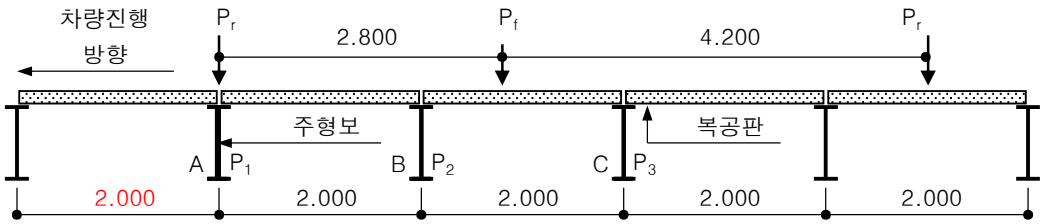


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



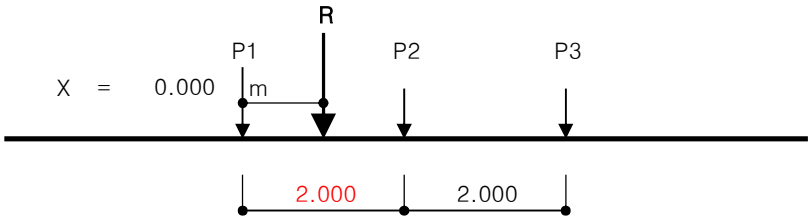
나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

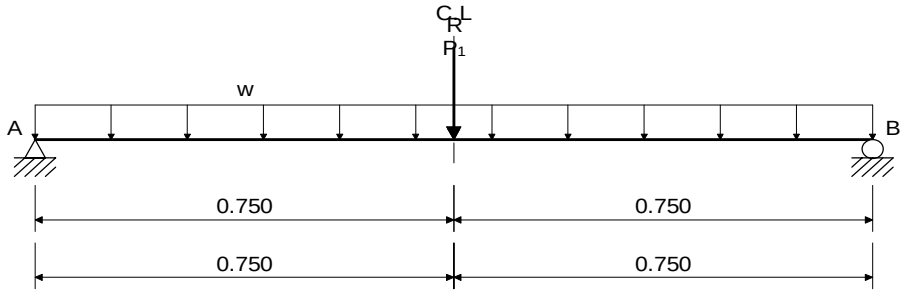


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

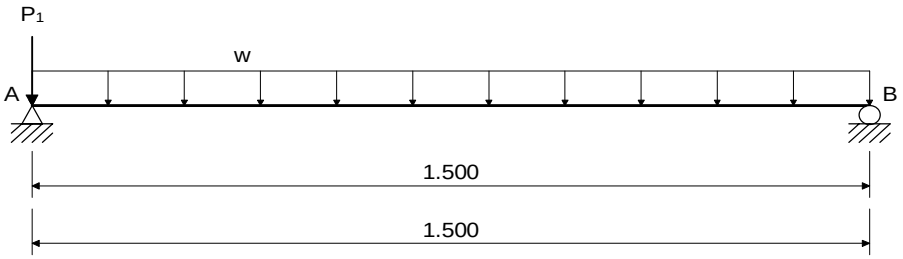
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.750) / L
= (344.356 x 0.750) / 1.500
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.750) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 0.750) + 1.038 x 1.50^2 / 8
= 129.426 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 1.500
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.50 / 2
= 345.135 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 129.426 x 1000000 / 1440000.0 = 89.879 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 345.135 x 1000 / 4050 = 85.218 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.879 + 89.879) / 89.879
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 305
= 4.918 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.918 − 4.6))
= 156.609 MPa
f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 156.609 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.609 MPa > f_b = 89.879 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.218 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 345135 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

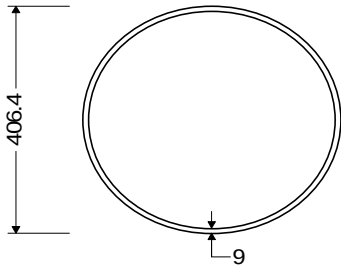
7.1 Strut 설계 (ST1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 116.160 kN/m ---> ST1 (CS19 : 해체 ST2)
= 116.160 x 3.00 / 1 단
= 348.479 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 348.479 + 120.0 = 468.479 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1092000.0 = 32.194 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 468.479 x 1000 / 11236.2 = 41.694 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.087 x 9)

= 20.768 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.087

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (73.888 − 9.499) / 73.888

= 0.871 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 41.694 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{41.694}{125.415} + \dfrac{32.194}{157.500 \times (1 - (41.694 / 473.766))}$

= 0.557 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 41.694 + \dfrac{32.194}{}$

$$= \frac{41.694}{1 - (41.694 / 473.766)}$$

$$= 76.995 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.557 , 0.489)

= 0.557 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{73.888}{125.415} + \left\{ \frac{3.336}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.591 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

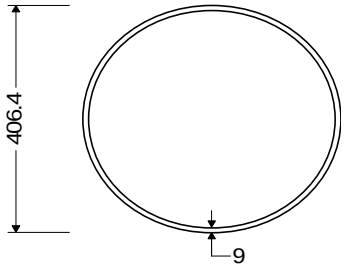
7.2 Strut 설계 (ST2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 195.273 kN/m ---> ST2 (CS17 : 해체 EA3)
= 195.273 x 3.00 / 1 단
= 585.820 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 585.820 + 120.0 = 705.820 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1092000.0 = 32.194 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 705.820 x 1000 / 11236.2 = 62.817 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.068 x 9)

= 21.145 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.068

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (95.011 − 30.622) / 95.011

= 0.678 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 62.817 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{62.817}{125.415} + \dfrac{32.194}{157.500 \times (1 - (62.817 / 473.766))}$

= 0.737 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 62.817 + \dfrac{32.194}{}$

$$= \frac{62.817}{1 - (62.817 / 473.766)}$$

$$= 99.932 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.737 , 0.634)

= 0.737 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{95.011}{125.415} + \left\{ \frac{3.336}{88.910} \right\}^2$$

= 0.759 < 1.0 ---> O.K

7.3 Earth Anchor 설계 (EA3, EA4)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

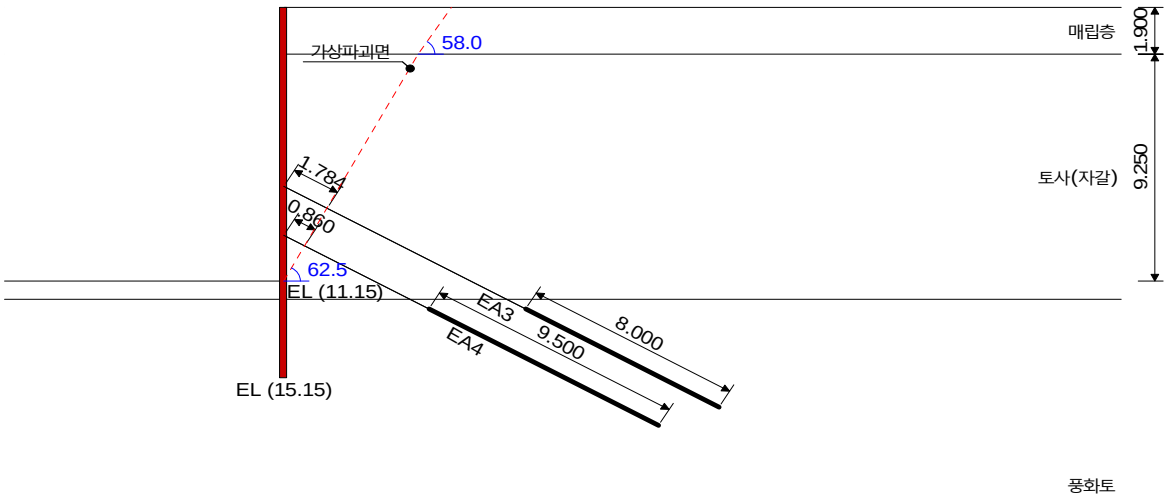
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
EA3	7.290	1.784	1.673	10.000	O.K
EA4	9.290	0.860	1.673	6.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치	최대축력	Anchor	설치각 (°)	소요설계축력

구 분	(GL.-m)	R_{max} (kN/m,ea)	수평간격(m)	설치각 (°)	T_{req} (kN/ea)
EA3	7.290	172.118	1.500	30	258.178
EA4	9.290	197.069	1.500	30	295.604

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
7.290	200000	3.0	98.71	4	10.5	22562.286
9.290	200000	3.0	98.71	4	6.5	36446.769

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
7.290	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
9.290	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
7.290	258.178	22.562	24.796	305.536
9.290	295.604	36.447	24.796	356.847

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
7.290	305.536	110.160	4	2.774	O.K
9.290	356.847	110.160	4	3.239	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
EA3	7.290	258.178	풍화토	2.50	100.000	320.000	6.420	258.178
합계		-	-	-	-	-	6.420	-

EA4	9.290	295.604	풍화토	2.50	100.000	320.000	7.351	295.604
합계		-	-	-	-	-	7.351	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,
T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
7.290	258.178	4.0	12.70	1000.0	1.618
9.290	295.604	4.0	12.70	1000.0	1.852

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
7.290	6.420	1.618	8.0	O.K
9.290	7.351	1.852	9.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
7.290	10.000	1.500	8.000	19.500
9.290	6.000	1.500	9.500	17.000

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)
JFreq = JACKING FORCE (kN)
L = 자유장 + 0.5 m
Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)
N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
7.290	305.536	10.5	200000	98.71	4	40.626
9.290	356.847	6.5	200000	98.71	4	29.373

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
7.290	1.50	30.0	10.000	1.500	8.000	305.536
9.290	1.50	30.0	6.000	1.500	9.500	356.847

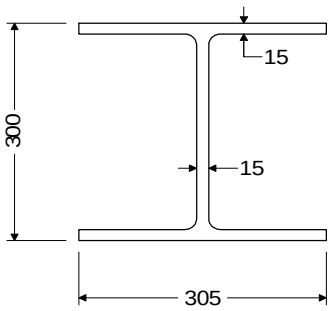
8.띠장 설계

8.1 ST1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

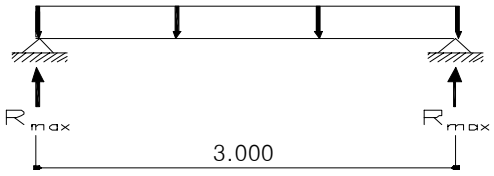
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 116.160 kN/m ---> ST1 (CS19 : 해체 ST2)

P = 116.160 × 3.00 m / 1 ea = 348.479 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 348.479 / (13 × 3.000)
= 107.224 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 107.224 × 3.000^2 / 8
= 120.627 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 107.224 × 3.000 / 2
= 160.837 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 120.627 x 1000000 / 1440000.0 = 83.769 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 160.837 x 1000 / 4050 = 39.713 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (83.769 + 83.769) / 83.769

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 83.769 MPa ---> O.K

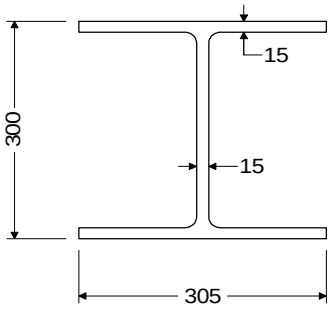
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 39.713 MPa ---> O.K

8.2 ST2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

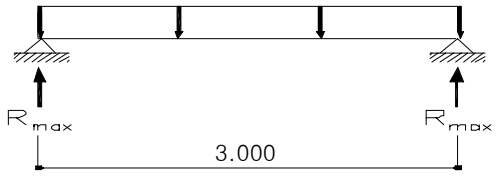
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 195.273 kN/m ---> ST2 (CS17 : 해체 EA3)

P = 195.273 × 3.00 m / 1 ea = 585.820 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 585.820 / (13 \times 3.000)$
$= 180.252$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 180.252 \times 3.000^{2} / 8$
$= 202.784$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 180.252 \times 3.000 / 2$
$= 270.378$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 202.784 \times 1000000 / 1440000.0 = 140.822$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 270.378 \times 1000 / 4050 = 66.760$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (140.822 + 140.822) / 140.822

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 140.822 MPa ---> O.K

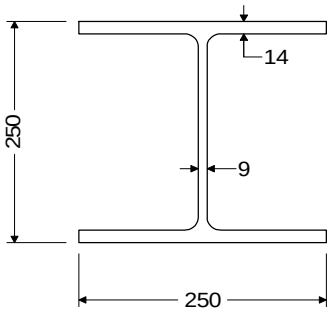
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 66.760 MPa ---> O.K

8.3 EA3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

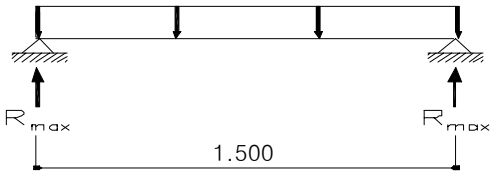
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



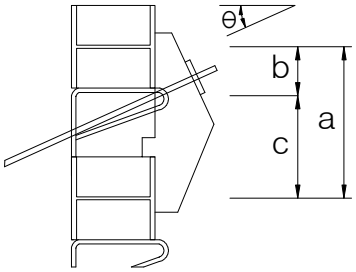
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 305.536 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 305.536 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 189.070 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 189.070 / (13 × 1.500)
= 116.351 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 116.351 × 1.500 ^{2} / 8
= 32.724 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 116.351 × 1.500 / 2
= 87.263 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 32.724 x 1000000 / 867000.0 = 37.744 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 87.263 x 1000 / 1998 = 43.675 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (37.744 + 37.744) / 37.744

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 37.744 MPa ---> O.K

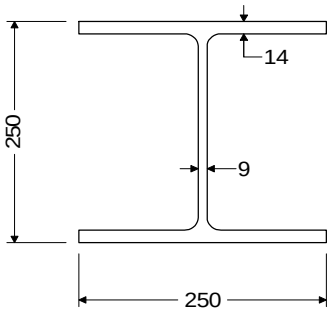
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 43.675 MPa ---> O.K

8.4 EA4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

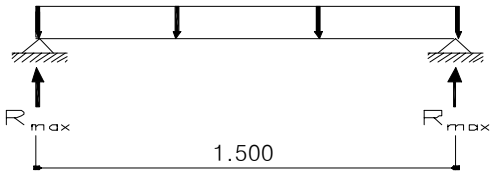
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



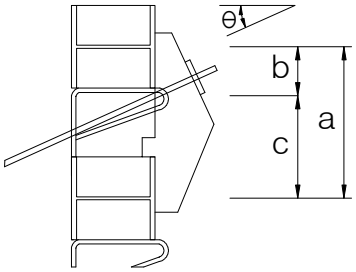
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 356.847 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 356.847 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 220.822$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 220.822 / (13 \times 1.500)$
$= 135.890$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 135.890 \times 1.500^{2} / 8$
$= 38.219$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 135.890 \times 1.500 / 2$
$= 101.918$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 38.219 x 1000000 / 867000.0 = 44.082 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 101.918 x 1000 / 1998 = 51.010 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (44.082 + 44.082) / 44.082

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 44.082 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 51.010 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

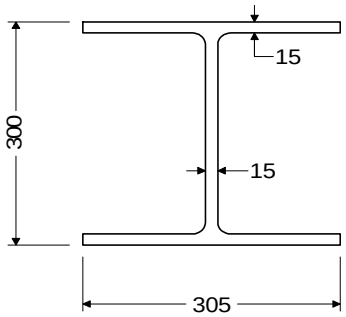
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.600	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	16.000	kN			
라. 버팀보 자중	=	13.200	kN			
마. 띠장 자중	=	7.500	kN			
바. 지보재 수직분력	=	184.564	kN	× 1.500	=	276.845 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
∑ P_s	=	709.502	kN			

최대모멘트, M_{max} = 112.343 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 해체 EA3)

최대전단력, S_{max} = 137.240 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 11.15 m)

▶ Pmax = 709.502 kN

▶ Mmax = 112.343 × 1.500 = 168.515 kN·m

▶ Smax = 137.240 × 1.500 = 205.860 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 168.515 x 1000000 / 1440000.0 = 117.024 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 709.502 x 1000 / 13480 = 52.634 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 205.860 x 1000 / 4050 = 50.830 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 2.416

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (169.658 − −64.390) / 169.658

= 1.380

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 4000 / 126

31.746 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (31.746 − 16))

= 190.899 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 190.899 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4000 / 305

= 13.115 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (13.115 − 4))

= 173.656 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 173.656 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (31.746)^2

= 1339.538 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 190.899 MPa > f_c = 52.634 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 173.656 MPa > f_b = 117.024 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 50.830 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{52.634}{190.899} + \dfrac{117.024}{173.656 \times (1 - (52.634 / 1339.538))}$

= 0.977 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 52.634 + \dfrac{117.024}{}$

$$= \frac{52.634}{1 - (52.634 / 1339.538)}$$

= 174.444 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.977 , 0.816)
= 0.977 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 21.1 mm ---> 흙막이벽(우) (CS20 : 슬래브2)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 11.150 x 1000 x 0.003 = 33.450 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 709.50 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,			
N(선단의 N치)	=	40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	40	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	8	
L_s(모래층 중의 길이)	=	4.000	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	5.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 40 x 1.210 x 4.000
+ 0.5 x 8 x 1.210 x 5.000
= 154.420 tonf
= 1514.34 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1514.34 / 2.0
= 757.171 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

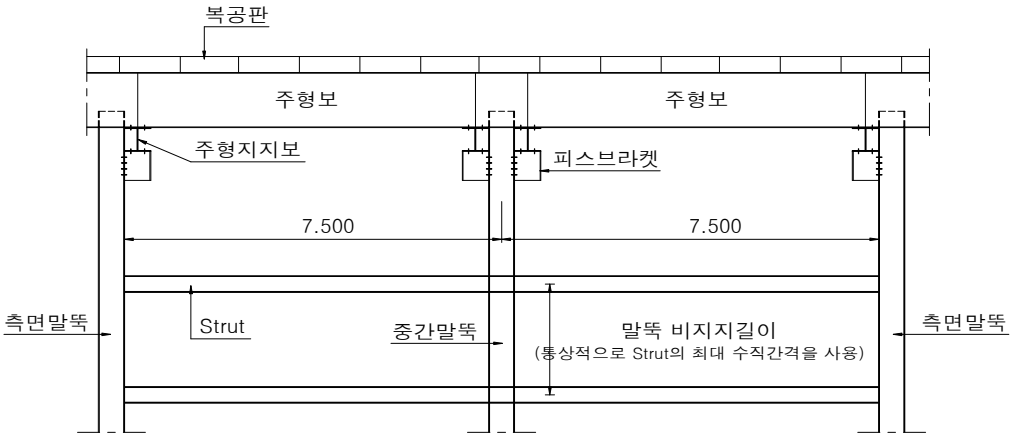
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 + 7.500 = 15.000 m

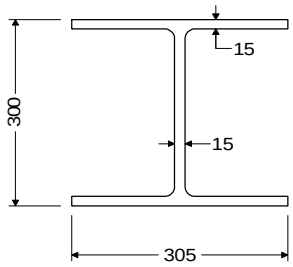
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 19.700 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 13.200 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 44.650 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

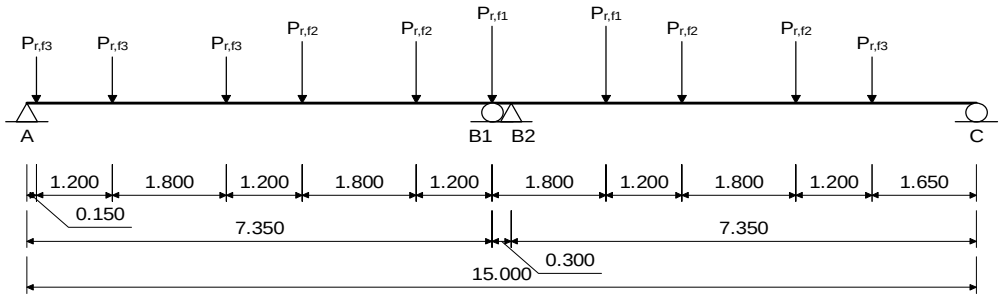
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350 + 70.200 x 0.150) / 7.350

= 302.927 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 70.200 x 1.650) / 7.350

= 210.600 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 302.927 x 1.00 = 302.927 kN

P_{r2} = 210.600 x 1.00 = 210.600 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350 + 17.550 x 0.150) / 7.350

= 75.732 kN

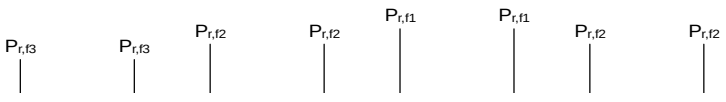
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 17.550 x 1.650) / 7.350

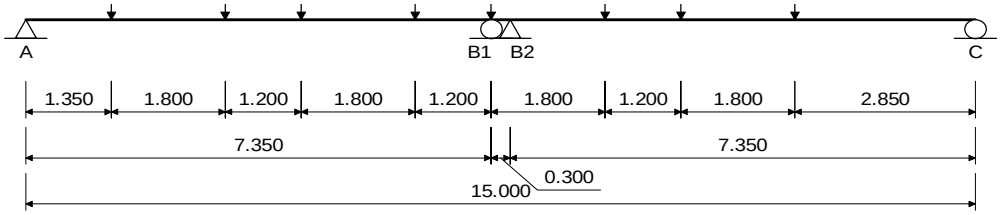
= 52.650 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.732 x 1.00 = 75.732 kN

P_{f2} = 52.650 x 1.00 = 52.650 kN

② **2.0** 차선 재하





▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350) / 7.350
= 301.494 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350
= 194.841 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 301.494 x 1.00 = 301.494 kN
P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

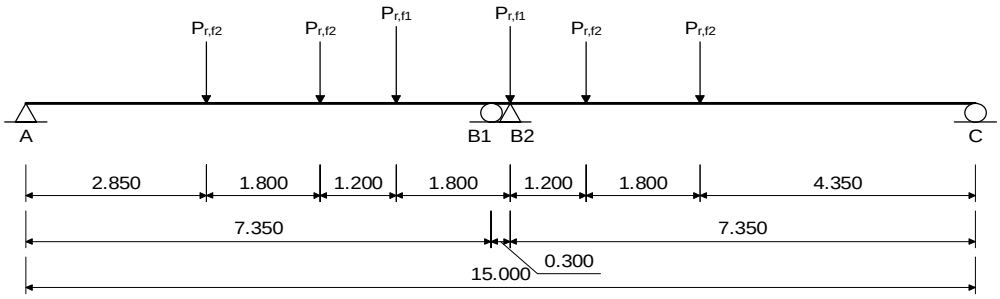
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350) / 7.350
= 75.373 kN

R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350
= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.373 x 1.00 = 75.373 kN
P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350
= 194.841 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350
= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN
P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

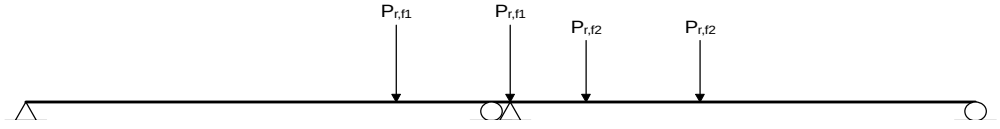
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

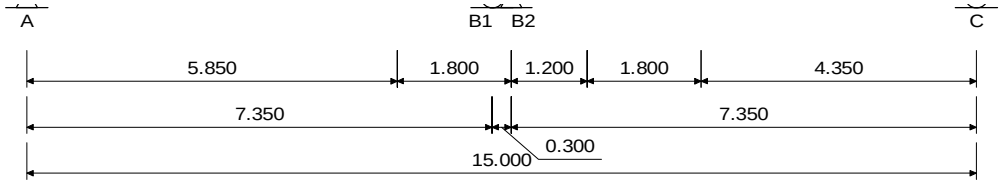
R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350
= 48.710 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

④ **1.0** 차선 재하





▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850) / 7.350
= 99.331 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350
= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 99.331 x 1.00 = 99.331 kN
P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

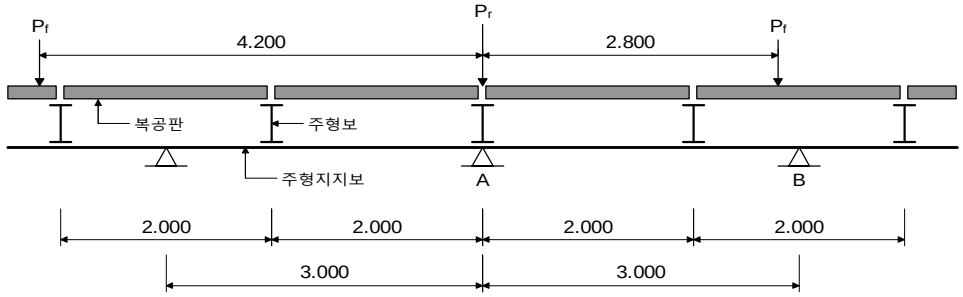
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850) / 7.350
= 24.833 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.833 x 1.00 = 24.833 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (302.927 x 3.000 + 75.732 x 0.200) / 3.000
= 307.975 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 307.975 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 339.194 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000
= 262.823 kN

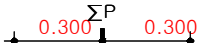
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

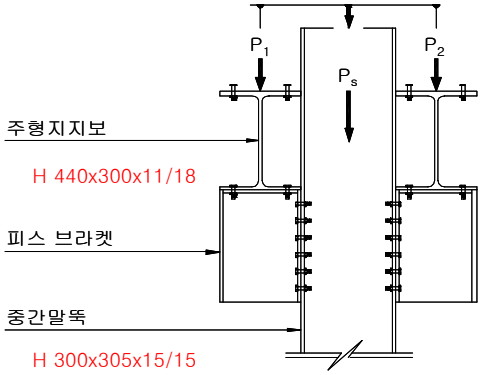
P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

∑P = P_1 + P_2 + P_s
= 339.194 + 294.042 + 44.650 = 677.886 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토





가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑P / A = 225.962 x 1000 / 13480 = 16.763 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 101.758 x 1000000 / 1440000 = 70.665 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 339.194 x 0.300 = 101.758 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.909

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.428 − −53.903) / 87.428

= 1.617

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5700 / 126

45.238 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (45.238 − 16))

= 171.318 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 171.318 MPa

L_y / R_y = 5700 / 72.6

78.512 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (78.512 − 16))

= 123.029 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 123.029 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 123.029 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5700 / 305

= 18.689 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (18.689 − 4))

= 149.139 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 149.139 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (45.238)^2

= 659.668 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 123.029 MPa > f_c = 16.763 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 149.139 MPa > f_b = 70.665 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{16.763}{123.029} + \frac{70.665}{149.139 \times (1 - (16.763 / 659.668))}$

= 0.622 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 16.763 + \frac{70.665}{1 - (16.763 / 659.668)}$

= 89.271 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.622 , 0.418)

= 0.622 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 225.96 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	40	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	6.500	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 40 x 1.210 x 6.500
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 154.420 tonf

= 1514.34 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1514.34 / 2.0

= 757.171 kN

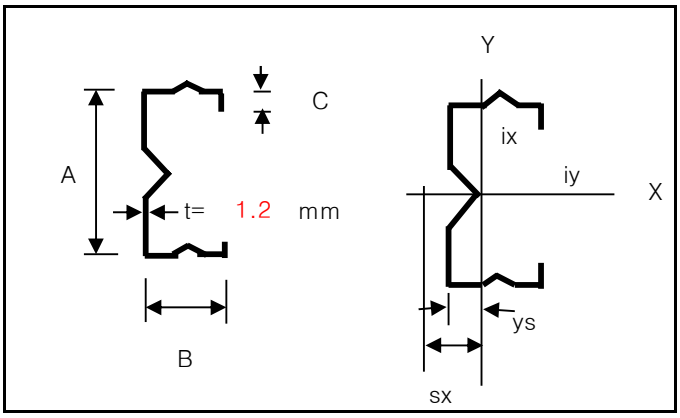
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

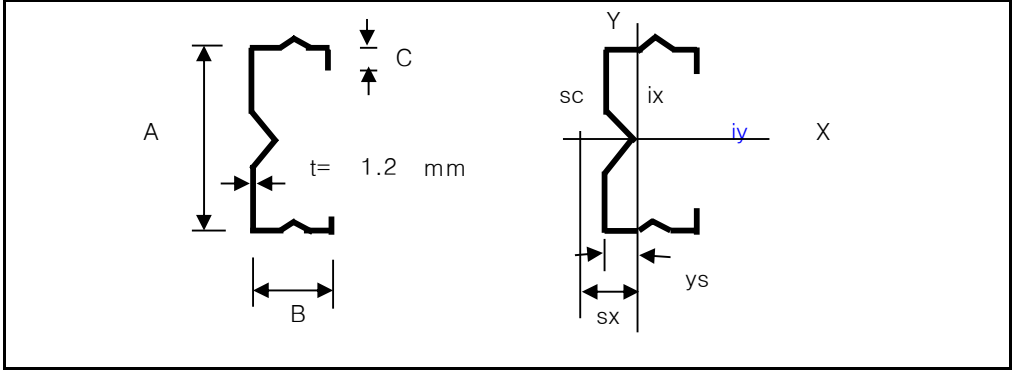
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 11.15m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

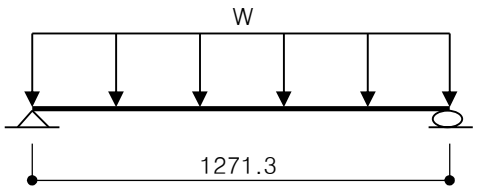
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0959 MPa ---> (CS11 : 굴착 11.15 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 95.9 kN/m^2 x 0.2000 m = 19.2 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 19.2 x 1.27^2 / 8 = 3.9 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 19.2 x 1.27 / 2 = 12.2 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3874127 / 27,100 = 142.96 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3874127 / 27,980 = 138.46 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 12190 / 234 = 52.09 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 142.96 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 138.46 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 52.09 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 11.15 m, 전모델높이 = 27 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.90	18.00	19.00	0.00	26.00	8	-	12000.00
2	토사(자갈)	11.90	20.00	21.00	0.00	35.00	8	-	32000.00
3	풍화토	27.00	20.00	21.00	21.00	29.00	45	-	31000.00
4	뒤채움	-	19.00	20.00	15.00	25.00	30	37311.00	27500.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	15.15	1.5

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	10	0	1
2	ST1	P 406.4x9	SS400	3.29	3	7.5	50	1
3	ST2	P 406.4x9	SS400	5.49	3	10	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	EA3	Strand12.7x4EA	SWPC7B	7.29	1.5	30	10	200
2	EA4	Strand12.7x4EA	SWPC7B	9.29	1.5	30	6	200

12.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브2	4.86	0	8.5	C27	1.3	-
2	벽체1	8.5	4.86	10	C27	1.5	뒤채움
3	슬래브1	10	0	8.5	C27	1.3	-

12.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 11.4 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.40	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	3.79	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	ST1		-	-	-	-	X	X
5	5.99	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	ST2		-	-	-	-	X	X
7	7.79	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	EA3		-	-	-	-	X	X
9	9.76	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	EA4		-	-	-	-	X	X
11	11.15	-	-	-	-	-	-	X	X
12	11.15	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
13	10.65	-	-	-	-	-	-	O	X
14	10.65		EA4	-	-	-	-	O	X
15	-	-	-	10	-	-	-	O	X
16	-	-	-	9.35	-	-	-	O	X
17	-		EA3	-	-	-	-	O	X
18	-	-	-	5.99	-	-	-	O	X
19	-		ST2	-	-	-	-	O	X
20	-	-	-	4.86	-	-	-	O	X
21	-		ST1	-	-	-	-	O	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	13.93	1.9	-7.15	4.8	0.98	0.0	-20.46	2.8
CS2 : 생성 주형보	1.40	13.93	1.9	-7.12	4.8	0.98	0.0	-20.47	2.8
CS3 : 굴착 3.79 m	3.79	21.83	4.1	-28.71	0.9	22.64	2.8	-13.68	6.0
CS4 : 생성 ST1	3.79	12.77	3.3	-21.94	0.9	11.71	2.4	-11.02	5.5
CS5 : 굴착 5.99 m	5.99	29.16	3.3	-60.80	3.3	30.32	5.5	-35.56	3.3
CS6 : 생성 ST2	5.99	25.37	3.3	-50.76	3.3	19.23	5.2	-26.51	3.3
CS7 : 굴착 7.79 m	7.79	32.00	8.8	-87.02	5.5	49.99	7.3	-29.44	5.5
CS8 : 생성 EA3	7.79	62.74	7.3	-53.95	3.3	24.43	5.2	-31.57	7.3
CS9 : 굴착 9.79 m	9.76	50.20	10.7	-134.13	7.3	96.57	9.3	-56.80	5.5
CS10 : 생성 EA4	9.76	50.80	9.3	-73.77	7.3	15.01	6.0	-27.33	3.3
CS11 : 굴착 11.15 m	11.15	49.10	11.9	-137.24	9.3	79.70	10.7	-40.53	7.3
CS12 : peck	11.15	46.77	7.3	-116.40	9.3	60.17	10.7	-35.17	7.3
CS13 : 골재포설	10.65	56.94	7.3	-81.06	9.3	22.09	5.2	-35.39	7.3
CS14 : 해체 EA4	10.65	56.39	11.2	-122.37	7.3	97.31	9.8	-48.94	5.5
CS15 : 슬래브1	10.65	56.39	11.2	-122.37	7.3	97.31	9.8	-48.94	5.5
CS16 : 벽체0	10.65	56.39	11.2	-122.37	7.3	97.31	9.8	-48.94	5.5
CS17 : 해체 EA3	10.65	65.22	5.5	-130.05	5.5	99.23	8.8	-112.34	5.5
CS18 : 벽체1	10.65	65.22	5.5	-130.05	5.5	99.21	8.8	-112.34	5.5
CS19 : 해체 ST2	10.65	49.53	11.2	-67.93	3.3	80.96	8.8	-81.04	3.3
CS20 : 슬래브2	10.65	49.53	11.2	-67.93	3.3	80.96	8.8	-81.04	3.3
CS21 : 해체 ST1	10.65	49.60	11.2	-57.60	7.8	78.06	8.8	-34.67	6.0
TOTAL		65.22	5.5	-137.24	9.3	99.23	8.8	-112.34	5.5

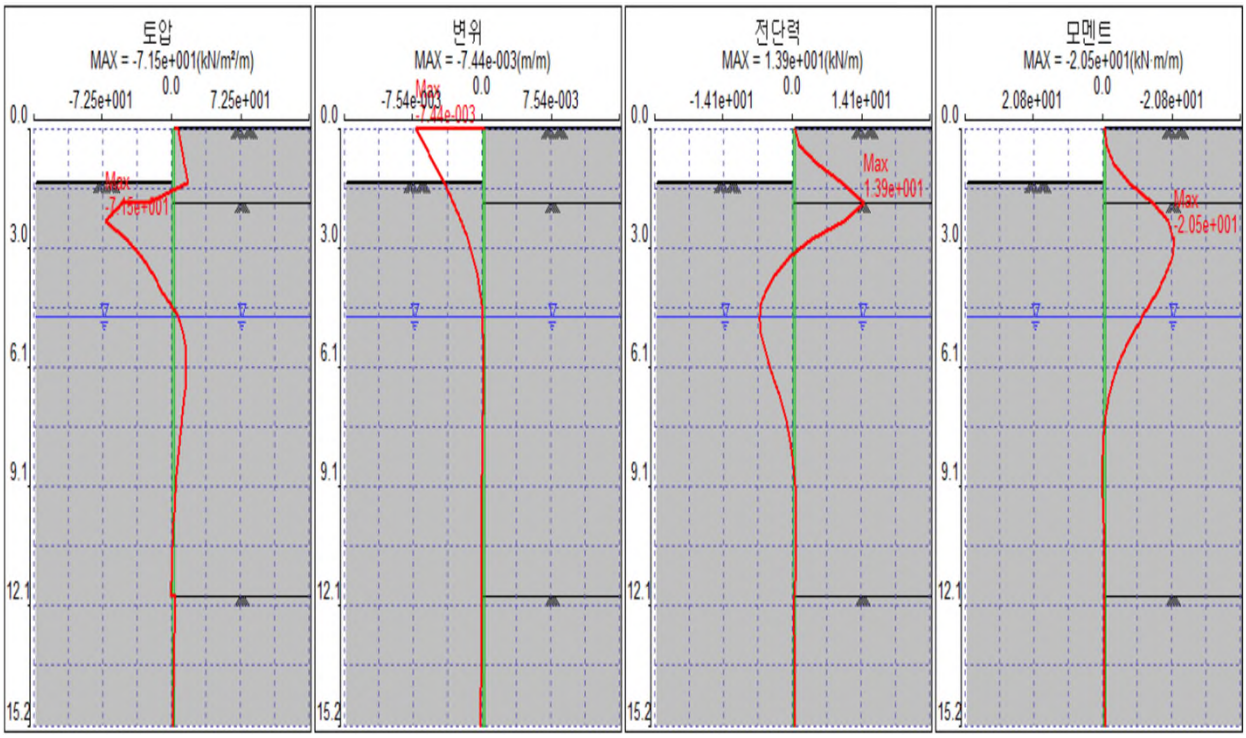
13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

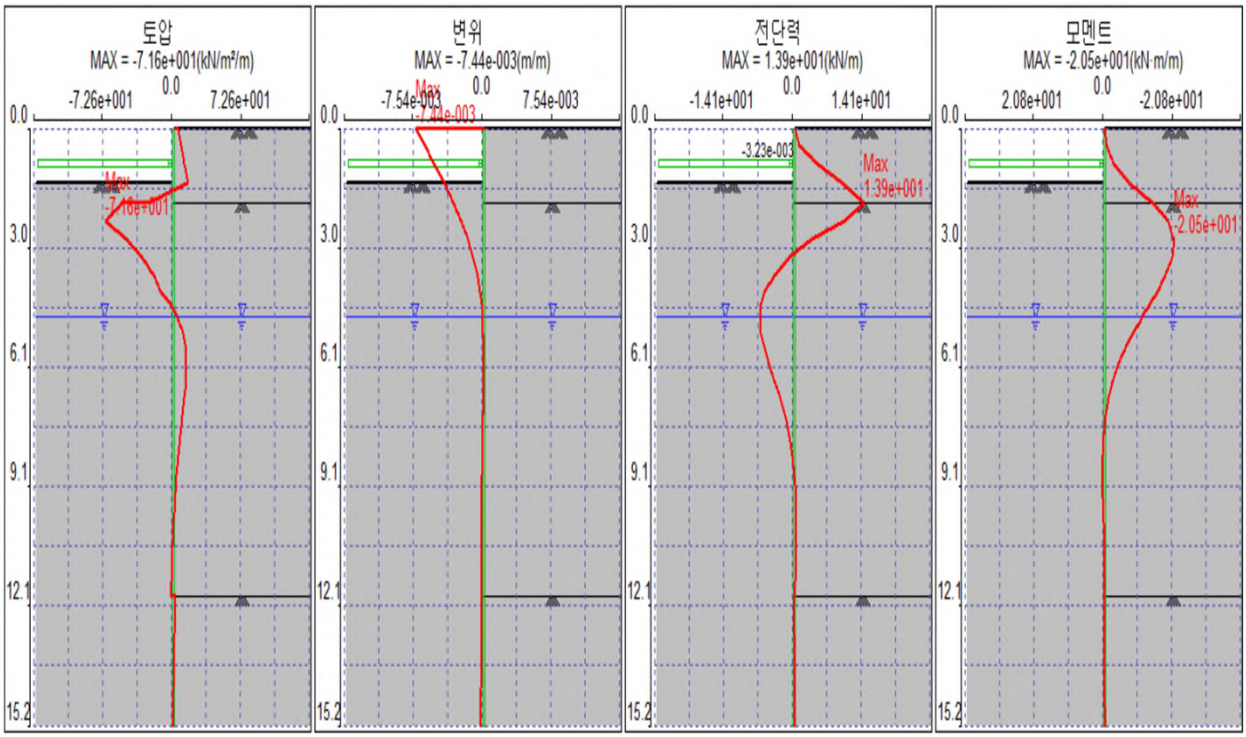
시공단계	굴착 깊이	주형보	ST1	ST2	EA3	EA4
		0.9 (m)	3.29 (m)	5.49 (m)	7.29 (m)	9.29 (m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	1.40	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.79 m	3.79	33.21	-	-	-	-
CS4 : 생성 ST1	3.79	26.42	16.66	-	-	-
CS5 : 굴착 5.99 m	5.99	10.03	89.97	-	-	-
CS6 : 생성 ST2	5.99	13.81	76.14	16.67	-	-
CS7 : 굴착 7.79 m	7.79	12.63	57.45	113.39	-	-
CS8 : 생성 EA3	7.79	13.47	79.66	15.93	133.33	-
CS9 : 굴착 9.79 m	9.76	14.77	40.58	100.96	172.12	-
CS10 : 생성 EA4	9.76	13.47	72.91	37.57	140.28	133.54
CS11 : 굴착 11.15 m	11.15	14.43	58.13	55.36	154.44	197.07
CS12 : peck	11.15	72.43	99.07	59.70	148.90	173.39
CS13 : 골재포설	10.65	13.90	77.44	9.77	134.51	129.28
CS14 : 해체 EA4	10.65	15.35	42.84	75.84	168.51	-
CS15 : 슬래브1	10.65	15.35	42.84	75.84	168.51	-
CS16 : 벽체0	10.65	15.35	42.84	75.84	168.51	-
CS17 : 해체 EA3	10.65	14.23	16.40	195.27	-	-
CS18 : 벽체1	10.65	14.23	16.40	195.27	-	-
CS19 : 해체 ST2	10.65	-8.98	116.16	-	-	-
CS20 : 슬래브2	10.65	-8.98	116.16	-	-	-
CS21 : 해체 ST1	10.65	35.32	-	-	-	-
TOTAL		72.43	116.16	195.27	172.12	197.07

13.2 시공단계별 단면력도

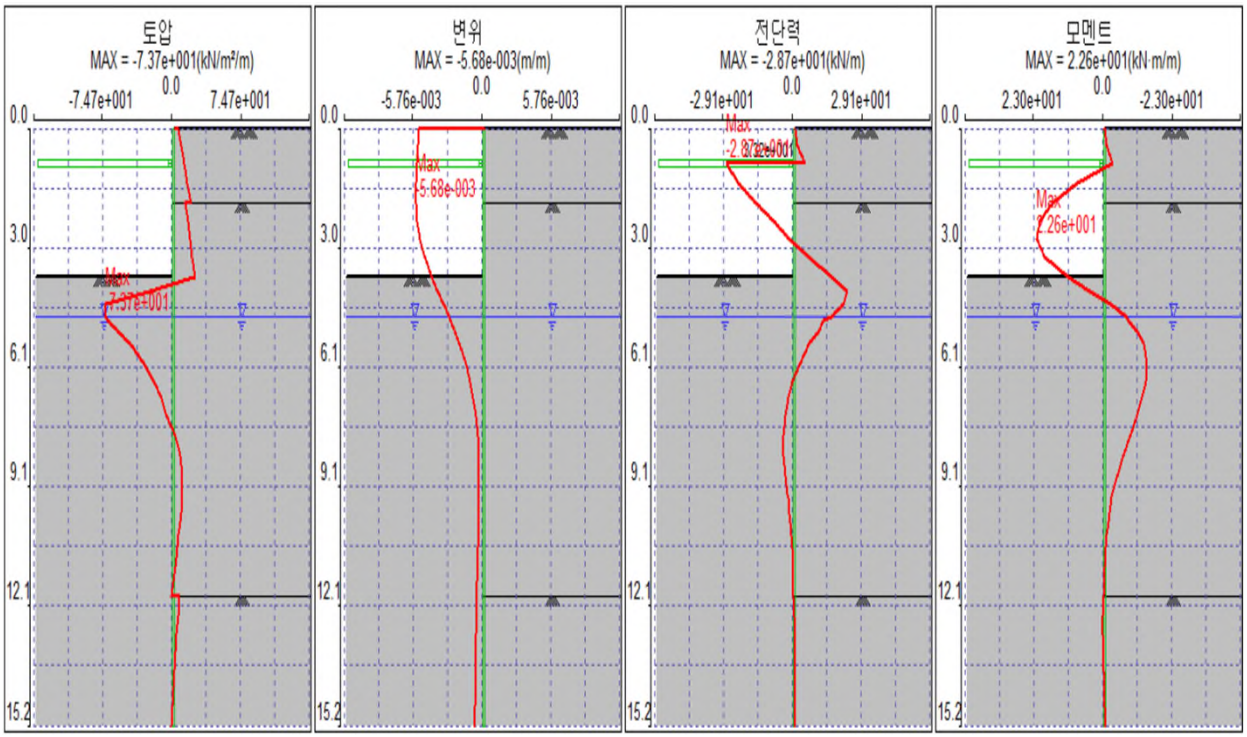
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.4 m]



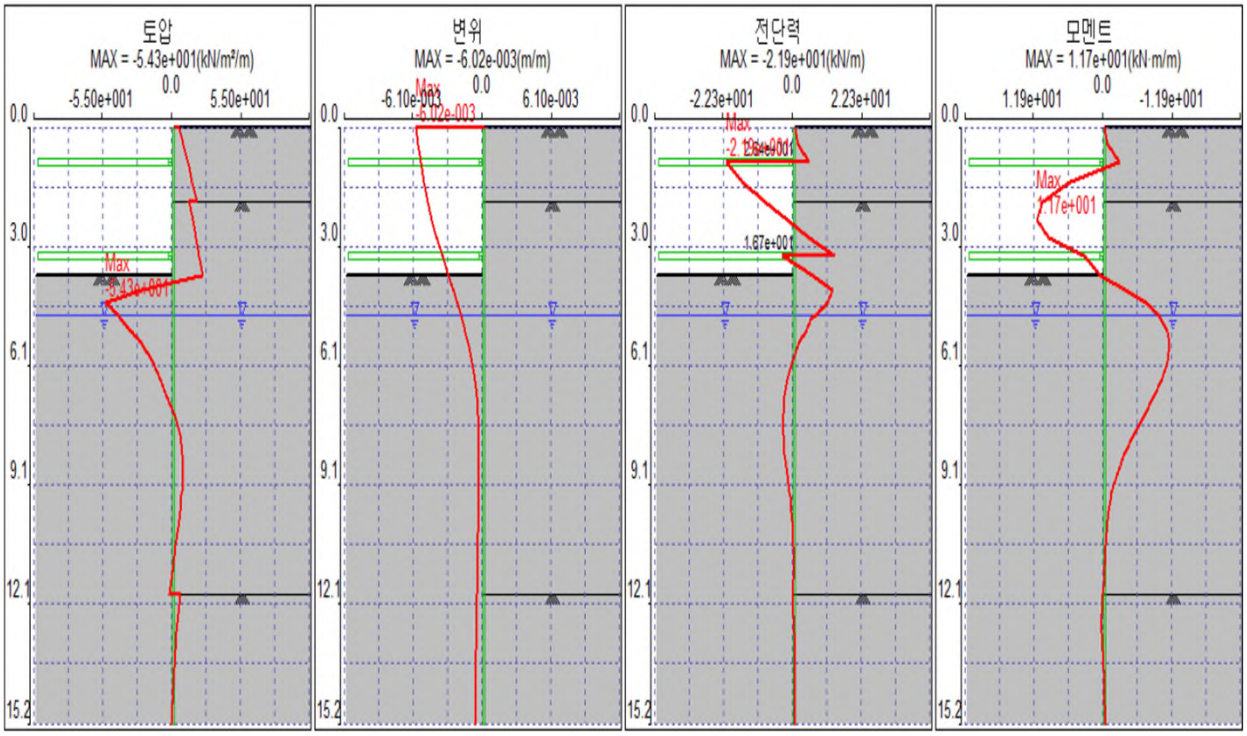
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



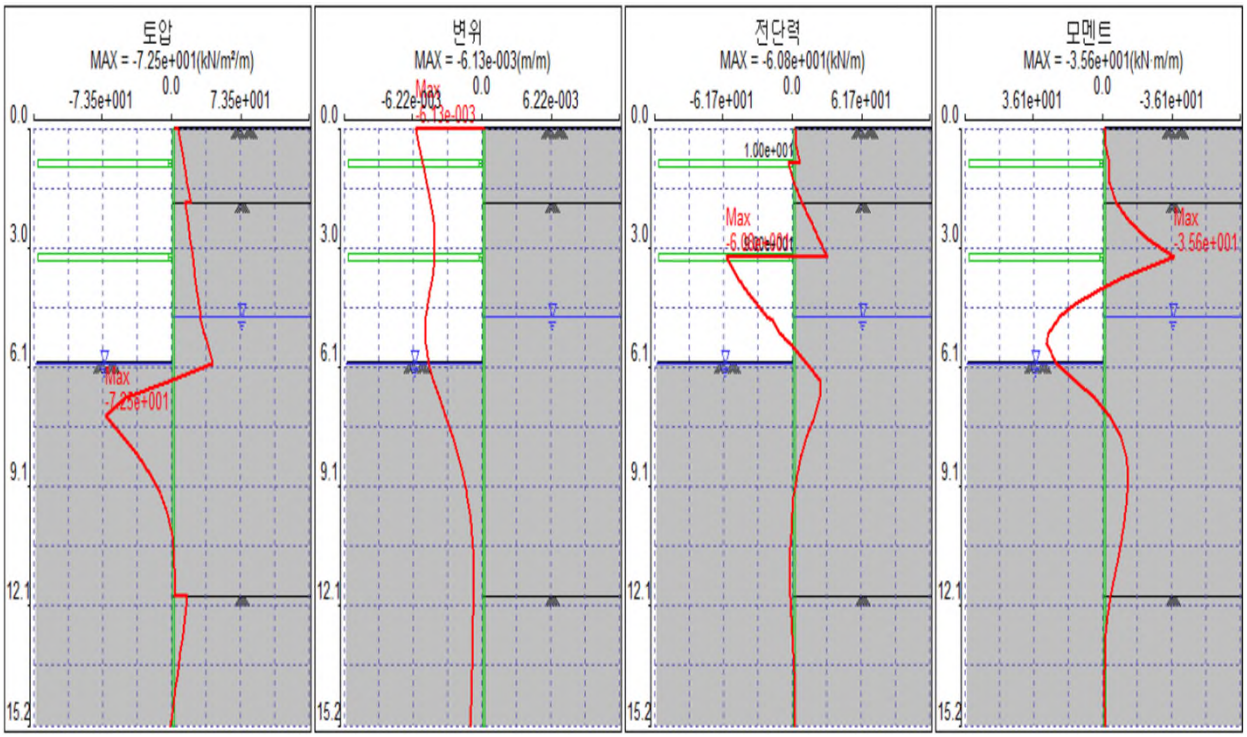
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.79 m]



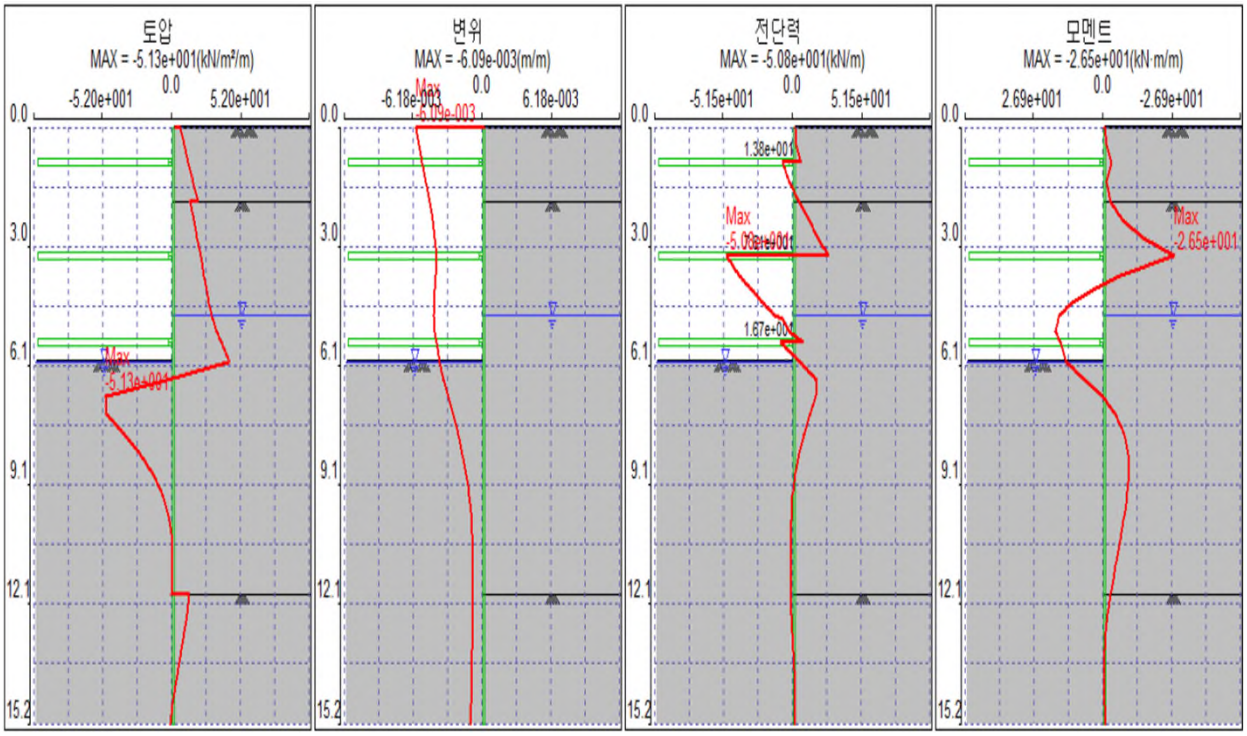
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 ST1]



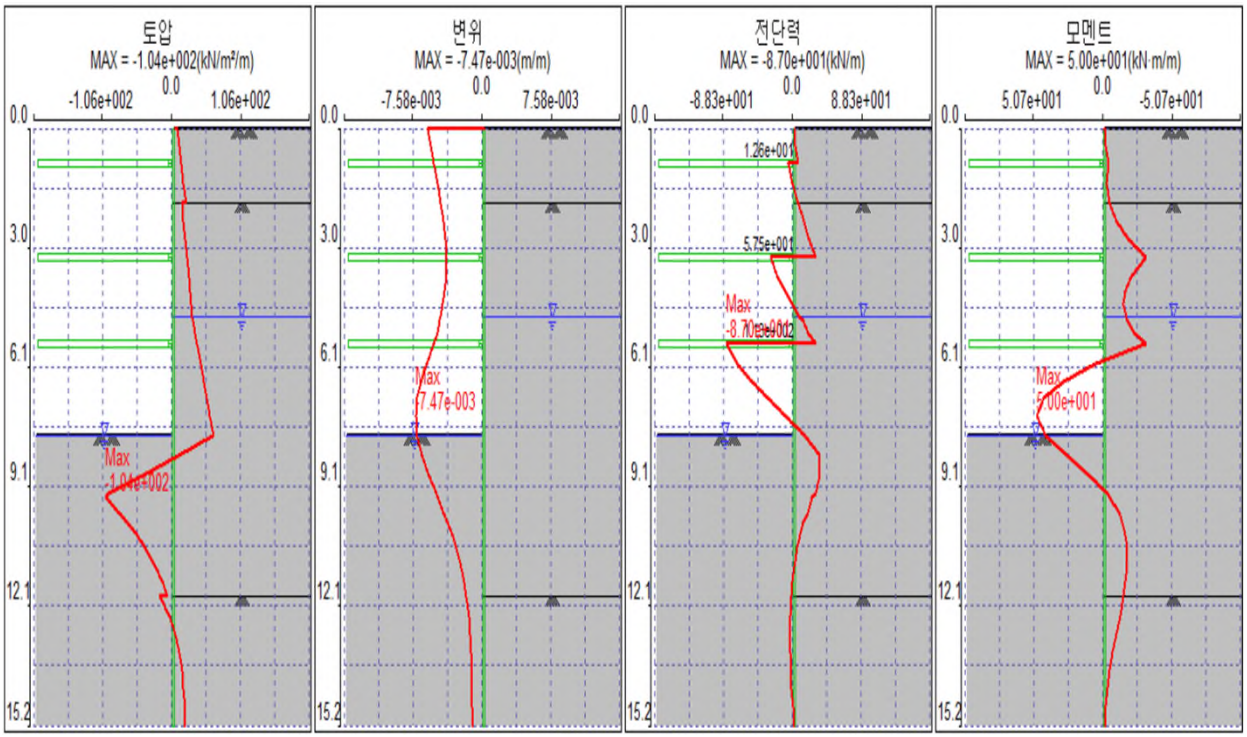
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.99 m]



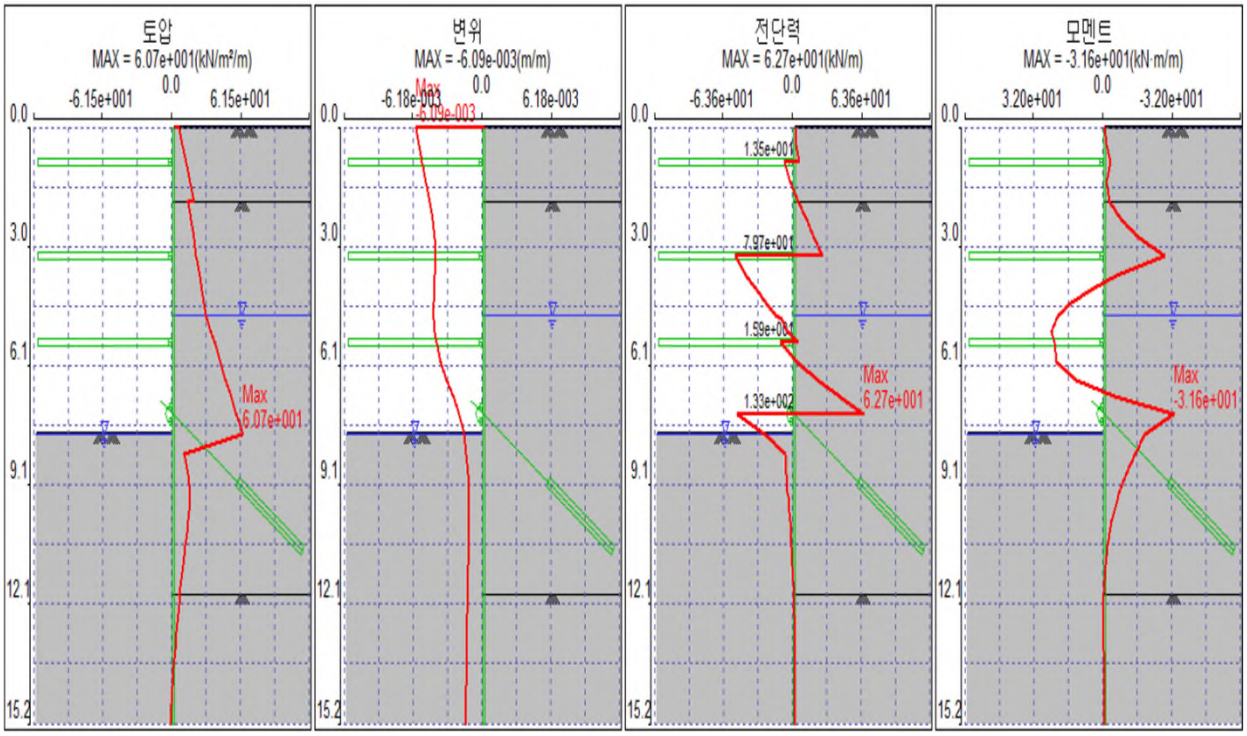
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 ST2]



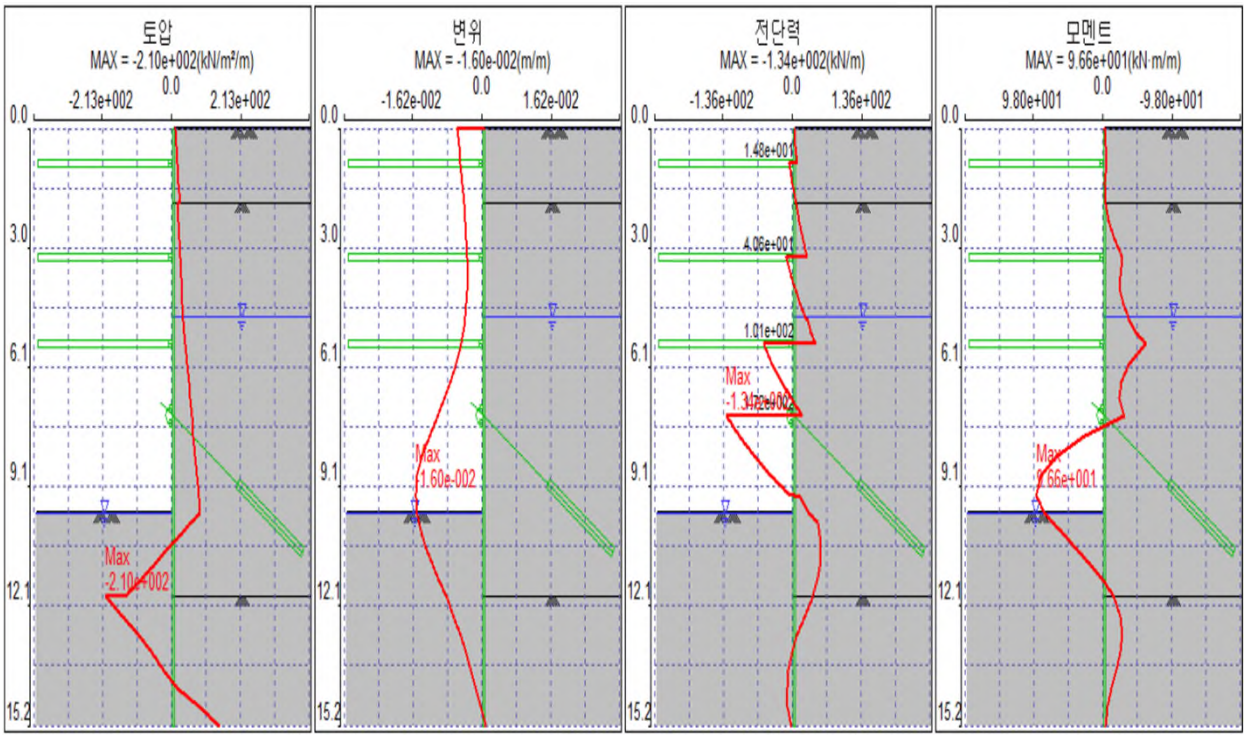
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 7.79 m]



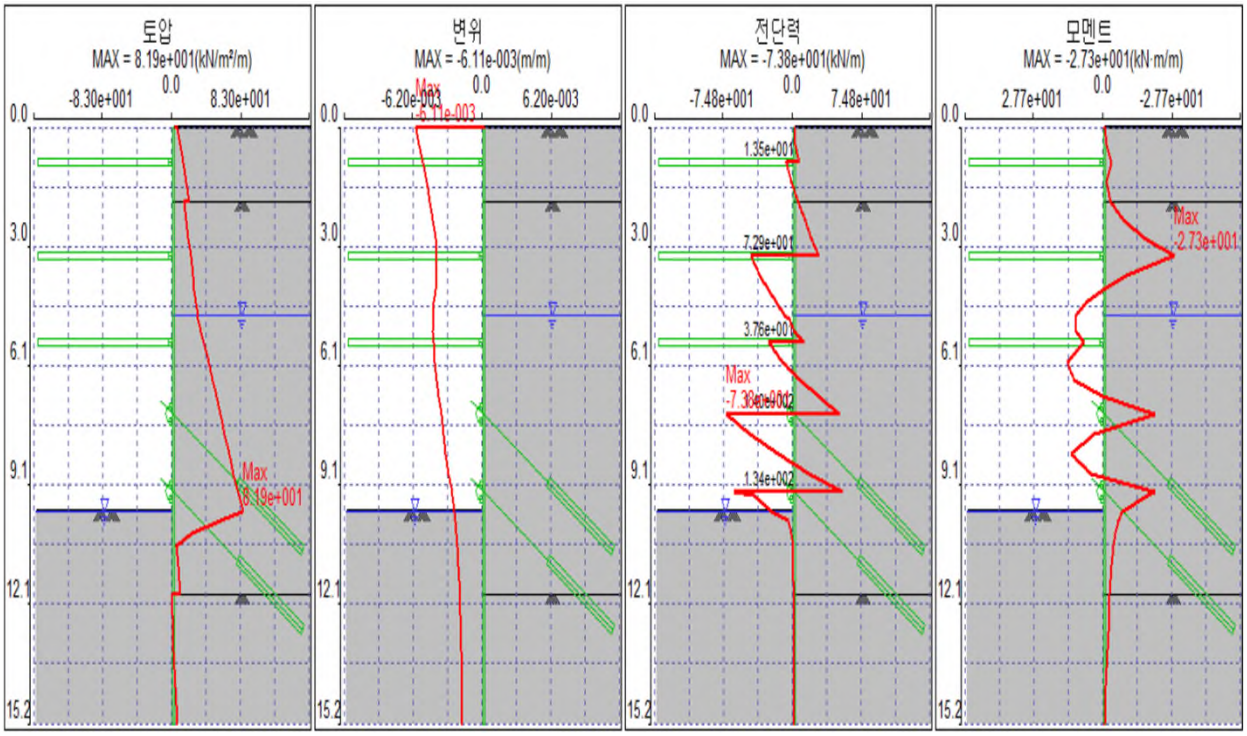
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 EA3]



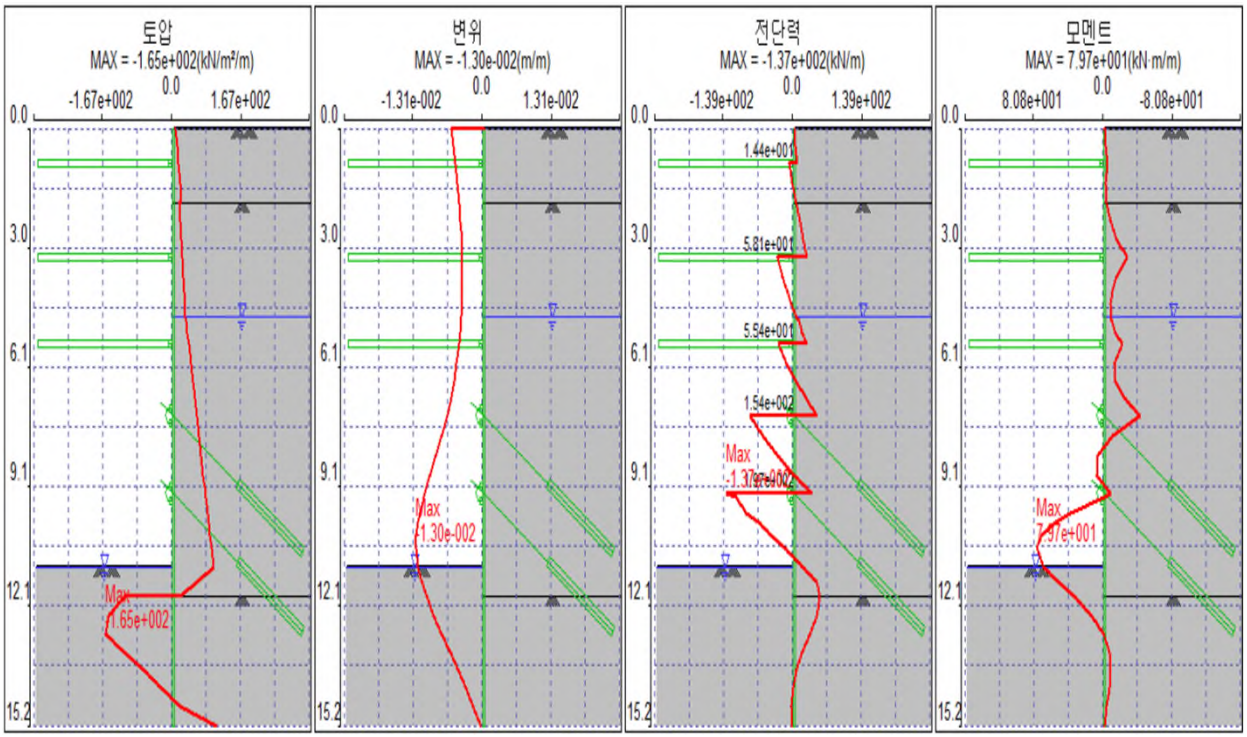
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.79 m]



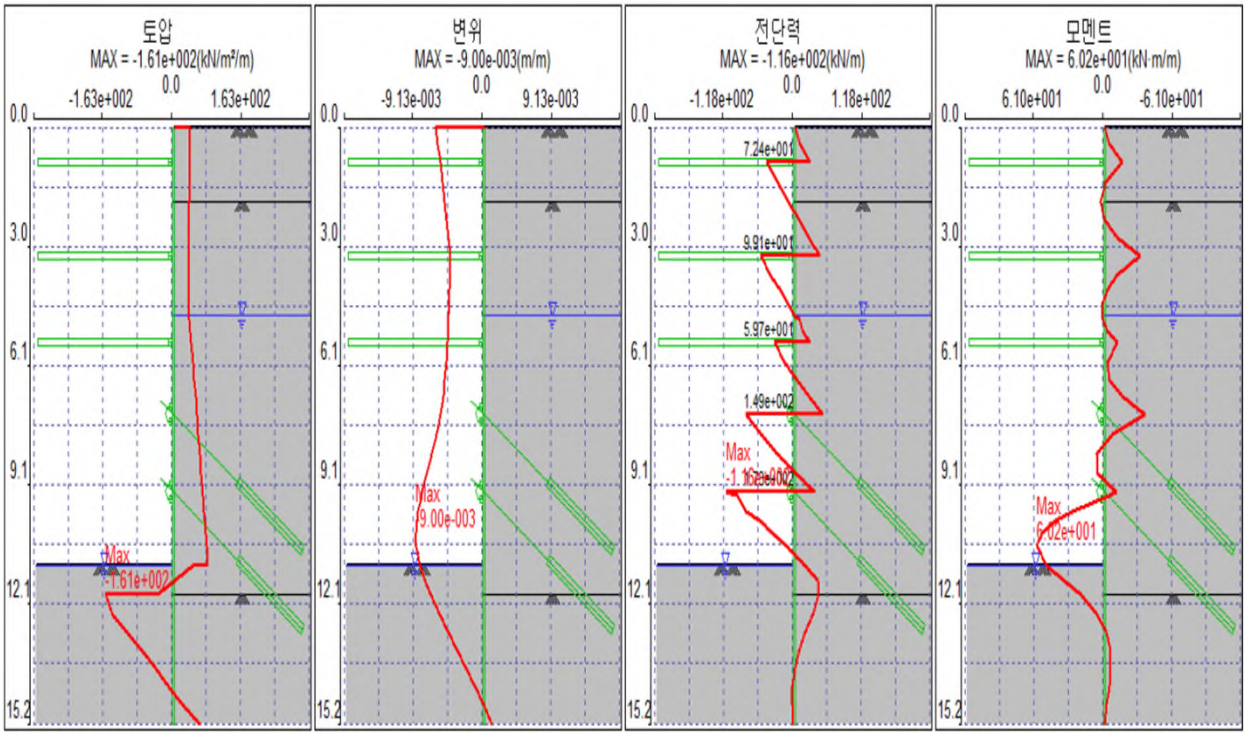
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 EA4]



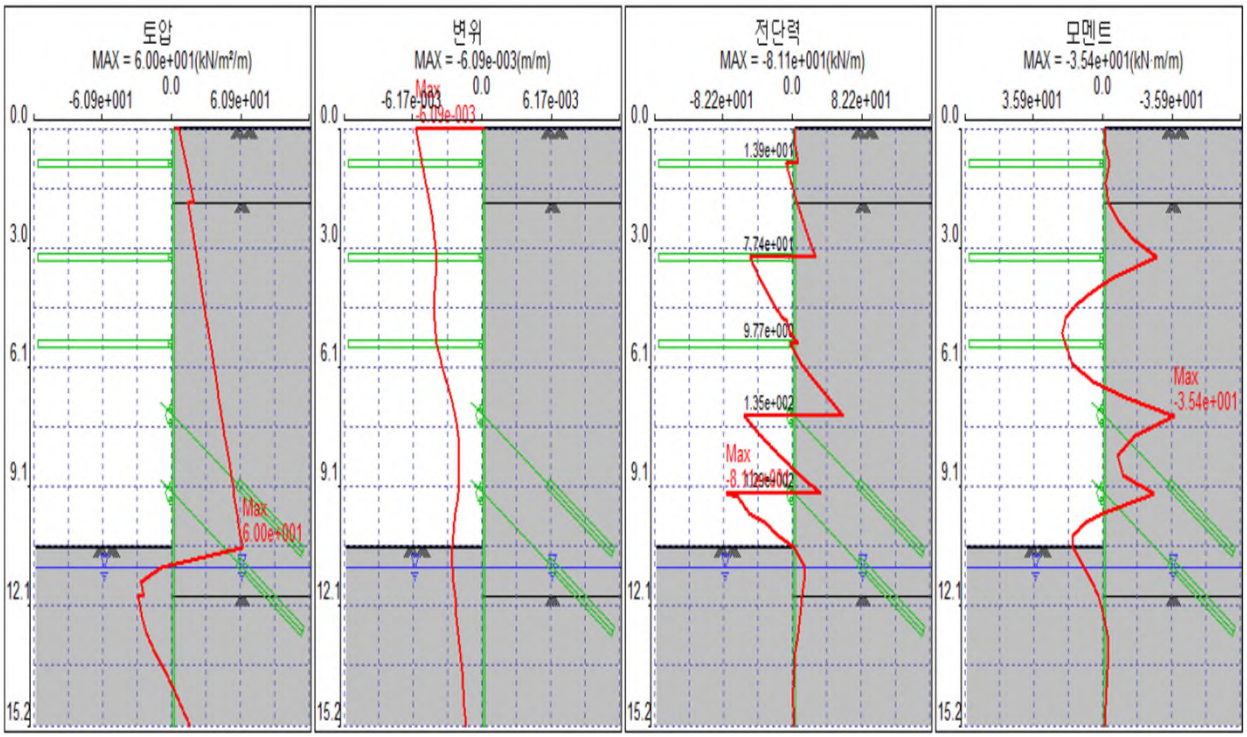
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 11.15 m]



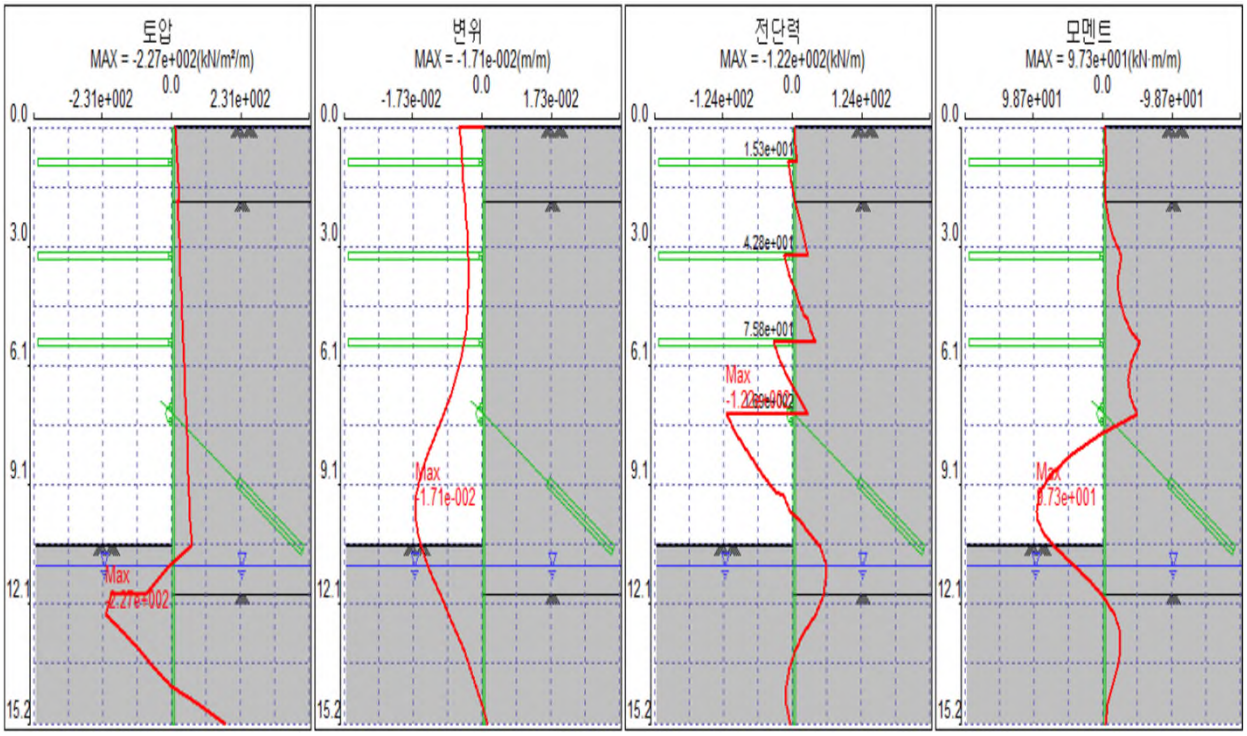
12) 시공 12 단계 [CS12 : peck]



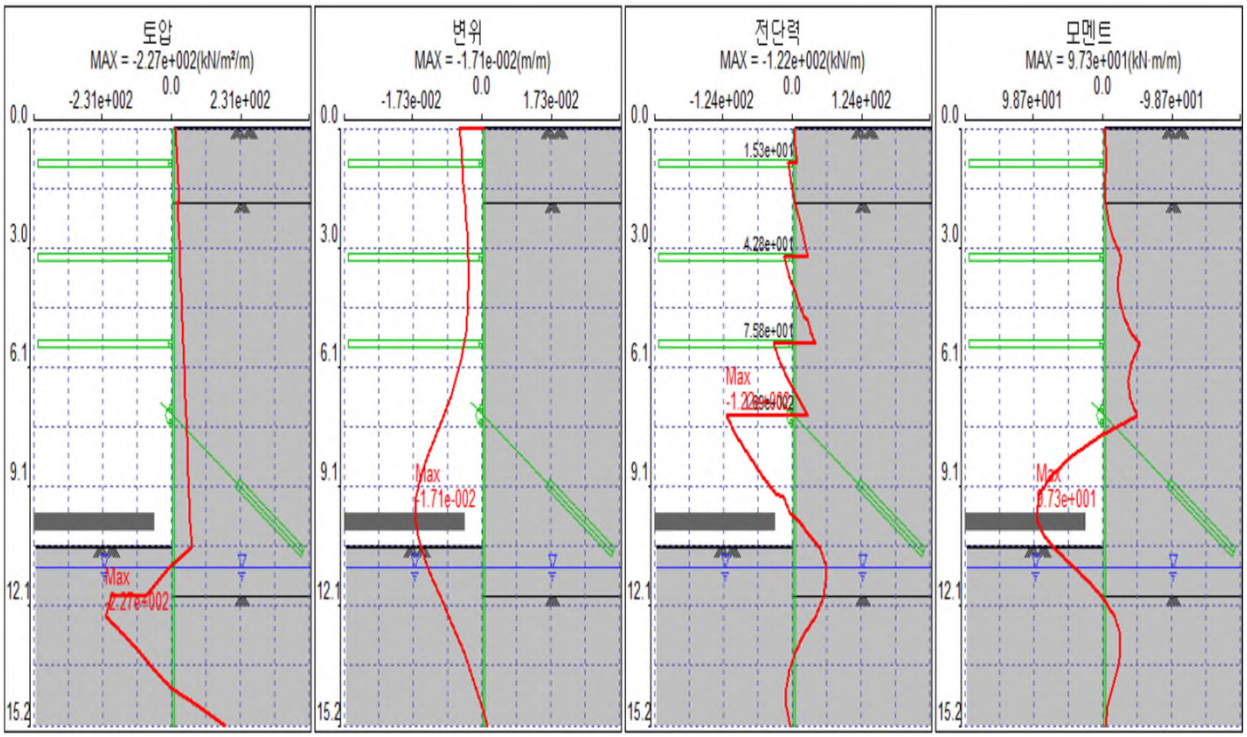
13) 시공 13 단계 [CS13 : 골재포설]



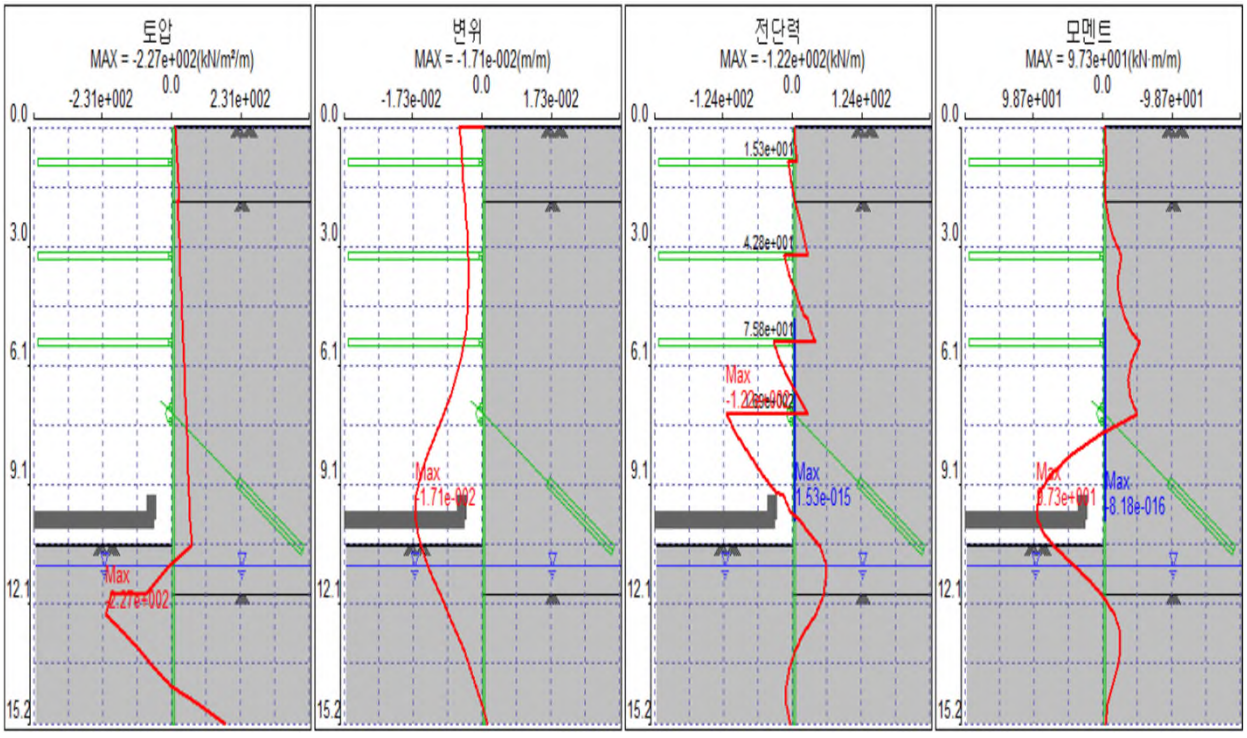
14) 시공 14 단계 [CS14 : 해체 EA4]



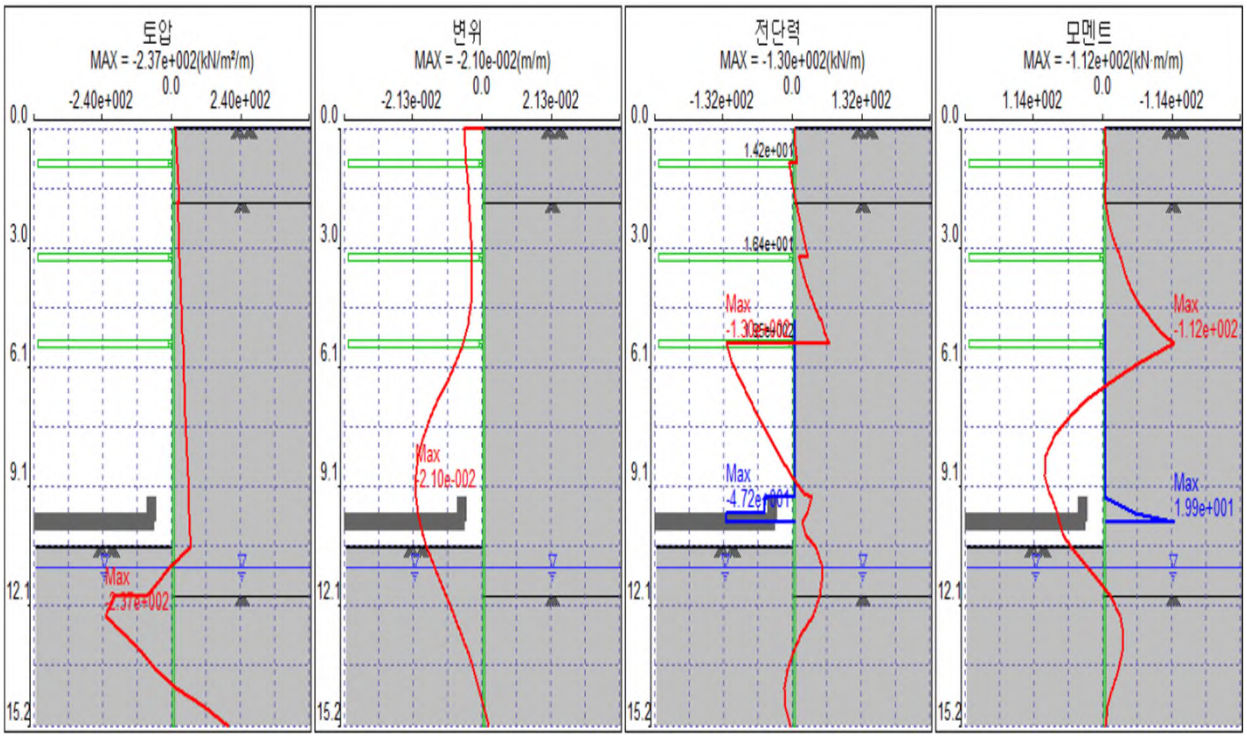
15) 시공 15 단계 [CS15 : 슬래브1]



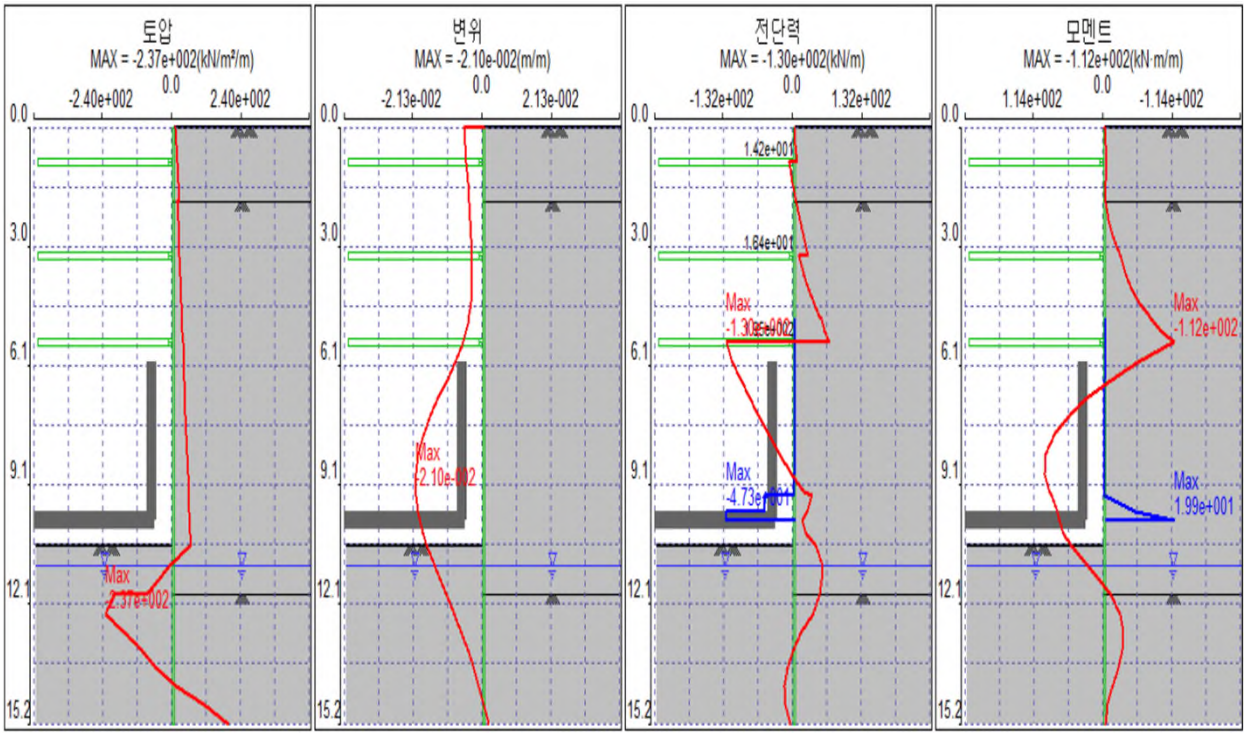
16) 시공 16 단계 [CS16 : 벽체0]



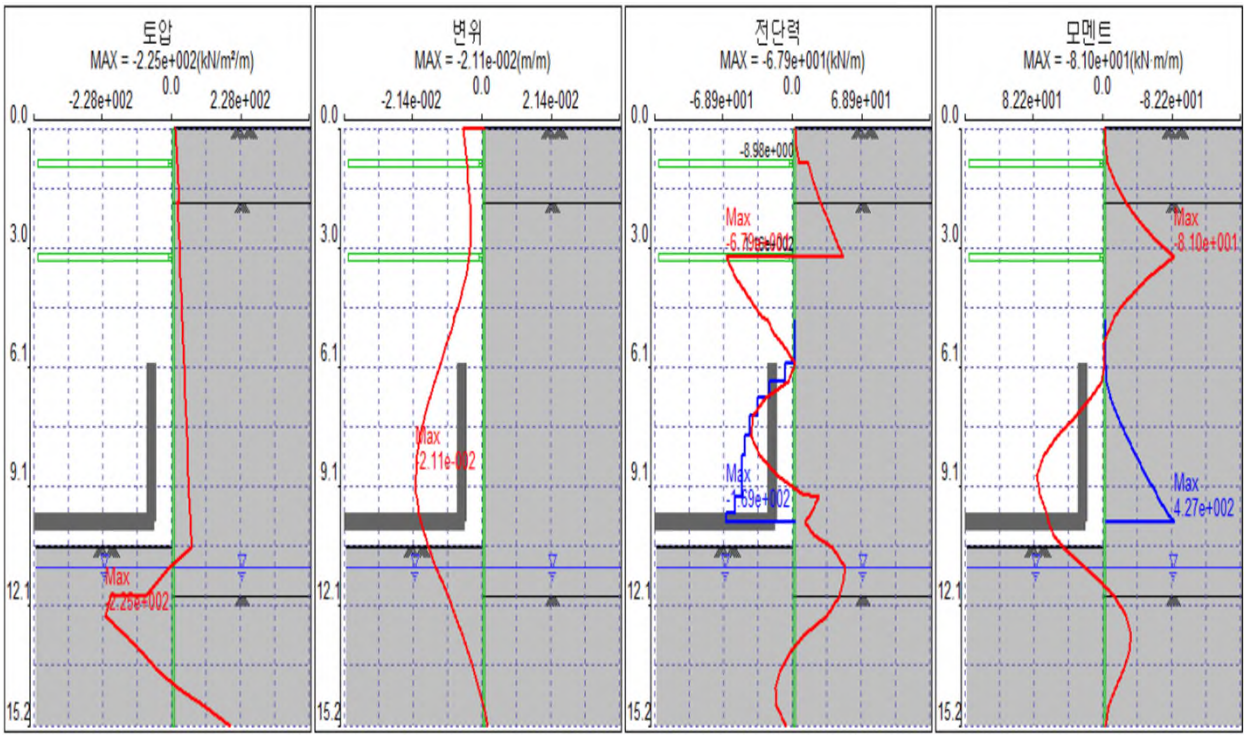
17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체 EA3]



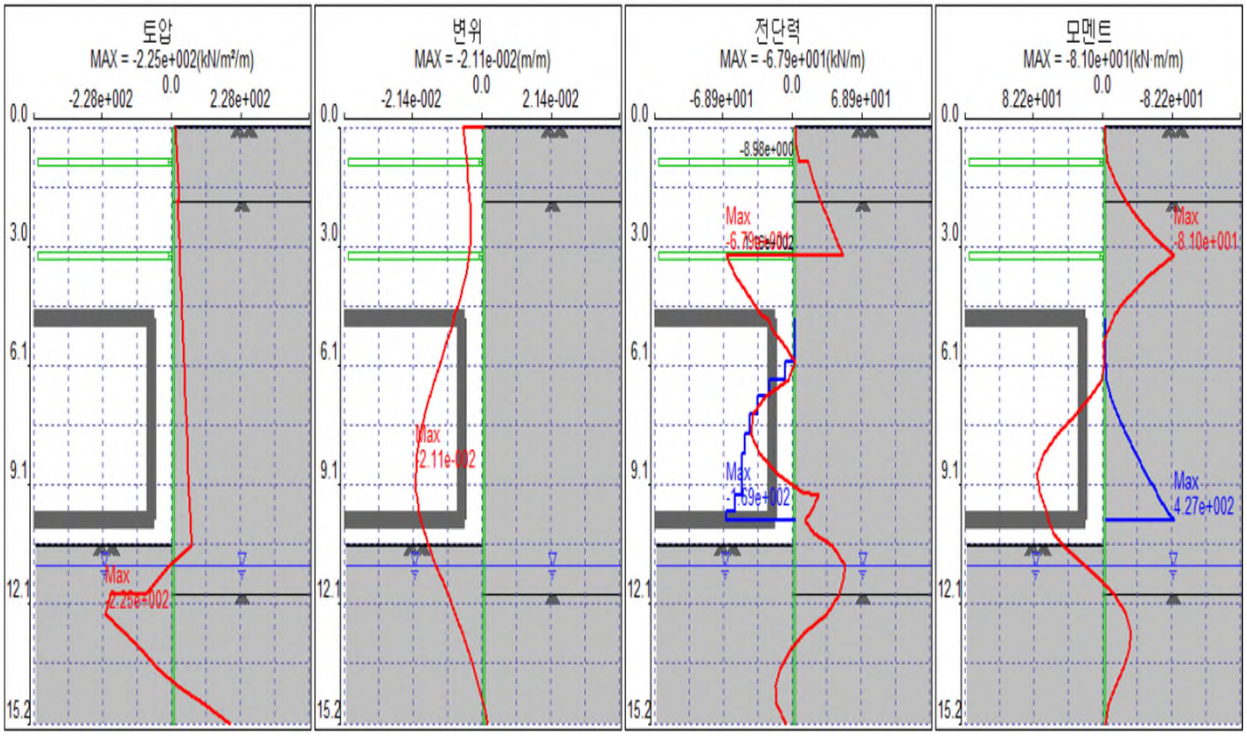
18) 시공 18 단계 [CS18 : 벽체1]



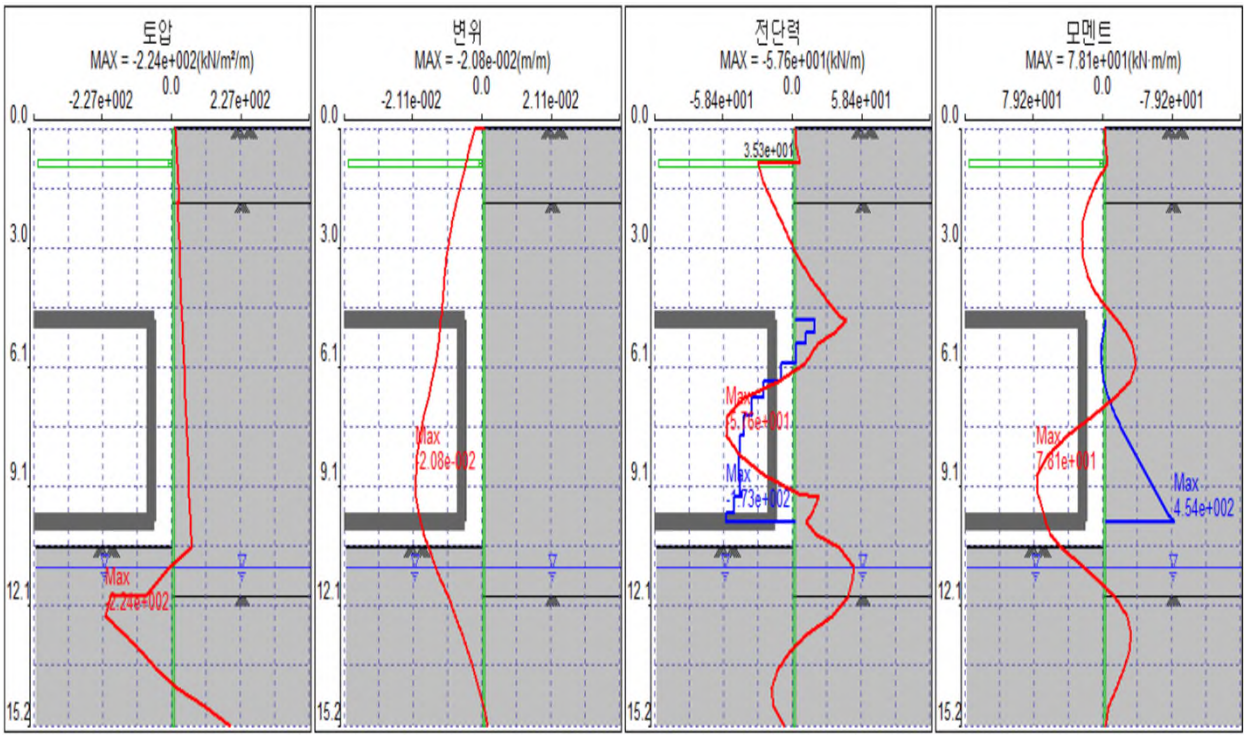
19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체 ST2]



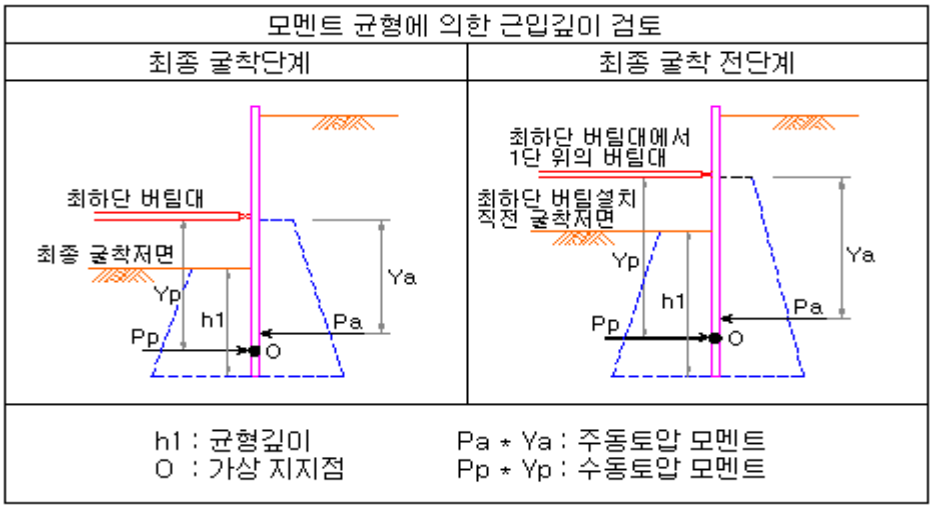
20) 시공 20 단계 [CS20 : 슬래브2]



21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체 ST1]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.555	4.500	485.849	1907.110	3.925	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.716	5.390	1260.930	3430.175	2.720	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.29 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 115.318 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.695 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 106.194 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.82 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (115.318 x 0.695) + (106.194 x 3.82) = 485.849 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 446.563 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.271 m

Mp = (Pp x Yp) = (446.563 x 4.271) = 1907.11 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1907.11 / 485.849 = 3.925

S.F. = 3.925 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -7.29 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 254.59 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.315 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 172.427 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.371 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (254.59 x 1.315) + (172.427 x 5.371) = 1260.93 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 567.257 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.047 m

Mp = (Pp x Yp) = (567.257 x 6.047) = 3430.175 kN·m

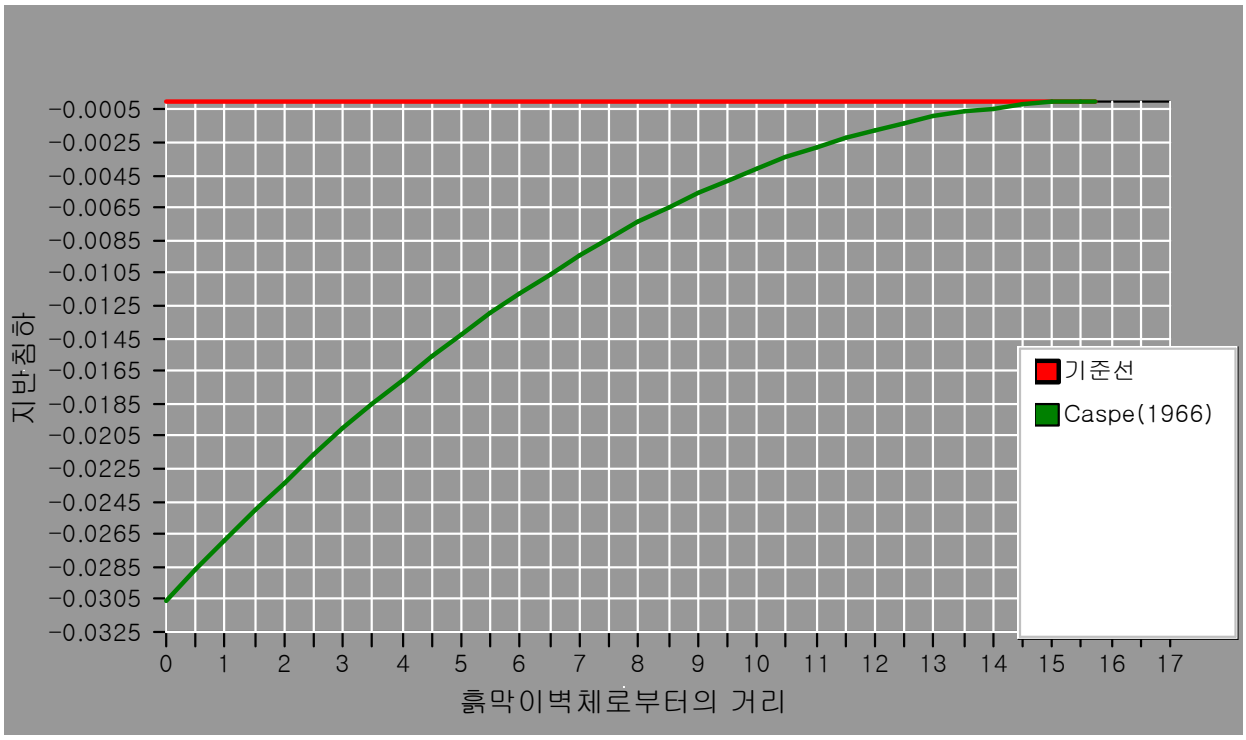
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 3430.175 / 1260.93 = 2.72

S.F. = 2.72 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.120 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 11.15 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 33.394 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 33.394/2) = 18.57 m

Ht = Hp + Hw = 18.57 + 11.15 = 29.72 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 29.72 x tan(45-33.394/2) = 16.004 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.120 / 16.004 = -0.030 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.030 x ((16.004 - Xi) / 16.004)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-30.605	-1.914	-3.828
0.50	-28.691	-1.852	-3.705
1.00	-26.838	-1.790	-3.581
1.50	-25.048	-1.729	-3.457
2.00	-23.319	-1.667	-3.334
2.50	-21.652	-1.605	-3.210
3.00	-20.047	-1.543	-3.087
3.50	-18.504	-1.481	-2.963

4.00	−17.022	−1.420	−2.839
4.50	−15.603	−1.358	−2.716
5.00	−14.245	−1.296	−2.592
5.50	−12.949	−1.234	−2.468
6.00	−11.715	−1.172	−2.345
6.50	−10.542	−1.111	−2.221
7.00	−9.432	−1.049	−2.098
7.50	−8.383	−0.987	−1.974
8.00	−7.396	−0.925	−1.850
8.50	−6.470	−0.863	−1.727
9.00	−5.607	−0.802	−1.603
9.50	−4.805	−0.740	−1.480
10.00	−4.066	−0.678	−1.356
10.50	−3.388	−0.616	−1.232
11.00	−2.771	−0.554	−1.109
11.50	−2.217	−0.493	−0.985
12.00	−1.724	−0.431	−0.862
12.50	−1.294	−0.369	−0.738
13.00	−0.925	−0.307	−0.614
13.50	−0.618	−0.245	−0.491
14.00	−0.372	−0.184	−0.367
14.50	−0.189	−0.122	−0.244
15.00	−0.067	−0.060	−0.120
15.50	−0.007	−0.007	−0.029
15.74	0.000	0.000	0.000
Max	−30.605	−1.914	−3.828

3-1.10 TYPE-10

(STA.0+560.0~0+580.0)

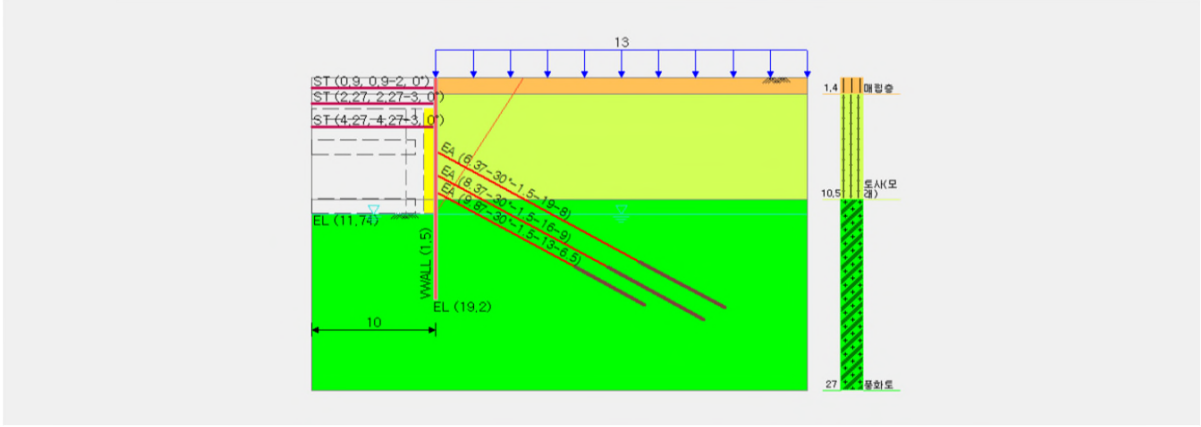
GeoX 구조계산서

TYPE-10 벽체 1단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (St 1)
7.2 Strut 설계 (St 2)
7.3 Earth Anchor 설계 (EA 3, EA 4, EA 5)
8.띠장 설계
8.1 St 1 띠장 설계
8.2 St 2 띠장 설계
8.3 EA 3 띠장 설계
8.4 EA 4 띠장 설계
8.5 EA 5 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 11.74m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9-2, 0°)
ST (2.27, 2.27-3, 0°)
ST (4.27, 4.27-3, 0°)
EA (8.37-30-1.5-19-8)
EA (8.37-30-1.5-16-9)
EA (9.87-30-1.5-13-6.5)
EL (11.74)
WALL (1.5)
EL (19.2)
10
1,4
매립층
10,5
토사(모래)
27
풍화토

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	89.879	156.609	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.218	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
St 1 P 406.4x9	2.27	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.195	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		
St 2 P 406.4x9	4.27	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	54.543	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
EA 3 Strand12.7x4EA	6.37	O.K	O.K	O.K
EA 4 Strand12.7x4EA	8.37	O.K	O.K	O.K
EA 5 Strand12.7x4EA	9.87	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
St 1 H 300x305x15/15	2.27	휨응력	93.225	142.832	O.K	
		전단응력	44.196	90.000	O.K	
St 2 H 300x305x15/15	4.27	휨응력	118.475	142.832	O.K	
		전단응력	56.166	90.000	O.K	
EA 3 2H 250x250x9/14	6.37	휨응력	39.997	153.578	O.K	
		전단응력	46.282	90.000	O.K	
EA 4 2H 250x250x9/14	8.37	휨응력	44.751	153.578	O.K	
		전단응력	51.784	90.000	O.K	
EA 5 2H 250x250x9/14	9.87	휨응력	33.106	153.578	O.K	
		전단응력	38.309	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	108.709	180.868	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	63.483	196.658	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	56.062	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	70.665	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.839	137.022	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 11.74	휨응력	158.626	303.750	O.K		
		압축응력	153.637	281.667	O.K		
		전단응력	57.804	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS22 : 벽체2	20.284	35.220	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

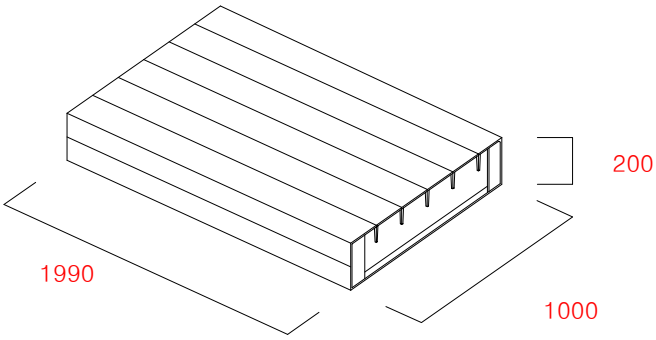
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

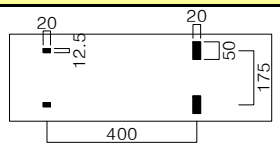
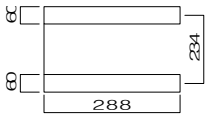
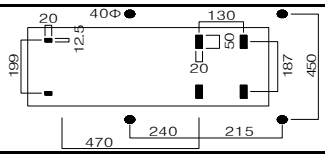
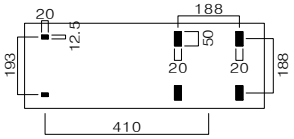
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

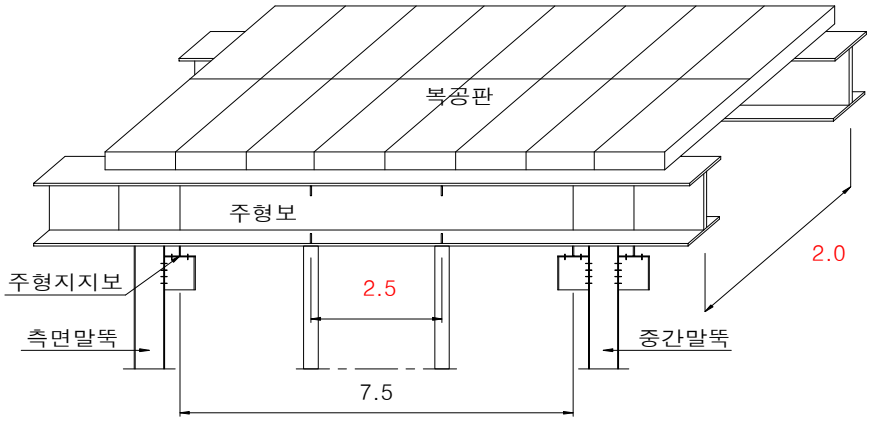
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

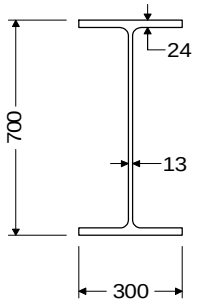
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

Σ = 5.550 kN/m

M_d = w_d x L^2 / 8 = 5.550 x 7.500 x 7.500 / 8 = 39.023 kN·m

S_d = w_d x L / 2 = 5.550 x 7.500 / 2 = 20.813 kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

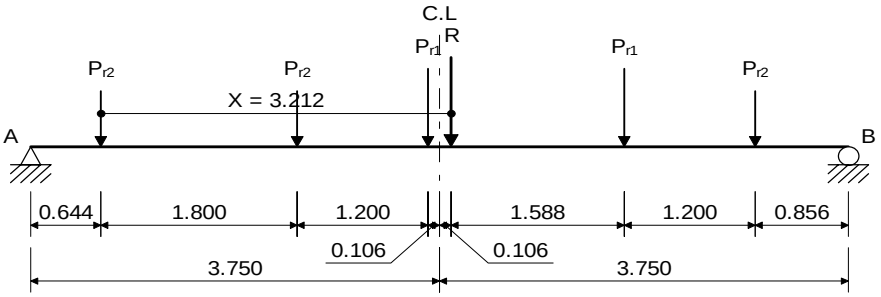
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

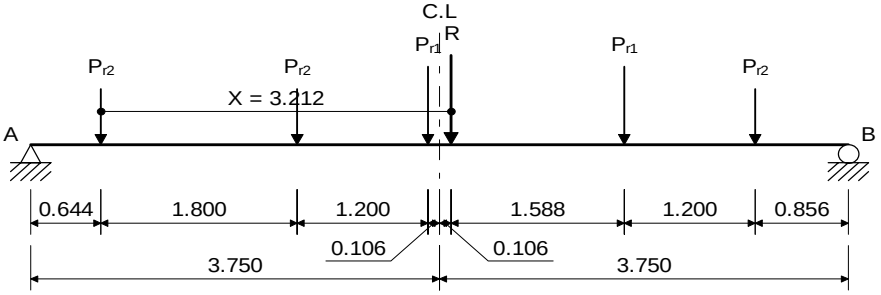
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



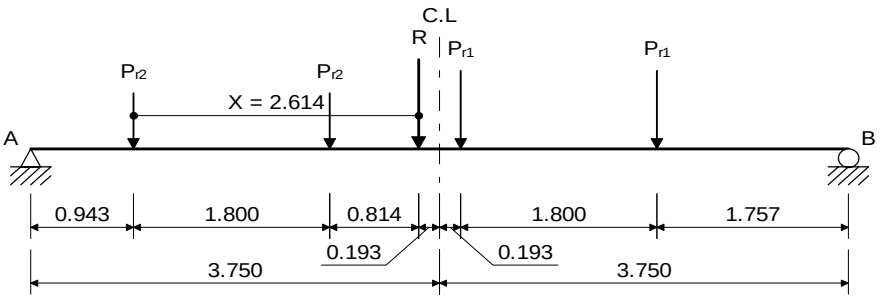
R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L

= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500

= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② **2** 차선 재하시 (후륜하중)

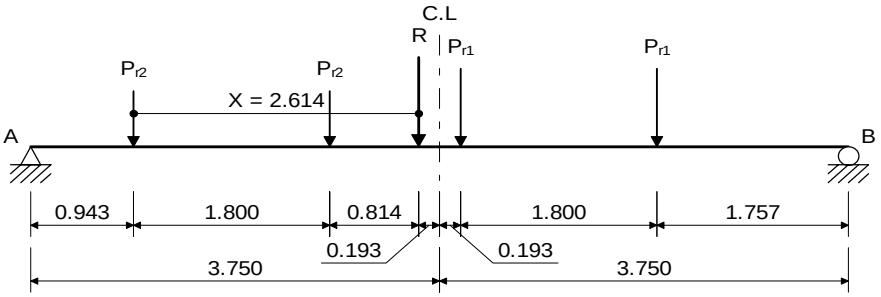


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

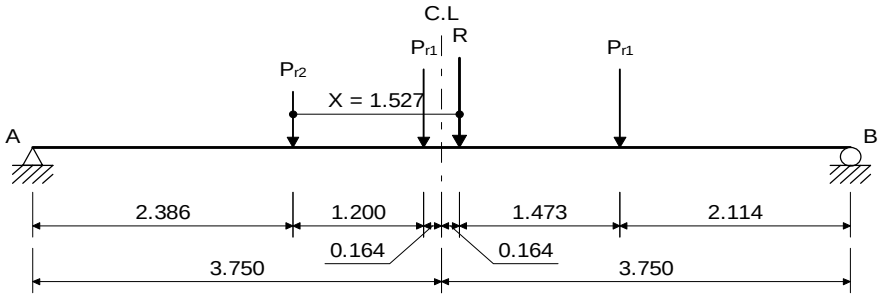
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

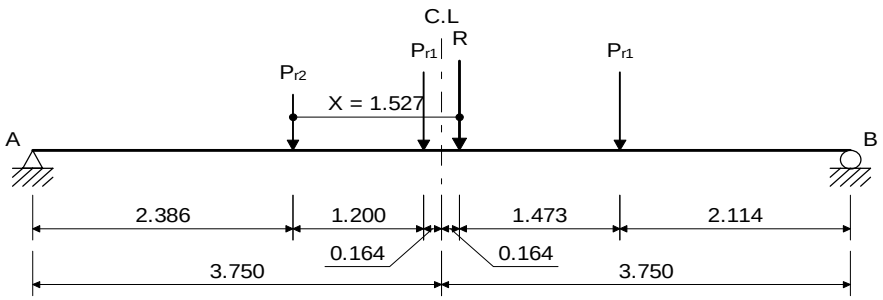


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

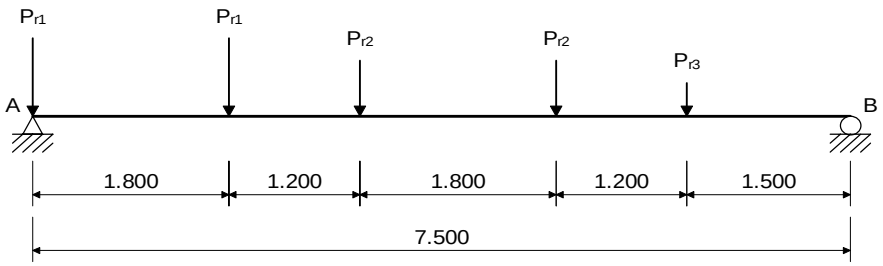


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x 1.00 = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m
S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 \times 1000000 / 5760000.0 = 101.569$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 344.357 \times 1000 / 8476 = 40.627$ MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 24.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2500 / 300$

$= 8.333$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (8.333 - 4.6))$

$= 147.042$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 147.042$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 147.042$ MPa > $f_b = 101.569$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 40.627$ MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 420.010 / (7.50 \times 7.50) = 59.735$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 59.735 \times 7500.0^4 / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 5.830$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

$\delta_a = Min.(L/400, 25mm)$

$= Min. (7500.0 / 400 , 25)$

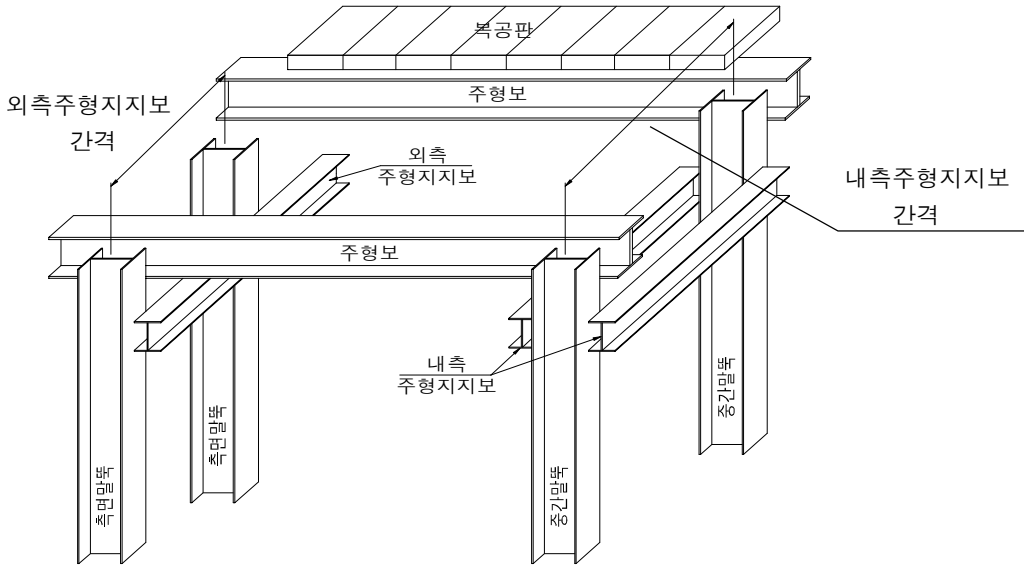
$= 18.750$ mm > $\delta_l = 5.830$ mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

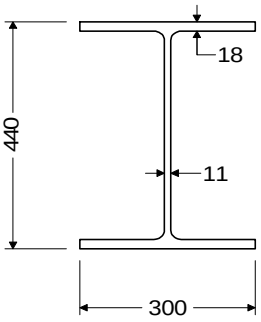
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

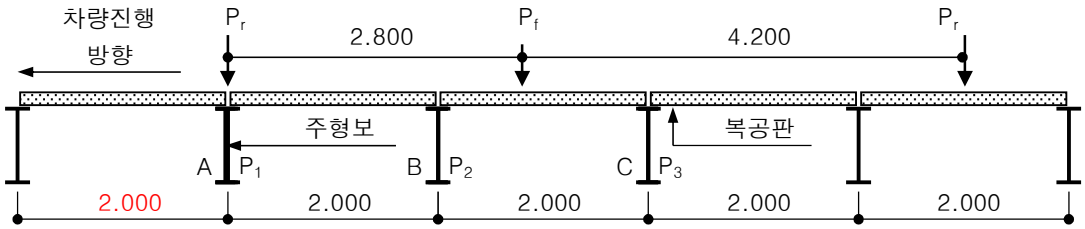


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**

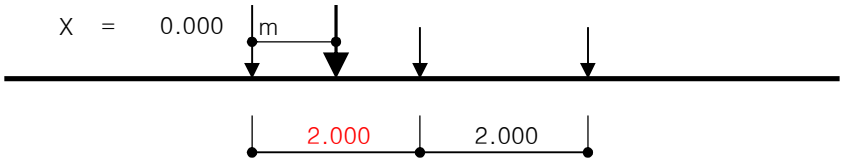


▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



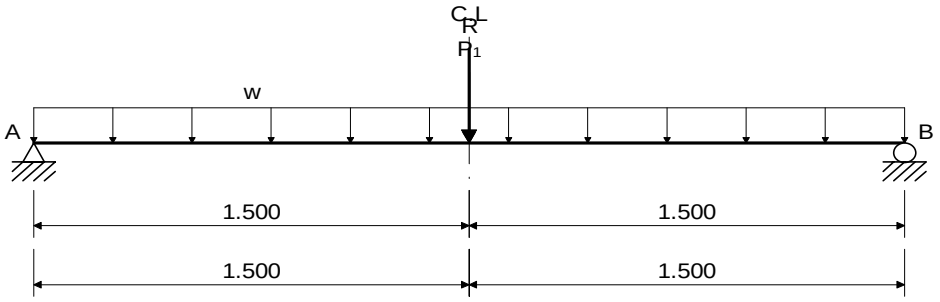


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 344.356$
$= 344.357$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 344.356$
$= 0.000$ m

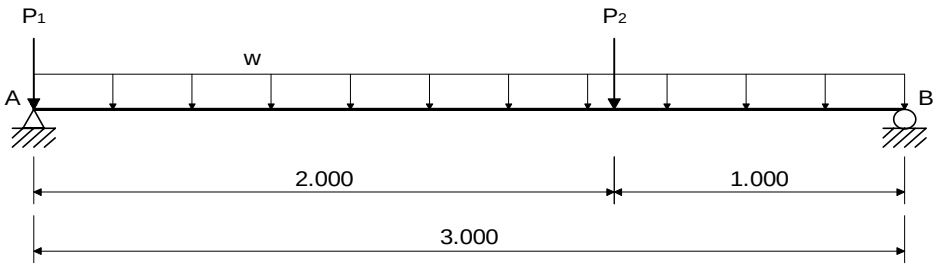
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (344.356 \times 1.500) / 3.000$
$= 172.178$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (172.178 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 259.631$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



$R_a = (P_1 \times 3.000 + P_2 \times 1.000) / L$
$= (344.356 \times 3.000 + 69.344 \times 1.000) / 3.000$
$= 367.471$ kN

$S_{max} = Ra + w \times L / 2$
$= 367.471 + 1.212 \times 3.00 / 2$
$= 369.289$ kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

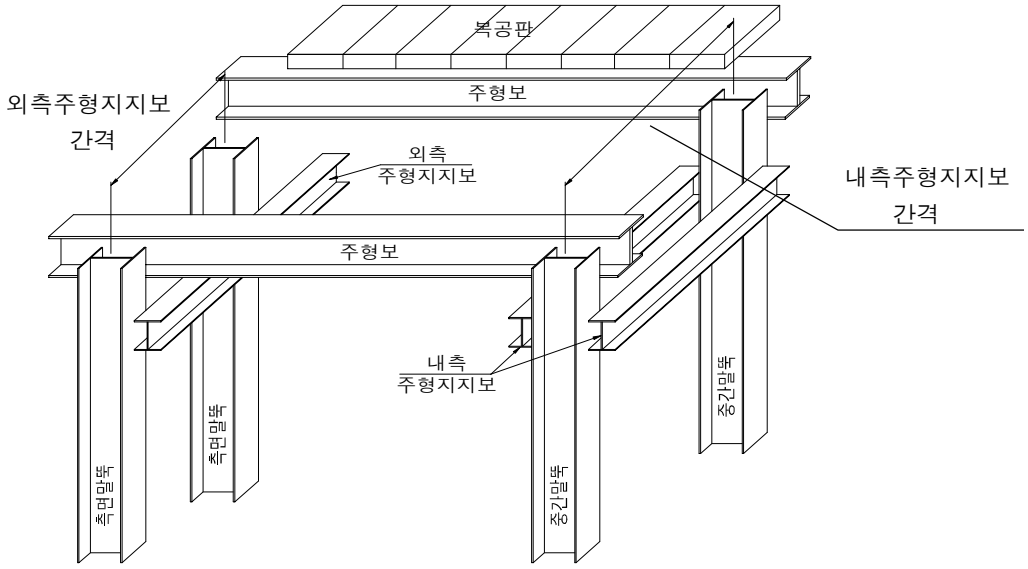
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

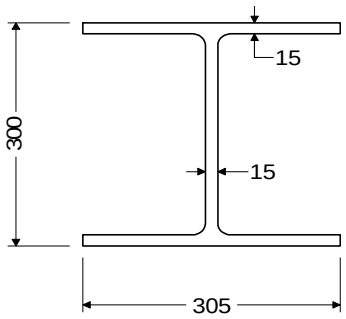
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.50 m

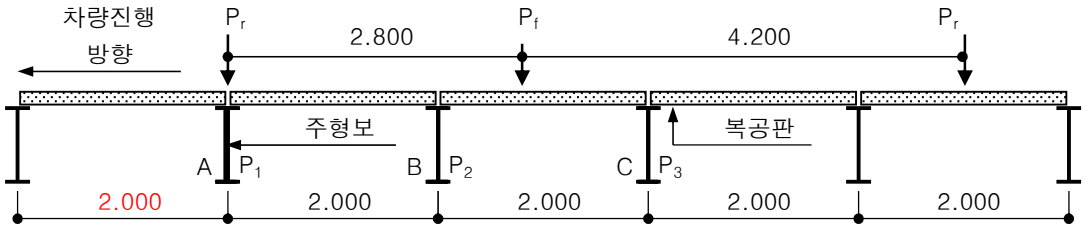


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0

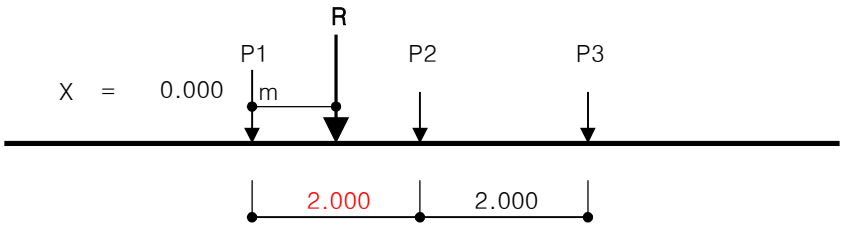


나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

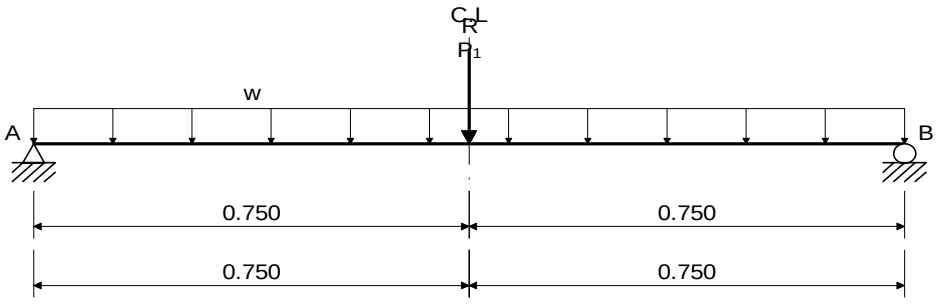


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

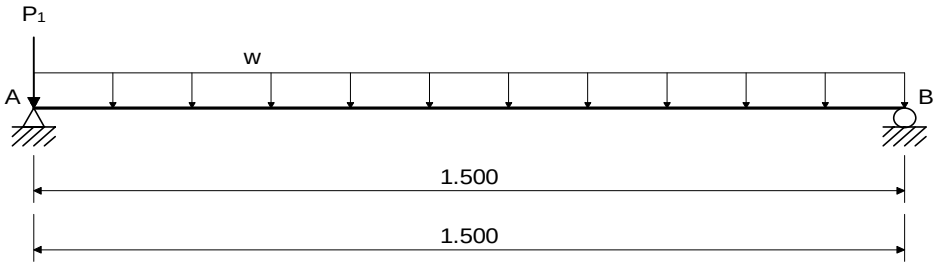
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.750) / L
= (344.356 x 0.750) / 1.500
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.750) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 0.750) + 1.038 x 1.50^2 / 8
= 129.426 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 1.500
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.50 / 2
= 345.135 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 129.426 x 1000000 / 1440000.0 = 89.879 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 345.135 x 1000 / 4050 = 85.218 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.879 + 89.879) / 89.879
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 305

= 4.918 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.918 − 4.6))

= 156.609 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.609 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.609 MPa > f_b = 89.879 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.218 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 345135 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

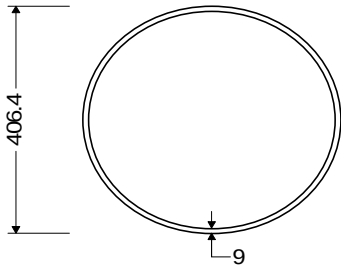
7.1 Strut 설계 (St 1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 129.272 kN/m ---> St 1 (CS23 : 해체 ST2)
= 129.272 x 3.00 / 1 단
= 387.816 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 387.816 + 120.0 = 507.816 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1092000.0 = 32.194 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 507.816 x 1000 / 11236.2 = 45.195 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.083 x 9)

= 20.844 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.083

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.389 − 13.000) / 77.389

= 0.832 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 45.195 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{45.195}{125.415} + \dfrac{32.194}{157.500 \times (1 - (45.195 / 473.766))}$

= 0.586 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 45.195 + \dfrac{32.194}{}$

$$= \frac{45.195}{1 - (45.195 / 473.766)}$$

$$= 80.784 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.586 , 0.513)

= 0.586 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{77.389}{125.415} + \left\{ \frac{3.336}{88.910} \right\}^2$$

= 0.618 < 1.0 ---> O.K

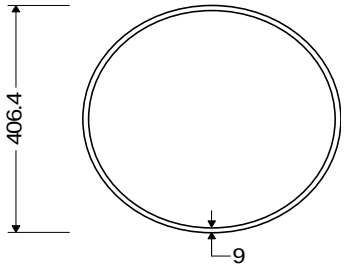
7.2 Strut 설계 (St 2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 164.286 kN/m ---> St 2 (CS20 : 해체 EA3)
= 164.286 x 3.00 / 1 단
= 492.857 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 492.857 + 120.0 = 612.857 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1092000.0 = 32.194 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 612.857 x 1000 / 11236.2 = 54.543 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.074 x 9)

= 21.018 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.074

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (86.737 − 22.349) / 86.737

= 0.742 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 54.543 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{54.543}{125.415} + \dfrac{32.194}{157.500 \times (1 - (54.543 / 473.766))}$

= 0.666 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 54.543 + \dfrac{32.194}{}$

$$= \frac{54.543}{1 - (54.543 / 473.766)}$$

$$= 90.926 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.666 , 0.577)

= 0.666 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{86.737}{125.415} + \left\{ \frac{3.336}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.693 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

7.3 Earth Anchor 설계 (EA 3, EA 4, EA 5)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

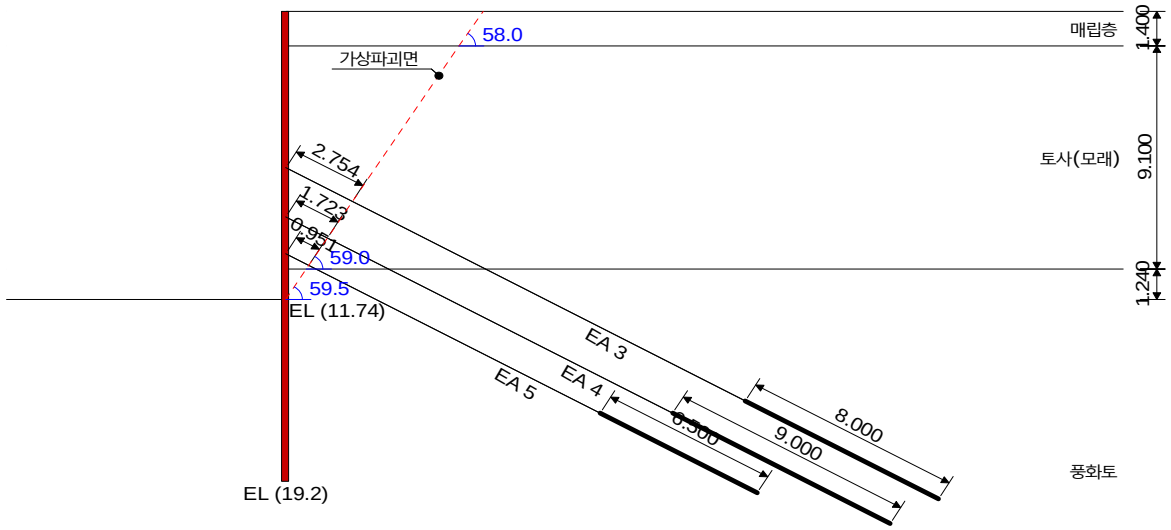
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
EA 3	6.370	2.754	1.761	19.000	O.K
EA 4	8.370	1.723	1.761	16.000	O.K
EA 5	9.870	0.951	1.761	13.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 ($T_{req} = R_{max}$ x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
EA 3	6.370	191.219	1.500	30	286.829
EA 4	8.370	215.407	1.500	30	323.110
EA 5	9.870	150.436	1.500	30	225.654

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
6.370	200000	3.0	98.71	4	19.5	12148.923
8.370	200000	3.0	98.71	4	16.5	14357.818
9.870	200000	3.0	98.71	4	13.5	17548.444

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
6.370	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
8.370	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
9.870	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Δ P_p (kN)	Δ P_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
6.370	286.829	12.149	24.796	323.774
8.370	323.110	14.358	24.796	362.264
9.870	225.654	17.548	24.796	267.999

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
6.370	323.774	110.160	4	2.939	O.K
8.370	362.264	110.160	4	3.289	O.K
9.870	267.999	110.160	4	2.433	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
EA 3	6.370	286.829	풍화토	2.50	100.000	320.000	7.133	286.829
합계		-	-	-	-	-	7.133	-
EA 4	8.370	323.110	풍화토	2.50	100.000	320.000	8.035	323.110
합계		-	-	-	-	-	8.035	-
EA 5	9.870	225.654	풍화토	2.50	100.000	320.000	5.612	225.654
합계		-	-	-	-	-	5.612	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,
T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
6.370	286.829	4.0	12.70	1000.0	1.797
8.370	323.110	4.0	12.70	1000.0	2.025
9.870	225.654	4.0	12.70	1000.0	1.414

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
6.370	7.133	1.797	8.0	O.K
8.370	8.035	2.025	9.0	O.K
9.870	5.612	1.414	6.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
6.370	19.000	1.500	8.000	28.500
8.370	16.000	1.500	9.000	26.500
9.870	13.000	1.500	6.500	21.000

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
6.370	323.774	19.5	200000	98.71	4	79.951
8.370	362.264	16.5	200000	98.71	4	75.693
9.870	267.999	13.5	200000	98.71	4	45.816

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
6.370	1.50	30.0	19.000	1.500	8.000	323.774
8.370	1.50	30.0	16.000	1.500	9.000	362.264
9.870	1.50	30.0	13.000	1.500	6.500	267.999

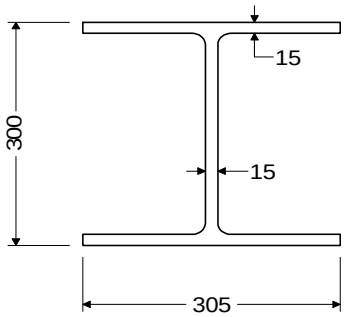
8.띠장 설계

8.1 St 1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

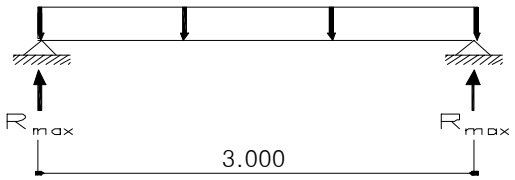
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 129.272 kN/m ---> St 1 (CS23 : 해체 ST2)

P = 129.272 × 3.00 m / 1 ea = 387.816 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 387.816 / (13 × 3.000)
= 119.328 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 119.328 × 3.000^2 / 8
= 134.244 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 119.328 × 3.000 / 2
= 178.992 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 134.244 x 1000000 / 1440000.0 = 93.225 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 178.992 x 1000 / 4050 = 44.196 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (93.225 + 93.225) / 93.225

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 93.225 MPa ---> O.K

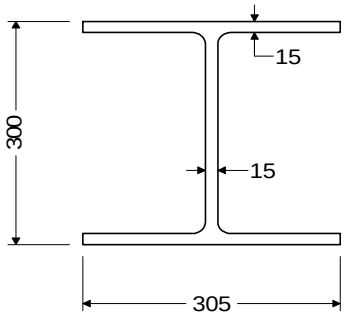
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 44.196 MPa ---> O.K

8.2 St 2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

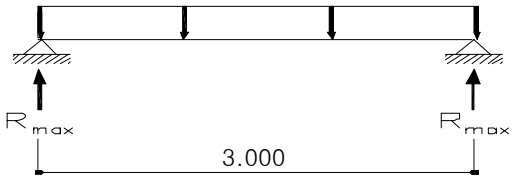
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 164.286 kN/m ---> St 2 (CS20 : 해체 EA3)

P = 164.286 × 3.00 m / 1 ea = 492.857 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 492.857 / (13 × 3.000)
= 151.648 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 151.648 × 3.000^2 / 8
= 170.604 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 151.648 × 3.000 / 2
= 227.472 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 170.604 x 1000000 / 1440000.0 = 118.475 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 227.472 x 1000 / 4050 = 56.166 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (118.475 + 118.475) / 118.475

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 118.475 MPa ---> O.K

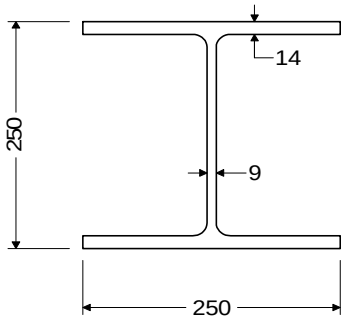
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 56.166 MPa ---> O.K

8.3 EA 3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

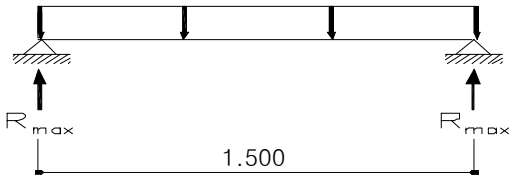
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



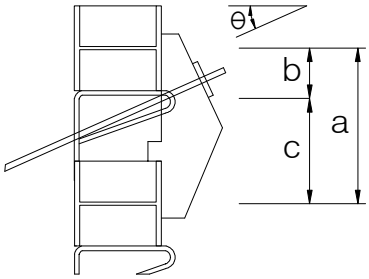
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 323.774 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 323.774 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 200.356 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 200.356 / (13 × 1.500)
= 123.296 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 123.296 × 1.500 ^{2} / 8
= 34.677 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 123.296 × 1.500 / 2
= 92.472 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 34.677 x 1000000 / 867000.0 = 39.997 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 92.472 x 1000 / 1998 = 46.282 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (39.997 + 39.997) / 39.997

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 39.997 MPa ---> O.K

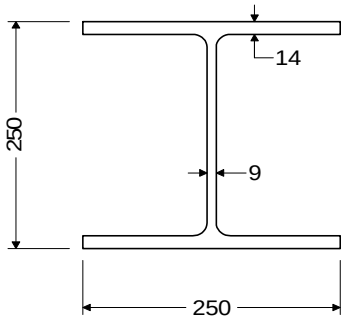
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 46.282 MPa ---> O.K

8.4 EA 4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

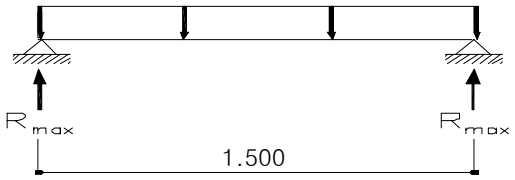
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



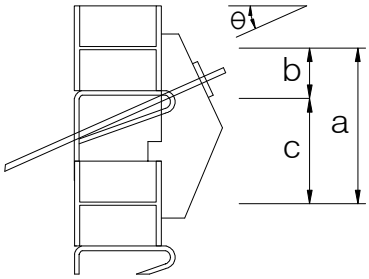
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 362.264 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 362.264 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 224.174 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 224.174 / (13 × 1.500)
= 137.953 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 137.953 × 1.500 ^{2} / 8
= 38.799 kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
= 1 × 137.953 × 1.500 / 2
= 103.465 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 38.799 x 1000000 / 867000.0 = 44.751 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 103.465 x 1000 / 1998 = 51.784 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (44.751 + 44.751) / 44.751

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 44.751 MPa ---> O.K

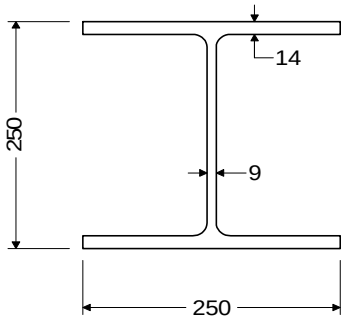
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 51.784 MPa ---> O.K

8.5 EA 5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

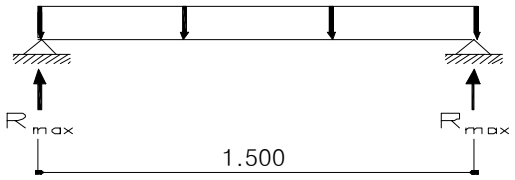
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



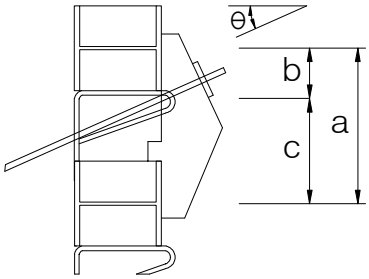
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 267.999 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 267.999 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 165.841 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 165.841 / (13 × 1.500)
= 102.056 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 102.056 × 1.500 ^{2} / 8
= 28.703 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 102.056 × 1.500 / 2
= 76.542 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 28.703 x 1000000 / 867000.0 = 33.106 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 76.542 x 1000 / 1998 = 38.309 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (33.106 + 33.106) / 33.106

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 33.106 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 38.309 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

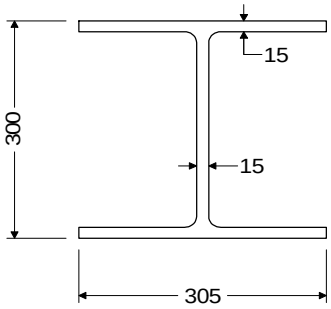
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.600	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	20.700	kN			
라. 버팀보 자중	=	13.200	kN			
마. 띠장 자중	=	9.700	kN			
바. 지보재 수직분력	=	277.467	×	1.500	=	416.200 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
$\sum P_s$	=	855.757	kN			

최대모멘트, M_{max} = 104.361 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS18 : 해체 EA4)

최대전단력, S_{max} = 151.367 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS15 : 해체 EA5)

- ▶ Pmax = 855.757 kN
- ▶ Mmax = 104.361 × 1.500 = 156.541 kN·m
- ▶ Smax = 151.367 × 1.500 = 227.050 kN

다. 작용응력 산정

- ▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 156.541 x 1000000 / 1440000.0 = 108.709 MPa
- ▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 855.757 x 1000 / 13480 = 63.483 MPa
- ▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 227.050 x 1000 / 4050 = 56.062 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.200

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (172.193 − −45.226) / 172.193

= 1.263

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3500 / 126

27.778 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (27.778 − 16))

= 196.658 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 196.658 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3500 / 305

= 11.475 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (11.475 − 4))

= 180.868 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 180.868 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.778)^2

= 1749.600 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 196.658 MPa > f_c = 63.483 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 180.868 MPa > f_b = 108.709 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 56.062 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{63.483}{196.658} + \frac{108.709}{180.868 \times (1 - (63.483 / 1749.600))}$

= 0.946 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$$= 63.483 + \frac{108.709}{1 - (63.483 / 1749.600)}$$

= 176.286 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.946 , 0.825)
= 0.946 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 20.3 mm ---> 흙막이벽(우) (CS22 : 벽체2)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 11.740 x 1000 x 0.003 = 35.220 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 855.76 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 40
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 34
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 7
- L_s(모래층 중의 길이) = 7.500 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 6.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 34 x 1.210 x 7.500
+ 0.5 x 7 x 1.210 x 6.000
= 178.620 tonf
= 1751.66 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1751.66 / 2.0
= 875.832 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

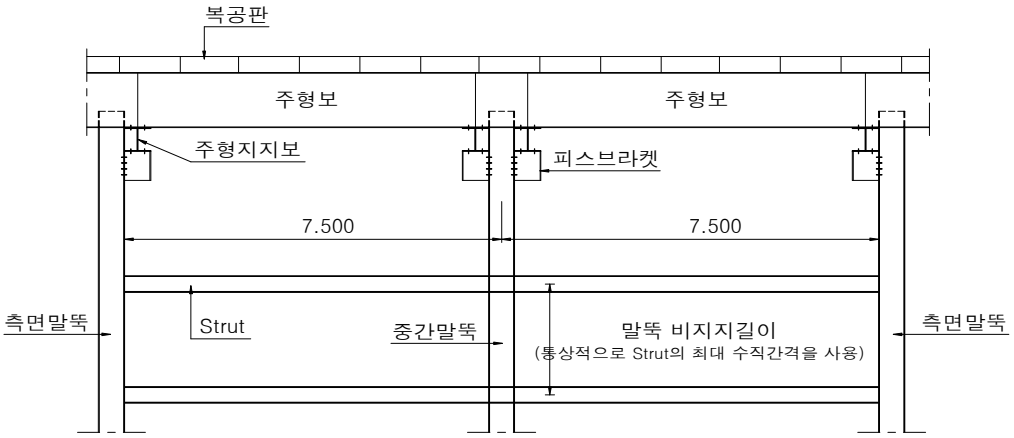
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 + 7.500 = 15.000 m

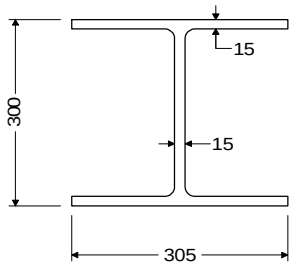
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 22.800 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 13.200 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 47.750 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

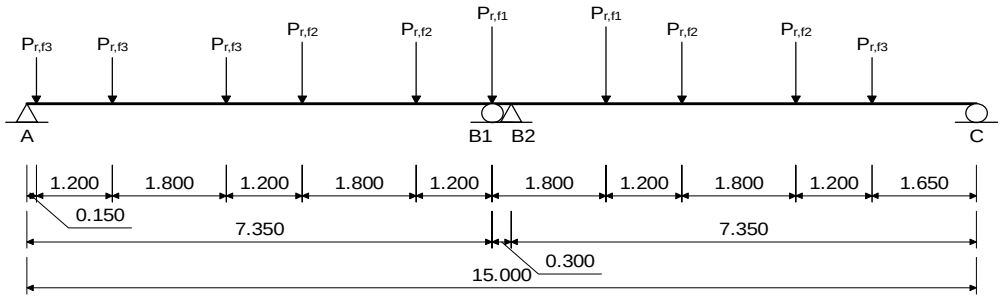
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350 + 70.200 x 0.150) / 7.350

= 302.927 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 70.200 x 1.650) / 7.350

= 210.600 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 302.927 x 1.00 = 302.927 kN

P_{r2} = 210.600 x 1.00 = 210.600 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350 + 17.550 x 0.150) / 7.350

= 75.732 kN

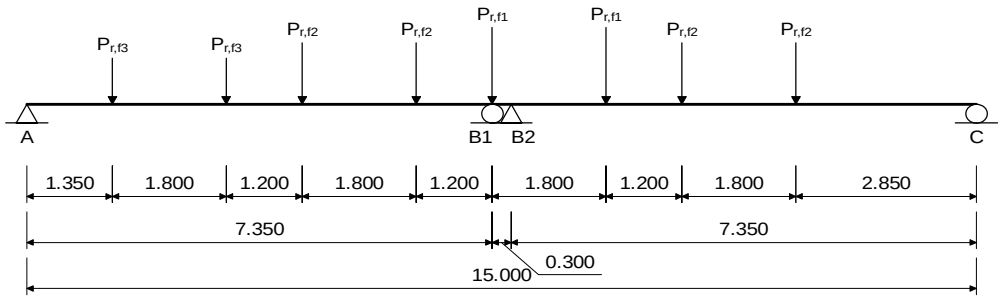
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 17.550 x 1.650) / 7.350

= 52.650 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.732 x 1.00 = 75.732 kN

P_{f2} = 52.650 x 1.00 = 52.650 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350) / 7.350

= 301.494 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 301.494 x 1.00 = 301.494 kN

P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350) / 7.350

= 75.373 kN

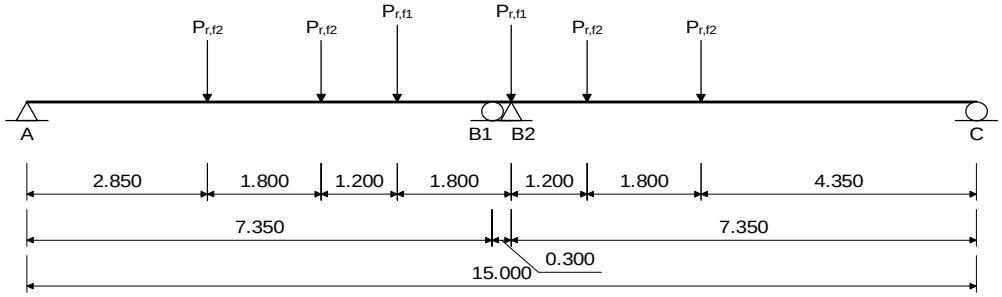
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.373 x 1.00 = 75.373 kN

P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350

= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

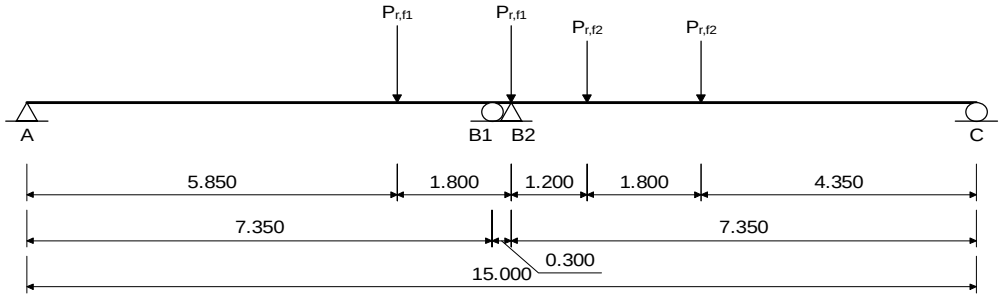
R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350

= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

④ **1.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850) / 7.350

= 99.331 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350

= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 99.331 x 1.00 = 99.331 kN

P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

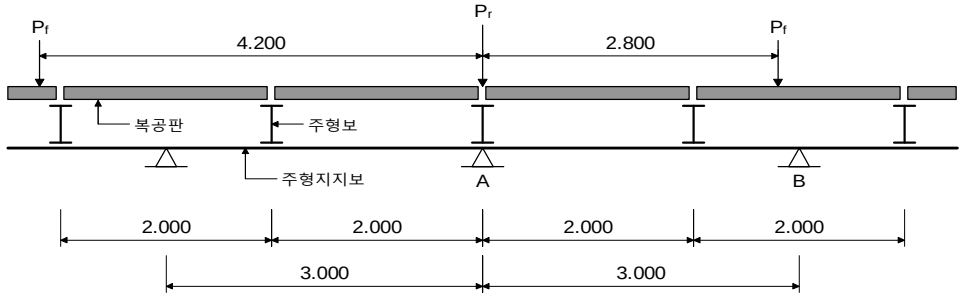
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850) / 7.350
= 24.833 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.833 x 1.00 = 24.833 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (302.927 x 3.000 + 75.732 x 0.200) / 3.000
= 307.975 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 307.975 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 339.194 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000
= 262.823 kN

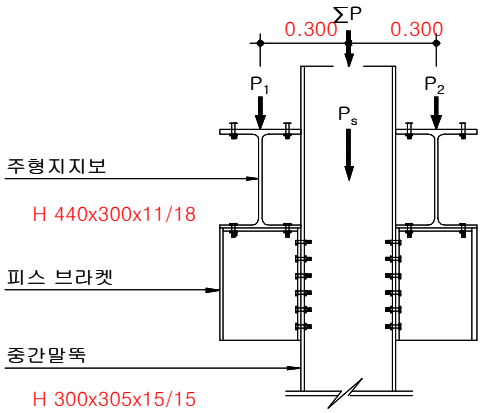
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s
= 339.194 + 294.042 + 47.750 = 680.986 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 226.995 x 1000 / 13480 = 16.839 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 101.758 x 1000000 / 1440000 = 70.665 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 339.194 x 0.300 = 101.758 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.906

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.505 − −53.826) / 87.505

= 1.615

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 16.839 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 70.665 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{16.839}{137.022} + \frac{70.665}{159.234 \times (1 - (16.839 / 857.304))}$

= 0.576 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 16.839 + \frac{70.665}{1 - (16.839 / 857.304)}$

= 88.921 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.576 , 0.416)

= 0.576 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 227.00 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	27
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0
L_s(모래층 중의 길이)	=	9.500 m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000 m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915 m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210 m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 27 x 1.210 x 9.500

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 153.573 tonf

= 1506.04 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1506.04 / 2.0

= 753.018 kN

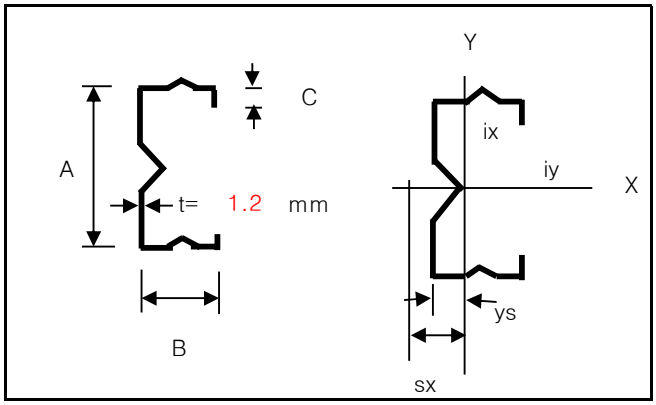
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

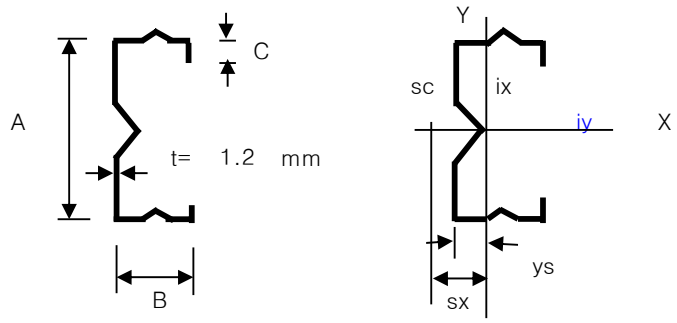
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 11.74m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

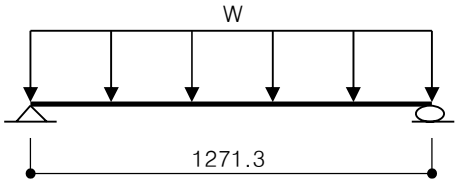
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1064 MPa ---> (CS10 : 생성 EA 4:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 106.4 kN/m^2 x 0.2000 m = 21.3 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 21.3 x 1.27^2 / 8 = 4.3 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 21.3 x 1.27 / 2 = 13.5 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 4298755 / 27,100 = 158.63 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 4298755 / 27,980 = 153.64 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 13526 / 234 = 57.80 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 158.63 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 153.64 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 57.80 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 11.74 m, 전모델높이 = 27 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.40	18.00	19.00	0.00	26.00	4	-	12000.00
2	토사(모래)	10.50	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
3	풍화토	27.00	20.00	21.00	21.00	29.00	30	-	31000.00
4	뒤채움	-	19.00	20.00	15.00	25.00	30	37311.00	27500.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	19.2	1.5

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주보	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	7.5	0	1
2	St 1	P 406.4x9	SS400	2.27	3	10	50	1
3	St 2	P 406.4x9	SS400	4.27	3	10	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	EA 3	Strand12.7x4EA	SWPC7B	6.37	1.5	30	19	250
2	EA 4	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.37	1.5	30	16	300
3	EA 5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	9.87	1.5	30	13	200

12.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	S3	3.14	0	8.3	C27	0.9	-
2	S2	5.99	0	8.3	C27	1.3	-
3	S1	11.09	0	8.3	C27	1.3	-
4	W1	8.3	2.69	11.74	C27	1.4	뒤채움

12.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 12 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.40	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주보		-	-	-	-	X	X
3	2.77	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	St 1		-	-	-	-	X	X
5	4.77	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	St 2		-	-	-	-	X	X
7	6.87	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	EA 3		-	-	-	-	X	X
9	8.87	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	EA 4		-	-	-	-	X	X
11	10.37	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	EA 5		-	-	-	-	X	X
13	11.74	-	-	-	-	-	-	X	X
14	11.74	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
15	11.74		EA 5	-	-	-	-	O	X
16	11.74	-	-	9.94	-	-	-	O	X
17	11.74	-	-	-	-	-	-	O	X
18	11.74		EA 4	-	-	-	-	O	X
19	11.74	-	-	6.87	-	-	-	O	X
20	11.74		EA 3	-	-	-	-	O	X
21	11.74	-	-	5.99	-	-	-	O	X
22	11.74	-	-	4.77	-	-	-	O	X
23	11.74		St 2	-	-	-	-	O	X
24	11.74	-	-	2.69	-	-	-	O	X
25	11.74		St 1	-	-	-	-	O	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	13.55	1.8	-6.61	5.2	1.32	9.4	-20.78	3.3
CS2 : 생성 주보	1.40	13.57	1.8	-6.51	5.2	1.33	9.4	-20.77	3.3
CS3 : 굴착 2.77 m	2.77	14.05	3.3	-19.99	0.9	9.36	2.3	-12.25	5.2
CS4 : 생성 St 1	2.77	8.79	2.3	-9.78	0.9	0.96	0.0	-12.62	4.3
CS5 : 굴착 4.77 m	4.77	32.85	2.3	-57.37	2.3	22.84	4.3	-37.64	2.3
CS6 : 생성 St 2	4.77	26.31	2.3	-46.63	2.3	10.44	3.8	-28.68	2.3
CS7 : 굴착 6.87 m	6.87	32.51	2.3	-98.81	4.3	57.70	6.4	-50.43	4.3
CS8 : 생성 EA 3	6.87	76.73	6.4	-67.60	6.4	27.31	4.3	-53.96	6.4
CS9 : 굴착 8.87 m	8.87	52.80	10.4	-133.10	6.4	93.21	8.4	-48.15	4.3
CS10 : 생성 EA 4	8.87	69.27	6.4	-108.51	8.4	24.54	4.8	-47.00	8.4
CS11 : 굴착 10.37 m	10.37	68.97	6.4	-145.93	8.4	62.89	9.9	-55.18	6.4
CS12 : 생성 EA 5	10.37	69.57	6.4	-116.43	8.4	23.61	4.8	-42.75	6.4
CS13 : 굴착 11.74 m	11.74	77.93	6.4	-132.54	9.9	67.11	11.3	-64.98	8.4
CS14 : PECK	11.74	81.04	6.4	-129.18	9.9	65.54	11.3	-71.34	8.4
CS15 : 해체 EA5	11.74	81.47	6.4	-151.37	8.4	85.61	10.5	-74.17	6.4
CS16 : S1	11.74	81.47	6.4	-151.35	8.4	85.54	10.5	-74.17	6.4
CS17 : 벽체0	11.74	81.47	6.4	-151.35	8.4	85.54	10.5	-74.17	6.4
CS18 : 해체 EA4	11.74	73.90	9.9	-132.75	6.4	104.36	8.9	-53.33	4.3
CS19 : 벽체1	11.74	73.29	9.9	-132.72	6.4	104.36	8.9	-53.32	4.3
CS20 : 해체 EA3	11.74	62.93	9.9	-114.67	4.3	80.63	8.9	-98.14	4.3
CS21 : S2	11.74	62.93	9.9	-114.67	4.3	80.63	8.9	-98.14	4.3
CS22 : 벽체2	11.74	62.93	9.9	-114.67	4.3	80.63	8.9	-98.14	4.3
CS23 : 해체 ST2	11.74	64.05	2.3	-65.22	2.3	74.59	8.9	-80.40	2.3
CS24 : S3	11.74	64.05	2.3	-65.22	2.3	74.59	8.9	-80.40	2.3
CS25 : 해체 ST1	11.74	60.09	9.9	-52.26	3.8	75.29	8.9	-59.98	3.3
TOTAL		81.47	6.4	-151.37	8.4	104.36	8.9	-98.14	4.3

13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

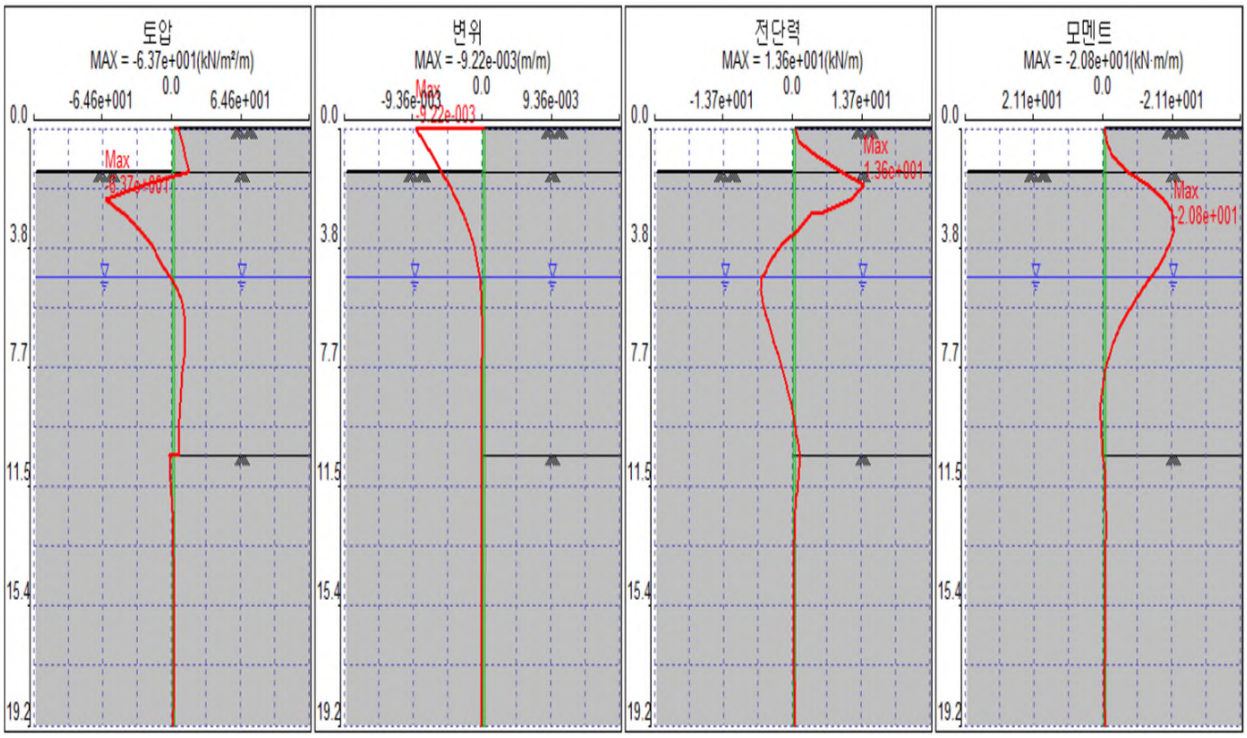
시공단계	굴착 깊이	주보	St 1	St 2	EA 3	EA 4
		0.9 (m)	2.27 (m)	4.27 (m)	6.37 (m)	8.37 (m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주보	1.40	-0.01	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.77 m	2.77	24.34	-	-	-	-
CS4 : 생성 St 1	2.77	14.11	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 4.77 m	4.77	-9.95	90.22	-	-	-
CS6 : 생성 St 2	4.77	-3.42	72.94	16.67	-	-
CS7 : 굴착 6.87 m	6.87	-9.61	53.07	125.35	-	-
CS8 : 생성 EA 3	6.87	-2.89	80.60	1.34	166.66	-
CS9 : 굴착 8.87 m	8.87	-6.24	48.56	82.00	189.10	-
CS10 : 생성 EA 4	8.87	-3.45	80.03	9.89	167.21	200.00
CS11 : 굴착 10.37 m	10.37	-3.45	72.90	17.19	171.98	215.41
CS12 : 생성 EA 5	10.37	-3.43	79.61	9.98	167.49	201.02
CS13 : 굴착 11.74 m	11.74	-2.80	79.84	0.80	167.14	206.14
CS14 : PECK	11.74	61.89	109.62	25.36	165.80	200.93
CS15 : 해체 EA5	11.74	-2.19	77.58	-5.59	168.45	214.58
CS16 : S1	11.74	-2.19	77.58	-5.60	168.44	214.57
CS17 : 벽체0	11.74	-2.19	77.58	-5.60	168.44	214.57
CS18 : 해체 EA4	11.74	-5.73	45.12	78.21	191.22	-
CS19 : 벽체1	11.74	-5.73	45.11	78.17	191.22	-
CS20 : 해체 EA3	11.74	-10.77	31.21	164.29	-	-
CS21 : S2	11.74	-10.77	31.21	164.29	-	-
CS22 : 벽체2	11.74	-10.77	31.21	164.29	-	-
CS23 : 해체 ST2	11.74	-41.14	129.27	-	-	-
CS24 : S3	11.74	-41.14	129.27	-	-	-
CS25 : 해체 ST1	11.74	-0.06	-	-	-	-
TOTAL		61.89	129.27	164.29	191.22	215.41

시공단계	굴착 깊이	EA 5				
		9.87 (m)				
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-				
CS2 : 생성 주보	1.40	-				
CS3 : 굴착 2.77 m	2.77	-				
CS4 : 생성 St 1	2.77	-				
CS5 : 굴착 4.77 m	4.77	-				
CS6 : 생성 St 2	4.77	-				
CS7 : 굴착 6.87 m	6.87	-				
CS8 : 생성 EA 3	6.87	-				
CS9 : 굴착 8.87 m	8.87	-				
CS10 : 생성 EA 4	8.87	-				
CS11 : 굴착 10.37 m	10.37	-				

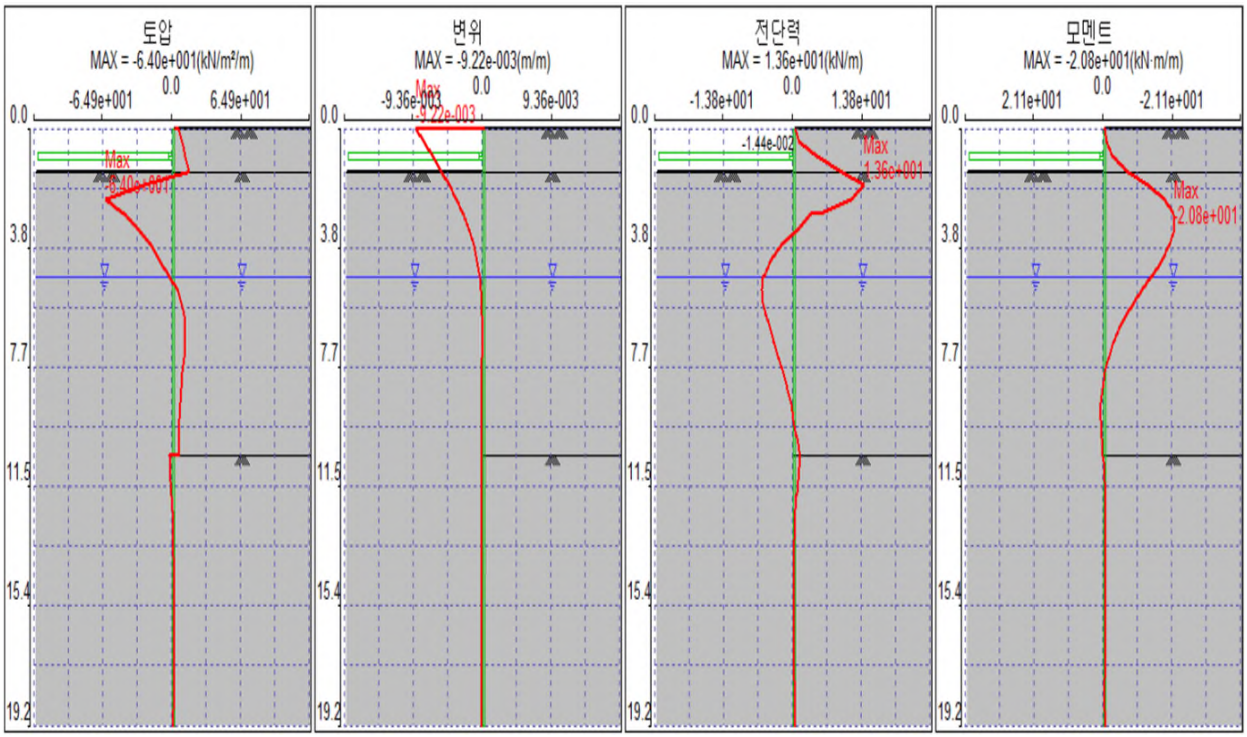
CS12 : 생성 EA 5	10.37	133.35				
CS13 : 굴착 11.74 m	11.74	150.44				
CS14 : PECK	11.74	142.30				
CS15 : 해체 EA5	11.74	-				
CS16 : S1	11.74	-				
CS17 : 벽체0	11.74	-				
CS18 : 해체 EA4	11.74	-				
CS19 : 벽체1	11.74	-				
CS20 : 해체 EA3	11.74	-				
CS21 : S2	11.74	-				
CS22 : 벽체2	11.74	-				
CS23 : 해체 ST2	11.74	-				
CS24 : S3	11.74	-				
CS25 : 해체 ST1	11.74	-				
TOTAL		150.44				

13.2 시공단계별 단면력도

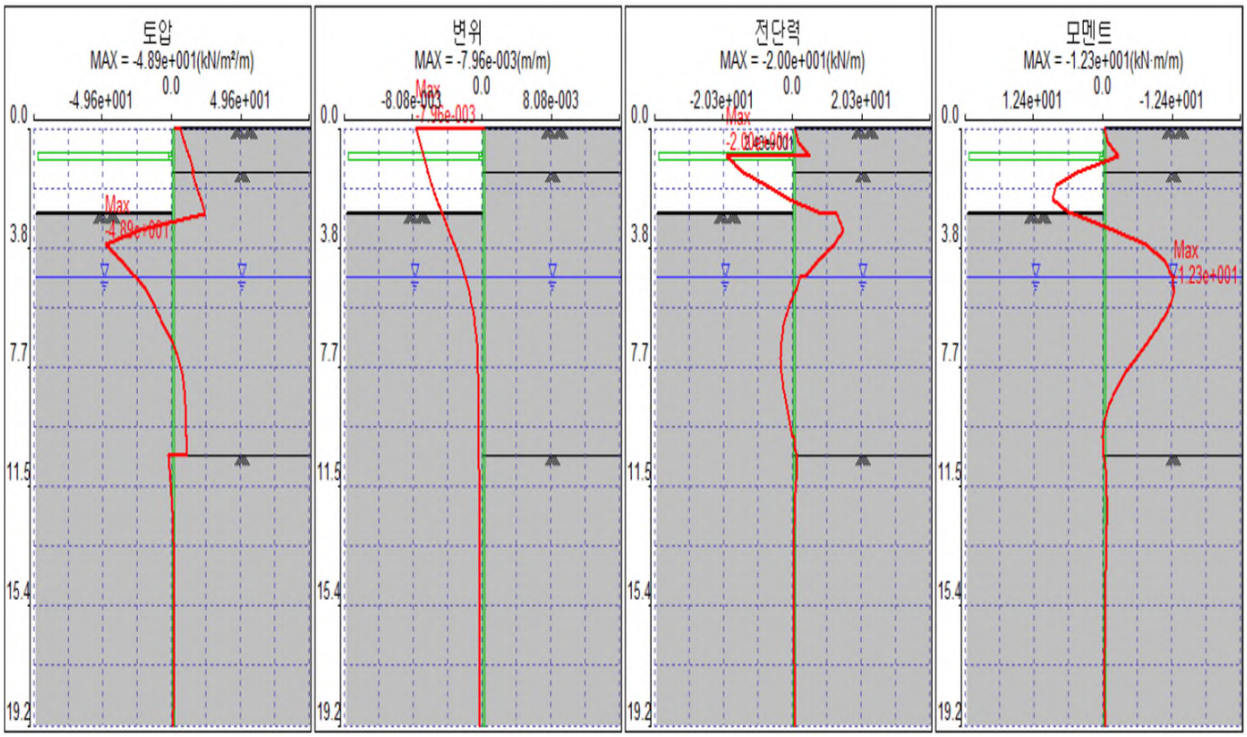
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.4 m]



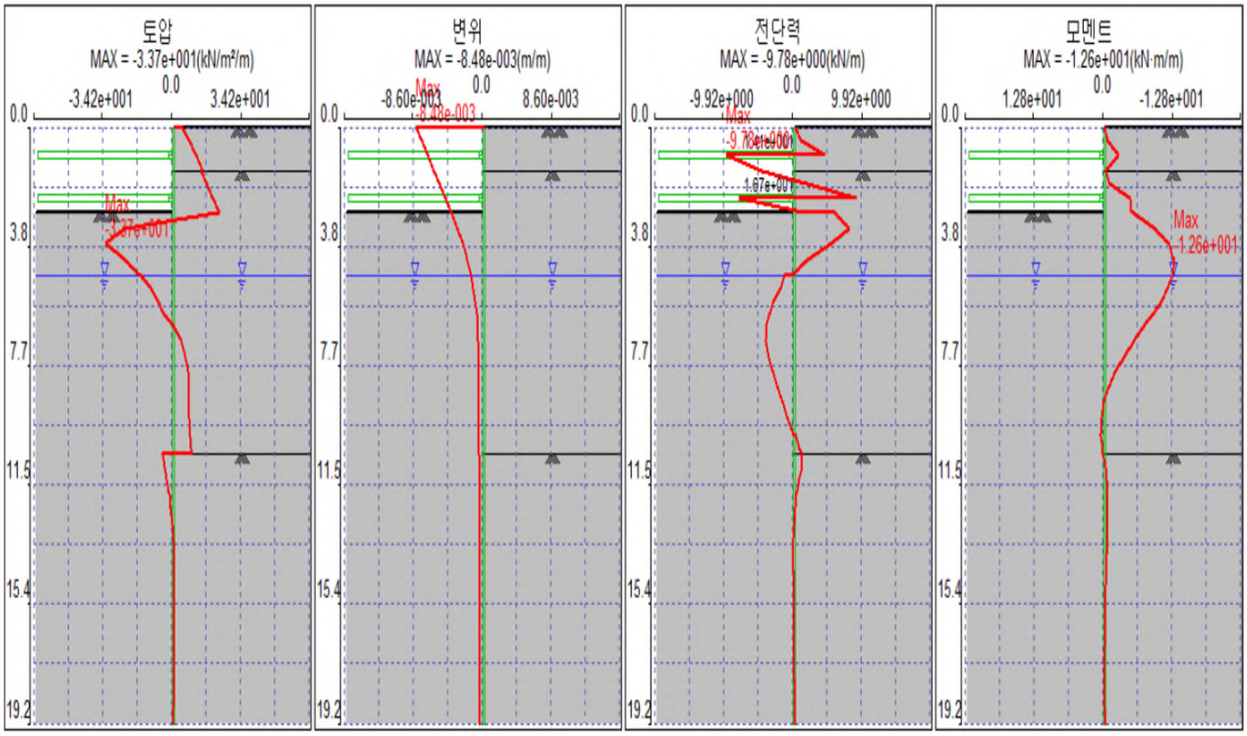
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주보]



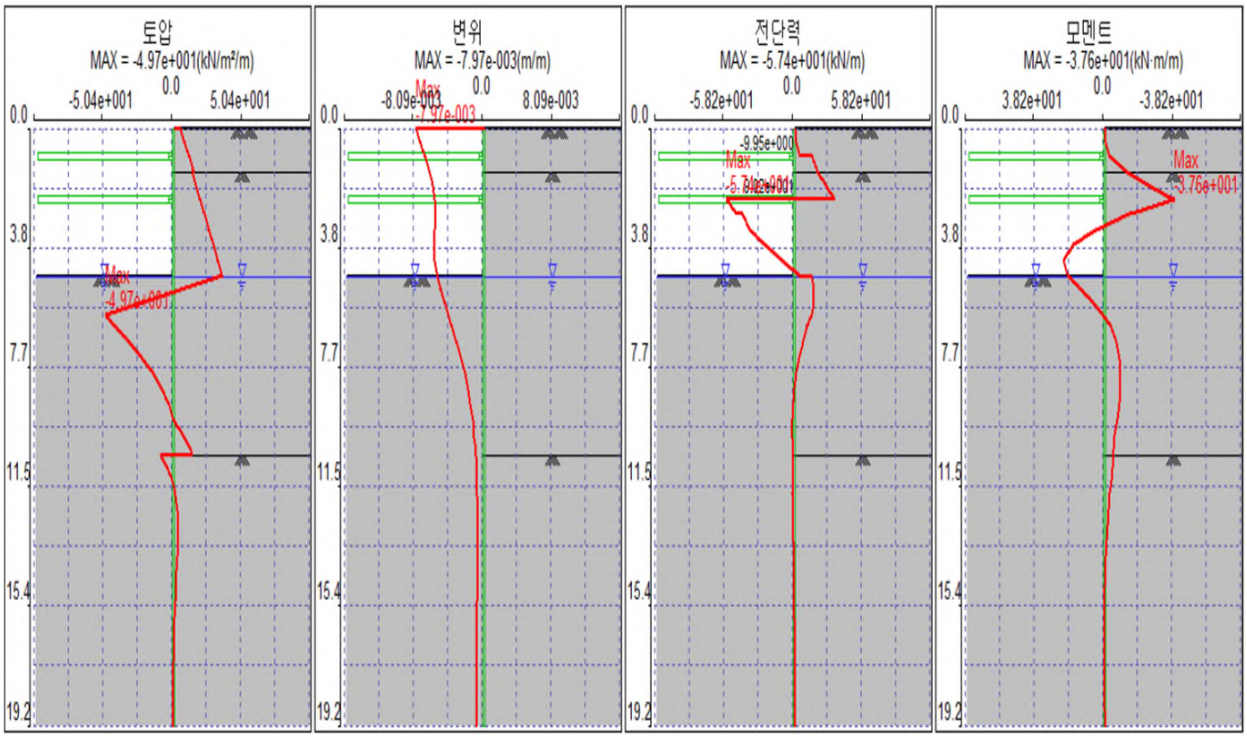
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.77 m]



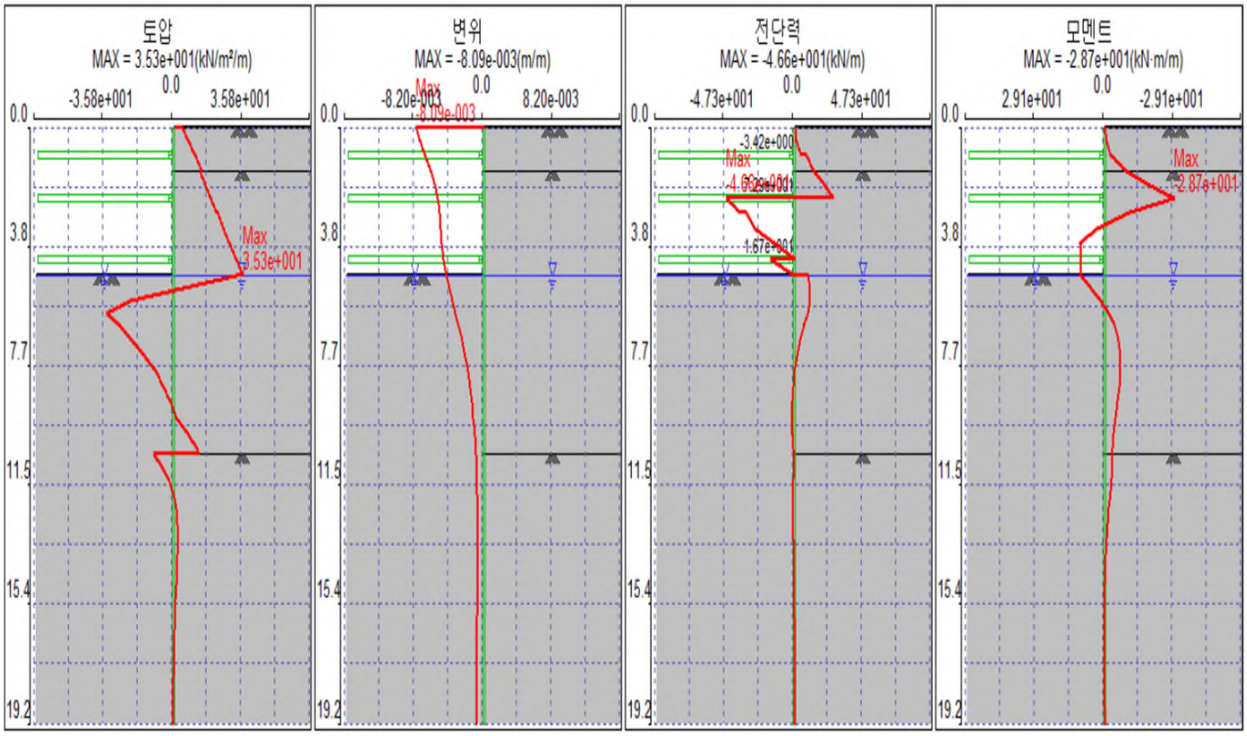
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 St 1]



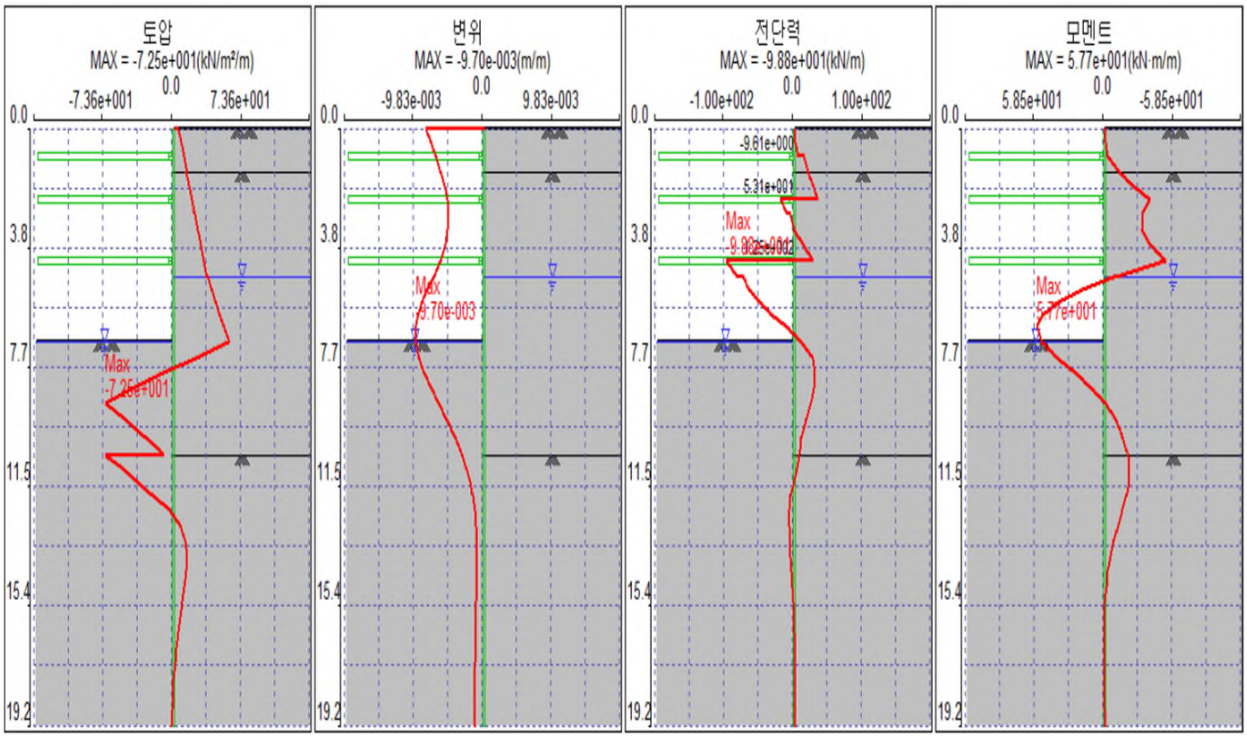
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.77 m]



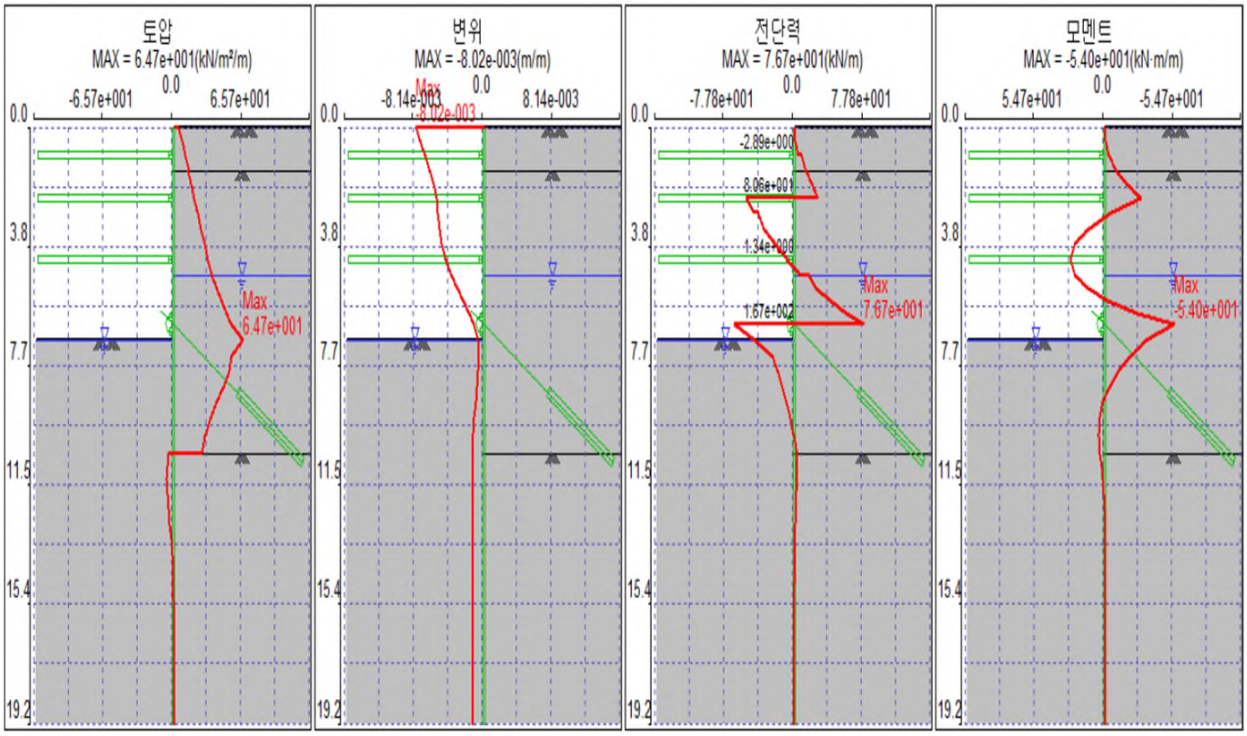
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 St 2]



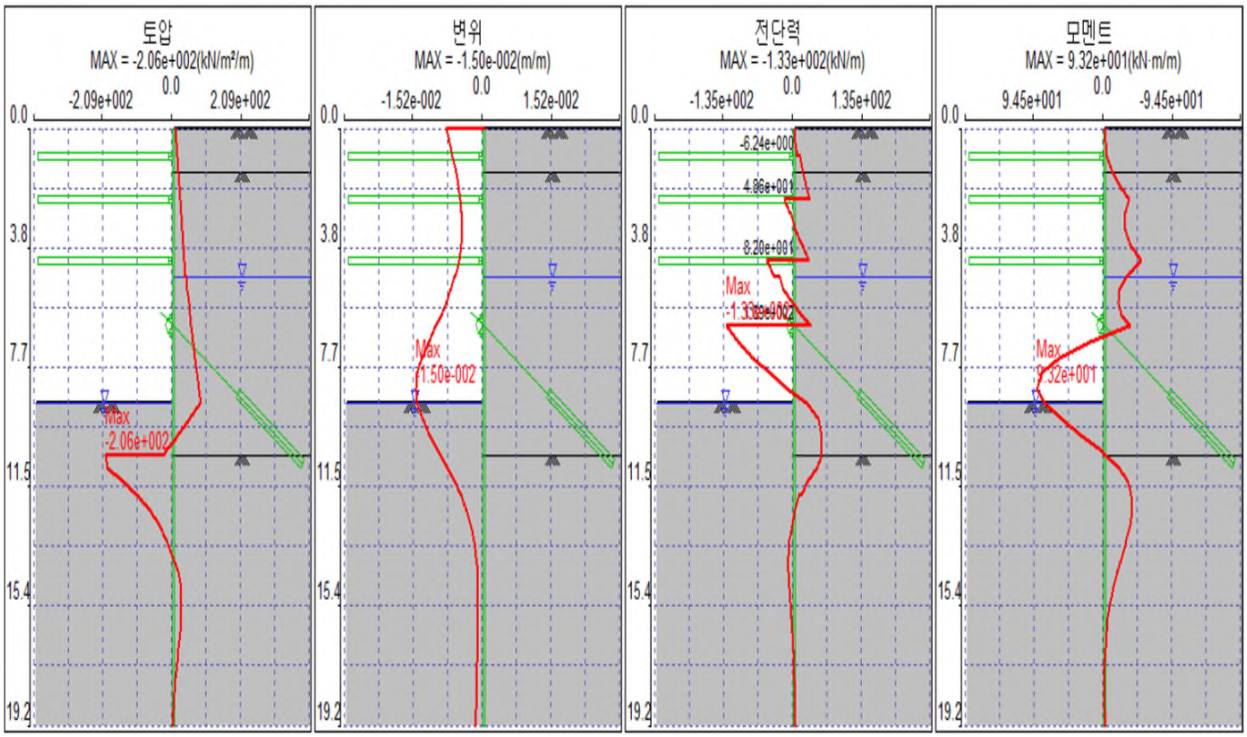
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.87 m]



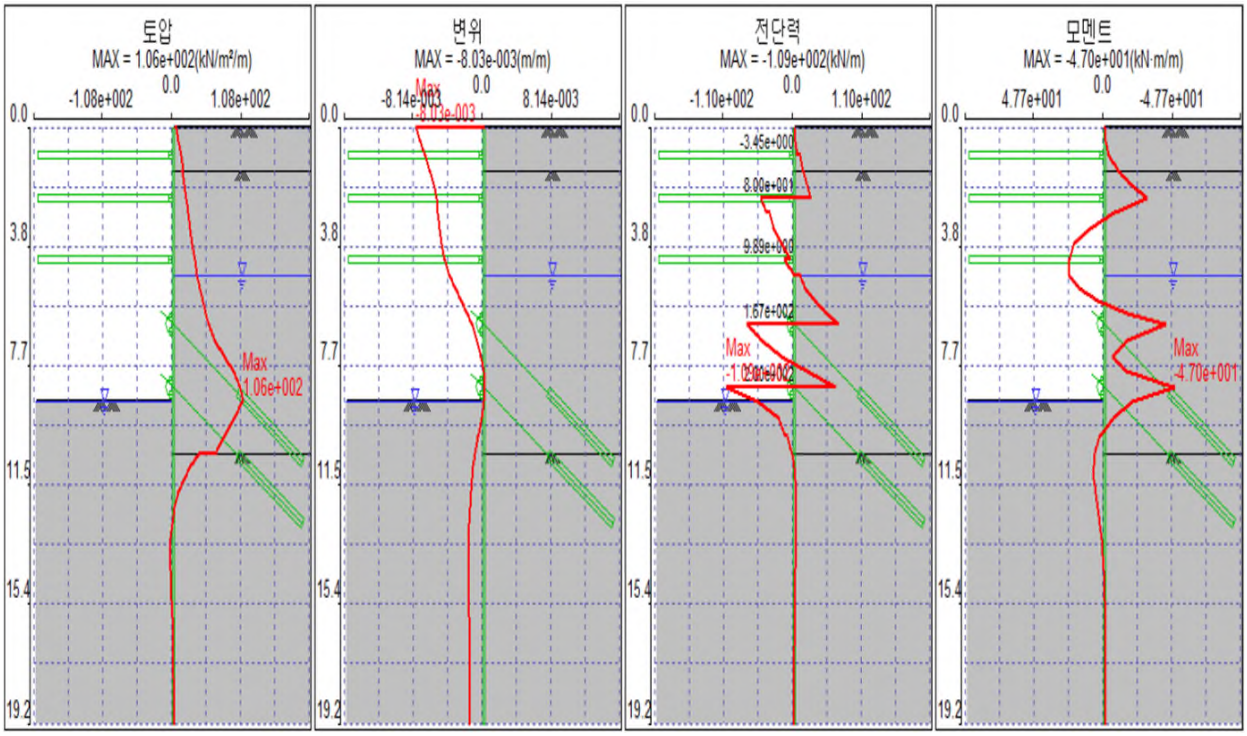
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 EA 3]



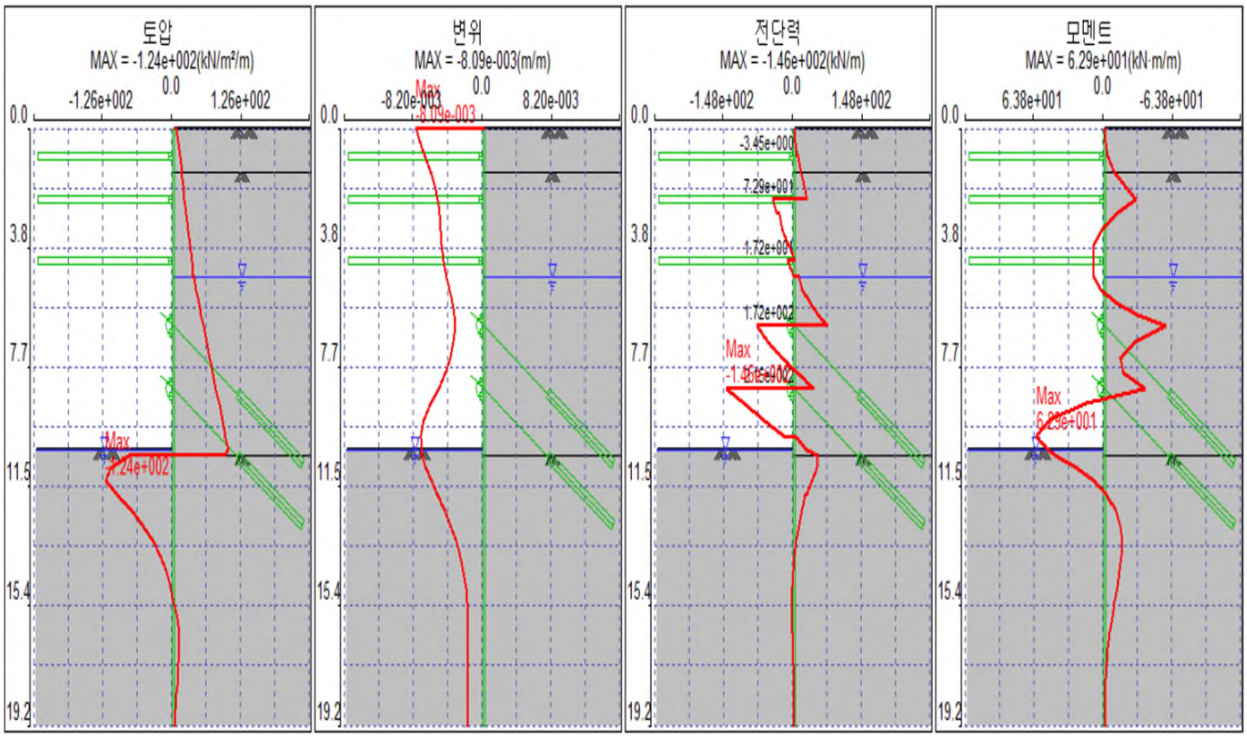
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 8.87 m]



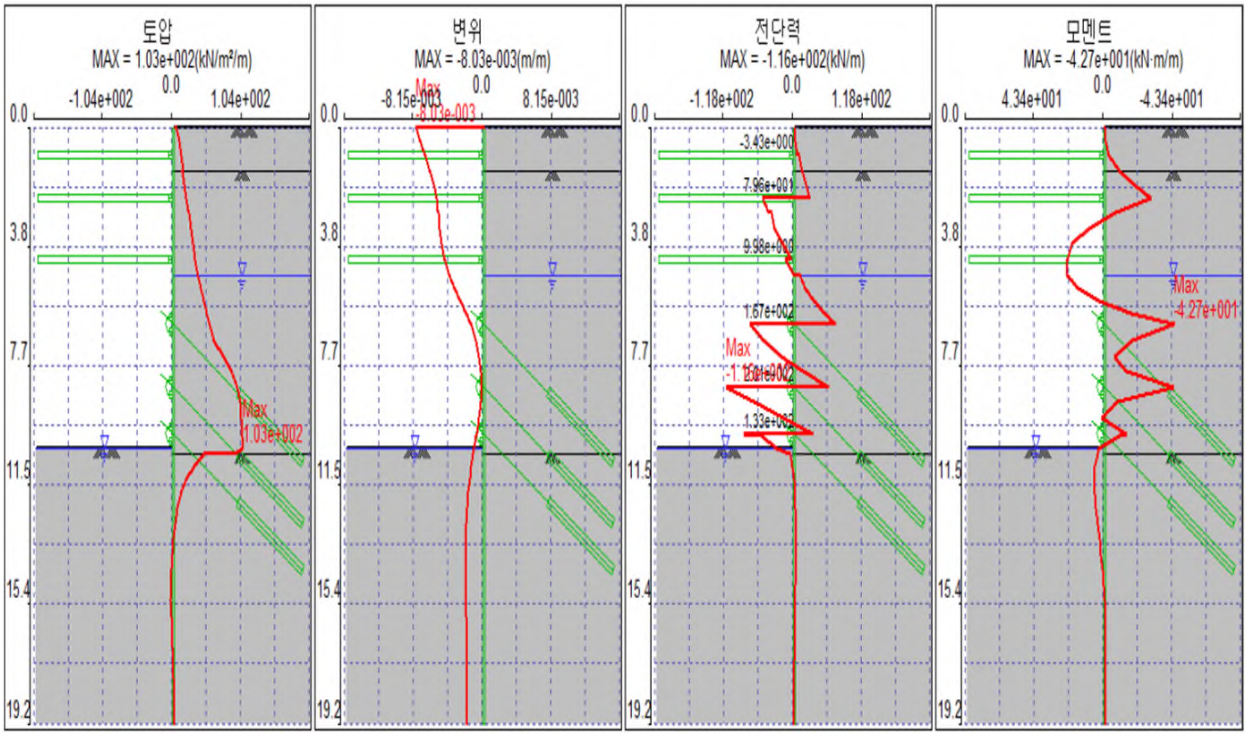
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 EA 4]



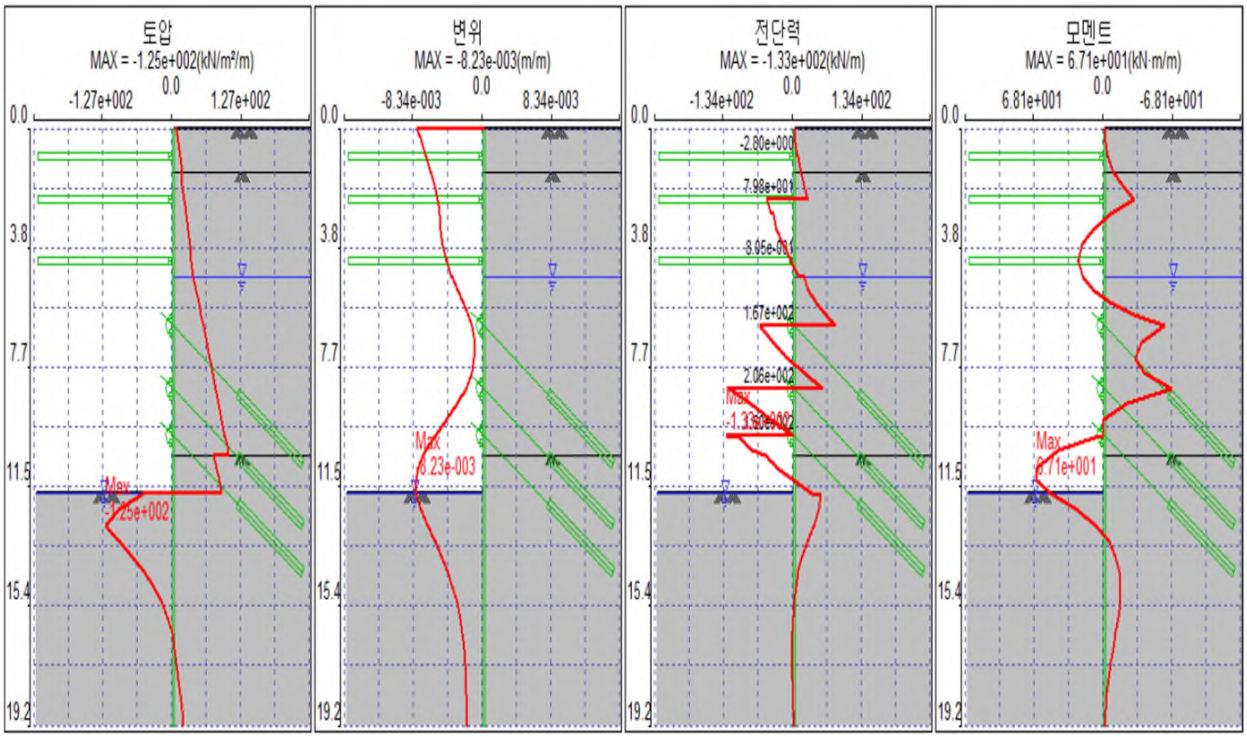
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 10.37 m]



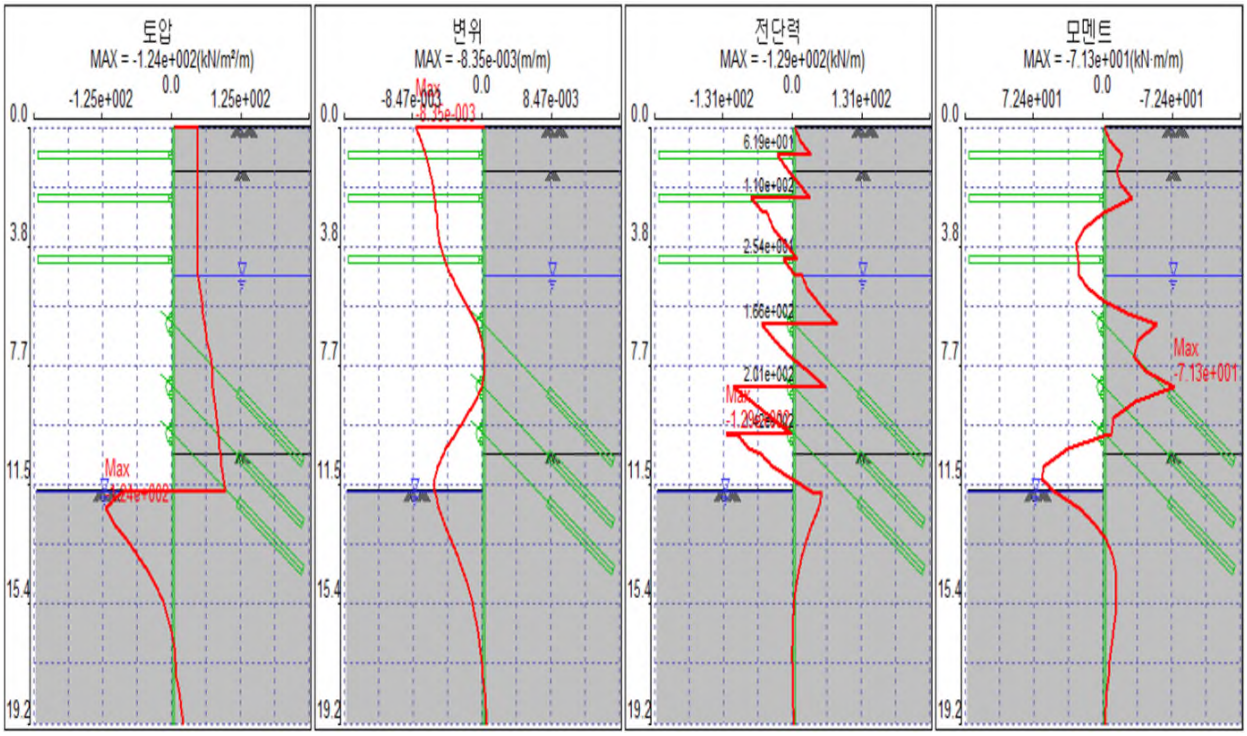
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 EA 5]



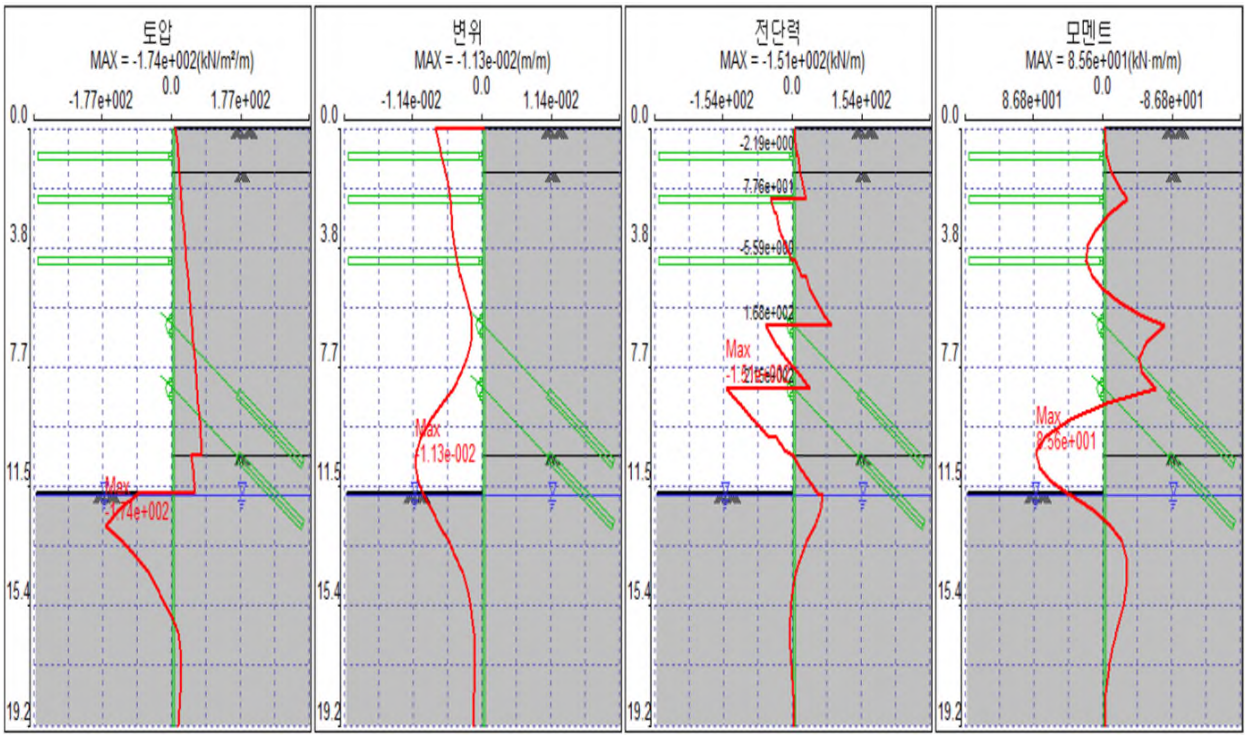
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.74 m]



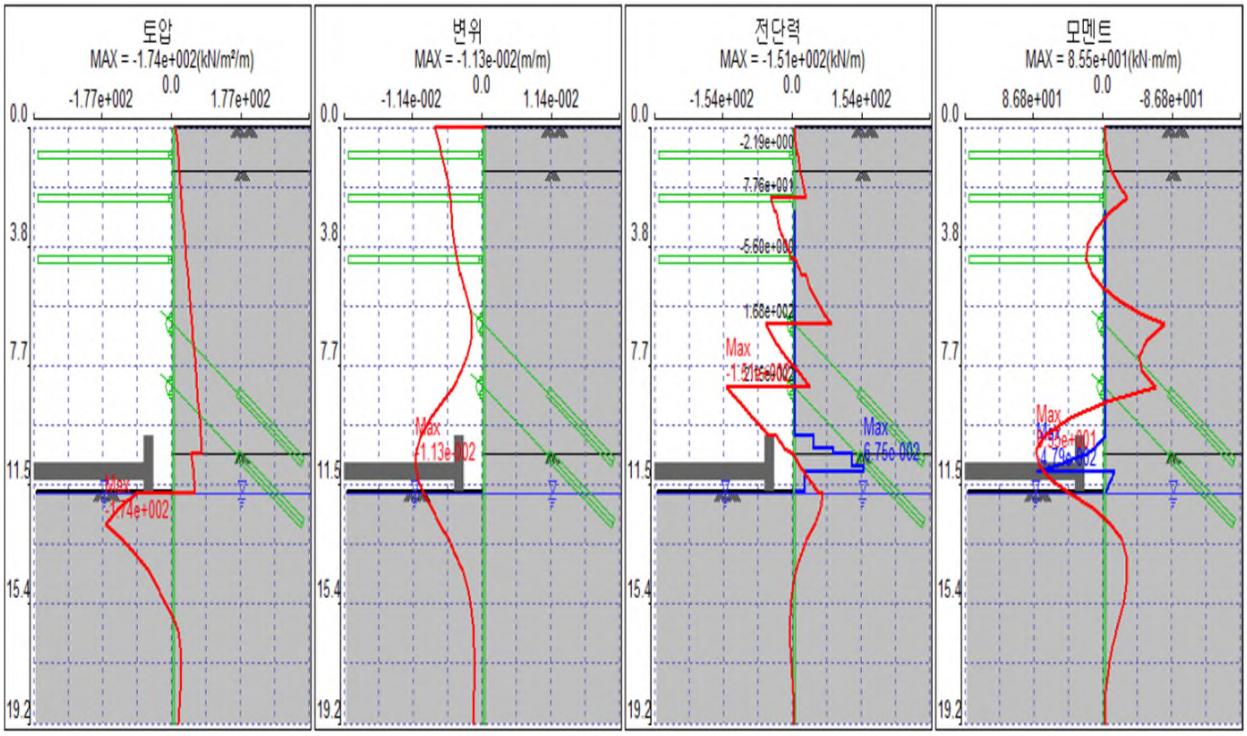
14) 시공 14 단계 [CS14 : PECK]



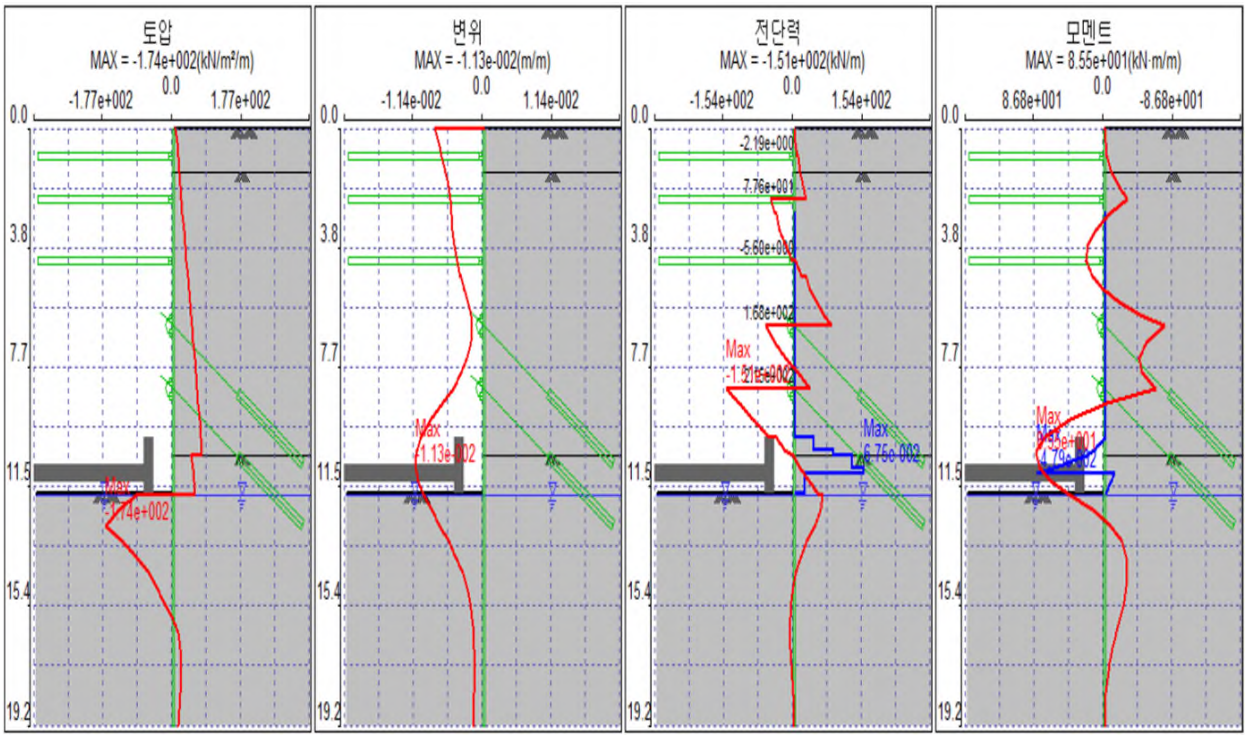
15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체 EA5]



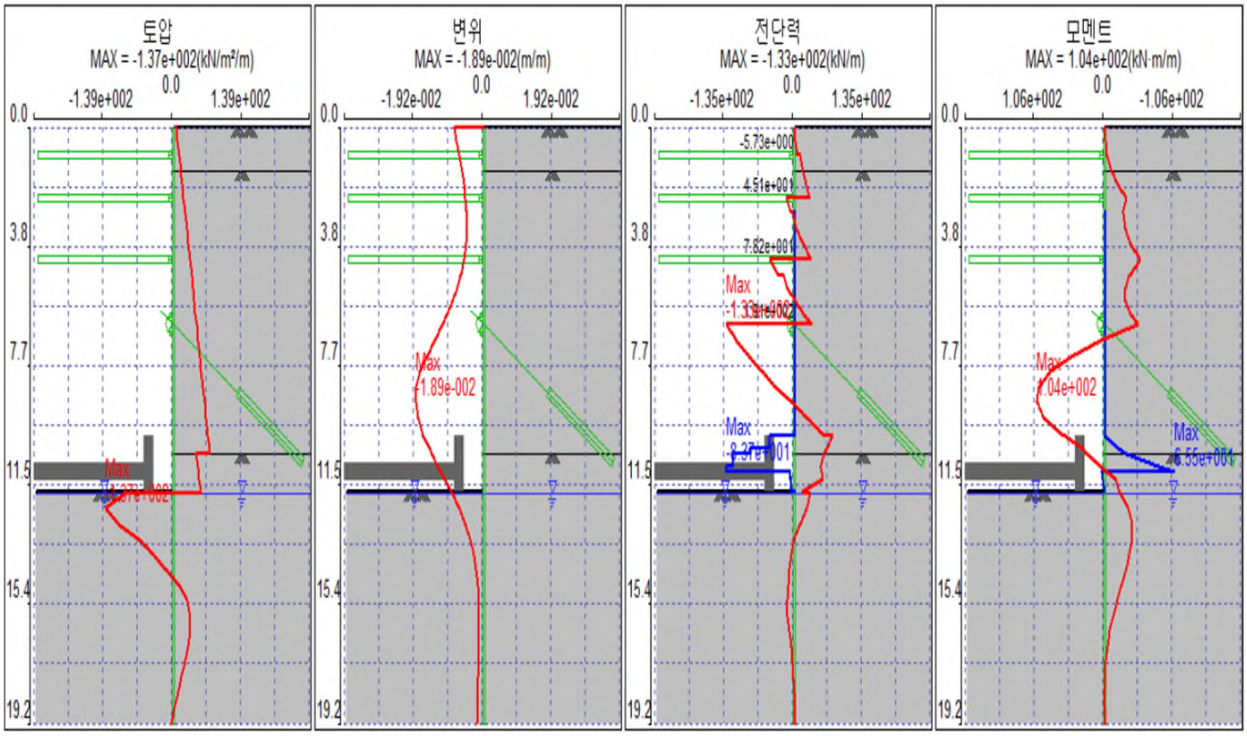
16) 시공 16 단계 [CS16 : S1]



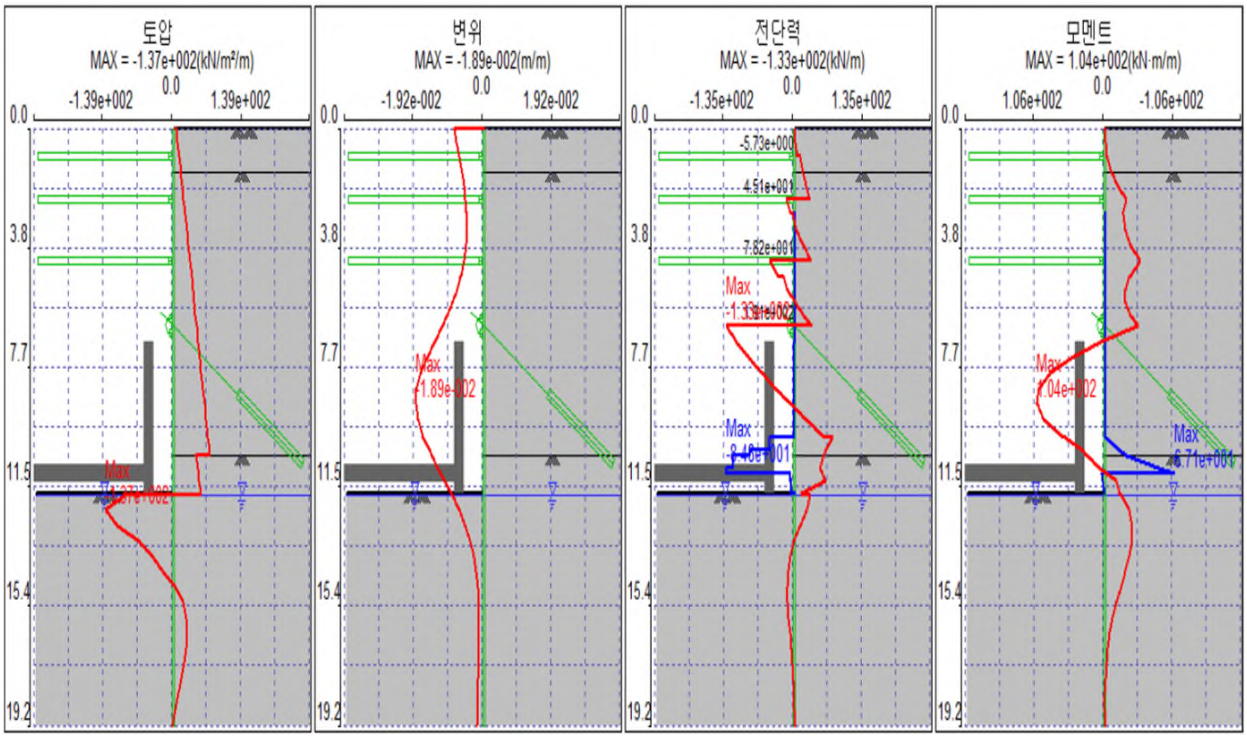
17) 시공 17 단계 [CS17 : 벽체0]



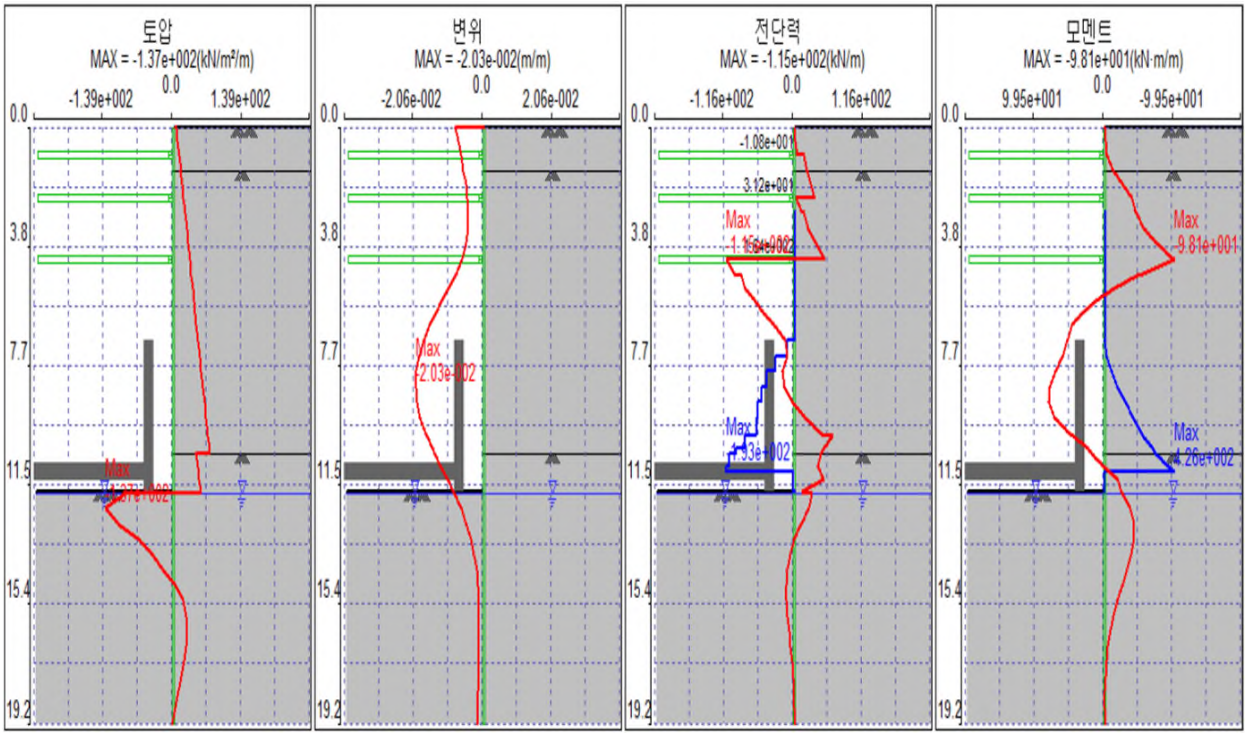
18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체 EA4]



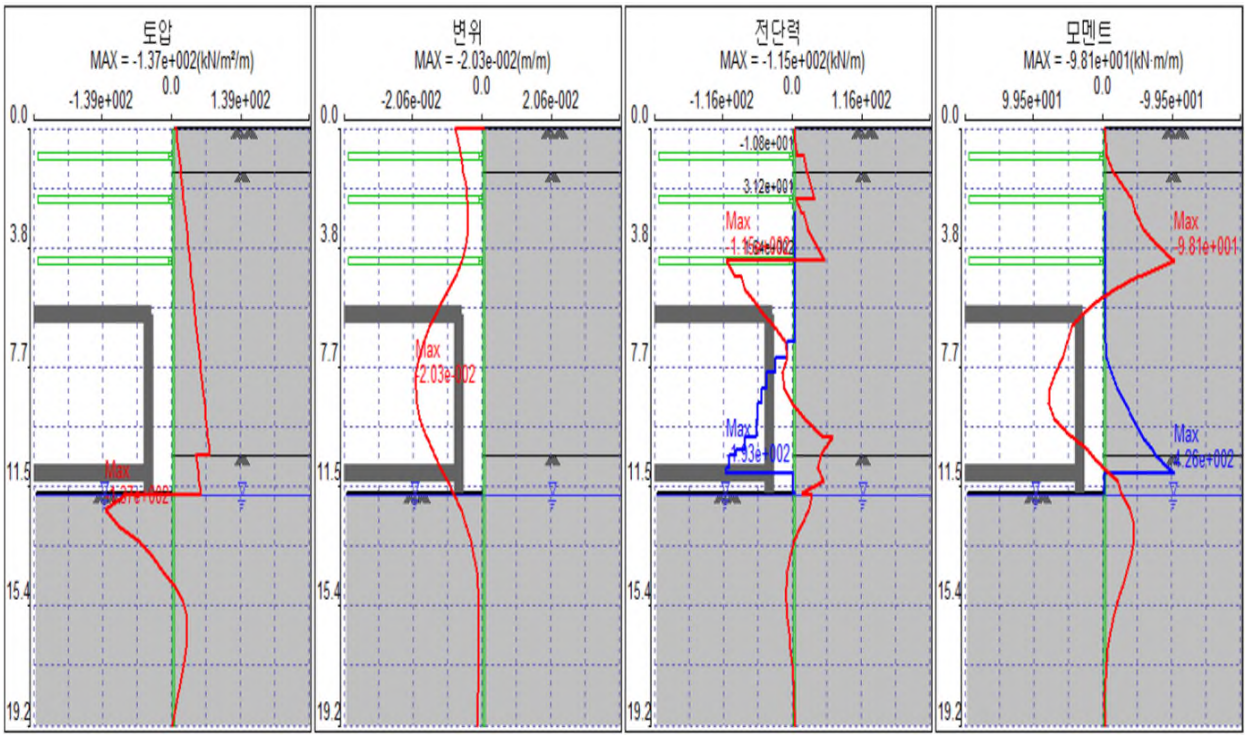
19) 시공 19 단계 [CS19 : 벽체1]



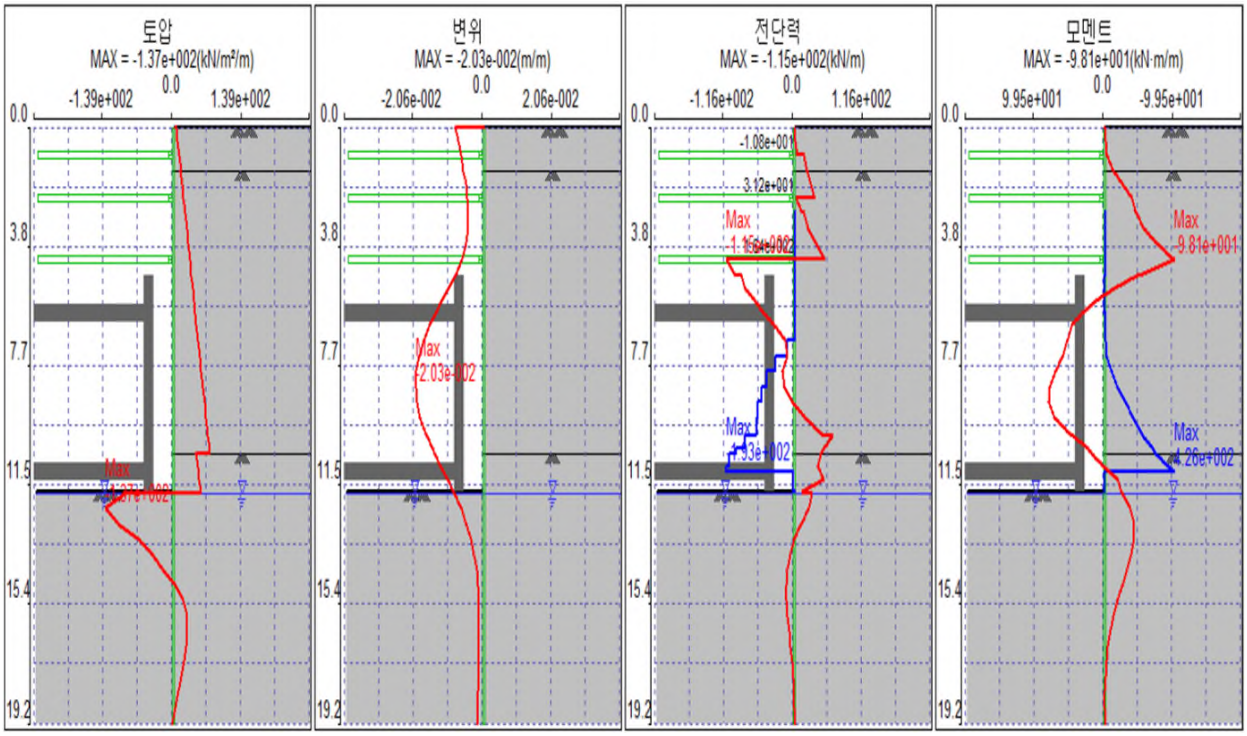
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체 EA3]



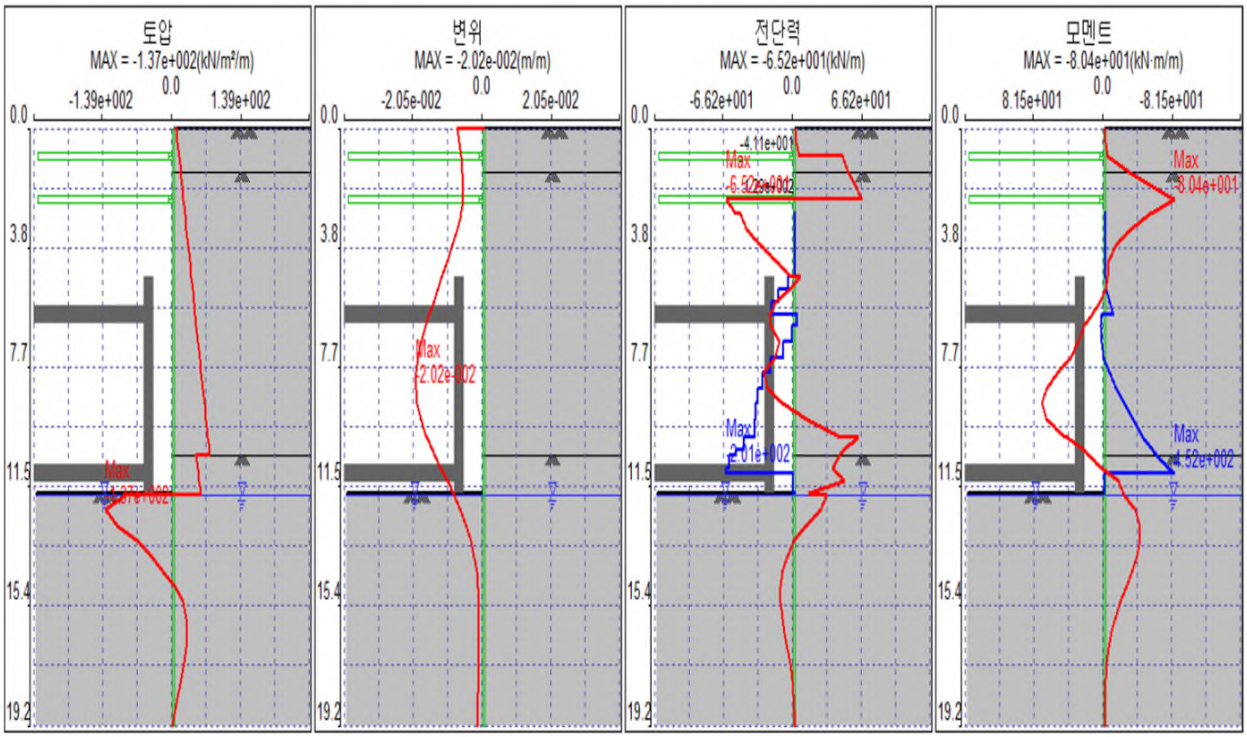
21) 시공 21 단계 [CS21 : S2]



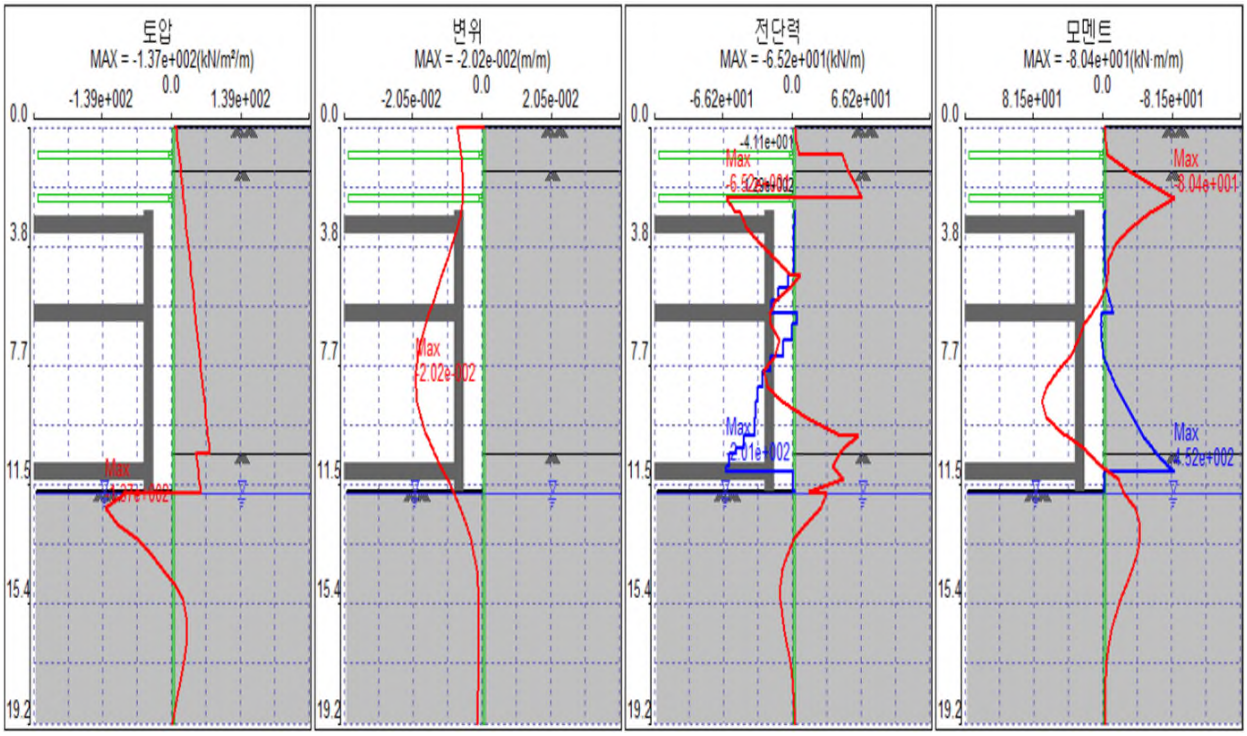
22) 시공 22 단계 [CS22 : 벽체2]



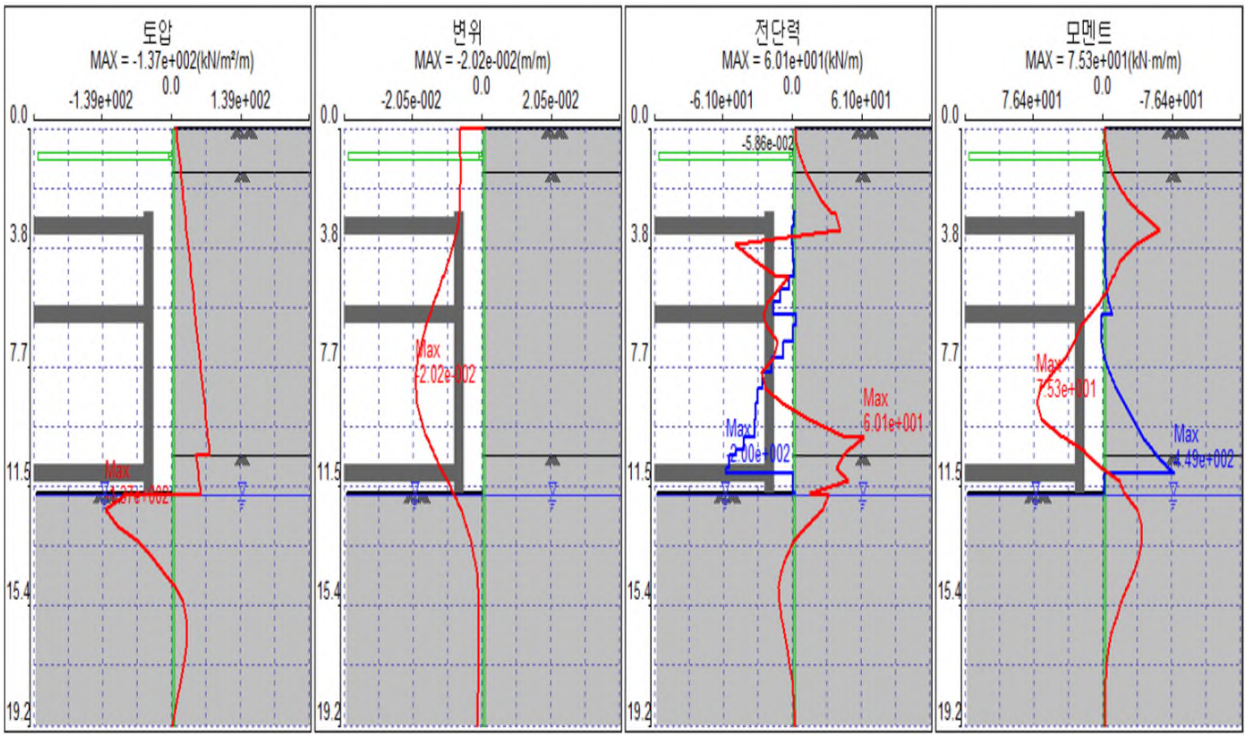
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체 ST2]



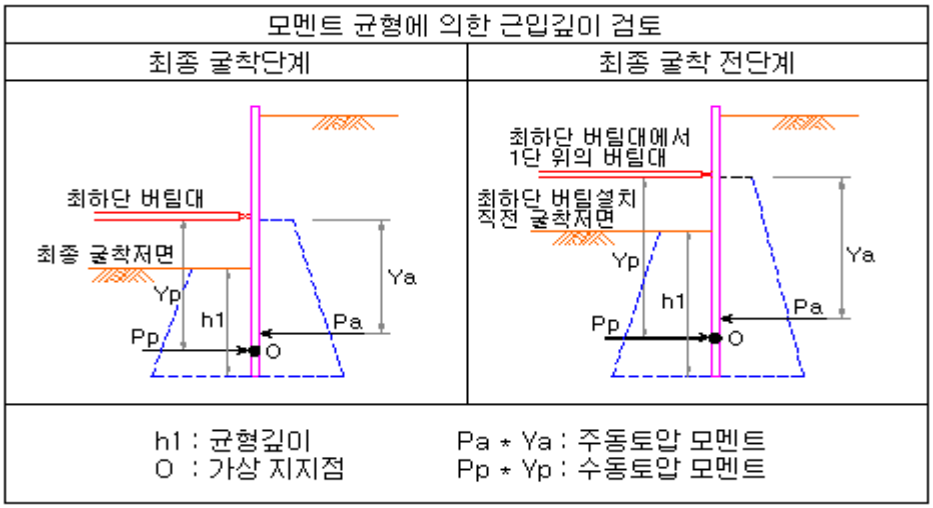
24) 시공 24 단계 [CS24 : S3]



25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체 ST1]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.236	7.460	1488.436	7213.269	4.846	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.983	8.830	2591.324	11122.010	4.292	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.87 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 159.335 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.869 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 219.075 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.162 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (159.335 x 0.869) + (219.075 x 6.162) = 1488.436 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1112.412 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.484 m

Mp = (Pp x Yp) = (1112.412 x 6.484) = 7213.269 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7213.269 / 1488.436 = 4.846

S.F. = 4.846 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -8.37 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 263.027 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.044 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 330.044 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.02 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (263.027 x 1.044) + (330.044 x 7.02) = 2591.324 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1475.769 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.536 m

Mp = (Pp x Yp) = (1475.769 x 7.536) = 11122.01 kN · m

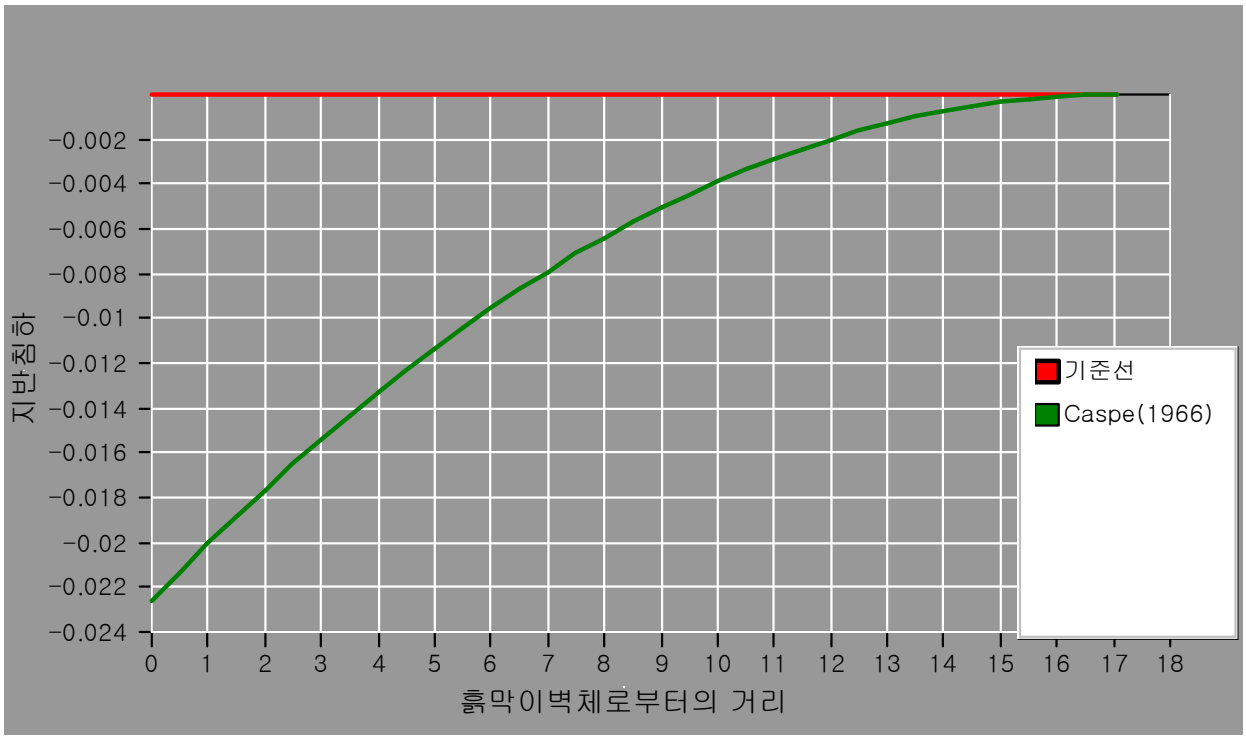
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11122.01 / 2591.324 = 4.292

S.F. = 4.292 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.097 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 11.74 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 27.867 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 27.867/2) = 16.599 m

Ht = Hp + Hw = 16.599 + 11.74 = 28.339 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 28.339 x tan(45-27.867/2) = 17.073 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.097 / 17.073 = -0.023 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.023 x ((17.073 - Xi) / 17.073)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-22.655	-1.308	-2.615
0.50	-21.348	-1.269	-2.537
1.00	-20.079	-1.230	-2.460
1.50	-18.849	-1.191	-2.382
2.00	-17.658	-1.152	-2.304
2.50	-16.506	-1.113	-2.226
3.00	-15.393	-1.074	-2.149
3.50	-14.318	-1.036	-2.071

4.00	−13.283	−0.997	−1.993
4.50	−12.286	−0.958	−1.916
5.00	−11.328	−0.919	−1.838
5.50	−10.410	−0.880	−1.760
6.00	−9.529	−0.841	−1.682
6.50	−8.688	−0.802	−1.605
7.00	−7.886	−0.763	−1.527
7.50	−7.122	−0.725	−1.449
8.00	−6.398	−0.686	−1.371
8.50	−5.712	−0.647	−1.294
9.00	−5.065	−0.608	−1.216
9.50	−4.457	−0.569	−1.138
10.00	−3.888	−0.530	−1.061
10.50	−3.358	−0.491	−0.983
11.00	−2.866	−0.453	−0.905
11.50	−2.414	−0.414	−0.827
12.00	−2.000	−0.375	−0.750
12.50	−1.625	−0.336	−0.672
13.00	−1.289	−0.297	−0.594
13.50	−0.992	−0.258	−0.517
14.00	−0.734	−0.219	−0.439
14.50	−0.514	−0.181	−0.361
15.00	−0.334	−0.142	−0.283
15.50	−0.192	−0.103	−0.206
16.00	−0.089	−0.064	−0.128
16.50	−0.025	−0.025	−0.050
17.00	0.000	0.000	−0.006
17.07	0.000	0.000	0.000
Max	−22.655	−1.308	−2.615

3-1.11 TYPE-11

(STA.0+580.0~0+600.0)

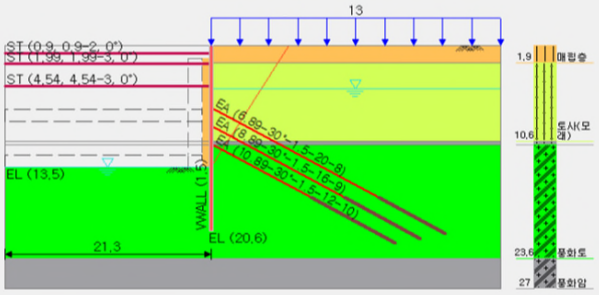
GeoX 구조계산서

TYPE-11 벽체 1단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (ST1)
7.2 Strut 설계 (ST2)
7.3 Earth Anchor 설계 (EA3, EA4, EA5)
8.띠장 설계
8.1 ST1 띠장 설계
8.2 ST2 띠장 설계
8.3 EA3 띠장 설계
8.4 EA4 띠장 설계
8.5 EA5 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 13.50m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9-2, 0°)
ST (1.99, 1.99-3, 0°)
ST (4.54, 4.54-3, 0°)
EL (13.5)
WALL (1.5)
EL (20.6)
21.3
EA (8.89-30*1.5-20-8)
EA (8.89-30*1.5-16-8)
EA (10.89-30*1.5-12-10)
1.9
매립층
10.6
토사(모래)
23.6
풍화토
27
풍화암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	89.879	156.609	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.218	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
ST1 P 406.4x9	1.99	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	41.852	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		
ST2 P 406.4x9	4.54	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.435	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
EA3 Strand12.7x4EA	6.89	O.K	O.K	O.K
EA4 Strand12.7x4EA	8.89	O.K	O.K	O.K
EA5 Strand12.7x4EA	10.89	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
ST1 H 300x305x15/15	1.99	휨응력	84.196	142.832	O.K	
		전단응력	39.915	90.000	O.K	
ST2 H 300x305x15/15	4.54	휨응력	56.059	142.832	O.K	
		전단응력	26.576	90.000	O.K	
EA3 2H 250x250x9/14	6.89	휨응력	32.670	153.578	O.K	
		전단응력	37.804	90.000	O.K	
EA4 2H 250x250x9/14	8.89	휨응력	34.972	153.578	O.K	
		전단응력	40.468	90.000	O.K	
EA5 2H 250x250x9/14	10.89	휨응력	35.626	153.578	O.K	
		전단응력	41.225	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	95.822	166.445	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	59.082	185.140	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	43.136	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	70.665	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.839	137.022	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 13.50	휨응력	135.325	303.750	O.K		
		압축응력	131.068	281.667	O.K		
		전단응력	49.313	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS16 : 복구 7.39m	26.257	40.500	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

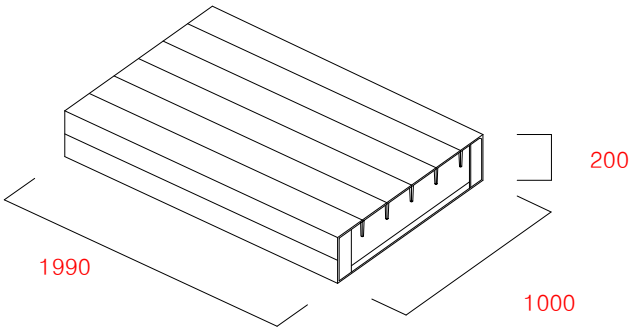
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

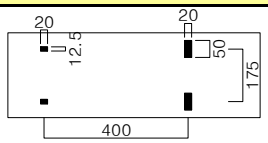
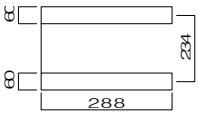
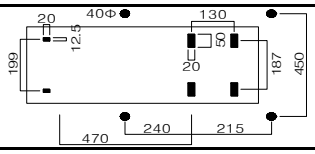
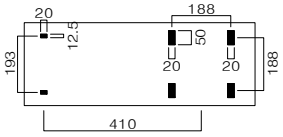
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

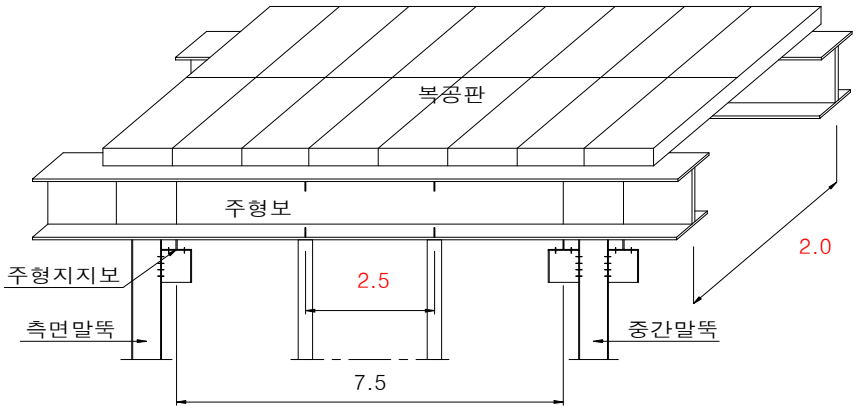
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

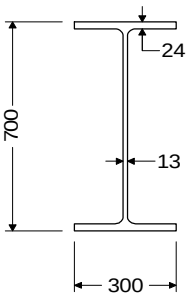
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.500 \times 7.500 / 8 = 39.023$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.500 / 2 = 20.813$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)$

$= 0.316 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

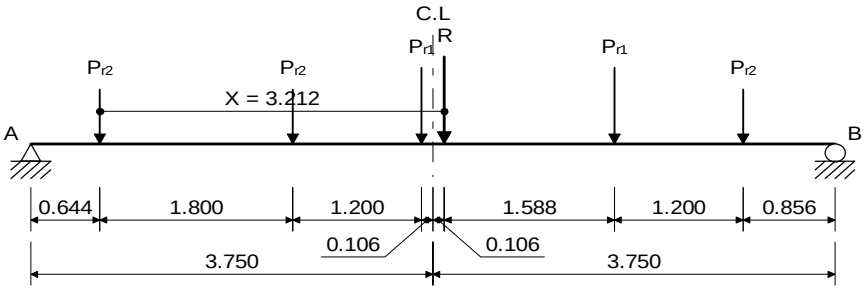
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)

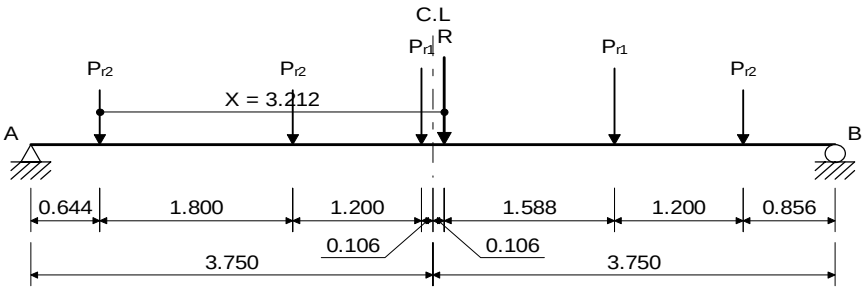


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

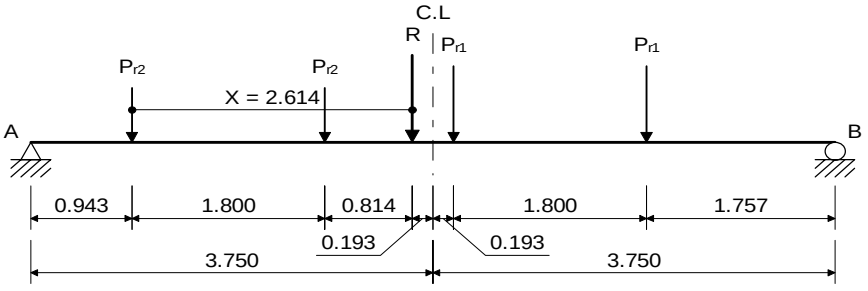
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L
= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500
= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

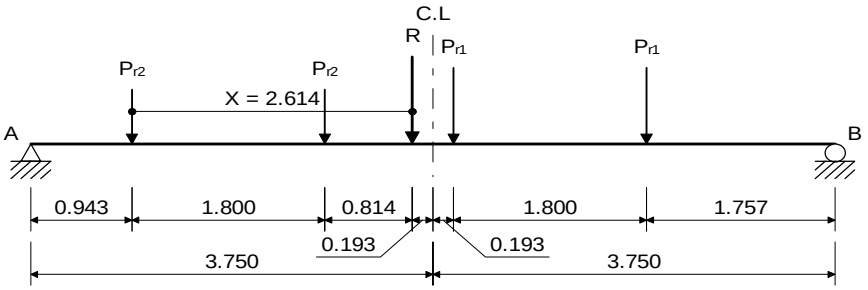


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

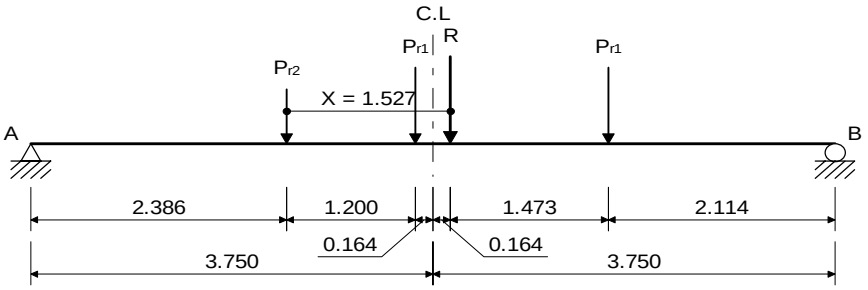
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

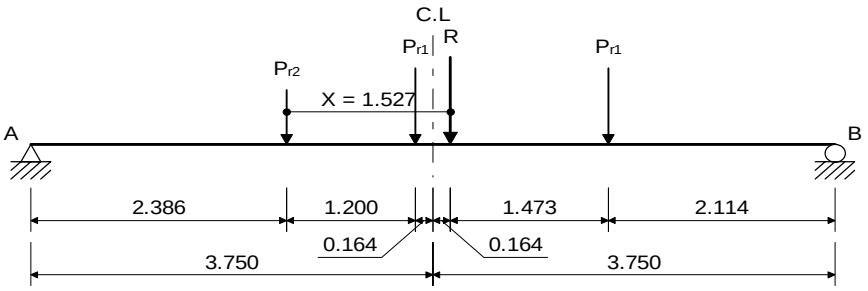


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

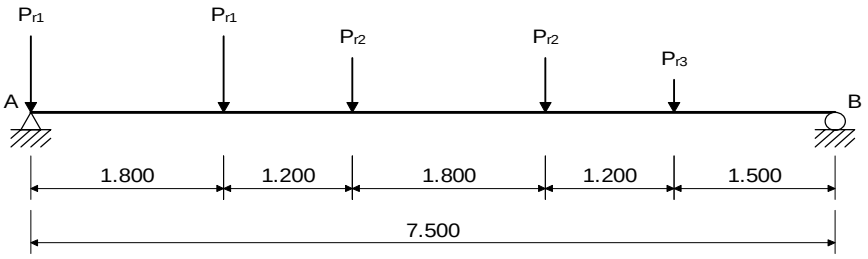


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x 1.00 = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m
S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 x 1000000 / 5760000.0 = 101.569 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.357 x 1000 / 8476 = 40.627 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 101.569 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.627 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 420.010 / (7.50 x 7.50) = 59.735 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 59.735 x 7500.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 5.830 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7500.0 / 400 , 25)

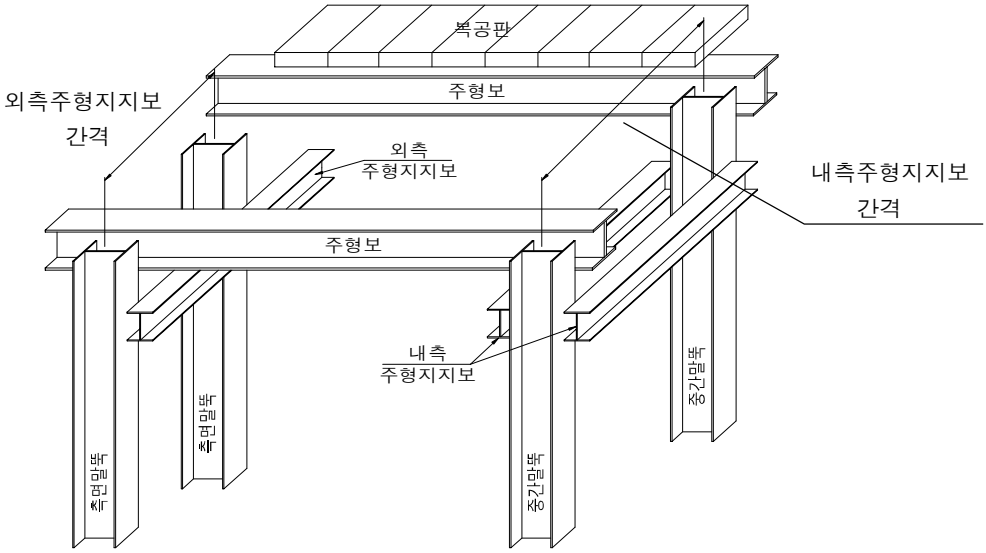
= 18.750 mm > δ_l = 5.830 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

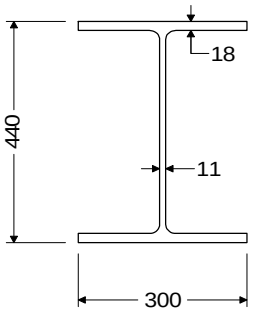
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

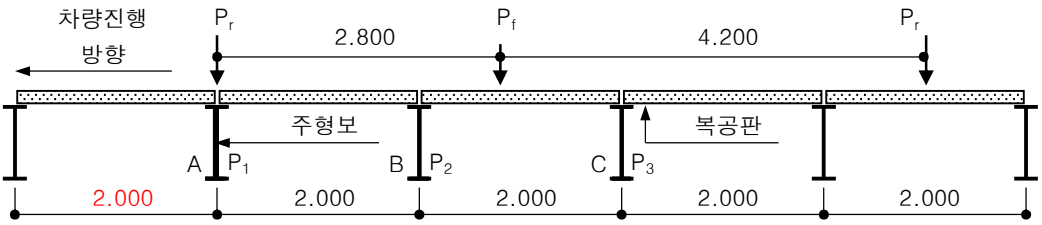


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



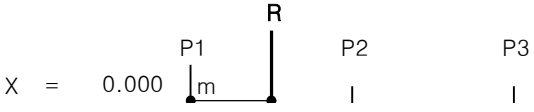
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

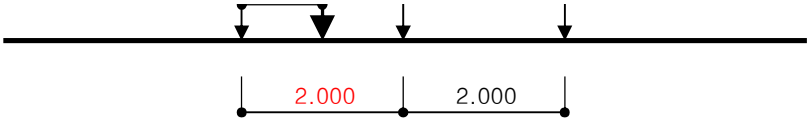
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



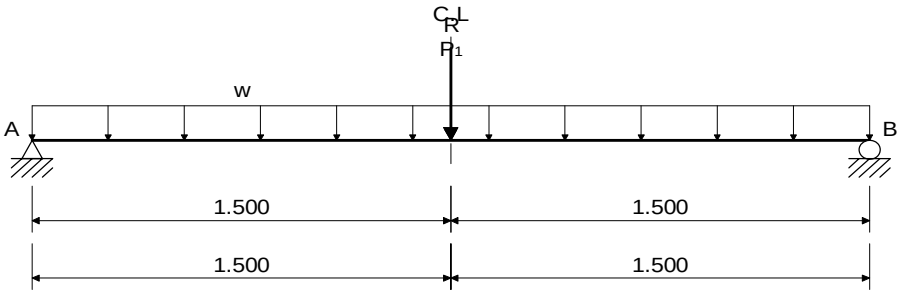


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

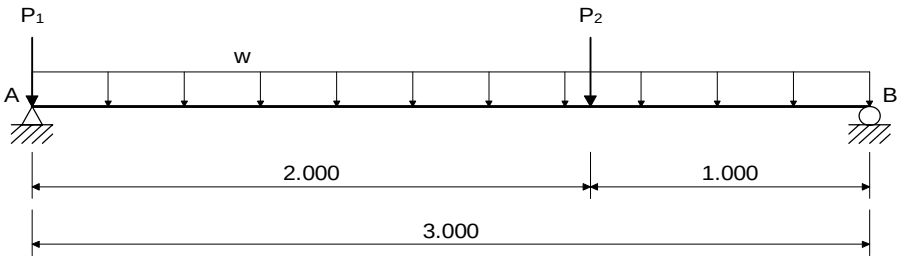
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 3.000
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 259.631 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (344.356 x 3.000 + 69.344 x 1.000) / 3.000
= 367.471 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 367.471 + 1.212 x 3.00 / 2
= 369.289 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

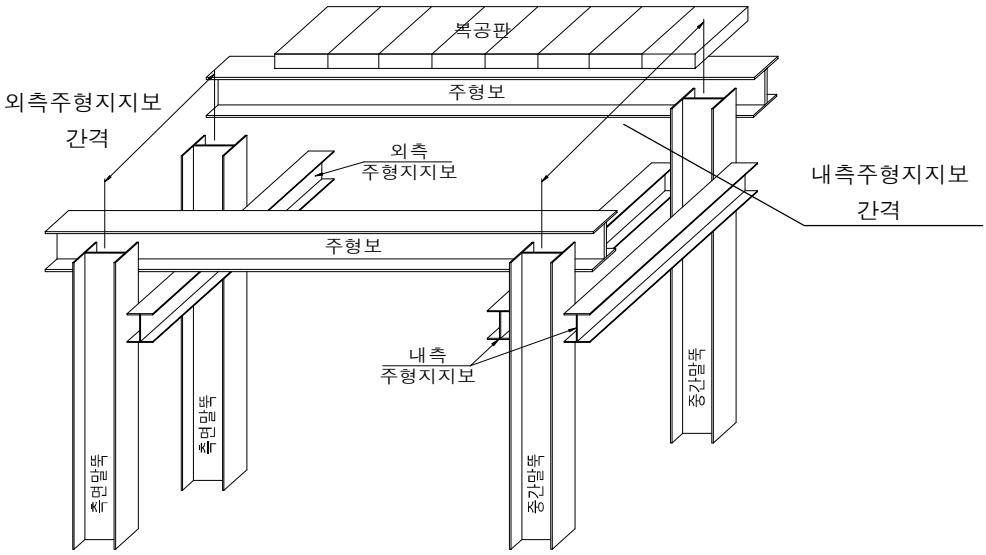
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

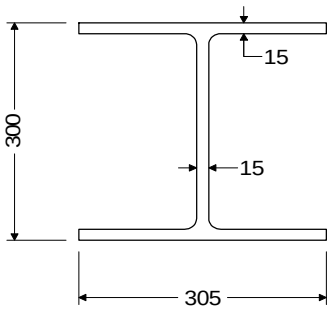
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.50 m

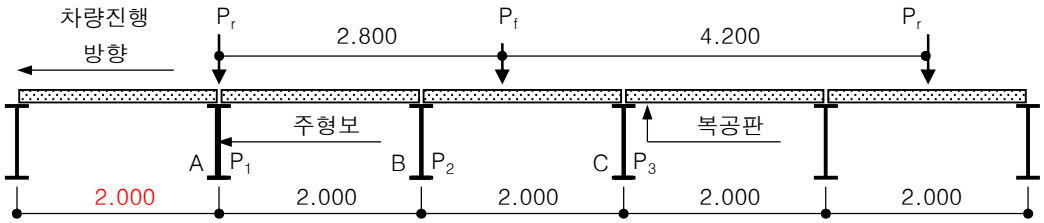


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



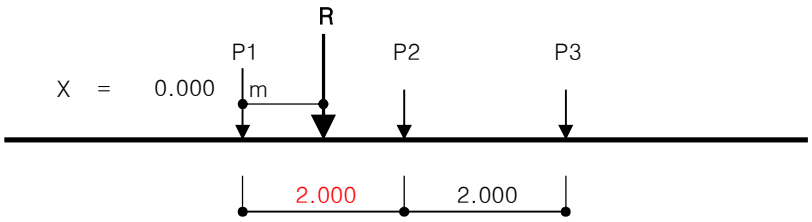
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 344.356

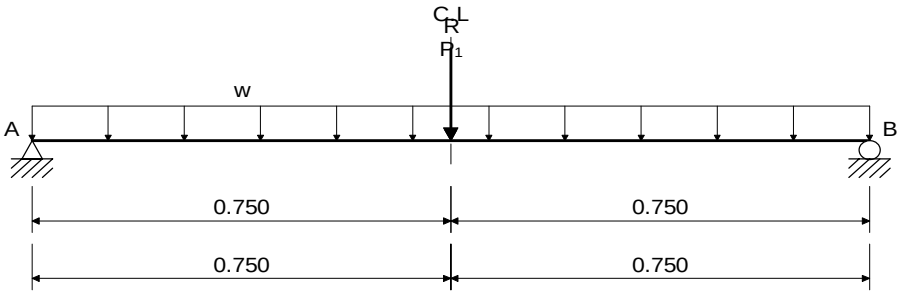
= 344.357 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 344.356

= 0.000 m

② 최대 휨모멘트



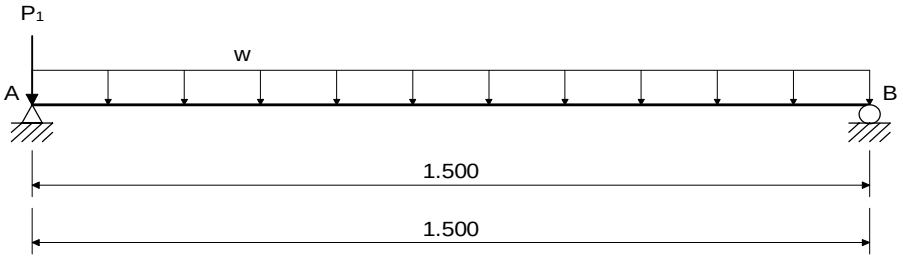
R_a = (P_1 x 0.750) / L

= (344.356 x 0.750) / 1.500

= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.750) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 0.750) + 1.038 x 1.50^2 / 8
= 129.426 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 1.500
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.50 / 2
= 345.135 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 129.426 x 1000000 / 1440000.0 = 89.879 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 345.135 x 1000 / 4050 = 85.218 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.879 + 89.879) / 89.879
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 305

= 4.918 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.918 − 4.6))

= 156.609 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.609 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.609 MPa > f_b = 89.879 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.218 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 345135 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

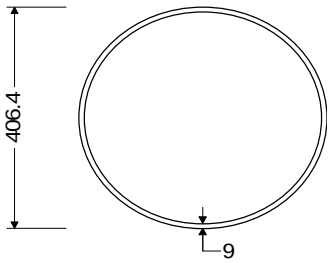
7.1 Strut 설계 (ST1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 116.752 kN/m ---> ST1 (CS5 : 굴착 7.39 m)
= 116.752 x 3.00 / 1 단
= 350.256 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 350.256 + 120.0 = 470.256 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1092000.0 = 32.194 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 470.256 x 1000 / 11236.2 = 41.852 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.087 x 9)

= 20.772 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.087

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (74.046 − 9.658) / 74.046

= 0.870 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 41.852 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{41.852}{125.415} + \dfrac{32.194}{157.500 \times (1 - (41.852 / 473.766))}$

= 0.558 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 41.852 + \dfrac{32.194}{1 - (41.852 / 473.766)}$

$= \quad 77.166 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.558 \quad , \quad 0.490 \quad)$

$= \quad 0.558 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{74.046}{125.415} + \left\{ \dfrac{3.336}{88.910} \right\}^2$

$= \quad 0.592 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

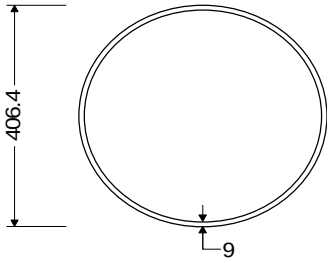
7.2 Strut 설계 (ST2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 77.736 kN/m ---> ST2 (CS18 : 복구 5.04m)
= 77.736 x 3.00 / 1 단
= 233.207 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 233.207 + 120.0 = 353.207 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1092000.0 = 32.194 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 353.207 x 1000 / 11236.2 = 31.435 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.101 x 9)

= 20.503 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.101

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (63.629 − −0.760) / 63.629

= 1.012 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 31.435 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times \left(1 - \left(f_c / f_{eax} \right) \right)}$

$= \dfrac{31.435}{125.415} + \dfrac{32.194}{157.500 \times \left(1 - \left(31.435 / 473.766 \right) \right)}$

= 0.470 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - \left(f_c / f_{eax} \right)}$

$= 31.435 + \dfrac{32.194}{1 - \left(31.435 / 473.766 \right)}$

$= \quad 65.917 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.470 \quad , \quad 0.419 \quad)$

$= \quad 0.470 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{63.629}{125.415} + \left\{ \dfrac{3.336}{88.910} \right\}^2$

$= \quad 0.509 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

7.3 Earth Anchor 설계 (EA3, EA4, EA5)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

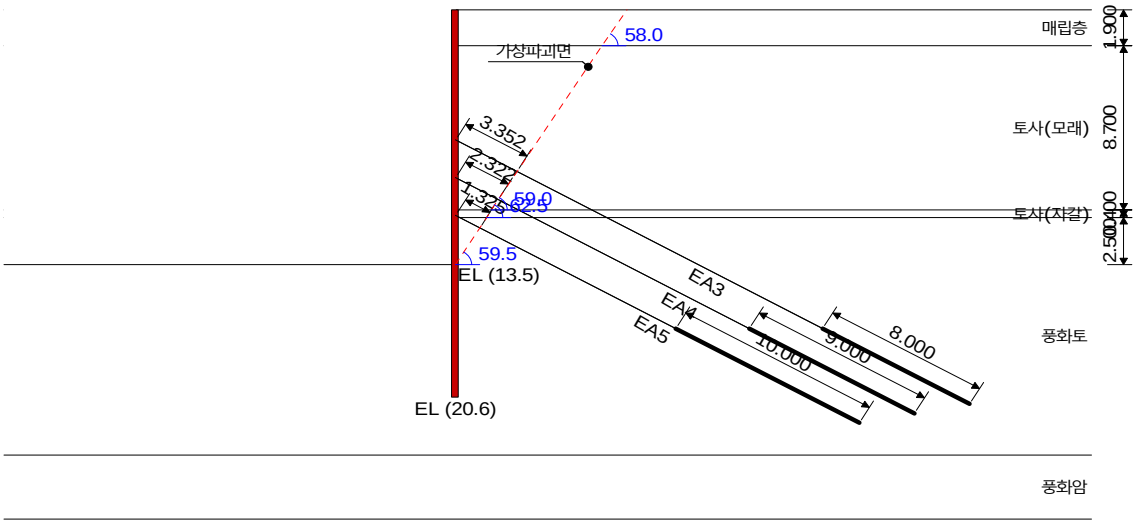
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
EA3	6.890	3.352	2.025	20.000	O.K
EA4	8.890	2.322	2.025	16.000	O.K
EA5	10.890	1.325	2.025	12.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치	최대축력	Anchor	설치각 (°)	소요설계축력

구 분	(GL.-m)	R_{max} (kN/m,ea)	수평간격(m)	설치각 (°)	T_{req} (kN/ea)
EA3	6.890	152.073	1.500	30	228.110
EA4	8.890	162.632	1.500	30	243.947
EA5	10.890	163.097	1.500	30	244.645

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
6.890	200000	3.0	98.71	4	20.5	11556.293
8.890	200000	3.0	98.71	4	16.5	14357.818
10.890	200000	3.0	98.71	4	12.5	18952.320

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
6.890	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
8.890	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
10.890	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
6.890	228.110	11.556	24.796	264.462
8.890	243.947	14.358	24.796	283.101
10.890	244.645	18.952	24.796	288.394

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
6.890	264.462	110.160	4	2.401	O.K
8.890	283.101	110.160	4	2.570	O.K
10.890	288.394	110.160	4	2.618	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
EA3	6.890	228.110	풍화토	2.50	100.000	300.000	6.051	228.110
합계		-	-	-	-	-	6.051	-
EA4	8.890	243.947	풍화토	2.50	100.000	300.000	6.471	243.947
합계		-	-	-	-	-	6.471	-
EA5	10.890	244.645	풍화토	2.50	100.000	300.000	6.489	244.645
합계		-	-	-	-	-	6.489	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,
T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
6.890	228.110	4.0	12.70	1000.0	1.429

8.890	243.947	4.0	12.70	1000.0	1.529
10.890	244.645	4.0	12.70	1000.0	1.533

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
6.890	6.051	1.429	8.0	O.K
8.890	6.471	1.529	9.0	O.K
10.890	6.489	1.533	10.0	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
6.890	20.000	1.500	8.000	29.500
8.890	16.000	1.500	9.000	26.500
10.890	12.000	1.500	10.000	23.500

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
6.890	264.462	20.5	200000	98.71	4	68.654
8.890	283.101	16.5	200000	98.71	4	59.153
10.890	288.394	12.5	200000	98.71	4	45.650

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
6.890	1.50	30.0	20.000	1.500	8.000	264.462
8.890	1.50	30.0	16.000	1.500	9.000	283.101
10.890	1.50	30.0	12.000	1.500	10.000	288.394

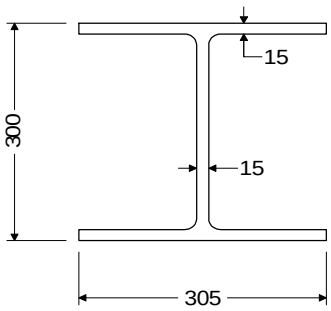
8.띠장 설계

8.1 ST1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

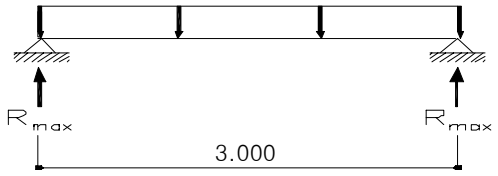
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 116.752 kN/m ---> ST1 (CS5 : 굴착 7.39 m)

P = 116.752 × 3.00 m / 1 ea = 350.256 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 350.256 / (13 \times 3.000)$
$= 107.771$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 107.771 \times 3.000^2 / 8$
$= 121.243$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 107.771 \times 3.000 / 2$
$= 161.657$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 121.243 \times 1000000 / 1440000.0 = 84.196$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 161.657 \times 1000 / 4050 = 39.915$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (84.196 + 84.196) / 84.196

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 84.196 MPa ---> O.K

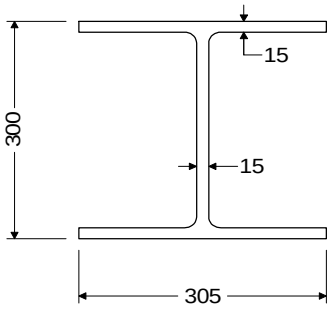
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 39.915 MPa ---> O.K

8.2 ST2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

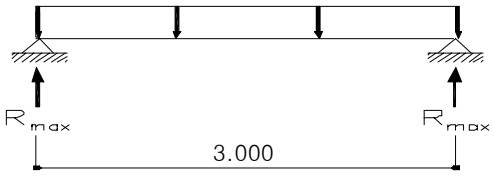
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 77.736 kN/m ---> ST2 (CS18 : 복구 5.04m)

P = 77.736 × 3.00 m / 1 ea = 233.207 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 233.207 / (13 × 3.000)
= 71.756 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 71.756 × 3.000 ^{2} / 8
= 80.726 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 71.756 × 3.000 / 2
= 107.634 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 80.726 x 1000000 / 1440000.0 = 56.059 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 107.634 x 1000 / 4050 = 26.576 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (56.059 + 56.059) / 56.059$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 56.059 MPa ---> O.K

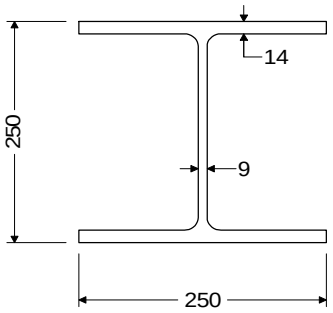
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 26.576 MPa ---> O.K

8.3 EA3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

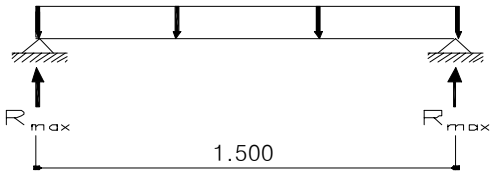
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



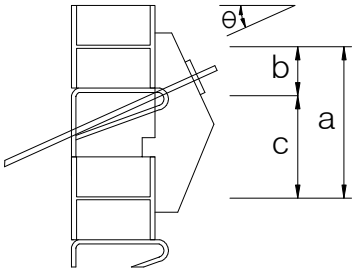
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 264.462 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 264.462 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 163.653 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 163.653 / (13 × 1.500)
= 100.710 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 100.710 × 1.500 ^{2} / 8
= 28.325 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 100.710 × 1.500 / 2
= 75.532 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 28.325 x 1000000 / 867000.0 = 32.670 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 75.532 x 1000 / 1998 = 37.804 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (32.670 + 32.670) / 32.670

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 32.670 MPa ---> O.K

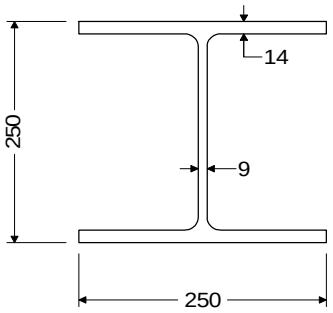
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 37.804 MPa ---> O.K

8.4 EA4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

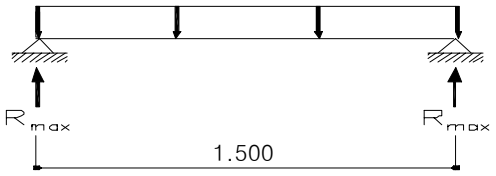
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



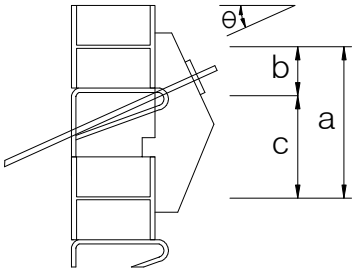
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 283.101 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 283.101 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 175.187 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 175.187 / (13 × 1.500)
= 107.807 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 107.807 × 1.500 ^{2} / 8
= 30.321 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 107.807 × 1.500 / 2
= 80.856 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.321 x 1000000 / 867000.0 = 34.972 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 80.856 x 1000 / 1998 = 40.468 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (34.972 + 34.972) / 34.972

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 34.972 MPa ---> O.K

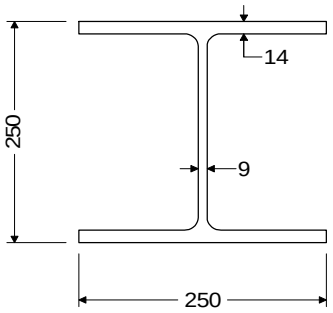
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.468 MPa ---> O.K

8.5 EA5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

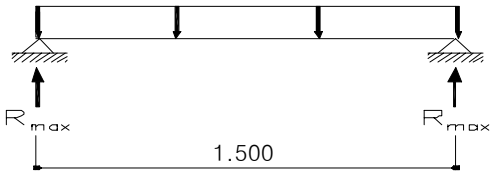
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



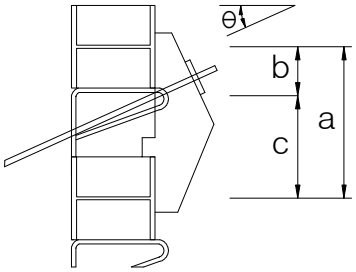
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 288.394 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 288.394 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 178.462 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 178.462 / (13 × 1.500)
= 109.823 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 109.823 × 1.500 ^{2} / 8
= 30.888 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 109.823 × 1.500 / 2
= 82.367 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.888 x 1000000 / 867000.0 = 35.626 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 82.367 x 1000 / 1998 = 41.225 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (35.626 + 35.626) / 35.626

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 35.626 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 41.225 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

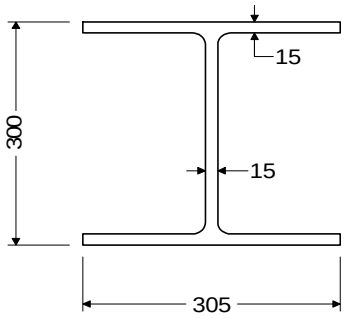
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.600	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	21.800	kN			
라. 버팀보 자중	=	13.200	kN			
마. 띠장 자중	=	9.700	kN			
바. 지보재 수직분력	=	237.179	kN	× 1.500	=	355.769 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
∑ P_s	=	796.425	kN			

최대모멘트, M_{max} = 91.989 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 해체 EA5)

최대전단력, S_{max} = 116.467 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 해체 EA5)

▶ Pmax = 796.425 kN

▶ Mmax = 91.989 × 1.500 = 137.984 kN·m

▶ Smax = 116.467 × 1.500 = 174.700 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 137.984 x 1000000 / 1440000.0 = 95.822 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 796.425 x 1000 / 13480 = 59.082 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 174.700 x 1000 / 4050 = 43.136 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 2.156

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (154.904 - -36.740) / 154.904$

= 1.237

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 4500 / 126

35.714 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 1.29 x (35.714 - 16))

= 185.140 MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 185.140 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4500 / 305

= 14.754 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 3.91 x (14.754 - 4))

= 166.445 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

= 166.445 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (35.714)^2

= 1058.400 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 185.140 MPa > f_c = 59.082 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 166.445 MPa > f_b = 95.822 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 43.136 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{59.082}{185.140} + \dfrac{95.822}{166.445 \times (1 - (59.082 / 1058.400))}$

= 0.929 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 59.082 + \frac{95.822}{1 - (59.082 / 1058.400)}$$

$$= 160.569 < f_{cal} = 213.750 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.929 , 0.751)
= 0.929 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 26.3 mm ---> 흙막이벽(우) (CS16 : 복구 7.39m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 13.500 x 1000 x 0.003 = 40.500 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 796.43 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	= 40	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	= 27	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	= 11	
L_s(모래층 중의 길이)	= 7.500	m
L_c(점토층 중의 길이)	= 6.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	= 0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	= 1.210	m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 27 x 1.210 x 7.500
+ 0.5 x 11 x 1.210 x 6.000
= 180.435 tonf
= 1769.46 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1769.46 / 2.0
= 884.731 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

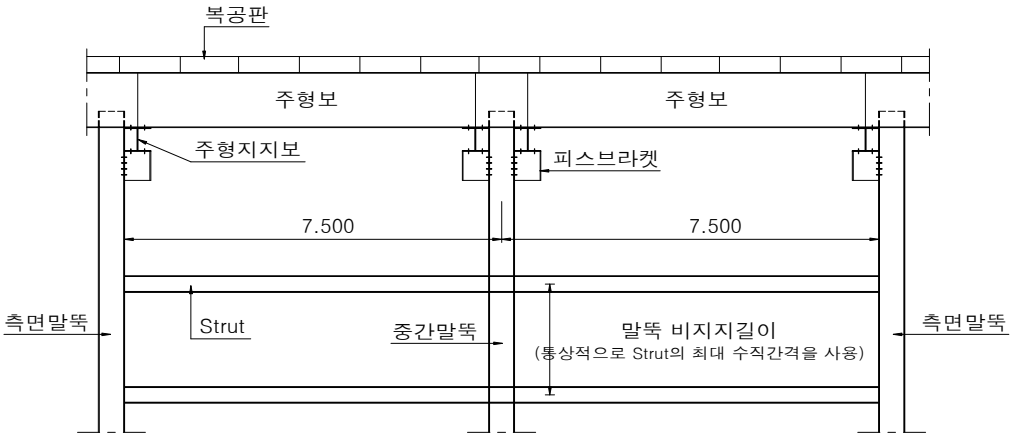
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 + 7.500 = 15.000 m

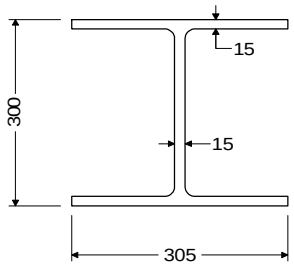
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 22.800 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 13.200 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 47.750 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

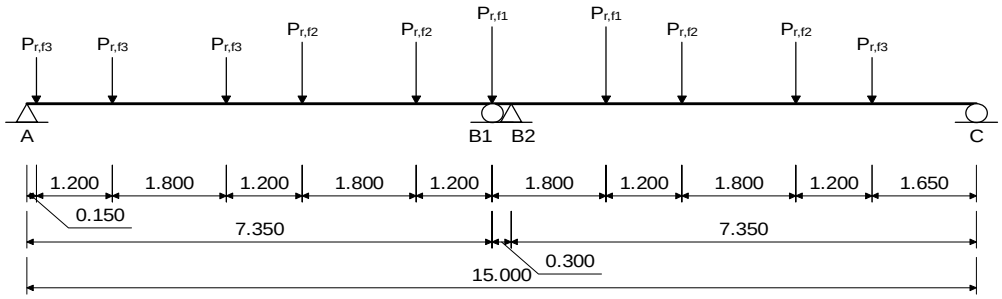
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350 + 70.200 x 0.150) / 7.350

= 302.927 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 70.200 x 1.650) / 7.350

= 210.600 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 302.927 x 1.00 = 302.927 kN

P_{r2} = 210.600 x 1.00 = 210.600 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350 + 17.550 x 0.150) / 7.350

= 75.732 kN

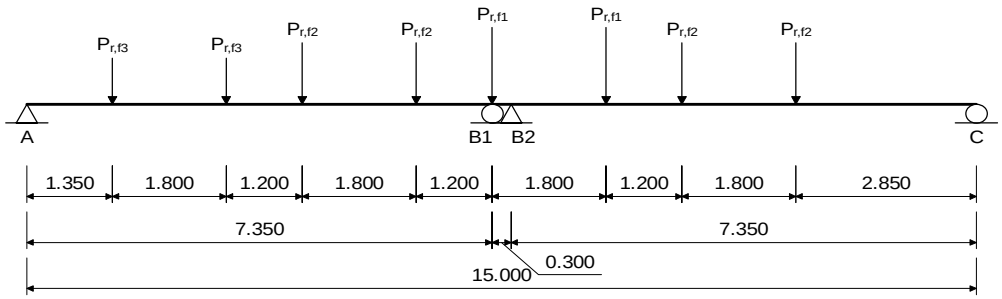
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 17.550 x 1.650) / 7.350

= 52.650 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.732 x 1.00 = 75.732 kN

P_{f2} = 52.650 x 1.00 = 52.650 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350) / 7.350

= 301.494 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350
= 194.841 kN

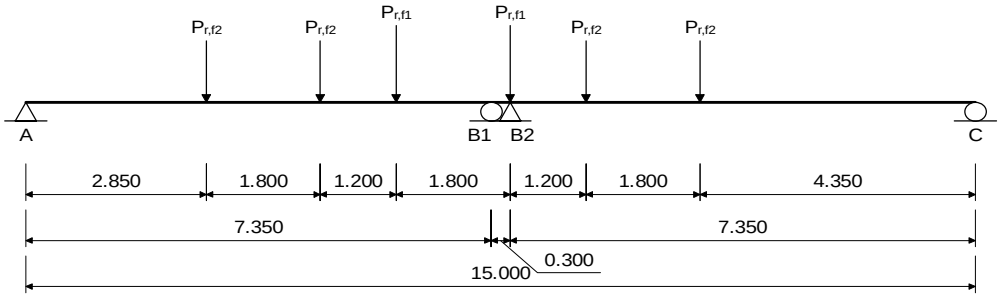
∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 301.494 x 1.00 = 301.494 kN
P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)
R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350) / 7.350
= 75.373 kN

R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350
= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.373 x 1.00 = 75.373 kN
P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)
R_{B1} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350
= 194.841 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350
= 258.514 kN

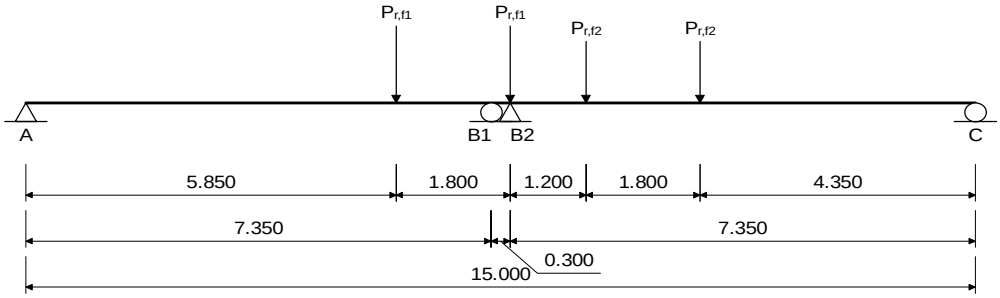
∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN
P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)
R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350
= 48.710 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

④ **1.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850) / 7.350
= 99.331 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350
= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 99.331 x 1.00 = 99.331 kN
P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

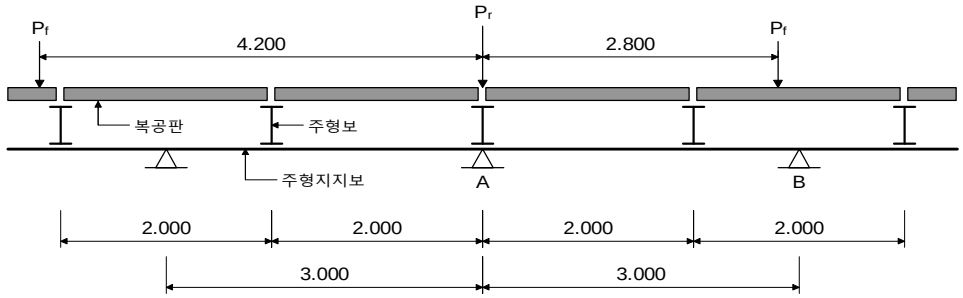
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850) / 7.350
= 24.833 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.833 x 1.00 = 24.833 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (302.927 x 3.000 + 75.732 x 0.200) / 3.000
= 307.975 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 307.975 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 339.194 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000
= 262.823 kN

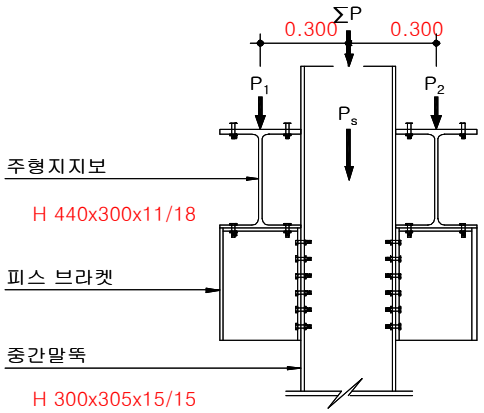
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s
= 339.194 + 294.042 + 47.750 = 680.986 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 226.995 x 1000 / 13480 = 16.839 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 101.758 x 1000000 / 1440000 = 70.665 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 339.194 x 0.300 = 101.758 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.906

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.505 − −53.826) / 87.505

= 1.615

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 16.839 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 70.665 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{16.839}{137.022} + \frac{70.665}{159.234 \times (1 - (16.839 / 857.304))}$

= 0.576 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 16.839 + \frac{70.665}{1 - (16.839 / 857.304)}$

= 88.921 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.576 , 0.416)

= 0.576 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 227.00 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	27
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0
L_s(모래층 중의 길이)	=	9.500 m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000 m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915 m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210 m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 27 x 1.210 x 9.500

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 153.573 tonf

= 1506.04 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1506.04 / 2.0

= 753.018 kN

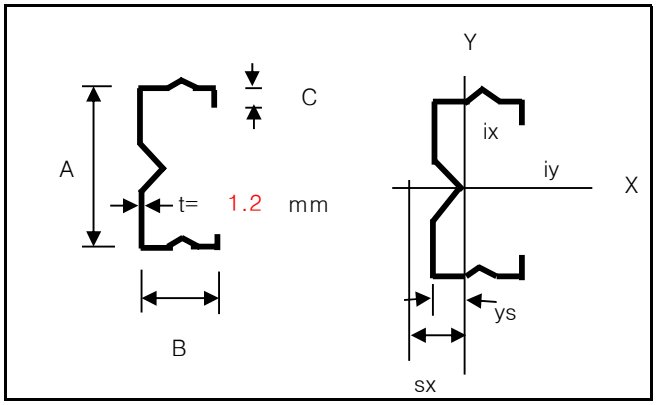
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

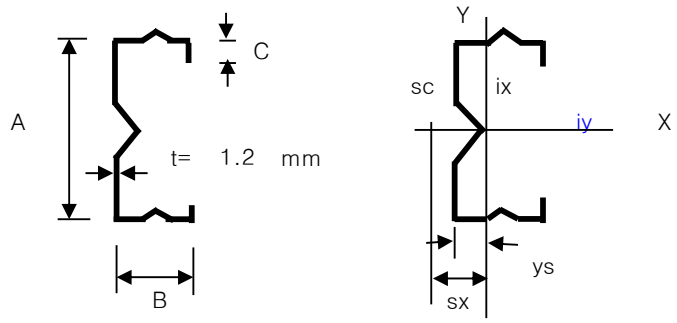
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 13.50m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

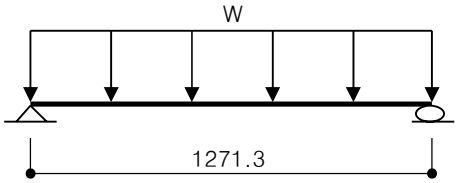
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0908 MPa ---> (CS11 : 생성 EA5:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 90.8 kN/m^2 x 0.2000 m = 18.2 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 18.2 x 1.27^2 / 8 = 3.7 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 18.2 x 1.27 / 2 = 11.5 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3667296 / 27,100 = 135.32 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3667296 / 27,980 = 131.07 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 11539 / 234 = 49.31 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 135.32 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 131.07 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 49.31 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 21.3 m, 최대굴착깊이 = 13.5 m, 전모델높이 = 27 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.90	18.00	19.00	0.00	26.00	4	-	12000.00
2	토사(모래)	10.60	18.00	19.00	0.00	28.00	9	-	20000.00
3	토사(자갈)	11.00	20.00	21.00	0.00	35.00	17	-	32000.00
4	풍화토	23.60	20.00	21.00	21.00	29.00	35	-	31000.00
5	풍화암	27.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	19.00	20.00	0.00	30.00	30	10.00	12000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	20.6	1.5

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	7.5	0	1
2	ST1	P 406.4x9	SS400	1.99	3	7.5	50	1
3	ST2	P 406.4x9	SS400	4.54	3	7.5	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	EA3	Strand12.7x4EA	SWPC7B	6.89	1.5	30	20	200
2	EA4	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.89	1.5	30	16	200
3	EA5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	10.89	1.5	30	12	200

12.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	중간벽체	19.6	1.4	7.1	C27	1.4	뒤채움
2	중간	7.75	0	20.3	C27	1.3	-
3	하단	12.85	0	20.3	C27	1.3	-
4	하단벽체	19.6	7.1	13.5	C27	1.4	뒤채움

12.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 13.1 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.85	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.49	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	ST1		-	-	-	-	X	X
5	7.39	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	EA3		-	-	-	-	X	X
7	7.39	ST2		-	-	-	-	X	X
8	9.39	-	-	-	-	-	-	X	X
9	9.30	EA4		-	-	-	-	X	X
10	11.39	-	-	-	-	-	-	X	X
11	-	EA5		-	-	-	-	X	X
12	13.50	-	-	-	-	-	-	X	X
13	13.50	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
14	-		EA5	-	-	-	-	X	X
15	-	-	-	11.39	-	-	-	X	X
16	-		EA4	-	-	-	-	X	X
17	-	-	-	7.39	-	-	-	X	X
18	-		EA3	-	-	-	-	X	X
19	-	-	-	5.04	-	-	-	X	X
20	-		ST2	-	-	-	-	X	X
21	-	-	-	2.49	-	-	-	X	X
22	-		ST1	-	-	-	-	X	X
23	-	-	-	1.4	-	-	-	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.85 m	1.85	6.72	2.0	-2.40	5.5	1.49	1.4	-7.03	3.7
CS2 : 생성 주형보	1.85	6.72	2.0	-2.34	6.0	1.48	1.4	-6.96	3.7
CS3 : 굴착 2.49 m	2.49	8.02	2.9	-8.18	0.9	5.73	1.9	-5.38	4.8
CS4 : 생성 ST1	2.49	11.33	2.0	-5.33	2.0	1.38	0.9	-6.01	3.7
CS5 : 굴착 7.39 m	7.39	67.22	2.0	-49.53	2.0	51.73	6.4	-67.52	2.0
CS6 : 생성 EA3	7.39	62.70	6.9	-52.77	6.9	34.34	4.8	-42.72	2.0
CS7 : 굴착 7.39 m	7.39	59.86	6.9	-54.63	6.9	27.06	5.0	-35.93	2.0
CS8 : 굴착 9.39m	9.39	37.78	10.2	-92.64	6.9	61.00	8.9	-32.01	2.0
CS9 : 생성 EA4	9.30	51.00	8.9	-68.90	6.9	22.86	5.5	-35.10	2.0
CS10 : 굴착 11.39m	11.39	53.34	11.8	-109.13	8.9	66.84	10.6	-38.60	6.9
CS11 : 생성 EA5	11.39	74.41	10.9	-88.24	8.9	32.08	9.8	-34.08	2.0
CS12 : 굴착 13.5m	13.50	58.03	14.0	-97.89	10.9	73.14	12.7	-39.63	6.9
CS12 : Peck	13.50	63.19	14.0	-105.72	10.9	77.00	12.7	-39.00	2.0
CS13 : 해체 EA5	13.50	67.06	14.0	-116.47	8.9	91.99	11.8	-60.60	6.9
CS14 : 복구 11.39m	13.50	67.84	14.0	-116.35	8.9	91.21	11.8	-60.49	6.9
CS15 : 해체 EA4	13.50	55.50	14.0	-91.26	6.9	83.98	10.6	-65.59	6.9
CS16 : 복구 7.39m	13.50	55.51	14.0	-91.26	6.9	83.98	10.6	-65.59	6.9
CS17 : 해체 EA3	13.50	57.58	14.0	-64.91	8.4	79.54	11.0	-50.42	15.4
CS18 : 복구 5.04m	13.50	57.58	14.0	-64.91	8.4	79.54	11.0	-50.42	15.4
CS19 : 해체 ST2	13.50	59.10	2.0	-73.91	8.4	79.75	11.4	-58.37	2.0
CS20 : 복구 2.49m	13.50	59.10	2.0	-73.91	8.4	79.75	11.4	-58.37	2.0
CS21 : 해체 ST1	13.50	58.16	14.0	-77.48	8.4	80.18	11.4	-58.80	7.9
CS22 : 복구 1.4m	13.50	58.16	14.0	-77.48	8.4	80.18	11.4	-58.80	7.9
TOTAL		74.41	10.9	-116.47	8.9	91.99	11.8	-67.52	2.0

13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

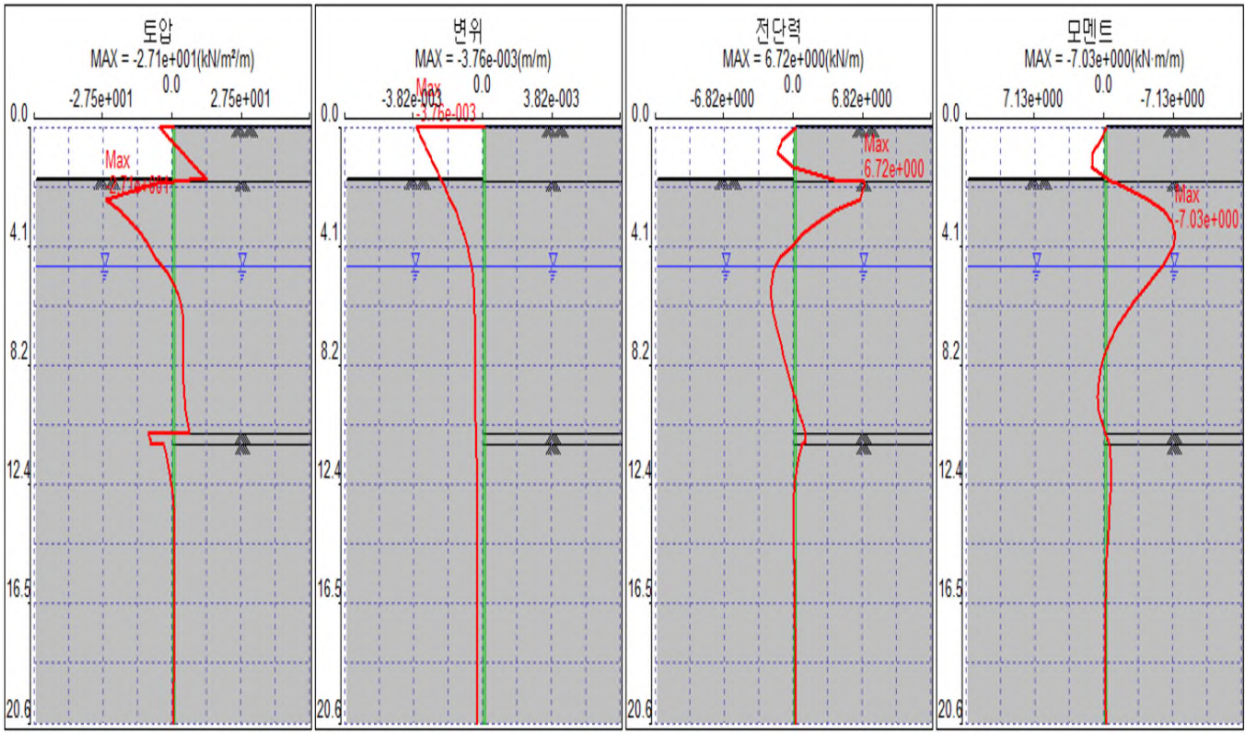
시공단계	굴착 깊이	주형보	ST1	ST2	EA3	EA4
		0.9 (m)	1.99 (m)	4.54 (m)	6.89 (m)	8.89 (m)
CS1 : 굴착 1.85 m	1.85	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	1.85	-0.02	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.49 m	2.49	6.82	-	-	-	-
CS4 : 생성 ST1	2.49	-3.46	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 7.39 m	7.39	-58.98	116.75	-	-	-
CS6 : 생성 EA3	7.39	-36.76	91.85	-	133.33	-
CS7 : 굴착 7.39 m	7.39	-30.74	80.27	16.67	132.20	-
CS8 : 굴착 9.39m	9.39	-27.40	61.74	46.60	144.62	-
CS9 : 생성 EA4	9.30	-30.04	75.43	28.94	135.11	132.33
CS10 : 굴착 11.39m	11.39	-28.36	68.38	29.77	140.62	152.29
CS11 : 생성 EA5	11.39	-29.16	71.32	32.08	138.12	141.14
CS12 : 굴착 13.5m	13.50	-28.96	71.72	24.41	138.38	148.10
CS12 : Peck	13.50	38.12	108.24	61.42	138.00	145.83
CS13 : 해체 EA5	13.50	-27.97	68.28	20.27	141.40	162.63
CS14 : 복구 11.39m	13.50	-27.98	68.29	20.29	141.38	162.56
CS15 : 해체 EA4	13.50	-25.02	52.83	40.81	152.07	-
CS16 : 복구 7.39m	13.50	-25.02	52.83	40.81	152.07	-
CS17 : 해체 EA3	13.50	-24.67	45.55	77.74	-	-
CS18 : 복구 5.04m	13.50	-24.67	45.55	77.74	-	-
CS19 : 해체 ST2	13.50	-50.90	98.29	-	-	-
CS20 : 복구 2.49m	13.50	-50.90	98.29	-	-	-
CS21 : 해체 ST1	13.50	10.12	-	-	-	-
CS22 : 복구 1.4m	13.50	10.12	-	-	-	-
TOTAL		58.98	116.75	77.74	152.07	162.63

시공단계	굴착 깊이	EA5				
		10.89 (m)				
CS1 : 굴착 1.85 m	1.85	-				
CS2 : 생성 주형보	1.85	-				
CS3 : 굴착 2.49 m	2.49	-				
CS4 : 생성 ST1	2.49	-				
CS5 : 굴착 7.39 m	7.39	-				
CS6 : 생성 EA3	7.39	-				
CS7 : 굴착 7.39 m	7.39	-				
CS8 : 굴착 9.39m	9.39	-				
CS9 : 생성 EA4	9.30	-				
CS10 : 굴착 11.39m	11.39	-				
CS11 : 생성 EA5	11.39	133.33				
CS12 : 굴착 13.5m	13.50	163.10				
CS12 : Peck	13.50	159.59				

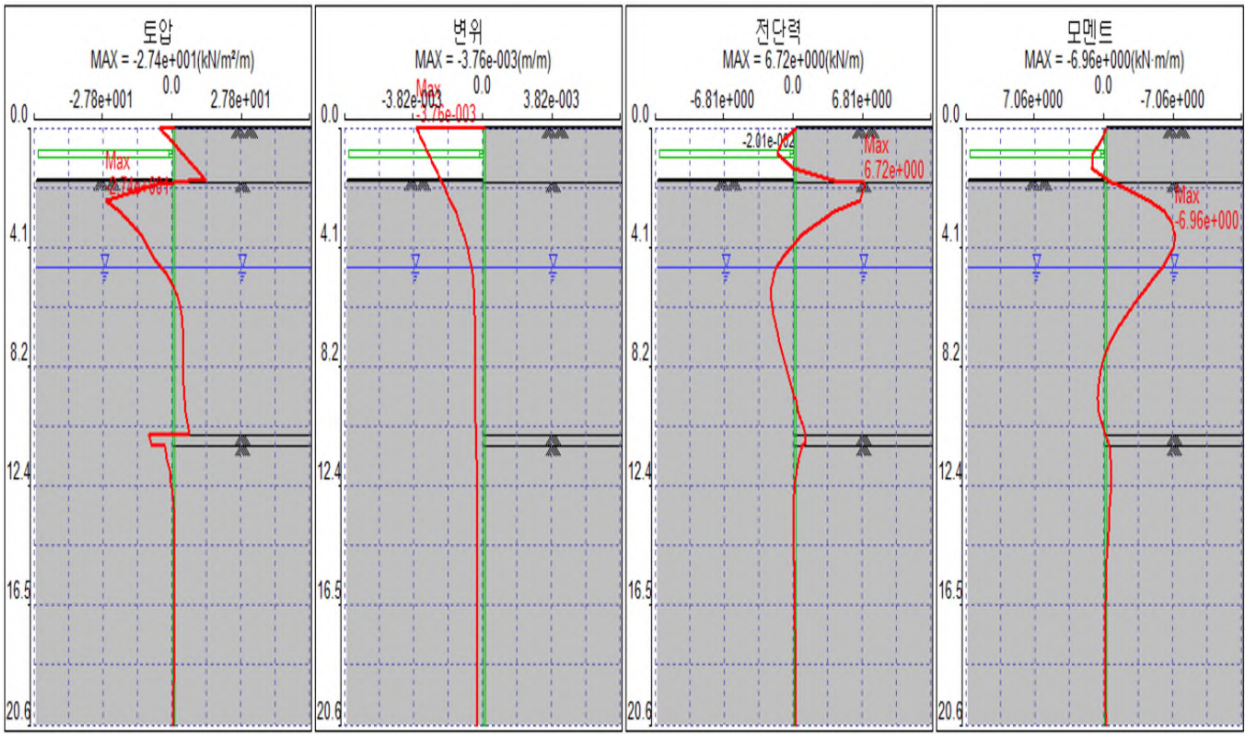
CS13 : 해체 EA5	13.50	-				
CS14 : 복구 11.39m	13.50	-				
CS15 : 해체 EA4	13.50	-				
CS16 : 복구 7.39m	13.50	-				
CS17 : 해체 EA3	13.50	-				
CS18 : 복구 5.04m	13.50	-				
CS19 : 해체 ST2	13.50	-				
CS20 : 복구 2.49m	13.50	-				
CS21 : 해체 ST1	13.50	-				
CS22 : 복구 1.4m	13.50	-				
TOTAL		163.10				

13.2 시공단계별 단면력도

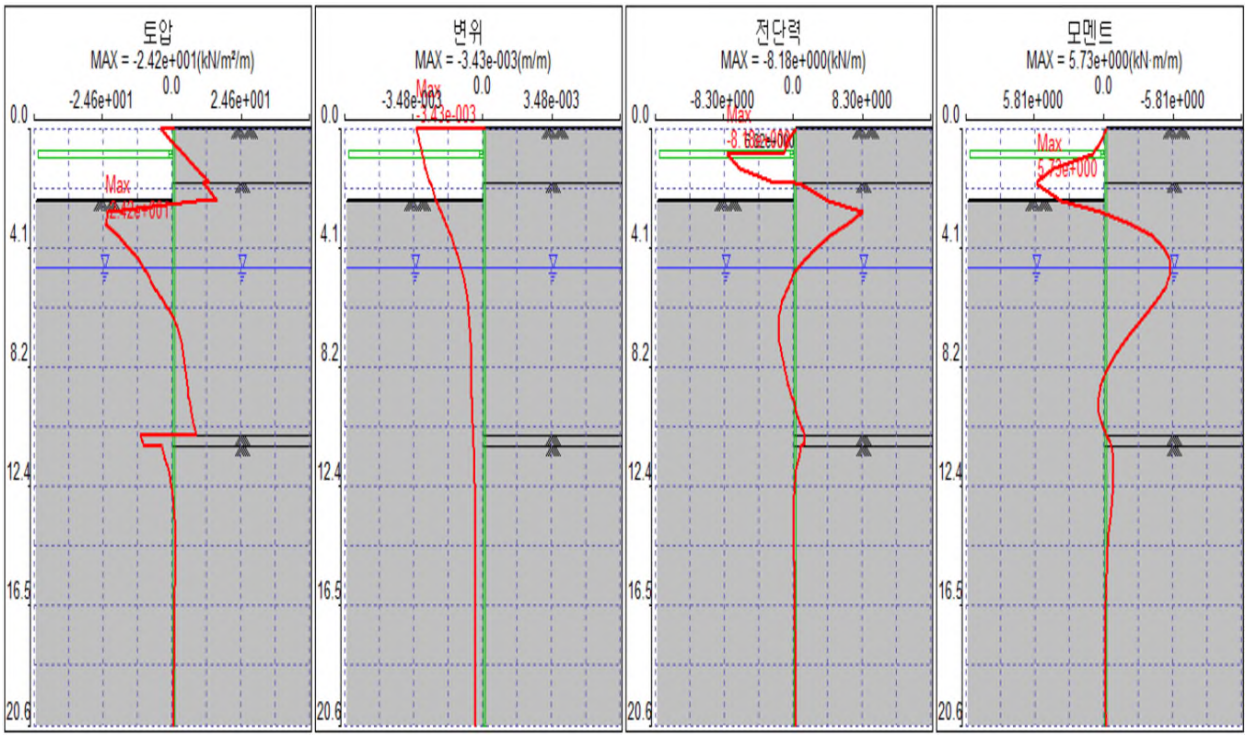
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.85 m]



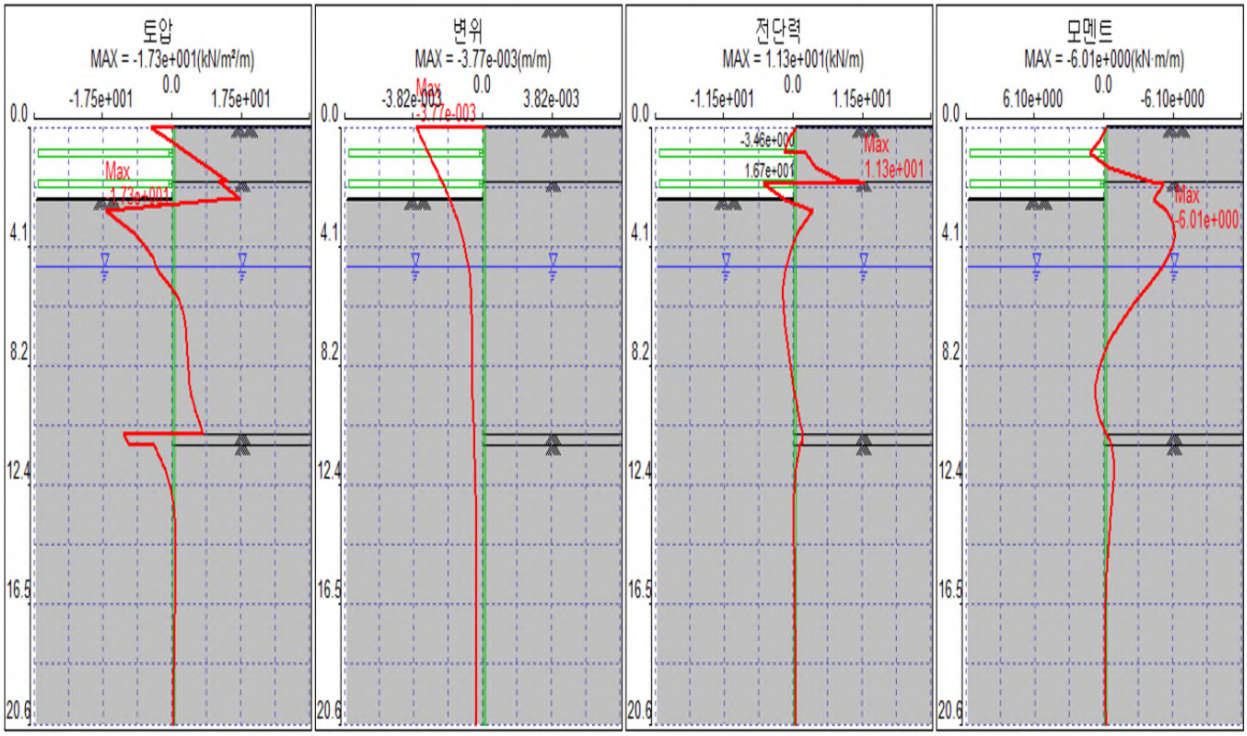
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



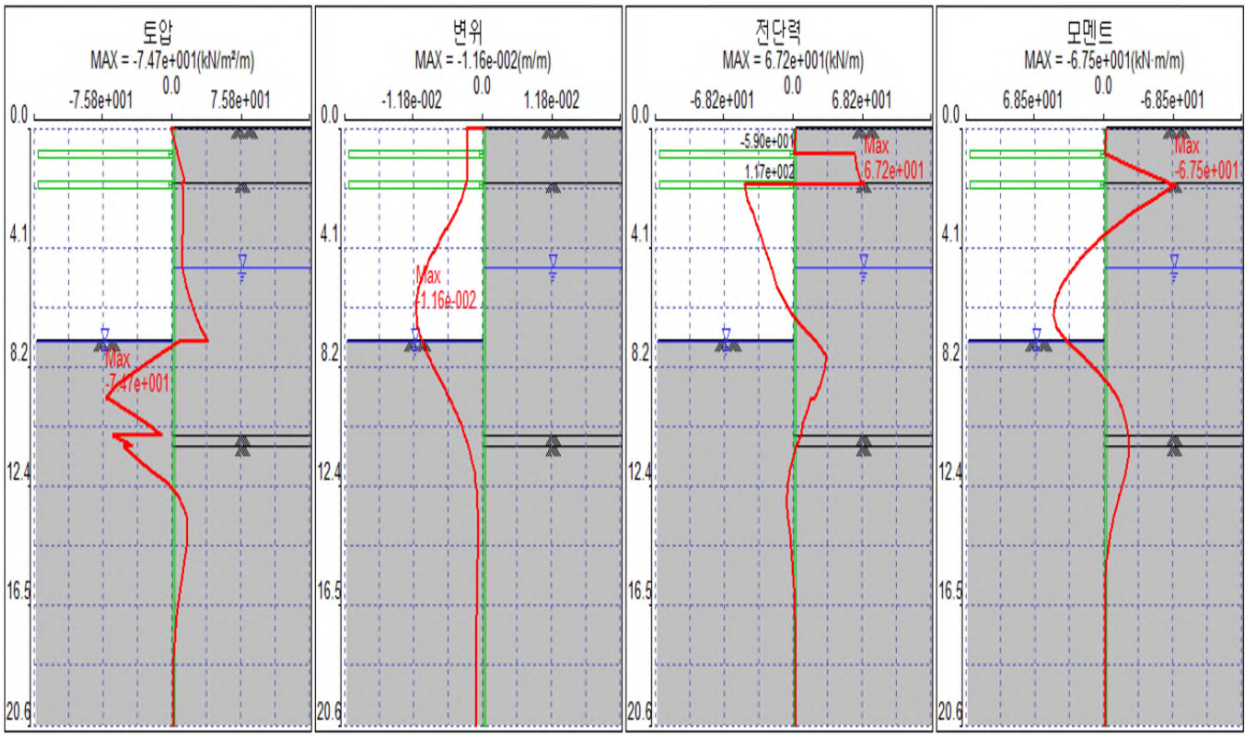
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.49 m]



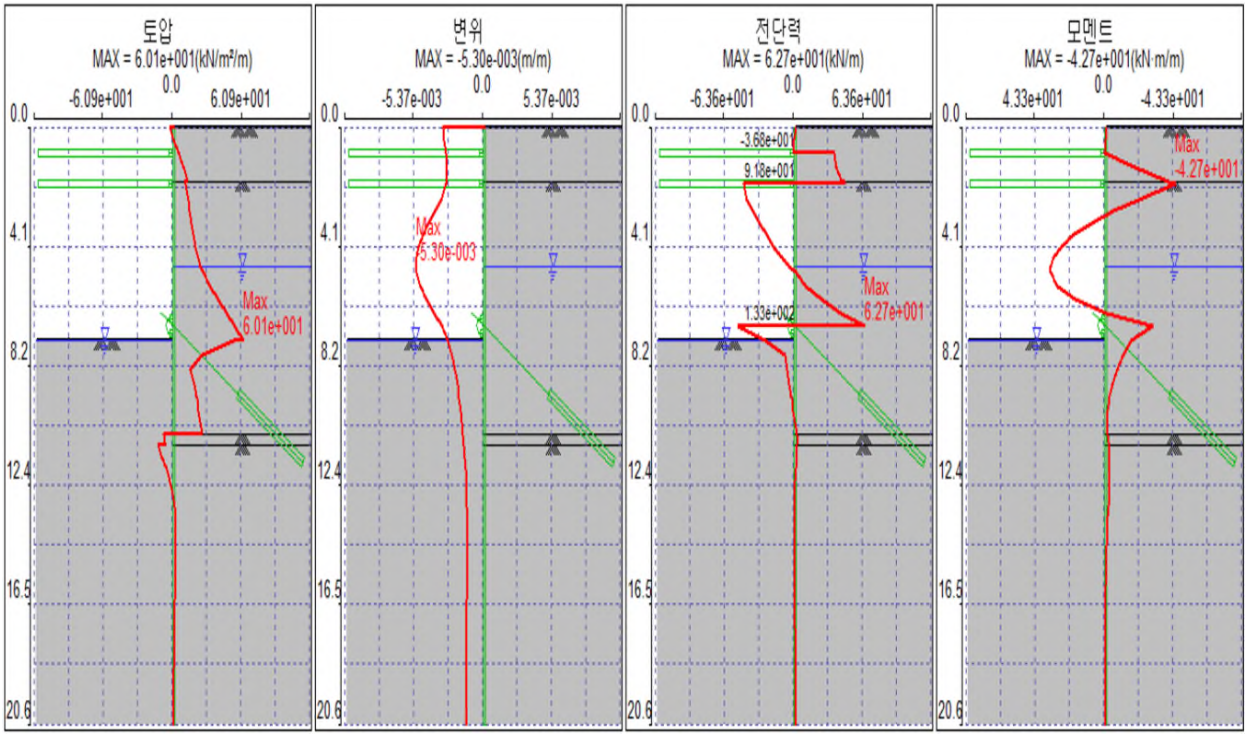
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 ST1]



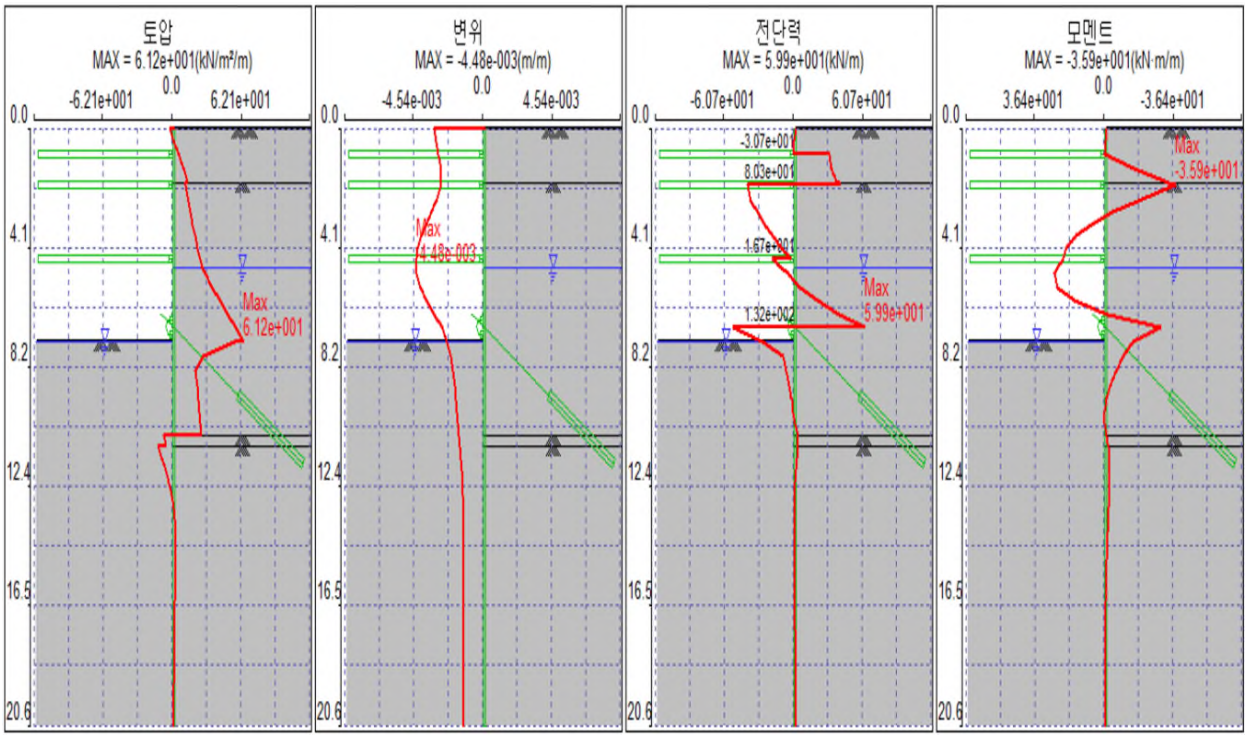
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 7.39 m]



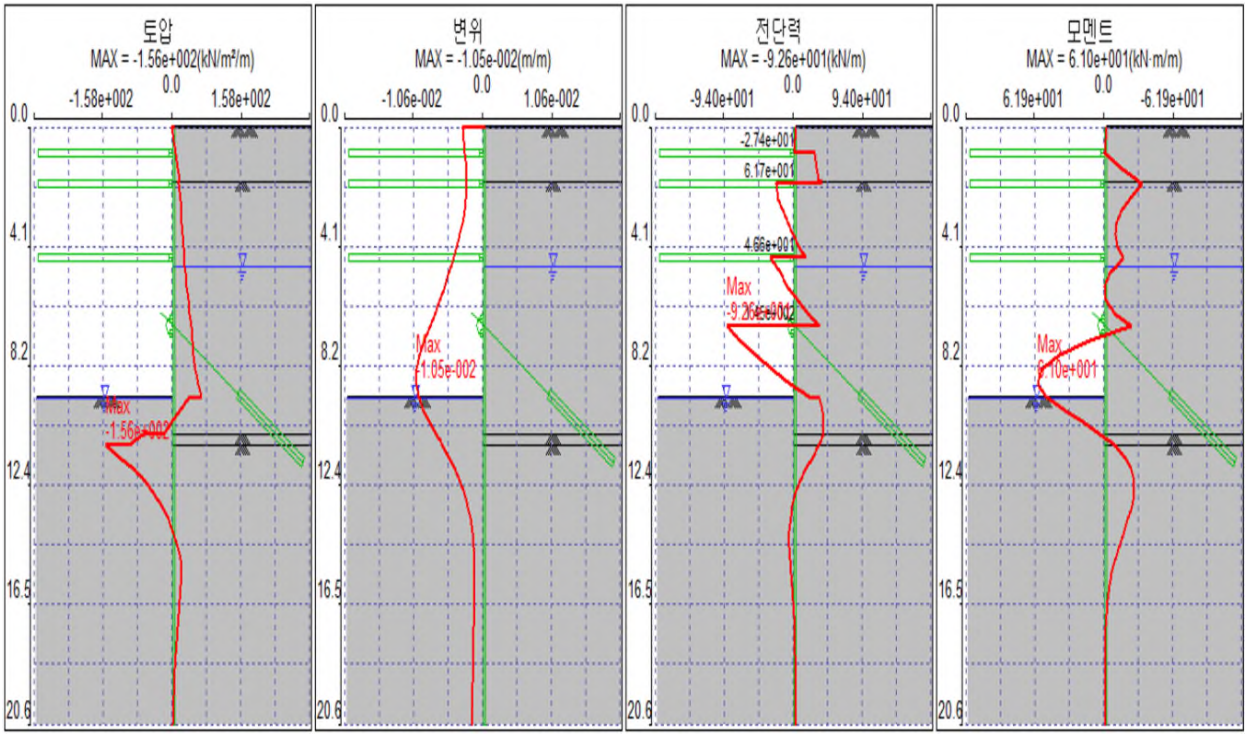
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 EA3]



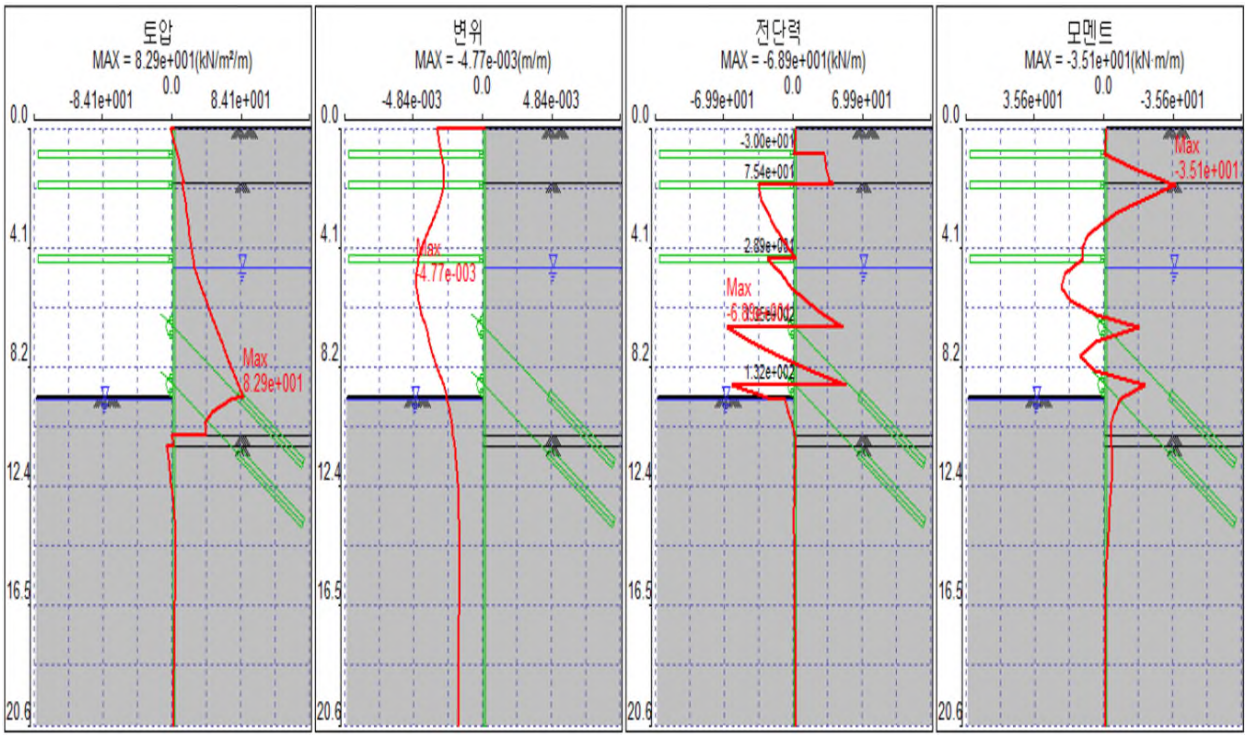
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 7.39 m]



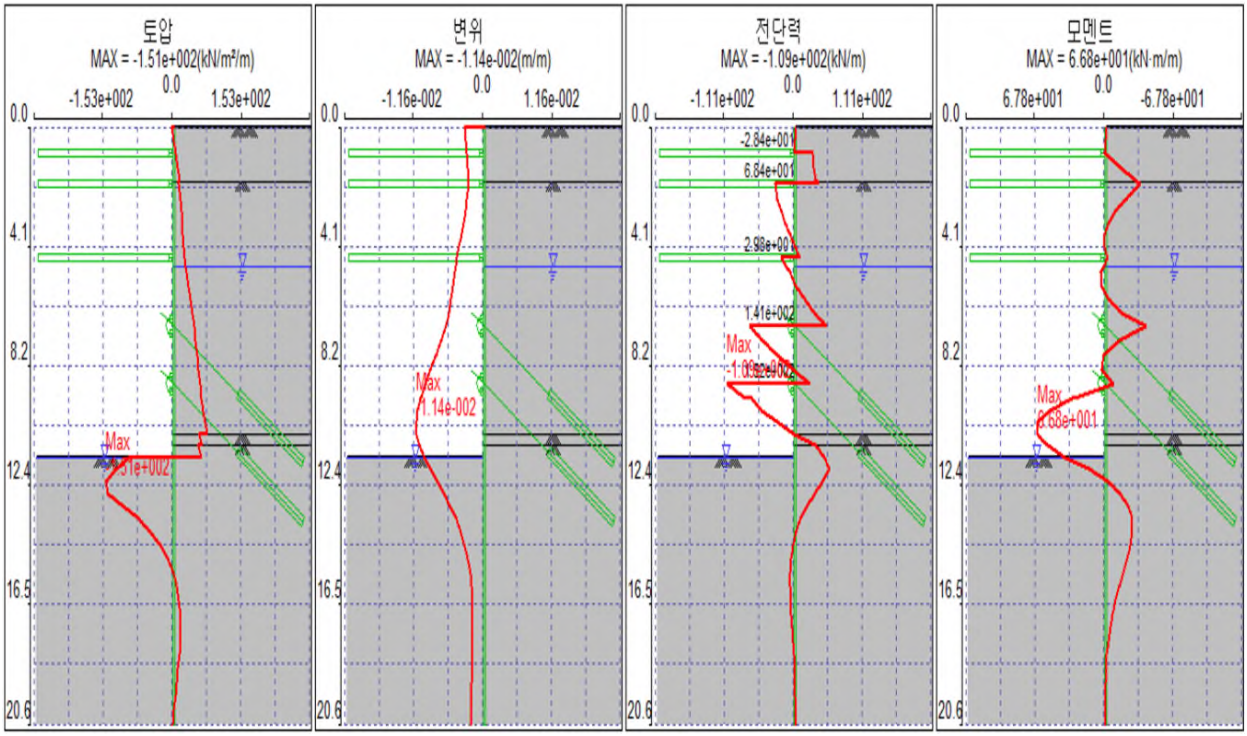
8) 시공 8 단계 [CS8 : 굴착 9.39m]



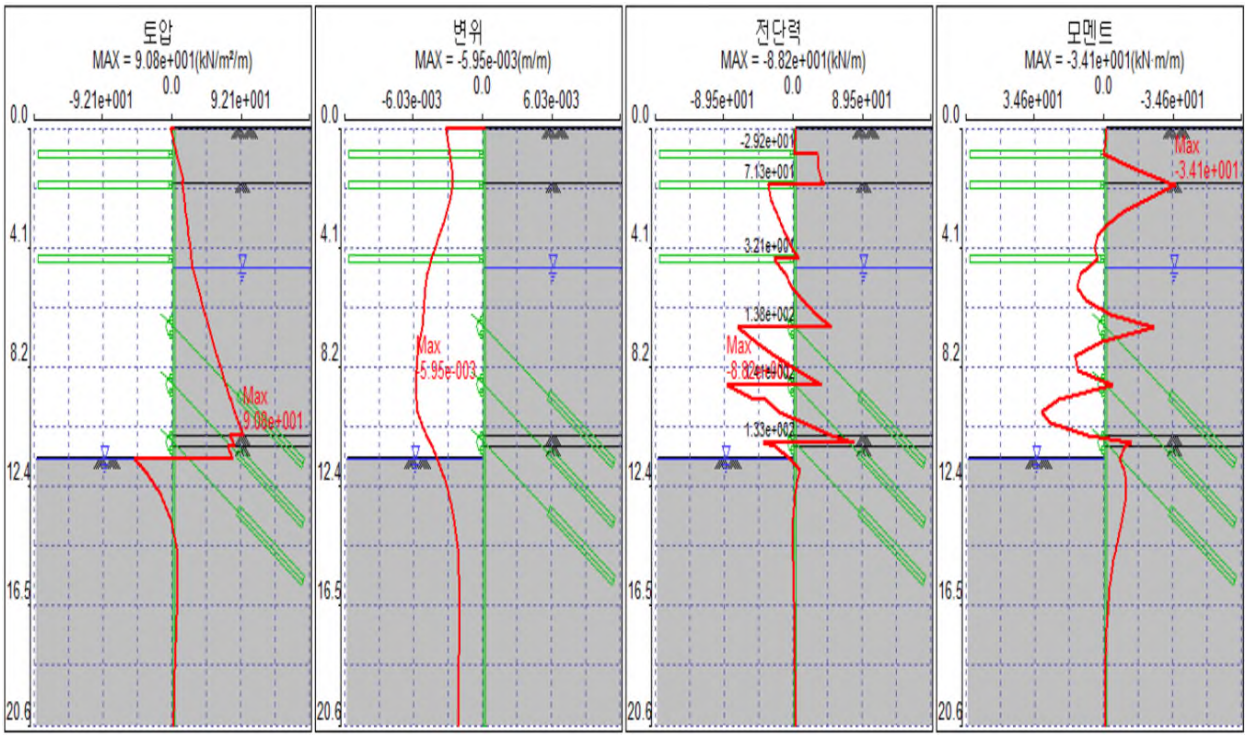
9) 시공 9 단계 [CS9 : 생성 EA4]



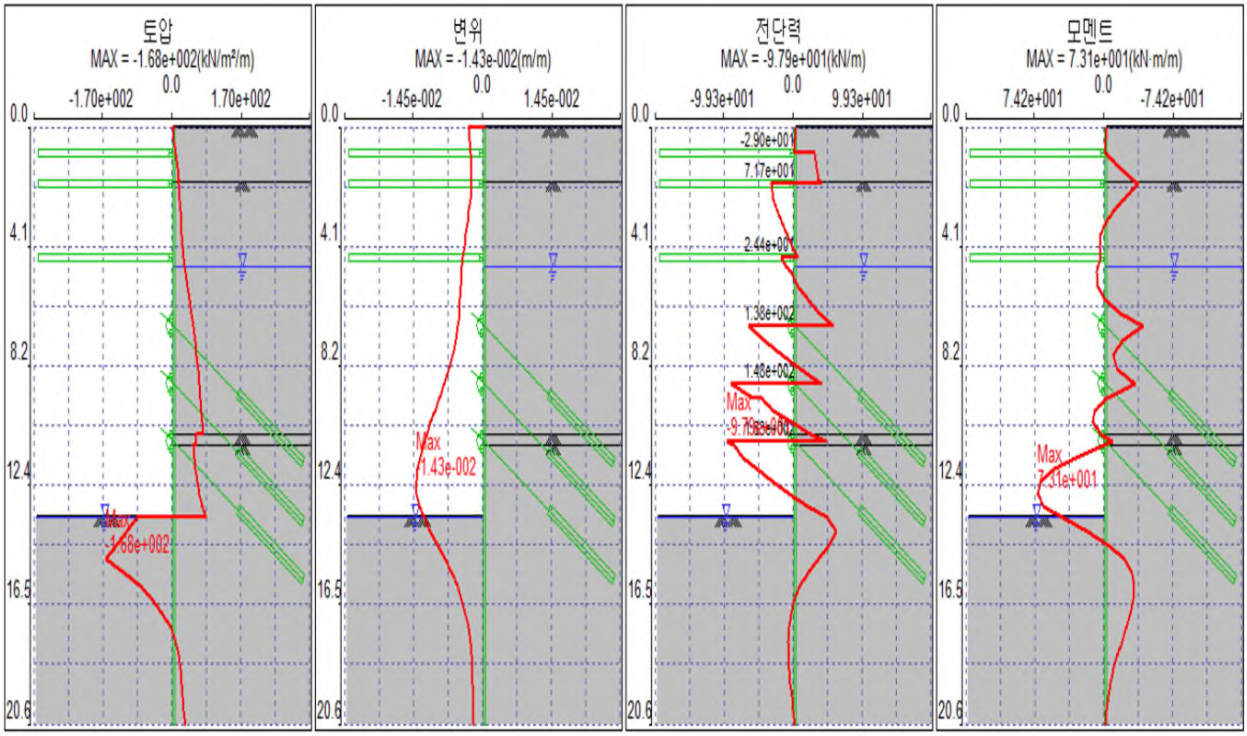
10) 시공 10 단계 [CS10 : 굴착 11.39m]



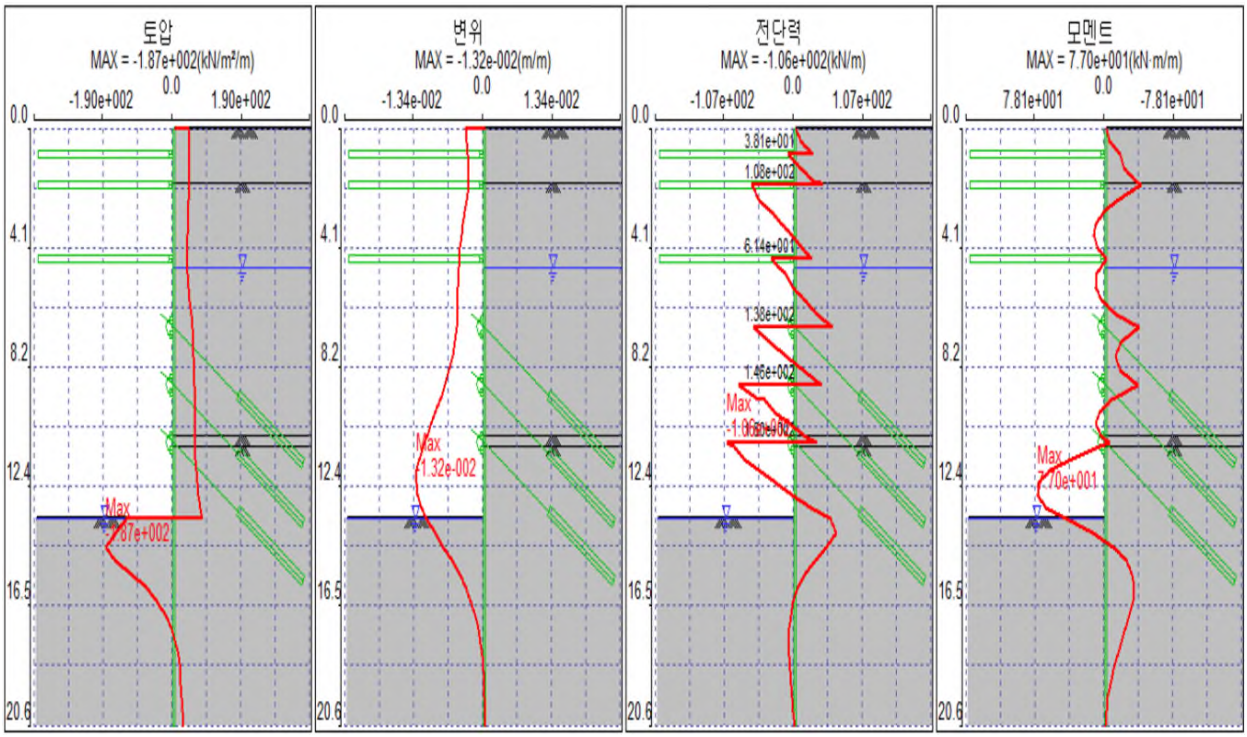
11) 시공 11 단계 [CS11 : 생성 EA5]



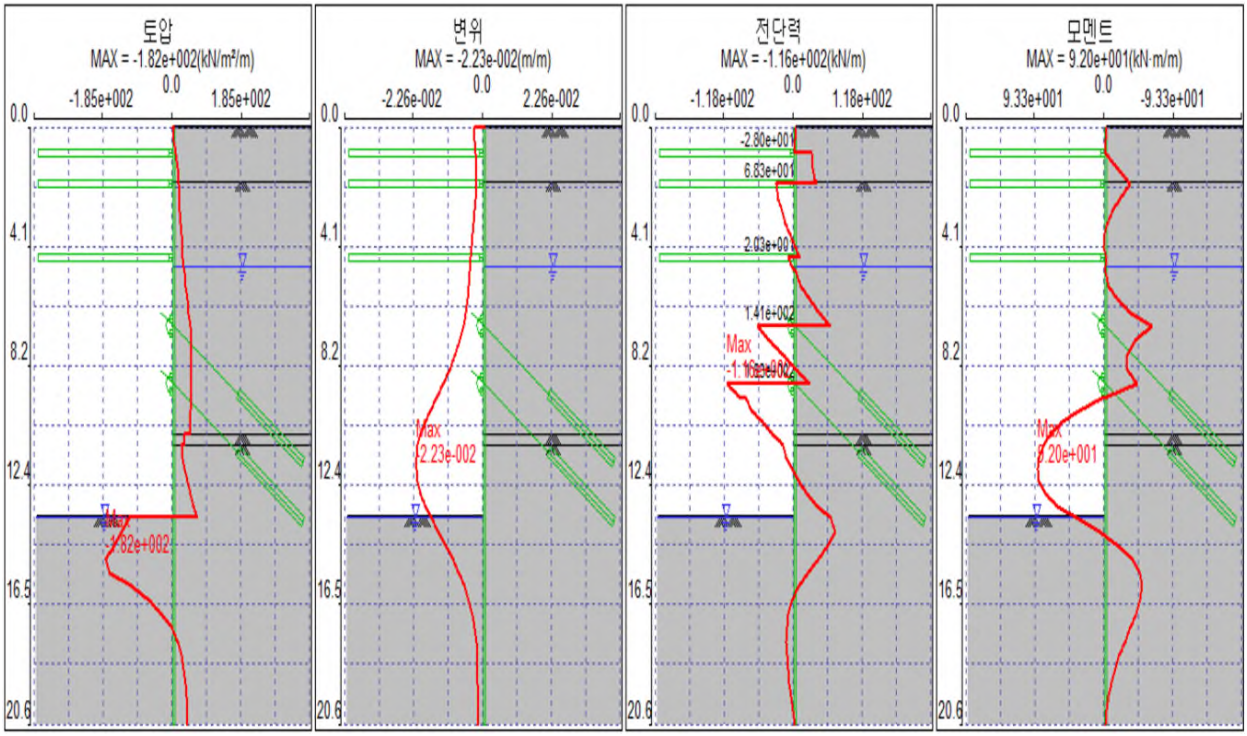
12) 시공 12 단계 [CS12 : 굴착 13.5m]



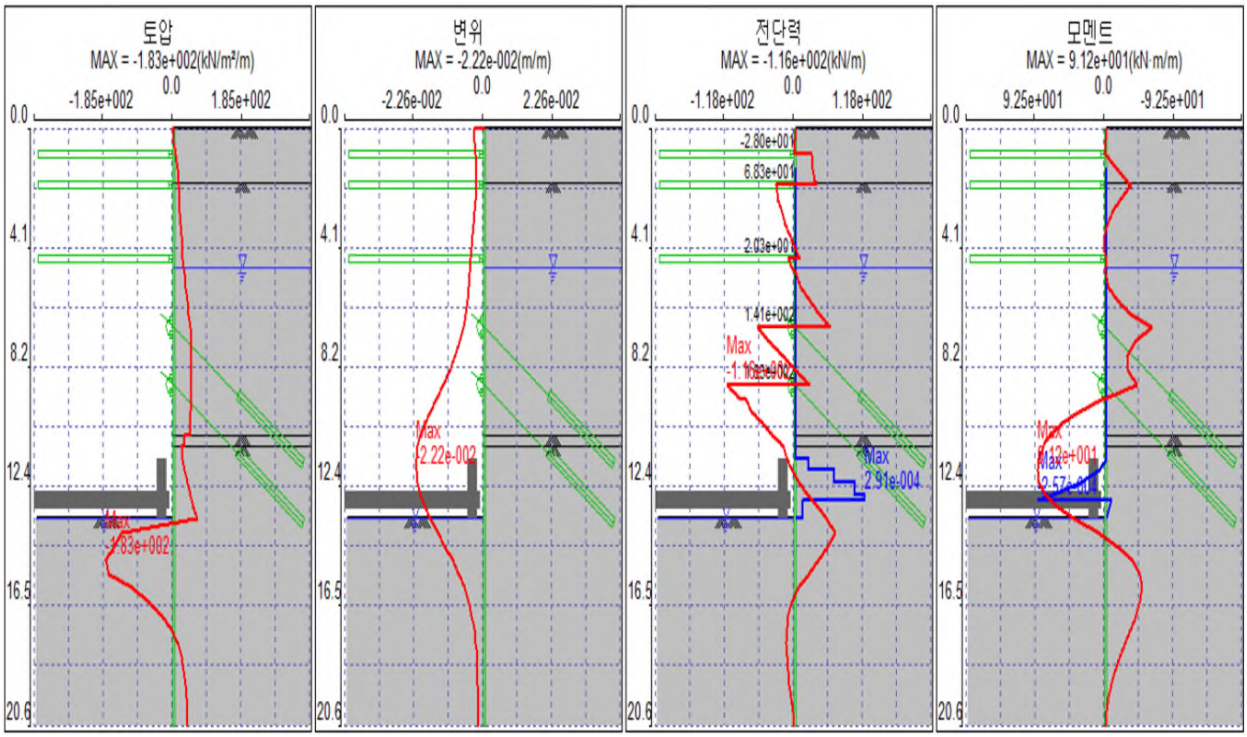
13) 시공 13 단계 [CS12 : Peck]



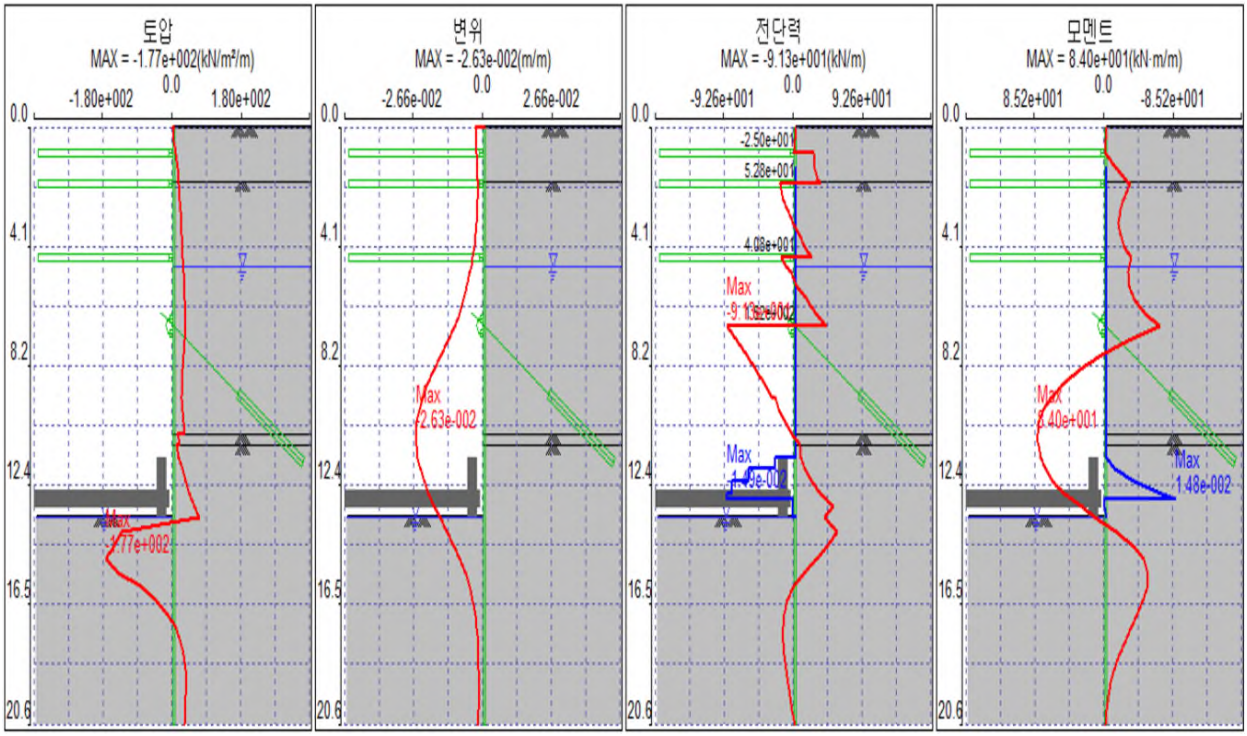
14) 시공 14 단계 [CS13 : 해체 EA5]



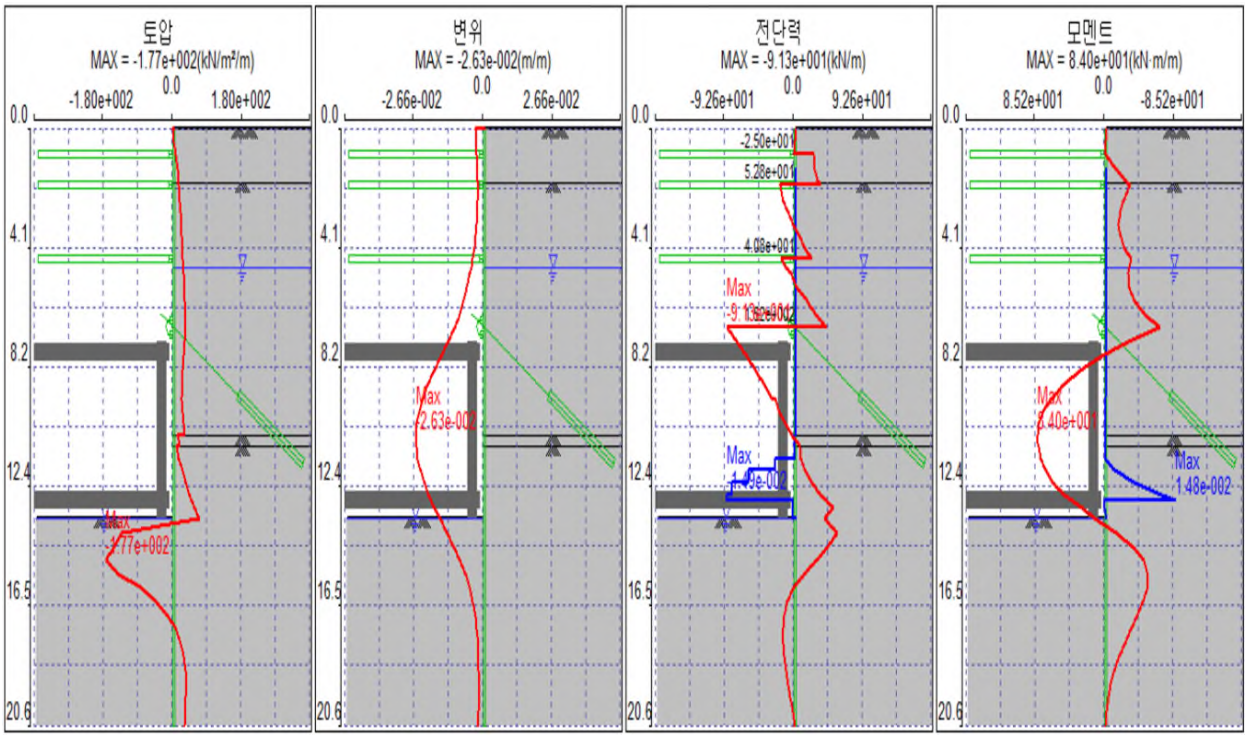
15) 시공 15 단계 [CS14 : 복구 11.39m]



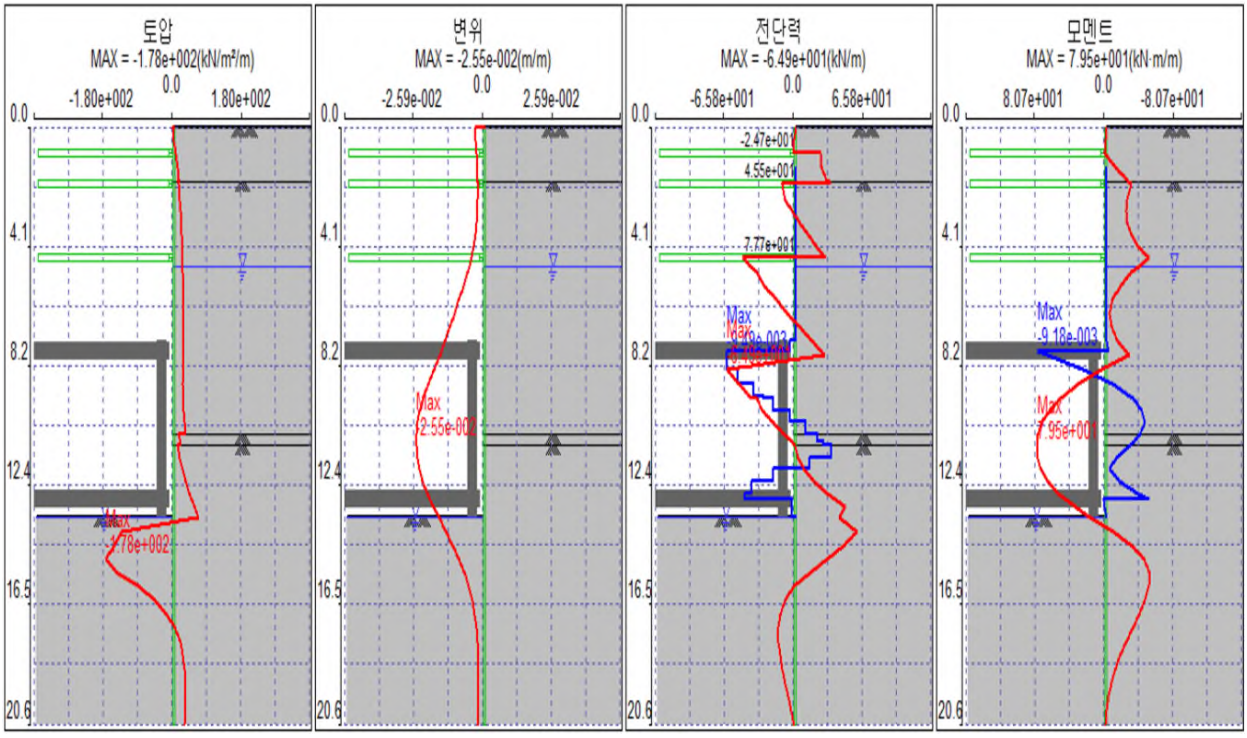
16) 시공 16 단계 [CS15 : 해체 EA4]



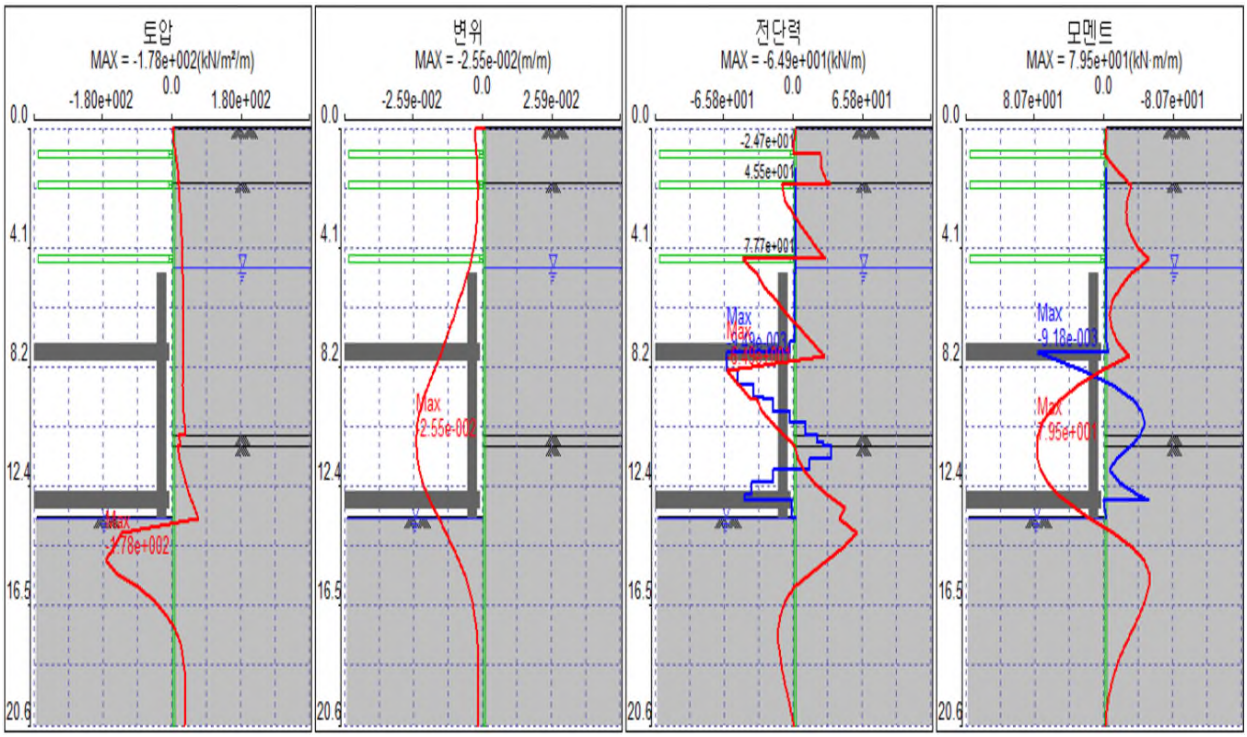
17) 시공 17 단계 [CS16 : 복구 7.39m]



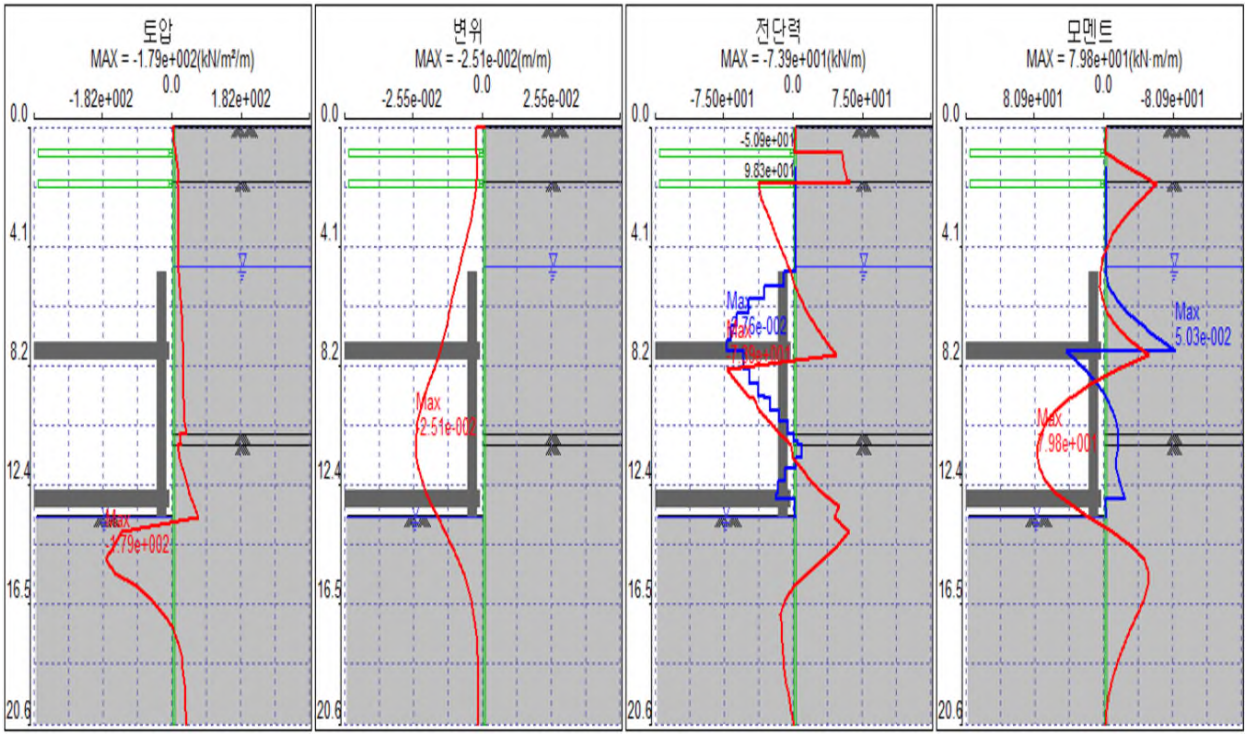
18) 시공 18 단계 [CS17 : 해체 EA3]



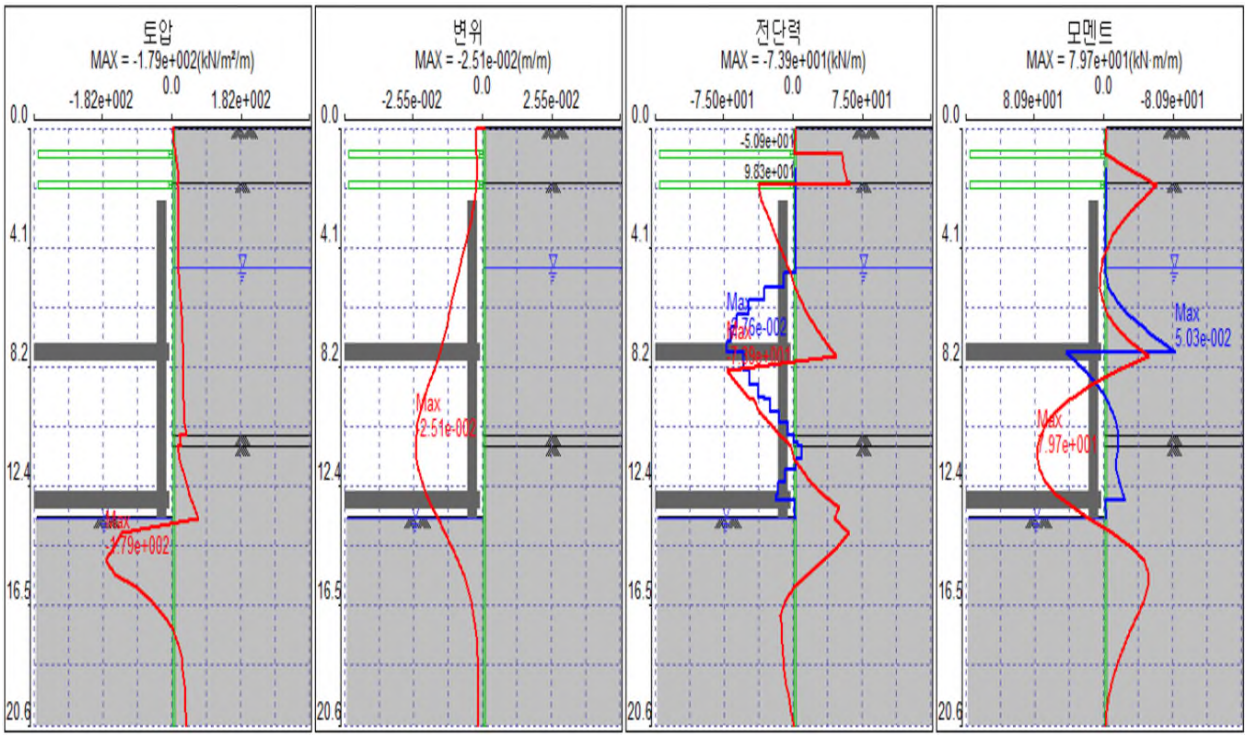
19) 시공 19 단계 [CS18 : 복구 5.04m]



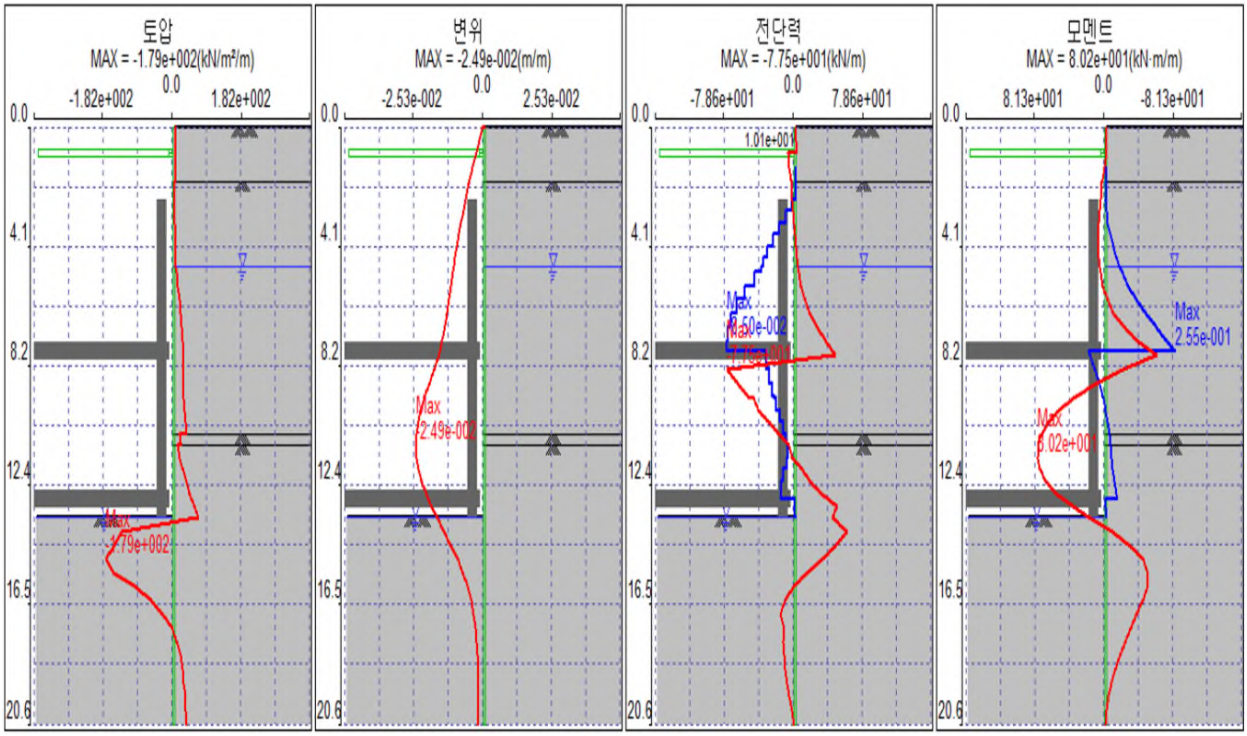
20) 시공 20 단계 [CS19 : 해체 ST2]



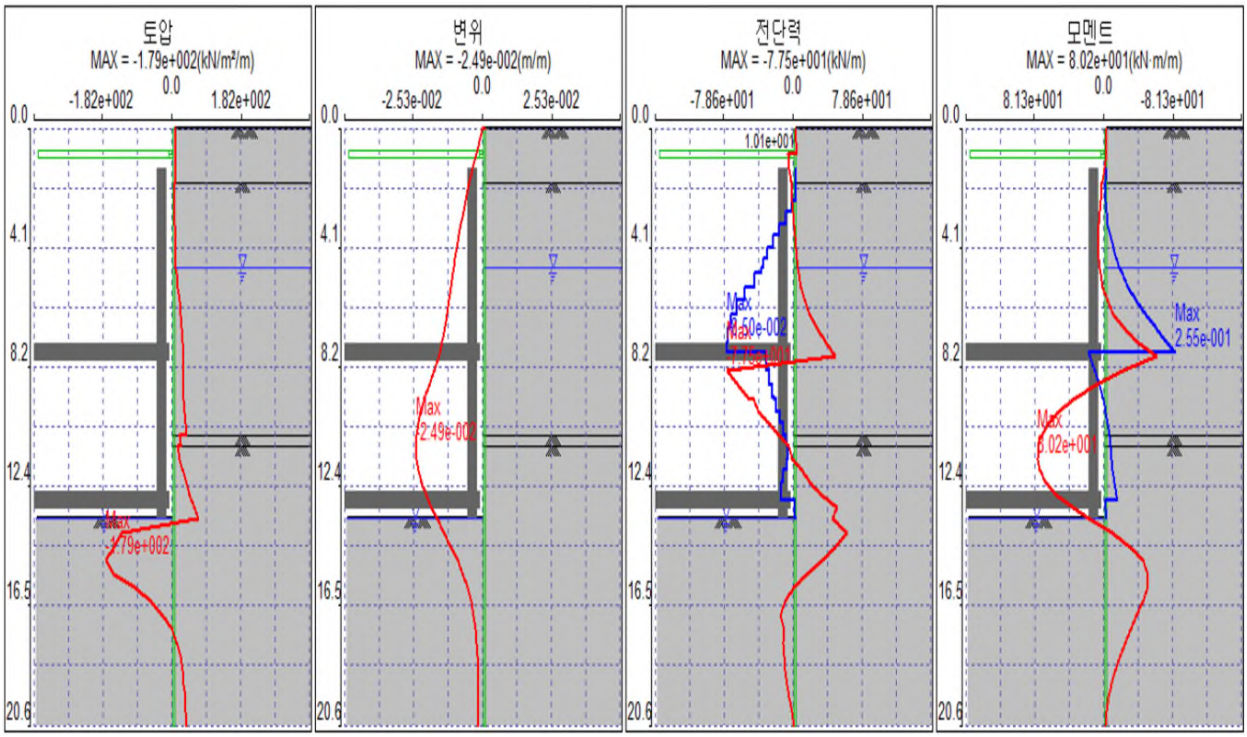
21) 시공 21 단계 [CS20 : 복구 2.49m]



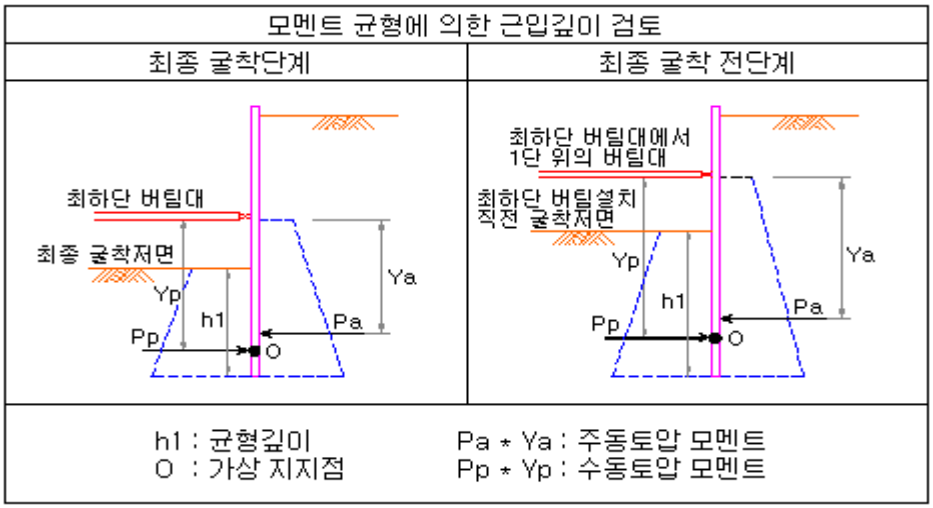
22) 시공 22 단계 [CS21 : 해체 ST1]



23) 시공 23 단계 [CS22 : 복구 1.4m]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.677	7.100	2591.012	7130.070	2.752	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.305	9.210	3370.450	13210.710	3.920	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -10.89 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 367.609 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.371 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 321.588 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.49 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (367.609 x 1.371) + (321.588 x 6.49) = 2591.012 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1019.802 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.992 m

Mp = (Pp x Yp) = (1019.802 x 6.992) = 7130.07 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7130.07 / 2591.012 = 2.752

S.F. = 2.752 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -8.89 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 336.632 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.249 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 382.594 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.711 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (336.632 x 1.249) + (382.594 x 7.711) = 3370.45 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1598.911 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.262 m

Mp = (Pp x Yp) = (1598.911 x 8.262) = 13210.71 kN·m

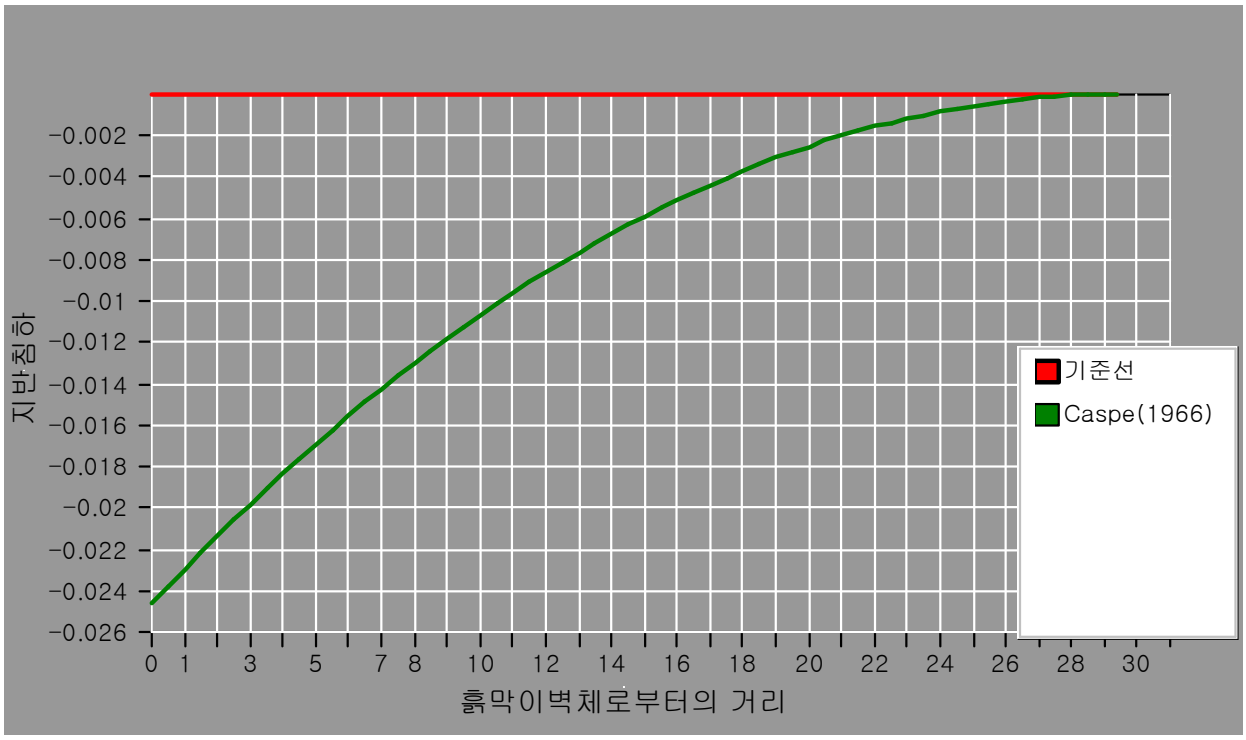
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 13210.71 / 3370.45 = 3.92

S.F. = 3.92 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.181 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 42.6 m, Hw = 13.5 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 28.111 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 42.6 x tan(45 + 28.111/2) = 35.527 m

Ht = Hp + Hw = 35.527 + 13.5 = 49.027 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 49.027 x tan(45-28.111/2) = 29.394 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.181 / 29.394 = -0.025 m

6) 거리별 침하량 (Si)

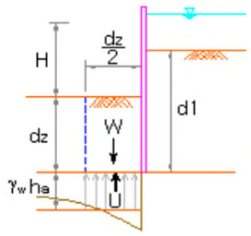
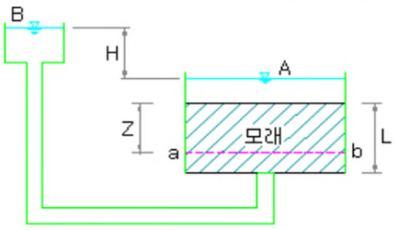
Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.025 x ((29.394 - Xi) / 29.394)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-24.571	-0.829	-1.658
0.50	-23.742	-0.815	-1.629
1.00	-22.928	-0.800	-1.601
1.50	-22.127	-0.786	-1.572
2.00	-21.341	-0.772	-1.544
2.50	-20.569	-0.758	-1.515
3.00	-19.811	-0.743	-1.487
3.50	-19.068	-0.729	-1.459

4.00	−18.339	−0.715	−1.430
4.50	−17.624	−0.701	−1.402
5.00	−16.923	−0.687	−1.373
5.50	−16.236	−0.672	−1.345
6.00	−15.564	−0.658	−1.316
6.50	−14.905	−0.644	−1.288
7.00	−14.262	−0.630	−1.259
7.50	−13.632	−0.616	−1.231
8.00	−13.016	−0.601	−1.203
8.50	−12.415	−0.587	−1.174
9.00	−11.828	−0.573	−1.146
9.50	−11.255	−0.559	−1.117
10.00	−10.696	−0.544	−1.089
10.50	−10.152	−0.530	−1.060
11.00	−9.622	−0.516	−1.032
11.50	−9.106	−0.502	−1.004
12.00	−8.604	−0.488	−0.975
12.50	−8.116	−0.473	−0.947
13.00	−7.643	−0.459	−0.918
13.50	−7.184	−0.445	−0.890
14.00	−6.739	−0.431	−0.861
14.50	−6.308	−0.416	−0.833
15.00	−5.892	−0.402	−0.804
15.50	−5.490	−0.388	−0.776
16.00	−5.102	−0.374	−0.748
16.50	−4.728	−0.360	−0.719
17.00	−4.368	−0.345	−0.691
17.50	−4.023	−0.331	−0.662
18.00	−3.692	−0.317	−0.634
18.50	−3.375	−0.303	−0.605
19.00	−3.072	−0.288	−0.577
19.50	−2.784	−0.274	−0.549
20.00	−2.510	−0.260	−0.520
20.50	−2.249	−0.246	−0.492
21.00	−2.004	−0.232	−0.463
21.50	−1.772	−0.217	−0.435
22.00	−1.555	−0.203	−0.406
22.50	−1.352	−0.189	−0.378
23.00	−1.163	−0.175	−0.349
23.50	−0.988	−0.161	−0.321
24.00	−0.827	−0.146	−0.293
24.50	−0.681	−0.132	−0.264
25.00	−0.549	−0.118	−0.236
25.50	−0.431	−0.104	−0.207
26.00	−0.328	−0.089	−0.179
26.50	−0.238	−0.075	−0.150
27.00	−0.163	−0.061	−0.122
27.50	−0.102	−0.047	−0.093
28.00	−0.055	−0.033	−0.065
28.50	−0.023	−0.018	−0.037

29.00	−0.004	−0.004	−0.011
29.39	0.000	0.000	0.000
Max	−24.571	−0.829	−1.658

13.5 보일링 검토 (최종 굴착단계)

Terzaghi 방법	한계동수경사 방법
	
U : 과잉수압 ha : 보일링의 평균과잉 수두 W : 흙의 중량	H : A, B 면의 수위차 i : 동수경사 (H/L) L : 모래층 두께(유선길이) ic : 한계경사 (γ'/γw)

구분	Terzaghi 해석법			한계동수구배 검토법			적용 안전율	판정
	과잉수압 (kN/m)	흙의중량 (kN/m)	안전율	동수 구배	한계 구배	안전율		
최종 굴착 단계	108.097	352.870	3.264	0.380	1.928	5.074	2.000	OK

13.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 7 x 4.35 x 7.1 / 2 = 108.097

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 14 x 7.1^2 / 2 = 352.87

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 352.87 / 108.097 = 3.264

S.F. = 3.264 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

13.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 8.7 / 22.9 = 0.380

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 13.493 / 7 = 1.928

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.928 / 0.380 = 5.074

S.F. = 5.074 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

3-1.12 TYPE-12~12-1

(STA.0+600.0~0+619.0)

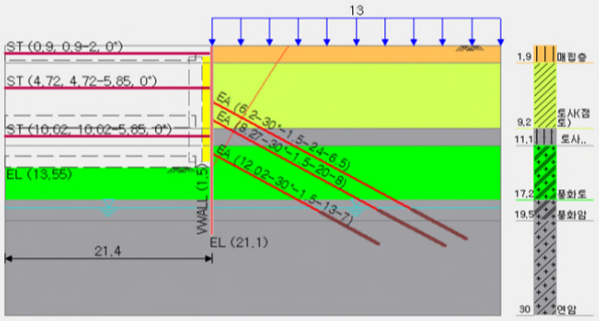
GeoX 구조계산서

TYPE-12-1 벽체 1단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (버팀1)
7.2 Strut 설계 (버팀4)
7.3 Earth Anchor 설계 (앵커2, 앵커3, 앵커5)
8.까치발 설계
8.1 Strut
9.띠장 설계
9.1 버팀1 띠장 설계
9.2 앵커2 띠장 설계
9.3 앵커3 띠장 설계
9.4 버팀4 띠장 설계
9.5 앵커5 띠장 설계
10.측면말뚝 설계
10.1 흙막이벽(우)
11.중간말뚝 설계
12. 흙막이 벽체 설계
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 13.55m)
13.전산 입력 정보
14.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9-2, 0°)
ST (4.72, 4.72-5.85, 0°)
ST (10.02, 10.02-5.85, 0°)
EL (13.55)
VWALL (1.5)
EL (21.1)
21.4
EA (6.2-30*1.5-24-6.3)
EA (8.27-30*1.5-20-8)
EA (12.02-30*1.5-13-7)
1.9
매립층
9.2
토사(점토)
11.1
토사,,
17.2
풍화토
19.5
풍화암
30
연암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	89.879	156.609	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.218	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
버팀1 2P 406.4x9	4.72	휨응력	16.097	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	42.009	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.668	88.910	O.K		
버팀4 2P 406.4x12	10.02	휨응력	12.344	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	41.241	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.260	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
앵커2 Strand12.7x4EA	6.20	O.K	O.K	O.K
앵커3 Strand12.7x4EA	8.27	O.K	O.K	O.K
앵커5 Strand12.7x4EA	12.02	O.K	O.K	O.K

2.5 까치발

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut H 300x300x10/15	0.90	휨응력	0.919	157.181	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	18.659	157.287	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	1.309	90.000	O.K		

2.6 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
버팀1 2H 300x305x15/15	4.72	휨응력	81.491	135.485	O.K	
		전단응력	30.500	90.000	O.K	
앵커2 2H 250x250x9/14	6.20	휨응력	33.271	153.578	O.K	
		전단응력	38.499	90.000	O.K	
앵커3 2H 250x250x9/14	8.27	휨응력	43.301	153.578	O.K	
		전단응력	50.106	90.000	O.K	
버팀4 2H 300x305x15/15	10.02	휨응력	109.415	135.485	O.K	
		전단응력	40.951	90.000	O.K	
앵커5 2H 250x250x9/14	12.02	휨응력	35.460	153.578	O.K	
		전단응력	41.033	90.000	O.K	

2.7 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	110.751	180.146	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	63.360	196.082	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	58.757	123.750	O.K	지지력	O.K

2.8 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	70.665	147.697	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.923	121.030	O.K	지지력	O.K

2.9 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 13.55	휨응력	162.219	303.750	O.K		
		압축응력	157.117	281.667	O.K		
		전단응력	59.113	174.375	O.K		

2.10 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS24 : 벽체4	34.267	40.650	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x9	수평간격 :	5.85	m
		P 406.4x12	수평간격 :	5.85	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.50	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	5.85m	
	P 406.4x12(SS400)	5.85m	
까치발	H 300x300x10/15(SS400)	1.00m	45.0°
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 18.6$ 210	$0 < \ell/r \leq 16$ 285	$0 < \ell/r \leq 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \leq 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \leq 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \leq 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 4.6$ 210	$\ell/b \leq 4.0$ 285	$\ell/b \leq 3.8$ 322.5	$\ell/b \leq 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \leq 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \leq 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \leq 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

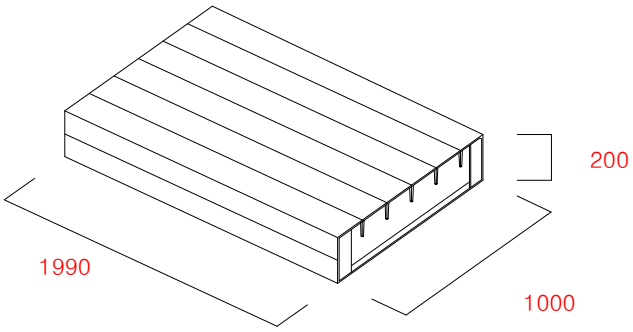
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

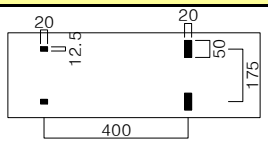
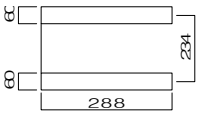
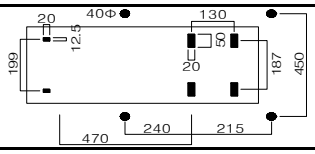
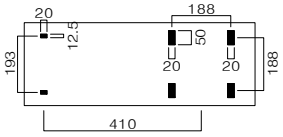
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

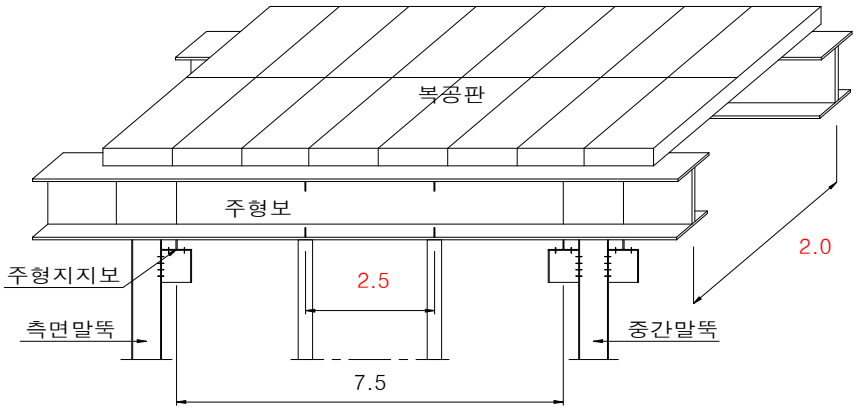
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

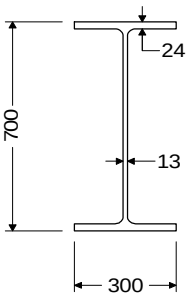
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.500 \times 7.500 / 8 = 39.023$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.500 / 2 = 20.813$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)$

$= 0.316 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

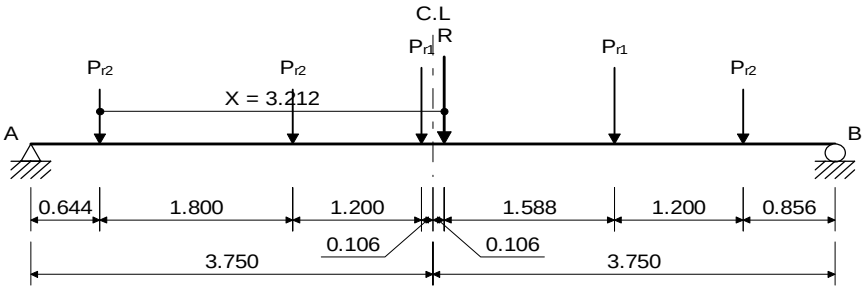
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)

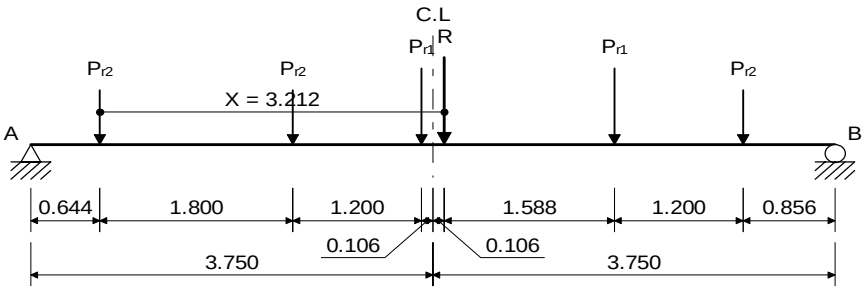


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

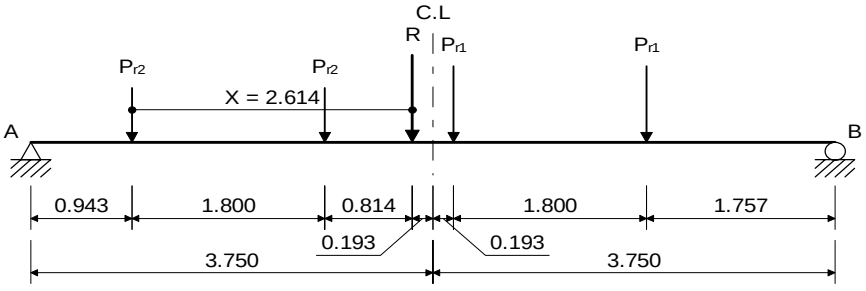
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L
= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500
= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② **2** 차선 재하시 (후륜하중)

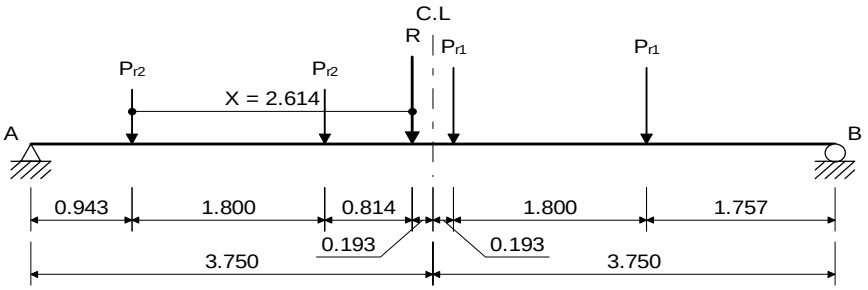


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

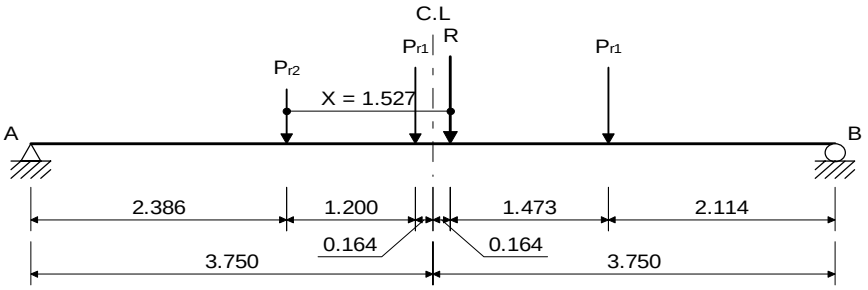
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

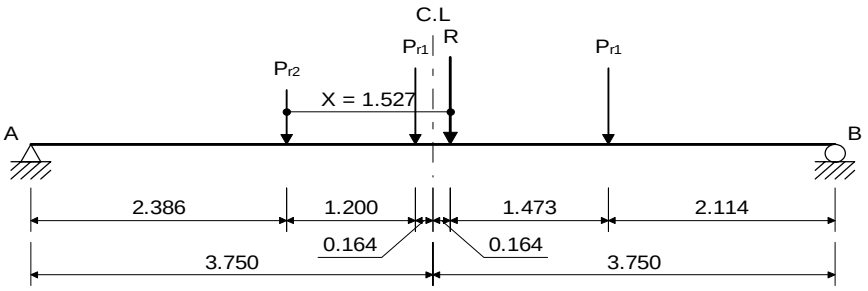


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

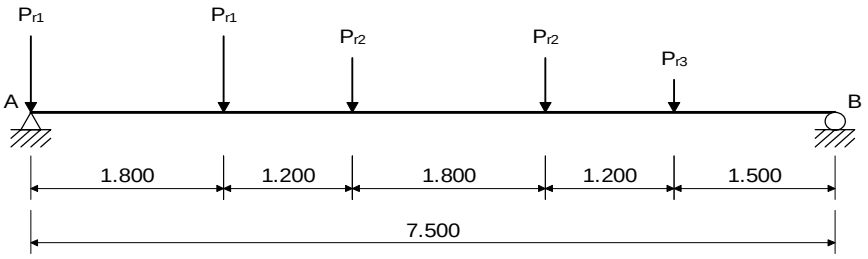


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x 1.00 = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 x 1000000 / 5760000.0 = 101.569 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.357 x 1000 / 8476 = 40.627 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 101.569 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.627 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 420.010 / (7.50 x 7.50) = 59.735 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 59.735 x 7500.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 5.830 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7500.0 / 400 , 25)

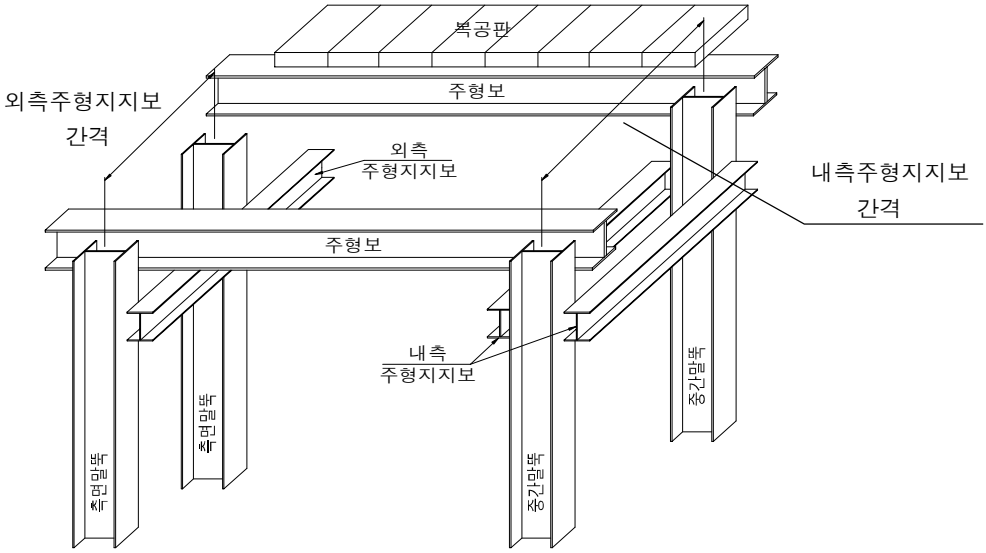
= 18.750 mm > δ_l = 5.830 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

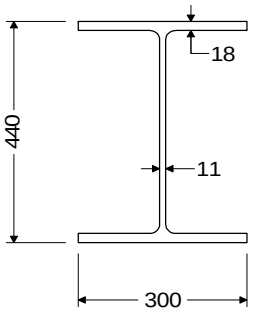
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

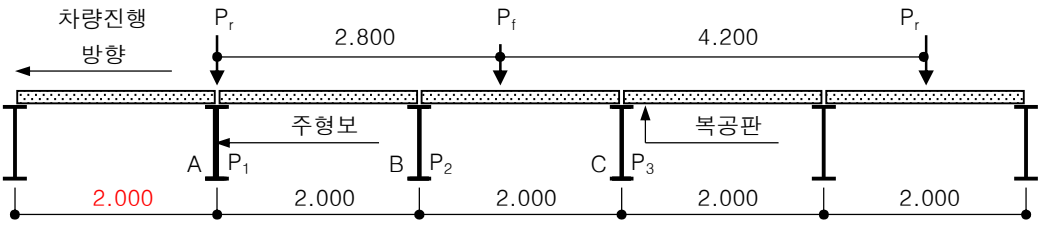


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



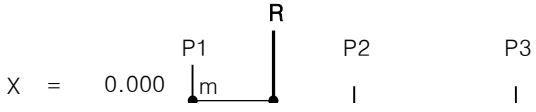
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

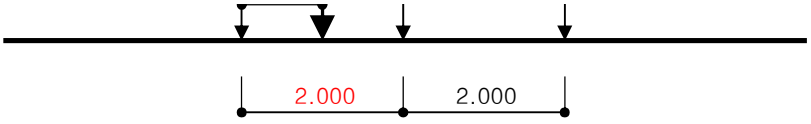
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



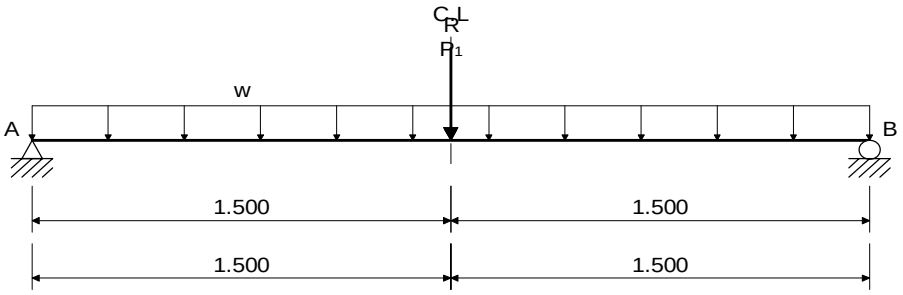


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 344.356$
$= 344.357 \ kN$

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 344.356$
$= 0.000 \ m$

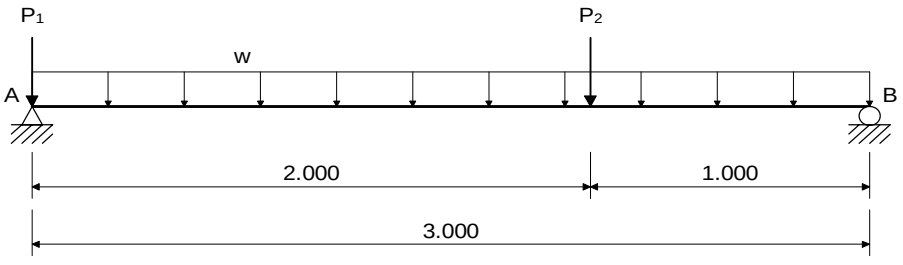
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (344.356 \times 1.500) / 3.000$
$= 172.178 \ kN$

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (172.178 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 259.631 \ kN·m$

라. 최대 전단력 산정



$R_a = (P_1 \times 3.000 + P_2 \times 1.000) / L$
$= (344.356 \times 3.000 + 69.344 \times 1.000) / 3.000$
$= 367.471 \ kN$

$S_{max} = Ra + w \times L / 2$
$= 367.471 + 1.212 \times 3.00 / 2$
$= 369.289 \ kN$

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

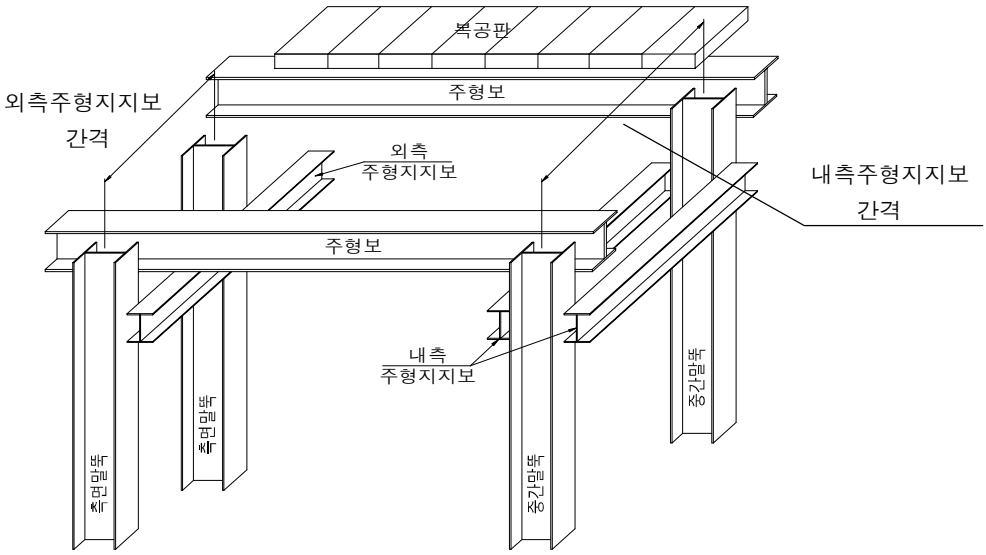
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

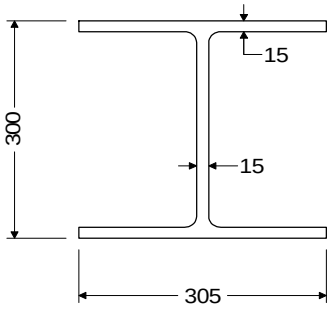
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.50 m

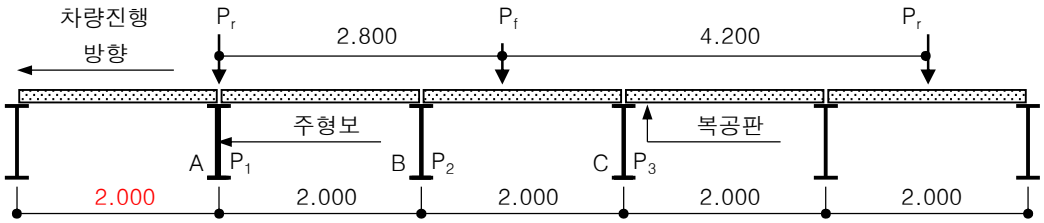


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



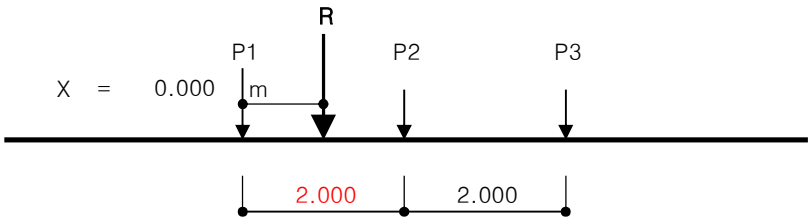
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 344.356

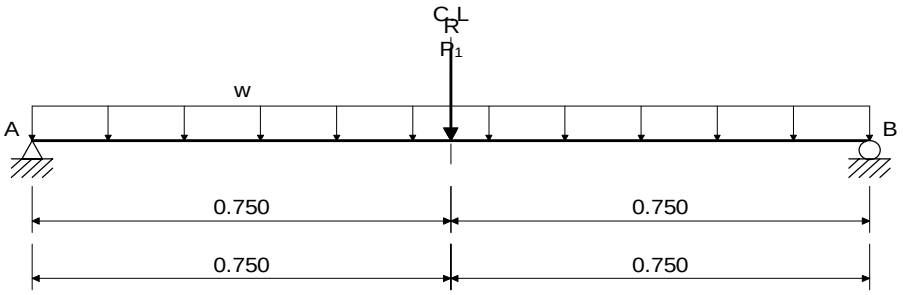
= 344.357 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 344.356

= 0.000 m

② 최대 휨모멘트



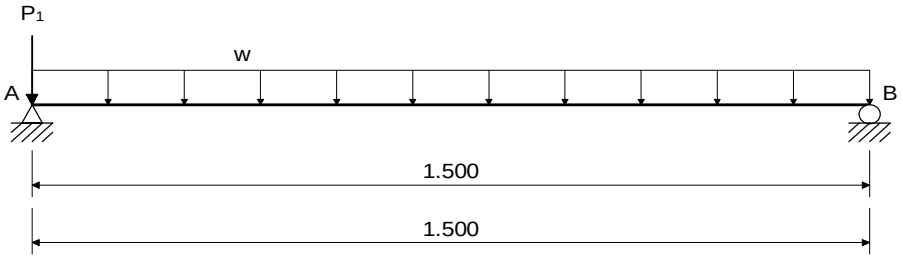
R_a = (P_1 x 0.750) / L

= (344.356 x 0.750) / 1.500

= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.750) + w x L² / 8
= (172.178 x 0.750) + 1.038 x 1.50² / 8
= 129.426 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 1.500
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.50 / 2
= 345.135 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 129.426 x 1000000 / 1440000.0 = 89.879 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 345.135 x 1000 / 4050 = 85.218 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ² + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.879 + 89.879) / 89.879
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 305

= 4.918 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.918 − 4.6))

= 156.609 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.609 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.609 MPa > f_b = 89.879 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.218 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 345135 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

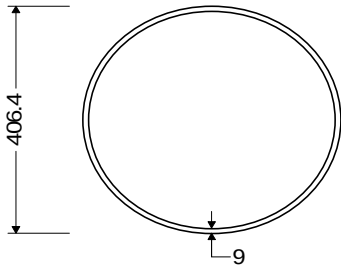
7.1 Strut 설계 (버팀1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.85 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 140.860 kN/m ---> 버팀1 (CS24 : 벽체4)
= 140.860 x 5.85 / 2 단
= 412.016 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 412.016 + 60.0 = 472.016 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 2 단
= 17.578 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 2 단
= 9.375 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 17.578 x 1000000 / 1092000.0 = 16.097 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 472.016 x 1000 / 11236.2 = 42.009 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.375 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.668 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.055 x 9)

= 21.392 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.055

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (58.106 − 25.911) / 58.106

= 0.554 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 42.009 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 16.097 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.668 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{42.009}{125.415} + \dfrac{16.097}{157.500 \times (1 - (42.009 / 473.766))}$

= 0.447 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 42.009 + \dfrac{16.097}{}$

$$= \frac{42.009}{1 - (42.009 / 473.766)}$$

$$= 59.672 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.447 , 0.379)

= 0.447 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{58.106}{125.415} + \left\{ \frac{1.668}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.464 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

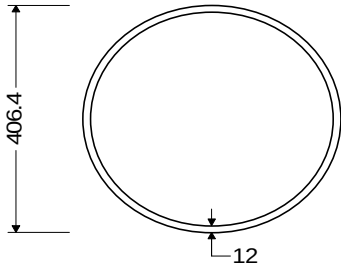
7.2 Strut 설계 (버팀4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.85 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 189.128 kN/m ---> 버팀4 (CS11 : 굴착 12.52 m)
= 189.128 x 5.85 / 2 단
= 553.199 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 553.199 + 60.0 = 613.199 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 2 단
= 17.578 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 2 단
= 9.375 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 17.578 x 1000000 / 1424000.0 = 12.344 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 613.199 x 1000 / 14868.5 = 41.241 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.375 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 1.260 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	X
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.046 x 12)

= 16.188 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.046

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (53.586 − 28.897) / 53.586

= 0.461 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 41.241 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 12.344 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 1.260 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{41.241}{125.062} + \dfrac{12.344}{157.500 \times (1 - (41.241 / 467.046))}$

= 0.416 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 41.241 + \dfrac{12.344}{}$

$$= \frac{41.241}{1 - (41.241 / 467.046)}$$

$= 54.781 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$

$\therefore$ 안전율 $= Max.(0.416, 0.348)$

$= 0.416 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{53.586}{125.062} + \left\{ \frac{1.260}{89.387} \right\}^2$$

$= 0.429 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

7.3 Earth Anchor 설계 (앵커2, 앵커3, 앵커5)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	105.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

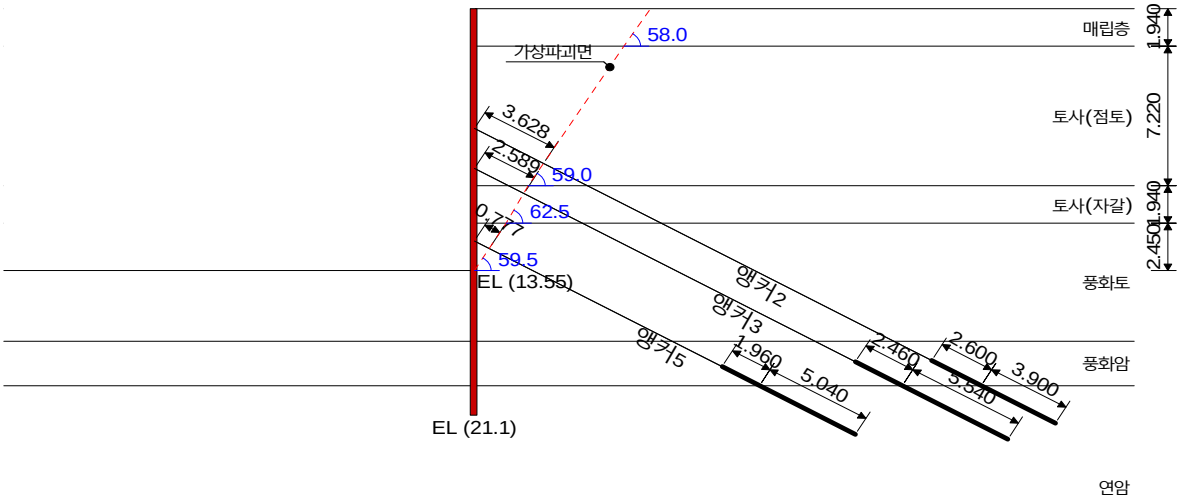
(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,
0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
앵커2	6.200	3.628	2.033	24.000	O.K
앵커3	8.270	2.589	2.033	20.000	O.K
앵커5	12.020	0.777	2.033	13.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
앵커2	6.200	156.575	1.500	30	234.862
앵커3	8.270	209.446	1.500	30	314.169
앵커5	12.020	163.139	1.500	30	244.709

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
6.200	200000	3.0	98.71	4	24.5	9669.551
8.270	200000	3.0	98.71	4	20.5	11556.293
12.020	200000	3.0	98.71	4	13.5	17548.444

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
6.200	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
8.270	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
12.020	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
6.200	234.862	9.670	24.796	269.328
8.270	314.169	11.556	24.796	350.521
12.020	244.709	17.548	24.796	287.053

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
6.200	269.328	110.160	4	2.445	O.K
8.270	350.521	110.160	4	3.182	O.K
12.020	287.053	110.160	4	2.606	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
앵커2	6.200	234.862	풍화암	2.50	105.000	700.000	2.543	234.862
합계		-	-	-	-	-	2.543	-
앵커3	8.270	314.169	풍화암	2.50	105.000	700.000	2.460	227.213
		86.956	연암	2.50	105.000	1100.000	0.599	86.956
합계		-	-	-	-	-	3.059	-
앵커5	12.020	244.709	풍화암	2.50	105.000	700.000	1.960	181.031
		63.678	연암	2.50	105.000	1100.000	0.439	63.678
합계		-	-	-	-	-	2.399	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,

T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
6.200	234.862	4.0	12.70	1000.0	1.472
8.270	314.169	4.0	12.70	1000.0	1.969
12.020	244.709	4.0	12.70	1000.0	1.533

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
6.200	2.543	1.472	6.5	O.K
8.270	3.059	1.969	8.0	O.K
12.020	2.399	1.533	7.0	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
6.200	24.000	1.500	6.500	32.000
8.270	20.000	1.500	8.000	29.500
12.020	13.000	1.500	7.000	21.500

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
6.200	269.328	24.5	200000	98.71	4	83.560
8.270	350.521	20.5	200000	98.71	4	90.995
12.020	287.053	13.5	200000	98.71	4	49.073

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
6.200	1.50	30.0	24.000	1.500	6.500	269.328
8.270	1.50	30.0	20.000	1.500	8.000	350.521
12.020	1.50	30.0	13.000	1.500	7.000	287.053

8.까치발 설계

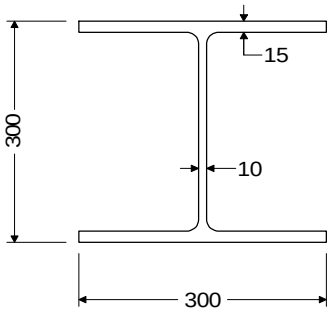
8.1 Strut

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 1.414 m

(2) 사용강재 : H 300x300x10/15(SS400)

w (N/m)	922.243
A (mm^2)	11980.000
I_x (mm^4)	204000000.000
Z_x (mm^3)	1360000.000
R_x (mm)	131.0
R_y (mm)	75.1



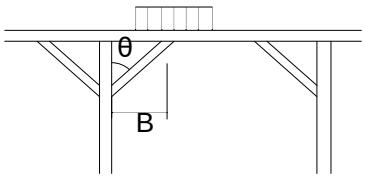
(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.000 m

(5) 까치발 설치위치(B) : 1.000 m

(6) 각도 (θ) : 45 도

(7) 축력분담폭 : 0.500 m



나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 146.413 kN/m ---> 주보 (CS14 : PECK)
= 146.413 x 0.500 / 1 단
= 73.207 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 73.207 / cos 45 ° + 120.0
= 223.530 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 1.414 x 1.414 / 8
= 1.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 1.414 / 2 / 1 단
= 3.536 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 1.250 x 1000000 / 1360000.0 = 0.919 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 223.530 x 1000 / 11980 = 18.659 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 3.536 x 1000 / 2700 = 1.309 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.018

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (19.578 − 17.739) / 19.578

= 0.094

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 1414.21 / 131

10.796 ---> $Lx/Rx \le 18.6$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 157.500 MPa

L_y / R_y = 1414.21 / 75.1

18.831 ---> $18.6 < Ly/Ry \le 92.8$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (18.831 − 18.6))

= 157.287 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 157.287 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 157.287 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1414.21 / 300

= 4.714 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.714 − 4.6))

= 157.181 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.181 MPa

f_{eax} = $1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (10.796)^2$

= 11583.675 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 157.287 MPa > f_c = 18.659 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.181 MPa > f_b = 0.919 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 1.309 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{18.659}{157.287} + \frac{0.919}{157.181 \times (1 - (18.659 / 11583.675))}$$

$$= 0.124 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 18.659 + \frac{0.919}{1 - (18.659 / 11583.675)}$$

$$= 19.579 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.124 , 0.124)

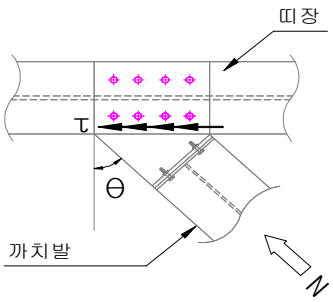
= 0.124 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 223.530 \times \sin 45°$

$= 158.060$ kN



$\tau = N * \sin\Theta$

▶ 사용볼트 : F8T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 100 = 112.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 158060 / (112.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 3.70$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : $n_{used} = 8$ ea > $n_{req} = 3.70$ ea ---> O.K

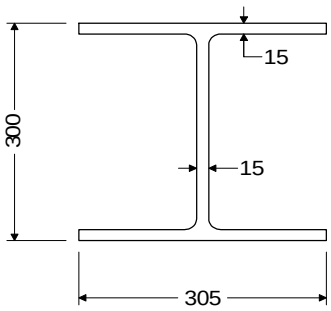
9.띠장 설계

9.1 버팀1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

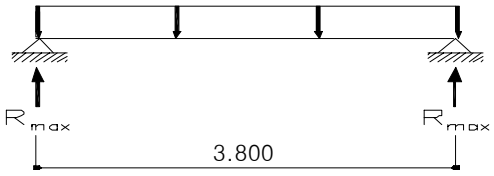
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.800 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 140.860 kN/m ---> 버팀1 (CS24 : 벽체4)

P = 140.860 × 5.85 m / 2 ea = 412.016 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 412.016 / (13 × 5.850)
= 65.012 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 65.012 × 3.800^2 / 8
= 117.347 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 65.012 × 3.800 / 2
= 123.524 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 117.347 x 1000000 / 1440000.0 = 81.491 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 123.524 x 1000 / 4050 = 30.500 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (81.491 + 81.491) / 81.491

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3800 / 305

= 12.459 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (12.459 − 4.6))

= 135.485 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.485 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.485 MPa > f_b = 81.491 MPa ---> O.K

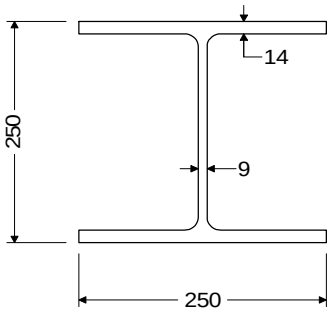
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 30.500 MPa ---> O.K

9.2 앵커2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

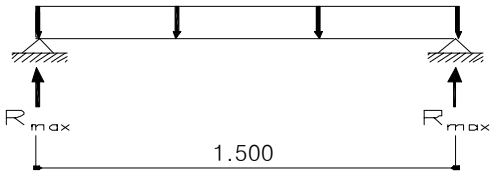
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



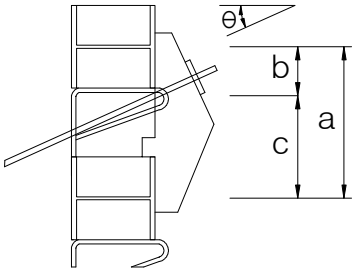
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 269.328 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 269.328 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 166.664 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 166.664 / (13 × 1.500)
= 102.562 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 102.562 × 1.500 ^{2} / 8
= 28.846 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 102.562 × 1.500 / 2
= 76.922 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 28.846 x 1000000 / 867000.0 = 33.271 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 76.922 x 1000 / 1998 = 38.499 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (33.271 + 33.271) / 33.271

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 33.271 MPa ---> O.K

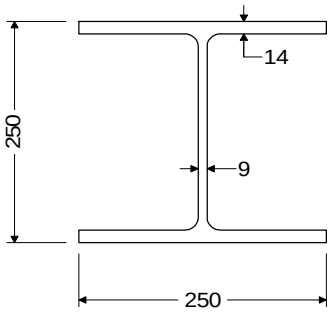
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 38.499 MPa ---> O.K

9.3 앵커3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

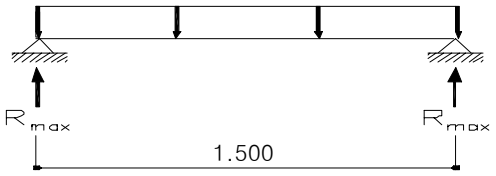
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



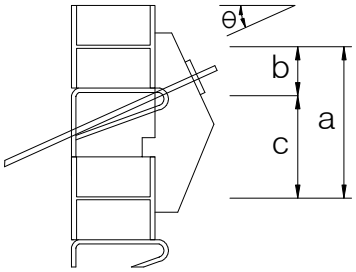
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 350.521 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 350.521 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 216.908 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 216.908 / (13 × 1.500)
= 133.482 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 133.482 × 1.500 ^{2} / 8
= 37.542 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 133.482 × 1.500 / 2
= 100.111 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 37.542 x 1000000 / 867000.0 = 43.301 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 100.111 x 1000 / 1998 = 50.106 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (43.301 + 43.301) / 43.301

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 43.301 MPa ---> O.K

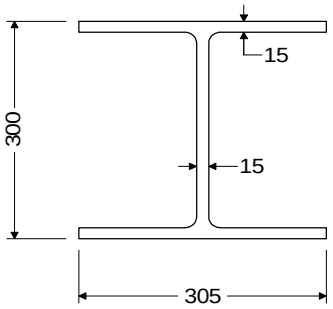
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 50.106 MPa ---> O.K

9.4 버팀4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

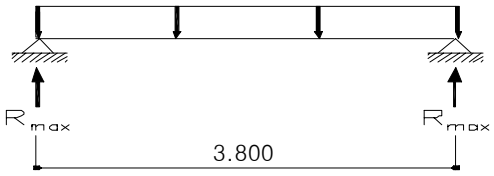
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.800 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 189.128 kN/m ---> 버팀4 (CS11 : 굴착 12.52 m)

P = 189.128 × 5.85 m / 2 ea = 553.199 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 553.199 / (13 × 5.850)
= 87.290 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 87.290 × 3.800^2 / 8
= 157.558 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 87.290 × 3.800 / 2
= 165.851 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 157.558 x 1000000 / 1440000.0 = 109.415 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 165.851 x 1000 / 4050 = 40.951 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (109.415 + 109.415) / 109.415$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3800 / 305

= 12.459 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (12.459 − 4.6))

= 135.485 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.485 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.485 MPa > f_b = 109.415 MPa ---> O.K

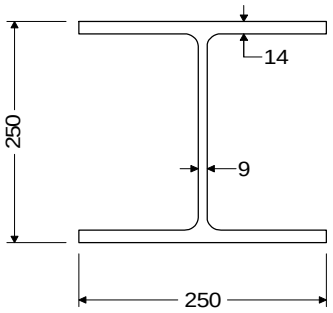
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.951 MPa ---> O.K

9.5 앵커5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

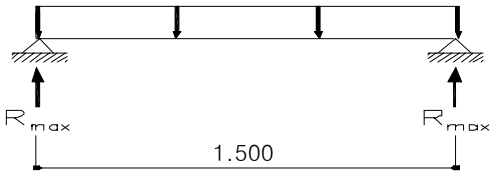
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



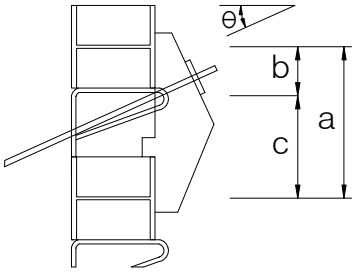
(2) 띠장 계산지간 : 1.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 287.053 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 287.053 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 177.633 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 177.633 / (13 × 1.500)
= 109.312 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 109.312 × 1.500 ^{2} / 8
= 30.744 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 109.312 × 1.500 / 2
= 81.984 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.744 x 1000000 / 867000.0 = 35.460 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 81.984 x 1000 / 1998 = 41.033 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (35.460 + 35.460) / 35.460

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 250

= 6.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.000 − 4.6))

= 153.578 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 153.578 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 153.578 MPa > f_b = 35.460 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 41.033 MPa ---> O.K

10.측면말뚝 설계

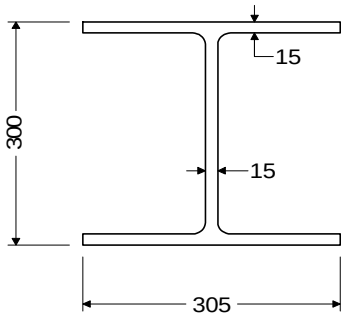
10.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.600	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	23.000	kN			
라. 버팀보 자중	=	6.000	kN			
마. 띠장 자중	=	13.000	kN			
바. 지보재 수직분력	=	277.423	kN	× 1.500	=	416.134 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
∑ P_s	=	854.090	kN			

최대모멘트, M_{max} = 106.321 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS15 : 해체 앵커5)

최대전단력, S_{max} = 158.645 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 12.52 m)

▶ Pmax = 854.090 kN

▶ Mmax = 106.321 × 1.500 = 159.482 kN·m

▶ Smax = 158.645 × 1.500 = 237.967 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 159.482 x 1000000 / 1440000.0 = 110.751 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 854.090 x 1000 / 13480 = 63.360 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 237.967 x 1000 / 4050 = 58.757 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 2.217

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (174.111 − −47.391) / 174.111

= 1.272

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3550 / 126

28.175 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (28.175 − 16))

= 196.082 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 196.082 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3550 / 305

= 11.639 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (11.639 − 4))

= 180.146 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 180.146 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (28.175)^2

= 1700.663 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 196.082 MPa > f_c = 63.360 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 180.146 MPa > f_b = 110.751 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 58.757 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{63.360}{196.082} + \dfrac{110.751}{180.146 \times (1 - (63.360 / 1700.663))}$

= 0.962 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 63.360 + \frac{110.751}{1 - (63.360 / 1700.663)}$$

$$= 178.397 < f_{cal} = 213.750 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.962 , 0.835)
= 0.962 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 34.3 mm ---> 흙막이벽(우) (CS24 : 벽체4)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 13.550 x 1000 x 0.003 = 40.650 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 854.09 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 고결공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 40
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 35
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 11
- L_s(모래층 중의 길이) = 4.600 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 7.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 35 x 1.210 x 4.600
+ 0.5 x 11 x 1.210 x 7.000
= 177.047 tonf
= 1736.24 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1736.24 / 2.0
= 868.119 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

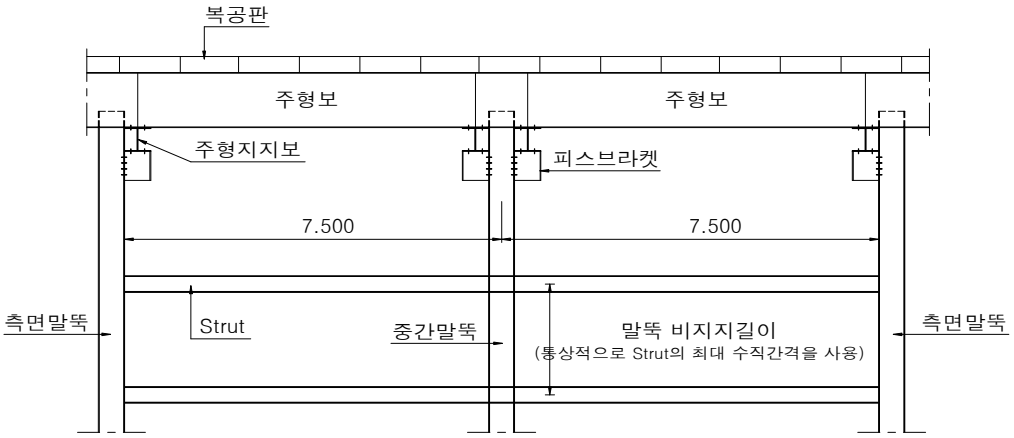
11.중간말뚝 설계

11.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 + 7.500 = 15.000 m

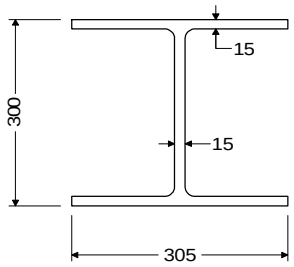
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



11.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 24.000 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 15.400 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 51.150 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

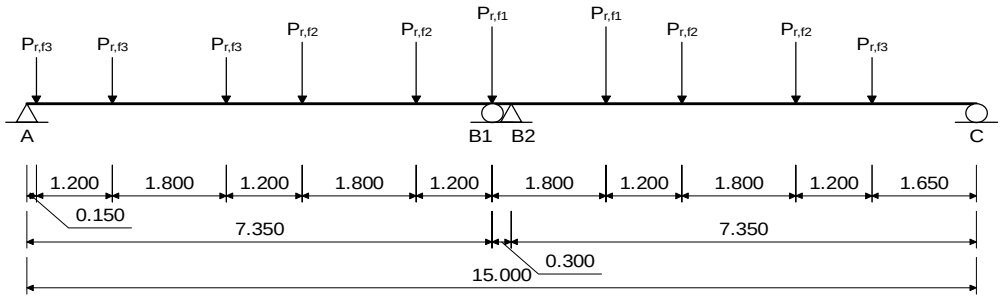
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350 + 70.200 x 0.150) / 7.350

= 302.927 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 70.200 x 1.650) / 7.350

= 210.600 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 302.927 x 1.00 = 302.927 kN

P_{r2} = 210.600 x 1.00 = 210.600 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350 + 17.550 x 0.150) / 7.350

= 75.732 kN

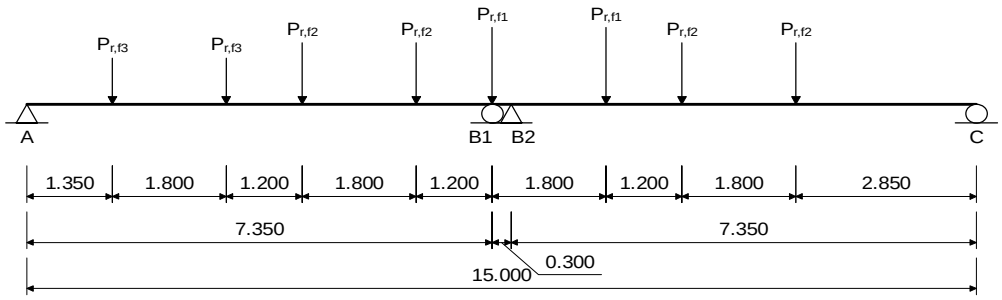
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 17.550 x 1.650) / 7.350

= 52.650 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.732 x 1.00 = 75.732 kN

P_{f2} = 52.650 x 1.00 = 52.650 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350) / 7.350

= 301.494 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 301.494 x 1.00 = 301.494 kN

P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350) / 7.350

= 75.373 kN

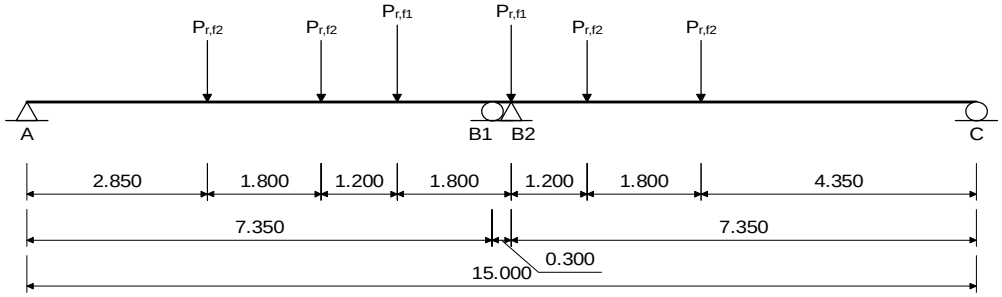
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.373 x 1.00 = 75.373 kN

P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350

= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

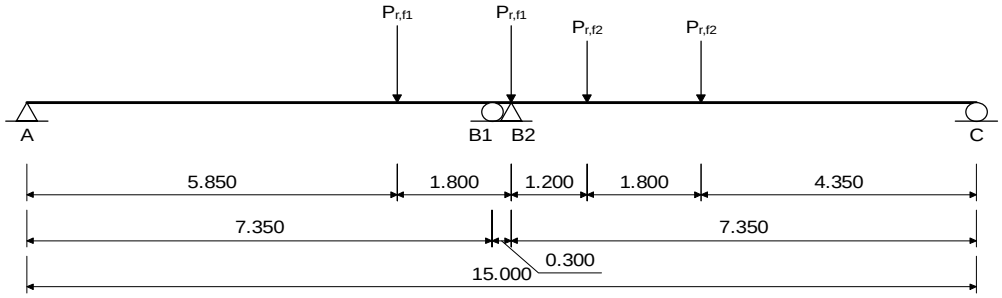
R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350

= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

④ **1.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850) / 7.350

= 99.331 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350

= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 99.331 x 1.00 = 99.331 kN

P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

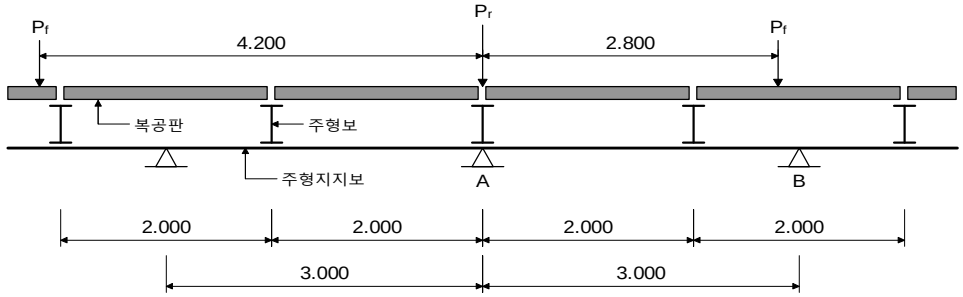
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850) / 7.350
= 24.833 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.833 x 1.00 = 24.833 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (302.927 x 3.000 + 75.732 x 0.200) / 3.000
= 307.975 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 307.975 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 339.194 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000
= 262.823 kN

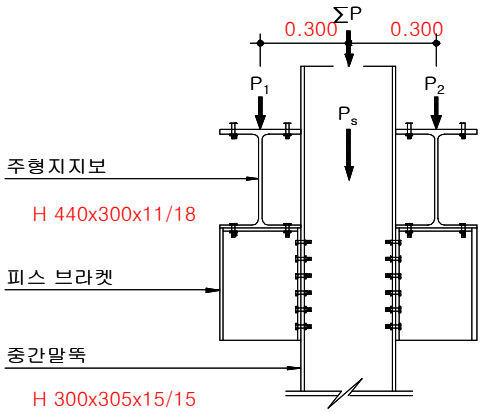
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s
= 339.194 + 294.042 + 51.150 = 684.386 kN

11.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑P / A = 228.129 x 1000 / 13480 = 16.923 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 101.758 x 1000000 / 1440000 = 70.665 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 339.194 x 0.300 = 101.758 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.902

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.589 − −53.742) / 87.589

= 1.614

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5800 / 126

46.032 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (46.032 − 16))

= 170.166 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 170.166 MPa

L_y / R_y = 5800 / 72.6

79.890 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (79.890 − 16))

= 121.030 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.030 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 121.030 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5800 / 305

= 19.016 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 3.91 x (19.016 - 4))

= 147.697 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.697 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (46.032)^2

= 637.117 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.030 MPa > f_c = 16.923 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.697 MPa > f_b = 70.665 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{16.923}{121.030} + \frac{70.665}{147.697 \times (1 - (16.923 / 637.117))}$

= 0.631 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 16.923 + \frac{70.665}{1 - (16.923 / 637.117)}$

= 89.517 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.631 , 0.419)

= 0.631 < 1.0 ---> O.K

11.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 228.13 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	40
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	30
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0
L_s(모래층 중의 길이)	=	8.500 m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000 m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915 m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210 m

= 25 x 40 x 0.0915 + 0.2 x 30 x 1.210 x 8.500

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 153.210 tonf

= 1502.48 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1502.48 / 2.0

= 751.238 kN

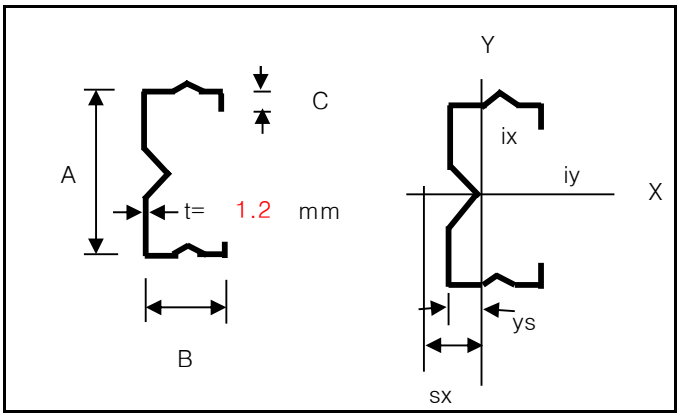
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

12. 흙막이 벽체 설계

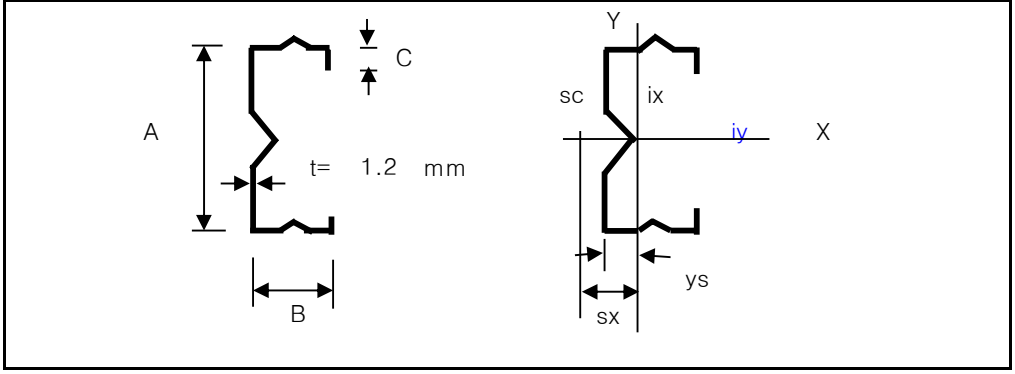
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 13.55m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

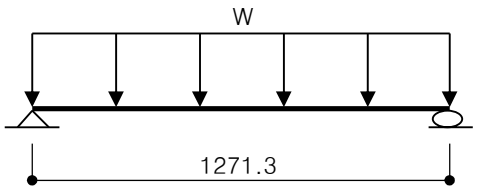
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1088 MPa ---> (CS13 : 굴착 14.2 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 108.8 kN/m^2 x 0.2000 m = 21.8 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 21.8 x 1.27^2 / 8 = 4.4 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 21.8 x 1.27 / 2 = 13.8 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 4396136 / 27,100 = 162.22 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 4396136 / 27,980 = 157.12 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 13832 / 234 = 59.11 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 162.22 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 157.12 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 59.11 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

13. 탄소성 입력 데이터

13.1 해석종류 : 탄소성보법

13.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

13.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 21.4 m, 최대굴착깊이 = 13.55 m, 전모델높이 = 30 m

13.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.94	18.00	19.00	0.00	26.00	7	-	12000.00
2	토사(점토)	9.16	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
3	토사(자갈)	11.10	20.00	21.00	0.00	35.00	12	-	32000.00
4	풍화토	17.20	20.00	21.00	21.00	29.00	20	-	31000.00
5	풍화암	19.50	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	60	-	400000.00
7	뒤채움	-	19.00	20.00	15.00	25.00	30	37311.00	27500.00

13.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	21.1	1.5

13.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주보	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	7.5	0	1
2	버팀1	P 406.4x9	SS400	4.72	5.85	21.4	50	2
3	버팀4	P 406.4x12	SS400	10.02	5.85	21.4	100	2

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	앵커2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	6.2	1.5	30	24	200
2	앵커3	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.27	1.5	30	20	250
3	앵커5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	12.02	1.5	30	13	200

13.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브3	1.2	0	19.7	C27	0.9	-
2	슬래브2	8.45	0	19.7	C27	1.3	-
3	슬래브1	12.9	0	19.7	C27	1.3	-
4	벽체1	19.7	1.2	12.9	C27	1.4	뒤채움

13.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

13.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 14.2 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.40	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주보		-	-	-	-	X	X
3	5.22	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	버팀1		-	-	-	-	X	X
5	6.70	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	앵커2		-	-	-	-	X	X
7	8.77	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	앵커3		-	-	-	-	X	X
9	10.52	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	버팀4		-	-	-	-	X	X
11	12.52	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	앵커5		-	-	-	-	X	X
13	13.55	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
15	-		앵커5	-	-	-	-	O	X
16	-	-	-	12.9	-	-	-	O	X
17	-	-	-	11.75	-	-	-	O	X
18	-		버팀4	-	-	-	-	O	X
19	-	-	-	8.77	-	-	-	O	X
20	-		앵커3	-	-	-	-	O	X
21	-	-	-	8.45	-	-	-	O	X
22	-	-	-	6.72	-	-	-	O	X
23	-		앵커2	-	-	-	-	O	X
24	-	-	-	5.22	-	-	-	O	X
25	-		버팀1	-	-	-	-	O	X
26	-	-	-	2.67	-	-	-	O	X
27	-		주보	-	-	-	-	O	X
28	-	-	-	1.2	-	-	-	O	X

14. 해석 결과
14.1 전산 해석결과 집계

14.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	13.35	1.7	-6.79	5.2	0.93	0.0	-21.11	3.1
CS2 : 생성 주보	1.40	13.36	1.7	-6.71	5.2	0.93	0.0	-21.11	3.1
CS3 : 굴착 5.22 m	5.22	45.82	6.2	-59.45	0.9	95.10	3.9	-40.04	8.8
CS4 : 생성 버팀1	5.22	41.08	6.2	-56.31	0.9	85.35	3.9	-35.64	8.8
CS5 : 굴착 6.7 m	6.70	41.04	7.5	-57.89	4.7	66.44	6.2	-43.16	10.0
CS6 : 생성 앵커2	6.70	82.74	6.2	-57.44	0.9	88.73	3.9	-29.08	9.2
CS7 : 굴착 8.77 m	8.77	62.45	9.6	-120.17	6.2	102.82	7.9	-57.48	12.0
CS8 : 생성 앵커3	8.77	78.57	8.3	-65.76	8.3	81.98	3.9	-51.62	8.3
CS9 : 굴착 10.52 m	10.52	65.64	11.1	-128.47	8.3	79.09	9.6	-46.93	13.2
CS10 : 생성 버팀4	10.52	57.02	11.1	-120.63	8.3	64.43	9.6	-40.91	12.9
CS11 : 굴착 12.52 m	12.52	72.88	12.9	-158.64	10.0	101.02	11.8	-53.63	8.3
CS12 : 생성 앵커5	12.52	88.83	12.0	-113.59	8.3	59.70	10.8	-33.30	14.0
CS13 : 굴착 14.2 m	13.55	66.85	8.3	-132.33	10.0	80.67	12.9	-54.64	8.3
CS14 : PECK	13.55	72.47	14.0	-139.78	10.0	87.89	3.1	-55.61	8.3
CS15 : 해체 앵커5	13.55	80.50	6.2	-127.19	10.0	106.32	12.0	-81.88	8.3
CS16 : 슬래브1	13.55	80.50	6.2	-127.19	10.0	106.32	12.0	-81.88	8.3
CS17 : 벽체1	13.55	80.50	6.2	-127.19	10.0	106.32	12.0	-81.88	8.3
CS18 : 해체 버팀4	13.55	65.42	6.2	-140.53	8.3	105.16	10.8	-61.48	15.4
CS19 : 벽체2	13.55	65.42	6.2	-140.53	8.3	105.16	10.8	-61.48	15.4
CS20 : 해체 앵커3	13.55	60.25	14.0	-108.06	6.2	69.56	11.1	-61.76	15.4
CS21 : 슬래브2	13.55	60.25	14.0	-108.06	6.2	69.56	11.1	-61.76	15.4
CS22 : 벽체3	13.55	60.25	14.0	-108.06	6.2	69.56	11.1	-61.76	15.4
CS23 : 해체 앵커2	13.55	60.32	14.0	-87.34	4.7	66.58	11.1	-61.51	15.4
CS24 : 벽체4	13.55	60.32	14.0	-87.34	4.7	66.58	11.1	-61.51	15.4
CS25 : 해체 버팀1	13.55	60.67	14.0	-47.92	0.9	67.89	11.1	-61.43	15.4
CS26 : 벽체5	13.55	60.67	14.0	-47.95	0.9	67.89	11.1	-61.43	15.4
CS27 : 해체 주보	13.55	60.65	14.0	-30.58	10.0	68.09	11.1	-61.49	15.4
CS28 : 슬래브1	13.55	60.65	14.0	-30.58	10.0	68.09	11.1	-61.49	15.4
TOTAL		88.83	12.0	-158.64	10.0	106.32	12.0	-81.88	8.3

14.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

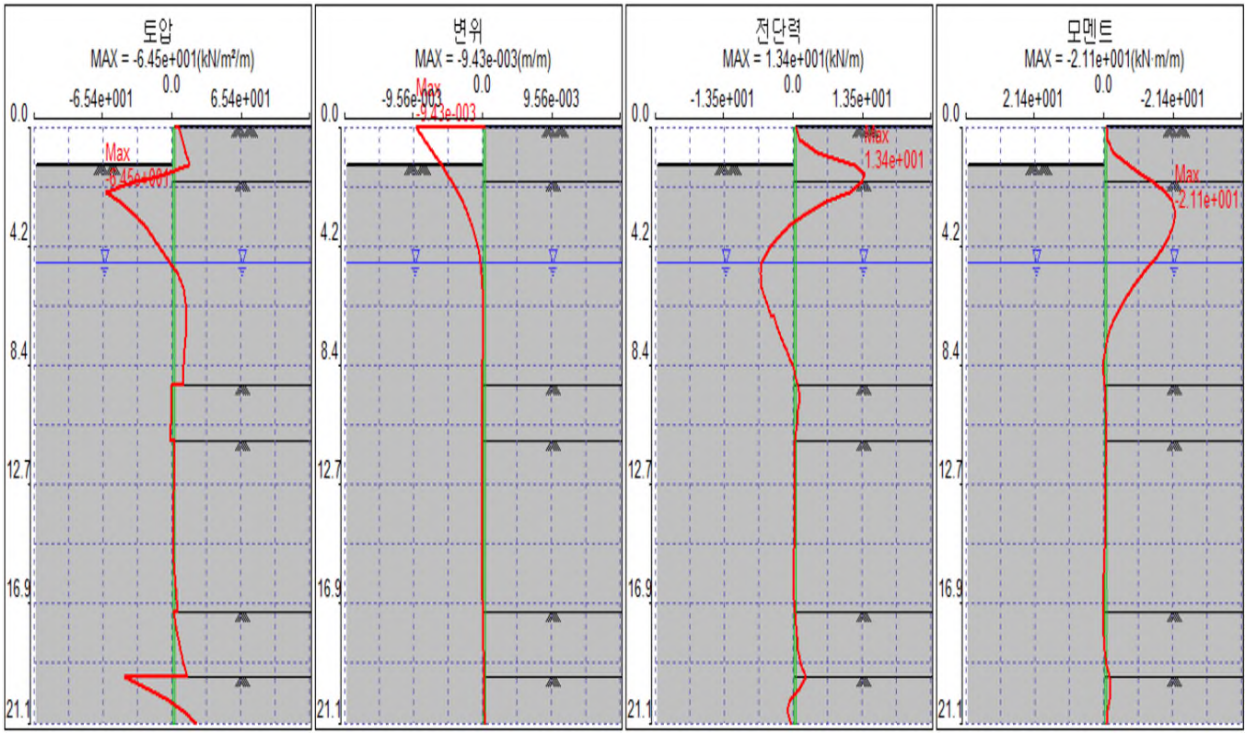
시공단계	굴착 깊이	주보	버팀1	버팀4	앵커2	앵커3
		0.9 (m)	4.72 (m)	10.02 (m)	6.2 (m)	8.27 (m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주보	1.40	-0.01	-	-	-	-
CS3 : 굴착 5.22 m	5.22	64.09	-	-	-	-
CS4 : 생성 버팀1	5.22	60.92	8.55	-	-	-
CS5 : 굴착 6.7 m	6.70	50.57	90.59	-	-	-
CS6 : 생성 앵커2	6.70	62.05	-4.86	-	133.35	-
CS7 : 굴착 8.77 m	8.77	39.05	87.11	-	154.06	-
CS8 : 생성 앵커3	8.77	59.80	11.40	-	135.63	166.67
CS9 : 굴착 10.52 m	10.52	46.21	46.24	-	147.19	200.44
CS10 : 생성 버팀4	10.52	47.99	42.24	17.09	145.69	195.77
CS11 : 굴착 12.52 m	12.52	51.03	25.12	189.13	142.78	192.49
CS12 : 생성 앵커5	12.52	48.98	35.84	103.97	144.71	195.06
CS13 : 굴착 14.2 m	13.55	51.39	24.25	164.54	142.47	191.55
CS14 : PECK	13.55	146.41	83.26	172.17	144.45	192.80
CS15 : 해체 앵커5	13.55	55.72	0.64	127.01	138.34	185.04
CS16 : 슬래브1	13.55	55.72	0.64	127.01	138.34	185.04
CS17 : 벽체1	13.55	55.72	0.64	127.01	138.34	185.04
CS18 : 해체 버팀4	13.55	45.96	25.39	-	146.64	209.45
CS19 : 벽체2	13.55	45.96	25.39	-	146.64	209.45
CS20 : 해체 앵커3	13.55	35.12	73.82	-	156.58	-
CS21 : 슬래브2	13.55	35.12	73.82	-	156.58	-
CS22 : 벽체3	13.55	35.12	73.82	-	156.58	-
CS23 : 해체 앵커2	13.55	30.10	140.86	-	-	-
CS24 : 벽체4	13.55	30.10	140.86	-	-	-
CS25 : 해체 버팀1	13.55	52.61	-	-	-	-
CS26 : 벽체5	13.55	52.73	-	-	-	-
CS27 : 해체 주보	13.55	-	-	-	-	-
CS28 : 슬래브1	13.55	-	-	-	-	-
TOTAL		146.41	140.86	189.13	156.58	209.45

시공단계	굴착 깊이	앵커5				
		12.02 (m)				
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-				
CS2 : 생성 주보	1.40	-				
CS3 : 굴착 5.22 m	5.22	-				
CS4 : 생성 버팀1	5.22	-				
CS5 : 굴착 6.7 m	6.70	-				
CS6 : 생성 앵커2	6.70	-				
CS7 : 굴착 8.77 m	8.77	-				
CS8 : 생성 앵커3	8.77	-				

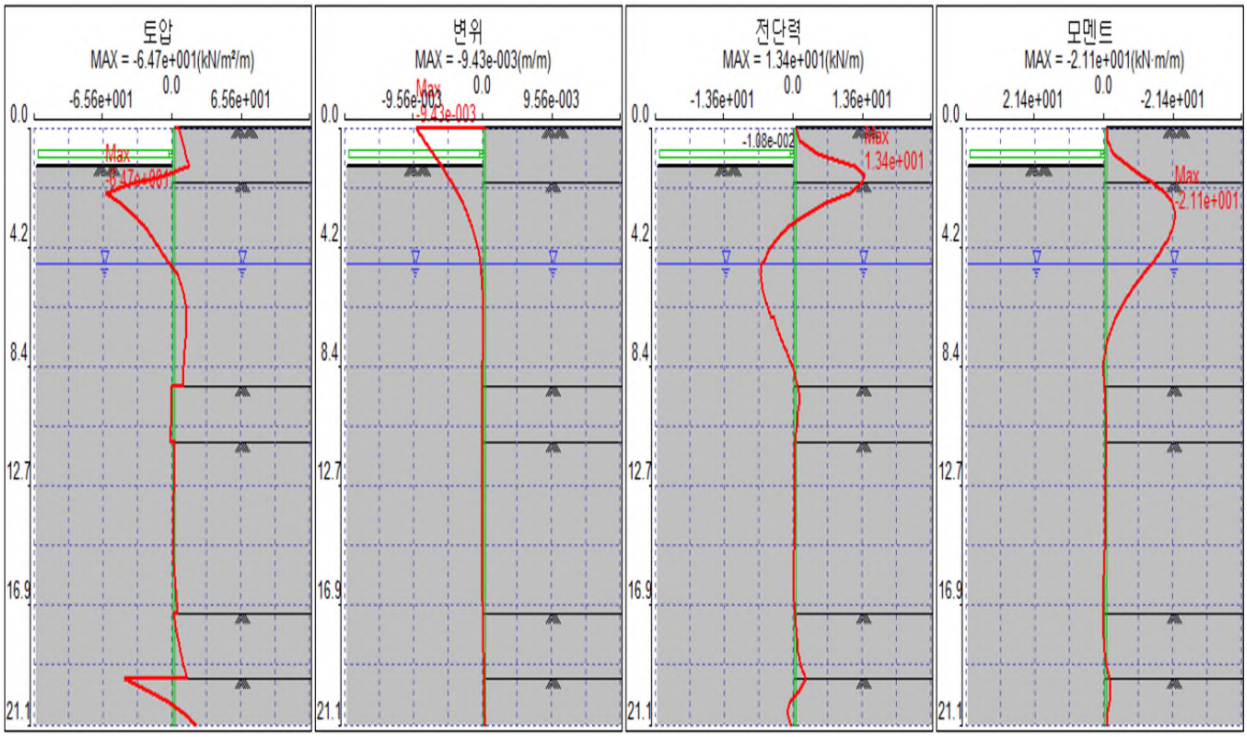
CS9 : 굴착 10.52 m	10.52	-				
CS10 : 생성 버팀4	10.52	-				
CS11 : 굴착 12.52 m	12.52	-				
CS12 : 생성 앵커5	12.52	133.33				
CS13 : 굴착 14.2 m	13.55	163.14				
CS14 : PECK	13.55	160.88				
CS15 : 해체 앵커5	13.55	-				
CS16 : 슬래브1	13.55	-				
CS17 : 벽체1	13.55	-				
CS18 : 해체 버팀4	13.55	-				
CS19 : 벽체2	13.55	-				
CS20 : 해체 앵커3	13.55	-				
CS21 : 슬래브2	13.55	-				
CS22 : 벽체3	13.55	-				
CS23 : 해체 앵커2	13.55	-				
CS24 : 벽체4	13.55	-				
CS25 : 해체 버팀1	13.55	-				
CS26 : 벽체5	13.55	-				
CS27 : 해체 주보	13.55	-				
CS28 : 슬래브1	13.55	-				
TOTAL		163.14				

14.2 시공단계별 단면력도

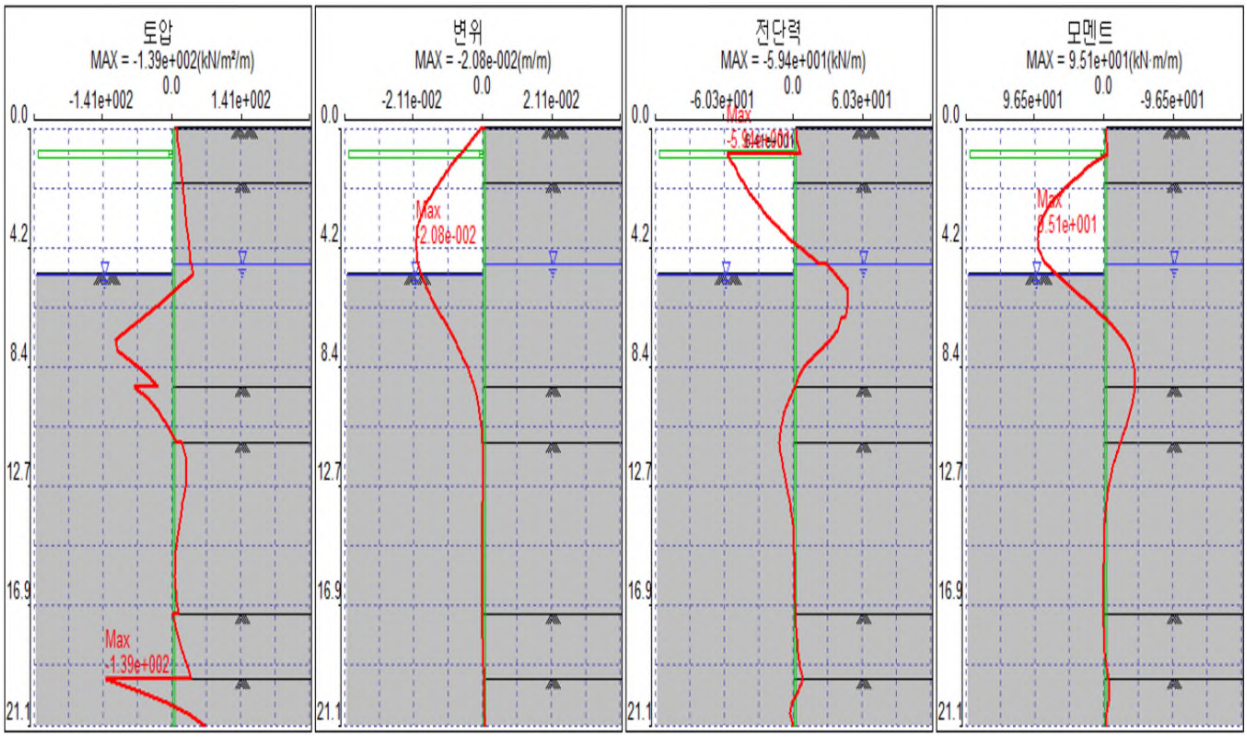
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.4 m]



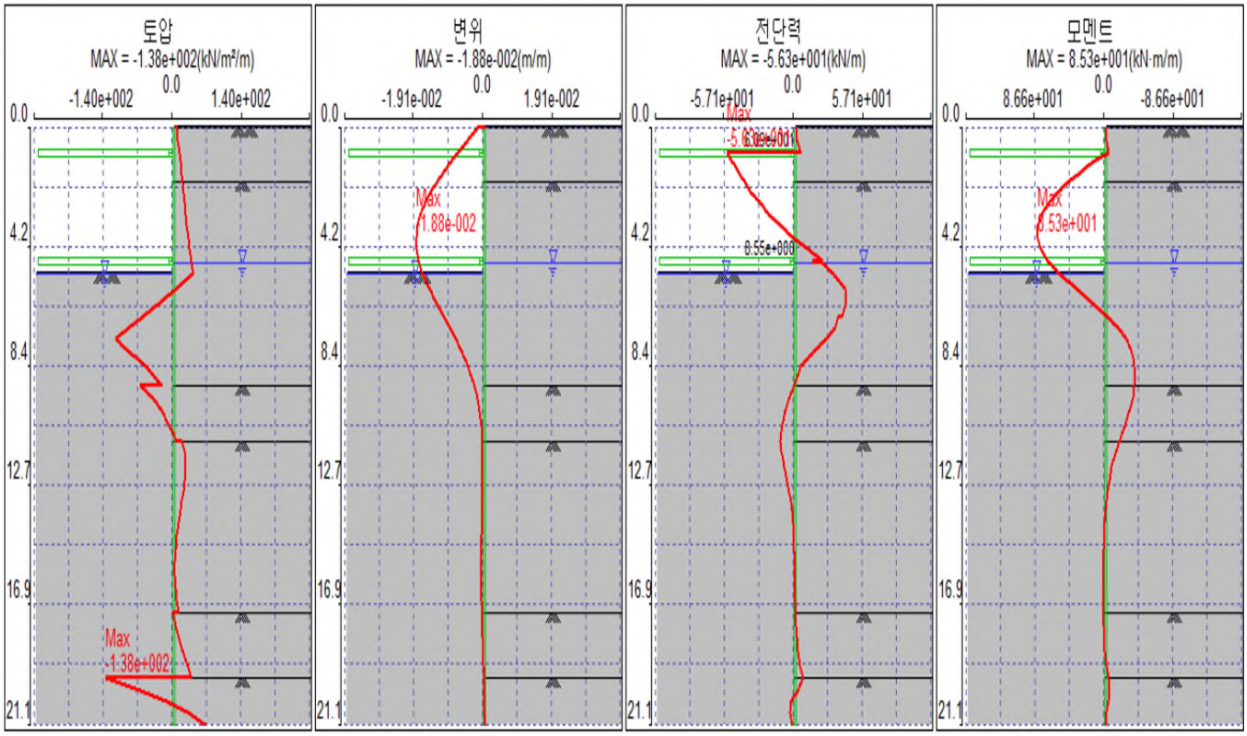
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주보]



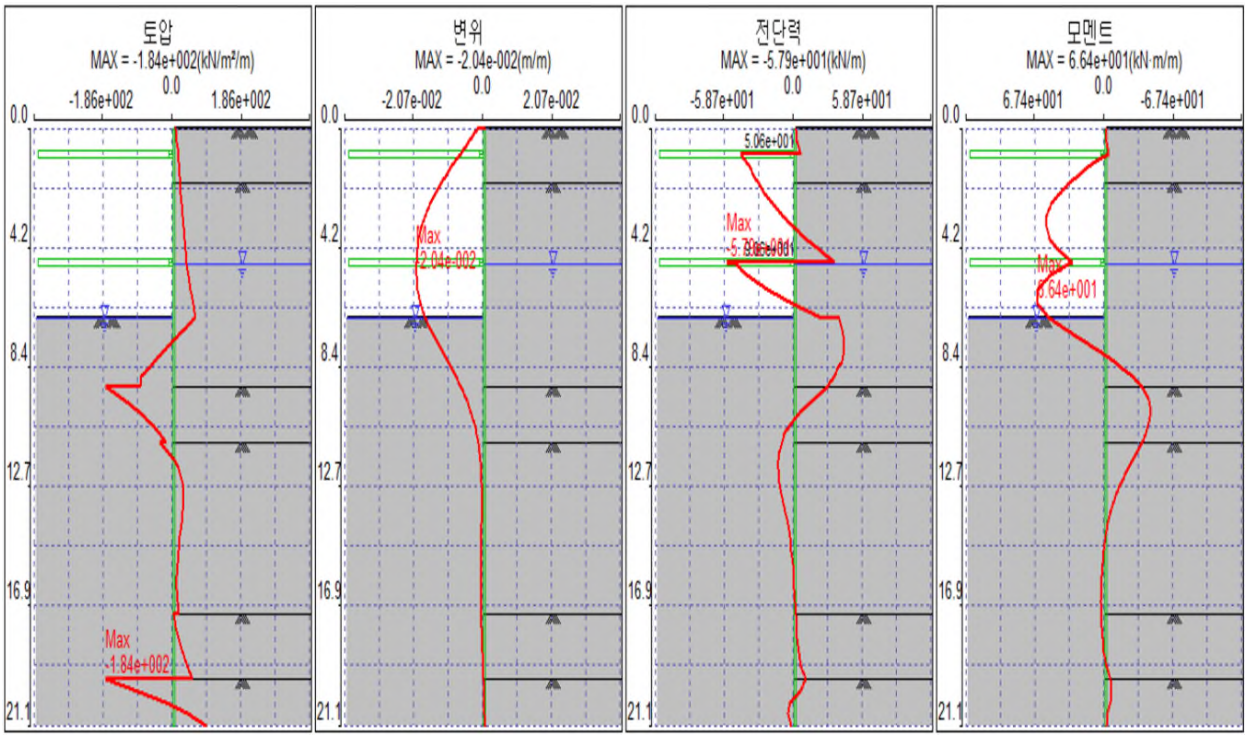
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 5.22 m]



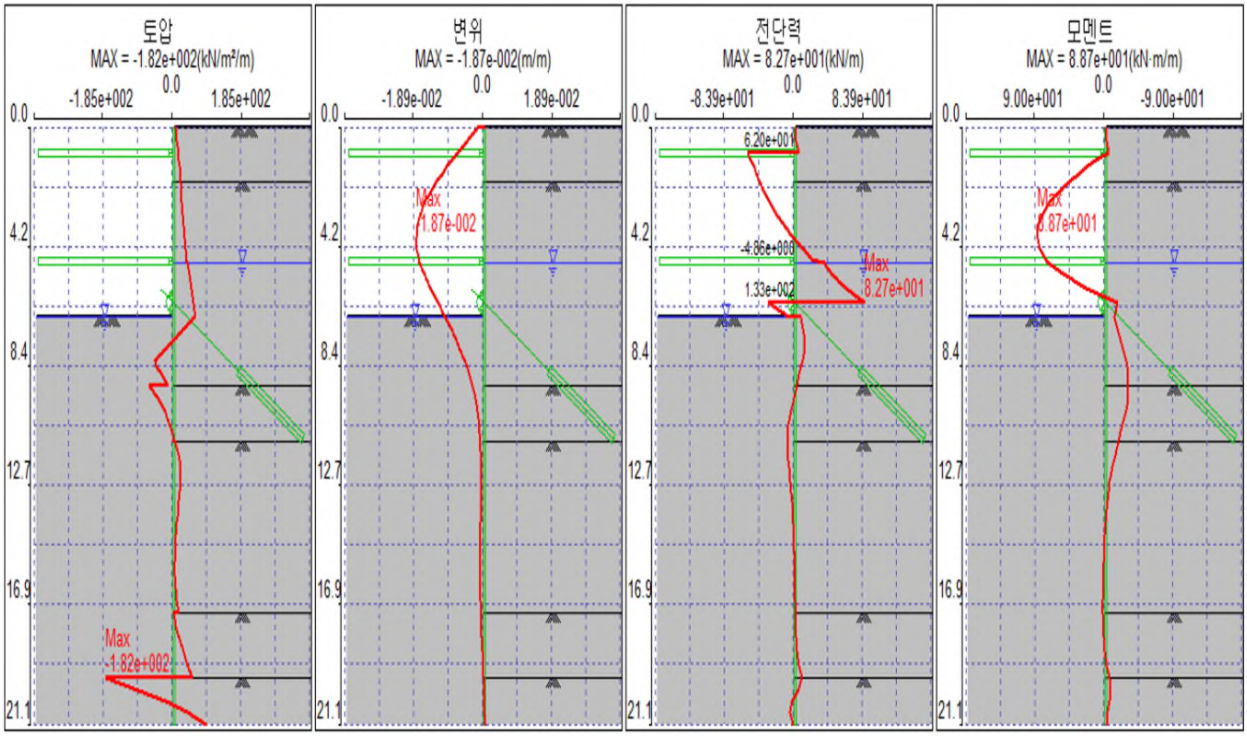
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 버팀1]



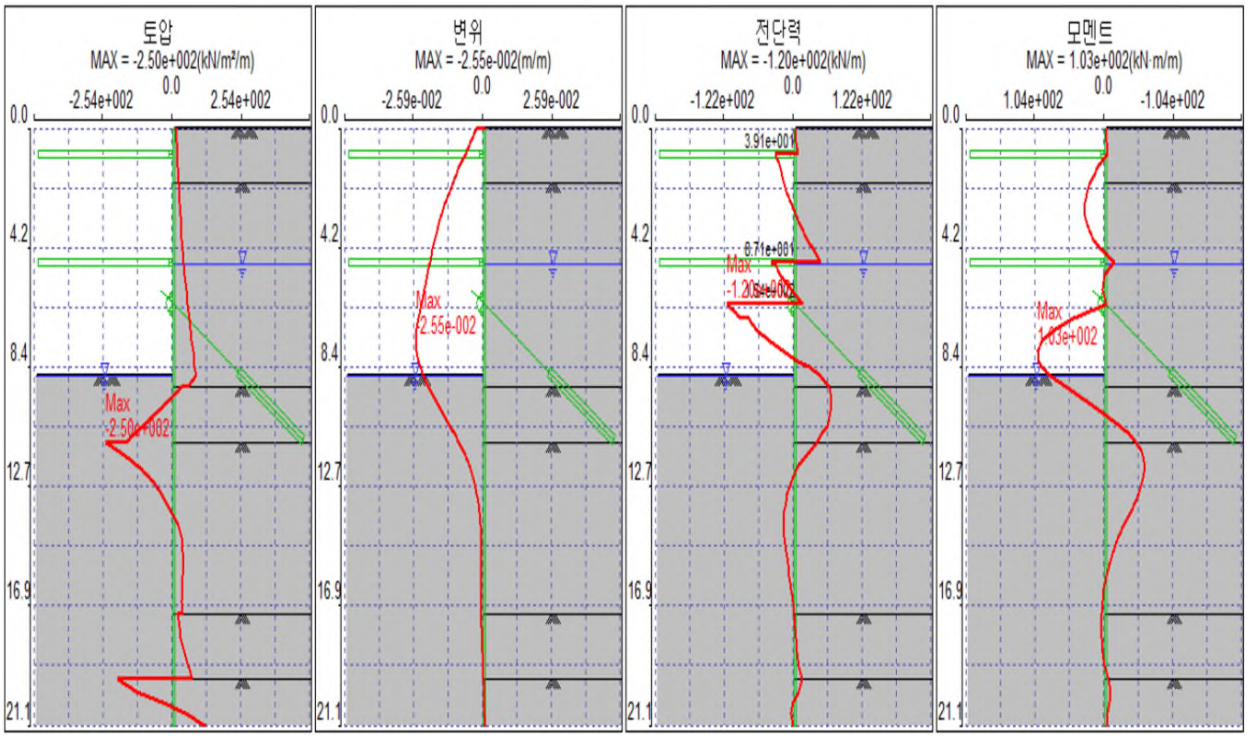
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.7 m]



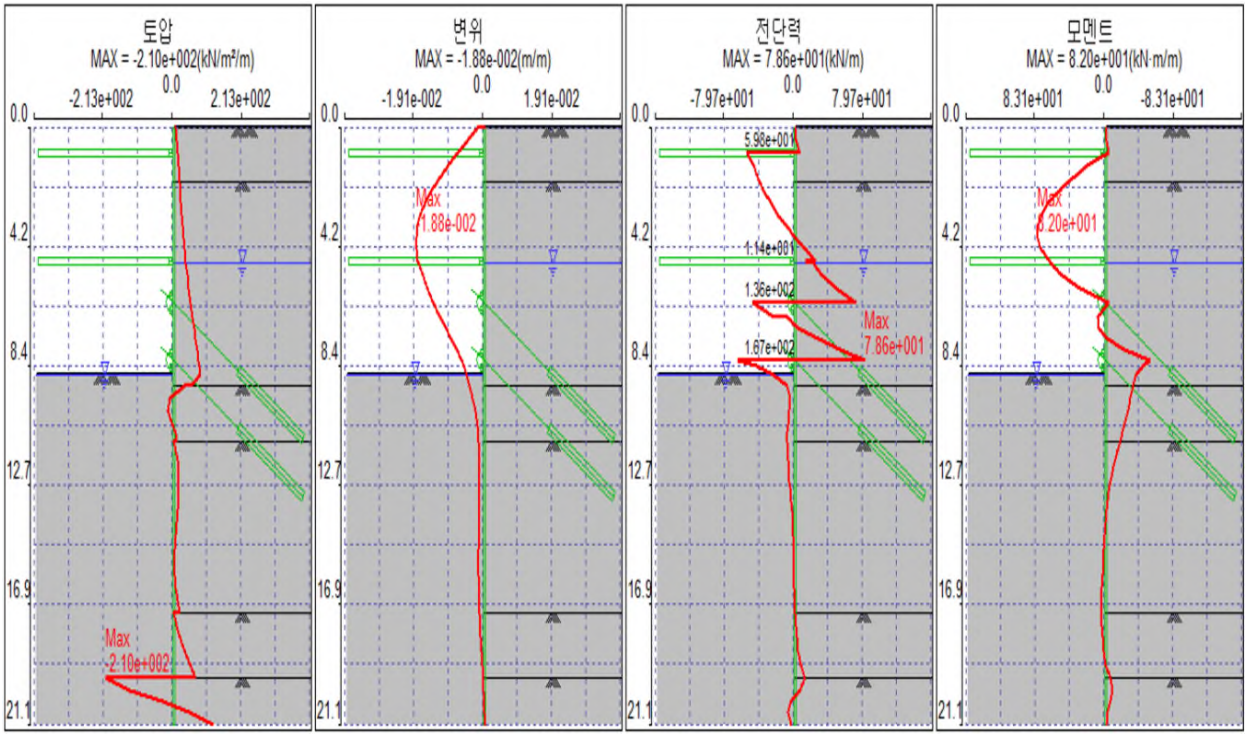
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 앵커2]



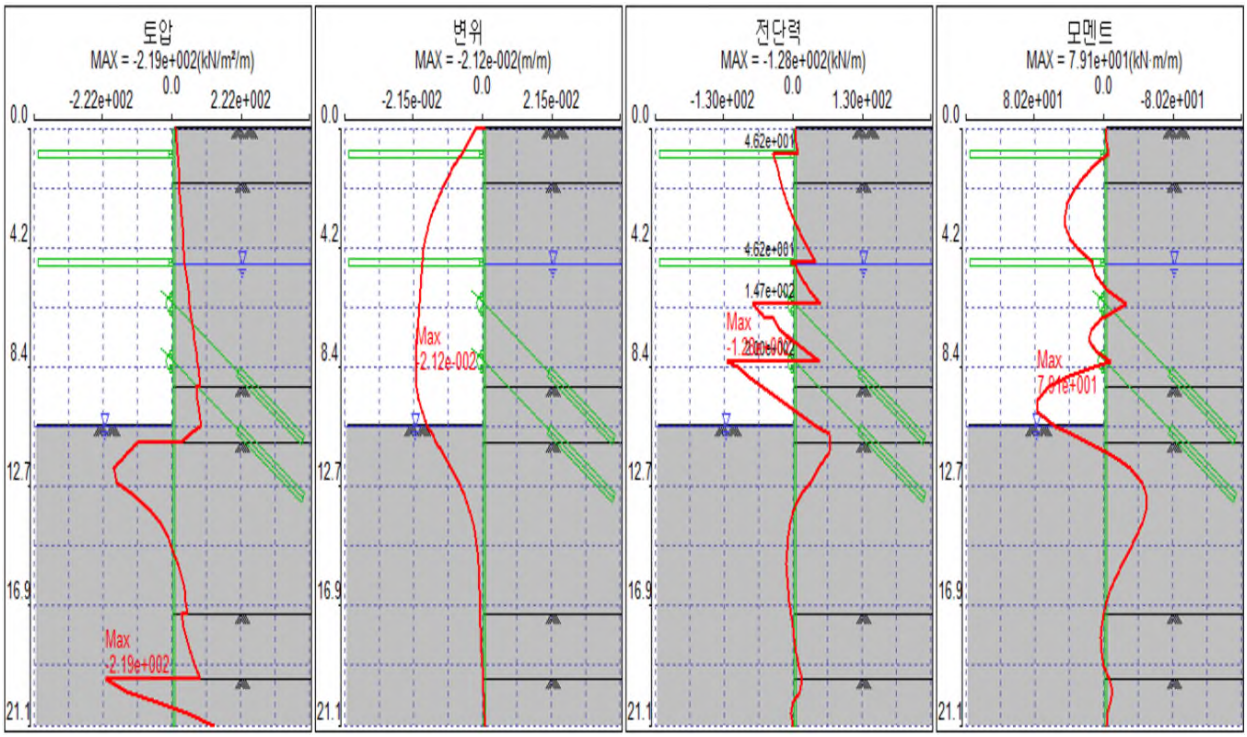
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.77 m]



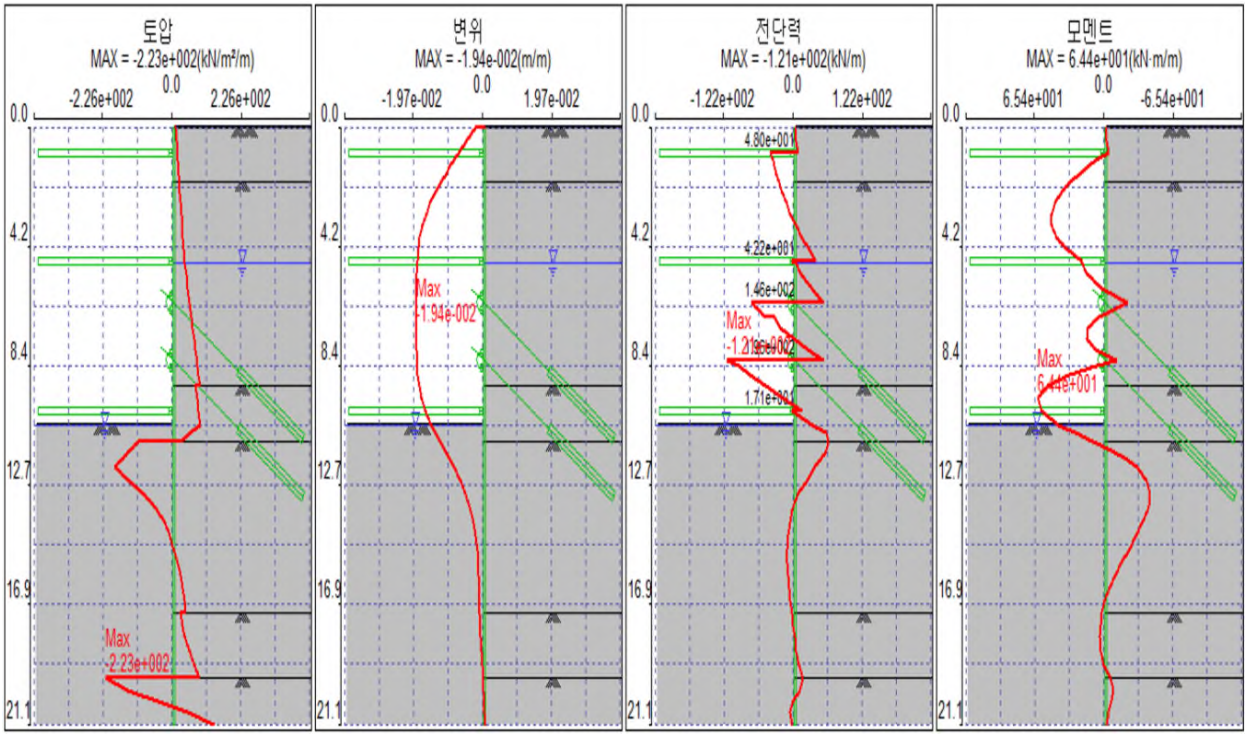
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 앵커3]



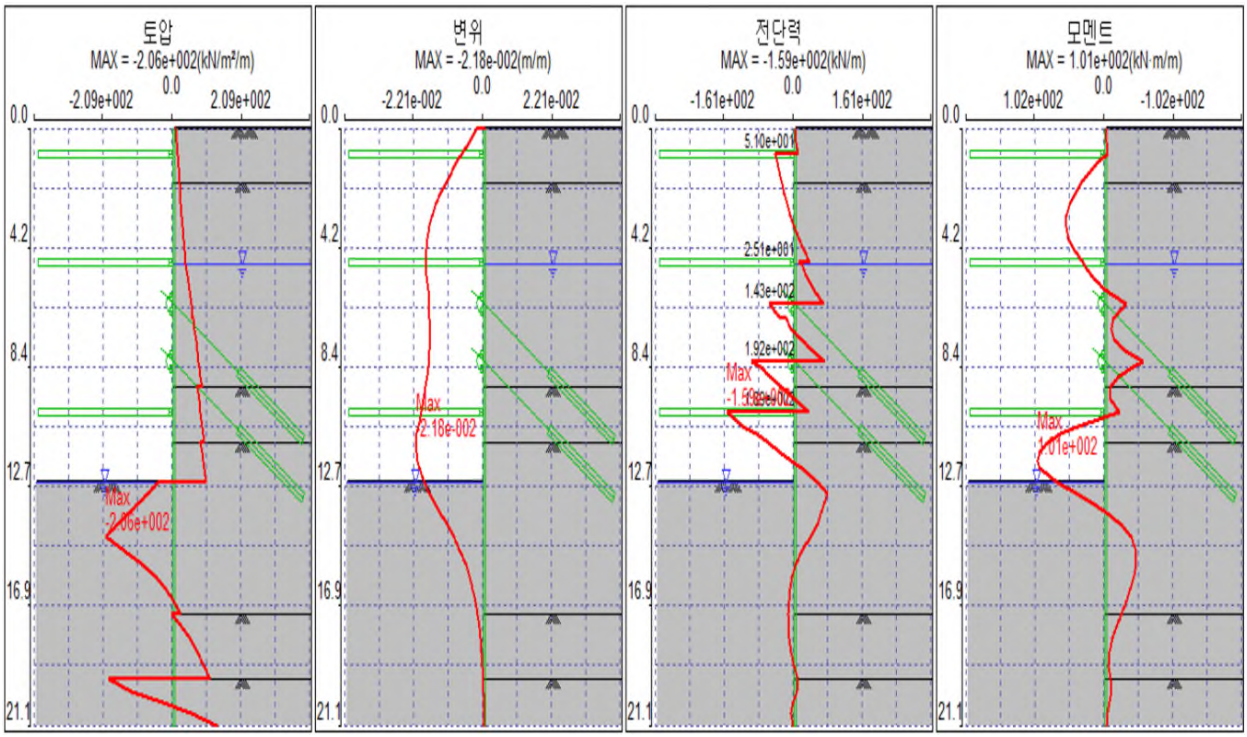
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 10.52 m]



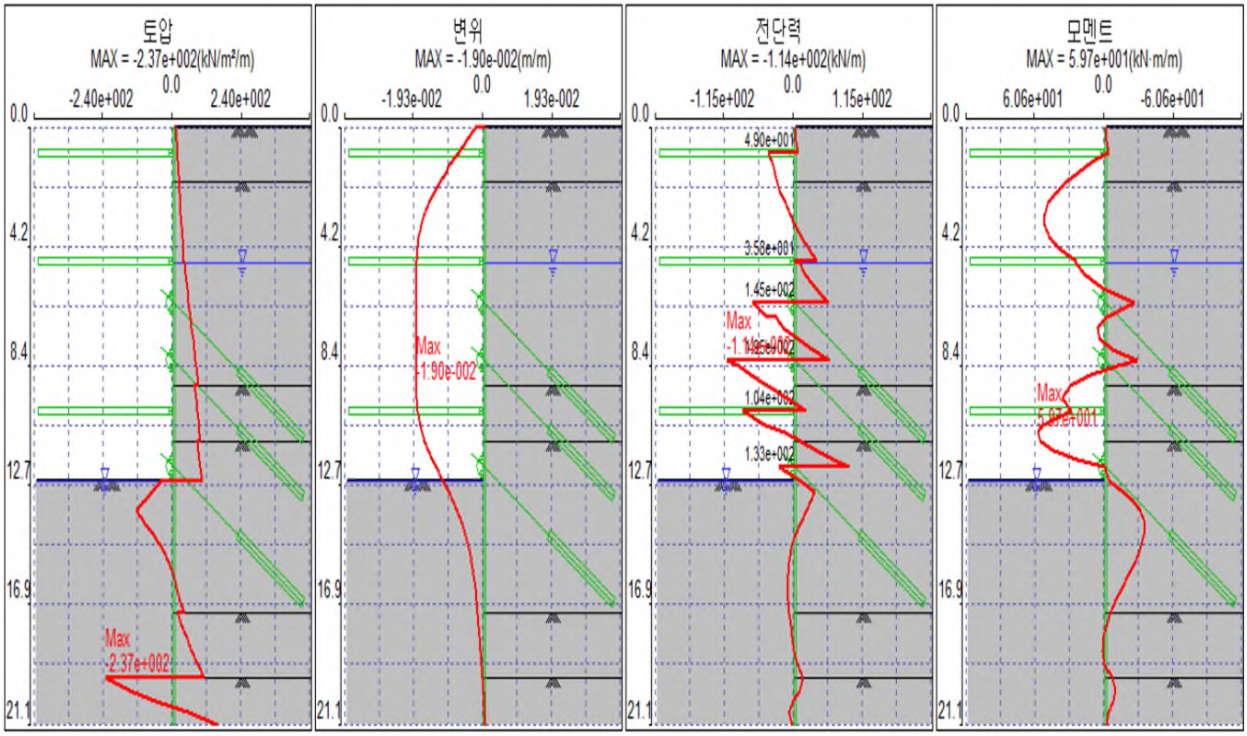
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 버팀4]



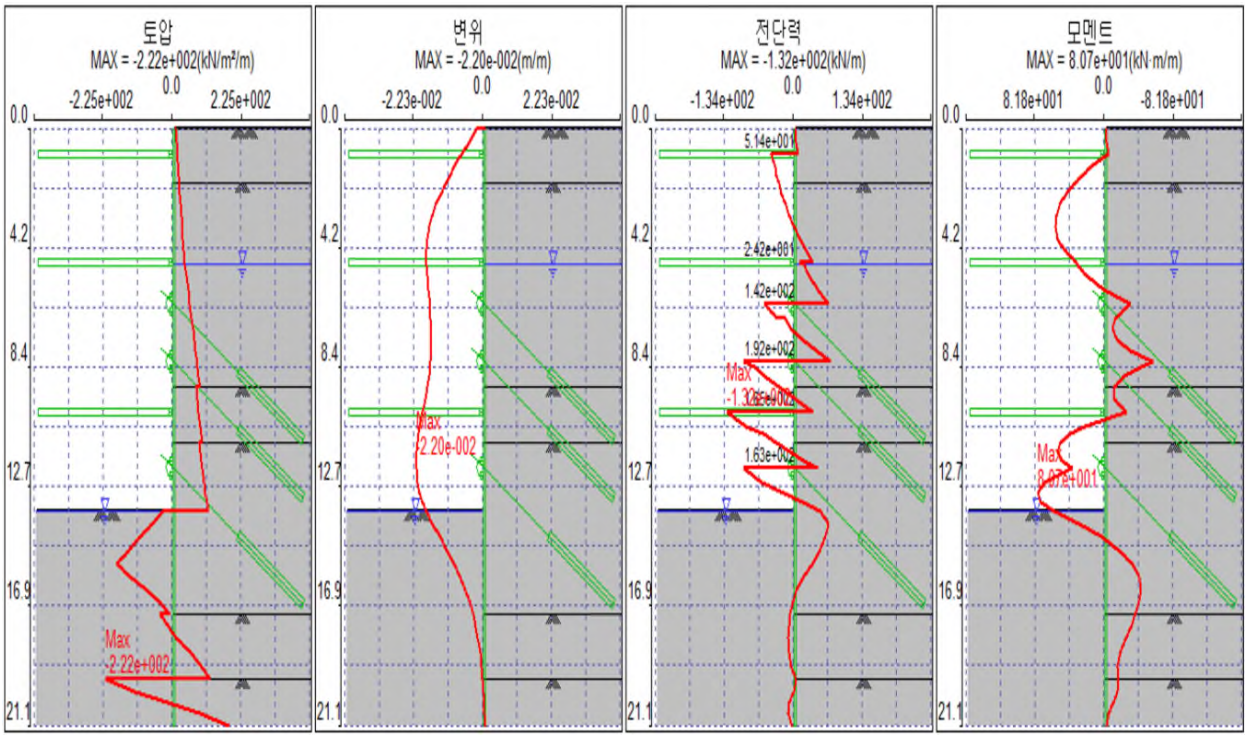
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 12.52 m]



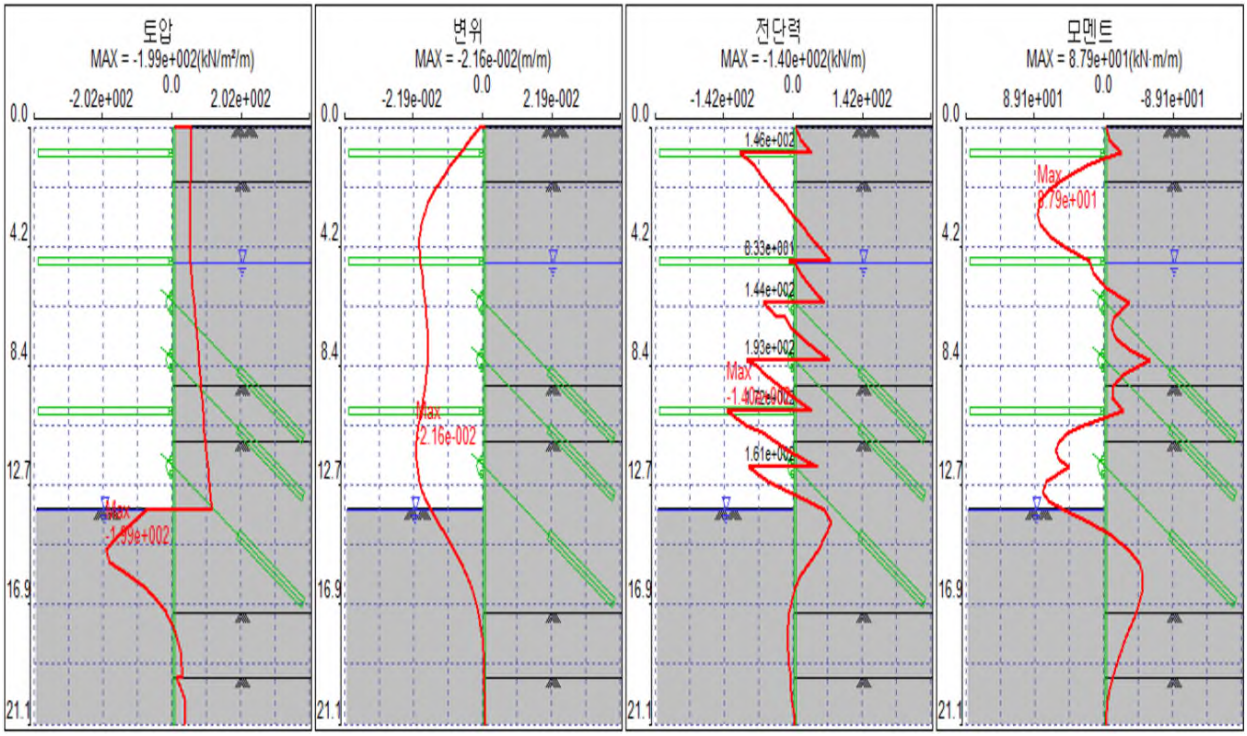
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 앵커5]



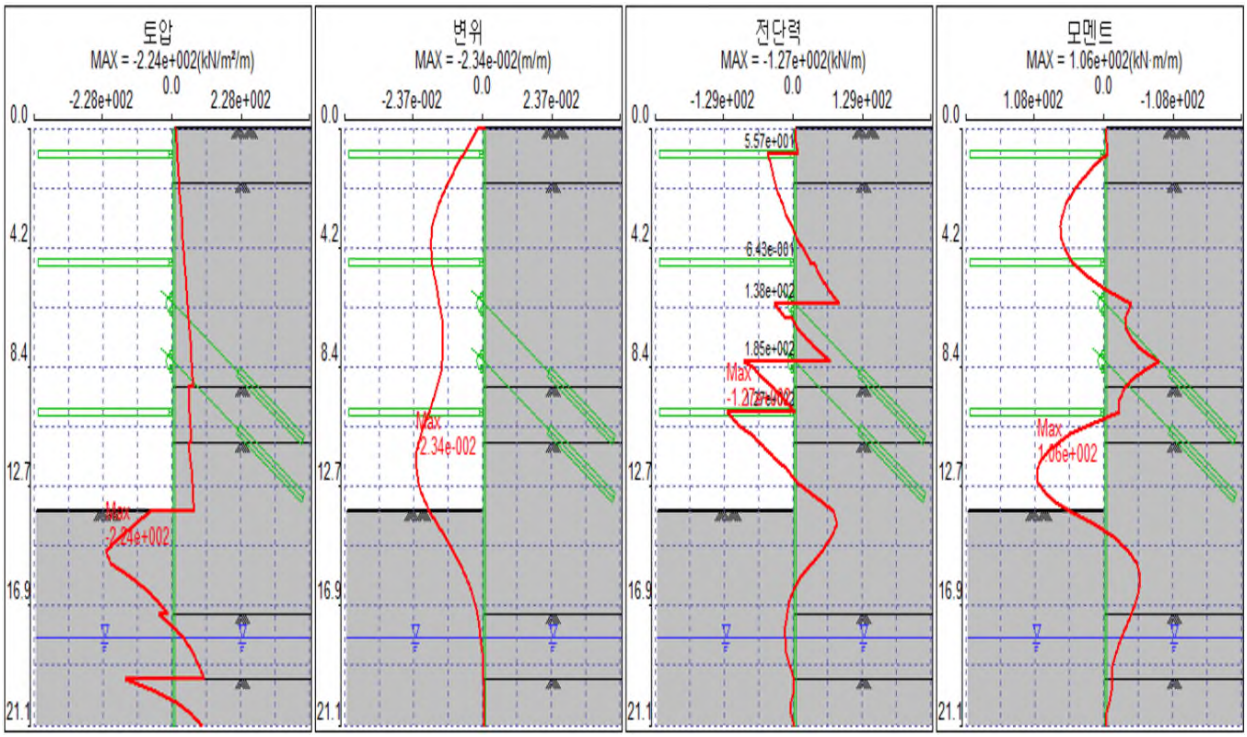
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 14.2 m]



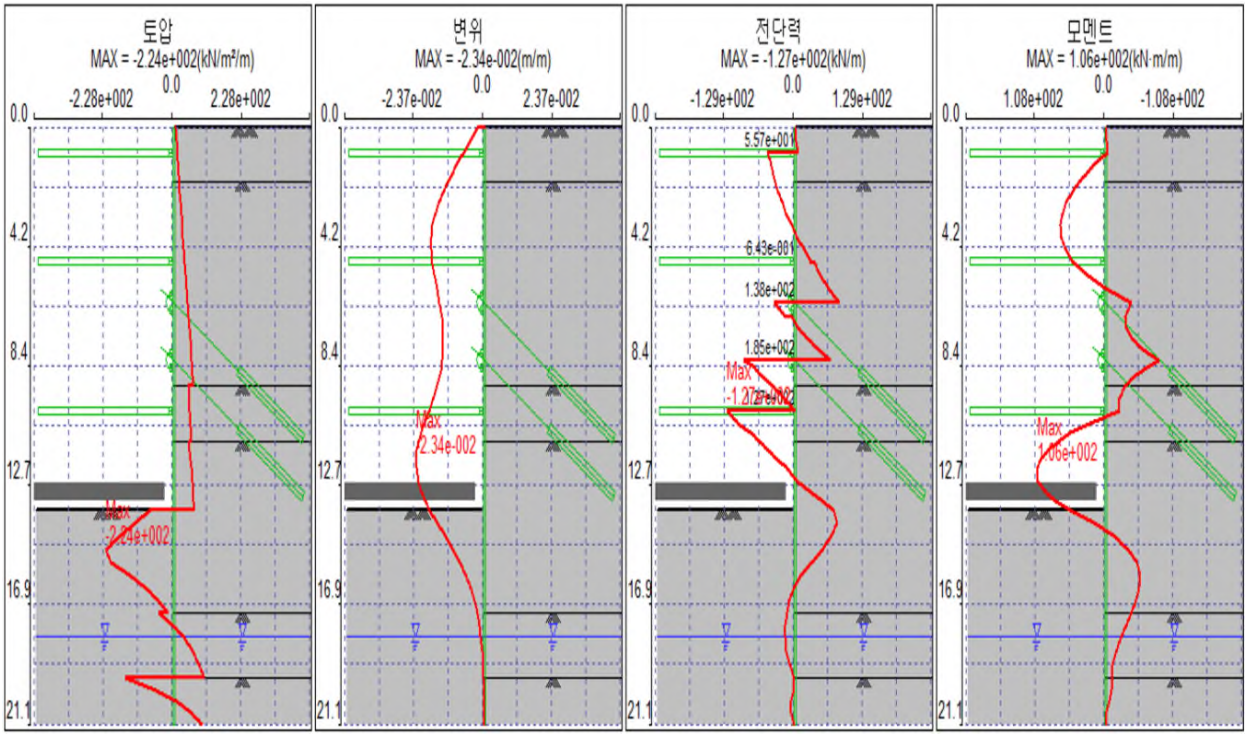
14) 시공 14 단계 [CS14 : PECK]



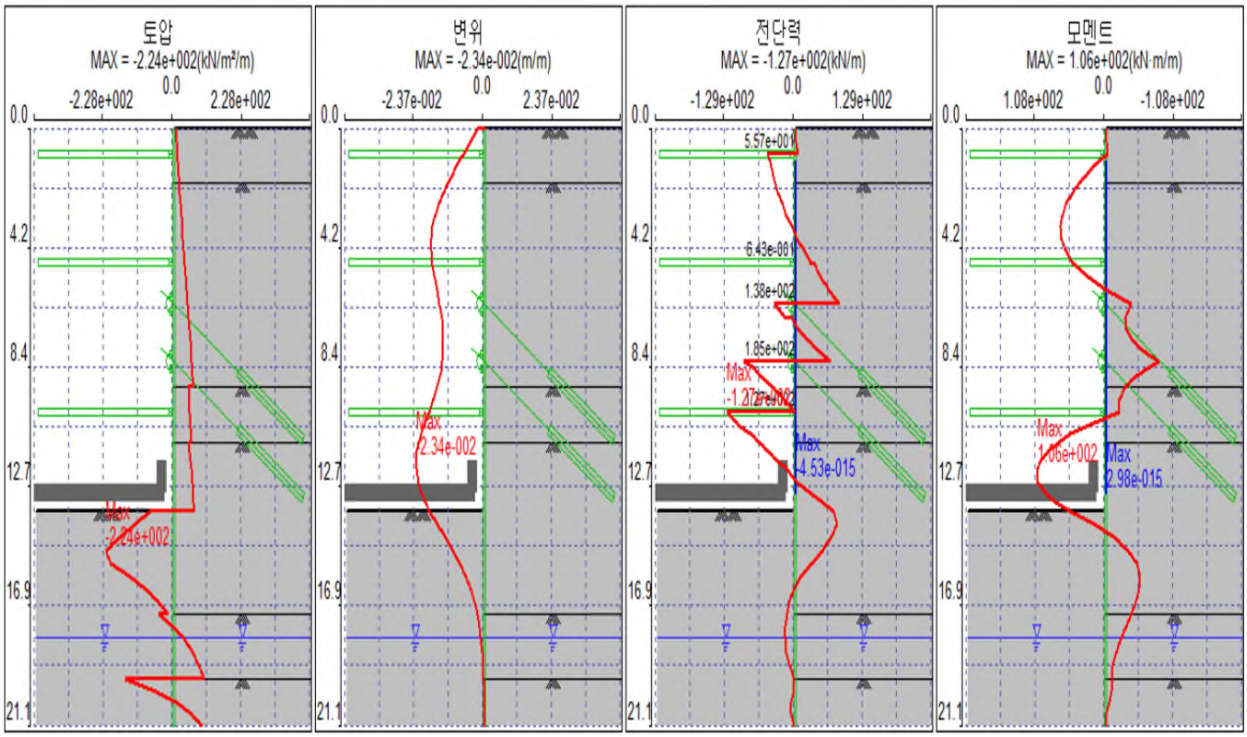
15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체 앵커5]



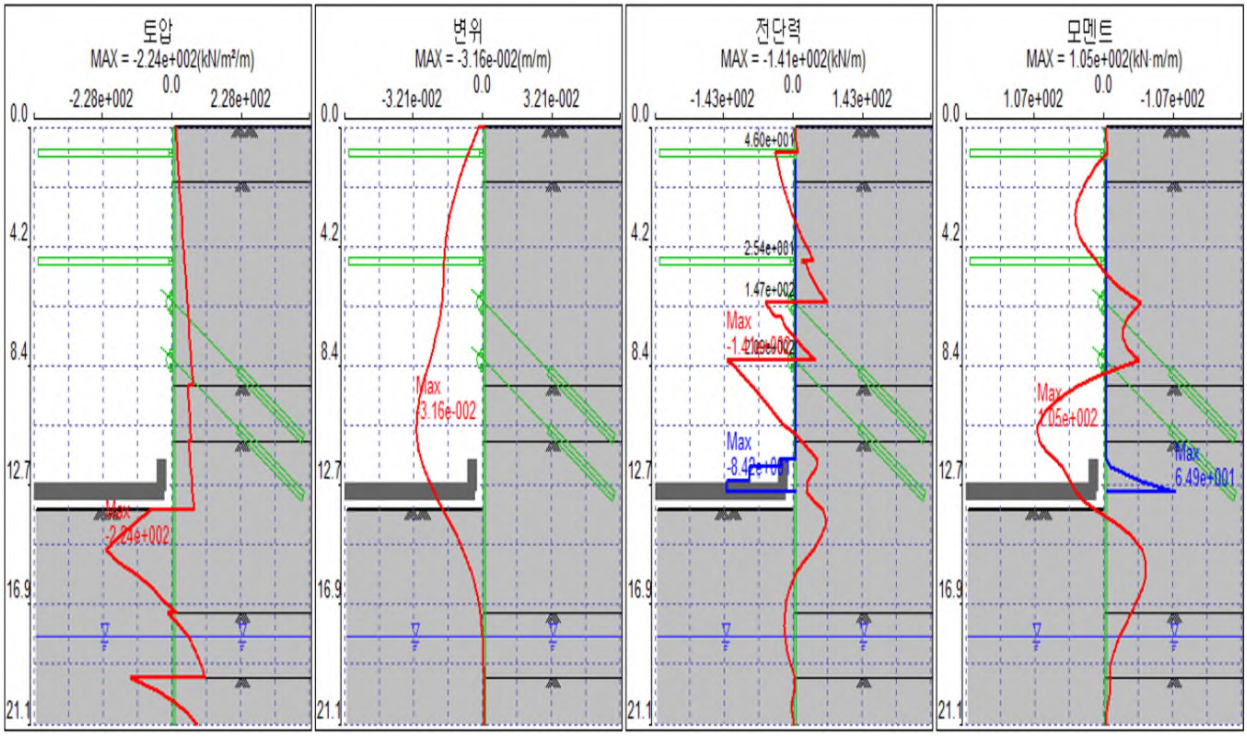
16) 시공 16 단계 [CS16 : 슬래브1]



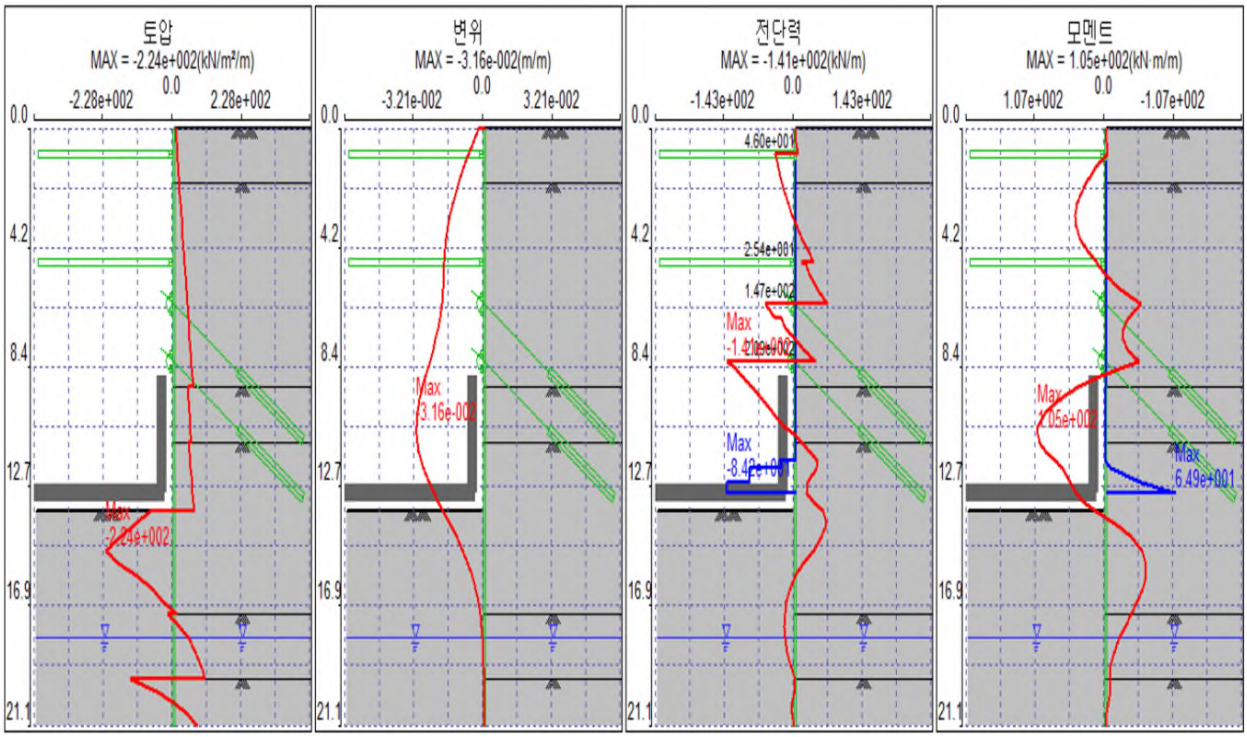
17) 시공 17 단계 [CS17 : 벽체1]



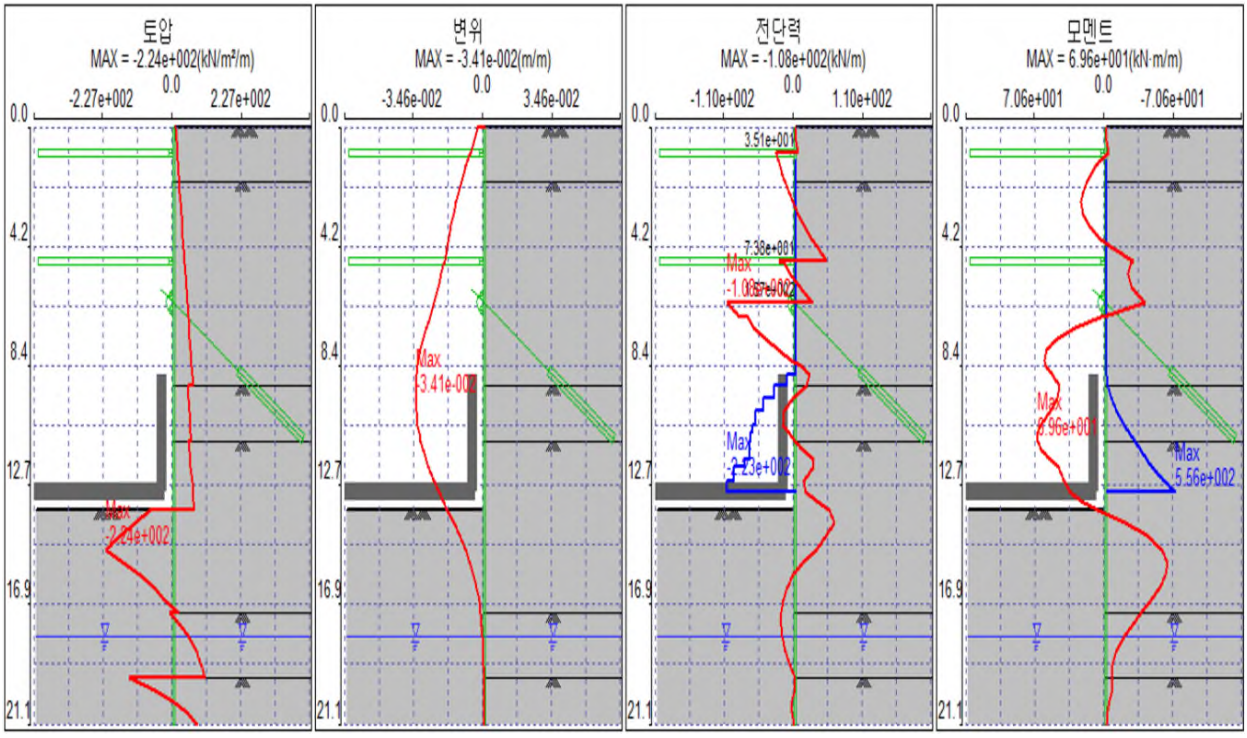
18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체 버팀4]



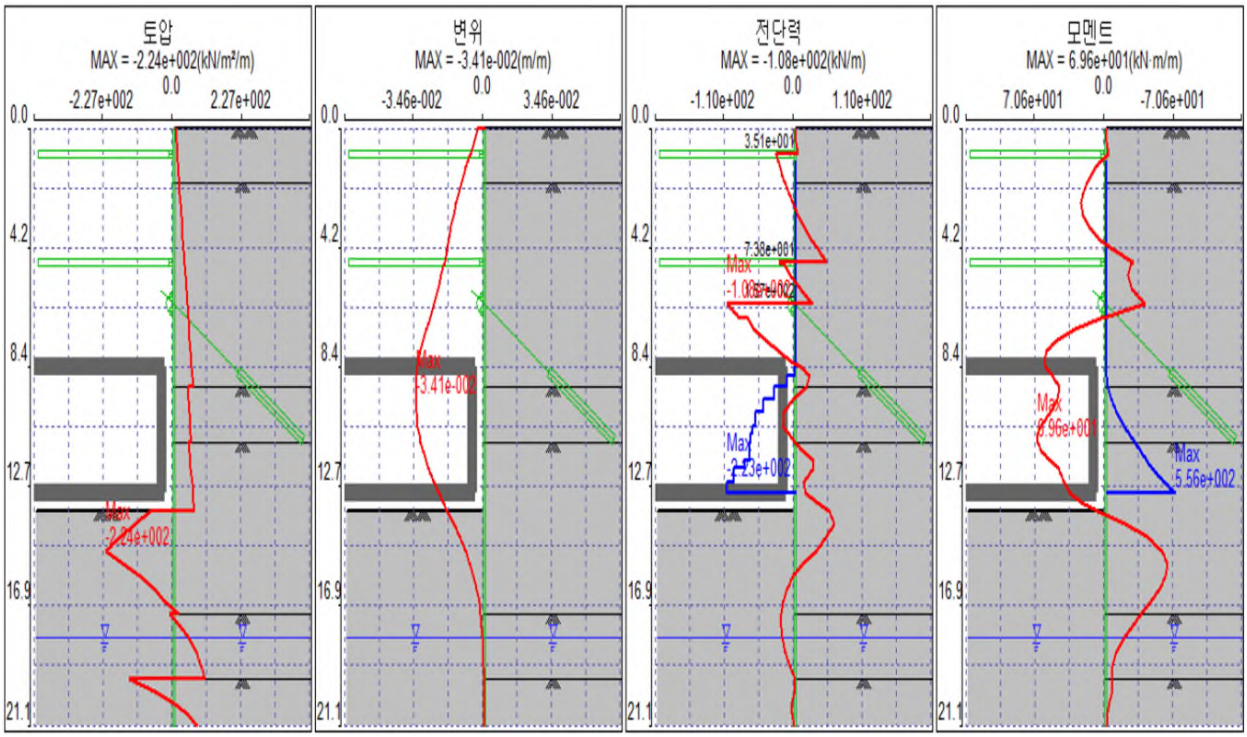
19) 시공 19 단계 [CS19 : 벽체2]



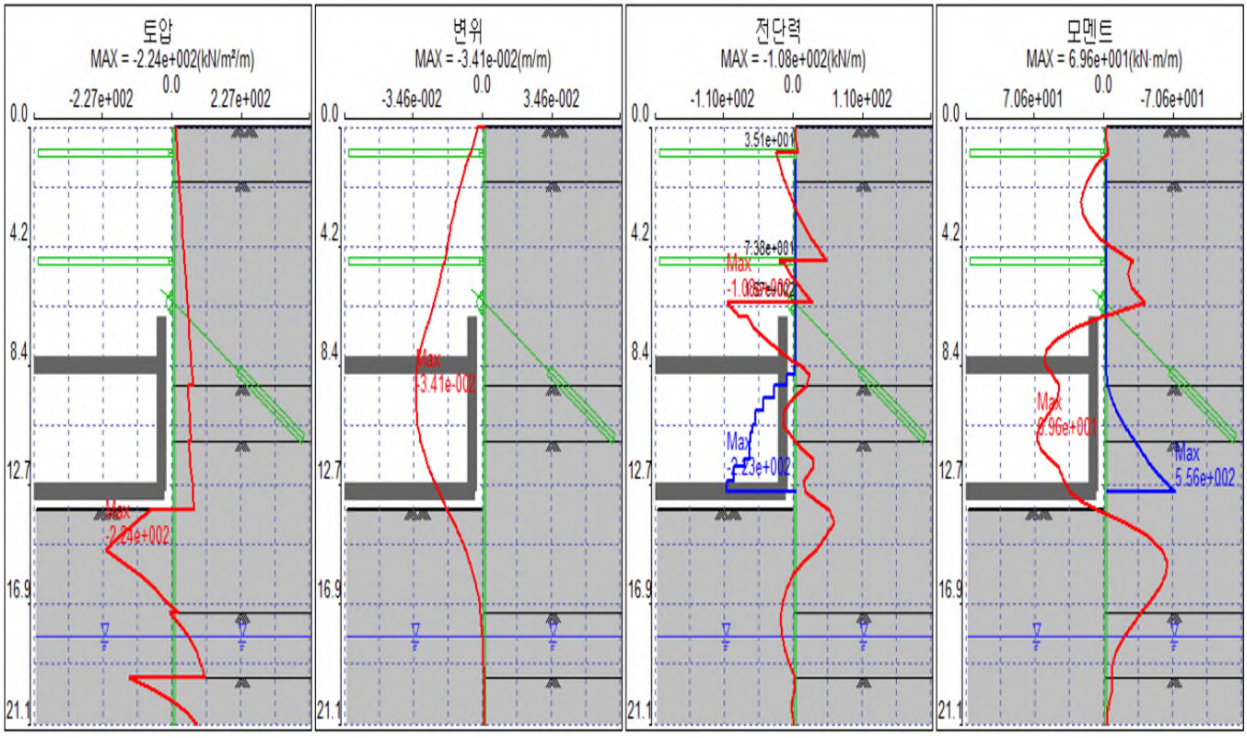
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체 앵커3]



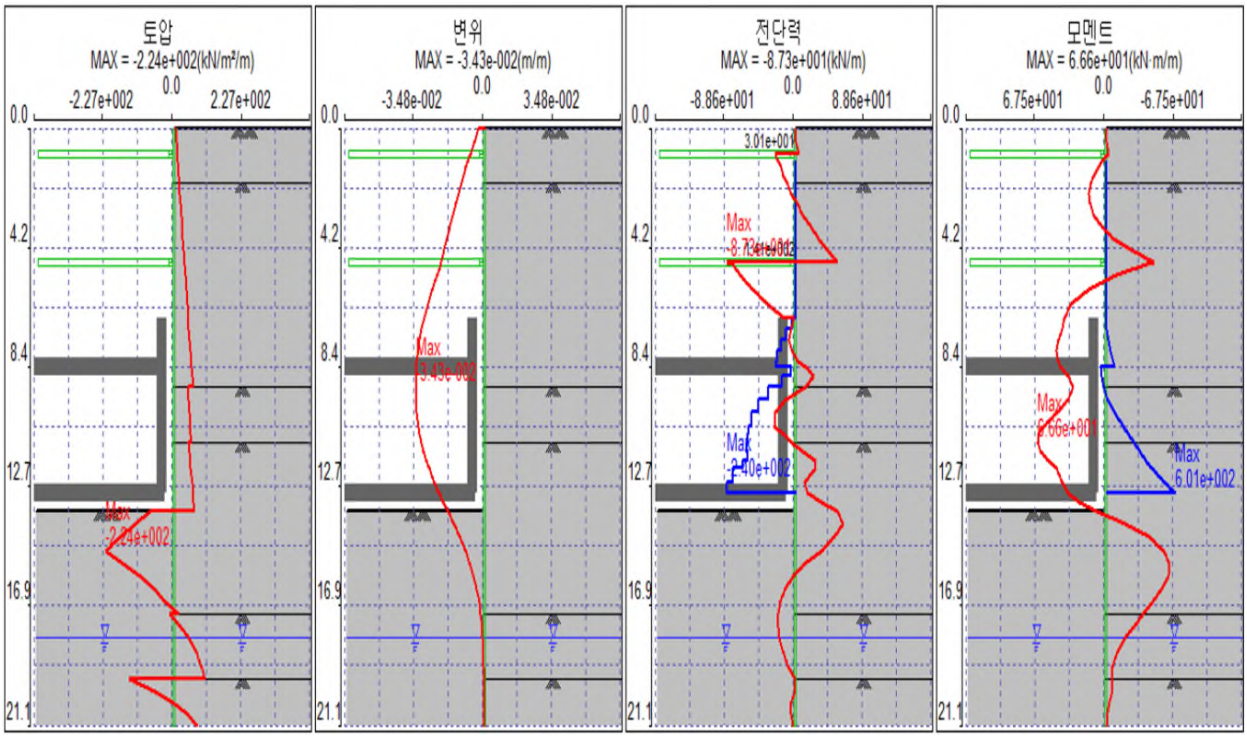
21) 시공 21 단계 [CS21 : 슬래브2]



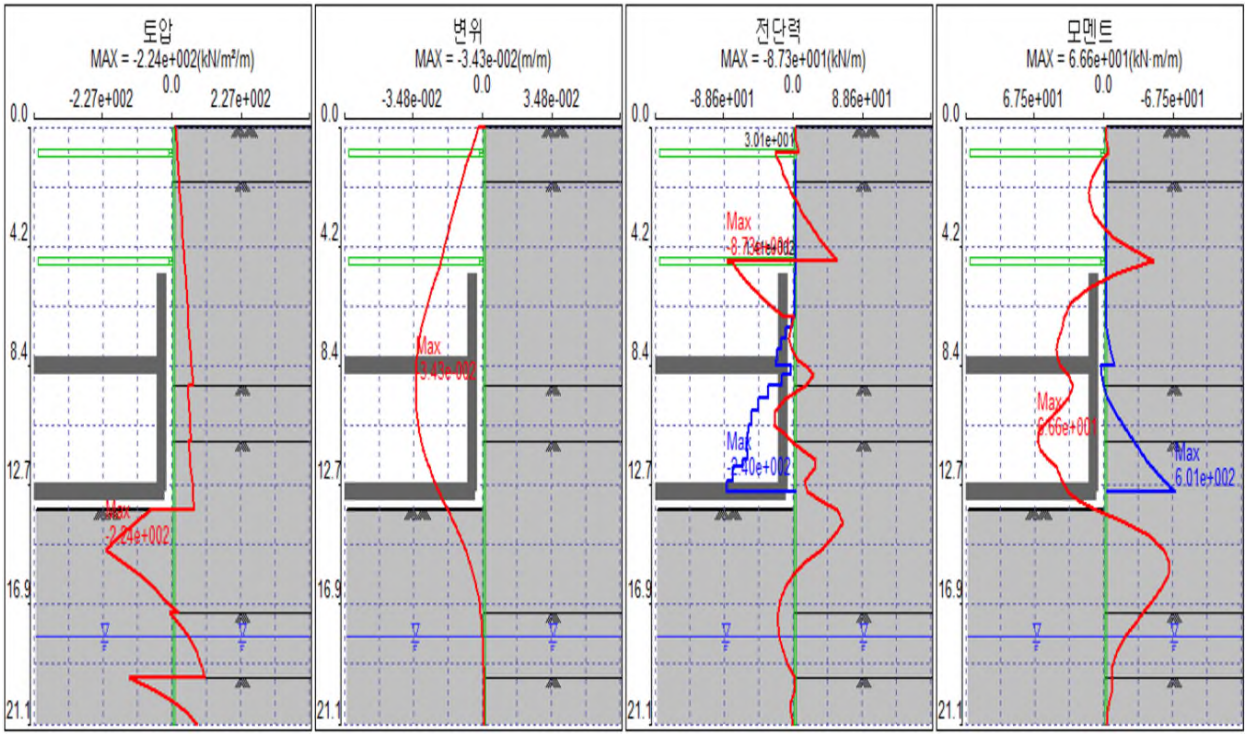
22) 시공 22 단계 [CS22 : 벽체3]



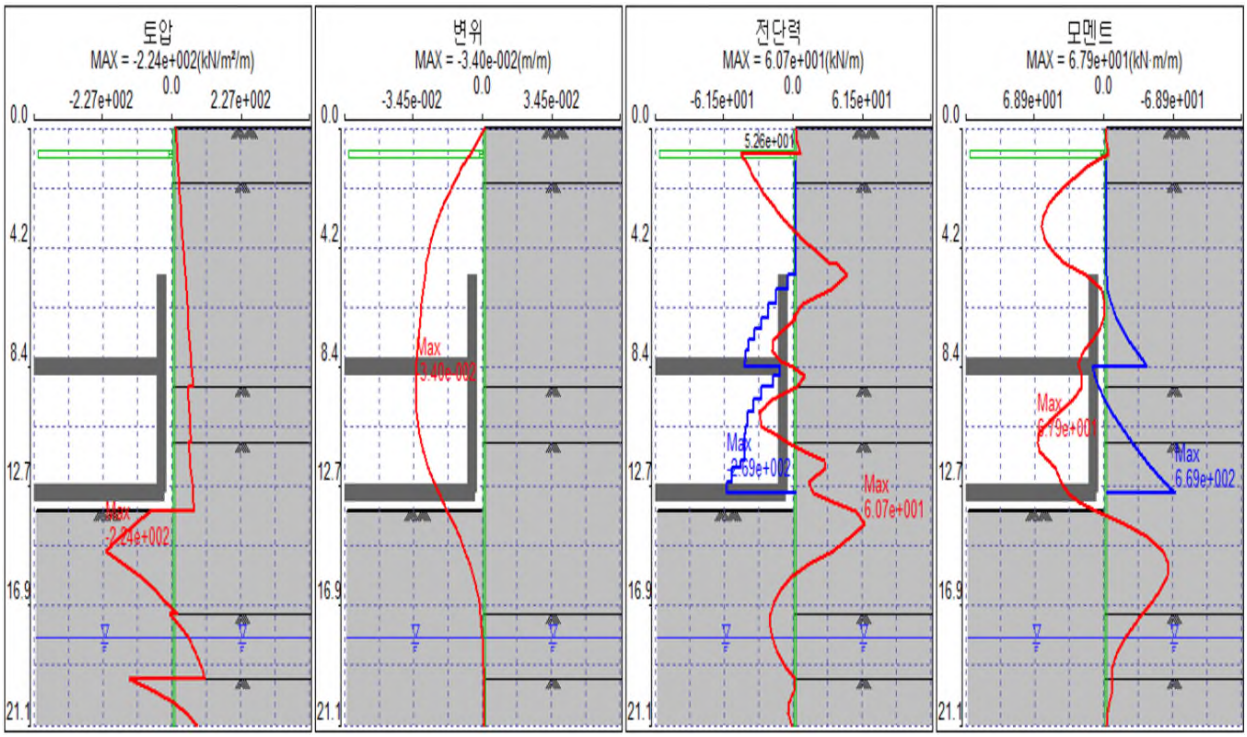
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체 앵커2]



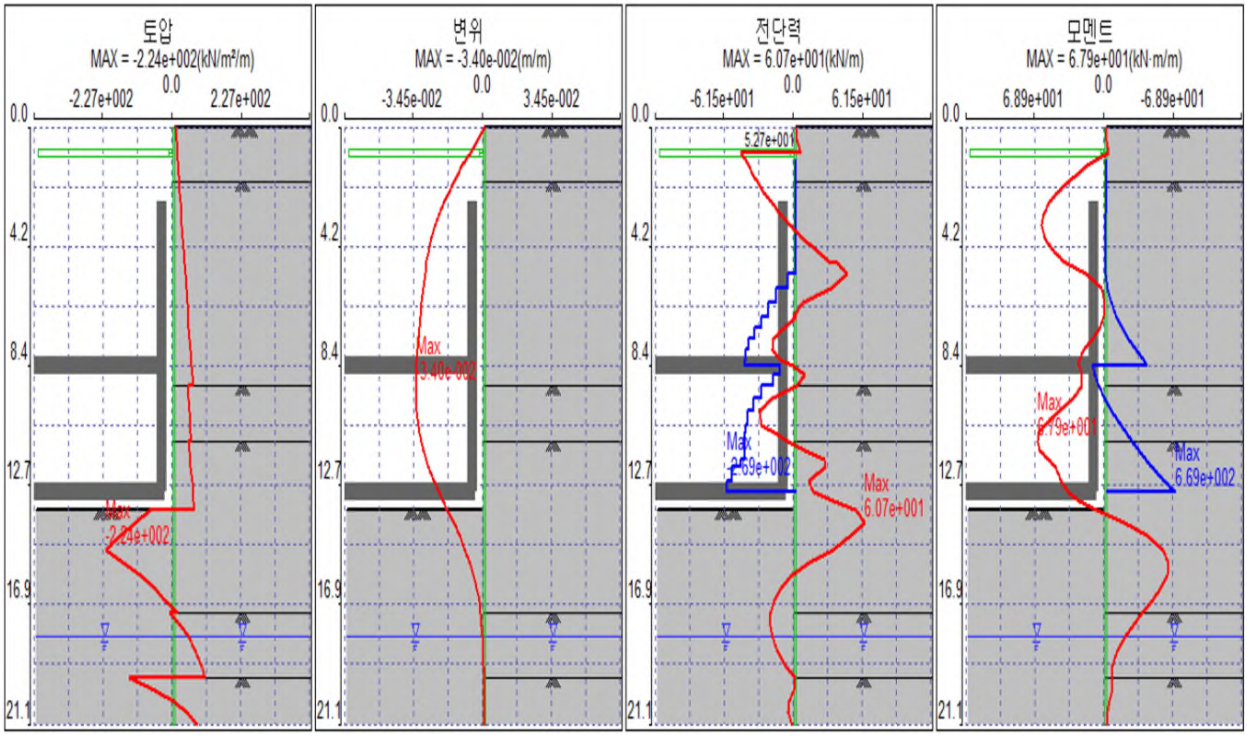
24) 시공 24 단계 [CS24 : 벽체4]



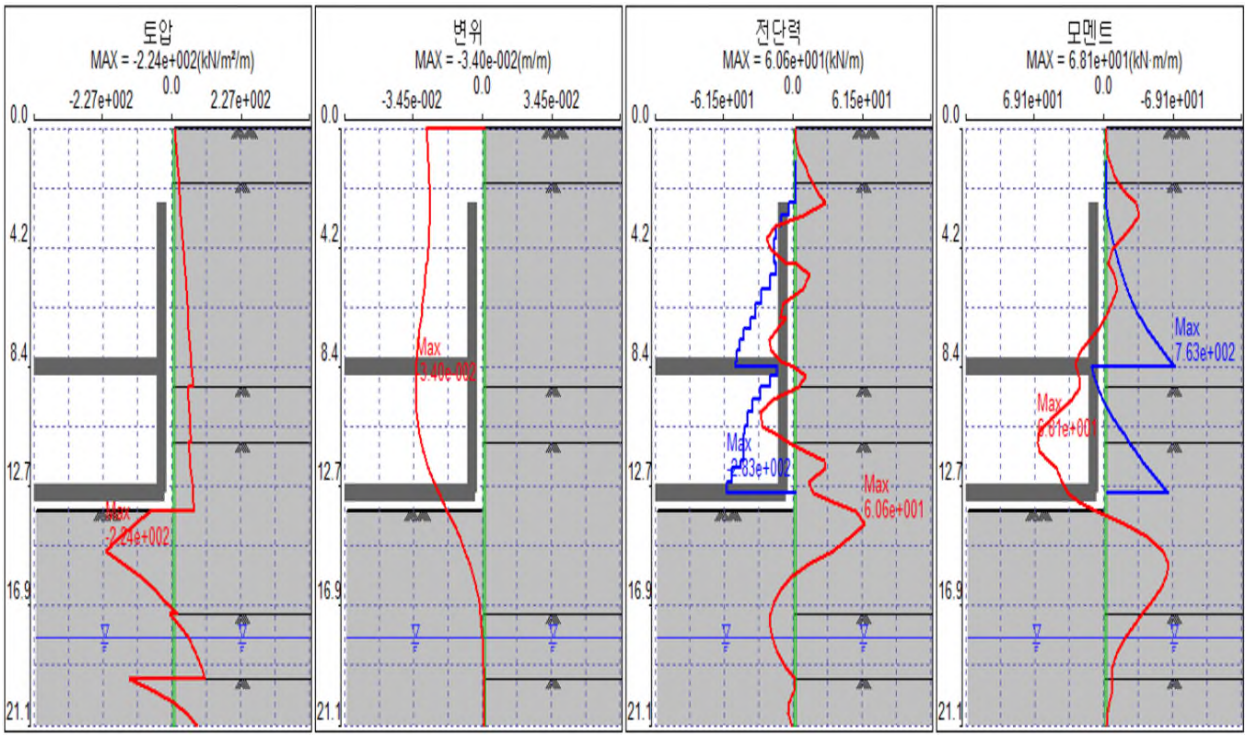
25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체 버팀1]



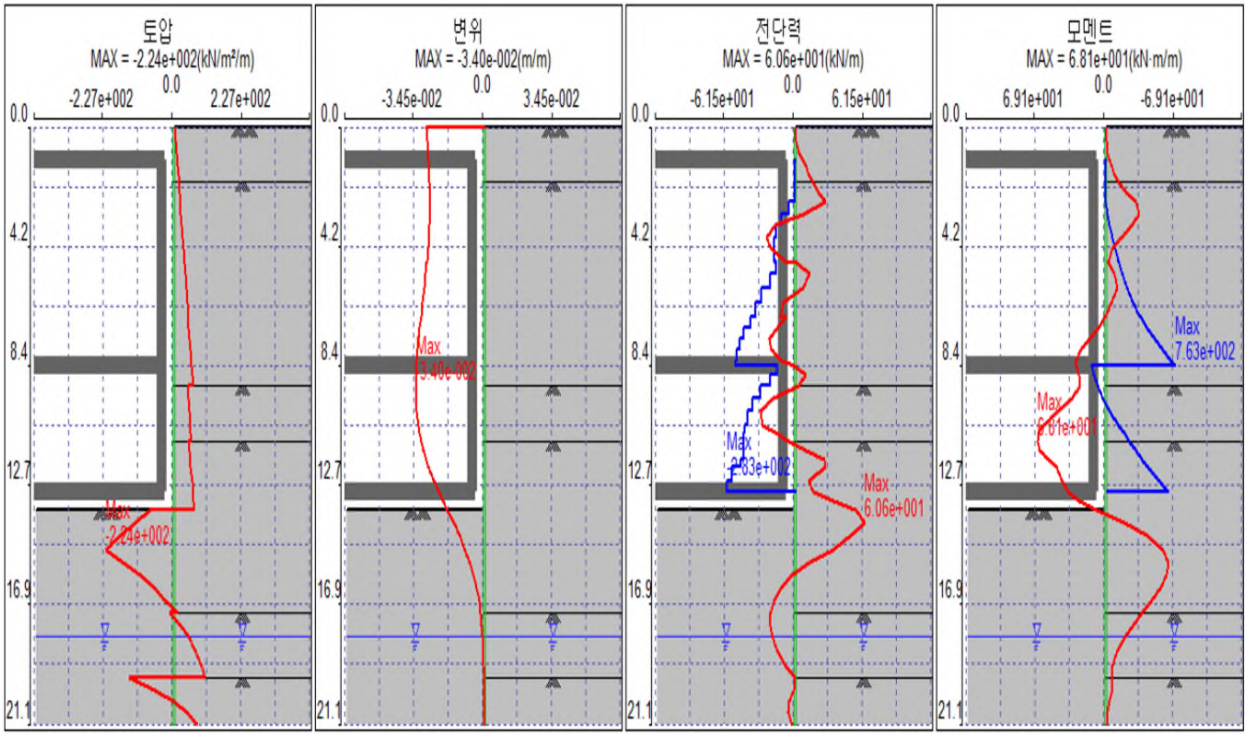
26) 시공 26 단계 [CS26 : 벽체5]



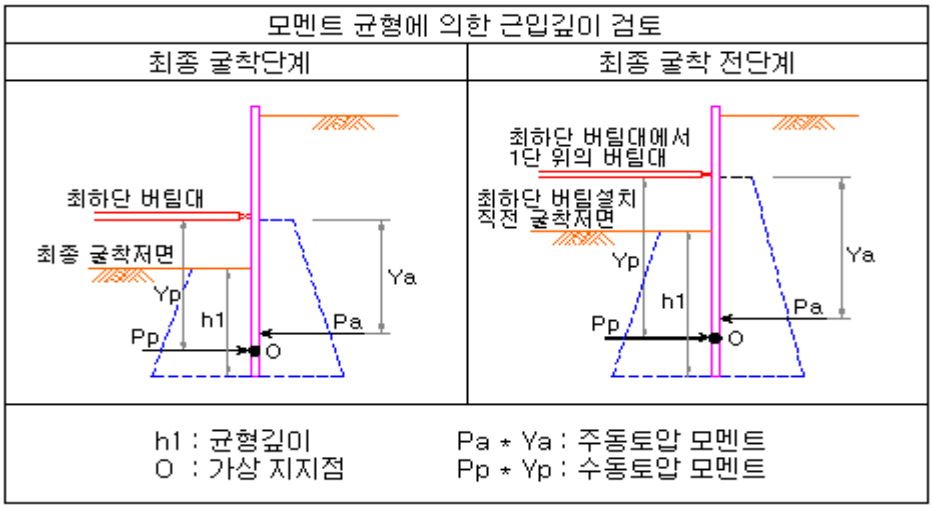
27) 시공 27 단계 [CS27 : 해체 주보]



28) 시공 28 단계 [CS28 : 슬래브1]



14.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.177	7.550	832.251	21740.207	26.122	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.431	8.580	2702.448	28086.807	10.393	1.200	OK

14.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -12.02 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 142.601 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.787 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 150.158 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.795 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (142.601 x 0.787) + (150.158 x 4.795) = 832.251 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2973.075 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.312 m

Mp = (Pp x Yp) = (2973.075 x 7.312) = 21740.207 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 21740.207 / 832.251 = 26.122

S.F. = 26.122 > 1.2 ... OK

14.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -10.02 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 331.9 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.279 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 330.855 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.885 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (331.9 x 1.279) + (330.855 x 6.885) = 2702.448 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3087.311 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 9.097 m

Mp = (Pp x Yp) = (3087.311 x 9.097) = 28086.807 kN·m

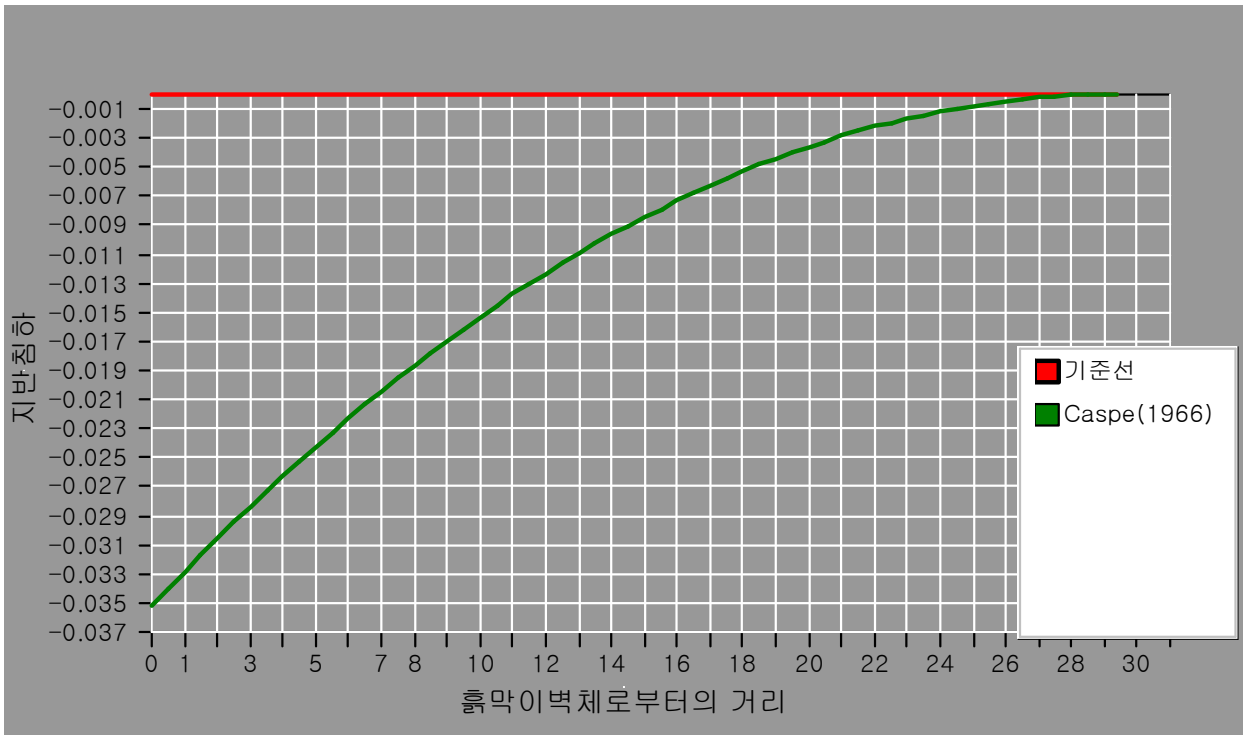
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 28086.807 / 2702.448 = 10.393

S.F. = 10.393 > 1.2 ... OK

14.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



14.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.259 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 42.8 m, Hw = 13.55 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 28.897 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 42.8 x tan(45 + 28.897/2) = 36.255 m

Ht = Hp + Hw = 36.255 + 13.55 = 49.805 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 49.805 x tan(45-28.897/2) = 29.398 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.259 / 29.398 = -0.035 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.035 x ((29.398 - Xi) / 29.398)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-35.188	-1.187	-2.374
0.50	-34.001	-1.166	-2.333
1.00	-32.835	-1.146	-2.292
1.50	-31.689	-1.126	-2.251
2.00	-30.563	-1.105	-2.211
2.50	-29.458	-1.085	-2.170
3.00	-28.373	-1.065	-2.129
3.50	-27.308	-1.044	-2.089

4.00	−26.264	−1.024	−2.048
4.50	−25.240	−1.004	−2.007
5.00	−24.236	−0.983	−1.966
5.50	−23.253	−0.963	−1.926
6.00	−22.290	−0.942	−1.885
6.50	−21.348	−0.922	−1.844
7.00	−20.426	−0.902	−1.804
7.50	−19.524	−0.881	−1.763
8.00	−18.643	−0.861	−1.722
8.50	−17.781	−0.841	−1.681
9.00	−16.941	−0.820	−1.641
9.50	−16.120	−0.800	−1.600
10.00	−15.320	−0.780	−1.559
10.50	−14.541	−0.759	−1.519
11.00	−13.782	−0.739	−1.478
11.50	−13.043	−0.719	−1.437
12.00	−12.324	−0.698	−1.396
12.50	−11.626	−0.678	−1.356
13.00	−10.948	−0.657	−1.315
13.50	−10.291	−0.637	−1.274
14.00	−9.654	−0.617	−1.234
14.50	−9.037	−0.596	−1.193
15.00	−8.440	−0.576	−1.152
15.50	−7.864	−0.556	−1.111
16.00	−7.309	−0.535	−1.071
16.50	−6.773	−0.515	−1.030
17.00	−6.258	−0.495	−0.989
17.50	−5.764	−0.474	−0.949
18.00	−5.290	−0.454	−0.908
18.50	−4.836	−0.434	−0.867
19.00	−4.402	−0.413	−0.826
19.50	−3.989	−0.393	−0.786
20.00	−3.596	−0.372	−0.745
20.50	−3.224	−0.352	−0.704
21.00	−2.872	−0.332	−0.663
21.50	−2.540	−0.311	−0.623
22.00	−2.228	−0.291	−0.582
22.50	−1.937	−0.271	−0.541
23.00	−1.667	−0.250	−0.501
23.50	−1.416	−0.230	−0.460
24.00	−1.186	−0.210	−0.419
24.50	−0.977	−0.189	−0.378
25.00	−0.788	−0.169	−0.338
25.50	−0.619	−0.149	−0.297
26.00	−0.470	−0.128	−0.256
26.50	−0.342	−0.108	−0.216
27.00	−0.234	−0.087	−0.175
27.50	−0.147	−0.067	−0.134
28.00	−0.080	−0.047	−0.093
28.50	−0.033	−0.026	−0.053

29.00	−0.006	−0.006	−0.016
29.40	0.000	0.000	0.000
Max	−35.188	−1.187	−2.374

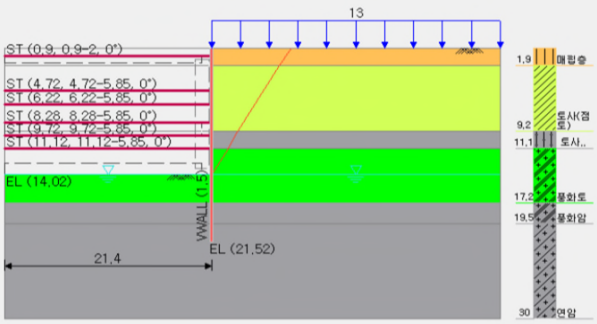
GeoX 구조계산서

TYPE-12-2 벽체 1단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주보)
7.2 Strut 설계 (버팀1)
7.3 Strut 설계 (버팀2)
7.4 Strut 설계 (버팀3)
7.5 Strut 설계 (버팀4)
7.6 Strut 설계 (버팀5)
8.까치발 설계
8.1 Strut
9.띠장 설계
9.1 주보 띠장 설계
9.2 버팀1 띠장 설계
9.3 버팀2 띠장 설계
9.4 버팀3 띠장 설계
9.5 버팀4 띠장 설계
9.6 버팀5 띠장 설계
10.측면말뚝 설계
10.1 흙막이벽(우)
11.중간말뚝 설계
12. 흙막이 벽체 설계
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 14.02m)
13.전산 입력 정보
14.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9-2, 0°)
ST (4.72, 4.72-5.85, 0°)
ST (6.22, 6.22-5.85, 0°)
ST (8.28, 8.28-5.85, 0°)
ST (9.72, 9.72-5.85, 0°)
ST (11.12, 11.12-5.85, 0°)
EL (14.02)
VWALL (1.5)
EL (21.52)
21.4
1.9
매립층
9.2
토사(점토)
11.1
토사
17.2
풍화토
19.5
풍화암
30
연암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	99.089	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.302	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.005	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.429	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	89.161	156.609	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	84.538	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주보 H 700x300x13/24	0.90	휨응력	5.942	101.288	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	18.665	72.532	O.K		
		전단응력	2.183	90.000	O.K		
버팀1 2P 406.4x9	4.72	휨응력	15.671	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.133	126.071	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.646	88.910	O.K		
버팀2 2P 406.4x9	6.22	휨응력	15.671	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.844	126.071	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.646	88.910	O.K		
버팀3 2P 406.4x9	8.28	휨응력	15.671	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.409	126.071	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.646	88.910	O.K		
버팀4 2P 406.4x9	9.72	휨응력	15.671	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	54.879	126.071	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.646	88.910	O.K		
버팀5 2P 406.4x9	11.12	휨응력	15.671	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	62.121	126.071	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.646	88.910	O.K		

2.5 까치발

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut H 300x305x15/15	0.90	휨응력	1.653	152.461	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	14.099	149.860	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	1.205	90.000	O.K		

2.6 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주보	0.90	휨응력	51.211	152.017	O.K	

H 300x305x15/15	0.90	전단응력	36.417	90.000	O.K	
버팀1 2H 300x305x15/15	4.72	휨응력	57.323	135.485	O.K	
		전단응력	21.454	90.000	O.K	
버팀2 2H 300x305x15/15	6.22	휨응력	107.795	135.485	O.K	
		전단응력	40.344	90.000	O.K	
버팀3 2H 300x305x15/15	8.28	휨응력	91.272	135.485	O.K	
		전단응력	34.160	90.000	O.K	
버팀4 2H 300x305x15/15	9.72	휨응력	110.095	135.485	O.K	
		전단응력	41.205	90.000	O.K	
버팀5 2H 300x305x15/15	11.12	휨응력	126.189	135.485	O.K	
		전단응력	47.229	90.000	O.K	

2.7 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	126.039	169.330	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	32.730	187.443	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	63.280	123.750	O.K	지지력	O.K

2.8 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	72.983	169.330	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	18.907	151.014	O.K	지지력	O.K

2.9 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 14.02	휨응력	153.888	303.750	O.K		
		압축응력	149.048	281.667	O.K		
		전단응력	56.077	174.375	O.K		

2.10 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS28 : 슬래브3	24.902	42.060	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.85	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.85	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.85	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.85	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.85	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.50m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	5.85m	
까치발	H 300x305x15/15(SS400)	1.38m	45.0°
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

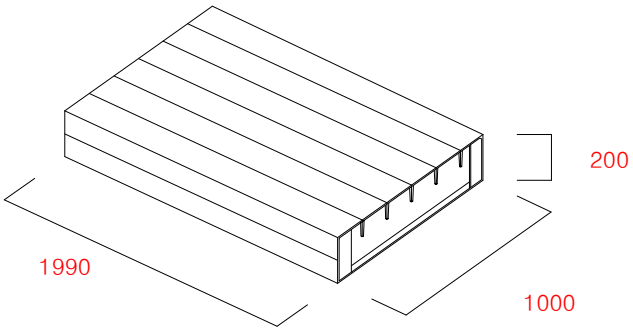
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

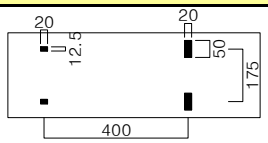
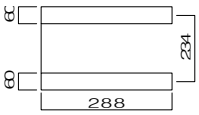
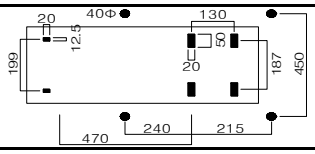
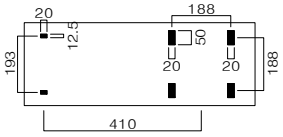
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

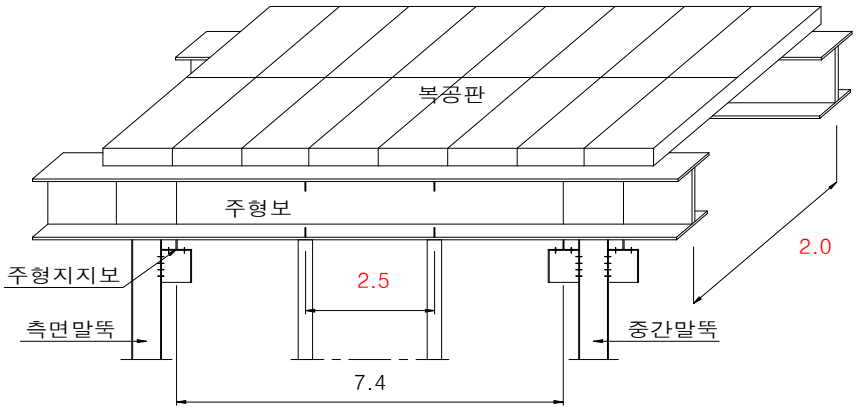
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

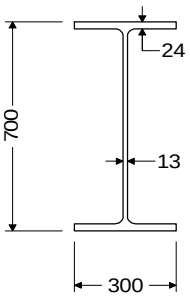
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.400 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.400 \times 7.400 / 8 = 37.990$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.400 / 2 = 20.535$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.400)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

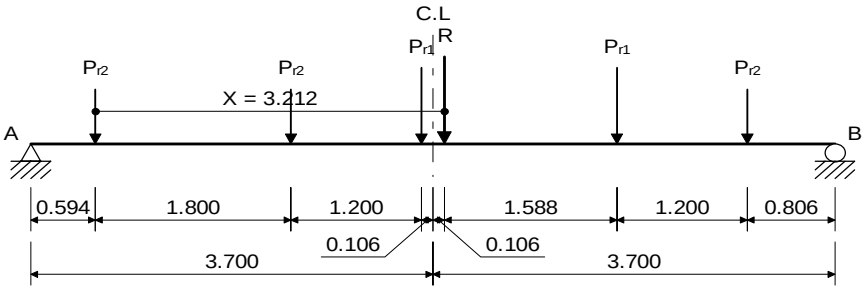
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)

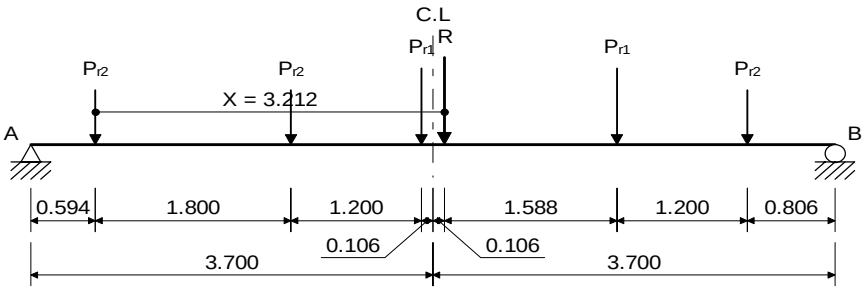


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

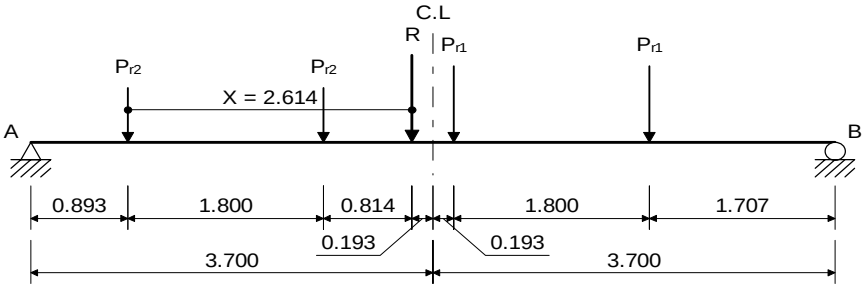
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.806 + Pr2 x 5.006 + Pr1 x 3.806 + Pr1 x 2.006 + Pr2 x 0.806) / L
= (93.600 x 6.806 + 93.600 x 5.006 + 124.800 x 3.806 + 124.800 x 2.006 + 93.600 x 0.806) / 7.400
= 257.611 kN

M_l = (Ra x 3.594 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.611 x 3.594 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 532.764 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

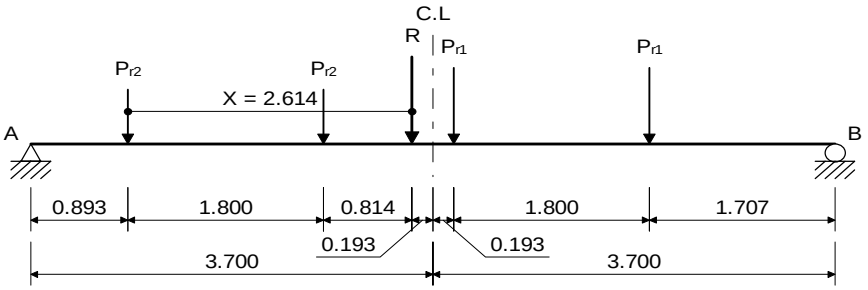


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

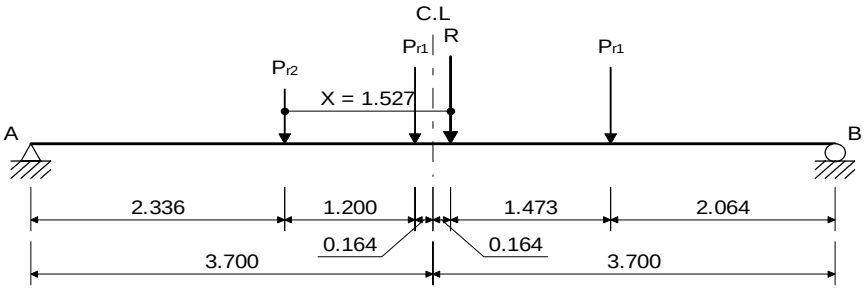
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.507 + Pr2 x 4.707 + Pr1 x 3.507 + Pr1 x 1.707) / L
= (93.600 x 6.507 + 93.600 x 4.707 + 124.800 x 3.507 + 124.800 x 1.707) / 7.400
= 229.784 kN

M_l = (Ra x 3.893 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.784 x 3.893 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 501.395 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

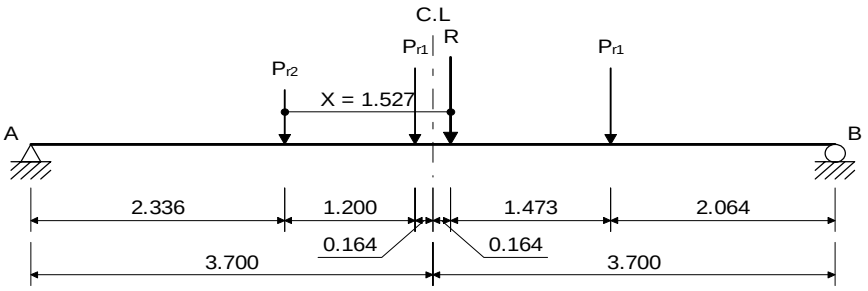


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

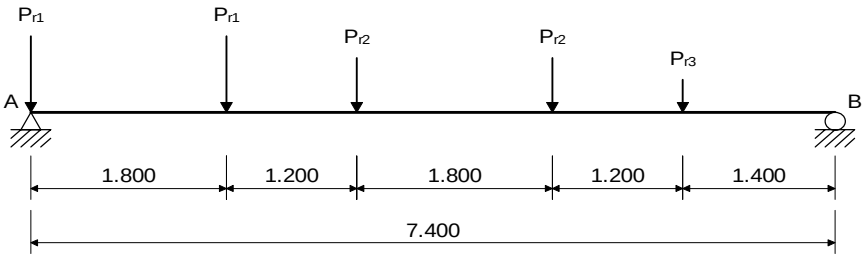


R_a = (Pr2 x 5.064 + Pr1 x 3.864 + Pr1 x 2.064) / L
= (93.600 x 5.064 + 124.800 x 3.864 + 124.800 x 2.064) / 7.400
= 164.011 kN

M_l = (Ra x 3.536 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.011 x 3.536 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 467.682 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.400 + Pr1 x 5.600 + Pr2 x 4.400 + Pr2 x 2.600 + Pr3 x 1.400) / L
= (124.800 x 7.400 + 124.800 x 5.600 + 93.600 x 4.400 + 93.600 x 2.600 + 70.200 x 1.400) / 7.400
= 321.065 kN

S_l = 321.065 x 1.00 = 321.065 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 37.990 + 532.764 = 570.753 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.535 + 321.065 = 341.600 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 570.753 x 1000000 / 5760000.0 = 99.089 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 341.600 x 1000 / 8476 = 40.302 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (99.089 + 99.089) / 99.089

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 99.089 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.302 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 532.764 / 1.300 = 409.818 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 409.818 / (7.40 x 7.40) = 59.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 59.871 x 7400.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 5.538 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7400.0 / 400 , 25)

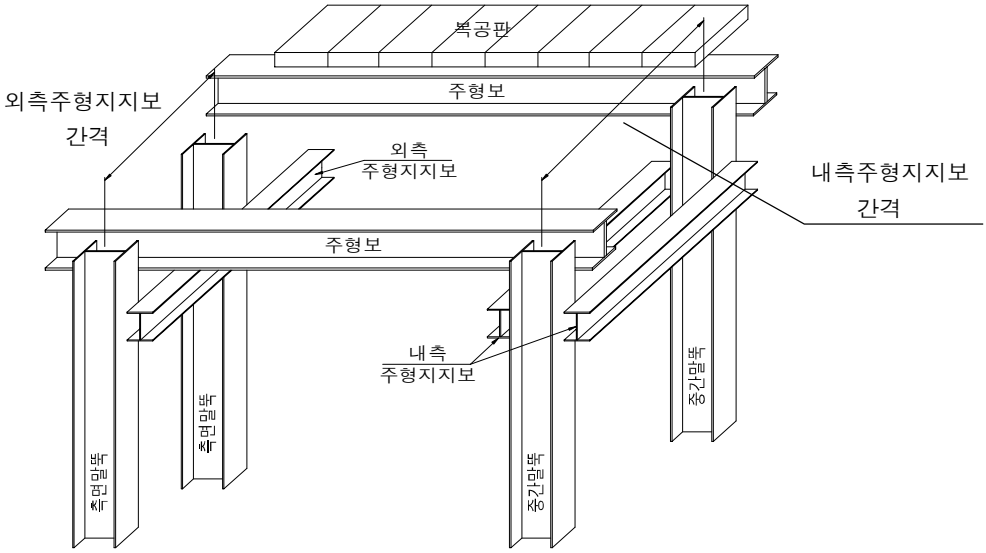
= 18.500 mm > δ_l = 5.538 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

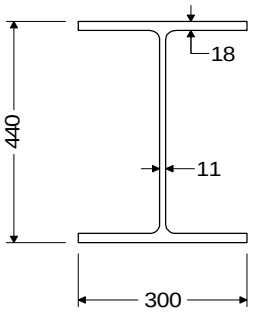
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

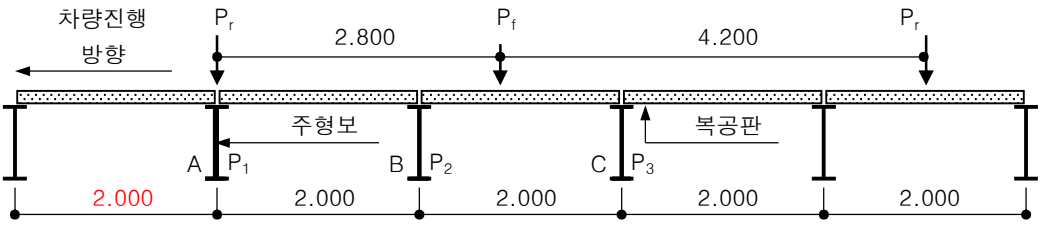


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



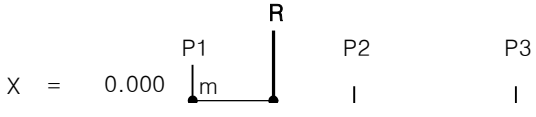
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

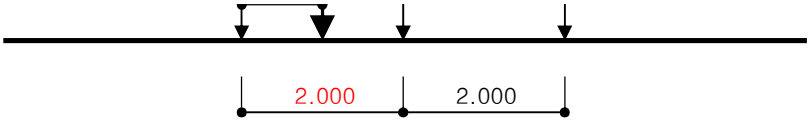
= 20.535 + 321.065 = 341.600 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.535 + 80.266 x 1.200 / 2.000 = 68.695 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



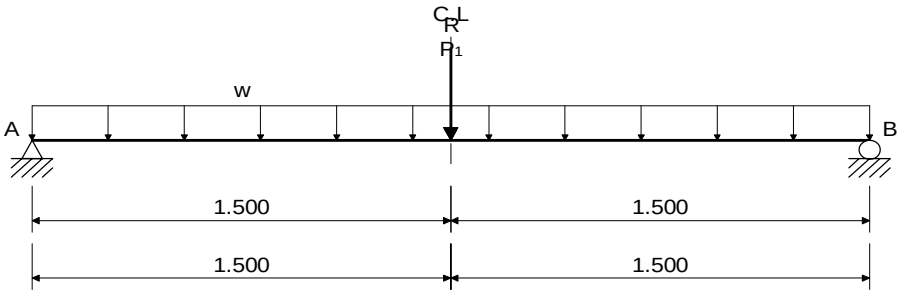


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 341.600$
$= 341.600$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 341.600$
$= 0.000$ m

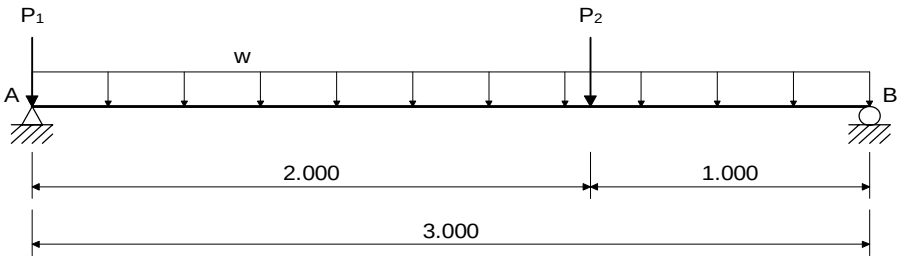
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (341.600 \times 1.500) / 3.000$
$= 170.800$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (170.800 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 257.563$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



$R_a = (P_1 \times 3.000 + P_2 \times 1.000) / L$
$= (341.600 \times 3.000 + 68.695 \times 1.000) / 3.000$
$= 364.498$ kN

$S_{max} = Ra + w \times L / 2$
$= 364.498 + 1.212 \times 3.00 / 2$
$= 366.316$ kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 257.563 x 1000000 / 2550000.0 = 101.005 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 366.316 x 1000 / 4444 = 82.429 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.005 + 101.005) / 101.005

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.005 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 82.429 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 366316 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

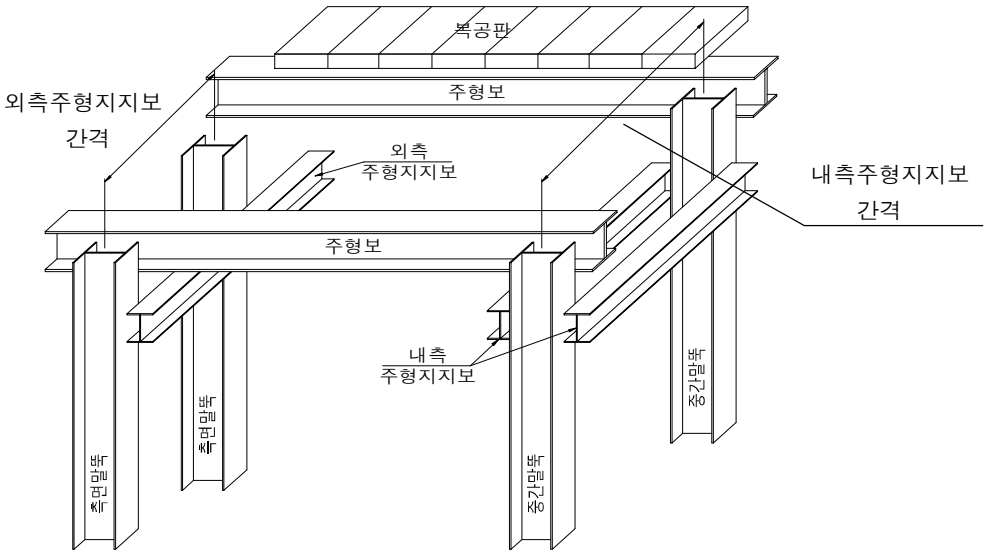
= 7.20 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.20 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

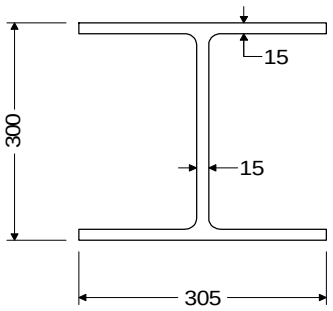
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.50 m

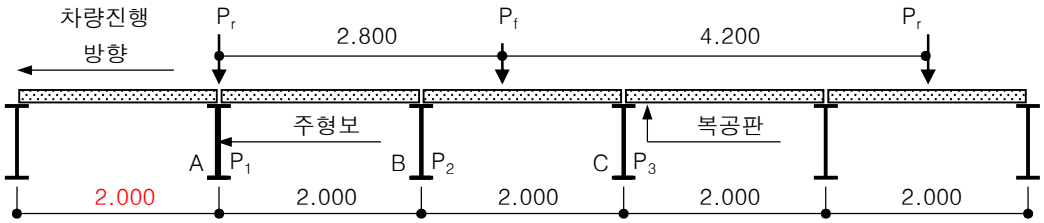


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



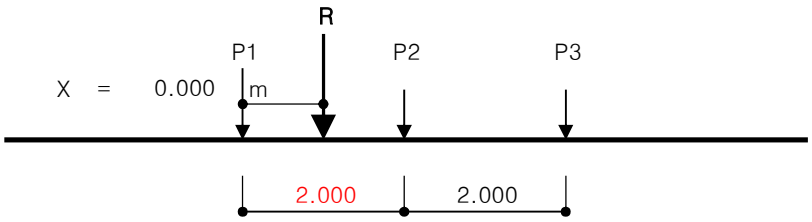
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.535 + 321.065 = 341.600 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 341.600

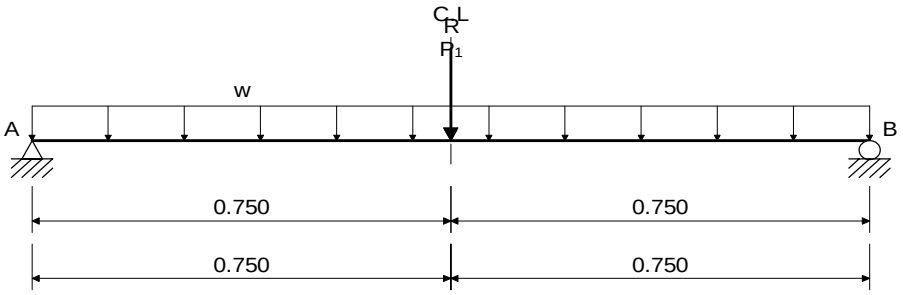
= 341.600 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 341.600

= 0.000 m

② 최대 휨모멘트



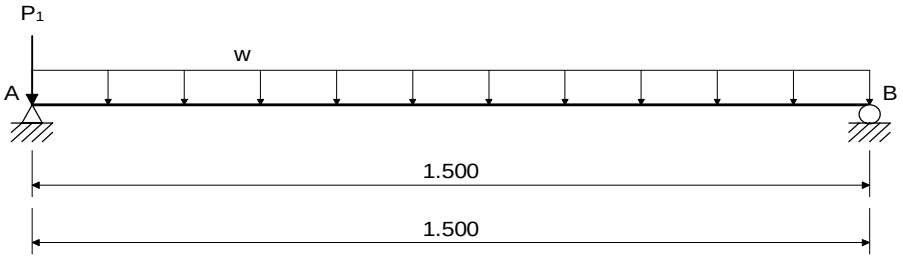
R_a = (P_1 x 0.750) / L

= (341.600 x 0.750) / 1.500

= 170.800 kN

M_{max} = (Ra x 0.750) + w x L² / 8
= (170.800 x 0.750) + 1.038 x 1.50² / 8
= 128.392 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (341.600 x 1.500) / 1.500
= 341.600 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 341.600 + 1.038 x 1.50 / 2
= 342.378 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 128.392 x 1000000 / 1440000.0 = 89.161 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 342.378 x 1000 / 4050 = 84.538 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ² + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.161 + 89.161) / 89.161
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1500 / 305

= 4.918 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.918 − 4.6))

= 156.609 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.609 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.609 MPa > f_b = 89.161 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 84.538 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 342378 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.73 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.73 ea ---> O.K

7.지보재 설계

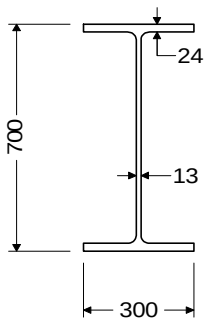
7.1 Strut 설계 (주보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 159.780 kN/m ---> 주보 (CS14 : PECK)
= 159.780 x 2.00 / 1 단
= 319.559 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 319.559 + 120.0 = 439.559 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 1 단
= 34.225 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 1 단
= 18.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 x 1000000 / 5760000.0 = 5.942 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 439.559 x 1000 / 23550 = 18.665 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.500 x 1000 / 8476 = 2.183 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 1.214

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (24.607 - 12.723) / 24.607$

= 0.483

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 7400 / 293

25.256 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (25.256 − 18.6))

= 151.360 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 151.360 MPa

L_y / R_y = 7400 / 67.8

109.145 ---> 92.8 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 109.145^2)

= 72.532 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 72.532 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 72.532 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7400 / 300

= 24.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (24.667 − 4.6))

= 101.288 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 101.288 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (25.256)^2

= 2116.438 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 72.532 MPa > f_c = 18.665 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 101.288 MPa > f_b = 5.942 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.183 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{18.665}{72.532} + \frac{5.942}{101.288 \times (1 - (18.665 / 2116.438))}$$

$$= 0.317 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 18.665 + \frac{5.942}{1 - (18.665 / 2116.438)}$$

$$= 24.660 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.317 , 0.157)

= 0.317 < 1.0 ---> O.K

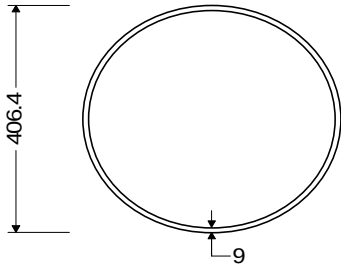
7.2 Strut 설계 (버팀1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.85 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 99.084 kN/m ---> 버팀1 (CS24 : 벽체3)
= 99.084 x 5.85 / 2 단
= 289.822 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 289.822 + 60.0 = 349.822 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 2 단
= 17.113 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 2 단
= 9.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 17.113 x 1000000 / 1092000.0 = 15.671 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 349.822 x 1000 / 11236.2 = 31.133 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.646 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.067 x 9)

= 21.161 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.067

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (46.804 − 15.463) / 46.804

= 0.670 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 140.5

52.669 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (52.669 − 18.6))

= 126.071 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 126.071 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (52.669)^2

= 486.657 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 126.071 MPa > f_c = 31.133 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 15.671 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.646 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{31.133}{126.071} + \dfrac{15.671}{157.500 \times (1 - (31.133 / 486.657))}$

= 0.353 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 31.133 + \dfrac{15.671}{}$

$$= \frac{31.133}{1 - (31.133 / 486.657)}$$

$$= 47.875 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.353 , 0.304)

= 0.353 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{46.804}{126.071} + \left\{ \frac{1.646}{88.910} \right\}^2$$

= 0.372 < 1.0 ---> O.K

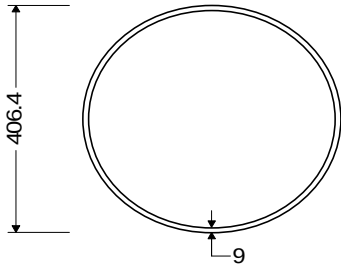
7.3 Strut 설계 (버팀2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.85 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 186.326 kN/m ---> 버팀2 (CS7 : 굴착 8.78 m)
= 186.326 x 5.85 / 2 단
= 545.005 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 545.005 + 60.0 = 605.005 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 2 단
= 17.113 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 2 단
= 9.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 17.113 x 1000000 / 1092000.0 = 15.671 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 605.005 x 1000 / 11236.2 = 53.844 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.646 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.045 x 9)

= 21.604 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.045

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (69.515 − 38.173) / 69.515

= 0.451 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 140.5

52.669 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (52.669 − 18.6))

= 126.071 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 126.071 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (52.669)^2

= 486.657 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 126.071$ MPa $> f_c = 53.844$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 15.671$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 88.910$ MPa $> \tau = 1.646$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{53.844}{126.071} + \frac{15.671}{157.500 \times (1 - (53.844 / 486.657))}$$

$$= 0.539 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 53.844 + \frac{15.671}{1 - (53.844 / 486.657)}$$

$$= 71.465 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.539 , 0.454)

= 0.539 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{69.515}{126.071} + \left\{ \frac{1.646}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.552 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

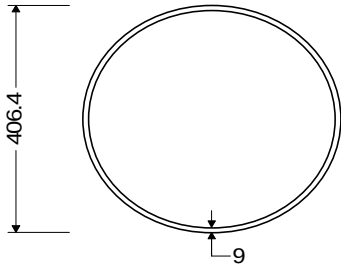
7.4 Strut 설계 (버팀3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.85 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 157.766 kN/m ---> 버팀3 (CS20 : 슬래브2)
= 157.766 x 5.85 / 2 단
= 461.465 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 461.465 + 60.0 = 521.465 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 2 단
= 17.113 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 2 단
= 9.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 17.113 x 1000000 / 1092000.0 = 15.671 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 521.465 x 1000 / 11236.2 = 46.409 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.646 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.050 x 9)

= 21.493 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.050

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (62.080 − 30.739) / 62.080

= 0.505 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 140.5

52.669 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (52.669 − 18.6))

= 126.071 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 126.071 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (52.669)^2

= 486.657 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 126.071 MPa > f_c = 46.409 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 15.671 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.646 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{46.409}{126.071} + \dfrac{15.671}{157.500 \times (1 - (46.409 / 486.657))}$

= 0.478 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 46.409 + \dfrac{15.671}{}$

$$= \frac{46.409}{1 - (46.409 / 486.657)}$$

$= 63.732 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$

$\therefore$ 안전율 $= Max.(0.478, 0.405)$

$= 0.478 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{62.080}{126.071} + \left\{ \frac{1.646}{88.910} \right\}^2$$

$= 0.493 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

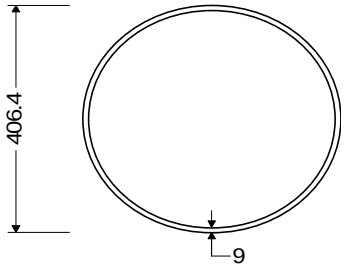
7.5 Strut 설계 (버팀4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.85 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 190.303 kN/m ---> 버팀4 (CS17 : 해체 버팀5)
= 190.303 x 5.85 / 2 단
= 556.635 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 556.635 + 60.0 = 616.635 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 2 단
= 17.113 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 2 단
= 9.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 17.113 x 1000000 / 1092000.0 = 15.671 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 616.635 x 1000 / 11236.2 = 54.879 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.646 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.044 x 9)

= 21.617 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.044

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (70.550 − 39.209) / 70.550

= 0.444 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 140.5

52.669 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (52.669 − 18.6))

= 126.071 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 126.071 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (52.669)^2

= 486.657 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 126.071 MPa > f_c = 54.879 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 15.671 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.646 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{54.879}{126.071} + \dfrac{15.671}{157.500 \times (1 - (54.879 / 486.657))}$

= 0.547 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 54.879 + \dfrac{15.671}{}$

$$= \frac{54.879}{1 - (54.879 / 486.657)}$$

$$= 72.542 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.547 , 0.461)

= 0.547 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{70.550}{126.071} + \left\{ \frac{1.646}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.560 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

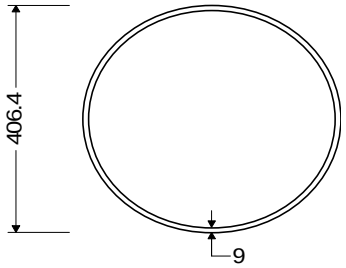
7.6 Strut 설계 (버팀5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.85 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 218.121 kN/m ---> 버팀5 (CS13 : 굴착 14.02 m)
= 218.121 x 5.85 / 2 단
= 638.004 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 638.004 + 60.0 = 698.004 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 2 단
= 17.113 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 2 단
= 9.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 17.113 \times 1000000 / 1092000.0 = 15.671$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 698.004 \times 1000 / 11236.2 = 62.121$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{9.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 1.646$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.040 x 9)
= 21.703 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.040

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.792 − 46.450) / 77.792
= 0.403 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000
= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 140.5
52.669 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (52.669 − 18.6))
= 126.071 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}
= 126.071 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (52.669)^2
= 486.657 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9
= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)
= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 126.071 MPa > f_c = 62.121 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 15.671 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.646 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{62.121}{126.071} + \dfrac{15.671}{157.500 \times (1 - (62.121 / 486.657))}$

= 0.607 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 62.121 + \frac{15.671}{1 - (62.121 / 486.657)}$$

$$= 80.085 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.607 , 0.508)

= 0.607 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{77.792}{126.071} + \left\{ \frac{1.646}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.617 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

8.까치발 설계

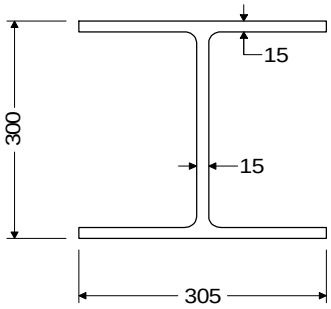
8.1 Strut

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 1.952 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480.000
I_x (mm^4)	215000000.000
Z_x (mm^3)	1440000.000
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



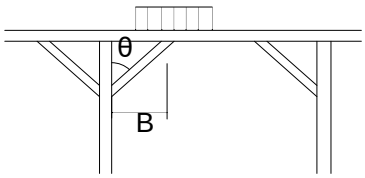
(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.000 m

(5) 까치발 설치위치(B) : 1.380 m

(6) 각도 (θ) : 45 도

(7) 축력분담폭 : 0.310 m



나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 159.780 kN/m ---> 주보 (CS14 : PECK)
= 159.780 x 0.310 / 1 단
= 49.532 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 49.532 / cos 45 ° + 120.0
= 190.048 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 1.952 x 1.952 / 8
= 2.381 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 1.952 / 2 / 1 단
= 4.879 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 2.381 x 1000000 / 1440000.0 = 1.653 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 190.048 x 1000 / 13480 = 14.099 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 4.879 x 1000 / 4050 = 1.205 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.056

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (15.752 − 12.445) / 15.752

= 0.210

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 1951.61 / 126

15.489 ---> Lx/Rx ≤ 18.6 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{cax} = f_{cagx} · f_{cal} / f_{cao}

= 157.500 MPa

L_y / R_y = 1951.61 / 72.6

26.882 ---> 18.6 < Ly/Ry ≤ 92.8 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (26.882 − 18.6))

= 149.860 MPa

f_{cay} = f_{cagy} · f_{cal} / f_{cao}

= 149.860 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 149.860 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1951.61 / 305

= 6.399 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.399 − 4.6))

= 152.461 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.461 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (15.489)^2

= 5627.127 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 149.860 MPa > f_c = 14.099 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.461 MPa > f_b = 1.653 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 1.205 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{14.099}{149.860} + \frac{1.653}{152.461 \times (1 - (14.099 / 5627.127))}$$

$$= 0.105 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 14.099 + \frac{1.653}{1 - (14.099 / 5627.127)}$$

$$= 15.756 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.105 , 0.100)

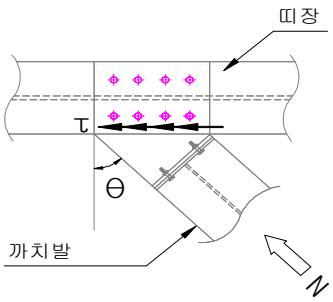
= 0.105 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 190.048 \times \sin 45°$

$= 134.384$ kN



$\tau = N * \sin\Theta$

▶ 사용볼트 : F8T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 100 = 112.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 134384 / (112.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 3.14$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 3.14 ea ---> O.K

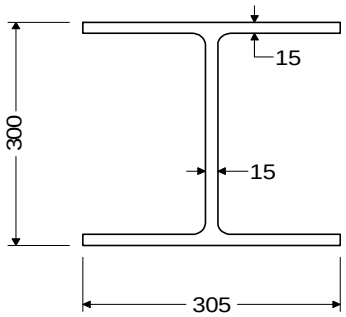
9.띠장 설계

9.1 주보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

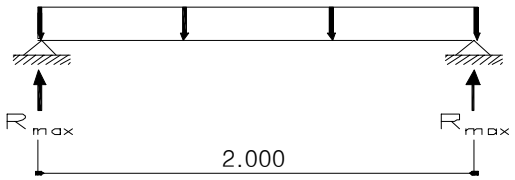
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 159.780 kN/m ---> 주보 (CS14 : PECK)

P = 159.780 × 2.00 m / 1 ea = 319.559 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 319.559 / (13 × 2.000)
= 147.489 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 147.489 × 2.000^2 / 8
= 73.744 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 147.489 × 2.000 / 2
= 147.489 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 73.744 x 1000000 / 1440000.0 = 51.211 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 147.489 x 1000 / 4050 = 36.417 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (51.211 + 51.211) / 51.211

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 51.211 MPa ---> O.K

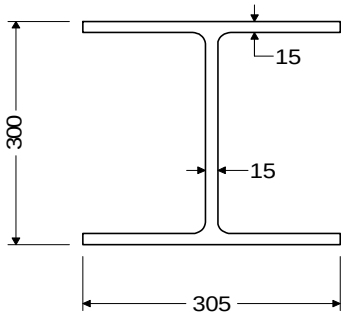
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 36.417 MPa ---> O.K

9.2 버팀1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

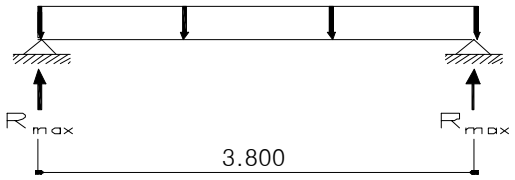
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.800 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 99.084 kN/m ---> 버팀1 (CS24 : 벽체3)

P = 99.084 × 5.85 m / 2 ea = 289.822 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 289.822 / (13 × 5.850)
= 45.731 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 45.731 × 3.800^2 / 8
= 82.545 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 45.731 × 3.800 / 2
= 86.889 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 82.545 x 1000000 / 1440000.0 = 57.323 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 86.889 x 1000 / 4050 = 21.454 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (57.323 + 57.323) / 57.323$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3800 / 305

= 12.459 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (12.459 − 4.6))

= 135.485 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.485 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.485 MPa > f_b = 57.323 MPa ---> O.K

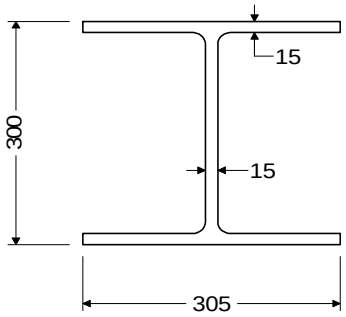
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 21.454 MPa ---> O.K

9.3 버팀2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

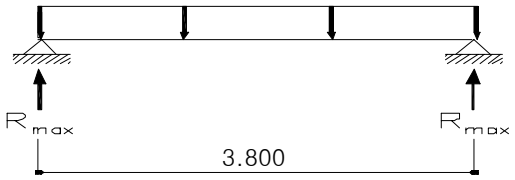
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.800 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 186.326 kN/m ---> 버팀2 (CS7 : 굴착 8.78 m)

P = 186.326 × 5.85 m / 2 ea = 545.005 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 545.005 / (13 × 5.850)
= 85.997 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 85.997 × 3.800^2 / 8
= 155.224 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 85.997 × 3.800 / 2
= 163.394 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 155.224 x 1000000 / 1440000.0 = 107.795 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 163.394 x 1000 / 4050 = 40.344 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (107.795 + 107.795) / 107.795

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3800 / 305

= 12.459 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (12.459 − 4.6))

= 135.485 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.485 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.485 MPa > f_b = 107.795 MPa ---> O.K

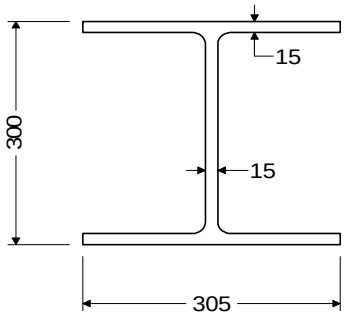
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.344 MPa ---> O.K

9.4 버팀3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

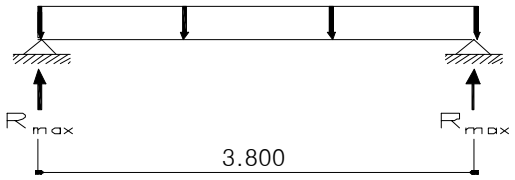
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.800 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 157.766 kN/m ---> 버팀3 (CS20 : 슬래브2)

P = 157.766 × 5.85 m / 2 ea = 461.465 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 461.465 / (13 × 5.850)
= 72.815 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 72.815 × 3.800^2 / 8
= 131.431 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 72.815 × 3.800 / 2
= 138.349 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 131.431 x 1000000 / 1440000.0 = 91.272 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 138.349 x 1000 / 4050 = 34.160 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (91.272 + 91.272) / 91.272

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3800 / 305

= 12.459 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (12.459 − 4.6))

= 135.485 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.485 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.485 MPa > f_b = 91.272 MPa ---> O.K

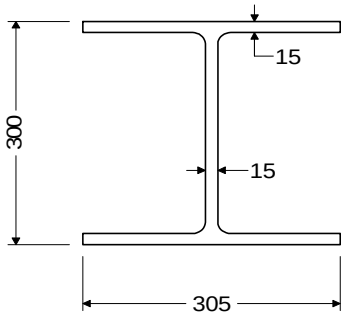
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 34.160 MPa ---> O.K

9.5 버팀4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

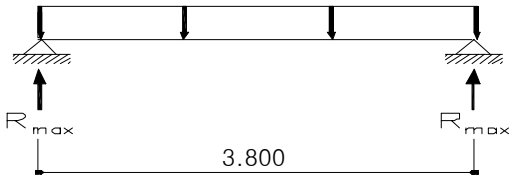
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.800 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 190.303 kN/m ---> 버팀4 (CS17 : 해체 버팀5)

P = 190.303 × 5.85 m / 2 ea = 556.635 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 556.635 / (13 × 5.850)
= 87.832 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 87.832 × 3.800^2 / 8
= 158.537 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 87.832 × 3.800 / 2
= 166.881 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 158.537 x 1000000 / 1440000.0 = 110.095 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 166.881 x 1000 / 4050 = 41.205 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (110.095 + 110.095) / 110.095$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3800 / 305$

$= 12.459$ ---> $4.6 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (12.459 - 4.6))$

$= 135.485$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 135.485$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 135.485$ MPa > $f_b = 110.095$ MPa ---> O.K

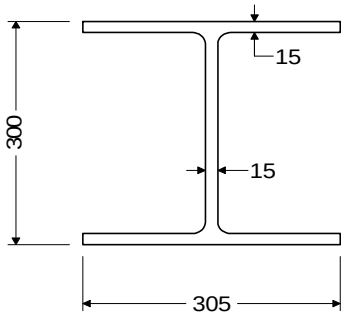
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 41.205$ MPa ---> O.K

9.6 버팀5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

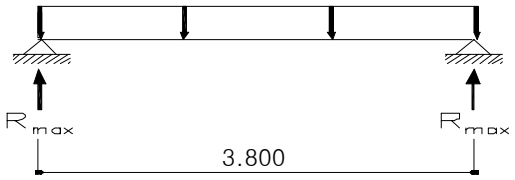
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.800 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 218.121 kN/m ---> 버팀5 (CS13 : 굴착 14.02 m)

P = 218.121 × 5.85 m / 2 ea = 638.004 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 638.004 / (13 × 5.850)
= 100.671 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 100.671 × 3.800^2 / 8
= 181.712 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 100.671 × 3.800 / 2
= 191.275 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 181.712 x 1000000 / 1440000.0 = 126.189 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 191.275 x 1000 / 4050 = 47.229 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (126.189 + 126.189) / 126.189

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3800 / 305

= 12.459 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (12.459 − 4.6))

= 135.485 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.485 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.485 MPa > f_b = 126.189 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 47.229 MPa ---> O.K

10.측면말뚝 설계

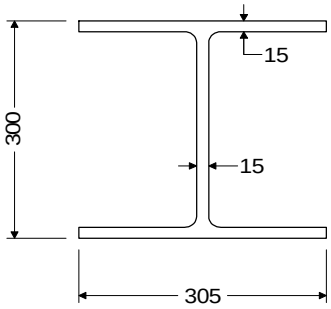
10.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	341.600	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.600	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	23.000	kN			
라. 버팀보 자중	=	8.000	kN			
마. 띠장 자중	=	17.000	kN			
바. 지보재 수직분력	=	0.000	kN	× 1.500	=	0.000 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
∑ P_s	=	441.200	kN			

최대모멘트, M_{max} = 120.997 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 굴착 14.02 m)

최대전단력, S_{max} = 170.856 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS14 : PECK)

▶ Pmax = 441.200 kN

▶ Mmax = 120.997 × 1.500 = 181.496 kN·m

▶ Smax = 170.856 × 1.500 = 256.284 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 181.496 x 1000000 / 1440000.0 = 126.039 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 441.200 x 1000 / 13480 = 32.730 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 256.284 x 1000 / 4050 = 63.280 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.845

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (158.769 − −93.309) / 158.769

= 1.588

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 4300 / 126

34.127 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (34.127 − 16))

= 187.443 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 187.443 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4300 / 305

= 14.098 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (14.098 − 4))

= 169.330 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 169.330 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (34.127)^2

= 1159.145 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 187.443 MPa > f_c = 32.730 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 169.330 MPa > f_b = 126.039 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 63.280 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{32.730}{187.443} + \frac{126.039}{169.330 \times (1 - (32.730 / 1159.145))}$

= 0.941 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$$= \quad 32.730 \quad + \quad \frac{126.039}{1 \quad - \quad (\quad 32.730 \quad / \quad 1159.145 \quad)}$$

$$= \quad 162.431 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 213.750 \quad \text{---->} \quad \text{O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.941 , 0.760)
= 0.941 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 24.9 mm ---> 흙막이벽(우) (CS28 : 슬래브3)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 14.020 x 1000 x 0.003 = 42.060 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> **O.K**

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 441.20 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 고결공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 50
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 30
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0
- L_s(모래층 중의 길이) = 7.500 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 0.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 50 x 0.0915 + 0.2 x 30 x 1.210 x 7.500
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000
= 168.825 tonf
= 1655.61 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1655.61 / 2.0
= 827.804 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

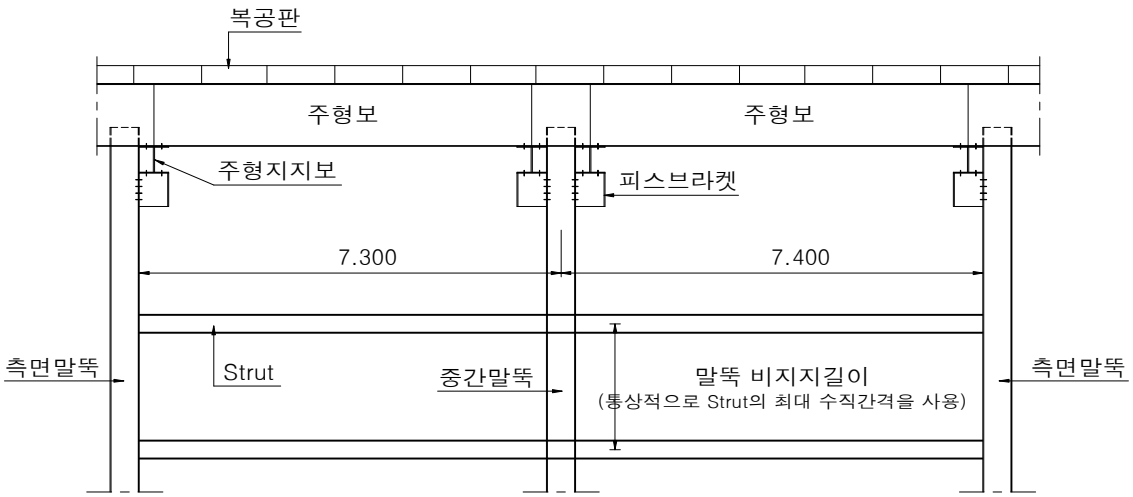
11.중간말뚝 설계

11.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.300 + 7.400 = 14.700 m

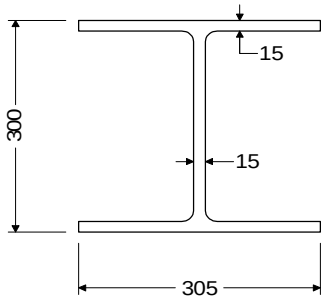
나. PILE 설치간격 : 3.50 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



11.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 24.000 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 38.000 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.000 kN

$\sum P_s$ = 78.540 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.300) / 2 = 20.258 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.400) / 2 = 20.535 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.300)

= 0.317 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

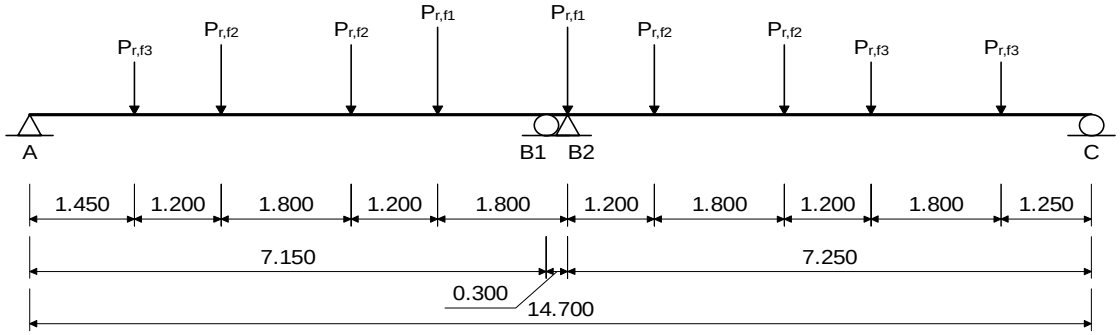
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.650 + 93.600 x 4.450 + 93.600 x 2.650 + 70.200 x 1.450) / 7.150

= 205.800 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250 + 70.200 x 3.050 + 70.200 x 1.250) / 7.250

= 299.412 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 205.800 x 1.00 = 205.800 kN

P_{r2} = 299.412 x 1.00 = 299.412 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.650 + 23.400 x 4.450 + 23.400 x 2.650 + 17.550 x 1.450) / 7.150

= 51.450 kN

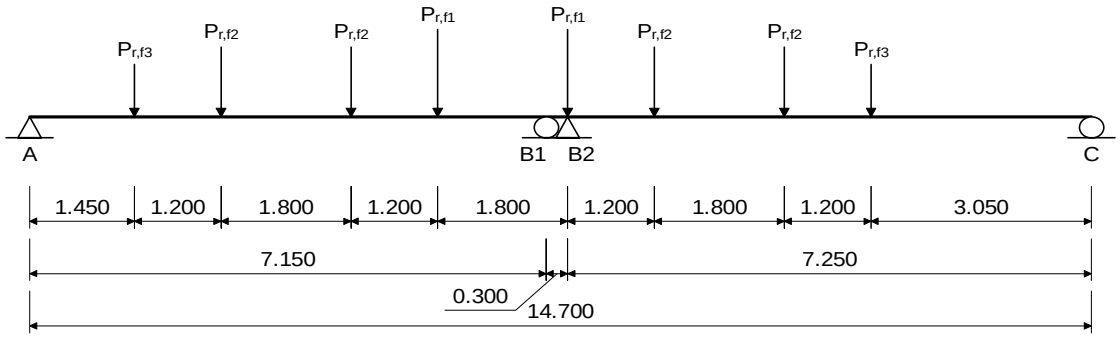
R_{B2} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250 + 17.550 x 3.050 + 17.550 x 1.250) / 7.250

= 74.853 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 51.450 x 1.00 = 51.450 kN

P_{f2} = 74.853 x 1.00 = 74.853 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.650 + 93.600 x 4.450 + 93.600 x 2.650 + 70.200 x 1.450) / 7.150
= 205.800 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250 + 70.200 x 3.050) / 7.250
= 287.309 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 205.800 x 1.00 = 205.800 kN
P_{r2} = 287.309 x 1.00 = 287.309 kN

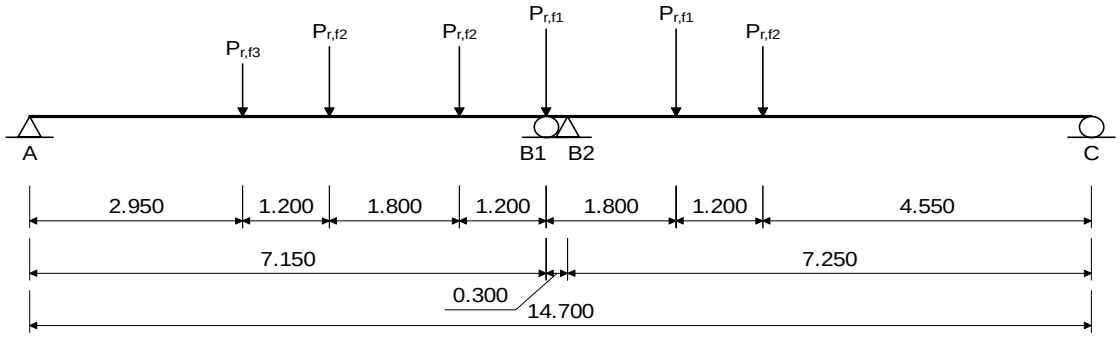
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.650 + 23.400 x 4.450 + 23.400 x 2.650 + 17.550 x 1.450) / 7.150
= 51.450 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250 + 17.550 x 3.050) / 7.250
= 71.827 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 51.450 x 1.00 = 51.450 kN
P_{f2} = 71.827 x 1.00 = 71.827 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.150 + 93.600 x 5.950 + 93.600 x 4.150 + 70.200 x 2.950) / 7.150
= 285.982 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550) / 7.250
= 157.721 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 285.982 x 1.00 = 285.982 kN
P_{r2} = 157.721 x 1.00 = 157.721 kN

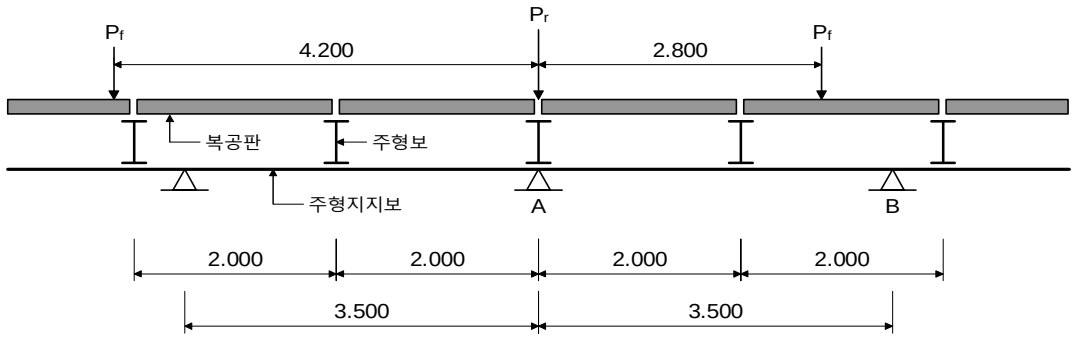
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.150 + 23.400 x 5.950 + 23.400 x 4.150 + 17.550 x 2.950) / 7.150
= 71.495 kN

R_{B2} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550) / 7.250
= 39.430 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 71.495 x 1.00 = 71.495 kN
P_{f2} = 39.430 x 1.00 = 39.430 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (285.982 x 3.500 + 71.495 x 0.700) / 3.500
= 300.281 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.50 / 2.00
= 300.281 + 20.258 x 3.50 / 2.00 = 335.732 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (299.412 x 3.500 + 74.853 x 0.700) / 3.500
= 314.383 kN

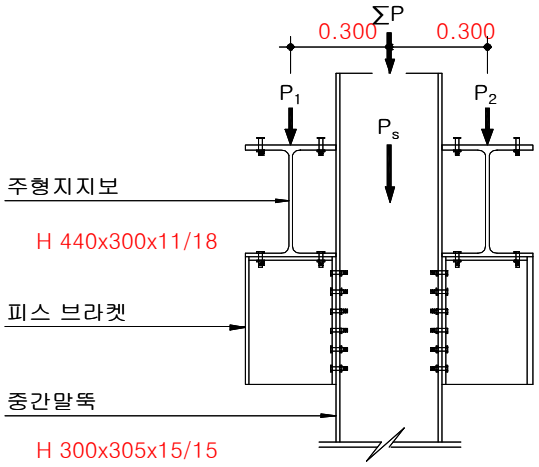
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.50 / 2.00
= 314.383 + 20.535 x 3.50 / 2.00 = 350.319 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s
= 335.732 + 350.319 + 78.540 = 764.591 kN

11.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 254.864 x 1000 / 13480 = 18.907 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 105.096 x 1000000 / 1440000 = 72.983 MPa

여기서, M_{max} = P_2 x e = 350.319 x 0.300 = 105.096 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.847

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.890 − −54.076) / 91.890

= 1.588

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 4300 / 126

34.127 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (34.127 − 16))

= 187.443 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 187.443 MPa

L_y / R_y = 4300 / 72.6

59.229 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (59.229 − 16))

= 151.014 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 151.014 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 151.014 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4300 / 305

= 14.098 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (14.098 − 4))

= 169.330 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 169.330 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (34.127)^2

= 1159.145 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 151.014 MPa > f_c = 18.907 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 169.330 MPa > f_b = 72.983 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{18.907}{151.014} + \frac{72.983}{169.330 \times (1 - (18.907 / 1159.145))}$

= 0.563 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 18.907 + \frac{72.983}{1 - (18.907 / 1159.145)}$

= 93.100 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.563 , 0.436)

= 0.563 < 1.0 ---> O.K

11.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 254.86 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 고결공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	30	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	8.500	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 50 x 0.0915 + 0.2 x 30 x 1.210 x 8.500
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 176.085 tonf

= 1726.80 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1726.80 / 2.0

= 863.402 kN

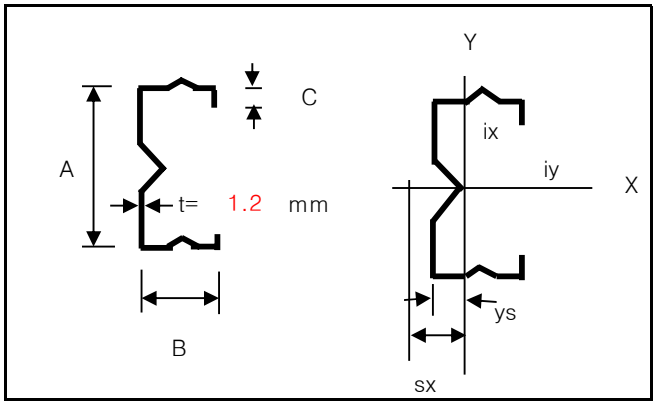
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

12. 흙막이 벽체 설계

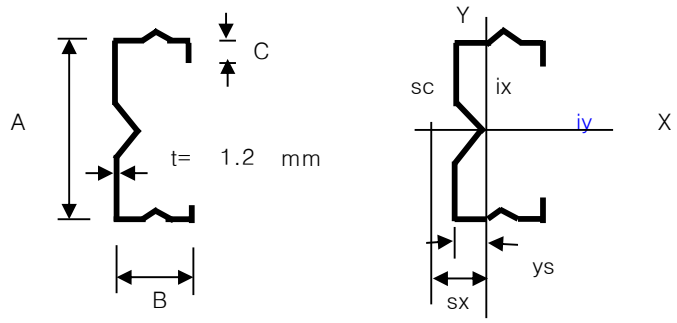
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 14.02m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

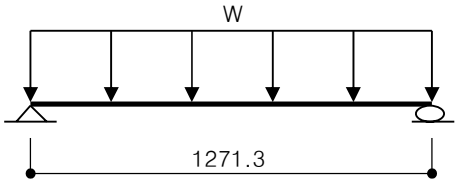
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1032 MPa ---> (CS13 : 굴착 14.02 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 103.2 kN/m^2 x 0.2000 m = 20.6 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 20.6 x 1.27^2 / 8 = 4.2 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 20.6 x 1.27 / 2 = 13.1 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 4170372 / 27,100 = 153.89 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 4170372 / 27,980 = 149.05 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 13122 / 234 = 56.08 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 153.89 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 149.05 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 56.08 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

13. 탄소성 입력 데이터

13.1 해석종류 : 탄소성보법

13.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

13.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 21.4 m, 최대굴착깊이 = 14.02 m, 전모델높이 = 30 m

13.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.94	18.00	19.00	0.00	26.00	7	-	12000.00
2	토사(점토)	9.16	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
3	토사(자갈)	11.10	20.00	21.00	0.00	35.00	12	-	32000.00
4	풍화토	17.20	20.00	21.00	21.00	29.00	20	-	31000.00
5	풍화암	19.50	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	60	-	400000.00
7	뒤채움	-	19.00	20.00	15.00	25.00	30	37311.00	37311.00

13.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	21.52	1.5

13.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주보	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	7.4	0	1
2	버팀1	P 406.4x9	SS400	4.72	5.85	21.4	50	2
3	버팀2	P 406.4x9	SS400	6.22	5.85	21.4	300	2
4	버팀3	P 406.4x9	SS400	8.28	5.85	21.4	300	2
5	버팀4	P 406.4x9	SS400	9.72	5.85	21.4	360	2
6	버팀5	P 406.4x9	SS400	11.12	5.85	21.4	150	2

13.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브3	1.2	0	20.4	C27	0.9	-
2	슬래브2	8.92	0	20.4	C27	1.3	-
3	슬래브1	13.37	0	20.4	C27	1.3	-
4	벽체1	20.4	1.2	13.37	C27	1.4	뒤채움

13.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

13.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 7 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.40	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주보		-	-	-	-	X	X
3	5.22	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	버팀1		-	-	-	-	X	X
5	6.72	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	버팀2		-	-	-	-	X	X
7	8.78	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	버팀3		-	-	-	-	X	X
9	10.22	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	버팀4		-	-	-	-	X	X
11	11.62	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	버팀5		-	-	-	-	X	X
13	14.02	-	-	-	-	-	-	X	X
14	14.02	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
15	-	-	-	13.37	-	-	-	O	X
16	-	-	-	12.67	-	-	-	O	X
17	-		버팀5	-	-	-	-	X	X
18	-	-	-	10.22	-	-	-	X	X
19	-		버팀4	-	-	-	-	X	X
20	-	-	-	8.92	-	-	-	X	X
21	-		버팀3	-	-	-	-	X	X
22	-	-	-	6.72	-	-	-	X	X
23	-		버팀2	-	-	-	-	X	X
24	-	-	-	5.22	-	-	-	X	X
25	-		버팀1	-	-	-	-	X	X
26	-	-	-	1.7	-	-	-	X	X
27	-		주보	-	-	-	-	X	X
28	-	-	-	1.2	-	-	-	X	X

14. 해석 결과
14.1 전산 해석결과 집계

14.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	13.37	1.7	-6.76	5.2	0.93	0.0	-21.17	3.3
CS2 : 생성 주보	1.40	13.37	1.7	-6.76	5.2	0.93	0.0	-21.17	3.3
CS3 : 굴착 5.22 m	5.22	45.82	6.2	-59.39	0.9	94.97	3.8	-40.11	8.9
CS4 : 생성 버팀1	5.22	41.07	6.2	-56.26	0.9	85.63	3.8	-35.61	8.8
CS5 : 굴착 6.72 m	6.72	41.65	7.9	-59.47	4.7	66.91	6.2	-43.11	9.7
CS6 : 생성 버팀2	6.72	35.78	6.2	-51.04	0.9	70.49	3.8	-36.61	9.7
CS7 : 굴착 8.78 m	8.78	56.47	6.2	-129.85	6.2	83.28	8.3	-47.33	12.0
CS8 : 생성 버팀3	8.78	47.58	6.2	-96.40	6.2	55.17	3.3	-38.05	11.6
CS9 : 굴착 10.22 m	10.22	58.18	6.2	-116.12	8.3	64.86	9.7	-40.77	12.7
CS10 : 생성 버팀4	10.22	53.20	6.2	-91.25	6.2	54.53	3.3	-34.91	12.3
CS11 : 굴착 11.62 m	11.62	55.74	6.2	-113.29	9.7	55.81	3.3	-33.04	14.0
CS12 : 생성 버팀5	11.62	55.27	6.2	-95.81	9.7	55.54	3.3	-30.91	13.7
CS13 : 굴착 14.02 m	14.02	78.34	14.5	-169.75	11.1	121.00	13.4	-67.51	9.7
CS14 : PECK	14.02	87.73	14.5	-170.86	11.1	120.73	13.0	-63.05	9.7
CS15 : 슬래브1	14.02	62.22	14.5	-106.56	11.1	78.65	13.0	-45.92	9.7
CS16 : 벽체0	14.02	62.23	14.5	-106.56	11.1	78.66	13.0	-45.92	9.7
CS17 : 해체 버팀5	14.02	58.35	14.5	-132.62	9.7	80.93	12.0	-69.79	9.7
CS18 : 벽체1	14.02	58.35	14.5	-132.62	9.7	80.93	12.0	-69.79	9.7
CS19 : 해체 버팀4	14.02	62.58	6.2	-106.72	8.3	60.57	12.3	-50.61	8.3
CS20 : 슬래브2	14.02	62.58	6.2	-106.72	8.3	60.57	12.3	-50.61	8.3
CS21 : 해체 버팀3	14.02	68.53	6.2	-106.75	6.2	54.79	12.3	-57.09	6.2
CS22 : 벽체2	14.02	68.53	6.2	-106.75	6.2	54.79	12.3	-57.09	6.2
CS23 : 해체 버팀2	14.02	54.29	14.5	-57.75	4.7	55.64	12.3	-42.15	16.3
CS24 : 벽체3	14.02	54.29	14.5	-57.75	4.7	55.64	12.3	-42.15	16.3
CS25 : 해체 버팀1	14.02	54.35	14.5	-50.60	0.9	69.71	3.8	-42.21	16.3
CS26 : 벽체4	14.02	54.35	14.5	-50.60	0.9	69.71	3.8	-42.21	16.3
CS27 : 해체 주보	14.02	54.36	14.5	-41.27	11.6	56.03	12.3	-42.23	16.3
CS28 : 슬래브3	14.02	54.36	14.5	-41.27	11.6	56.03	12.3	-42.23	16.3
TOTAL		87.73	14.5	-170.86	11.1	121.00	13.4	-69.79	9.7

14.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

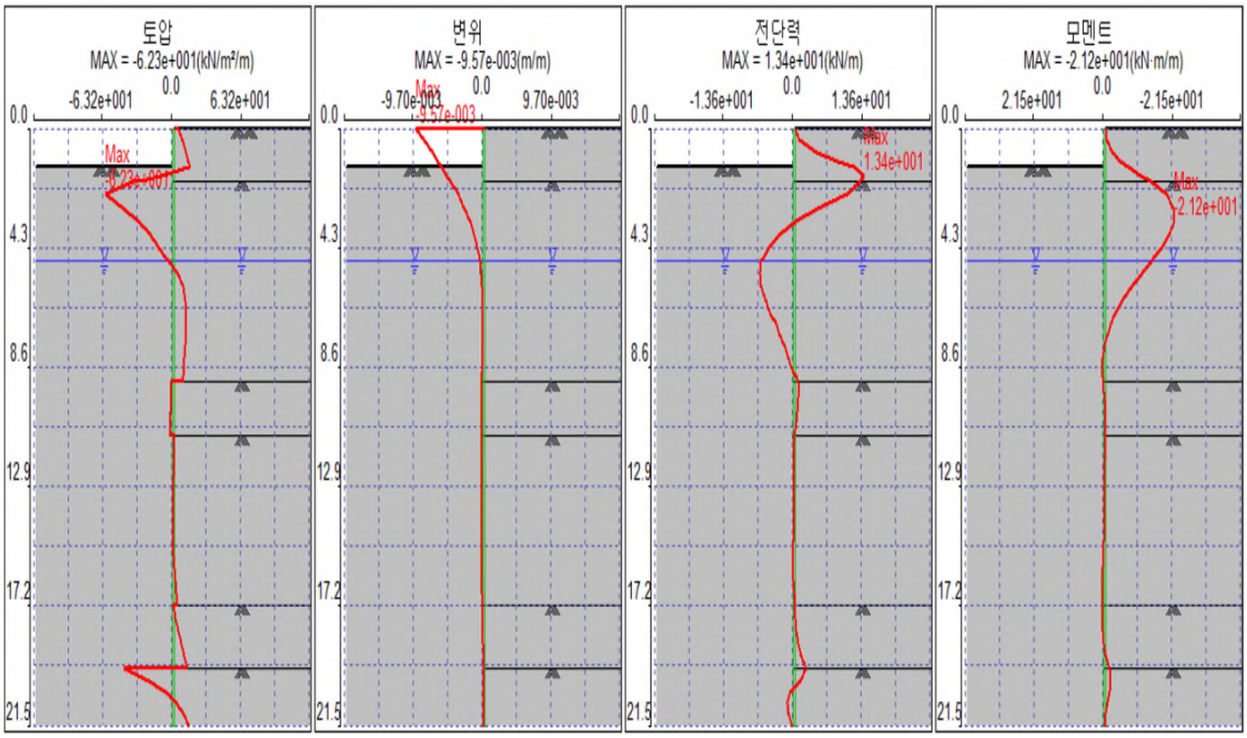
시공단계	굴착 깊이	주보	버팀1	버팀2	버팀3	버팀4
		0.9 (m)	4.72 (m)	6.22 (m)	8.28 (m)	9.72 (m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주보	1.40	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 5.22 m	5.22	64.03	-	-	-	-
CS4 : 생성 버팀1	5.22	60.87	8.55	-	-	-
CS5 : 굴착 6.72 m	6.72	50.40	91.42	-	-	-
CS6 : 생성 버팀2	6.72	55.64	48.78	51.28	-	-
CS7 : 굴착 8.78 m	8.78	46.38	37.54	186.33	-	-
CS8 : 생성 버팀3	8.78	49.38	43.35	143.98	51.28	-
CS9 : 굴착 10.22 m	10.22	48.95	33.27	143.89	154.98	-
CS10 : 생성 버팀4	10.22	49.12	38.03	144.46	107.12	61.54
CS11 : 굴착 11.62 m	11.62	49.64	34.99	134.31	116.12	158.26
CS12 : 생성 버팀5	11.62	49.53	35.56	136.40	114.81	139.56
CS13 : 굴착 14.02 m	14.02	50.82	33.15	114.73	68.03	133.93
CS14 : PECK	14.02	159.78	92.79	131.84	69.67	138.63
CS15 : 슬래브1	14.02	50.73	33.56	116.35	67.30	113.48
CS16 : 벽체0	14.02	50.73	33.56	116.35	67.30	113.49
CS17 : 해체 버팀5	14.02	51.13	31.10	108.64	75.65	190.30
CS18 : 벽체1	14.02	51.13	31.10	108.64	75.65	190.30
CS19 : 해체 버팀4	14.02	50.50	24.22	113.72	157.77	-
CS20 : 슬래브2	14.02	50.50	24.22	113.72	157.77	-
CS21 : 해체 버팀3	14.02	46.42	22.41	175.28	-	-
CS22 : 벽체2	14.02	46.42	22.41	175.28	-	-
CS23 : 해체 버팀2	14.02	41.23	99.08	-	-	-
CS24 : 벽체3	14.02	41.23	99.08	-	-	-
CS25 : 해체 버팀1	14.02	55.25	-	-	-	-
CS26 : 벽체4	14.02	55.25	-	-	-	-
CS27 : 해체 주보	14.02	-	-	-	-	-
CS28 : 슬래브3	14.02	-	-	-	-	-
TOTAL		159.78	99.08	186.33	157.77	190.30

시공단계	굴착 깊이	버팀5				
		11.12 (m)				
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-				
CS2 : 생성 주보	1.40	-				
CS3 : 굴착 5.22 m	5.22	-				
CS4 : 생성 버팀1	5.22	-				
CS5 : 굴착 6.72 m	6.72	-				
CS6 : 생성 버팀2	6.72	-				
CS7 : 굴착 8.78 m	8.78	-				
CS8 : 생성 버팀3	8.78	-				

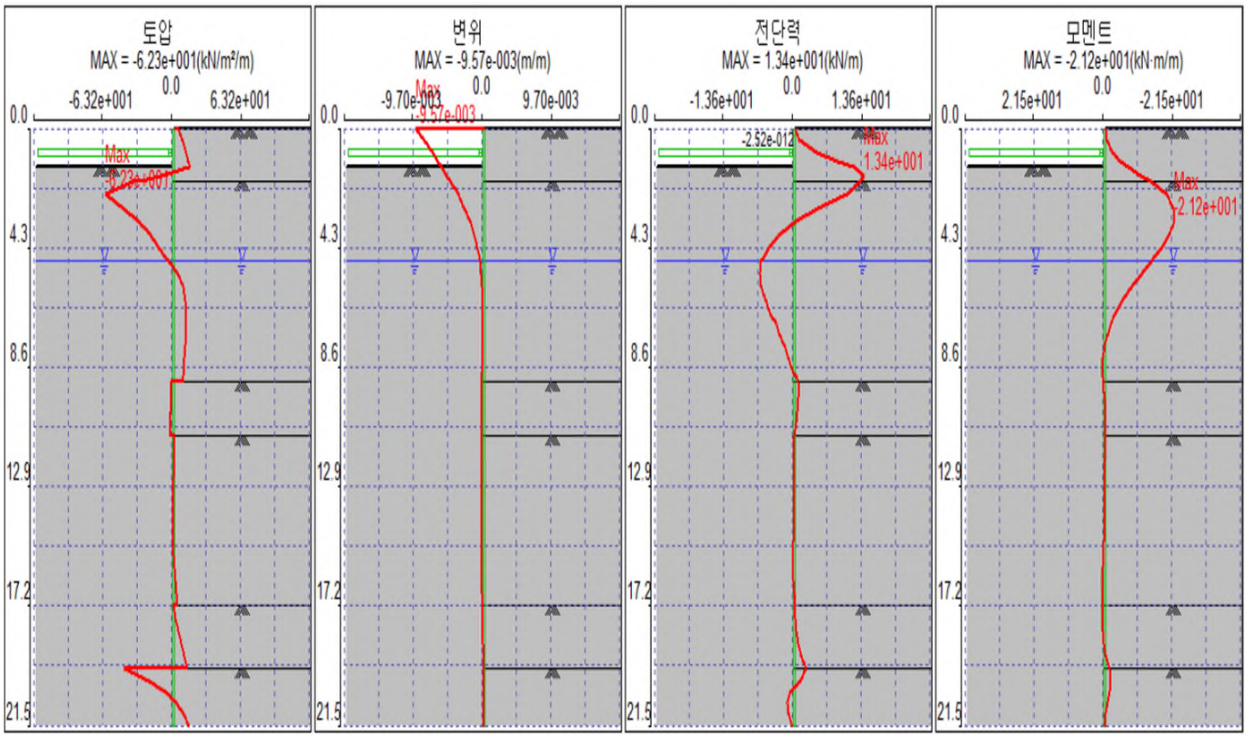
CS9 : 굴착 10.22 m	10.22	-				
CS10 : 생성 버팀4	10.22	-				
CS11 : 굴착 11.62 m	11.62	-				
CS12 : 생성 버팀5	11.62	25.64				
CS13 : 굴착 14.02 m	14.02	218.12				
CS14 : PECK	14.02	214.27				
CS15 : 슬래브1	14.02	130.71				
CS16 : 벽체0	14.02	130.71				
CS17 : 해체 버팀5	14.02	-				
CS18 : 벽체1	14.02	-				
CS19 : 해체 버팀4	14.02	-				
CS20 : 슬래브2	14.02	-				
CS21 : 해체 버팀3	14.02	-				
CS22 : 벽체2	14.02	-				
CS23 : 해체 버팀2	14.02	-				
CS24 : 벽체3	14.02	-				
CS25 : 해체 버팀1	14.02	-				
CS26 : 벽체4	14.02	-				
CS27 : 해체 주보	14.02	-				
CS28 : 슬래브3	14.02	-				
TOTAL		218.12				

14.2 시공단계별 단면력도

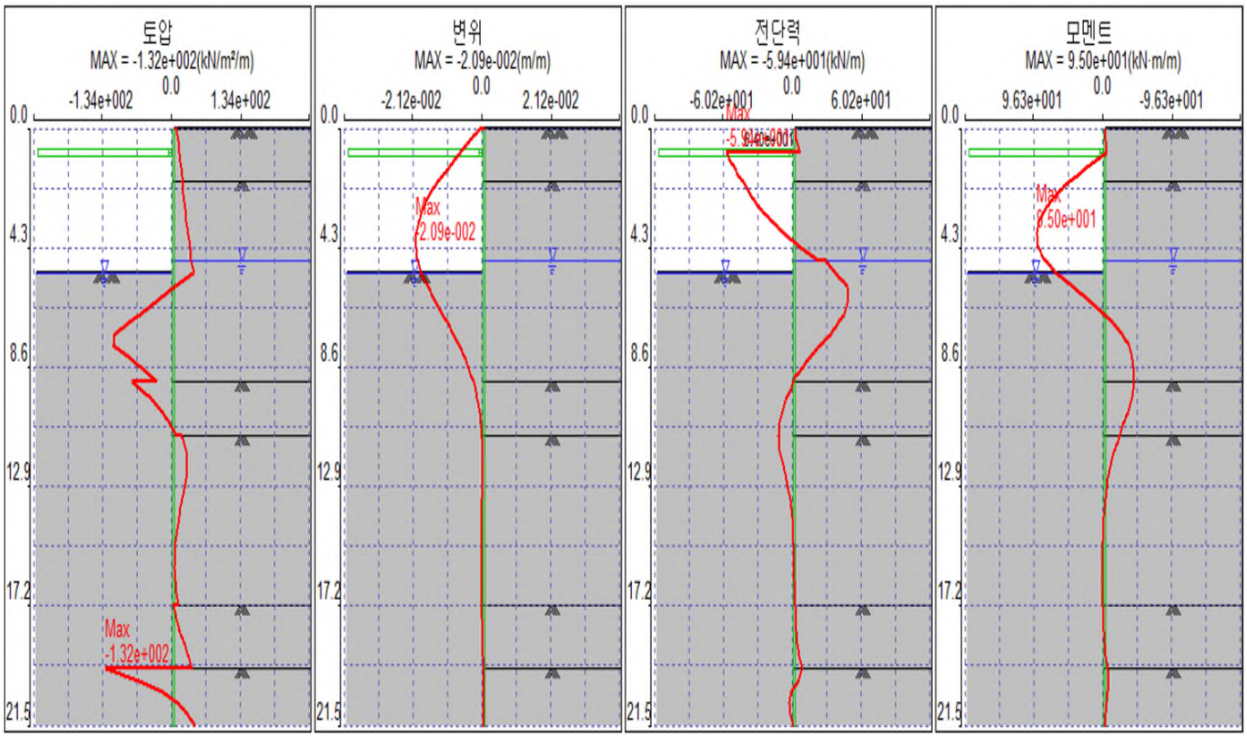
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.4 m]



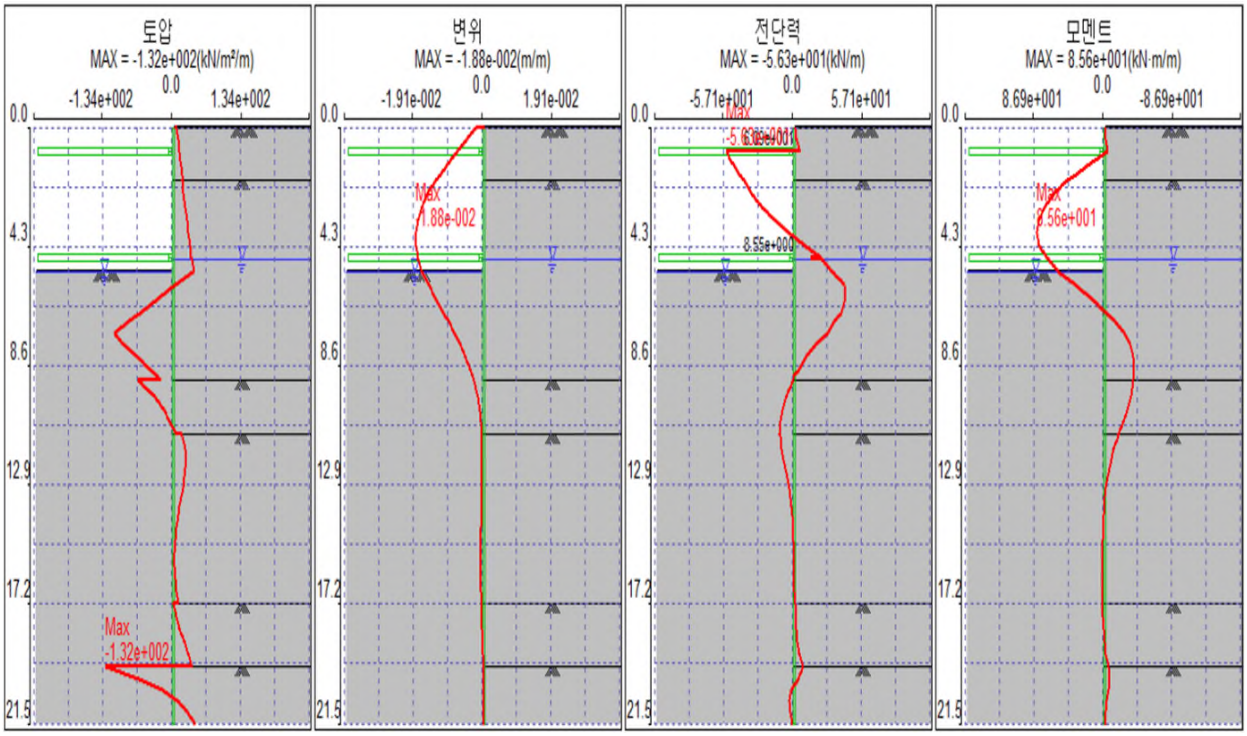
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주보]



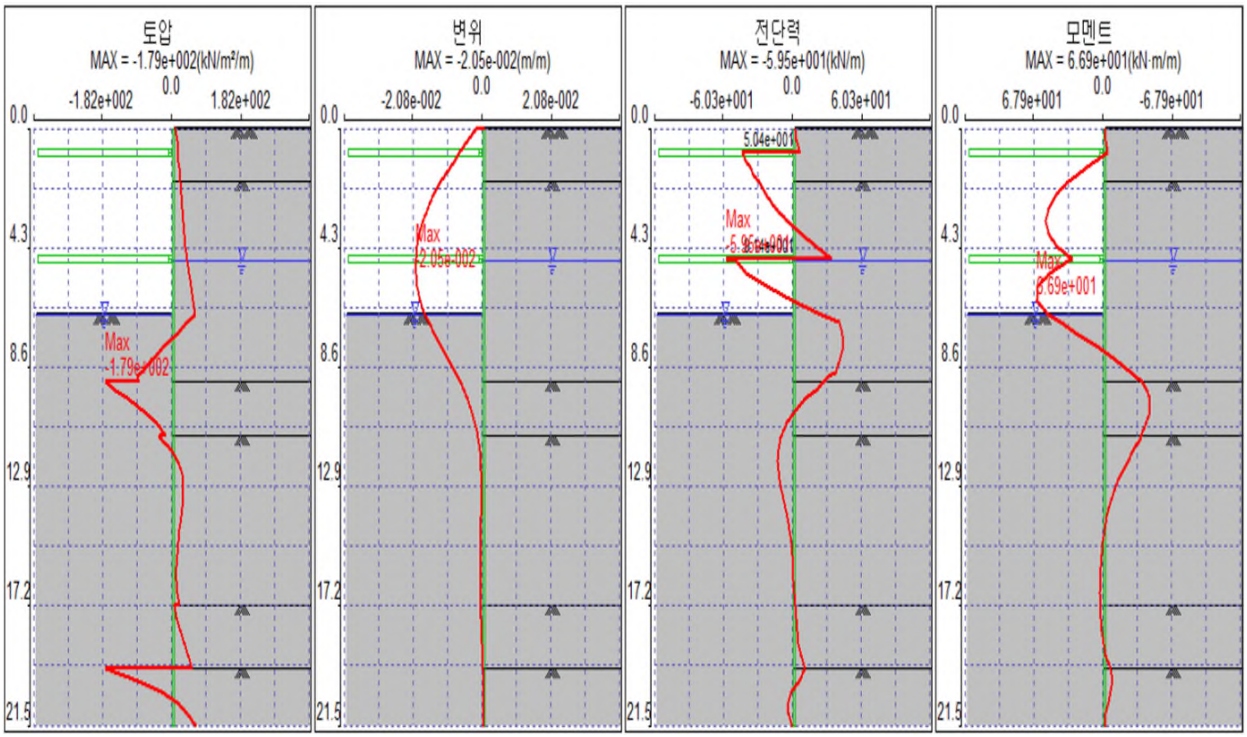
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 5.22 m]



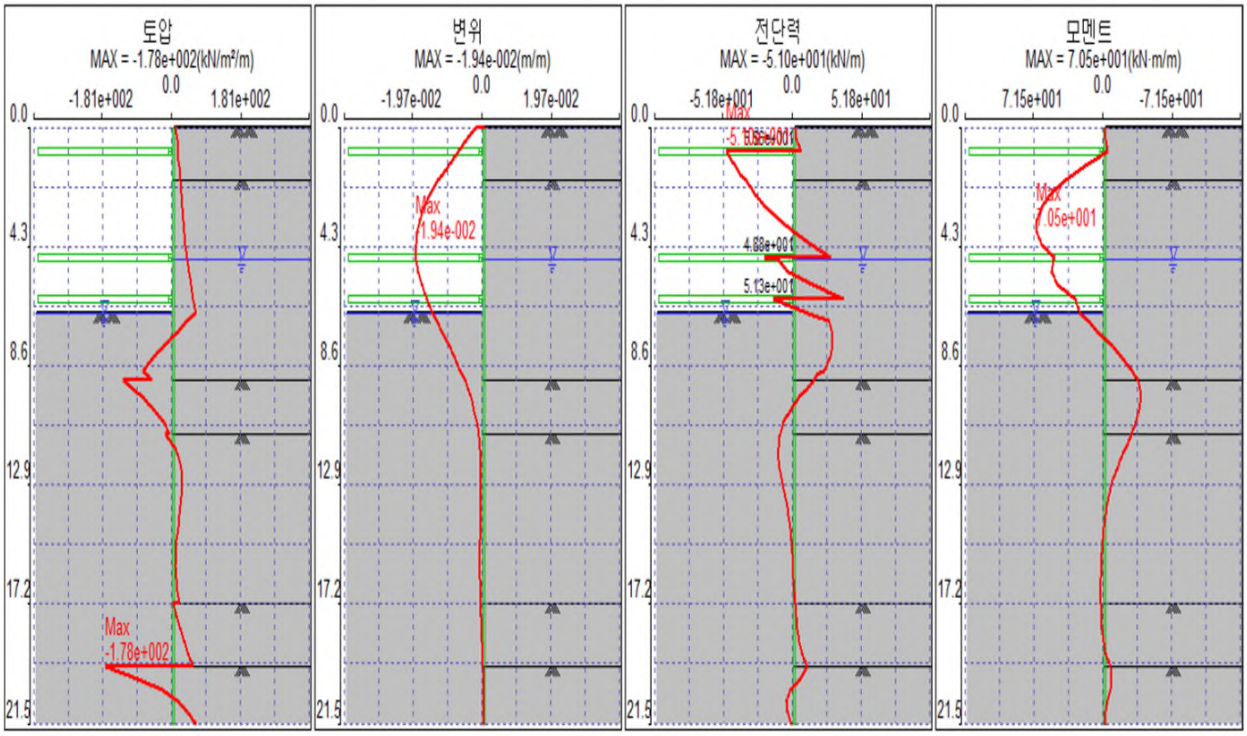
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 버팀1]



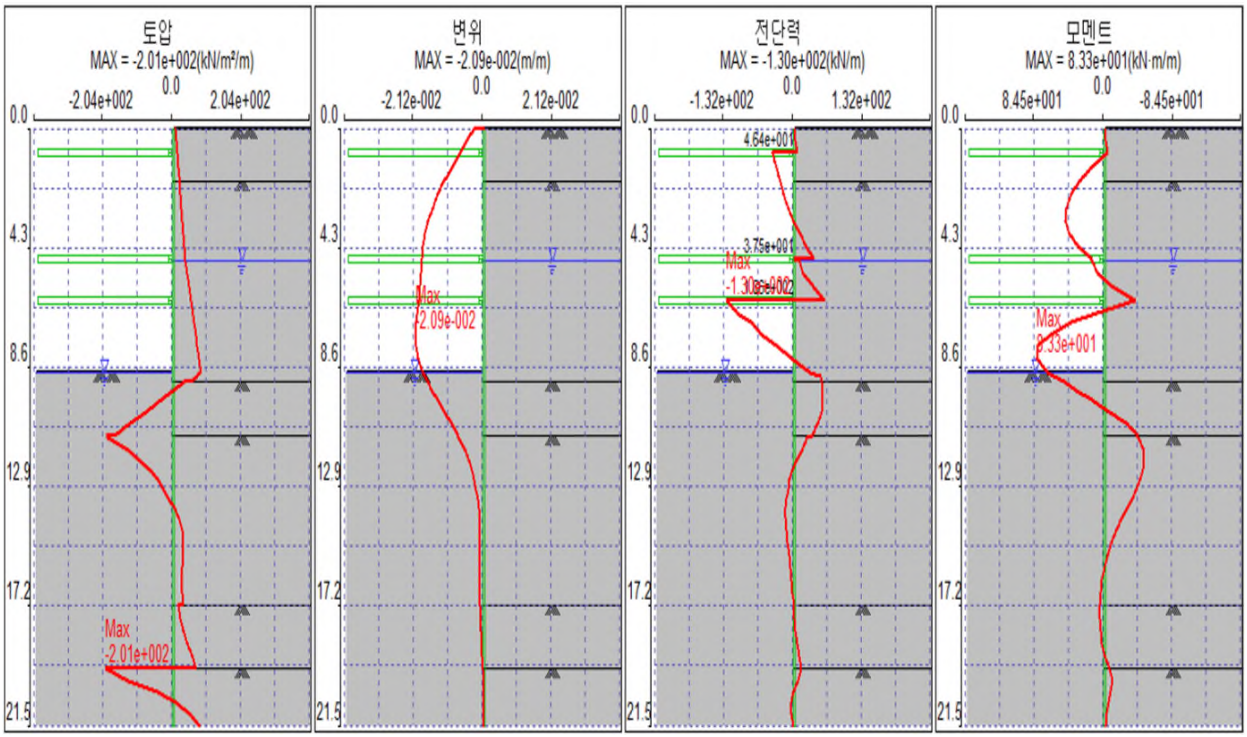
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.72 m]



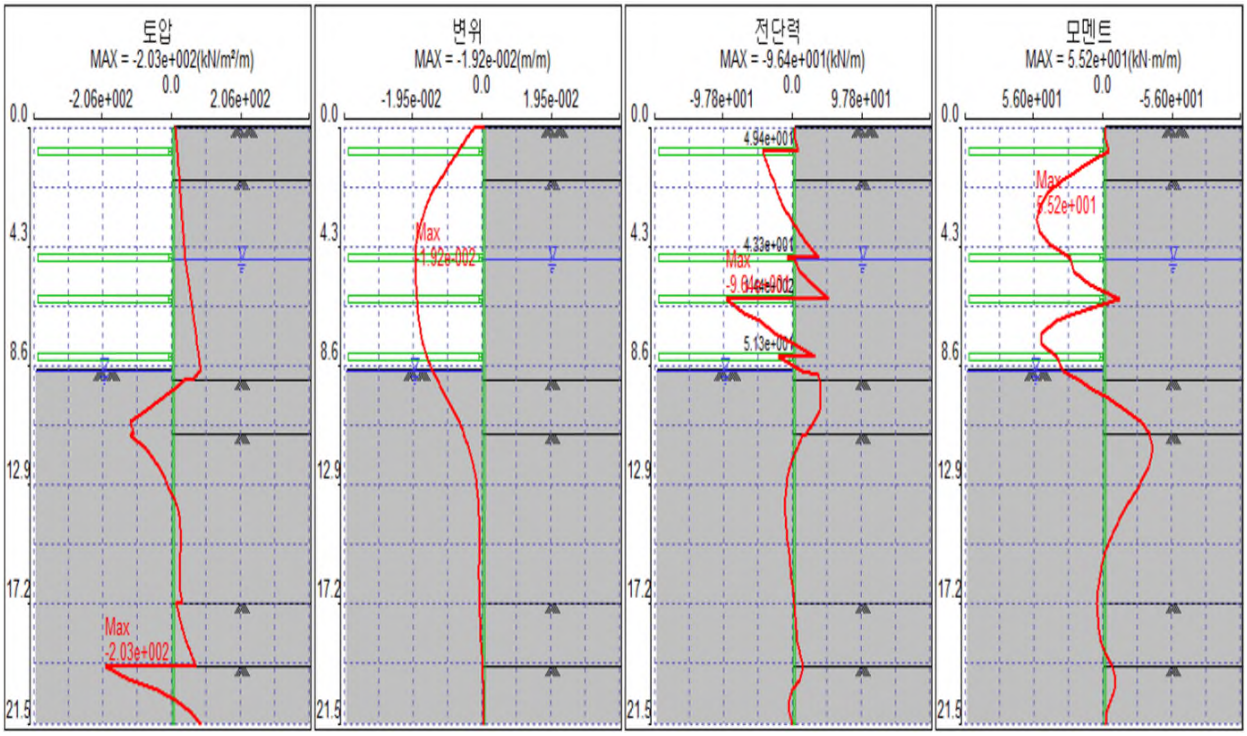
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 버팀2]



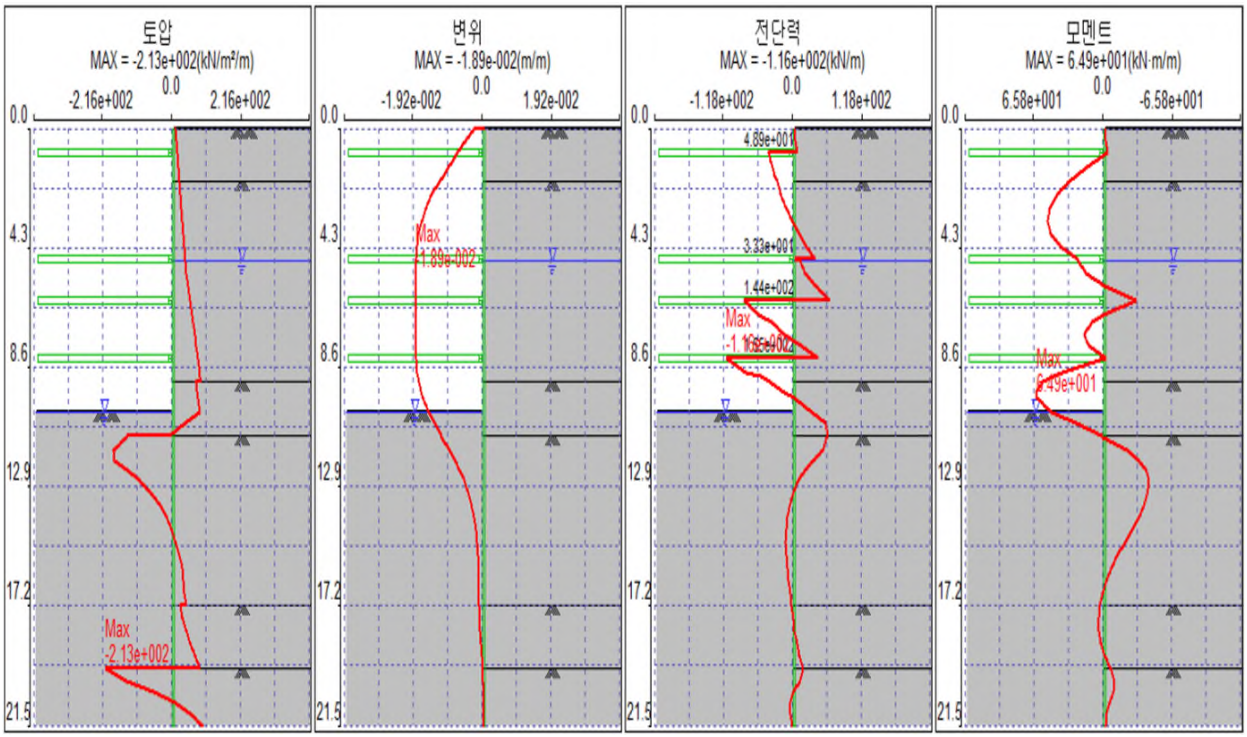
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.78 m]



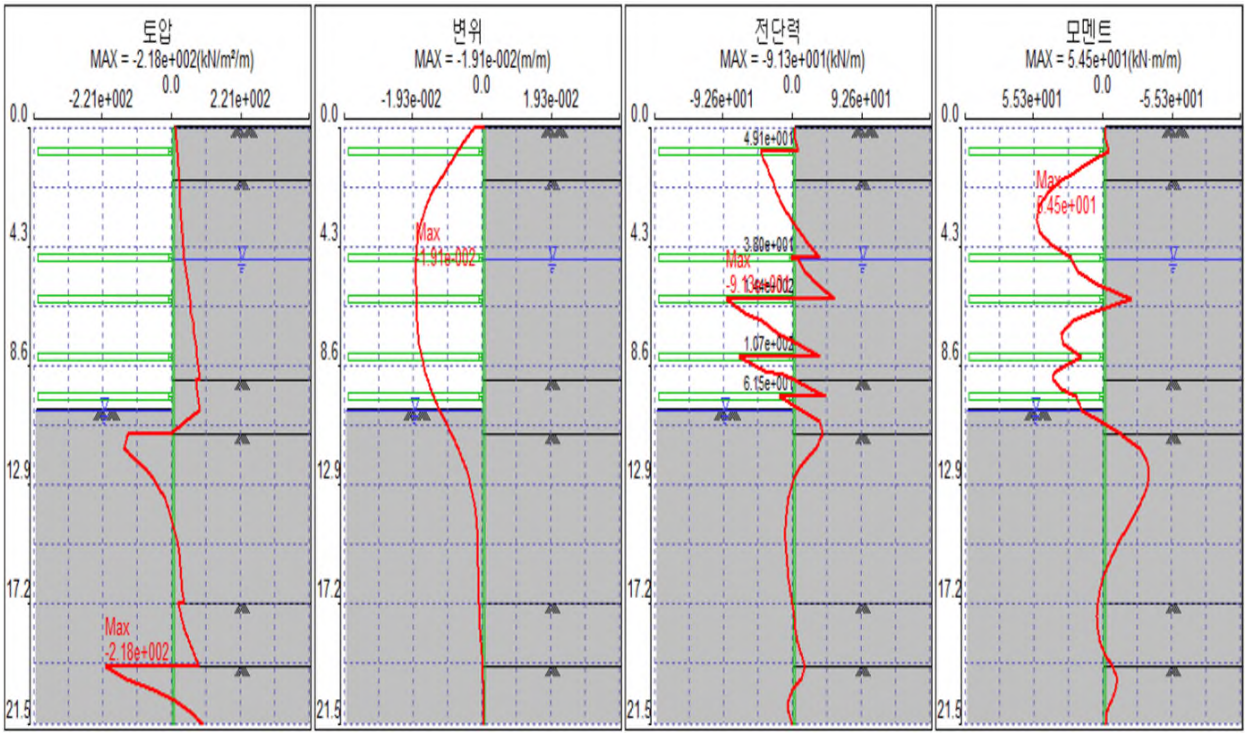
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 버팀3]



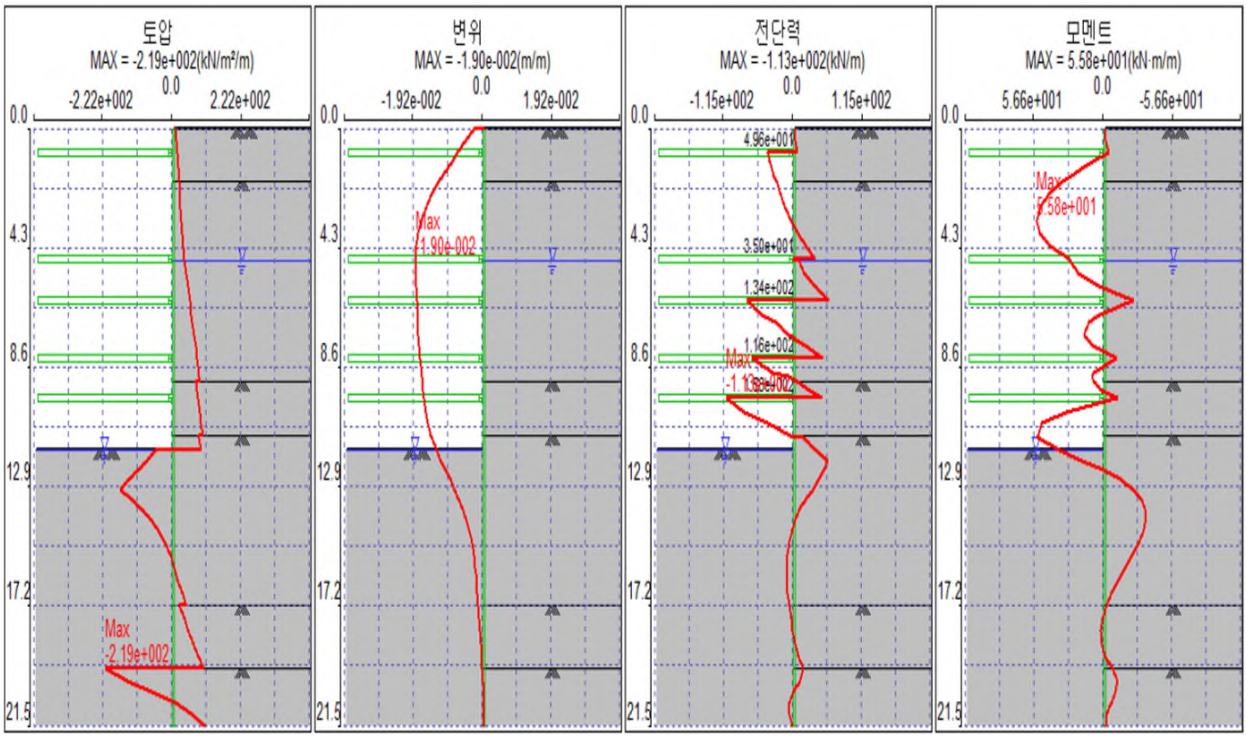
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 10.22 m]



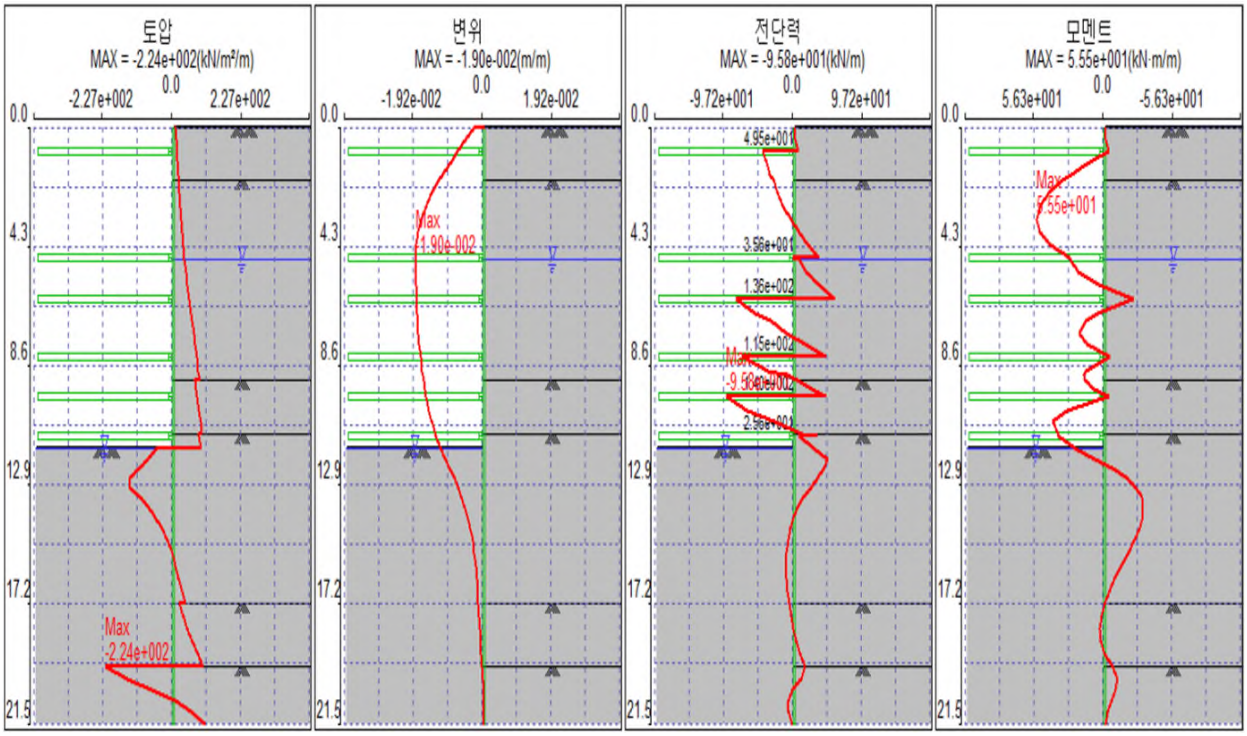
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 버팀4]



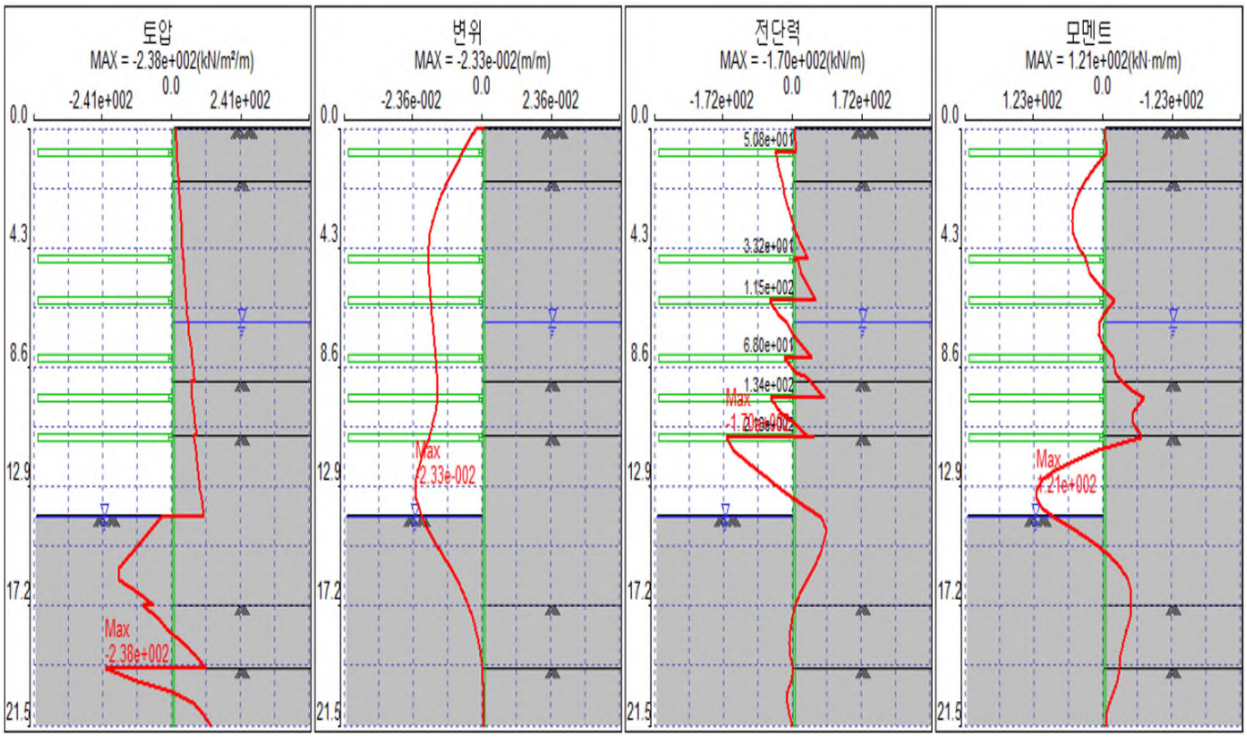
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 11.62 m]



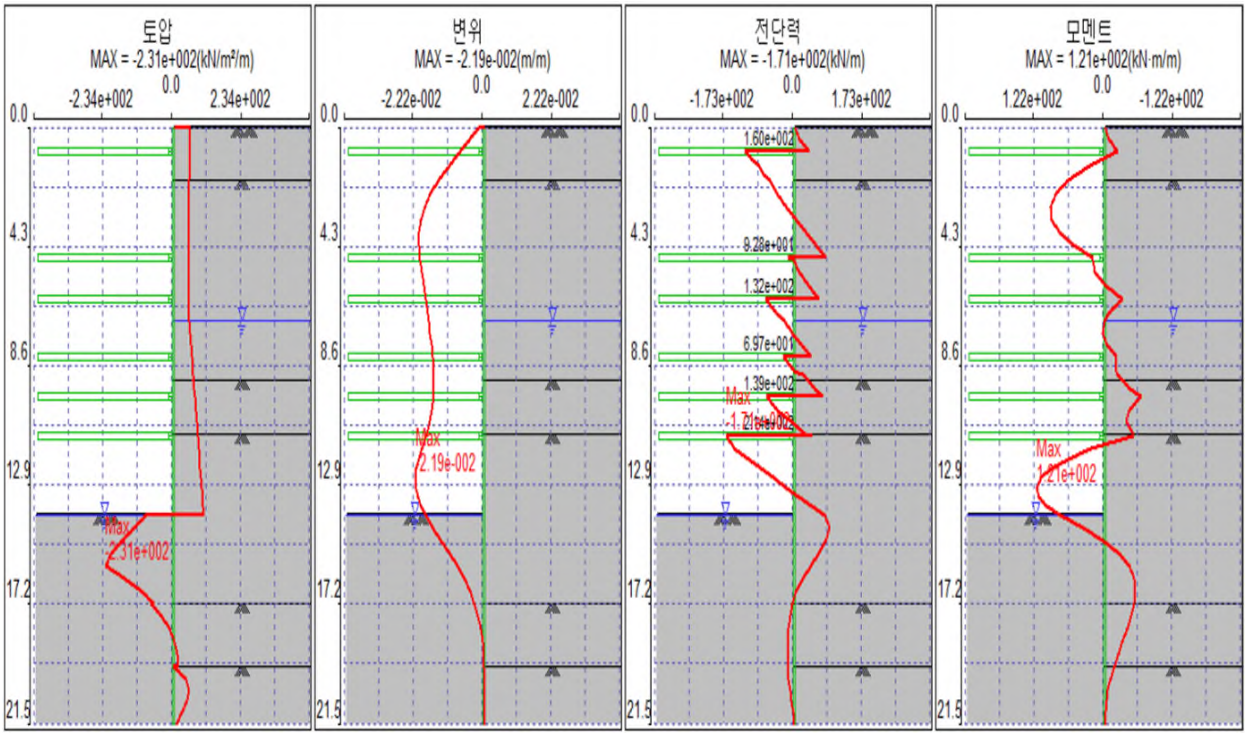
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 버팀5]



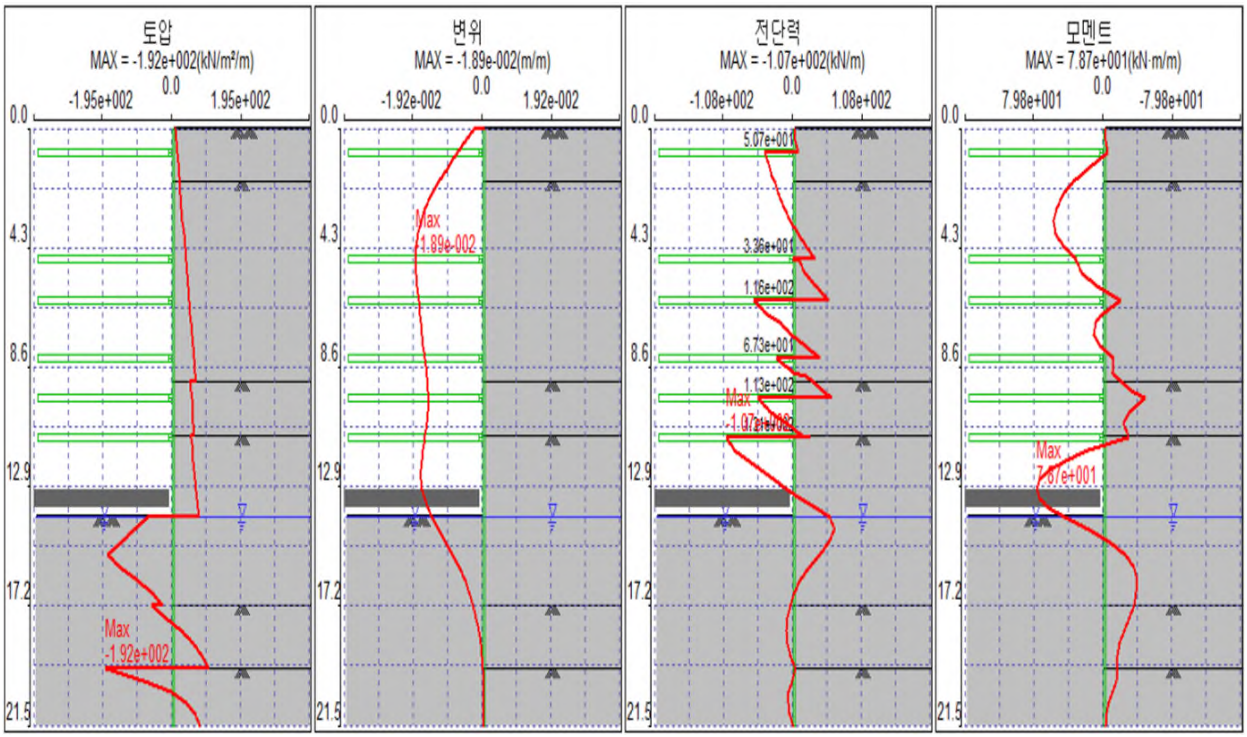
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 14.02 m]



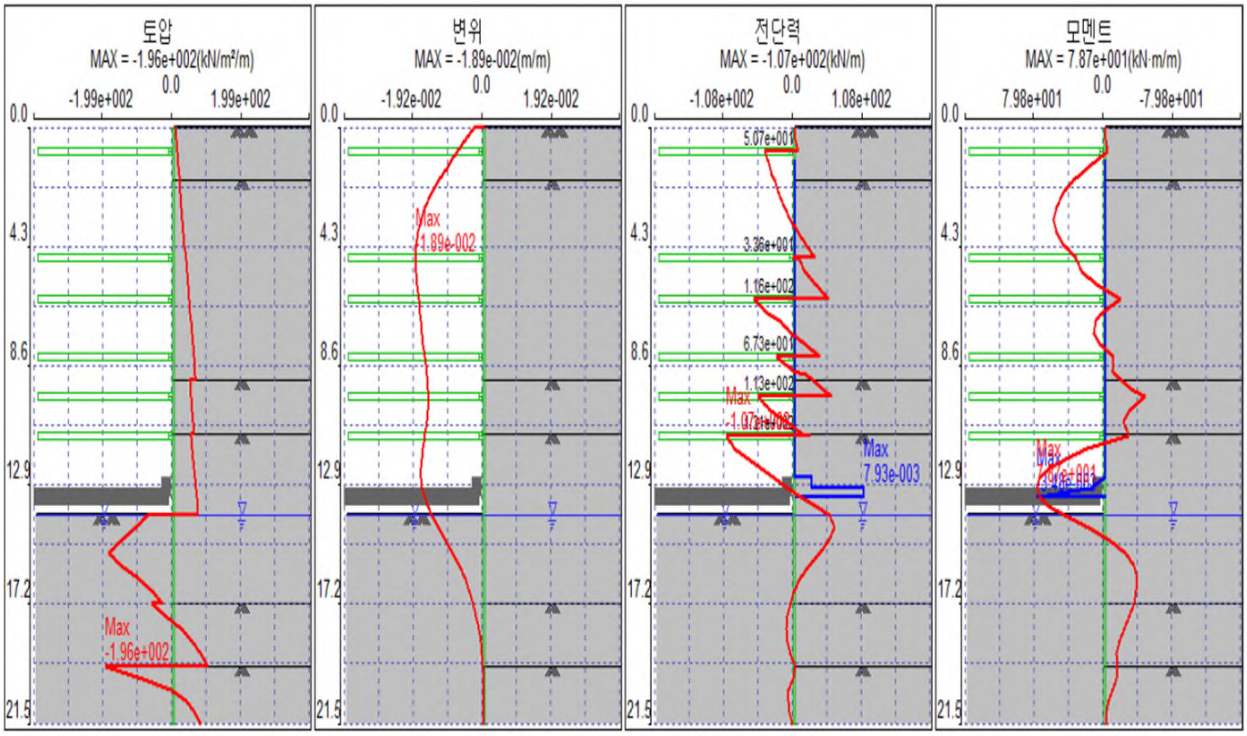
14) 시공 14 단계 [CS14 : PECK]



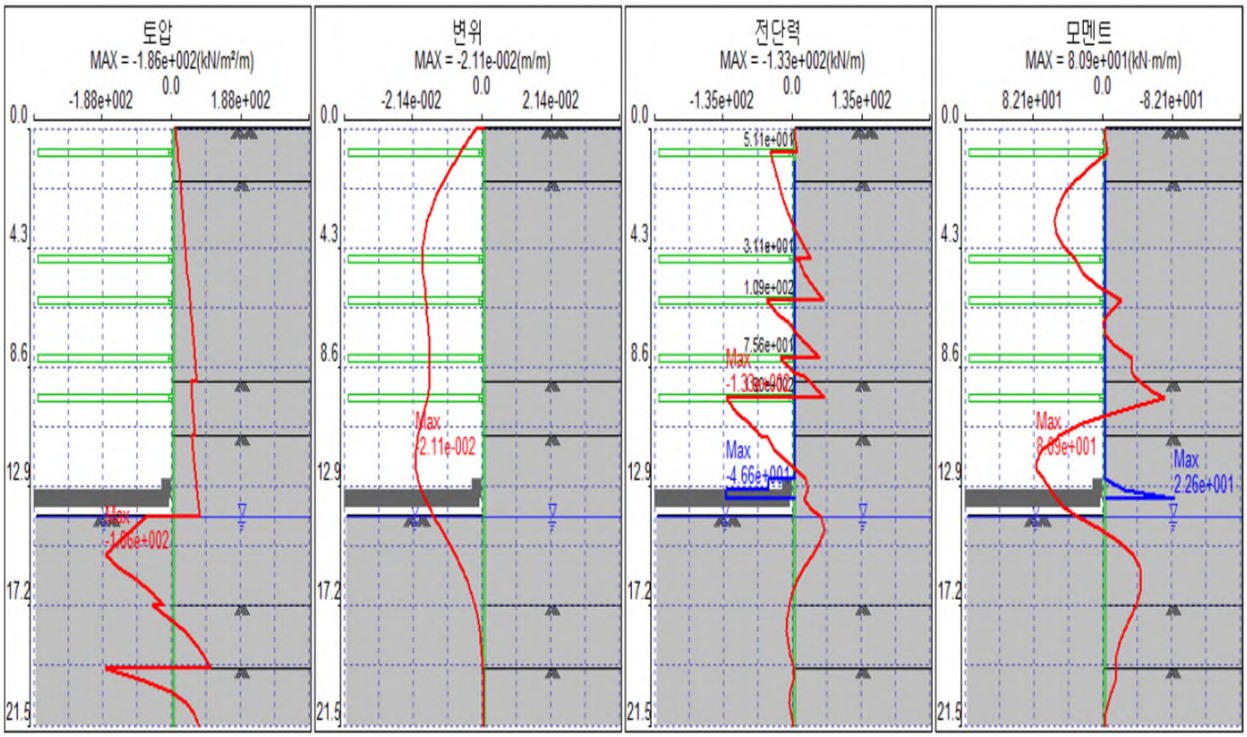
15) 시공 15 단계 [CS15 : 슬래브1]



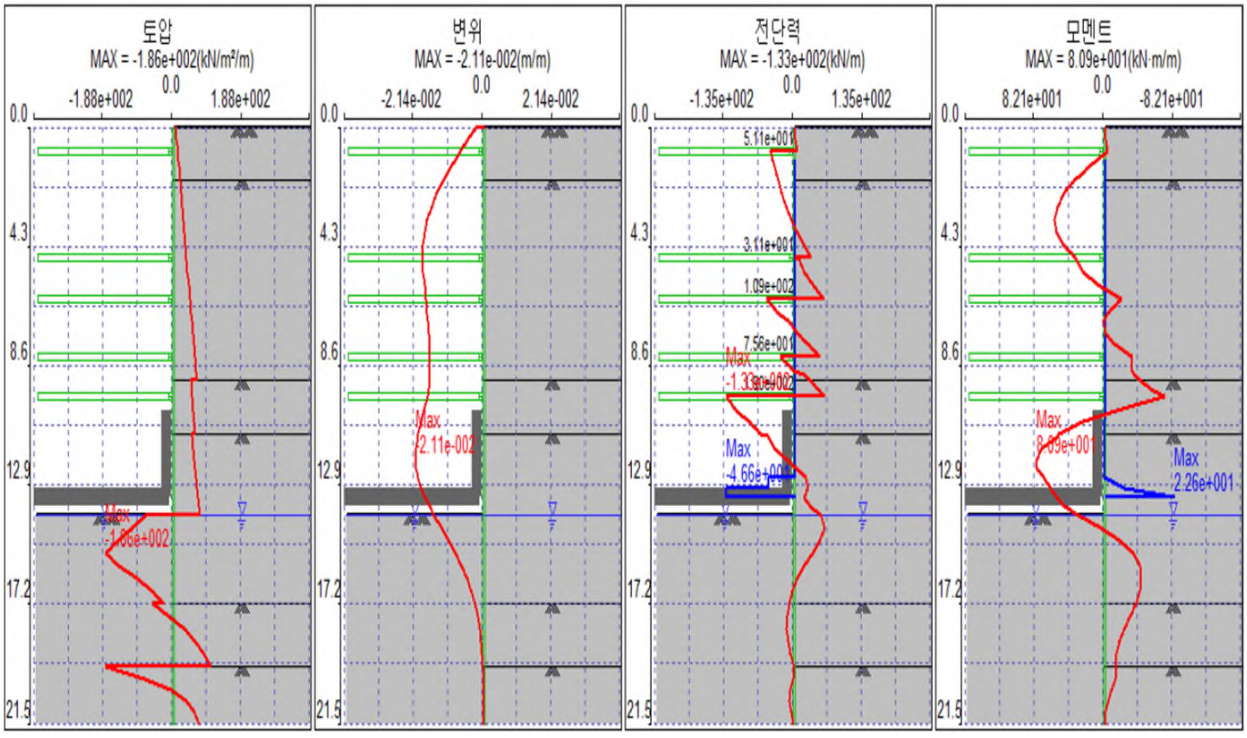
16) 시공 16 단계 [CS16 : 벽체0]



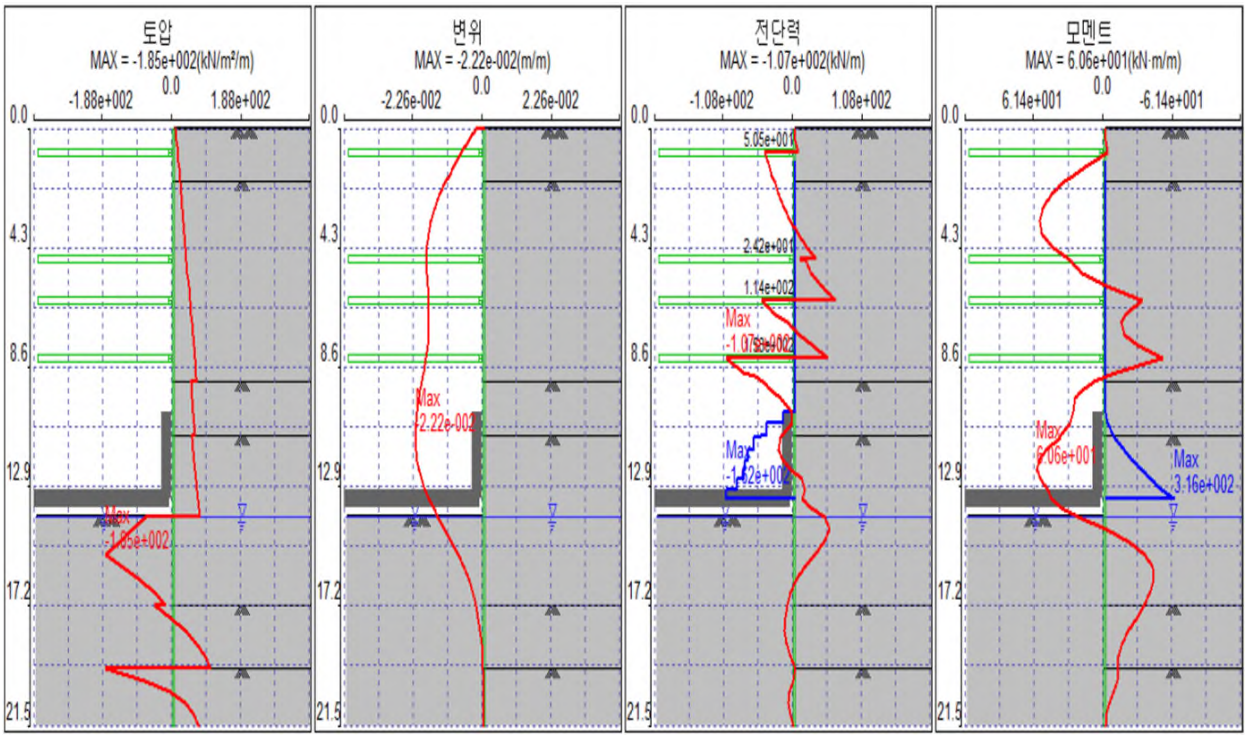
17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체 버팀5]



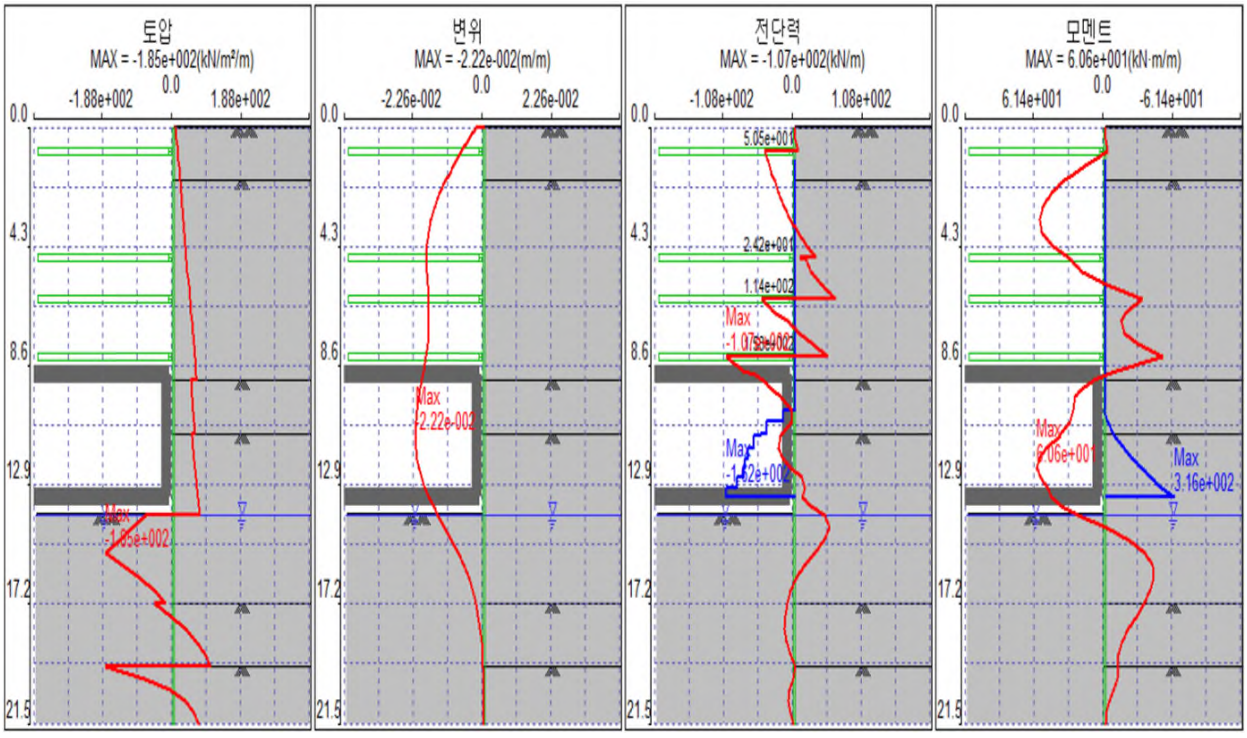
18) 시공 18 단계 [CS18 : 벽체1]



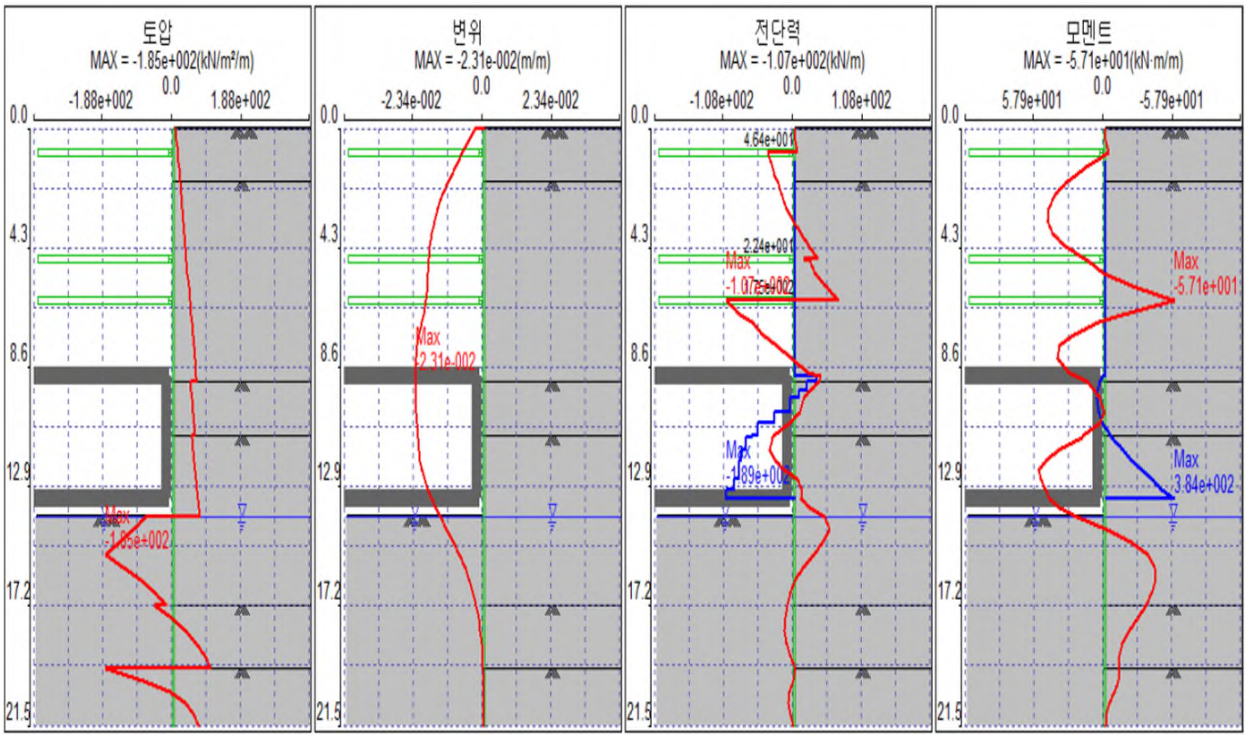
19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체 버팀4]



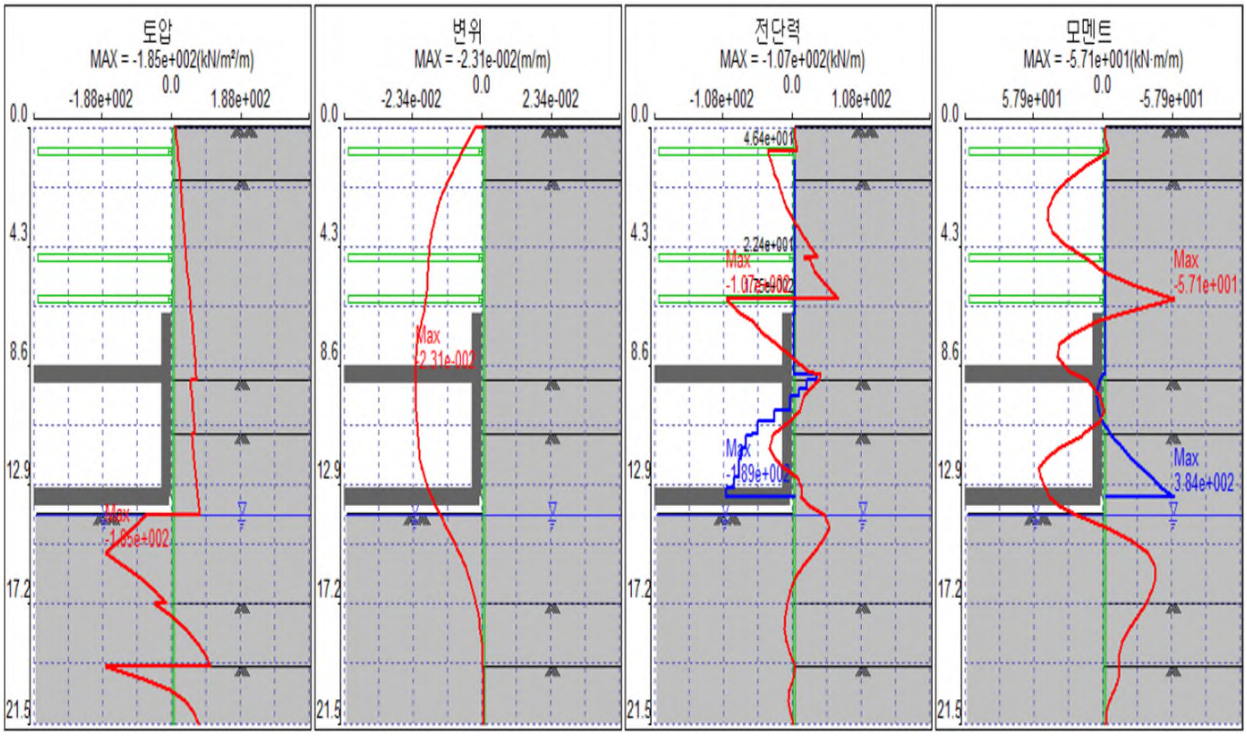
20) 시공 20 단계 [CS20 : 슬래브2]



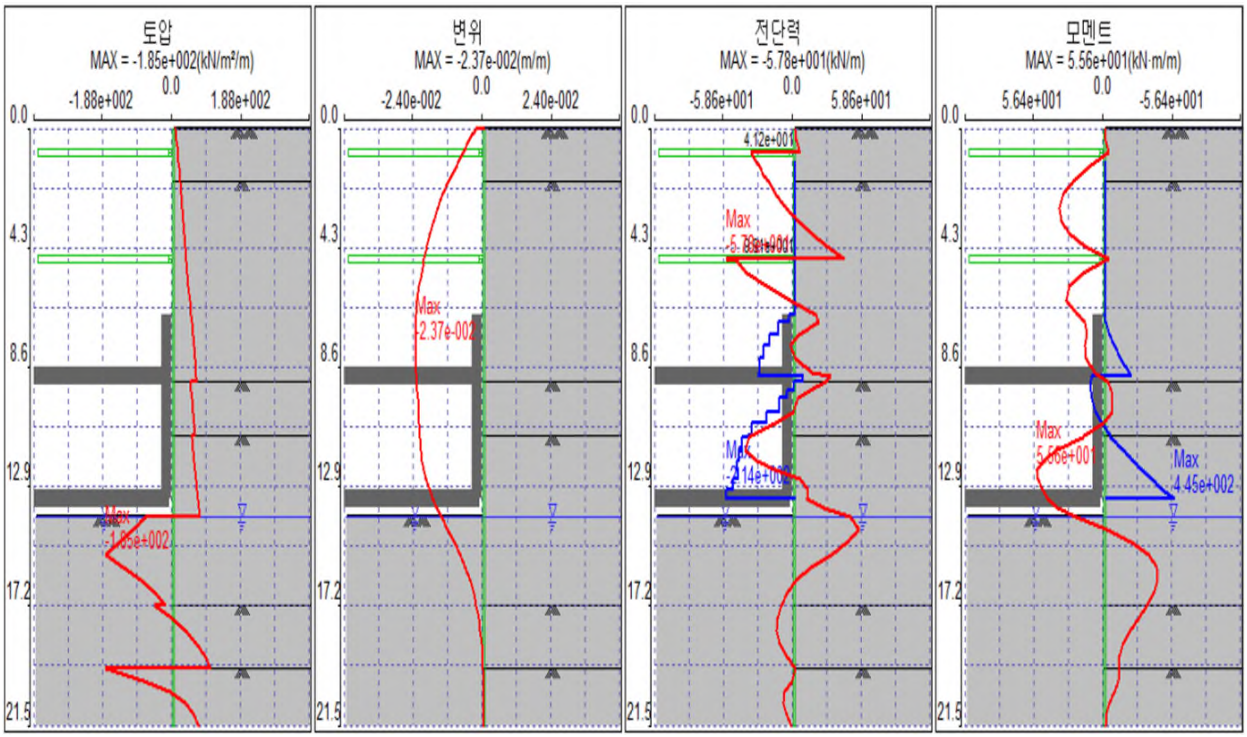
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체 버팀3]



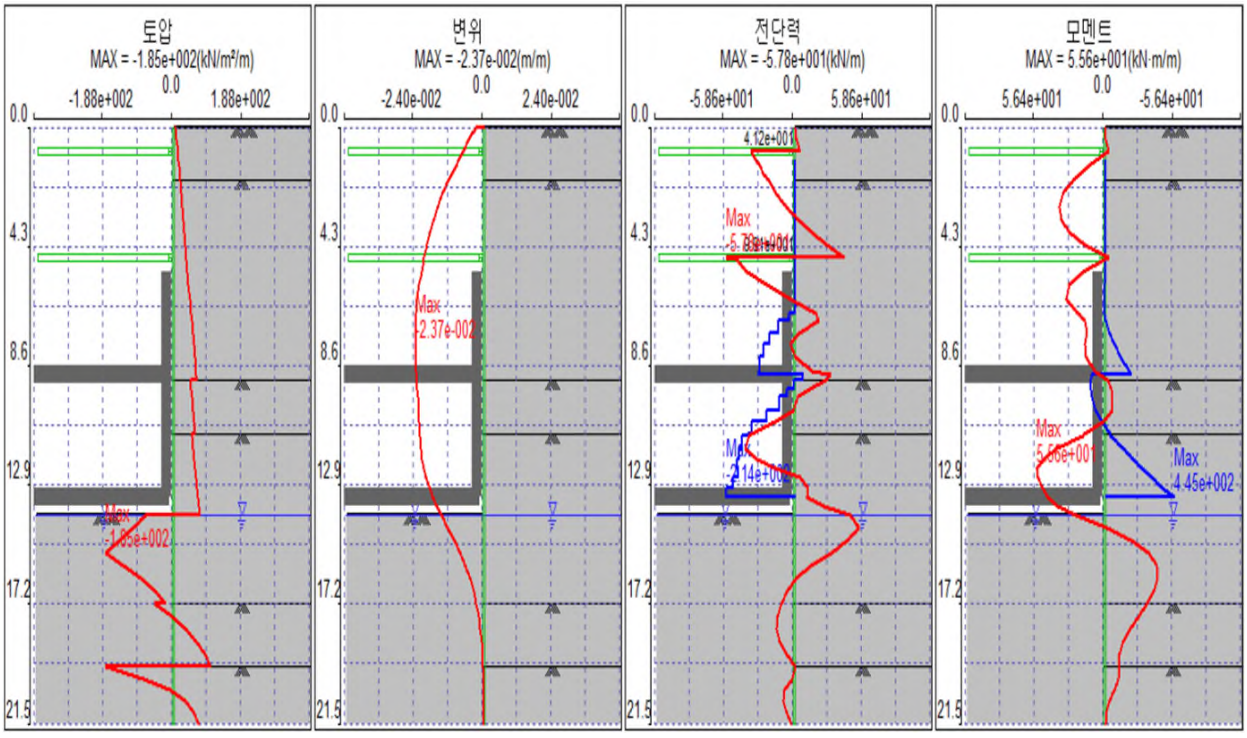
22) 시공 22 단계 [CS22 : 벽체2]



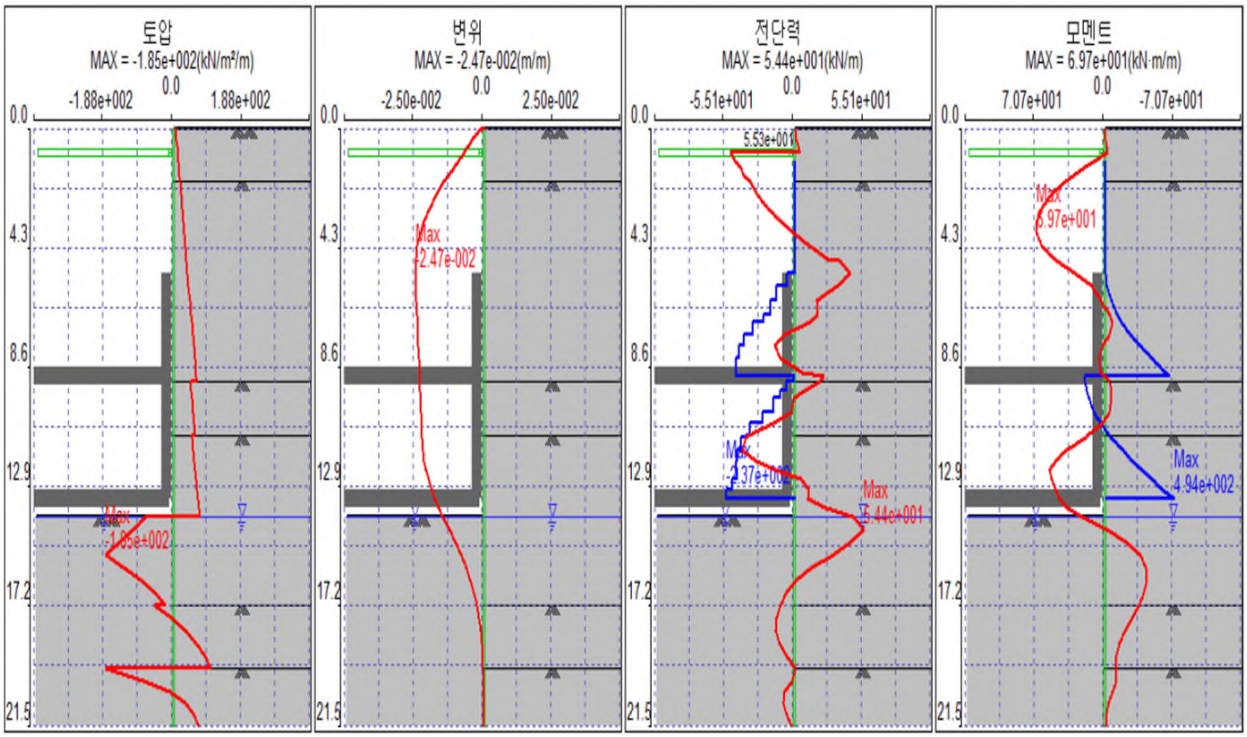
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체 버팀2]



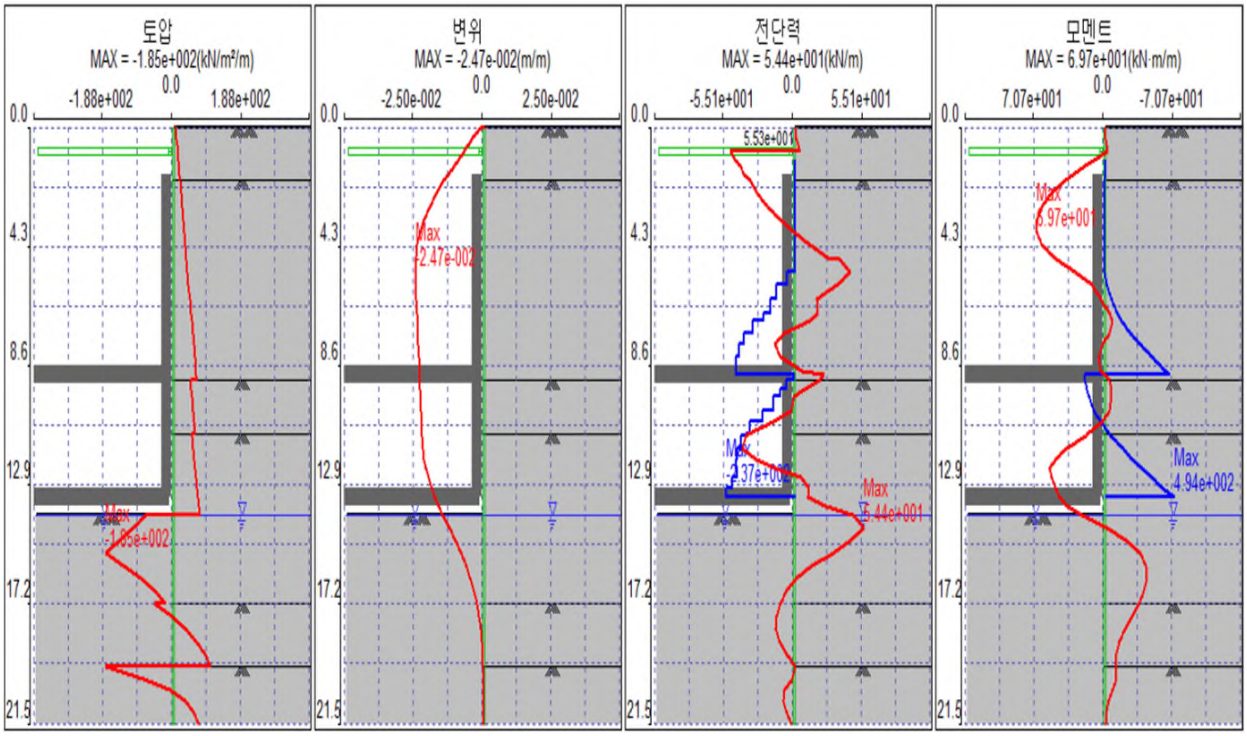
24) 시공 24 단계 [CS24 : 벽체3]



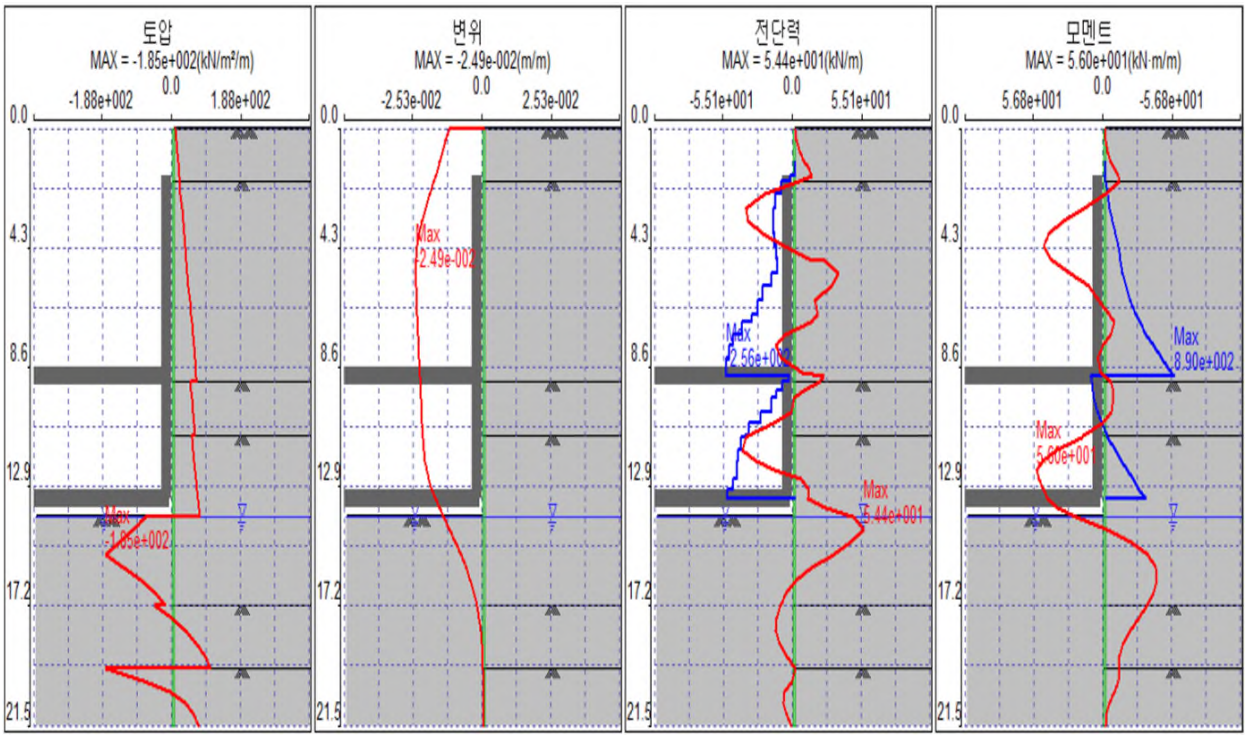
25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체 버팀1]



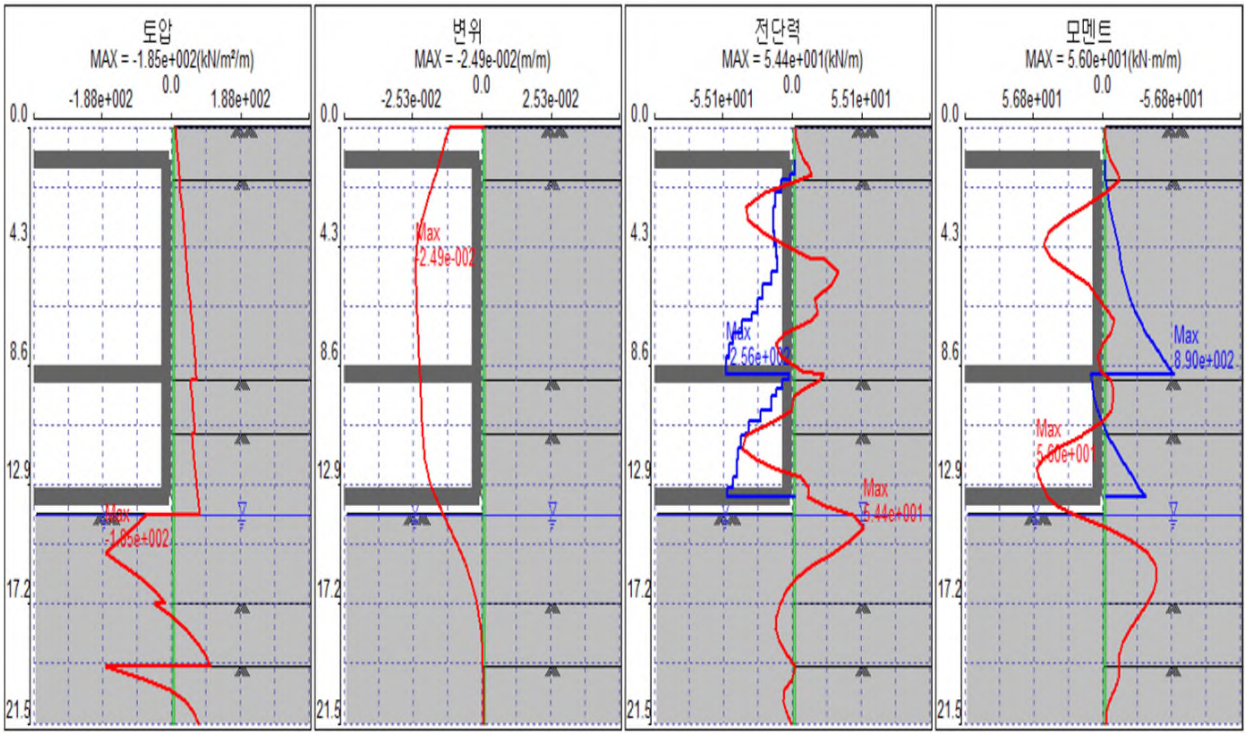
26) 시공 26 단계 [CS26 : 벽체4]



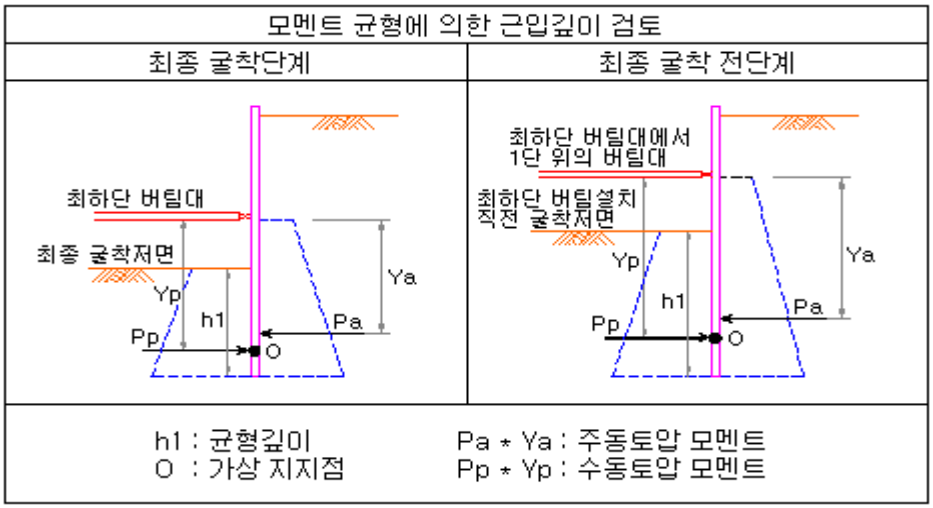
27) 시공 27 단계 [CS27 : 해체 주보]



28) 시공 28 단계 [CS28 : 슬래브3]



14.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.056	7.500	1563.689	27495.734	17.584	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.900	9.900	2843.671	37285.585	13.112	1.200	OK

14.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -11.12 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 263.799 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.53 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 181.971 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.374 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (263.799 x 1.53) + (181.971 x 6.374) = 1563.689 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3170.231 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.673 m

Mp = (Pp x Yp) = (3170.231 x 8.673) = 27495.734 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 27495.734 / 1563.689 = 17.584

S.F. = 17.584 > 1.2 ... OK

14.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.72 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 242.13 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.965 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 370.933 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.037 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (242.13 x 0.965) + (370.933 x 7.037) = 2843.671 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3929.235 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 9.489 m

Mp = (Pp x Yp) = (3929.235 x 9.489) = 37285.585 kN·m

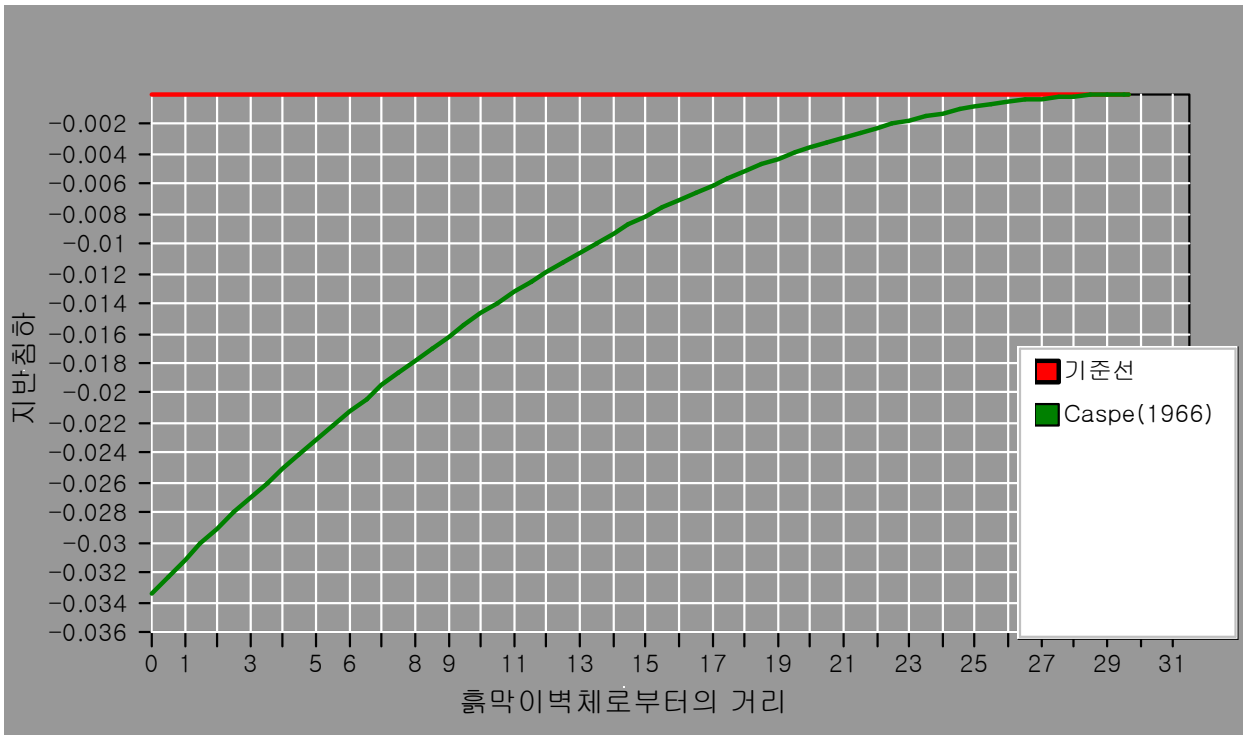
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 37285.585 / 2843.671 = 13.112

S.F. = 13.112 > 1.2 ... OK

14.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



14.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.248 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 42.8 m, Hw = 14.02 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 28.9 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 42.8 x tan(45 + 28.9/2) = 36.258 m

Ht = Hp + Hw = 36.258 + 14.02 = 50.278 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 50.278 x tan(45-28.9/2) = 29.675 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.248 / 29.675 = -0.033 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.033 x ((29.675 - Xi) / 29.675)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-33.398	-1.116	-2.232
0.50	-32.282	-1.097	-2.194
1.00	-31.185	-1.078	-2.156
1.50	-30.107	-1.059	-2.118
2.00	-29.048	-1.040	-2.080
2.50	-28.008	-1.021	-2.042
3.00	-26.987	-1.002	-2.004
3.50	-25.985	-0.983	-1.967

4.00	−25.001	−0.964	−1.929
4.50	−24.037	−0.945	−1.891
5.00	−23.092	−0.926	−1.853
5.50	−22.165	−0.907	−1.815
6.00	−21.258	−0.888	−1.777
6.50	−20.370	−0.869	−1.739
7.00	−19.500	−0.851	−1.701
7.50	−18.650	−0.832	−1.663
8.00	−17.818	−0.813	−1.625
8.50	−17.006	−0.794	−1.587
9.00	−16.212	−0.775	−1.549
9.50	−15.437	−0.756	−1.511
10.00	−14.682	−0.737	−1.473
10.50	−13.945	−0.718	−1.436
11.00	−13.227	−0.699	−1.398
11.50	−12.528	−0.680	−1.360
12.00	−11.848	−0.661	−1.322
12.50	−11.188	−0.642	−1.284
13.00	−10.546	−0.623	−1.246
13.50	−9.923	−0.604	−1.208
14.00	−9.319	−0.585	−1.170
14.50	−8.734	−0.566	−1.132
15.00	−8.168	−0.547	−1.094
15.50	−7.621	−0.528	−1.056
16.00	−7.092	−0.509	−1.018
16.50	−6.583	−0.490	−0.980
17.00	−6.093	−0.471	−0.942
17.50	−5.622	−0.452	−0.905
18.00	−5.170	−0.433	−0.867
18.50	−4.736	−0.414	−0.829
19.00	−4.322	−0.395	−0.791
19.50	−3.927	−0.376	−0.753
20.00	−3.550	−0.357	−0.715
20.50	−3.193	−0.338	−0.677
21.00	−2.854	−0.320	−0.639
21.50	−2.535	−0.301	−0.601
22.00	−2.234	−0.282	−0.563
22.50	−1.952	−0.263	−0.525
23.00	−1.690	−0.244	−0.487
23.50	−1.446	−0.225	−0.449
24.00	−1.221	−0.206	−0.411
24.50	−1.016	−0.187	−0.374
25.00	−0.829	−0.168	−0.336
25.50	−0.661	−0.149	−0.298
26.00	−0.512	−0.130	−0.260
26.50	−0.382	−0.111	−0.222
27.00	−0.271	−0.092	−0.184
27.50	−0.179	−0.073	−0.146
28.00	−0.106	−0.054	−0.108
28.50	−0.052	−0.035	−0.070

29.00	−0.017	−0.016	−0.032
29.50	−0.001	−0.001	−0.007
29.67	0.000	0.000	0.000
Max	−33.398	−1.116	−2.232

3-1.13 TYPE-13

(STA.0+619.0~0+625.0)

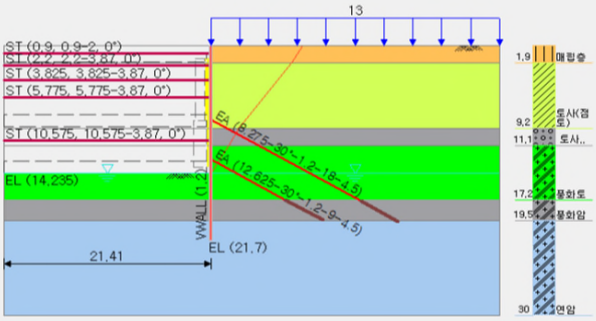
GeoX 구조계산서

TYPE 13 벽체 1단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (지보1)
7.2 Strut 설계 (지보2)
7.3 Strut 설계 (지보3)
7.4 Strut 설계 (지보5)
7.5 Earth Anchor 설계 (지보4, 지보6)
8.까치발 설계
8.1 Strut
9.띠장 설계
9.1 지보1 띠장 설계
9.2 지보2 띠장 설계
9.3 지보3 띠장 설계
9.4 지보4 띠장 설계
9.5 지보5 띠장 설계
9.6 지보6 띠장 설계
10.측면말뚝 설계
10.1 흙막이벽(우)
11.중간말뚝 설계
12. 흙막이 벽체 설계
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 14.23m)
13.전산 입력 정보
14.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9-2, 0°)
ST (2.2, 2.2-3.87, 0°)
ST (3.825, 3.825-3.87, 0°)
ST (5.775, 5.775-3.87, 0°)
ST (10.575, 10.575-3.87, 0°)
EL (14.235)
EA (8.275-30+1.2*18-4.5)
EA (12.825-30+1.2*9-4.5)
WALL (1:2)
EL (21.7)
21.41
1.9
매립층
9.2
토사(점토)
11.1
토사,,
17.2
풍화토
19.5
풍화암
30
연암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	71.871	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.180	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
지보1 P 406.4x12	2.20	휨응력	24.034	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	34.478	125.723	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.487	89.387	O.K		
지보2 P 406.4x12	3.83	휨응력	24.034	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	39.797	125.723	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.487	89.387	O.K		
지보3 P 406.4x12	5.78	휨응력	24.034	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	59.459	125.723	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.487	89.387	O.K		
지보5 P 406.4x12	10.58	휨응력	24.034	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	64.726	125.723	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.487	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
지보4 Strand12.7x4EA	8.28	O.K	O.K	O.K
지보6 Strand12.7x4EA	12.63	O.K	O.K	O.K

2.5 까치발

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut H 300x305x15/15	0.90	휨응력	3.036	146.097	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	9.515	141.055	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	1.632	90.000	O.K		

2.6 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
지보1 H 440x300x11/18	2.20	휨응력	50.602	139.385	O.K	
		전단응력	34.983	90.000	O.K	
지보2 H 440x300x11/18	3.83	휨응력	60.794	139.385	O.K	
		전단응력	42.029	90.000	O.K	
지보3 H 440x300x11/18	5.78	휨응력	98.469	139.385	O.K	
		전단응력	68.075	90.000	O.K	
지보4 2H 250x250x9/14	8.28	휨응력	33.676	156.940	O.K	
		전단응력	48.710	90.000	O.K	
지보5 H 440x300x11/18	10.58	휨응력	108.562	139.385	O.K	
		전단응력	75.052	90.000	O.K	
지보6 2H 250x250x9/14	12.63	휨응력	38.082	156.940	O.K	
		전단응력	55.083	90.000	O.K	

2.7 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	128.113	187.358	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	56.188	201.841	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	51.687	123.750	O.K	지지력	O.K

2.8 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	69.937	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.744	137.022	O.K	지지력	O.K

2.9 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 14.24	휨응력	135.439	303.750	O.K		
		압축응력	131.649	292.872	O.K		
		전단응력	64.260	174.375	O.K		

2.10 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS23 : 슬래브2	31.329	42.705	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x12	수평간격 :	3.87	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.87	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.87	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.87	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.87m	
까치발	H 300x305x15/15(SS400)	1.87m	45.0°
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

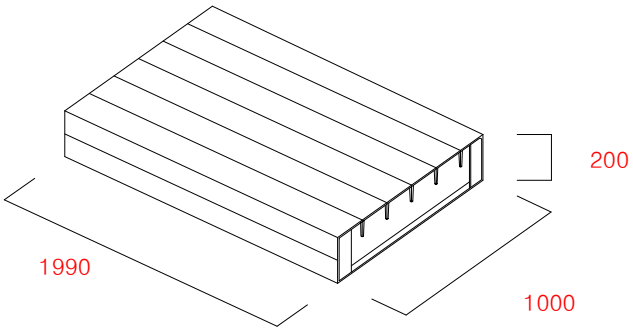
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

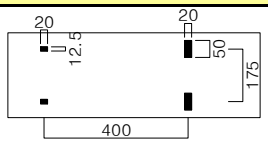
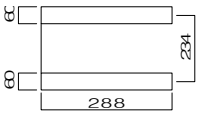
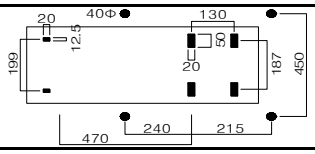
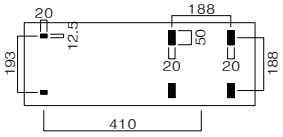
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

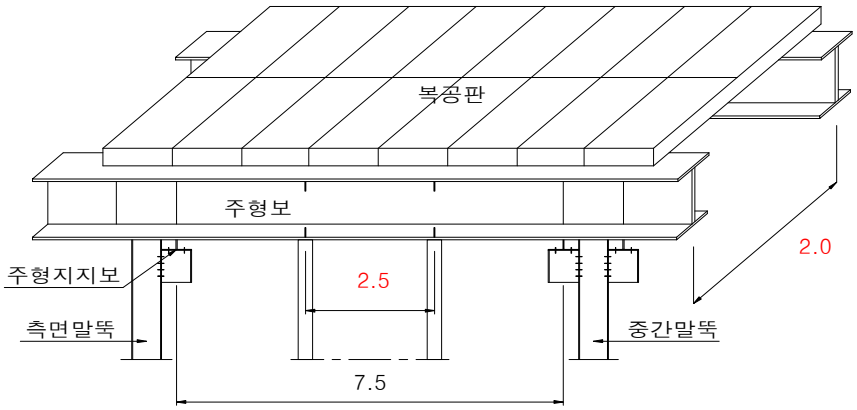
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

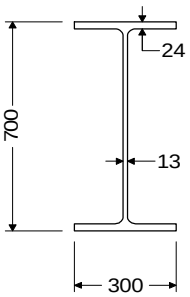
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.500 \times 7.500 / 8 = 39.023$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.500 / 2 = 20.813$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)$

$= 0.316 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

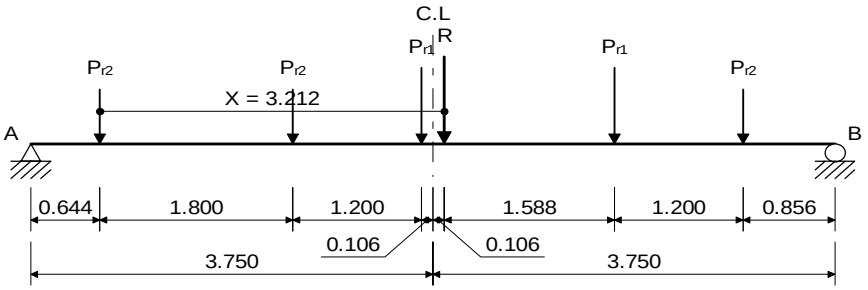
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)

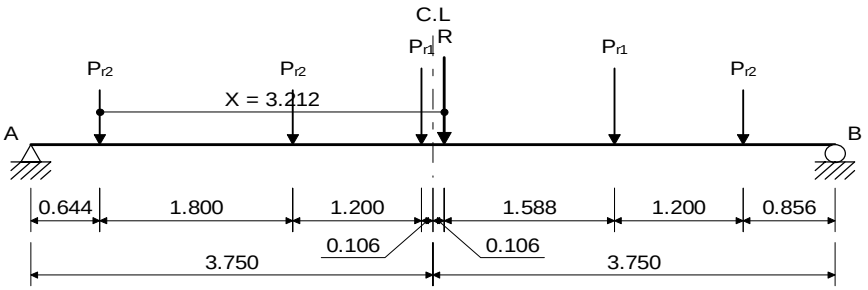


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

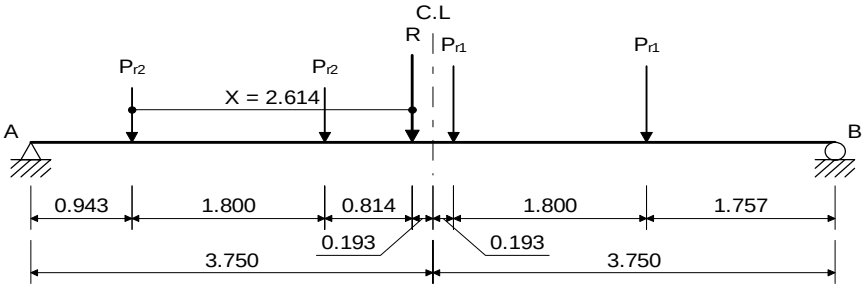
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L
= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500
= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

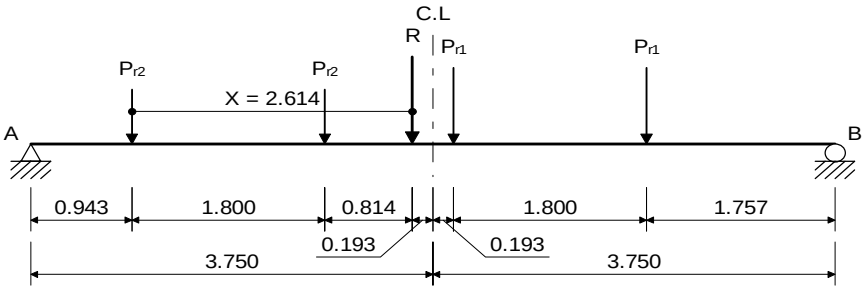


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

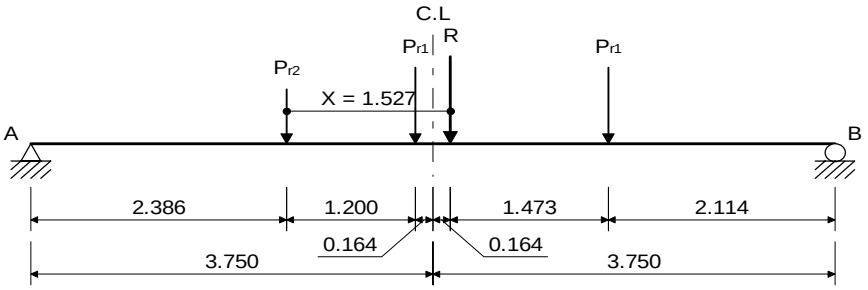
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

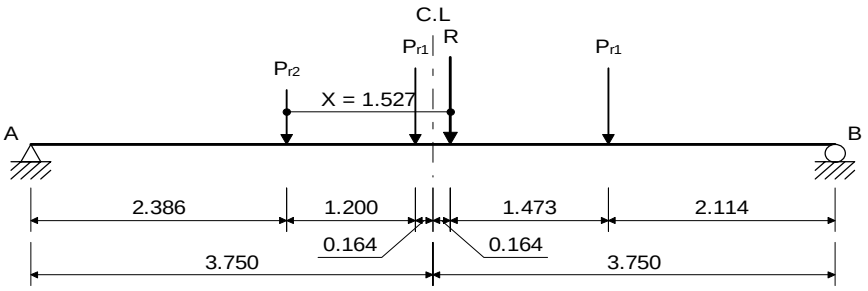


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

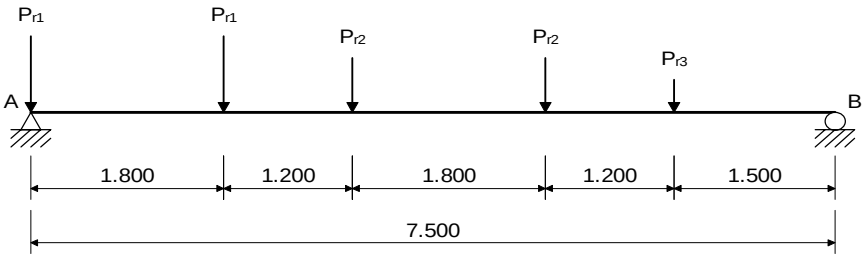


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x 1.00 = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 \times 1000000 / 5760000.0 = 101.569$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 344.357 \times 1000 / 8476 = 40.627$ MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 24.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2500 / 300$

$= 8.333$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (8.333 - 4.6))$

$= 147.042$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 147.042$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 147.042$ MPa > $f_b = 101.569$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 40.627$ MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 420.010 / (7.50 \times 7.50) = 59.735$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 59.735 \times 7500.0^4 / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 5.830$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

$\delta_a = Min.(L/400, 25mm)$

$= Min. (7500.0 / 400 , 25)$

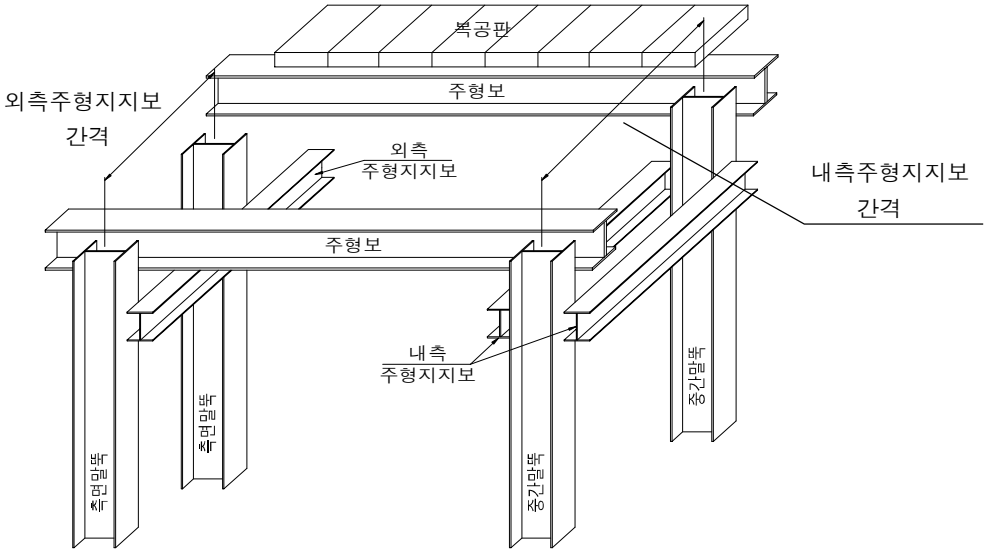
$= 18.750$ mm > $\delta_l = 5.830$ mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

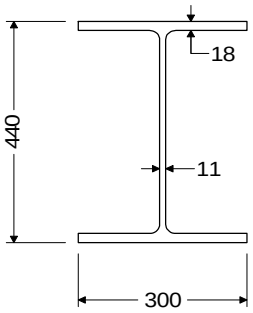
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

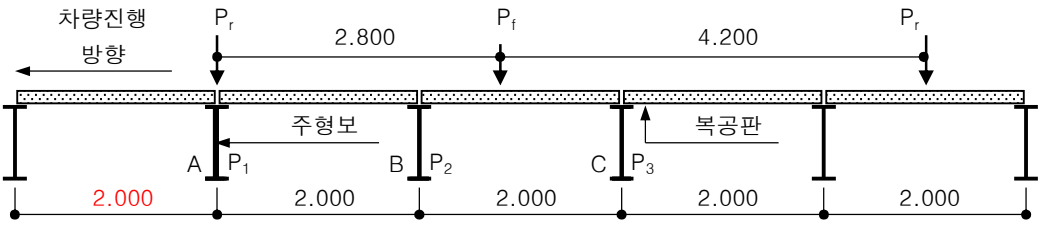


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



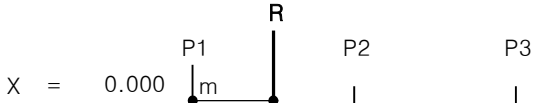
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

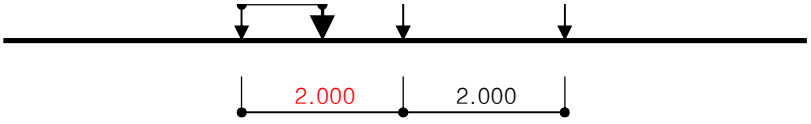
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



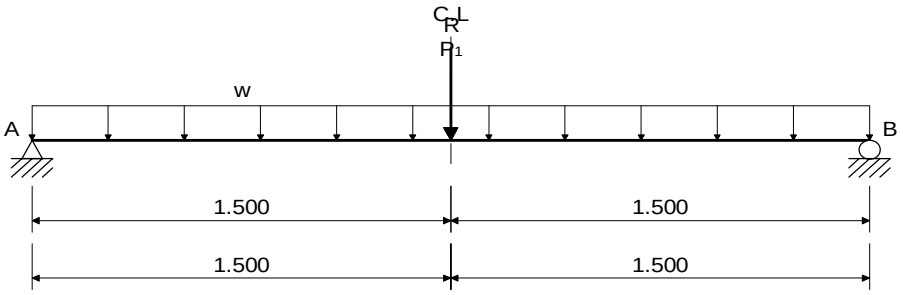


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

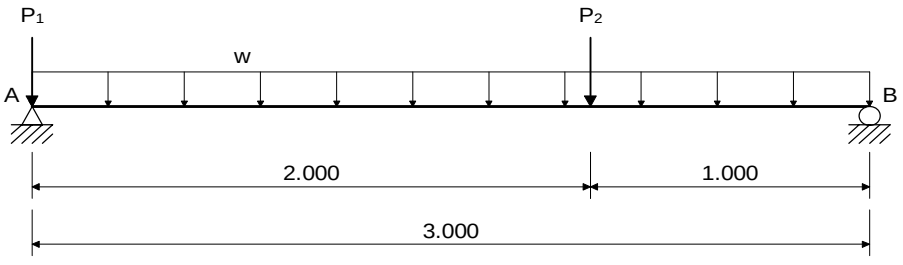
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 3.000
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 259.631 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (344.356 x 3.000 + 69.344 x 1.000) / 3.000
= 367.471 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 367.471 + 1.212 x 3.00 / 2
= 369.289 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

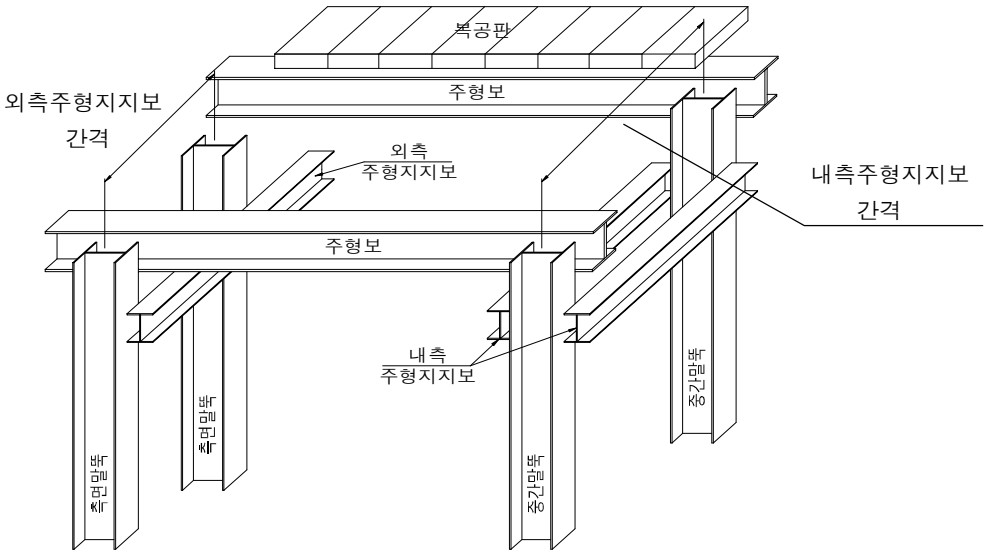
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

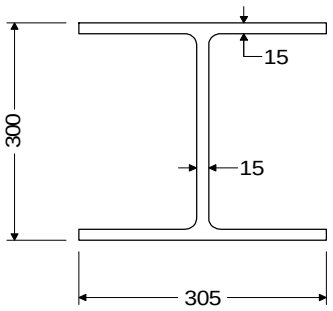
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

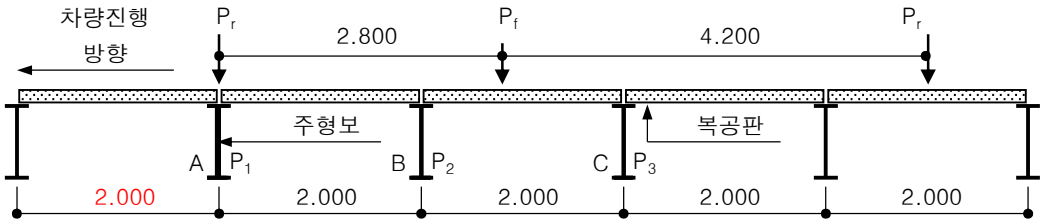


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



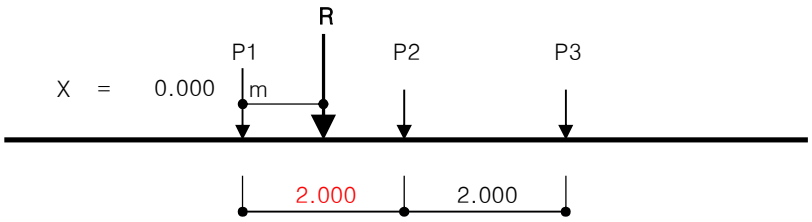
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 344.356

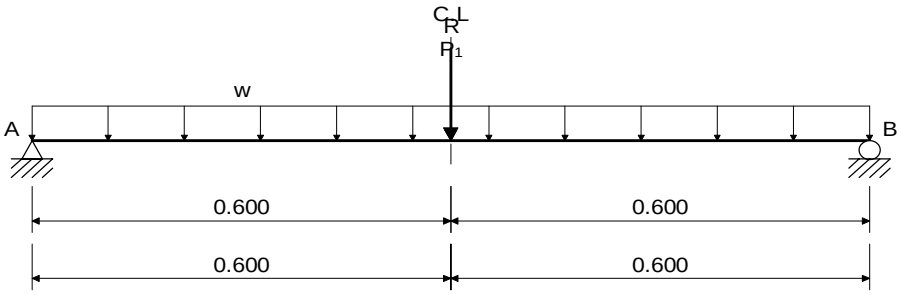
= 344.357 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 344.356

= 0.000 m

② 최대 휨모멘트



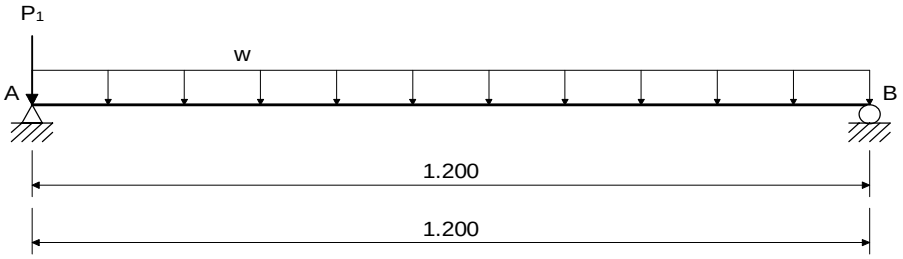
R_a = (P_1 x 0.600) / L

= (344.356 x 0.600) / 1.200

= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 103.494 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (344.356 x 1.200) / 1.200
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.20 / 2
= 344.979 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 103.494 x 1000000 / 1440000.0 = 71.871 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.979 x 1000 / 4050 = 85.180 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.871 + 71.871) / 71.871
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 71.871 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.180 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 344979 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

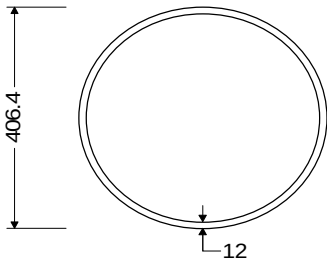
7.1 Strut 설계 (지보1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.87 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 101.458 kN/m ---> 지보1 (CS16 : PECK)
= 101.458 x 3.87 / 1 단
= 392.643 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 392.643 + 120.0 = 512.643 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 1 단
= 34.225 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 1 단
= 18.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 x 1000000 / 1424000.0 = 24.034 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 512.643 x 1000 / 14868.5 = 34.478 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.500 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.487 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.082 x 12)

= 15.648 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.082

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (58.513 − 10.444) / 58.513

= 0.822 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 139.5

53.047 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.047 − 18.6))

= 125.723 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 125.723 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.047)^2

= 479.754 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.723 MPa > f_c = 34.478 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.034 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.487 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{34.478}{125.723} + \dfrac{24.034}{157.500 \times (1 - (34.478 / 479.754))}$

= 0.439 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 34.478 + \dfrac{24.034}{1 - (34.478 / 479.754)}$

$= \quad 60.374 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.439 \quad , \quad 0.383 \quad)$

$= \quad 0.439 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{58.513}{125.723} + \left\{ \dfrac{2.487}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.466 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

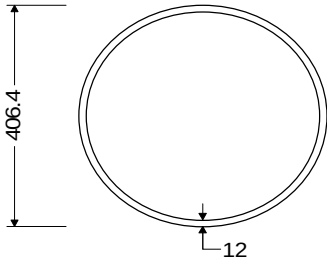
7.2 Strut 설계 (지보2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.87 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 121.893 kN/m ---> 지보2 (CS16 : PECK)
= 121.893 x 3.87 / 1 단
= 471.725 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 471.725 + 120.0 = 591.725 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 1 단
= 34.225 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 1 단
= 18.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 x 1000000 / 1424000.0 = 24.034 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 591.725 x 1000 / 14868.5 = 39.797 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.500 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.487 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.075 x 12)

= 15.747 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.075

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (63.832 − 15.763) / 63.832

= 0.753 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 139.5

53.047 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.047 − 18.6))

= 125.723 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 125.723 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.047)^2

= 479.754 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.723 MPa > f_c = 39.797 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.034 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.487 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{39.797}{125.723} + \dfrac{24.034}{157.500 \times (1 - (39.797 / 479.754))}$

= 0.483 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 39.797 + \dfrac{24.034}{1 - (39.797 / 479.754)}$

$= \quad 66.006 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.483 \quad , \quad 0.419 \quad)$

$= \quad 0.483 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{63.832}{125.723} + \left\{ \dfrac{2.487}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.508 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

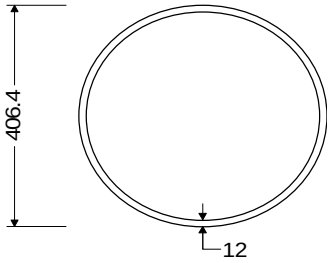
7.3 Strut 설계 (지보3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.87 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 197.432 kN/m ---> 지보3 (CS23 : 슬래브2)
= 197.432 x 3.87 / 1 단
= 764.062 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 764.062 + 120.0 = 884.062 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 1 단
= 34.225 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 1 단
= 18.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 x 1000000 / 1424000.0 = 24.034 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 884.062 x 1000 / 14868.5 = 59.459 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.500 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.487 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.058 x 12)

= 16.012 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.058

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (83.493 − 35.424) / 83.493

= 0.576 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 139.5

53.047 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.047 − 18.6))

= 125.723 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 125.723 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.047)^2

= 479.754 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.723 MPa > f_c = 59.459 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.034 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.487 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{59.459}{125.723} + \dfrac{24.034}{157.500 \times (1 - (59.459 / 479.754))}$

= 0.647 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 59.459 + \dfrac{24.034}{1 - (59.459 / 479.754)}$

$= \quad 86.893 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.647 \quad , \quad 0.552 \quad)$

$= \quad 0.647 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{83.493}{125.723} + \left\{ \dfrac{2.487}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.665 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

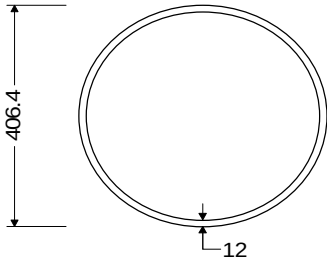
7.4 Strut 설계 (지보5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.400 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.87 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 217.667 kN/m ---> 지보5 (CS16 : PECK)
= 217.667 x 3.87 / 1 단
= 842.372 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 842.372 + 120.0 = 962.372 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.400 x 7.400 / 8 / 1 단
= 34.225 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.400 / 2 / 1 단
= 18.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 x 1000000 / 1424000.0 = 24.034 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 962.372 x 1000 / 14868.5 = 64.726 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.500 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.487 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.054 x 12)

= 16.063 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.054

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (88.760 − 40.691) / 88.760

= 0.542 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7400 / 139.5

53.047 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.047 − 18.6))

= 125.723 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 125.723 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.047)^2

= 479.754 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.723 MPa > f_c = 64.726 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.034 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.487 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{64.726}{125.723} + \dfrac{24.034}{157.500 \times (1 - (64.726 / 479.754))}$

= 0.691 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 64.726 + \dfrac{24.034}{1 - (64.726 / 479.754)}$

$= \quad 92.508 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.691 \quad , \quad 0.587 \quad)$

$= \quad 0.691 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{88.760}{125.723} + \left\{ \dfrac{2.487}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.707 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

7.5 Earth Anchor 설계 (지보4, 지보6)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	105.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

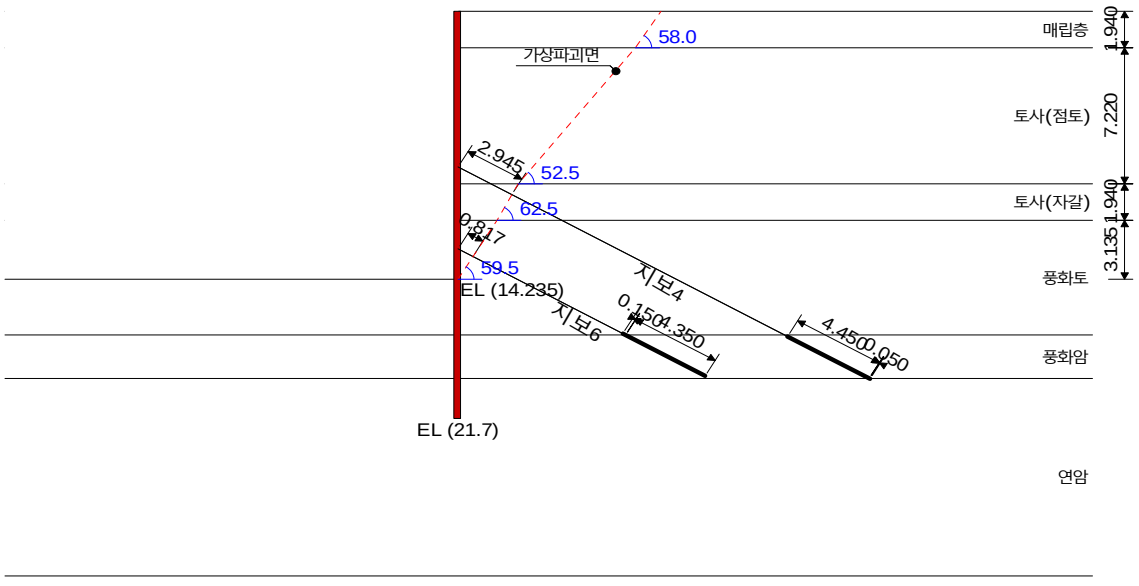
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
지보4	8.275	2.945	2.135	18.000	O.K
지보6	12.625	0.817	2.135	9.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)

지보4	8.275	252.633	1.200	30	303.159
지보6	12.625	279.673	1.200	30	335.608

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
8.275	200000	3.0	98.71	4	18.5	12805.622
12.625	200000	3.0	98.71	4	9.5	24937.263

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
8.275	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
12.625	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
8.275	303.159	12.806	24.796	340.761
12.625	335.608	24.937	24.796	385.341

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
8.275	340.761	110.160	4	3.093	O.K
12.625	385.341	110.160	4	3.498	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
지보4	8.275	303.159	풍화암	2.50	105.000	700.000	3.282	303.159
합계		-	-	-	-	-	3.282	-
지보6	12.625	335.608	풍화토	2.50	105.000	200.000	0.150	3.958
		331.650	풍화암	2.50	105.000	700.000	3.591	331.650
합계		-	-	-	-	-	3.741	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,
T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
8.275	303.159	4.0	12.70	1000.0	1.900
12.625	335.608	4.0	12.70	1000.0	2.103

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
8.275	3.282	1.900	4.5	O.K
12.625	3.741	2.103	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
8.275	18.000	1.500	4.500	24.000
12.625	9.000	1.500	4.500	15.000

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)
JFreq = JACKING FORCE (kN)
L = 자유장 + 0.5 m
Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)
N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
8.275	340.761	18.5	200000	98.71	4	79.831
12.625	385.341	9.5	200000	98.71	4	46.357

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
8.275	1.20	30.0	18.000	1.500	4.500	340.761
12.625	1.20	30.0	9.000	1.500	4.500	385.341

8.까치발 설계

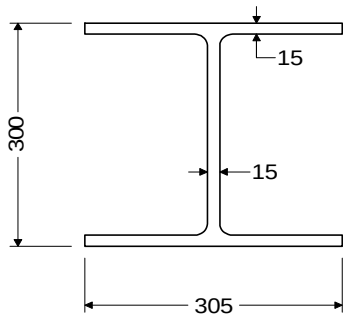
8.1 Strut

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 2.645 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480.000
I_x (mm^4)	215000000.000
Z_x (mm^3)	1440000.000
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



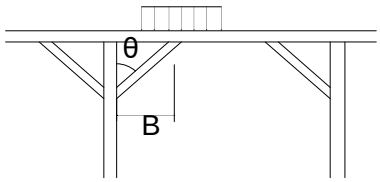
(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.000 m

(5) 까치발 설치위치(B) : 1.870 m

(6) 각도 (θ) : 45 도

(7) 축력분담폭 : 0.065 m



나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 89.942 kN/m ---> 주형보 (CS16 : PECK)
= 89.942 x 0.065 / 1 단
= 5.846 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 5.846 / cos 45 ° + 120.0
= 128.268 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 2.645 x 2.645 / 8
= 4.371 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 2.645 / 2 / 1 단
= 6.611 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 4.371 x 1000000 / 1440000.0 = 3.036 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 128.268 x 1000 / 13480 = 9.515 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 6.611 x 1000 / 4050 = 1.632 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.215

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (12.551 − 6.480) / 12.551

= 0.484

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 2644.58 / 126

20.989 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (20.989 − 18.6))

= 155.296 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 155.296 MPa

L_y / R_y = 2644.58 / 72.6

36.427 ---> 18.6 < Ly/Ry ≤ 92.8 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (36.427 − 18.6))

= 141.055 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 141.055 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 141.055 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2644.58 / 305

= 8.671 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.671 − 4.6))

= 146.097 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 146.097 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (20.989)^2

= 3064.514 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 141.055 MPa > f_c = 9.515 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 146.097 MPa > f_b = 3.036 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 1.632 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{9.515}{141.055} + \frac{3.036}{146.097 \times (1 - (9.515 / 3064.514))}$$

$$= 0.088 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 9.515 + \frac{3.036}{1 - (9.515 / 3064.514)}$$

$$= 12.560 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.088 , 0.080)

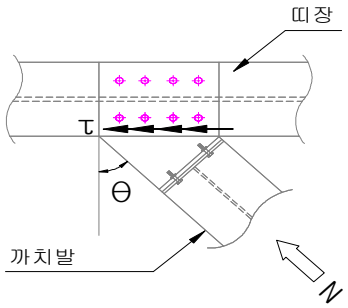
= 0.088 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 128.268 \times \sin 45°$

$= 90.699$ kN



$\tau = N * \sin\Theta$

▶ 사용볼트 : F8T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 100 = 112.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 90699 / (112.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 2.12$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 2.12 ea ---> O.K

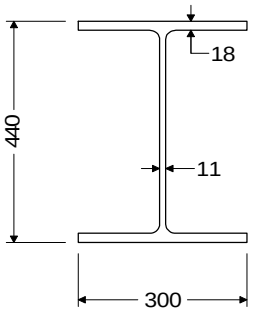
9.띠장 설계

9.1 지보1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

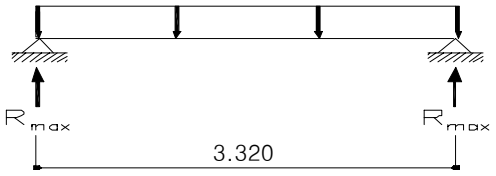
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.320 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 101.458 kN/m ---> 지보1 (CS16 : PECK)

P = 101.458 × 3.87 m / 1 ea = 392.643 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 392.643 / (13 × 3.870)
= 93.654 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 93.654 × 3.320^2 / 8
= 129.036 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 93.654 × 3.320 / 2
= 155.465 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 129.036 x 1000000 / 2550000.0 = 50.602 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 155.465 x 1000 / 4444 = 34.983 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (50.602 + 50.602) / 50.602

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3320 / 300

= 11.067 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (11.067 − 4.6))

= 139.385 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 139.385 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 139.385 MPa > f_b = 50.602 MPa ---> O.K

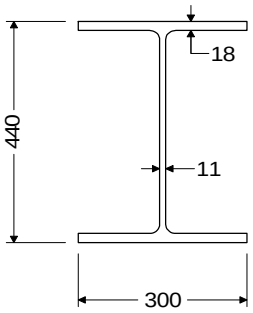
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 34.983 MPa ---> O.K

9.2 지보2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

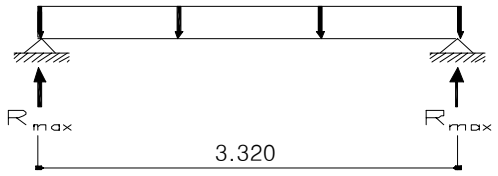
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.320 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 121.893 kN/m ---> 지보2 (CS16 : PECK)

P = 121.893 × 3.87 m / 1 ea = 471.725 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 471.725 / (13 × 3.870)
= 112.516 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 112.516 × 3.320^2 / 8
= 155.025 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 112.516 × 3.320 / 2
= 186.777 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 155.025 x 1000000 / 2550000.0 = 60.794 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 186.777 x 1000 / 4444 = 42.029 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (60.794 + 60.794) / 60.794$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3320 / 300

= 11.067 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (11.067 − 4.6))

= 139.385 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 139.385 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 139.385 MPa > f_b = 60.794 MPa ---> O.K

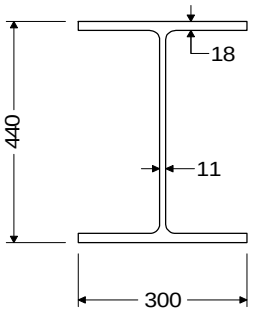
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.029 MPa ---> O.K

9.3 지보3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

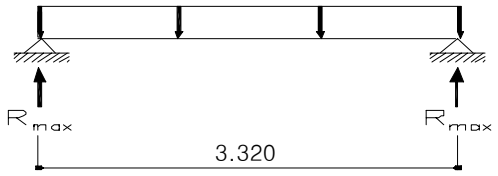
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.320 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 197.432 kN/m ---> 지보3 (CS23 : 슬래브2)

P = 197.432 × 3.87 m / 1 ea = 764.062 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 764.062 / (13 × 3.870)
= 182.245 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 182.245 × 3.320^2 / 8
= 251.097 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 182.245 × 3.320 / 2
= 302.526 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.097 x 1000000 / 2550000.0 = 98.469 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 302.526 x 1000 / 4444 = 68.075 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (98.469 + 98.469) / 98.469$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3320 / 300$

$= 11.067$ ---> $4.6 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (11.067 - 4.6))$

$= 139.385$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 139.385$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 139.385$ MPa > $f_b = 98.469$ MPa ---> O.K

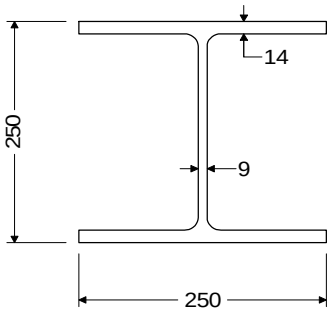
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 68.075$ MPa ---> O.K

9.4 지보4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

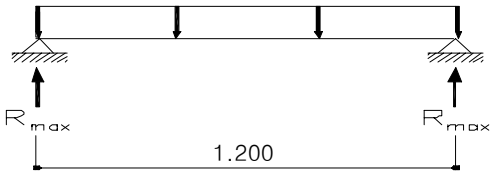
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



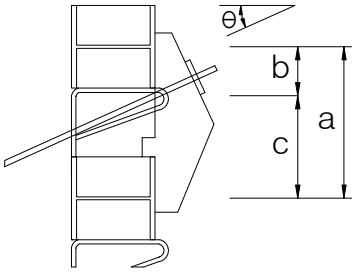
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 340.761 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 340.761 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 210.868 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 210.868 / (13 × 1.200)
= 162.206 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 162.206 × 1.200 ^{2} / 8
= 29.197 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 162.206 × 1.200 / 2
= 97.324 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 29.197 x 1000000 / 867000.0 = 33.676 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 97.324 x 1000 / 1998 = 48.710 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (33.676 + 33.676) / 33.676

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 33.676 MPa ---> O.K

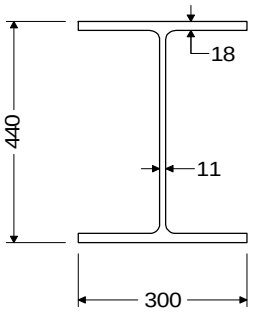
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 48.710 MPa ---> O.K

9.5 지보5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

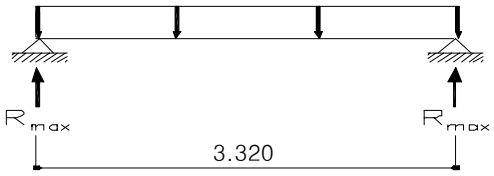
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.320 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 217.667 kN/m ---> 지보5 (CS16 : PECK)

P = 217.667 × 3.87 m / 1 ea = 842.372 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 842.372 / (13 × 3.870)
= 200.924 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 200.924 × 3.320^2 / 8
= 276.832 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 200.924 × 3.320 / 2
= 333.533 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 276.832 x 1000000 / 2550000.0 = 108.562 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.533 x 1000 / 4444 = 75.052 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (108.562 + 108.562) / 108.562$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3320 / 300

= 11.067 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (11.067 − 4.6))

= 139.385 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 139.385 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 139.385 MPa > f_b = 108.562 MPa ---> O.K

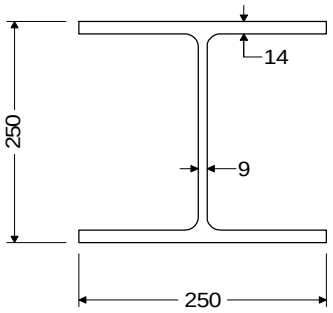
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 75.052 MPa ---> O.K

9.6 지보6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

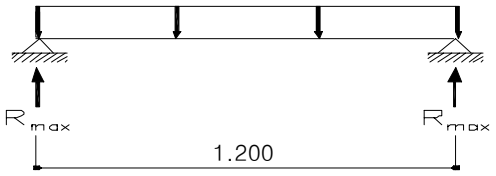
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



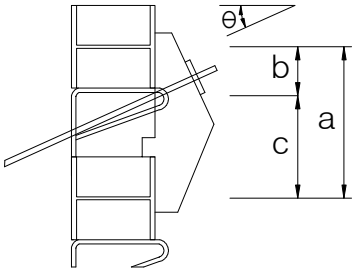
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 385.341 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 385.341 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 238.455 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 238.455 / (13 × 1.200)
= 183.427 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 183.427 × 1.200 ^{2} / 8
= 33.017 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 183.427 × 1.200 / 2
= 110.056 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 33.017 x 1000000 / 867000.0 = 38.082 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 110.056 x 1000 / 1998 = 55.083 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (38.082 + 38.082) / 38.082

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 38.082 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 55.083 MPa ---> O.K

10.측면말뚝 설계

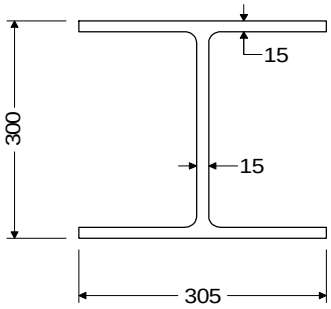
10.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	19.700	kN			
라. 버팀보 자중	=	17.500	kN			
마. 띠장 자중	=	8.000	kN			
바. 지보재 수직분력	=	263.797	kN	× 1.200	=	316.557 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
∑ P_s	=	757.413	kN			

최대모멘트, M_{max} = 153.736 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS21 : 벽체타설1)

최대전단력, S_{max} = 174.442 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS20 : 지보5 해체)

- ▶ Pmax = 757.413 kN
- ▶ Mmax = 153.736 × 1.200 = 184.483 kN·m
- ▶ Smax = 174.442 × 1.200 = 209.331 kN

다. 작용응력 산정

- ▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 184.483 x 1000000 / 1440000.0 = 128.113 MPa
- ▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 757.413 x 1000 / 13480 = 56.188 MPa
- ▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 209.331 x 1000 / 4050 = 51.687 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 2.437

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (184.301 − −71.925) / 184.301

= 1.390

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3050 / 126

24.206 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (24.206 − 16))

= 201.841 MPa

f_{ca} = $f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 201.841 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3050 / 305

= 10.000 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (10.000 − 4))

= 187.358 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 187.358 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (24.206)^2

= 2303.961 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 201.841 MPa > f_c = 56.188 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 187.358 MPa > f_b = 128.113 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 51.687 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{56.188}{201.841} + \dfrac{128.113}{187.358 \times (1 - (56.188 / 2303.961))}$

= 0.979 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 56.188 + \frac{128.113}{1 - (56.188 / 2303.961)}$$

$$= 187.503 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.979 , 0.877)
= 0.979 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 31.3 mm ---> 흙막이벽(우) (CS23 : 슬래브2)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 14.235 x 1000 x 0.003 = 42.705 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 757.41 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$
A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2
A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$$
$$= 341.350 \text{ tonf}$$
$$= 3347.50 \text{ kN}$$

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0
= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

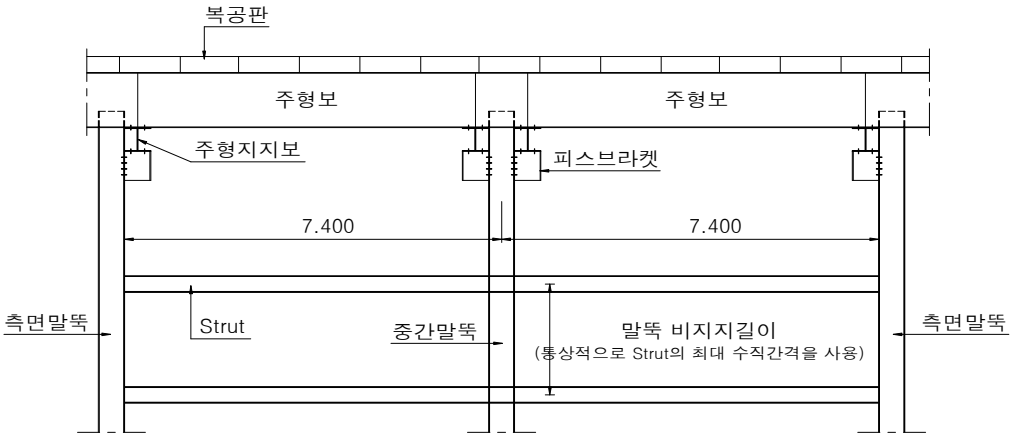
11.중간말뚝 설계

11.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.400 + 7.400 = 14.800 m

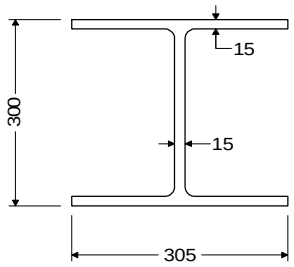
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



11.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 19.300 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 17.500 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 48.550 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.400) / 2 = 20.535 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.400) / 2 = 20.535 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.400)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

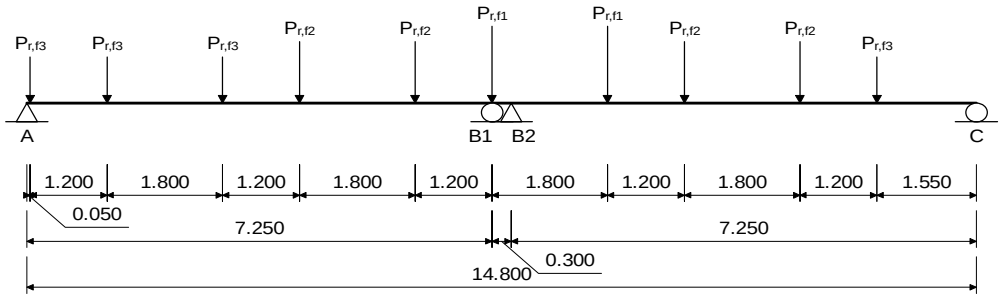
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250 + 70.200 x 3.050 + 70.200 x 1.250 + 70.200 x 0.050) / 7.250

= 299.897 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550 + 93.600 x 2.750 + 70.200 x 1.550) / 7.250

= 208.233 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 299.897 x 1.00 = 299.897 kN

P_{r2} = 208.233 x 1.00 = 208.233 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250 + 17.550 x 3.050 + 17.550 x 1.250 + 17.550 x 0.050) / 7.250

= 74.974 kN

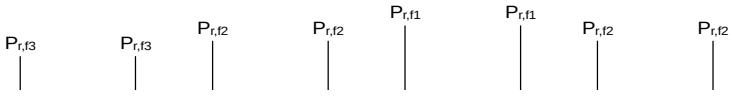
R_{B2} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550 + 23.400 x 2.750 + 17.550 x 1.550) / 7.250

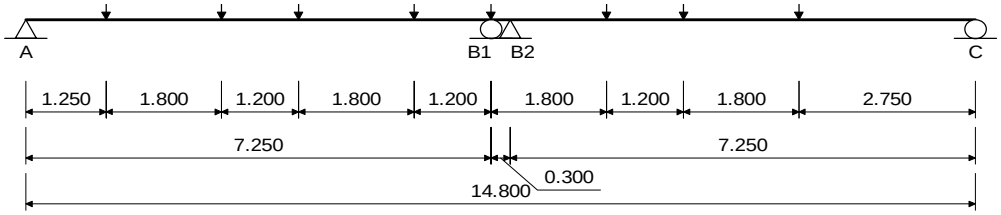
= 52.058 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 74.974 x 1.00 = 74.974 kN

P_{f2} = 52.058 x 1.00 = 52.058 kN

② **2.0** 차선 재하





▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250 + 70.200 x 3.050 + 70.200 x 1.250) / 7.250
= 299.412 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550 + 93.600 x 2.750) / 7.250
= 193.225 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 299.412 x 1.00 = 299.412 kN
P_{r2} = 193.225 x 1.00 = 193.225 kN

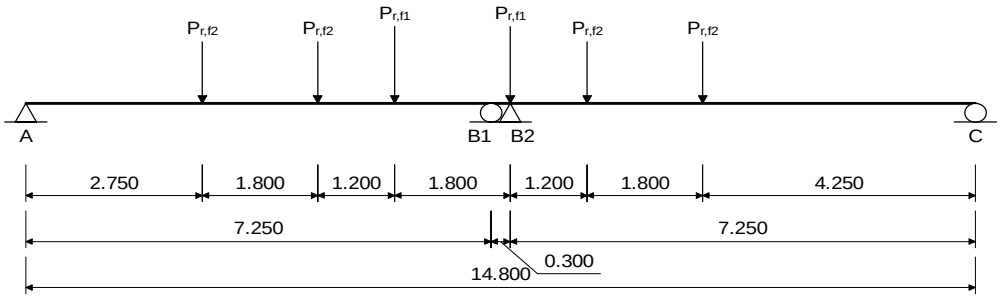
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250 + 17.550 x 3.050 + 17.550 x 1.250) / 7.250
= 74.853 kN

R_{B2} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550 + 23.400 x 2.750) / 7.250
= 48.306 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 74.853 x 1.00 = 74.853 kN
P_{f2} = 48.306 x 1.00 = 48.306 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550 + 93.600 x 2.750) / 7.250
= 193.225 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250) / 7.250
= 257.777 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 193.225 x 1.00 = 193.225 kN
P_{r2} = 257.777 x 1.00 = 257.777 kN

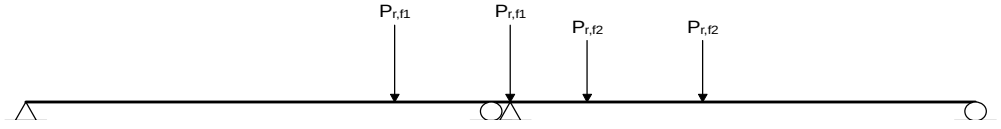
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

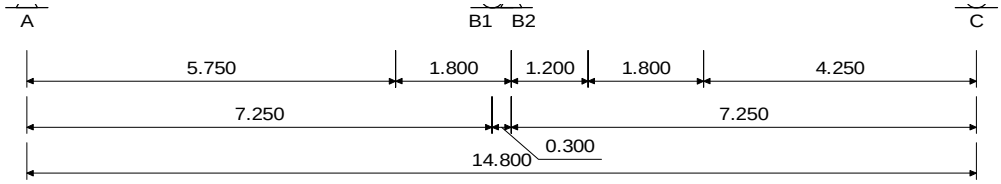
R_{B1} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550 + 23.400 x 2.750) / 7.250
= 48.306 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250) / 7.250
= 64.444 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.306 x 1.00 = 48.306 kN
P_{f2} = 64.444 x 1.00 = 64.444 kN

④ **1.0** 차선 재하





▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.750) / 7.250
= 98.979 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250) / 7.250
= 257.777 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 98.979 x 1.00 = 98.979 kN
P_{r2} = 257.777 x 1.00 = 257.777 kN

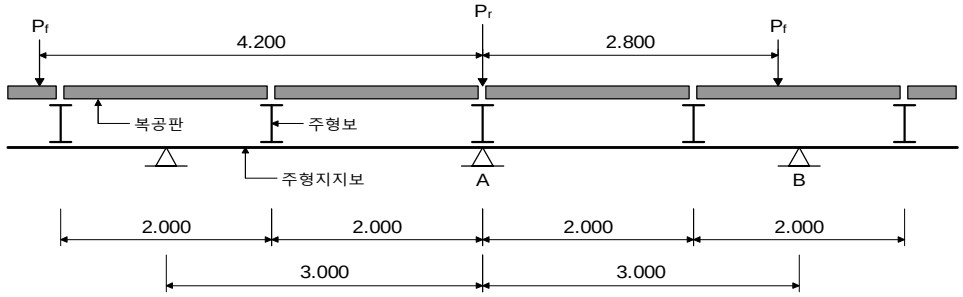
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.750) / 7.250
= 24.745 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250) / 7.250
= 64.444 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.745 x 1.00 = 24.745 kN
P_{f2} = 64.444 x 1.00 = 64.444 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (299.897 x 3.000 + 74.974 x 0.200) / 3.000
= 304.895 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 304.895 + 20.535 x 3.00 / 2.00 = 335.697 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (257.777 x 3.000 + 64.444 x 0.200) / 3.000
= 262.073 kN

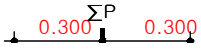
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

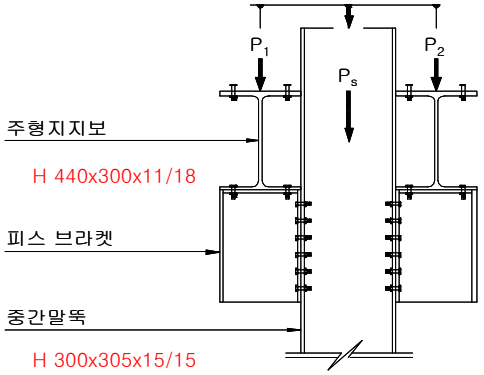
P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.073 + 20.535 x 3.00 / 2.00 = 292.875 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

∑P = P_1 + P_2 + P_s
= 335.697 + 292.875 + 48.550 = 677.123 kN

11.3 작용응력 및 허용응력 검토





가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑P / A = 225.708 x 1000 / 13480 = 16.744 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 100.709 x 1000000 / 1440000 = 69.937 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 335.697 x 0.300 = 100.709 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.902

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (86.681 − −53.193) / 86.681

= 1.614

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 16.744 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 69.937 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{16.744}{137.022} + \frac{69.937}{159.234 \times (1 - (16.744 / 857.304))}$

= 0.570 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 16.744 + \frac{69.937}{1 - (16.744 / 857.304)}$

= 88.074 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.570 , 0.412)

= 0.570 < 1.0 ---> O.K

11.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 225.71 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

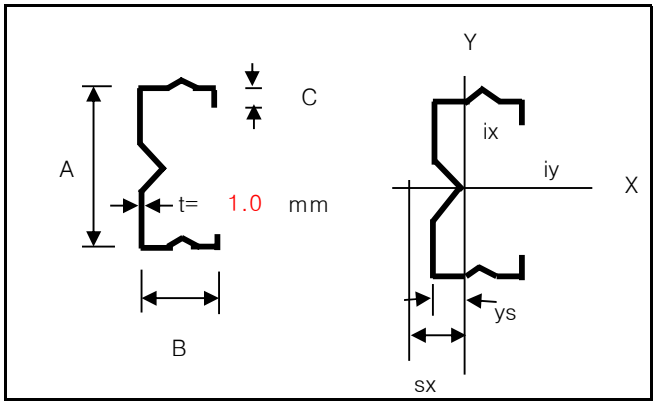
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

12. 흙막이 벽체 설계

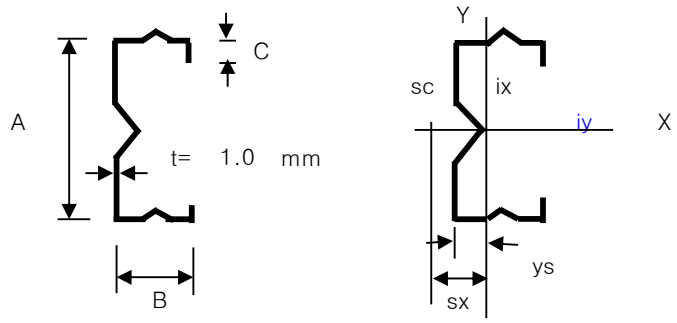
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 14.23m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	292.9
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

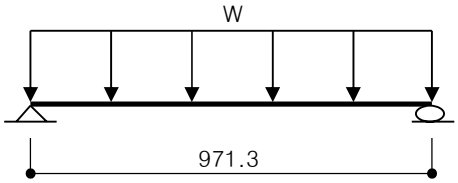
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1297 MPa ---> (CS16 : PECK:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 129.7 kN/m^2 x 0.2000 m = 25.9 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 25.9 x 0.97^2 / 8 = 3.1 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 25.9 x 0.97 / 2 = 12.6 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3058217 / 22,580 = 135.44 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3058217 / 23,230 = 131.65 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 12595 / 196 = 64.26 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 292.872 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 292.872 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 135.44 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 131.65 MPa < f_{ba} = 292.87 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 64.26 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

13. 탄소성 입력 데이터

13.1 해석종류 : 탄소성보법

13.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

13.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 21.41 m, 최대굴착깊이 = 14.235 m, 전모델높이 = 30 m

13.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.94	18.00	19.00	0.00	26.00	7	-	15226.00
2	토사(점토)	9.16	17.00	18.00	20.00	15.00	8	-	15839.00
3	토사(자갈)	11.10	20.00	21.00	0.00	35.00	17	-	21566.00
4	풍화토	17.20	20.00	21.00	21.00	29.00	20	-	23318.00
5	풍화암	19.50	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	33827.00
6	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	60	-	400000.00
7	뒤채움	-	19.00	20.00	15.00	25.00	30	37311.00	27500.00

13.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	21.7	1.2

13.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	21.41	0	1
2	지보1	P 406.4x12	SS400	2.2	3.87	21.41	200	1
3	지보2	P 406.4x12	SS400	3.825	3.87	21.41	200	1
4	지보3	P 406.4x12	SS400	5.775	3.87	21.41	250	1
5	지보5	P 406.4x12	SS400	10.575	3.87	21.41	150	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	지보4	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.275	1.2	30	18	250
2	지보6	Strand12.7x4EA	SWPC7B	12.625	1.2	30	9	280

13.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브3	1.4	0	21	C27	0.9	-
2	벽체2	20.3	1.4	8.345	C27	0.9	뒤채움
3	슬래브2	8.345	0	21	C27	1.3	-
4	벽체1	20.3	8.345	13.535	C27	1.4	뒤채움
5	슬래브1	13.535	0	21	C27	1.4	-

13.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

13.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 14.235 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.40	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.70	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	지보1		-	-	-	-	X	X
5	4.33	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	지보2		-	-	-	-	X	X
7	6.28	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	지보3		-	-	-	-	X	X
9	8.78	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	지보4		-	-	-	-	X	X
11	11.08	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	지보5		-	-	-	-	X	X
13	13.13	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	지보6		-	-	-	-	X	X
15	14.24	-	-	-	-	-	-	X	X
16	14.24	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
17	-		지보6	-	-	-	-	O	X
18	-	-	-	13.535	-	-	-	O	X
19	-	-	-	13.125	-	-	-	X	X
20	-		지보5	-	-	-	-	X	X
21	-	-	-	8.775	-	-	-	X	X
22	-		지보4	-	-	-	-	X	X
23	-	-	-	8.345	-	-	-	X	X
24	-	-	-	6.275	-	-	-	X	X
25	-		지보3	-	-	-	-	X	X
26	-	-	-	4.325	-	-	-	X	X
27	-		지보2	-	-	-	-	X	X
28	-	-	-	2.7	-	-	-	X	X
29	-		지보1	-	-	-	-	X	X
30	-	-	-	1.4	-	-	-	X	X

14. 해석 결과
14.1 전산 해석결과 집계

14.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	13.76	1.7	-6.31	4.8	1.39	8.3	-19.31	3.1
CS2 : 생성 주형보	1.40	13.76	1.7	-6.32	4.8	1.39	8.3	-19.31	3.1
CS3 : 굴착 2.7 m	2.70	9.36	2.7	-12.12	0.9	2.05	16.2	-12.13	3.8
CS4 : 생성 지보1	2.70	34.48	2.2	-17.20	2.2	3.51	7.8	-37.42	2.2
CS5 : 굴착 4.325 m	4.33	38.16	2.2	-31.67	2.2	3.02	16.2	-42.23	2.2
CS6 : 생성 지보2	4.33	34.17	2.2	-42.60	3.8	6.02	7.3	-37.01	2.2
CS7 : 굴착 6.275 m	6.28	41.66	2.2	-68.48	3.8	27.99	5.8	-46.76	2.2
CS8 : 생성 지보3	6.28	36.66	2.2	-55.67	3.8	7.99	7.8	-40.25	2.2
CS9 : 굴착 8.775 m	8.78	51.86	9.2	-130.75	5.8	87.07	8.3	-60.79	5.8
CS10 : 생성 지보4	8.78	86.55	8.3	-93.87	8.3	30.52	6.8	-41.92	8.3
CS11 : 굴착 11.075 m	11.08	82.37	11.1	-156.04	8.3	100.89	10.1	-54.52	5.8
CS12 : 생성 지보5	11.08	57.33	11.1	-143.19	8.3	73.75	10.1	-40.62	2.2
CS13 : 굴착 13.125 m	13.13	83.08	13.5	-157.50	10.6	110.74	12.2	-58.40	8.3
CS14 : 생성 지보6	13.13	126.92	12.6	-144.96	8.3	74.85	10.1	-49.77	12.6
CS15 : 굴착 14.235 m	14.24	93.85	12.6	-137.91	12.6	51.11	13.9	-45.16	8.3
CS16 : PECK	14.24	92.50	12.6	-149.70	12.6	61.93	13.5	-62.84	5.8
CS19 : 지보6 해체	14.24	82.57	14.7	-129.11	10.6	116.79	12.6	-83.51	8.3
CS17 : 슬래브1	14.24	82.57	14.7	-129.12	10.6	116.78	12.6	-83.47	8.3
CS18 : 벽체타설0	14.24	82.57	14.7	-129.12	10.6	116.78	12.6	-83.47	8.3
CS20 : 지보5 해체	14.24	82.86	13.1	-174.44	8.3	153.74	11.1	-89.18	5.8
CS21 : 벽체타설1	14.24	82.86	13.1	-174.44	8.3	153.74	11.1	-89.18	5.8
CS22 : 지보4 해체	14.24	74.30	13.1	-137.91	5.8	127.15	11.5	-132.28	5.8
CS23 : 슬래브2	14.24	74.30	13.1	-137.91	5.8	127.15	11.5	-132.28	5.8
CS24 : 벽체타설2	14.24	74.30	13.1	-137.91	5.8	127.15	11.5	-132.28	5.8
CS25 : 지보3 해체	14.24	74.53	13.1	-63.73	3.8	127.17	11.5	-97.51	3.8
CS26 : 벽체타설3	14.24	74.53	13.1	-63.73	3.8	127.17	11.5	-97.51	3.8
CS27 : 지보2 해체	14.24	74.68	13.1	-53.50	10.1	127.59	11.5	-68.41	16.2
CS28 : 벽체타설4	14.24	74.68	13.1	-53.50	10.1	127.59	11.5	-68.41	16.2
CS29 : 지보1 해체	14.24	74.75	13.1	-54.12	10.1	127.75	11.5	-68.44	16.2
CS30 : 벽체타설5	14.24	74.75	13.1	-54.12	10.1	127.75	11.5	-68.44	16.2
TOTAL		126.92	12.6	-174.44	8.3	153.74	11.1	-132.28	5.8

14.1.2 지보재 반력 집계

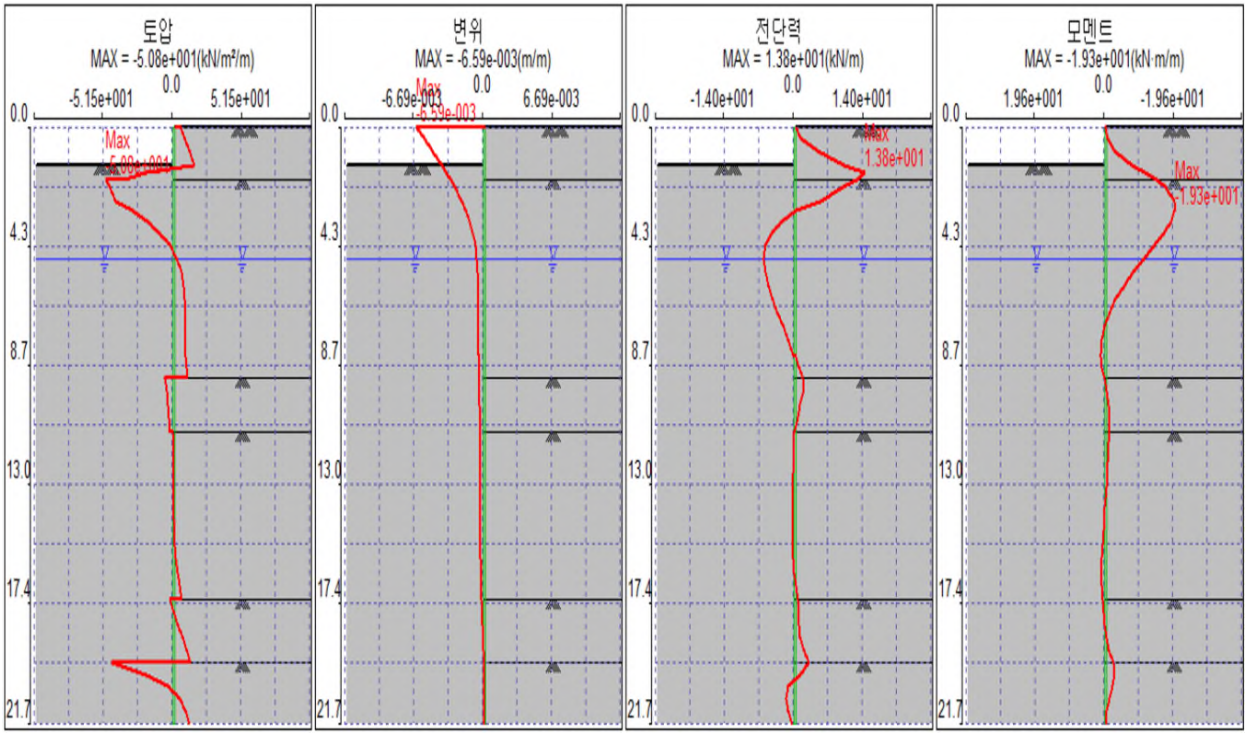
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	지보1	지보2	지보3	지보5
		0.9 (m)	2.2 (m)	3.825 (m)	5.775 (m)	10.575 (m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	1.40	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.7 m	2.70	16.59	-	-	-	-
CS4 : 생성 지보1	2.70	-11.29	51.68	-	-	-
CS5 : 굴착 4.325 m	4.33	-14.98	69.84	-	-	-
CS6 : 생성 지보2	4.33	-10.98	53.47	51.68	-	-
CS7 : 굴착 6.275 m	6.28	-18.46	53.59	79.70	-	-
CS8 : 생성 지보3	6.28	-13.46	54.91	63.02	64.60	-
CS9 : 굴착 8.775 m	8.78	-15.48	46.51	58.29	158.08	-
CS10 : 생성 지보4	8.78	-14.39	54.66	66.11	76.45	-
CS11 : 굴착 11.075 m	11.08	-13.64	49.11	55.23	116.36	-
CS12 : 생성 지보5	11.08	-13.75	50.59	57.80	104.73	38.76
CS13 : 굴착 13.125 m	13.13	-13.32	51.34	57.29	93.75	203.19
CS14 : 생성 지보6	13.13	-13.68	50.31	57.13	106.45	83.80
CS15 : 굴착 14.235 m	14.24	-13.51	51.07	57.61	98.15	126.07
CS16 : PECK	14.24	89.94	101.46	121.89	190.31	217.67
CS19 : 지보6 해체	14.24	-13.07	53.86	60.04	69.45	146.60
CS17 : 슬래브1	14.24	-13.07	53.86	60.03	69.53	146.64
CS18 : 벽체타설0	14.24	-13.07	53.86	60.03	69.53	146.64
CS20 : 지보5 해체	14.24	-12.14	46.76	46.24	120.82	-
CS21 : 벽체타설1	14.24	-12.14	46.76	46.24	120.82	-
CS22 : 지보4 해체	14.24	-13.93	40.05	43.13	197.43	-
CS23 : 슬래브2	14.24	-13.93	40.05	43.13	197.43	-
CS24 : 벽체타설2	14.24	-13.93	40.05	43.13	197.43	-
CS25 : 지보3 해체	14.24	-28.49	41.46	99.35	-	-
CS26 : 벽체타설3	14.24	-28.49	41.46	99.35	-	-
CS27 : 지보2 해체	14.24	-34.18	80.42	-	-	-
CS28 : 벽체타설4	14.24	-34.18	80.42	-	-	-
CS29 : 지보1 해체	14.24	6.50	-	-	-	-
CS30 : 벽체타설5	14.24	6.50	-	-	-	-
TOTAL		89.94	101.46	121.89	197.43	217.67

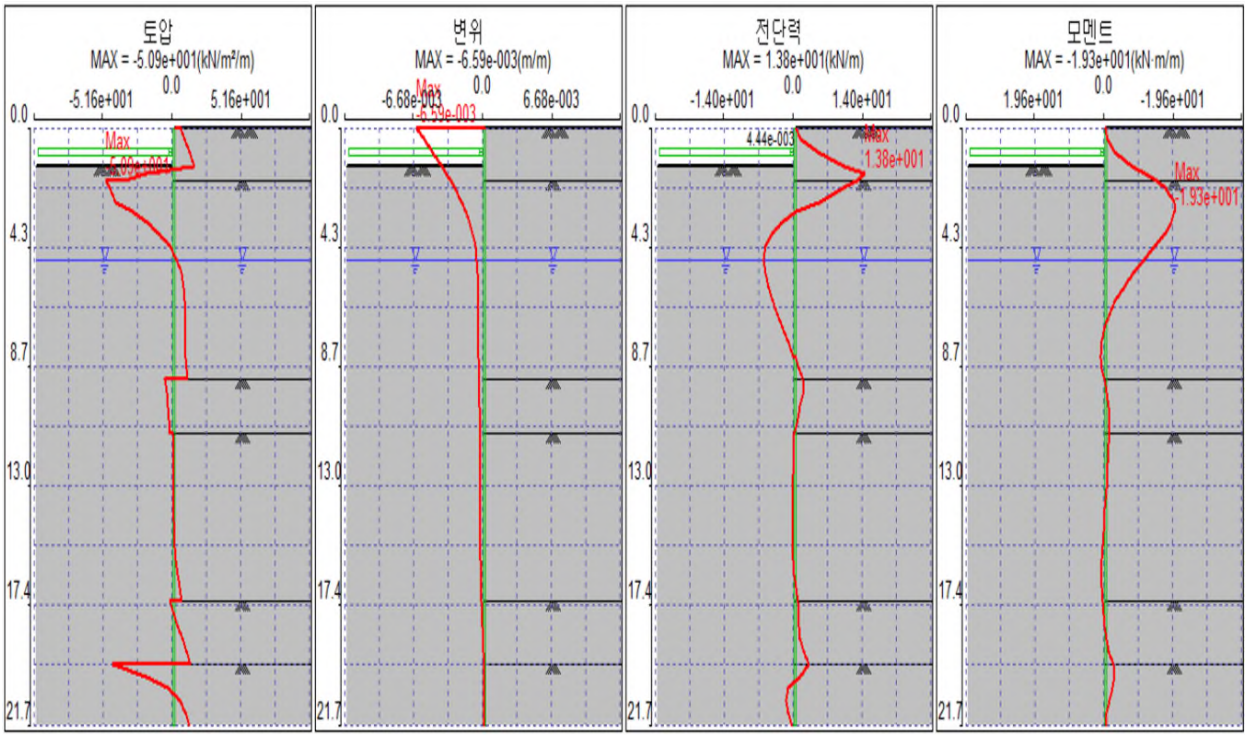
시공단계	굴착 깊이	지보4	지보6			
		8.275 (m)	12.625 (m)			
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-			
CS2 : 생성 주형보	1.40	-	-			
CS3 : 굴착 2.7 m	2.70	-	-			
CS4 : 생성 지보1	2.70	-	-			
CS5 : 굴착 4.325 m	4.33	-	-			
CS6 : 생성 지보2	4.33	-	-			
CS7 : 굴착 6.275 m	6.28	-	-			
CS8 : 생성 지보3	6.28	-	-			
CS9 : 굴착 8.775 m	8.78	-	-			
CS10 : 생성 지보4	8.78	208.33	-			
CS11 : 굴착 11.075 m	11.08	234.75	-			
CS12 : 생성 지보5	11.08	227.93	-			
CS13 : 굴착 13.125 m	13.13	227.54	-			
CS14 : 생성 지보6	13.13	229.54	233.33			
CS15 : 굴착 14.235 m	14.24	227.44	267.61			
CS16 : PECK	14.24	239.18	279.67			
CS19 : 지보6 해체	14.24	218.93	-			
CS17 : 슬래브1	14.24	218.94	-			
CS18 : 벽체타설0	14.24	218.94	-			
CS20 : 지보5 해체	14.24	252.63	-			
CS21 : 벽체타설1	14.24	252.63	-			
CS22 : 지보4 해체	14.24	-	-			
CS23 : 슬래브2	14.24	-	-			
CS24 : 벽체타설2	14.24	-	-			
CS25 : 지보3 해체	14.24	-	-			
CS26 : 벽체타설3	14.24	-	-			
CS27 : 지보2 해체	14.24	-	-			
CS28 : 벽체타설4	14.24	-	-			
CS29 : 지보1 해체	14.24	-	-			
CS30 : 벽체타설5	14.24	-	-			
TOTAL		252.63	279.67			

14.2 시공단계별 단면력도

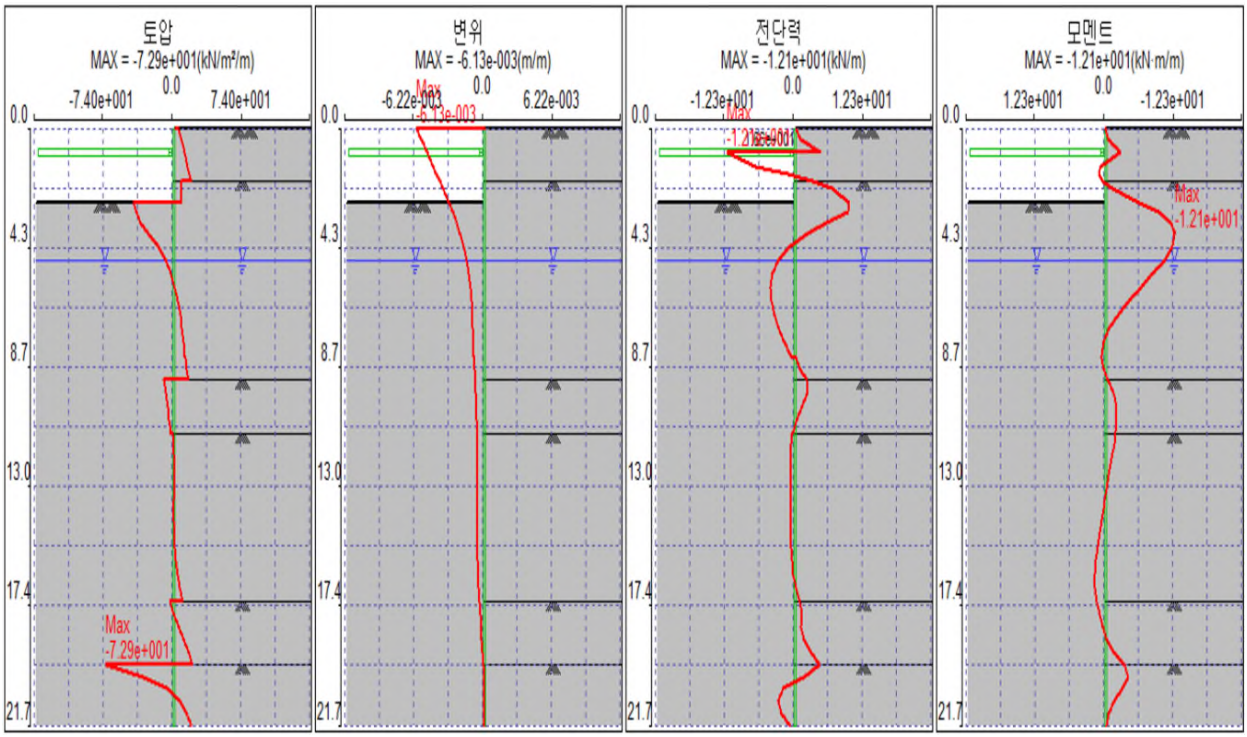
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.4 m]



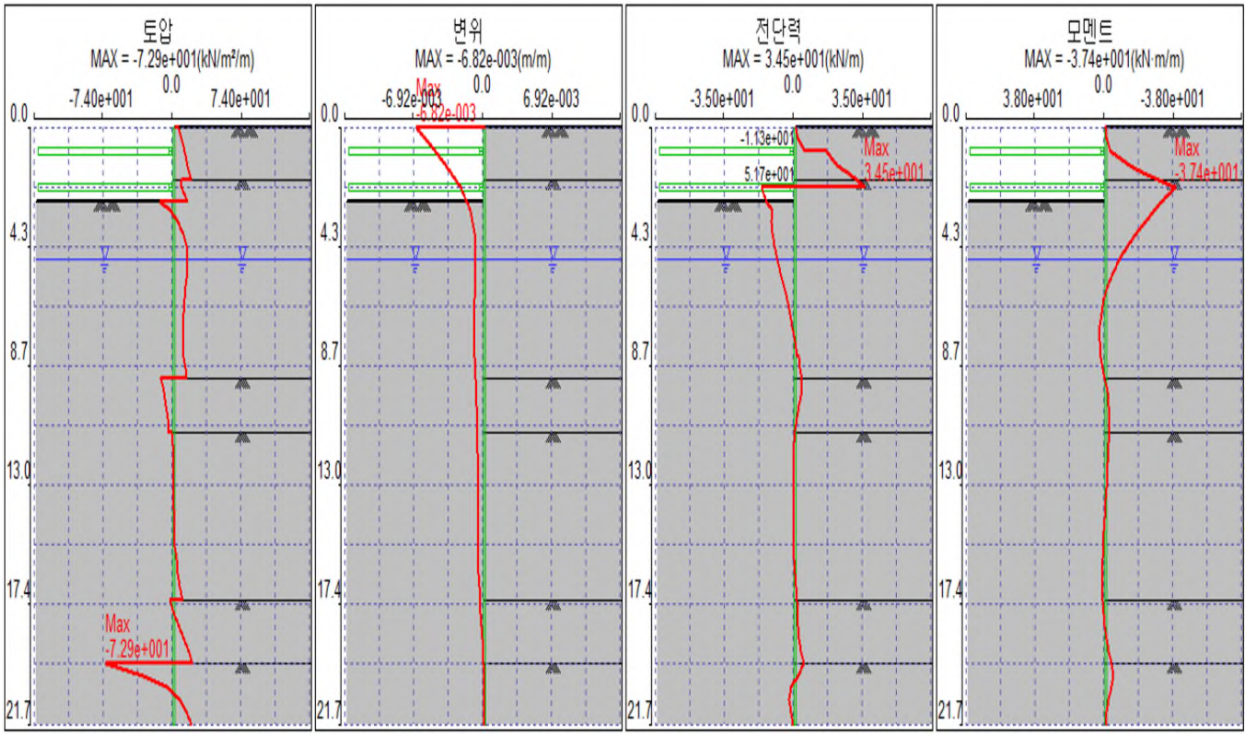
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



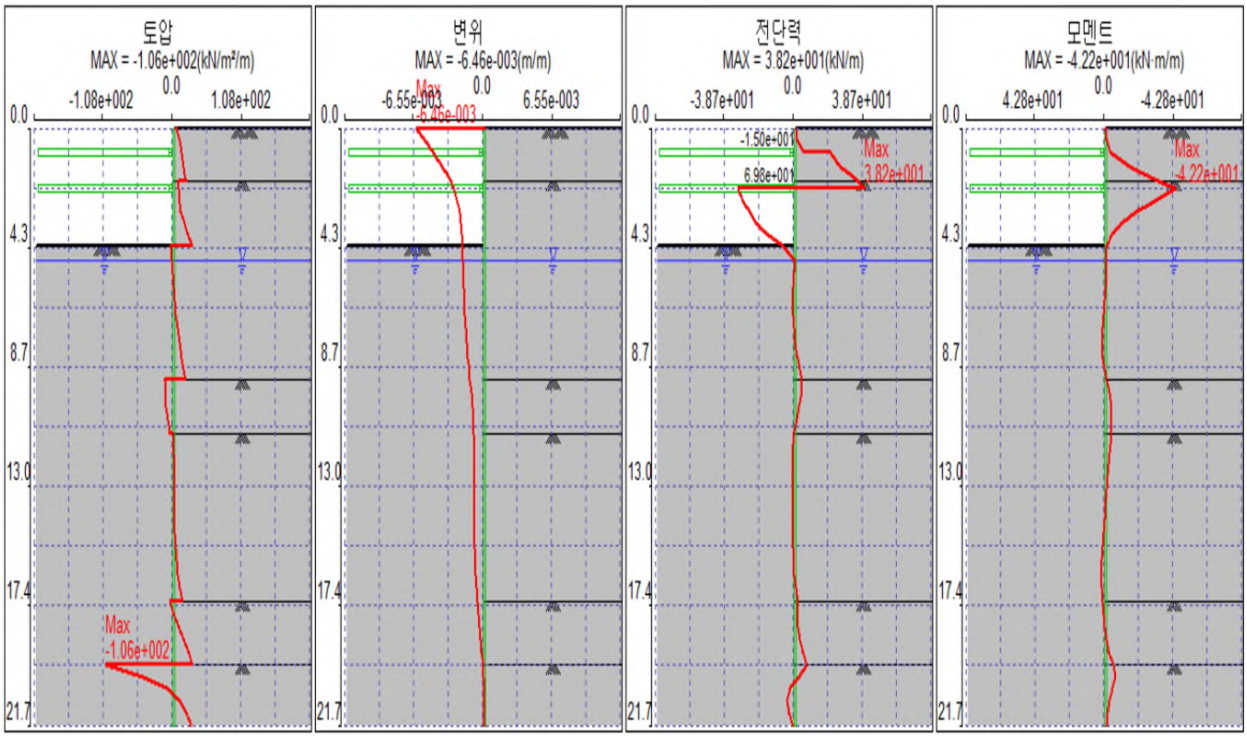
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.7 m]



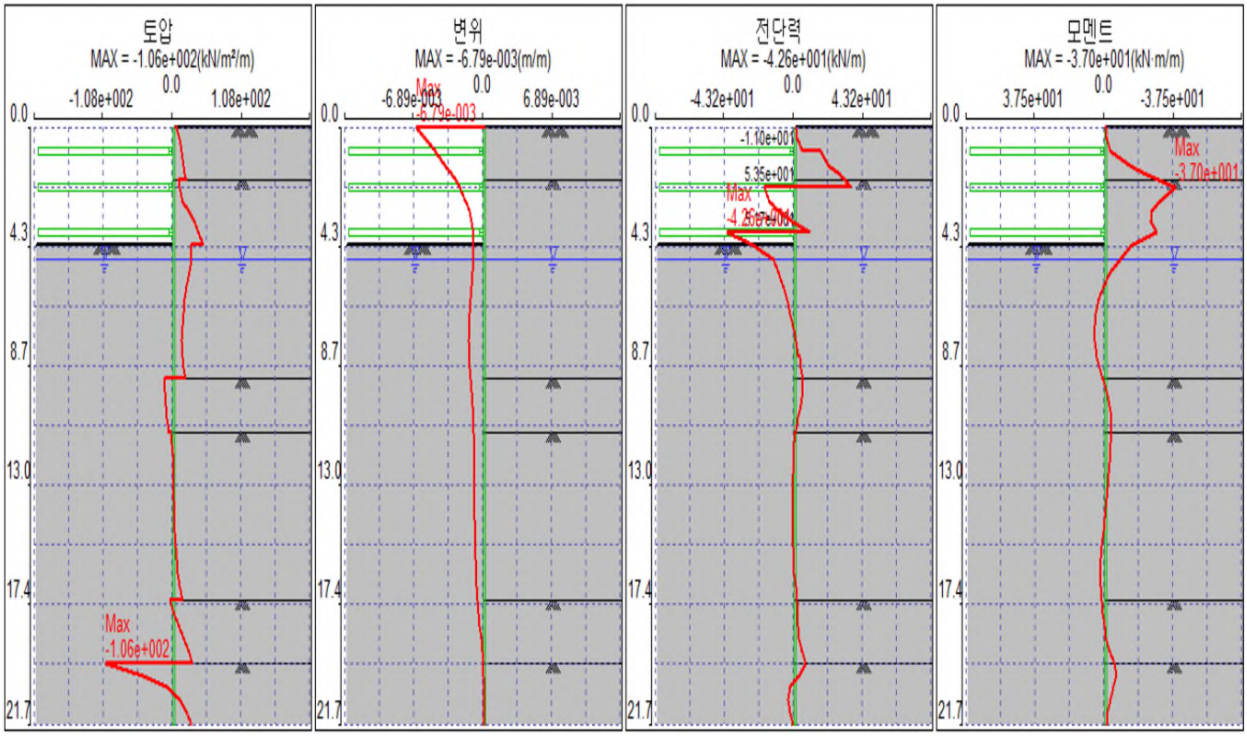
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 지보1]



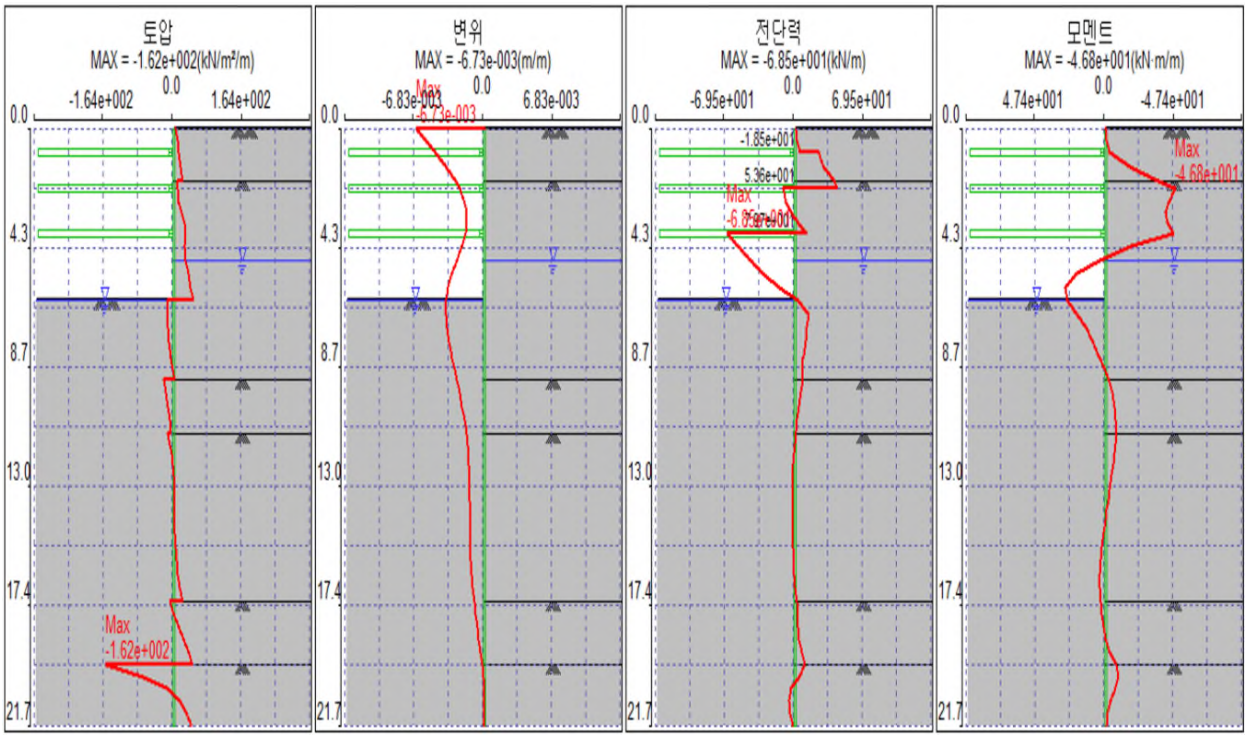
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.325 m]



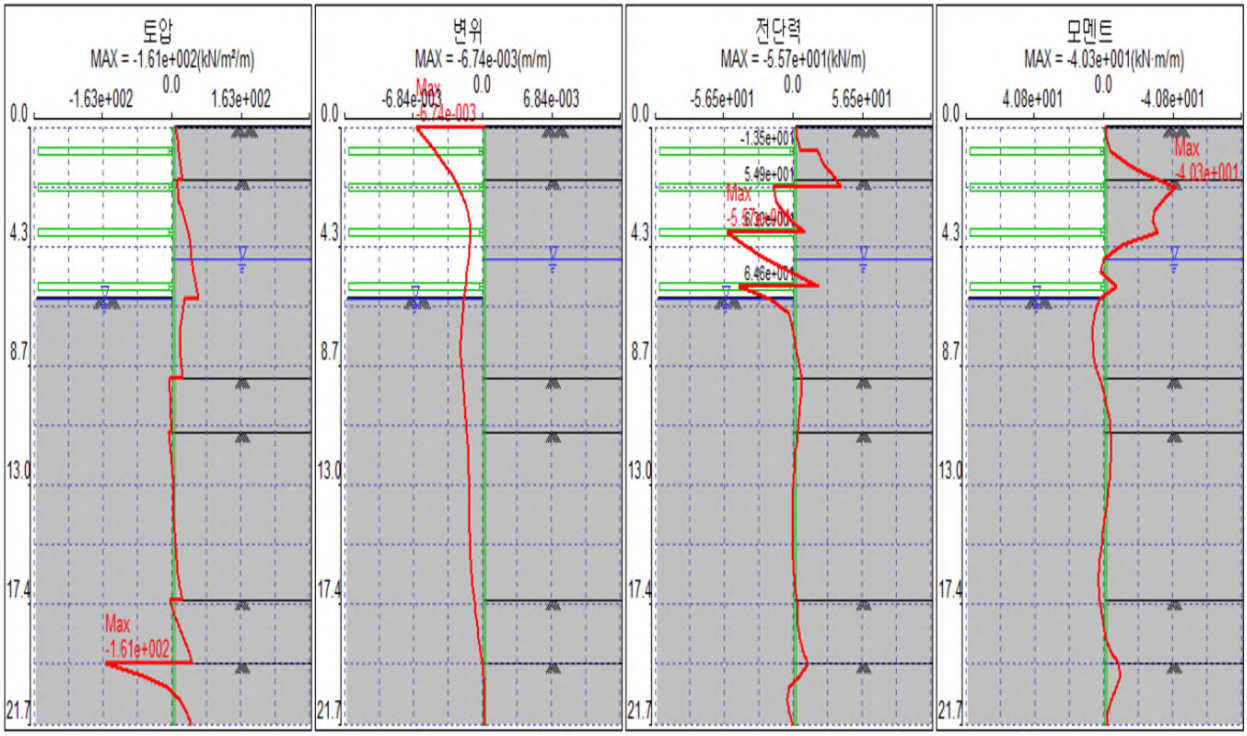
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 지보2]



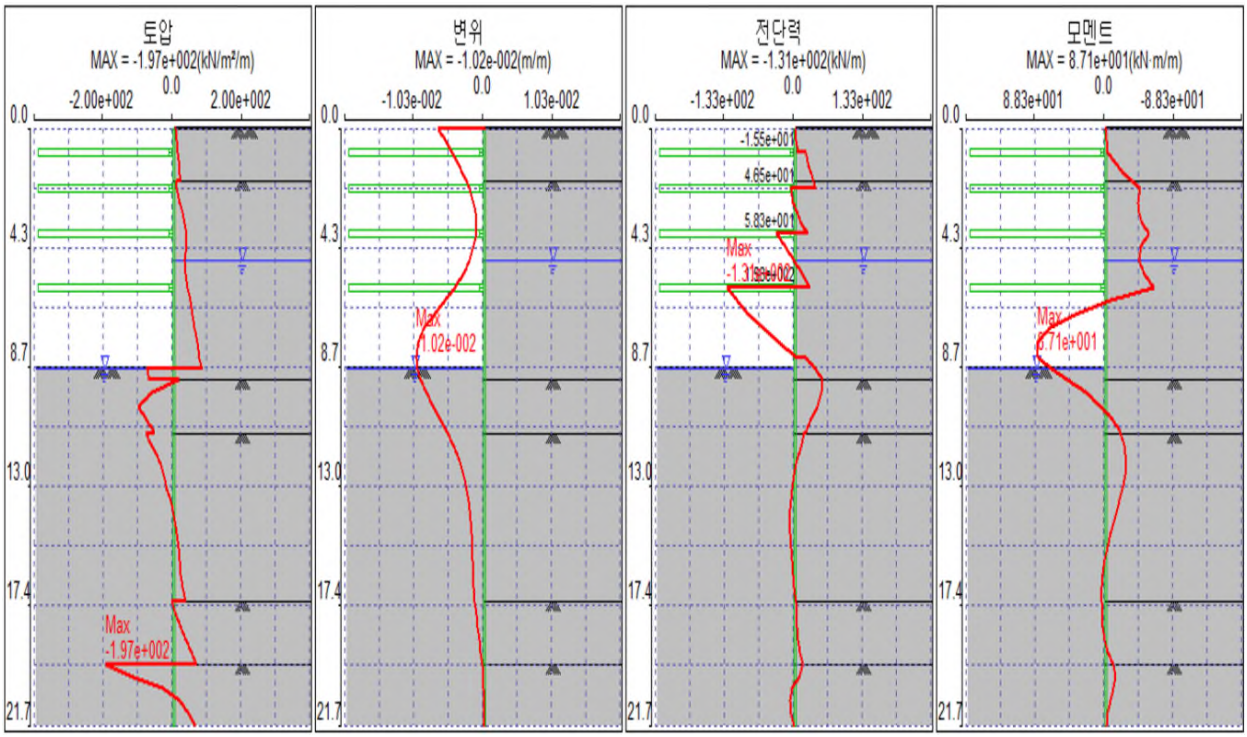
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.275 m]



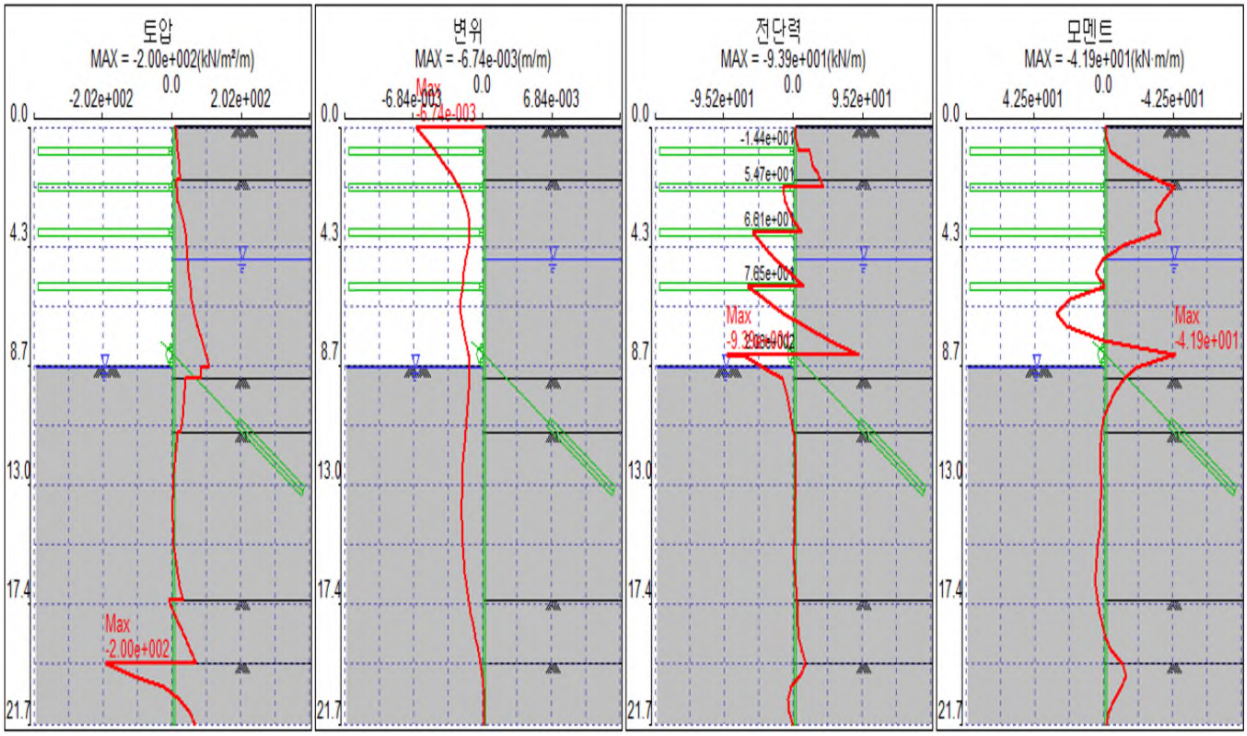
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 지보3]



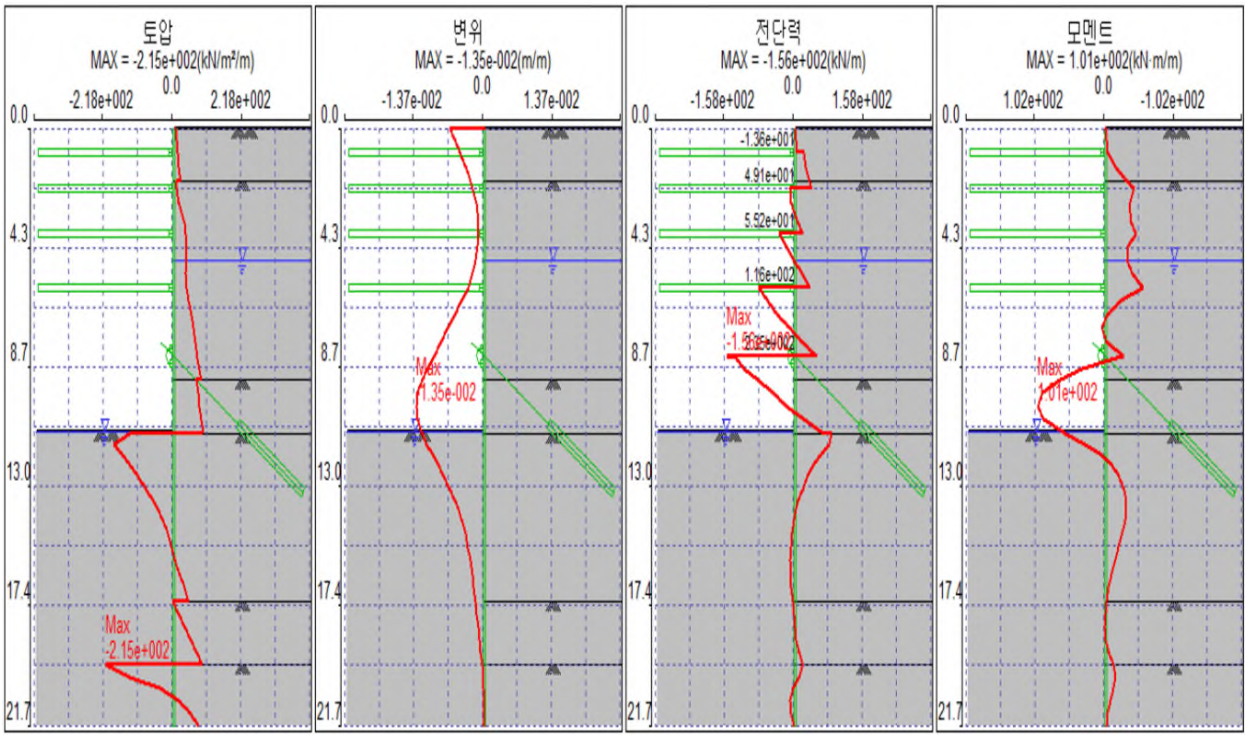
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 8.775 m]



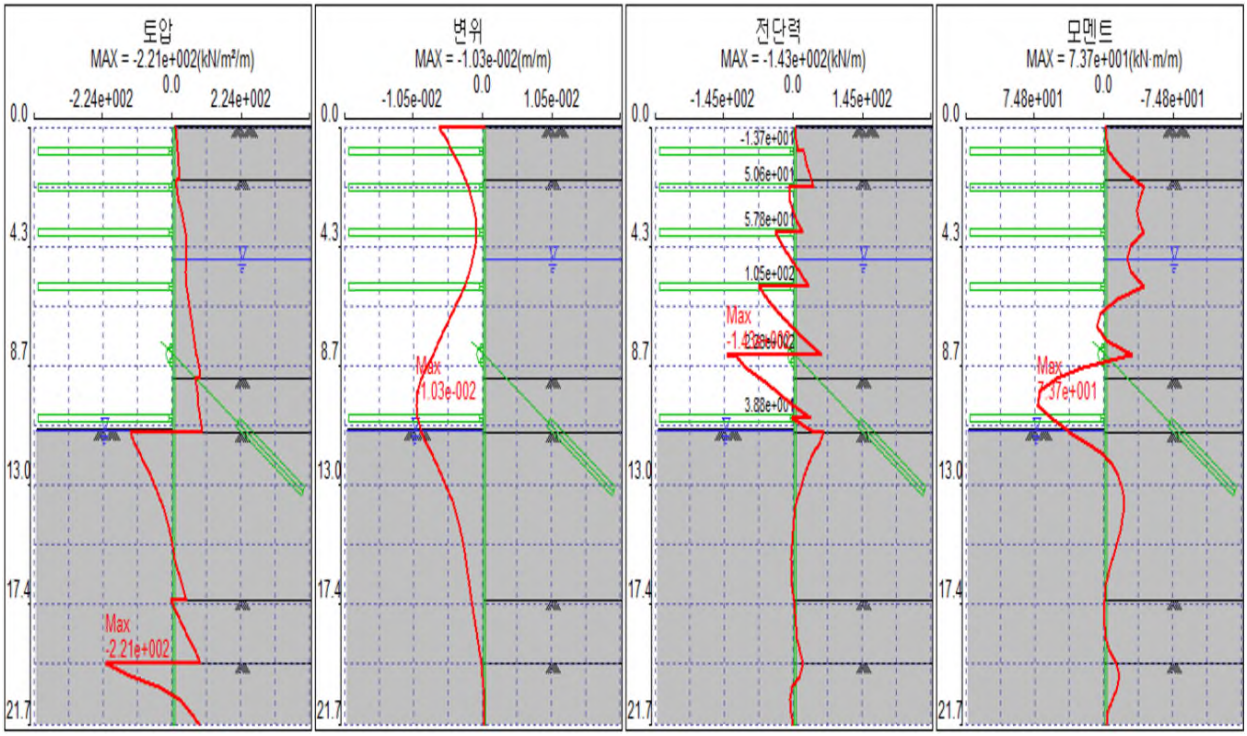
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 지보4]



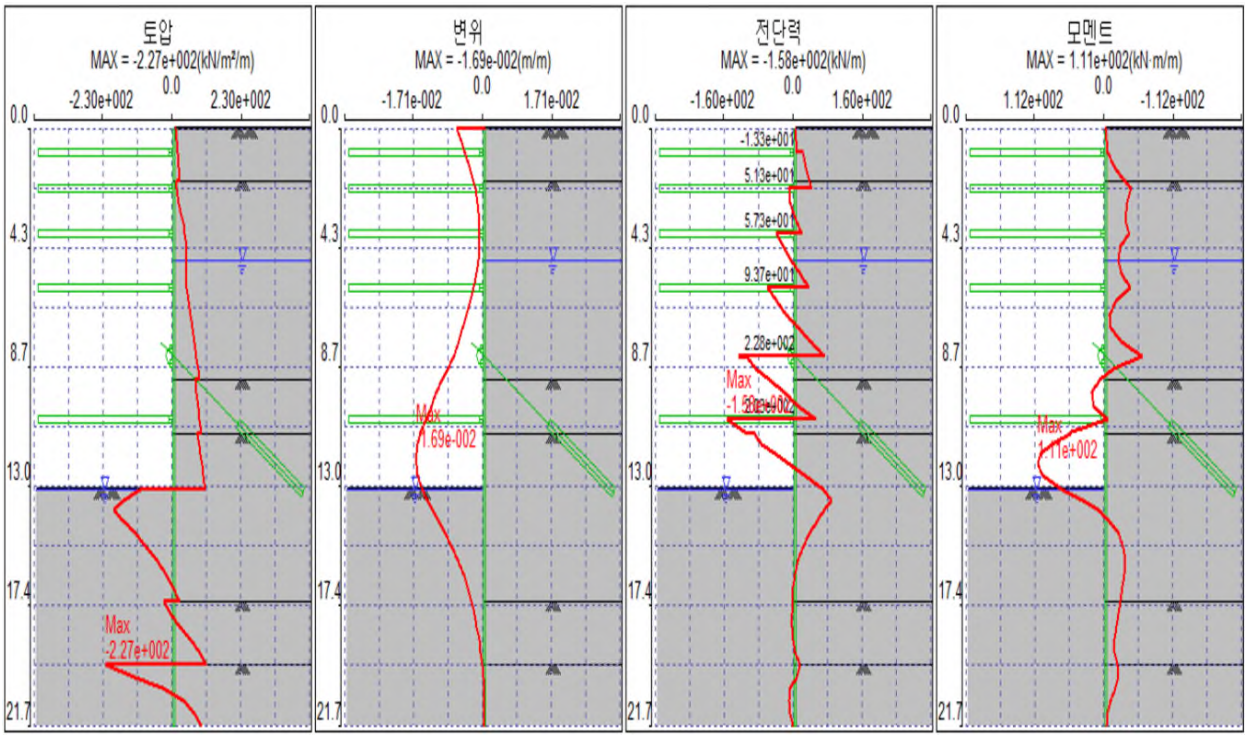
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 11.075 m]



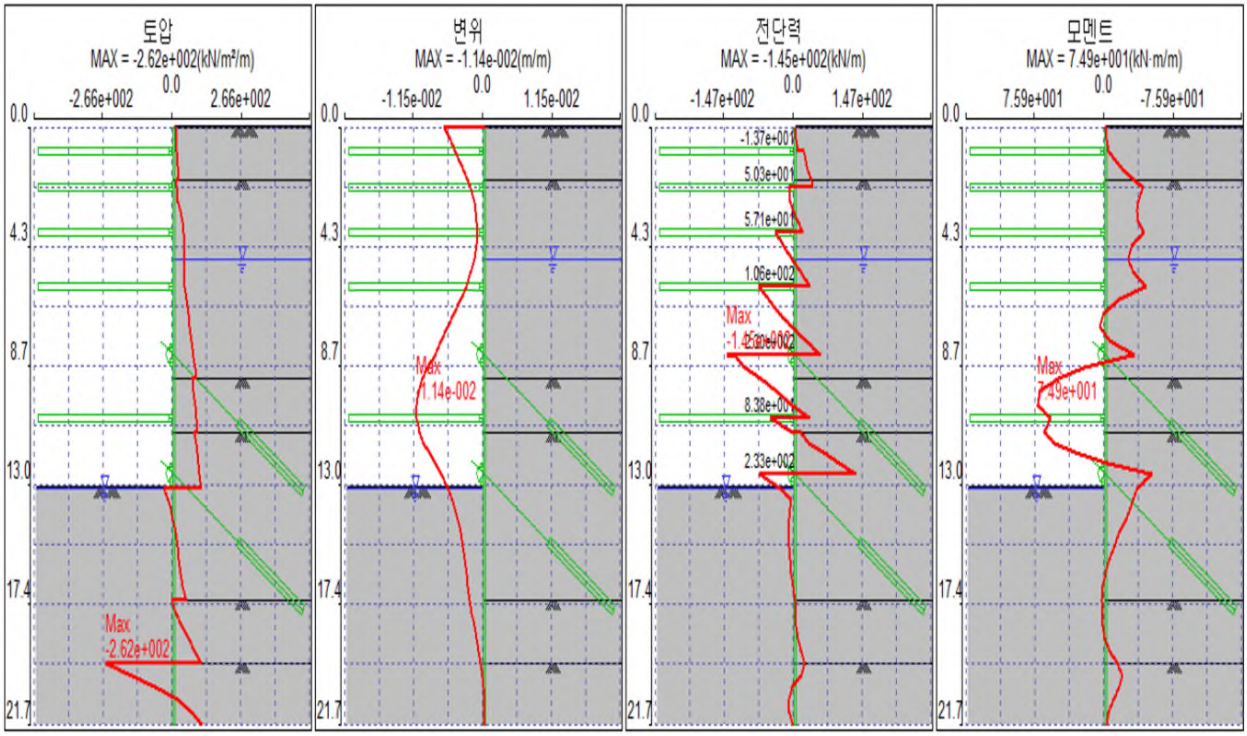
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 지보5]



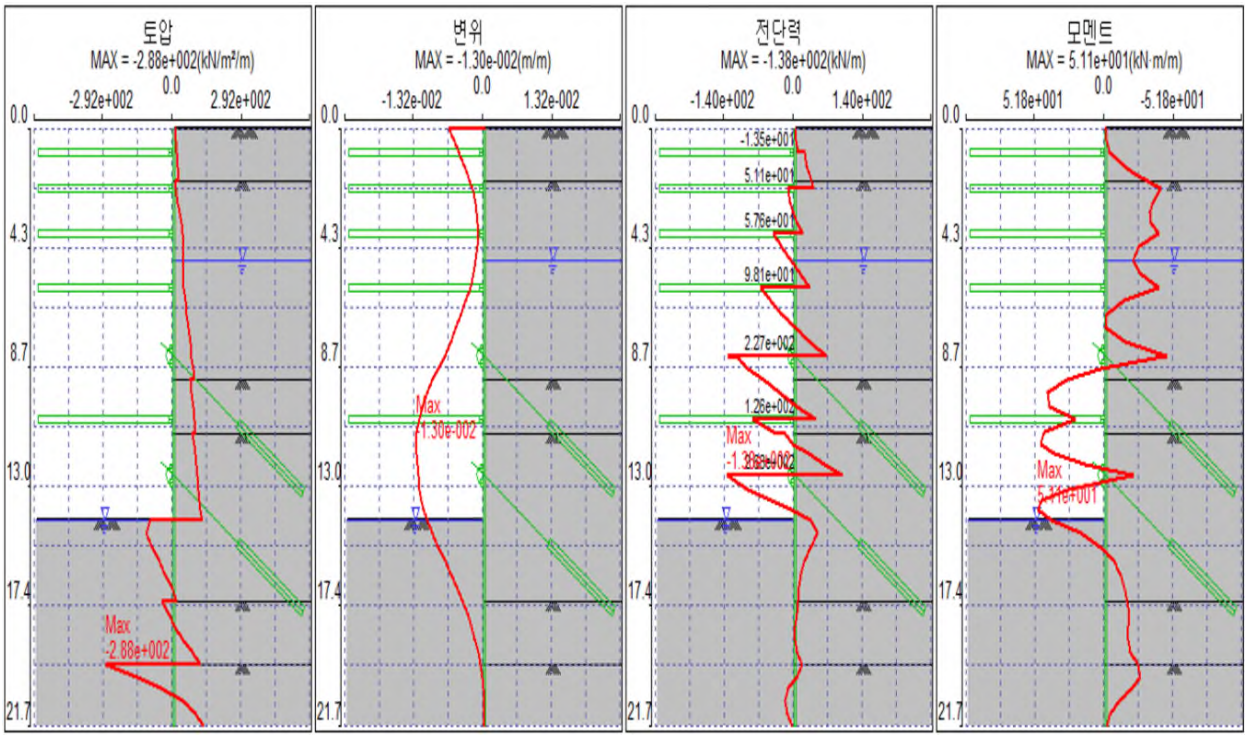
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 13.125 m]



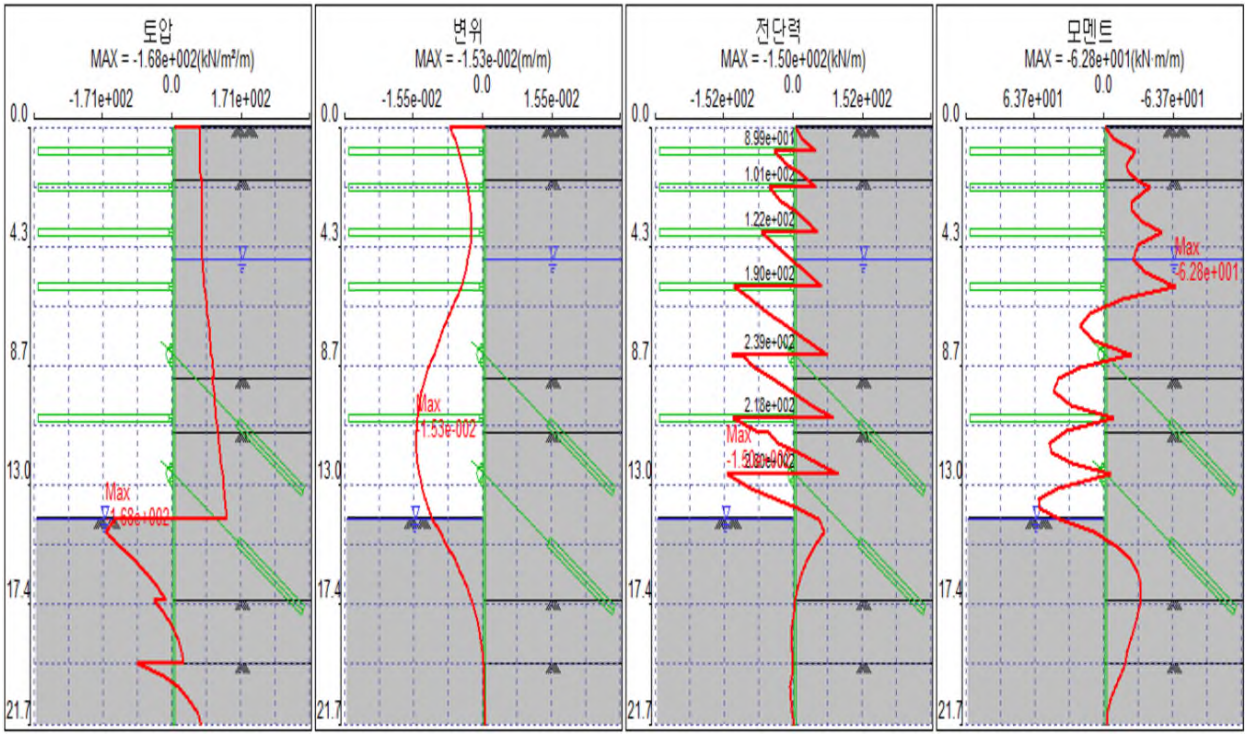
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 지보6]



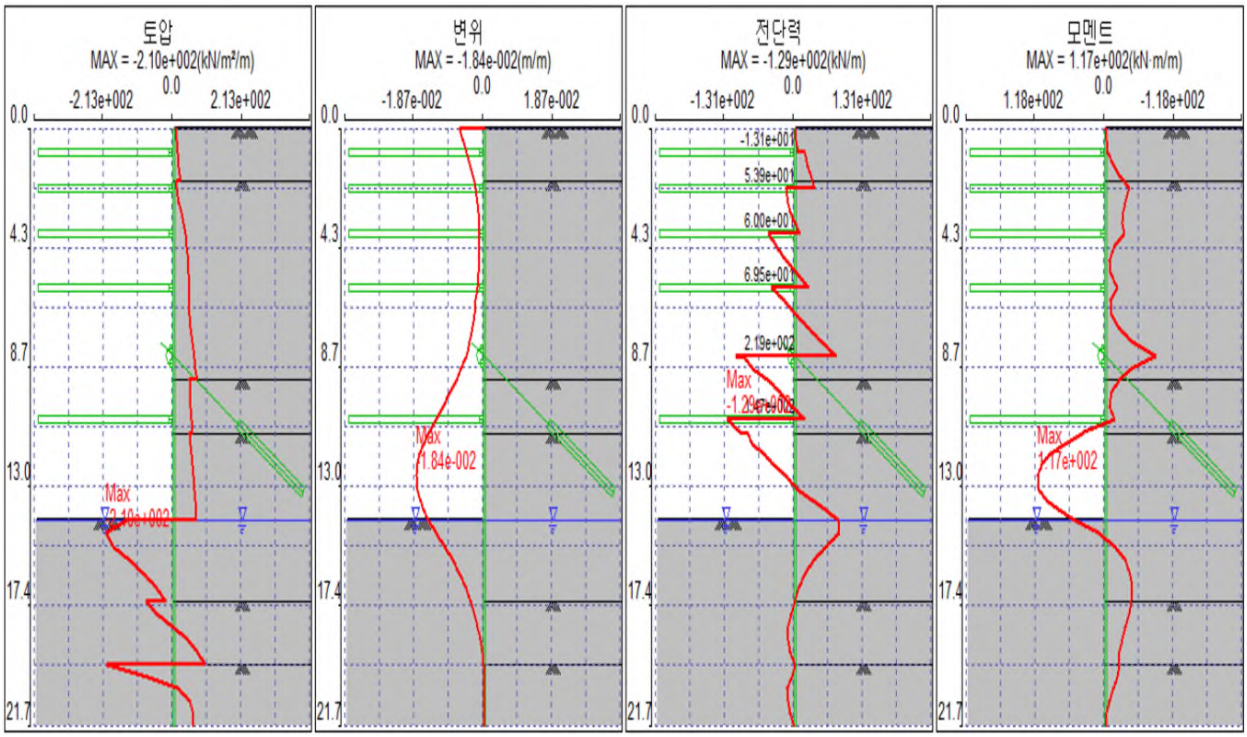
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 14.235 m]



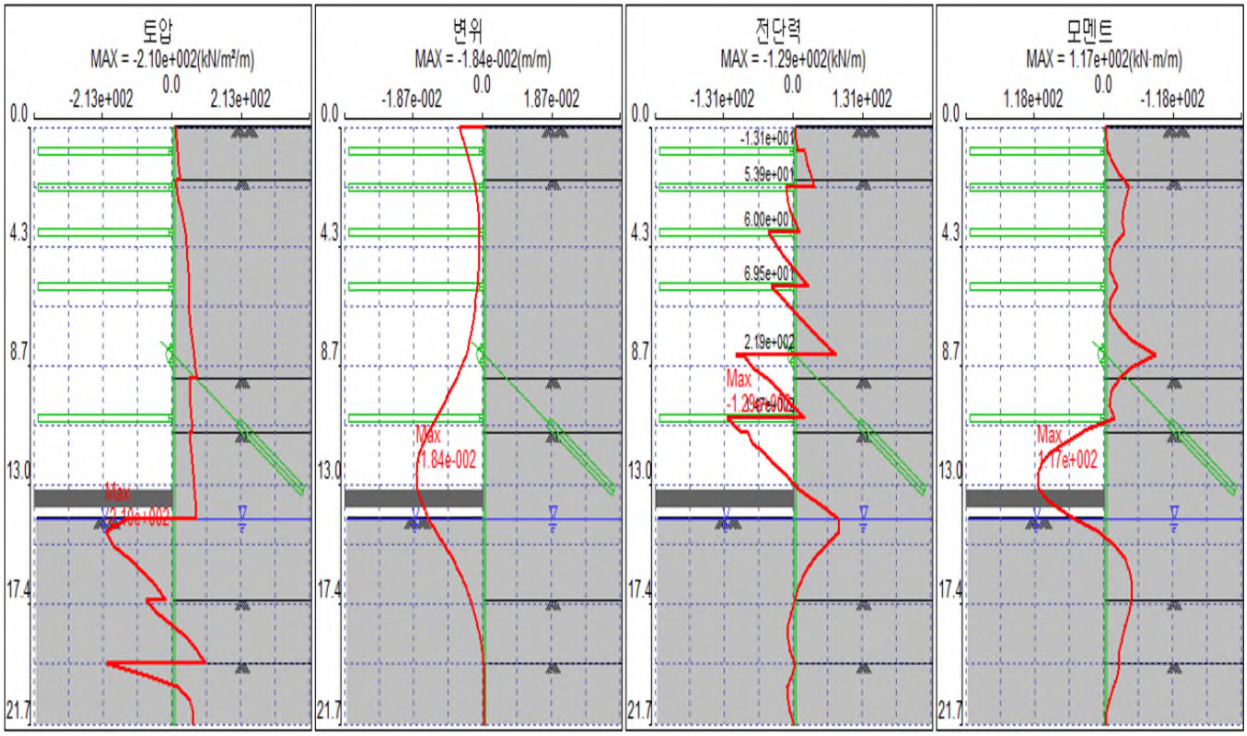
16) 시공 16 단계 [CS16 : PECK]



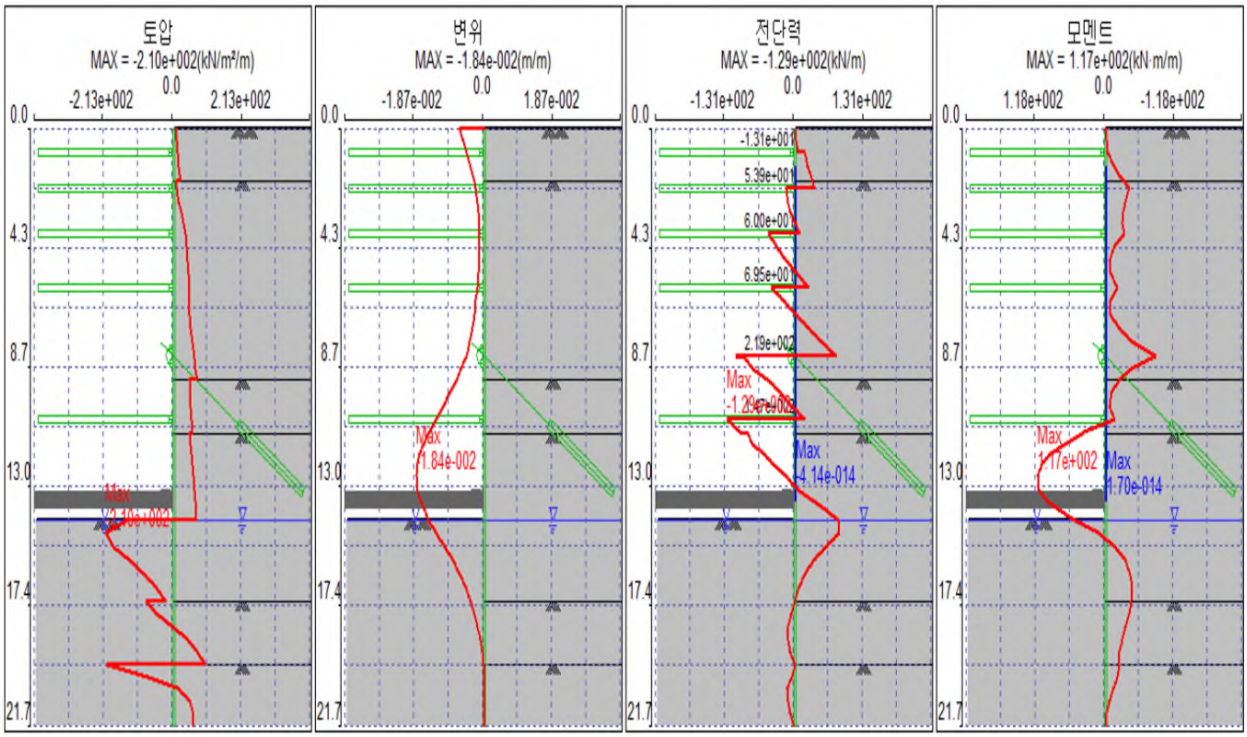
17) 시공 17 단계 [CS19 : 지보6 해체]



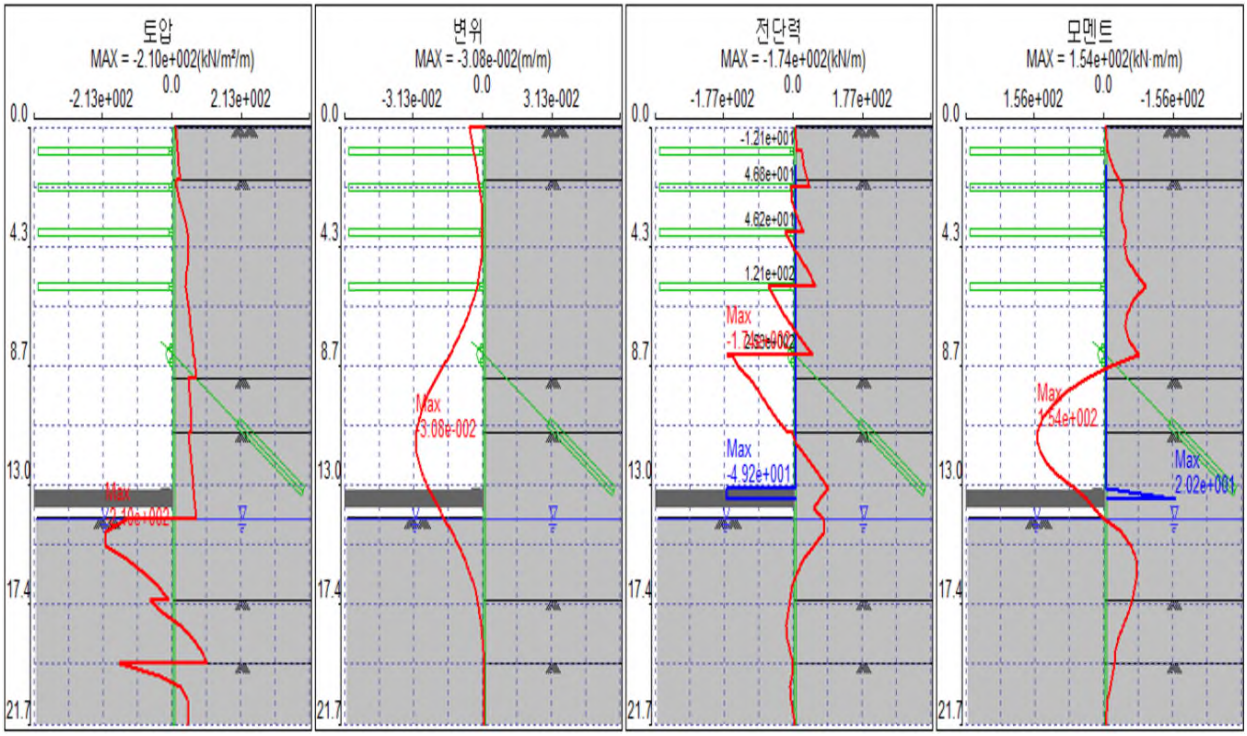
18) 시공 18 단계 [CS17 : 슬래브1]



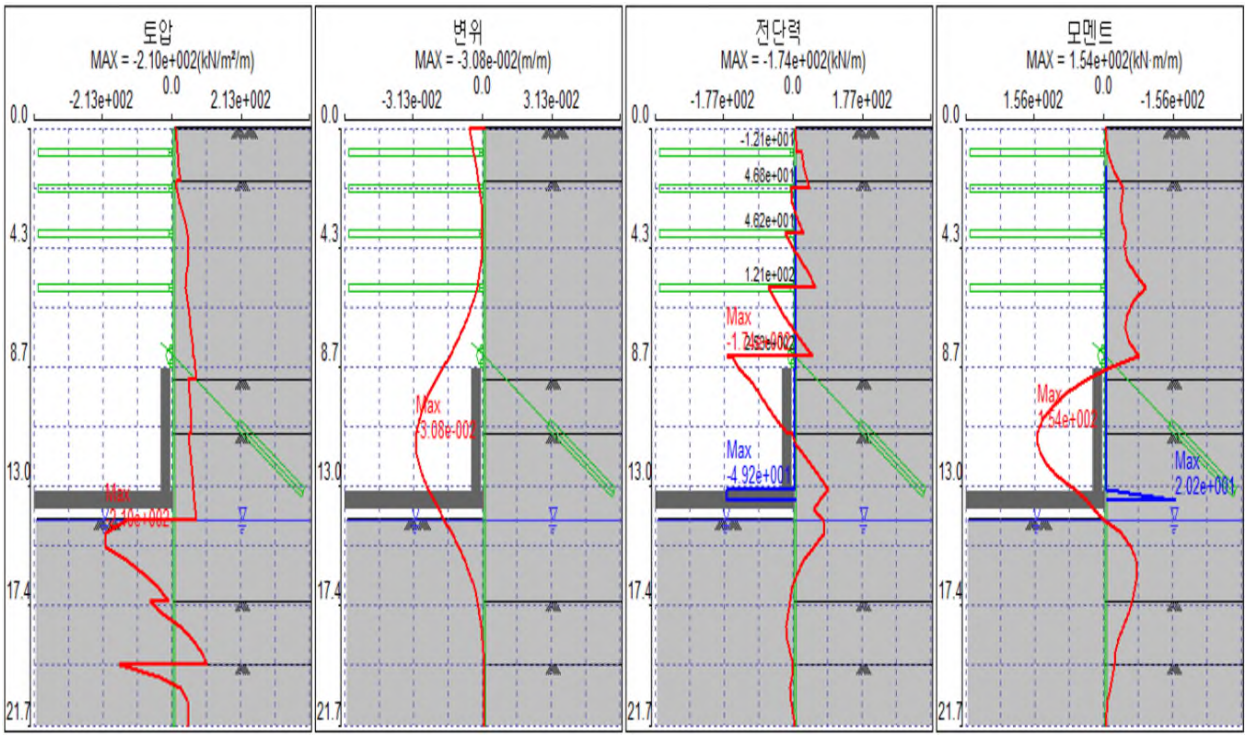
19) 시공 19 단계 [CS18 : 벽체타설0]



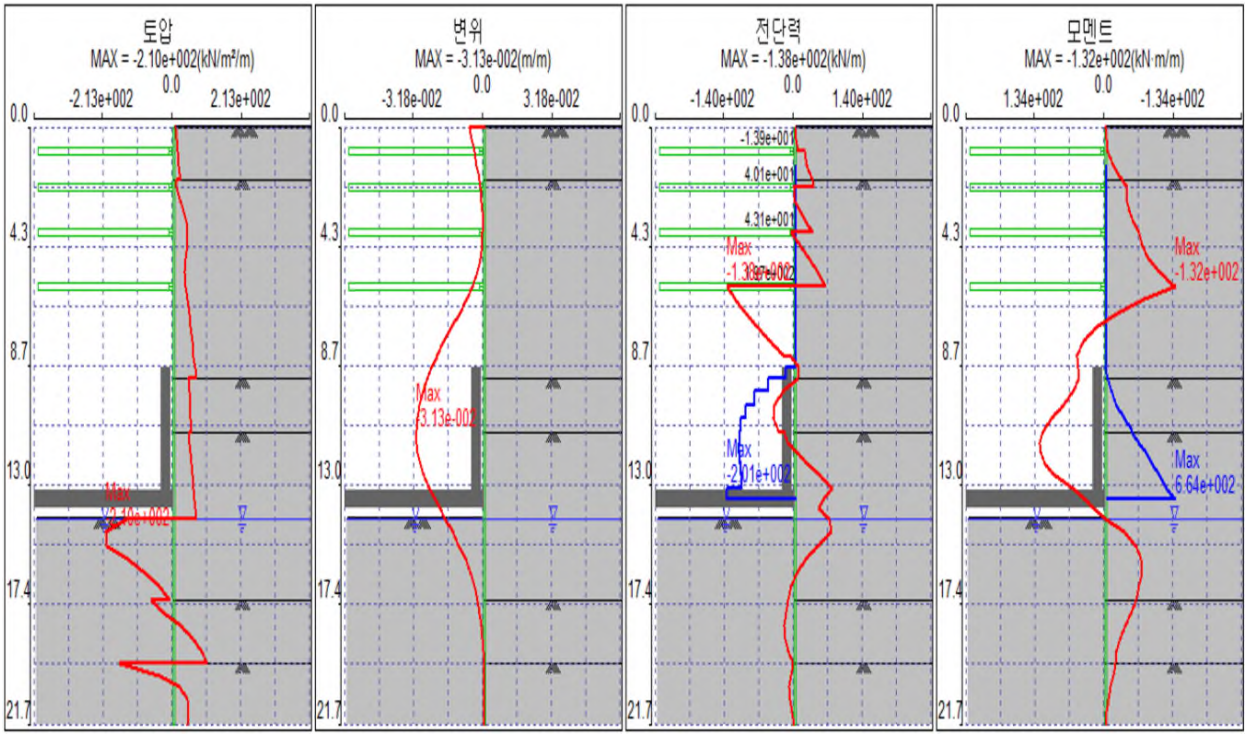
20) 시공 20 단계 [CS20 : 지보5 해체]



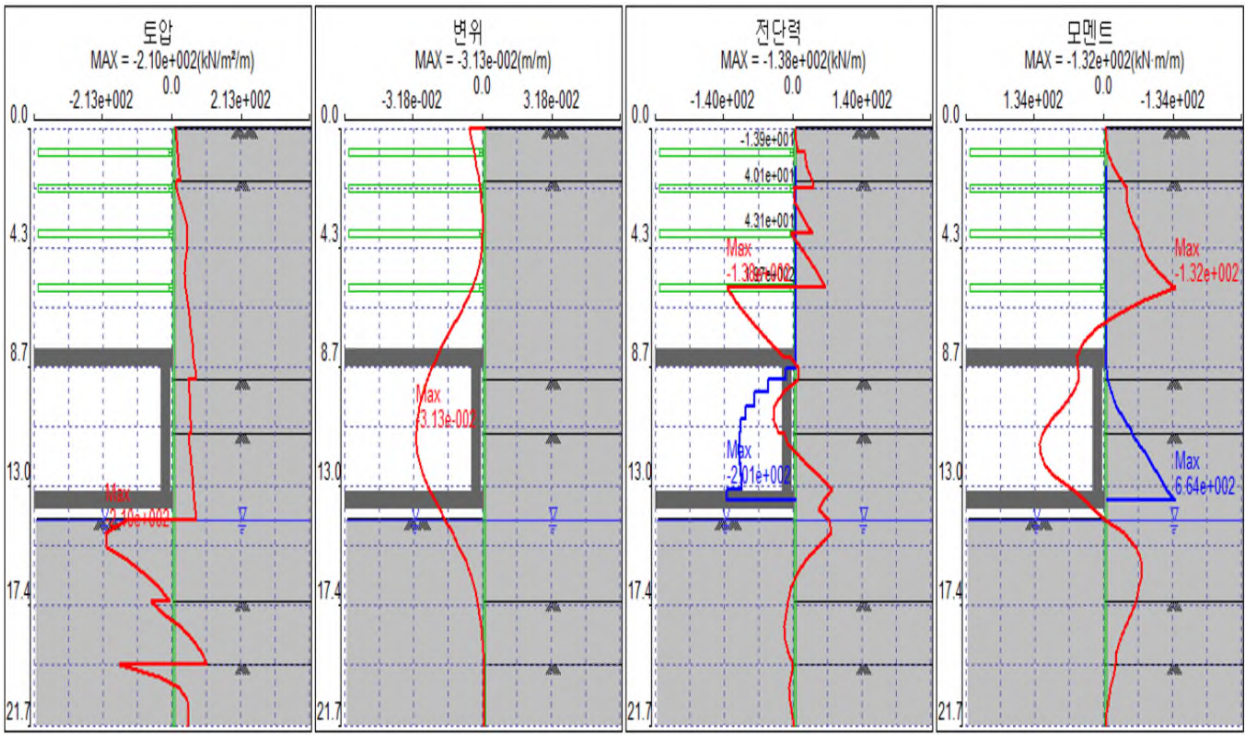
21) 시공 21 단계 [CS21 : 벽체타설1]



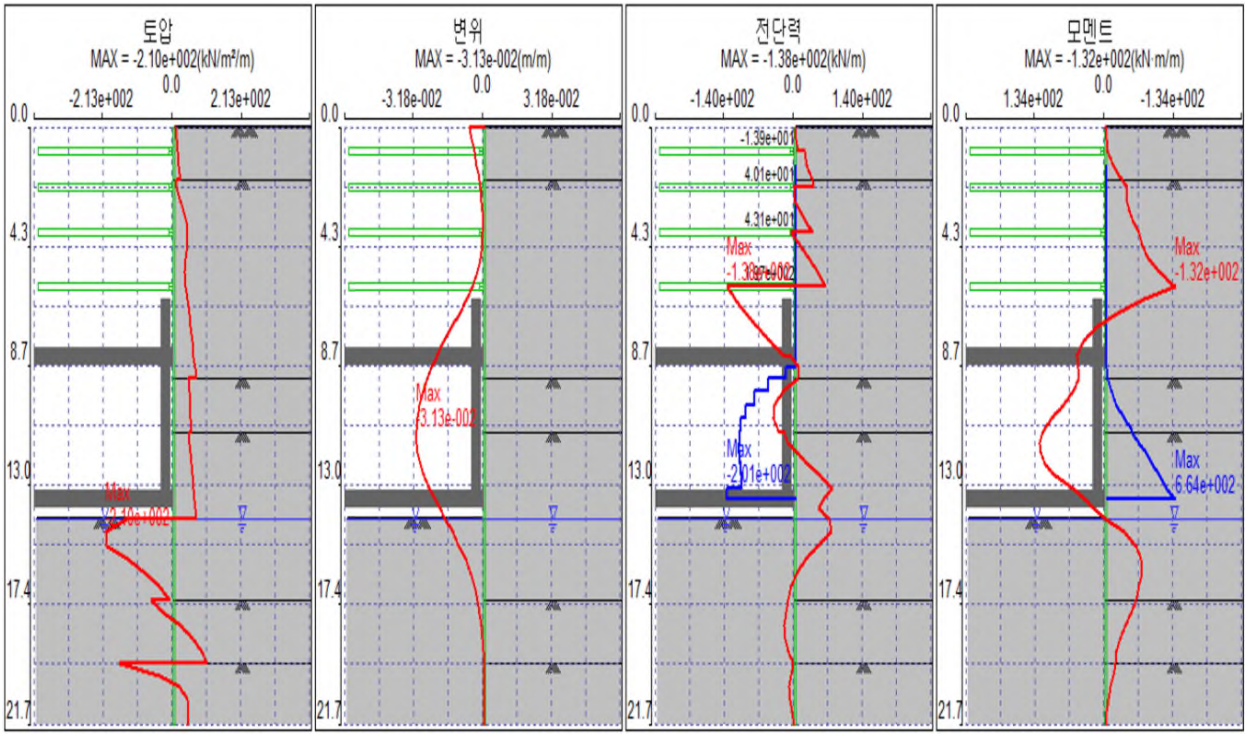
22) 시공 22 단계 [CS22 : 지보4 해체]



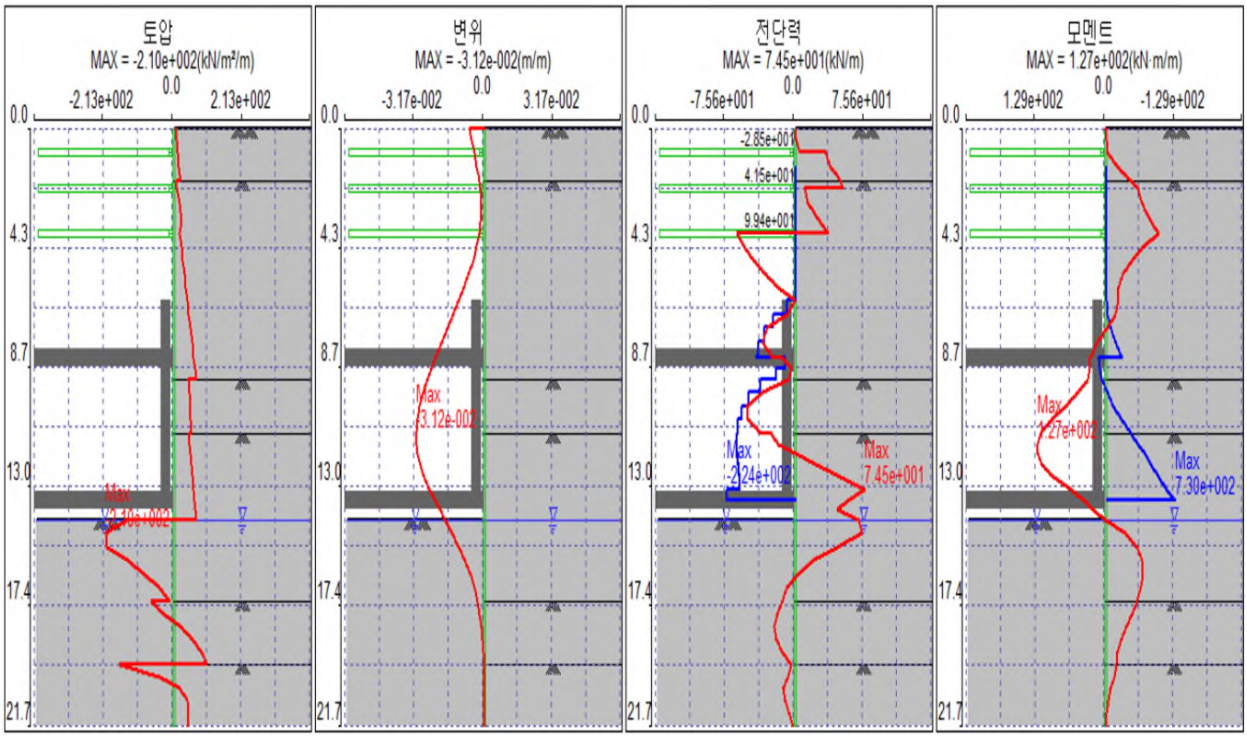
23) 시공 23 단계 [CS23 : 슬래브2]



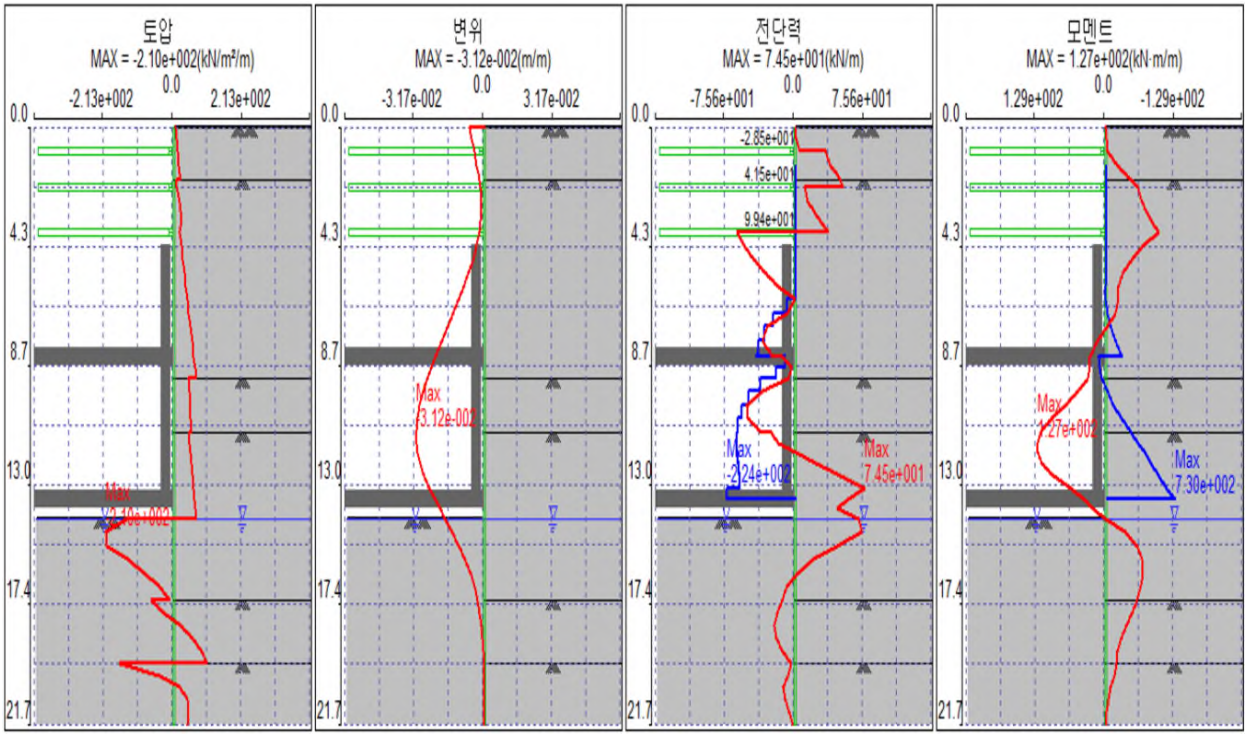
24) 시공 24 단계 [CS24 : 벽체타설2]



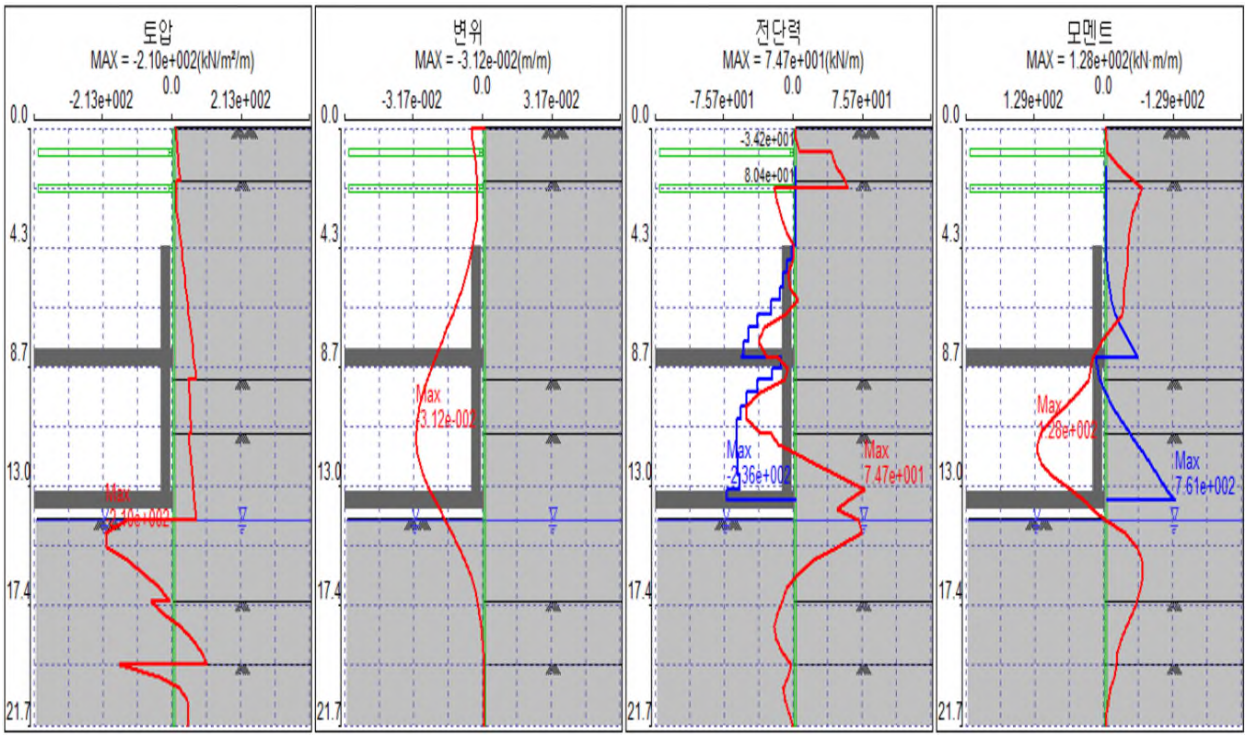
25) 시공 25 단계 [CS25 : 지보3 해체]



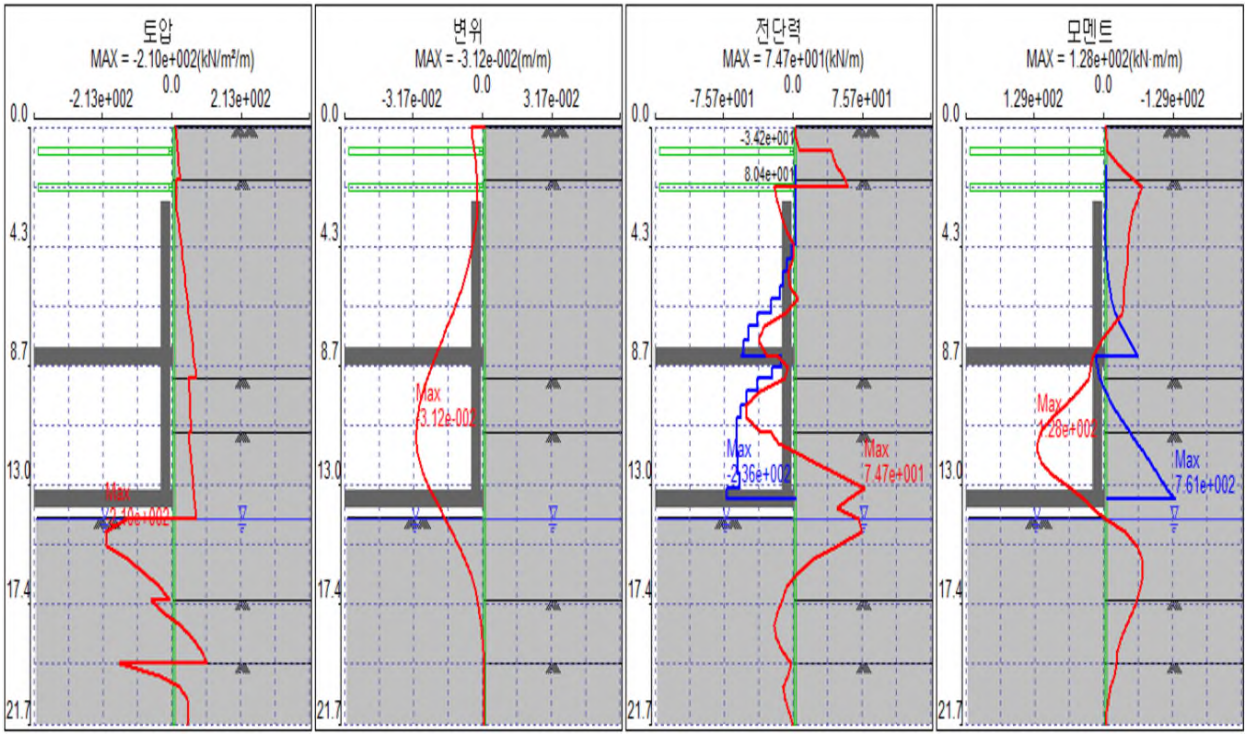
26) 시공 26 단계 [CS26 : 벽체타설3]



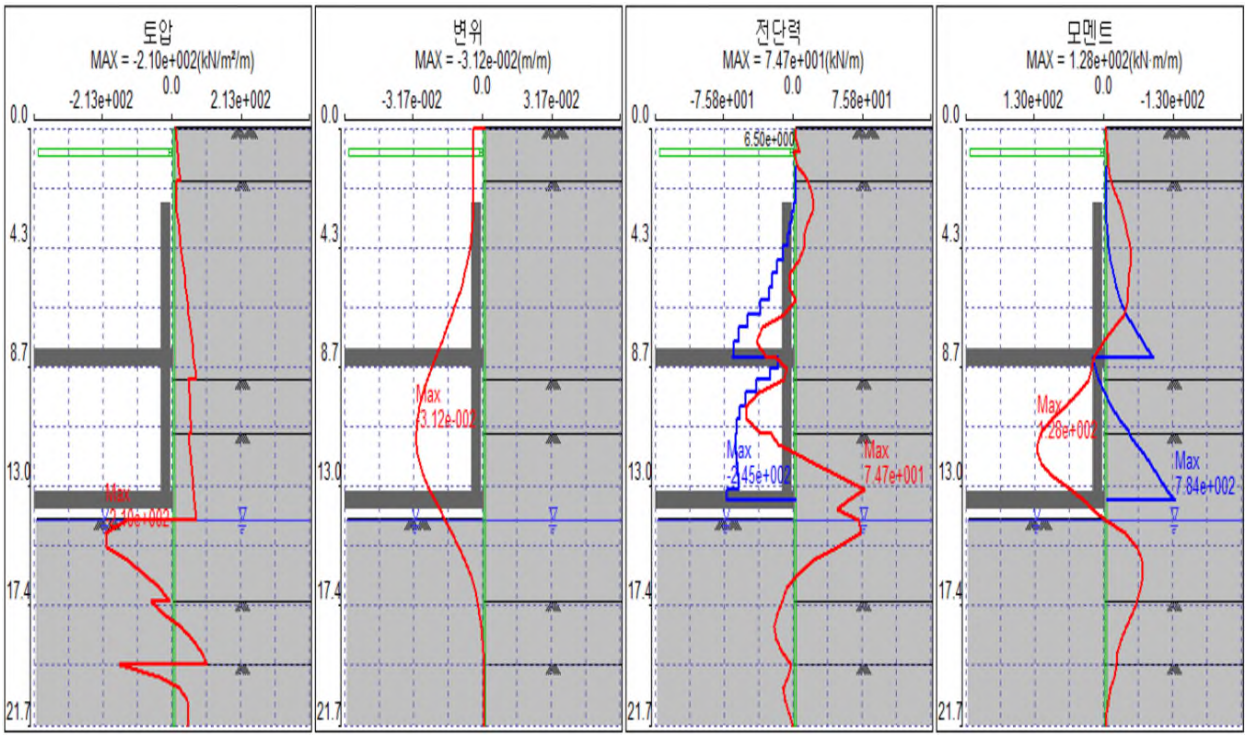
27) 시공 27 단계 [CS27 : 지보2 해체]



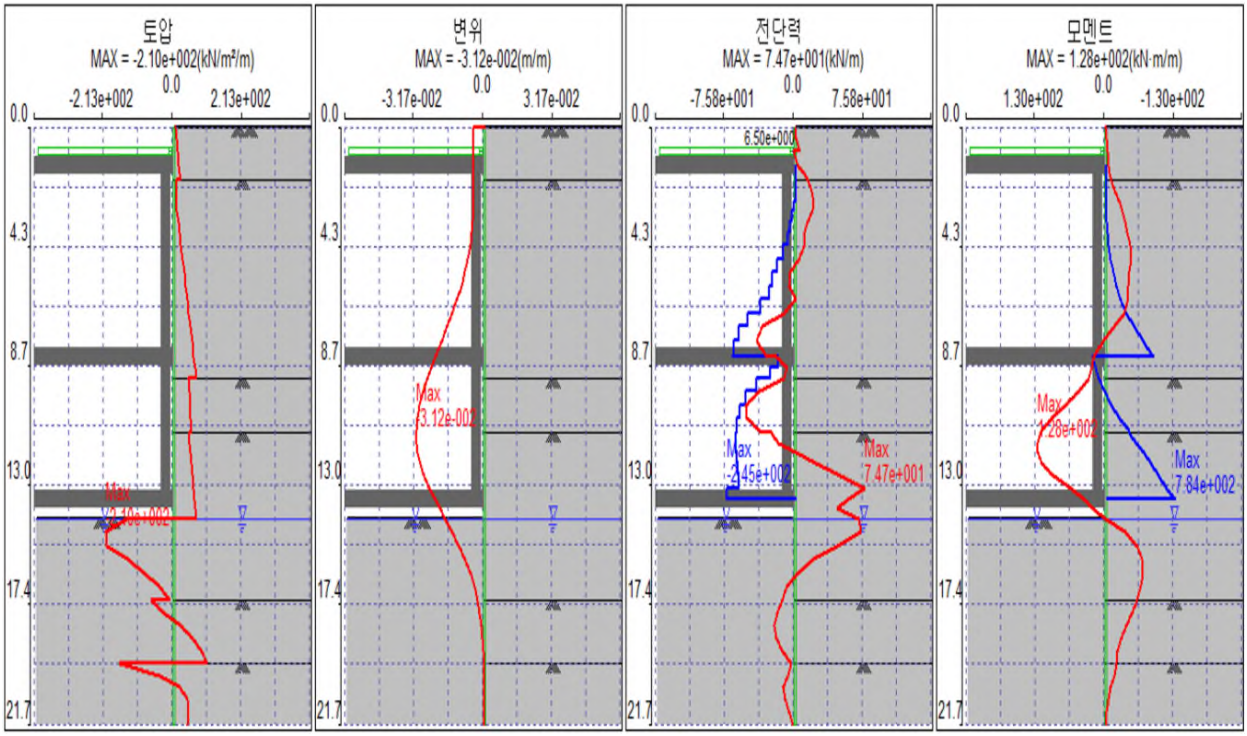
28) 시공 28 단계 [CS28 : 벽체타설4]



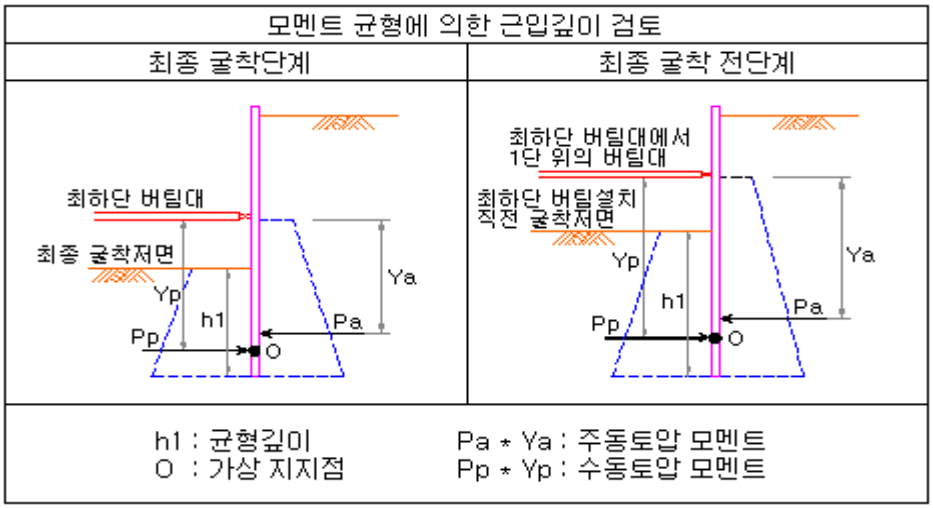
29) 시공 29 단계 [CS29 : 지보1 해체]



30) 시공 30 단계 [CS30 : 벽체타설5]



14.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.808	7.465	978.598	36641.913	37.443	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.611	8.575	2624.628	50232.229	19.139	1.200	OK

14.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -12.625 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 123.853 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.829 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 173.972 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.035 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (123.853 x 0.829) + (173.972 x 5.035) = 978.598 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 4997.865 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.332 m

Mp = (Pp x Yp) = (4997.865 x 7.332) = 36641.913 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 36641.913 / 978.598 = 37.443

S.F. = 37.443 > 1.2 ... OK

14.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -10.575 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 276.258 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.319 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 329.361 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.863 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (276.258 x 1.319) + (329.361 x 6.863) = 2624.628 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 5494.701 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 9.142 m

Mp = (Pp x Yp) = (5494.701 x 9.142) = 50232.229 kN·m

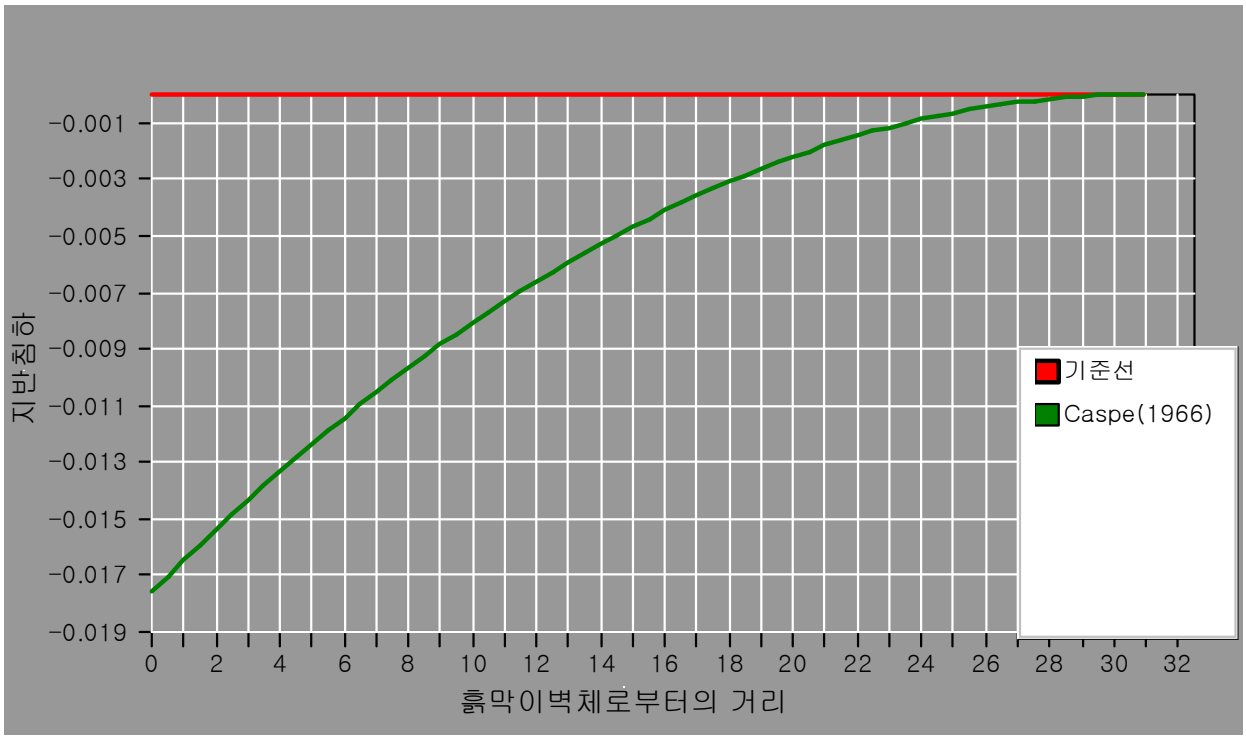
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 50232.229 / 2624.628 = 19.139

S.F. = 19.139 > 1.2 ... OK

14.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



14.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.136 m³ /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 42.82 m, Hw = 14.235 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 22.308 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 42.82 x tan(45 + 22.308/2) = 31.926 m

Ht = Hp + Hw = 31.926 + 14.235 = 46.161 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 46.161 x tan(45-22.308/2) = 30.956 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.136 / 30.956 = -0.018 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.018 x ((30.956 - Xi) / 30.956)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-17.585	-0.563	-1.127
0.50	-17.022	-0.554	-1.109
1.00	-16.467	-0.545	-1.090
1.50	-15.922	-0.536	-1.072
2.00	-15.386	-0.527	-1.054
2.50	-14.860	-0.518	-1.035
3.00	-14.342	-0.508	-1.017
3.50	-13.834	-0.499	-0.999

4.00	−13.334	−0.490	−0.980
4.50	−12.844	−0.481	−0.962
5.00	−12.363	−0.472	−0.943
5.50	−11.892	−0.463	−0.925
6.00	−11.429	−0.453	−0.907
6.50	−10.976	−0.444	−0.888
7.00	−10.531	−0.435	−0.870
7.50	−10.096	−0.426	−0.852
8.00	−9.671	−0.417	−0.833
8.50	−9.254	−0.408	−0.815
9.00	−8.846	−0.398	−0.797
9.50	−8.448	−0.389	−0.778
10.00	−8.059	−0.380	−0.760
10.50	−7.679	−0.371	−0.742
11.00	−7.308	−0.362	−0.723
11.50	−6.947	−0.352	−0.705
12.00	−6.594	−0.343	−0.687
12.50	−6.251	−0.334	−0.668
13.00	−5.917	−0.325	−0.650
13.50	−5.592	−0.316	−0.631
14.00	−5.276	−0.307	−0.613
14.50	−4.969	−0.297	−0.595
15.00	−4.672	−0.288	−0.576
15.50	−4.384	−0.279	−0.558
16.00	−4.105	−0.270	−0.540
16.50	−3.835	−0.261	−0.521
17.00	−3.574	−0.252	−0.503
17.50	−3.323	−0.242	−0.485
18.00	−3.080	−0.233	−0.466
18.50	−2.847	−0.224	−0.448
19.00	−2.623	−0.215	−0.430
19.50	−2.408	−0.206	−0.411
20.00	−2.203	−0.196	−0.393
20.50	−2.006	−0.187	−0.375
21.00	−1.819	−0.178	−0.356
21.50	−1.641	−0.169	−0.338
22.00	−1.472	−0.160	−0.320
22.50	−1.312	−0.151	−0.301
23.00	−1.162	−0.141	−0.283
23.50	−1.020	−0.132	−0.264
24.00	−0.888	−0.123	−0.246
24.50	−0.765	−0.114	−0.228
25.00	−0.651	−0.105	−0.209
25.50	−0.546	−0.096	−0.191
26.00	−0.451	−0.086	−0.173
26.50	−0.364	−0.077	−0.154
27.00	−0.287	−0.068	−0.136
27.50	−0.219	−0.059	−0.118
28.00	−0.160	−0.050	−0.099
28.50	−0.111	−0.040	−0.081

29.00	−0.070	−0.031	−0.063
29.50	−0.039	−0.022	−0.044
30.00	−0.017	−0.013	−0.026
30.50	−0.004	−0.004	−0.008
30.96	0.000	0.000	0.000
Max	−17.585	−0.563	−1.127

3-1.14 TYPE-13-1

(STA.0+625.0~0+632.2)

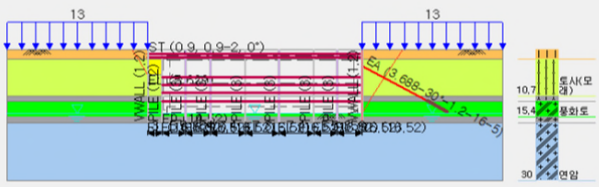
GeoX 구조계산서

TYPE 13-1 벽체 2단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (지보1)
7.2 Strut 설계 (지보3)
7.3 Strut 설계 (지보4)
7.4 Strut 설계 (지보5)
7.5 Strut 설계 (지보6)
7.6 Earth Anchor 설계 (지보2)
8.까치발 설계
8.1 Strut
9.띠장 설계
9.1 지보1 띠장 설계
9.2 지보2 띠장 설계
9.3 지보3 띠장 설계
9.4 지보4 띠장 설계
9.5 지보5 띠장 설계
9.6 지보6 띠장 설계
10.측면말뚝 설계
10.1 흙막이벽(우)
10.2 흙막이벽(좌)
10.3 흙막이벽(우)
11.중간말뚝 설계
12. 흙막이 벽체 설계
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 14.52m)

1.표준단면



2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	71.871	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.180	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
지보1 P 406.4x12	1.75	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.632	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보3 P 406.4x12	6.33	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.475	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보4 P 406.4x12	8.13	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	62.512	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보5 P 406.4x12	9.93	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	63.981	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보6 P 406.4x12	11.93	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	43.186	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
지보2 Strand12.7x4EA	3.69	O.K	O.K	O.K

2.5 까치발

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut H 300x305x15/15	0.90	휨응력	1.606	152.721	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	11.104	150.219	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	1.187	90.000	O.K		

2.6 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
지보1 H 440x300x11/18	1.75	휨응력	102.491	133.036	O.K	
		전단응력	58.810	90.000	O.K	
지보2 2H 250x250x9/14	3.69	휨응력	16.618	156.940	O.K	
		전단응력	24.037	90.000	O.K	
지보3 H 440x300x11/18	6.33	휨응력	77.514	142.373	O.K	
		전단응력	59.304	90.000	O.K	
지보4 H 440x300x11/18	8.13	휨응력	109.880	142.373	O.K	
		전단응력	84.067	90.000	O.K	
지보5 H 440x300x11/18	9.93	휨응력	112.847	142.373	O.K	
		전단응력	86.336	90.000	O.K	
지보6 H 440x300x11/18	11.93	휨응력	70.875	142.373	O.K	
		전단응력	54.225	90.000	O.K	

2.7 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	0.000	187.358	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	36.841	201.841	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	0.000	123.750	O.K	-	-
흙막이벽(좌) H 300x305x15/15	-	휨응력	49.632	187.358	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.547	201.841	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	21.014	123.750	O.K	지지력	O.K
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	136.033	187.358	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	37.180	201.841	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	62.871	123.750	O.K	지지력	O.K

2.8 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	73.801	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	17.941	137.022	O.K	지지력	O.K

2.9 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 14.52	휨응력	91.015	303.750	O.K		
		압축응력	88.152	292.872	O.K		
		전단응력	43.411	174.375	O.K		

2.10 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)		0.000	43.560	O.K
흙막이벽(좌)	CS24 : 3단해체	14.171	43.560	O.K
흙막이벽(우)	CS22 : 4단해체	22.551	43.560	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m ~ 3.00m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x12	수평간격 :	3.84	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m ~ 3.84m	
까치발	H 300x305x15/15(SS400)	1.36m	45.0°
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

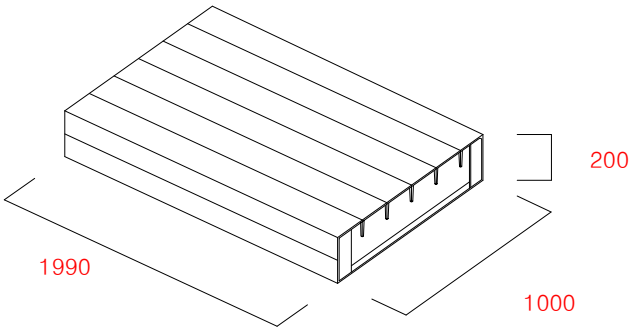
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법 + FEM (적용 부재력값 : 불리한 값)
다. Rankine 토압
라. Mohr-Coulomb

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

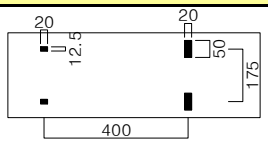
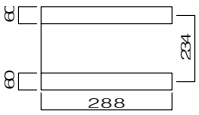
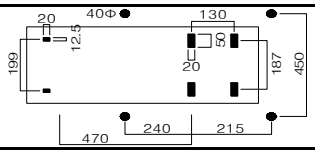
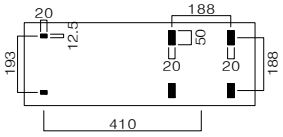
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

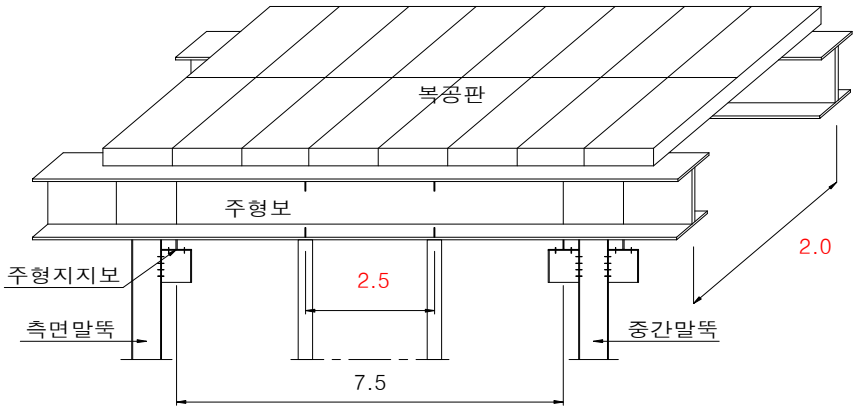
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

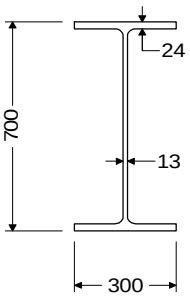
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.500 \times 7.500 / 8 = 39.023$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.500 / 2 = 20.813$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)$

$= 0.316 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

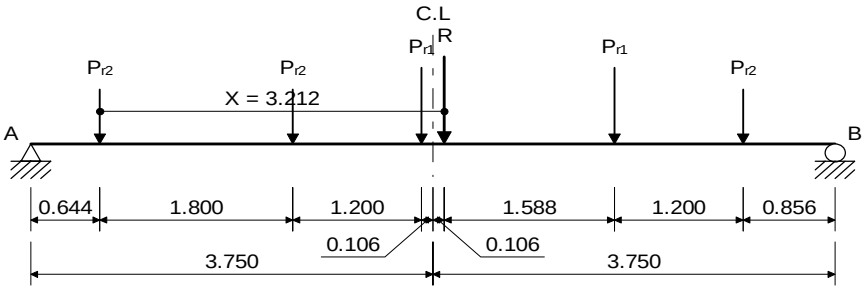
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)

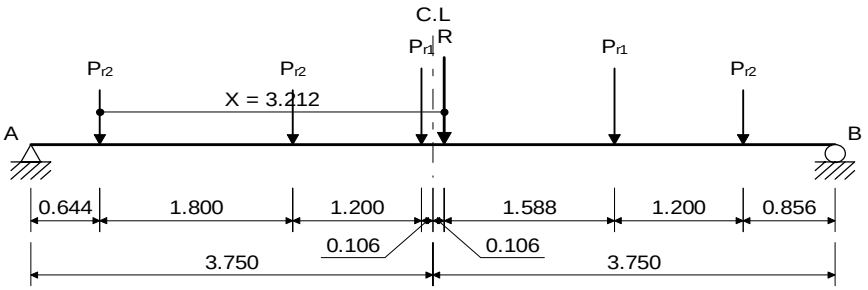


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

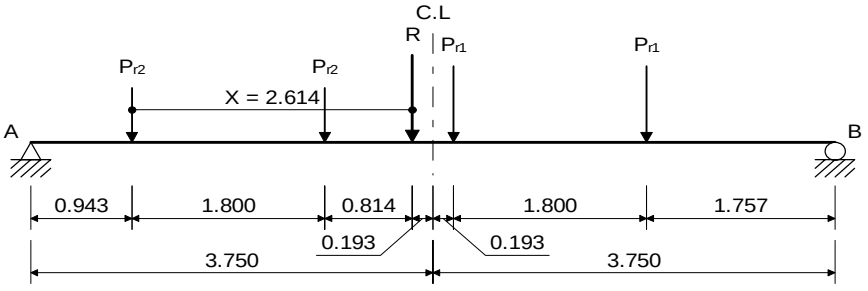
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L
= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500
= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② **2** 차선 재하시 (후륜하중)

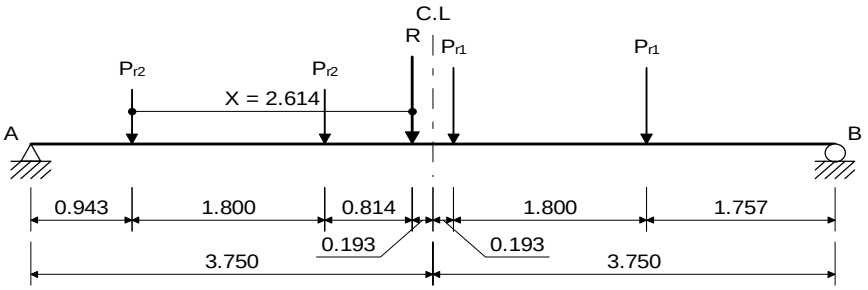


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

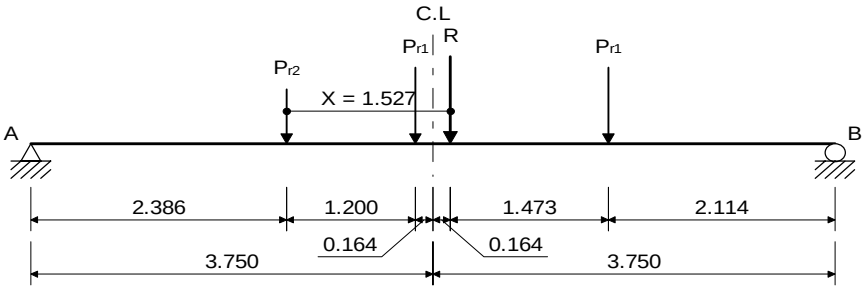
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

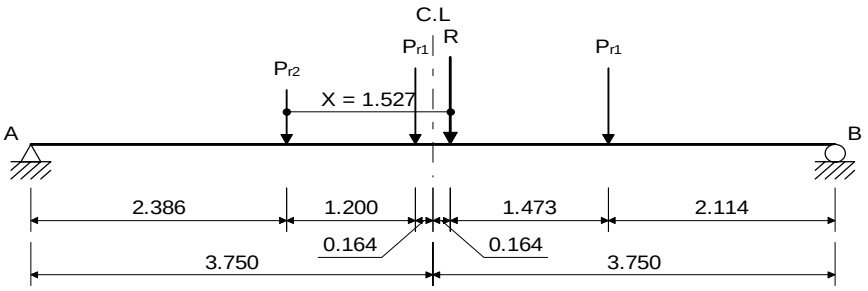


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

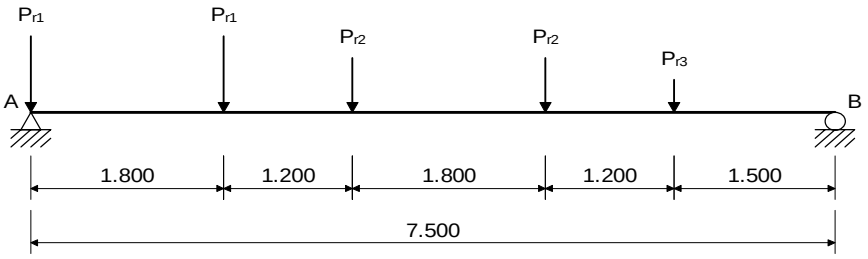


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x 1.00 = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m
S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 x 1000000 / 5760000.0 = 101.569 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.357 x 1000 / 8476 = 40.627 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 101.569 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.627 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 420.010 / (7.50 x 7.50) = 59.735 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 59.735 x 7500.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 5.830 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7500.0 / 400 , 25)

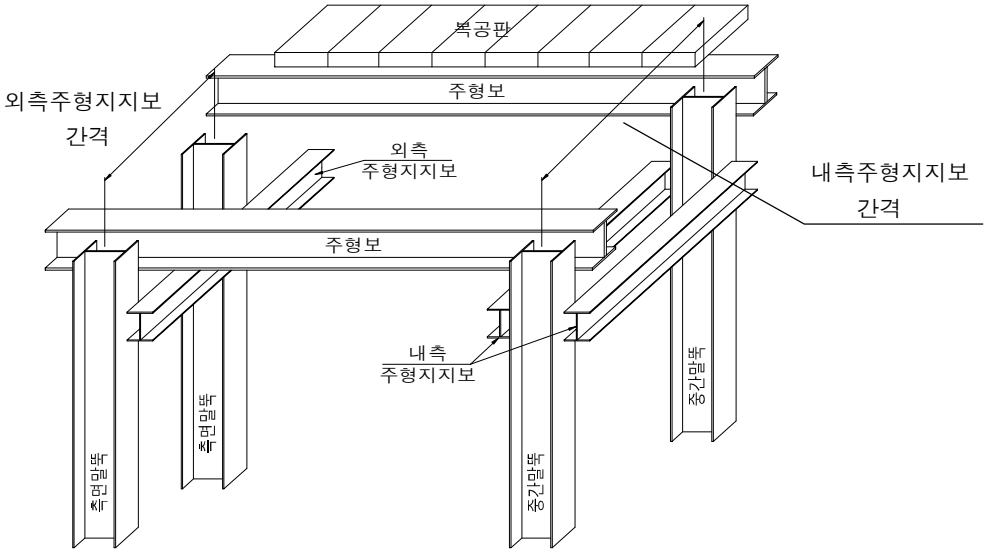
= 18.750 mm > δ_l = 5.830 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

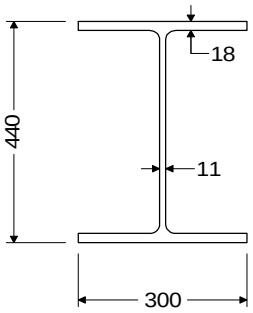
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

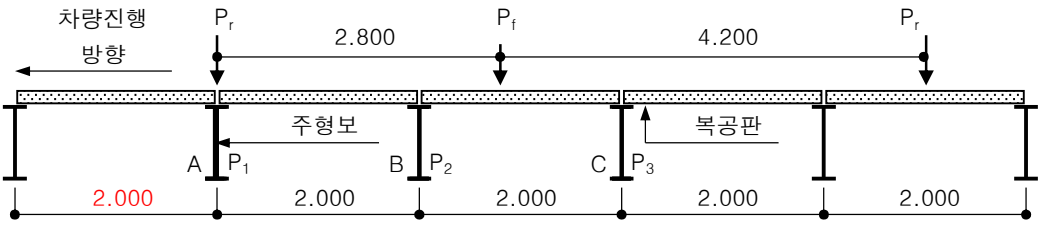


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



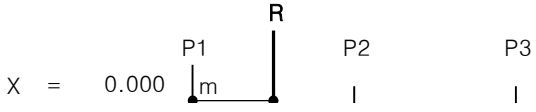
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

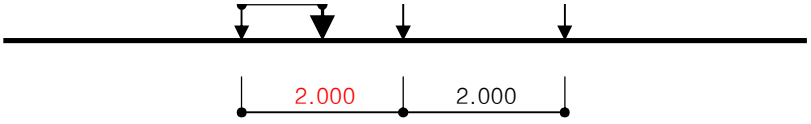
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



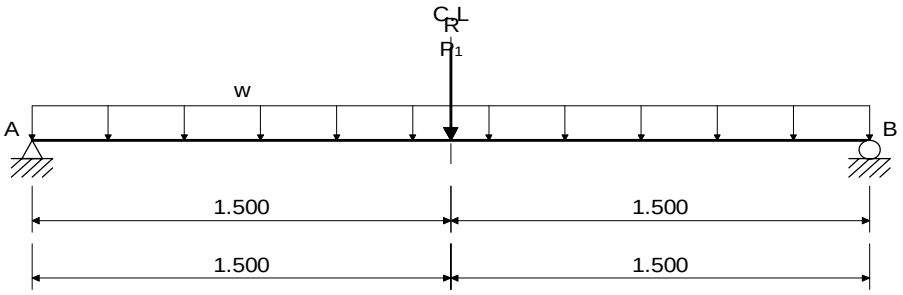


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

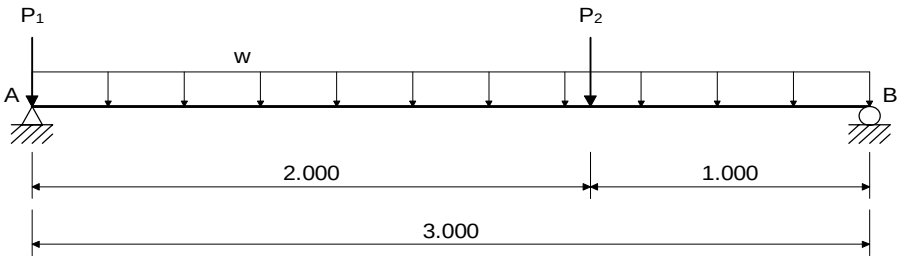
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 3.000
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 259.631 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (344.356 x 3.000 + 69.344 x 1.000) / 3.000
= 367.471 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 367.471 + 1.212 x 3.00 / 2
= 369.289 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

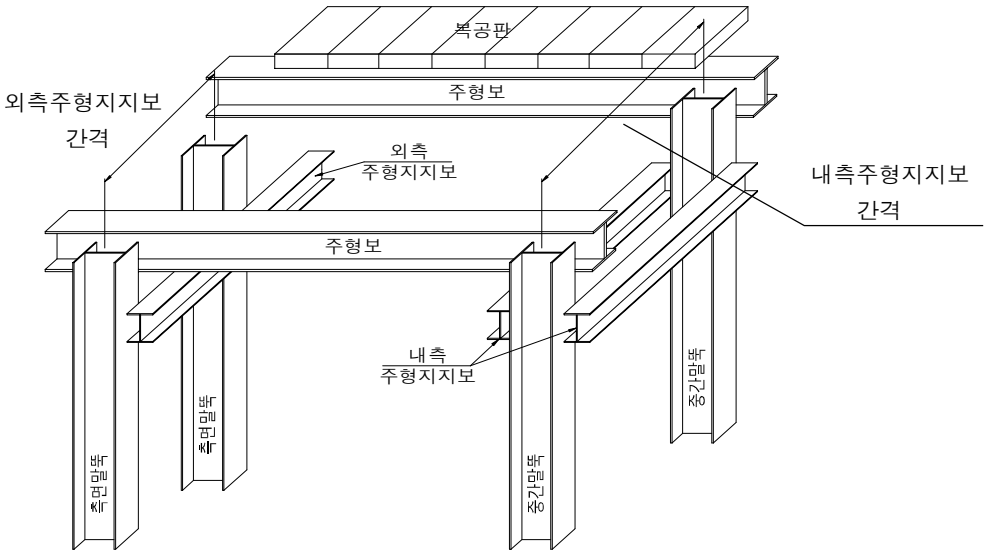
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

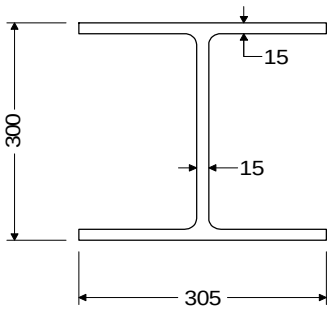
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

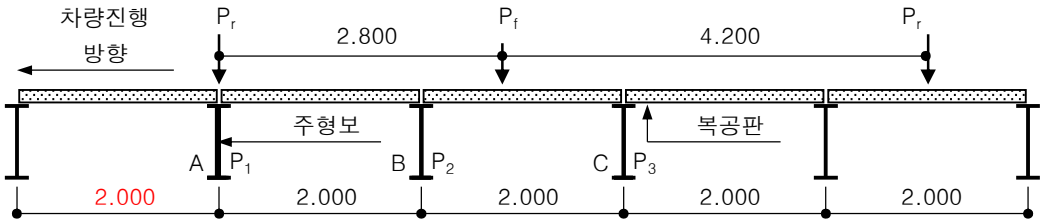


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



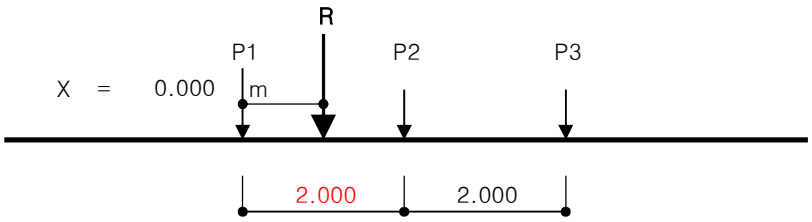
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 344.356

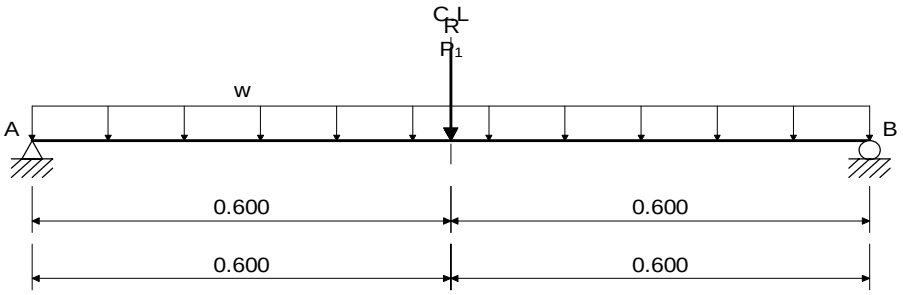
= 344.357 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 344.356

= 0.000 m

② 최대 휨모멘트



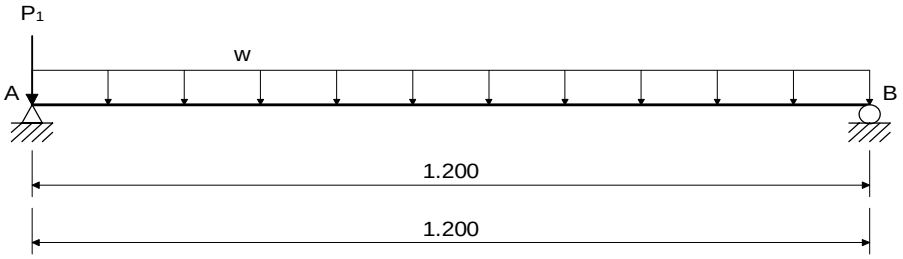
R_a = (P_1 x 0.600) / L

= (344.356 x 0.600) / 1.200

= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 103.494 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (344.356 x 1.200) / 1.200
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.20 / 2
= 344.979 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 103.494 x 1000000 / 1440000.0 = 71.871 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.979 x 1000 / 4050 = 85.180 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.871 + 71.871) / 71.871
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 71.871 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.180 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 344979 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

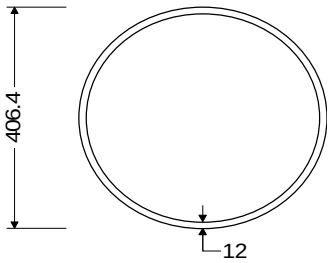
7.1 Strut 설계 (지보1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.84 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 141.566 kN/m ---> 지보1 (CS27 : 타설6)
= 141.566 x 3.84 / 1 단
= 543.612 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 543.612 + 120.0 = 663.612 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 663.612 x 1000 / 14868.5 = 44.632 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.077 x 12)
= 15.719 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.077

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (72.722 − 16.542) / 72.722
= 0.773 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000
= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5
57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))
= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2
= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12
= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)
= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 44.632 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{44.632}{121.755} + \frac{28.090}{157.500 \times (1 - (44.632 / 410.490))}$$

$$= 0.567 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.632 + \frac{28.090}{1 - (44.632 / 410.490)}$$

$$= 76.149 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.567 , 0.483)

= 0.567 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{72.722}{121.755} + \left\{ \frac{2.689}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.598 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

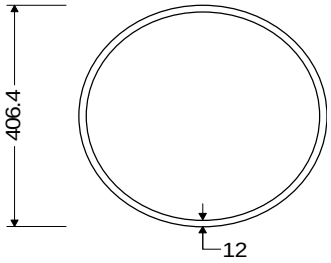
7.2 Strut 설계 (지보3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 190.340 kN/m ---> 지보3 (CS9 : 굴착 8.629 m)
= 190.340 x 3.00 / 1 단
= 571.020 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 571.020 + 120.0 = 691.020 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 691.020 x 1000 / 14868.5 = 46.475 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.075 x 12)

= 15.747 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.075

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (74.565 − 18.386) / 74.565

= 0.753 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 46.475 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{46.475}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (46.475 / 410.490))}$

= 0.583 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 46.475 + \frac{28.090}{1 - (46.475 / 410.490)}$$

$$= 78.152 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.583 , 0.496)
= 0.583 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{74.565}{121.755} + \left\{ \frac{2.689}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.613 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

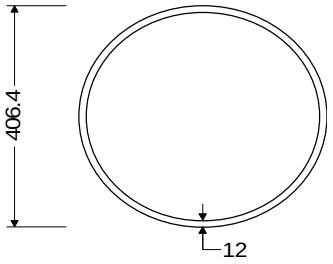
7.3 Strut 설계 (지보4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 269.818 kN/m ---> 지보4 (CS11 : 굴착 10.929 m)
= 269.818 x 3.00 / 1 단
= 809.453 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 809.453 + 120.0 = 929.453 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 929.453 x 1000 / 14868.5 = 62.512 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.062 x 12)
= 15.945 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.062

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (90.601 − 34.422) / 90.601
= 0.620 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 62.512 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{62.512}{121.755} + \frac{28.090}{157.500 \times (1 - (62.512 / 410.490))}$

= 0.724 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 62.512 + \frac{28.090}{1 - (62.512 / 410.490)}$

= 95.648 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.724 , 0.607)
= 0.724 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{90.601}{121.755} + \left\{ \frac{2.689}{89.387} \right\}^2$

= 0.745 < 1.0 ---> O.K

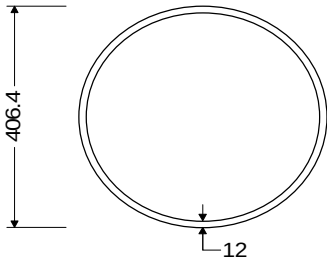
7.4 Strut 설계 (지보5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 277.101 kN/m ---> 지보5 (CS13 : 굴착 13.479 m)
= 277.101 x 3.00 / 1 단
= 831.304 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 831.304 + 120.0 = 951.304 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.090$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 951.304 \times 1000 / 14868.5 = 63.981$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \dfrac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \dfrac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.689$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t) = 203.2 / (1.061 \times 12)$

$= 15.960$ ---> $r/(\alpha t) \le 50$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.061$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (92.071 - 35.891) / 92.071$

$= 0.610$ ($0 \le \Phi \le 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8000 / 139.5$

57.348 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.348 - 18.6))$

$= 121.755$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.755$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.348)^2$

$= 410.490$ MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933²)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 63.981 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{63.981}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (63.981 / 410.490))}$

= 0.737 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 63.981 + \dfrac{28.090}{1 - (63.981 / 410.490)}$

= 97.258 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.737 , 0.618)

= 0.737 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{92.071}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

= 0.757 < 1.0 ---> O.K

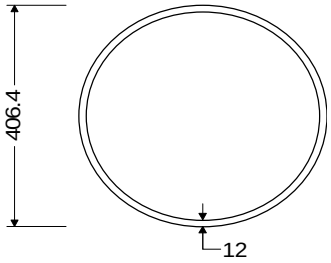
7.5 Strut 설계 (지보6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 174.037 kN/m ---> 지보6 (CS15 : 굴착 14.52 m)
= 174.037 x 3.00 / 1 단
= 522.111 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 522.111 + 120.0 = 642.111 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 642.111 x 1000 / 14868.5 = 43.186 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.079 x 12)

= 15.696 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.079

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.276 − 15.096) / 71.276

= 0.788 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 43.186 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{43.186}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (43.186 / 410.490))}$

= 0.554 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 43.186 + \frac{28.090}{1 - (43.186 / 410.490)}$$

$$= 74.579 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.554 , 0.474)
= 0.554 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{71.276}{121.755} + \left\{ \frac{2.689}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.586 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

7.6 Earth Anchor 설계 (지보2)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

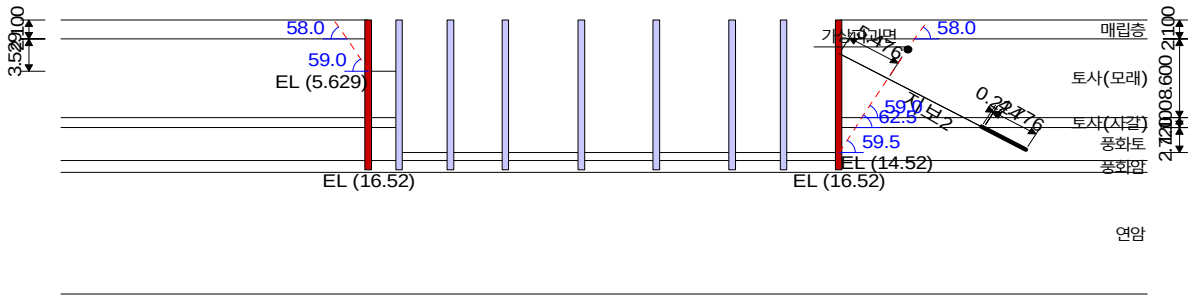
A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	105.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,
0.75 x 1570.0 x 394.84)
= Min. (440641.4 , 464924.1) N
= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
지보2	3.688	5.476	2.178	16.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 ($T_{req} = R_{max}$ x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
지보2	3.688	107.499	1.200	30	128.999

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	Δ L (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	Δ P_p (N)
3.688	200000	3.0	98.71	4	16.5	14357.818

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	Δ P_{pr} (N)
3.688	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Δ P_p (kN)	Δ P_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
3.688	128.999	14.358	24.796	168.153

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
3.688	168.153	110.160	4	1.526	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
지보2	3.688	128.999	토사(자갈)	2.50	105.000	100.000	0.224	2.956
		126.044	풍화토	2.50	105.000	220.000	4.342	126.044
합계		-	-	-	-	-	4.566	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,
T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
3.688	128.999	4.0	12.70	1000.0	0.808

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
3.688	4.566	0.808	5.0	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
3.688	16.000	1.500	5.000	22.500

마. ELONGATION 산정

$L_{el} = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, L_{el} = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
3.688	168.153	16.5	200000	98.71	4	35.135

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
3.688	1.20	30.0	16.000	1.500	5.000	168.153

8.까치발 설계

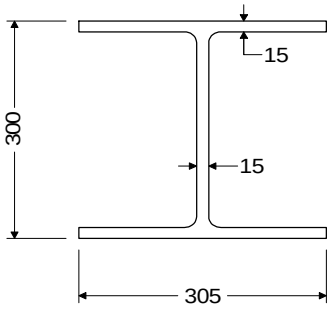
8.1 Strut

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 1.923 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480.000
I_x (mm^4)	215000000.000
Z_x (mm^3)	1440000.000
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



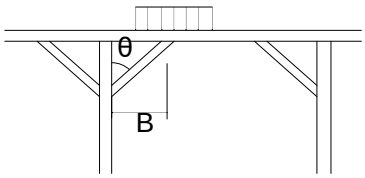
(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.000 m

(5) 까치발 설치위치(B) : 1.360 m

(6) 각도 (θ) : 45 도

(7) 축력분담폭 : 0.320 m



나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 65.593 kN/m ---> 주형 (CS27 : 타설6)
= 65.593 x 0.320 / 1 단
= 20.990 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 20.990 / cos 45 ° + 120.0
= 149.684 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 1.923 x 1.923 / 8
= 2.312 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 1.923 / 2 / 1 단
= 4.808 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 2.312 x 1000000 / 1440000.0 = 1.606 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 149.684 x 1000 / 13480 = 11.104 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 4.808 x 1000 / 4050 = 1.187 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.074

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (12.710 − 9.499) / 12.710

= 0.253

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 1923.33 / 126

15.265 ---> $Lx/Rx \le 18.6$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 157.500 MPa

L_y / R_y = 1923.33 / 72.6

26.492 ---> $18.6 < Ly/Ry \le 92.8$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (26.492 − 18.6))

= 150.219 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 150.219 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 150.219 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1923.33 / 305

= 6.306 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.306 − 4.6))

= 152.721 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.721 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (15.265)^2

= 5793.847 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 150.219 MPa > f_c = 11.104 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.721 MPa > f_b = 1.606 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 1.187 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{11.104}{150.219} + \frac{1.606}{152.721 \times (1 - (11.104 / 5793.847))}$$

$$= 0.084 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 11.104 + \frac{1.606}{1 - (11.104 / 5793.847)}$$

$$= 12.713 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.084 , 0.081)

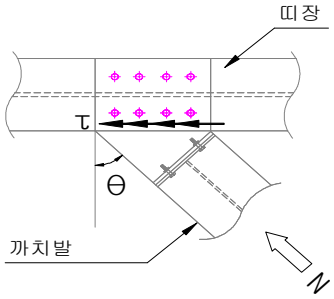
= 0.084 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 149.684 \times \sin 45°$

$= 105.843$ kN



$\tau = N * \sin\Theta$

▶ 사용볼트 : F8T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 100 = 112.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 105843 / (112.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 2.47$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : $n_{used} = 12$ ea > n_{req} = 2.47 ea ---> O.K

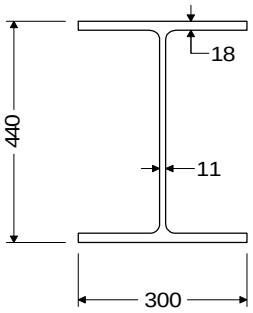
9.띠장 설계

9.1 지보1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

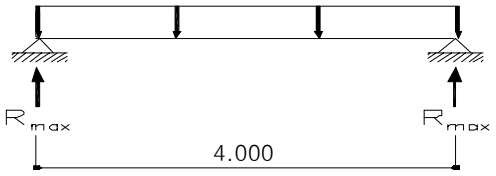
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 4.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 141.566 kN/m ---> 지보1 (CS27 : 타설6)

P = 141.566 × 3.84 m / 1 ea = 543.612 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 543.612 / (13 × 3.840)
= 130.676 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 130.676 × 4.000 ^{2} / 8
= 261.352 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 130.676 × 4.000 / 2
= 261.352 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 261.352 x 1000000 / 2550000.0 = 102.491 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 261.352 x 1000 / 4444 = 58.810 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (102.491 + 102.491) / 102.491

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4000 / 300

= 13.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (13.333 − 4.6))

= 133.036 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 133.036 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 133.036 MPa > f_b = 102.491 MPa ---> O.K

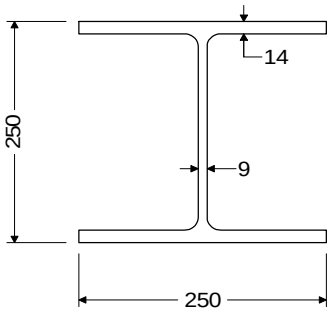
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 58.810 MPa ---> O.K

9.2 지보2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

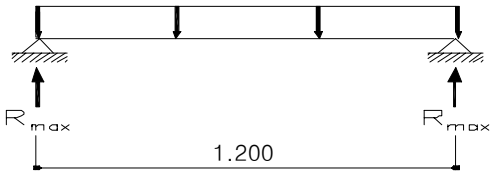
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



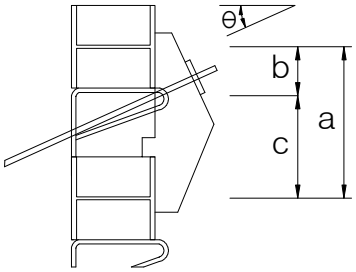
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 168.153 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 168.153 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 104.055 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 104.055 / (13 × 1.200)
= 80.043 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 80.043 × 1.200^2 / 8
= 14.408 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 80.043 × 1.200 / 2
= 48.026 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 14.408 x 1000000 / 867000.0 = 16.618 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 48.026 x 1000 / 1998 = 24.037 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (16.618 + 16.618) / 16.618

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 16.618 MPa ---> O.K

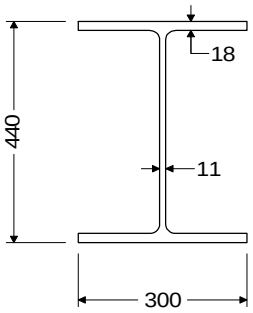
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 24.037 MPa ---> O.K

9.3 지보3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

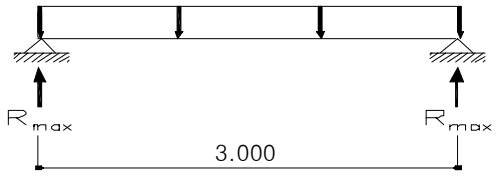
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 190.340 kN/m ---> 지보3 (CS9 : 굴착 8.629 m)

P = 190.340 × 3.00 m / 1 ea = 571.020 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 571.020 / (13 × 3.000)
= 175.698 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 175.698 × 3.000^2 / 8
= 197.661 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 175.698 × 3.000 / 2
= 263.548 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 197.661 x 1000000 / 2550000.0 = 77.514 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 263.548 x 1000 / 4444 = 59.304 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.514 + 77.514) / 77.514

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 77.514 MPa ---> O.K

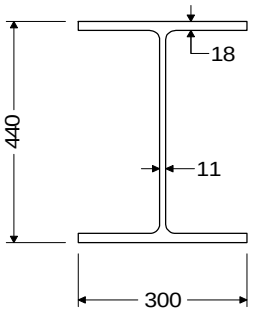
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 59.304 MPa ---> O.K

9.4 지보4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

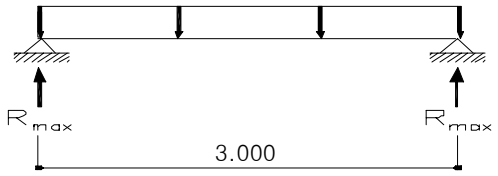
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 269.818 kN/m ---> 지보4 (CS11 : 굴착 10.929 m)

P = 269.818 × 3.00 m / 1 ea = 809.453 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 809.453 / (13 × 3.000)
= 249.062 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 249.062 × 3.000^2 / 8
= 280.195 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 249.062 × 3.000 / 2
= 373.594 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 280.195 x 1000000 / 2550000.0 = 109.880 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 373.594 x 1000 / 4444 = 84.067 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (109.880 + 109.880) / 109.880

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 109.880 MPa ---> O.K

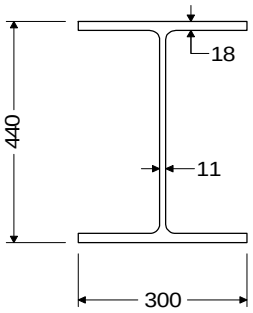
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 84.067 MPa ---> O.K

9.5 지보5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

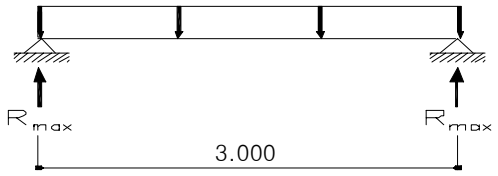
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 277.101 kN/m ---> 지보5 (CS13 : 굴착 13.479 m)

P = 277.101 × 3.00 m / 1 ea = 831.304 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 831.304 / (13 × 3.000)
= 255.786 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 255.786 × 3.000^2 / 8
= 287.759 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 255.786 × 3.000 / 2
= 383.679 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 287.759 x 1000000 / 2550000.0 = 112.847 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.679 x 1000 / 4444 = 86.336 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (112.847 + 112.847) / 112.847

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 112.847 MPa ---> O.K

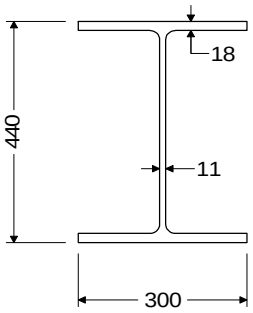
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.336 MPa ---> O.K

9.6 지보6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

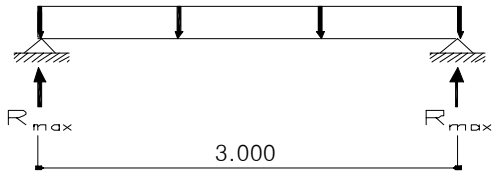
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 174.037 kN/m ---> 지보6 (CS15 : 굴착 14.52 m)

P = 174.037 × 3.00 m / 1 ea = 522.111 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 522.111 / (13 × 3.000)
= 160.649 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 160.649 × 3.000^2 / 8
= 180.731 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 160.649 × 3.000 / 2
= 240.974 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 180.731 x 1000000 / 2550000.0 = 70.875 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 240.974 x 1000 / 4444 = 54.225 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (70.875 + 70.875) / 70.875

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 70.875 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 54.225 MPa ---> O.K

10.측면말뚝 설계

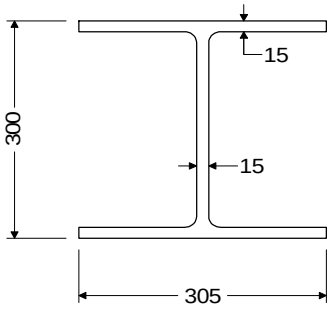
10.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.270	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	20.900	kN			
라. 버팀보 자중	=	2.420	kN			
마. 띠장 자중	=	12.500	kN			
바. 지보재 수직분력	=	54.314	kN	× 1.200	=	65.177 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
$\sum P_s$	=	496.623	kN			

최대모멘트, M_{max} = 0.000 kN·m/m ---> 흙막이벽(좌) ()

최대전단력, S_{max} = 0.000 kN/m ---> 흙막이벽(좌) ()

▶ Pmax = 496.623 kN

▶ Mmax = 0.000 × 1.200 = 0.000 kN·m

▶ Smax = 0.000 × 1.200 = 0.000 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 0.000 x 1000000 / 1440000.0 = 0.000 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 496.623 x 1000 / 13480 = 36.841 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 0.000 x 1000 / 4050 = 0.000 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.000

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (36.841 − 36.841) / 36.841

= 0.000

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3050 / 126

24.206 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (24.206 − 16))

= 201.841 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 201.841 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3050 / 305

= 10.000 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (10.000 − 4))

= 187.358 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 187.358 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (24.206)^2

= 2303.961 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 201.841 MPa > f_c = 36.841 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 187.358 MPa > f_b = 0.000 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 0.000 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{36.841}{201.841} + \frac{0.000}{187.358 \times (1 - (36.841 / 2303.961))}$

= 0.183 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 36.841 + \frac{0.000}{1 - (36.841 / 2303.961)}$

= 36.841 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.183 , 0.172)
= 0.183 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 0.0 mm ---> 흙막이벽(좌) ()

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 14.520 x 1000 x 0.003 = 43.560 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

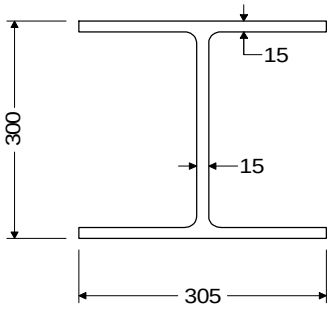
10.2 흙막이벽(좌)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	0.000	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	17.400	kN				
라. 버팀보 자중	=	7.500	kN				
마. 띠장 자중	=	6.000	kN				
바. 지보재 수직분력	=	0.000	kN	×	1.200	=	0.000 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	425.257	kN				

최대모멘트, M_{max} = 59.558 kN·m/m ---> 흙막이벽(좌) (CS24 : 3단해체)

최대전단력, S_{max} = 70.922 kN/m ---> 흙막이벽(좌) (CS11 : 굴착 10.929 m)

▶ Pmax = 425.257 kN

▶ Mmax = 59.558 × 1.200 = 71.470 kN·m

▶ Smax = 70.922 × 1.200 = 85.107 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 71.470 x 1000000 / 1440000.0 = 49.632 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 425.257 x 1000 / 13480 = 31.547 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 85.107 x 1000 / 4050 = 21.014 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.131

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (81.179 − −18.085) / 81.179

= 1.223

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3050 / 126

24.206 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (24.206 − 16))

= 201.841 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 201.841 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3050 / 305

= 10.000 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (10.000 − 4))

= 187.358 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 187.358 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (24.206)^2

= 2303.961 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 201.841 MPa > f_c = 31.547 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 187.358 MPa > f_b = 49.632 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 21.014 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{31.547}{201.841} + \frac{49.632}{187.358 \times (1 - (31.547 / 2303.961))}$

= 0.425 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 31.547 + \frac{49.632}{1 - (31.547 / 2303.961)}$

= 81.868 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.425 , 0.383)
= 0.425 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 14.2 mm ---> 흙막이벽(좌) (CS24 : 3단해체)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 14.520 x 1000 x 0.003 = 43.560 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 425.26 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$
A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2
A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

= 140 x $1019.716^{1/2}$ x $0.01350^{2/5}$ x $0.07800^{1/3}$
= 341.350 tonf
= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0
= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

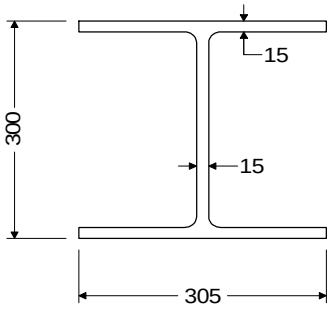
10.3 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.270	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	22.700	kN				
라. 버팀보 자중	=	9.360	kN				
마. 띠장 자중	=	9.000	kN				
바. 지보재 수직분력	=	53.750	kN	× 1.200	=	64.500	kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	501.186	kN				

최대모멘트, M_{max} = 163.239 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 굴착 13.479 m)

최대전단력, S_{max} = 212.191 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 굴착 13.479 m)

▶ Pmax = 501.186 kN

▶ Mmax = 163.239 × 1.200 = 195.887 kN·m

▶ Smax = 212.191 × 1.200 = 254.629 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 195.887 x 1000000 / 1440000.0 = 136.033 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 501.186 x 1000 / 13480 = 37.180 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 254.629 x 1000 / 4050 = 62.871 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.808

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (173.213 − −98.853) / 173.213

= 1.571

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3050 / 126

24.206 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (24.206 − 16))

= 201.841 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 201.841 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3050 / 305

= 10.000 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (10.000 − 4))

= 187.358 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 187.358 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (24.206)^2

= 2303.961 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 201.841 MPa > f_c = 37.180 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 187.358 MPa > f_b = 136.033 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 62.871 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{37.180}{201.841} + \frac{136.033}{187.358 \times (1 - (37.180 / 2303.961))}$

= 0.922 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 37.180 + \frac{136.033}{1 - (37.180 / 2303.961)}$$

$$= 175.444 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.922 , 0.821)
= 0.922 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 22.6 mm ---> 흙막이벽(우) (CS22 : 4단해체)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 14.520 x 1000 x 0.003 = 43.560 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 501.19 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$
A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2
A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$$
= 341.350 tonf
= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0
= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

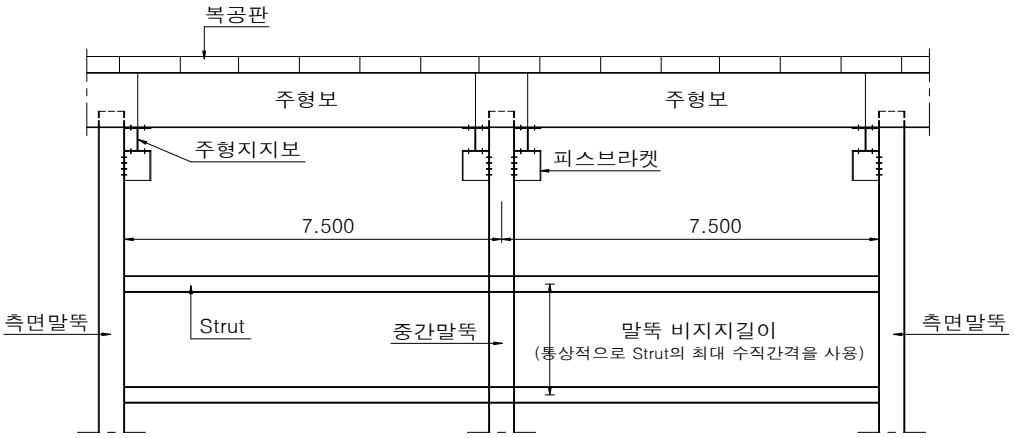
11.중간말뚝 설계

11.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 + 7.500 = 15.000 m

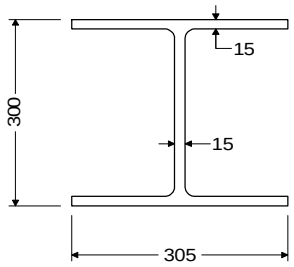
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



11.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 17.500 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.500 kN

(3) 버팀보 자중 = 43.000 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.200 kN

$\sum P_s$ = 77.260 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

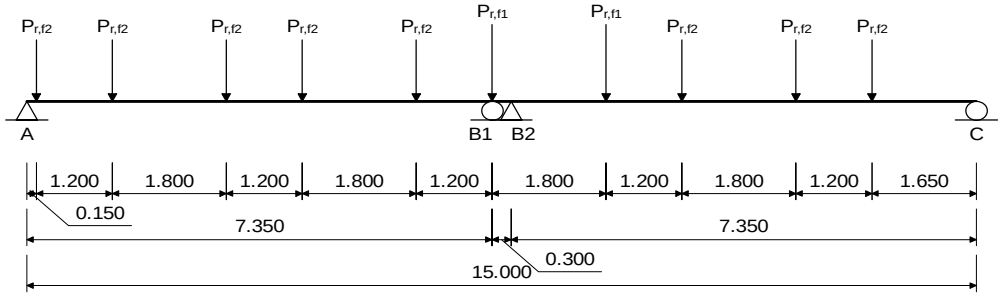
(2) 전륜하중

① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 93.600 x 3.150 + 93.600 x 1.350 + 93.600 x 0.150) / 7.350

= 317.731 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 93.600 x 1.650) / 7.350

= 215.853 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 317.731 x 1.00 = 317.731 kN

P_{r2} = 215.853 x 1.00 = 215.853 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 23.400 x 3.150 + 23.400 x 1.350 + 23.400 x 0.150) / 7.350

= 79.433 kN

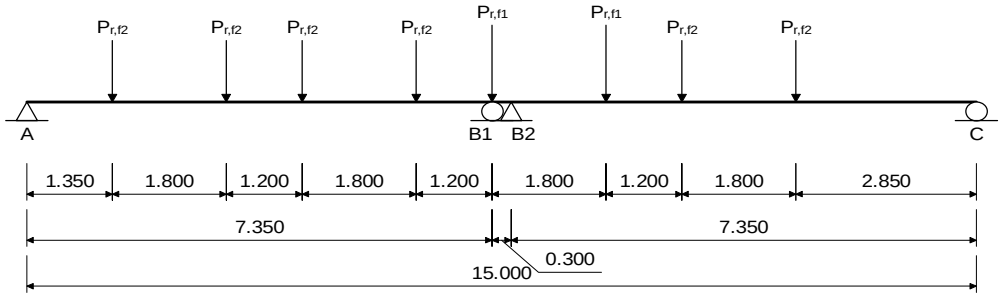
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 23.400 x 1.650) / 7.350

= 53.963 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.433 x 1.00 = 79.433 kN

P_{f2} = 53.963 x 1.00 = 53.963 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 93.600 x 3.150 + 93.600 x 1.350) / 7.350

= 315.820 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 315.820 x 1.00 = 315.820 kN

P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 23.400 x 3.150 + 23.400 x 1.350) / 7.350

= 78.955 kN

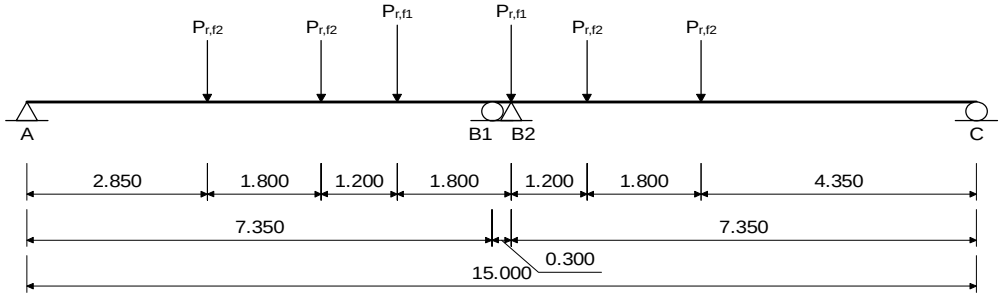
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 78.955 x 1.00 = 78.955 kN

P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350

= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

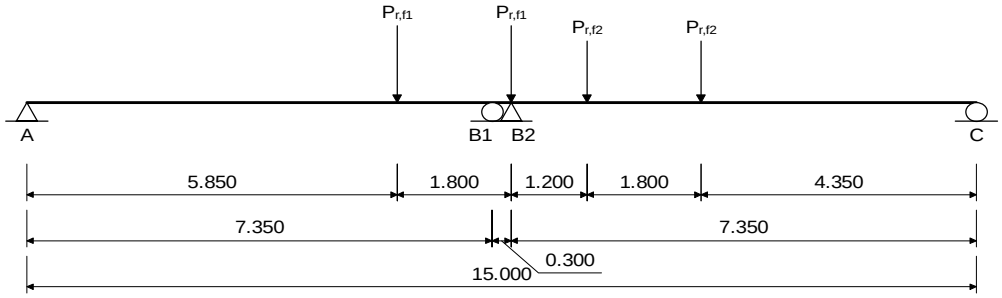
R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350

= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

④ **1.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850) / 7.350

= 99.331 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350
= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 99.331 x 1.00 = 99.331 kN
P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

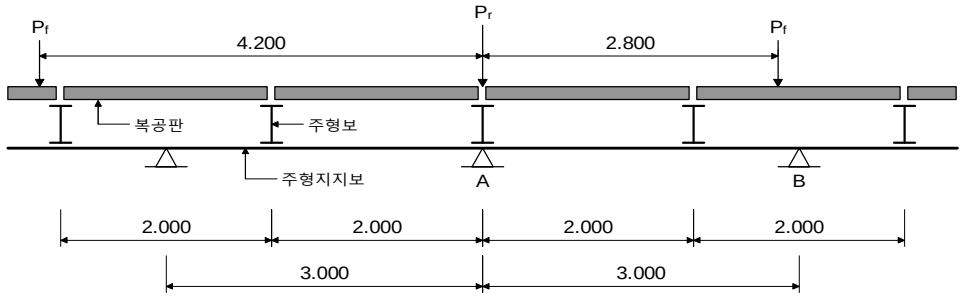
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850) / 7.350
= 24.833 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.833 x 1.00 = 24.833 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (317.731 x 3.000 + 79.433 x 0.200) / 3.000
= 323.026 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 323.026 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 354.245 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000
= 262.823 kN

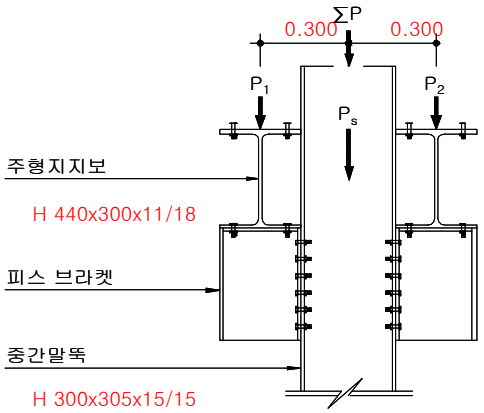
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s
= 354.245 + 294.042 + 77.260 = 725.546 kN

11.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 241.849 x 1000 / 13480 = 17.941 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.273 x 1000000 / 1440000 = 73.801 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 354.245 x 0.300 = 106.273 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.892

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.742 − −55.860) / 91.742

= 1.609

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 17.941 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 73.801 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{17.941}{137.022} + \frac{73.801}{159.234 \times (1 - (17.941 / 857.304))}$

= 0.604 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 17.941 + \frac{73.801}{1 - (17.941 / 857.304)}$

= 93.320 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.604 , 0.437)

= 0.604 < 1.0 ---> O.K

11.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 241.85 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 tonf/m^2

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

= 140 x 1019.716 $^{1/2}$ x 0.01350 $^{2/5}$ x 0.07800 $^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

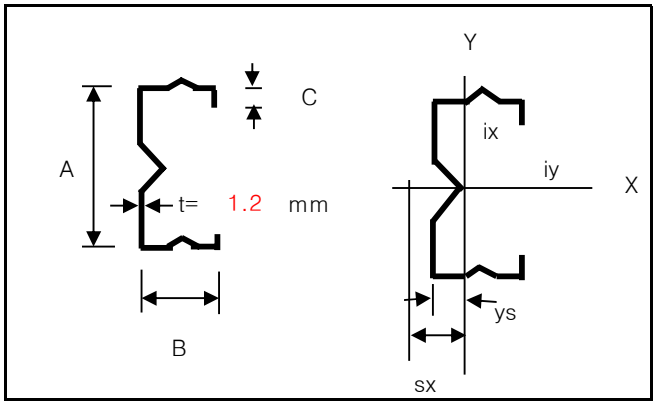
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

12. 흙막이 벽체 설계

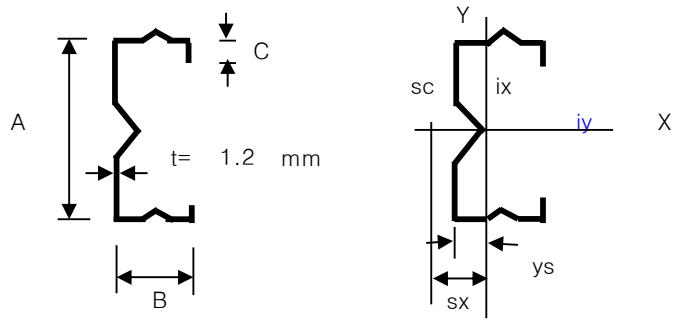
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 14.52m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	292.9
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

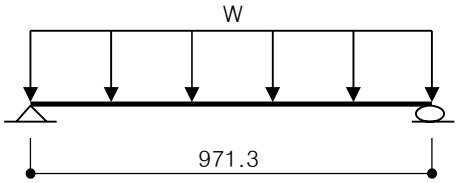
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1046 MPa ---> (CS15 : 굴착 14.52 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 104.6 kN/m^2 x 0.2000 m = 20.9 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 20.9 x 0.97^2 / 8 = 2.5 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 20.9 x 0.97 / 2 = 10.2 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2466507 / 27,100 = 91.02 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2466507 / 27,980 = 88.15 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 10158 / 234 = 43.41 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 292.872 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 292.872 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 91.02 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 88.15 MPa < f_{ba} = 292.87 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 43.41 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

3-1.15 TYPE-13-2

(STA.0+632.2~0+644.5)

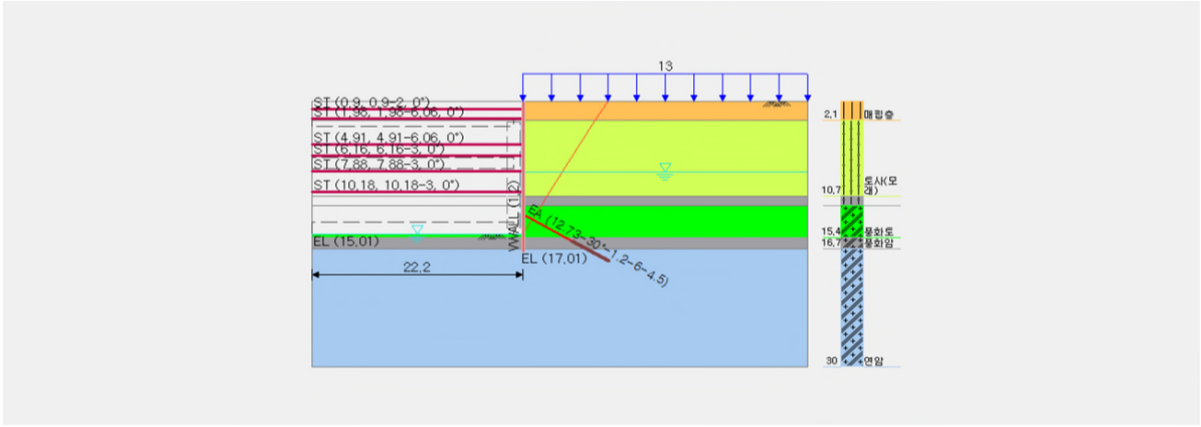
GeoX 구조계산서

TYPE 13-2 벽체 2단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (지보1)
7.2 Strut 설계 (지보2)
7.3 Strut 설계 (지보3)
7.4 Strut 설계 (지보4)
7.5 Strut 설계 (지보5)
7.6 Earth Anchor 설계 (지보6)
8.까치발 설계
8.1 Strut
9.띠장 설계
9.1 지보1 띠장 설계
9.2 지보2 띠장 설계
9.3 지보3 띠장 설계
9.4 지보4 띠장 설계
9.5 지보5 띠장 설계
9.6 지보6 띠장 설계
10.측면말뚝 설계
10.1 흙막이벽(우)
11.중간말뚝 설계
12. 흙막이 벽체 설계
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 15.01m)
13.전산 입력 정보
14.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9-2, 0°)
ST (1.35, 1.35-6.06, 0°)
ST (4.91, 4.91-6.06, 0°)
ST (6.16, 6.16-3, 0°)
ST (7.88, 7.88-3, 0°)
ST (10.18, 10.18-3, 0°)
EL (15.01)
22.2
EL (17.01)
2.1
매립층
10.7
토사(모래)
15.4
풍화토
16.7
풍화암
30
연암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	71.871	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.180	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
지보1 2P 406.4x9	1.98	휨응력	18.315	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	41.013	122.132	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.779	88.910	O.K		
지보2 2P 406.4x9	4.91	휨응력	18.315	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	29.982	122.132	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.779	88.910	O.K		
지보3 P 406.4x12	6.16	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.733	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보4 P 406.4x12	7.88	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	55.988	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보5 P 406.4x12	10.18	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	56.639	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
지보6 Strand12.7x5EA	12.73	O.K	O.K	O.K

2.5 까치발

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut H 300x305x15/15	0.90	휨응력	2.392	148.824	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	10.266	144.829	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	1.449	90.000	O.K		

2.6 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
지보1 H 440x300x11/18	1.98	휨응력	115.886	129.301	O.K	
		전단응력	60.451	90.000	O.K	
지보2 H 440x300x11/18	4.91	휨응력	80.051	129.301	O.K	
		전단응력	41.758	90.000	O.K	
지보3 H 440x300x11/18	6.16	휨응력	92.161	142.373	O.K	
		전단응력	70.511	90.000	O.K	
지보4 H 440x300x11/18	7.88	휨응력	96.713	142.373	O.K	
		전단응력	73.993	90.000	O.K	
지보5 H 440x300x11/18	10.18	휨응력	98.028	142.373	O.K	
		전단응력	74.999	90.000	O.K	
지보6 2H 250x250x9/14	12.73	휨응력	46.528	156.940	O.K	
		전단응력	67.300	90.000	O.K	

2.7 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	130.585	181.733	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.794	197.349	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	57.166	123.750	O.K	지지력	O.K

2.8 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	74.063	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	17.234	137.022	O.K	지지력	O.K

2.9 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 15.01	휨응력	95.856	303.750	O.K		
		압축응력	92.842	292.872	O.K		
		전단응력	45.720	174.375	O.K		

2.10 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS24 : 타설3	28.511	45.030	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x9	수평간격 :	6.06	m
		P 406.4x9	수평간격 :	6.06	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x5EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	6.06m	
	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
까치발	H 300x305x15/15(SS400)	1.66m	45.0°
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

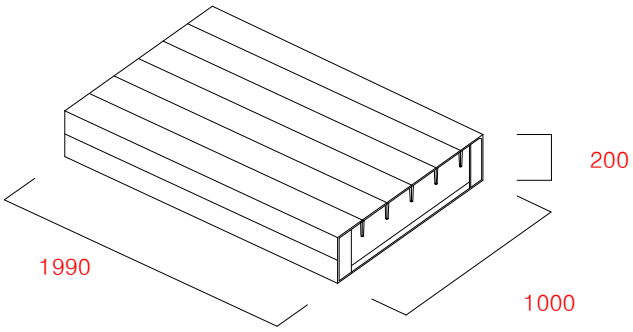
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

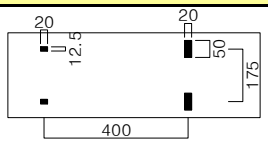
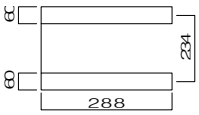
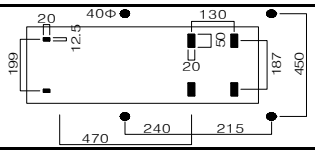
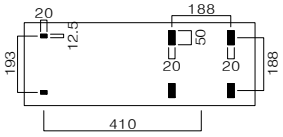
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

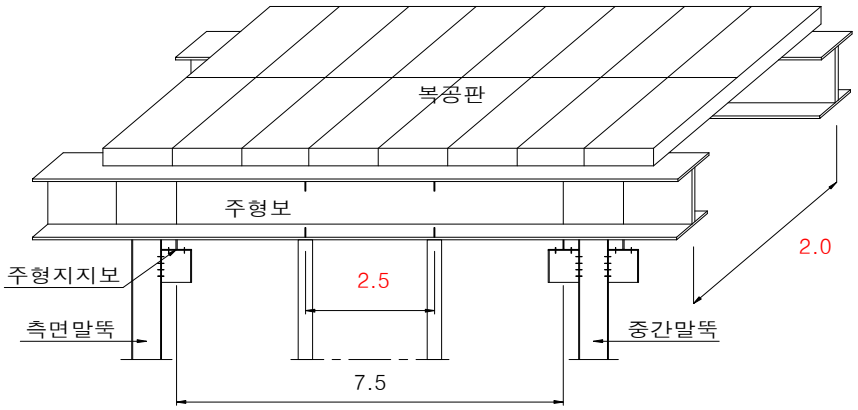
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

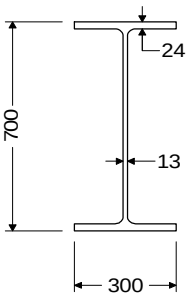
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.500 \times 7.500 / 8 = 39.023$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.500 / 2 = 20.813$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)$

$= 0.316 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

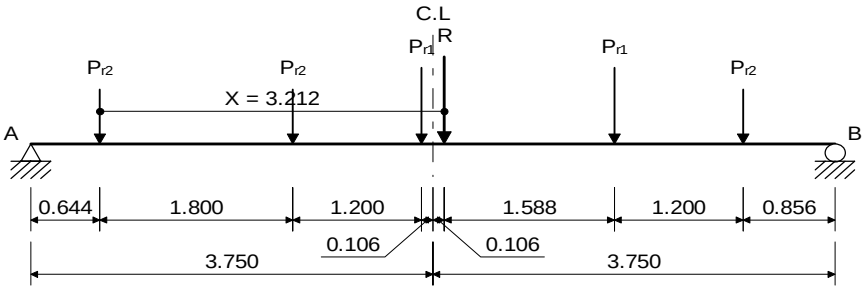
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)

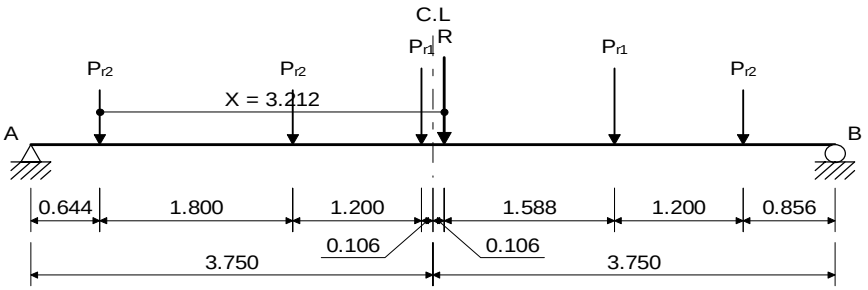


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

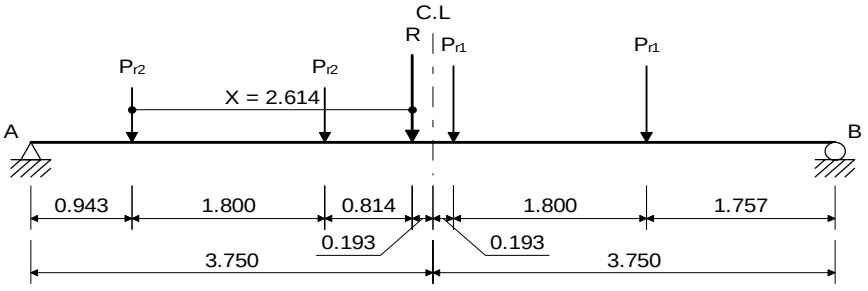
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L
= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500
= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② **2** 차선 재하시 (후륜하중)

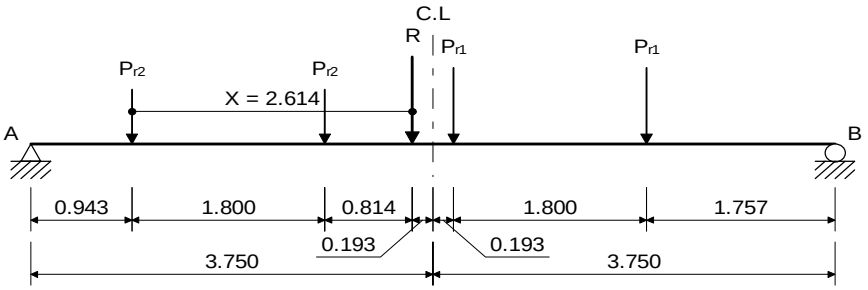


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

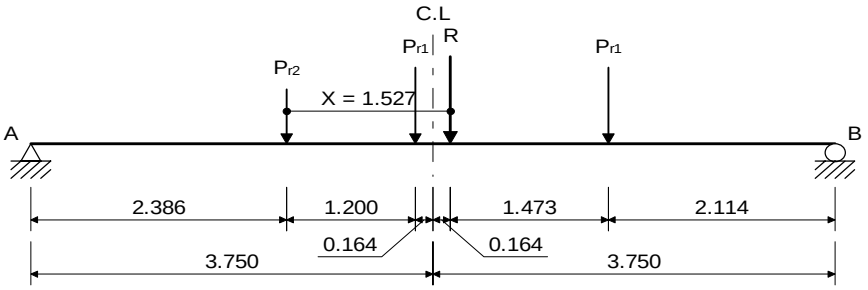
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

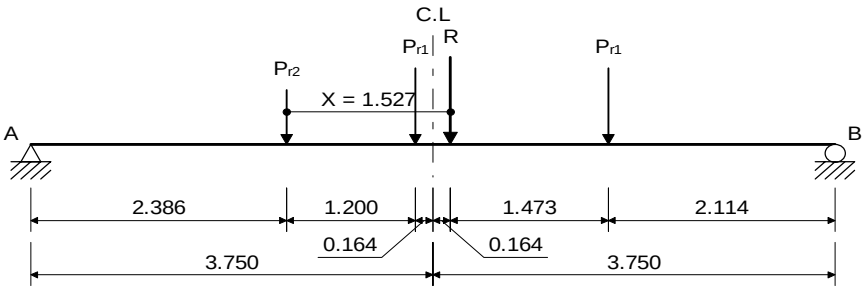


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

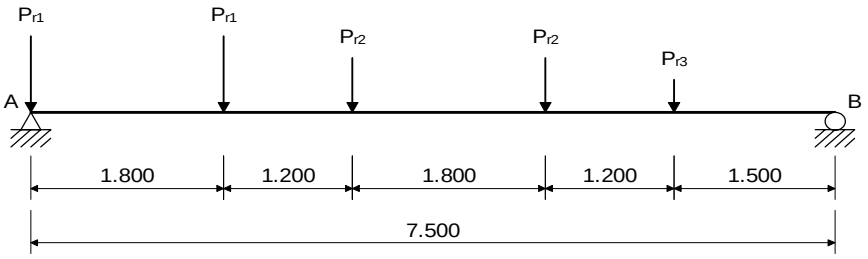


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x 1.00 = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 x 1000000 / 5760000.0 = 101.569 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.357 x 1000 / 8476 = 40.627 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 101.569 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.627 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 420.010 / (7.50 x 7.50) = 59.735 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 59.735 x 7500.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 5.830 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7500.0 / 400 , 25)

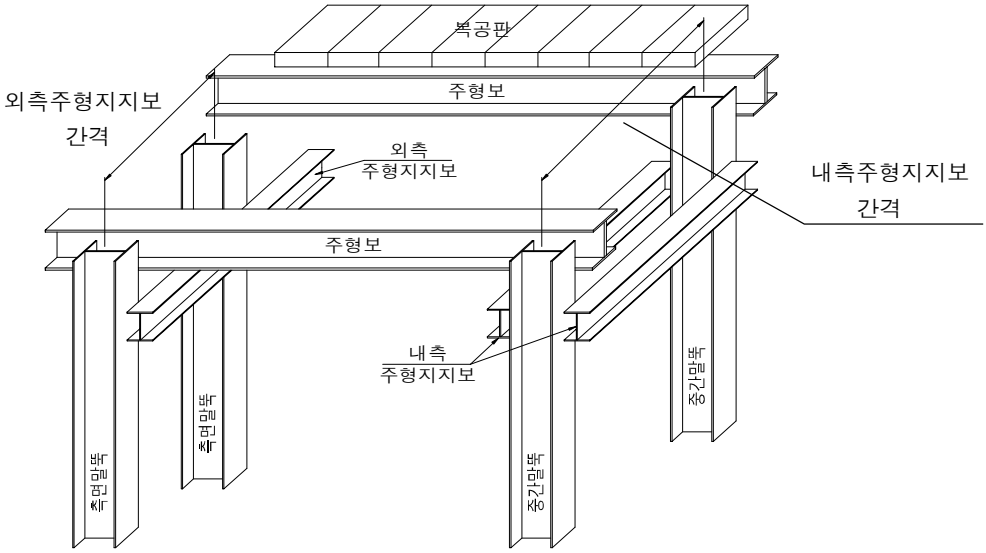
= 18.750 mm > δ_l = 5.830 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

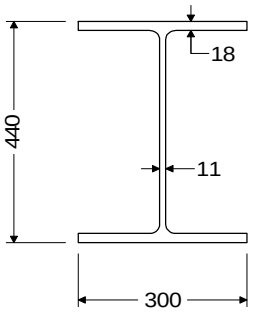
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

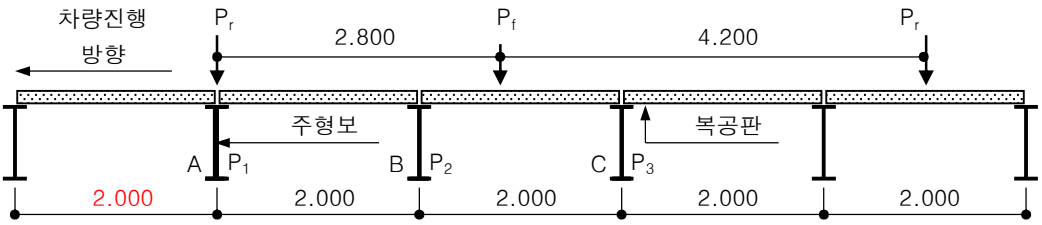


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



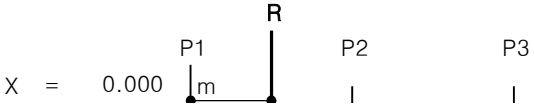
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

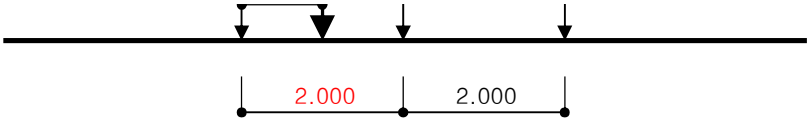
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



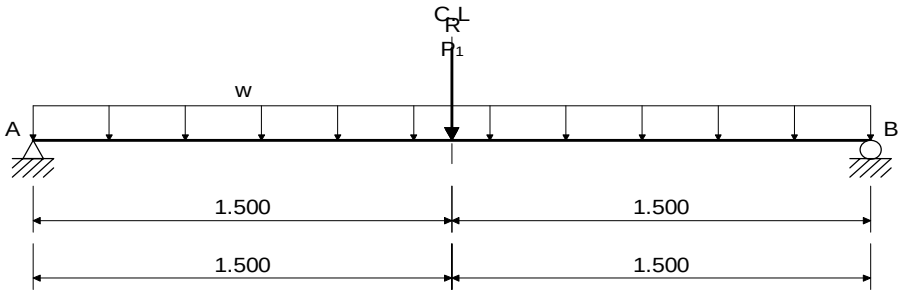


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

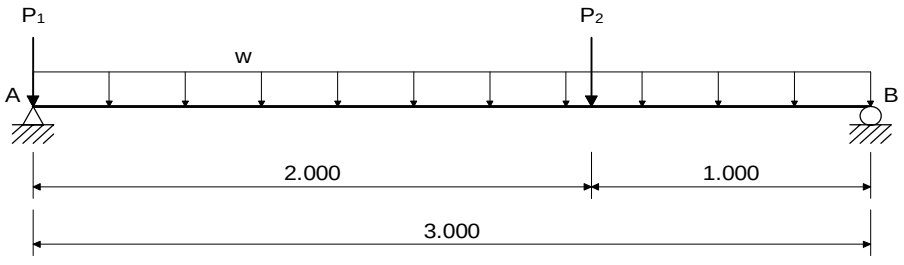
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 3.000
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 259.631 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (344.356 x 3.000 + 69.344 x 1.000) / 3.000
= 367.471 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 367.471 + 1.212 x 3.00 / 2
= 369.289 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

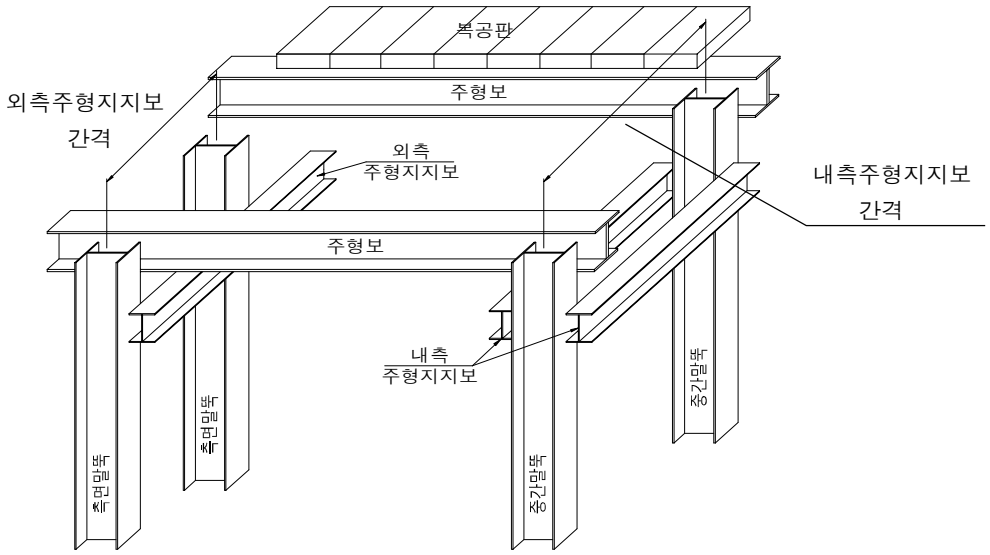
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

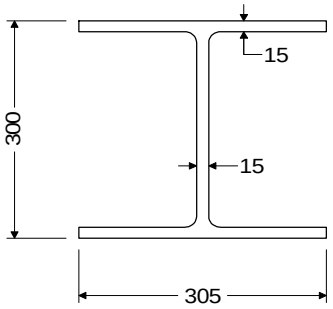
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

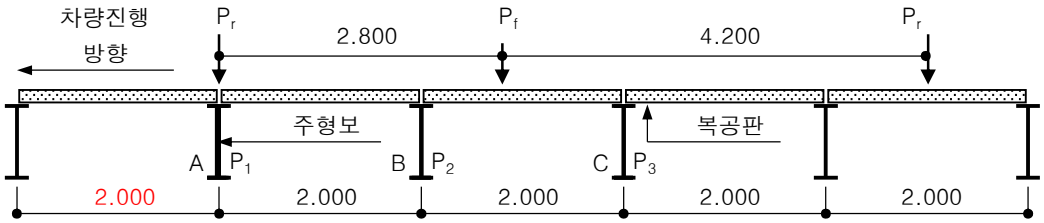


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



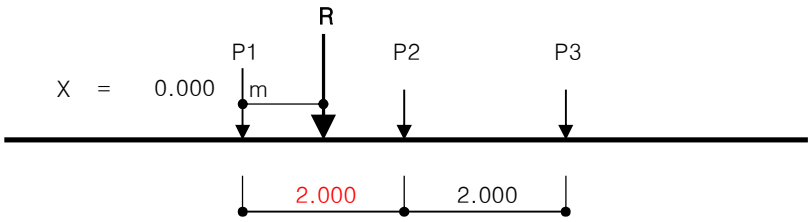
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 344.356

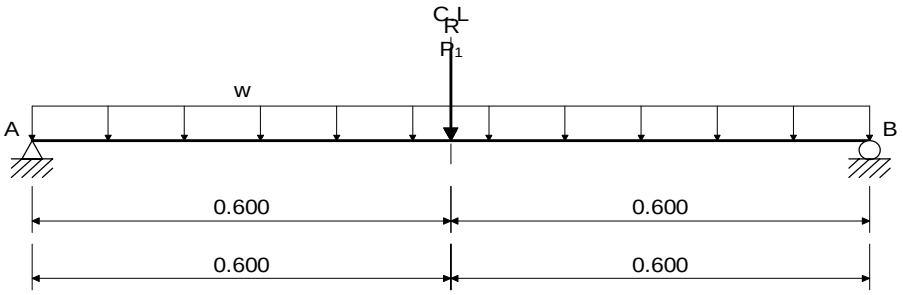
= 344.357 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 344.356

= 0.000 m

② 최대 휨모멘트



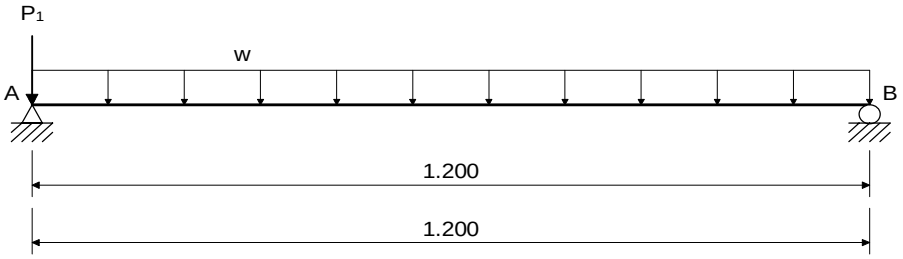
R_a = (P_1 x 0.600) / L

= (344.356 x 0.600) / 1.200

= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 103.494 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (344.356 x 1.200) / 1.200
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.20 / 2
= 344.979 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 103.494 x 1000000 / 1440000.0 = 71.871 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.979 x 1000 / 4050 = 85.180 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.871 + 71.871) / 71.871
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 71.871 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.180 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 344979 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

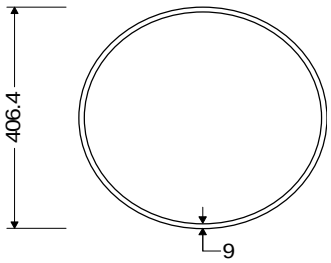
7.1 Strut 설계 (지보1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 6.06 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 132.287 kN/m ---> 지보1 (CS16 : PECK)
= 132.287 x 6.06 / 2 단
= 400.829 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 400.829 + 60.0 = 460.829 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 2 단
= 20.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 2 단
= 10.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 20.000 x 1000000 / 1092000.0 = 18.315 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 460.829 x 1000 / 11236.2 = 41.013 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{10.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.779 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.062 x 9)

= 21.265 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.062

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (59.328 − 22.698) / 59.328

= 0.617 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 140.5

56.940 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (56.940 − 18.6))

= 122.132 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 122.132 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (56.940)^2

= 416.396 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.132 MPa > f_c = 41.013 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 18.315 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.779 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times \left(1 - \left(f_c / f_{eax} \right) \right)}$

$= \dfrac{41.013}{122.132} + \dfrac{18.315}{157.500 \times \left(1 - \left(41.013 / 416.396 \right) \right)}$

= 0.465 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - \left(f_c / f_{eax} \right)}$

$= 41.013 + \dfrac{18.315}{1 - \left(41.013 / 416.396 \right)}$

$= \quad 61.329 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.465 \quad , \quad 0.389 \quad)$

$= \quad 0.465 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{59.328}{122.132} + \left\{ \dfrac{1.779}{88.910} \right\}^2$

$= \quad 0.486 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

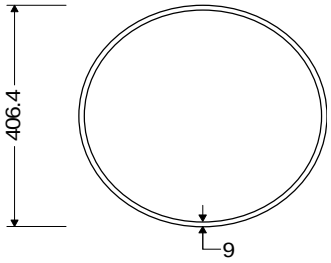
7.2 Strut 설계 (지보2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 6.06 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 91.380 kN/m ---> 지보2 (CS7 : 굴착 6.66 m)
= 91.380 x 6.06 / 2 단
= 276.881 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 276.881 + 60.0 = 336.881 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 2 단
= 20.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 2 단
= 10.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 20.000 x 1000000 / 1092000.0 = 18.315 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 336.881 x 1000 / 11236.2 = 29.982 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{10.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.779 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.076 x 9)

= 20.986 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.076

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (48.297 − 11.667) / 48.297

= 0.758 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 140.5

56.940 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (56.940 − 18.6))

= 122.132 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 122.132 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (56.940)^2

= 416.396 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.132 MPa > f_c = 29.982 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 18.315 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 1.779 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times \left(1 - \left(f_c / f_{eax} \right) \right)}$

$= \dfrac{29.982}{122.132} + \dfrac{18.315}{157.500 \times \left(1 - \left(29.982 / 416.396 \right) \right)}$

= 0.371 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - \left(f_c / f_{eax} \right)}$

$= 29.982 + \dfrac{18.315}{1 - \left(29.982 / 416.396 \right)}$

$= \quad 49.718 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.371 \quad , \quad 0.316 \quad)$

$= \quad 0.371 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{48.297}{122.132} + \left\{ \dfrac{1.779}{88.910} \right\}^2$

$= \quad 0.396 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

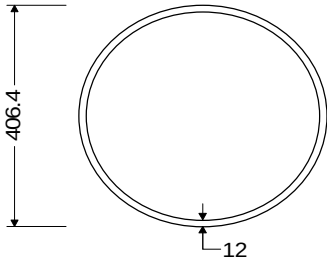
7.3 Strut 설계 (지보3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 226.308 kN/m ---> 지보3 (CS23 : 4단해체)
= 226.308 x 3.00 / 1 단
= 678.923 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 678.923 + 120.0 = 798.923 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 798.923 x 1000 / 14868.5 = 53.733 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.069 x 12)

= 15.845 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.069

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (81.822 − 25.643) / 81.822

= 0.687 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 53.733 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{53.733}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (53.733 / 410.490))}$

= 0.647 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 53.733 + \dfrac{28.090}{1 - (53.733 / 410.490)}$

$= \quad 86.053 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.647 \quad , \quad 0.546 \quad)$

$= \quad 0.647 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{81.822}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.673 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

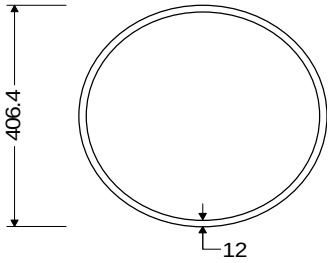
7.4 Strut 설계 (지보4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 237.485 kN/m ---> 지보4 (CS22 : 타설2)
= 237.485 x 3.00 / 1 단
= 712.455 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 712.455 + 120.0 = 832.455 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.090$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 832.455 \times 1000 / 14868.5 = 55.988$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.689$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.067 x 12)

= 15.873 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.067

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (84.078 − 27.898) / 84.078

= 0.668 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 55.988 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{55.988}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (55.988 / 410.490))}$

= 0.666 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 55.988 + \dfrac{28.090}{1 - (55.988 / 410.490)}$

$= \quad 88.514 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.666 \quad , \quad 0.562 \quad)$

$= \quad 0.666 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{84.078}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.691 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

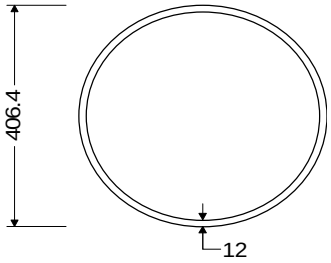
7.5 Strut 설계 (지보5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 240.713 kN/m ---> 지보5 (CS19 : 6단해체)
= 240.713 x 3.00 / 1 단
= 722.140 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 722.140 + 120.0 = 842.140 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 842.140 x 1000 / 14868.5 = 56.639 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.066 x 12)

= 15.880 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.066

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (84.729 − 28.549) / 84.729

= 0.663 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 56.639 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{56.639}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (56.639 / 410.490))}$

= 0.672 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 56.639 + \dfrac{28.090}{1 - (56.639 / 410.490)}$

$= \quad 89.225 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.672 \quad , \quad 0.567 \quad)$

$= \quad 0.672 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{84.729}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.697 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

7.6 Earth Anchor 설계 (지보6)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 5-wire (SWPC7B) : 5 ea

A_p (mm^2)	493.55	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	105.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

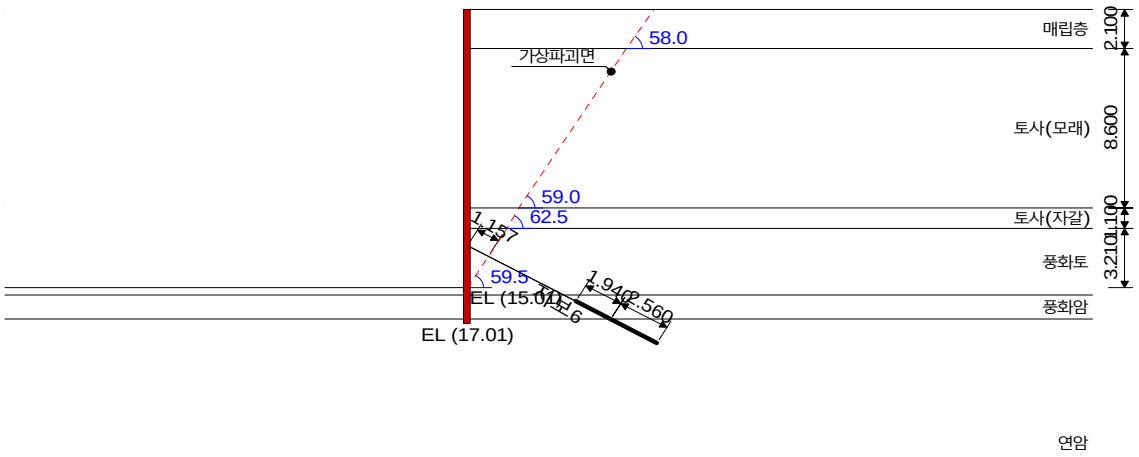
= Min. (0.60 x 1860.0 x 493.55 ,

0.75 x 1570.0 x 493.55)

= Min. (550801.8 , 581155.1) N

= 550.802 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
지보6	12.730	1.157	2.252	6.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
지보6	12.730	328.545	1.200	30	394.254

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
12.730	200000	3.0	98.71	5	6.5	45558.462

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
12.730	5.0	1256.0	98.71	5	30994.940

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
12.730	394.254	45.558	30.995	470.807

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
12.730	470.807	110.160	5	4.274	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
지보6	12.730	394.254	풍화암	2.50	105.000	700.000	1.940	179.184
		215.070	연암	2.50	105.000	1000.000	1.630	215.070
합계		-	-	-	-	-	3.570	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,
T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
12.730	394.254	5.0	12.70	1000.0	1.976

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
12.730	3.570	1.976	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
12.730	6.000	1.500	4.500	12.000

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
12.730	470.807	6.5	200000	98.71	5	31.002

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
12.730	1.20	30.0	6.000	1.500	4.500	470.807

8.까치발 설계

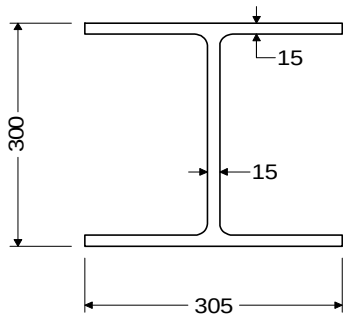
8.1 Strut

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 2.348 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480.000
I_x (mm^4)	215000000.000
Z_x (mm^3)	1440000.000
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



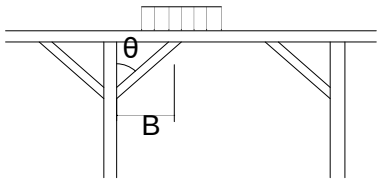
(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.000 m

(5) 까치발 설치위치(B) : 1.660 m

(6) 각도 (θ) : 45 도

(7) 축력분담폭 : 0.170 m



나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 76.475 kN/m ---> 주형 (CS16 : PECK)
= 76.475 x 0.170 / 1 단
= 13.001 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 13.001 / cos 45 ° + 120.0
= 138.386 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 2.348 x 2.348 / 8
= 3.445 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 2.348 / 2 / 1 단
= 5.869 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 3.445 x 1000000 / 1440000.0 = 2.392 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 138.386 x 1000 / 13480 = 10.266 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 5.869 x 1000 / 4050 = 1.449 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.142

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (12.658 − 7.874) / 12.658

= 0.378

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 2347.59 / 126

18.632 ---> 18.6 < Lx/Rx ≤ 92.8 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (18.632 − 18.6))

= 157.471 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 157.471 MPa

L_y / R_y = 2347.59 / 72.6

32.336 ---> 18.6 < Ly/Ry ≤ 92.8 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (32.336 − 18.6))

= 144.829 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 144.829 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 144.829 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2347.59 / 305

= 7.697 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (7.697 − 4.6))

= 148.824 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 148.824 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (18.632)^2

= 3888.917 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 144.829 MPa > f_c = 10.266 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 148.824 MPa > f_b = 2.392 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 1.449 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{10.266}{144.829} + \frac{2.392}{148.824 \times (1 - (10.266 / 3888.917))}$$

$$= 0.087 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 10.266 + \frac{2.392}{1 - (10.266 / 3888.917)}$$

$$= 12.664 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.087 , 0.080)

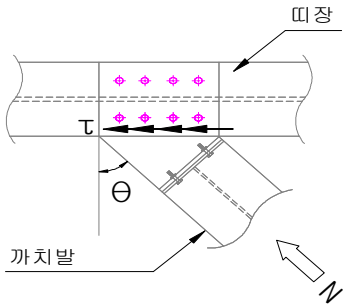
= 0.087 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 138.386 \times \sin 45°$

$= 97.854$ kN



$\tau = N * \sin\Theta$

▶ 사용볼트 : F8T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 100 = 112.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 97854 / (112.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 2.29$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 2.29 ea ---> O.K

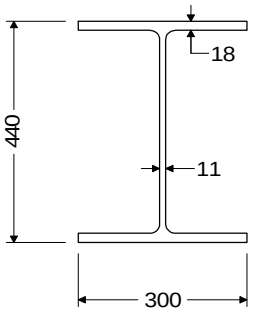
9.띠장 설계

9.1 지보1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

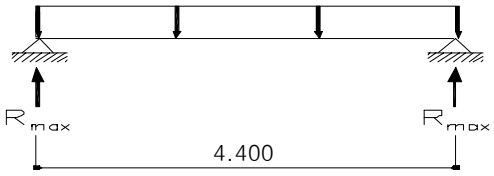
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 4.400 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 132.287 kN/m ---> 지보1 (CS16 : PECK)

P = 132.287 × 6.06 m / 1 ea = 801.658 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 801.658 / (13 × 6.060)
= 122.111 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 122.111 × 4.400^2 / 8
= 295.508 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 122.111 × 4.400 / 2
= 268.644 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 295.508 x 1000000 / 2550000.0 = 115.886 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 268.644 x 1000 / 4444 = 60.451 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (115.886 + 115.886) / 115.886

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4400 / 300

= 14.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (14.667 − 4.6))

= 129.301 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 129.301 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 129.301 MPa > f_b = 115.886 MPa ---> O.K

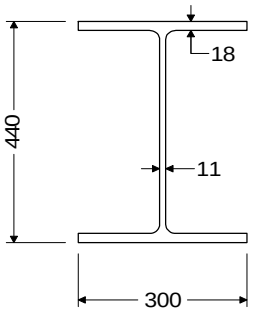
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 60.451 MPa ---> O.K

9.2 지보2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

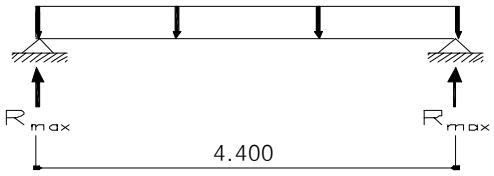
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 4.400 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 91.380 kN/m ---> 지보2 (CS7 : 굴착 6.66 m)

P = 91.380 × 6.06 m / 1 ea = 553.763 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 553.763 / (13 × 6.060)
= 84.351 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 84.351 × 4.400 ^{2} / 8
= 204.129 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 84.351 × 4.400 / 2
= 185.572 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 204.129 x 1000000 / 2550000.0 = 80.051 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 185.572 x 1000 / 4444 = 41.758 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (80.051 + 80.051) / 80.051$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4400 / 300

= 14.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (14.667 − 4.6))

= 129.301 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 129.301 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 129.301 MPa > f_b = 80.051 MPa ---> O.K

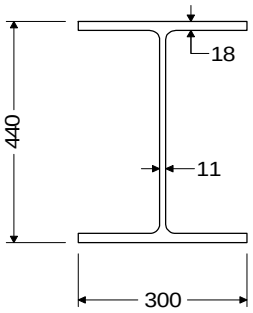
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 41.758 MPa ---> O.K

9.3 지보3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

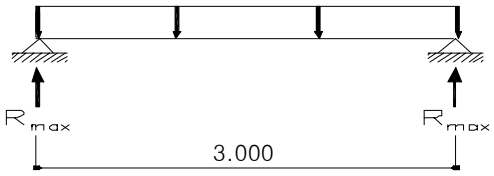
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 226.308 kN/m ---> 지보3 (CS23 : 4단해체)

P = 226.308 × 3.00 m / 1 ea = 678.923 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 678.923 / (13 × 3.000)
= 208.899 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 208.899 × 3.000 ^{2} / 8
= 235.012 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 208.899 × 3.000 / 2
= 313.349 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 235.012 x 1000000 / 2550000.0 = 92.161 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 313.349 x 1000 / 4444 = 70.511 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (92.161 + 92.161) / 92.161$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 92.161 MPa ---> O.K

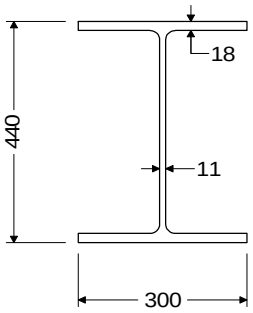
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 70.511 MPa ---> O.K

9.4 지보4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

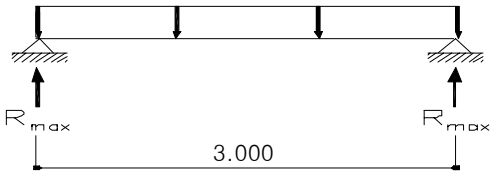
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 237.485 kN/m ---> 지보4 (CS22 : 타설2)

P = 237.485 × 3.00 m / 1 ea = 712.455 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 712.455 / (13 × 3.000)
= 219.217 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 219.217 × 3.000 ^{2} / 8
= 246.619 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 219.217 × 3.000 / 2
= 328.826 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 246.619 x 1000000 / 2550000.0 = 96.713 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 328.826 x 1000 / 4444 = 73.993 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (96.713 + 96.713) / 96.713$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 96.713 MPa ---> O.K

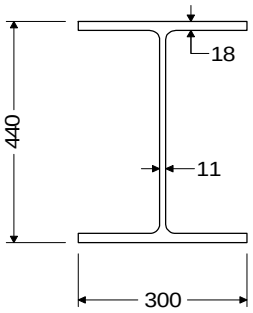
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 73.993 MPa ---> O.K

9.5 지보5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

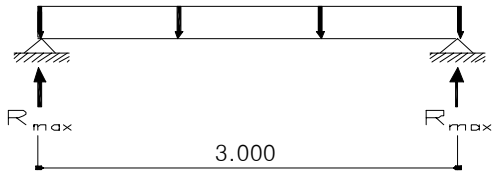
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 240.713 kN/m ---> 지보5 (CS19 : 6단해체)

P = 240.713 × 3.00 m / 1 ea = 722.140 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 722.140 / (13 × 3.000)
= 222.197 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 222.197 × 3.000^2 / 8
= 249.972 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 222.197 × 3.000 / 2
= 333.295 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 249.972 x 1000000 / 2550000.0 = 98.028 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.295 x 1000 / 4444 = 74.999 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (98.028 + 98.028) / 98.028$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 98.028 MPa ---> O.K

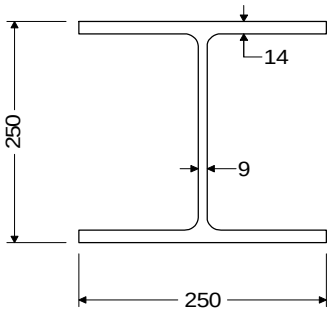
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 74.999 MPa ---> O.K

9.6 지보6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

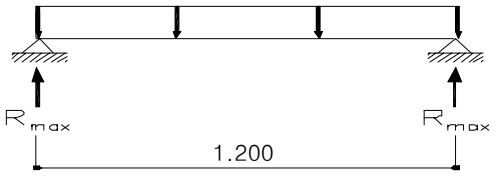
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



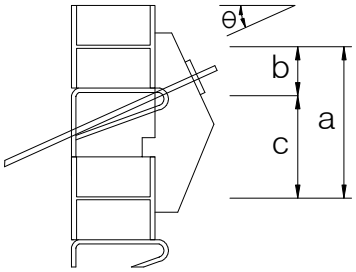
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 470.807 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 470.807 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 291.342 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 291.342 / (13 × 1.200)
= 224.110 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 224.110 × 1.200 ^{2} / 8
= 40.340 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 224.110 × 1.200 / 2
= 134.466 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.340 x 1000000 / 867000.0 = 46.528 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 134.466 x 1000 / 1998 = 67.300 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (46.528 + 46.528) / 46.528

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 46.528 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 67.300 MPa ---> O.K

10.측면말뚝 설계

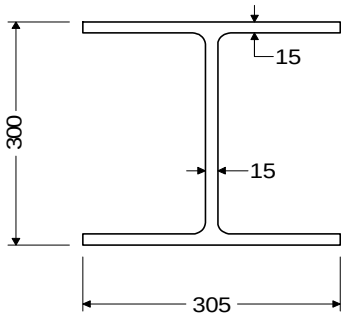
10.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	18.000	kN				
라. 버팀보 자중	=	9.000	kN				
마. 띠장 자중	=	11.000	kN				
바. 지보재 수직분력	=	164.273	kN	×	1.200	=	197.128 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	630.785	kN				

최대모멘트, M_{max} = 156.702 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS19 : 6단해체)

최대전단력, S_{max} = 192.936 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS19 : 6단해체)

▶ Pmax = 630.785 kN

▶ Mmax = 156.702 × 1.200 = 188.043 kN·m

▶ Smax = 192.936 × 1.200 = 231.524 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 188.043 x 1000000 / 1440000.0 = 130.585 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 630.785 x 1000 / 13480 = 46.794 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 231.524 x 1000 / 4050 = 57.166 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 2.601

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (177.379 - -83.791) / 177.379$

= 1.472

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3440 / 126

27.302 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 1.29 x (27.302 - 16))

= 197.349 MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 197.349 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3440 / 305

= 11.279 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 3.91 x (11.279 - 4))

= 181.733 MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

= 181.733 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.302)^2

= 1811.165 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 197.349 MPa > f_c = 46.794 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.733 MPa > f_b = 130.585 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 57.166 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{46.794}{197.349} + \dfrac{130.585}{181.733 \times (1 - (46.794 / 1811.165))}$

= 0.975 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 46.794 + \frac{130.585}{1 - (46.794 / 1811.165)}$$

$$= 180.843 < f_{cal} = 213.750 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.975 , 0.846)
= 0.975 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 28.5 mm ---> 흙막이벽(우) (CS24 : 타설3)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 15.010 x 1000 x 0.003 = 45.030 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 630.78 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$
A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2
A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$
= 341.350 tonf
= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0
= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

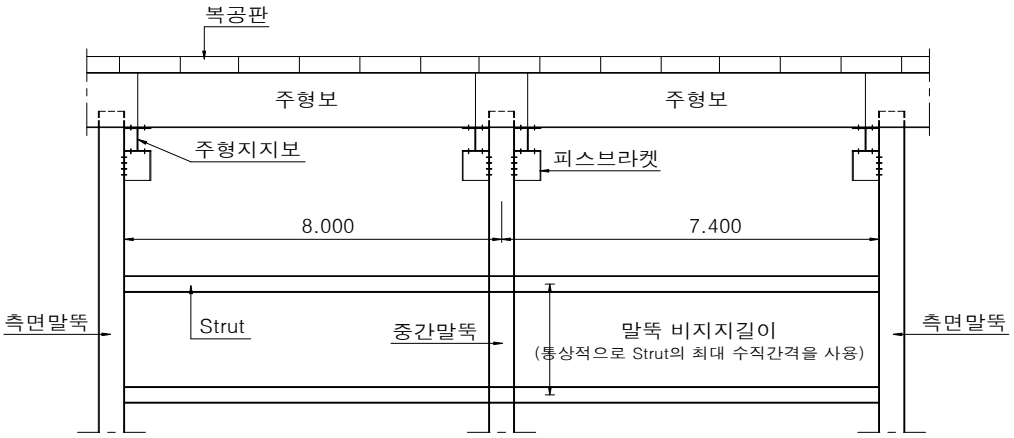
11.중간말뚝 설계

11.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 7.400 = 15.400 m

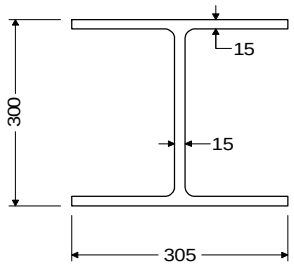
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



11.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 19.300 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 17.500 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 48.550 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.400) / 2 = 20.535 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.400)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

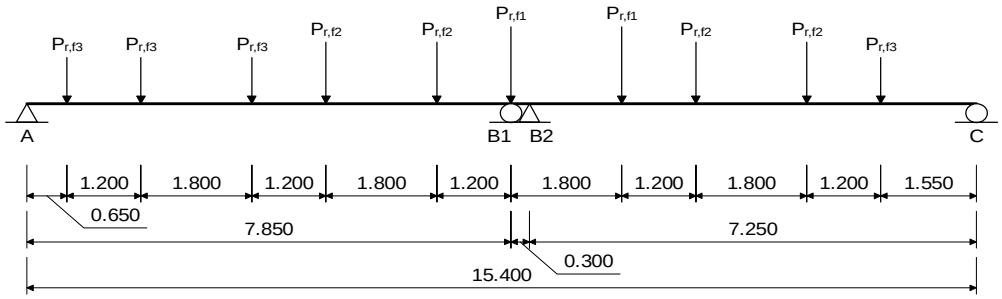
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850 + 70.200 x 0.650) / 7.850

= 316.918 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550 + 93.600 x 2.750 + 70.200 x 1.550) / 7.250

= 208.233 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 316.918 x 1.00 = 316.918 kN

P_{r2} = 208.233 x 1.00 = 208.233 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850 + 17.550 x 0.650) / 7.850

= 79.230 kN

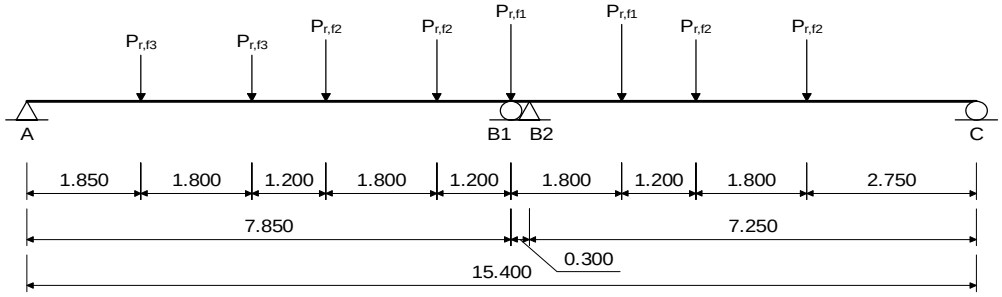
R_{B2} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550 + 23.400 x 2.750 + 17.550 x 1.550) / 7.250

= 52.058 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.230 x 1.00 = 79.230 kN

P_{f2} = 52.058 x 1.00 = 52.058 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850) / 7.850

= 311.106 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.750 + 93.600 x 4.550 + 93.600 x 2.750) / 7.250

= 193.225 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 311.106 x 1.00 = 311.106 kN

P_{r2} = 193.225 x 1.00 = 193.225 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850) / 7.850

= 77.776 kN

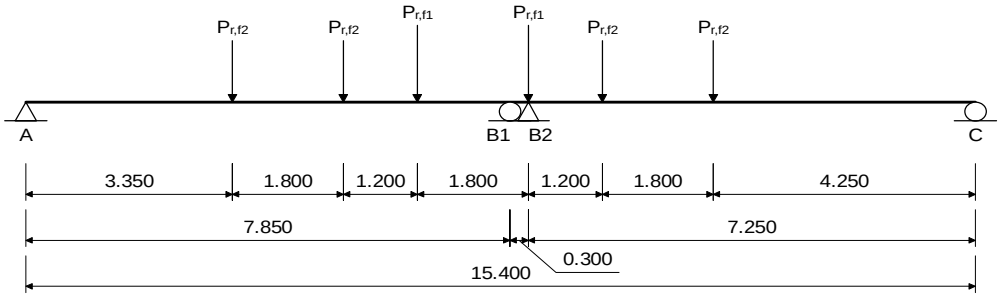
R_{B2} = (31.200 x 5.750 + 23.400 x 4.550 + 23.400 x 2.750) / 7.250

= 48.306 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 77.776 x 1.00 = 77.776 kN

P_{f2} = 48.306 x 1.00 = 48.306 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 7.850

= 202.303 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.250 + 93.600 x 6.050 + 93.600 x 4.250) / 7.250

= 257.777 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 202.303 x 1.00 = 202.303 kN

P_{r2} = 257.777 x 1.00 = 257.777 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 7.850

= 50.576 kN

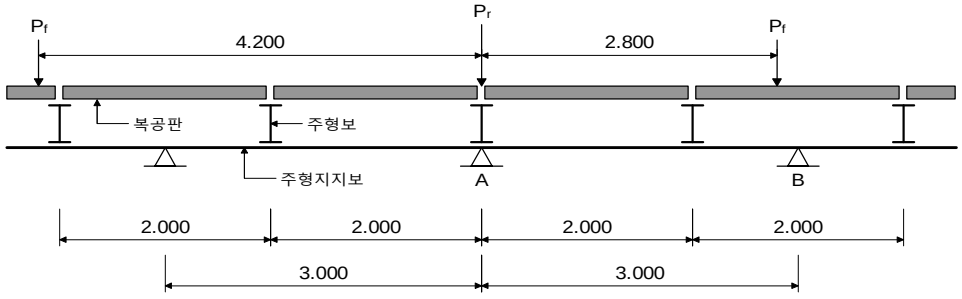
R_{B2} = (31.200 x 7.250 + 23.400 x 6.050 + 23.400 x 4.250) / 7.250

= 64.444 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 50.576 x 1.00 = 50.576 kN

P_{f2} = 64.444 x 1.00 = 64.444 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (316.918 x 3.000 + 79.230 x 0.200) / 3.000

= 322.200 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 322.200 + 22.200 x 3.00 / 2.00 = 355.500 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (257.777 x 3.000 + 64.444 x 0.200) / 3.000

= 262.073 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

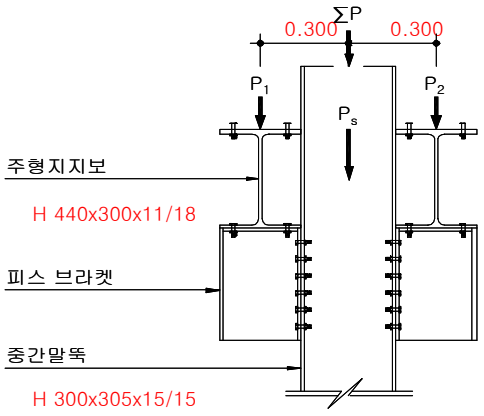
= 262.073 + 20.535 x 3.00 / 2.00 = 292.875 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 355.500 + 292.875 + 48.550 = 696.926 kN

11.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 232.309 x 1000 / 13480 = 17.234 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.650 x 1000000 / 1440000 = 74.063 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 355.500 x 0.300 = 106.650 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.922

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.296 − −56.829) / 91.296

= 1.622

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 17.234 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 74.063 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{17.234}{137.022} + \frac{74.063}{159.234 \times (1 - (17.234 / 857.304))}$

= 0.600 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 17.234 + \frac{74.063}{1 - (17.234 / 857.304)}$

= 92.816 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.600 , 0.434)

= 0.600 < 1.0 ---> O.K

11.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 232.31 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

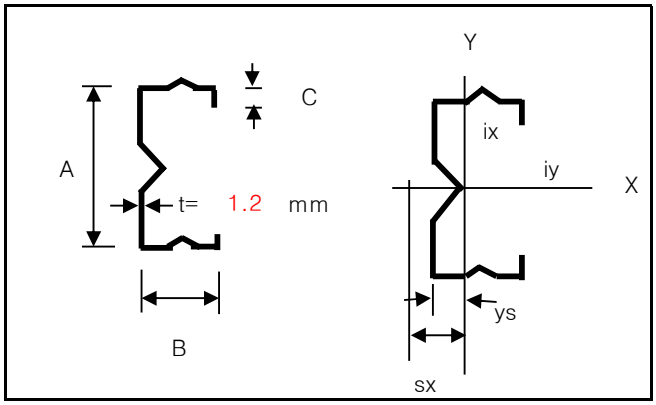
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

12. 흙막이 벽체 설계

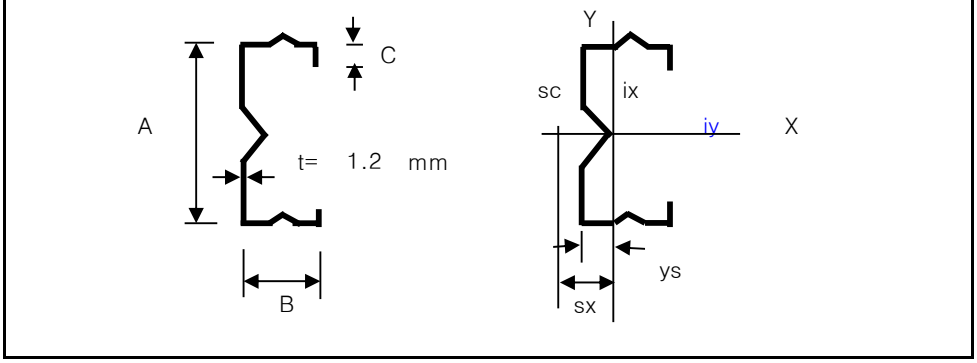
12.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 15.01m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	292.9
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

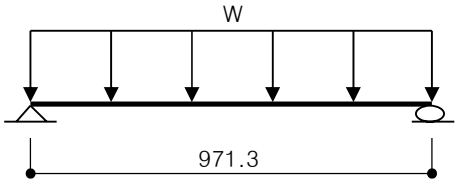
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1102 MPa ---> (CS15 : 굴착 15.01 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 110.2 kN/m^2 x 0.2000 m = 22.0 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 22.0 x 0.97^2 / 8 = 2.6 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 22.0 x 0.97 / 2 = 10.7 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2597707 / 27,100 = 95.86 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2597707 / 27,980 = 92.84 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 10698 / 234 = 45.72 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 292.872 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 292.872 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 95.86 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 92.84 MPa < f_{ba} = 292.87 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 45.72 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

13. 탄소성 입력 데이터

13.1 해석종류 : 탄소성보법

13.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

13.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 22.2 m, 최대굴착깊이 = 15.01 m, 전모델높이 = 30 m

13.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.10	18.00	19.00	0.00	26.00	7	-	15226.00
2	토사(모래)	10.70	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	17419.00
3	토사(자갈)	11.80	20.00	21.00	0.00	35.00	12	-	18951.00
4	풍화토	15.40	20.00	21.00	21.00	29.00	20	-	23318.00
5	풍화암	16.70	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	33827.00
6	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	60	-	400000.00
7	뒤채움	-	19.00	20.00	15.00	25.00	30	30000.00	27500.00

13.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	17.01	1.2

13.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	22.185	0	1
2	지보1	P 406.4x9	SS400	1.98	6.06	22.2	200	2
3	지보2	P 406.4x9	SS400	4.91	6.06	22.2	200	2
4	지보3	P 406.4x12	SS400	6.16	3	22.2	300	1
5	지보4	P 406.4x12	SS400	7.88	3	22.2	150	1
6	지보5	P 406.4x12	SS400	10.18	3	22.2	100	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	지보6	Strand12.7x5EA	SWPC7B	12.73	1.2	30	6	300

13.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	하부3	2.38	0	21.2	C27	0.9	-
2	하부2	6.98	0	21.2	C27	1.3	-
3	벽체	21.2	2.38	14.31	C27	1.4	뒤채움
4	하부1	14.31	0	21.2	C27	1.4	-

13.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

13.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 7 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.40	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형		-	-	-	-	X	X
3	2.48	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	지보1		-	-	-	-	X	X
5	5.41	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	지보2		-	-	-	-	X	X
7	6.66	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	지보3		-	-	-	-	X	X
9	8.38	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	지보4		-	-	-	-	X	X
11	10.68	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	지보5		-	-	-	-	X	X
13	13.23	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	지보6		-	-	-	-	X	X
15	15.01	-	-	-	-	-	-	X	X
16	15.01	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
17	-	-	-	14.31	-	-	-	X	X
18	-	-	-	13.61	-	-	-	X	X
19	-		지보6	-	-	-	-	X	X
20	-	-	-	10.68	-	-	-	X	X
21	-		지보5	-	-	-	-	X	X
22	-	-	-	8.38	-	-	-	X	X
23	-		지보4	-	-	-	-	X	X
24	-	-	-	6.66	-	-	-	X	X
25	-		지보3	-	-	-	-	X	X
26	-	-	-	5.41	-	-	-	X	X
27	-		지보2	-	-	-	-	X	X
28	-	-	-	2.38	-	-	-	X	X
29	-		지보1	-	-	-	-	X	X
30	-	-	-	1.93	-	-	-	X	X

14. 해석 결과
14.1 전산 해석결과 집계

14.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	13.66	1.7	-6.05	5.4	1.70	15.0	-19.74	2.9
CS2 : 생성 주형	1.40	13.66	1.7	-6.05	5.4	1.70	15.0	-19.74	2.9
CS3 : 굴착 2.48 m	2.48	13.26	2.9	-15.83	0.9	4.48	1.9	-12.62	4.3
CS4 : 생성 지보1	2.48	23.51	2.0	-9.49	2.0	2.59	15.0	-18.75	2.0
CS5 : 굴착 5.41 m	5.41	48.79	2.0	-67.31	2.0	50.93	4.8	-46.21	2.0
CS6 : 생성 지보2	5.41	37.58	2.0	-51.94	2.0	25.76	4.3	-34.05	2.0
CS7 : 굴착 6.66 m	6.66	43.35	2.0	-62.04	4.9	39.40	6.2	-40.29	2.0
CS8 : 생성 지보3	6.66	54.72	6.2	-52.47	2.0	28.75	4.3	-32.28	2.0
CS9 : 굴착 8.38 m	8.38	61.62	6.2	-127.29	6.2	56.97	8.0	-62.64	6.2
CS10 : 생성 지보4	8.38	57.14	6.2	-94.40	6.2	24.17	8.4	-43.80	6.2
CS11 : 굴착 10.68 m	10.68	80.49	6.2	-185.70	7.9	122.82	10.2	-82.30	6.2
CS12 : 생성 지보5	10.68	76.60	6.2	-166.57	7.9	101.68	9.7	-76.31	6.2
CS13 : 굴착 13.23 m	13.23	94.82	13.6	-185.00	10.2	147.53	12.3	-77.05	7.9
CS14 : 생성 지보6	13.23	143.31	12.7	-157.46	7.9	102.95	10.7	-77.30	6.2
CS15 : 굴착 15.01 m	15.01	111.80	12.7	-170.68	12.7	90.04	14.3	-72.70	6.2
CS16 : PECK	15.01	113.79	12.7	-170.74	12.7	88.68	14.3	-84.54	6.2
CS17 : 슬래브1	15.01	111.77	12.7	-170.85	12.7	90.29	14.3	-72.69	6.2
CS18 : 타설0	15.01	111.77	12.7	-170.85	12.7	90.29	14.3	-72.69	6.2
CS19 : 6단해체	15.01	78.85	13.6	-192.94	10.2	156.70	12.3	-79.91	7.9
CS20 : 타설1	15.01	78.41	13.6	-192.80	10.2	156.30	12.3	-79.89	7.9
CS21 : 5단해체	15.01	90.41	6.2	-183.45	7.9	118.62	12.7	-129.19	7.9
CS22 : 타설2	15.01	90.41	6.2	-183.45	7.9	118.62	12.7	-129.19	7.9
CS23 : 4단해체	15.01	94.65	6.2	-131.66	6.2	111.00	12.7	-133.08	6.2
CS24 : 타설3	15.01	94.65	6.2	-131.66	6.2	111.00	12.7	-133.08	6.2
CS25 : 3단해체	15.01	67.85	7.1	-113.44	7.5	112.15	12.7	-105.18	7.1
CS26 : 타설4	15.01	71.03	7.1	-113.82	7.5	112.16	12.7	-105.76	7.1
CS27 : 2단해체	15.01	82.53	7.1	-127.18	7.5	112.48	12.7	-125.75	7.1
CS28 : 타설5	15.01	83.55	7.1	-127.30	7.5	112.49	12.7	-125.94	7.1
CS29 : 1단해체	15.01	79.68	7.1	-127.60	7.5	112.46	12.7	-126.06	7.1
CS30 : 타설6	15.01	79.68	7.1	-127.60	7.5	112.46	12.7	-126.06	7.1
TOTAL		143.31	12.7	-192.94	10.2	156.70	12.3	-133.08	6.2

14.1.2 지보재 반력 집계

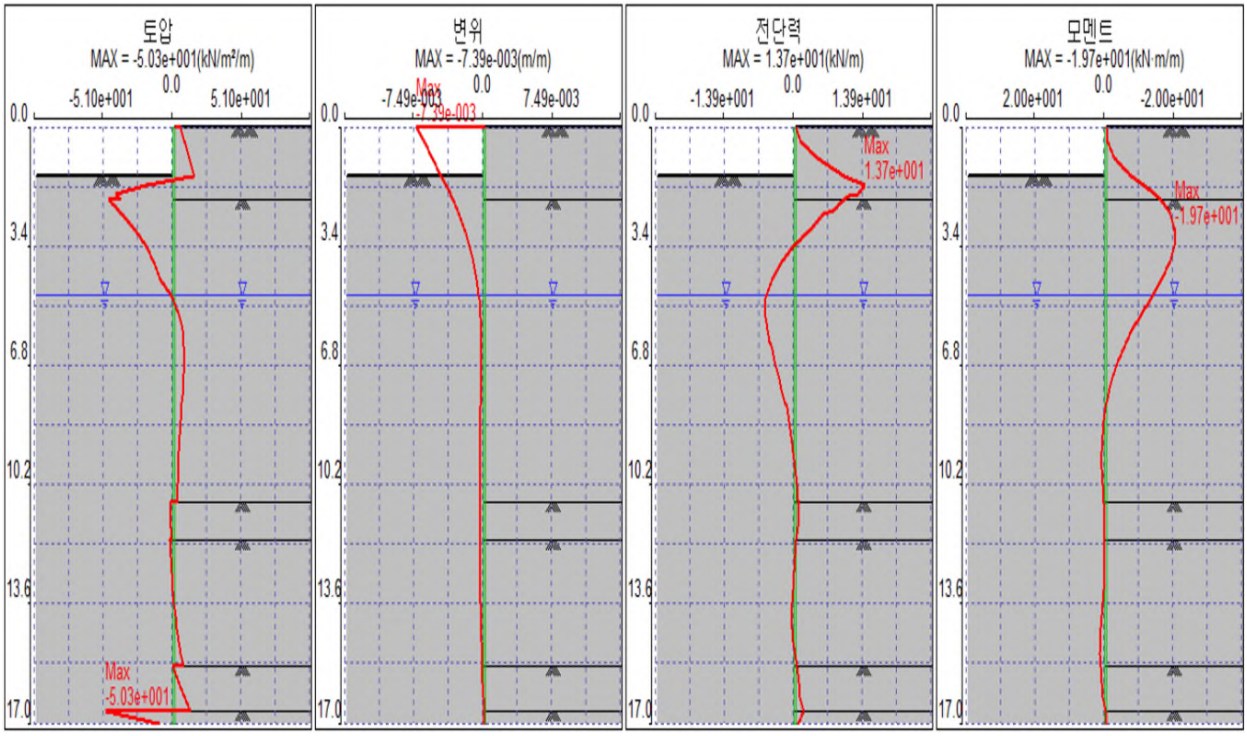
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형	지보1	지보2	지보3	지보4
		0.9 (m)	1.98 (m)	4.91 (m)	6.16 (m)	7.88 (m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형	1.40	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.48 m	2.48	20.26	-	-	-	-
CS4 : 생성 지보1	2.48	-1.16	33.00	-	-	-
CS5 : 굴착 5.41 m	5.41	-26.44	116.11	-	-	-
CS6 : 생성 지보2	5.41	-15.23	89.52	33.00	-	-
CS7 : 굴착 6.66 m	6.66	-21.00	90.37	91.38	-	-
CS8 : 생성 지보3	6.66	-13.60	88.41	16.67	100.00	-
CS9 : 굴착 8.38 m	8.38	-13.72	78.47	19.87	188.92	-
CS10 : 생성 지보4	8.38	-13.80	83.07	19.82	151.54	50.00
CS11 : 굴착 10.68 m	10.68	-11.79	77.17	0.52	149.10	216.44
CS12 : 생성 지보5	10.68	-12.13	78.02	3.87	150.88	191.66
CS13 : 굴착 13.23 m	13.23	-11.59	79.02	-1.88	127.64	161.76
CS14 : 생성 지보6	13.23	-11.73	78.07	-0.25	139.55	182.69
CS15 : 굴착 15.01 m	15.01	-11.78	79.14	0.07	131.75	155.96
CS16 : PECK	15.01	76.47	132.29	48.77	159.49	156.75
CS17 : 슬래브1	15.01	-11.78	79.14	0.07	131.75	155.94
CS18 : 타설0	15.01	-11.78	79.14	0.07	131.75	155.94
CS19 : 6단해체	15.01	-11.62	79.93	-1.70	120.71	138.88
CS20 : 타설1	15.01	-11.62	79.93	-1.70	120.71	138.84
CS21 : 5단해체	15.01	-10.42	76.44	-13.17	119.16	237.49
CS22 : 타설2	15.01	-10.42	76.44	-13.17	119.16	237.49
CS23 : 4단해체	15.01	-10.91	65.52	-5.99	226.31	-
CS24 : 타설3	15.01	-10.91	65.52	-5.99	226.31	-
CS25 : 3단해체	15.01	-16.60	75.51	49.78	-	-
CS26 : 타설4	15.01	-16.63	75.54	50.05	-	-
CS27 : 2단해체	15.01	-21.80	93.05	-	-	-
CS28 : 타설5	15.01	-21.81	93.05	-	-	-
CS29 : 1단해체	15.01	23.81	-	-	-	-
CS30 : 타설6	15.01	23.81	-	-	-	-
TOTAL		76.47	132.29	91.38	226.31	237.49

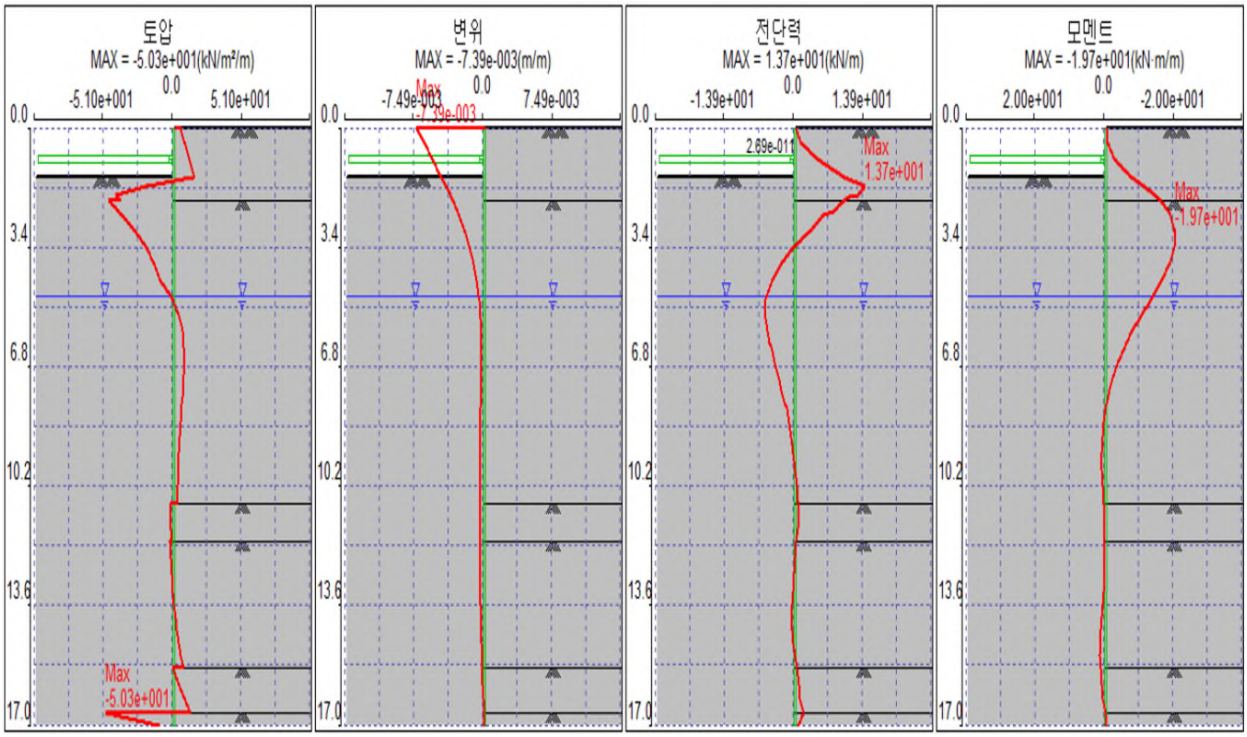
시공단계	굴착 깊이	지보5	지보6			
		10.18 (m)	12.73 (m)			
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-			
CS2 : 생성 주형	1.40	-	-			
CS3 : 굴착 2.48 m	2.48	-	-			
CS4 : 생성 지보1	2.48	-	-			
CS5 : 굴착 5.41 m	5.41	-	-			
CS6 : 생성 지보2	5.41	-	-			
CS7 : 굴착 6.66 m	6.66	-	-			
CS8 : 생성 지보3	6.66	-	-			
CS9 : 굴착 8.38 m	8.38	-	-			
CS10 : 생성 지보4	8.38	-	-			
CS11 : 굴착 10.68 m	10.68	-	-			
CS12 : 생성 지보5	10.68	33.33	-			
CS13 : 굴착 13.23 m	13.23	228.25	-			
CS14 : 생성 지보6	13.23	85.89	250.00			
CS15 : 굴착 15.01 m	15.01	102.73	326.19			
CS16 : PECK	15.01	101.15	328.55			
CS17 : 슬래브1	15.01	102.79	326.34			
CS18 : 타설0	15.01	102.79	326.34			
CS19 : 6단해체	15.01	240.71	-			
CS20 : 타설1	15.01	240.61	-			
CS21 : 5단해체	15.01	-	-			
CS22 : 타설2	15.01	-	-			
CS23 : 4단해체	15.01	-	-			
CS24 : 타설3	15.01	-	-			
CS25 : 3단해체	15.01	-	-			
CS26 : 타설4	15.01	-	-			
CS27 : 2단해체	15.01	-	-			
CS28 : 타설5	15.01	-	-			
CS29 : 1단해체	15.01	-	-			
CS30 : 타설6	15.01	-	-			
TOTAL		240.71	328.55			

14.2 시공단계별 단면력도

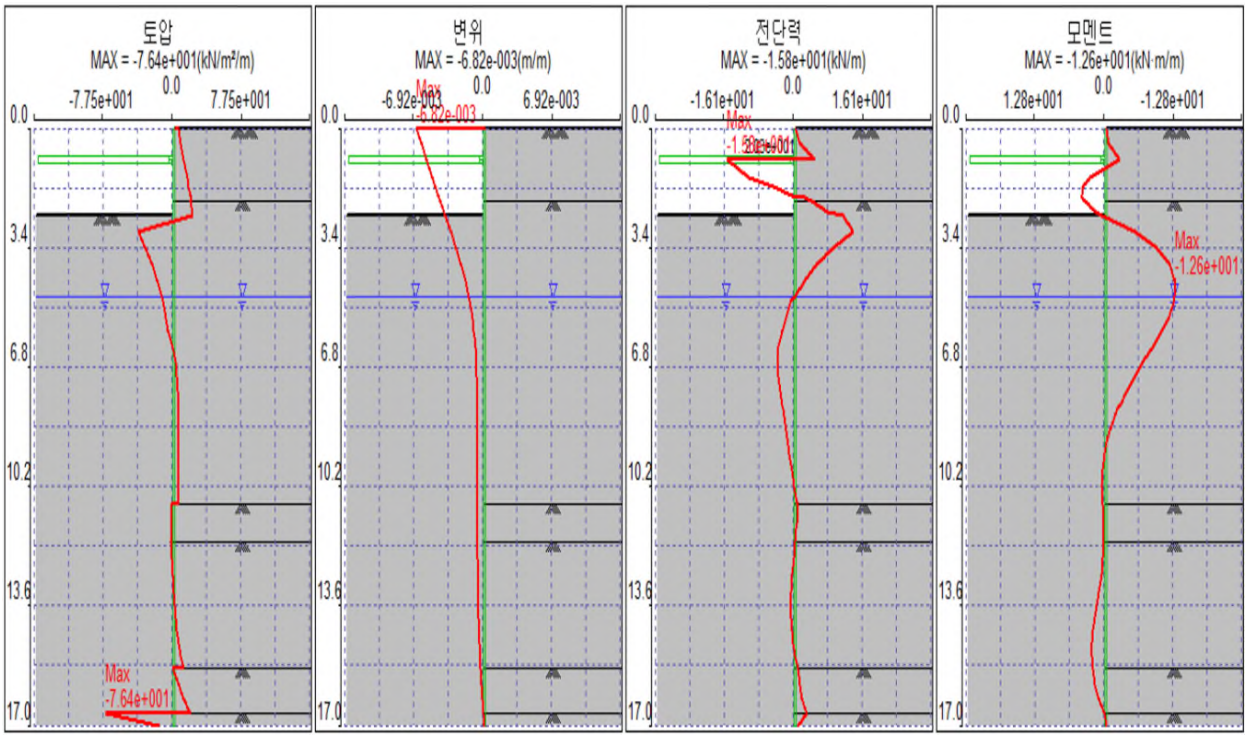
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.4 m]



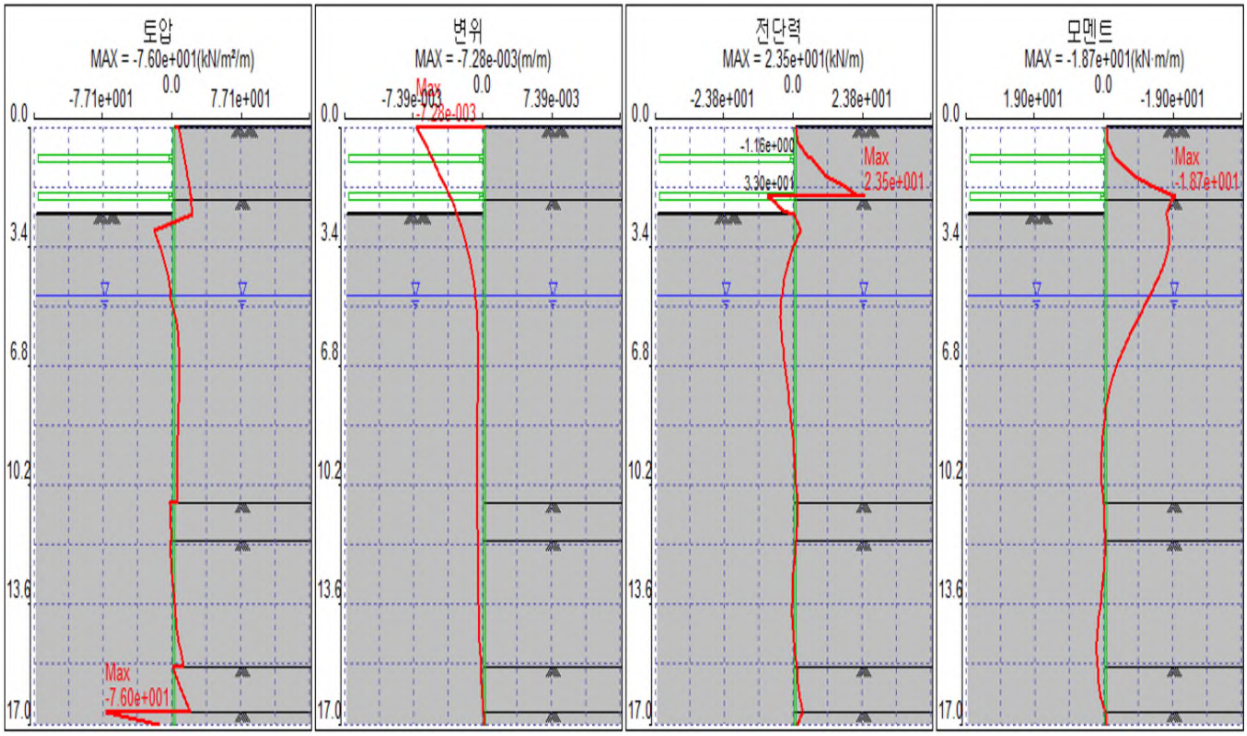
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형]



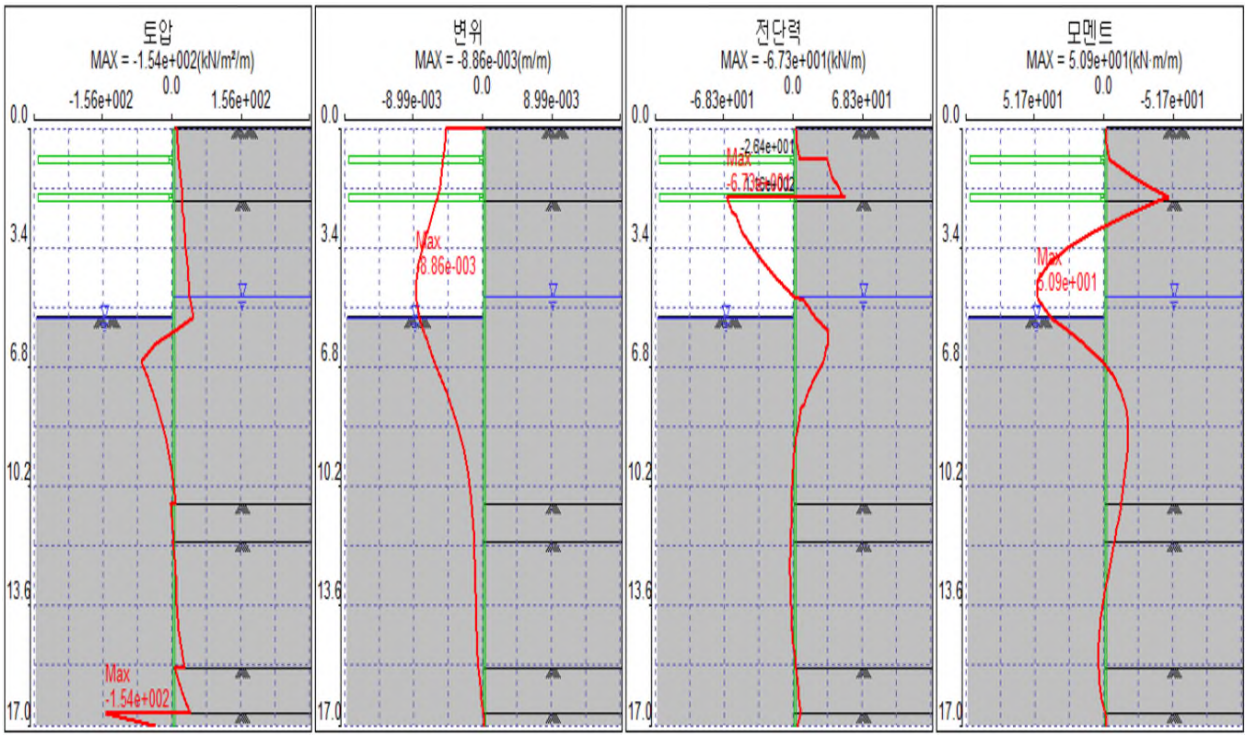
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.48 m]



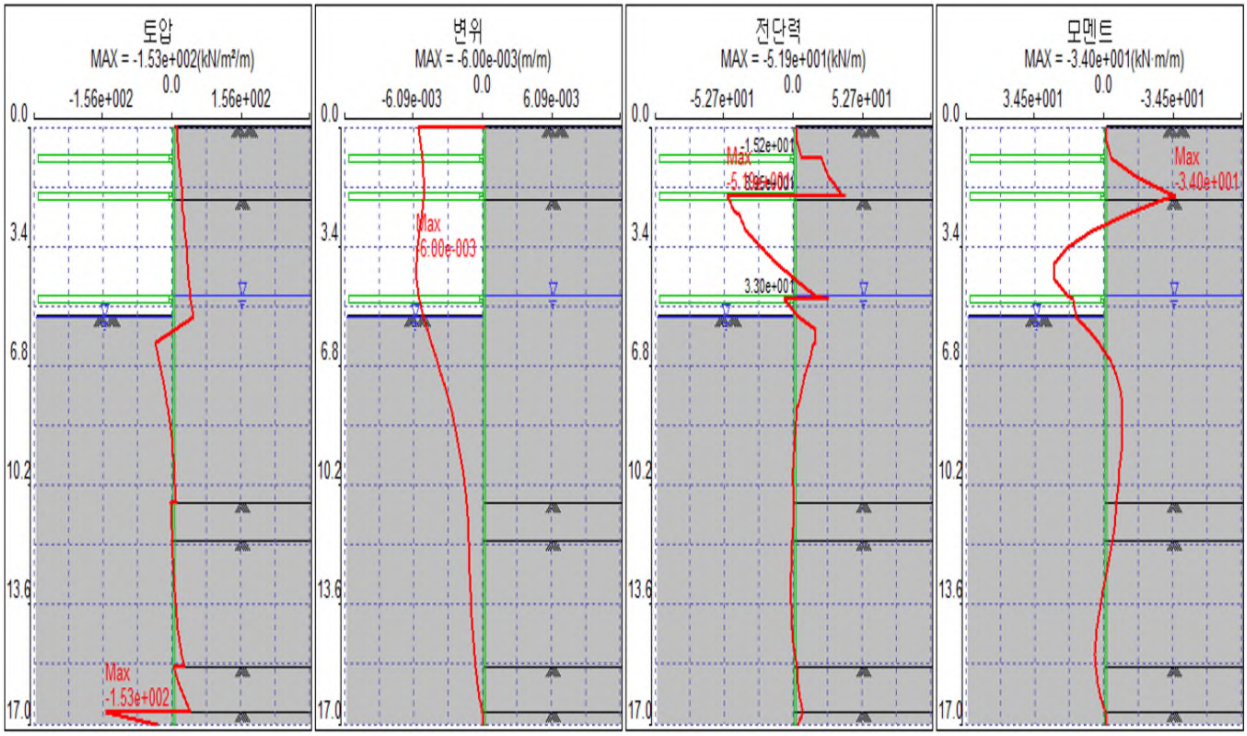
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 지보1]



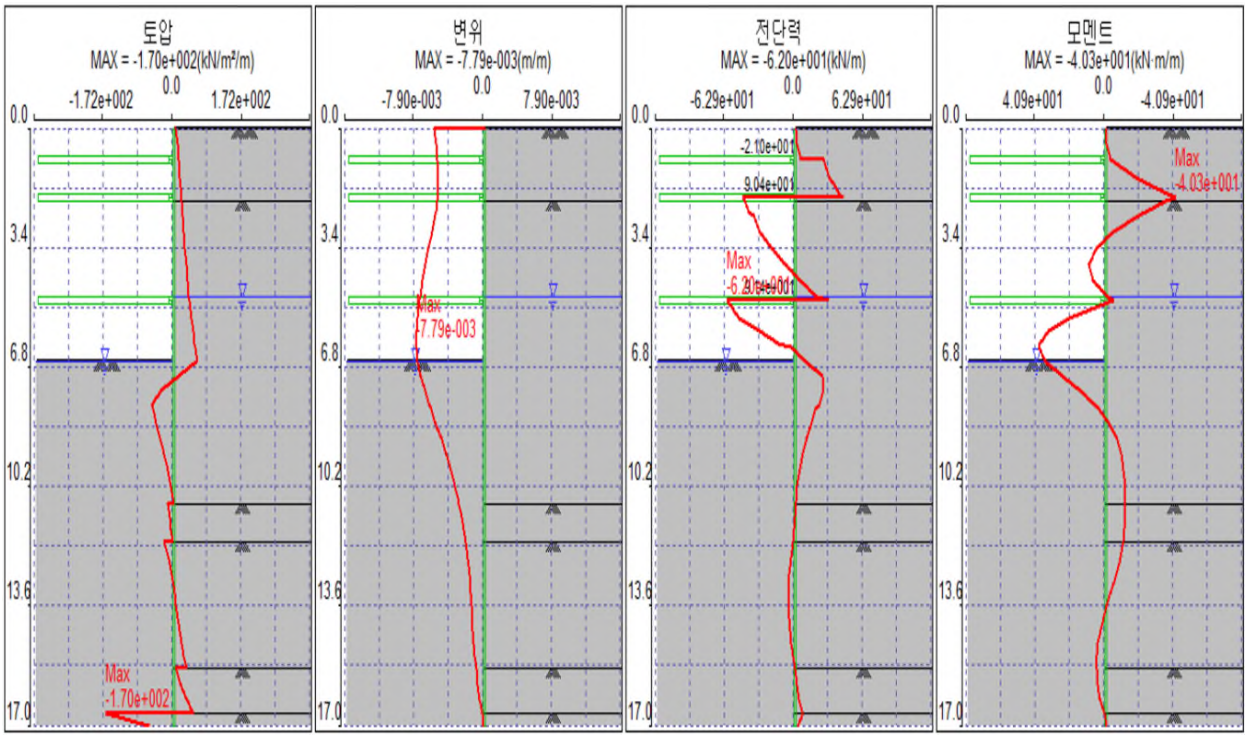
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.41 m]



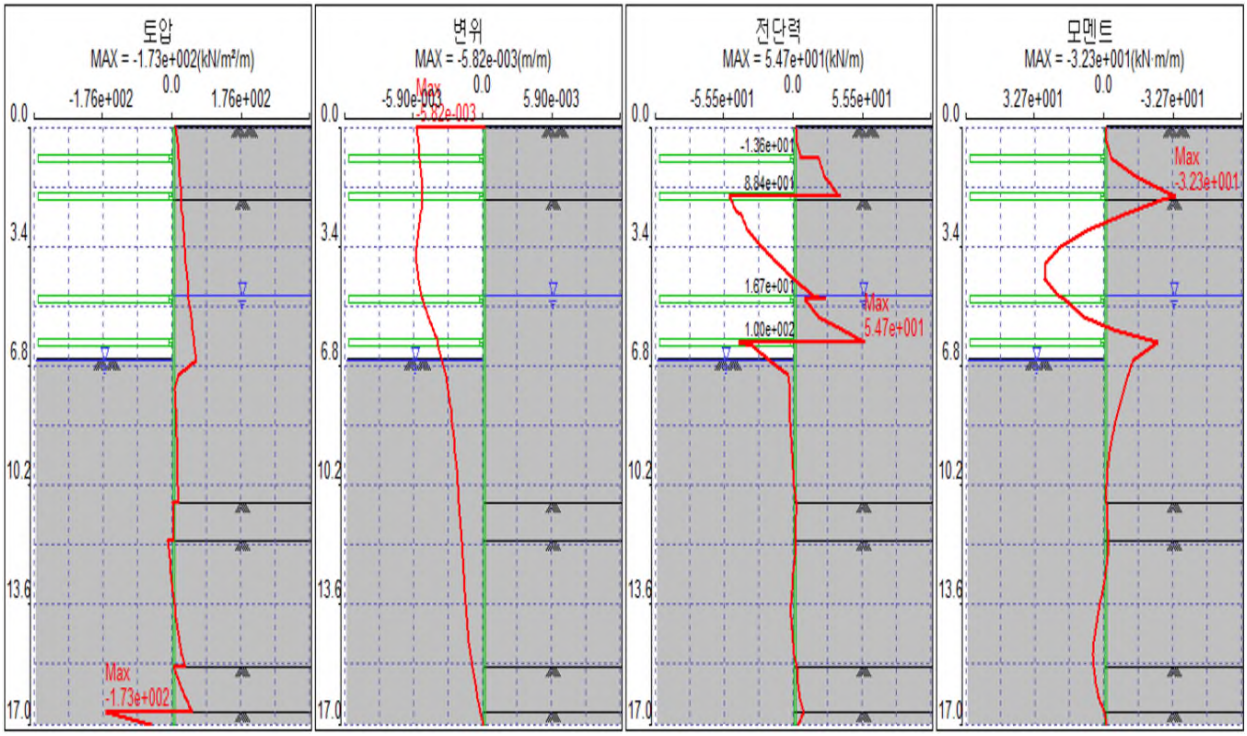
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 지보2]



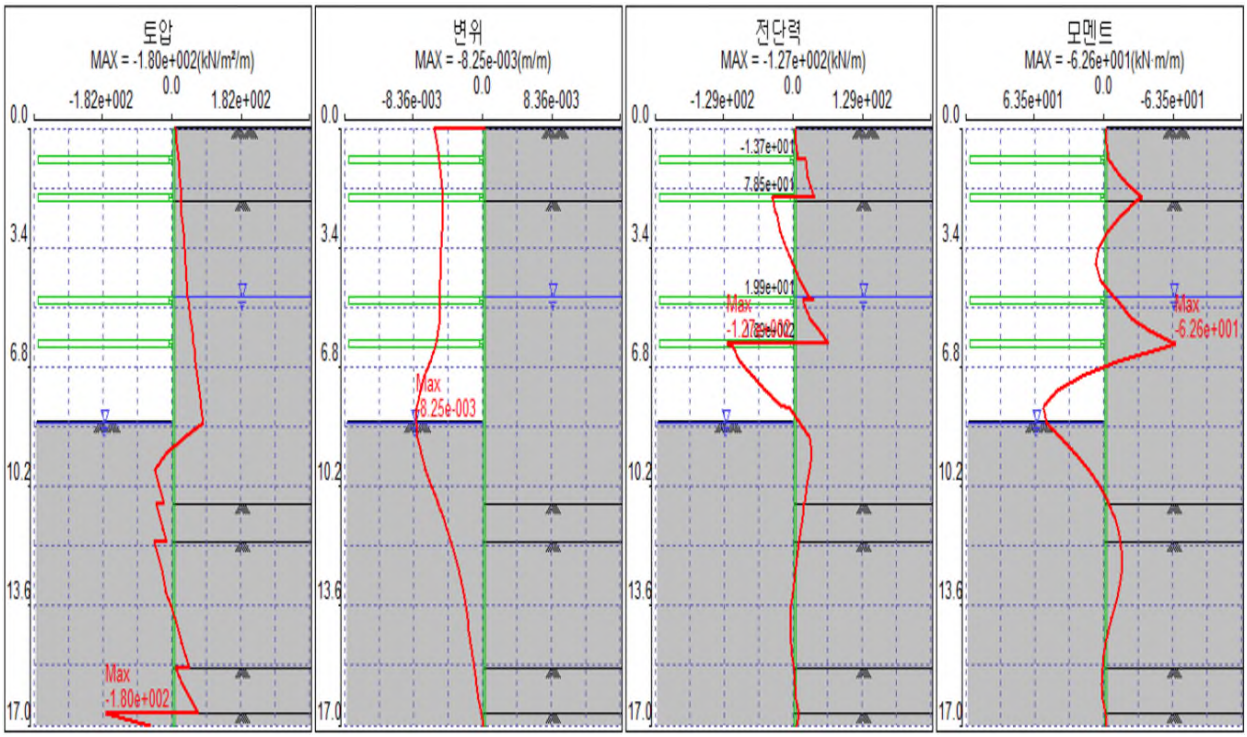
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.66 m]



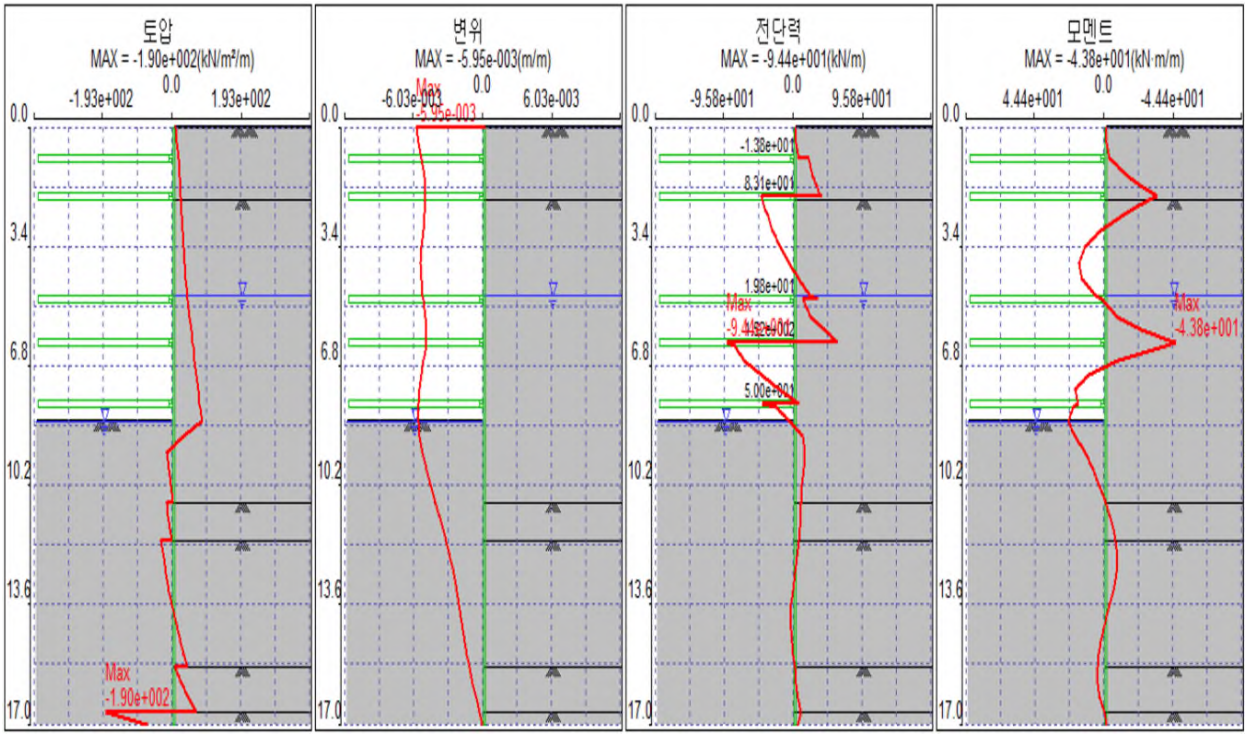
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 지보3]



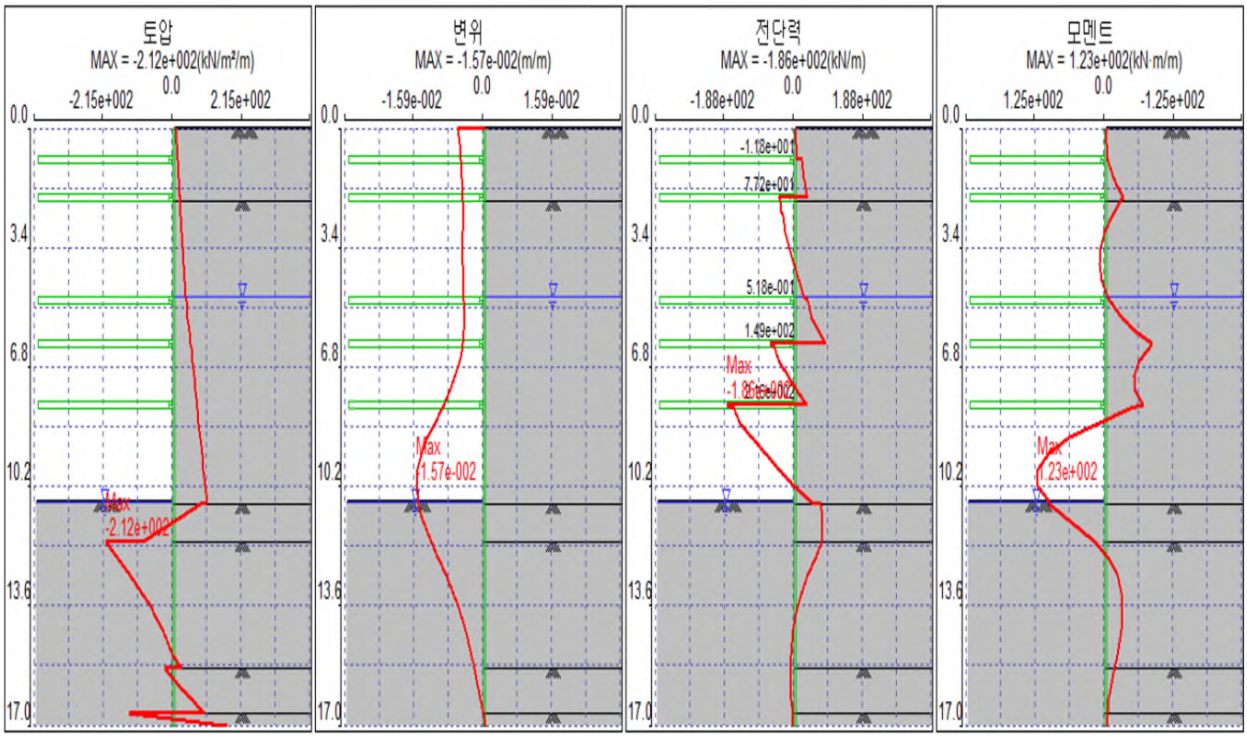
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 8.38 m]



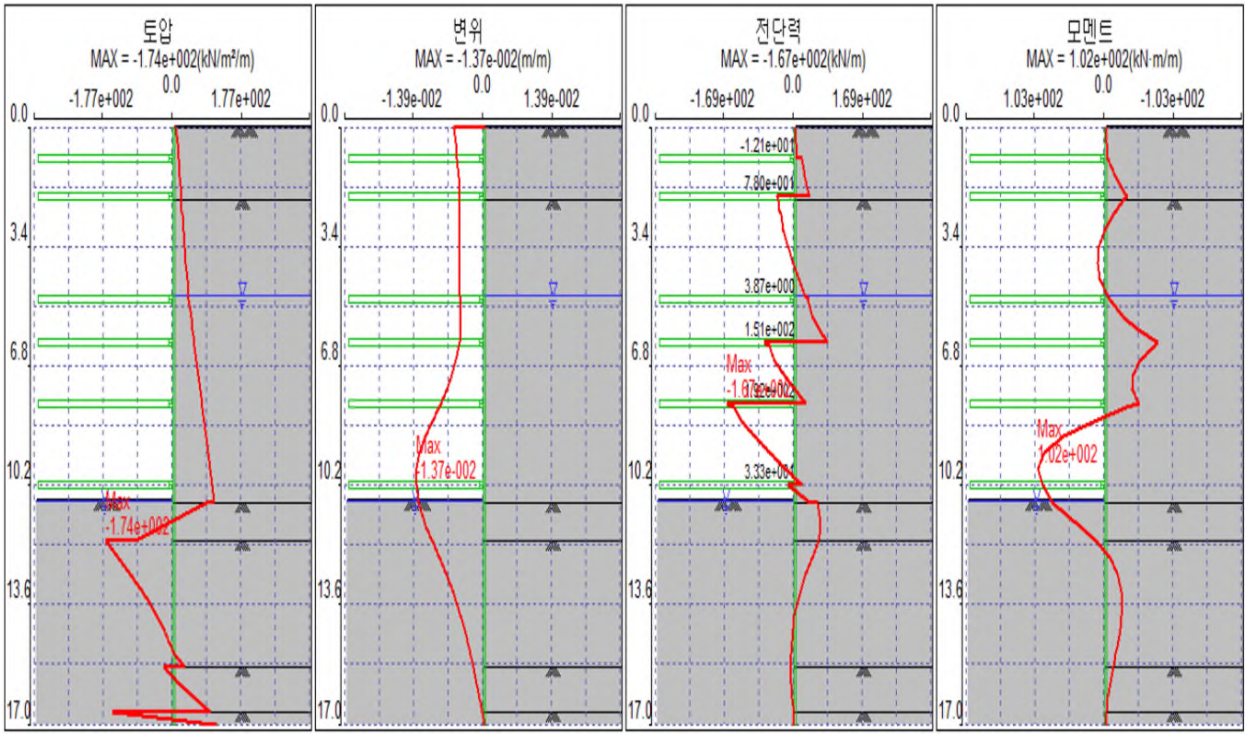
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 지보4]



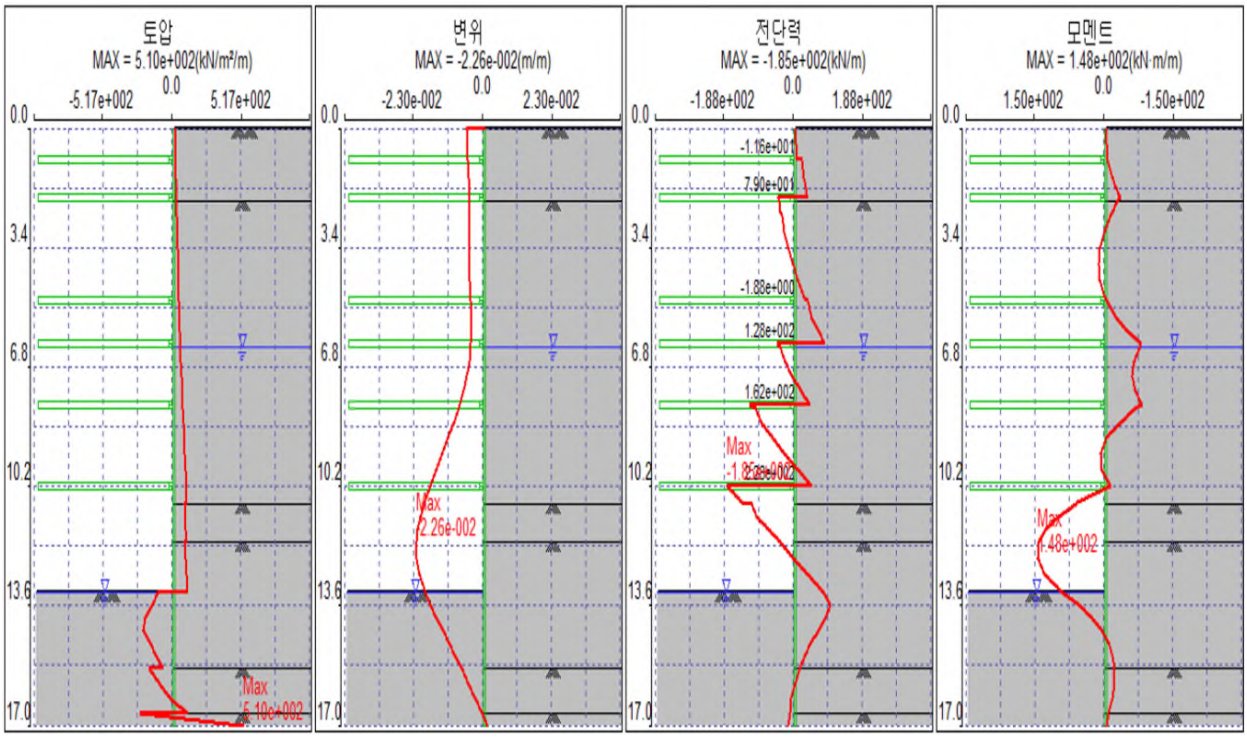
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 10.68 m]



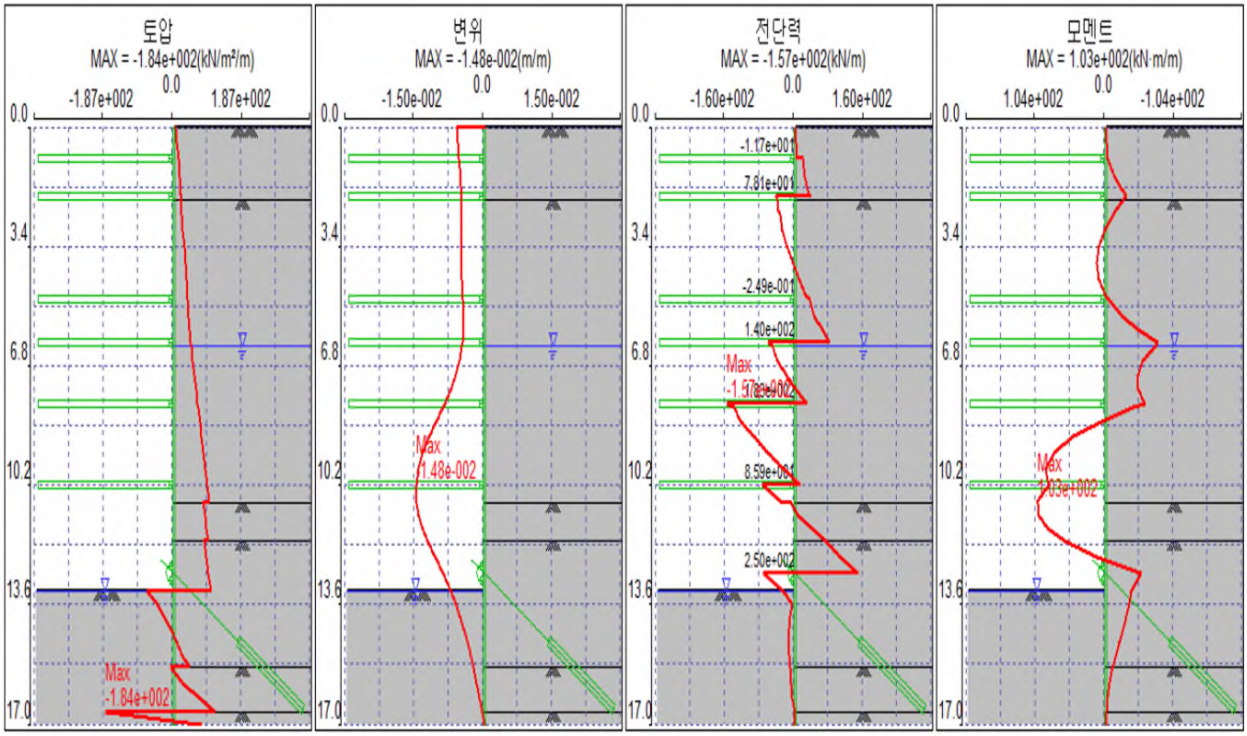
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 지보5]



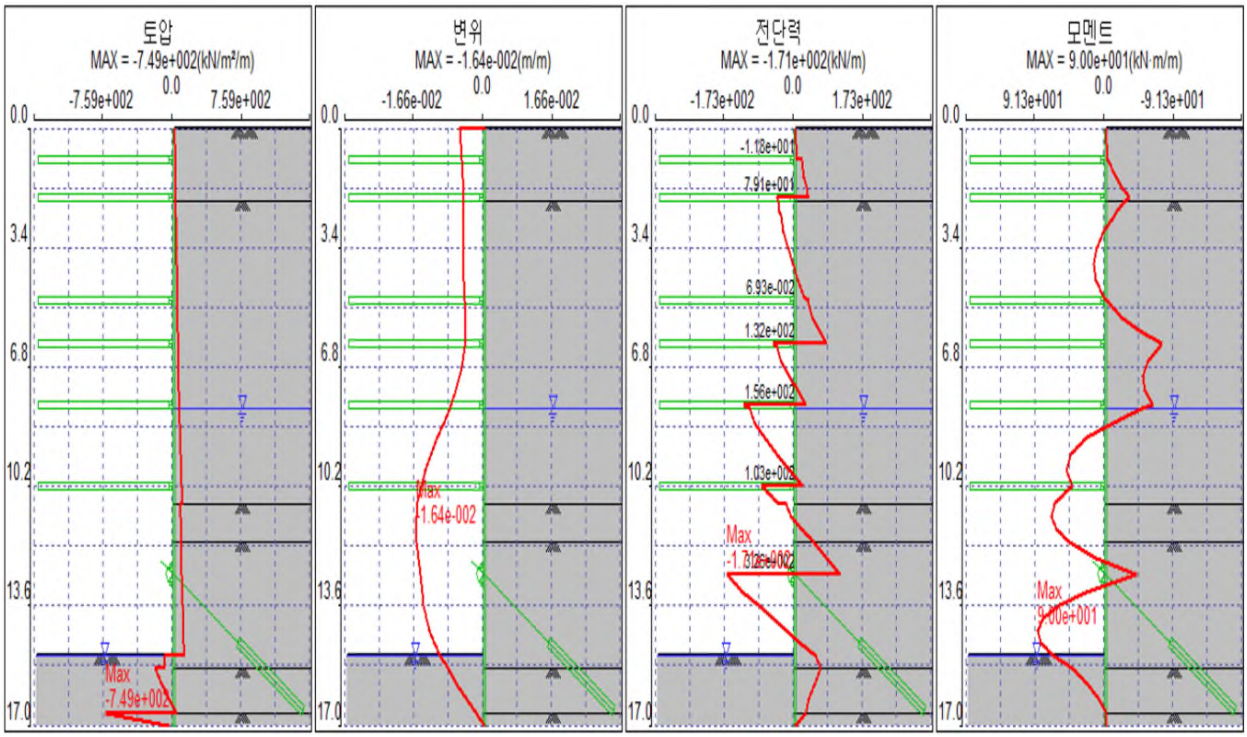
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 13.23 m]



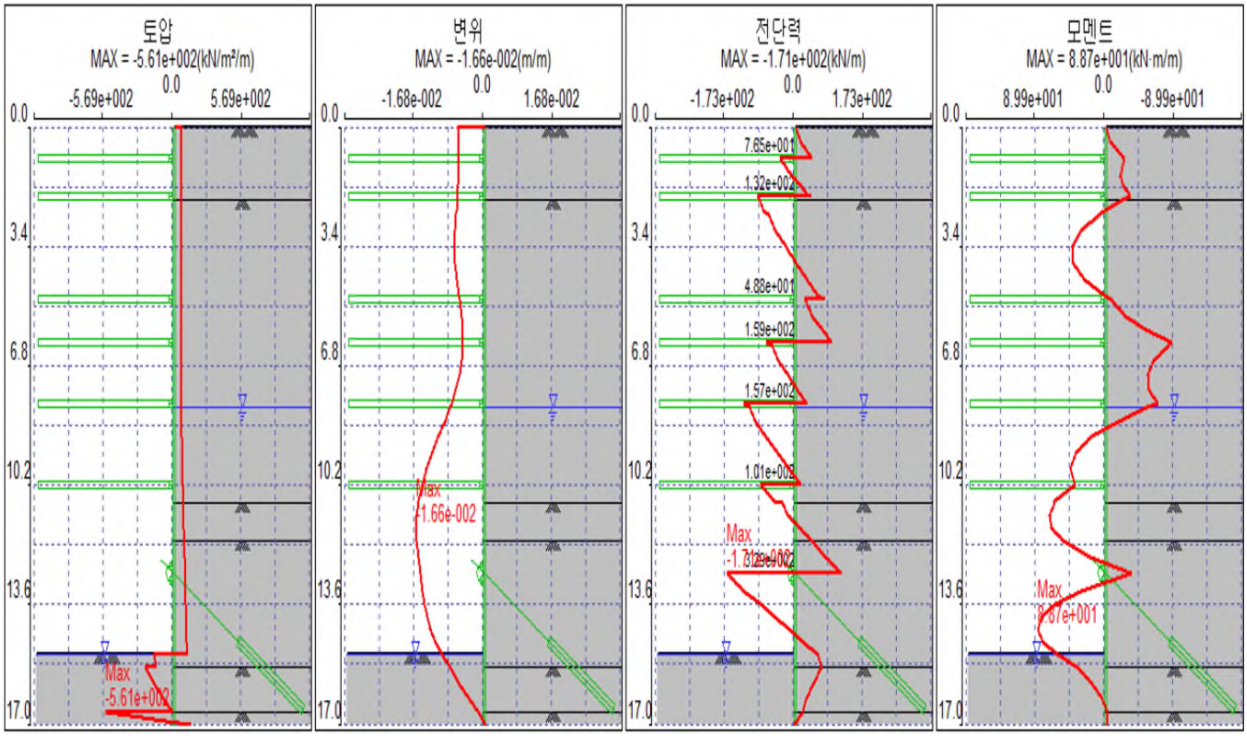
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 지보6]



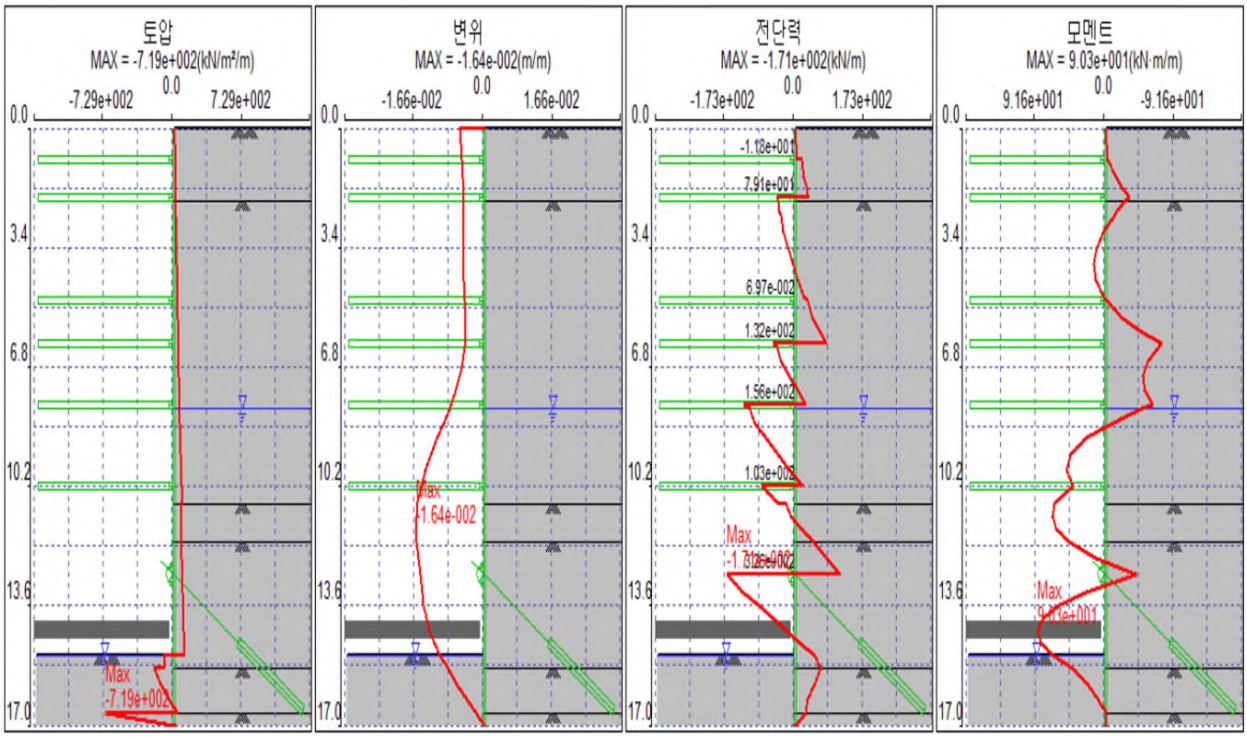
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 15.01 m]



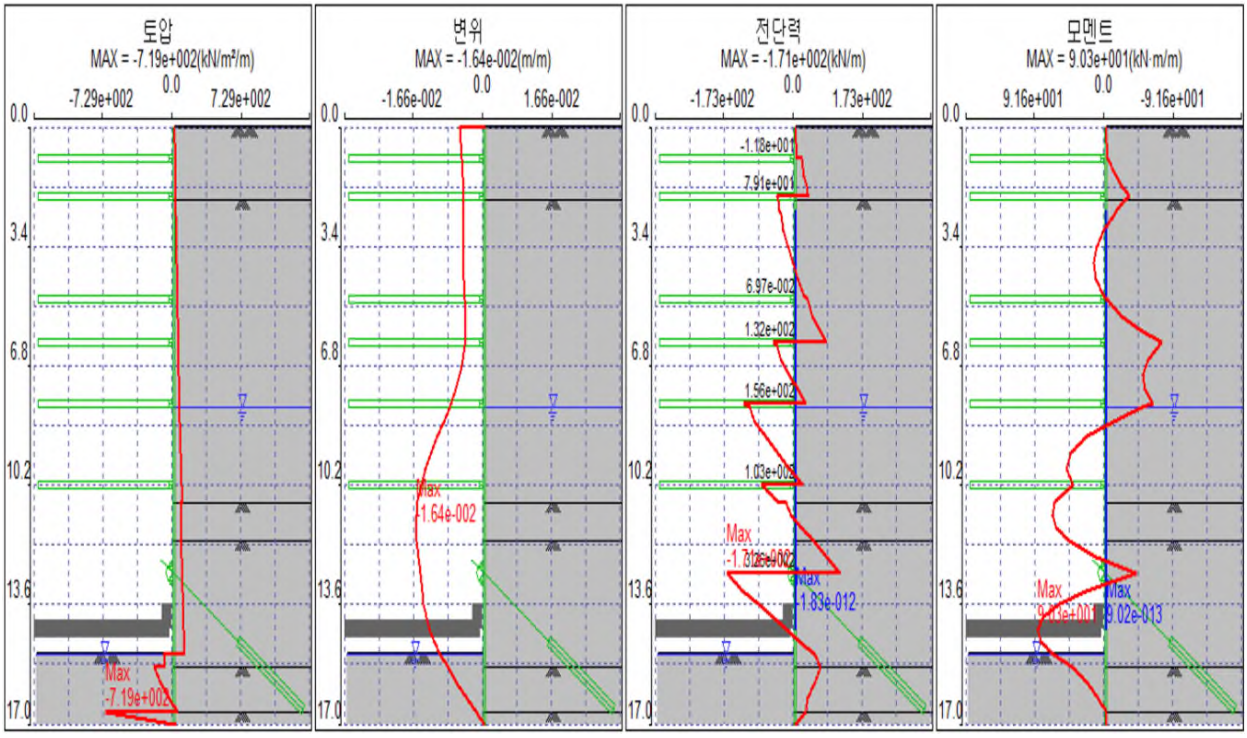
16) 시공 16 단계 [CS16 : PECK]



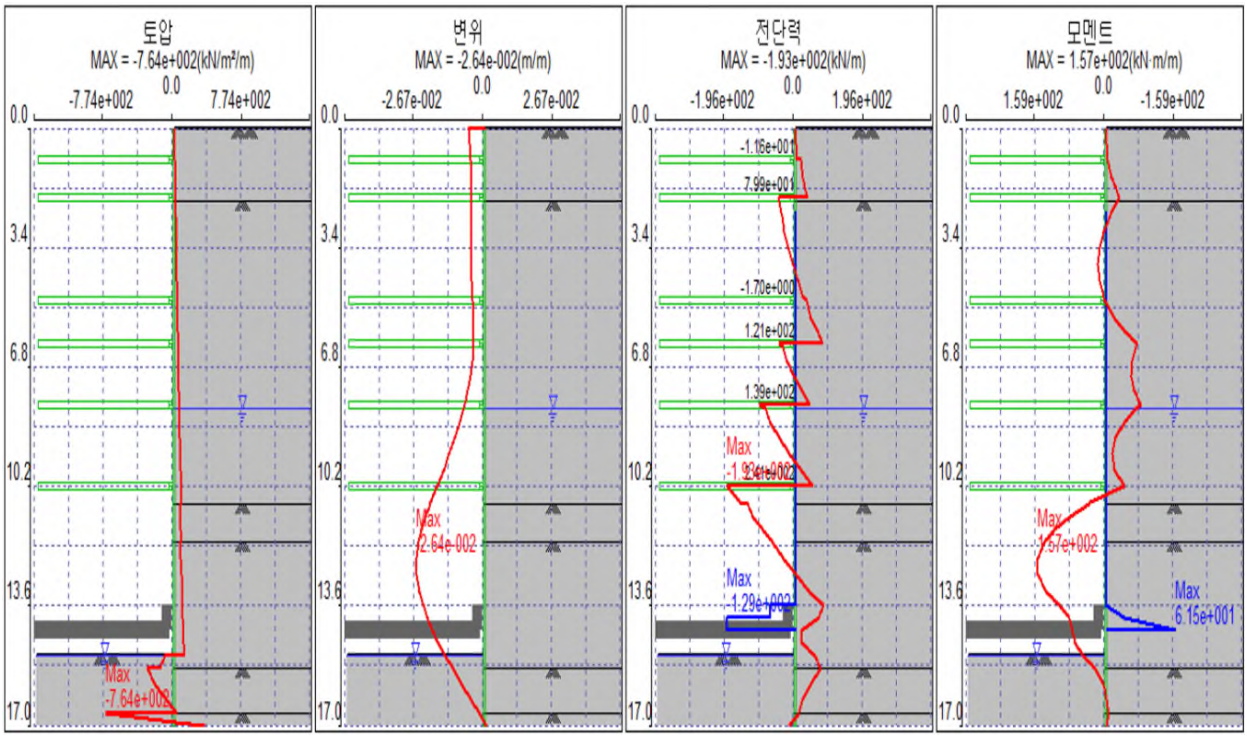
17) 시공 17 단계 [CS17 : 슬래브1]



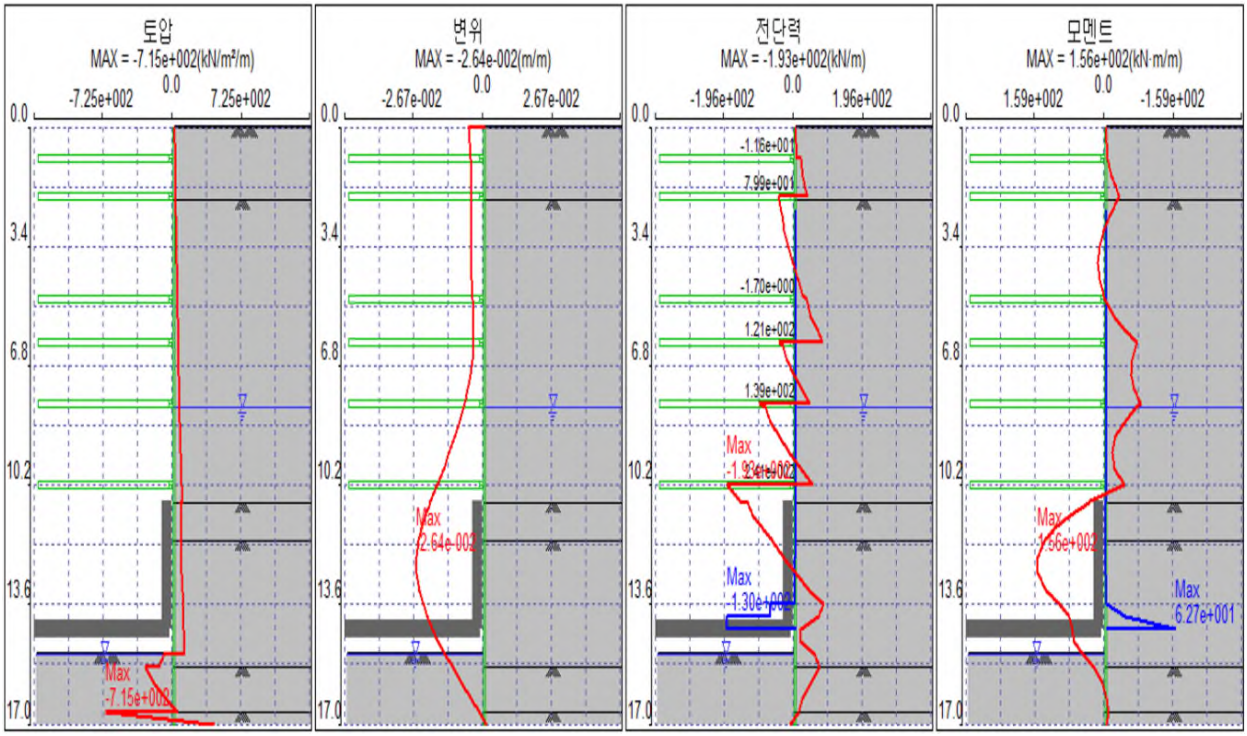
18) 시공 18 단계 [CS18 : 타설0]



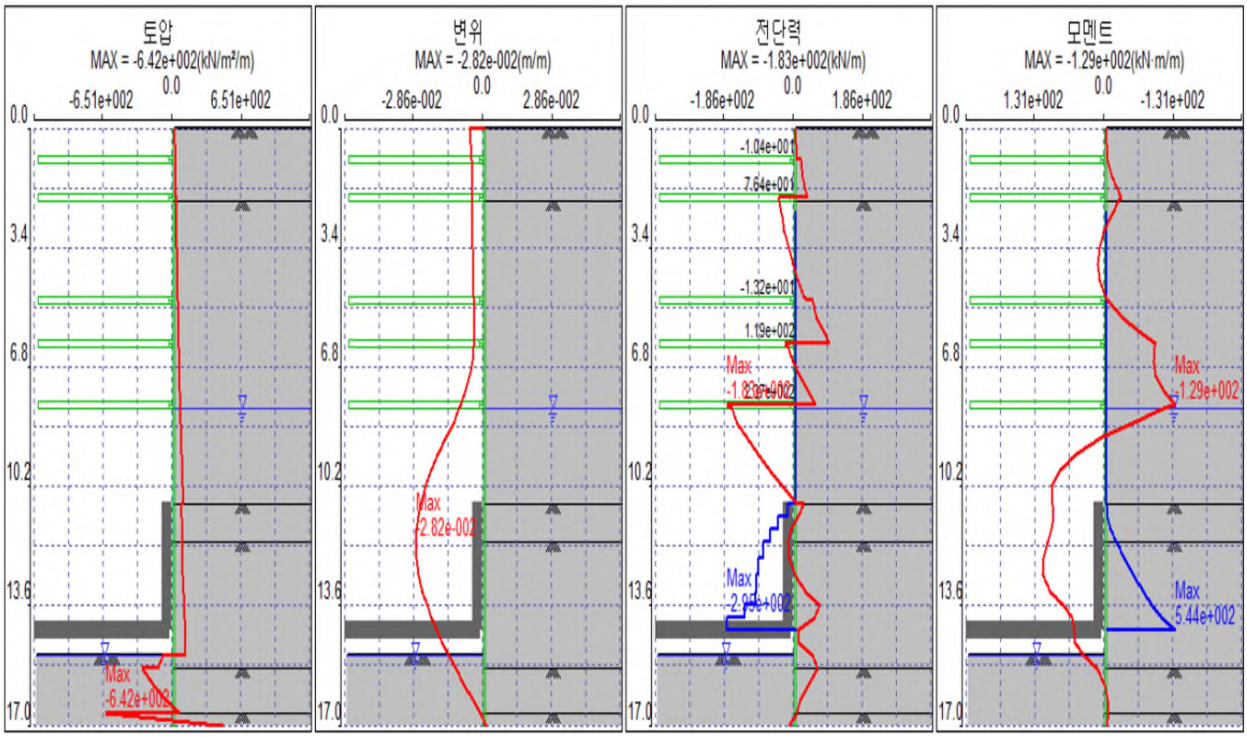
19) 시공 19 단계 [CS19 : 6단해체]



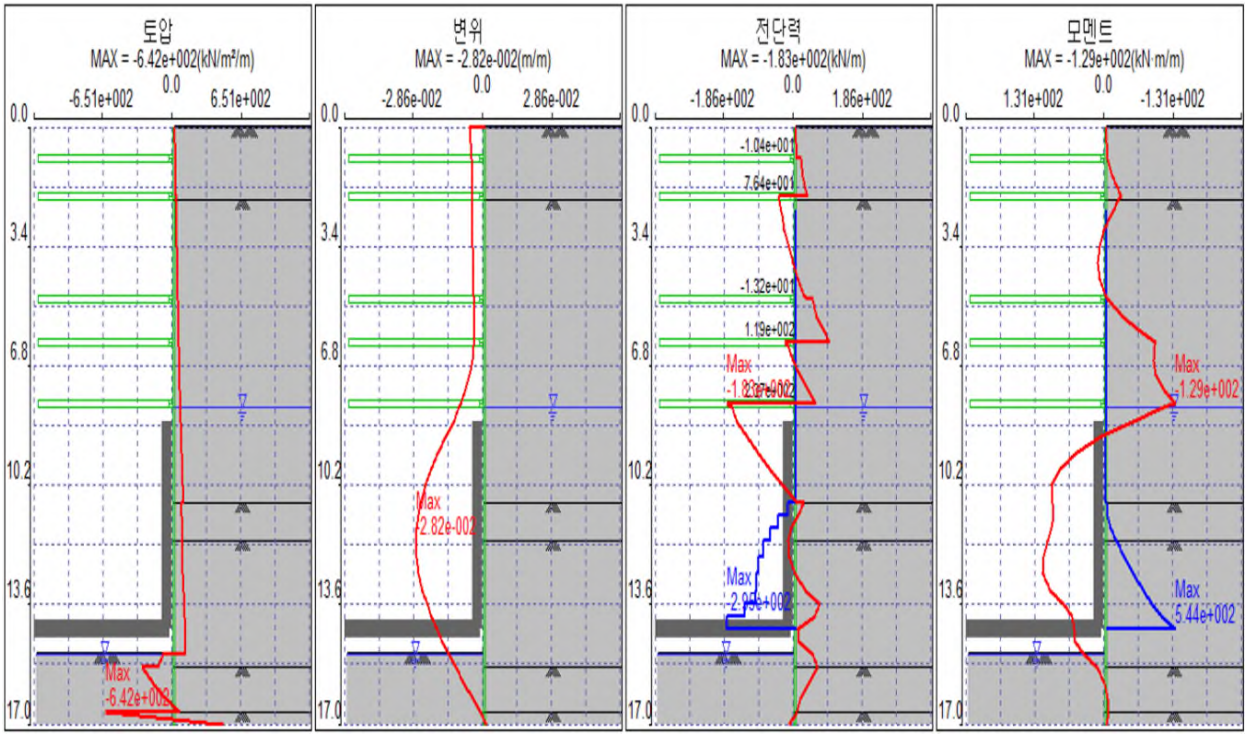
20) 시공 20 단계 [CS20 : 타설1]



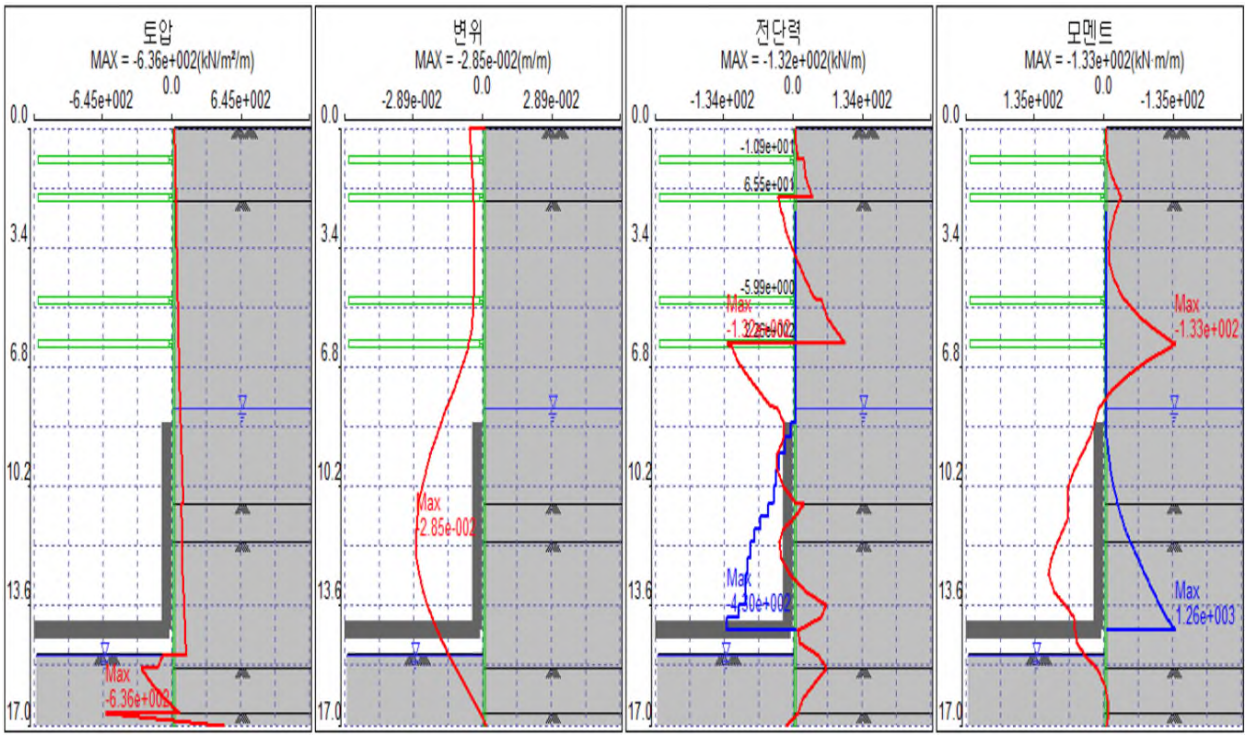
21) 시공 21 단계 [CS21 : 5단해체]



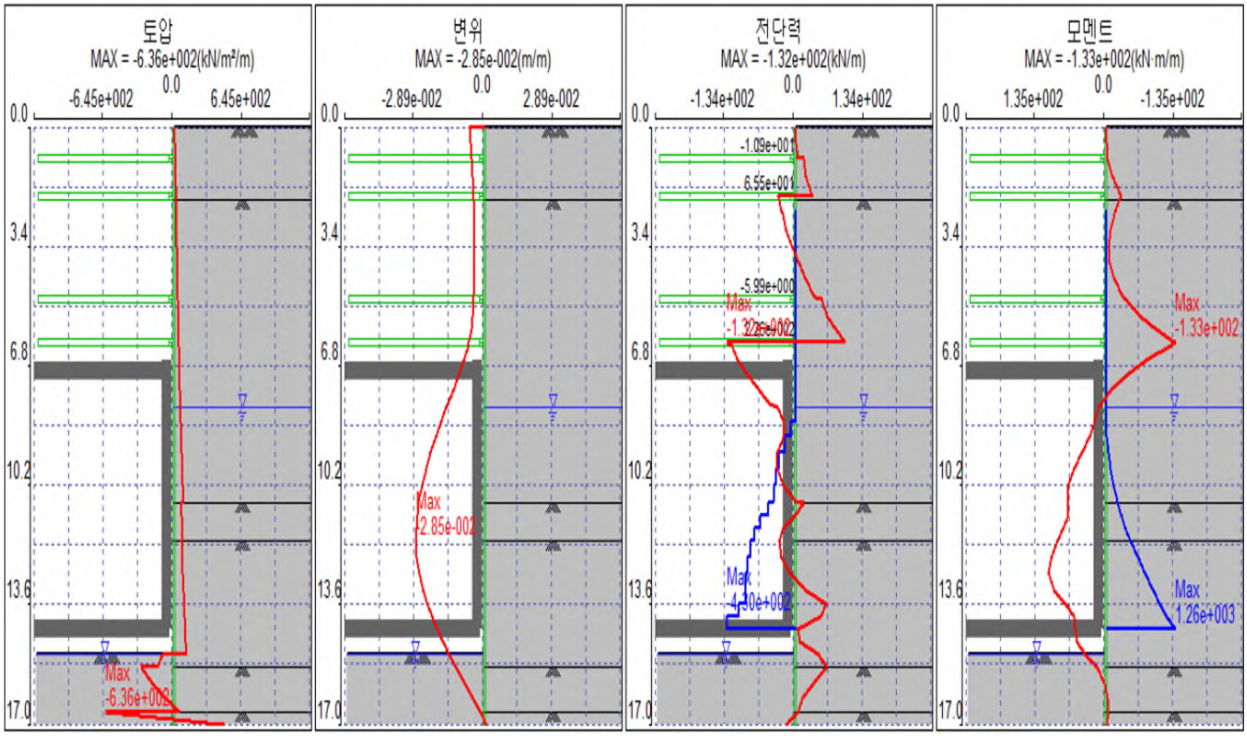
22) 시공 22 단계 [CS22 : 타설2]



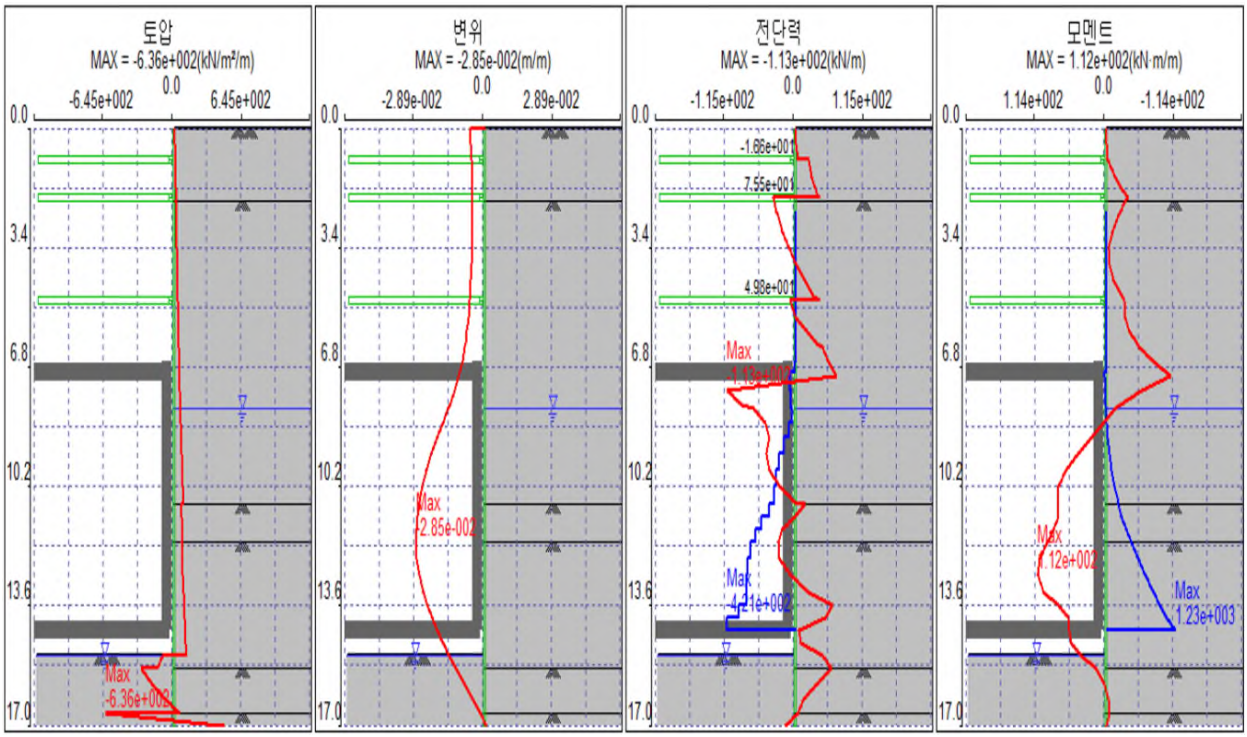
23) 시공 23 단계 [CS23 : 4단해체]



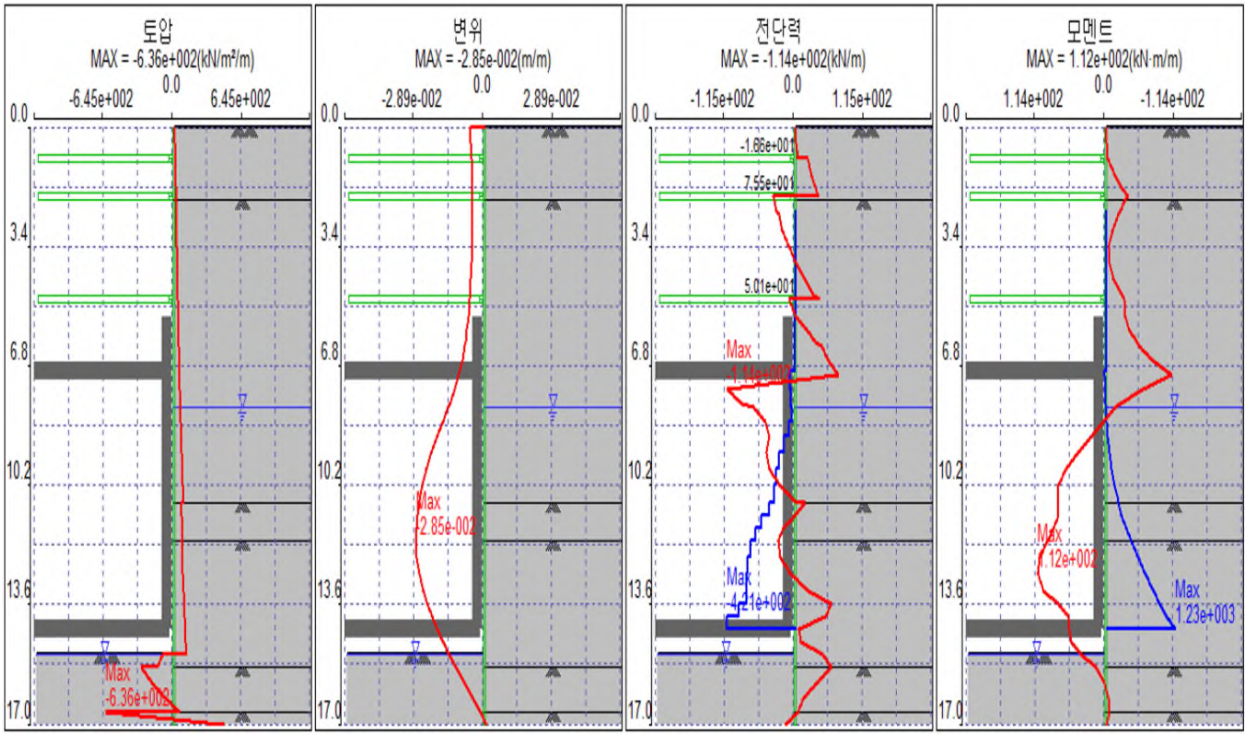
24) 시공 24 단계 [CS24 : 타설3]



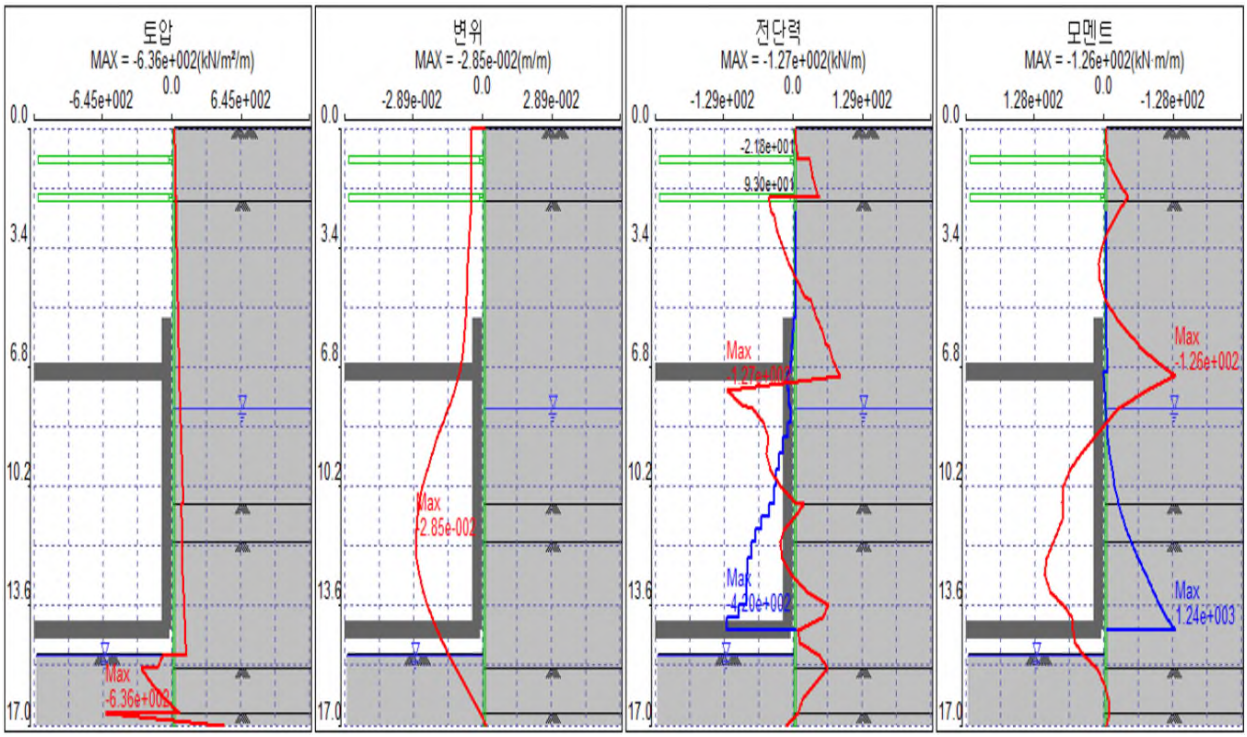
25) 시공 25 단계 [CS25 : 3단해체]



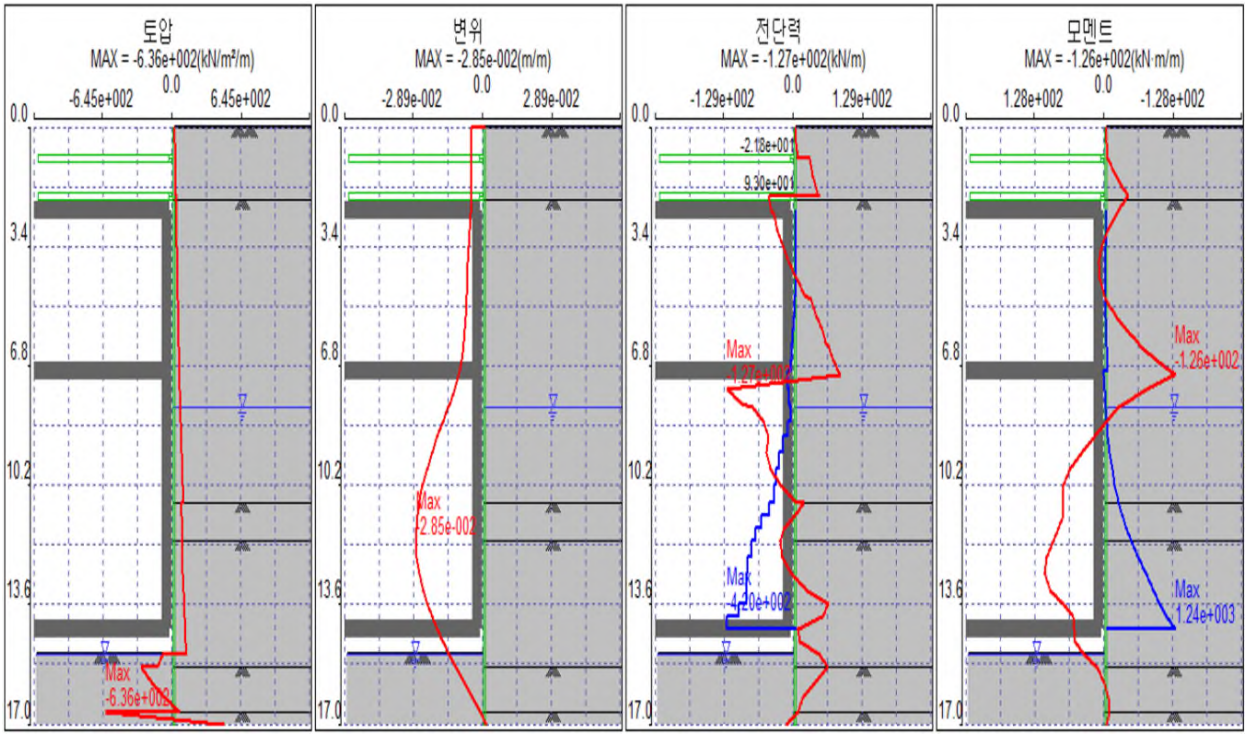
26) 시공 26 단계 [CS26 : 타설4]



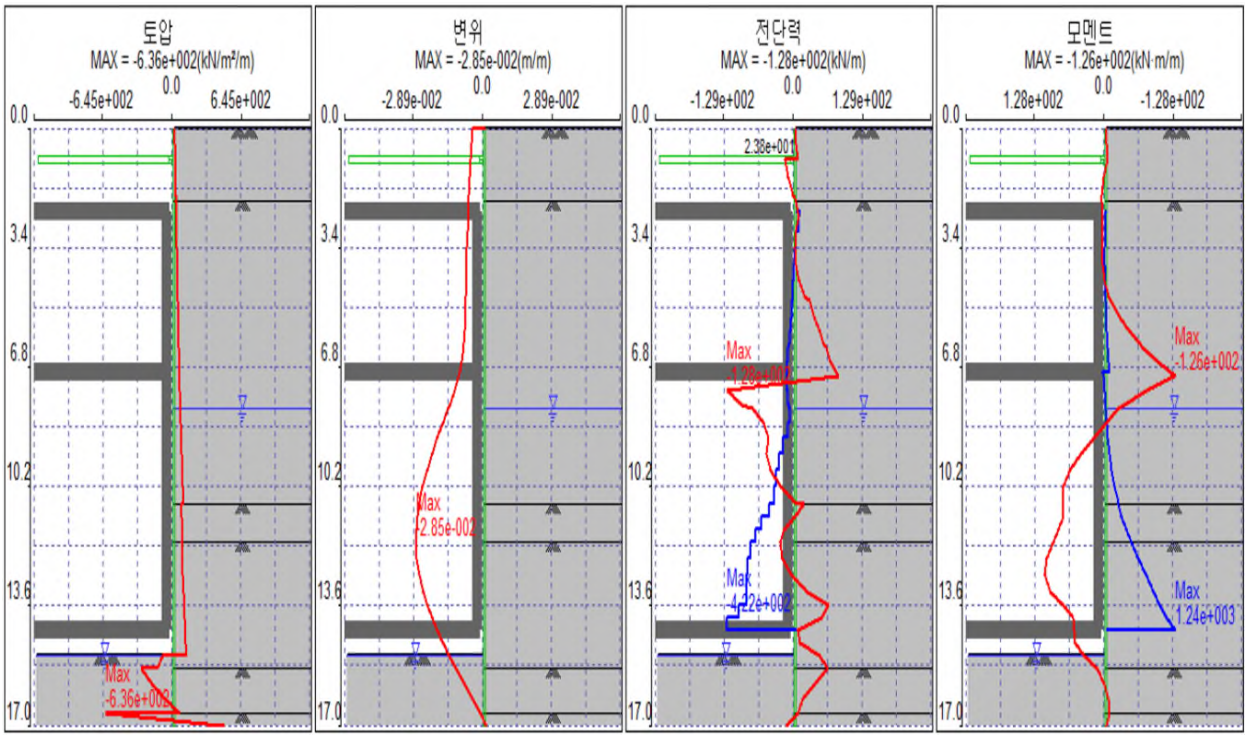
27) 시공 27 단계 [CS27 : 2단해체]



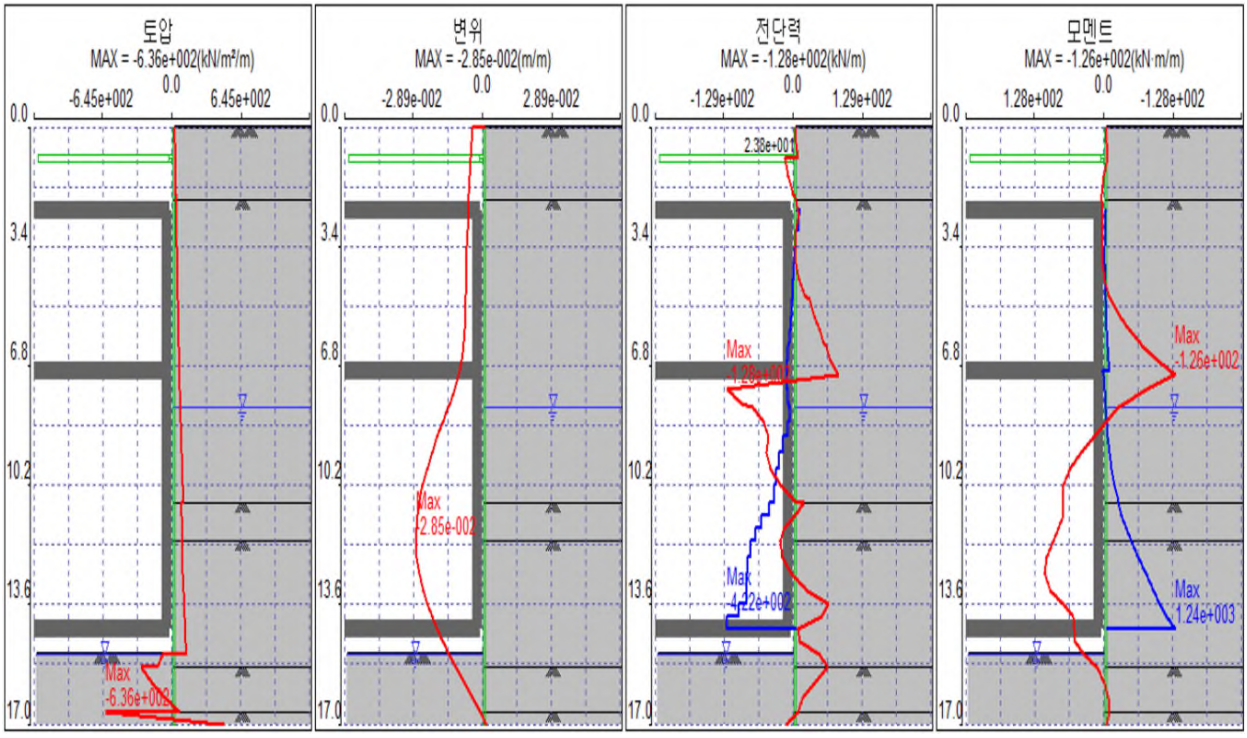
28) 시공 28 단계 [CS28 : 타설5]



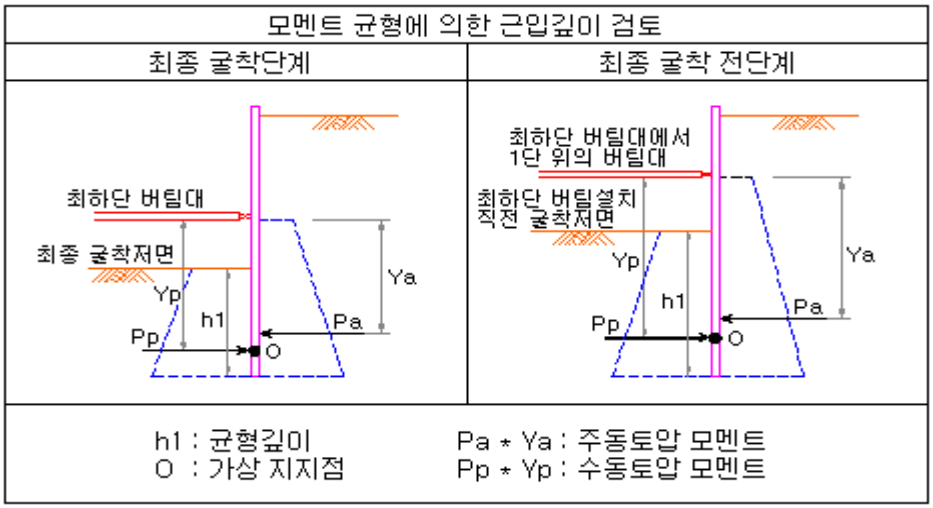
29) 시공 29 단계 [CS29 : 1단해체]



30) 시공 30 단계 [CS30 : 타설6]



14.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	1.203	2.000	508.339	2682.268	5.277	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.774	3.780	1108.705	6214.515	5.605	1.200	OK

14.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -12.73 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 266.532 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.193 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 59.035 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.224 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (266.532 x 1.193) + (59.035 x 3.224) = 508.339 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 697.756 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.844 m

Mp = (Pp x Yp) = (697.756 x 3.844) = 2682.268 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2682.268 / 508.339 = 5.277

S.F. = 5.277 > 1.2 ... OK

14.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -10.18 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 325.671 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.542 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 123.127 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.925 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (325.671 x 1.542) + (123.127 x 4.925) = 1108.705 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1052.81 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.903 m

Mp = (Pp x Yp) = (1052.81 x 5.903) = 6214.515 kN·m

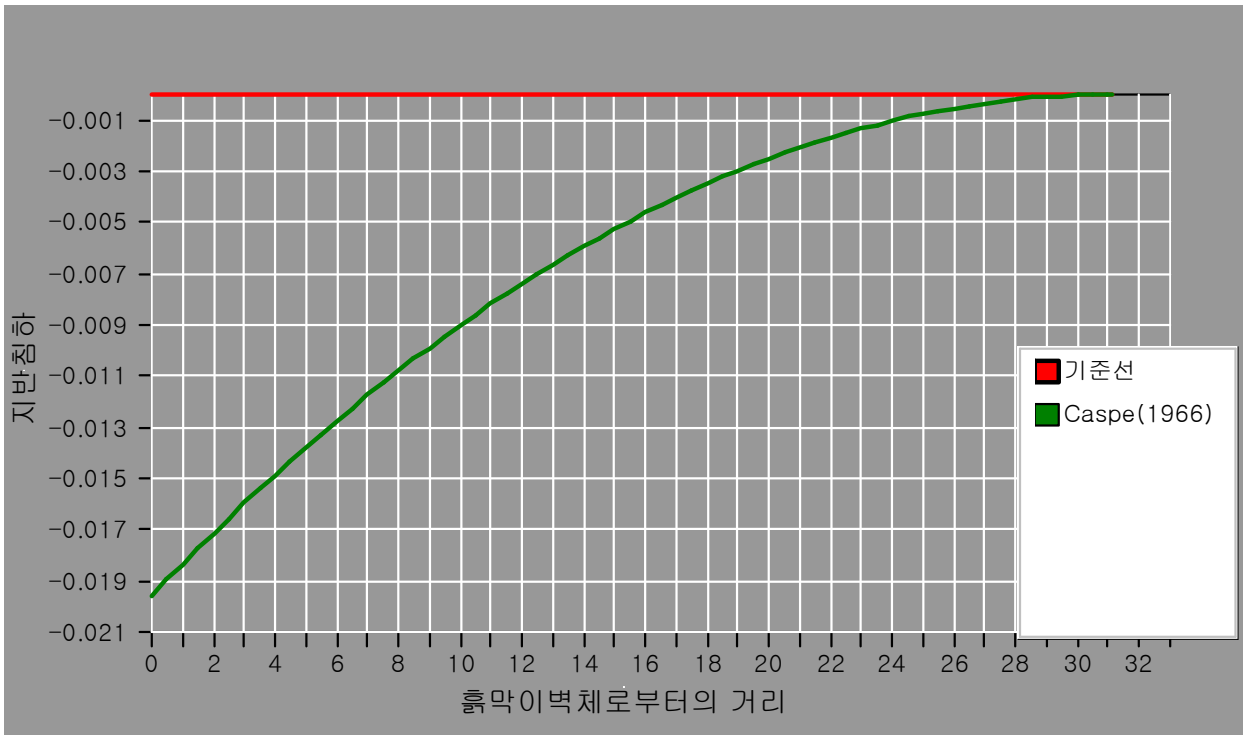
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 6214.515 / 1108.705 = 5.605

S.F. = 5.605 > 1.2 ... OK

14.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



14.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.152 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 44.4 m, Hw = 15.01 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 28.447 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 44.4 x tan(45 + 28.447/2) = 37.276 m

Ht = Hp + Hw = 37.276 + 15.01 = 52.286 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 52.286 x tan(45-28.447/2) = 31.139 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.152 / 31.139 = -0.020 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.020 x ((31.139 - Xi) / 31.139)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-19.572	-0.623	-1.247
0.50	-18.949	-0.613	-1.227
1.00	-18.335	-0.603	-1.207
1.50	-17.732	-0.593	-1.186
2.00	-17.139	-0.583	-1.166
2.50	-16.556	-0.573	-1.146
3.00	-15.983	-0.563	-1.126
3.50	-15.420	-0.553	-1.106

4.00	−14.867	−0.543	−1.086
4.50	−14.324	−0.533	−1.065
5.00	−13.792	−0.523	−1.045
5.50	−13.269	−0.512	−1.025
6.00	−12.757	−0.502	−1.005
6.50	−12.254	−0.492	−0.985
7.00	−11.762	−0.482	−0.964
7.50	−11.280	−0.472	−0.944
8.00	−10.808	−0.462	−0.924
8.50	−10.346	−0.452	−0.904
9.00	−9.894	−0.442	−0.884
9.50	−9.452	−0.432	−0.863
10.00	−9.020	−0.422	−0.843
10.50	−8.598	−0.412	−0.823
11.00	−8.187	−0.401	−0.803
11.50	−7.785	−0.391	−0.783
12.00	−7.394	−0.381	−0.763
12.50	−7.013	−0.371	−0.742
13.00	−6.642	−0.361	−0.722
13.50	−6.280	−0.351	−0.702
14.00	−5.929	−0.341	−0.682
14.50	−5.589	−0.331	−0.662
15.00	−5.258	−0.321	−0.641
15.50	−4.937	−0.311	−0.621
16.00	−4.626	−0.301	−0.601
16.50	−4.326	−0.290	−0.581
17.00	−4.035	−0.280	−0.561
17.50	−3.755	−0.270	−0.541
18.00	−3.485	−0.260	−0.520
18.50	−3.225	−0.250	−0.500
19.00	−2.975	−0.240	−0.480
19.50	−2.735	−0.230	−0.460
20.00	−2.505	−0.220	−0.440
20.50	−2.285	−0.210	−0.419
21.00	−2.075	−0.200	−0.399
21.50	−1.876	−0.190	−0.379
22.00	−1.686	−0.179	−0.359
22.50	−1.507	−0.169	−0.339
23.00	−1.337	−0.159	−0.318
23.50	−1.178	−0.149	−0.298
24.00	−1.029	−0.139	−0.278
24.50	−0.890	−0.129	−0.258
25.00	−0.761	−0.119	−0.238
25.50	−0.642	−0.109	−0.218
26.00	−0.533	−0.099	−0.197
26.50	−0.434	−0.089	−0.177
27.00	−0.346	−0.079	−0.157
27.50	−0.267	−0.068	−0.137
28.00	−0.199	−0.058	−0.117
28.50	−0.141	−0.048	−0.096

29.00	−0.092	−0.038	−0.076
29.50	−0.054	−0.028	−0.056
30.00	−0.026	−0.018	−0.036
30.50	−0.008	−0.008	−0.016
31.00	0.000	0.000	−0.003
31.14	0.000	0.000	0.000
Max	−19.572	−0.623	−1.247

3-1.16 TYPE-14

(STA.0+644.5~0+657.5)

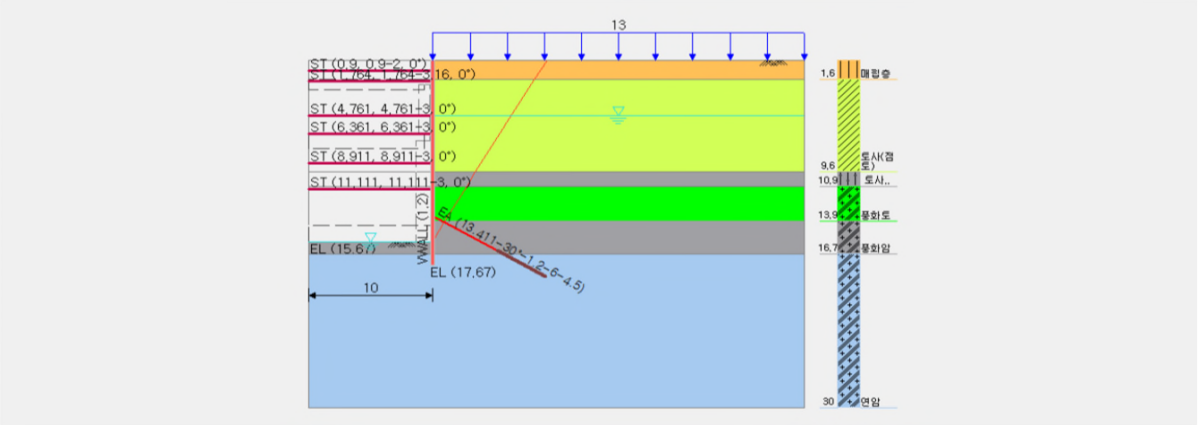
GeoX 구조계산서

TYPE-14 벽체 1단 타설 검토

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (지보1)
7.2 Strut 설계 (지보2)
7.3 Strut 설계 (지보3)
7.4 Strut 설계 (지보4)
7.5 Strut 설계 (지보5)
7.6 Earth Anchor 설계 (지보6)
8.띠장 설계
8.1 지보1 띠장 설계
8.2 지보2 띠장 설계
8.3 지보3 띠장 설계
8.4 지보4 띠장 설계
8.5 지보5 띠장 설계
8.6 지보6 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 15.67m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.9, 0.9-2, 0°)
ST (1.764, 1.764-3
16, 0°)
ST (4.761, 4.761+3
0°)
ST (6.361, 6.361+3
0°)
ST (8.911, 8.911+3
0°)
ST (11.111, 11.111-3, 0°)
EL (15.6/)
WALL (1:2)
EL (17.67)
10
1.6
9.6
10.9
13.9
16.7
30
매립층
풍화토
풍화암
연암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	101.569	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	40.627	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	101.816	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.098	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	71.871	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	85.180	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
지보1 P 406.4x12	1.76	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	37.929	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보2 P 406.4x12	4.76	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.484	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보3 P 406.4x12	6.36	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.421	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보4 P 406.4x12	8.91	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	61.988	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		
지보5 P 406.4x12	11.11	휨응력	28.090	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	59.448	121.755	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.689	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
지보6 Strand12.7x6EA	13.41	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
지보1 H 440x300x11/18	1.76	휨응력	65.097	140.506	O.K	
		전단응력	46.691	90.000	O.K	
지보2 H 440x300x11/18	4.76	휨응력	75.513	142.373	O.K	
		전단응력	57.773	90.000	O.K	
지보3 H 440x300x11/18	6.36	휨응력	85.477	142.373	O.K	
		전단응력	65.396	90.000	O.K	
지보4 H 440x300x11/18	8.91	휨응력	108.825	142.373	O.K	
		전단응력	83.259	90.000	O.K	
지보5 H 440x300x11/18	11.11	휨응력	103.698	142.373	O.K	
		전단응력	79.337	90.000	O.K	
지보6 2H 250x250x9/14	13.41	휨응력	58.917	156.940	O.K	
		전단응력	85.220	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	118.024	175.099	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.706	192.050	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	64.801	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	70.665	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.879	137.022	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 15.67	휨응력	136.023	303.750	O.K		
		압축응력	132.217	292.872	O.K		
		전단응력	64.537	174.375	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS22 : 지보4 해체	23.832	47.010	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x12	수평간격 :	3.16	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x6EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m ~ 3.16m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 18.6$ 210	$0 < \ell/r \leq 16$ 285	$0 < \ell/r \leq 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \leq 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \leq 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \leq 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 4.6$ 210	$\ell/b \leq 4.0$ 285	$\ell/b \leq 3.8$ 322.5	$\ell/b \leq 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \leq 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \leq 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \leq 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

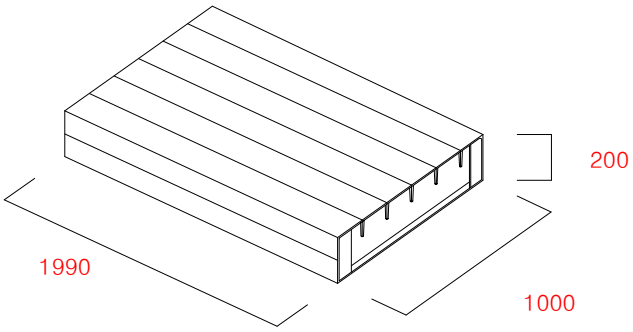
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

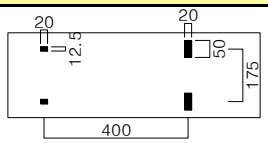
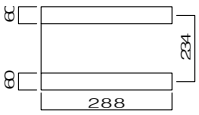
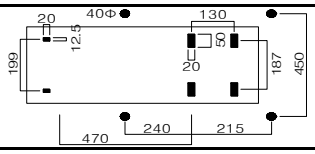
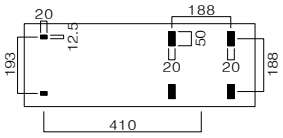
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990^{2}}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

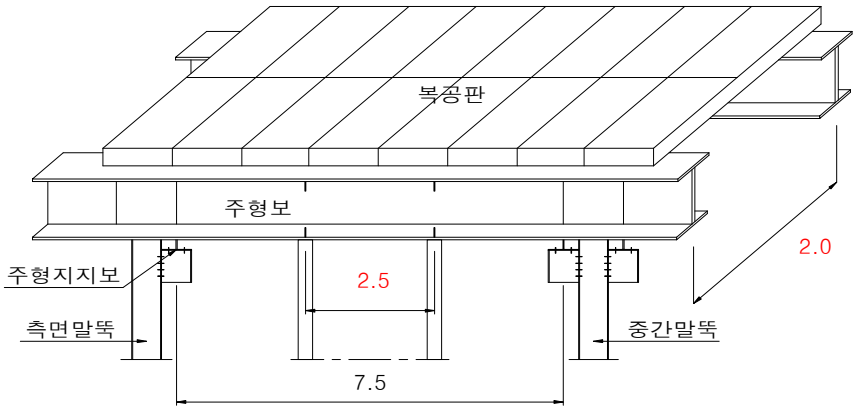
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

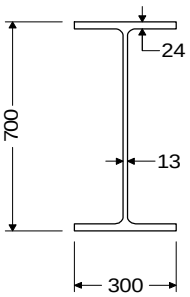
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 7.500 \times 7.500 / 8 = 39.023$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 7.500 / 2 = 20.813$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)$

$= 0.316 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

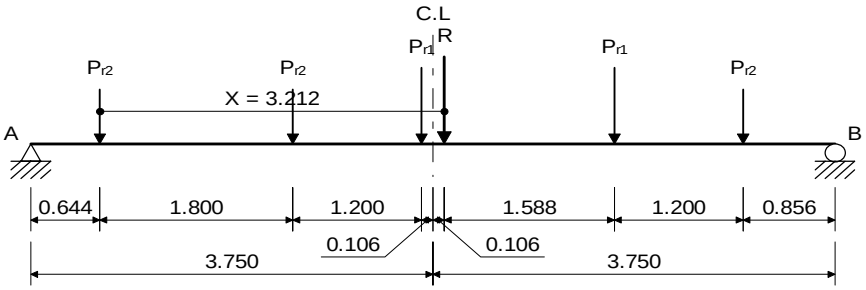
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)

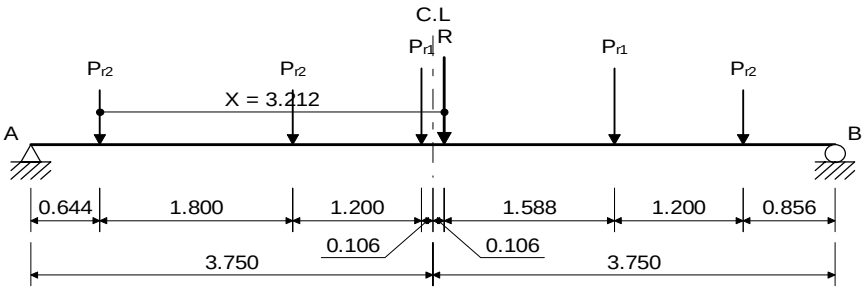


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

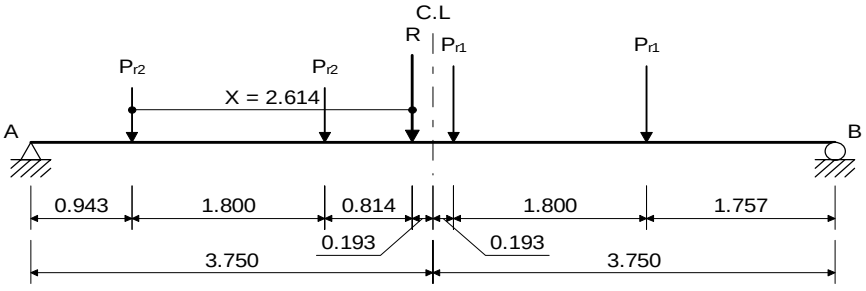
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.856 + Pr2 x 5.056 + Pr1 x 3.856 + Pr1 x 2.056 + Pr2 x 0.856) / L
= (93.600 x 6.856 + 93.600 x 5.056 + 124.800 x 3.856 + 124.800 x 2.056 + 93.600 x 0.856) / 7.500
= 257.712 kN

M_l = (Ra x 3.644 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (257.712 x 3.644 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 546.013 kN·m

② **2** 차선 재하시 (후륜하중)

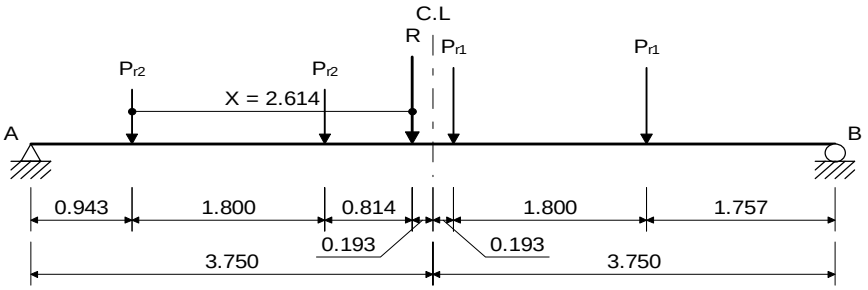


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

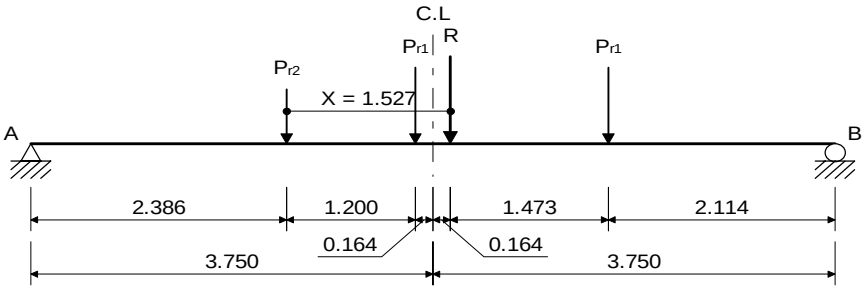
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.557 + Pr2 x 4.757 + Pr1 x 3.557 + Pr1 x 1.757) / L
= (93.600 x 6.557 + 93.600 x 4.757 + 124.800 x 3.557 + 124.800 x 1.757) / 7.500
= 229.632 kN

M_l = (Ra x 3.943 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (229.632 x 3.943 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 512.286 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

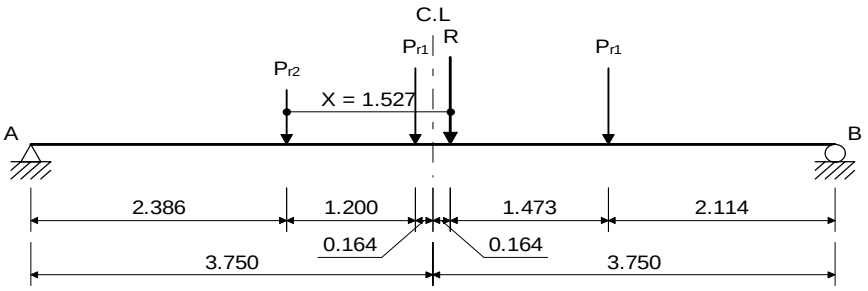


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

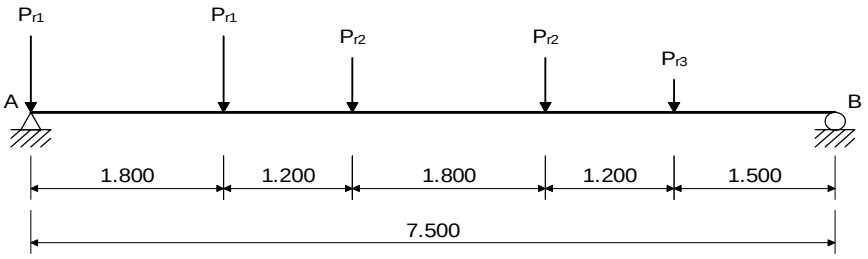


R_a = (Pr2 x 5.114 + Pr1 x 3.914 + Pr1 x 2.114) / L
= (93.600 x 5.114 + 124.800 x 3.914 + 124.800 x 2.114) / 7.500
= 164.112 kN

M_l = (Ra x 3.586 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.112 x 3.586 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 476.245 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.500 + Pr1 x 5.700 + Pr2 x 4.500 + Pr2 x 2.700 + Pr3 x 1.500) / L
= (124.800 x 7.500 + 124.800 x 5.700 + 93.600 x 4.500 + 93.600 x 2.700 + 70.200 x 1.500) / 7.500
= 323.544 kN

S_l = 323.544 x 1.00 = 323.544 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 39.023 + 546.013 = 585.036 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 585.036 x 1000000 / 5760000.0 = 101.569 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.357 x 1000 / 8476 = 40.627 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.569 + 101.569) / 101.569

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 101.569 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 40.627 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 546.013 / 1.300 = 420.010 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 420.010 / (7.50 x 7.50) = 59.735 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 59.735 x 7500.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 5.830 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7500.0 / 400 , 25)

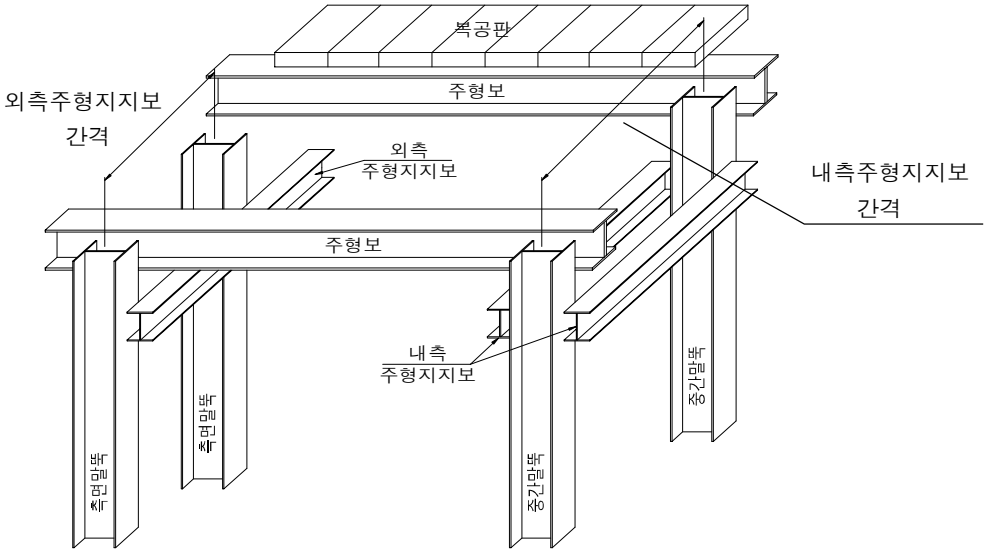
= 18.750 mm > δ_l = 5.830 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

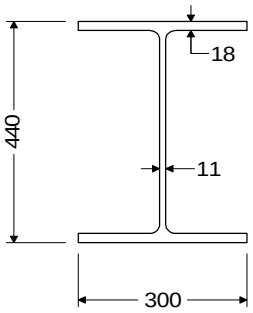
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

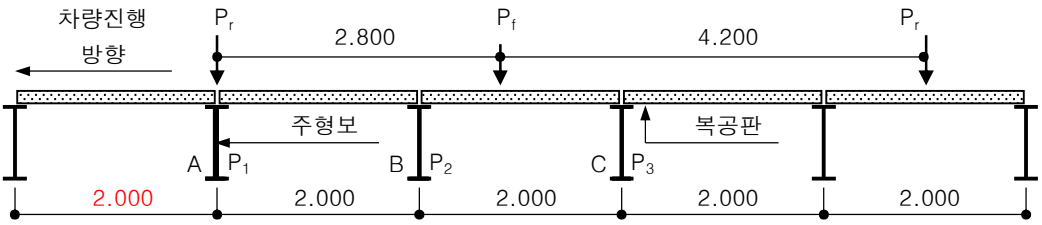


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



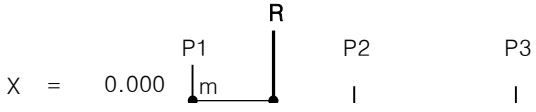
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

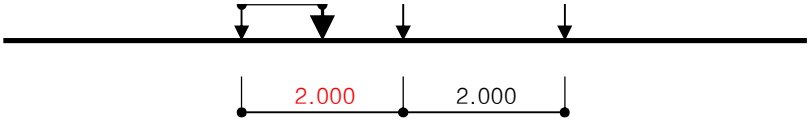
= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 20.813 + 80.886 x 1.200 / 2.000 = 69.344 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



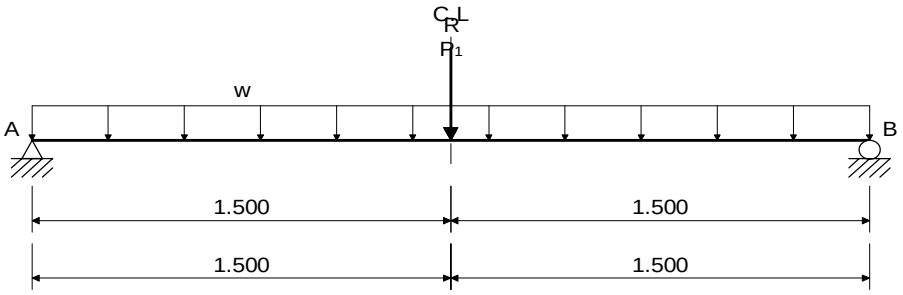


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 344.356
= 344.357 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 344.356
= 0.000 m

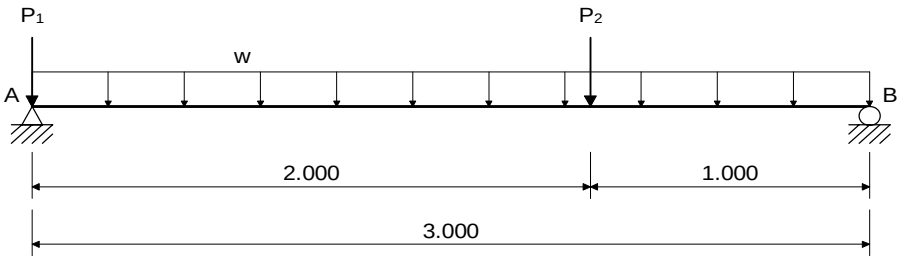
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (344.356 x 1.500) / 3.000
= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 259.631 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (344.356 x 3.000 + 69.344 x 1.000) / 3.000
= 367.471 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 367.471 + 1.212 x 3.00 / 2
= 369.289 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 259.631 x 1000000 / 2550000.0 = 101.816 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 369.289 x 1000 / 4444 = 83.098 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.816 + 101.816) / 101.816

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.816 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.098 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 369289 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

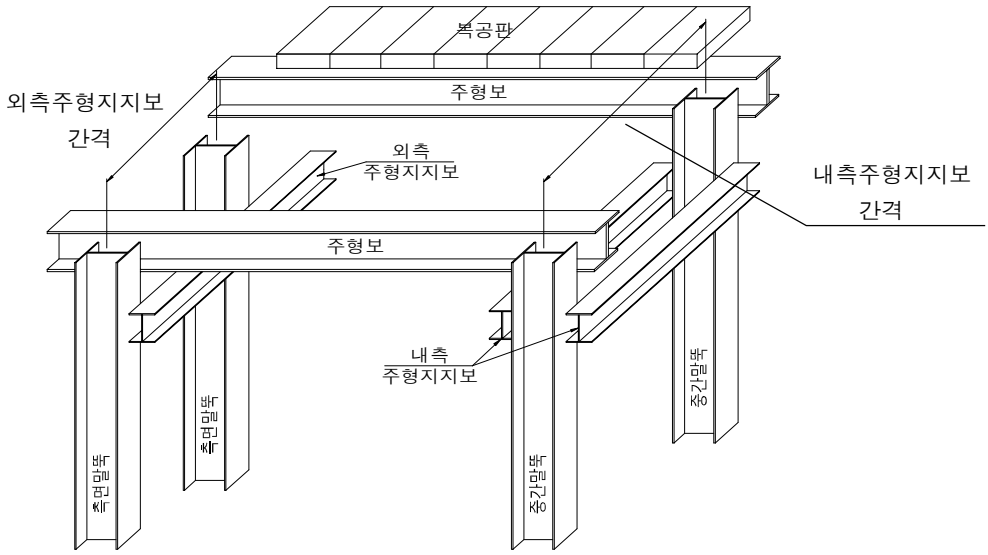
= 7.26 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.26 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

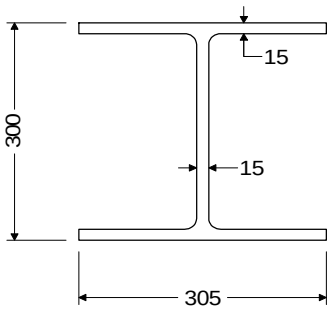
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

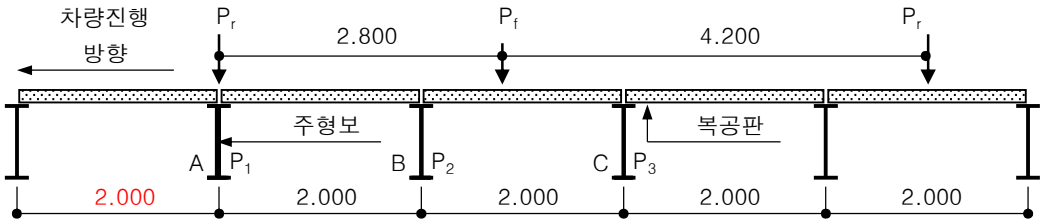


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



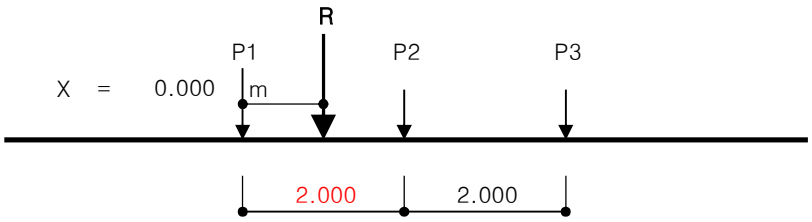
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 20.813 + 323.544 = 344.357 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 344.356

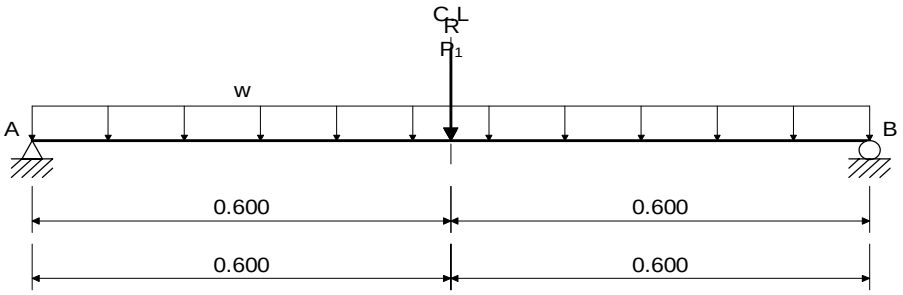
= 344.357 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 344.356

= 0.000 m

② 최대 휨모멘트



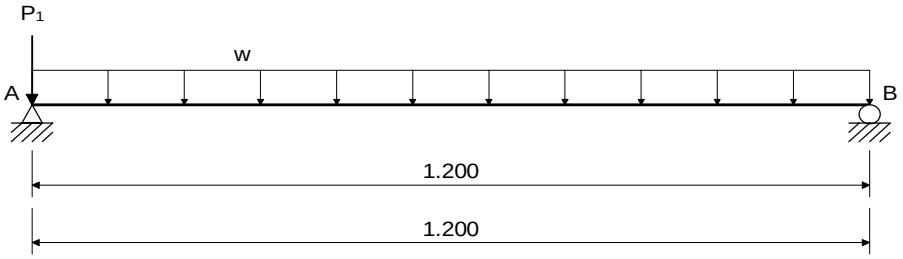
R_a = (P_1 x 0.600) / L

= (344.356 x 0.600) / 1.200

= 172.178 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (172.178 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 103.494 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (344.356 x 1.200) / 1.200
= 344.357 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 344.356 + 1.038 x 1.20 / 2
= 344.979 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 103.494 x 1000000 / 1440000.0 = 71.871 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.979 x 1000 / 4050 = 85.180 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	✕
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.871 + 71.871) / 71.871
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 71.871 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.180 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 344979 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 6.78 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 6.78 ea ---> O.K

7.지보재 설계

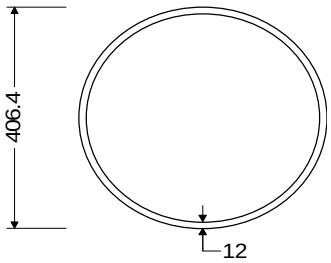
7.1 Strut 설계 (지보1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.16 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 140.492 kN/m ---> 지보1 (CS5 : 굴착 5.261 m)
= 140.492 x 3.16 / 1 단
= 443.953 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 443.953 + 120.0 = 563.953 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 563.953 x 1000 / 14868.5 = 37.929 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.085 x 12)

= 15.605 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.085

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (66.019 − 9.840) / 66.019

= 0.851 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 37.929 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{37.929}{121.755} + \frac{28.090}{157.500 \times (1 - (37.929 / 410.490))}$

= 0.508 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 37.929 + \frac{28.090}{1 - (37.929 / 410.490)}$

$= \quad 68.879 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.508 \quad , \quad 0.437 \quad)$

$= \quad 0.508 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{66.019}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.543 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

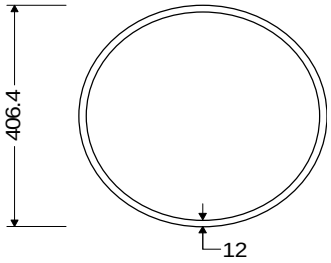
7.2 Strut 설계 (지보2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 185.426 kN/m ---> 지보2 (CS25 : 지보3 해체)
= 185.426 x 3.00 / 1 단
= 556.278 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 556.278 + 120.0 = 676.278 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 676.278 x 1000 / 14868.5 = 45.484 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.076 x 12)

= 15.732 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.076

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (73.574 − 17.394) / 73.574

= 0.764 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 45.484 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{45.484}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (45.484 / 410.490))}$

= 0.574 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 45.484 + \dfrac{28.090}{1 - (45.484 / 410.490)}$

$= \quad 77.074 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.574 \quad , \quad 0.489 \quad)$

$= \quad 0.574 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{73.574}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.605 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

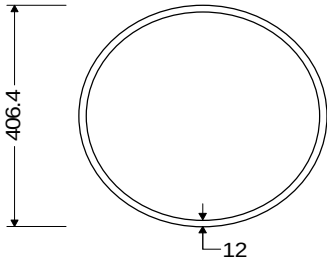
7.3 Strut 설계 (지보3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 209.894 kN/m ---> 지보3 (CS23 : 슬래브2)
= 209.894 x 3.00 / 1 단
= 629.681 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 629.681 + 120.0 = 749.681 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 749.681 x 1000 / 14868.5 = 50.421 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.072 x 12)

= 15.803 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.072

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.511 − 22.331) / 78.511

= 0.716 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 50.421 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{50.421}{121.755} + \frac{28.090}{157.500 \times (1 - (50.421 / 410.490))}$

= 0.617 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 50.421 + \frac{28.090}{1 - (50.421 / 410.490)}$

$= \quad 82.444 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.617 \quad , \quad 0.523 \quad)$

$= \quad 0.617 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{78.511}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.646 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

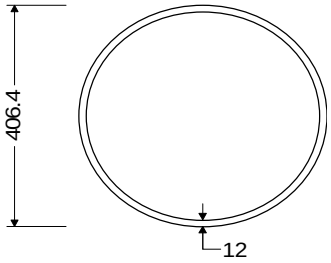
7.4 Strut 설계 (지보4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 267.225 kN/m ---> 지보4 (CS21 : 벽체타설1)
= 267.225 x 3.00 / 1 단
= 801.675 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 801.675 + 120.0 = 921.675 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 921.675 x 1000 / 14868.5 = 61.988 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.062 x 12)

= 15.939 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.062

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (90.078 − 33.899) / 90.078

= 0.624 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 61.988 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{61.988}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (61.988 / 410.490))}$

= 0.719 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 61.988 + \dfrac{28.090}{1 - (61.988 / 410.490)}$

$= \quad 95.075 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.719 \quad , \quad 0.604 \quad)$

$= \quad 0.719 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{90.078}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.741 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

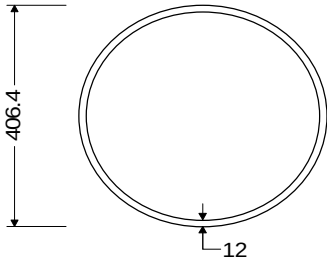
7.5 Strut 설계 (지보5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 254.636 kN/m ---> 지보5 (CS13 : 굴착 13.911 m)
= 254.636 x 3.00 / 1 단
= 763.909 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 763.909 + 120.0 = 883.909 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 1424000.0 = 28.090 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 883.909 x 1000 / 14868.5 = 59.448 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.689 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.064 x 12)

= 15.912 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.064

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.538 − 31.359) / 87.538

= 0.642 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8000 / 139.5

57.348 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.348 − 18.6))

= 121.755 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 121.755 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.348)^2

= 410.490 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.755 MPa > f_c = 59.448 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.090 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.689 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{59.448}{121.755} + \dfrac{28.090}{157.500 \times (1 - (59.448 / 410.490))}$

= 0.697 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 59.448 + \dfrac{28.090}{1 - (59.448 / 410.490)}$

$= \quad 92.295 \quad < \quad f_{cal} \quad = \quad 157.500 \quad \text{---> O.K}$

$\therefore$ 안전율 $= \text{Max.}(\quad 0.697 \quad , \quad 0.586 \quad)$

$= \quad 0.697 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{87.538}{121.755} + \left\{ \dfrac{2.689}{89.387} \right\}^2$

$= \quad 0.720 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

7.6 Earth Anchor 설계 (지보6)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 6-wire (SWPC7B) : 6 ea

A_p (mm^2)	592.26	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	105.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

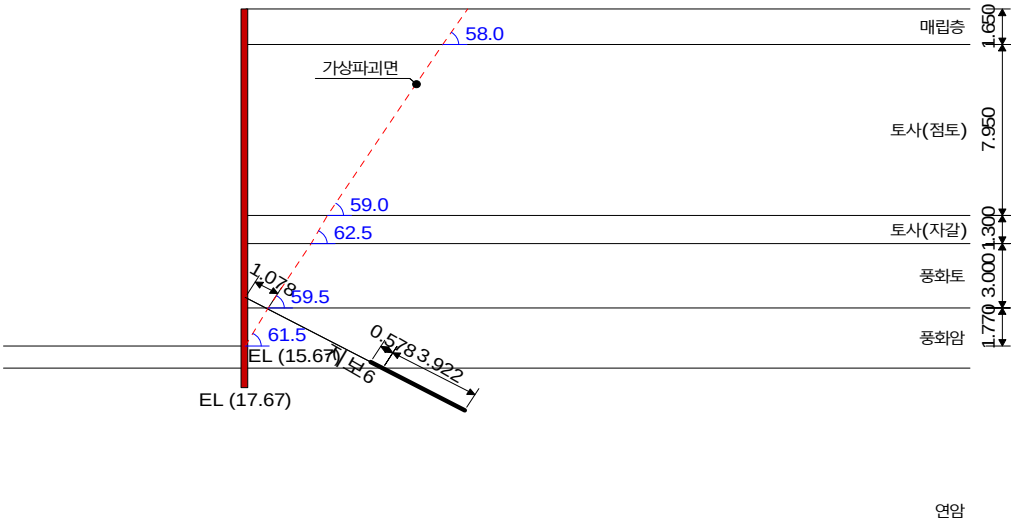
= Min. (0.60 x 1860.0 x 592.26 ,

0.75 x 1570.0 x 592.26)

= Min. (660962.2 , 697386.2) N

= 660.962 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
지보6	13.411	1.078	2.351	6.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
지보6	13.411	420.256	1.200	30	504.307

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
13.411	200000	3.0	98.71	6	6.5	54670.154

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
13.411	5.0	1256.0	98.71	6	37193.928

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
13.411	504.307	54.670	37.194	596.171

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
13.411	596.171	110.160	6	5.412	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정

앵커이름	설치위치	T_{req} (kN)	지반이름	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)	T_1 (kN)
지보6	13.411	504.307	풍화암	2.50	105.000	700.000	0.578	53.386
		450.921	연암	2.50	105.000	1100.000	3.107	450.921
합계		-	-	-	-	-	3.685	-

여기서, T_{req}는 해당 지반에서의 필요 축력,
T_1은 해당 지반이 부담하는 축력이다.

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
13.411	504.307	6.0	12.70	1000.0	2.107

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
13.411	3.685	2.107	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
13.411	6.000	1.500	4.500	12.000

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
13.411	596.171	6.5	200000	98.71	6	32.715

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
13.411	1.20	30.0	6.000	1.500	4.500	596.171

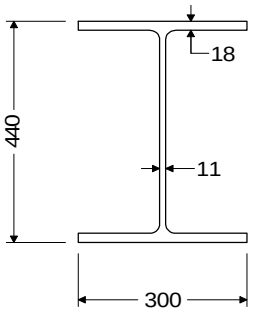
8.띠장 설계

8.1 지보1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

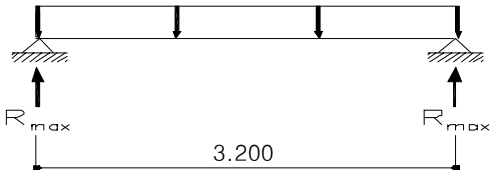
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 140.492 kN/m ---> 지보1 (CS5 : 굴착 5.261 m)

P = 140.492 × 3.16 m / 1 ea = 443.953 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 443.953 / (13 × 3.160)
= 129.685 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 129.685 × 3.200^2 / 8
= 165.996 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 129.685 × 3.200 / 2
= 207.495 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 165.996 x 1000000 / 2550000.0 = 65.097 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 207.495 x 1000 / 4444 = 46.691 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (65.097 + 65.097) / 65.097

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3200 / 300

= 10.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.667 − 4.6))

= 140.506 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 140.506 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 140.506 MPa > f_b = 65.097 MPa ---> O.K

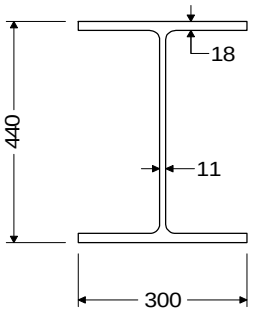
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 46.691 MPa ---> O.K

8.2 지보2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

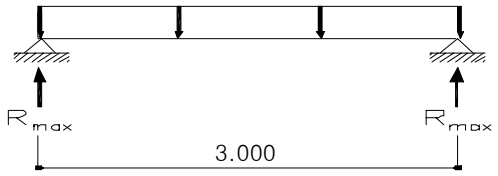
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 185.426 kN/m ---> 지보2 (CS25 : 지보3 해체)

P = 185.426 × 3.00 m / 1 ea = 556.278 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 556.278 / (13 × 3.000)
= 171.162 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 171.162 × 3.000 ^{2} / 8
= 192.558 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 171.162 × 3.000 / 2
= 256.744 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 192.558 x 1000000 / 2550000.0 = 75.513 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 256.744 x 1000 / 4444 = 57.773 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (75.513 + 75.513) / 75.513$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 75.513 MPa ---> O.K

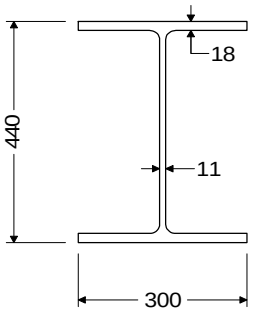
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 57.773 MPa ---> O.K

8.3 지보3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

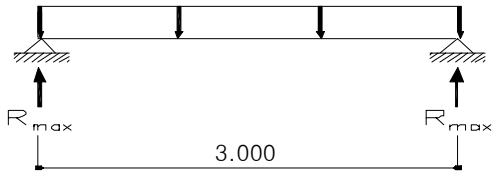
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 209.894 kN/m ---> 지보3 (CS23 : 슬래브2)

P = 209.894 × 3.00 m / 1 ea = 629.681 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 629.681 / (13 × 3.000)
= 193.748 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 193.748 × 3.000 ^{2} / 8
= 217.966 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 193.748 × 3.000 / 2
= 290.622 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 217.966 x 1000000 / 2550000.0 = 85.477 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 290.622 x 1000 / 4444 = 65.396 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (85.477 + 85.477) / 85.477$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 300$

$= 10.000$ ---> $4.6 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (10.000 - 4.6))$

$= 142.373$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 142.373$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 142.373$ MPa > $f_b = 85.477$ MPa ---> O.K

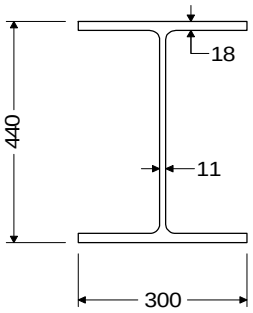
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 65.396$ MPa ---> O.K

8.4 지보4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

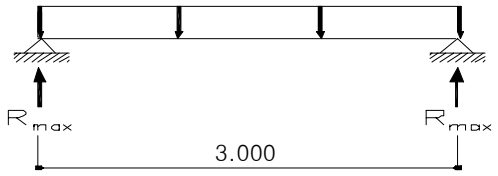
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 267.225 kN/m ---> 지보4 (CS21 : 벽체타설1)

P = 267.225 × 3.00 m / 1 ea = 801.675 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 801.675 / (13 × 3.000)
= 246.669 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 246.669 × 3.000 ^{2} / 8
= 277.503 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 246.669 × 3.000 / 2
= 370.004 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 277.503 x 1000000 / 2550000.0 = 108.825 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 370.004 x 1000 / 4444 = 83.259 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (108.825 + 108.825) / 108.825$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 108.825 MPa ---> O.K

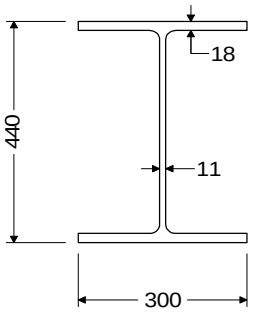
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.259 MPa ---> O.K

8.5 지보5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

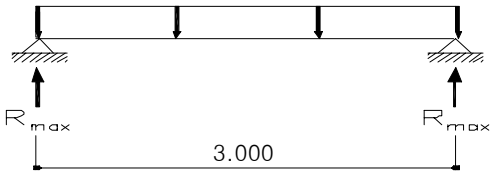
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 254.636 kN/m ---> 지보5 (CS13 : 굴착 13.911 m)

P = 254.636 × 3.00 m / 1 ea = 763.909 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 763.909 / (13 × 3.000)
= 235.049 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 235.049 × 3.000 ^{2} / 8
= 264.430 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 235.049 × 3.000 / 2
= 352.573 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 264.430 x 1000000 / 2550000.0 = 103.698 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 352.573 x 1000 / 4444 = 79.337 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (103.698 + 103.698) / 103.698$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 103.698 MPa ---> O.K

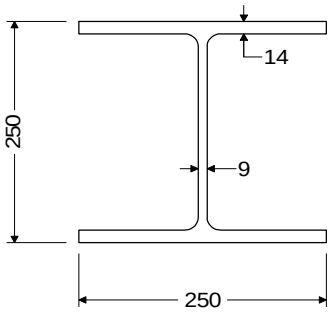
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 79.337 MPa ---> O.K

8.6 지보6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

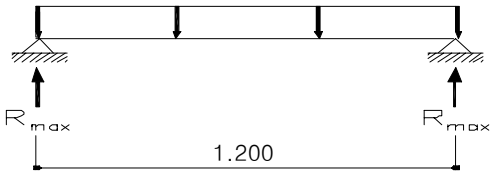
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



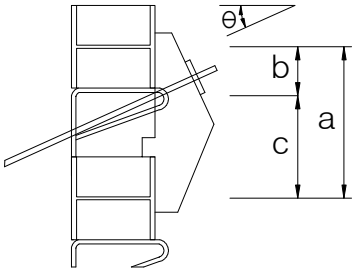
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 596.171 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 596.171 \times \cos 30 ° \times (0.393 / 0.550)$
$= 368.919$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 368.919 / (13 \times 1.200)$
$= 283.784$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 283.784 \times 1.200^{2} / 8$
$= 51.081$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 283.784 \times 1.200 / 2$
$= 170.270$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 51.081 x 1000000 / 867000.0 = 58.917 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 170.270 x 1000 / 1998 = 85.220 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (58.917 + 58.917) / 58.917

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 58.917 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.220 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

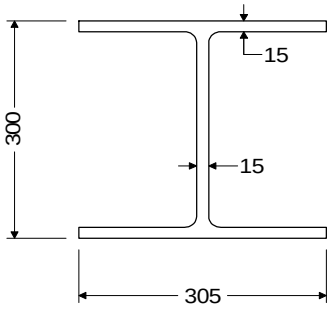
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	344.357	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	19.000	kN			
라. 버팀보 자중	=	7.500	kN			
마. 띠장 자중	=	9.200	kN			
바. 지보재 수직분력	=	210.137	kN	× 1.200	=	252.165 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
$\sum P_s$	=	683.521	kN			

최대모멘트, M_{max} = 141.629 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS21 : 벽체타설1)

최대전단력, S_{max} = 218.702 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS16 : PECK)

- ▶ Pmax = 683.521 kN
- ▶ Mmax = 141.629 × 1.200 = 169.954 kN·m
- ▶ Smax = 218.702 × 1.200 = 262.443 kN

다. 작용응력 산정

- ▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 169.954 x 1000000 / 1440000.0 = 118.024 MPa
- ▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 683.521 x 1000 / 13480 = 50.706 MPa
- ▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 262.443 x 1000 / 4050 = 64.801 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.454

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (168.730 − −67.317) / 168.730

= 1.399

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3900 / 126

30.952 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (30.952 − 16))

= 192.050 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 192.050 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3900 / 305

= 12.787 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (12.787 − 4))

= 175.099 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 175.099 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (30.952)^2

= 1409.112 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 192.050 MPa > f_c = 50.706 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.099 MPa > f_b = 118.024 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 64.801 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{50.706}{192.050} + \frac{118.024}{175.099 \times (1 - (50.706 / 1409.112))}$

= 0.963 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$$= 50.706 + \frac{118.024}{1 - (50.706 / 1409.112)}$$

$$= 173.136 < f_{cal} = 213.750 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.963 , 0.810)
= 0.963 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 23.8 mm ---> 흙막이벽(우) (CS22 : 지보4 해체)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 % (연성 흙막이벽)
= 15.670 x 1000 x 0.003 = 47.010 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 683.52 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$
A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2
A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$
= 341.350 tonf
= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0
= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

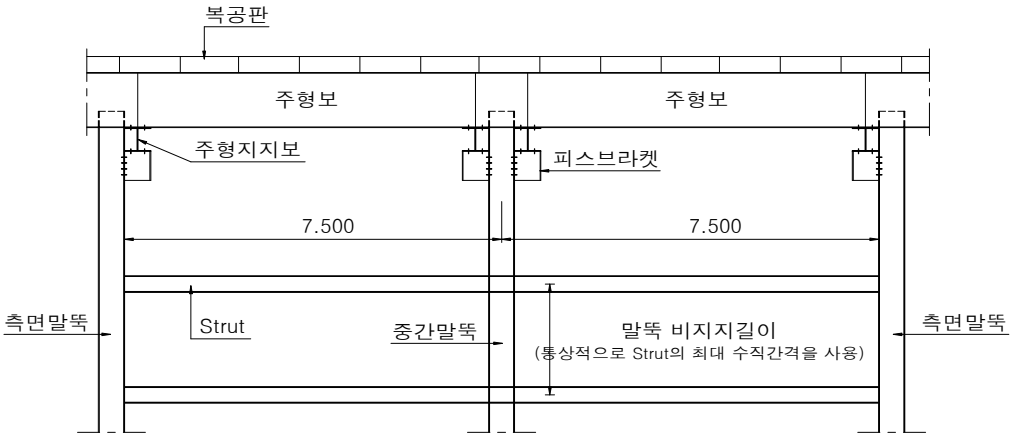
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 + 7.500 = 15.000 m

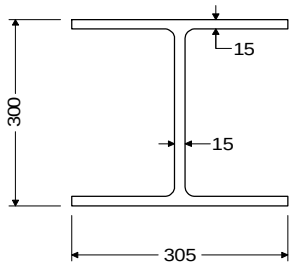
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 20.100 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 17.500 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.210 kN

$\sum P_s$ = 49.350 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

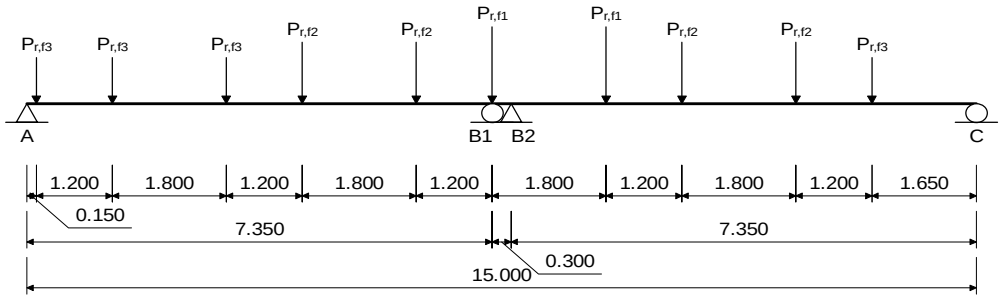
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350 + 70.200 x 0.150) / 7.350

= 302.927 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 70.200 x 1.650) / 7.350

= 210.600 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 302.927 x 1.00 = 302.927 kN

P_{r2} = 210.600 x 1.00 = 210.600 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350 + 17.550 x 0.150) / 7.350

= 75.732 kN

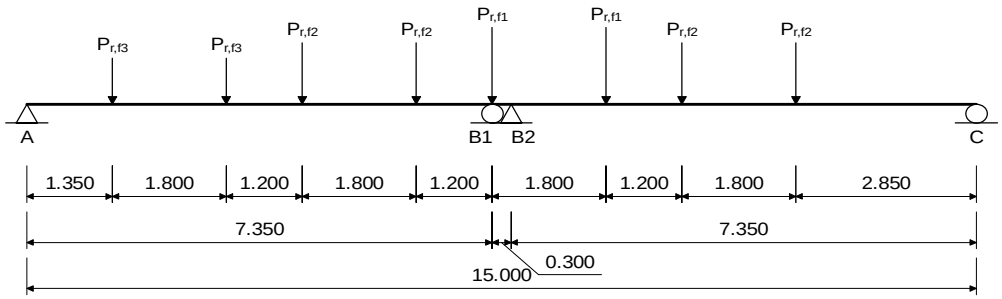
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 17.550 x 1.650) / 7.350

= 52.650 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.732 x 1.00 = 75.732 kN

P_{f2} = 52.650 x 1.00 = 52.650 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350 + 70.200 x 3.150 + 70.200 x 1.350) / 7.350

= 301.494 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350
= 194.841 kN

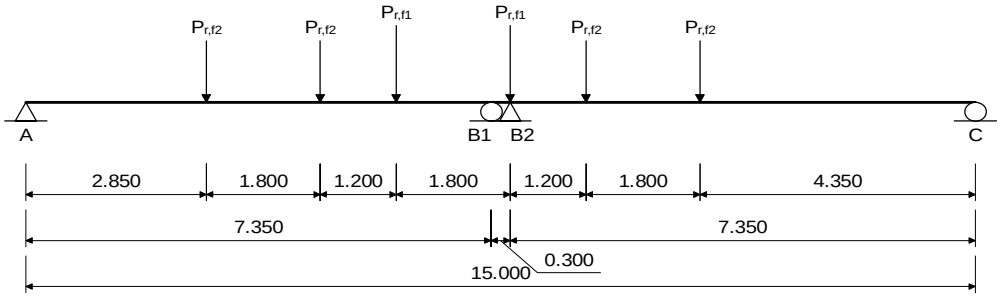
∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 301.494 x 1.00 = 301.494 kN
P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)
R_{B1} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350 + 17.550 x 3.150 + 17.550 x 1.350) / 7.350
= 75.373 kN

R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350
= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 75.373 x 1.00 = 75.373 kN
P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)
R_{B1} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350
= 194.841 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350
= 258.514 kN

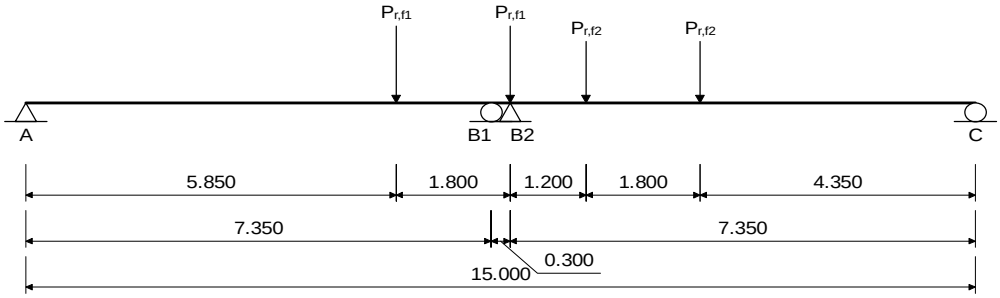
∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN
P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)
R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350
= 48.710 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

④ **1.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.850) / 7.350
= 99.331 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350
= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 99.331 x 1.00 = 99.331 kN
P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

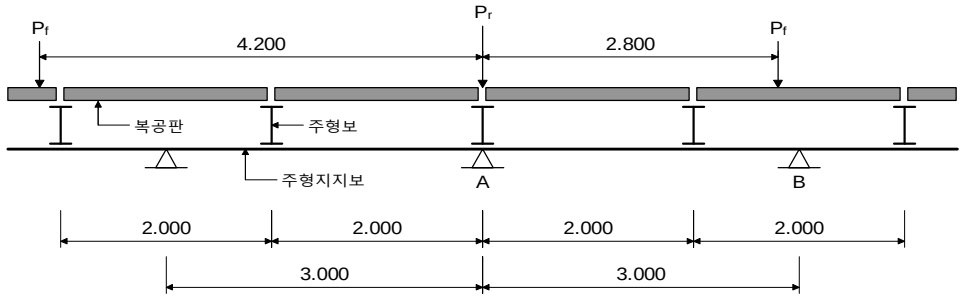
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850) / 7.350
= 24.833 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.833 x 1.00 = 24.833 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (302.927 x 3.000 + 75.732 x 0.200) / 3.000
= 307.975 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 307.975 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 339.194 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000
= 262.823 kN

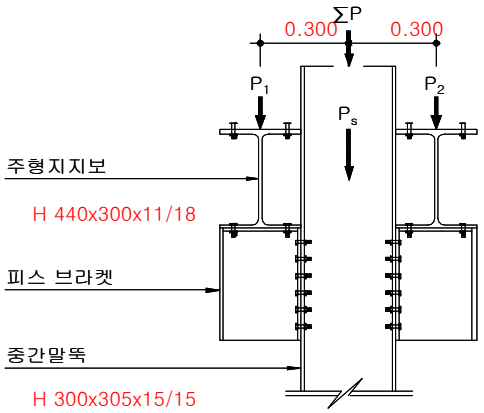
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s
= 339.194 + 294.042 + 49.350 = 682.586 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑P / A = 227.529 x 1000 / 13480 = 16.879 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 101.758 x 1000000 / 1440000 = 70.665 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 339.194 x 0.300 = 101.758 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.904

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.544 − −53.786) / 87.544

= 1.614

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 16.879 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 70.665 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{16.879}{137.022} + \frac{70.665}{159.234 \times (1 - (16.879 / 857.304))}$

= 0.576 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 16.879 + \frac{70.665}{1 - (16.879 / 857.304)}$

= 88.964 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.576 , 0.416)

= 0.576 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 227.53 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 tonf/m^2

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

= 140 x 1019.716 $^{1/2}$ x 0.01350 $^{2/5}$ x 0.07800 $^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

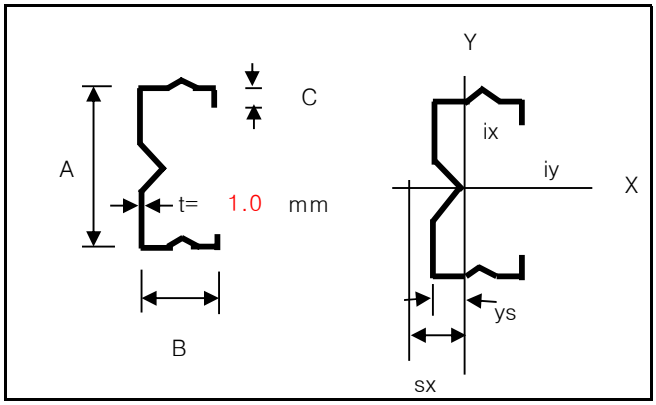
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

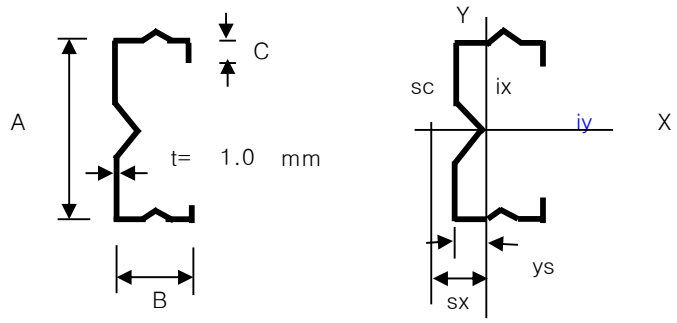
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 15.67m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	292.9
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

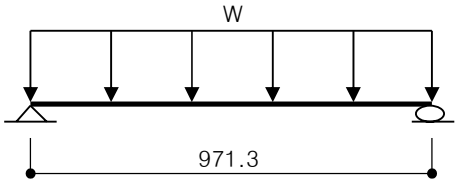
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1302 MPa ---> (CS16 : PECK:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 130.2 kN/m^2 x 0.2000 m = 26.0 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 26.0 x 0.97^2 / 8 = 3.1 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 26.0 x 0.97 / 2 = 12.6 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3071406 / 22,580 = 136.02 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3071406 / 23,230 = 132.22 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 12649 / 196 = 64.54 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 292.872 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 292.872 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 136.02 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 132.22 MPa < f_{ba} = 292.87 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 64.54 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 15.67 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.65	18.00	19.00	0.00	26.00	4	-	12131.00
2	토사(점토)	9.60	18.00	19.00	0.00	28.00	6	-	14620.00
3	토사(자갈)	10.90	20.00	21.00	0.00	35.00	13	-	19577.00
4	풍화토	13.90	20.00	21.00	21.00	29.00	27	-	26340.00
5	풍화암	16.70	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	33827.00
6	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	60	-	400000.00
7	뒤채움	-	19.00	20.00	15.00	25.00	30	37311.00	27500.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	17.67	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.9	2	10	0	1
2	지보1	P 406.4x12	SS400	1.764	3.16	10	50	1
3	지보2	P 406.4x12	SS400	4.761	3	10	300	1
4	지보3	P 406.4x12	SS400	6.361	3	10	50	1
5	지보4	P 406.4x12	SS400	8.911	3	10	200	1
6	지보5	P 406.4x12	SS400	11.111	3	10	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	지보6	Strand12.7x6EA	SWPC7B	13.411	1.2	30	6	400

12.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브3	2.12	0	9.3	C27	0.9	-
2	슬래브2	6.949	0	9.3	C27	1.3	-
3	벽체2	9.3	2.12	6.949	C27	0.9	뒤채움
4	슬래브1	14.97	0	10	C27	1.4	-
5	벽체1	9.3	6.949	15.67	C27	1.4	뒤채움

12.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 16.6 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.40	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.26	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	지보1		-	-	-	-	X	X
5	5.26	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	지보2		-	-	-	-	X	X
7	6.86	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	지보3		-	-	-	-	X	X
9	9.41	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	지보4		-	-	-	-	X	X
11	11.61	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	지보5		-	-	-	-	X	X
13	13.91	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	지보6		-	-	-	-	X	X
15	15.67	-	-	-	-	-	-	X	X
16	15.67	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
17	-	-	-	14.97	-	-	-	O	X
18	-	-	-	14.27	-	-	-	O	X
19	-		지보6	-	-	-	-	O	X
20	-		지보5	-	-	-	-	O	X
21	-	-	-	9.411	-	-	-	O	X
22	-		지보4	-	-	-	-	O	X
23	-	-	-	6.949	-	-	-	X	X
24	-	-	-	6.861	-	-	-	X	X
25	-		지보3	-	-	-	-	X	X
26	-	-	-	5.261	-	-	-	X	X
27	-		지보2	-	-	-	-	X	X
28	-	-	-	2.264	-	-	-	X	X
29	-		지보1	-	-	-	-	X	X
30	-	-	-	2.12	-	-	-	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	13.58	1.7	-5.95	5.3	1.12	8.9	-19.54	3.3
CS2 : 생성 주형보	1.40	13.59	1.7	-5.90	5.3	1.11	8.9	-19.53	3.3
CS3 : 굴착 2.264 m	2.26	11.64	2.8	-12.54	0.9	1.77	1.7	-13.10	4.3
CS4 : 생성 지보1	2.26	12.28	1.8	-4.55	6.0	1.13	15.3	-14.63	3.8
CS5 : 굴착 5.261 m	5.26	71.56	1.8	-68.93	1.8	46.28	4.8	-59.45	1.8
CS6 : 생성 지보2	5.26	47.13	4.8	-53.62	4.8	6.61	8.4	-44.94	4.8
CS7 : 굴착 6.861 m	6.86	57.23	4.8	-103.41	4.8	29.39	6.9	-74.38	4.8
CS8 : 생성 지보3	6.86	54.78	4.8	-92.17	4.8	21.16	6.9	-67.26	4.8
CS9 : 굴착 9.411 m	9.41	64.93	10.0	-164.57	6.4	110.19	8.9	-85.85	4.8
CS10 : 생성 지보4	9.41	59.94	4.8	-127.04	6.4	69.87	8.4	-79.81	4.8
CS11 : 굴착 11.611 m	11.61	72.45	12.1	-164.25	8.9	96.53	10.5	-76.29	4.8
CS12 : 생성 지보5	11.61	64.79	12.1	-155.37	8.9	90.05	10.5	-76.63	4.8
CS13 : 굴착 13.911 m	13.91	107.59	13.9	-170.50	11.1	119.90	13.0	-75.89	4.8
CS14 : 생성 지보6	13.91	170.93	13.4	-161.87	8.9	95.13	10.5	-100.13	13.4
CS15 : 굴착 15.67 m	15.67	145.19	13.4	-200.35	13.4	65.28	10.5	-84.20	13.4
CS16 : PECK	15.67	145.25	13.4	-218.70	13.4	82.00	15.0	-88.80	4.8
CS17 : 슬래브1	15.67	138.42	13.4	-173.53	13.4	81.08	10.9	-113.73	13.4
CS18 : 벽체타설0	15.67	138.42	13.4	-173.53	13.4	81.08	10.9	-113.75	13.4
CS19 : 지보6 해체	15.67	74.15	14.3	-103.83	11.1	84.69	13.0	-73.97	4.8
CS20 : 지보5 해체	15.67	126.45	14.3	-181.70	8.9	141.63	12.1	-104.66	8.9
CS21 : 벽체타설1	15.67	126.46	14.3	-181.70	8.9	141.63	12.1	-104.66	8.9
CS22 : 지보4 해체	15.67	116.11	14.3	-160.83	6.4	112.97	12.5	-119.85	6.4
CS23 : 슬래브2	15.67	116.13	14.3	-160.87	6.4	112.97	12.5	-119.97	6.4
CS24 : 벽체타설2	15.67	116.13	14.3	-160.87	6.4	112.97	12.5	-119.97	6.4
CS25 : 지보3 해체	15.67	116.56	14.3	-109.71	4.8	114.01	12.5	-124.24	4.8
CS26 : 벽체타설3	15.67	116.56	14.3	-109.71	4.8	114.01	12.5	-124.24	4.8
CS27 : 지보2 해체	15.67	116.62	14.3	-55.74	7.9	114.38	12.5	-59.97	6.0
CS28 : 벽체타설4	15.67	116.62	14.3	-55.74	7.9	114.38	12.5	-59.97	6.0
CS29 : 지보1 해체	15.67	116.62	14.3	-56.88	7.9	114.37	12.5	-63.74	5.6
CS30 : 슬래브3	15.67	116.62	14.3	-56.88	7.9	114.37	12.5	-63.74	5.6
TOTAL		170.93	13.4	-218.70	13.4	141.63	12.1	-124.24	4.8

13.1.2 지보재 반력 집계

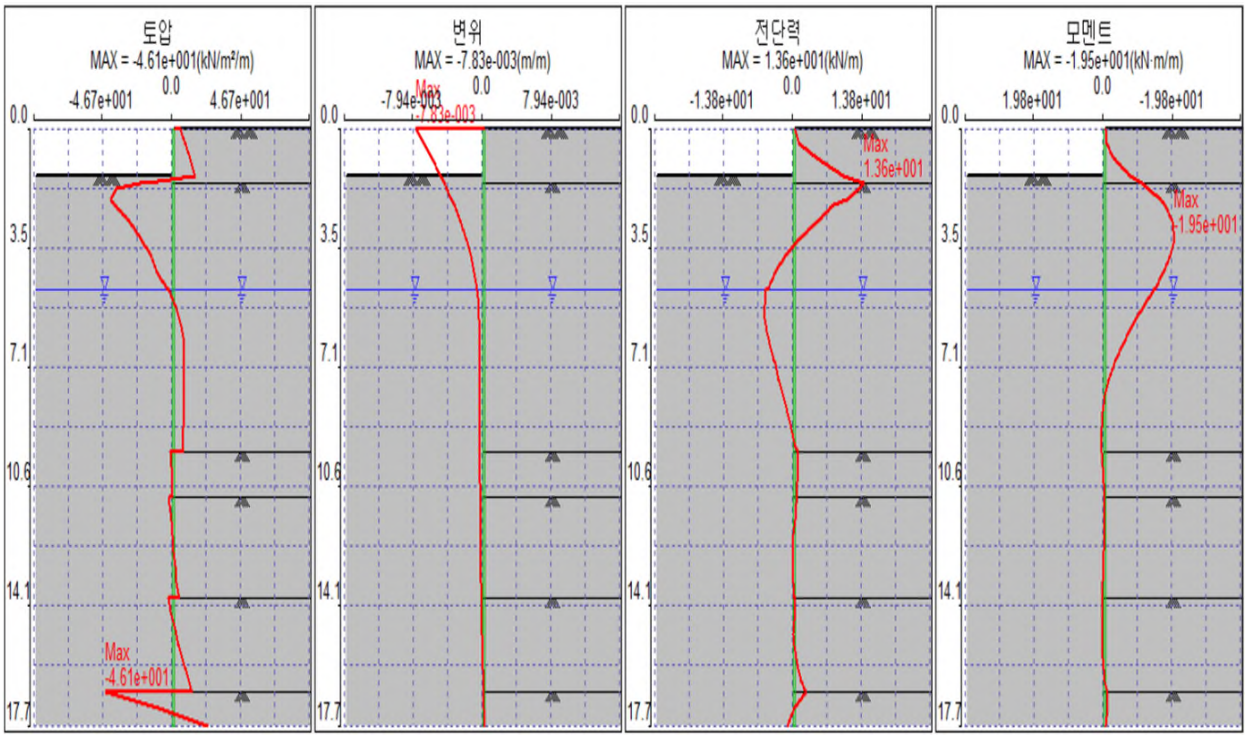
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	지보1	지보2	지보3	지보4
		0.9 (m)	1.764 (m)	4.761 (m)	6.361 (m)	8.911 (m)
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	1.40	-0.01	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.264 m	2.26	16.94	-	-	-	-
CS4 : 생성 지보1	2.26	5.57	15.82	-	-	-
CS5 : 굴착 5.261 m	5.26	-53.67	140.49	-	-	-
CS6 : 생성 지보2	5.26	5.73	33.97	100.75	-	-
CS7 : 굴착 6.861 m	6.86	6.66	22.96	160.64	-	-
CS8 : 생성 지보3	6.86	6.39	25.68	146.94	16.67	-
CS9 : 굴착 9.411 m	9.41	11.63	12.77	106.63	190.67	-
CS10 : 생성 지보4	9.41	9.64	17.33	124.54	132.61	66.67
CS11 : 굴착 11.611 m	11.61	9.31	18.93	121.09	103.16	230.75
CS12 : 생성 지보5	11.61	9.35	18.76	121.28	106.07	218.90
CS13 : 굴착 13.911 m	13.91	9.12	19.30	123.19	99.04	178.09
CS14 : 생성 지보6	13.91	9.32	18.87	121.14	104.10	227.42
CS15 : 굴착 15.67 m	15.67	9.27	18.97	121.88	103.24	207.66
CS16 : PECK	15.67	81.92	74.21	179.77	124.09	214.58
CS17 : 슬래브1	15.67	9.08	19.85	120.20	86.33	169.25
CS18 : 벽체타설0	15.67	9.08	19.85	120.20	86.33	169.25
CS19 : 지보6 해체	15.67	8.92	20.20	121.70	82.00	134.68
CS20 : 지보5 해체	15.67	8.42	22.20	119.71	47.42	267.22
CS21 : 벽체타설1	15.67	8.42	22.20	119.71	47.42	267.23
CS22 : 지보4 해체	15.67	13.14	10.37	84.87	209.64	-
CS23 : 슬래브2	15.67	13.05	10.54	85.80	209.89	-
CS24 : 벽체타설2	15.67	13.05	10.54	85.80	209.89	-
CS25 : 지보3 해체	15.67	12.81	-1.54	185.43	-	-
CS26 : 벽체타설3	15.67	12.81	-1.54	185.43	-	-
CS27 : 지보2 해체	15.67	-28.29	84.69	-	-	-
CS28 : 벽체타설4	15.67	-28.29	84.69	-	-	-
CS29 : 지보1 해체	15.67	21.88	-	-	-	-
CS30 : 슬래브3	15.67	21.88	-	-	-	-
TOTAL		81.92	140.49	185.43	209.89	267.23

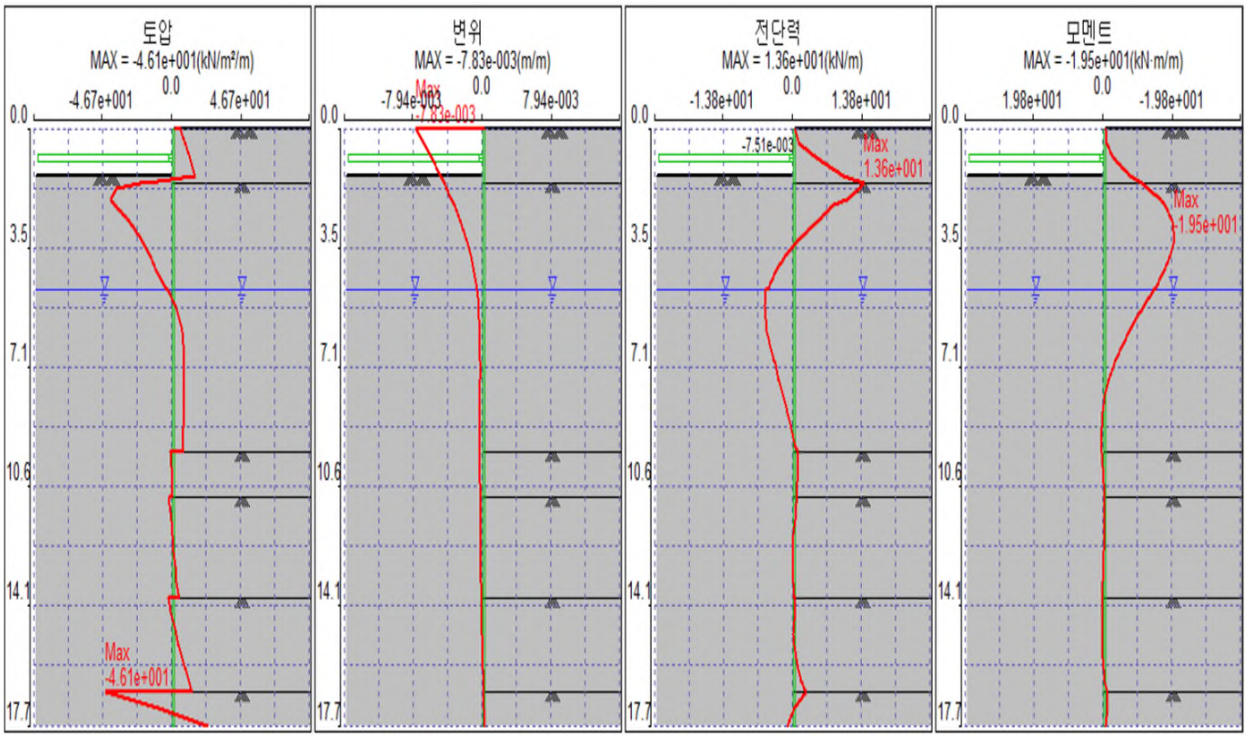
시공단계	굴착 깊이	지보5	지보6			
		11.111 (m)	13.411 (m)			
CS1 : 굴착 1.4 m	1.40	-	-			
CS2 : 생성 주형보	1.40	-	-			
CS3 : 굴착 2.264 m	2.26	-	-			
CS4 : 생성 지보1	2.26	-	-			
CS5 : 굴착 5.261 m	5.26	-	-			
CS6 : 생성 지보2	5.26	-	-			
CS7 : 굴착 6.861 m	6.86	-	-			
CS8 : 생성 지보3	6.86	-	-			
CS9 : 굴착 9.411 m	9.41	-	-			
CS10 : 생성 지보4	9.41	-	-			
CS11 : 굴착 11.611 m	11.61	-	-			
CS12 : 생성 지보5	11.61	16.67	-			
CS13 : 굴착 13.911 m	13.91	254.64	-			
CS14 : 생성 지보6	13.91	61.86	333.33			
CS15 : 굴착 15.67 m	15.67	107.05	399.00			
CS16 : PECK	15.67	149.87	420.26			
CS17 : 슬래브1	15.67	-4.13	360.21			
CS18 : 벽체타설0	15.67	-4.14	360.22			
CS19 : 지보6 해체	15.67	152.63	-			
CS20 : 지보5 해체	15.67	-	-			
CS21 : 벽체타설1	15.67	-	-			
CS22 : 지보4 해체	15.67	-	-			
CS23 : 슬래브2	15.67	-	-			
CS24 : 벽체타설2	15.67	-	-			
CS25 : 지보3 해체	15.67	-	-			
CS26 : 벽체타설3	15.67	-	-			
CS27 : 지보2 해체	15.67	-	-			
CS28 : 벽체타설4	15.67	-	-			
CS29 : 지보1 해체	15.67	-	-			
CS30 : 슬래브3	15.67	-	-			
TOTAL		254.64	420.26			

13.2 시공단계별 단면력도

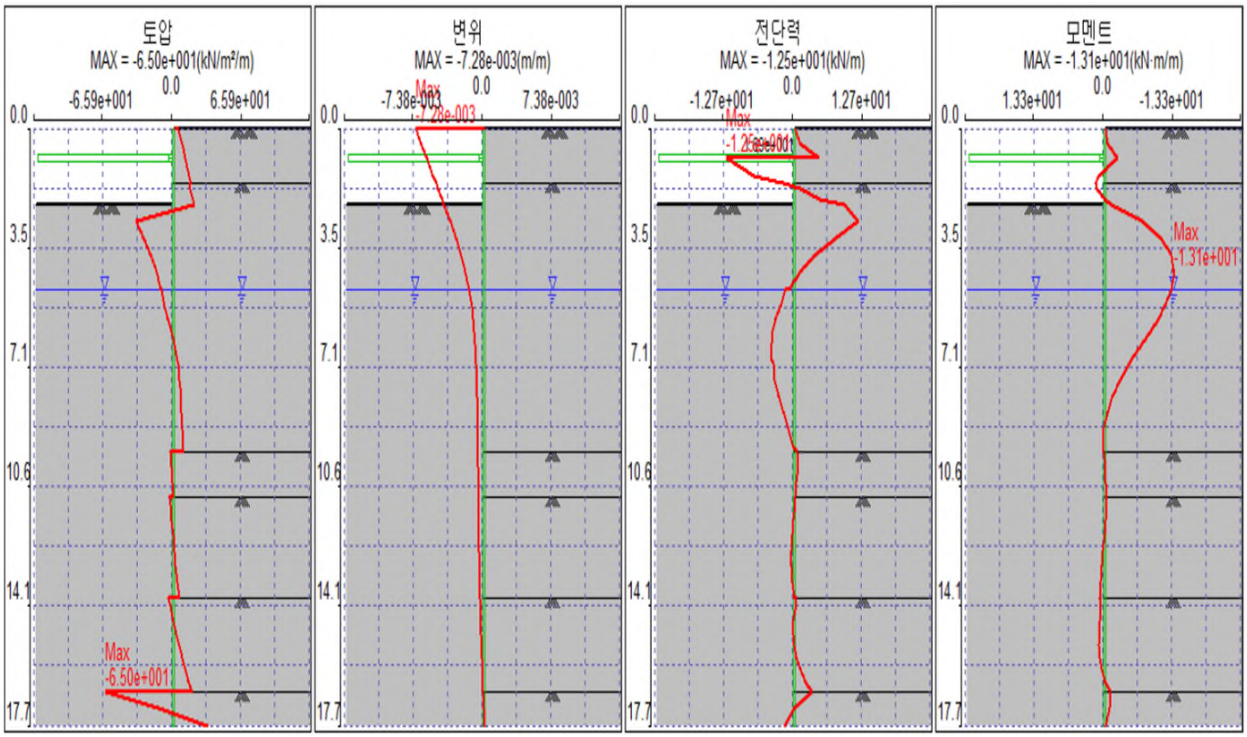
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.4 m]



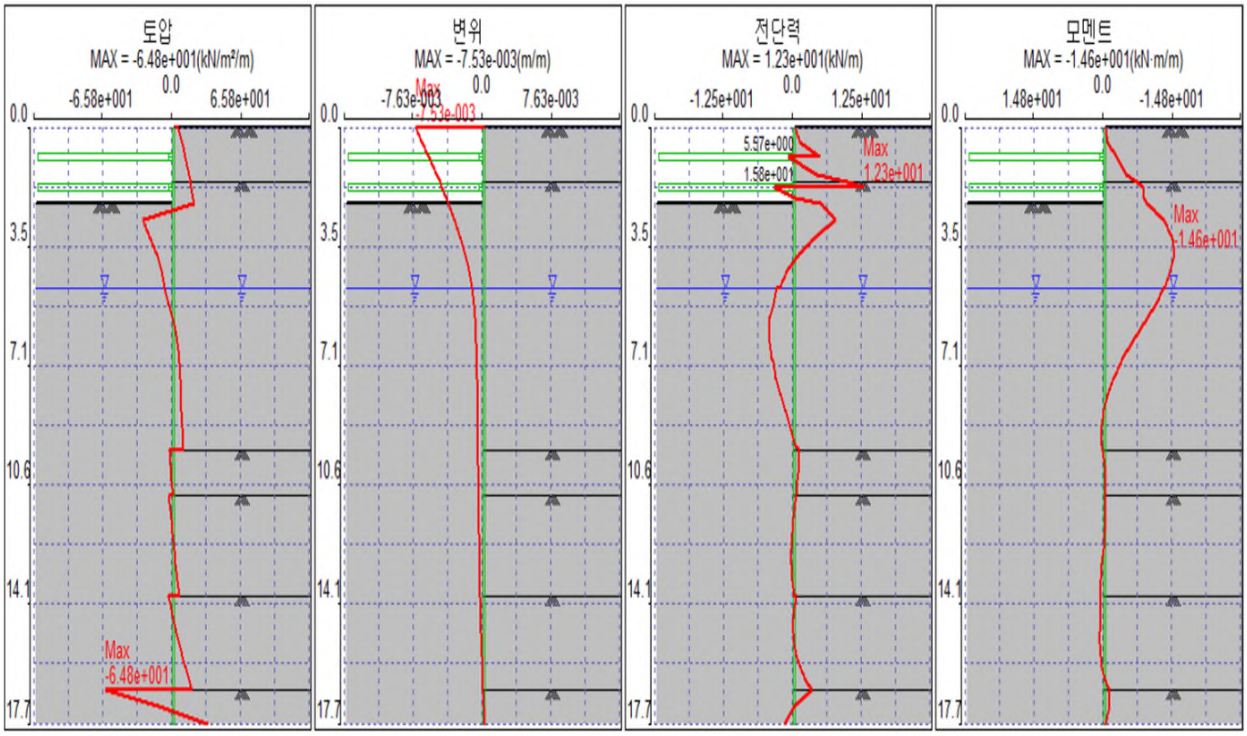
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



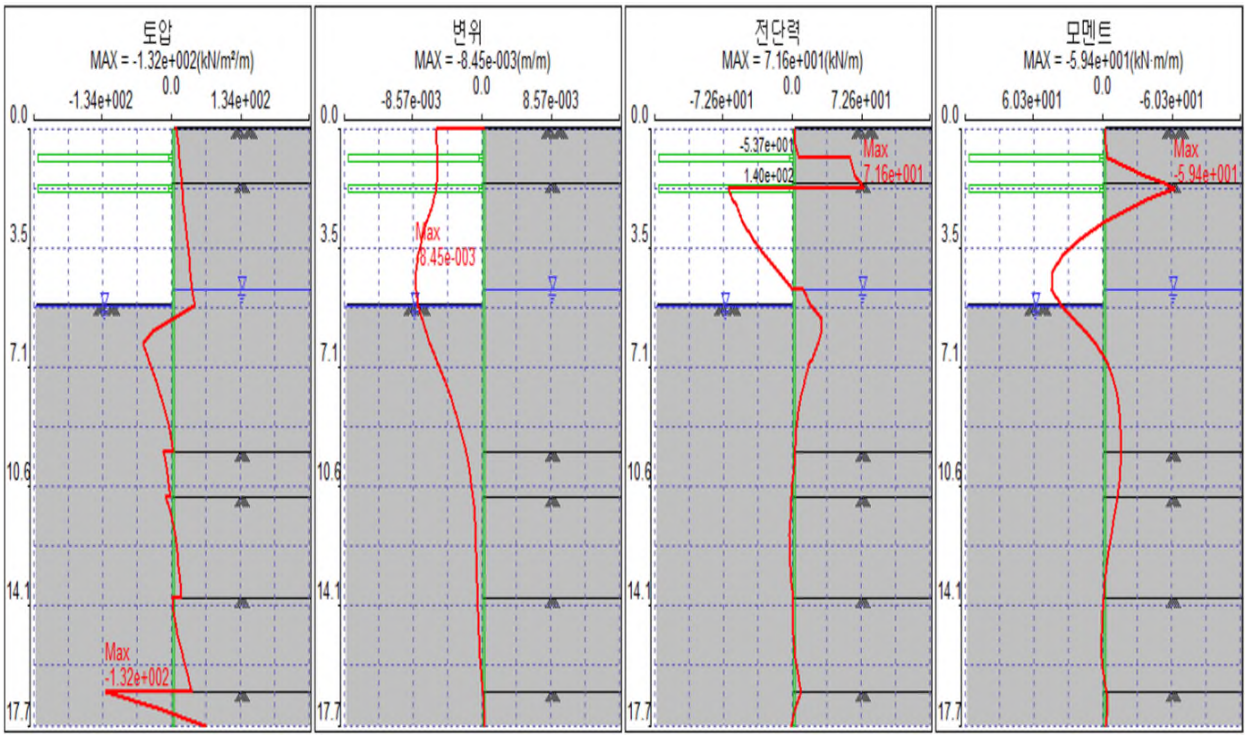
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.264 m]



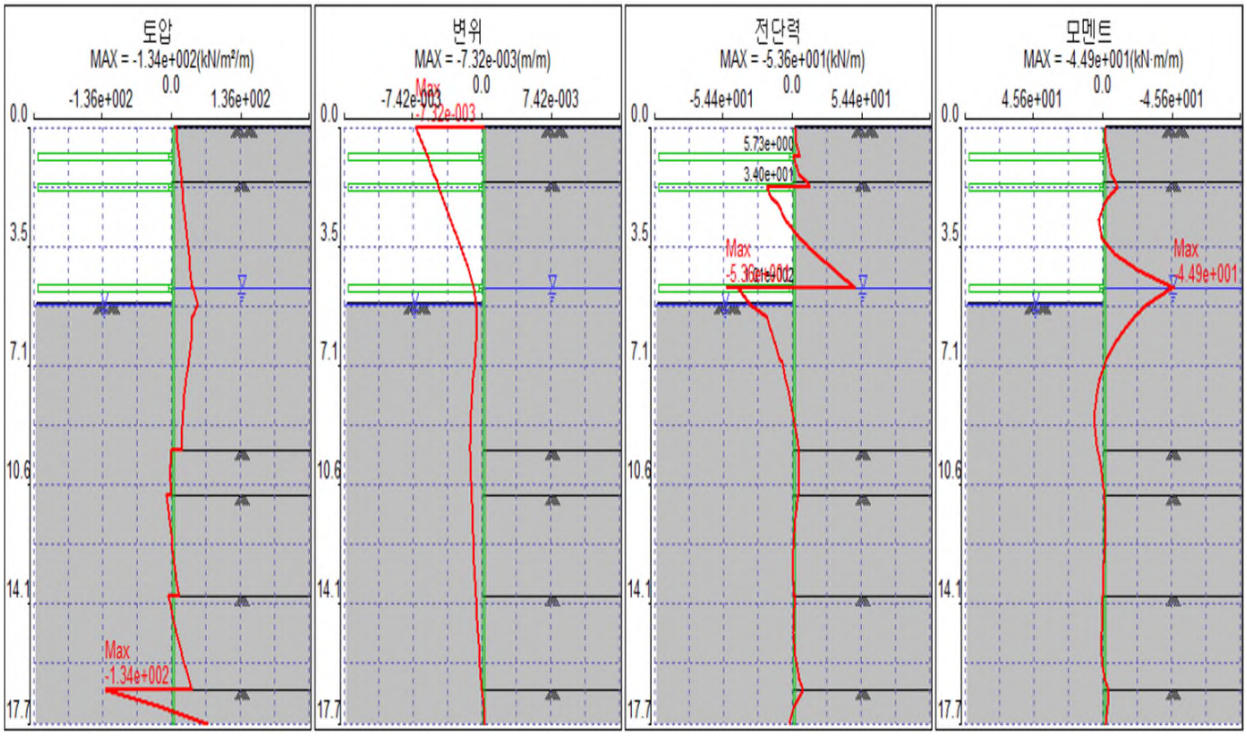
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 지보1]



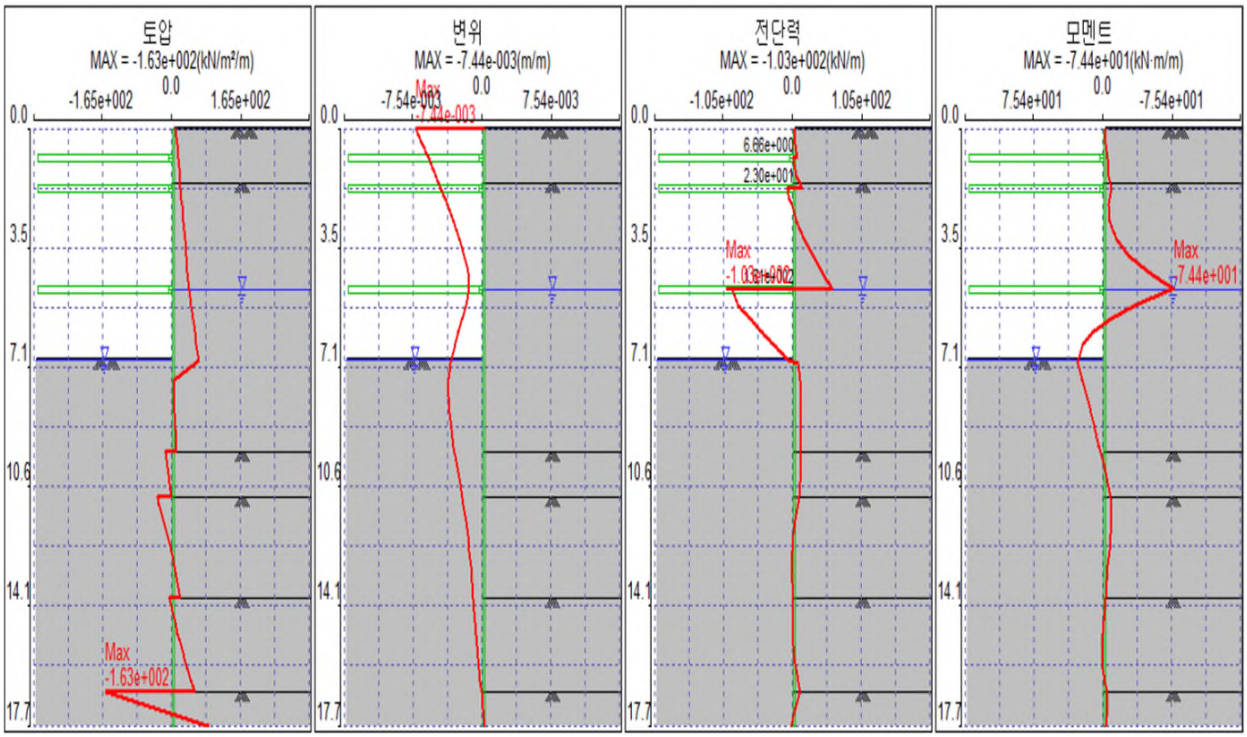
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.261 m]



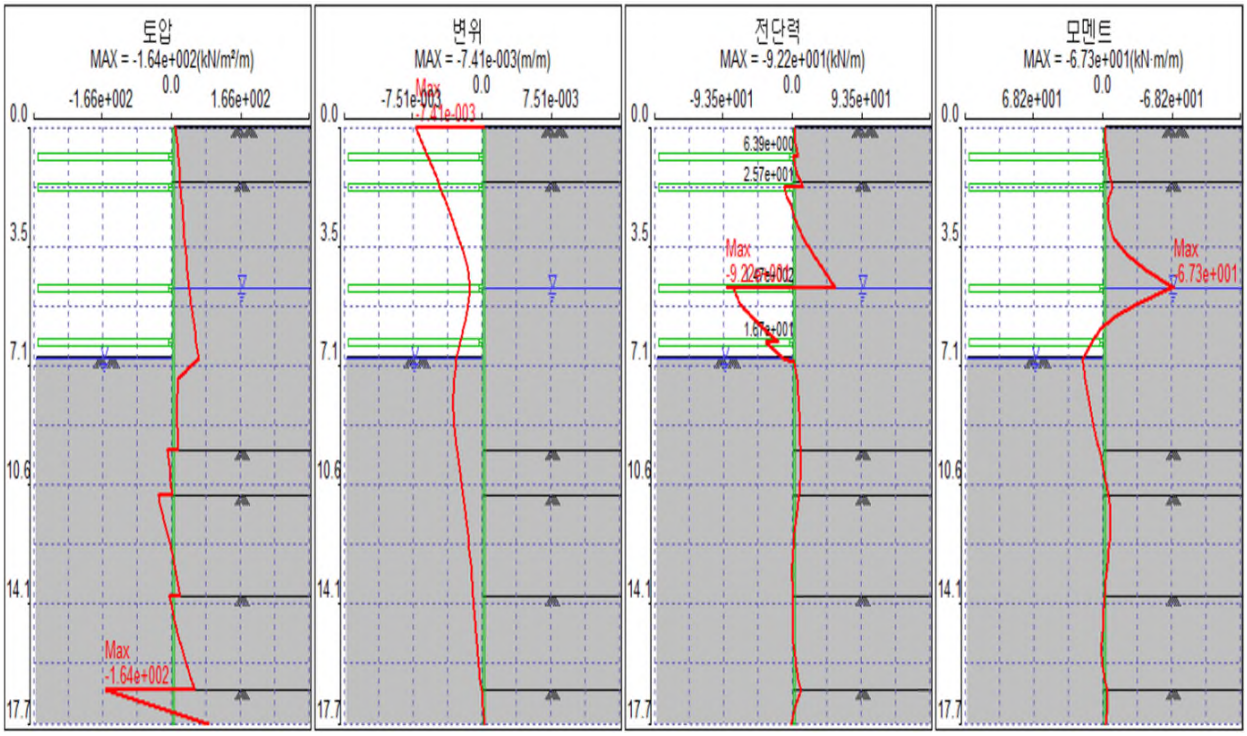
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 지보2]



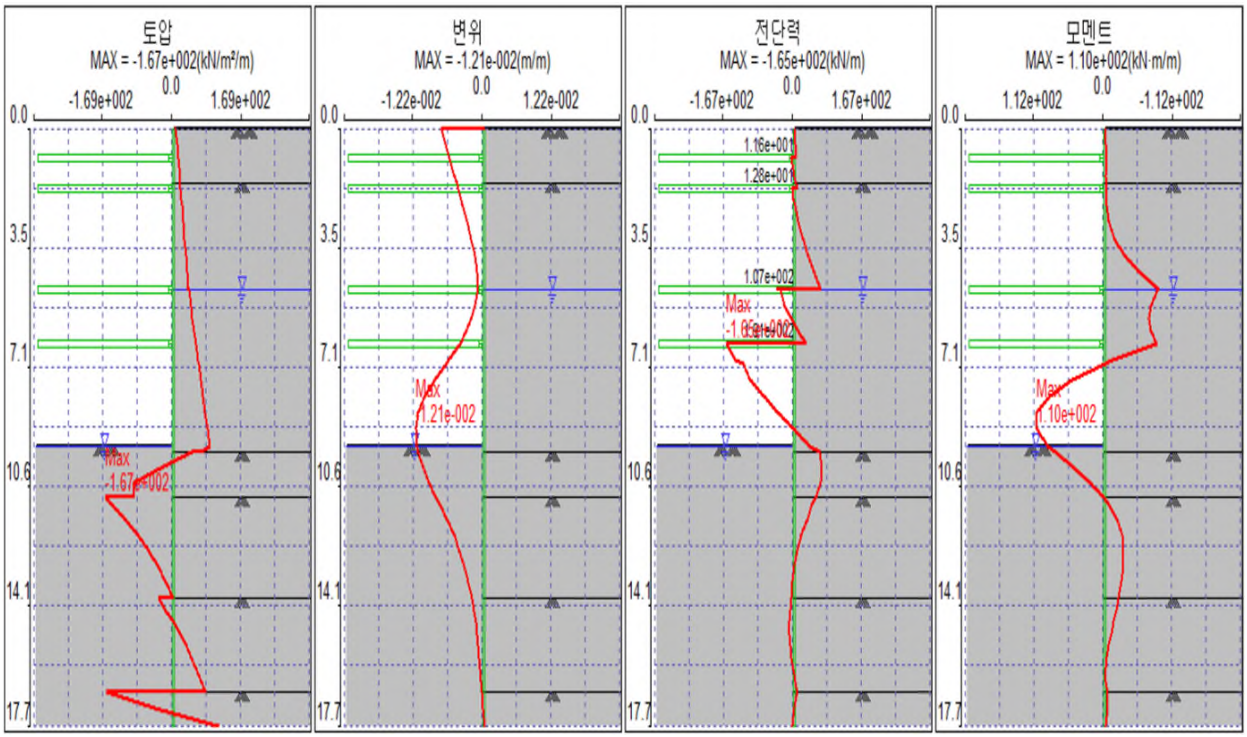
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.861 m]



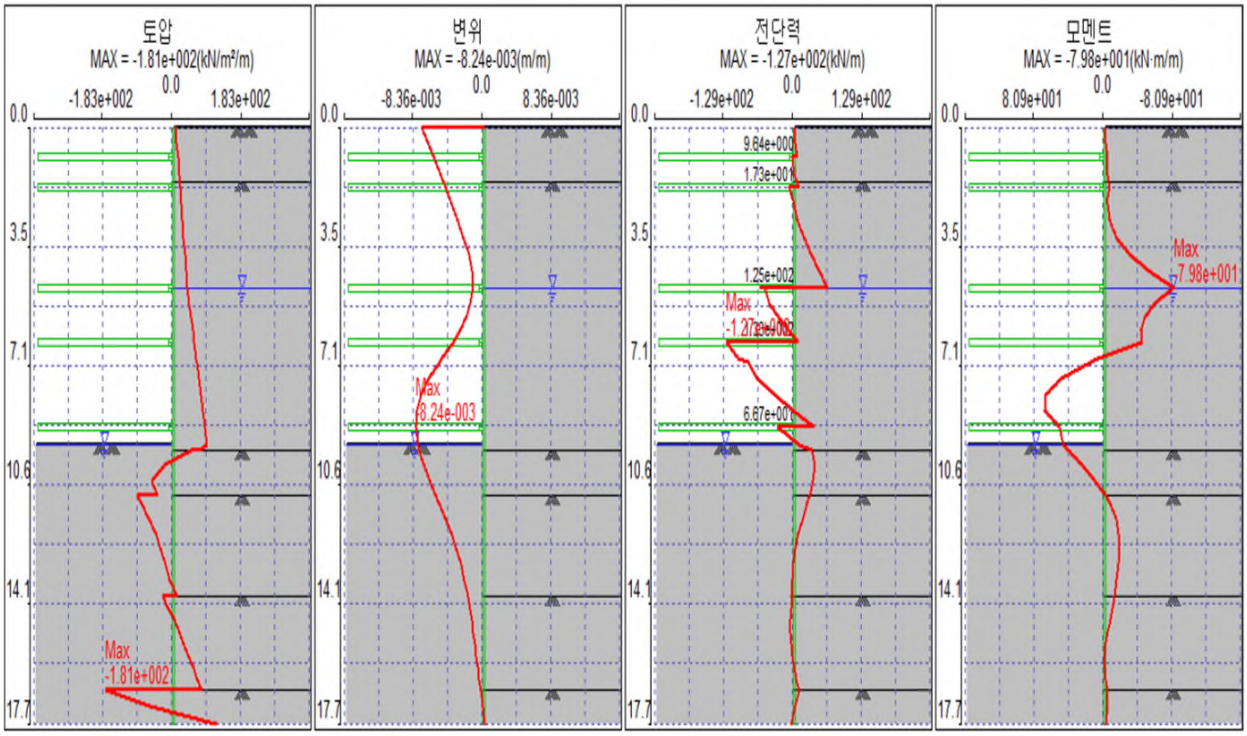
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 지보3]



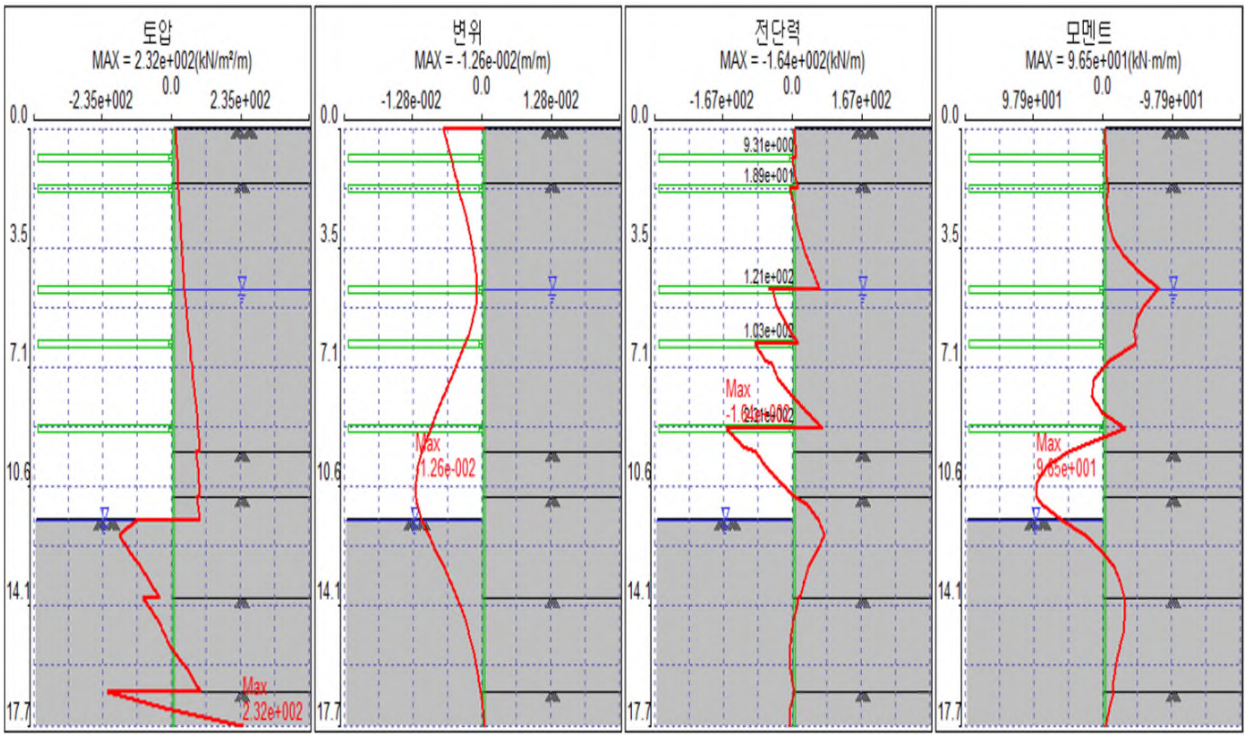
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.411 m]



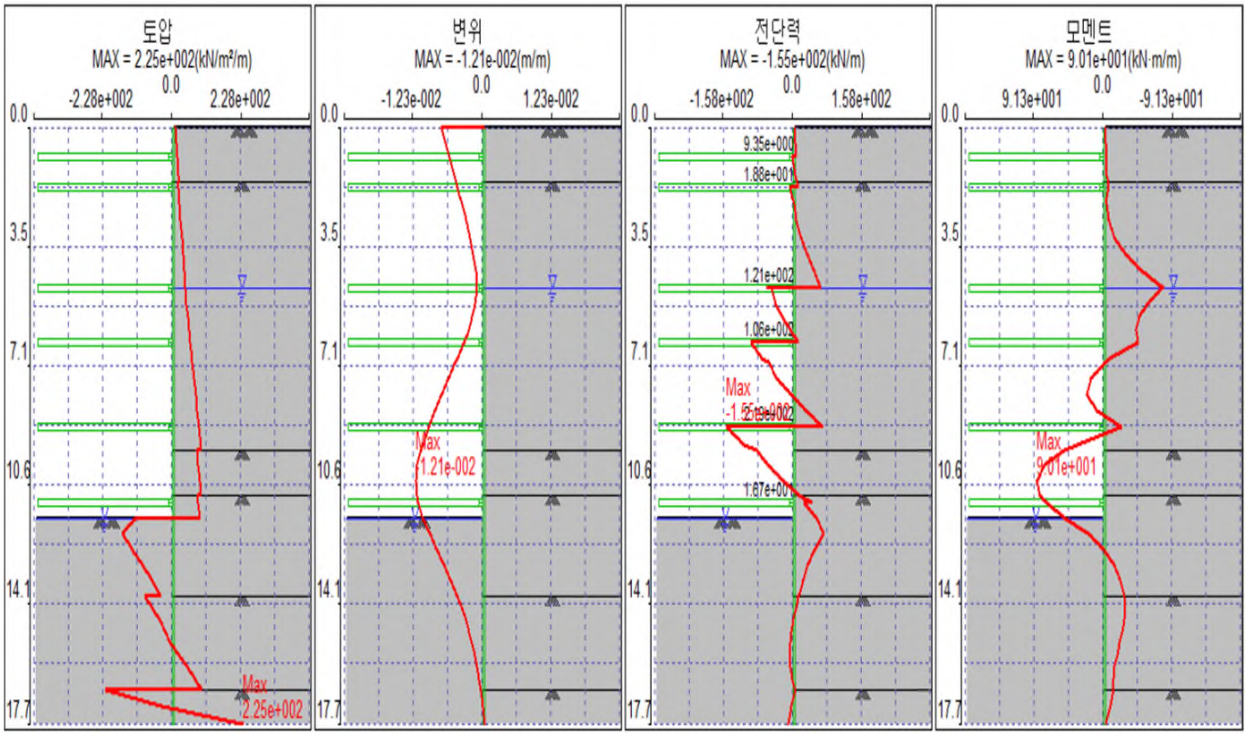
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 지보4]



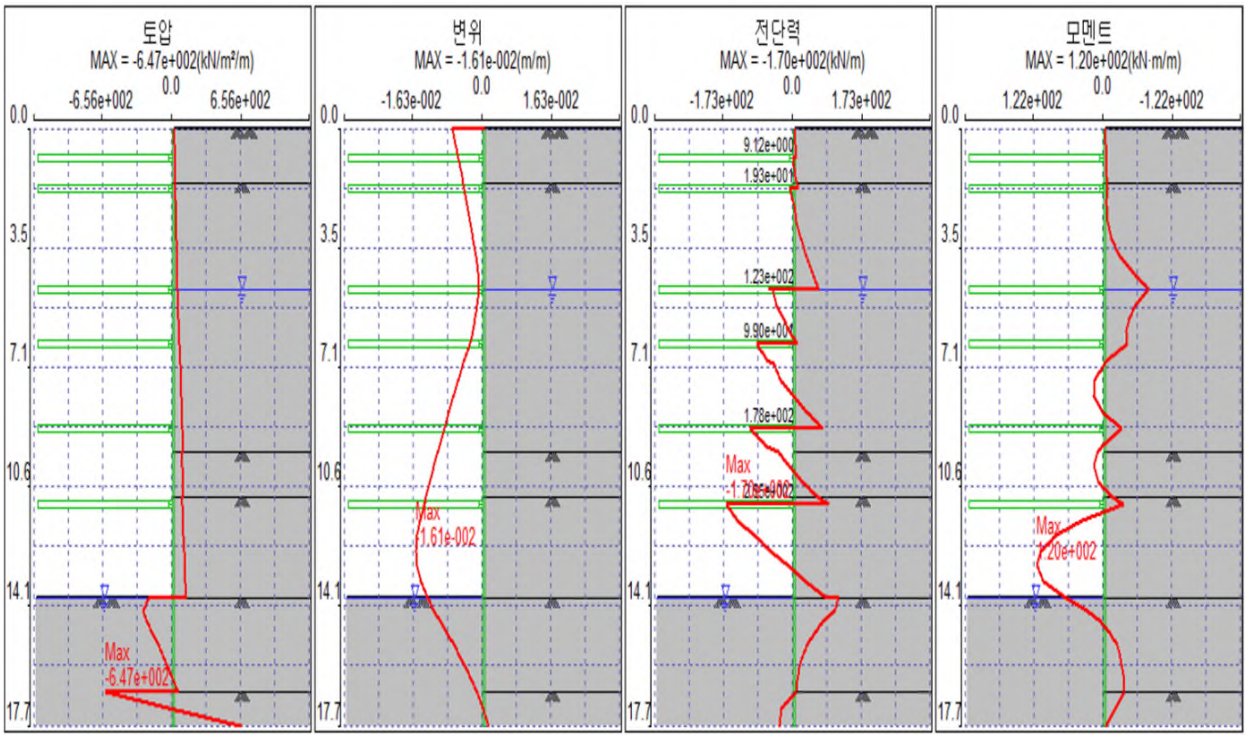
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 11.611 m]



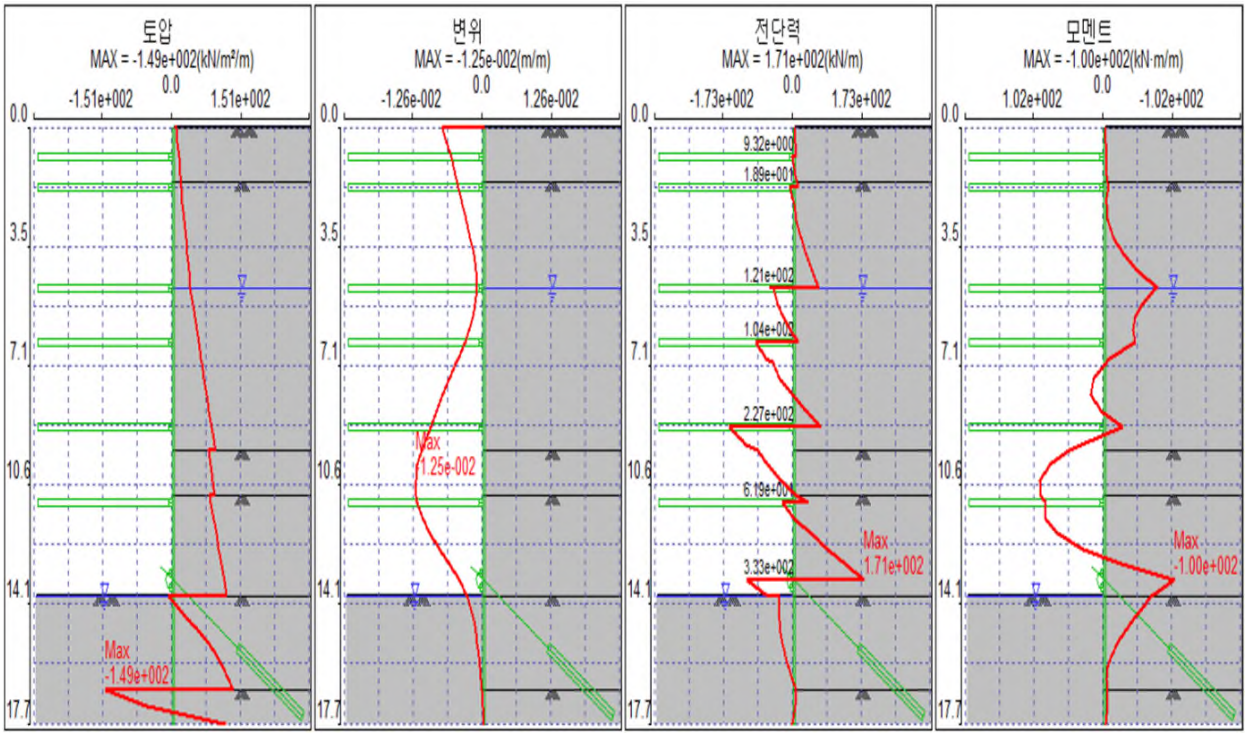
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 지보5]



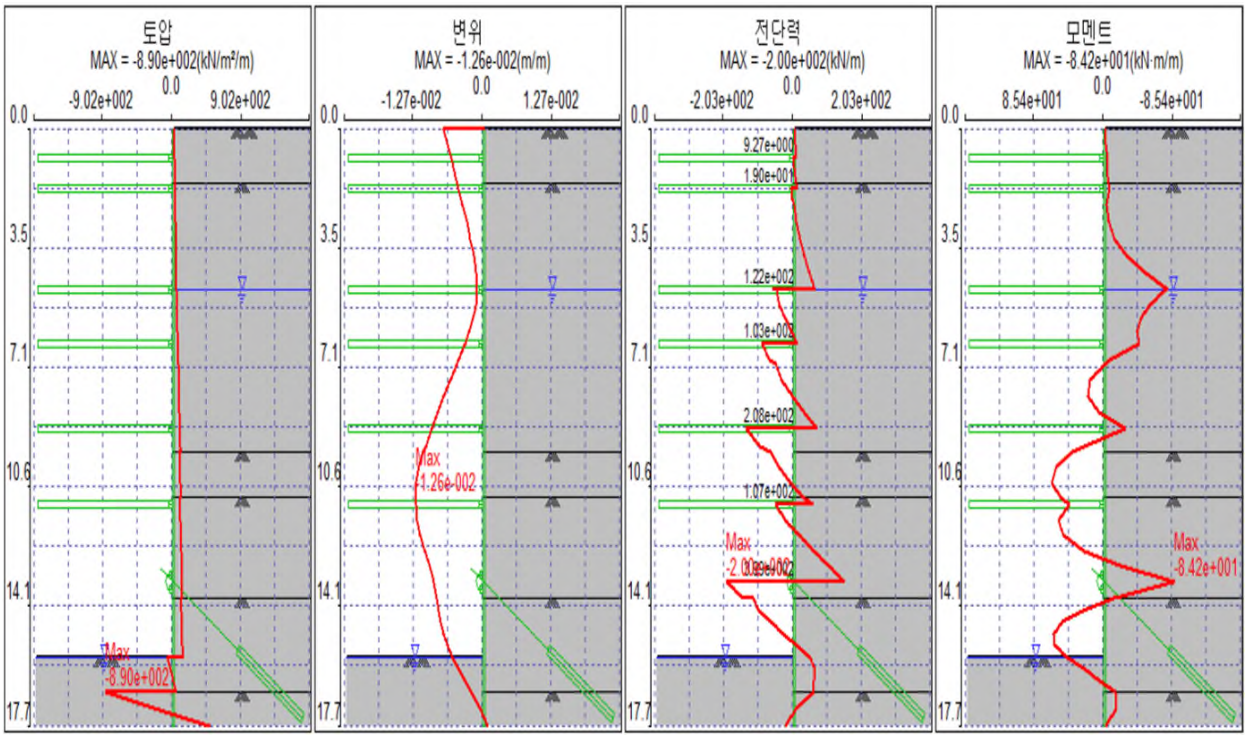
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 13.911 m]



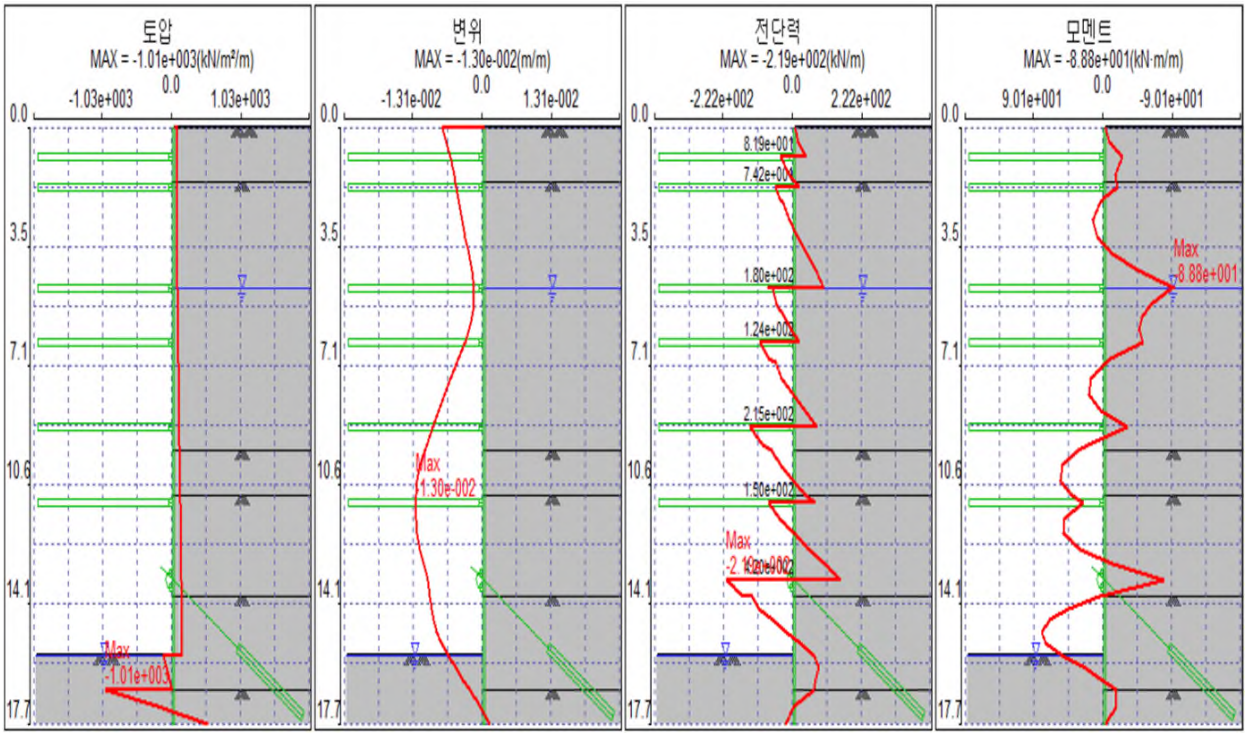
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 지보6]



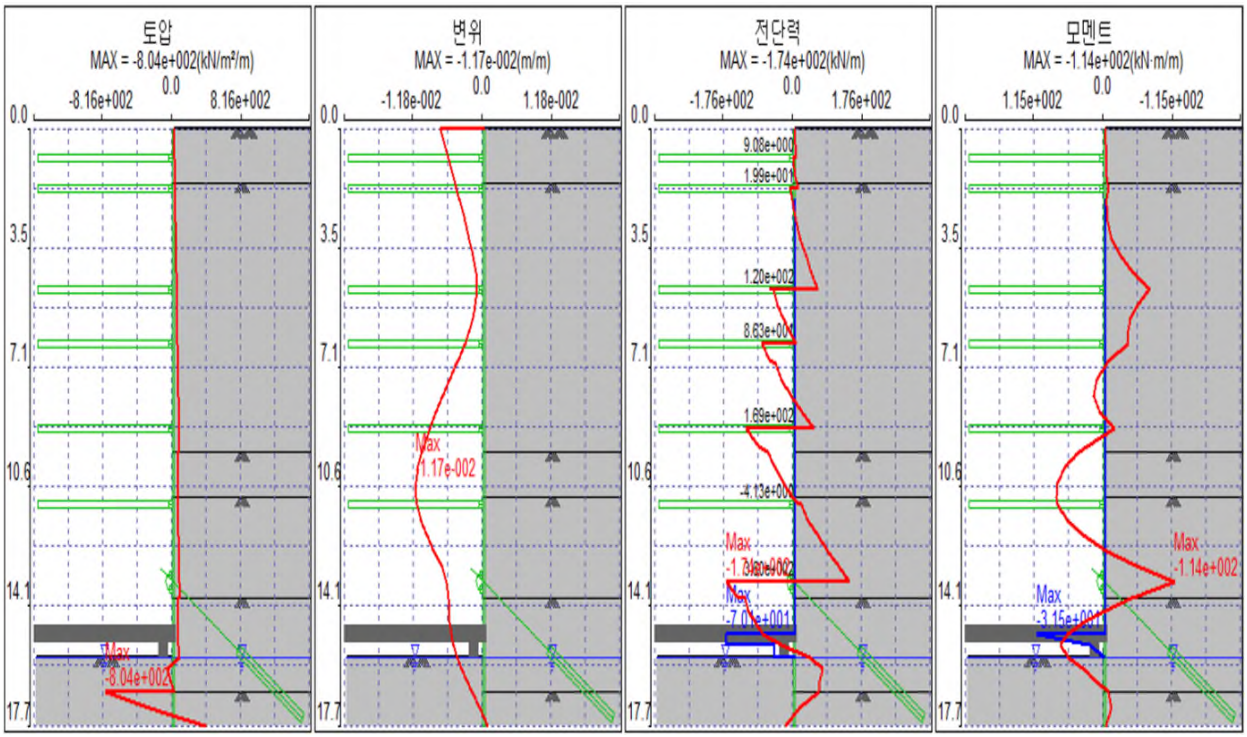
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 15.67 m]



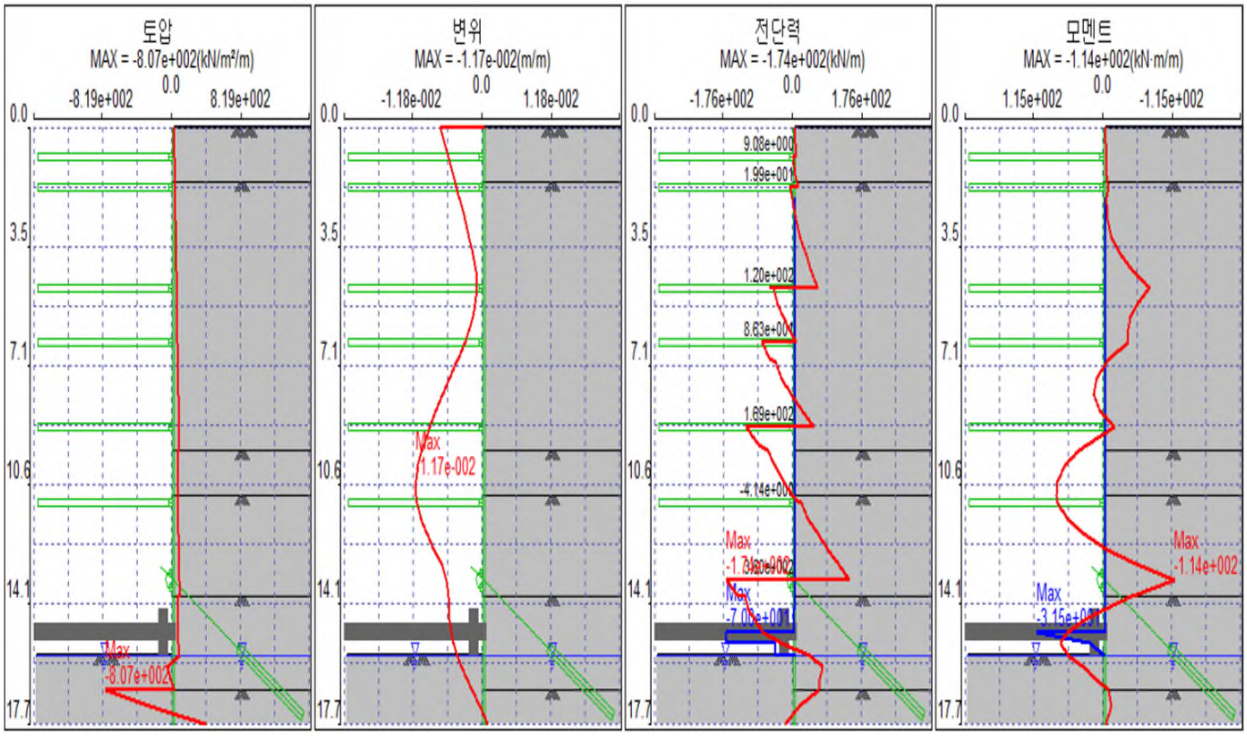
16) 시공 16 단계 [CS16 : PECK]



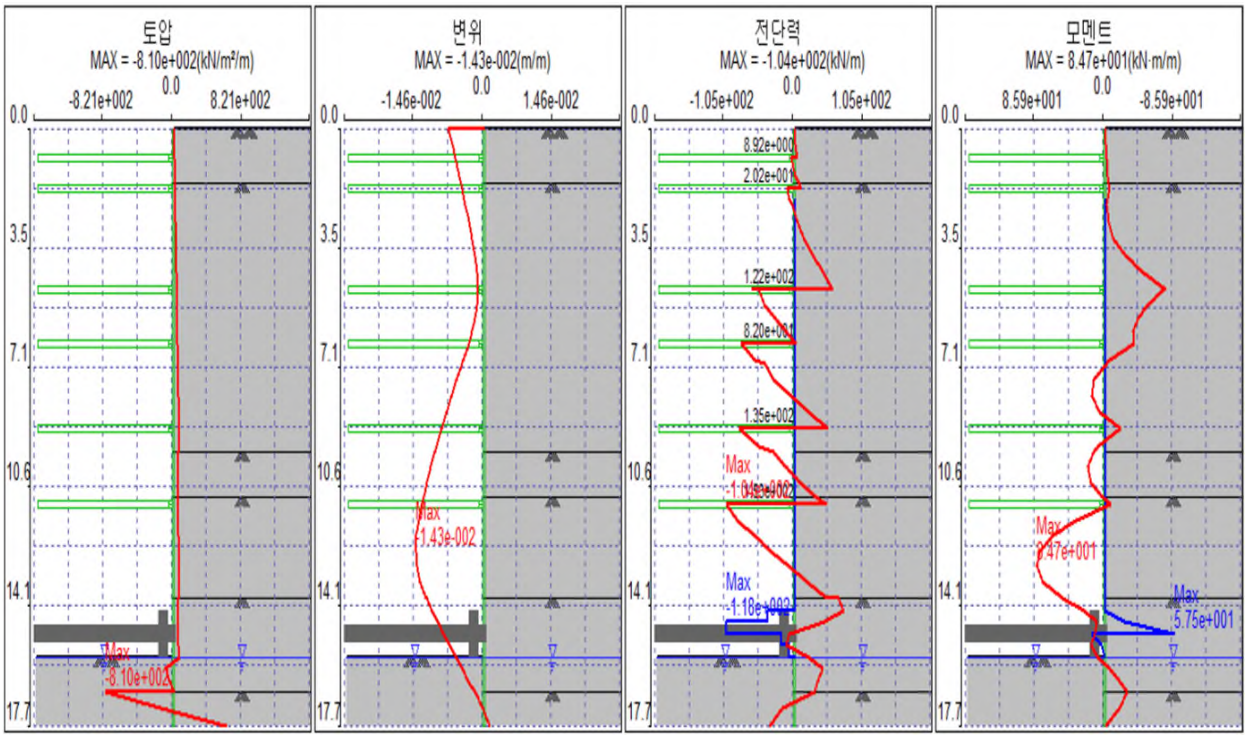
17) 시공 17 단계 [CS17 : 슬래브1]



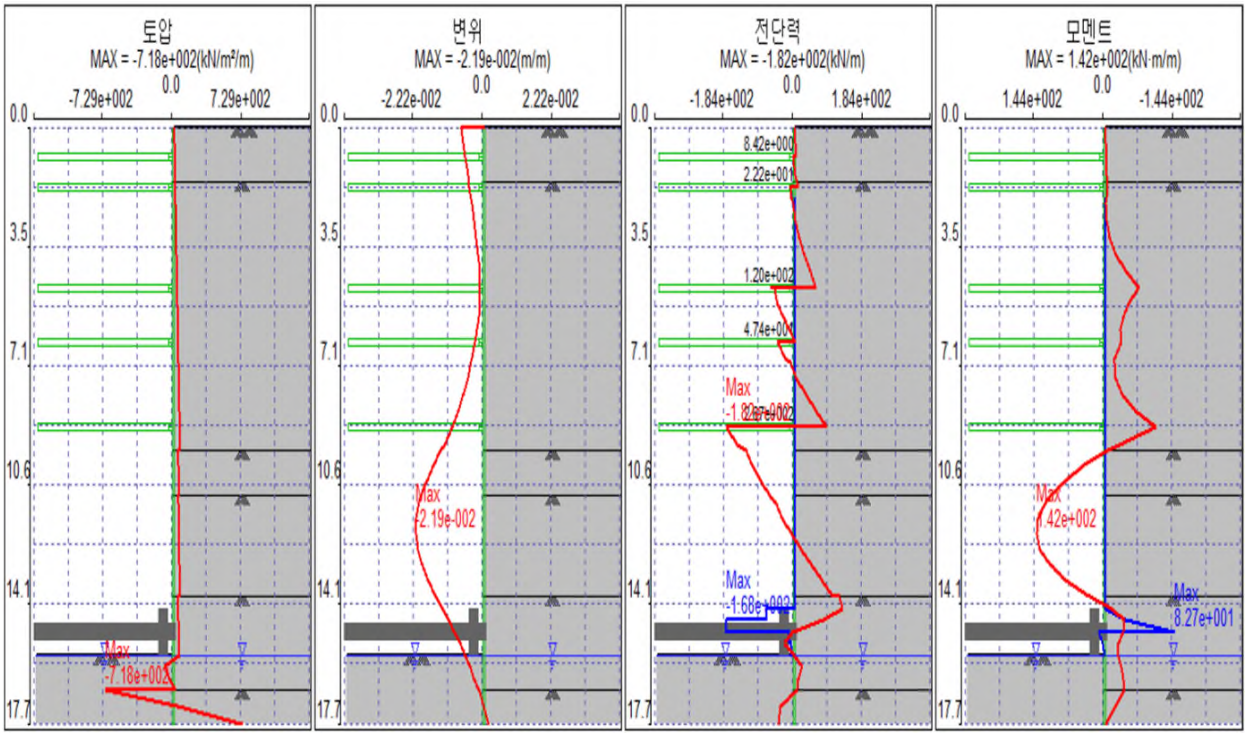
18) 시공 18 단계 [CS18 : 벽체타설0]



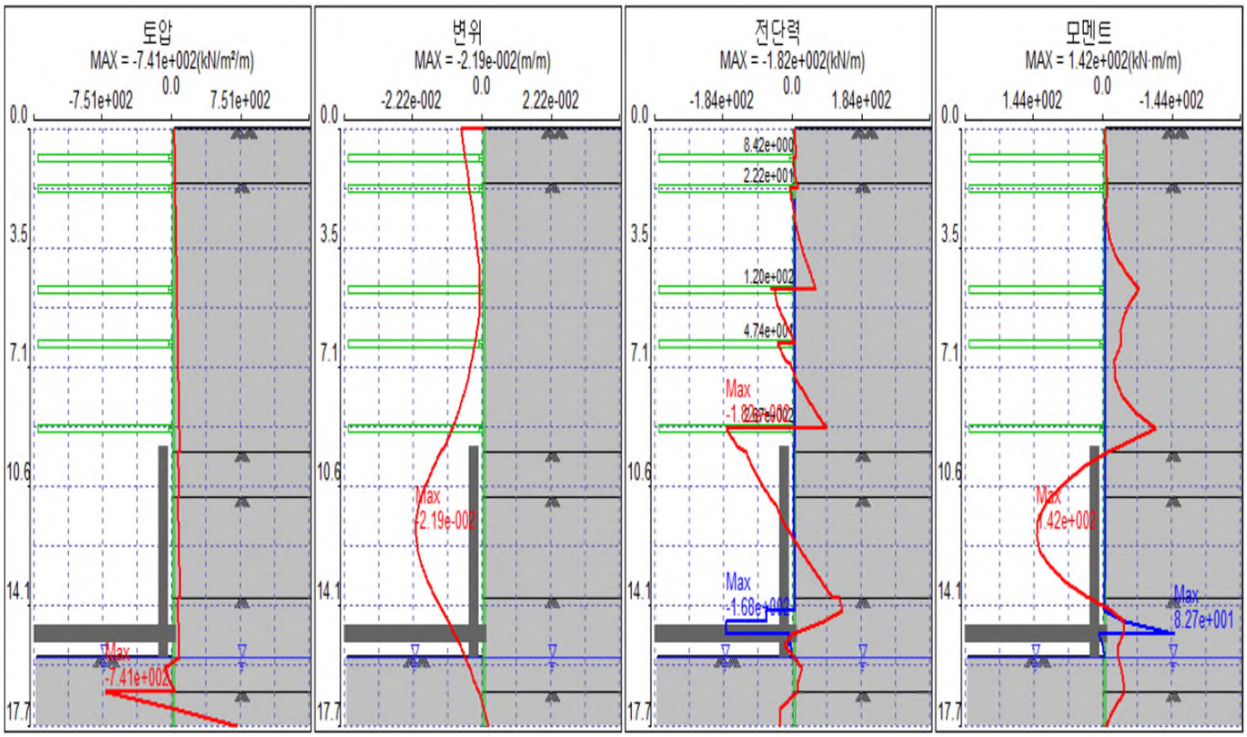
19) 시공 19 단계 [CS19 : 지보6 해체]



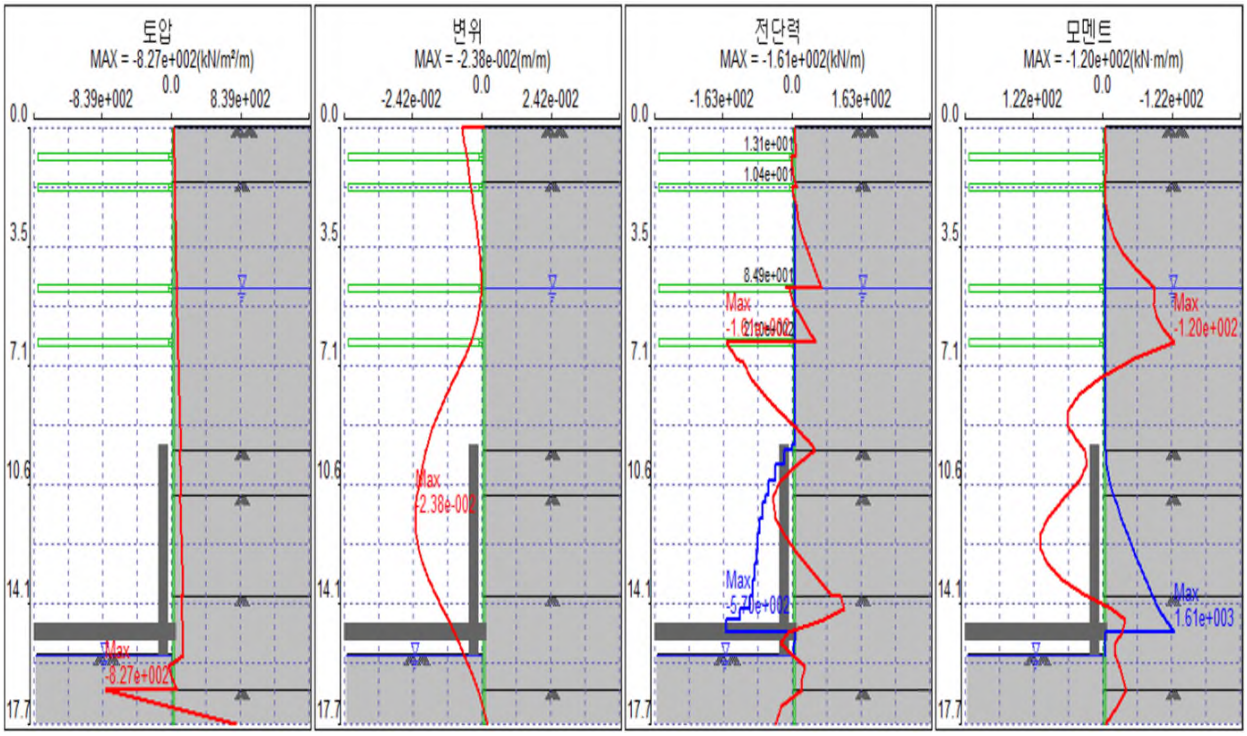
20) 시공 20 단계 [CS20 : 지보5 해체]



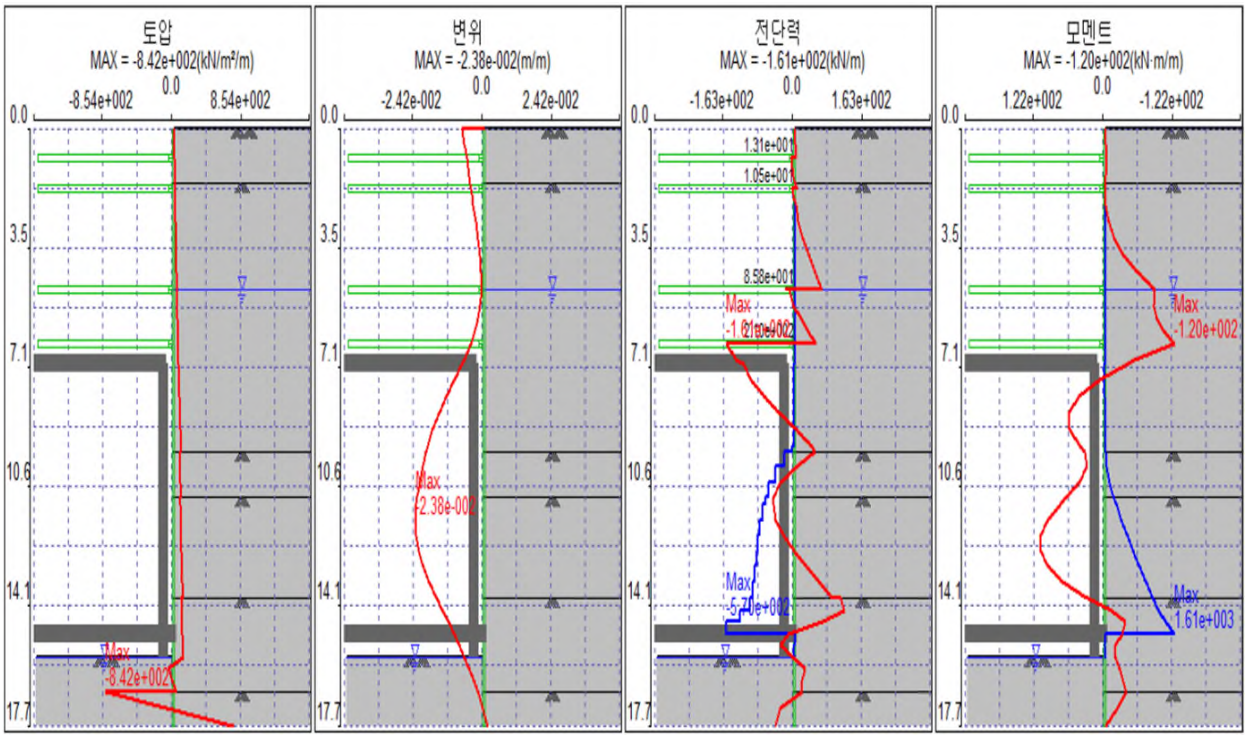
21) 시공 21 단계 [CS21 : 벽체타설1]



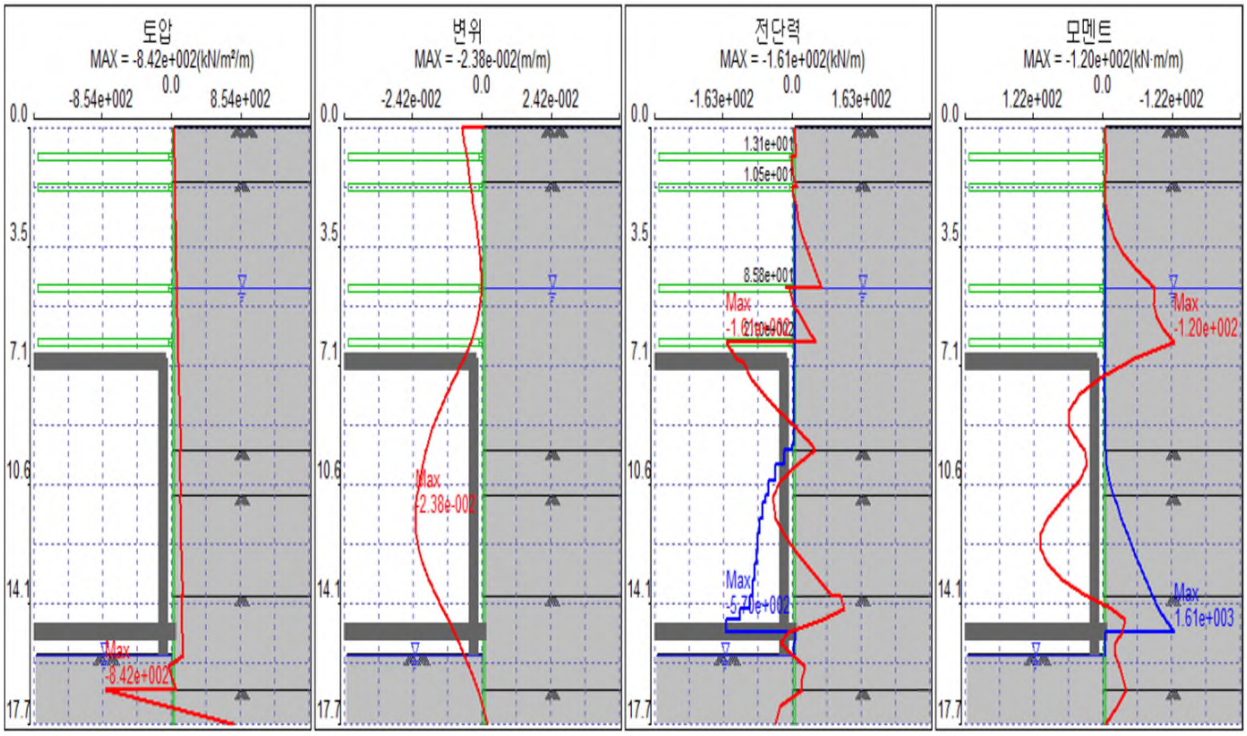
22) 시공 22 단계 [CS22 : 지보4 해체]



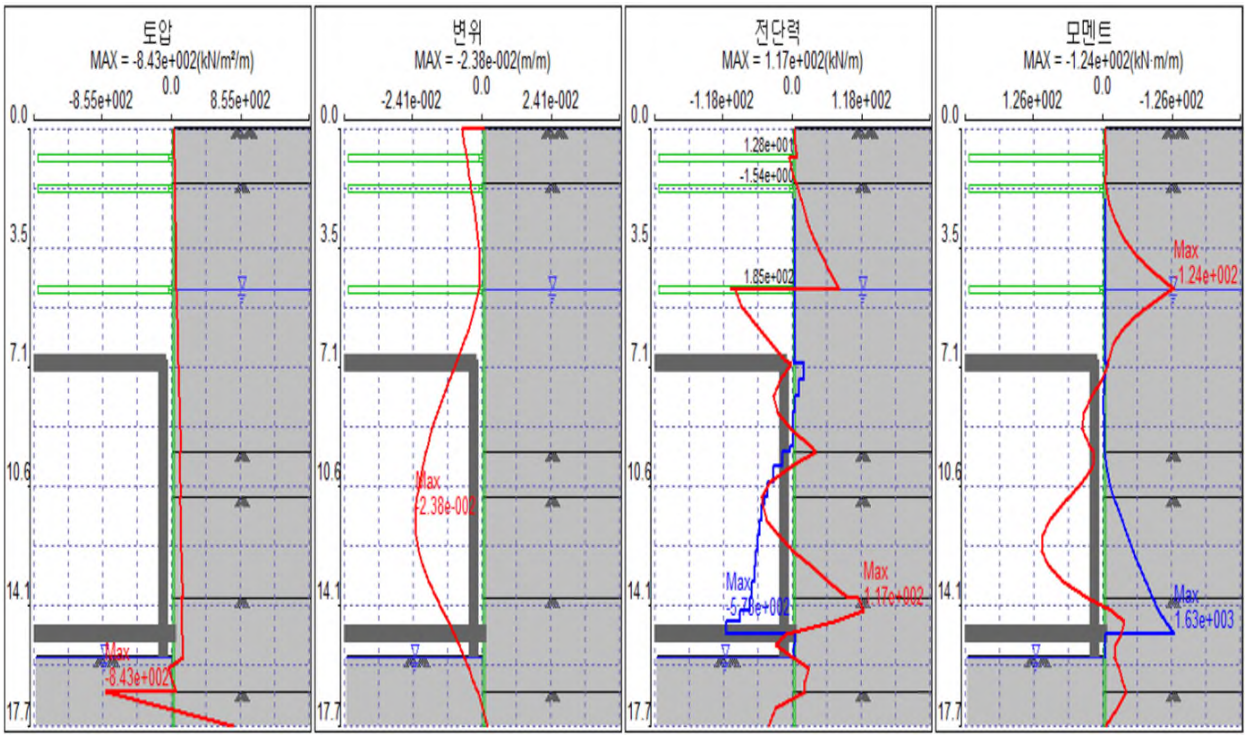
23) 시공 23 단계 [CS23 : 슬래브2]



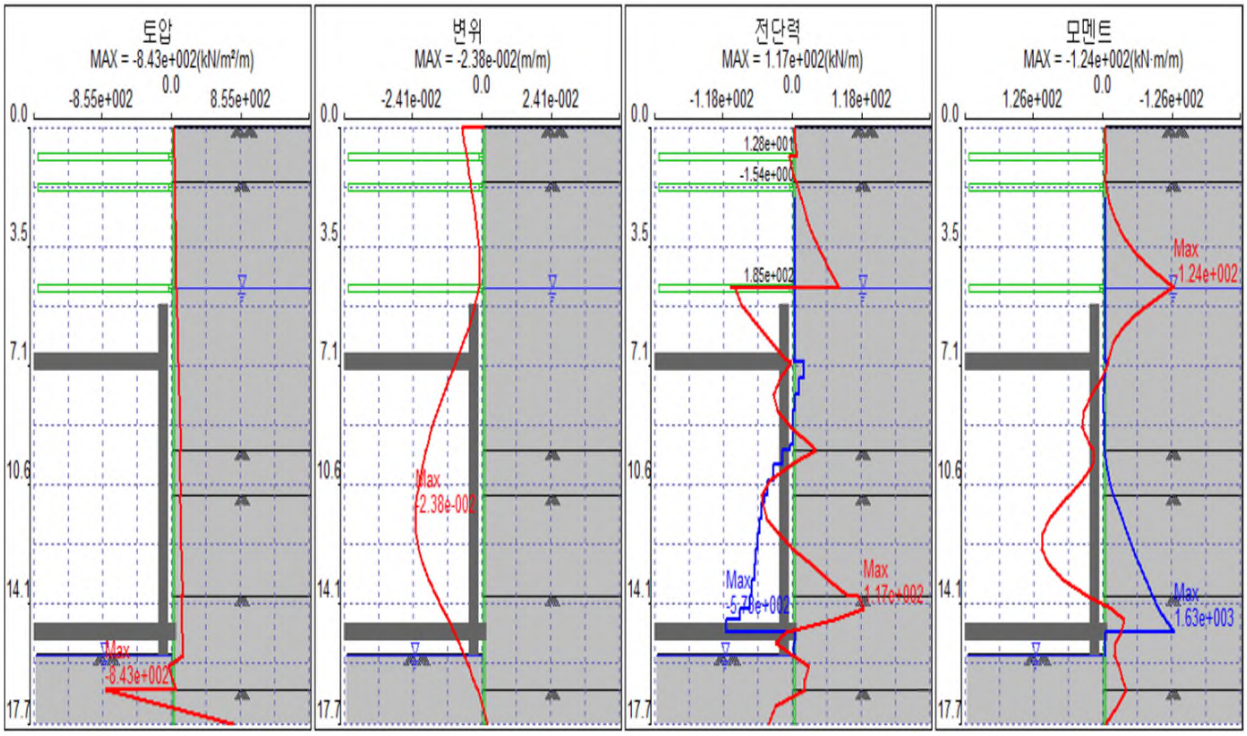
24) 시공 24 단계 [CS24 : 벽체타설2]



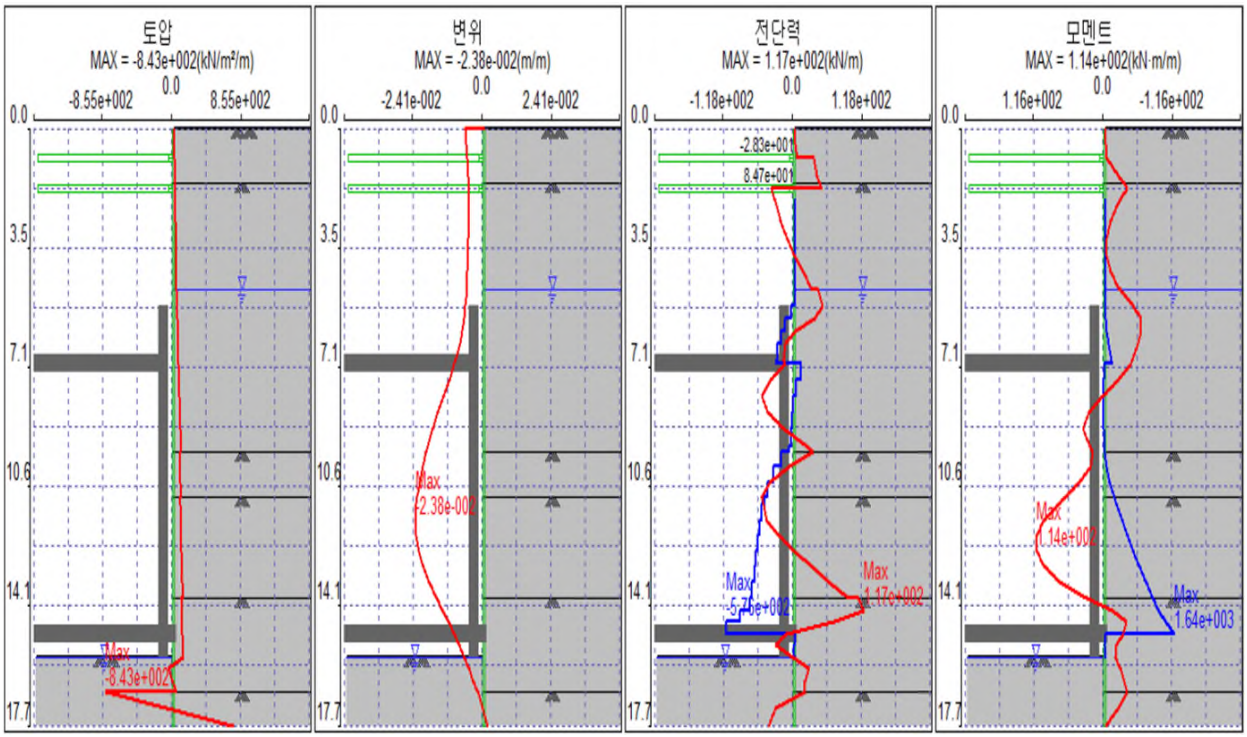
25) 시공 25 단계 [CS25 : 지보3 해체]



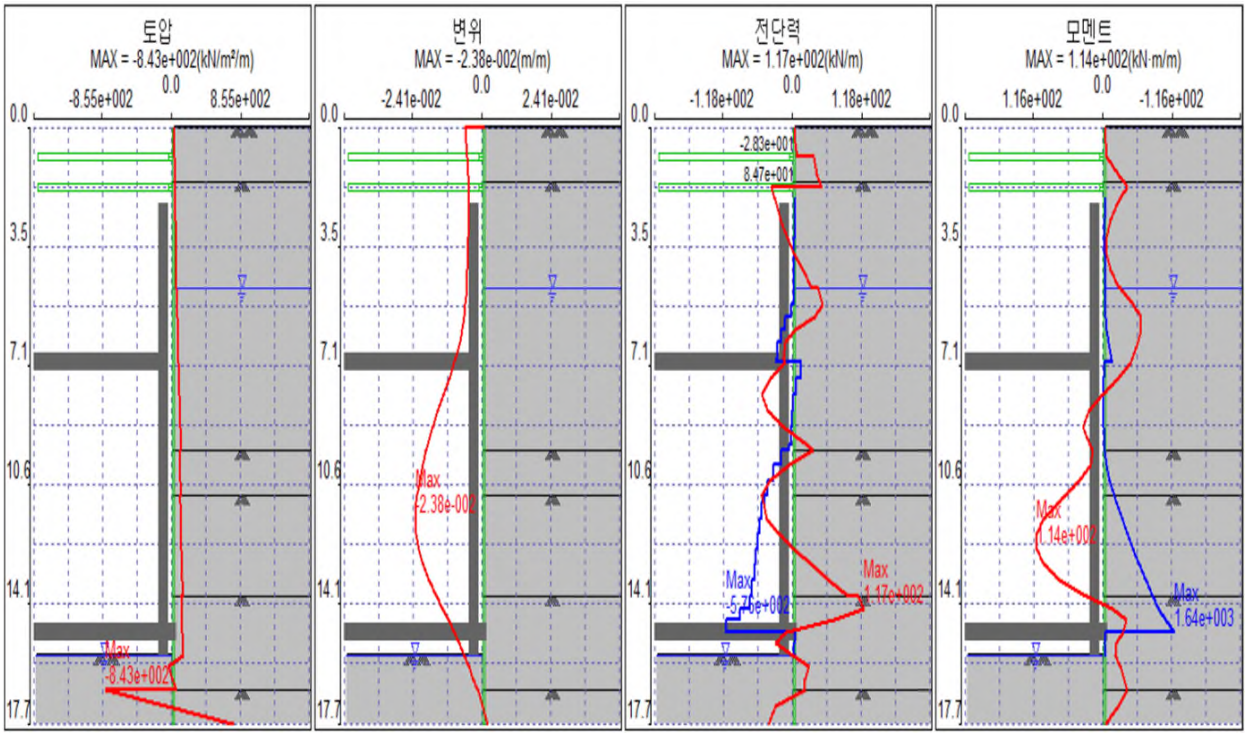
26) 시공 26 단계 [CS26 : 벽체타설3]



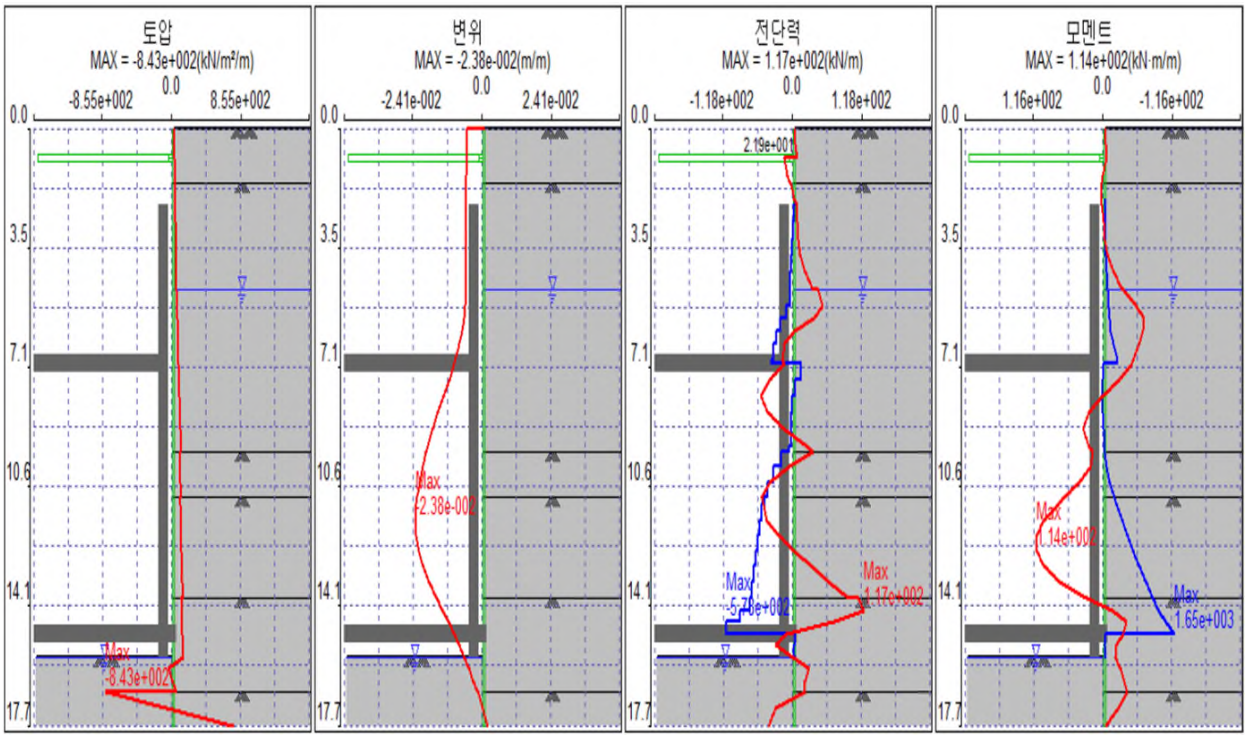
27) 시공 27 단계 [CS27 : 지보2 해체]



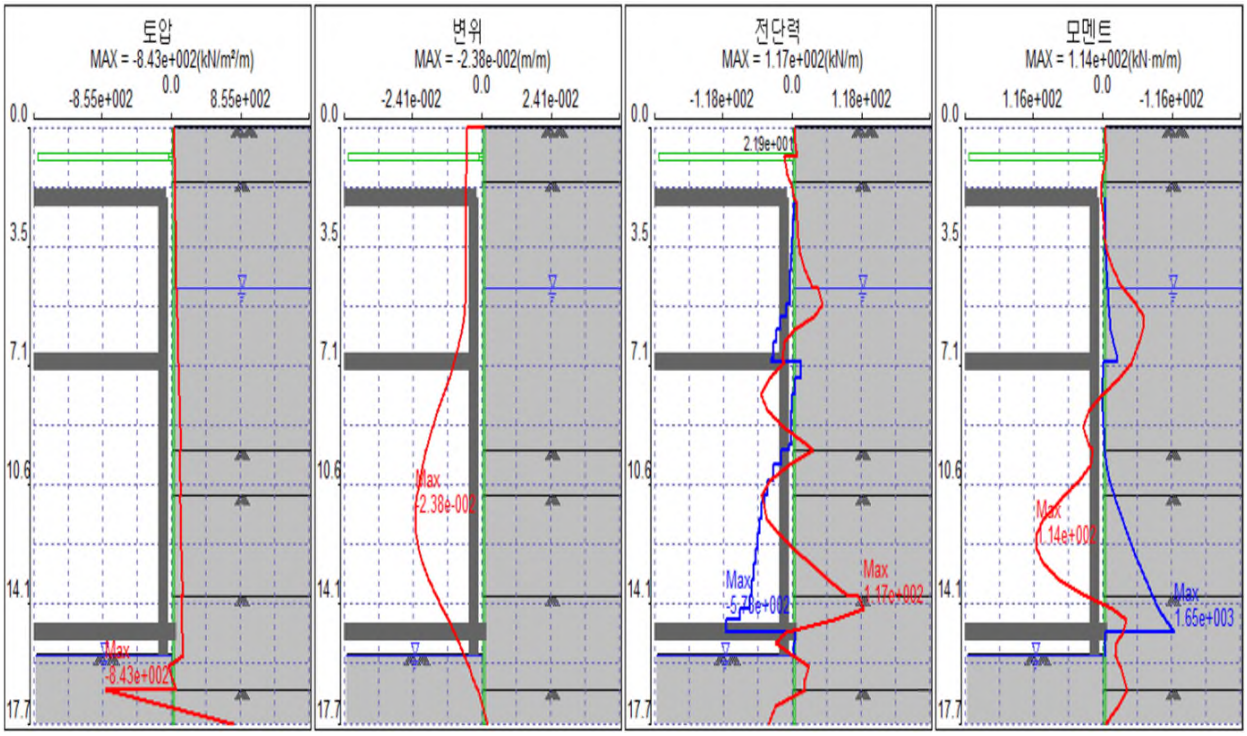
28) 시공 28 단계 [CS28 : 벽체타설4]



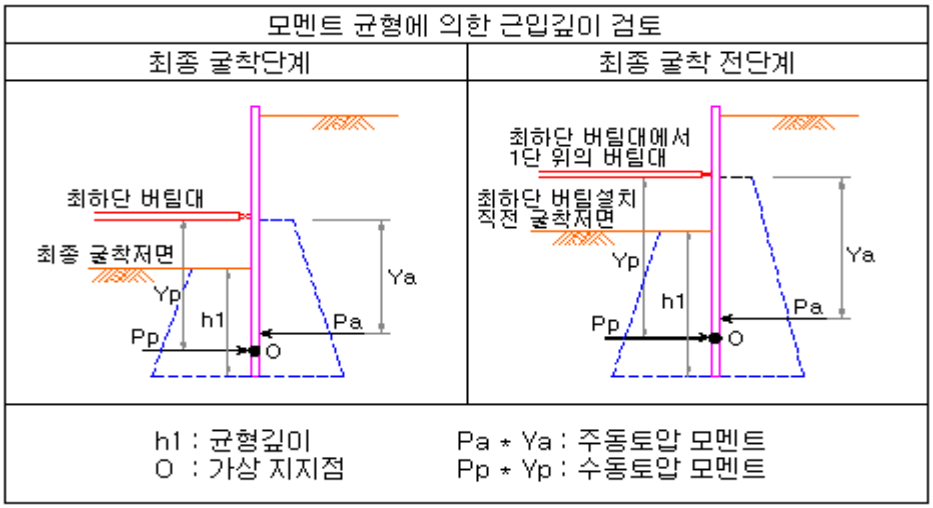
29) 시공 29 단계 [CS29 : 지보1 해체]



30) 시공 30 단계 [CS30 : 슬래브3]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.655	2.000	239.084	5879.498	24.592	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.324	3.759	1041.634	11582.941	11.120	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -13.411 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 152.459 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.102 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 23.965 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.964 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (152.459 x 1.102) + (23.965 x 2.964) = 239.084 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1589.696 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.699 m

Mp = (Pp x Yp) = (1589.696 x 3.699) = 5879.498 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 5879.498 / 239.084 = 24.592

S.F. = 24.592 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -11.111 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 328.532 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.479 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 119.257 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.661 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (328.532 x 1.479) + (119.257 x 4.661) = 1041.634 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2039.084 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.68 m

Mp = (Pp x Yp) = (2039.084 x 5.68) = 11582.941 kN·m

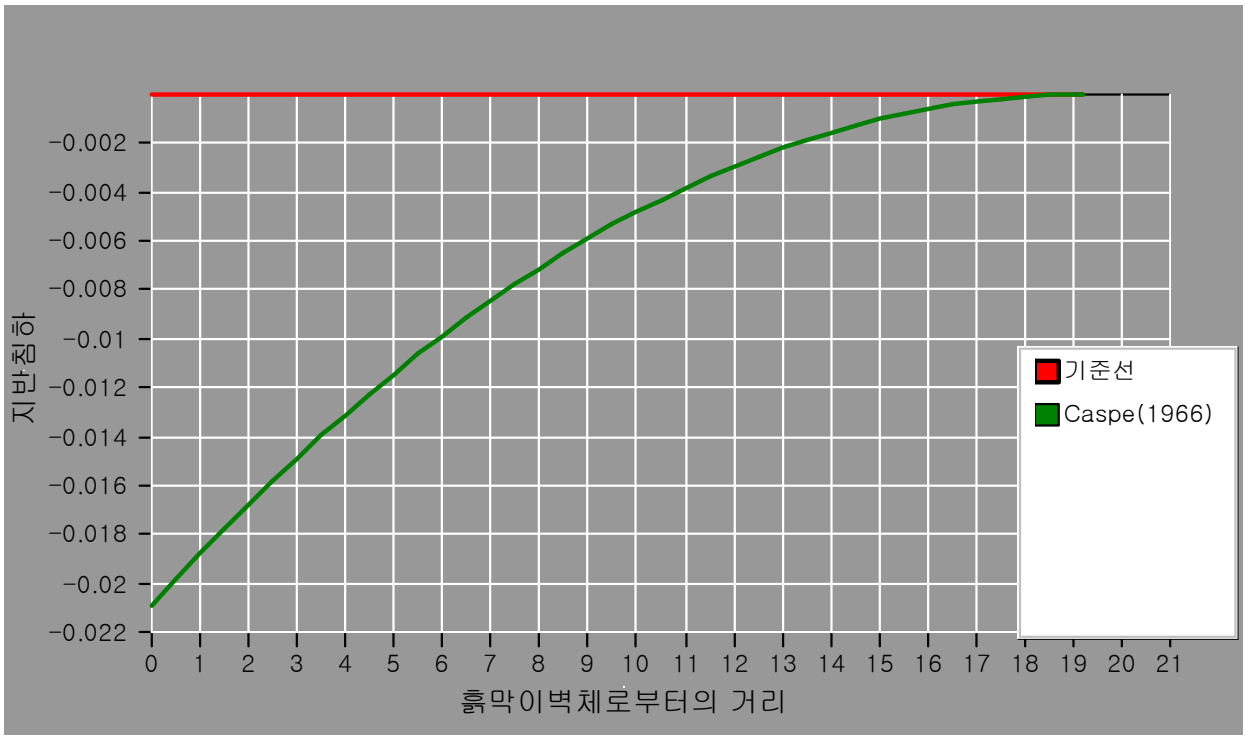
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11582.941 / 1041.634 = 11.12

S.F. = 11.12 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.100 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 15.67 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 29.126 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 29.126/2) = 17.02 m

Ht = Hp + Hw = 17.02 + 15.67 = 32.69 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 32.69 x tan(45-29.126/2) = 19.207 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.100 / 19.207 = -0.021 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.021 x ((19.207 - Xi) / 19.207)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-20.917	-1.075	-2.150
0.50	-19.842	-1.047	-2.093
1.00	-18.796	-1.018	-2.036
1.50	-17.778	-0.990	-1.980
2.00	-16.788	-0.961	-1.923
2.50	-15.826	-0.933	-1.866
3.00	-14.893	-0.905	-1.810
3.50	-13.989	-0.876	-1.753

4.00	−13.112	−0.848	−1.696
4.50	−12.264	−0.820	−1.639
5.00	−11.444	−0.791	−1.583
5.50	−10.653	−0.763	−1.526
6.00	−9.890	−0.735	−1.469
6.50	−9.155	−0.706	−1.413
7.00	−8.449	−0.678	−1.356
7.50	−7.771	−0.650	−1.299
8.00	−7.121	−0.621	−1.243
8.50	−6.500	−0.593	−1.186
9.00	−5.907	−0.565	−1.129
9.50	−5.343	−0.536	−1.072
10.00	−4.806	−0.508	−1.016
10.50	−4.299	−0.480	−0.959
11.00	−3.819	−0.451	−0.902
11.50	−3.368	−0.423	−0.846
12.00	−2.945	−0.394	−0.789
12.50	−2.551	−0.366	−0.732
13.00	−2.185	−0.338	−0.676
13.50	−1.847	−0.309	−0.619
14.00	−1.537	−0.281	−0.562
14.50	−1.256	−0.253	−0.505
15.00	−1.004	−0.224	−0.449
15.50	−0.779	−0.196	−0.392
16.00	−0.583	−0.168	−0.335
16.50	−0.416	−0.139	−0.279
17.00	−0.276	−0.111	−0.222
17.50	−0.165	−0.083	−0.165
18.00	−0.083	−0.054	−0.109
18.50	−0.028	−0.026	−0.052
19.00	−0.002	−0.002	−0.012
19.21	0.000	0.000	0.000
Max	−20.917	−1.075	−2.150

3-1.17 TYPE-15

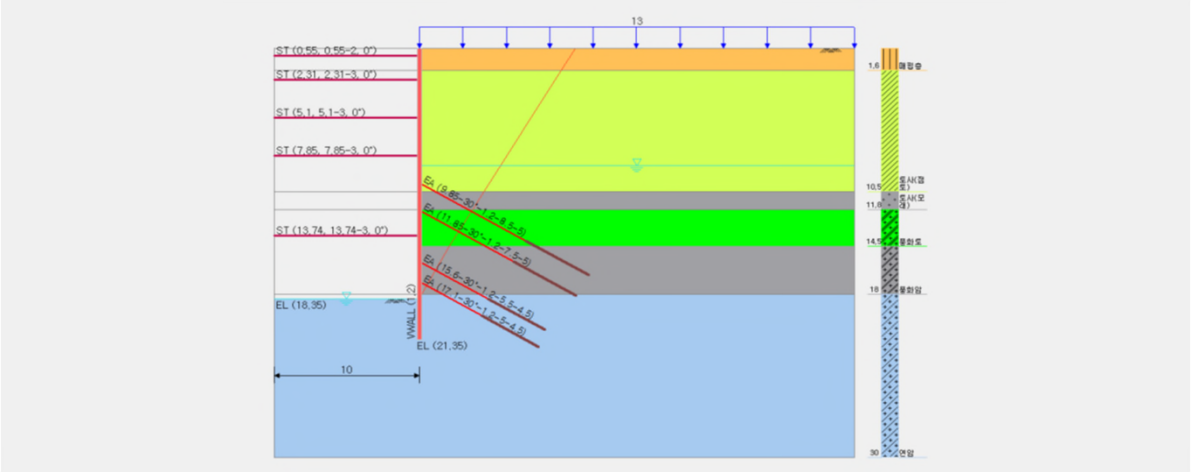
(STA.0+657.5~0+683.5)

GeoX 구조계산서
TYPE-15

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
7.4 Strut 설계 (Strut-4)
7.5 Strut 설계 (Strut-7)
7.6 Earth Anchor 설계 (Strut-5, Strut-6, Strut-8, Strut-9)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
8.4 Strut-4 띠장 설계
8.5 Strut-5 띠장 설계
8.6 Strut-6 띠장 설계
8.7 Strut-7 띠장 설계
8.8 Strut-8 띠장 설계
8.9 Strut-9 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 18.35m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (2.31, 2.31-3, 0°)
ST (5.1, 5.1-3, 0°)
ST (7.85, 7.85-3, 0°)
ST (13.74, 13.74-3, 0°)
EL (18.35)
EL (21.35)
10
1.6
10.5
11.8
14.5
18
30

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.548	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.354	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	6.104	100.355	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	10.762	71.290	O.K		
		전단응력	2.212	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.31	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.353	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.10	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	40.567	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	7.85	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	42.107	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	13.74	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	28.725	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Strut-5 Strand12.7x4EA	9.85	O.K	O.K	O.K
Strut-6 Strand12.7x4EA	11.85	O.K	O.K	O.K
Strut-8 Strand12.7x4EA	15.60	O.K	O.K	O.K
Strut-9 Strand12.7x4EA	17.10	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	21.387	152.017	O.K	
		전단응력	15.209	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.31	휨응력	46.991	142.373	O.K	
		전단응력	35.952	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.10	휨응력	65.589	142.373	O.K	
		전단응력	50.180	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.85	휨응력	68.697	142.373	O.K	
		전단응력	52.558	90.000	O.K	
Strut-5 2H 250x250x9/14	9.85	휨응력	34.634	156.940	O.K	
		전단응력	50.096	90.000	O.K	
Strut-6 2H 250x250x9/14	11.85	휨응력	36.440	156.940	O.K	
		전단응력	52.709	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	13.74	휨응력	41.688	142.373	O.K	
		전단응력	31.894	90.000	O.K	
Strut-8 2H 250x250x9/14	15.60	휨응력	32.795	156.940	O.K	
		전단응력	47.436	90.000	O.K	
Strut-9 2H 250x250x9/14	17.10	휨응력	32.061	156.940	O.K	
		전단응력	46.375	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	75.659	190.963	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	77.396	204.720	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	43.536	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	74.063	166.445	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	17.547	147.016	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 18.35	휨응력	126.895	364.500	O.K		
		압축응력	123.345	351.446	O.K		
		전단응력	60.206	209.250	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS9 : 굴착 10.35 m	13.488	36.700	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405

축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

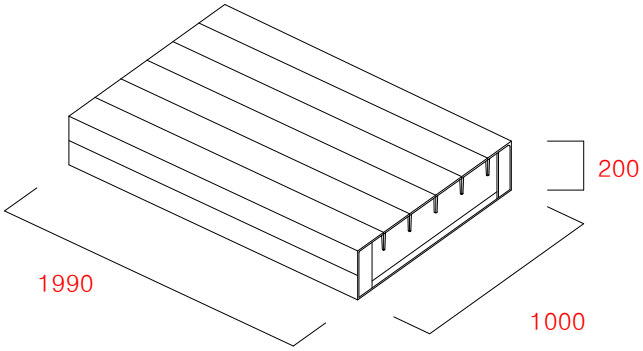
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

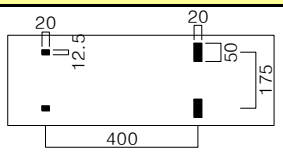
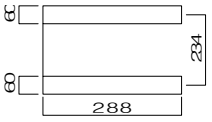
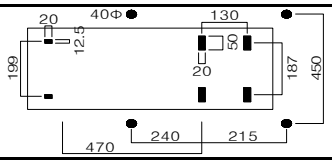
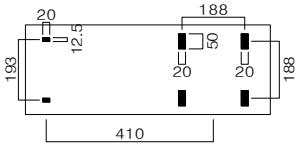
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

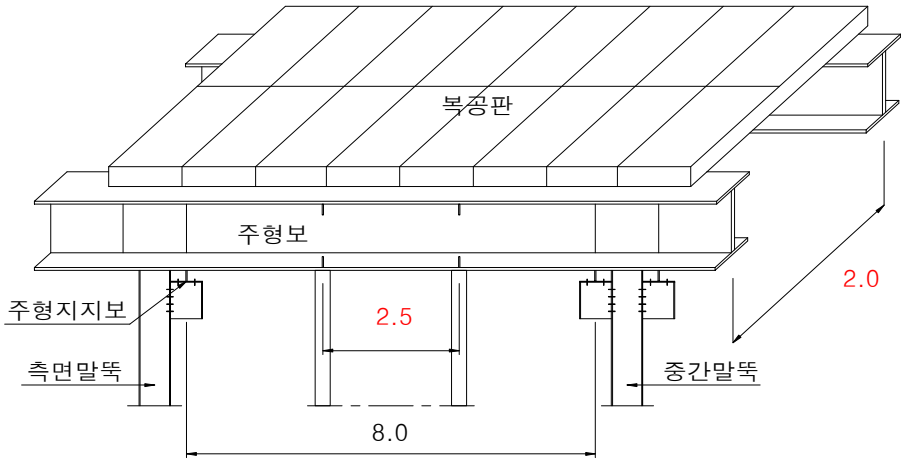
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

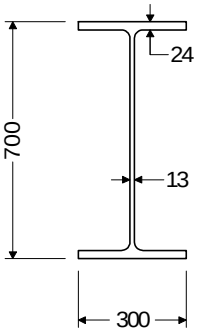
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

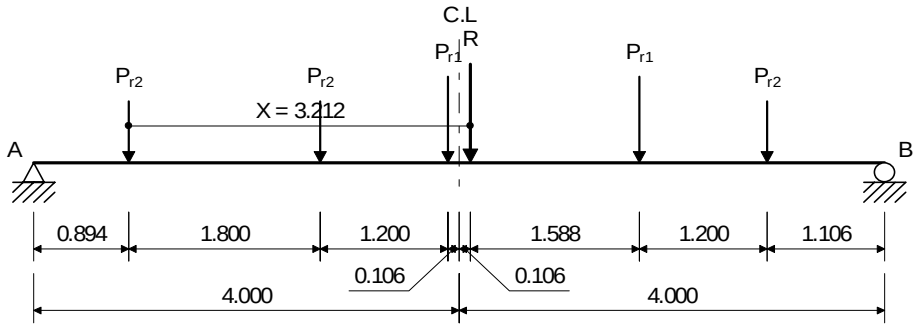
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)

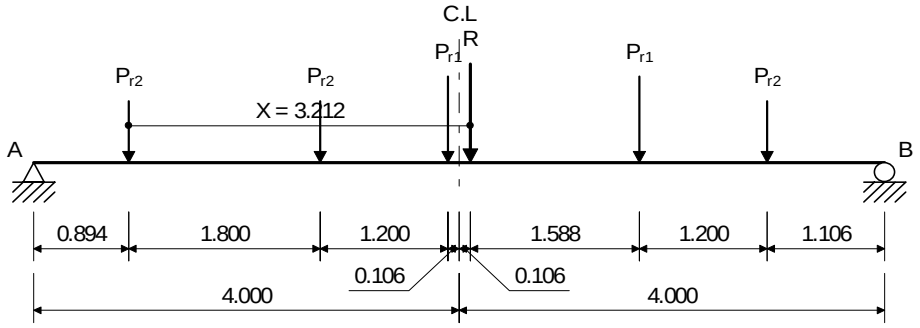


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

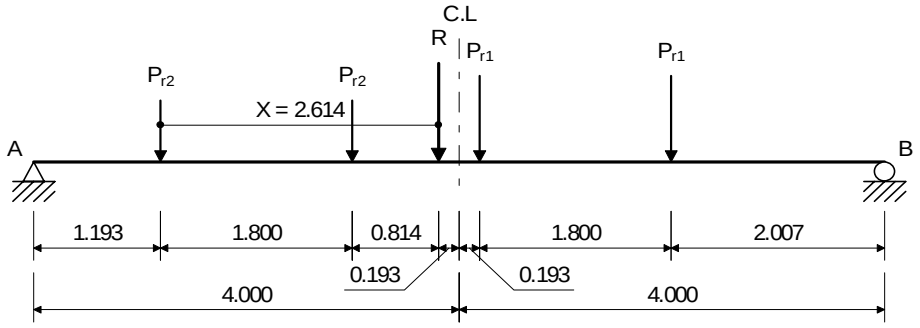
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L
= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) / 8.000
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

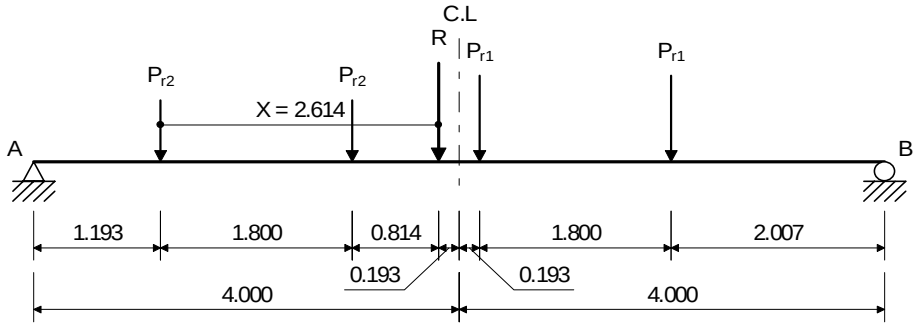


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

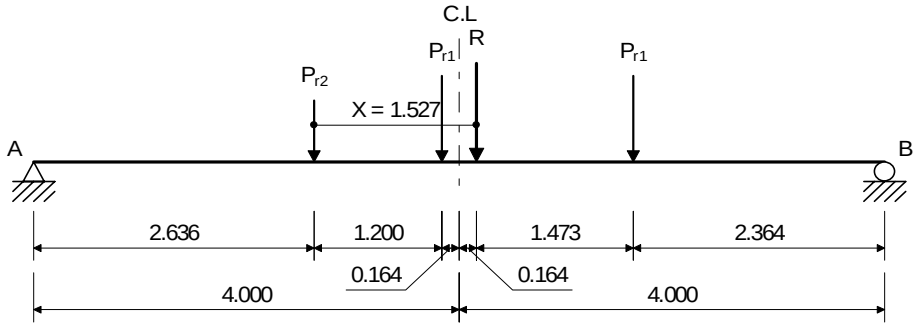
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

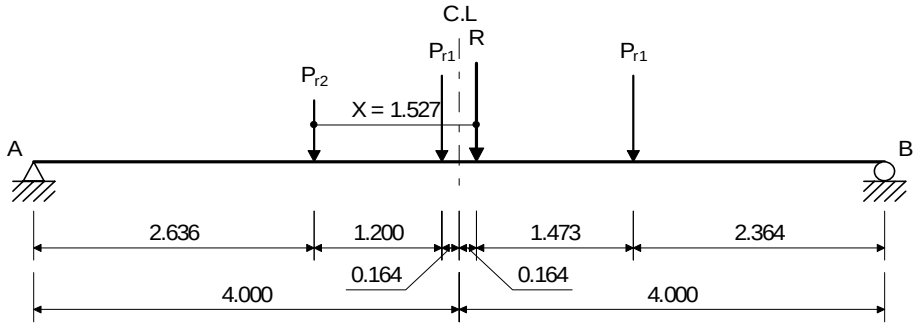


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

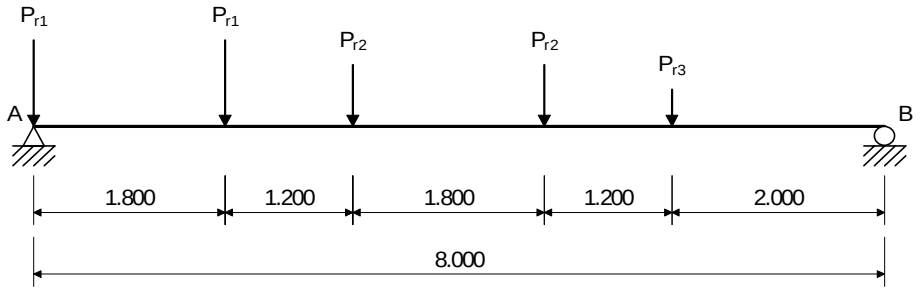


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L

= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) / 8.000

= 335.010 kN

S_l = 335.010 x **1.00** = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

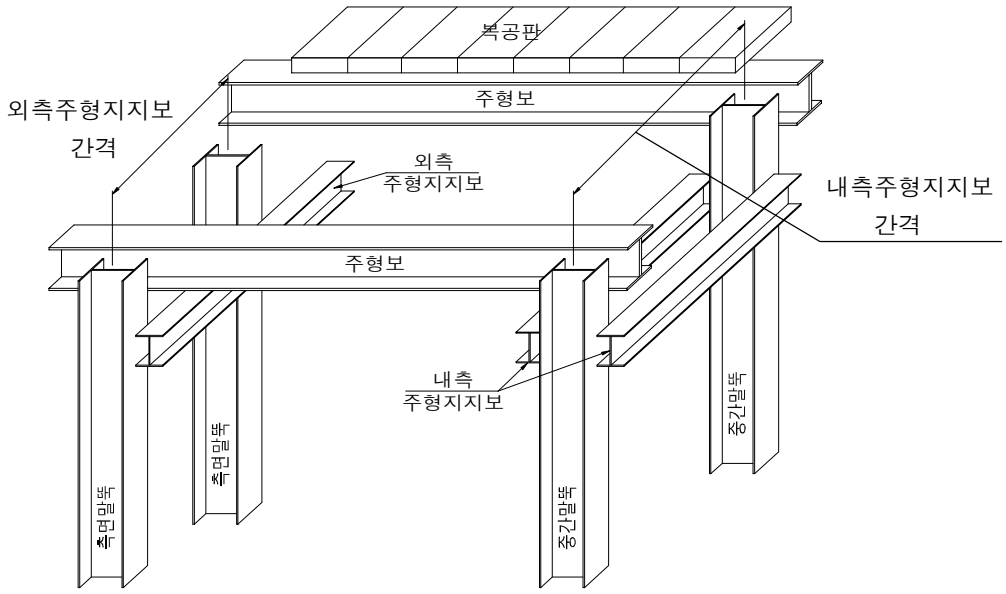
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

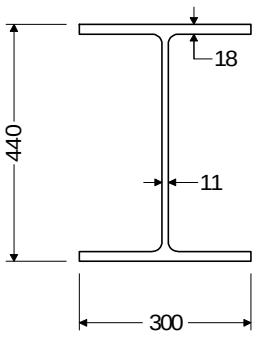
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

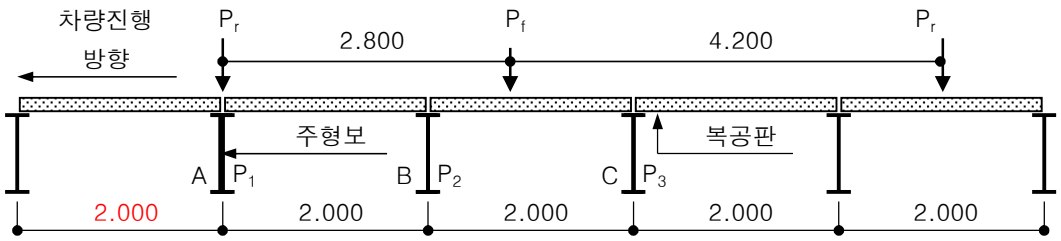


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



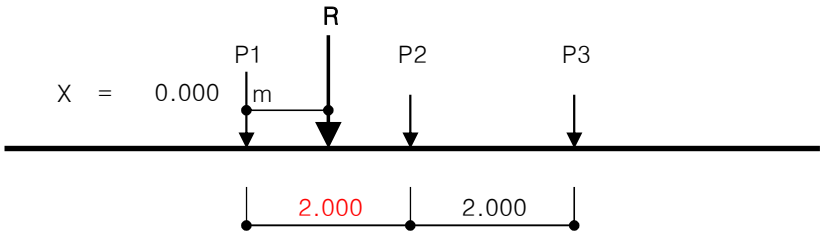
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

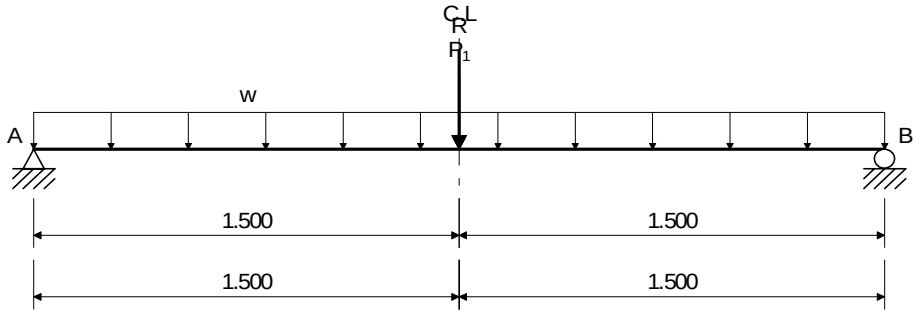


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

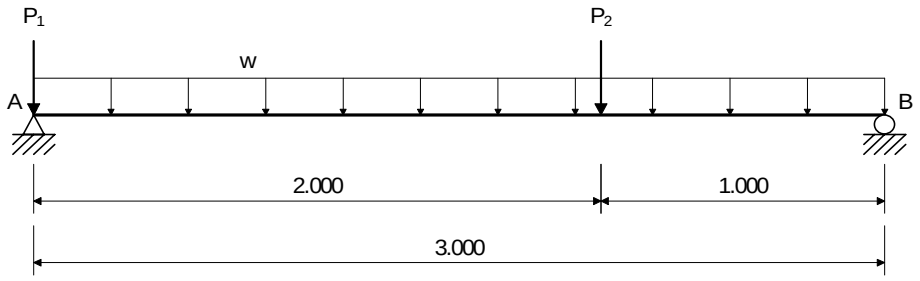
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (357.210 \times 1.500) / 3.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 269.271$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

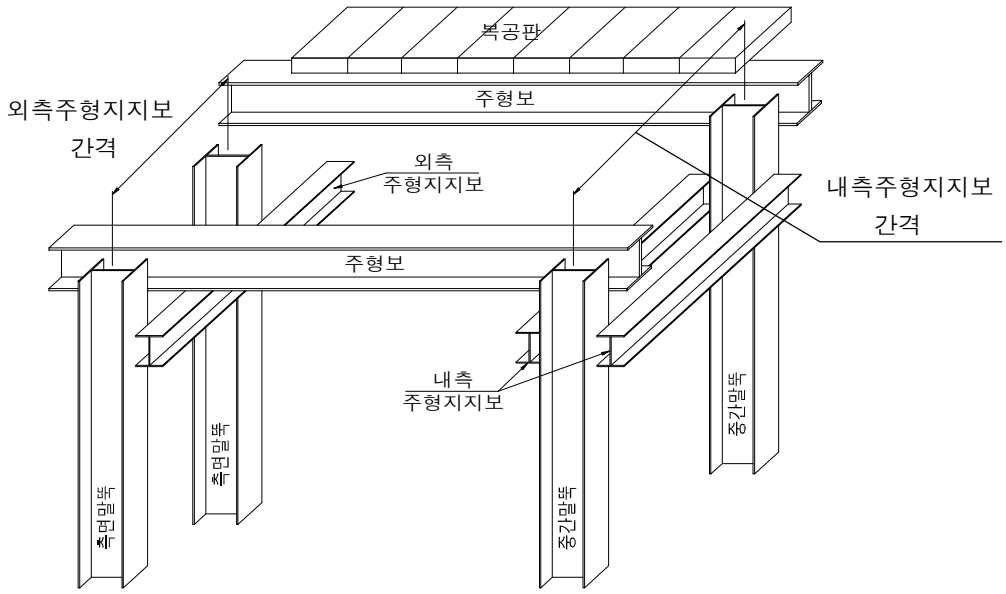
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

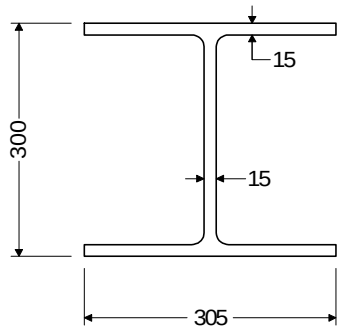
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

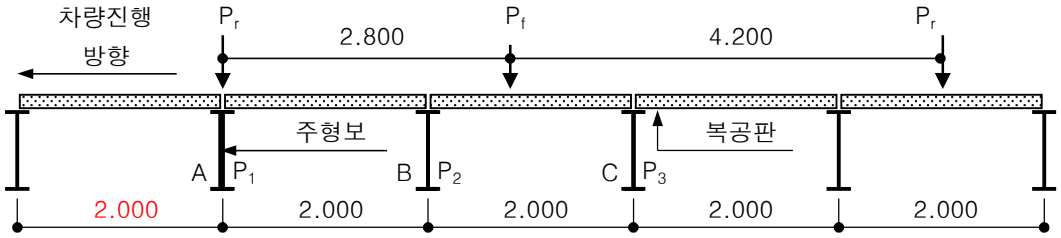


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



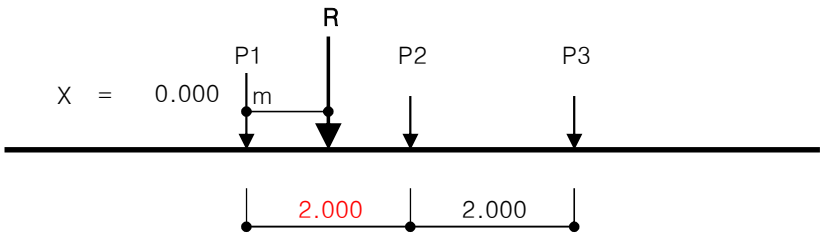
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 357.210

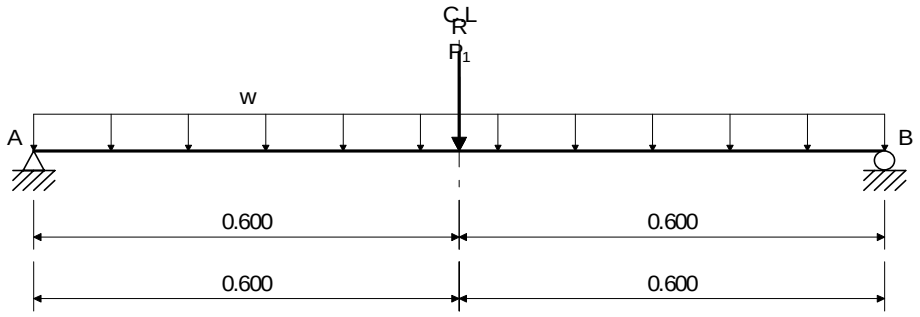
= 357.210 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 357.210

= 0.000 m

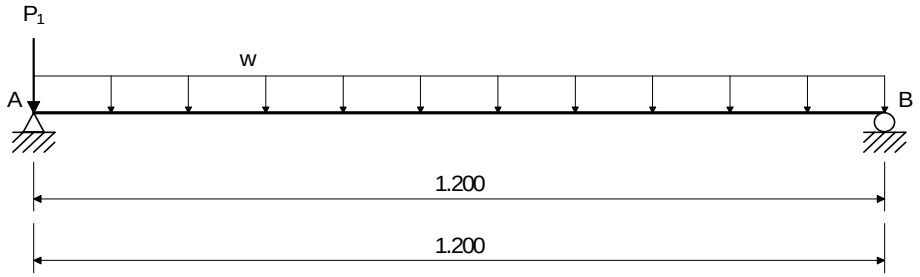
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.600) / L
= (357.210 x 0.600) / 1.200
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 107.350 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (357.210 x 1.200) / 1.200
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.20 / 2
= 357.833 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.350 x 1000000 / 1440000.0 = 74.548 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.833 x 1000 / 4050 = 88.354 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (74.548 + 74.548) / 74.548$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 74.548 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.354 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 357833 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.03 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.03 ea ---> O.K

7.지보재 설계

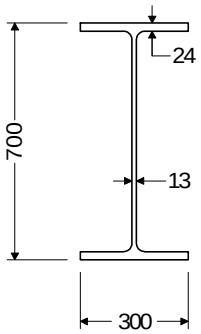
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 66.728 kN/m ---> Strut-1 (CS20 : Peck)
= 66.728 x 2.00 / 1 단
= 133.455 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 133.455 + 120.0 = 253.455 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 5760000.0 = 6.104 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 253.455 x 1000 / 23550 = 10.762 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.750 x 1000 / 8476 = 2.212 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.435

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (16.866 − 4.659) / 16.866

= 0.724

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 7500 / 293

25.597 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (25.597 − 18.6))

= 151.045 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 151.045 MPa

L_y / R_y = 7500 / 67.8

110.619 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 110.619^2)

= 71.290 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 71.290 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 71.290 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7500 / 300

= 25.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (25.000 − 4.6))

= 100.355 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 100.355 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (25.597)^2

= 2060.376 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 71.290 MPa > f_c = 10.762 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 100.355 MPa > f_b = 6.104 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.212 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{10.762}{71.290} + \frac{6.104}{100.355 \times (1 - (10.762 / 2060.376))}$$

$$= 0.212 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 10.762 + \frac{6.104}{1 - (10.762 / 2060.376)}$$

$$= 16.898 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.212 , 0.107)

= 0.212 < 1.0 ---> O.K

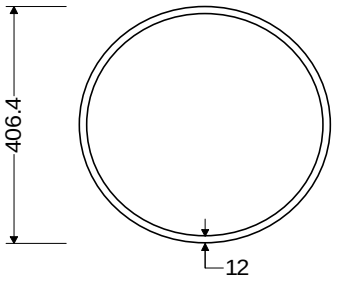
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 115.389 kN/m ---> Strut-2 (CS20 : Peck)
= 115.389 x 3.00 / 1 단
= 346.167 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 346.167 + 120.0 = 466.167 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 \times 1000000 / 1424000.0 = 24.688$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 466.167 \times 1000 / 14868.5 = 31.353$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.521$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.088 x 12)

= 15.562 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.088

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (56.041 − 6.664) / 56.041

= 0.881 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 31.353 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{31.353}{125.062} + \dfrac{24.688}{157.500 \times (1 - (31.353 / 467.046))}$

= 0.419 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 31.353 + \frac{24.688}{1 - (31.353 / 467.046)}$$

$$= 57.818 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.419 , 0.367)

= 0.419 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{56.041}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.449 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

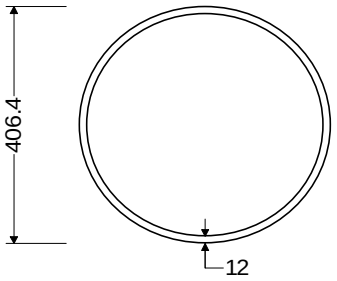
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 161.057 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.35 m)
= 161.057 x 3.00 / 1 단
= 483.170 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 483.170 + 120.0 = 603.170 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1424000.0 = 24.688 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 603.170 x 1000 / 14868.5 = 40.567 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.521 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.076 x 12)

= 15.742 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.076

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (65.255 − 15.879) / 65.255

= 0.757 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 40.567 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{40.567}{125.062} + \frac{24.688}{157.500 \times (1 - (40.567 / 467.046))}$

= 0.496 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 40.567 + \frac{24.688}{1 - (40.567 / 467.046)}$$

$$= 67.604 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.496 , 0.429)

= 0.496 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{65.255}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.523 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

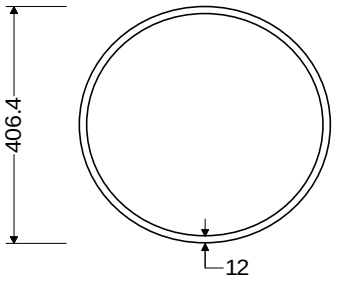
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 168.689 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 10.35 m)
= 168.689 x 3.00 / 1 단
= 506.066 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 506.066 + 120.0 = 626.066 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1424000.0 = 24.688 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 626.066 x 1000 / 14868.5 = 42.107 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.521 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.074 x 12)

= 15.768 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.074

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (66.795 − 17.419) / 66.795

= 0.739 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 42.107 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{42.107}{125.062} + \dfrac{24.688}{157.500 \times (1 - (42.107 / 467.046))}$

= 0.509 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 42.107 + \frac{24.688}{1 - (42.107 / 467.046)}$$

$$= 69.242 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.509 , 0.440)$$
$$= 0.509 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{66.795}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.535 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

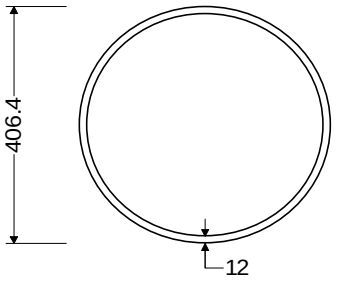
7.5 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 102.366 kN/m ---> Strut-7 (CS15 : 굴착 16.1 m)
= 102.366 x 3.00 / 1 단
= 307.099 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 307.099 + 120.0 = 427.099 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1424000.0 = 24.688 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 427.099 x 1000 / 14868.5 = 28.725 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.521 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.092 x 12)

= 15.500 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.092

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (53.413 − 4.037) / 53.413

= 0.924 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 28.725 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{28.725}{125.062} + \dfrac{24.688}{157.500 \times (1 - (28.725 / 467.046))}$

= 0.397 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 28.725 + \frac{24.688}{1 - (28.725 / 467.046)}$$

$$= 55.031 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.397 , 0.349)

= 0.397 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{53.413}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.428 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

7.6 Earth Anchor 설계 (Strut-5, Strut-6, Strut-8, Strut-9)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

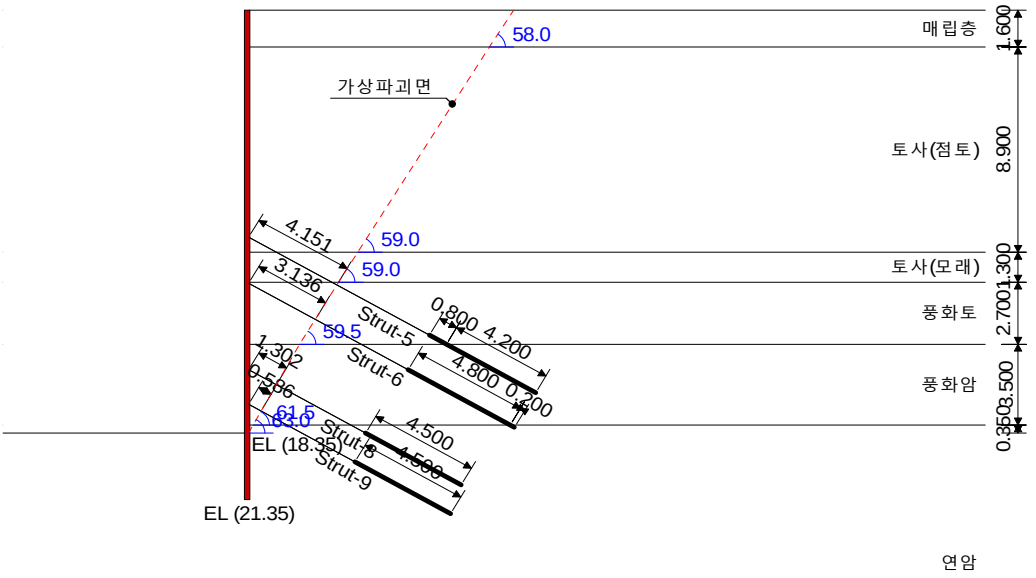
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
Strut-5	9.850	4.151	2.753	8.500	O.K
Strut-6	11.850	3.136	2.753	7.500	O.K
Strut-8	15.600	1.302	2.753	5.500	O.K
Strut-9	17.100	0.586	2.753	5.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 ($T_{req} = R_{max}$ x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
Strut-5	9.850	249.445	1.200	30	299.334
Strut-6	11.850	261.935	1.200	30	314.322
Strut-8	15.600	222.971	1.200	30	267.566
Strut-9	17.100	213.792	1.200	30	256.551

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
9.850	200000	3.0	98.71	4	9.0	26322.667
11.850	200000	3.0	98.71	4	8.0	29613.000
15.600	200000	3.0	98.71	4	6.0	39484.000
17.100	200000	3.0	98.71	4	5.5	43073.455

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
9.850	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
11.850	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
15.600	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
17.100	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Δ P_p (kN)	Δ P_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
9.850	299.334	26.323	24.796	350.452
11.850	314.322	29.613	24.796	368.731
15.600	267.566	39.484	24.796	331.846
17.100	256.551	43.073	24.796	324.420

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
9.850	350.452	110.160	4	3.181	O.K
11.850	368.731	110.160	4	3.347	O.K
15.600	331.846	110.160	4	3.012	O.K
17.100	324.420	110.160	4	2.945	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	500	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)
9.850	299.334	2.5	100.0	600.0	3.970
11.850	314.322	2.5	100.0	600.0	4.169
15.600	267.566	2.5	100.0	600.0	3.549
17.100	256.551	2.5	100.0	600.0	3.403

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
9.850	299.334	4.0	12.70	500.0	3.751
11.850	314.322	4.0	12.70	500.0	3.939
15.600	267.566	4.0	12.70	500.0	3.353
17.100	256.551	4.0	12.70	500.0	3.215

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
9.850	3.970	3.751	5.0	O.K
11.850	4.169	3.939	5.0	O.K
15.600	3.549	3.353	4.5	O.K
17.100	3.403	3.215	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
9.850	8.500	1.500	5.000	15.000
11.850	7.500	1.500	5.000	14.000
15.600	5.500	1.500	4.500	11.500
17.100	5.000	1.500	4.500	11.000

마. ELONGATION 산정

$$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$$

여기서, Lel = 신장량 (mm)
JFreq = JACKING FORCE (kN)
L = 자유장 + 0.5 m
Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)
N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
9.850	350.452	9.0	200000	98.71	4	39.941
11.850	368.731	8.0	200000	98.71	4	37.355
15.600	331.846	6.0	200000	98.71	4	25.214
17.100	324.420	5.5	200000	98.71	4	22.595

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
9.850	1.20	30.0	8.500	1.500	5.000	350.452
11.850	1.20	30.0	7.500	1.500	5.000	368.731
15.600	1.20	30.0	5.500	1.500	4.500	331.846
17.100	1.20	30.0	5.000	1.500	4.500	324.420

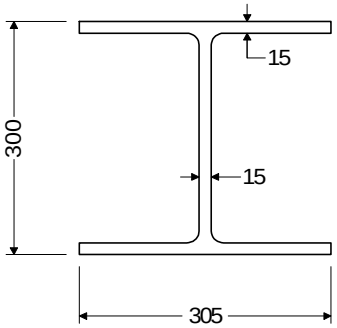
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

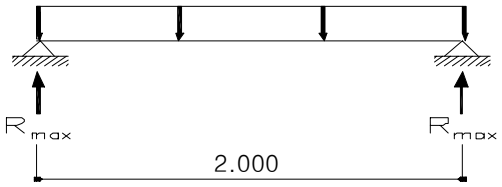
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 66.728 kN/m ---> Strut-1 (CS20 : Peck)

P = 66.728 × 2.00 m / 1 ea = 133.455 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 133.455 / (13 \times 2.000)$

$= 61.595$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 61.595 \times 2.000^2 / 8$

$= 30.797$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$

$= 1 \times 61.595 \times 2.000 / 2$

$= 61.595$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 30.797 x 1000000 / 1440000.0 = 21.387 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 61.595 x 1000 / 4050 = 15.209 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (21.387 + 21.387) / 21.387

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 21.387 MPa ---> O.K

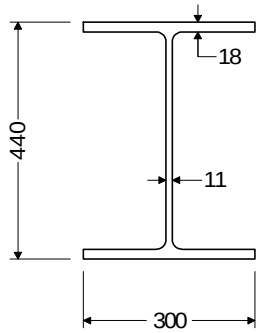
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 15.209 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

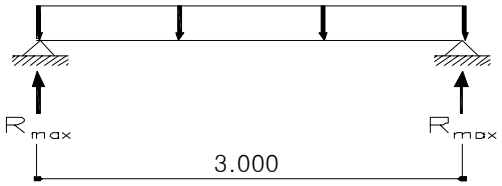
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 115.389 kN/m ---> Strut-2 (CS20 : Peck)

P = 115.389 × 3.00 m / 1 ea = 346.167 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 346.167 / (13 × 3.000)
= 106.513 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 106.513 × 3.000^2 / 8
= 119.827 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 106.513 × 3.000 / 2
= 159.769 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 119.827 x 1000000 / 2550000.0 = 46.991 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 159.769 x 1000 / 4444 = 35.952 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (46.991 + 46.991) / 46.991

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 46.991 MPa ---> O.K

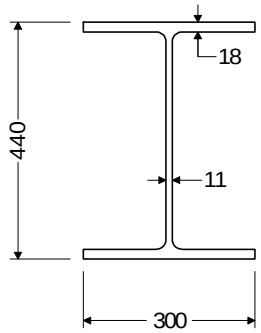
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 35.952 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

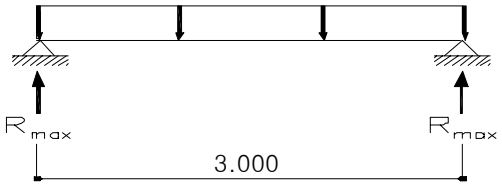
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 161.057 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.35 m)

P = 161.057 × 3.00 m / 1 ea = 483.170 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 483.170 / (13 × 3.000)
= 148.668 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 148.668 × 3.000^2 / 8
= 167.251 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 148.668 × 3.000 / 2
= 223.002 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.251 x 1000000 / 2550000.0 = 65.589 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 223.002 x 1000 / 4444 = 50.180 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (65.589 + 65.589) / 65.589

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 65.589 MPa ---> O.K

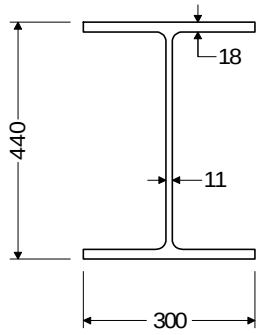
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 50.180 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

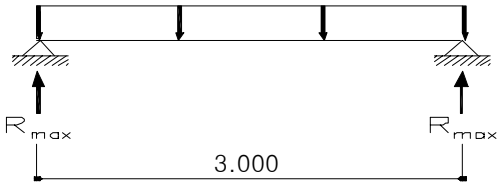
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 168.689 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 10.35 m)

P = 168.689 × 3.00 m / 1 ea = 506.066 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 506.066 / (13 × 3.000)
= 155.713 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 155.713 × 3.000 ^{2} / 8
= 175.177 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 155.713 × 3.000 / 2
= 233.569 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 175.177 x 1000000 / 2550000.0 = 68.697 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 233.569 x 1000 / 4444 = 52.558 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (68.697 + 68.697) / 68.697

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 68.697 MPa ---> O.K

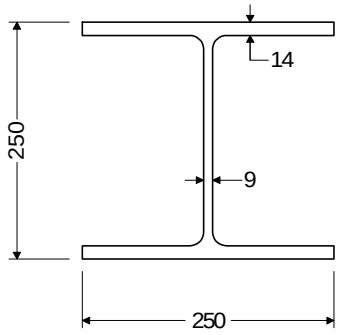
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 52.558 MPa ---> O.K

8.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

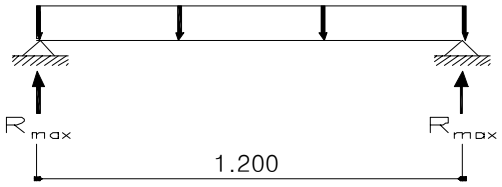
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



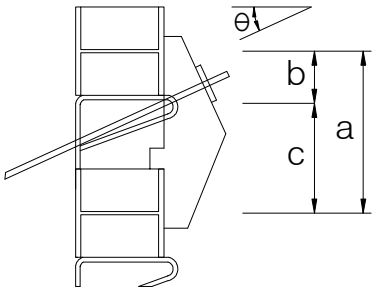
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 350.452 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 350.452 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 216.865$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 216.865 / (13 \times 1.200)$
$= 166.819$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 166.819 \times 1.200^2 / 8$
$= 30.027$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 166.819 \times 1.200 / 2$
$= 100.092$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 30.027 \times 1000000 / 867000.0 = 34.634$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 100.092 \times 1000 / 1998 = 50.096$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (34.634 + 34.634) / 34.634

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 34.634 MPa ---> O.K

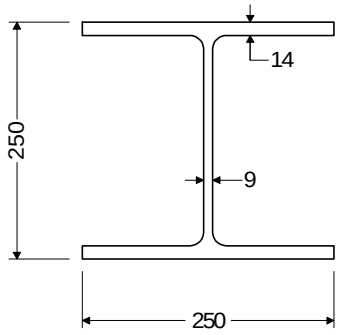
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 50.096 MPa ---> O.K

8.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

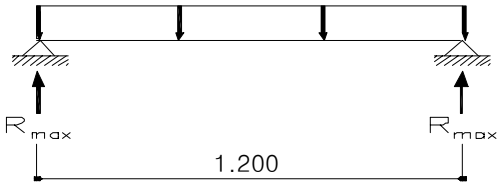
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



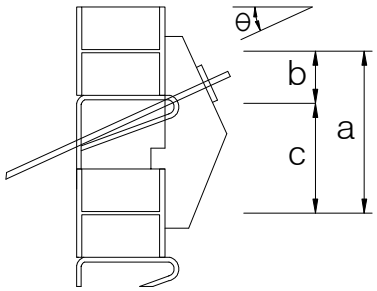
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 368.731 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 368.731 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 228.176$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 228.176 / (13 \times 1.200)$
$= 175.520$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 175.520 \times 1.200^2 / 8$
$= 31.594$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 175.520 \times 1.200 / 2$
$= 105.312$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 31.594 \times 1000000 / 867000.0 = 36.440$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 105.312 \times 1000 / 1998 = 52.709$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 14.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (36.440 + 36.440) / 36.440$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1200 / 250$

$= 4.800$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (4.800 - 4.6))$

$= 156.940$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 156.940$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 156.940$ MPa > $f_b = 36.440$ MPa ---> O.K

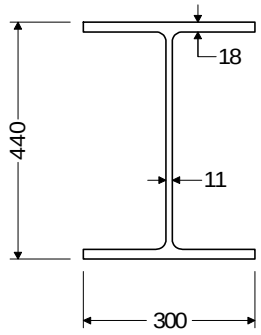
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 52.709$ MPa ---> O.K

8.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

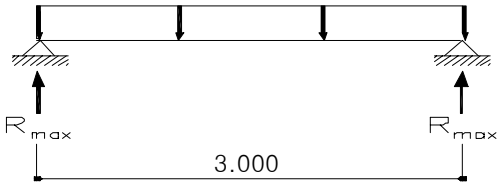
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 102.366 kN/m ---> Strut-7 (CS15 : 굴착 16.1 m)

P = 102.366 × 3.00 m / 1 ea = 307.099 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 307.099 / (13 × 3.000)
= 94.492 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 94.492 × 3.000 ^{2} / 8
= 106.303 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 94.492 × 3.000 / 2
= 141.738 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.303 x 1000000 / 2550000.0 = 41.688 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 141.738 x 1000 / 4444 = 31.894 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (41.688 + 41.688) / 41.688

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 41.688 MPa ---> O.K

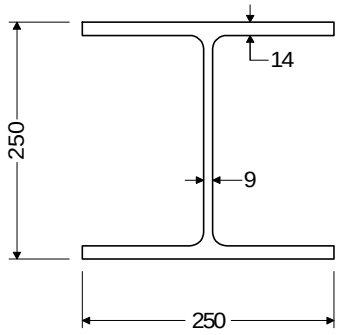
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 31.894 MPa ---> O.K

8.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

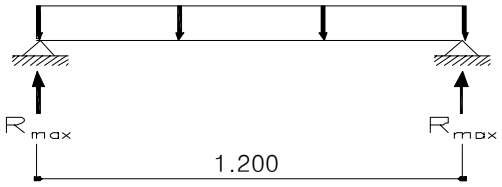
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



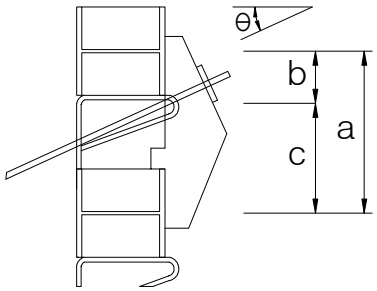
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 331.846 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 331.846 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 205.351$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 205.351 / (13 \times 1.200)$
$= 157.962$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 157.962 \times 1.200^2 / 8$
$= 28.433$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 157.962 \times 1.200 / 2$
$= 94.777$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 28.433 \times 1000000 / 867000.0 = 32.795$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 94.777 \times 1000 / 1998 = 47.436$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 14.000$ ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (32.795 + 32.795) / 32.795$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1200 / 250$

$= 4.800$ ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (4.800 - 4.6))$

$= 156.940$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 156.940$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 156.940$ MPa > $f_b = 32.795$ MPa ---> O.K

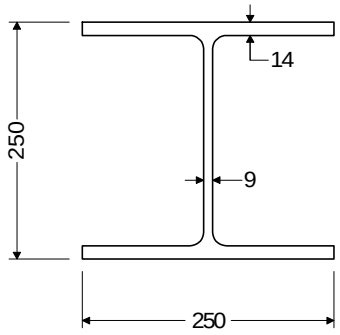
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 47.436$ MPa ---> O.K

8.9 Strut-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

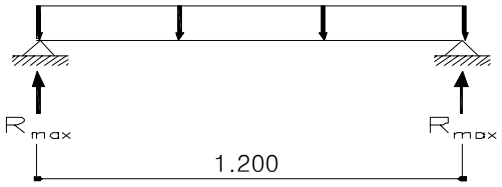
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



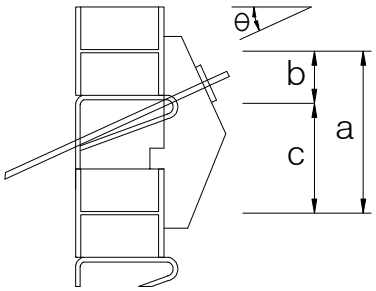
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 324.420 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 324.420 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 200.756$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 200.756 / (13 \times 1.200)$
$= 154.428$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 154.428 \times 1.200^2 / 8$
$= 27.797$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 154.428 \times 1.200 / 2$
$= 92.657$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 27.797 \times 1000000 / 867000.0 = 32.061$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 92.657 \times 1000 / 1998 = 46.375$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 14.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (32.061 + 32.061) / 32.061$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1200 / 250$

$= 4.800$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (4.800 - 4.6))$

$= 156.940$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 156.940$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 156.940$ MPa > $f_b = 32.061$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 46.375$ MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

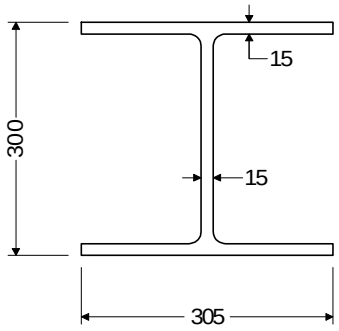
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	357.210	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	22.600	kN				
라. 버팀보 자중	=	32.100	kN				
마. 띠장 자중	=	11.200	kN				
바. 지보재 수직분력	=	474.072	×	1.200	=	568.886	kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	#######	kN				

최대모멘트, M_{max} = 90.790 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS18 : 생성 Strut-9)

최대전단력, S_{max} = 146.935 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 12.35 m)

▶ Pmax = 1043.296 kN

▶ Mmax = 90.790 × 1.200 = 108.948 kN·m

▶ Smax = 146.935 × 1.200 = 176.322 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 108.948 x 1000000 / 1440000.0 = 75.659 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1043.296 x 1000 / 13480 = 77.396 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 176.322 x 1000 / 4050 = 43.536 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 1.764

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (153.054 - 1.737) / 153.054$

= 0.989

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2800 / 126

22.222 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (22.222 − 16))

= 204.720 MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 204.720 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2800 / 305

= 9.180 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (9.180 − 4))

= 190.963 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

= 190.963 MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (22.222)^2$

= 2733.750 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 204.720 MPa > f_c = 77.396 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 190.963 MPa > f_b = 75.659 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 43.536 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{77.396}{204.720} + \dfrac{75.659}{190.963 \times (1 - (77.396 / 2733.750))}$

= 0.786 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 77.396 + \frac{75.659}{1 - (77.396 / 2733.750)}$$

$$= 155.259 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.786 , 0.726)
= 0.786 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 13.5 mm ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 10.35 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 18.350 x 1000 x 0.002 = 36.700 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 1043.30 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$
= 341.350 tonf
= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0
= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

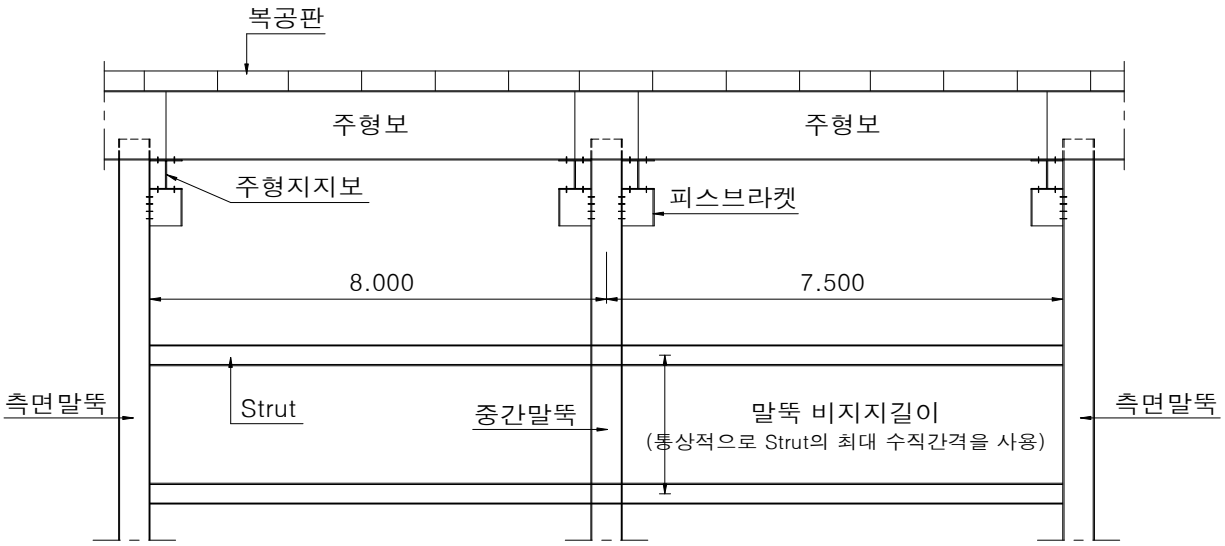
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 7.500 = 15.500 m

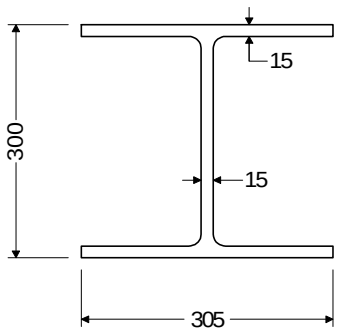
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 22.600 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 24.100 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 4.820 kN

ΣP_s = 60.060 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

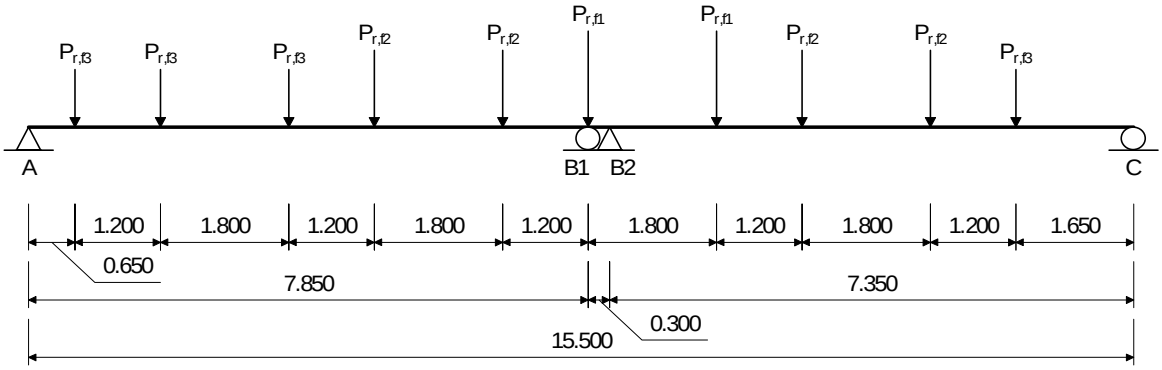
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850 + 70.200 x 0.650) / 7.850

= 316.918 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 70.200 x 1.650) / 7.350

= 210.600 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 316.918 x 1.00 = 316.918 kN

P_{r2} = 210.600 x 1.00 = 210.600 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850 + 17.550 x 0.650) / 7.850

= 79.230 kN

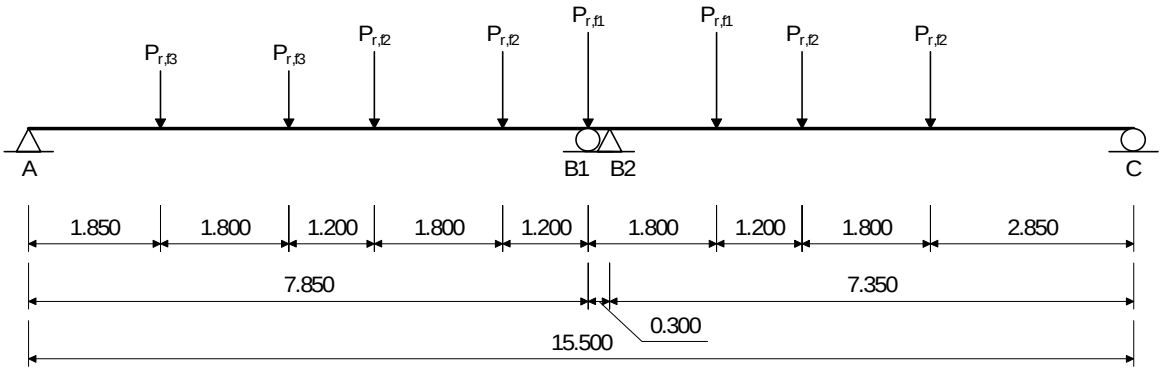
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 17.550 x 1.650) / 7.350

= 52.650 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.230 x 1.00 = 79.230 kN

P_{f2} = 52.650 x 1.00 = 52.650 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850) / 7.850

= 311.106 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 311.106 x 1.00 = 311.106 kN

P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850) / 7.850

= 77.776 kN

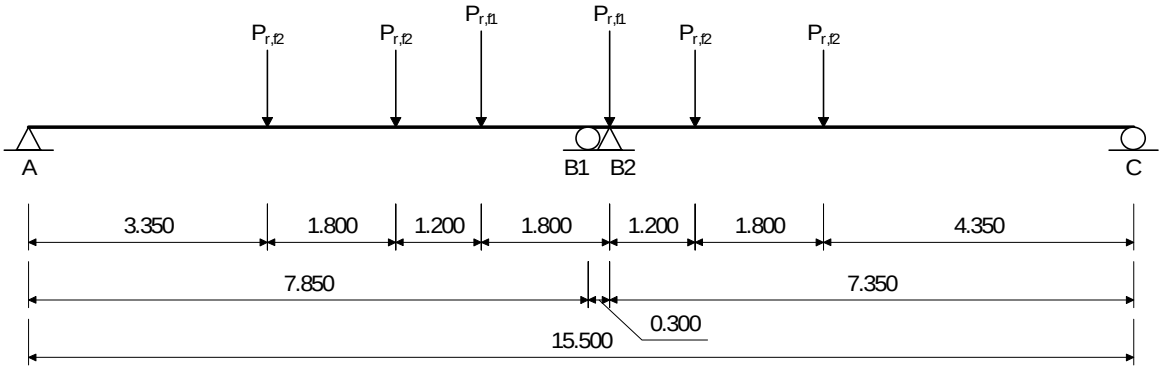
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 77.776 x 1.00 = 77.776 kN

P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 7.850

= 202.303 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350
= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 202.303 x 1.00 = 202.303 kN
P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

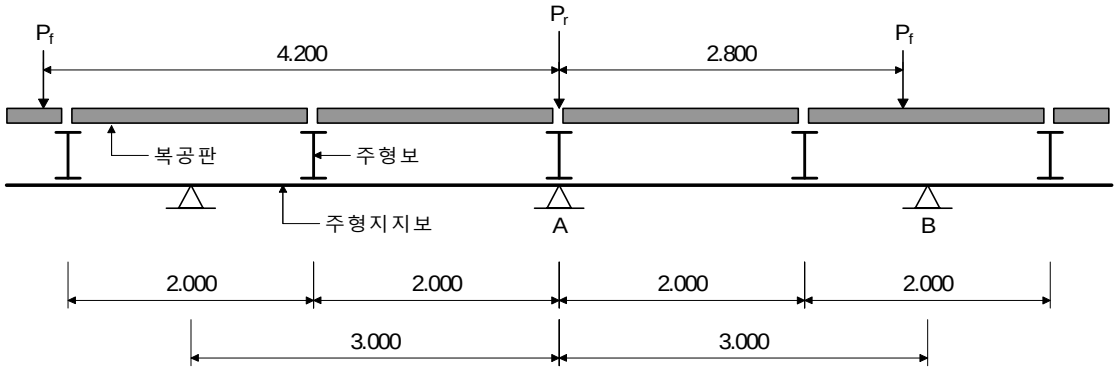
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 7.850
= 50.576 kN

R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350
= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 50.576 x 1.00 = 50.576 kN
P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (316.918 x 3.000 + 79.230 x 0.200) / 3.000
= 322.200 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00
= 322.200 + 22.200 x 3.00 / 2.00 = 355.500 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000
= 262.823 kN

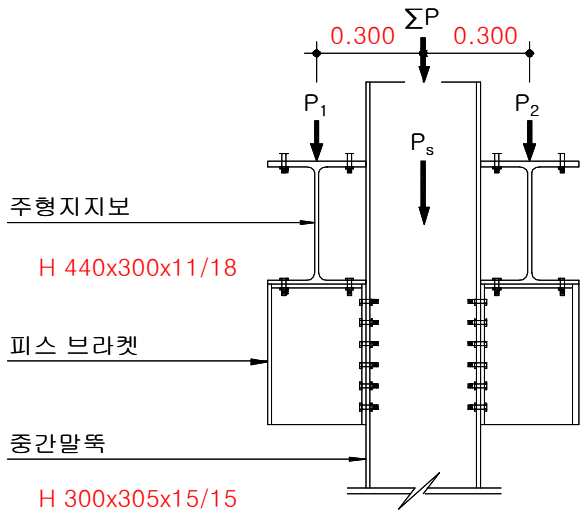
▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s
= 355.500 + 294.042 + 60.060 = 709.602 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 236.534 x 1000 / 13480 = 17.547 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.650 x 1000000 / 1440000 = 74.063 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 355.500 x 0.300 = 106.650 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.910

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.610 − −56.516) / 91.610

= 1.617

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 4500 / 126

35.714 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (35.714 − 16))

= 185.140 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 185.140 MPa

L_y / R_y = 4500 / 72.6

61.983 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (61.983 − 16))

= 147.016 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 147.016 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 147.016 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4500 / 305

= 14.754 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (14.754 − 4))

= 166.445 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 166.445 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (35.714)^2

= 1058.400 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 147.016 MPa > f_c = 17.547 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 166.445 MPa > f_b = 74.063 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{17.547}{147.016} + \frac{74.063}{166.445 \times (1 - (17.547 / 1058.400))}$

= 0.572 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 17.547 + \frac{74.063}{1 - (17.547 / 1058.400)}$

= 92.858 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.572 , 0.434)

= 0.572 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 236.53 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

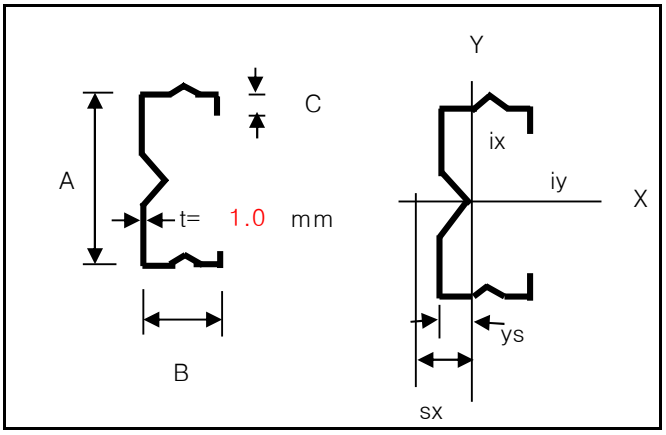
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

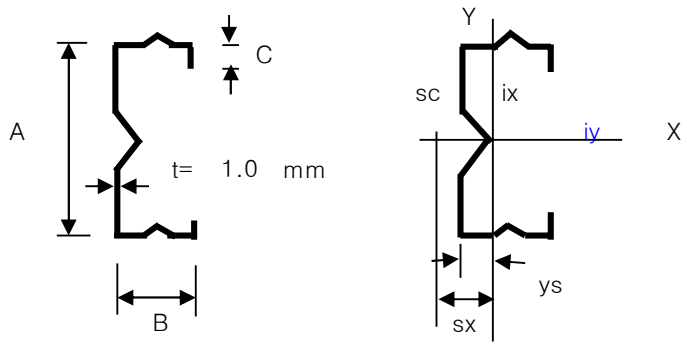
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 18.35m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	351.4
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

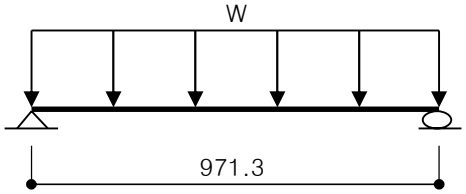
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1215 MPa ---> (CS21 : 해체1:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 121.5 kN/m^2 x 0.2000 m = 24.3 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 24.3 x 0.97 ^{2}/ 8 = 2.9 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 24.3 x 0.97 / 2 = 11.8 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2865293 / 22,580 = 126.90 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2865293 / 23,230 = 123.34 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 11800 / 196 = 60.21 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 351.446 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 351.446 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 126.90 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 123.34 MPa < f_{ba} = 351.45 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 60.21 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 18.35 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.60	18.00	19.00	0.00	26.00	4	-	12000.00
2	토사(점토)	10.50	17.00	18.00	0.00	28.00	6	-	20000.00
3	토사(모래)	11.80	18.00	19.00	0.00	28.00	13	-	20000.00
4	풍화토	14.50	20.00	21.00	21.00	29.00	27	-	31000.00
5	풍화암	18.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	50000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	21.35	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	7.5	0	1
2	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.31	3	7.5	50	1
3	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.1	3	7.5	50	1
4	Strut-4	P 406.4x12	SS400	7.85	3	7.5	50	1
5	Strut-7	P 406.4x12	SS400	13.74	3	7.5	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	9.85	1.2	30	8.5	250
2	Strut-6	Strand12.7x4EA	SWPC7B	11.85	1.2	30	7.5	250
3	Strut-8	Strand12.7x4EA	SWPC7B	15.6	1.2	30	5.5	250
4	Strut-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	17.1	1.2	30	5	250

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 8.6 m, 수위차 = 18.35 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.81	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	5.60	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.35	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	10.35	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	12.35	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	14.24	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	16.10	-	-	-	-	-	-	O	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	17.60	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-9		-	-	-	-	X	X
19	18.35	-	-	-	-	-	-	X	X
20	18.35	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
21	17.60	-	-	-	-	-	-	X	X
22	-		Strut-9	-	-	-	-	X	X
23	16.10	-	-	-	-	-	-	X	X
24	-		Strut-8	-	-	-	-	X	X
25	14.24	-	-	-	-	-	-	X	X
26	-		Strut-7	-	-	-	-	X	X
27	12.35	-	-	-	-	-	-	X	X
28	-		Strut-6	-	-	-	-	X	X
29	10.35	-	-	-	-	-	-	X	X
30	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
31	8.35	-	-	-	-	-	-	X	X
32	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
33	5.60	-	-	-	-	-	-	X	X
34	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
35	2.81	-	-	-	-	-	-	X	X
36	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
37	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
38	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
39	0.10	-	-	-	-	-	-	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.28	1.3	-3.84	4.6	0.93	10.4	-12.22	2.8
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.31	1.3	-3.74	5.1	0.94	10.4	-12.19	2.8
CS3 : 굴착 2.81 m	2.81	15.63	3.3	-22.88	0.6	17.18	2.0	-7.56	5.6
CS4 : 생성 Strut-2	2.81	9.04	2.3	-14.53	0.6	6.49	1.6	-5.95	5.1
CS5 : 굴착 5.6 m	5.60	41.12	2.3	-72.51	2.3	42.85	5.1	-54.27	2.3
CS6 : 생성 Strut-3	5.60	35.16	2.3	-63.66	2.3	32.39	4.6	-43.78	2.3
CS7 : 굴착 8.35 m	8.35	44.76	5.1	-116.30	5.1	80.28	7.4	-61.51	5.1
CS8 : 생성 Strut-4	8.35	39.91	5.1	-106.26	5.1	68.90	7.4	-49.68	5.1
CS9 : 굴착 10.35 m	10.35	57.58	11.4	-123.55	7.9	89.48	9.9	-41.20	5.1
CS10 : 생성 Strut-5	10.35	111.86	9.9	-111.40	5.1	78.57	7.4	-51.87	5.1
CS11 : 굴착 12.35 m	12.35	69.16	12.8	-146.93	9.9	78.96	11.4	-42.45	5.1
CS12 : 생성 Strut-6	12.35	105.61	11.9	-109.30	5.1	74.16	7.4	-67.53	11.9
CS13 : 굴착 14.24 m	14.24	98.91	9.9	-141.41	11.9	71.05	13.7	-54.43	9.9
CS14 : 생성 Strut-7	14.24	98.89	9.9	-135.06	11.9	60.86	13.3	-51.92	9.9
CS15 : 굴착 16.1 m	16.10	107.80	9.9	-122.42	11.9	72.14	14.9	-75.33	11.9
CS16 : 생성 Strut-8	16.10	131.94	15.6	-140.29	11.9	85.39	13.7	-66.75	15.6
CS17 : 굴착 17.6 m	17.60	118.65	15.6	-135.50	11.9	70.91	13.7	-58.84	11.9
CS18 : 생성 Strut-9	17.60	132.35	15.6	-142.15	11.9	90.79	13.7	-76.49	17.1
CS19 : 굴착 18.35 m	18.35	134.26	15.6	-146.65	17.1	89.95	13.7	-75.43	17.1
CS20 : Peck	18.35	96.46	15.6	-121.66	17.1	34.06	14.2	-50.95	9.9
CS21 : 해체1	17.60	132.31	15.6	-142.14	11.9	90.77	13.7	-76.30	17.1
CS22 : 해체2	17.60	118.63	15.6	-135.51	11.9	70.94	13.7	-58.82	11.9
CS23 : 해체3	16.10	131.91	15.6	-140.36	11.9	85.57	13.7	-66.51	15.6
CS24 : 해체4	16.10	107.76	9.9	-122.58	11.9	72.34	14.9	-75.15	11.9
CS25 : 해체5	14.24	103.04	9.9	-137.07	11.9	76.98	13.7	-55.87	9.9
CS26 : 해체6	14.24	103.05	9.9	-126.32	11.9	63.17	7.4	-56.82	11.9
CS27 : 해체7	12.35	105.23	9.9	-111.36	5.1	78.28	7.4	-69.71	11.9
CS28 : 해체8	12.35	74.26	9.9	-136.62	9.9	67.55	11.4	-43.80	5.1
CS29 : 해체9	10.35	113.88	9.9	-112.74	5.1	81.25	7.4	-52.26	5.1
CS30 : 해체10	10.35	56.54	10.9	-116.22	7.9	83.85	9.4	-42.18	5.1
CS31 : 해체11	8.35	40.90	9.0	-106.76	5.1	70.00	7.4	-49.74	5.1
CS32 : 해체12	8.35	46.13	9.0	-114.02	5.1	78.46	7.4	-58.06	5.1
CS33 : 해체13	5.60	35.16	2.3	-63.65	2.3	32.36	4.6	-43.77	2.3
CS34 : 해체14	5.60	41.11	2.3	-72.48	2.3	42.78	5.1	-54.24	2.3
CS35 : 해체15	2.81	9.04	2.3	-14.54	0.6	6.50	1.6	-5.91	5.1
CS36 : 해체16	2.81	15.62	3.3	-22.89	0.6	17.19	2.0	-7.54	5.6
CS37 : 해체17	1.05	9.30	1.3	-3.74	5.1	2.49	14.2	-12.17	2.8
CS38 : 해체18	1.05	9.28	1.3	-3.73	5.1	2.49	14.2	-12.15	2.8
CS39 : 해체19	0.10	3.21	15.6	-1.76	18.4	2.60	14.2	-2.87	17.1
TOTAL		134.26	15.6	-146.93	9.9	90.79	13.7	-76.49	17.1

13.1.2 지보재 반력 집계

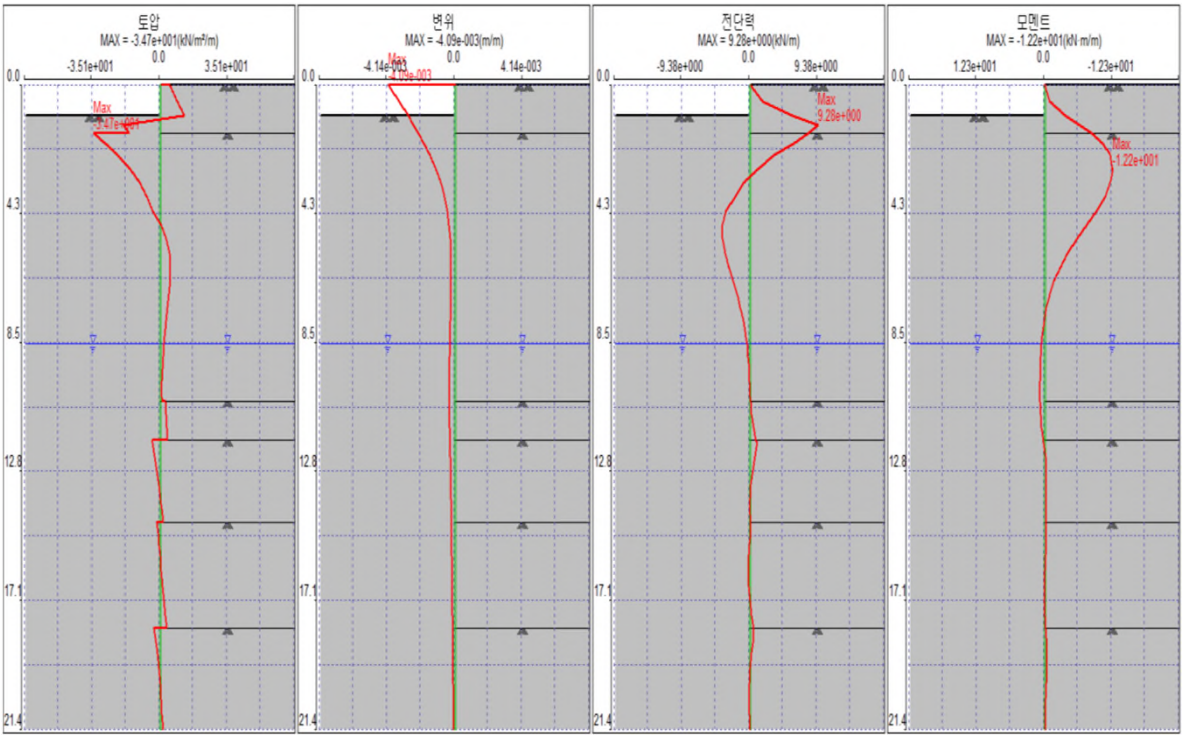
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-7
		0.55 (m)	2.31 (m)	5.1 (m)	7.85 (m)	13.74 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-0.02	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.81 m	2.81	24.62	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	2.81	16.26	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 5.6 m	5.60	-15.82	113.63	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	5.60	-9.86	98.83	16.66	-	-
CS7 : 굴착 8.35 m	8.35	-3.60	56.44	161.06	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	8.35	-4.55	62.21	146.17	16.65	-
CS9 : 굴착 10.35 m	10.35	-4.44	65.08	109.91	168.69	-
CS10 : 생성 Strut-5	10.35	-4.47	61.30	152.15	14.18	-
CS11 : 굴착 12.35 m	12.35	-4.63	64.94	120.96	84.26	-
CS12 : 생성 Strut-6	12.35	-4.46	61.43	149.90	26.07	-
CS13 : 굴착 14.24 m	14.24	-4.59	63.24	136.88	40.39	-
CS14 : 생성 Strut-7	14.24	-4.57	63.07	138.09	39.38	16.67
CS15 : 굴착 16.1 m	16.10	-4.55	62.36	144.45	23.31	102.37
CS16 : 생성 Strut-8	16.10	-4.57	62.84	140.40	32.12	-9.15
CS17 : 굴착 17.6 m	17.60	-4.56	62.71	141.47	29.90	8.86
CS18 : 생성 Strut-9	17.60	-4.57	62.89	140.00	32.92	-11.39
CS19 : 굴착 18.35 m	18.35	-4.57	62.88	140.06	32.81	-12.98
CS20 : Peck	18.35	66.73	115.39	156.08	88.94	84.99
CS21 : 해체1	17.60	-4.57	62.89	140.00	32.92	-11.33
CS22 : 해체2	17.60	-4.56	62.71	141.47	29.91	8.86
CS23 : 해체3	16.10	-4.57	62.84	140.39	32.15	-9.18
CS24 : 해체4	16.10	-4.55	62.36	144.42	23.38	101.96
CS25 : 해체5	14.24	-4.56	62.75	141.08	31.03	-29.37
CS26 : 해체6	14.24	-4.54	62.46	143.12	29.27	-
CS27 : 해체7	12.35	-4.45	61.20	152.20	19.28	-
CS28 : 해체8	12.35	-4.61	64.42	125.51	73.55	-
CS29 : 해체9	10.35	-4.47	61.16	153.63	9.28	-
CS30 : 해체10	10.35	-4.43	64.71	113.46	158.16	-
CS31 : 해체11	8.35	-4.56	62.21	146.69	12.69	-
CS32 : 해체12	8.35	-3.90	58.15	157.35	-	-
CS33 : 해체13	5.60	-9.86	98.80	16.64	-	-
CS34 : 해체14	5.60	-15.81	113.58	-	-	-
CS35 : 해체15	2.81	16.27	16.67	-	-	-
CS36 : 해체16	2.81	24.63	-	-	-	-
CS37 : 해체17	1.05	-0.01	-	-	-	-
CS38 : 해체18	1.05	-	-	-	-	-
CS39 : 해체19	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		66.73	115.39	161.06	168.69	102.37

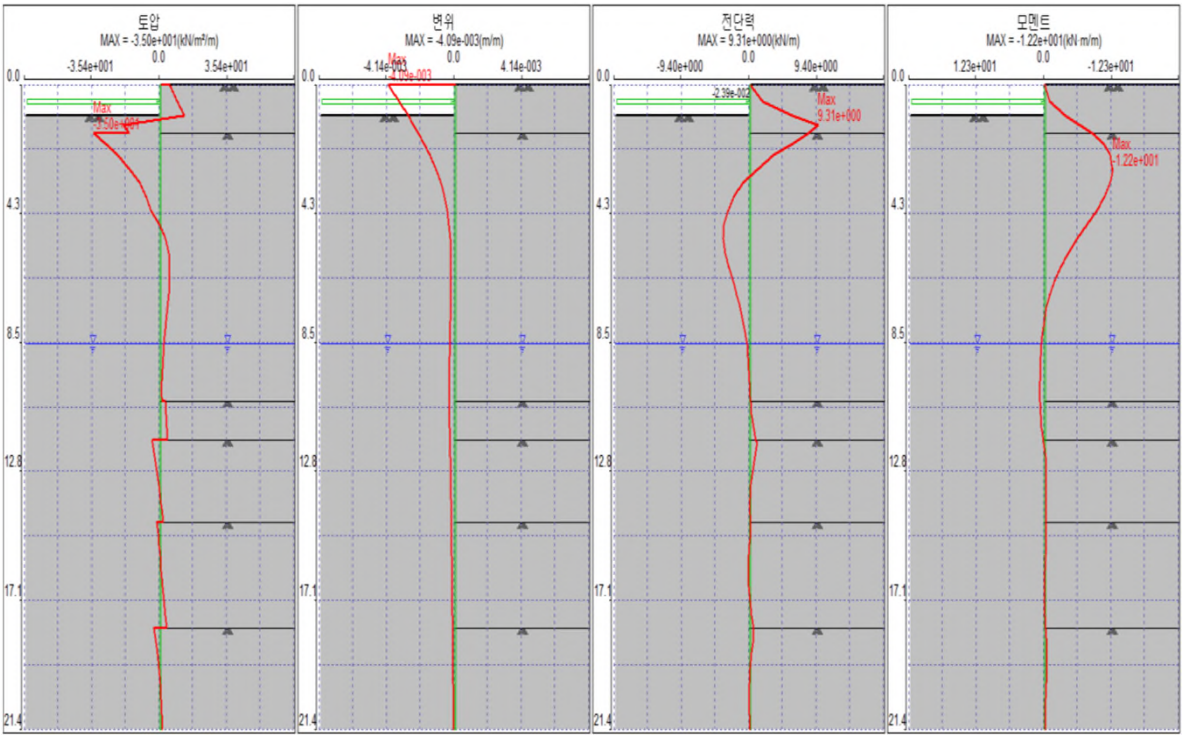
시공단계	굴착 깊이	Strut-5	Strut-6	Strut-8	Strut-9	
		9.85 (m)	11.85 (m)	15.6 (m)	17.1 (m)	
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-	-	
CS3 : 굴착 2.81 m	2.81	-	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-2	2.81	-	-	-	-	
CS5 : 굴착 5.6 m	5.60	-	-	-	-	
CS6 : 생성 Strut-3	5.60	-	-	-	-	
CS7 : 굴착 8.35 m	8.35	-	-	-	-	
CS8 : 생성 Strut-4	8.35	-	-	-	-	
CS9 : 굴착 10.35 m	10.35	-	-	-	-	
CS10 : 생성 Strut-5	10.35	208.38	-	-	-	
CS11 : 굴착 12.35 m	12.35	249.45	-	-	-	
CS12 : 생성 Strut-6	12.35	210.71	208.33	-	-	
CS13 : 굴착 14.24 m	14.24	229.23	261.94	-	-	
CS14 : 생성 Strut-7	14.24	227.49	256.43	-	-	
CS15 : 굴착 16.1 m	16.10	219.26	244.53	-	-	
CS16 : 생성 Strut-8	16.10	224.62	253.46	208.33	-	
CS17 : 굴착 17.6 m	17.60	223.19	250.91	222.97	-	
CS18 : 생성 Strut-9	17.60	225.17	254.51	202.09	208.33	
CS19 : 굴착 18.35 m	18.35	225.08	254.31	203.40	213.79	
CS20 : Peck	18.35	201.96	204.76	199.67	194.64	
CS21 : 해체1	17.60	225.16	254.51	202.11	208.32	
CS22 : 해체2	17.60	223.20	250.91	222.93	-	
CS23 : 해체3	16.10	224.64	253.50	208.11	-	
CS24 : 해체4	16.10	219.31	244.62	-	-	
CS25 : 해체5	14.24	223.69	251.31	-	-	
CS26 : 해체6	14.24	220.75	242.05	-	-	
CS27 : 해체7	12.35	207.83	204.68	-	-	
CS28 : 해체8	12.35	243.50	-	-	-	
CS29 : 해체9	10.35	206.57	-	-	-	
CS30 : 해체10	10.35	-	-	-	-	
CS31 : 해체11	8.35	-	-	-	-	
CS32 : 해체12	8.35	-	-	-	-	
CS33 : 해체13	5.60	-	-	-	-	
CS34 : 해체14	5.60	-	-	-	-	
CS35 : 해체15	2.81	-	-	-	-	
CS36 : 해체16	2.81	-	-	-	-	
CS37 : 해체17	1.05	-	-	-	-	
CS38 : 해체18	1.05	-	-	-	-	
CS39 : 해체19	0.10	-	-	-	-	
TOTAL		249.45	261.94	222.97	213.79	

13.2 시공단계별 단면력도

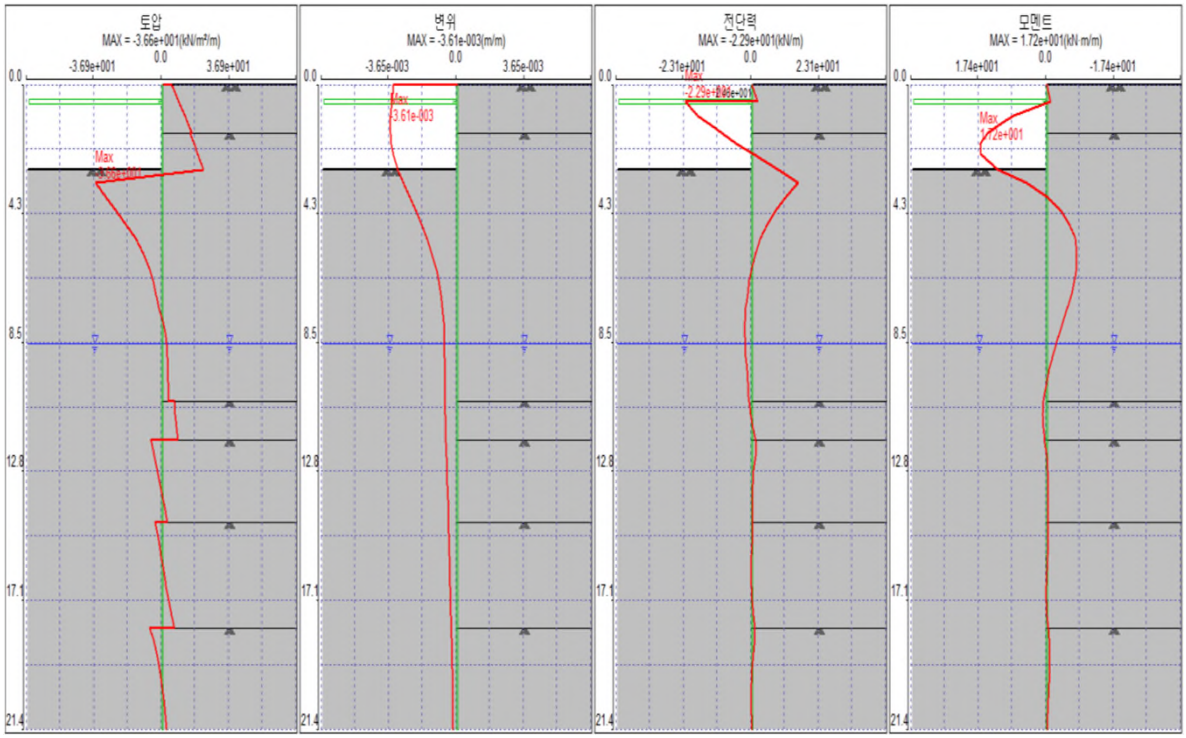
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



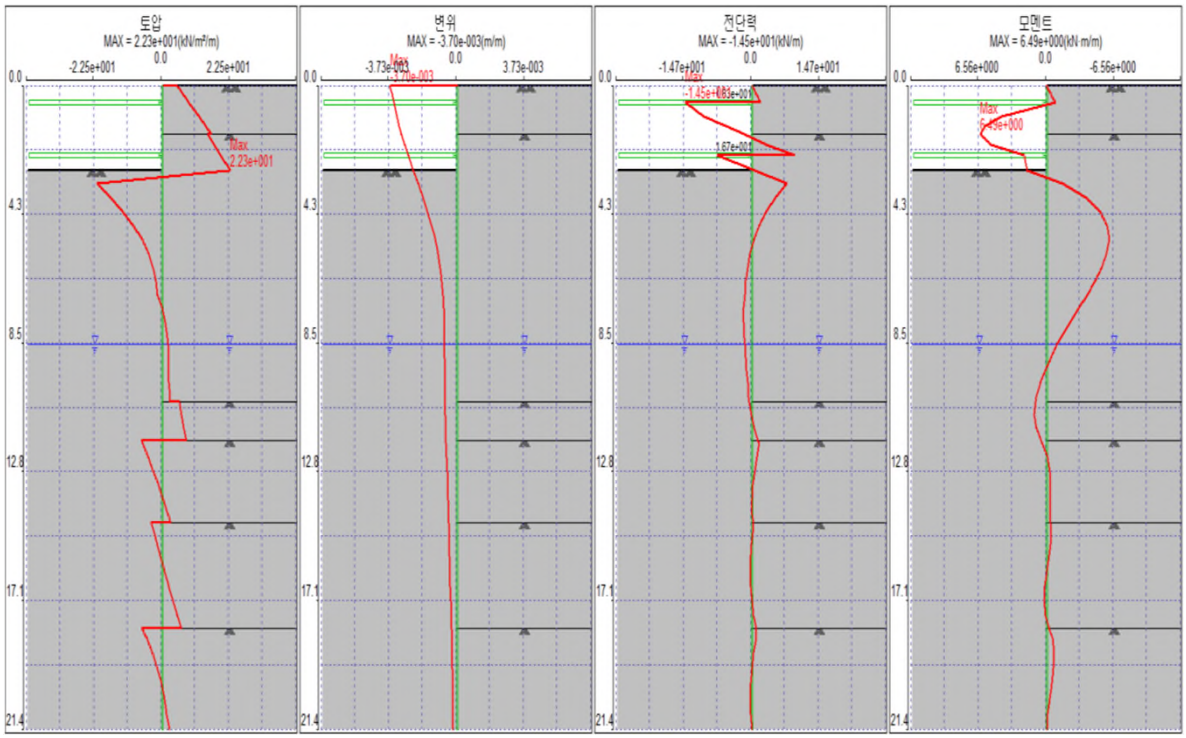
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



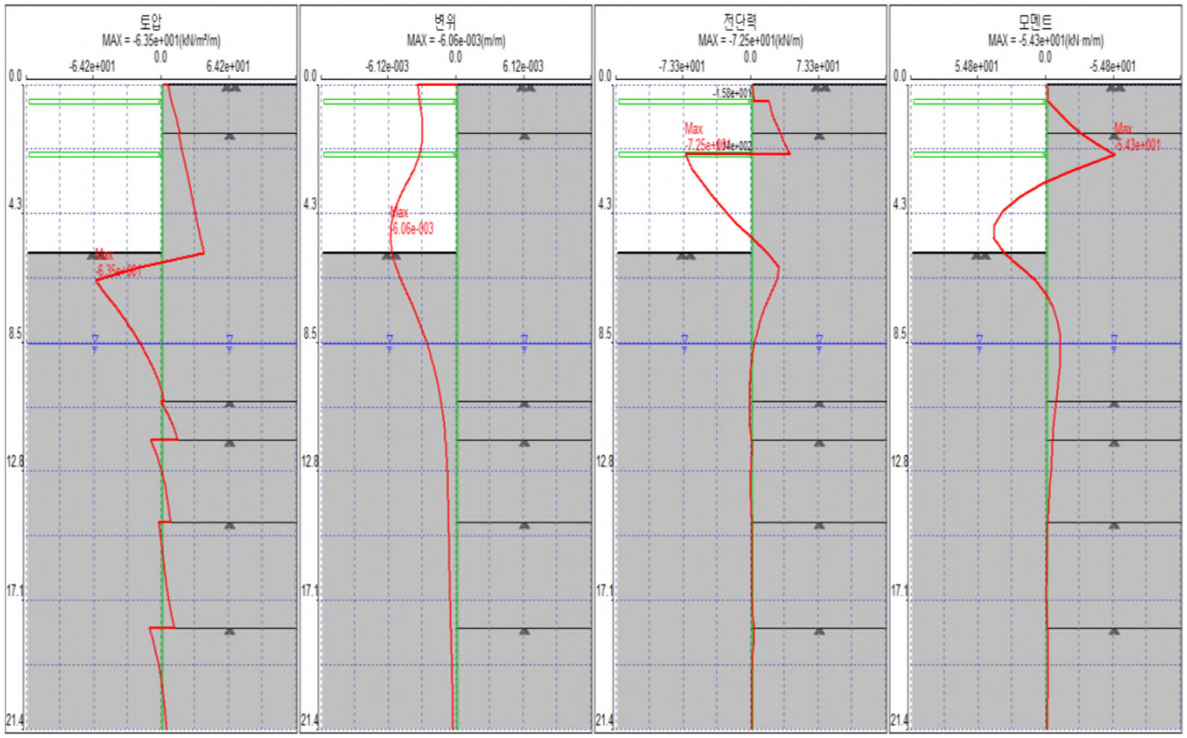
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.81 m]



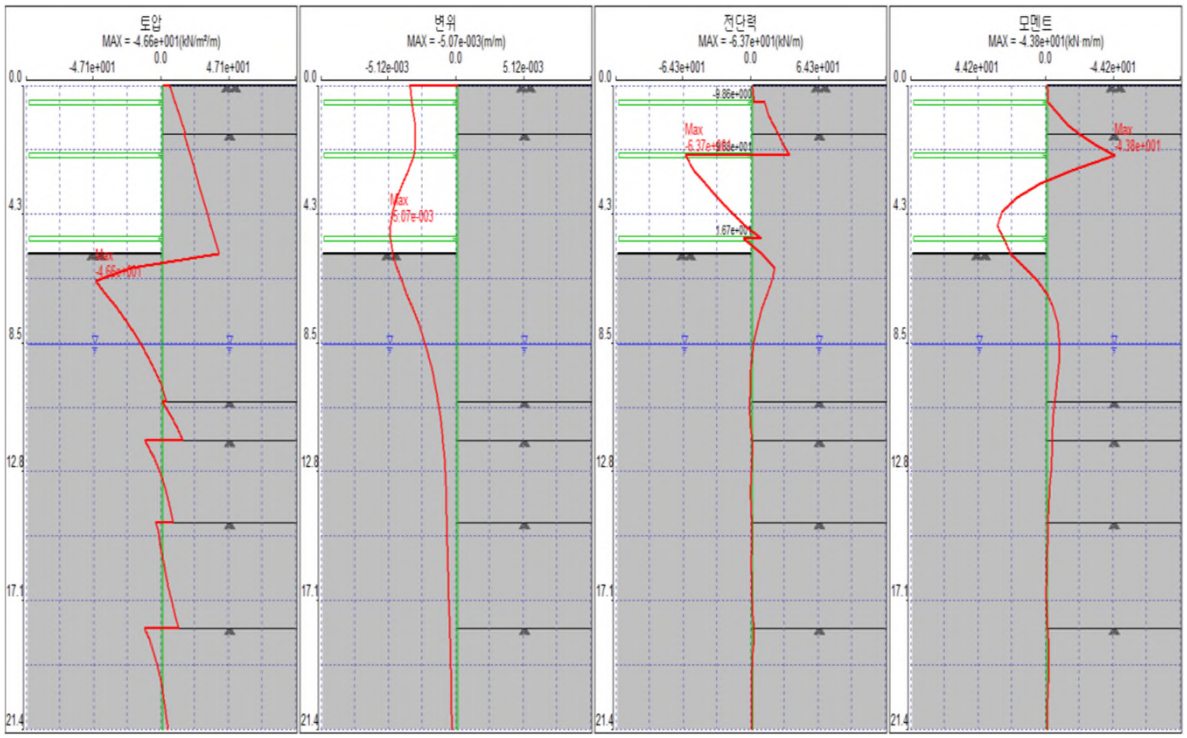
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



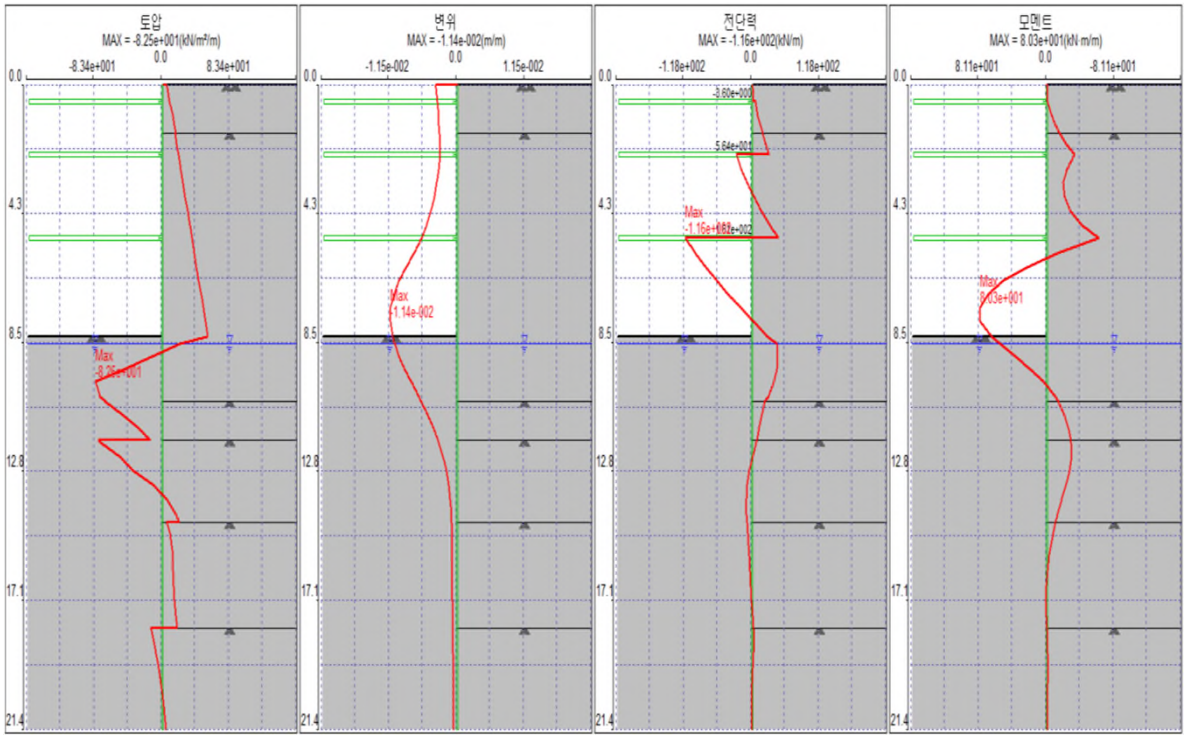
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.6 m]



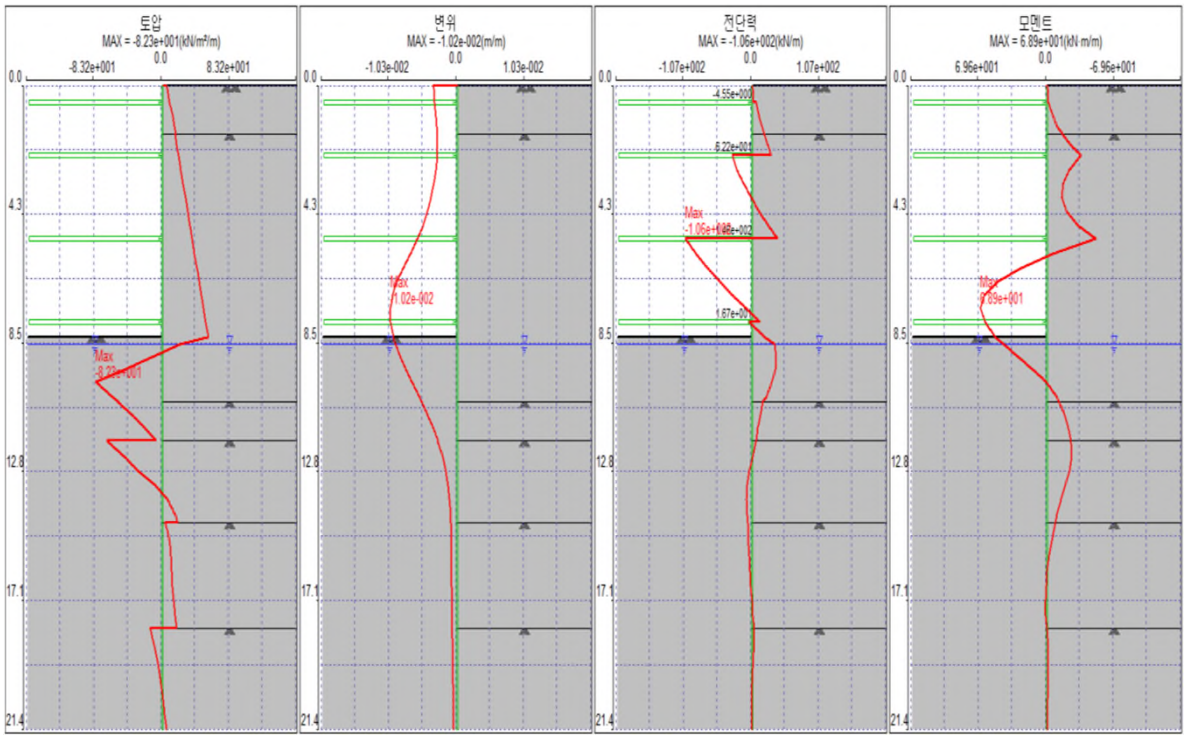
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



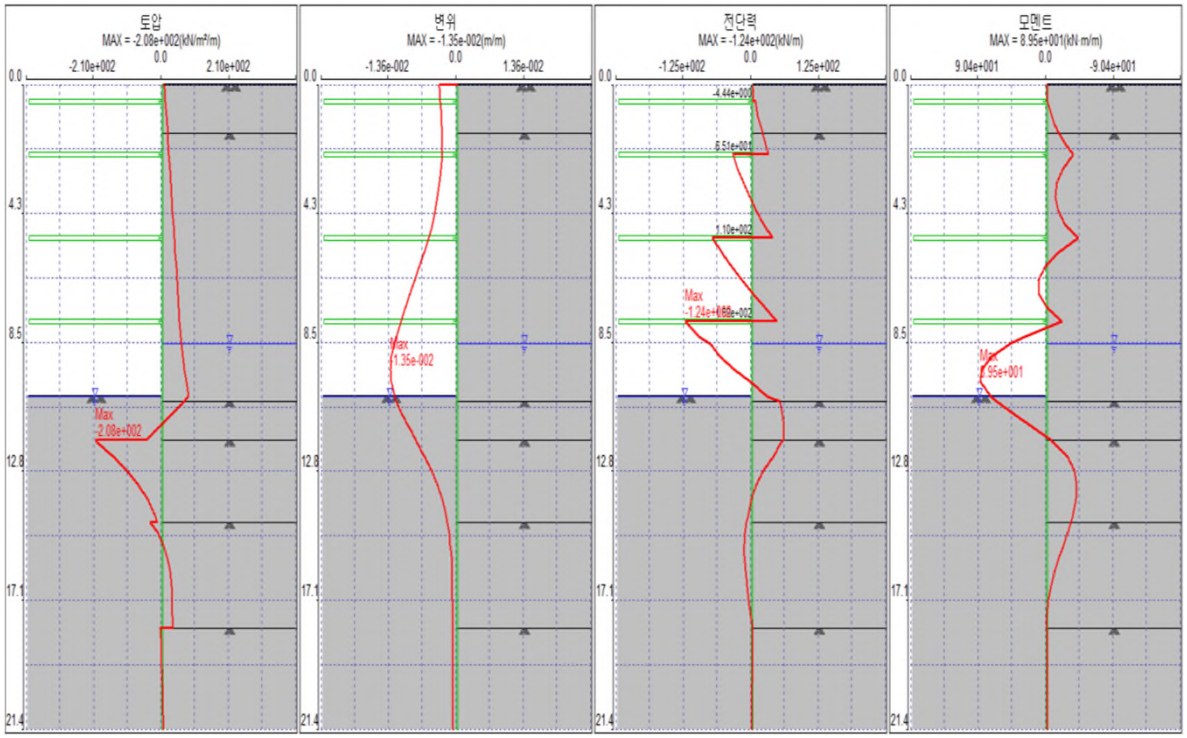
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.35 m]



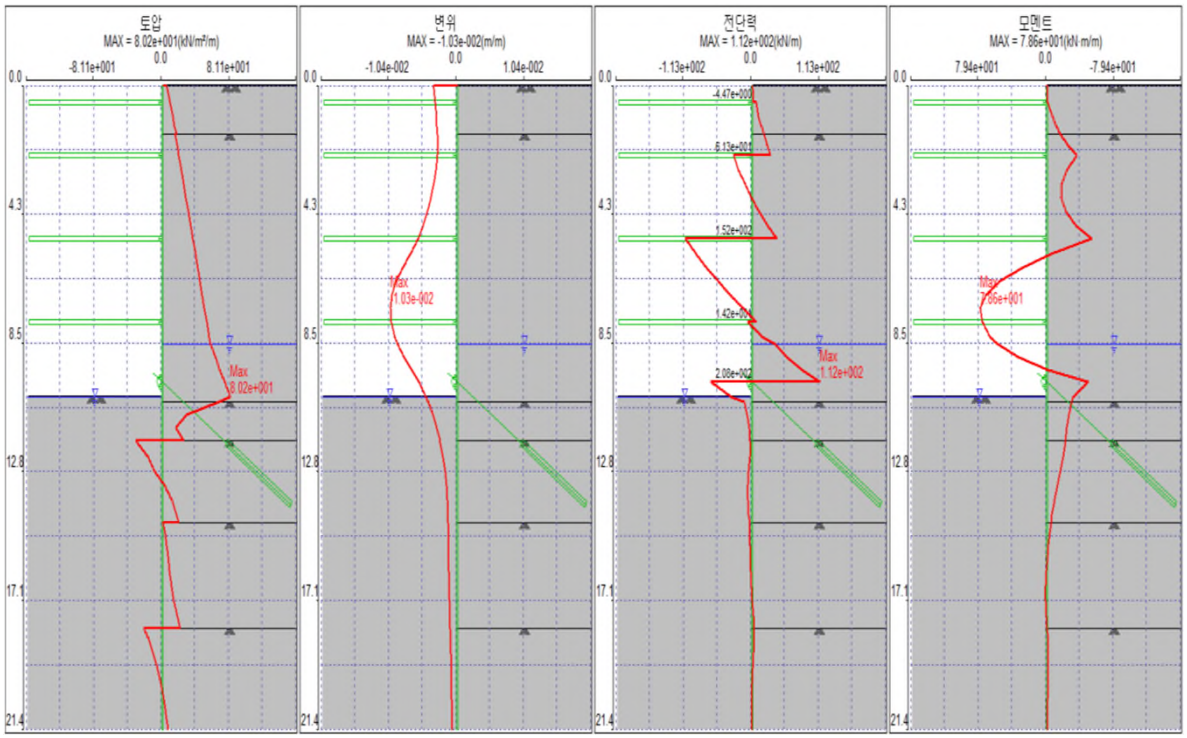
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



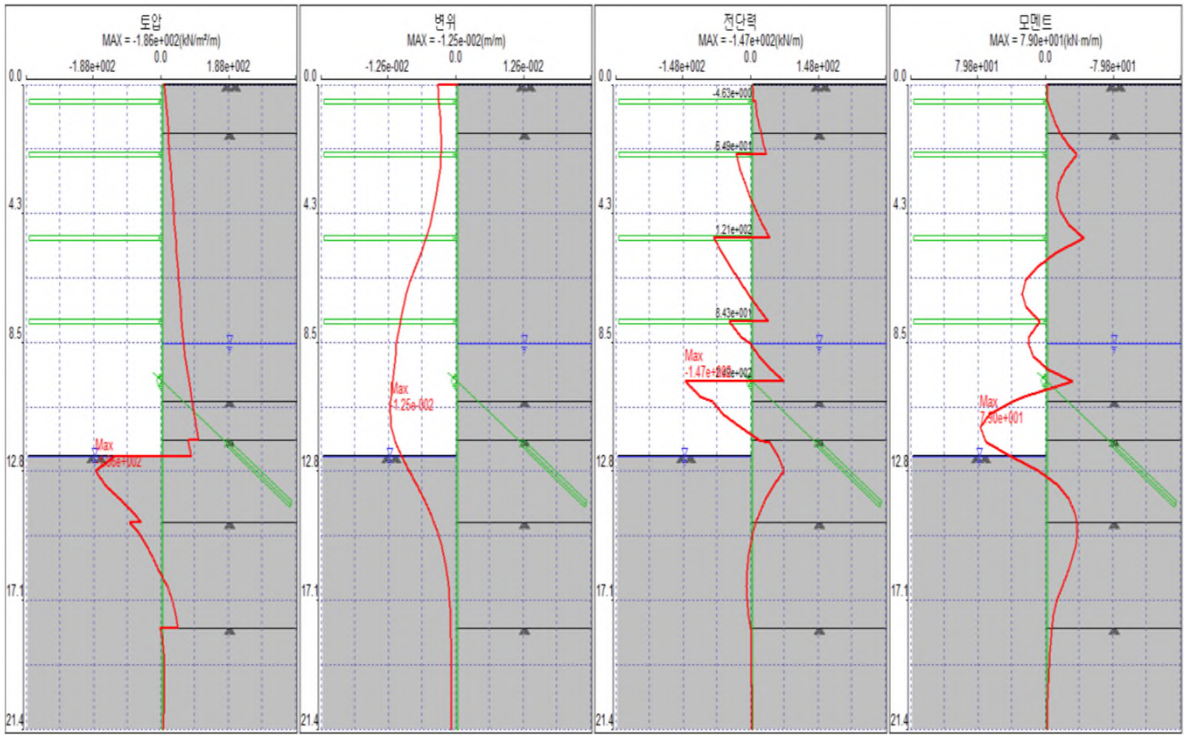
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 10.35 m]



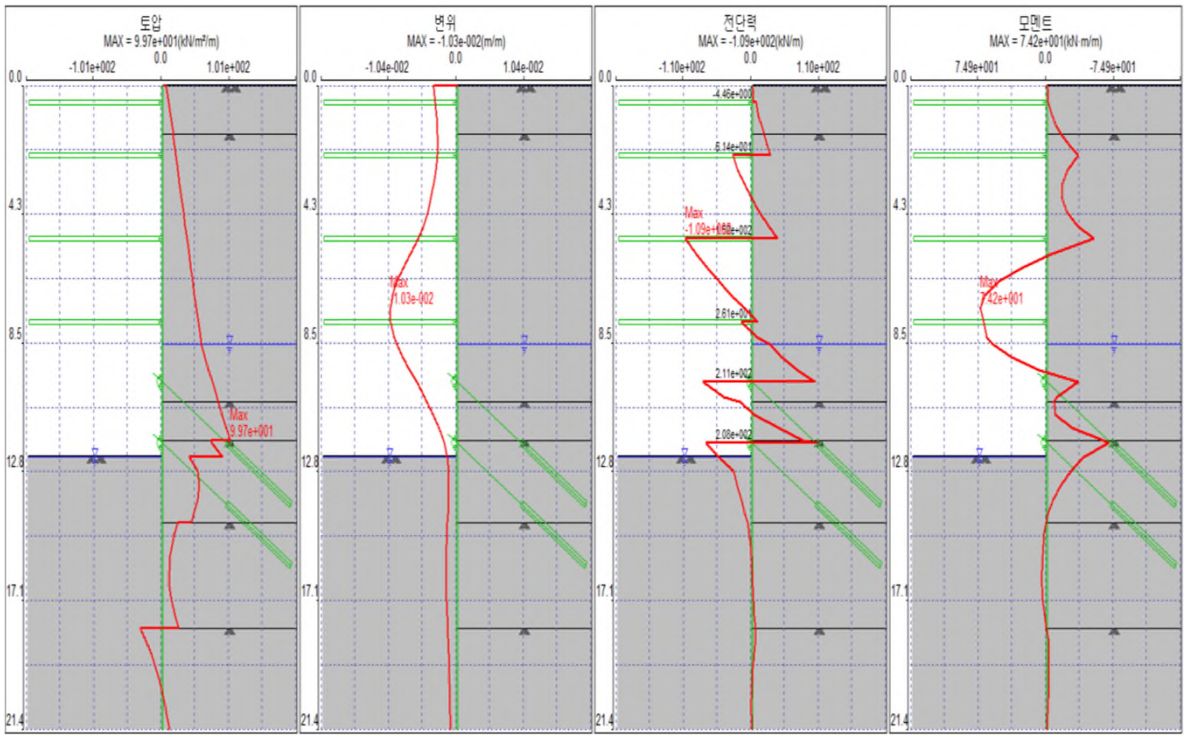
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



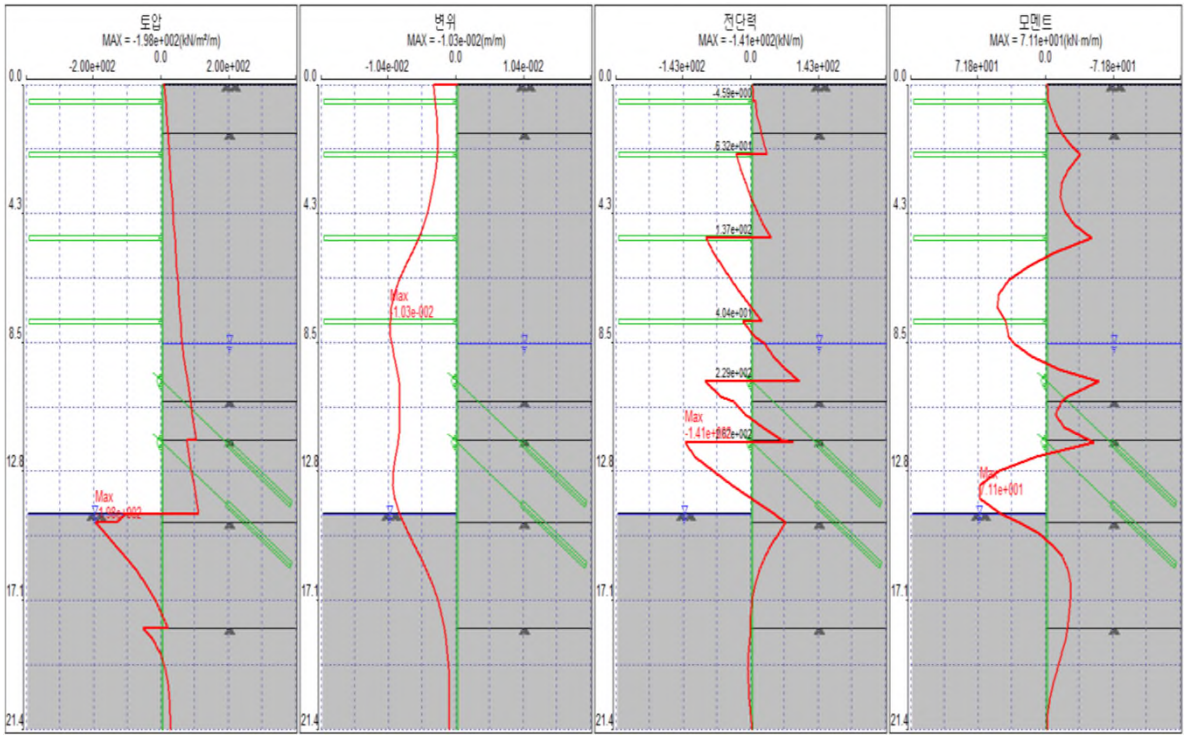
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 12.35 m]



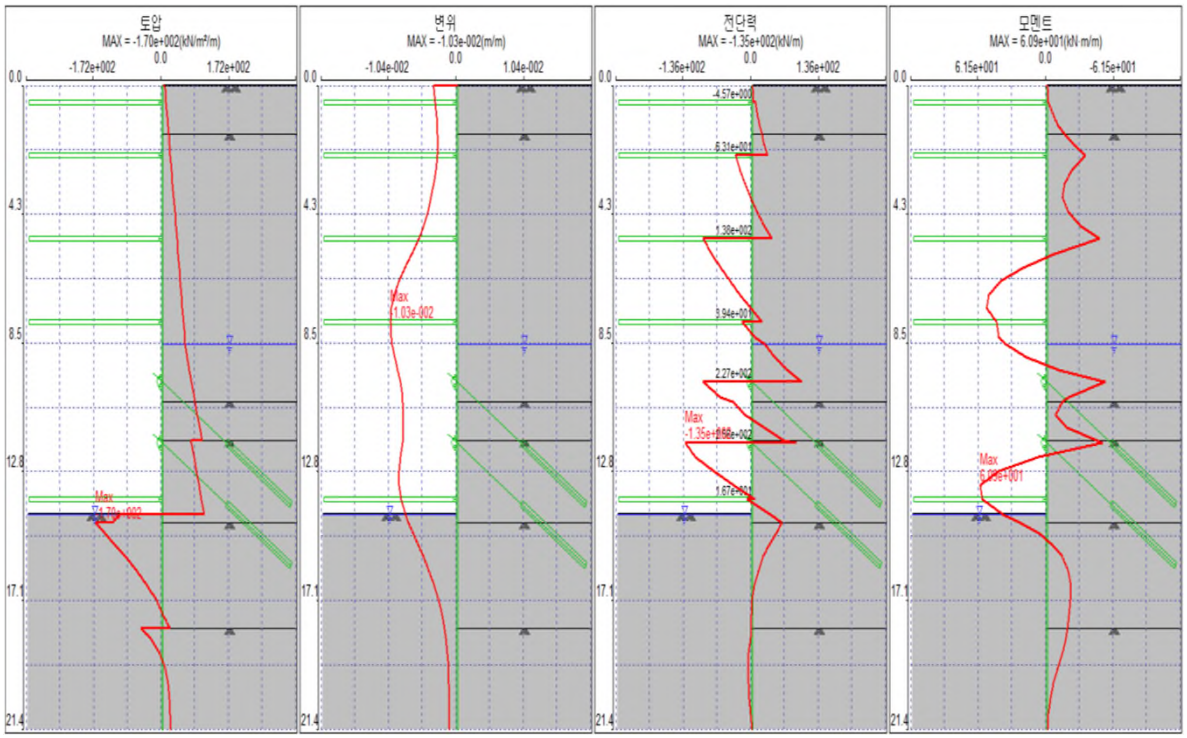
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



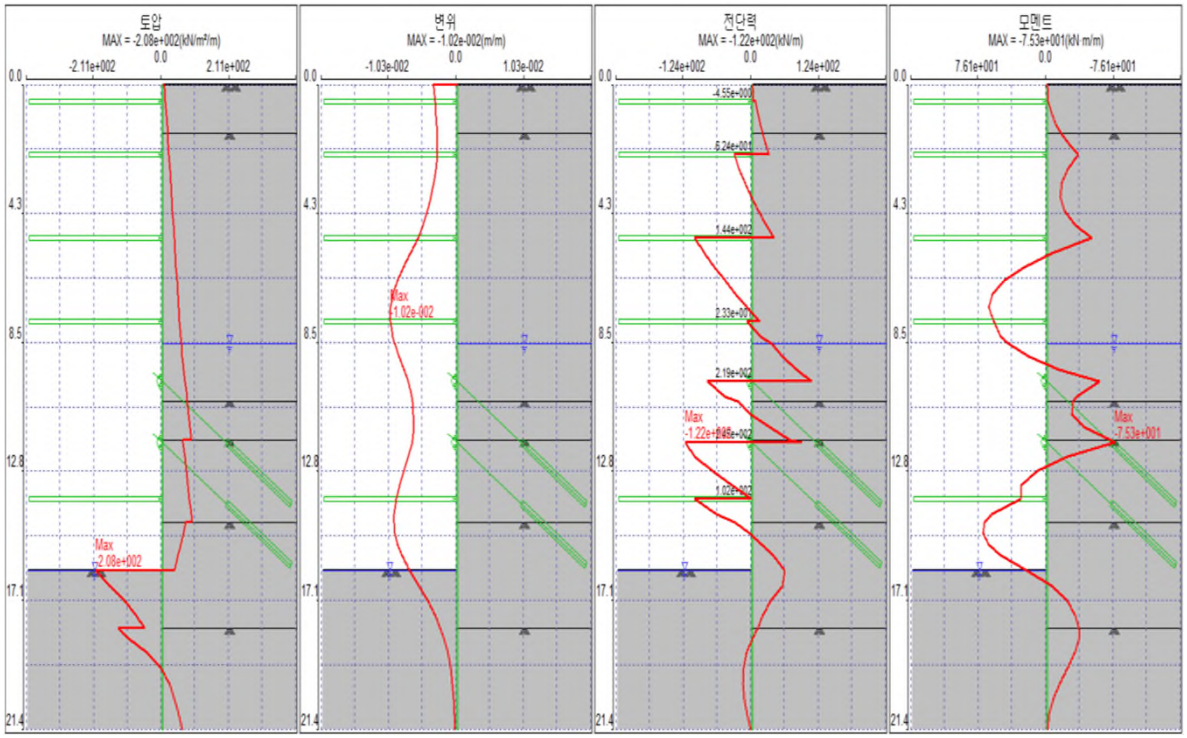
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 14.24 m]



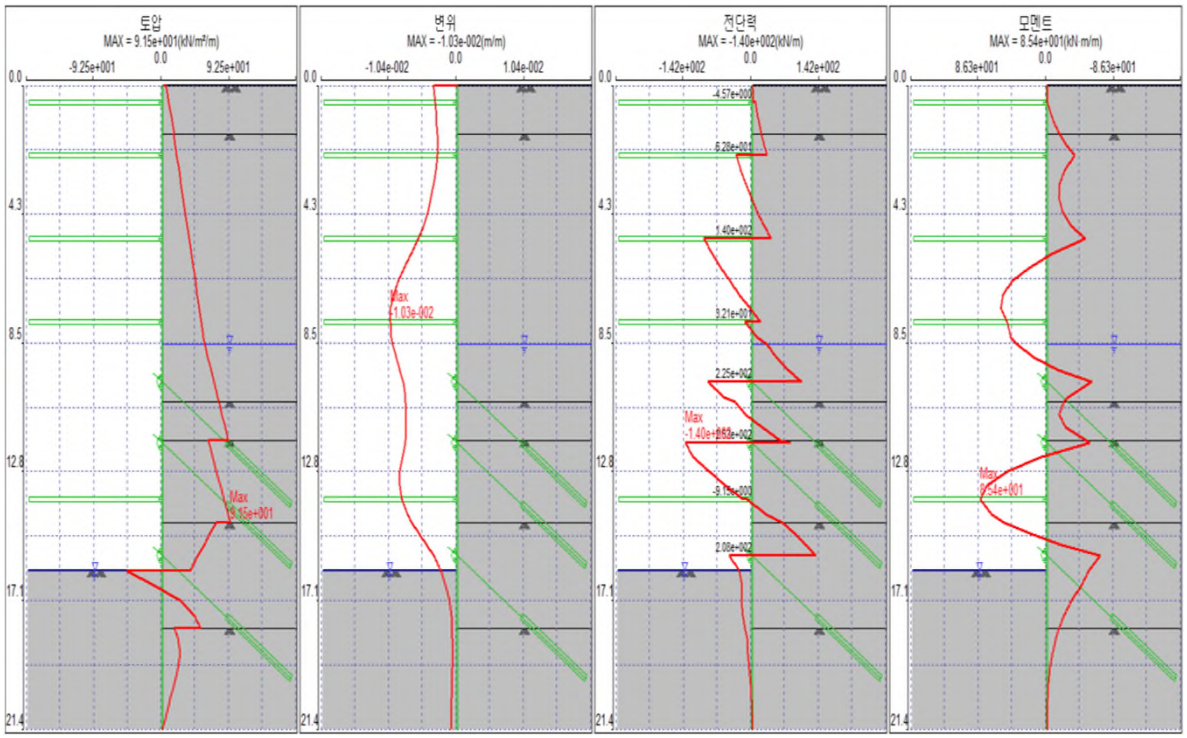
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



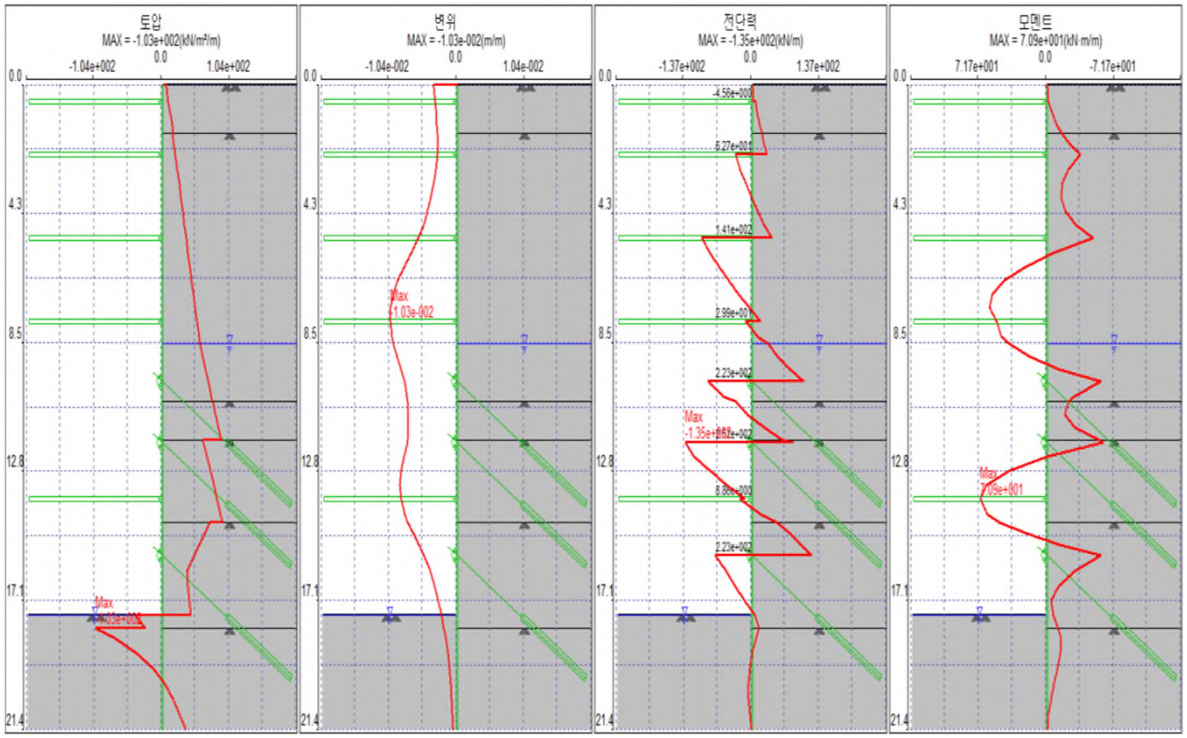
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 16.1 m]



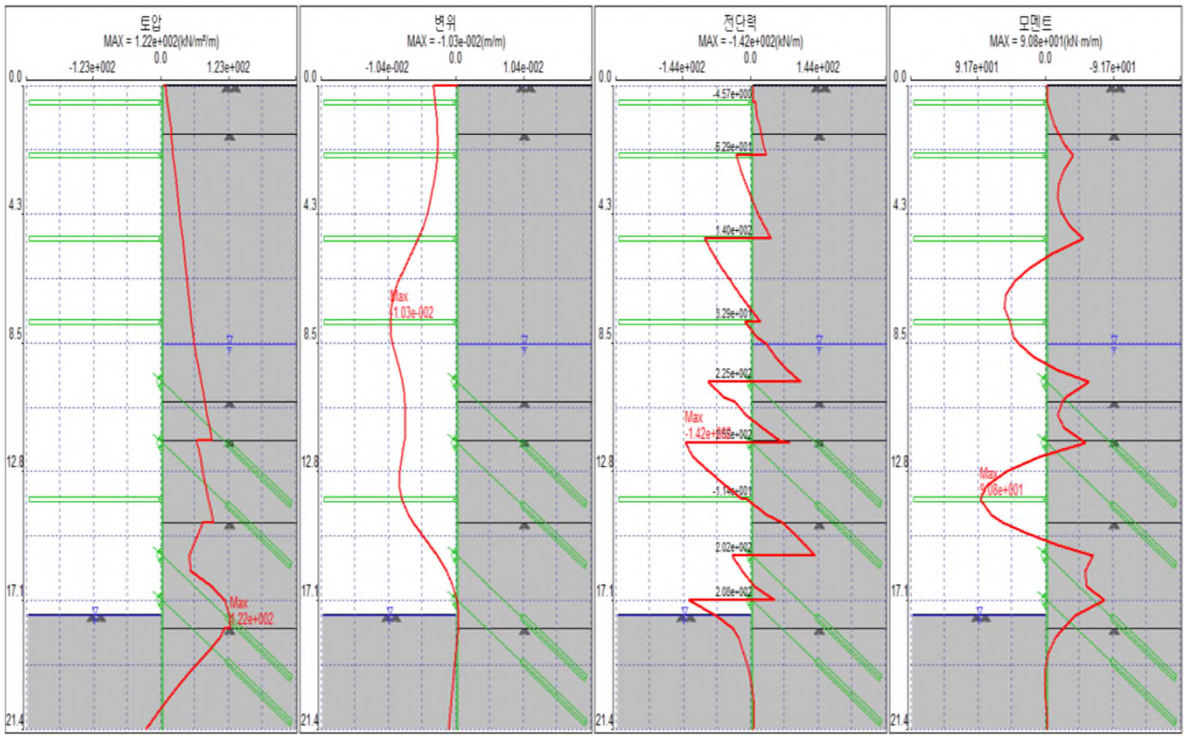
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



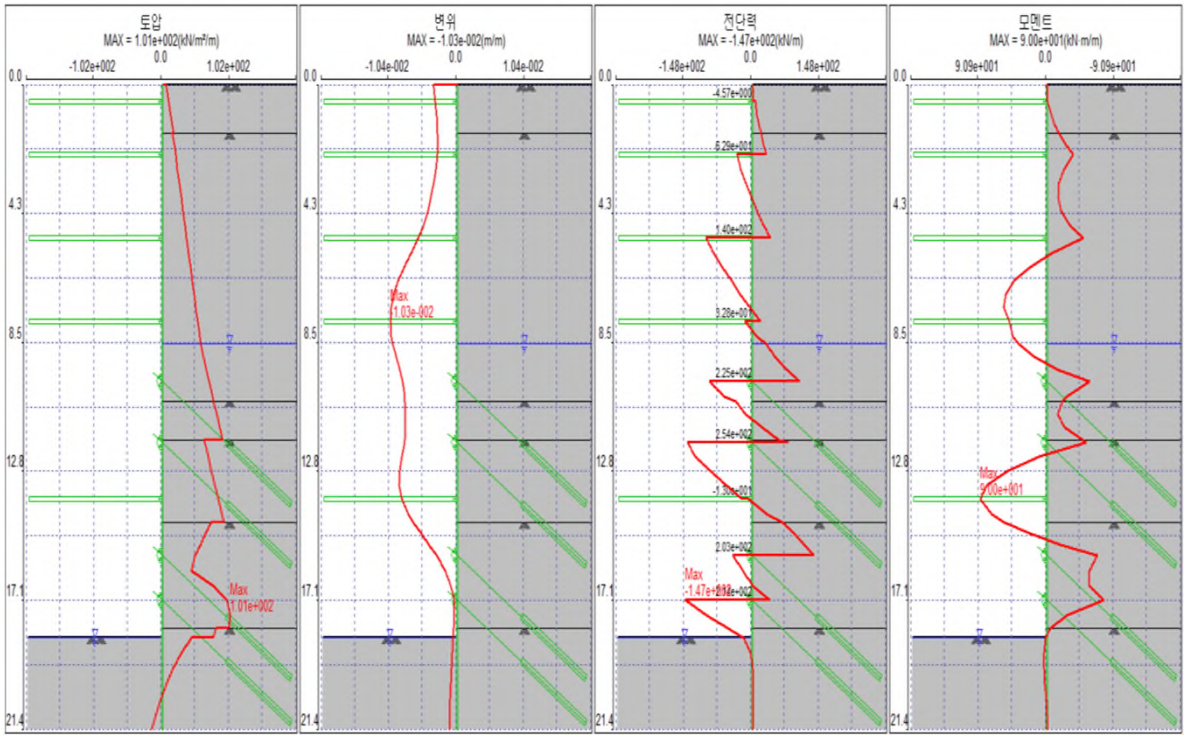
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 17.6 m]



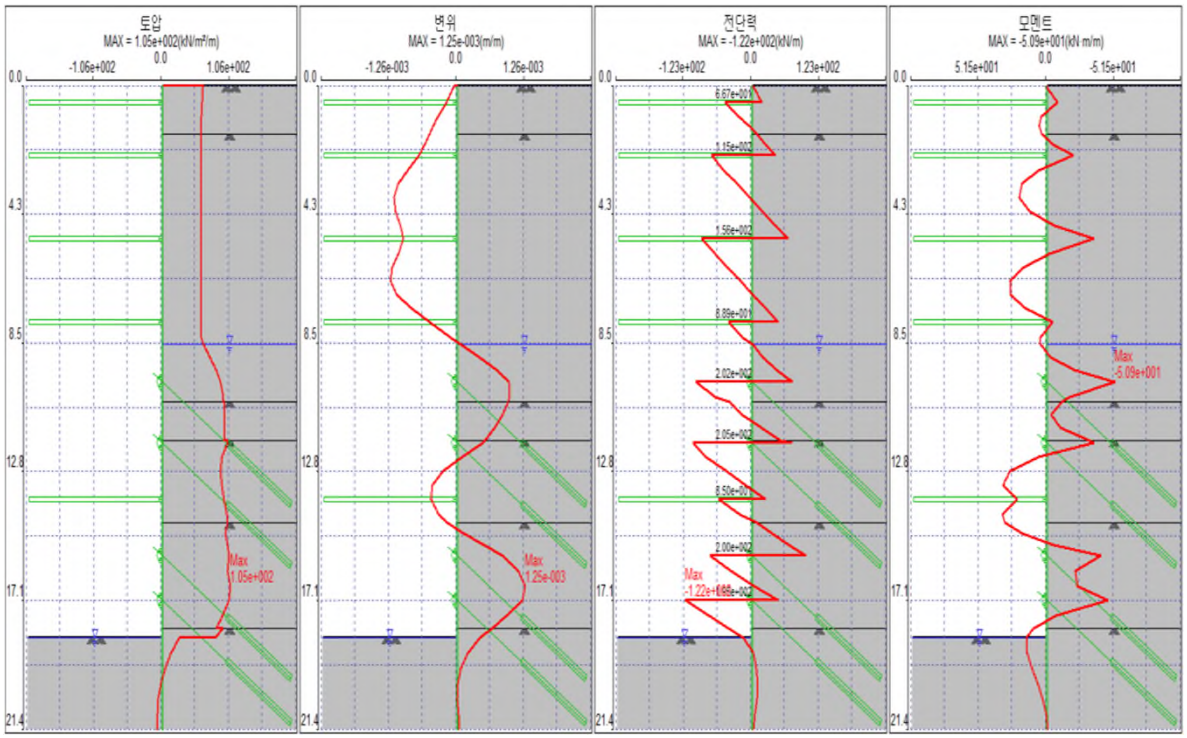
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-9]



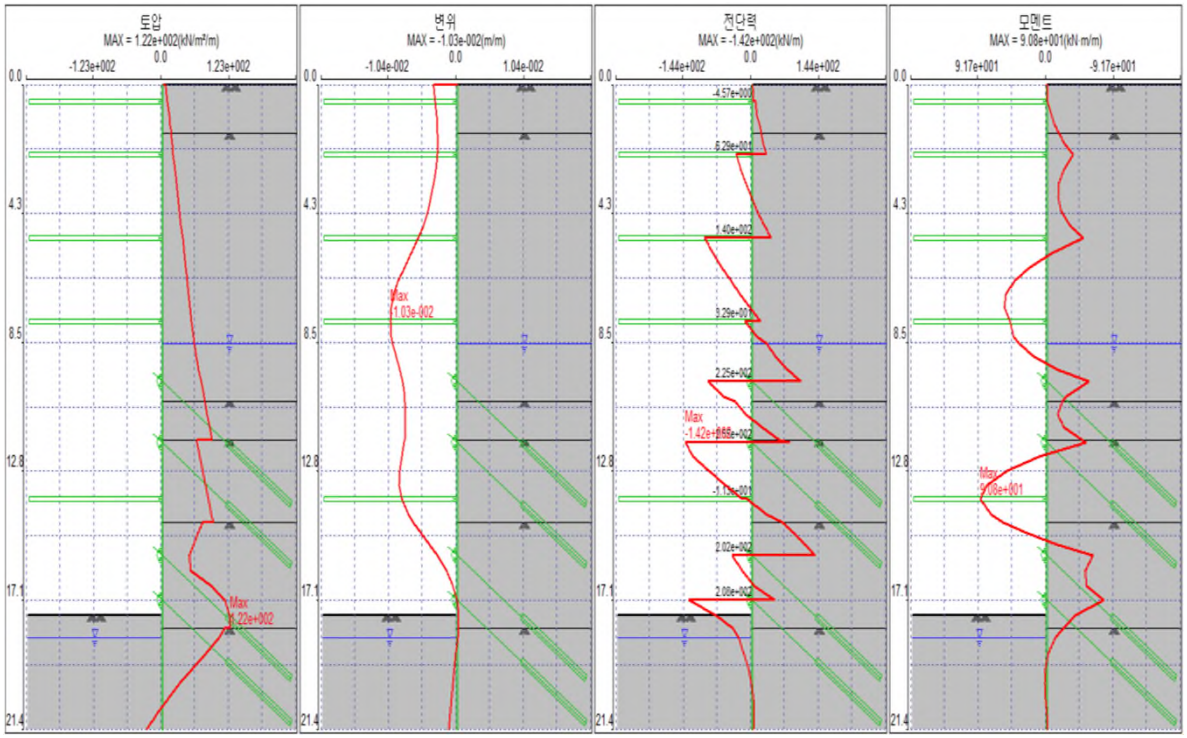
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 18.35 m]



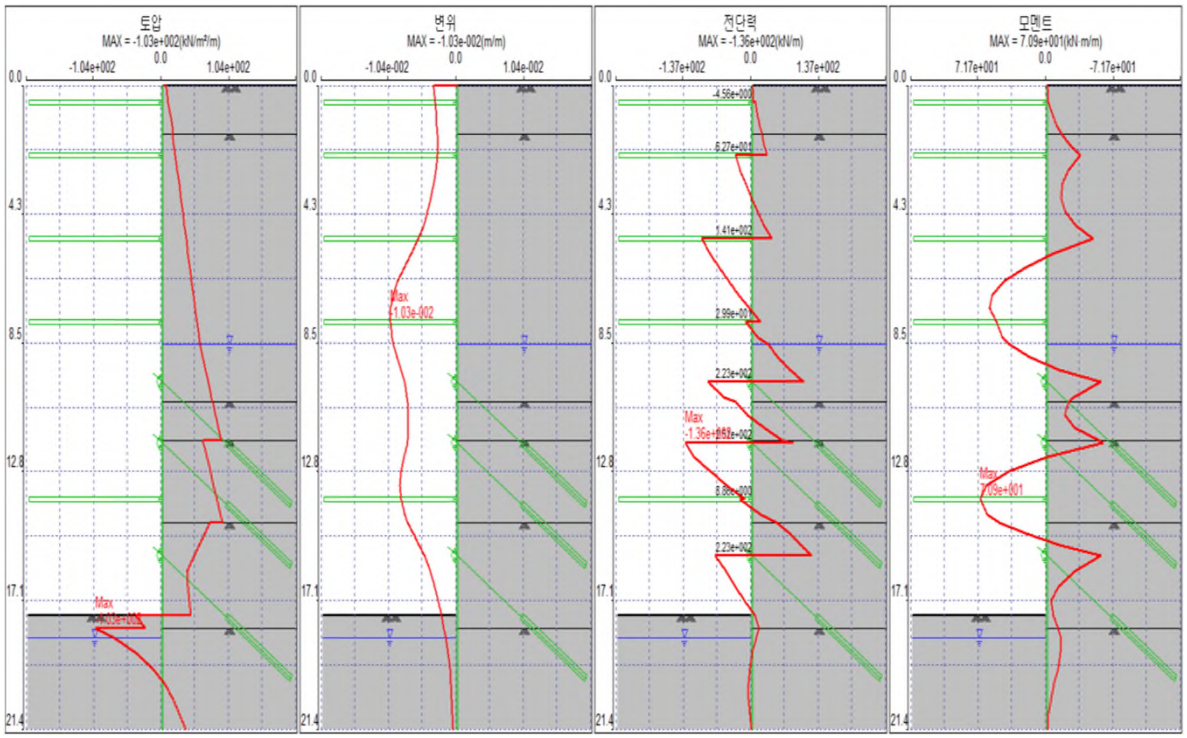
20) 시공 20 단계 [CS20 : Peck]



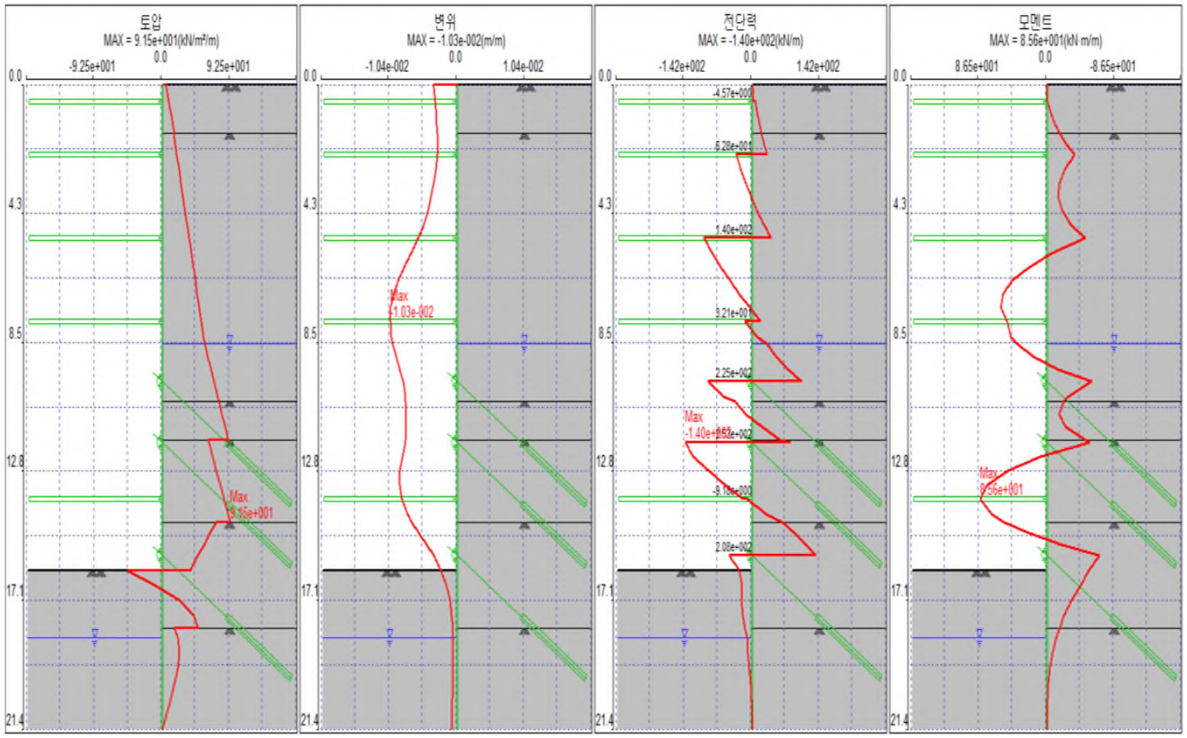
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체1]



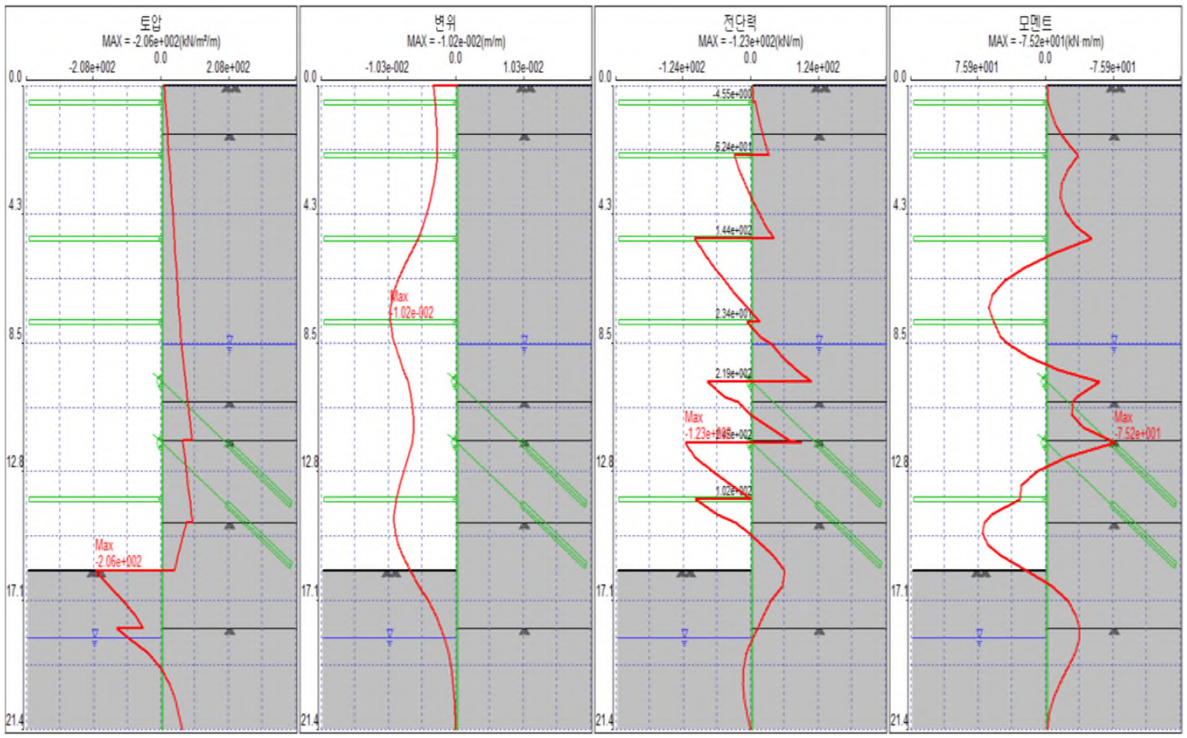
22) 시공 22 단계 [CS22 : 해체2]



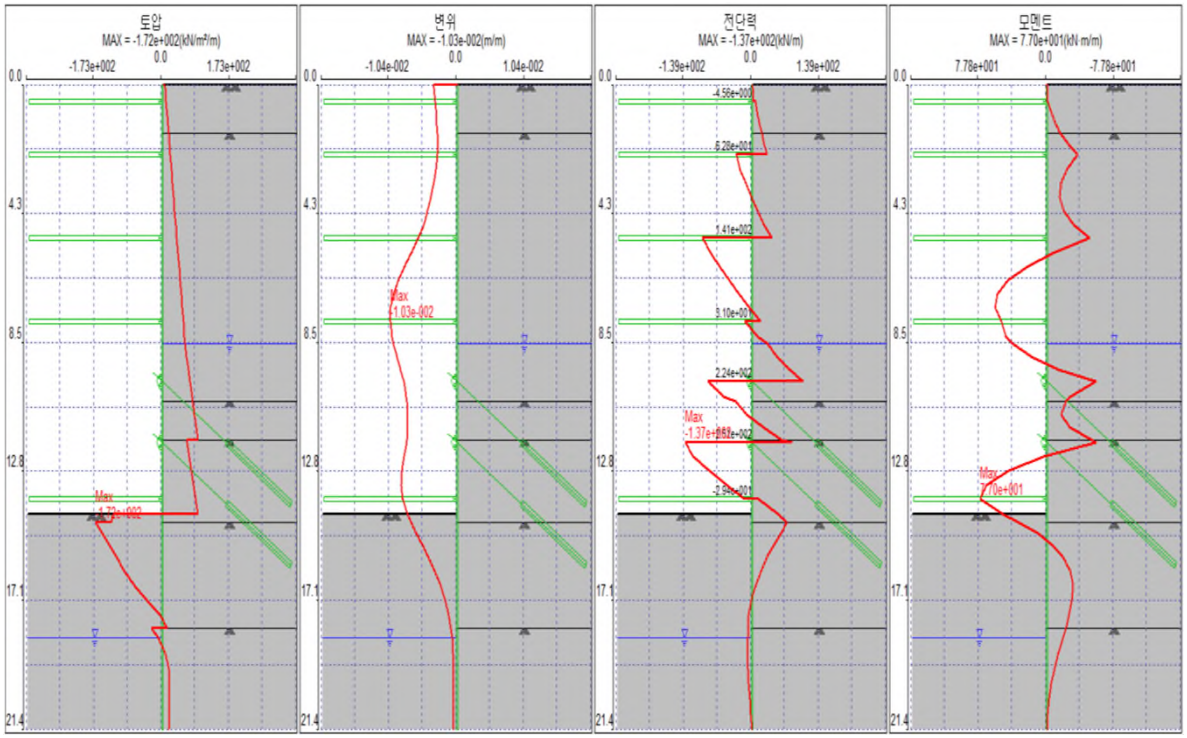
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체3]



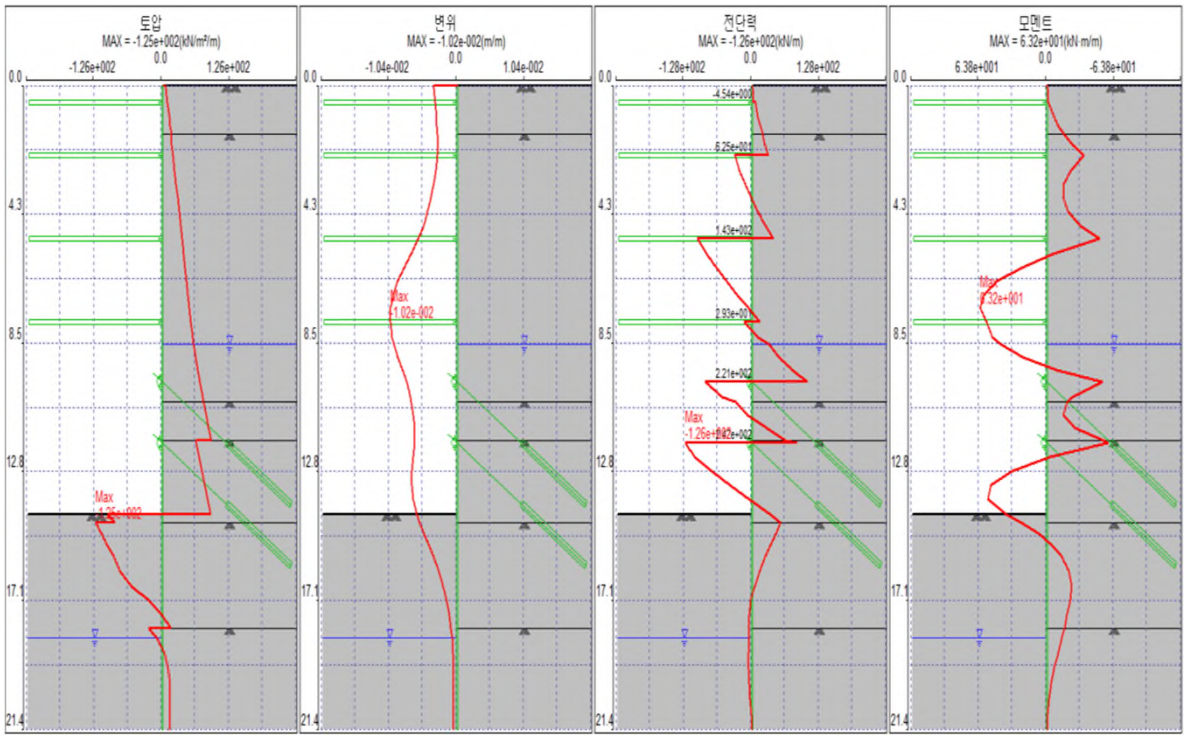
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체4]



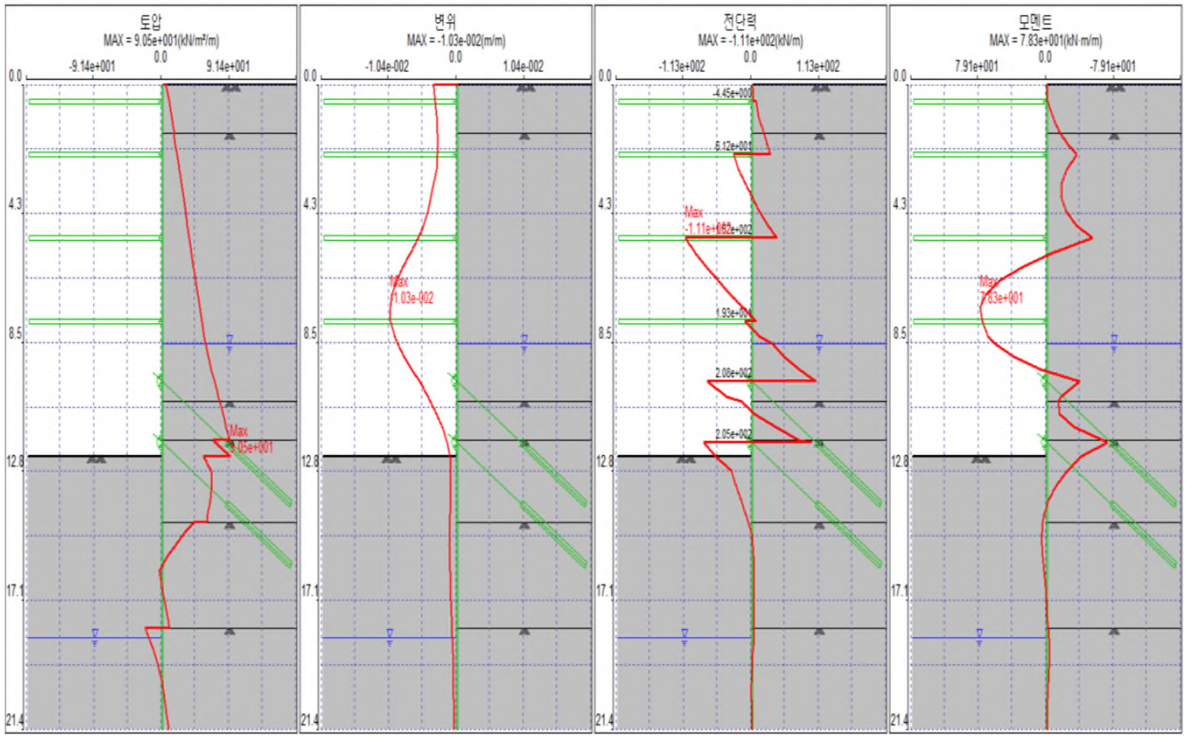
25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체5]



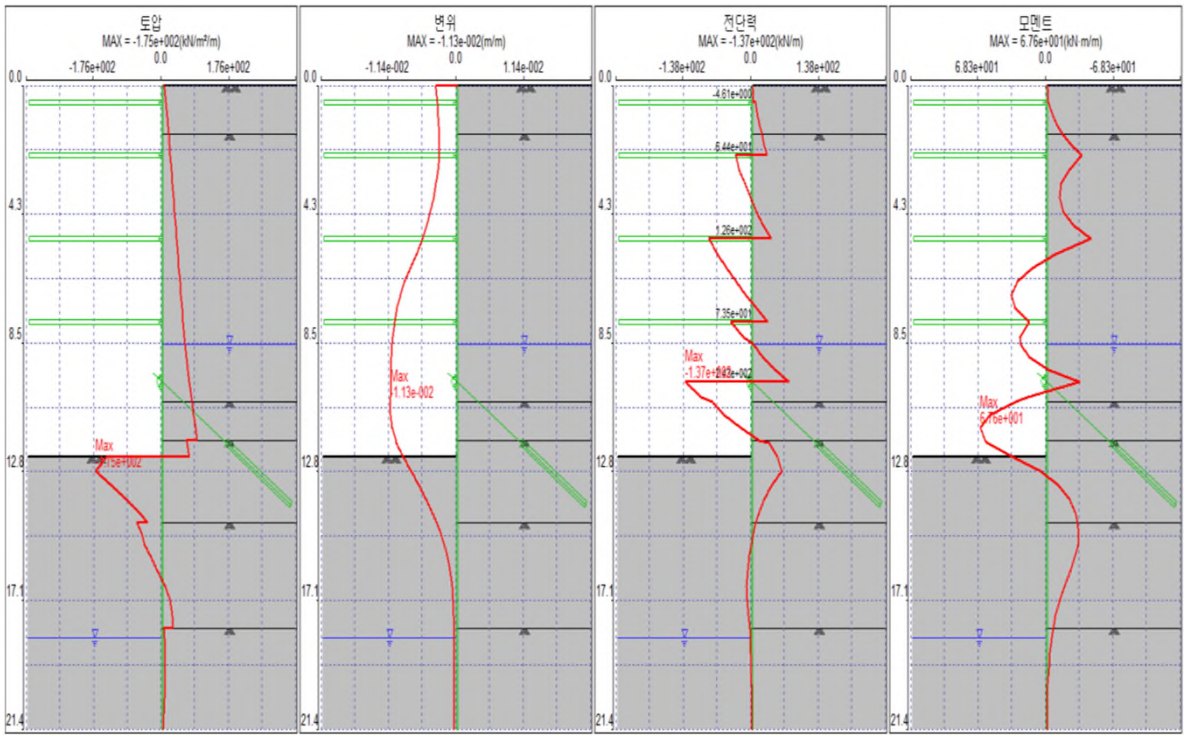
26) 시공 26 단계 [CS26 : 해체6]



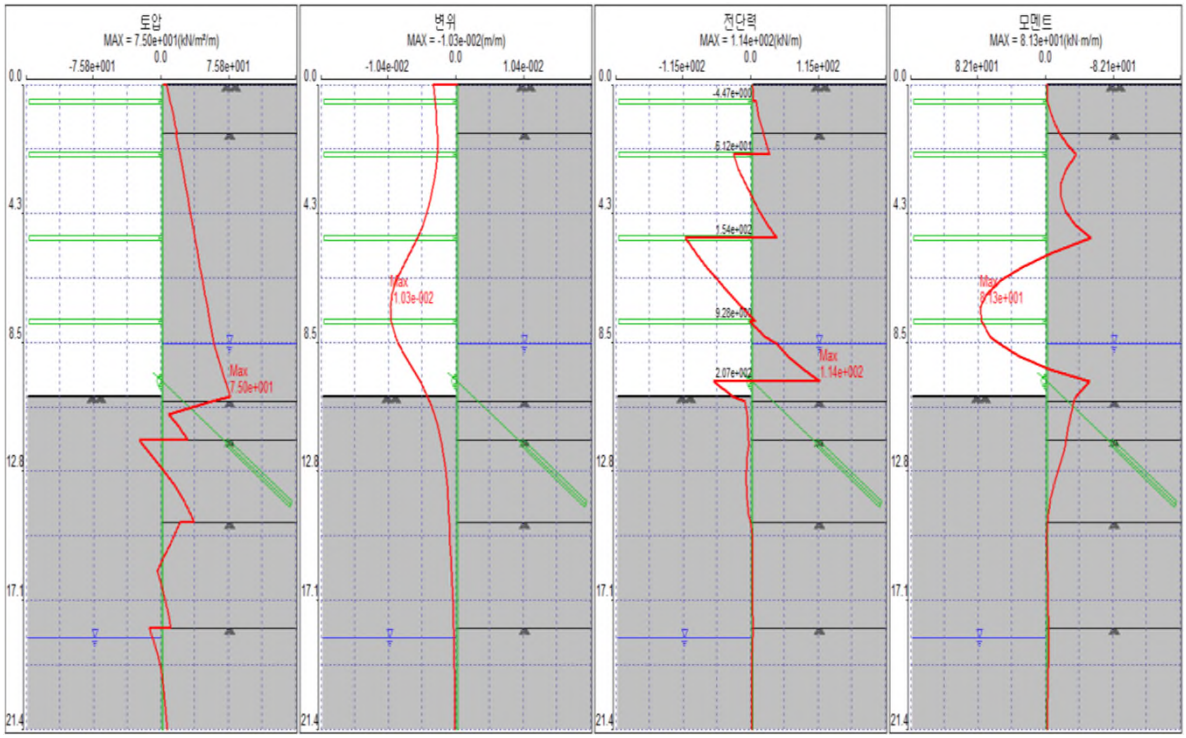
27) 시공 27 단계 [CS27 : 해체7]



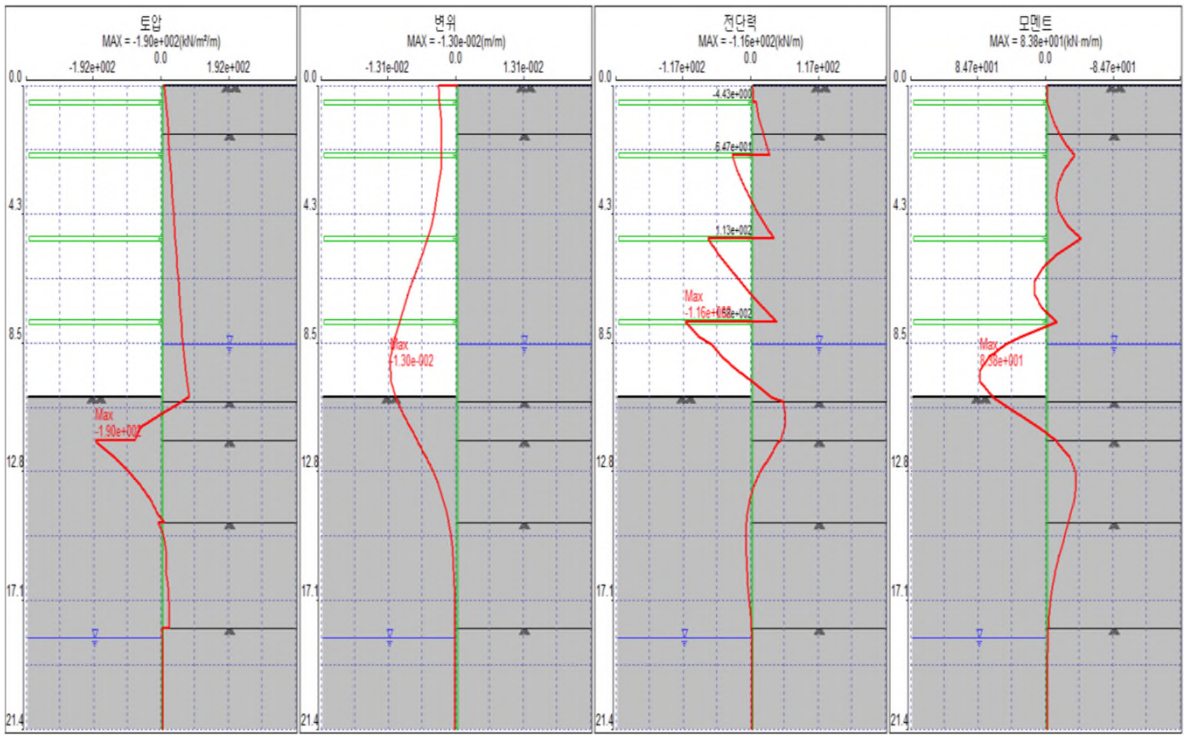
28) 시공 28 단계 [CS28 : 해체8]



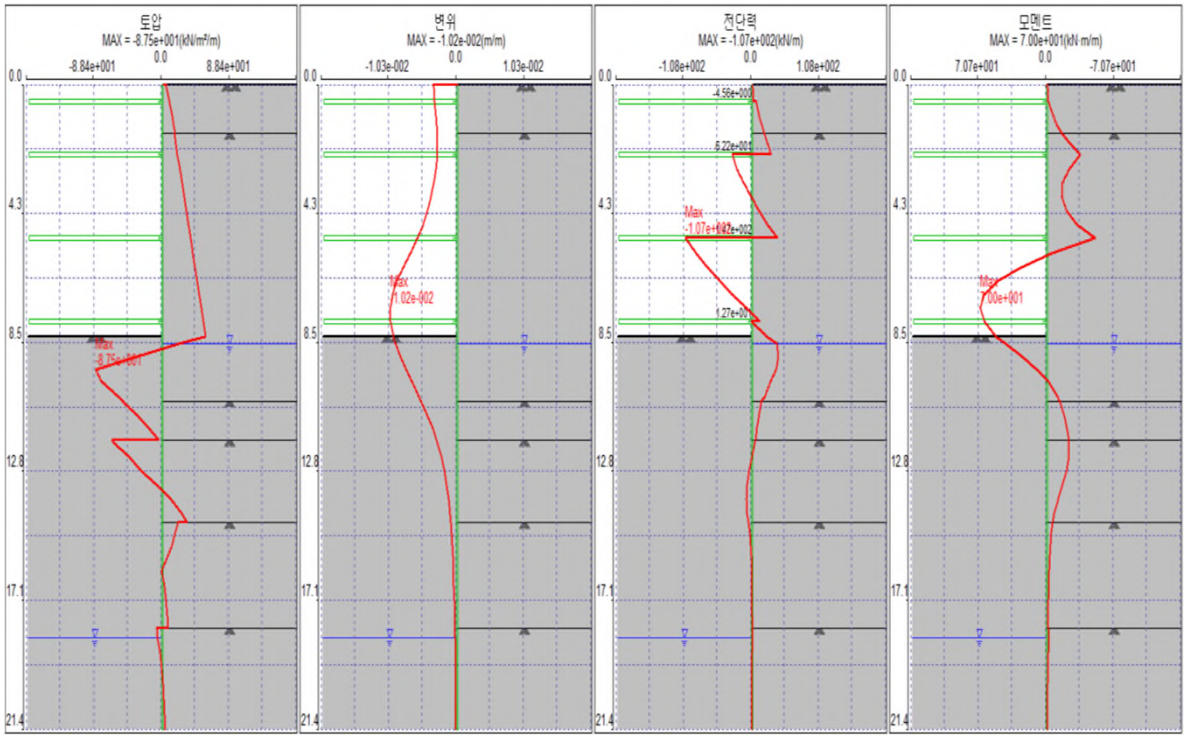
29) 시공 29 단계 [CS29 : 해체9]



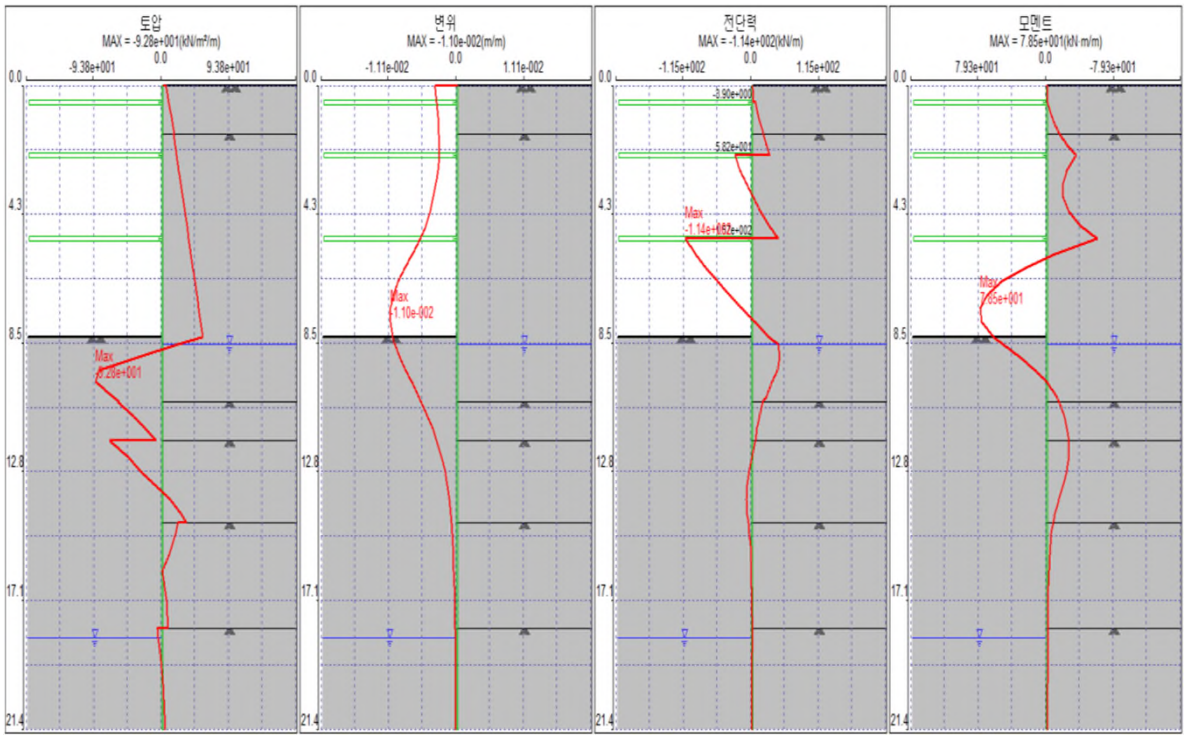
30) 시공 30 단계 [CS30 : 해체10]



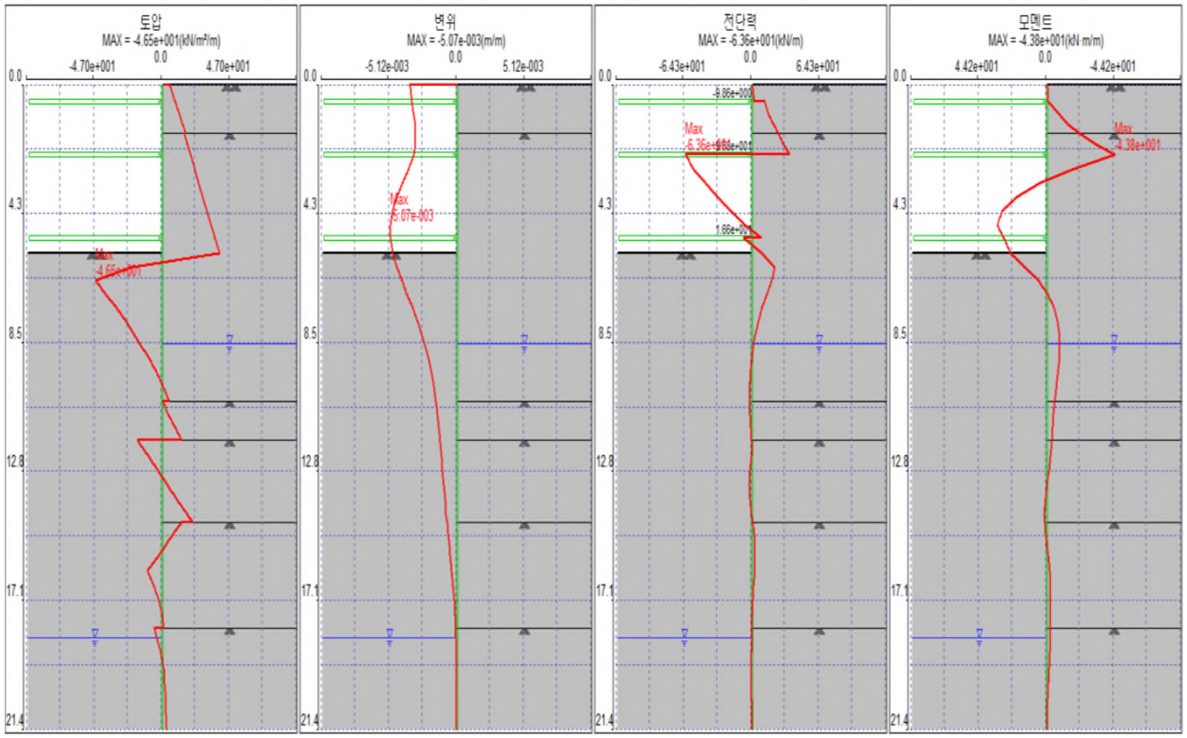
31) 시공 31 단계 [CS31 : 해체11]



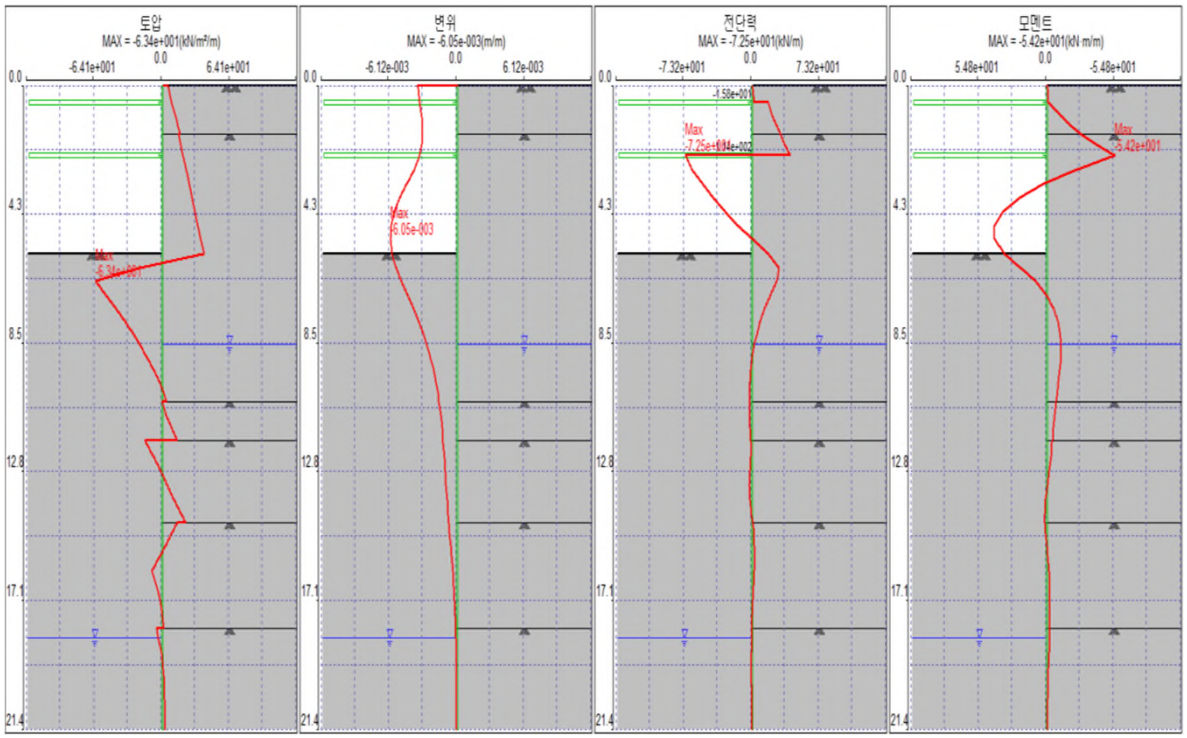
32) 시공 32 단계 [CS32 : 해체12]



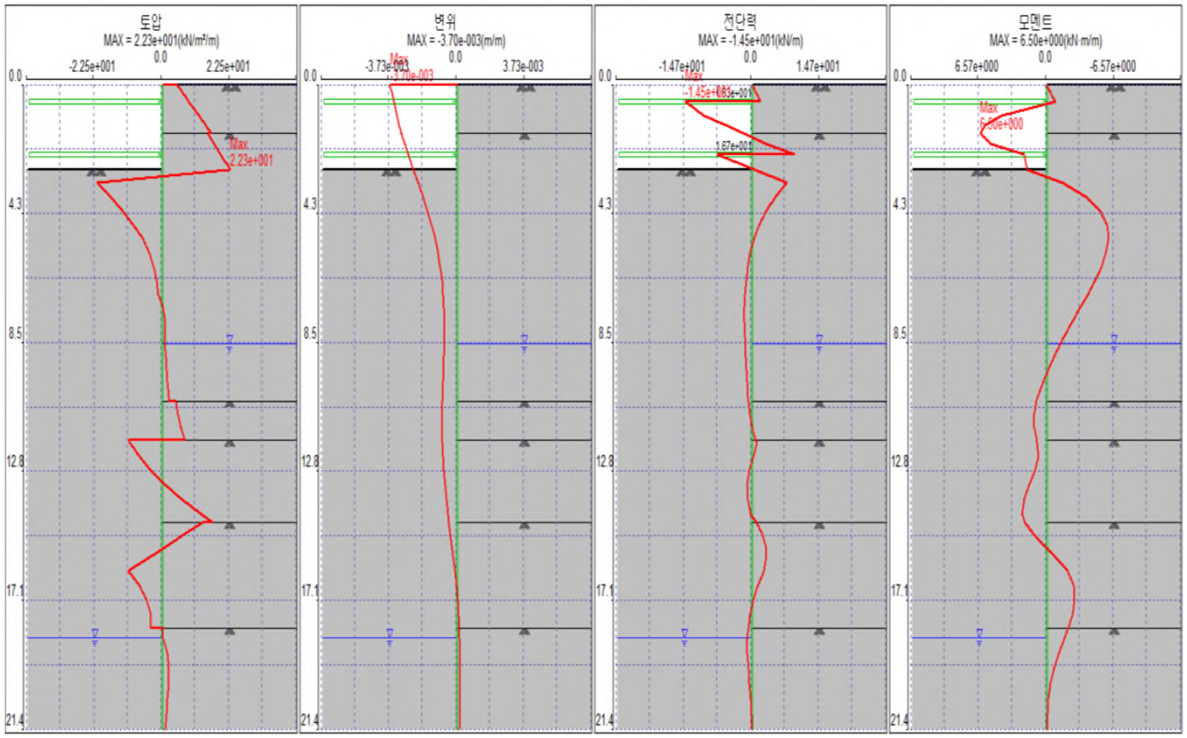
33) 시공 33 단계 [CS33 : 해체13]



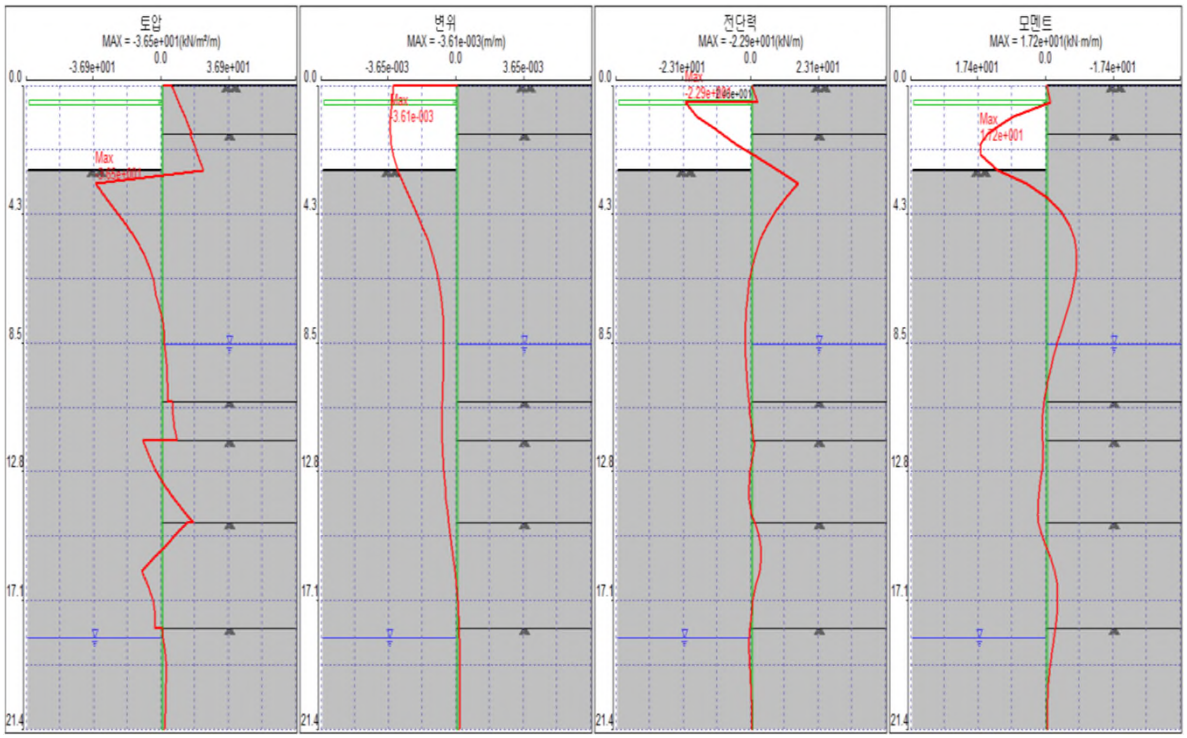
34) 시공 34 단계 [CS34 : 해체14]



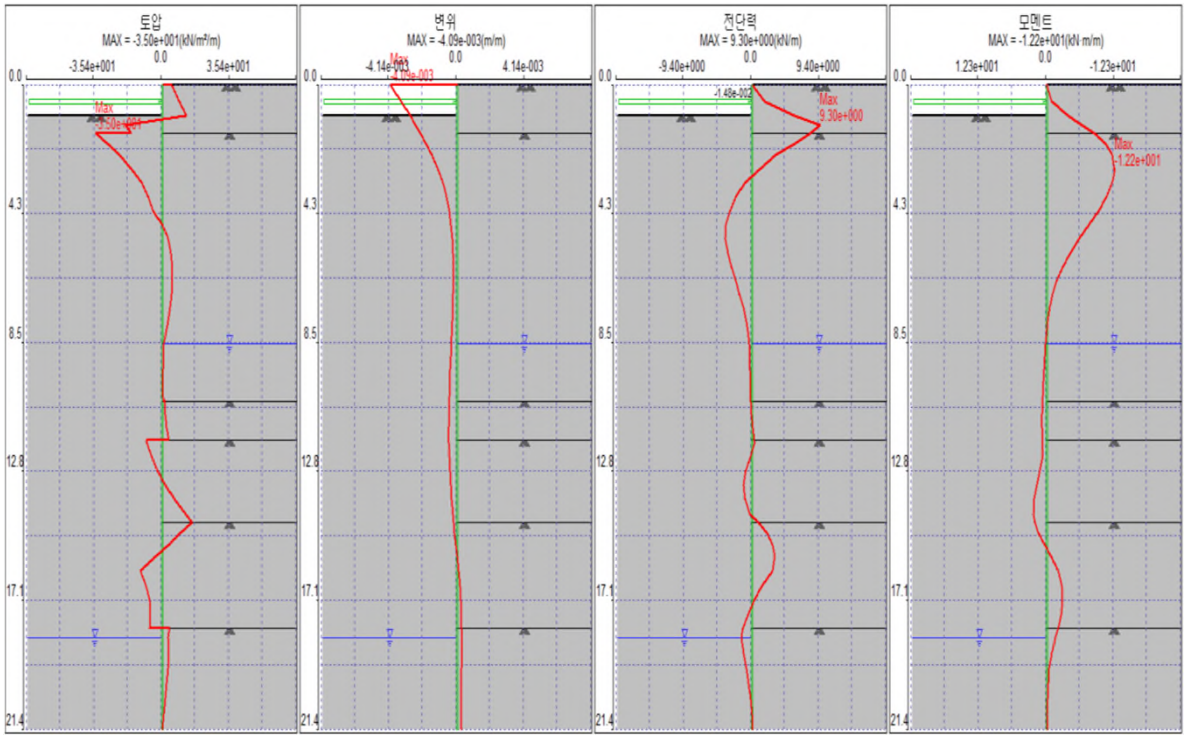
35) 시공 35 단계 [CS35 : 해체15]



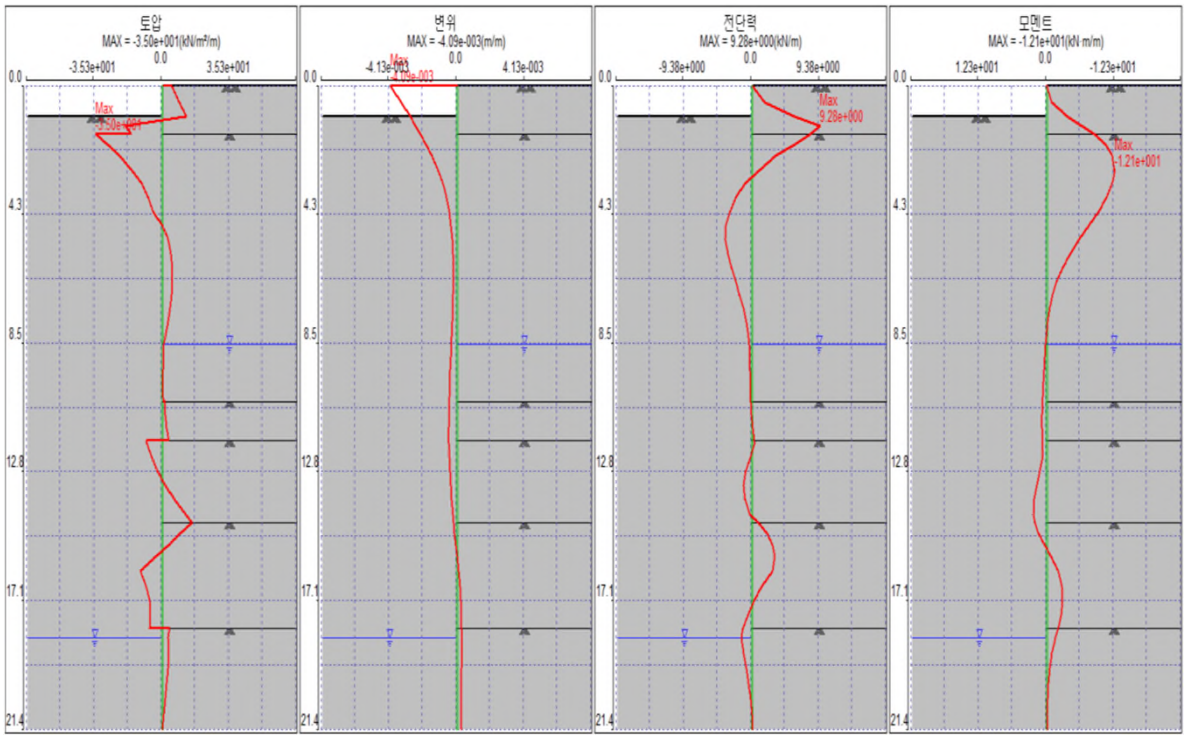
36) 시공 36 단계 [CS36 : 해체16]



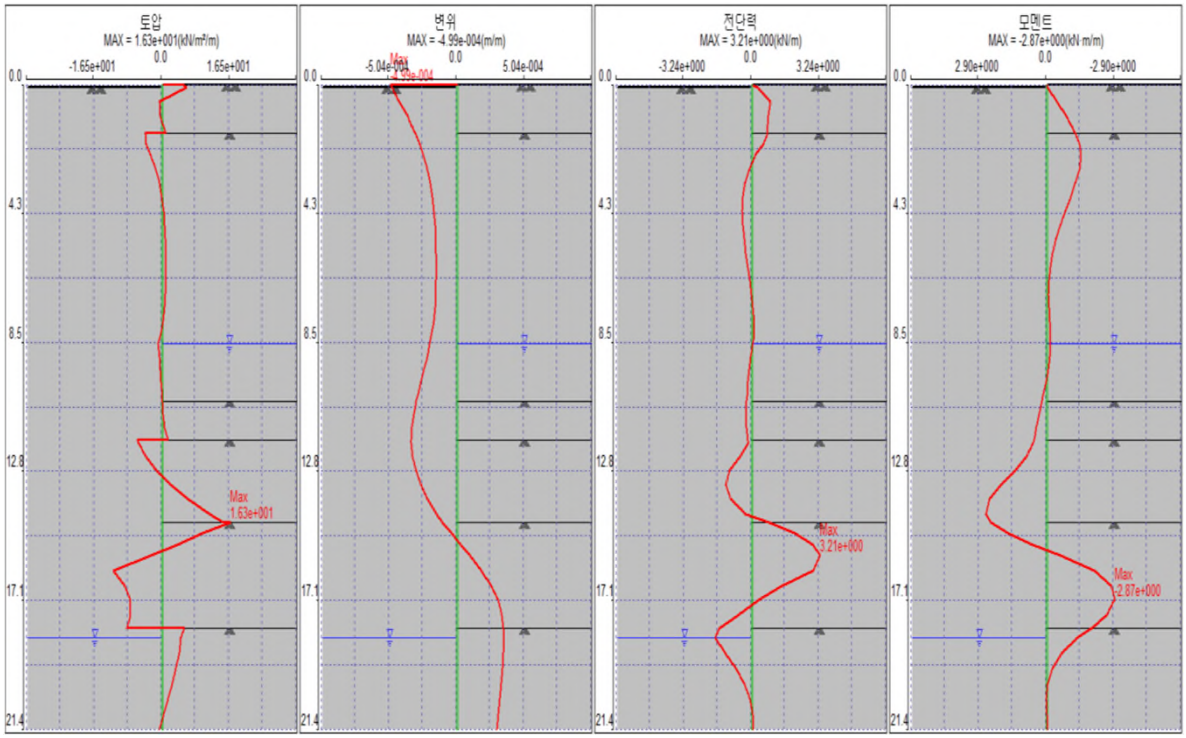
37) 시공 37 단계 [CS37 : 해체17]



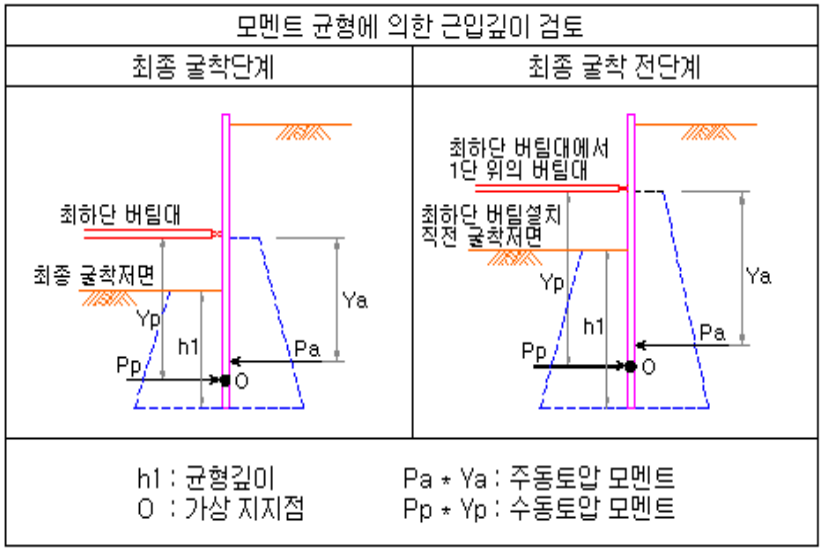
38) 시공 38 단계 [CS38 : 해체18]



39) 시공 39 단계 [CS39 : 해체19]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.010	3.000	30.707	12368.311	402.784	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.402	3.750	122.135	21193.770	173.527	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -17.1 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 47.104 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.475 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 3.038 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.75 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (47.104 x 0.475) + (3.038 x 2.75) = 30.707 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 4457.638 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 2.775 m

Mp = (Pp x Yp) = (4457.638 x 2.775) = 12368.311 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 12368.311 / 30.707 = 402.784

S.F. = 402.784 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -15.6 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 97.331 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.996 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 8.574 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.943 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (97.331 x 0.996) + (8.574 x 2.943) = 122.135 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

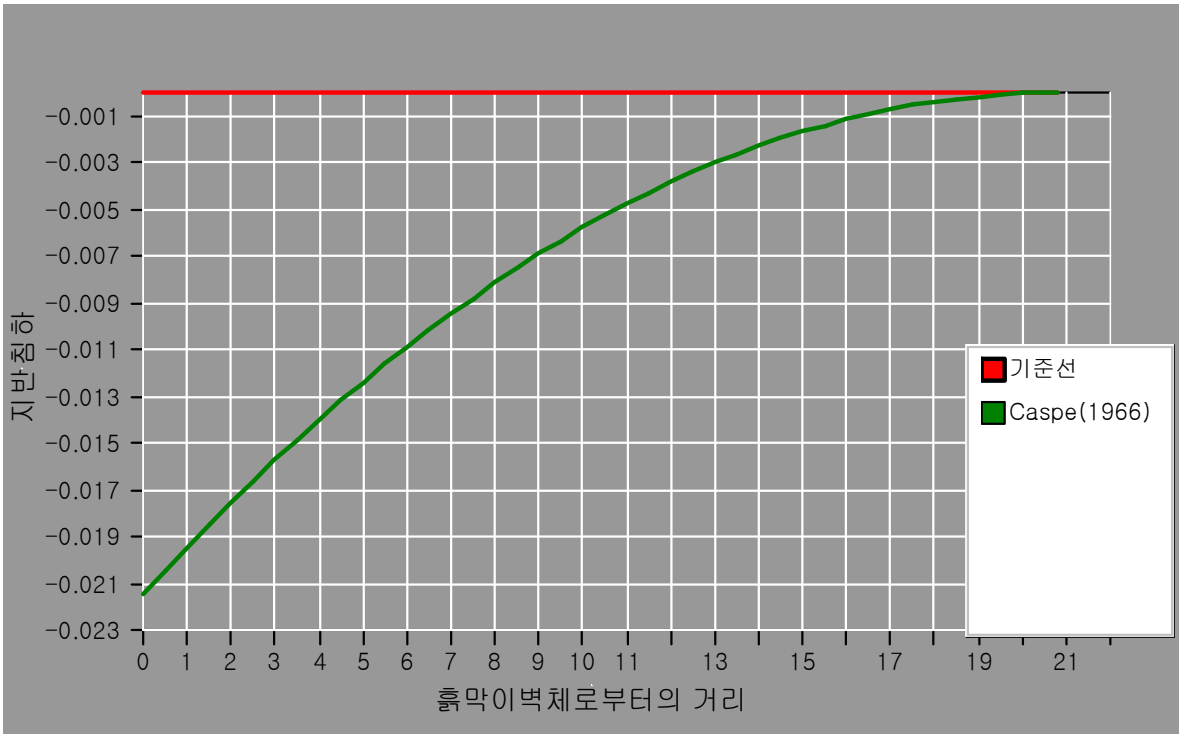
굴착면 하부토압 (Pp) = 5183.282 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.089 m
Mp = (Pp x Yp) = (5183.282 x 4.089) = 21193.77 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 21193.77 / 122.135 = 173.527
S.F. = 173.527 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.112 m³/m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 18.35 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (φ) = 29.079 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + φ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 29.079/2) = 17.003 m

Ht = Hp + Hw = 17.003 + 18.35 = 35.353 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-φ/2)

D = 35.353 x tan(45-29.079/2) = 20.792 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.112 / 20.792 = -0.021 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.021 x ((20.792 - Xi) / 20.792)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-21.483	-1.021	-2.042
0.50	-20.462	-0.996	-1.992
1.00	-19.466	-0.971	-1.942
1.50	-18.495	-0.946	-1.893
2.00	-17.548	-0.921	-1.843
2.50	-16.627	-0.897	-1.793
3.00	-15.730	-0.872	-1.743
3.50	-14.859	-0.847	-1.694

4.00	−14.012	−0.822	−1.644
4.50	−13.190	−0.797	−1.594
5.00	−12.393	−0.772	−1.545
5.50	−11.620	−0.747	−1.495
6.00	−10.873	−0.723	−1.445
6.50	−10.150	−0.698	−1.396
7.00	−9.452	−0.673	−1.346
7.50	−8.780	−0.648	−1.296
8.00	−8.131	−0.623	−1.246
8.50	−7.508	−0.598	−1.197
9.00	−6.910	−0.574	−1.147
9.50	−6.336	−0.549	−1.097
10.00	−5.788	−0.524	−1.048
10.50	−5.264	−0.499	−0.998
11.00	−4.765	−0.474	−0.948
11.50	−4.290	−0.449	−0.899
12.00	−3.841	−0.424	−0.849
12.50	−3.417	−0.400	−0.799
13.00	−3.017	−0.375	−0.750
13.50	−2.642	−0.350	−0.700
14.00	−2.292	−0.325	−0.650
14.50	−1.967	−0.300	−0.600
15.00	−1.667	−0.275	−0.551
15.50	−1.392	−0.251	−0.501
16.00	−1.141	−0.226	−0.451
16.50	−0.915	−0.201	−0.402
17.00	−0.715	−0.176	−0.352
17.50	−0.539	−0.151	−0.302
18.00	−0.387	−0.126	−0.253
18.50	−0.261	−0.101	−0.203
19.00	−0.160	−0.077	−0.153
19.50	−0.083	−0.052	−0.104
20.00	−0.031	−0.027	−0.054
20.50	−0.004	−0.004	−0.015
20.79	0.000	0.000	0.000
Max	−21.483	−1.021	−2.042

3-1.18 TYPE-16

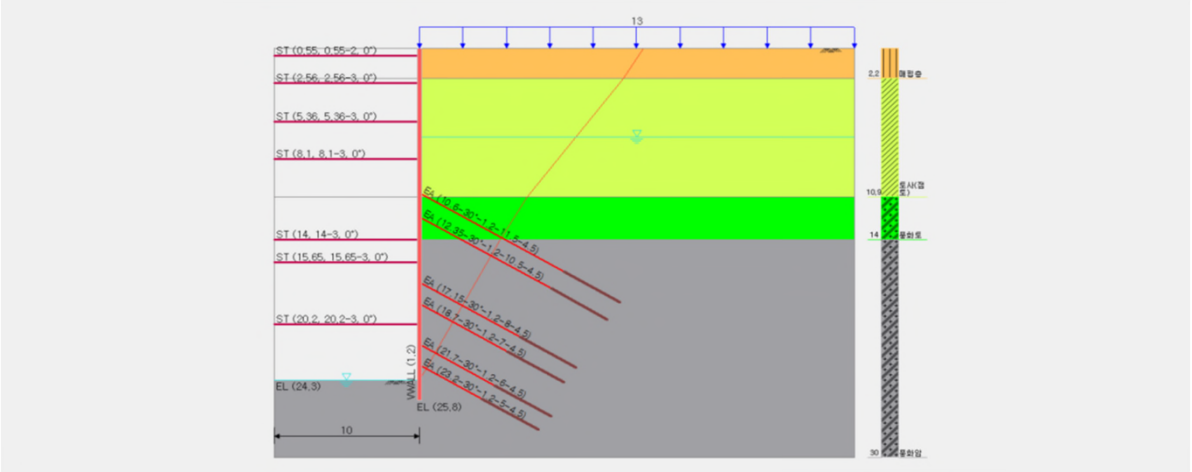
(STA.0+683.5~0+701.0)

GeoX 구조계산서
TYPE-16

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
7.4 Strut 설계 (Strut-4)
7.5 Strut 설계 (Strut-7)
7.6 Strut 설계 (Strut-8)
7.7 Strut 설계 (Strut-11)
7.8 Earth Anchor 설계 (Strut-5, Strut-6, Strut-9, Strut-10, Strut-12, Strut-13)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
8.4 Strut-4 띠장 설계
8.5 Strut-5 띠장 설계
8.6 Strut-6 띠장 설계
8.7 Strut-7 띠장 설계
8.8 Strut-8 띠장 설계
8.9 Strut-9 띠장 설계
8.10 Strut-10 띠장 설계
8.11 Strut-11 띠장 설계
8.12 Strut-12 띠장 설계
8.13 Strut-13 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 24.30m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (2.56, 2.56-3, 0°)
ST (5.36, 5.36-3, 0°)
ST (8.1, 8.1-3, 0°)
ST (14, 14-3, 0°)
ST (15.65, 15.65-3, 0°)
ST (20.2, 20.2-3, 0°)
EL (24.3)
EL (25.8)
10
2.2
10.9
14
30

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.548	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.354	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	6.104	100.355	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	15.294	71.290	O.K		
		전단응력	2.212	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.56	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.877	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.36	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	54.020	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	8.10	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	71.855	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	14.00	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	56.706	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		
Strut-8 P 406.4x12	15.65	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	39.264	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		
Strut-11 P 406.4x12	20.20	휨응력	24.688	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.962	125.062	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Strut-5 Strand12.7x4EA	10.60	O.K	O.K	O.K
Strut-6 Strand12.7x4EA	12.35	O.K	O.K	O.K
Strut-9 Strand12.7x4EA	17.15	O.K	O.K	O.K
Strut-10 Strand12.7x4EA	18.70	O.K	O.K	O.K
Strut-12 Strand12.7x4EA	21.70	O.K	O.K	O.K
Strut-13 Strand12.7x4EA	23.20	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	38.488	152.017	O.K	
		전단응력	27.369	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.56	휨응력	86.399	142.373	O.K	
		전단응력	66.102	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.36	휨응력	92.741	142.373	O.K	
		전단응력	70.954	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	8.10	휨응력	128.738	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	67.715	90.000	O.K	
Strut-5 2H 250x250x9/14	10.60	휨응력	28.710	156.940	O.K	
		전단응력	41.527	90.000	O.K	
Strut-6 2H 250x250x9/14	12.35	휨응력	28.931	156.940	O.K	
		전단응력	41.847	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	14.00	휨응력	98.163	142.373	O.K	
		전단응력	75.102	90.000	O.K	
Strut-8 H 440x300x11/18	15.65	휨응력	62.958	142.373	O.K	
		전단응력	48.168	90.000	O.K	
Strut-9 2H 250x250x9/14	17.15	휨응력	16.958	156.940	O.K	
		전단응력	24.529	90.000	O.K	
Strut-10 2H 250x250x9/14	18.70	휨응력	18.570	156.940	O.K	
		전단응력	26.860	90.000	O.K	
Strut-11 H 440x300x11/18	20.20	휨응력	86.569	142.373	O.K	
		전단응력	66.232	90.000	O.K	
Strut-12 2H 250x250x9/14	21.70	휨응력	19.598	156.940	O.K	
		전단응력	28.348	90.000	O.K	
Strut-13 2H 250x250x9/14	23.20	휨응력	20.265	156.940	O.K	
		전단응력	29.313	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	92.738	190.963	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	75.101	204.720	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	57.290	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	74.063	165.724	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	18.437	146.017	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 24.30	휨응력	159.595	364.500	O.K		
		압축응력	155.129	351.446	O.K		
		전단응력	75.721	209.250	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS11 : 굴착 12.85 m	14.808	48.600	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 18.6$ 210	$0 < \ell/r \leq 16$ 285	$0 < \ell/r \leq 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \leq 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \leq 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \leq 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 4.6$ 210	$\ell/b \leq 4.0$ 285	$\ell/b \leq 3.8$ 322.5	$\ell/b \leq 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \leq 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \leq 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \leq 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.7.0

나. 탄소성법

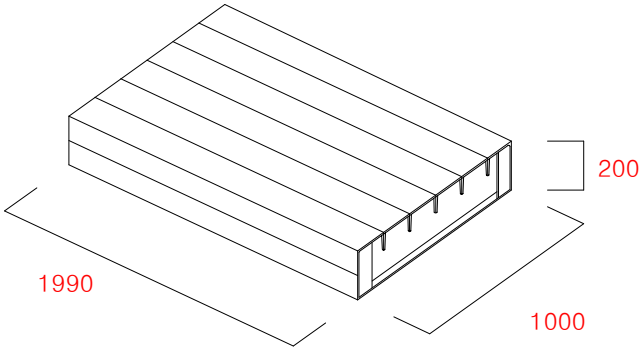
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

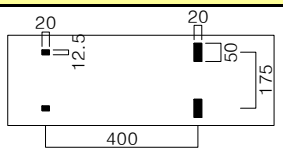
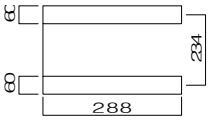
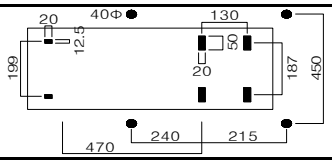
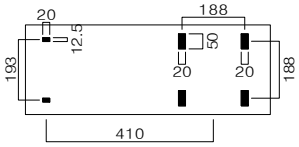
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

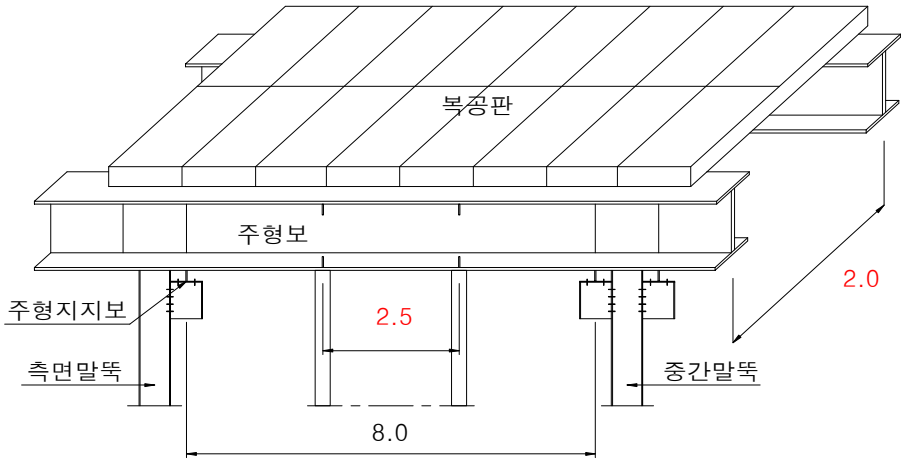
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

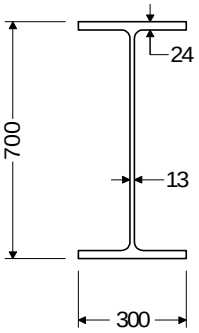
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

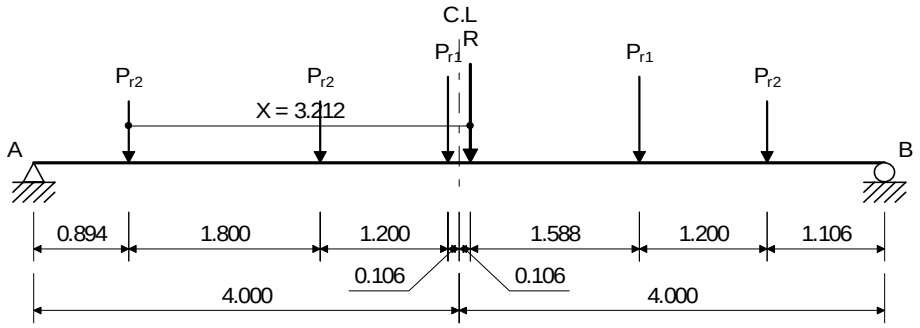
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

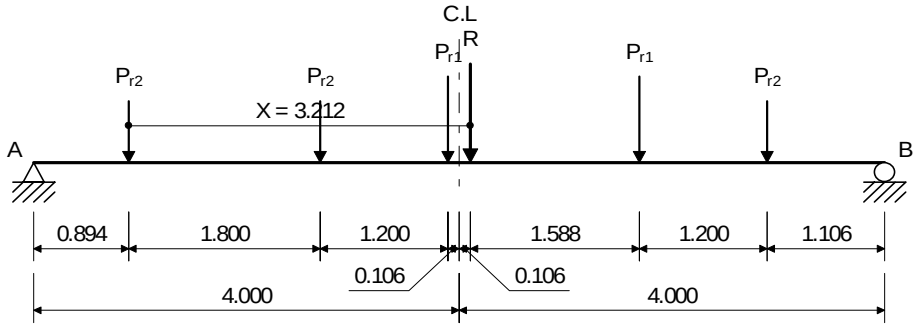
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) / 8.000

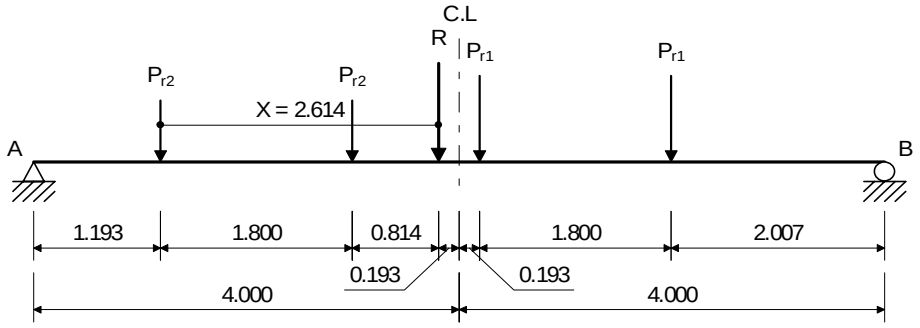
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

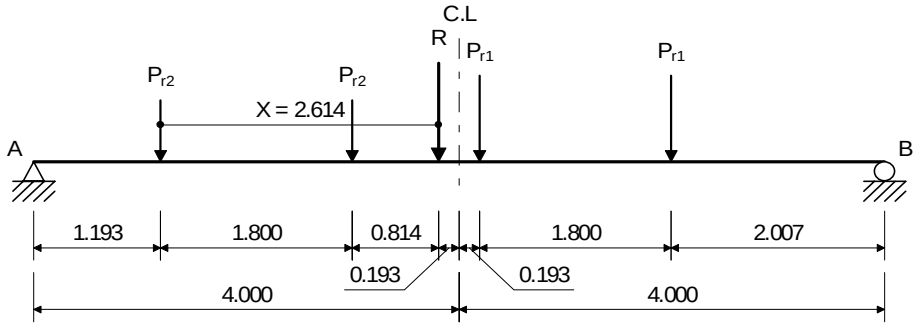


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

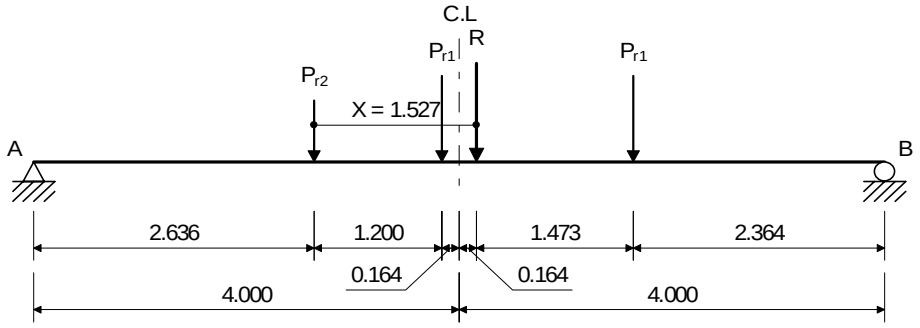
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

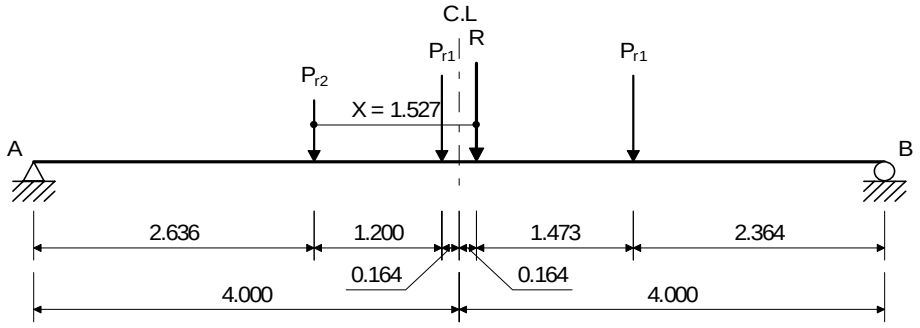


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

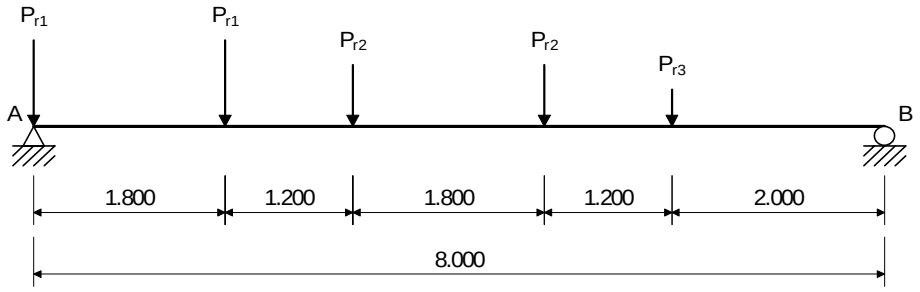


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L

= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) / 8.000

= 335.010 kN

S_l = 335.010 x **1.00** = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

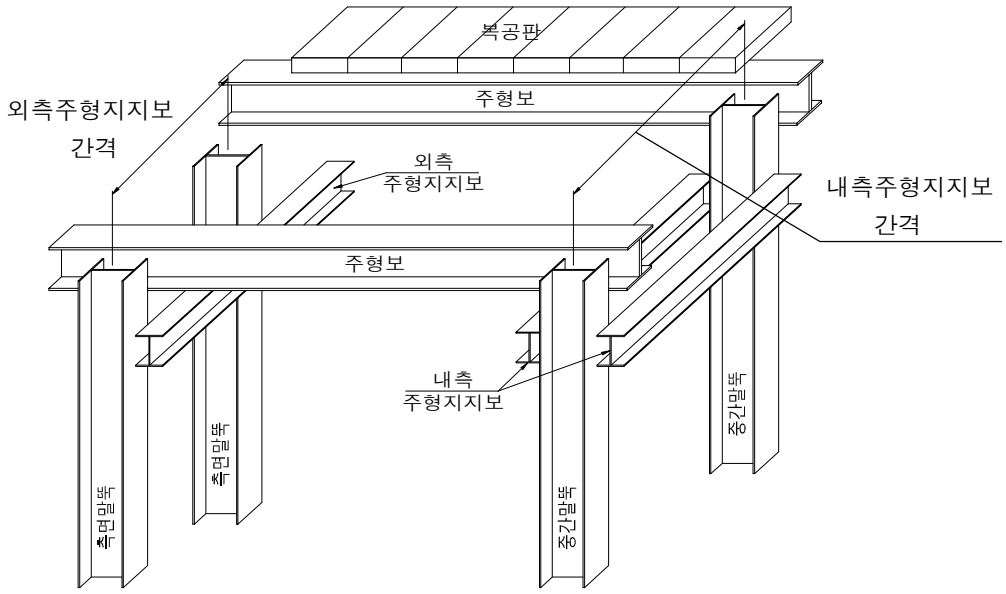
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

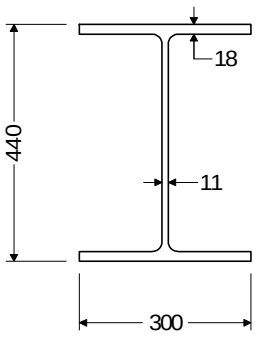
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

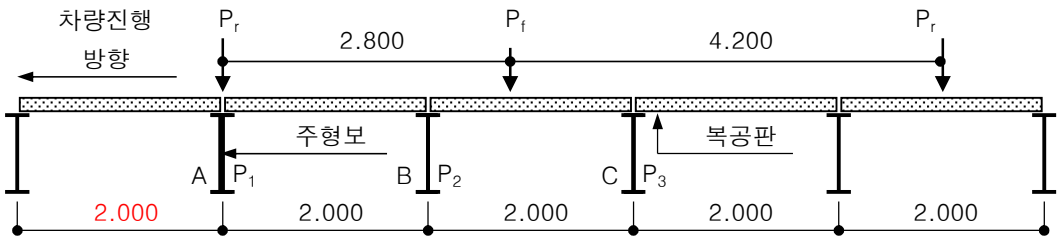


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



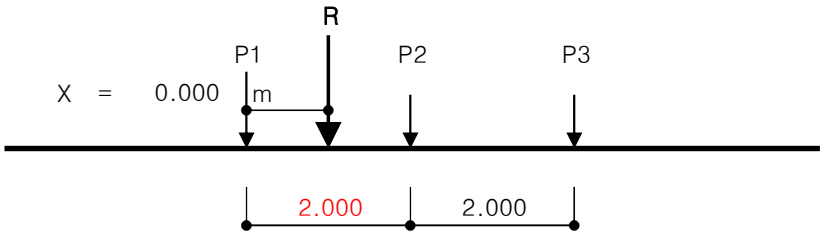
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

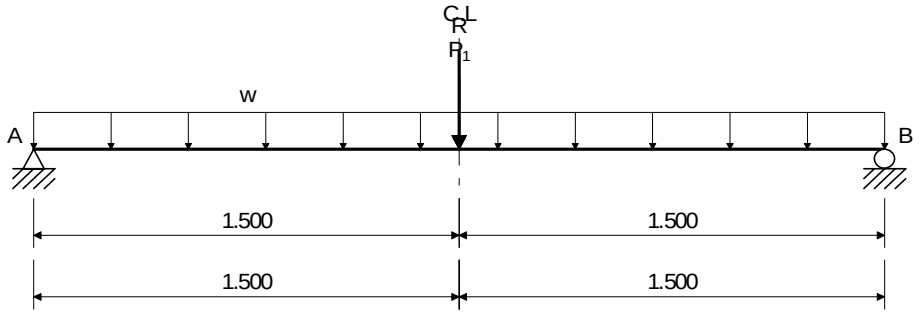


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

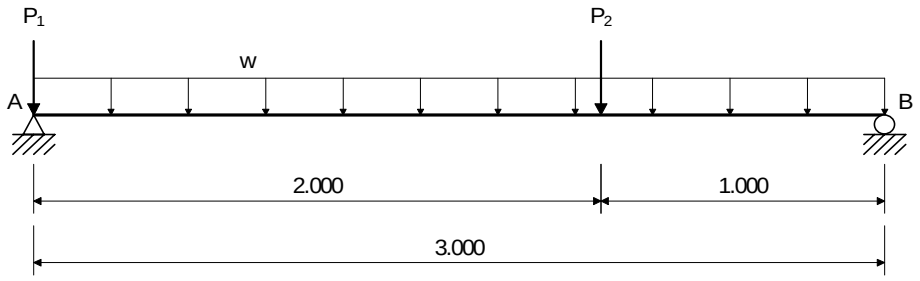
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (357.210 \times 1.500) / 3.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 269.271$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

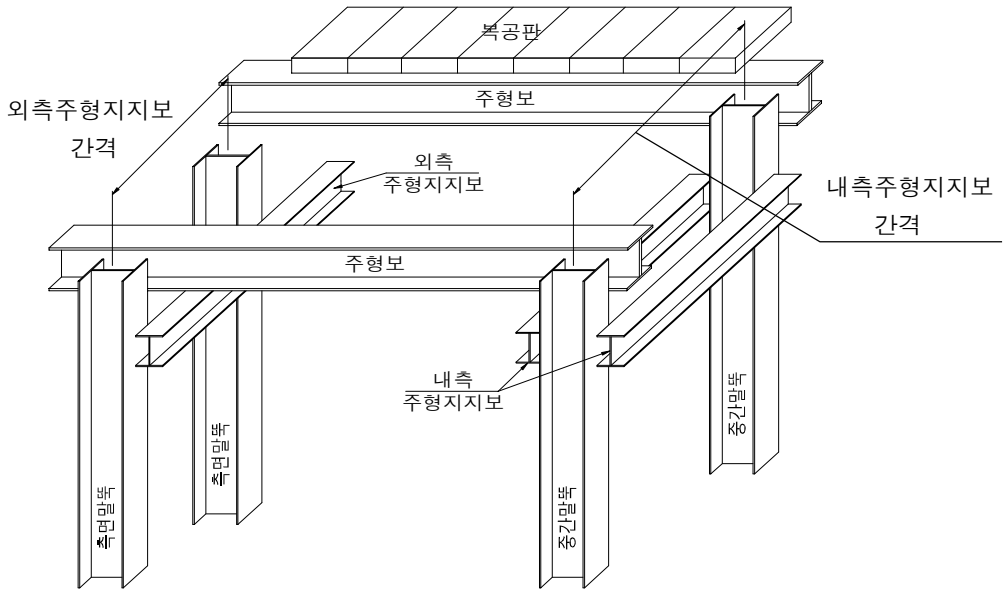
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

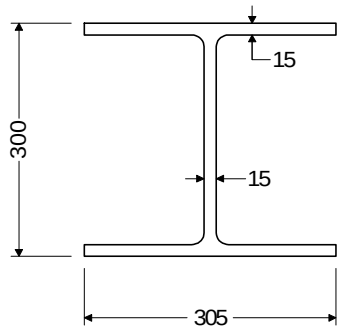
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

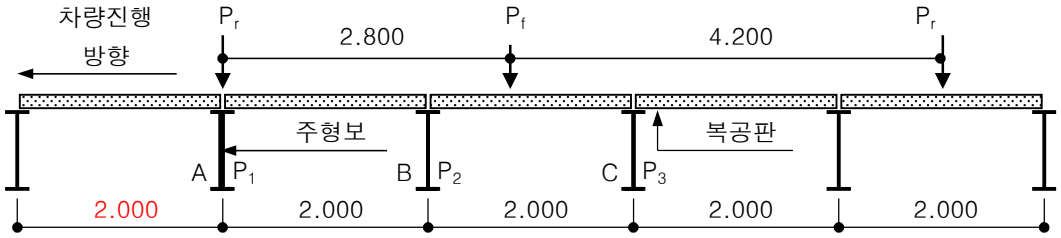


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



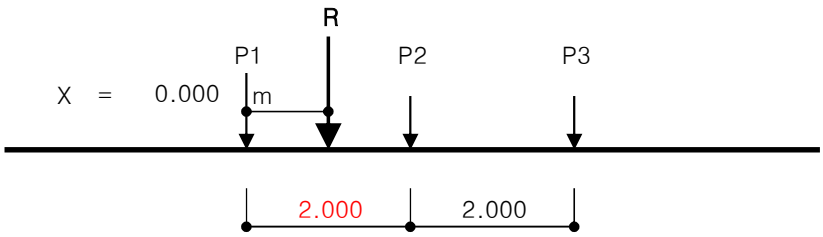
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 357.210

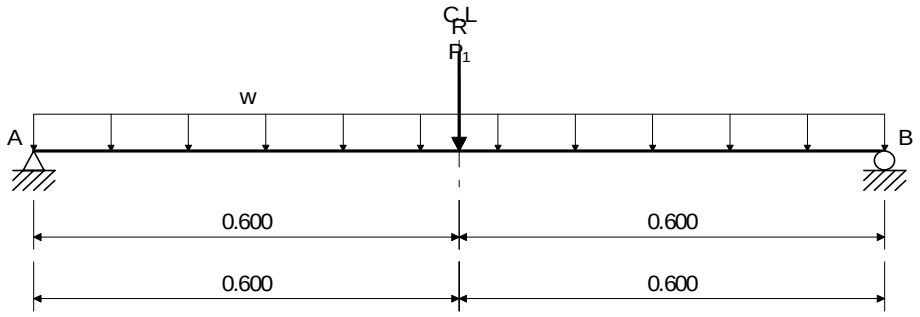
= 357.210 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 357.210

= 0.000 m

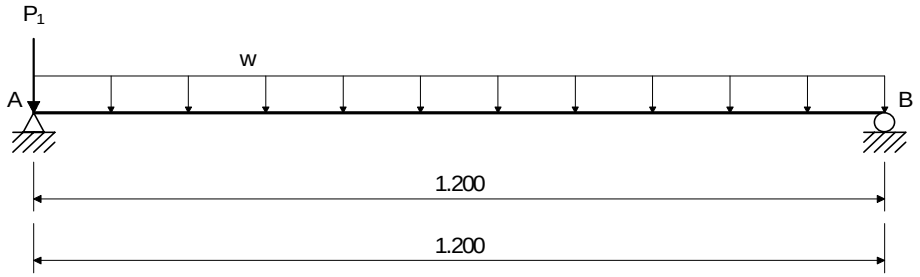
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.600) / L
= (357.210 x 0.600) / 1.200
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 107.350 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (357.210 x 1.200) / 1.200
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.20 / 2
= 357.833 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.350 x 1000000 / 1440000.0 = 74.548 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.833 x 1000 / 4050 = 88.354 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (74.548 + 74.548) / 74.548$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> $L/B \le 4.6$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 74.548 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.354 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 357833 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.03 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.03 ea ---> O.K

7.지보재 설계

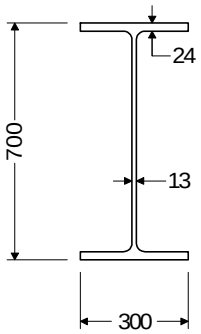
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 120.082 kN/m ---> Strut-1 (CS28 : Peck)
= 120.082 x 2.00 / 1 단
= 240.165 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 240.165 + 120.0 = 360.165 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 5760000.0 = 6.104 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 360.165 x 1000 / 23550 = 15.294 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.750 x 1000 / 8476 = 2.212 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.286

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (21.397 − 9.190) / 21.397

= 0.570

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 7500 / 293

25.597 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (25.597 − 18.6))

= 151.045 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 151.045 MPa

L_y / R_y = 7500 / 67.8

110.619 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 110.619²)

= 71.290 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 71.290 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 71.290 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7500 / 300

= 25.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (25.000 − 4.6))

= 100.355 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 100.355 MPa

f_{eax} = $1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (25.597)^2$

= 2060.376 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 71.290 MPa > f_c = 15.294 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 100.355 MPa > f_b = 6.104 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.212 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{15.294}{71.290} + \frac{6.104}{100.355 \times (1 - (15.294 / 2060.376))}$$

$$= 0.276 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 15.294 + \frac{6.104}{1 - (15.294 / 2060.376)}$$

$$= 21.443 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.276 , 0.136)

= 0.276 < 1.0 ---> O.K

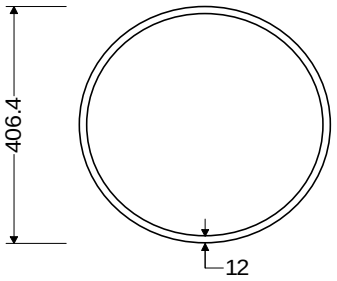
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 212.156 kN/m ---> Strut-2 (CS28 : Peck)
= 212.156 x 3.00 / 1 단
= 636.469 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 636.469 + 120.0 = 756.469 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1424000.0 = 24.688 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 756.469 x 1000 / 14868.5 = 50.877 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.521 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.065 x 12)

= 15.895 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.065

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.566 − 26.189) / 75.566

= 0.653 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 50.877 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{50.877}{125.062} + \dfrac{24.688}{157.500 \times (1 - (50.877 / 467.046))}$

= 0.583 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 50.877 + \frac{24.688}{1 - (50.877 / 467.046)}$$

$$= 78.584 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.583 , 0.499)$$
$$= 0.583 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{75.566}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.605 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

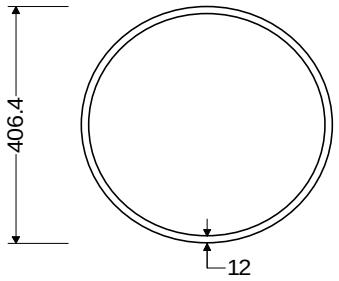
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 227.730 kN/m ---> Strut-3 (CS28 : Peck)
= 227.730 x 3.00 / 1 단
= 683.189 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 683.189 + 120.0 = 803.189 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 \times 1000000 / 1424000.0 = 24.688$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 803.189 \times 1000 / 14868.5 = 54.020$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.521$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.063 x 12)

= 15.934 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.063

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.708 − 29.331) / 78.708

= 0.627 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 54.020 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{54.020}{125.062} + \dfrac{24.688}{157.500 \times (1 - (54.020 / 467.046))}$

= 0.609 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 54.020 + \frac{24.688}{1 - (54.020 / 467.046)}$$

$$= 81.937 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.609 , 0.520)

= 0.609 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{78.708}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.630 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

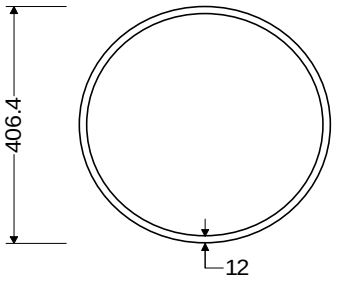
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 316.123 kN/m ---> Strut-4 (CS28 : Peck)
= 316.123 x 3.00 / 1 단
= 948.370 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 948.370 + 120.0 = 1068.370 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 \times 1000000 / 1424000.0 = 24.688$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 1068.370 \times 1000 / 14868.5 = 71.855$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.521$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.051 x 12)

= 16.109 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.051

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (96.543 − 47.166) / 96.543

= 0.511 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 71.855 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{71.855}{125.062} + \dfrac{24.688}{157.500 \times (1 - (71.855 / 467.046))}$

= 0.760 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 71.855 + \frac{24.688}{1 - (71.855 / 467.046)}$$

$$= 101.032 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.760 , 0.641)

= 0.760 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{96.543}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.773 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

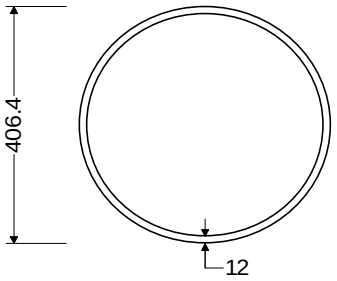
7.5 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 241.045 kN/m ---> Strut-7 (CS28 : Peck)
= 241.045 x 3.00 / 1 단
= 723.136 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 723.136 + 120.0 = 843.136 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 \times 1000000 / 1424000.0 = 24.688$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 843.136 \times 1000 / 14868.5 = 56.706$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.521$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.061 x 12)

= 15.965 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.061

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (81.395 − 32.018) / 81.395

= 0.607 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 56.706 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{56.706}{125.062} + \dfrac{24.688}{157.500 \times (1 - (56.706 / 467.046))}$

= 0.632 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 56.706 + \frac{24.688}{1 - (56.706 / 467.046)}$$

$$= 84.806 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.632 , 0.538)$$
$$= 0.632 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{81.395}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.652 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

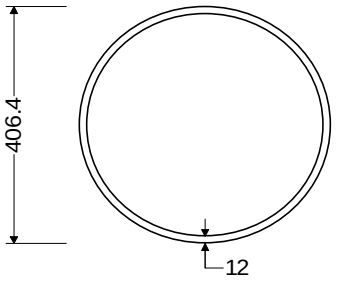
7.6 Strut 설계 (Strut-8)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 154.597 kN/m ---> Strut-8 (CS28 : Peck)
= 154.597 x 3.00 / 1 단
= 463.790 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 463.790 + 120.0 = 583.790 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 x 1000000 / 1424000.0 = 24.688 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 583.790 x 1000 / 14868.5 = 39.264 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.521 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.077 x 12)

= 15.720 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.077

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (63.952 − 14.575) / 63.952

= 0.772 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 39.264 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{39.264}{125.062} + \dfrac{24.688}{157.500 \times (1 - (39.264 / 467.046))}$

= 0.485 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 39.264 + \frac{24.688}{1 - (39.264 / 467.046)}$$

$$= 66.218 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.485 , 0.420)

= 0.485 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{63.952}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.512 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

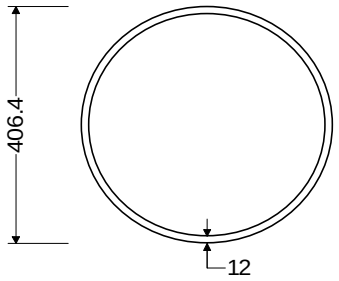
7.7 Strut 설계 (Strut-11)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 212.574 kN/m ---> Strut-11 (CS28 : Peck)
= 212.574 x 3.00 / 1 단
= 637.722 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 637.722 + 120.0 = 757.722 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 \times 1000000 / 1424000.0 = 24.688$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 757.722 \times 1000 / 14868.5 = 50.962$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.521$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.065 x 12)

= 15.896 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.065

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.650 − 26.273) / 75.650

= 0.653 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.763 − 18.6))

= 125.062 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.062 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 467.046 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.062 MPa > f_c = 50.962 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{50.962}{125.062} + \frac{24.688}{157.500 \times (1 - (50.962 / 467.046))}$

= 0.583 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 50.962 + \frac{24.688}{1 - (50.962 / 467.046)}$$

$$= 78.674 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.583 , 0.500)
= 0.583 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{75.650}{125.062} + \left\{ \frac{2.521}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.606 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

7.8 Earth Anchor 설계 (Strut-5, Strut-6, Strut-9, Strut-10, Strut-12, Strut-13)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

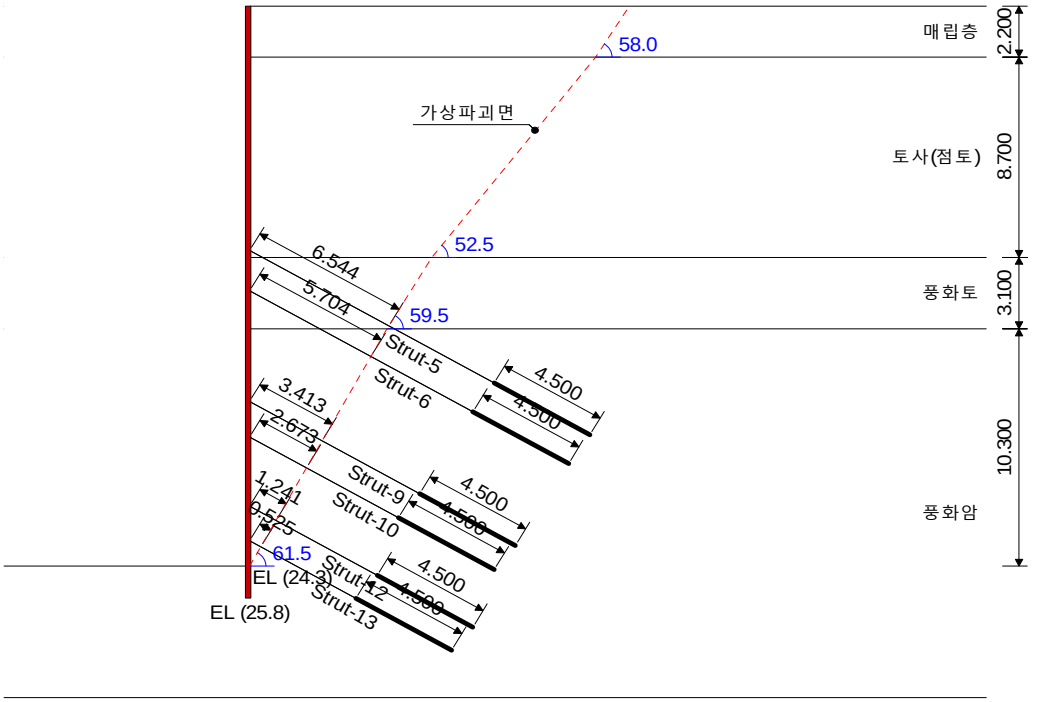
(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,
0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
Strut-5	10.600	6.544	3.645	11.500	O.K
Strut-6	12.350	5.704	3.645	10.500	O.K
Strut-9	17.150	3.413	3.645	8.000	O.K
Strut-10	18.700	2.673	3.645	7.000	O.K
Strut-12	21.700	1.241	3.645	6.000	O.K
Strut-13	23.200	0.525	3.645	5.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 ($T_{req} = R_{max}$ x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
Strut-5	10.600	204.975	1.200	30	245.970
Strut-6	12.350	205.343	1.200	30	246.412
Strut-9	17.150	99.109	1.200	30	118.931
Strut-10	18.700	109.600	1.200	30	131.520
Strut-12	21.700	114.225	1.200	30	137.070
Strut-13	23.200	114.325	1.200	30	137.190

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
10.600	200000	3.0	98.71	4	12.0	19742.000
12.350	200000	3.0	98.71	4	11.0	21536.727
17.150	200000	3.0	98.71	4	8.5	27871.059
18.700	200000	3.0	98.71	4	7.5	31587.200
21.700	200000	3.0	98.71	4	6.5	36446.769
23.200	200000	3.0	98.71	4	5.5	43073.455

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
10.600	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
12.350	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
17.150	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
18.700	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
21.700	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
23.200	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
10.600	245.970	19.742	24.796	290.508
12.350	246.412	21.537	24.796	292.744
17.150	118.931	27.871	24.796	171.598
18.700	131.520	31.587	24.796	187.903
21.700	137.070	36.447	24.796	198.313
23.200	137.190	43.073	24.796	205.060

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
10.600	290.508	110.160	4	2.637	O.K
12.350	292.744	110.160	4	2.657	O.K
17.150	171.598	110.160	4	1.558	O.K
18.700	187.903	110.160	4	1.706	O.K
21.700	198.313	110.160	4	1.800	O.K
23.200	205.060	110.160	4	1.861	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	500	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)
10.600	245.970	2.5	100.0	600.0	3.262
12.350	246.412	2.5	100.0	600.0	3.268
17.150	118.931	2.5	100.0	600.0	1.577
18.700	131.520	2.5	100.0	600.0	1.744
21.700	137.070	2.5	100.0	600.0	1.818
23.200	137.190	2.5	100.0	1050.0	1.040

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
10.600	245.970	4.0	12.70	500.0	3.082
12.350	246.412	4.0	12.70	500.0	3.088
17.150	118.931	4.0	12.70	500.0	1.490
18.700	131.520	4.0	12.70	500.0	1.648
21.700	137.070	4.0	12.70	500.0	1.718
23.200	137.190	4.0	12.70	700.0	1.228

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
10.600	3.262	3.082	4.5	O.K
12.350	3.268	3.088	4.5	O.K
17.150	1.577	1.490	4.5	O.K
18.700	1.744	1.648	4.5	O.K
21.700	1.818	1.718	4.5	O.K
23.200	1.040	1.228	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
10.600	11.500	1.500	4.500	17.500
12.350	10.500	1.500	4.500	16.500
17.150	8.000	1.500	4.500	14.000
18.700	7.000	1.500	4.500	13.000
21.700	6.000	1.500	4.500	12.000
23.200	5.000	1.500	4.500	11.000

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
10.600	290.508	12.0	200000	98.71	4	44.146
12.350	292.744	11.0	200000	98.71	4	40.778
17.150	171.598	8.5	200000	98.71	4	18.471
18.700	187.903	7.5	200000	98.71	4	17.846
21.700	198.313	6.5	200000	98.71	4	16.323
23.200	205.060	5.5	200000	98.71	4	14.282

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
10.600	1.20	30.0	11.500	1.500	4.500	290.508
12.350	1.20	30.0	10.500	1.500	4.500	292.744
17.150	1.20	30.0	8.000	1.500	4.500	171.598
18.700	1.20	30.0	7.000	1.500	4.500	187.903
21.700	1.20	30.0	6.000	1.500	4.500	198.313
23.200	1.20	30.0	5.000	1.500	4.500	205.060

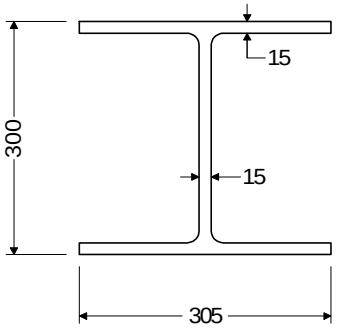
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

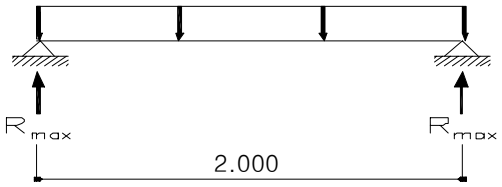
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 120.082 kN/m ---> Strut-1 (CS28 : Peck)

P = 120.082 × 2.00 m / 1 ea = 240.165 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 240.165 / (13 × 2.000)
= 110.845 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 110.845 × 2.000^2 / 8
= 55.423 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 110.845 × 2.000 / 2
= 110.845 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 55.423 x 1000000 / 1440000.0 = 38.488 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 110.845 x 1000 / 4050 = 27.369 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (38.488 + 38.488) / 38.488

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 38.488 MPa ---> O.K

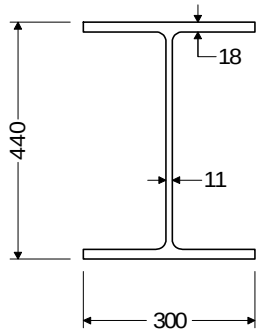
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 27.369 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

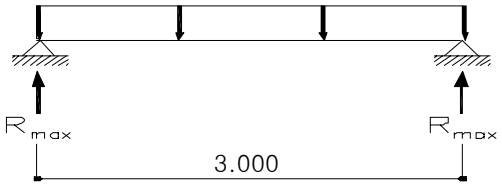
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 212.156 kN/m ---> Strut-2 (CS28 : Peck)

P = 212.156 × 3.00 m / 1 ea = 636.469 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 636.469 / (13 × 3.000)
= 195.837 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 195.837 × 3.000^2 / 8
= 220.316 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 195.837 × 3.000 / 2
= 293.755 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 220.316 x 1000000 / 2550000.0 = 86.399 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 293.755 x 1000 / 4444 = 66.102 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (86.399 + 86.399) / 86.399

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 86.399 MPa ---> O.K

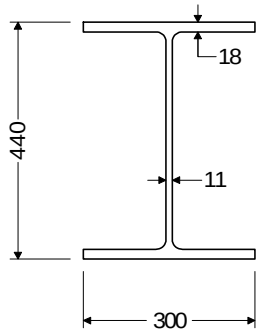
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 66.102 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

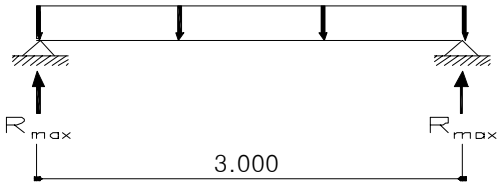
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 227.730 kN/m ---> Strut-3 (CS28 : Peck)

P = 227.730 × 3.00 m / 1 ea = 683.189 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 683.189 / (13 × 3.000)
= 210.212 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 210.212 × 3.000 ^{2} / 8
= 236.489 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 210.212 × 3.000 / 2
= 315.318 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 236.489 x 1000000 / 2550000.0 = 92.741 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 315.318 x 1000 / 4444 = 70.954 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (92.741 + 92.741) / 92.741

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 92.741 MPa ---> O.K

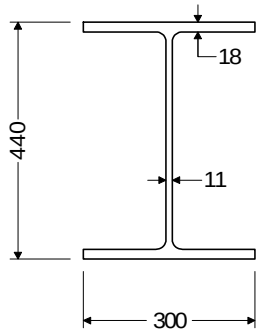
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 70.954 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

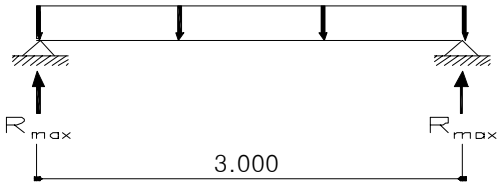
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 316.123 kN/m ---> Strut-4 (CS28 : Peck)

P = 316.123 × 3.00 m / 1 ea = 948.370 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 948.370 / (13 × 3.000)
= 291.806 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 291.806 × 3.000^2 / 8
= 328.282 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 291.806 × 3.000 / 2
= 437.709 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 328.282 x 1000000 / 2550000.0 = 128.738 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 437.709 x 1000 / 4444 = 98.494 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (128.738 + 128.738) / 128.738

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 128.738 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa < τ = 98.494 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 437709.030 / 6464.000 = 67.715 MPa

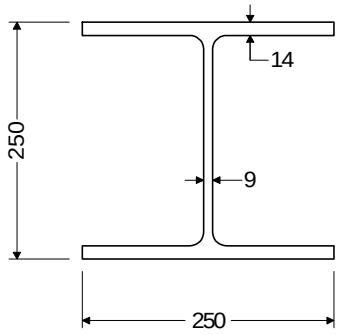
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 67.715 MPa ---> O.K

8.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

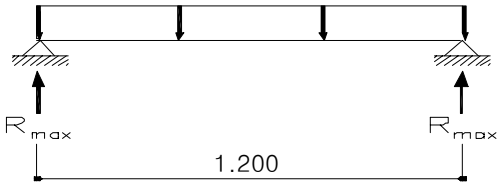
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



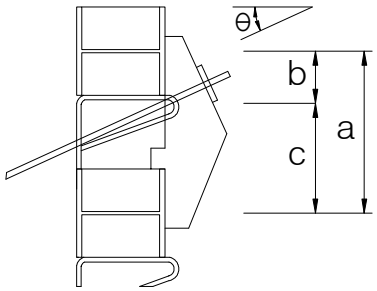
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 290.508 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 290.508 \times \cos 30 ° \times (0.393 / 0.550)$
$= 179.771$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 179.771 / (13 \times 1.200)$
$= 138.285$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 138.285 \times 1.200^{2} / 8$
$= 24.891$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 138.285 \times 1.200 / 2$
$= 82.971$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 24.891 x 1000000 / 867000.0 = 28.710 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 82.971 x 1000 / 1998 = 41.527 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (28.710 + 28.710) / 28.710

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 28.710 MPa ---> O.K

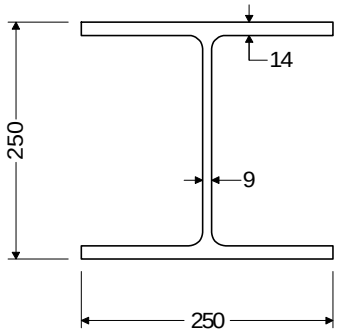
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 41.527 MPa ---> O.K

8.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

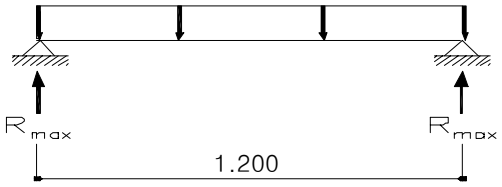
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



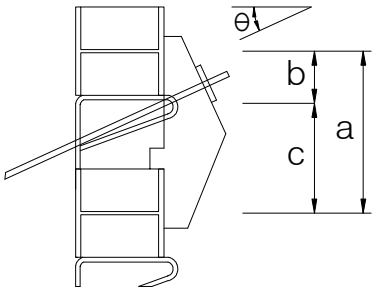
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 292.744 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 292.744 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 181.154$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 181.154 / (13 \times 1.200)$
$= 139.350$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 139.350 \times 1.200^2 / 8$
$= 25.083$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 139.350 \times 1.200 / 2$
$= 83.610$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 25.083 \times 1000000 / 867000.0 = 28.931$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 83.610 \times 1000 / 1998 = 41.847$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (28.931 + 28.931) / 28.931

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 28.931 MPa ---> O.K

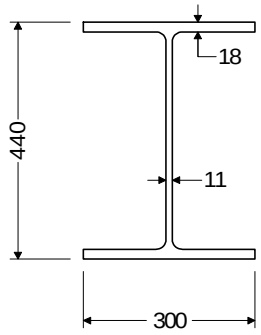
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 41.847 MPa ---> O.K

8.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

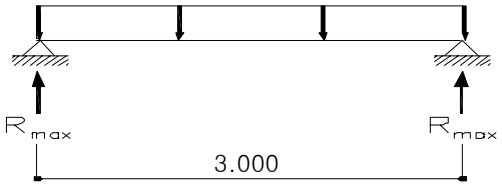
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 241.045 kN/m ---> Strut-7 (CS28 : Peck)

P = 241.045 × 3.00 m / 1 ea = 723.136 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 723.136 / (13 × 3.000)
= 222.503 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 222.503 × 3.000 ^{2} / 8
= 250.316 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 222.503 × 3.000 / 2
= 333.755 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 250.316 x 1000000 / 2550000.0 = 98.163 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.755 x 1000 / 4444 = 75.102 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.163 + 98.163) / 98.163

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 98.163 MPa ---> O.K

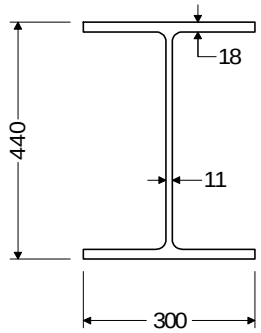
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 75.102 MPa ---> O.K

8.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

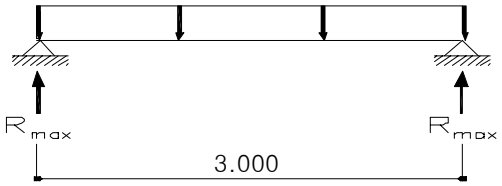
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 154.597 kN/m ---> Strut-8 (CS28 : Peck)

P = 154.597 × 3.00 m / 1 ea = 463.790 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 463.790 / (13 × 3.000)
= 142.704 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 142.704 × 3.000^2 / 8
= 160.543 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 142.704 × 3.000 / 2
= 214.057 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 160.543 x 1000000 / 2550000.0 = 62.958 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 214.057 x 1000 / 4444 = 48.168 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (62.958 + 62.958) / 62.958

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 62.958 MPa ---> O.K

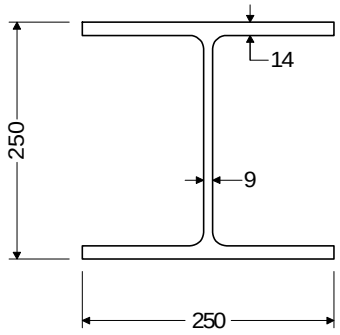
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 48.168 MPa ---> O.K

8.9 Strut-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

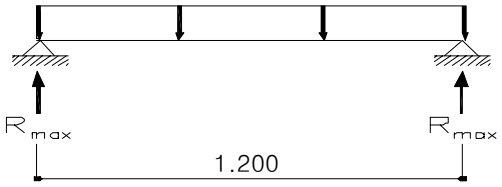
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



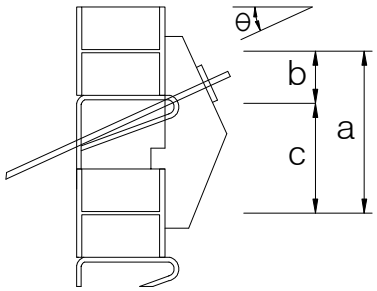
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 171.598 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 171.598 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 106.187$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 106.187 / (13 \times 1.200)$
$= 81.682$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 81.682 \times 1.200^2 / 8$
$= 14.703$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 81.682 \times 1.200 / 2$
$= 49.009$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 14.703 x 1000000 / 867000.0 = 16.958 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 49.009 x 1000 / 1998 = 24.529 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (16.958 + 16.958) / 16.958

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 16.958 MPa ---> O.K

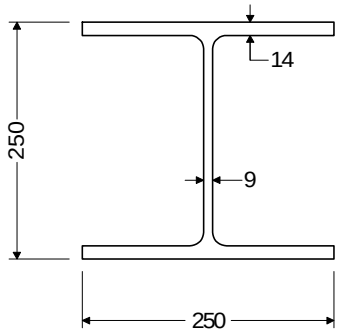
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 24.529 MPa ---> O.K

8.10 Strut-10 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

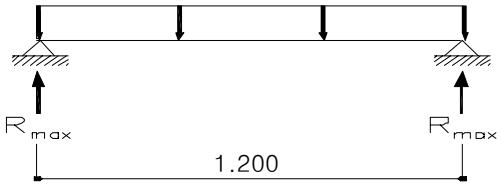
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



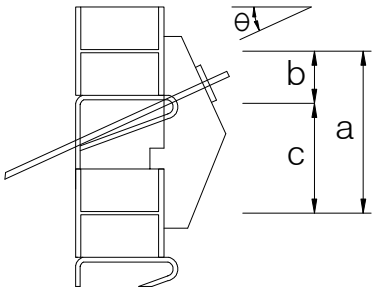
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 187.903 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 187.903 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 116.277$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 116.277 / (13 \times 1.200)$
$= 89.444$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 89.444 \times 1.200^2 / 8$
$= 16.100$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 89.444 \times 1.200 / 2$
$= 53.666$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 16.100 \times 1000000 / 867000.0 = 18.570$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 53.666 \times 1000 / 1998 = 26.860$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (18.570 + 18.570) / 18.570

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 18.570 MPa ---> O.K

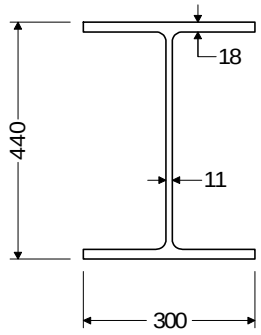
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 26.860 MPa ---> O.K

8.11 Strut-11 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

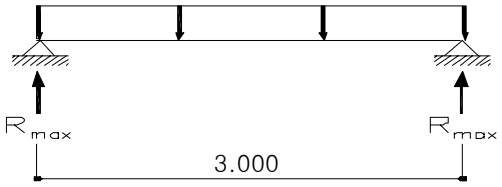
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 212.574 kN/m ---> Strut-11 (CS28 : Peck)

P = 212.574 × 3.00 m / 1 ea = 637.722 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 637.722 / (13 × 3.000)
= 196.222 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 196.222 × 3.000 ^{2} / 8
= 220.750 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 196.222 × 3.000 / 2
= 294.333 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 220.750 x 1000000 / 2550000.0 = 86.569 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 294.333 x 1000 / 4444 = 66.232 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (86.569 + 86.569) / 86.569

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 86.569 MPa ---> O.K

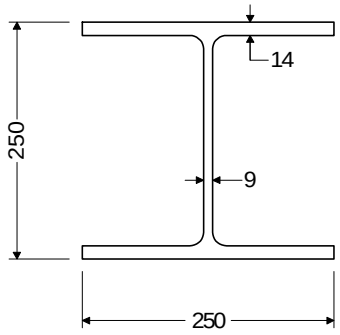
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 66.232 MPa ---> O.K

8.12 Strut-12 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

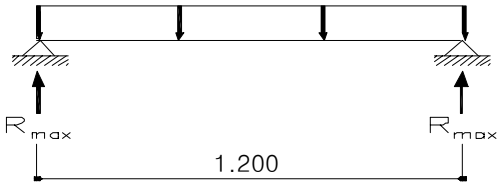
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



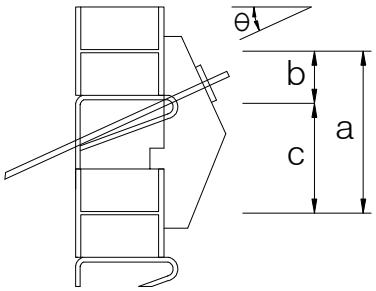
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 198.313 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 198.313 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 122.719 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 122.719 / (13 × 1.200)
= 94.399 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 94.399 × 1.200 ^{2} / 8
= 16.992 kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
= 1 × 94.399 × 1.200 / 2
= 56.639 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 16.992 x 1000000 / 867000.0 = 19.598 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 56.639 x 1000 / 1998 = 28.348 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (19.598 + 19.598) / 19.598

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 19.598 MPa ---> O.K

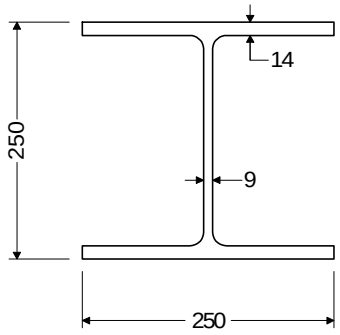
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 28.348 MPa ---> O.K

8.13 Strut-13 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

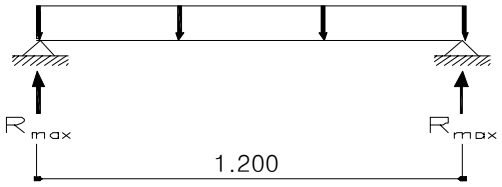
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



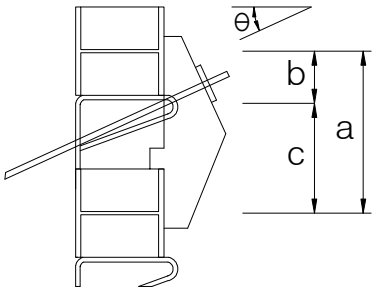
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 205.060 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 205.060 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 126.894$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 126.894 / (13 \times 1.200)$
$= 97.611$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 97.611 \times 1.200^2 / 8$
$= 17.570$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 97.611 \times 1.200 / 2$
$= 58.566$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 17.570 x 1000000 / 867000.0 = 20.265 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 58.566 x 1000 / 1998 = 29.313 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (20.265 + 20.265) / 20.265

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 20.265 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 29.313 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

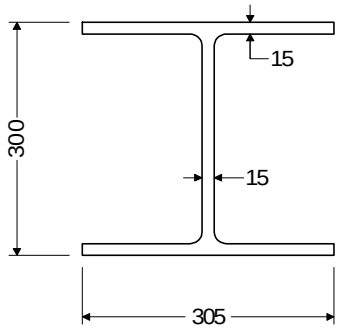
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	357.210	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	27.500	kN				
라. 버팀보 자중	=	50.400	kN				
마. 띠장 자중	=	17.400	kN				
바. 지보재 수직분력	=	423.789	×	1.200	=	508.546	kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	#######	kN				

최대모멘트, M_{max} = 111.285 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS46 : 해체18)

최대전단력, S_{max} = 193.352 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS28 : Peck)

▶ Pmax = 1012.356 kN

▶ Mmax = 111.285 × 1.200 = 133.542 kN·m

▶ Smax = 193.352 × 1.200 = 232.023 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 133.542 x 1000000 / 1440000.0 = 92.738 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1012.356 x 1000 / 13480 = 75.101 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 232.023 x 1000 / 4050 = 57.290 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 1.937

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (167.838 - -17.637) / 167.838$

= 1.105

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2800 / 126

22.222 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 1.29 x (22.222 - 16))

= 204.720 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 204.720 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2800 / 305

= 9.180 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 3.91 x (9.180 - 4))

= 190.963 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 190.963 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (22.222)^2

= 2733.750 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 204.720 MPa > f_c = 75.101 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 190.963 MPa > f_b = 92.738 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 57.290 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{75.101}{204.720} + \dfrac{92.738}{190.963 \times (1 - (75.101 / 2733.750))}$

= 0.866 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 75.101 + \frac{92.738}{1 - (75.101 / 2733.750)}$$

$$= 170.458 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.866 , 0.797)
= 0.866 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 14.8 mm ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 12.85 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 24.300 x 1000 x 0.002 = 48.600 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 1012.36 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

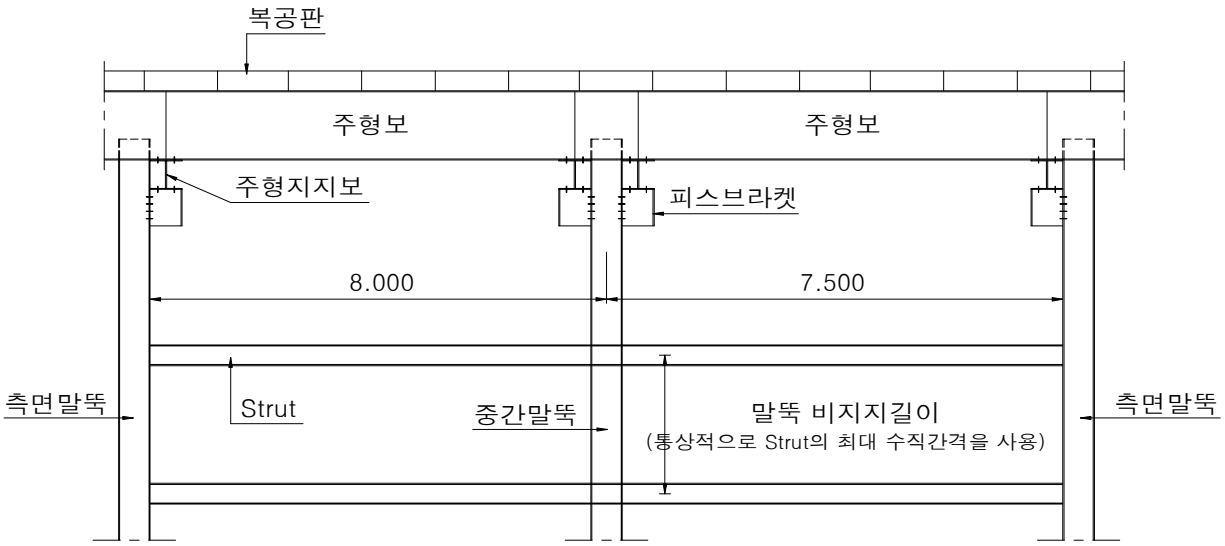
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 7.500 = 15.500 m

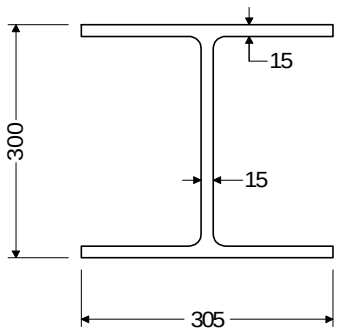
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 27.500 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 50.400 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 9.600 kN

ΣP_s = 96.040 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 7.500) / 2 = 20.813 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.500)

= 0.316 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

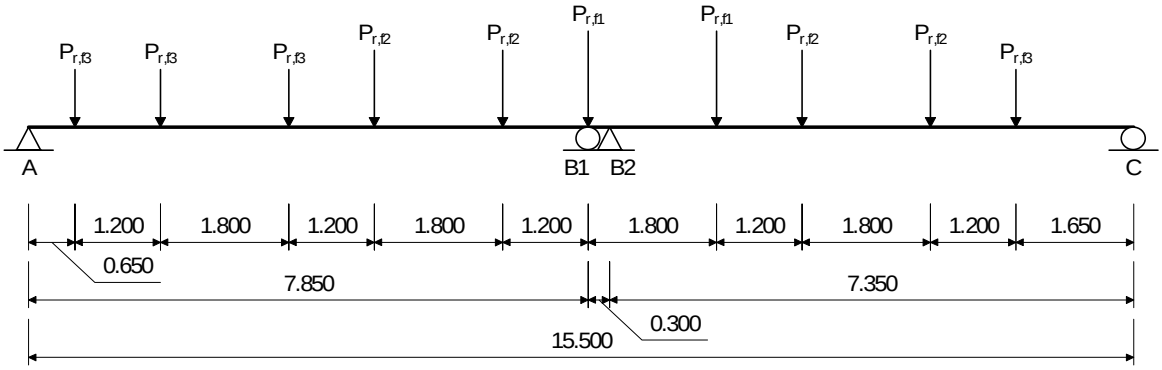
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850 + 70.200 x 0.650) / 7.850

= 316.918 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850 + 70.200 x 1.650) / 7.350

= 210.600 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 316.918 x 1.00 = 316.918 kN

P_{r2} = 210.600 x 1.00 = 210.600 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850 + 17.550 x 0.650) / 7.850

= 79.230 kN

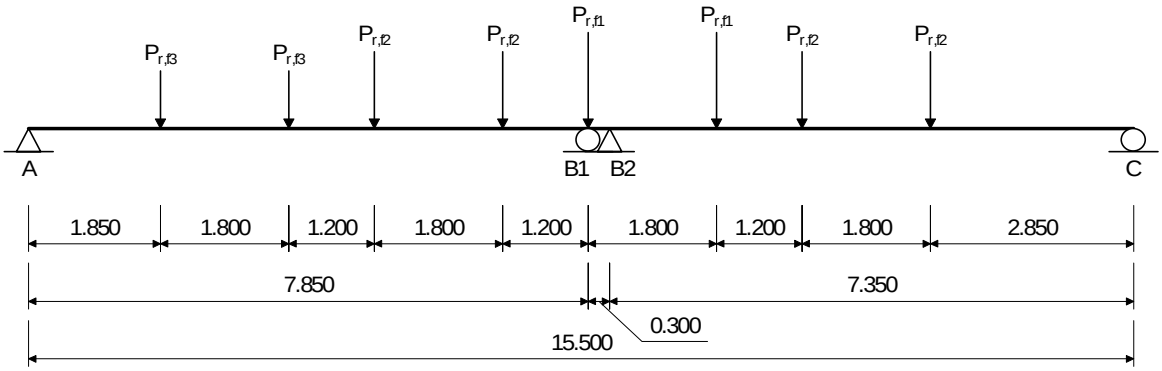
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 17.550 x 1.650) / 7.350

= 52.650 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 79.230 x 1.00 = 79.230 kN

P_{f2} = 52.650 x 1.00 = 52.650 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650 + 70.200 x 1.850) / 7.850

= 311.106 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 7.350

= 194.841 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 311.106 x 1.00 = 311.106 kN

P_{r2} = 194.841 x 1.00 = 194.841 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650 + 17.550 x 1.850) / 7.850

= 77.776 kN

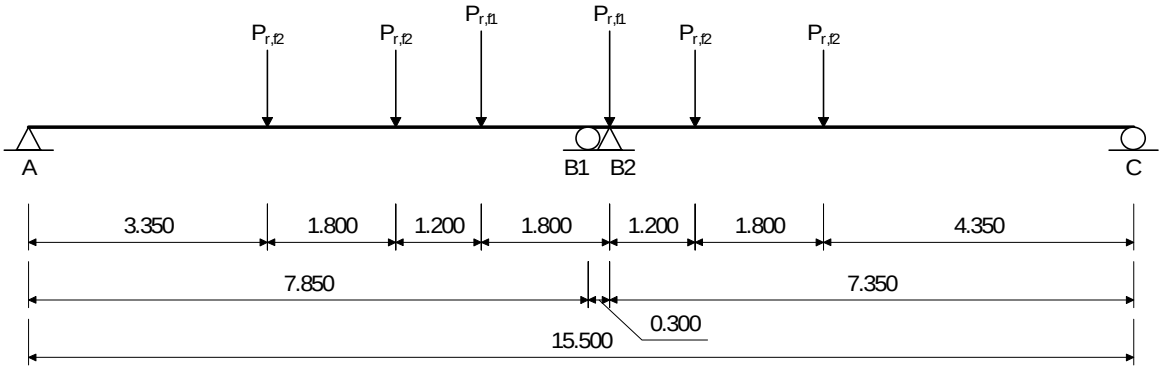
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 7.350

= 48.710 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 77.776 x 1.00 = 77.776 kN

P_{f2} = 48.710 x 1.00 = 48.710 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 7.850

= 202.303 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.350 + 93.600 x 6.150 + 93.600 x 4.350) / 7.350

= 258.514 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 202.303 x 1.00 = 202.303 kN

P_{r2} = 258.514 x 1.00 = 258.514 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 7.850

= 50.576 kN

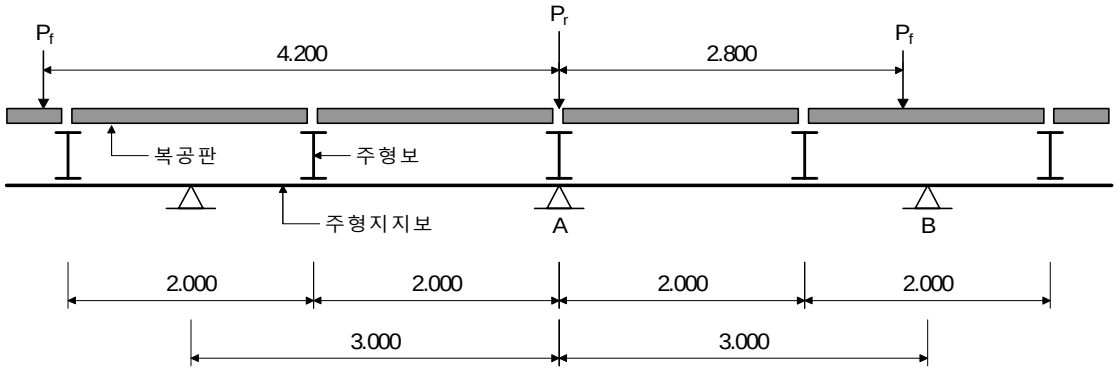
R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350

= 64.629 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 50.576 x 1.00 = 50.576 kN

P_{f2} = 64.629 x 1.00 = 64.629 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (316.918 x 3.000 + 79.230 x 0.200) / 3.000

= 322.200 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 322.200 + 22.200 x 3.00 / 2.00 = 355.500 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (258.514 x 3.000 + 64.629 x 0.200) / 3.000

= 262.823 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

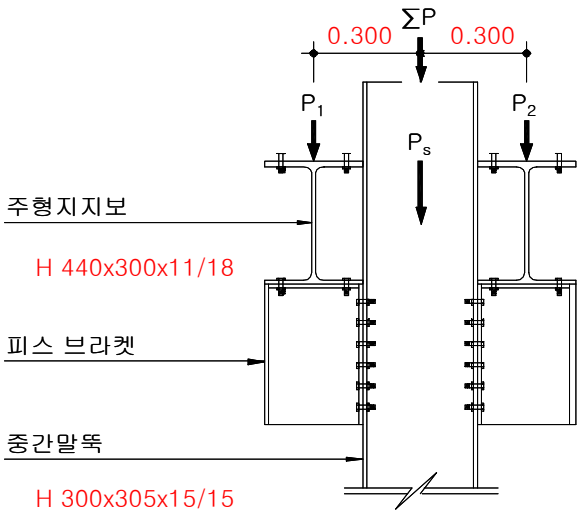
= 262.823 + 20.813 x 3.00 / 2.00 = 294.042 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 355.500 + 294.042 + 96.040 = 745.582 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 248.527 x 1000 / 13480 = 18.437 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 106.650 x 1000000 / 1440000 = 74.063 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 355.500 x 0.300 = 106.650 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.875

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (92.499 − −55.626) / 92.499

= 1.601

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 4550 / 126

36.111 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (36.111 − 16))

= 184.564 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 184.564 MPa

L_y / R_y = 4550 / 72.6

62.672 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (62.672 − 16))

= 146.017 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 146.017 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 146.017 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4550 / 305

= 14.918 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (14.918 − 4))

= 165.724 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 165.724 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (36.111)^2

= 1035.266 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 146.017 MPa > f_c = 18.437 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 165.724 MPa > f_b = 74.063 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{18.437}{146.017} + \frac{74.063}{165.724 \times (1 - (18.437 / 1035.266))}$

= 0.581 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 18.437 + \frac{74.063}{1 - (18.437 / 1035.266)}$

= 93.842 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.581 , 0.439)

= 0.581 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 248.53 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

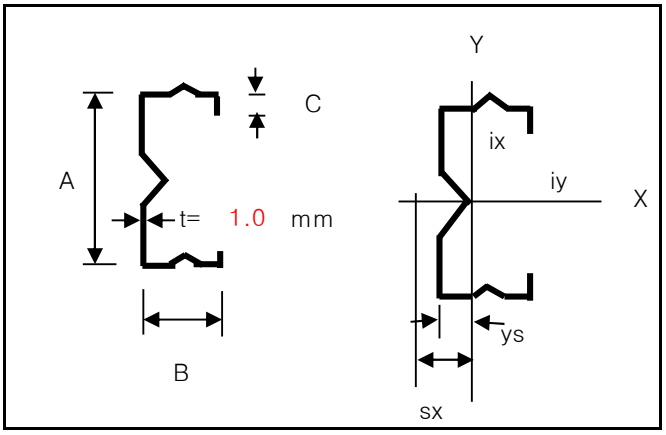
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

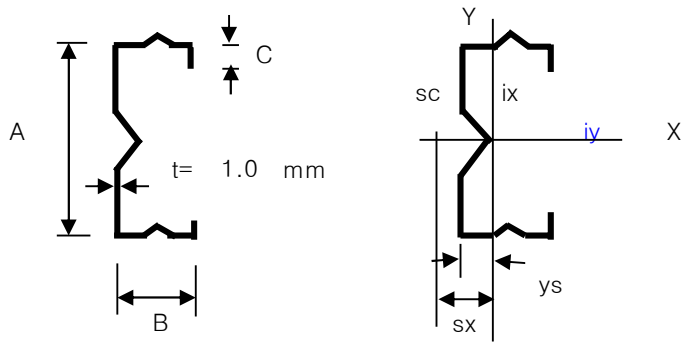
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 24.30m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	351.4
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

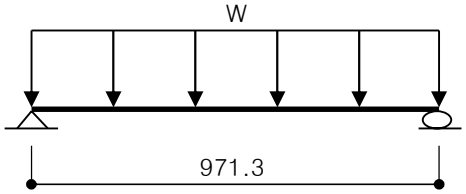
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1528 MPa ---> (CS28 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 152.8 kN/m^2 x 0.2000 m = 30.6 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 30.6 x 0.97 ^{2}/ 8 = 3.6 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 30.6 x 0.97 / 2 = 14.8 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3603645 / 22,580 = 159.59 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3603645 / 23,230 = 155.13 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 14841 / 196 = 75.72 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 351.446 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 351.446 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 159.59 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 155.13 MPa < f_{ba} = 351.45 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 75.72 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 24.3 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.20	18.00	19.00	0.00	26.00	6	-	12000.00
2	토사(점토)	10.90	17.00	18.00	20.00	15.00	5	-	14000.00
3	풍화토	14.00	20.00	21.00	21.00	29.00	40	-	31000.00
4	풍화암	30.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	25.8	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	7.5	0	1
2	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.56	3	7.5	50	1
3	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.36	3	7.5	50	1
4	Strut-4	P 406.4x12	SS400	8.1	3	7.5	100	1
5	Strut-7	P 406.4x12	SS400	14	3	7.5	50	1
6	Strut-8	P 406.4x12	SS400	15.65	3	7.5	50	1
7	Strut-11	P 406.4x12	SS400	20.2	3	7.5	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	10.6	1.2	30	11.5	200
2	Strut-6	Strand12.7x4EA	SWPC7B	12.35	1.2	30	10.5	200
3	Strut-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	17.15	1.2	30	8	100
4	Strut-10	Strand12.7x4EA	SWPC7B	18.7	1.2	30	7	100
5	Strut-12	Strand12.7x4EA	SWPC7B	21.7	1.2	30	6	100
6	Strut-13	Strand12.7x4EA	SWPC7B	23.2	1.2	30	5	100

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 6.5 m, 수위차 = 24.3 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.06	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	5.86	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.60	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	11.10	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	12.85	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	14.50	-	-	-	-	-	-	O	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	16.15	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	17.65	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-9		-	-	-	-	X	X
19	19.20	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	Strut-10		-	-	-	-	X	X
21	20.70	-	-	-	-	-	-	X	X
22	-	Strut-11		-	-	-	-	X	X
23	22.20	-	-	-	-	-	-	X	X
24	-	Strut-12		-	-	-	-	X	X
25	23.70	-	-	-	-	-	-	X	X
26	-	Strut-13		-	-	-	-	X	X
27	24.30	-	-	-	-	-	-	X	X
28	24.30	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
29	23.70	-	-	-	-	-	-	X	X
30	-		Strut-13	-	-	-	-	X	X
31	22.20	-	-	-	-	-	-	X	X
32	-		Strut-12	-	-	-	-	X	X
33	20.70	-	-	-	-	-	-	X	X
34	-		Strut-11	-	-	-	-	X	X
35	19.20	-	-	-	-	-	-	X	X
36	-		Strut-10	-	-	-	-	X	X
37	17.65	-	-	-	-	-	-	X	X
38	-		Strut-9	-	-	-	-	X	X
39	16.15	-	-	-	-	-	-	X	X
40	-		Strut-8	-	-	-	-	X	X
41	14.50	-	-	-	-	-	-	X	X
42	-		Strut-7	-	-	-	-	X	X
43	12.85	-	-	-	-	-	-	X	X

44	–		Strut-6	–	–	–	–	X	X
45	11.10	–	–	–	–	–	–	X	X
46	–		Strut-5	–	–	–	–	X	X
47	8.60	–	–	–	–	–	–	X	X
48	–		Strut-4	–	–	–	–	X	X
49	5.86	–	–	–	–	–	–	X	X
50	–		Strut-3	–	–	–	–	X	X
51	3.06	–	–	–	–	–	–	X	X
52	–		Strut-2	–	–	–	–	X	X
53	1.05	–	–	–	–	–	–	X	X
54	–		Strut-1	–	–	–	–	X	X
55	0.10	–	–	–	–	–	–	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.39	1.4	-4.04	4.9	2.06	9.1	-13.01	2.6
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.38	1.4	-4.04	4.9	2.06	9.1	-13.01	2.6
CS3 : 굴착 3.06 m	3.06	10.93	3.5	-19.47	0.6	12.43	1.8	-6.86	4.9
CS4 : 생성 Strut-2	3.06	14.58	2.6	-12.53	0.6	4.63	1.4	-7.13	4.0
CS5 : 굴착 5.86 m	5.86	35.07	2.6	-48.01	2.6	31.32	5.4	-46.38	2.6
CS6 : 생성 Strut-3	5.86	30.21	2.6	-39.70	2.6	19.99	4.9	-36.62	2.6
CS7 : 굴착 8.6 m	8.60	47.16	9.1	-117.03	5.4	83.99	7.7	-65.05	5.4
CS8 : 생성 Strut-4	8.60	32.42	9.1	-100.43	5.4	63.12	7.7	-46.90	5.4
CS9 : 굴착 11.1 m	11.10	88.29	11.1	-162.95	8.1	110.57	10.1	-44.77	8.1
CS10 : 생성 Strut-5	11.10	99.16	10.6	-92.02	8.1	68.23	9.1	-45.52	5.4
CS11 : 굴착 12.85 m	12.85	77.14	13.2	-133.73	8.1	80.38	11.9	-44.94	8.1
CS12 : 생성 Strut-6	12.85	84.82	10.6	-106.18	8.1	67.71	9.6	-43.76	12.4
CS13 : 굴착 14.5 m	14.50	76.23	10.6	-125.10	12.4	59.71	13.6	-39.30	16.7
CS14 : 생성 Strut-7	14.50	76.71	10.6	-119.21	12.4	52.90	9.6	-39.30	5.4
CS15 : 굴착 16.15 m	16.15	80.62	10.6	-110.12	8.1	52.48	9.6	-40.02	5.4
CS16 : 생성 Strut-8	16.15	80.01	10.6	-111.57	12.4	52.50	9.6	-39.90	5.4
CS17 : 굴착 17.65 m	17.65	80.46	10.6	-110.28	8.1	52.81	9.6	-40.04	5.4
CS18 : 생성 Strut-9	17.65	80.21	10.6	-110.91	12.4	52.57	9.6	-39.95	5.4
CS19 : 굴착 19.2 m	19.20	80.29	10.6	-110.45	8.1	52.89	9.6	-40.02	5.4
CS20 : 생성 Strut-10	19.20	80.26	10.6	-110.60	12.4	52.65	9.6	-39.98	5.4
CS21 : 굴착 20.7 m	20.70	80.21	10.6	-110.53	8.1	52.84	9.6	-40.00	5.4
CS22 : 생성 Strut-11	20.70	80.22	10.6	-110.52	8.1	52.81	9.6	-40.00	5.4
CS23 : 굴착 22.2 m	22.20	80.20	10.6	-110.54	8.1	52.75	9.6	-39.98	5.4
CS24 : 생성 Strut-12	22.20	80.21	10.6	-110.53	8.1	52.79	9.6	-39.99	5.4
CS25 : 굴착 23.7 m	23.70	80.19	10.6	-110.62	12.4	64.68	22.7	-39.97	5.4
CS26 : 생성 Strut-13	23.70	80.20	10.6	-110.54	8.1	52.76	9.6	-39.98	5.4
CS27 : 굴착 24.3 m	24.30	80.20	10.6	-110.55	12.4	52.74	9.6	-39.98	5.4
CS28 : Peck	24.30	122.91	14.0	-193.35	8.1	56.81	11.5	-99.23	8.1
CS29 : 해체1	23.70	80.20	10.6	-110.54	8.1	52.76	9.6	-39.98	5.4
CS30 : 해체2	23.70	80.19	10.6	-110.62	12.4	64.77	22.7	-39.97	5.4
CS31 : 해체3	22.20	80.21	10.6	-110.53	8.1	52.79	9.6	-39.99	5.4
CS32 : 해체4	22.20	80.20	10.6	-110.54	8.1	52.75	9.6	-39.98	5.4
CS33 : 해체5	20.70	80.22	10.6	-110.52	8.1	52.81	9.6	-40.00	5.4
CS34 : 해체6	20.70	80.21	10.6	-110.53	8.1	52.84	9.6	-40.00	5.4
CS35 : 해체7	19.20	80.26	10.6	-110.59	12.4	52.65	9.6	-39.98	5.4
CS36 : 해체8	19.20	80.30	10.6	-110.44	8.1	52.88	9.6	-40.02	5.4
CS37 : 해체9	17.65	80.21	10.6	-110.91	12.4	52.56	9.6	-39.95	5.4
CS38 : 해체10	17.65	80.46	10.6	-110.28	8.1	52.80	9.6	-40.04	5.4
CS39 : 해체11	16.15	80.01	10.6	-111.59	12.4	52.49	9.6	-39.90	5.4
CS40 : 해체12	16.15	80.59	10.6	-110.15	8.1	52.48	9.6	-40.02	5.4
CS41 : 해체13	14.50	76.64	10.6	-119.43	12.4	52.89	9.6	-39.28	5.4

CS42 : 해체14	14.50	76.18	10.6	-125.06	12.4	59.84	13.6	-38.85	5.4
CS43 : 해체15	12.85	84.19	10.6	-106.80	8.1	68.49	9.6	-43.45	5.4
CS44 : 해체16	12.85	77.88	13.2	-133.94	8.1	81.24	11.9	-48.81	15.3
CS45 : 해체17	11.10	98.40	10.6	-92.77	8.1	68.27	9.1	-45.43	5.4
CS46 : 해체18	11.10	87.85	11.1	-163.39	8.1	111.29	10.1	-44.95	8.1
CS47 : 해체19	8.60	30.73	5.4	-99.54	5.4	61.30	7.7	-46.62	5.4
CS48 : 해체20	8.60	46.56	9.1	-117.40	5.4	83.77	7.7	-66.15	5.4
CS49 : 해체21	5.86	30.11	2.6	-39.15	2.6	18.92	4.9	-36.40	2.6
CS50 : 해체22	5.86	35.31	2.6	-48.03	2.6	30.89	5.4	-46.86	2.6
CS51 : 해체23	3.06	14.59	2.6	-12.52	0.6	4.62	1.4	-7.48	4.0
CS52 : 해체24	3.06	10.97	3.5	-19.41	0.6	12.36	1.8	-7.44	4.9
CS53 : 해체25	1.05	9.51	1.4	-3.89	4.9	3.02	9.6	-13.27	2.6
CS54 : 해체26	1.05	9.39	1.4	-3.83	4.9	3.01	9.6	-13.09	2.6
CS55 : 해체27	0.10	5.21	14.5	-1.27	17.2	2.58	13.2	-3.07	15.7
TOTAL		122.91	14.0	-193.35	8.1	111.29	10.1	-99.23	8.1

13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-7
		0.55 (m)	2.56 (m)	5.36 (m)	8.1 (m)	14 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.06 m	3.06	21.18	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.06	14.25	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 5.86 m	5.86	-6.24	83.08	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	5.86	-1.39	69.91	16.67	-	-
CS7 : 굴착 8.6 m	8.60	3.59	31.90	155.26	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	8.60	2.33	40.53	131.27	33.32	-
CS9 : 굴착 11.1 m	11.10	2.47	43.66	88.48	224.71	-
CS10 : 생성 Strut-5	11.10	2.51	40.72	118.95	126.13	-
CS11 : 굴착 12.85 m	12.85	2.35	44.39	87.28	196.10	-
CS12 : 생성 Strut-6	12.85	2.49	41.49	111.55	146.96	-
CS13 : 굴착 14.5 m	14.50	2.38	43.32	97.47	167.61	-
CS14 : 생성 Strut-7	14.50	2.39	43.14	98.82	165.98	16.67
CS15 : 굴착 16.15 m	16.15	2.40	42.87	101.30	159.91	106.99
CS16 : 생성 Strut-8	16.15	2.40	42.91	100.89	160.88	96.03
CS17 : 굴착 17.65 m	17.65	2.40	42.86	101.34	160.04	83.36
CS18 : 생성 Strut-9	17.65	2.40	42.89	101.06	160.53	94.93
CS19 : 굴착 19.2 m	19.20	2.40	42.86	101.27	160.27	75.71
CS20 : 생성 Strut-10	19.20	2.40	42.88	101.13	160.42	90.36
CS21 : 굴착 20.7 m	20.70	2.40	42.87	101.19	160.42	77.45
CS22 : 생성 Strut-11	20.70	2.40	42.87	101.18	160.41	79.71
CS23 : 굴착 22.2 m	22.20	2.40	42.88	101.14	160.48	82.73
CS24 : 생성 Strut-12	22.20	2.40	42.88	101.17	160.44	80.57
CS25 : 굴착 23.7 m	23.70	2.40	42.88	101.12	160.50	84.98

CS26 : 생성 Strut-13	23.70	2.40	42.88	101.14	160.47	82.48
CS27 : 굴착 24.3 m	24.30	2.40	42.88	101.13	160.48	83.58
CS28 : Peck	24.30	120.08	212.16	227.73	316.12	241.05
CS29 : 해체1	23.70	2.40	42.88	101.14	160.47	82.47
CS30 : 해체2	23.70	2.40	42.88	101.12	160.50	84.97
CS31 : 해체3	22.20	2.40	42.88	101.17	160.44	80.53
CS32 : 해체4	22.20	2.40	42.88	101.14	160.48	82.68
CS33 : 해체5	20.70	2.40	42.87	101.18	160.41	79.62
CS34 : 해체6	20.70	2.40	42.87	101.19	160.42	77.47
CS35 : 해체7	19.20	2.40	42.88	101.13	160.42	90.34
CS36 : 해체8	19.20	2.40	42.86	101.27	160.26	75.82
CS37 : 해체9	17.65	2.40	42.89	101.06	160.53	95.11
CS38 : 해체10	17.65	2.40	42.86	101.34	160.04	83.60
CS39 : 해체11	16.15	2.40	42.91	100.88	160.88	96.51
CS40 : 해체12	16.15	2.40	42.87	101.27	159.96	106.86
CS41 : 해체13	14.50	2.39	43.15	98.76	166.11	16.05
CS42 : 해체14	14.50	2.38	43.32	97.47	167.66	-
CS43 : 해체15	12.85	2.49	41.49	111.49	147.64	-
CS44 : 해체16	12.85	2.36	44.30	87.90	195.77	-
CS45 : 해체17	11.10	2.51	40.75	118.63	127.17	-
CS46 : 해체18	11.10	2.47	43.66	88.41	225.22	-
CS47 : 해체19	8.60	2.33	40.64	130.27	36.04	-
CS48 : 해체20	8.60	3.69	31.35	156.09	-	-
CS49 : 해체21	5.86	-1.28	69.26	17.78	-	-
CS50 : 해체22	5.86	-6.48	83.34	-	-	-
CS51 : 해체23	3.06	14.24	16.46	-	-	-
CS52 : 해체24	3.06	21.13	-	-	-	-
CS53 : 해체25	1.05	-0.13	-	-	-	-
CS54 : 해체26	1.05	-	-	-	-	-
CS55 : 해체27	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		120.08	212.16	227.73	316.12	241.05

시공단계	굴착 깊이	Strut-8	Strut-11	Strut-5	Strut-6	Strut-9
		15.65 (m)	20.2 (m)	10.6 (m)	12.35 (m)	17.15 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.06 m	3.06	-	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.06	-	-	-	-	-
CS5 : 굴착 5.86 m	5.86	-	-	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	5.86	-	-	-	-	-
CS7 : 굴착 8.6 m	8.60	-	-	-	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	8.60	-	-	-	-	-
CS9 : 굴착 11.1 m	11.10	-	-	-	-	-
CS10 : 생성 Strut-5	11.10	-	-	166.67	-	-
CS11 : 굴착 12.85 m	12.85	-	-	204.98	-	-
CS12 : 생성 Strut-6	12.85	-	-	174.68	166.67	-
CS13 : 굴착 14.5 m	14.50	-	-	193.91	205.34	-
CS14 : 생성 Strut-7	14.50	-	-	192.00	201.12	-
CS15 : 굴착 16.15 m	16.15	-	-	189.12	198.04	-

CS16 : 생성 Strut-8	16.15	16.67	-	189.60	198.61	-
CS17 : 굴착 17.65 m	17.65	101.14	-	189.01	197.62	-
CS18 : 생성 Strut-9	17.65	44.84	-	189.39	198.30	83.33
CS19 : 굴착 19.2 m	19.20	95.82	-	189.09	197.64	99.11
CS20 : 생성 Strut-10	19.20	60.57	-	189.29	198.10	87.23
CS21 : 굴착 20.7 m	20.70	81.48	-	189.19	197.81	97.28
CS22 : 생성 Strut-11	20.70	78.20	16.67	189.21	197.86	95.54
CS23 : 굴착 22.2 m	22.20	68.66	112.59	189.27	197.98	93.00
CS24 : 생성 Strut-12	22.20	75.13	60.37	189.23	197.89	94.80
CS25 : 굴착 23.7 m	23.70	63.01	114.75	189.30	198.05	91.16
CS26 : 생성 Strut-13	23.70	69.81	87.53	189.26	197.96	93.22
CS27 : 굴착 24.3 m	24.30	66.92	94.16	189.28	198.00	92.32
CS28 : Peck	24.30	154.60	212.57	195.01	190.97	97.39
CS29 : 해체1	23.70	69.83	87.55	189.26	197.96	93.23
CS30 : 해체2	23.70	63.04	114.73	189.30	198.05	91.17
CS31 : 해체3	22.20	75.22	60.25	189.23	197.89	94.83
CS32 : 해체4	22.20	68.78	112.29	189.27	197.97	93.04
CS33 : 해체5	20.70	78.43	15.83	189.21	197.85	95.61
CS34 : 해체6	20.70	81.55	-	189.19	197.81	97.27
CS35 : 해체7	19.20	60.76	-	189.29	198.10	87.25
CS36 : 해체8	19.20	95.77	-	189.09	197.64	99.02
CS37 : 해체9	17.65	44.72	-	189.39	198.30	83.20
CS38 : 해체10	17.65	100.83	-	189.02	197.63	-
CS39 : 해체11	16.15	15.73	-	189.61	198.63	-
CS40 : 해체12	16.15	-	-	189.15	198.09	-
CS41 : 해체13	14.50	-	-	192.07	201.22	-
CS42 : 해체14	14.50	-	-	193.89	205.26	-
CS43 : 해체15	12.85	-	-	174.63	165.90	-
CS44 : 해체16	12.85	-	-	204.01	-	-
CS45 : 해체17	11.10	-	-	166.98	-	-
CS46 : 해체18	11.10	-	-	-	-	-
CS47 : 해체19	8.60	-	-	-	-	-
CS48 : 해체20	8.60	-	-	-	-	-
CS49 : 해체21	5.86	-	-	-	-	-
CS50 : 해체22	5.86	-	-	-	-	-
CS51 : 해체23	3.06	-	-	-	-	-
CS52 : 해체24	3.06	-	-	-	-	-
CS53 : 해체25	1.05	-	-	-	-	-
CS54 : 해체26	1.05	-	-	-	-	-
CS55 : 해체27	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		154.60	212.57	204.98	205.34	99.11

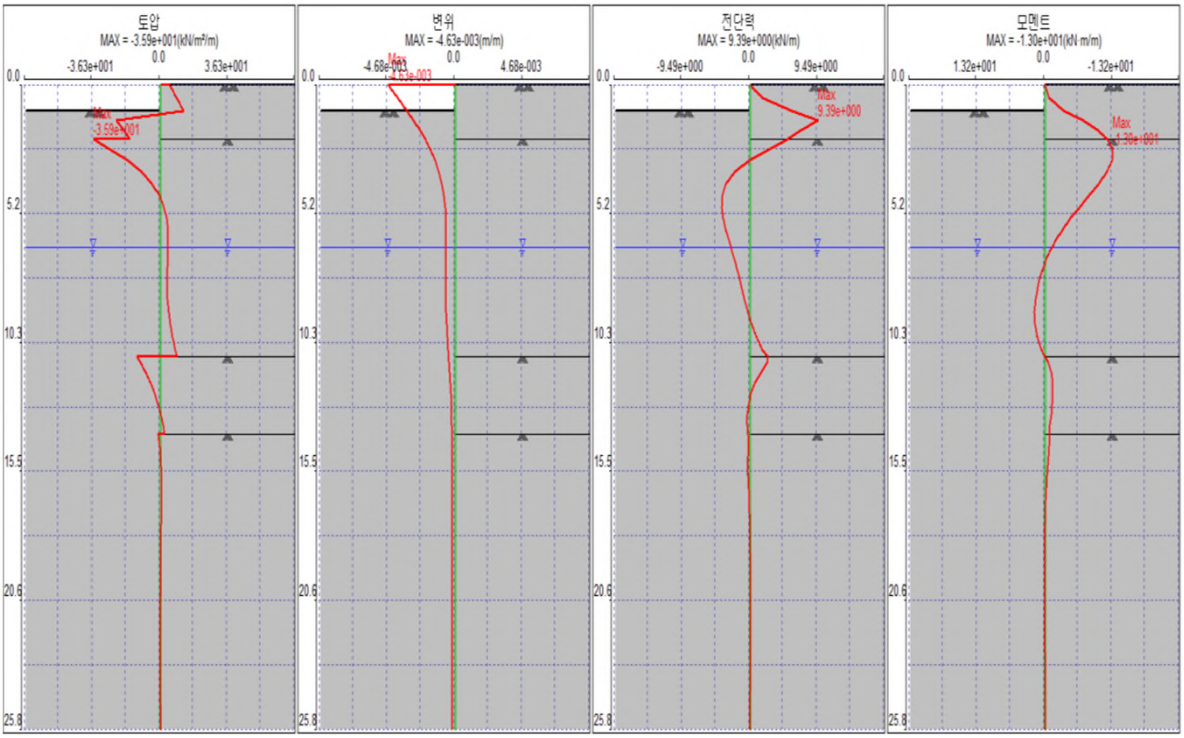
시공단계	굴착 깊이	Strut-10	Strut-12	Strut-13		
		18.7 (m)	21.7 (m)	23.2 (m)		
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-		
CS3 : 굴착 3.06 m	3.06	-	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	3.06	-	-	-		
CS5 : 굴착 5.86 m	5.86	-	-	-		

CS6 : 생성 Strut-3	5.86	-	-	-		
CS7 : 굴착 8.6 m	8.60	-	-	-		
CS8 : 생성 Strut-4	8.60	-	-	-		
CS9 : 굴착 11.1 m	11.10	-	-	-		
CS10 : 생성 Strut-5	11.10	-	-	-		
CS11 : 굴착 12.85 m	12.85	-	-	-		
CS12 : 생성 Strut-6	12.85	-	-	-		
CS13 : 굴착 14.5 m	14.50	-	-	-		
CS14 : 생성 Strut-7	14.50	-	-	-		
CS15 : 굴착 16.15 m	16.15	-	-	-		
CS16 : 생성 Strut-8	16.15	-	-	-		
CS17 : 굴착 17.65 m	17.65	-	-	-		
CS18 : 생성 Strut-9	17.65	-	-	-		
CS19 : 굴착 19.2 m	19.20	-	-	-		
CS20 : 생성 Strut-10	19.20	83.33	-	-		
CS21 : 굴착 20.7 m	20.70	109.60	-	-		
CS22 : 생성 Strut-11	20.70	104.74	-	-		
CS23 : 굴착 22.2 m	22.20	101.73	-	-		
CS24 : 생성 Strut-12	22.20	104.12	83.33	-		
CS25 : 굴착 23.7 m	23.70	98.47	114.23	-		
CS26 : 생성 Strut-13	23.70	101.73	96.76	83.33		
CS27 : 굴착 24.3 m	24.30	100.22	104.36	104.12		
CS28 : Peck	24.30	99.60	105.61	114.33		
CS29 : 해체1	23.70	101.74	96.73	83.20		
CS30 : 해체2	23.70	98.49	114.14	-		
CS31 : 해체3	22.20	104.17	83.10	-		
CS32 : 해체4	22.20	101.80	-	-		
CS33 : 해체5	20.70	104.85	-	-		
CS34 : 해체6	20.70	109.48	-	-		
CS35 : 해체7	19.20	83.27	-	-		
CS36 : 해체8	19.20	-	-	-		
CS37 : 해체9	17.65	-	-	-		
CS38 : 해체10	17.65	-	-	-		
CS39 : 해체11	16.15	-	-	-		
CS40 : 해체12	16.15	-	-	-		
CS41 : 해체13	14.50	-	-	-		
CS42 : 해체14	14.50	-	-	-		
CS43 : 해체15	12.85	-	-	-		
CS44 : 해체16	12.85	-	-	-		
CS45 : 해체17	11.10	-	-	-		
CS46 : 해체18	11.10	-	-	-		
CS47 : 해체19	8.60	-	-	-		
CS48 : 해체20	8.60	-	-	-		
CS49 : 해체21	5.86	-	-	-		
CS50 : 해체22	5.86	-	-	-		
CS51 : 해체23	3.06	-	-	-		
CS52 : 해체24	3.06	-	-	-		
CS53 : 해체25	1.05	-	-	-		
CS54 : 해체26	1.05	-	-	-		
CS55 : 해체27	0.10	-	-	-		

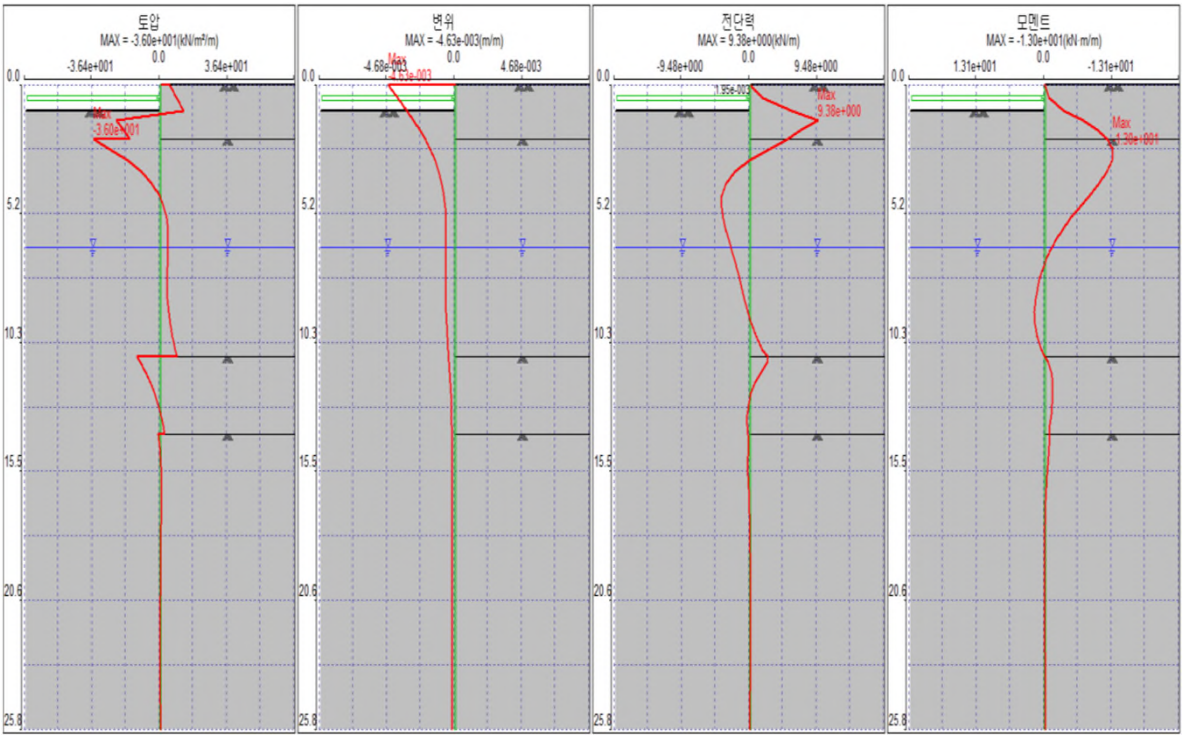
TOTAL		109.60	114.23	114.33		

13.2 시공단계별 단면력도

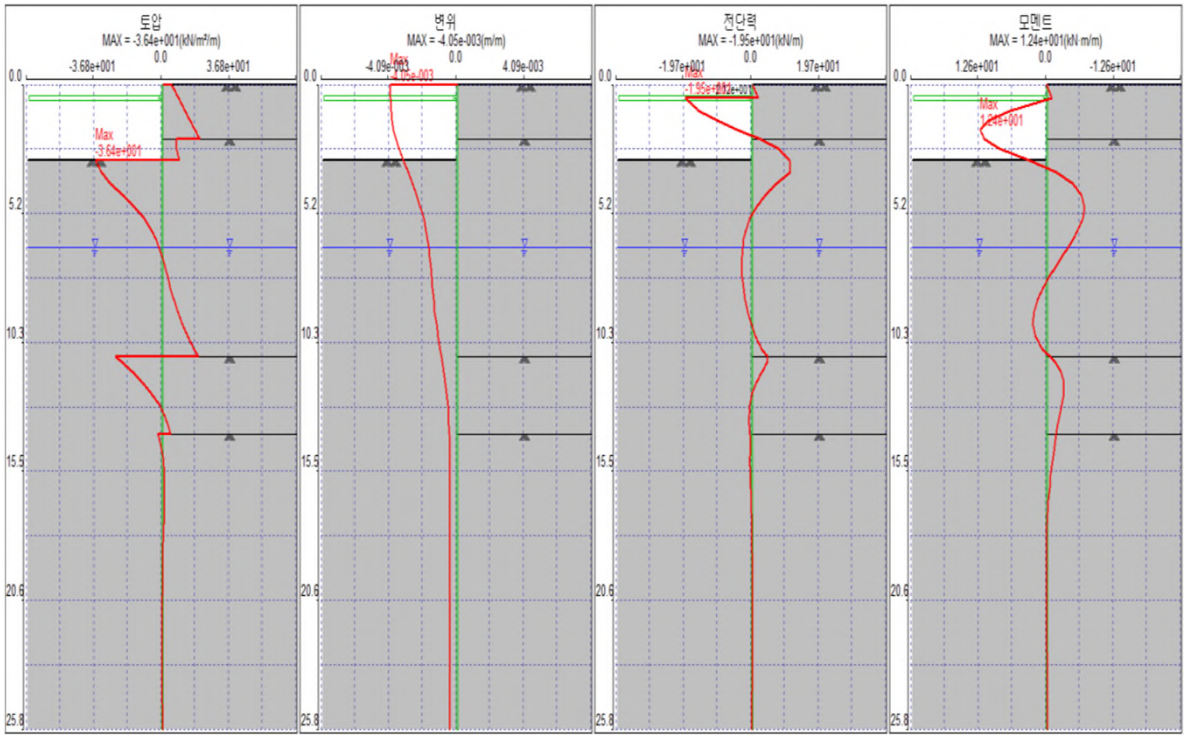
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



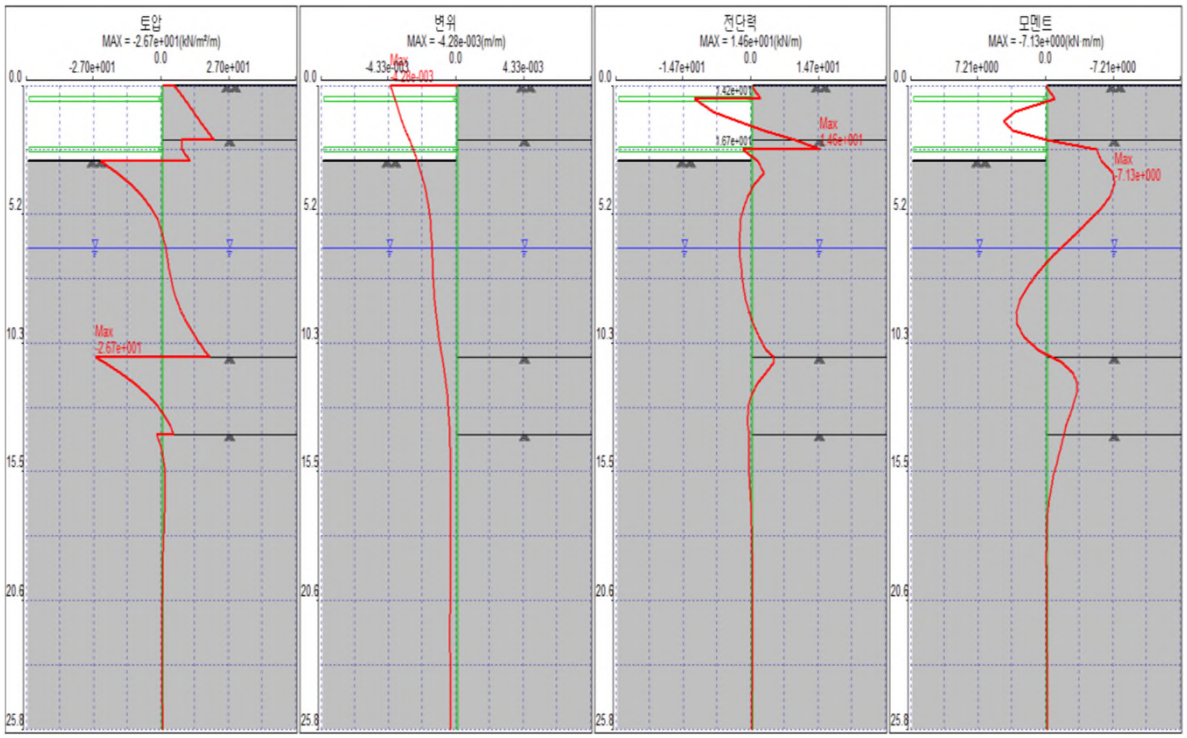
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



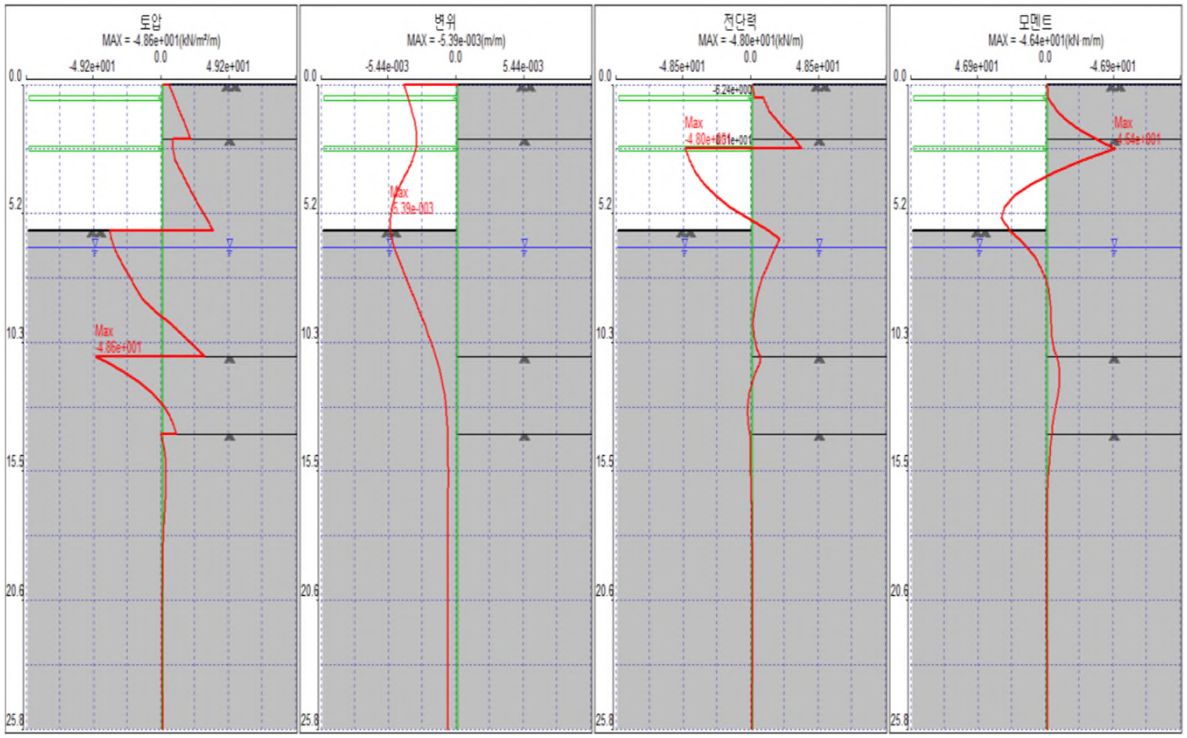
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.06 m]



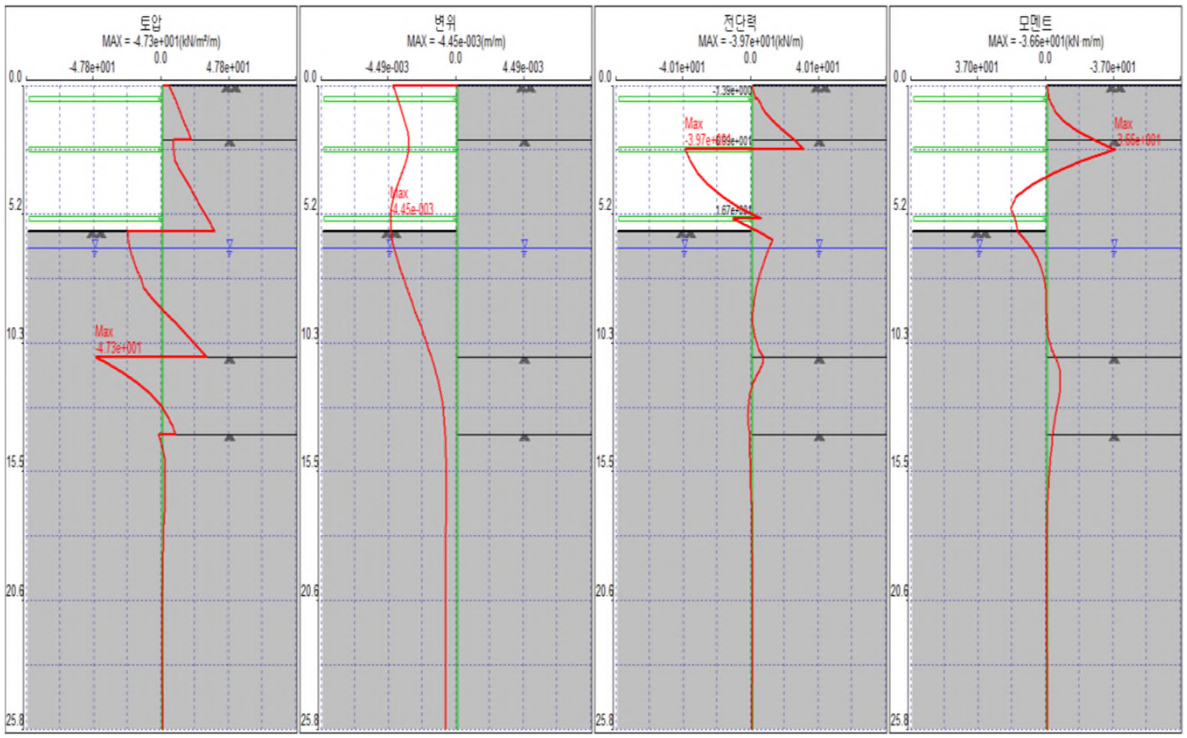
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



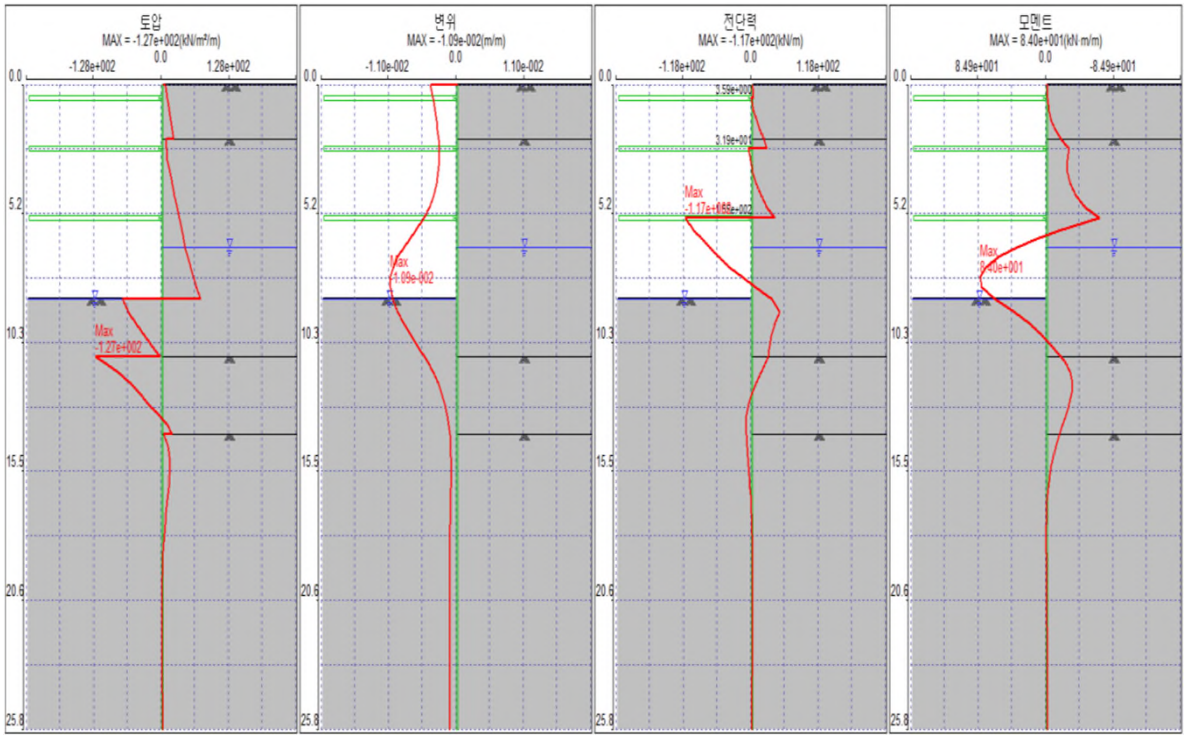
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.86 m]



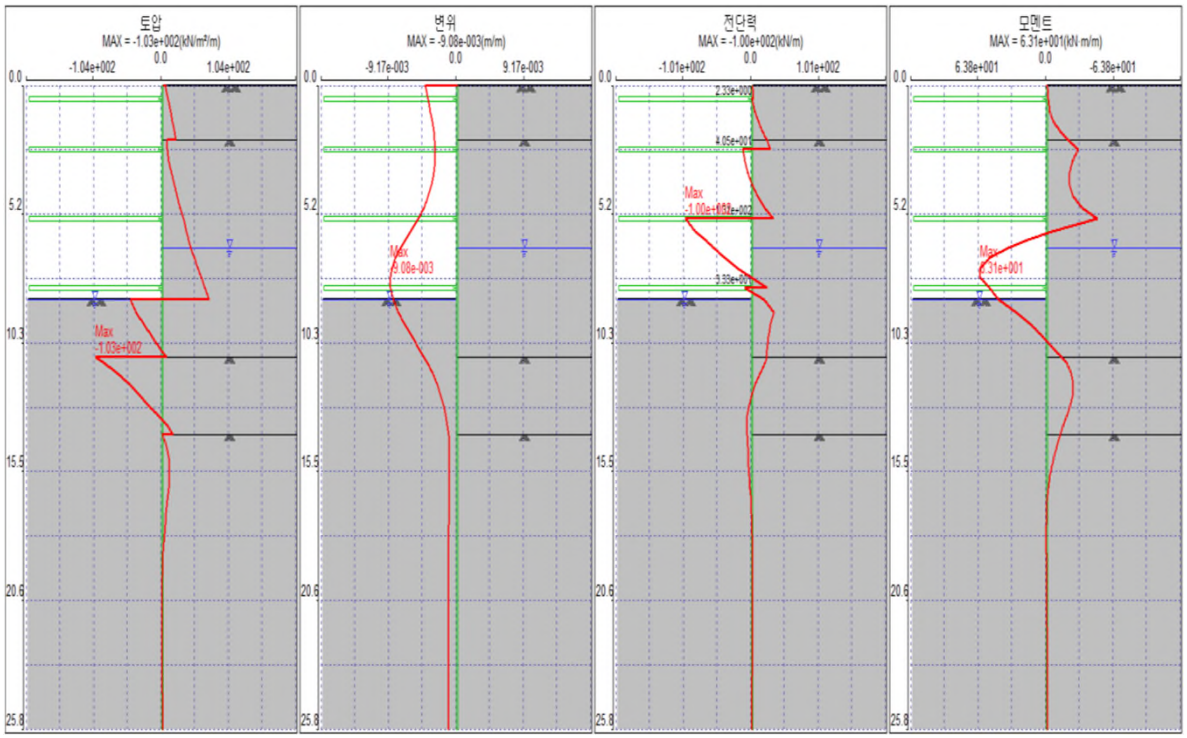
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



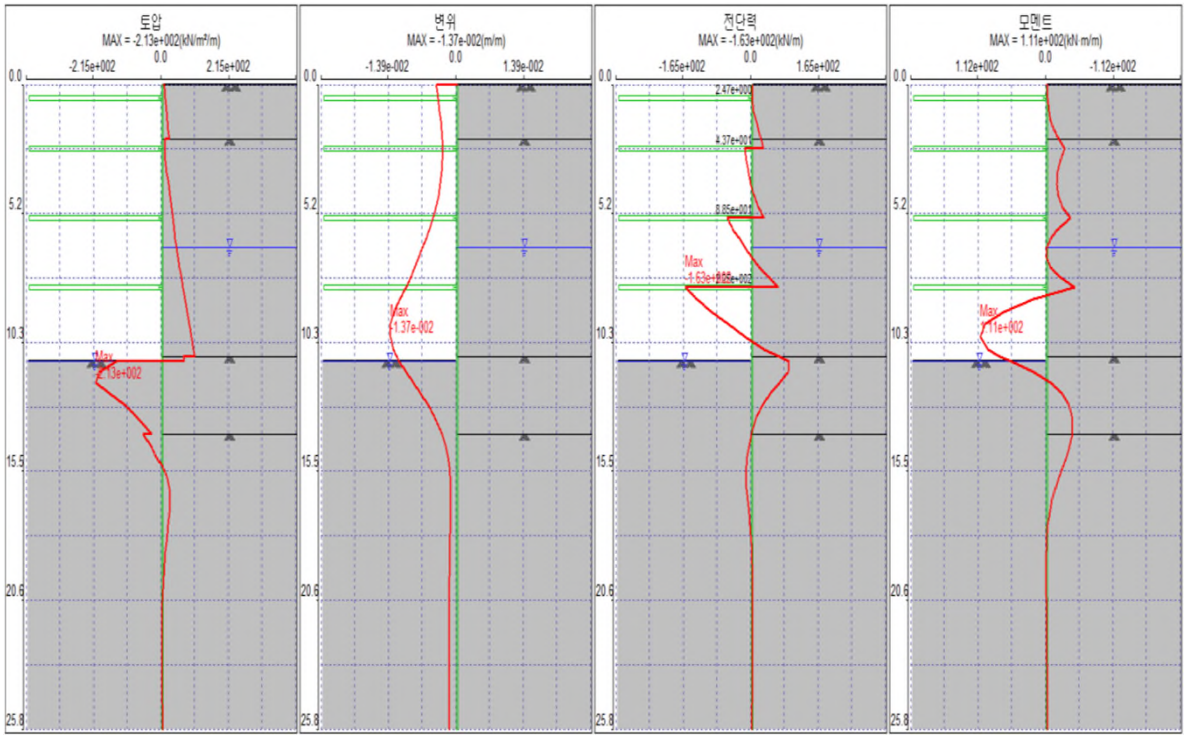
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.6 m]



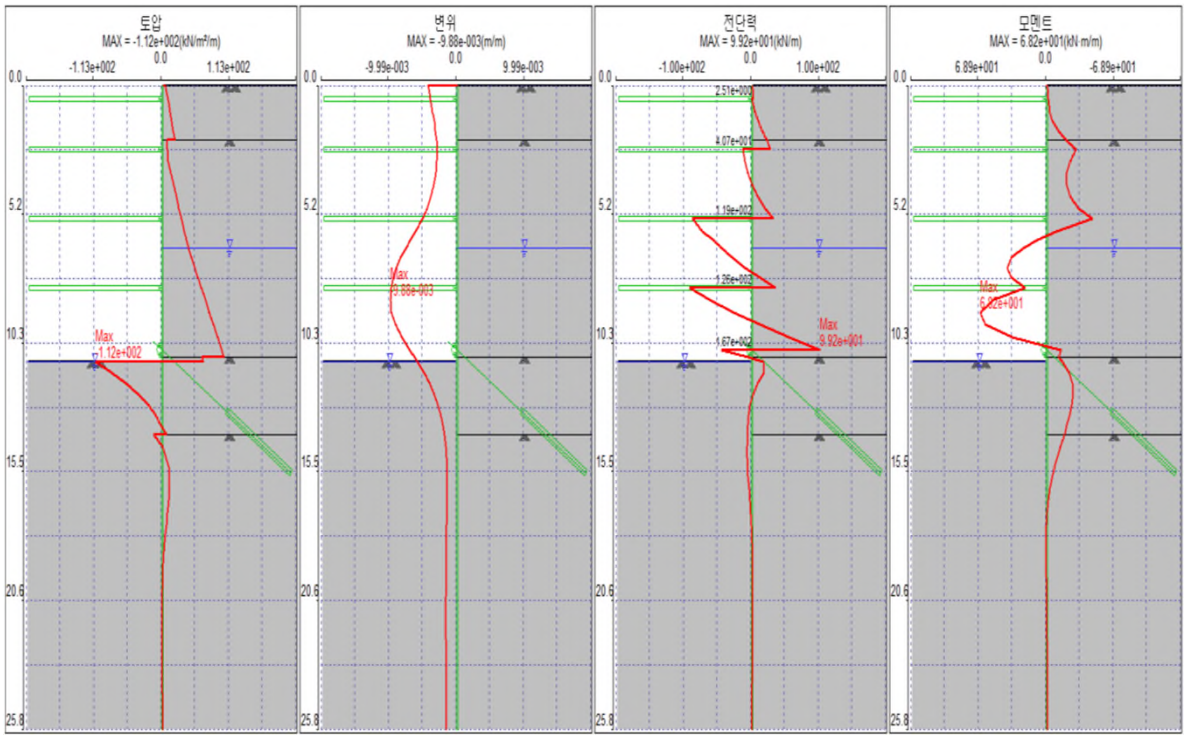
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



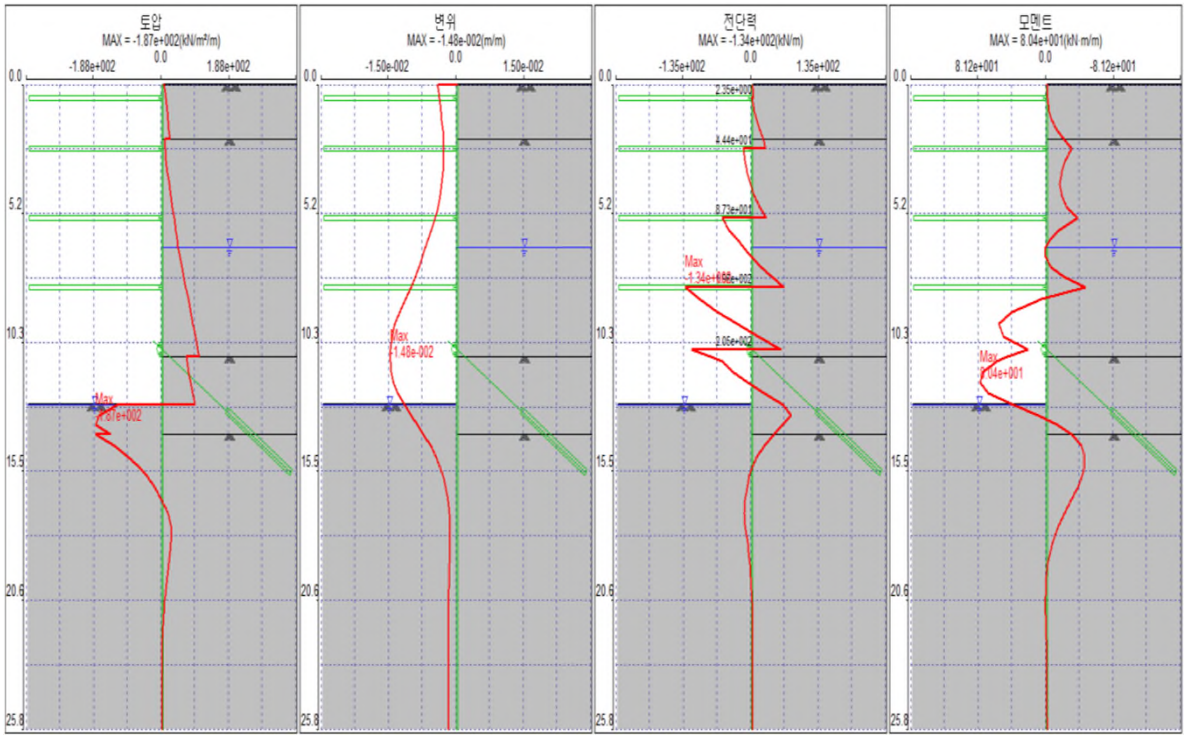
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 11.1 m]



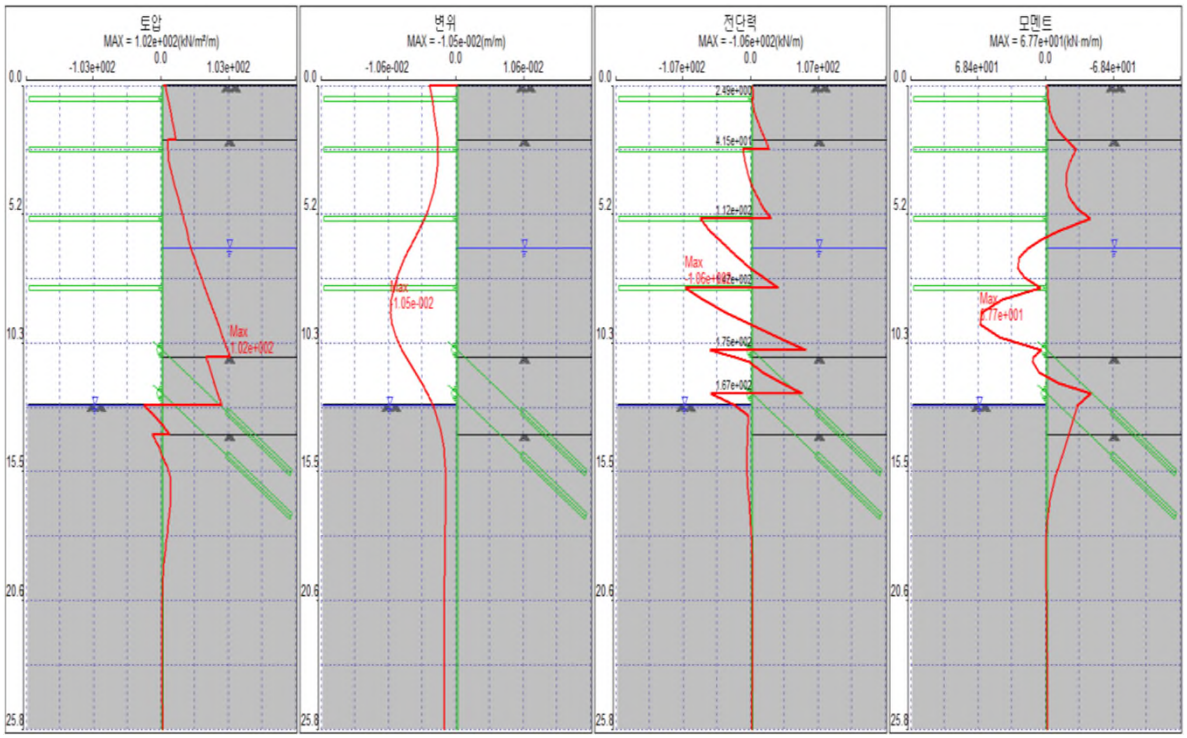
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



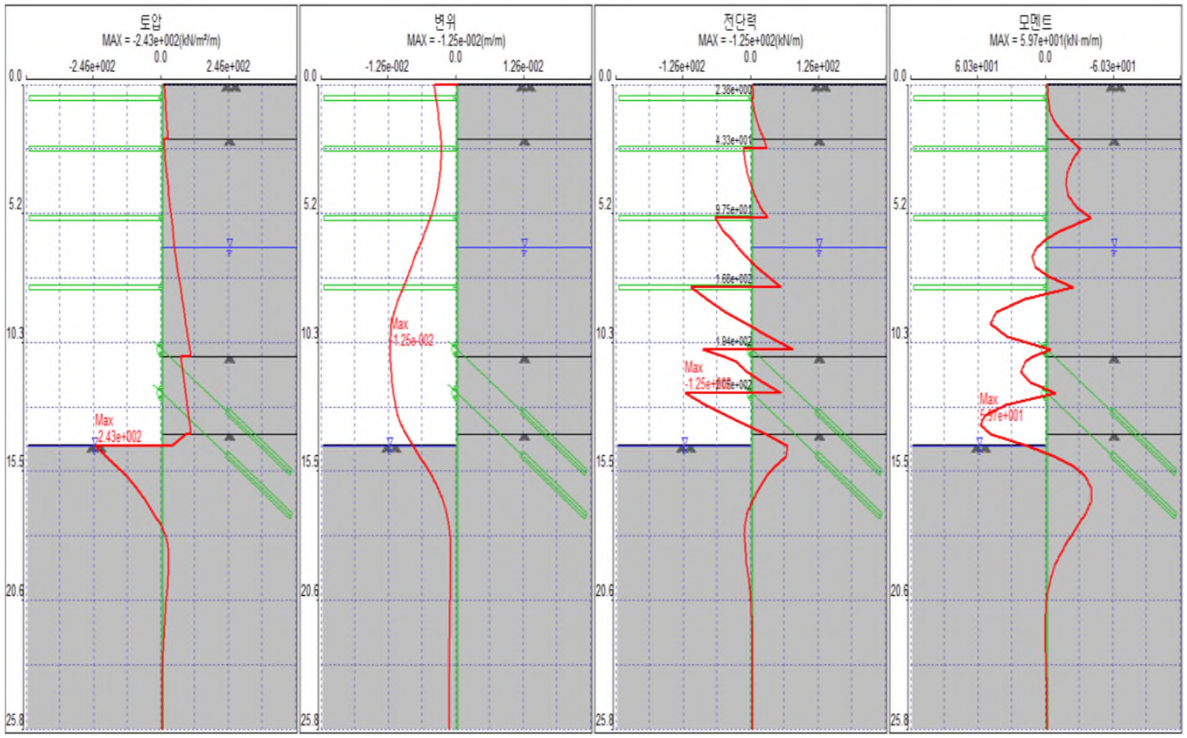
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 12.85 m]



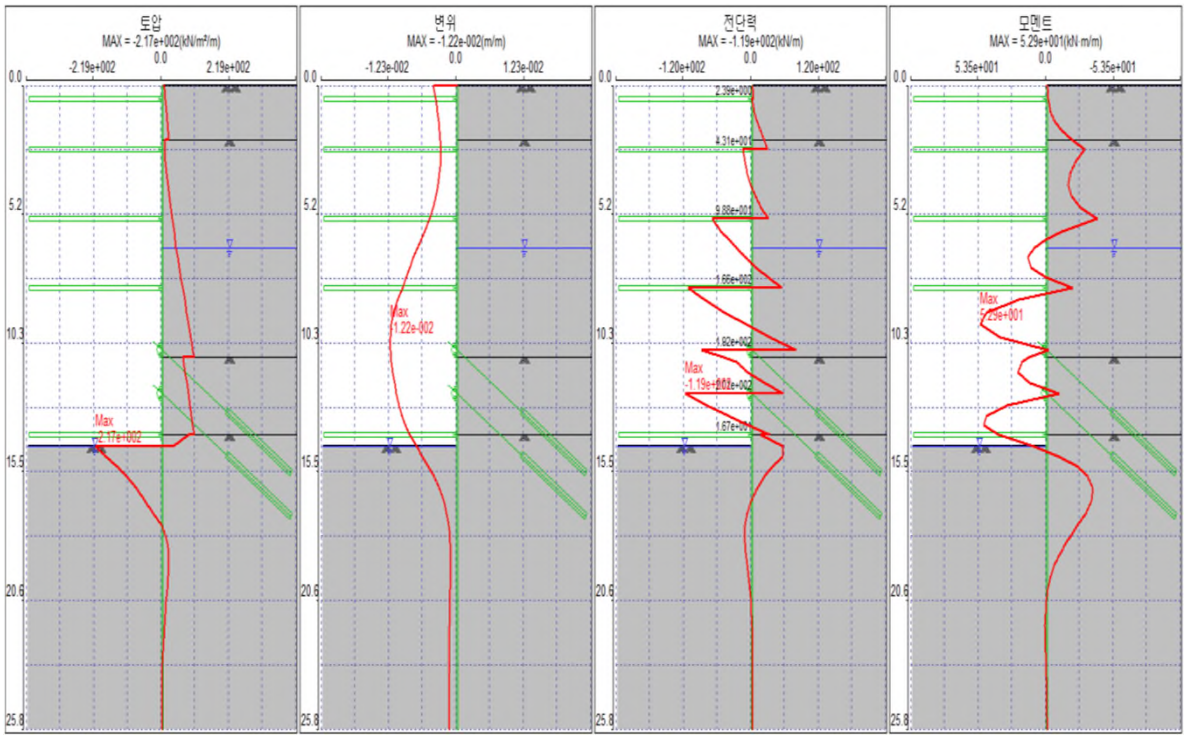
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



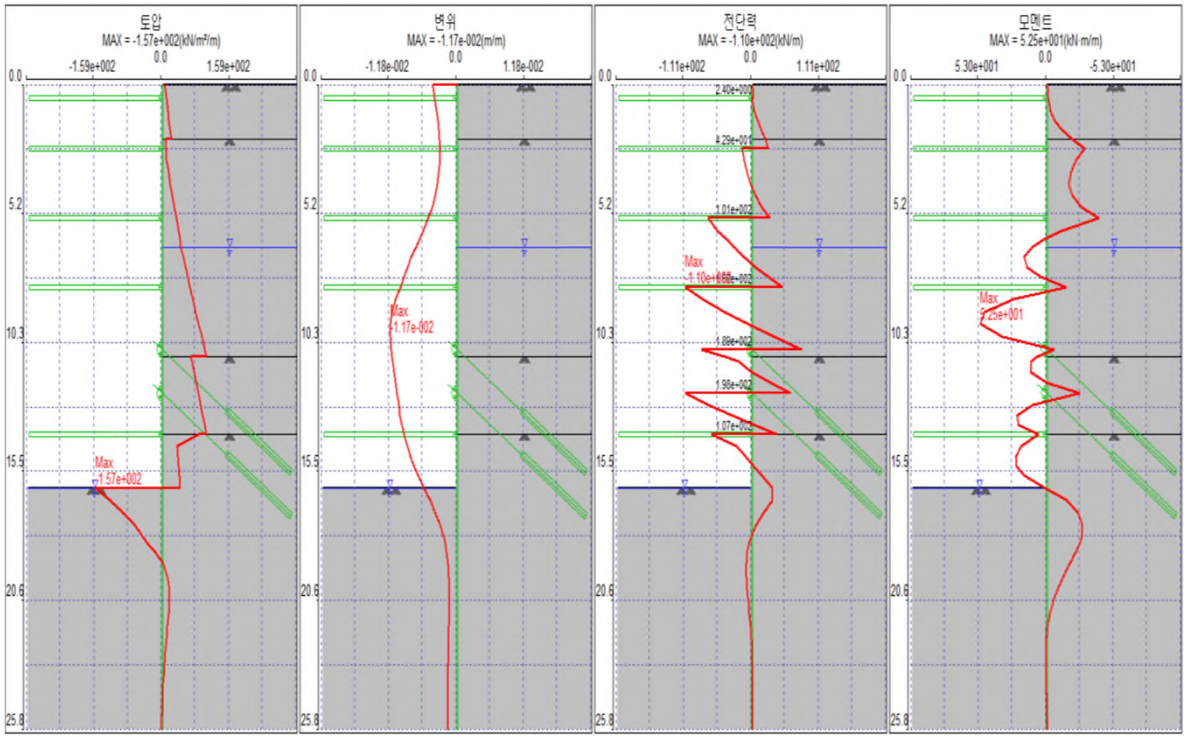
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 14.5 m]



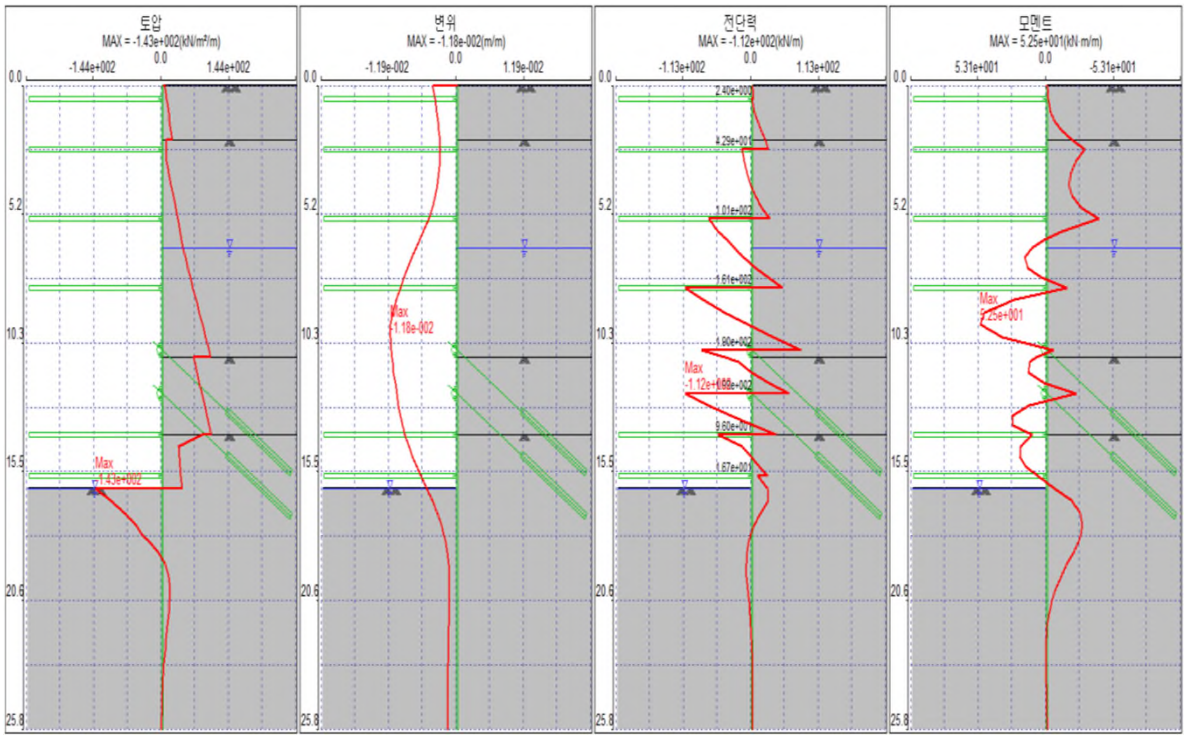
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



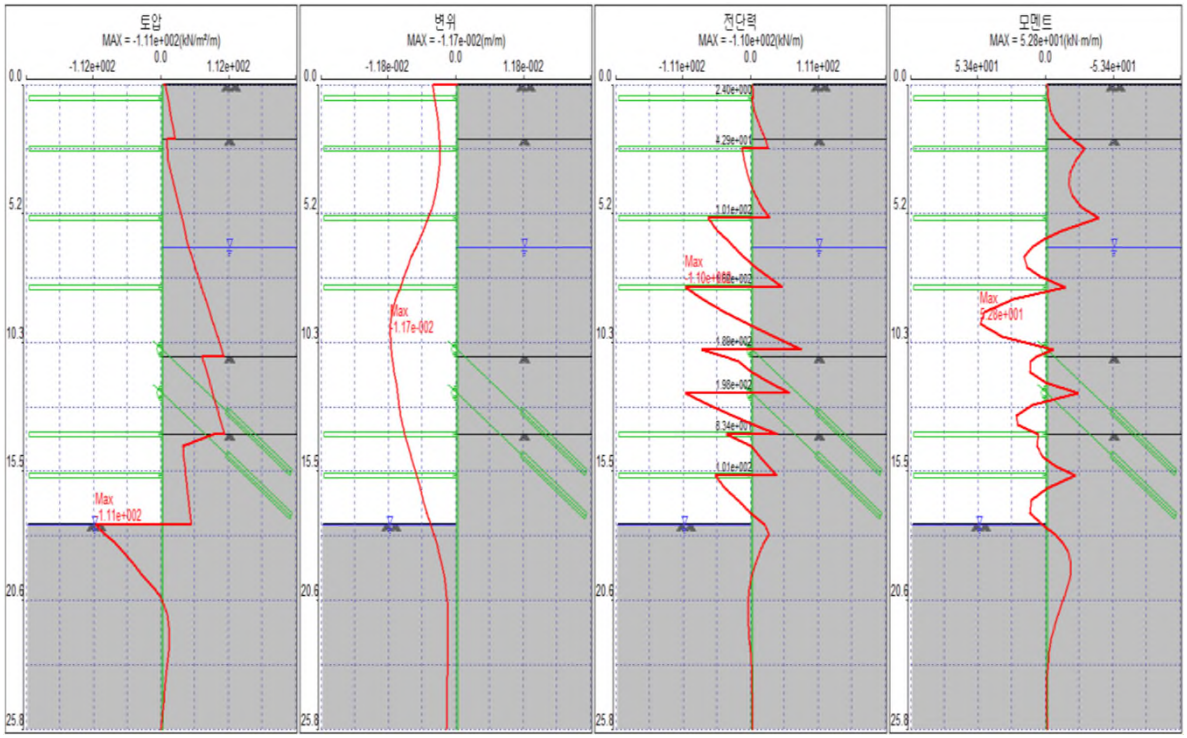
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 16.15 m]



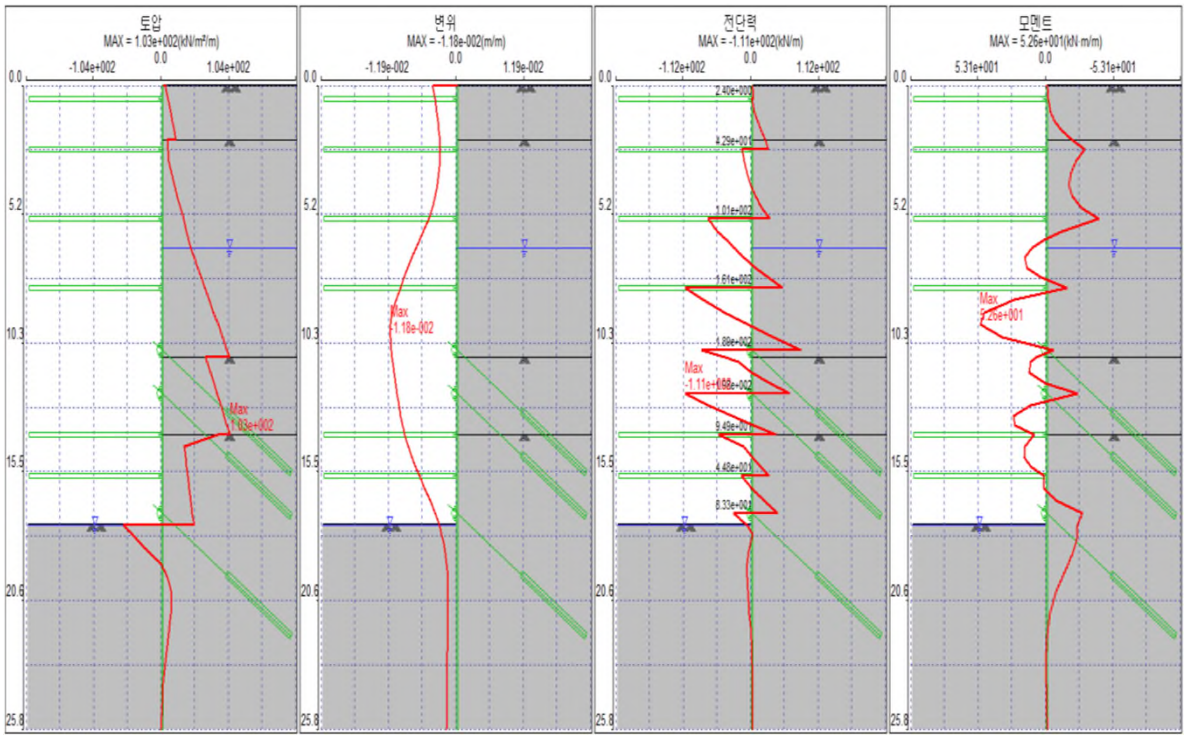
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



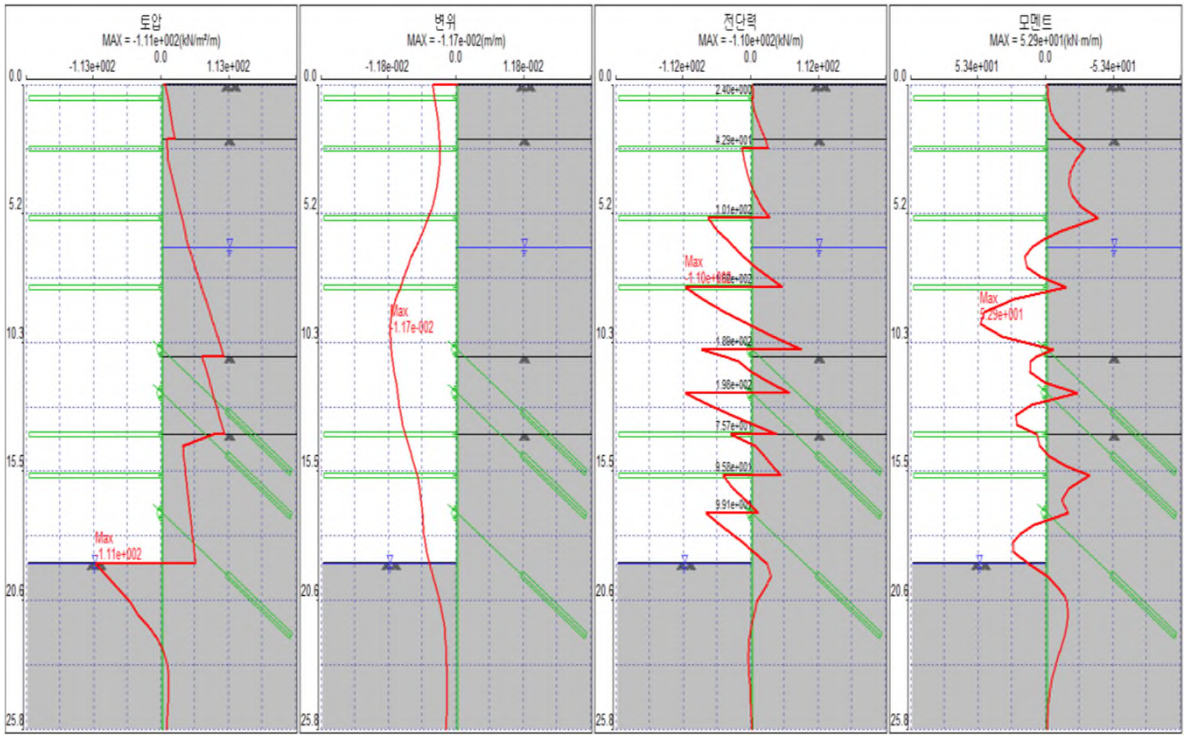
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 17.65 m]



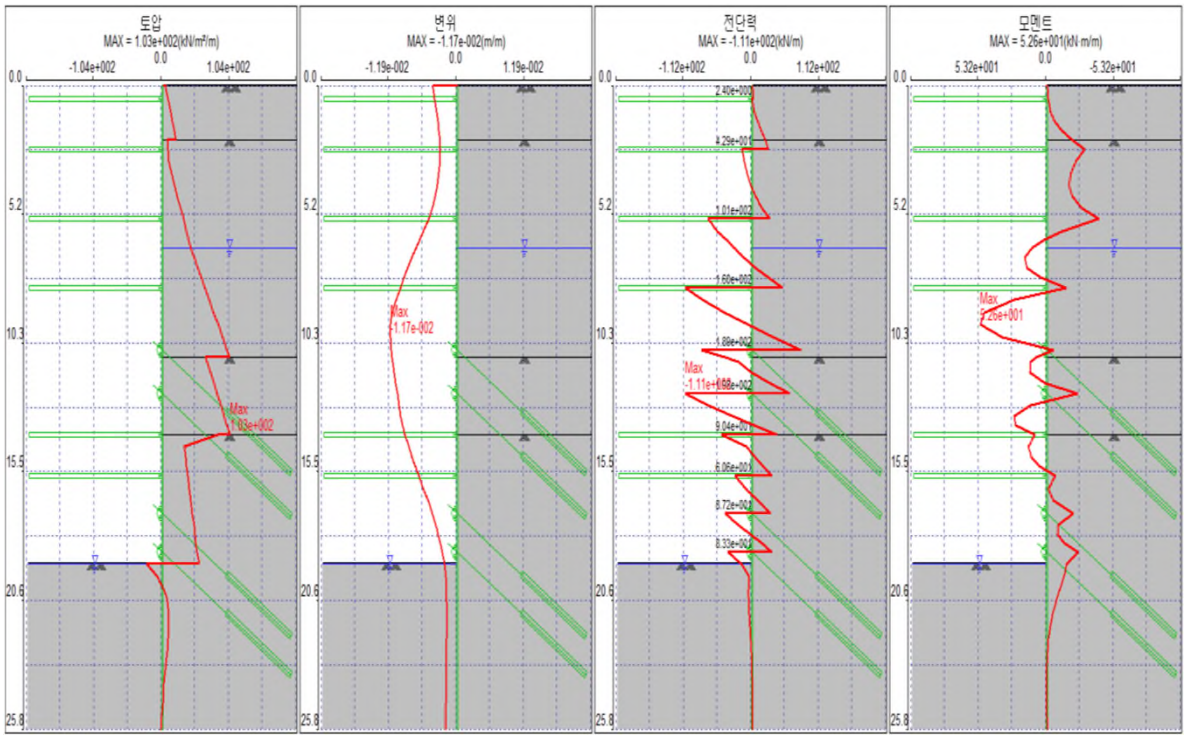
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-9]



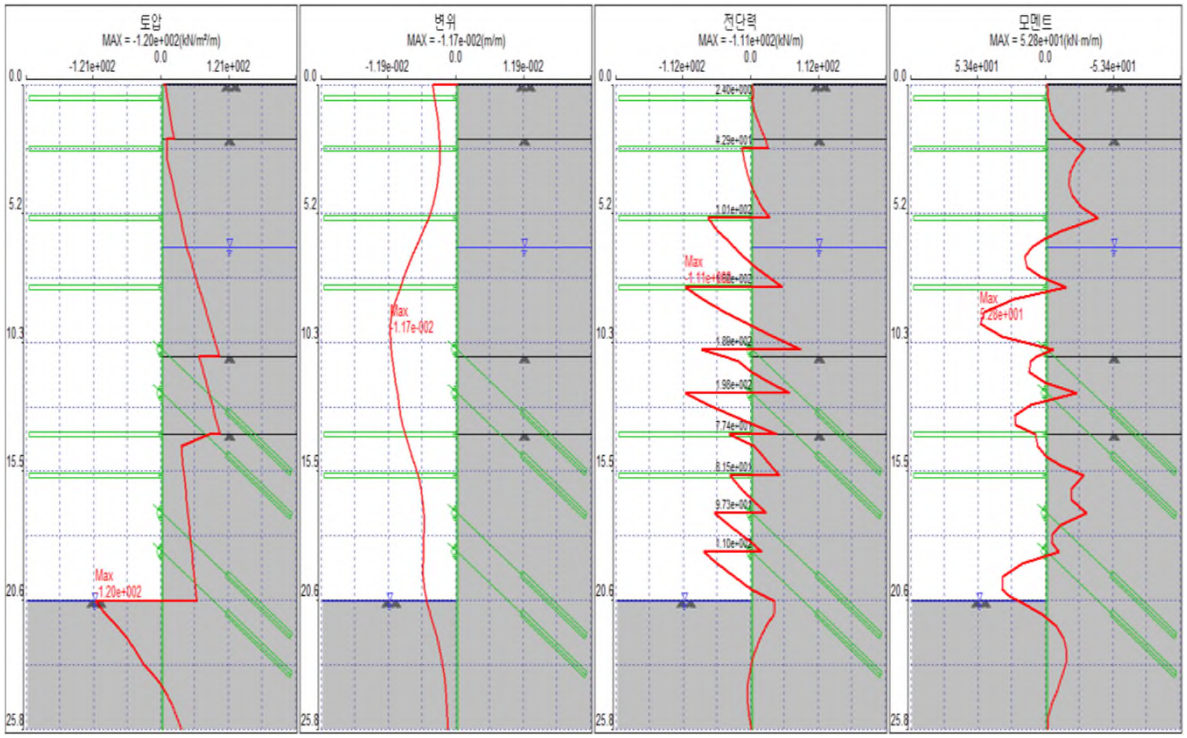
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 19.2 m]



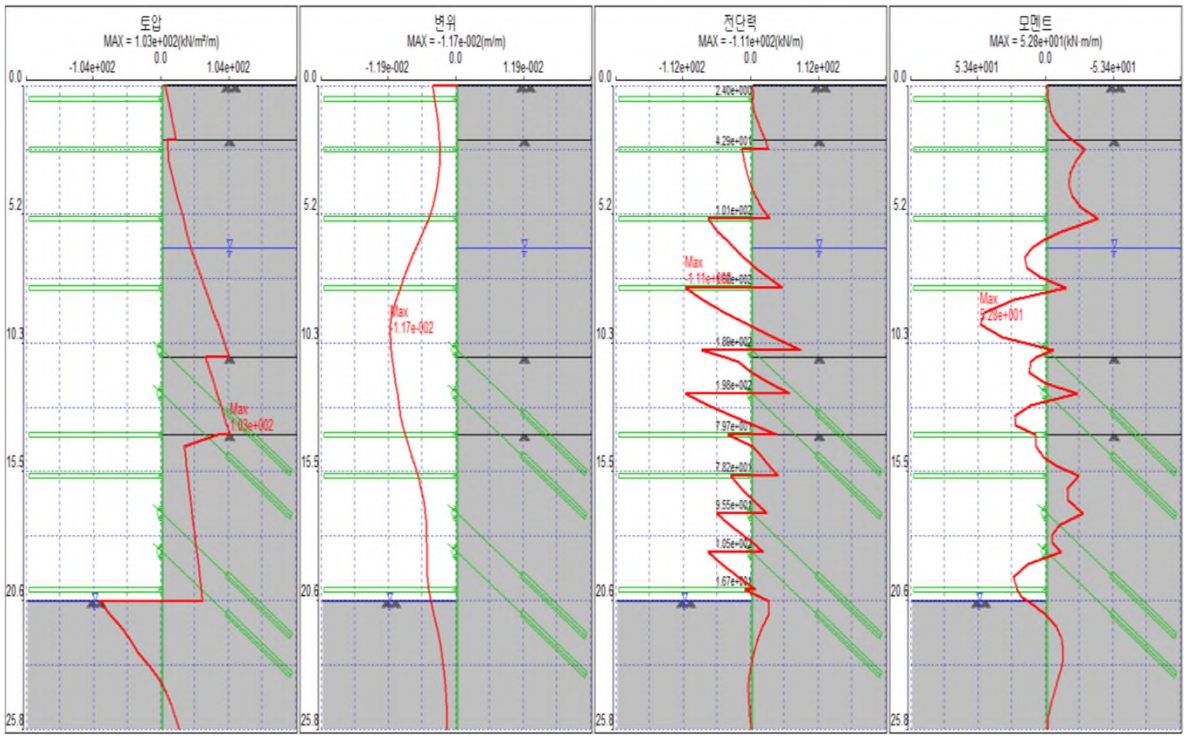
20) 시공 20 단계 [CS20 : 생성 Strut-10]



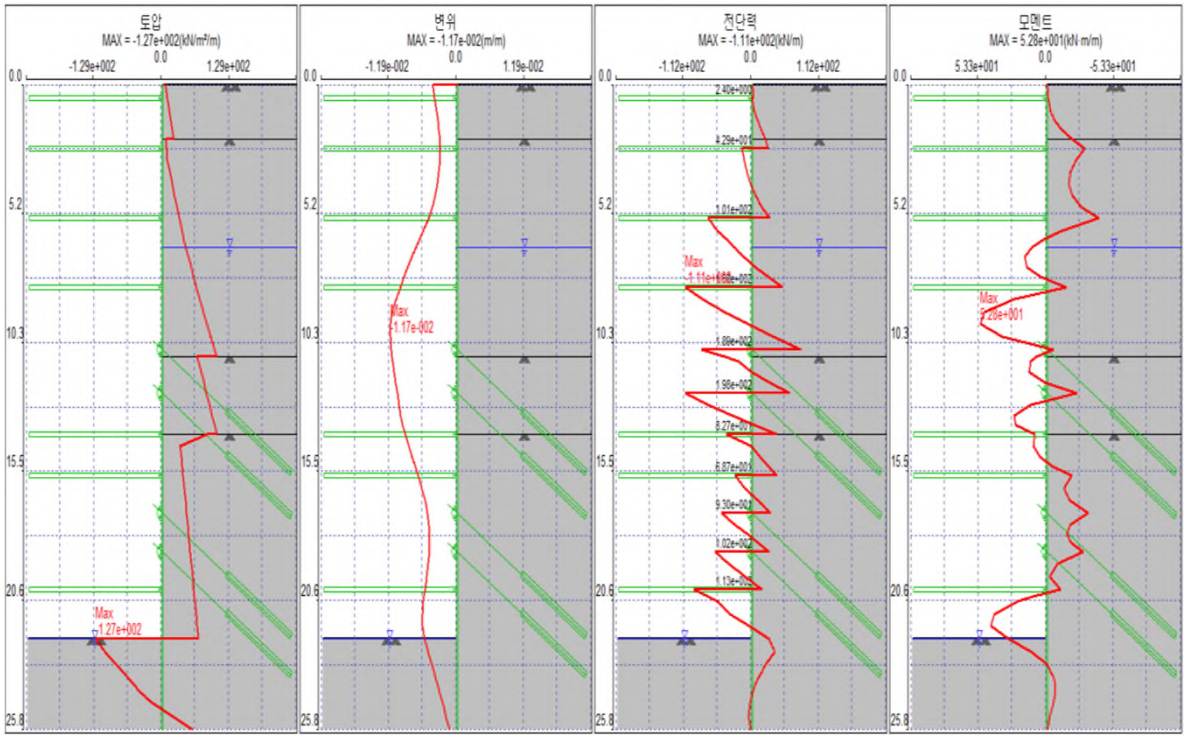
21) 시공 21 단계 [CS21 : 굴착 20.7 m]



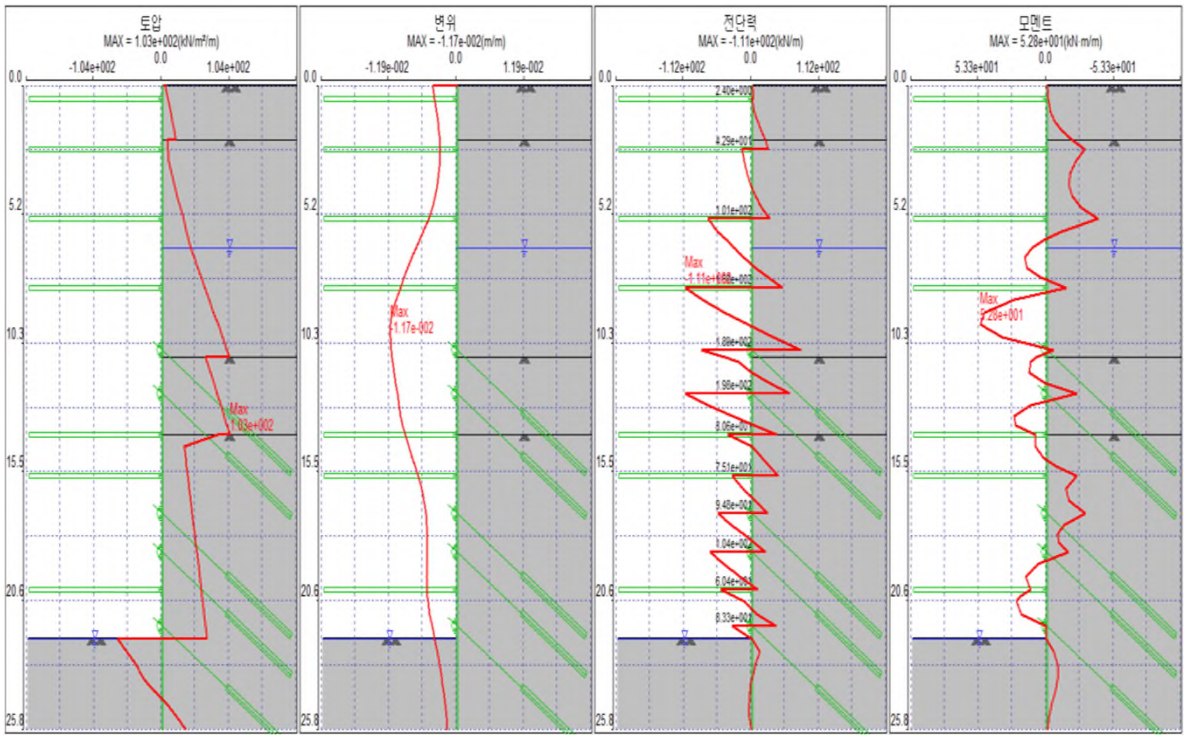
22) 시공 22 단계 [CS22 : 생성 Strut-11]



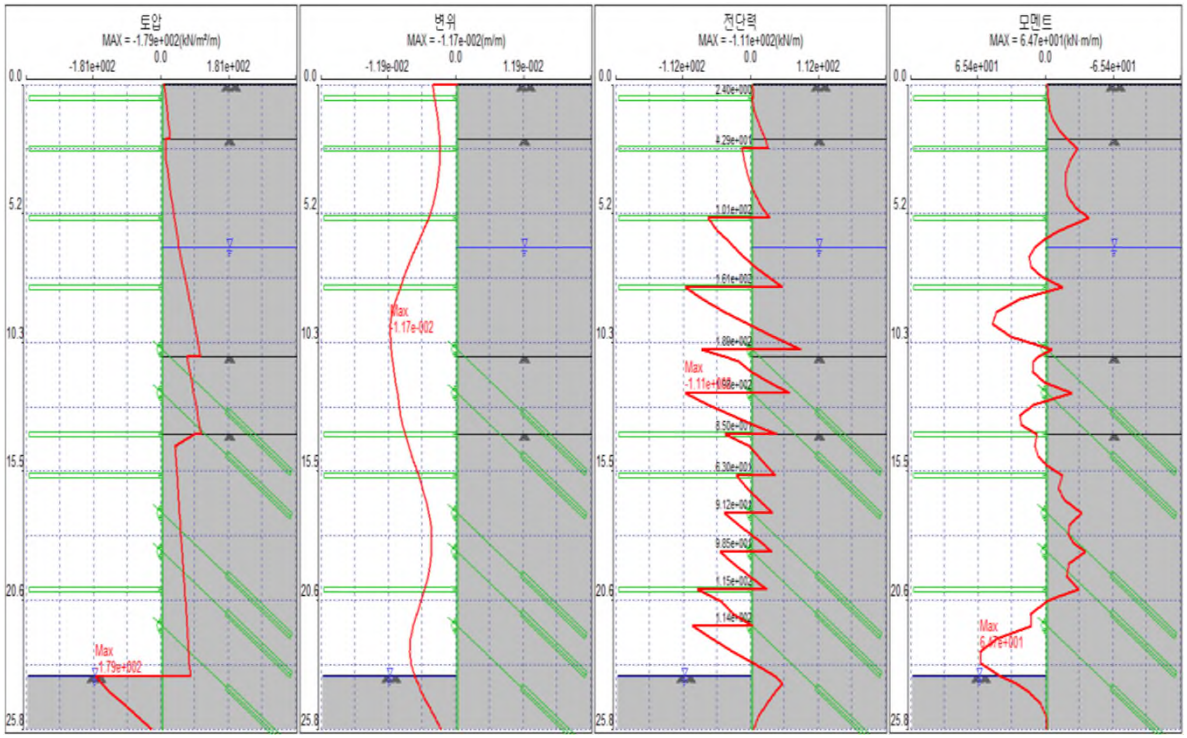
23) 시공 23 단계 [CS23 : 굴착 22.2 m]



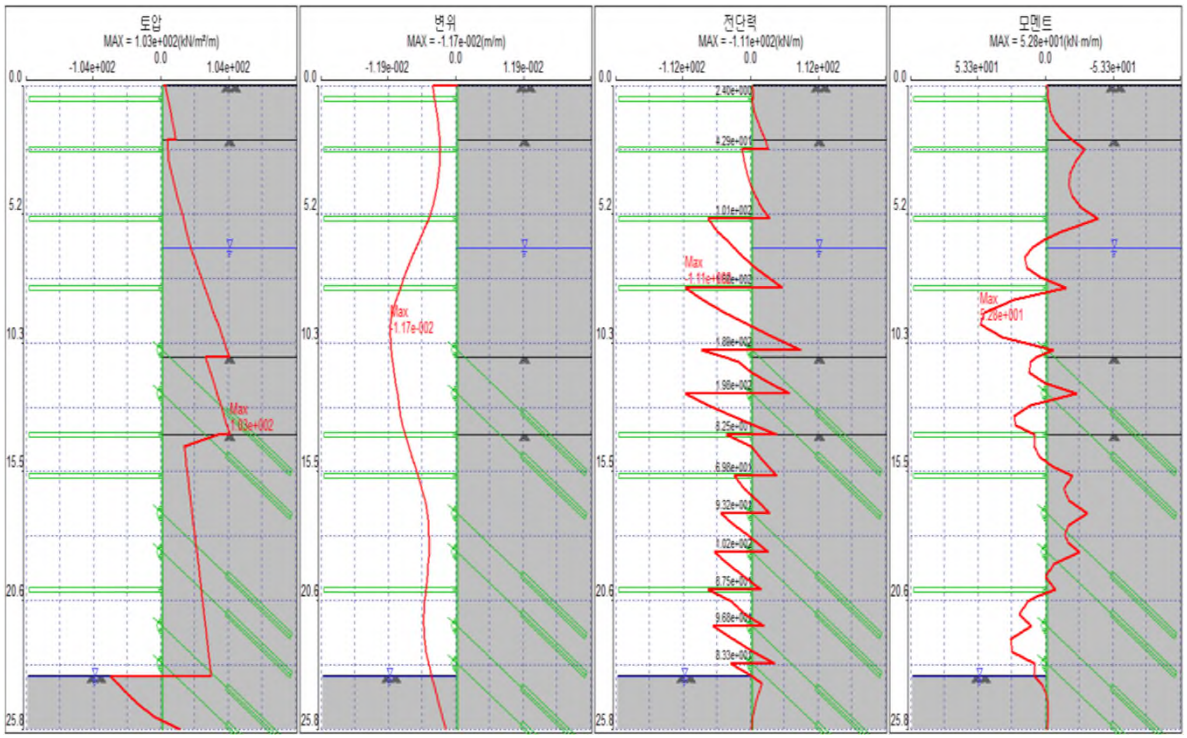
24) 시공 24 단계 [CS24 : 생성 Strut-12]



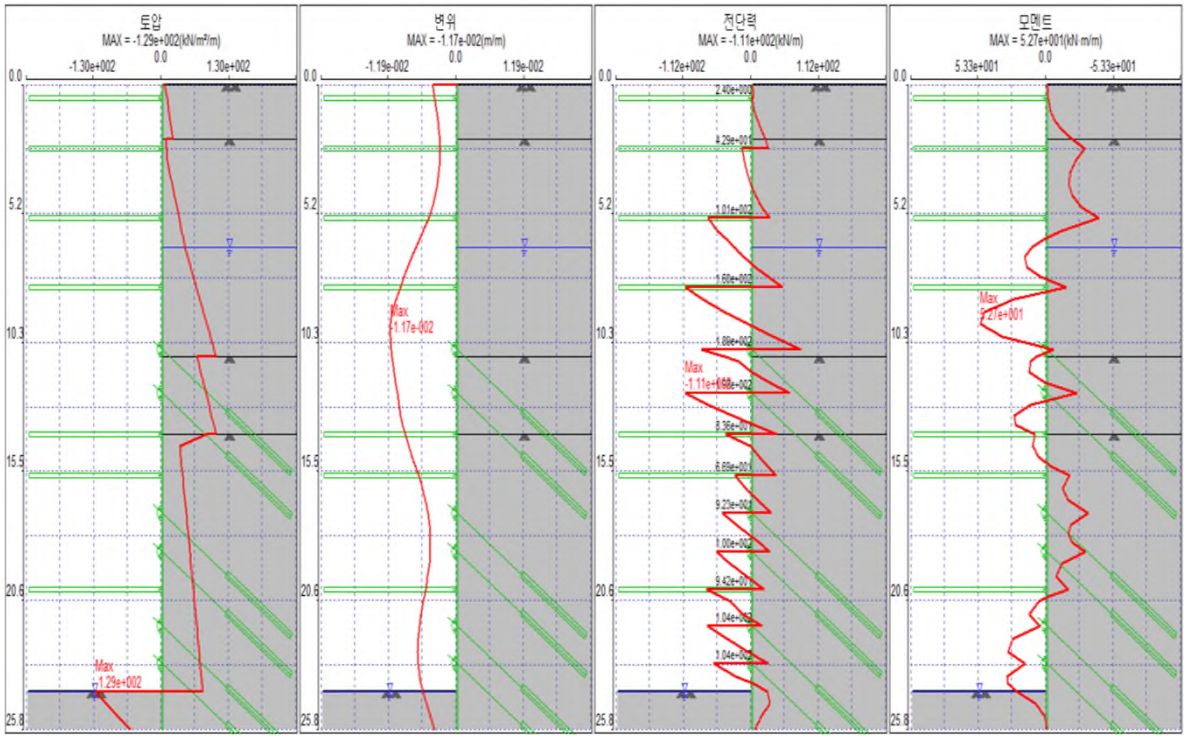
25) 시공 25 단계 [CS25 : 굴착 23.7 m]



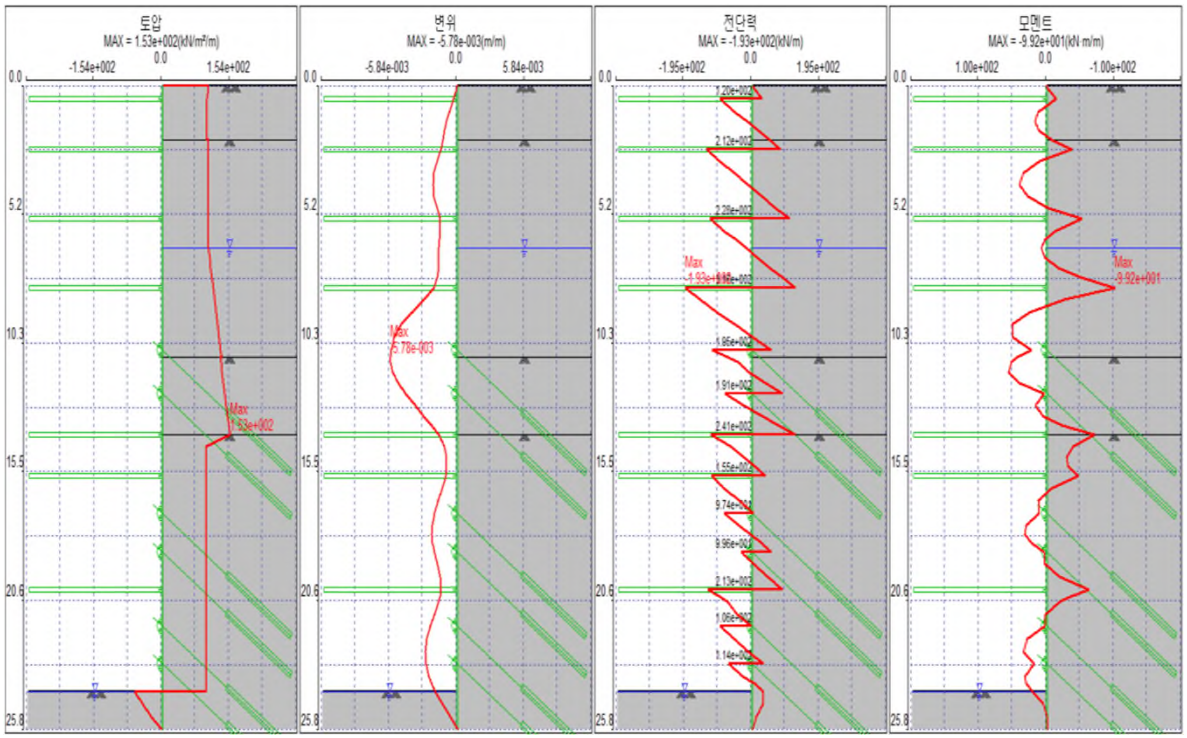
26) 시공 26 단계 [CS26 : 생성 Strut-13]



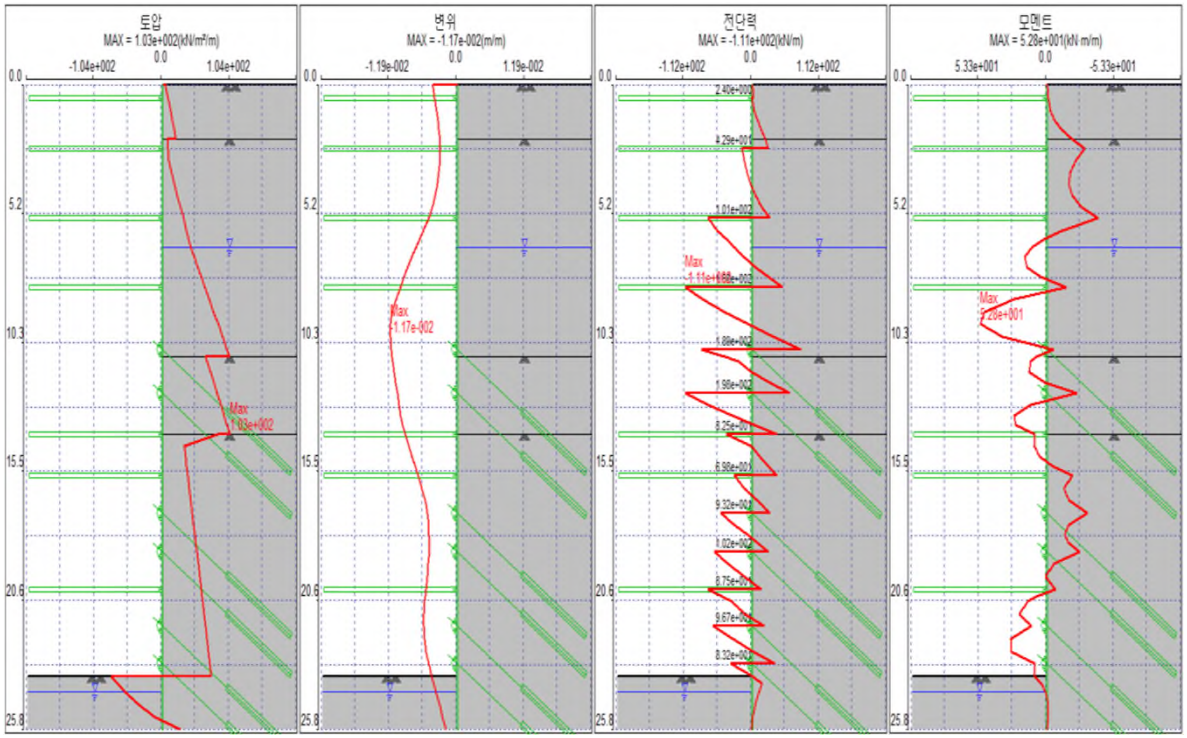
27) 시공 27 단계 [CS27 : 굴착 24.3 m]



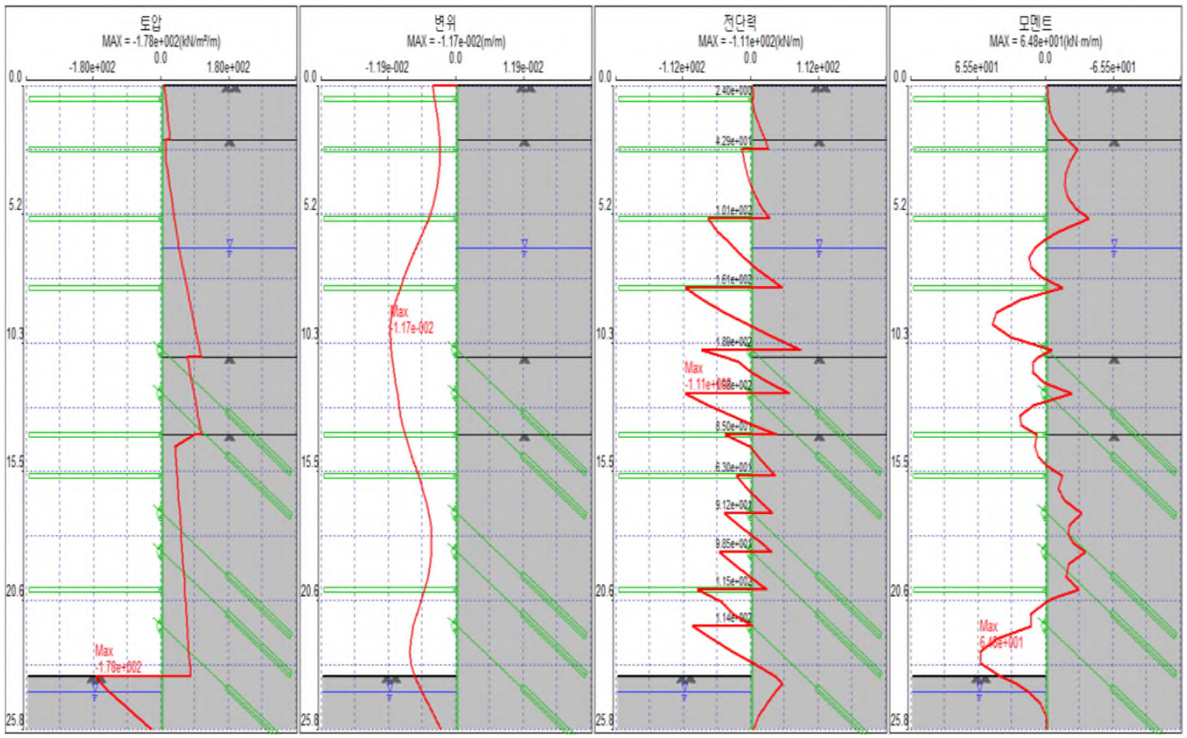
28) 시공 28 단계 [CS28 : Peck]



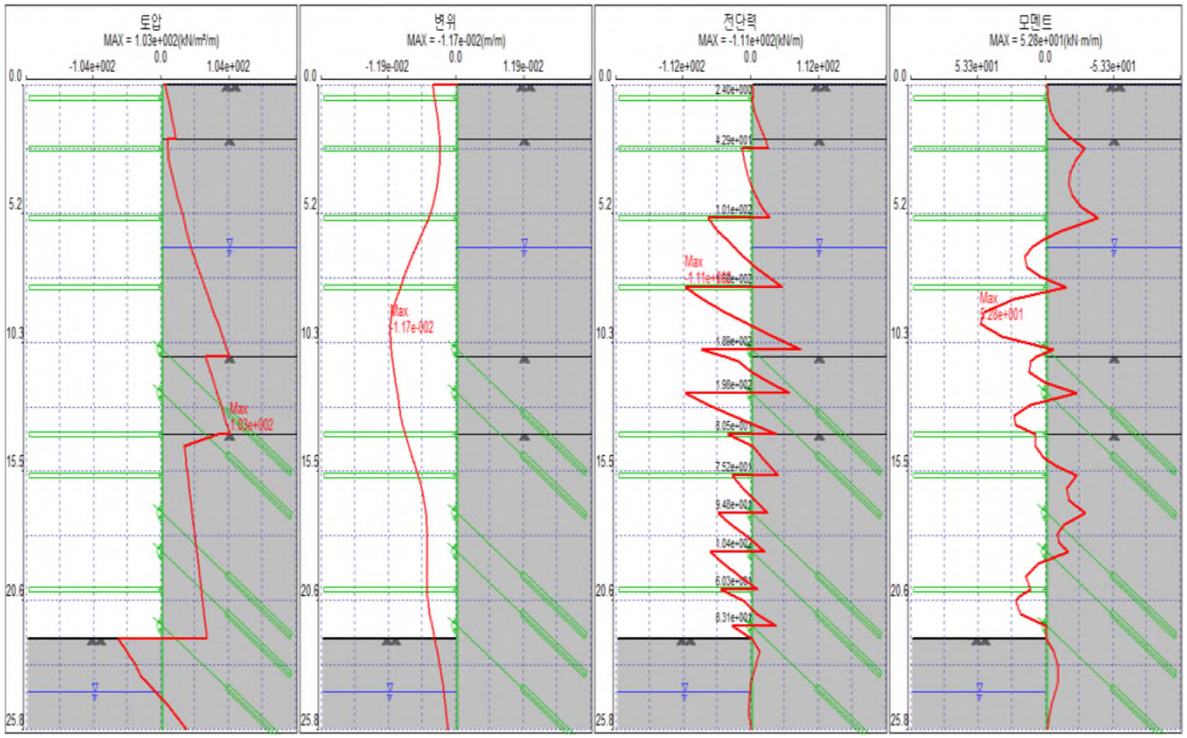
29) 시공 29 단계 [CS29 : 해체1]



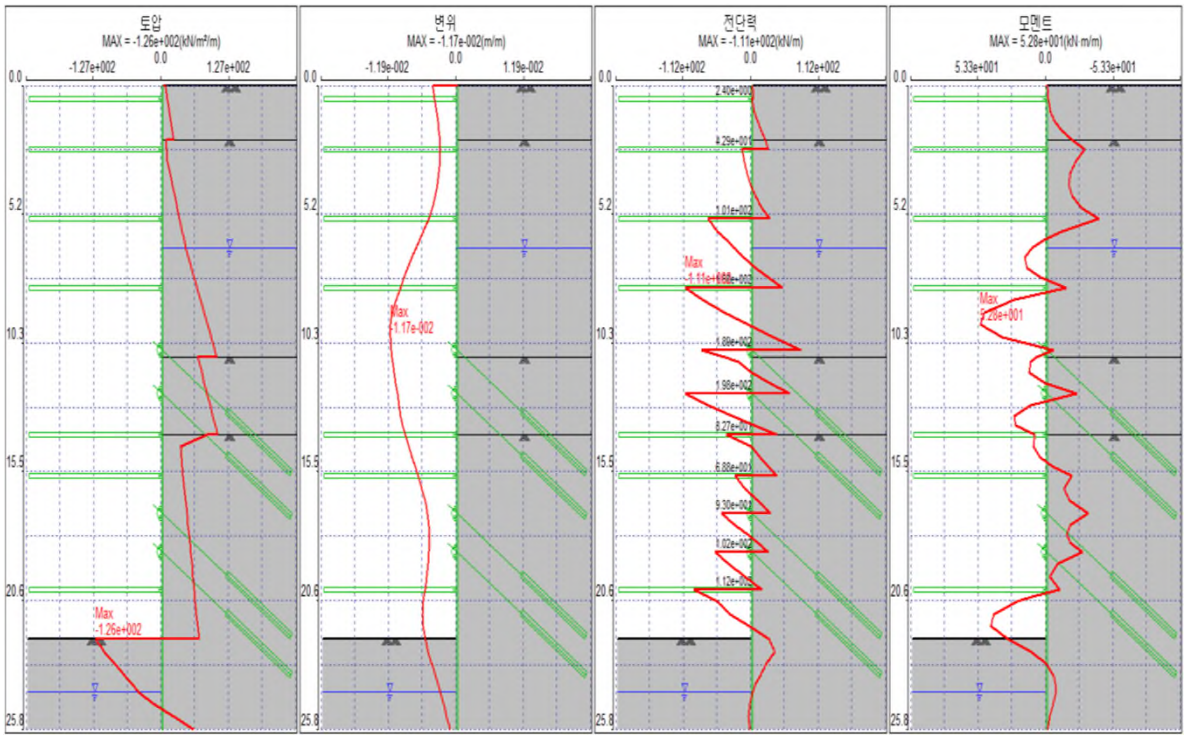
30) 시공 30 단계 [CS30 : 해체2]



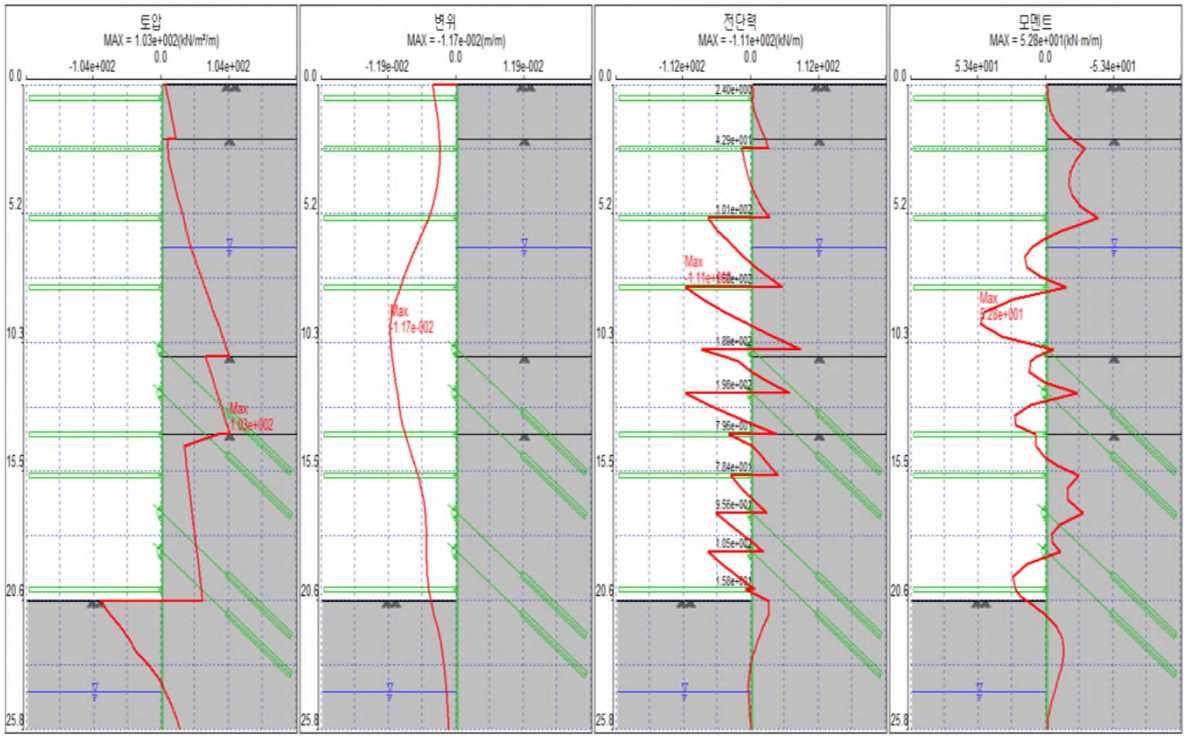
31) 시공 31 단계 [CS31 : 해체3]



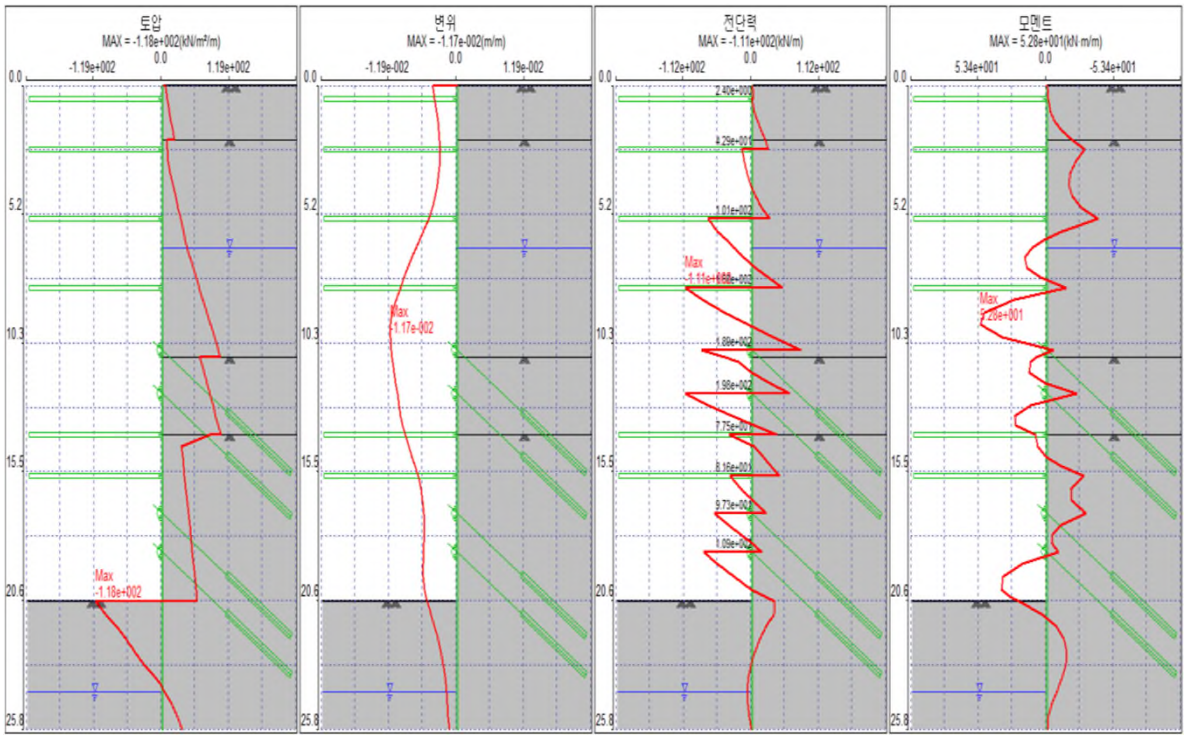
32) 시공 32 단계 [CS32 : 해체4]



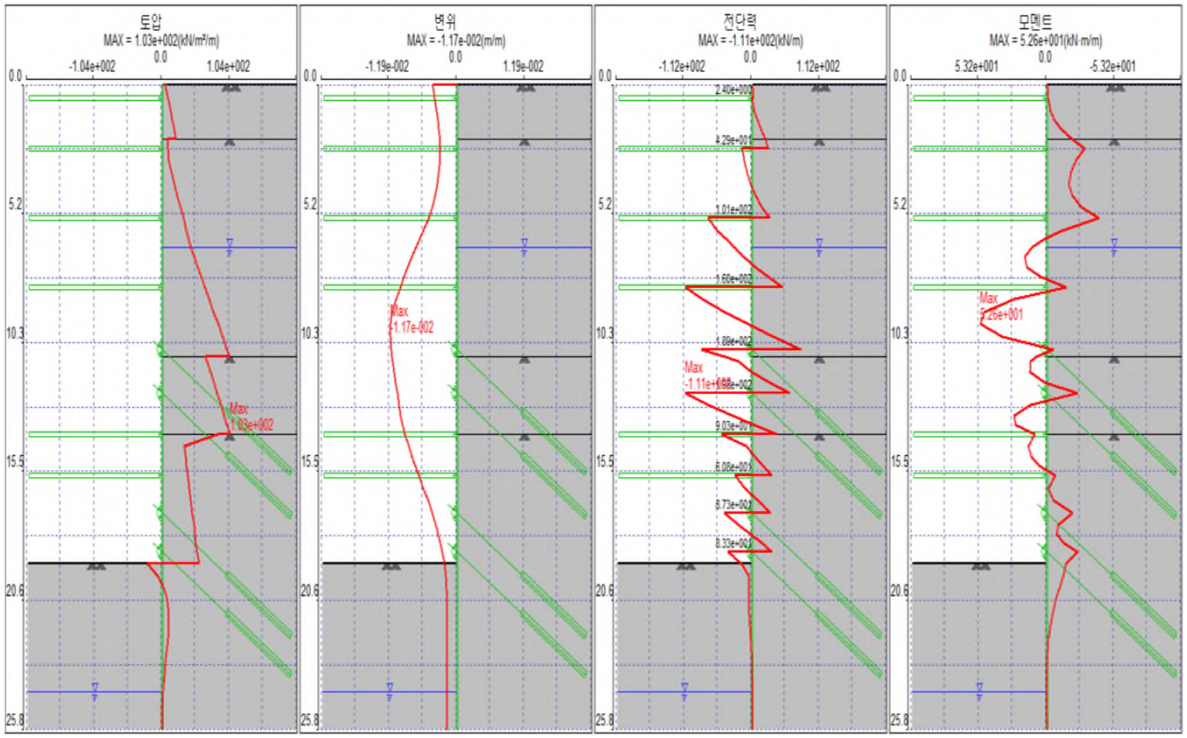
33) 시공 33 단계 [CS33 : 해체5]



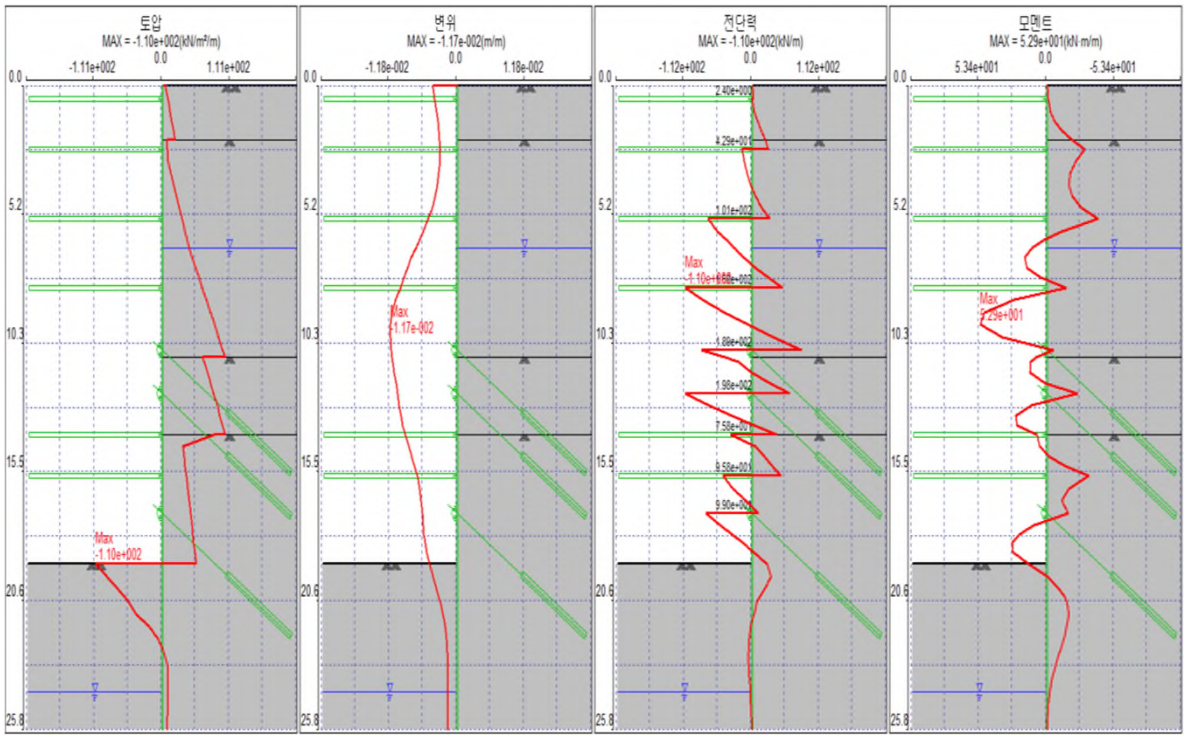
34) 시공 34 단계 [CS34 : 해체6]



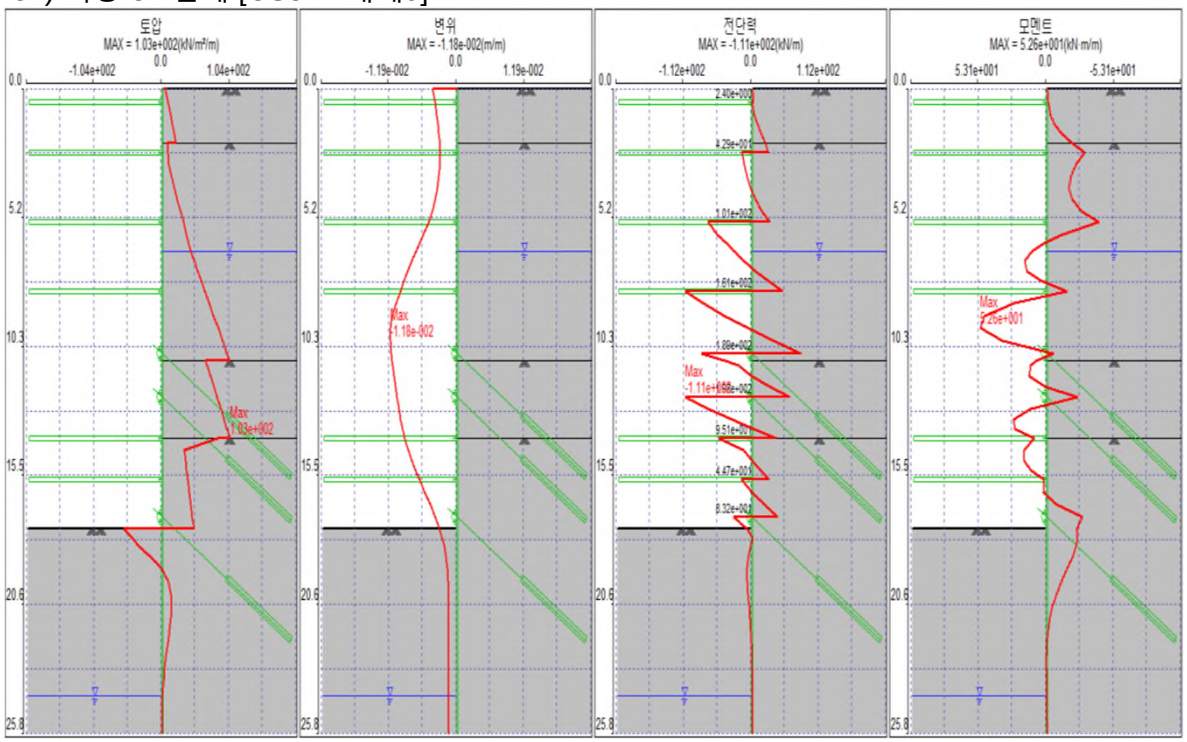
35) 시공 35 단계 [CS35 : 해체7]



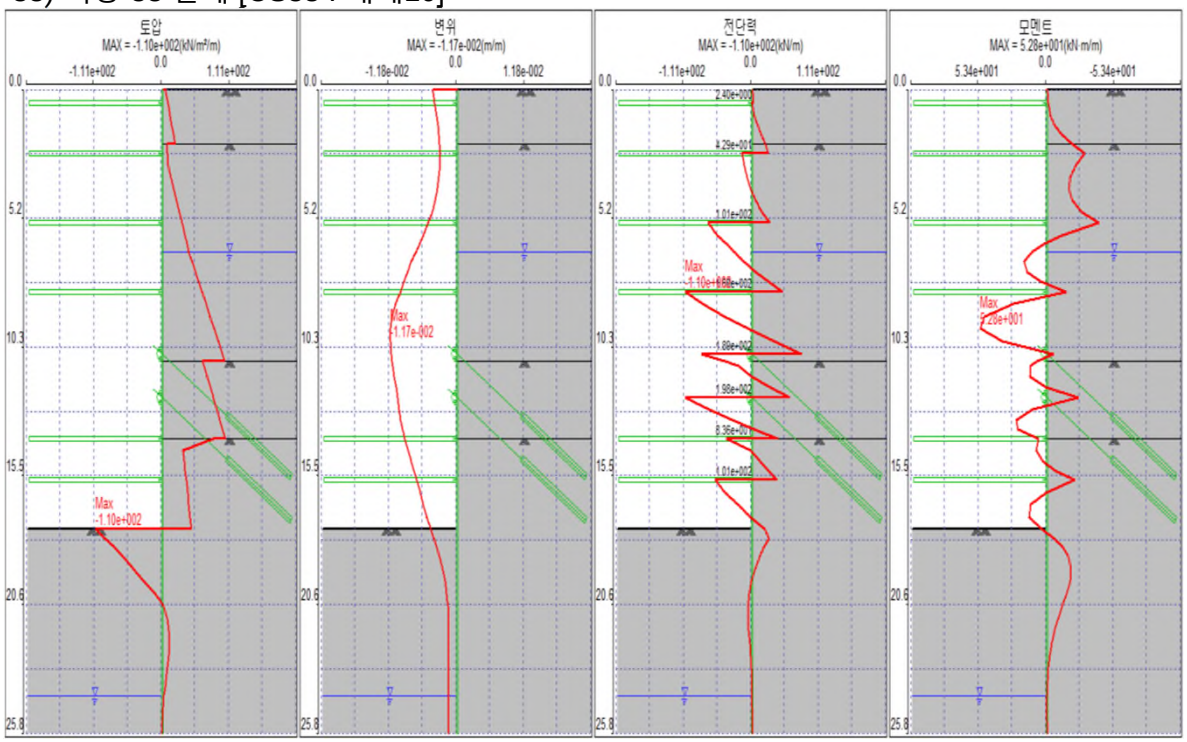
36) 시공 36 단계 [CS36 : 해체8]



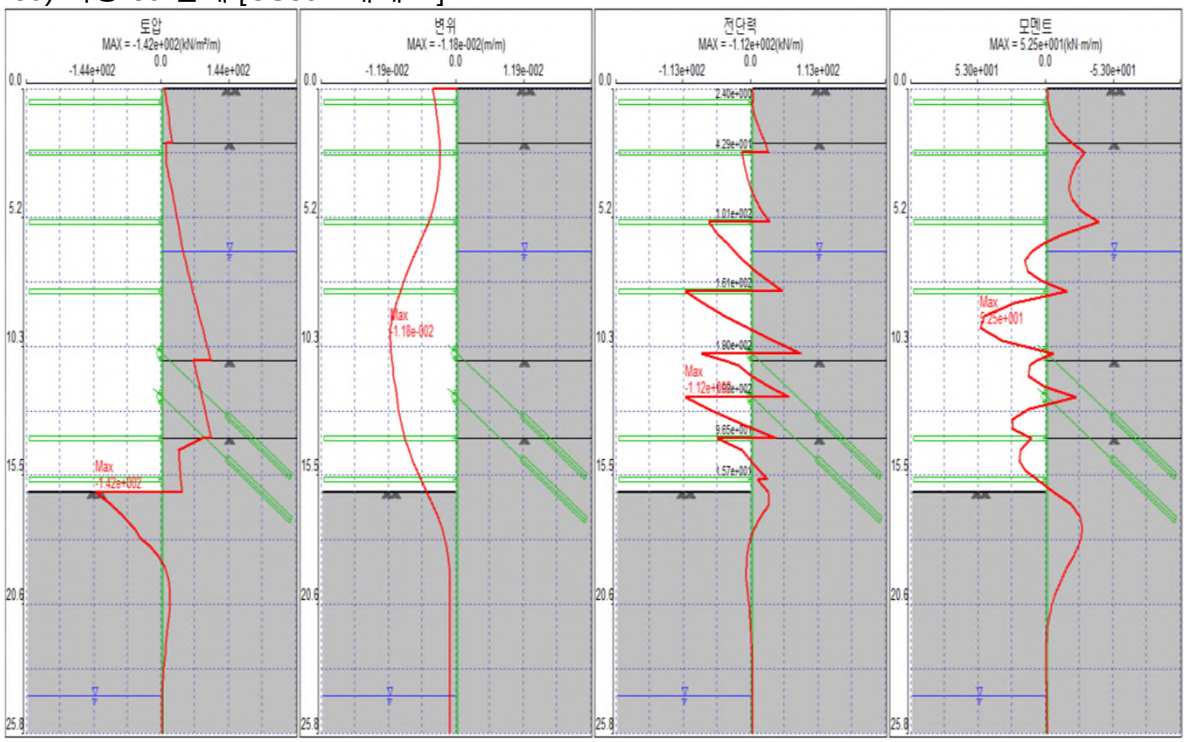
37) 시공 37 단계 [CS37 : 해체9]



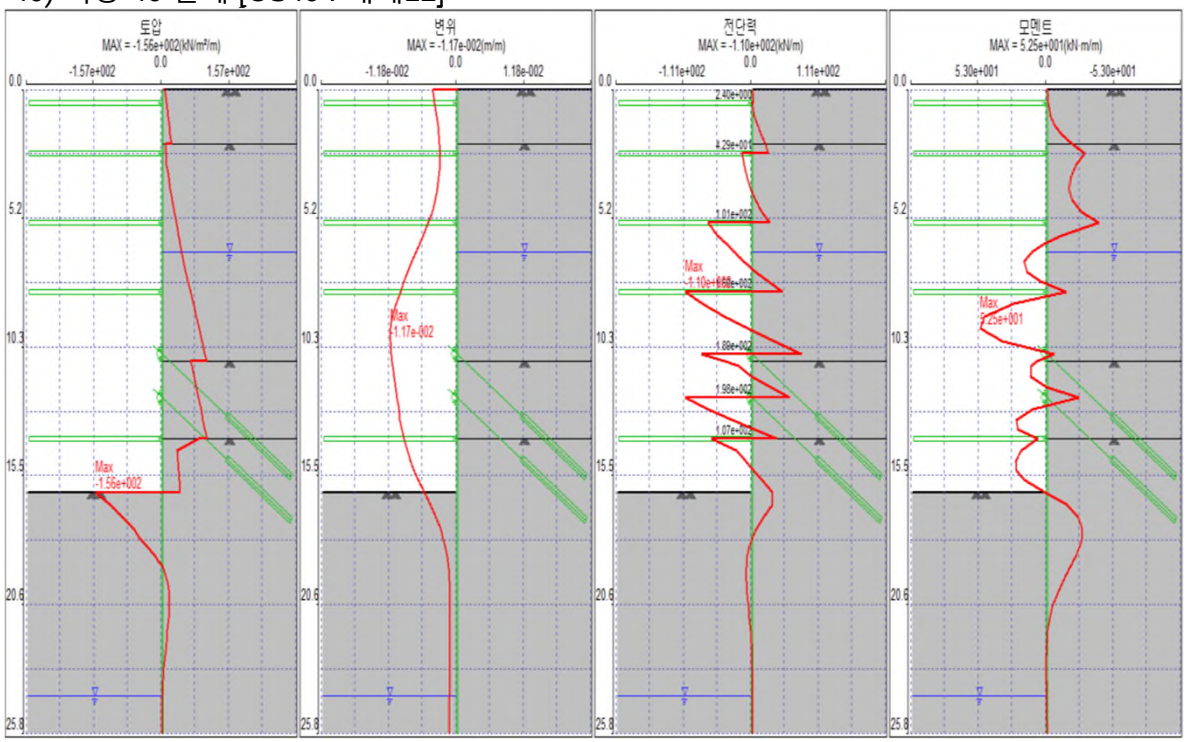
38) 시공 38 단계 [CS38 : 해체10]



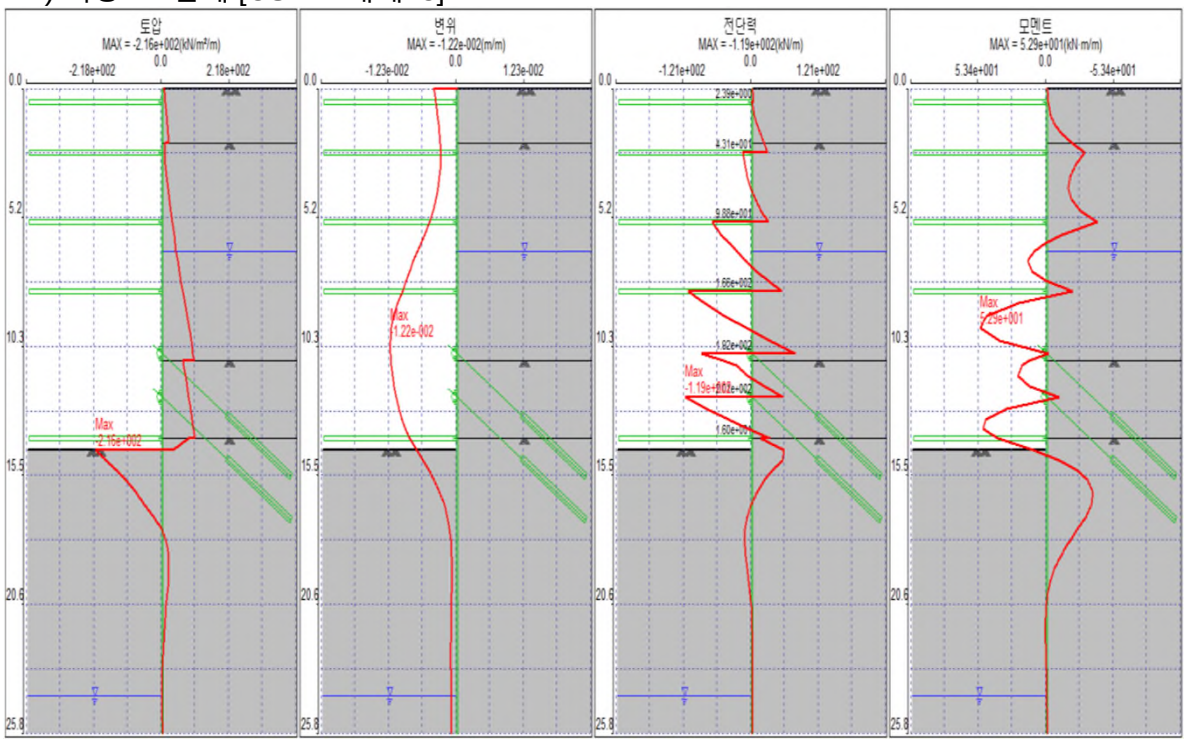
39) 시공 39 단계 [CS39 : 해체11]



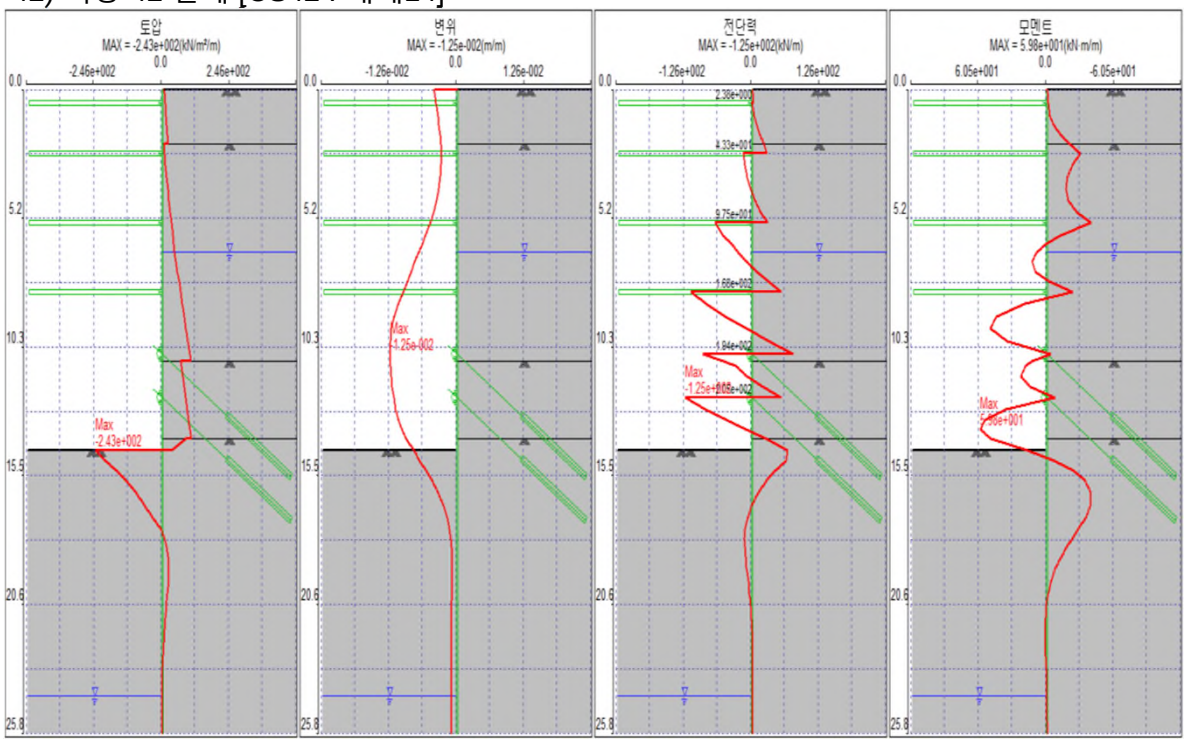
40) 시공 40 단계 [CS40 : 해체12]



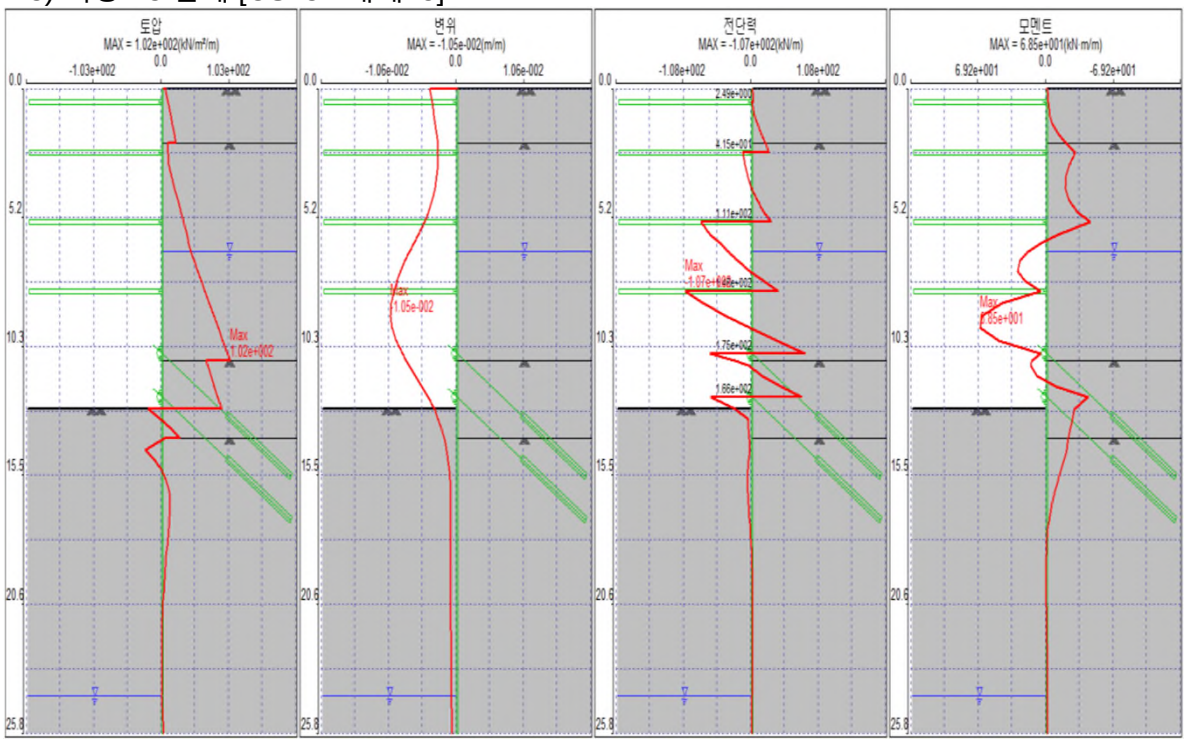
41) 시공 41 단계 [CS41 : 해체13]



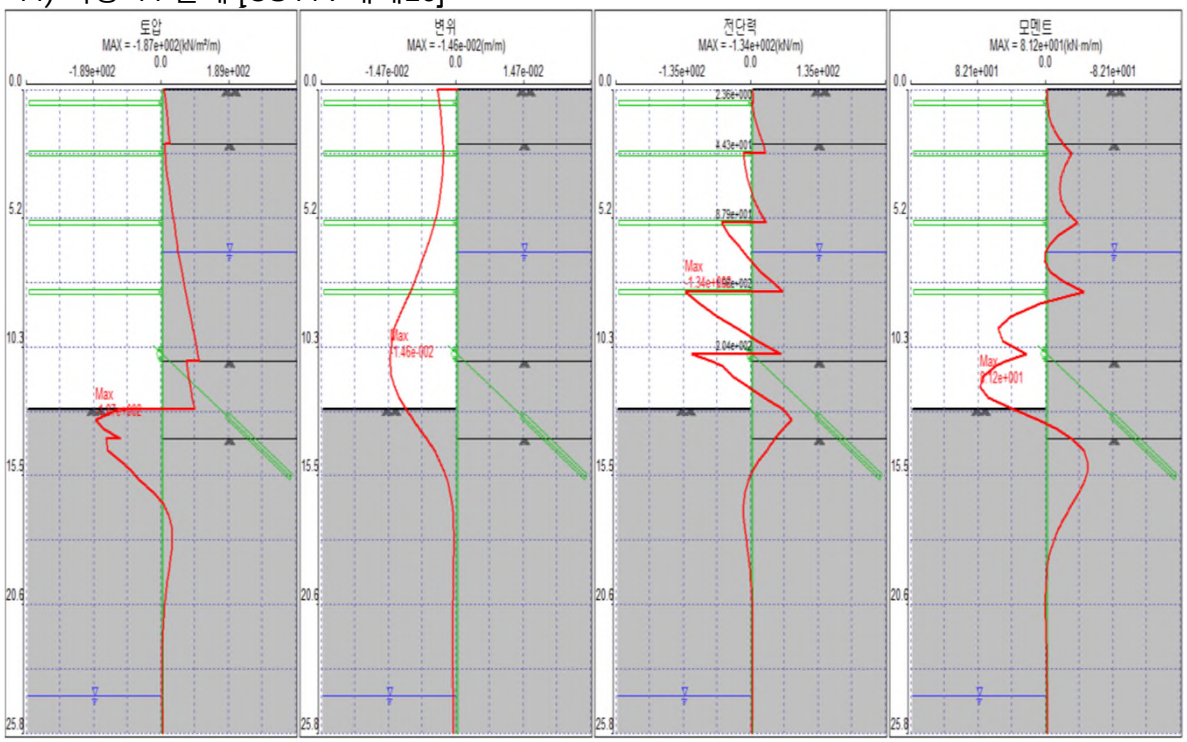
42) 시공 42 단계 [CS42 : 해체14]



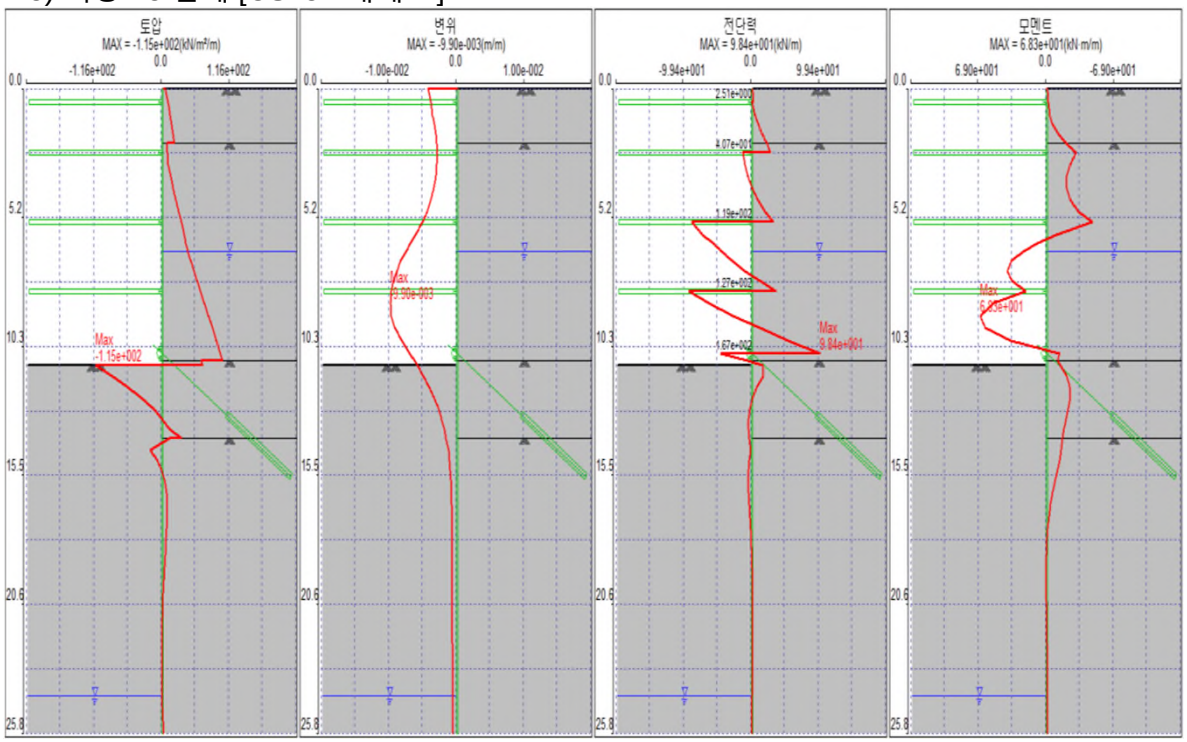
43) 시공 43 단계 [CS43 : 해체15]



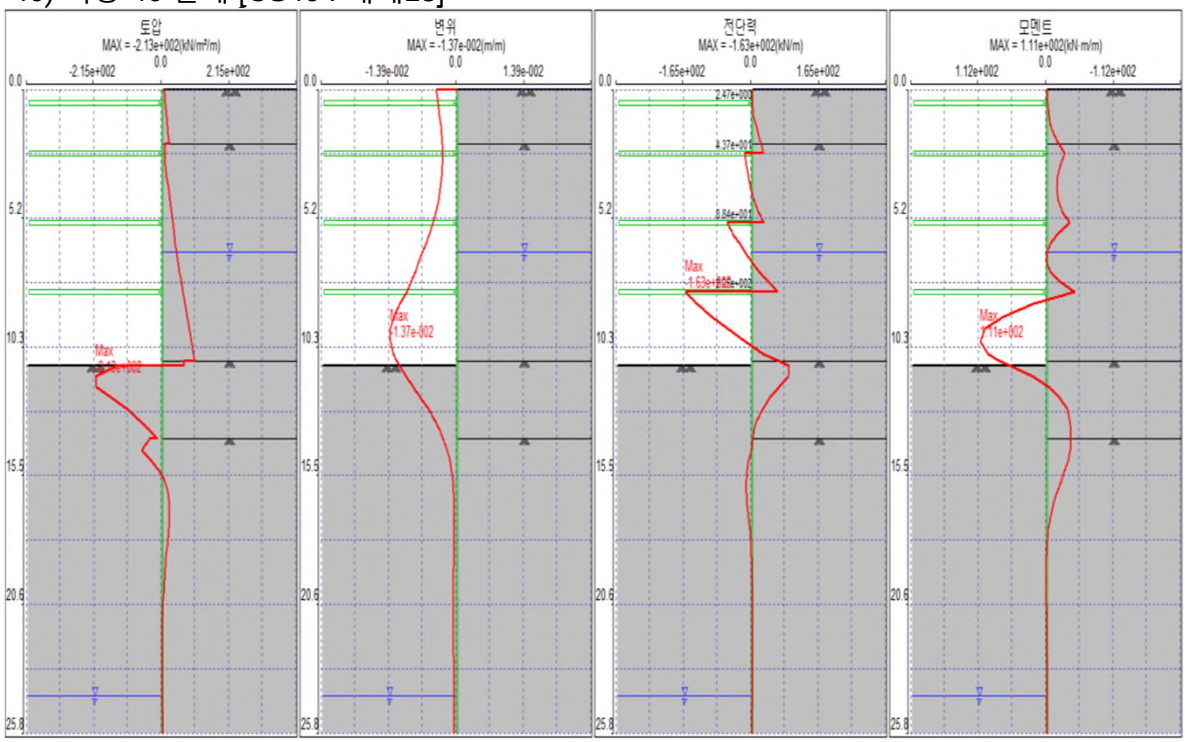
44) 시공 44 단계 [CS44 : 해체16]



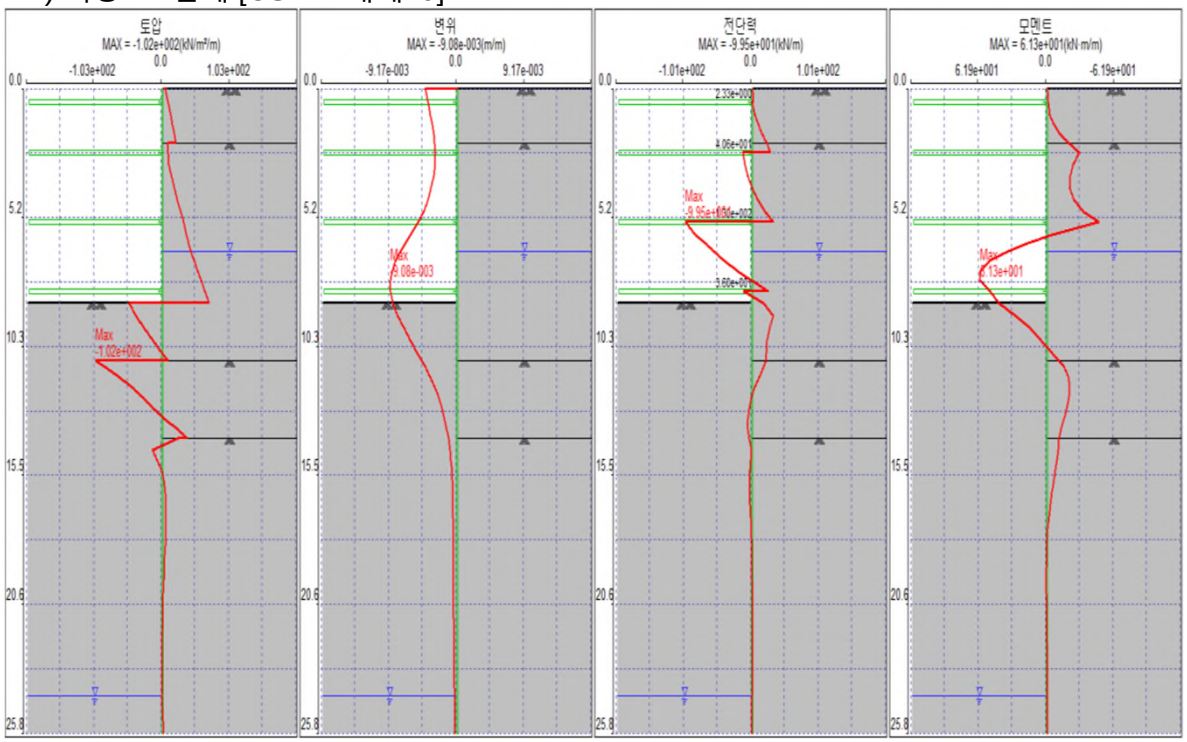
45) 시공 45 단계 [CS45 : 해체17]



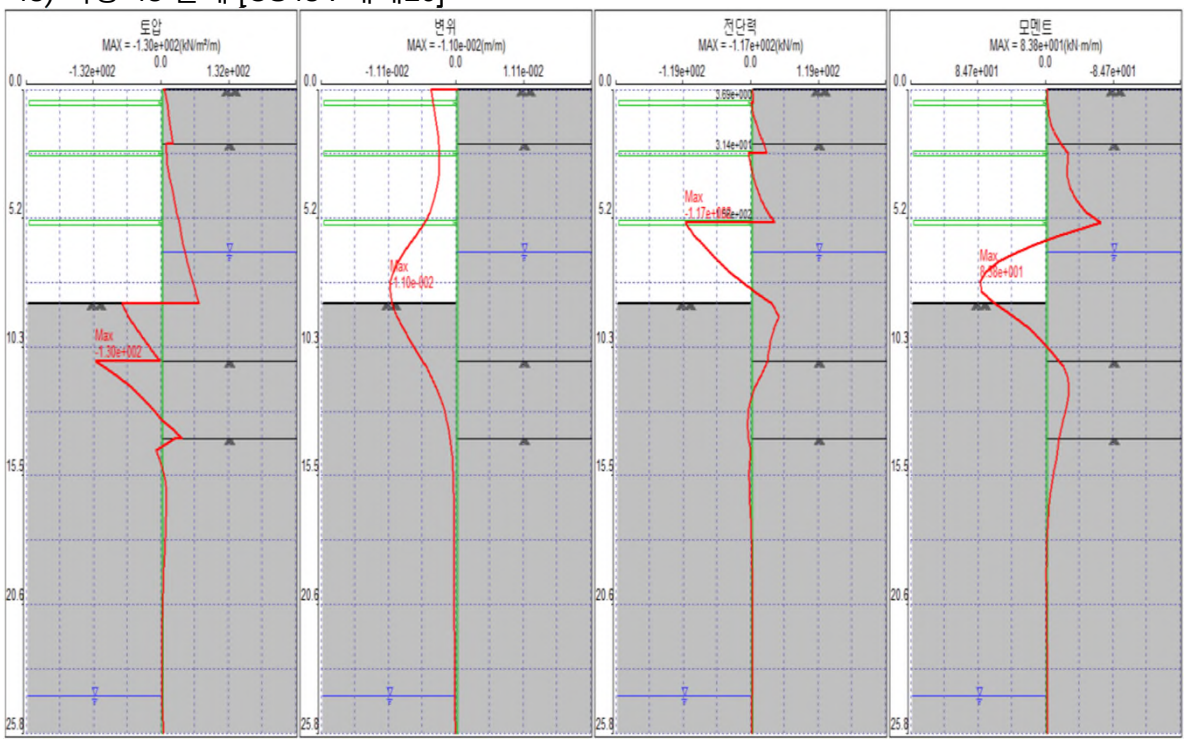
46) 시공 46 단계 [CS46 : 해체18]



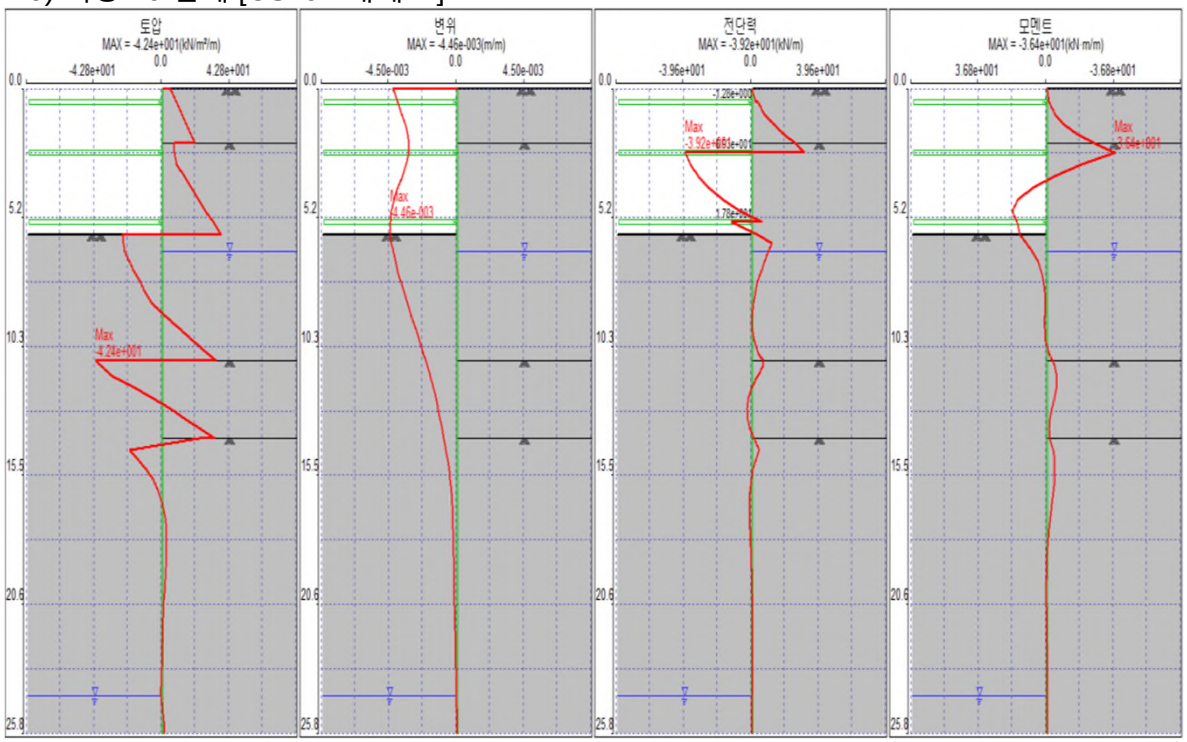
47) 시공 47 단계 [CS47 : 해체19]



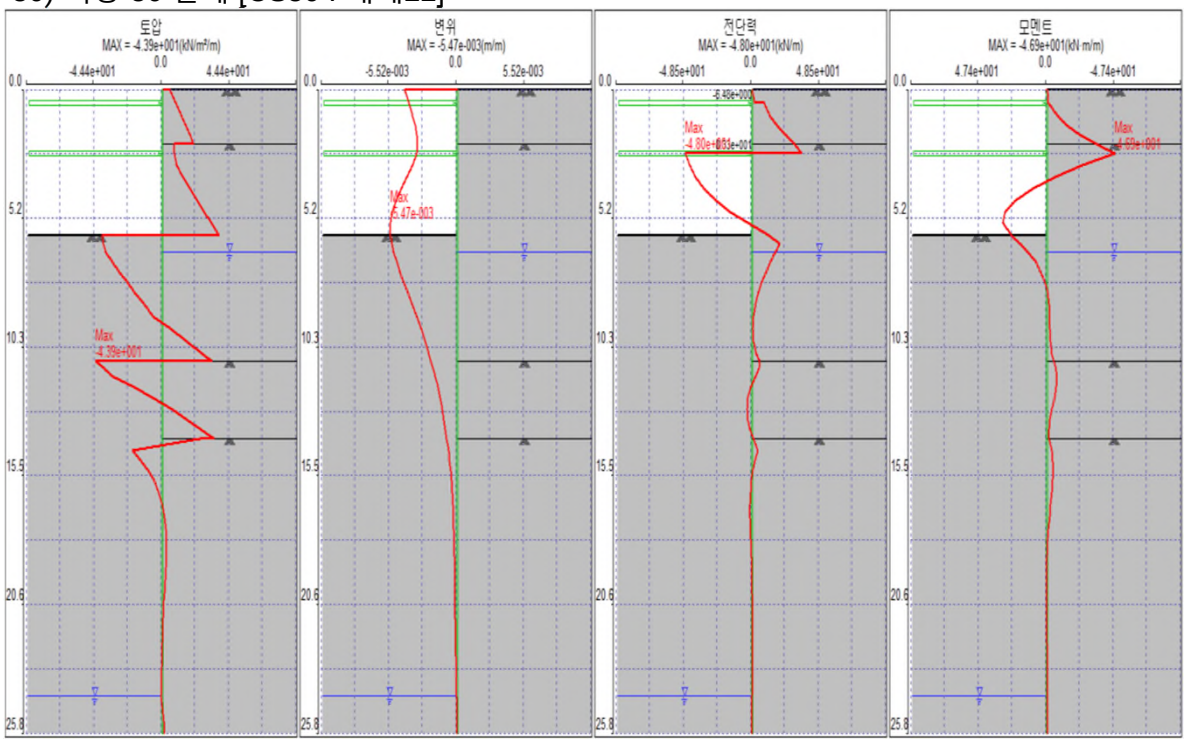
48) 시공 48 단계 [CS48 : 해체20]



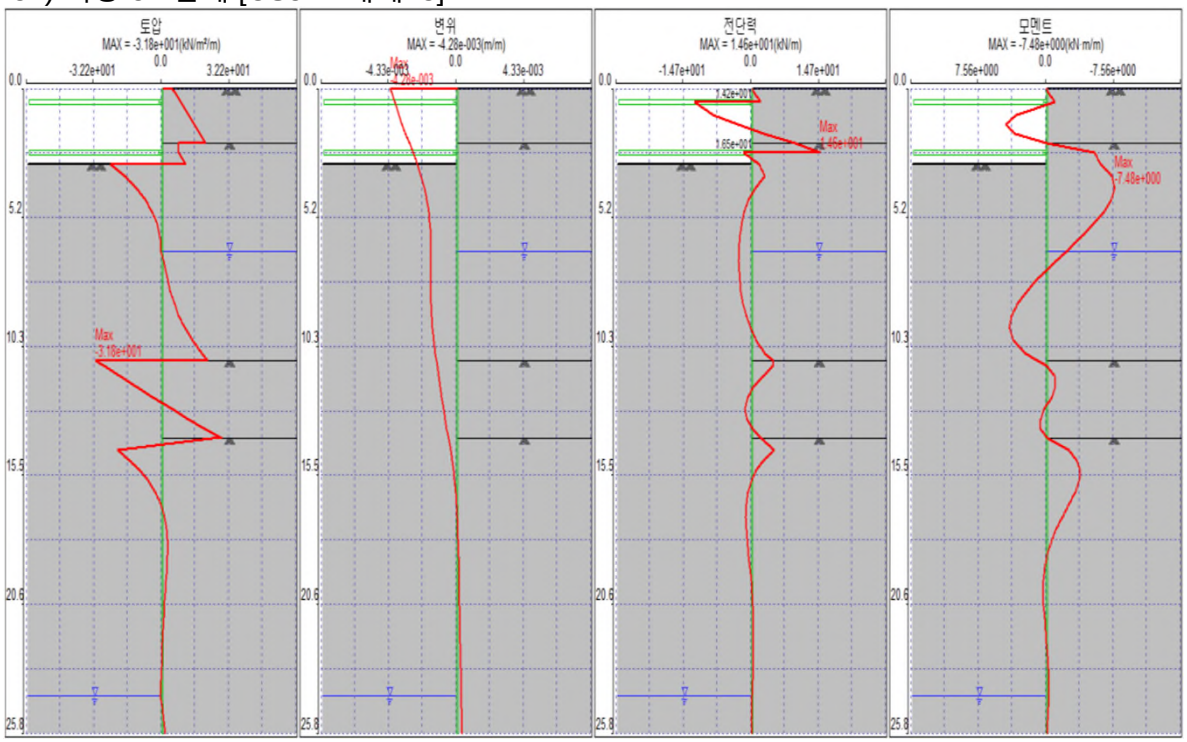
49) 시공 49 단계 [CS49 : 해체21]



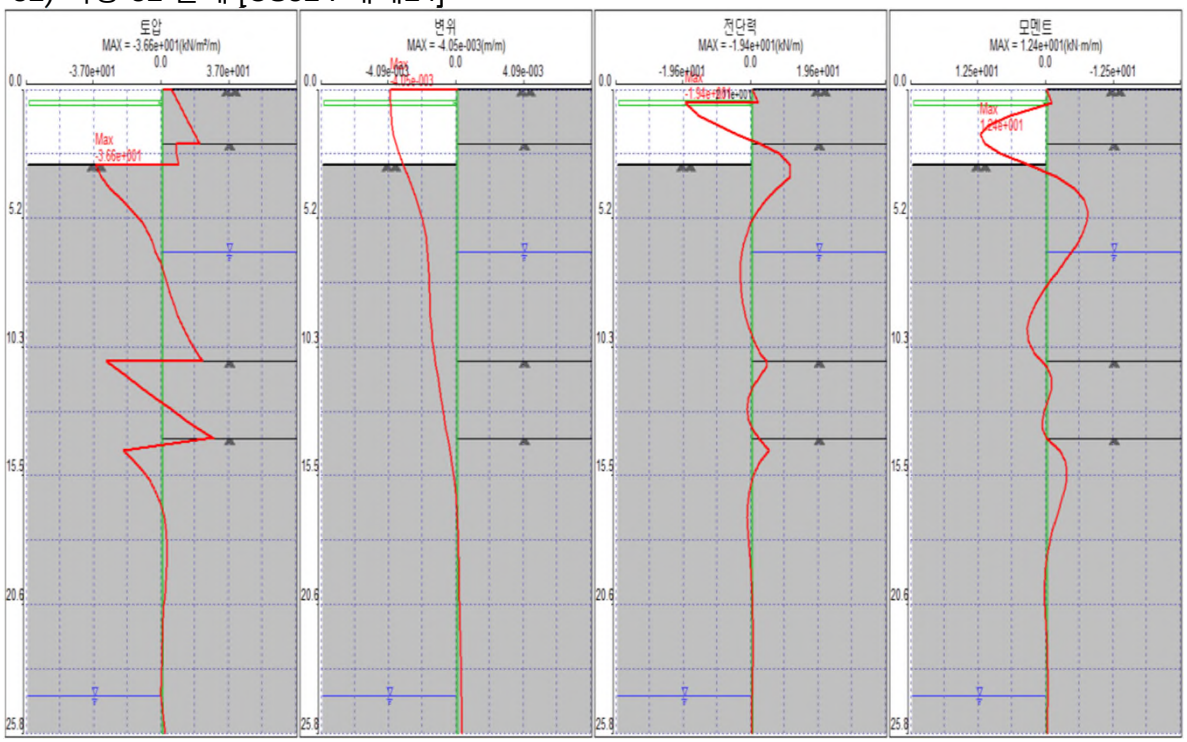
50) 시공 50 단계 [CS50 : 해체22]



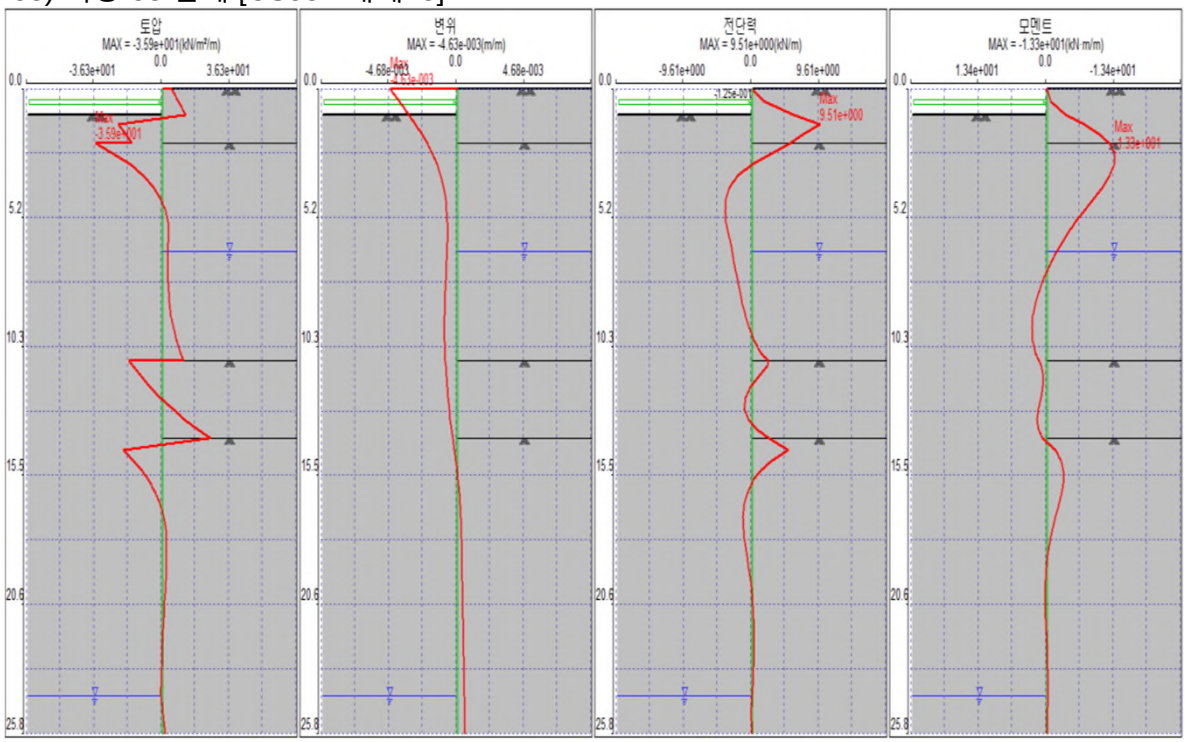
51) 시공 51 단계 [CS51 : 해체23]



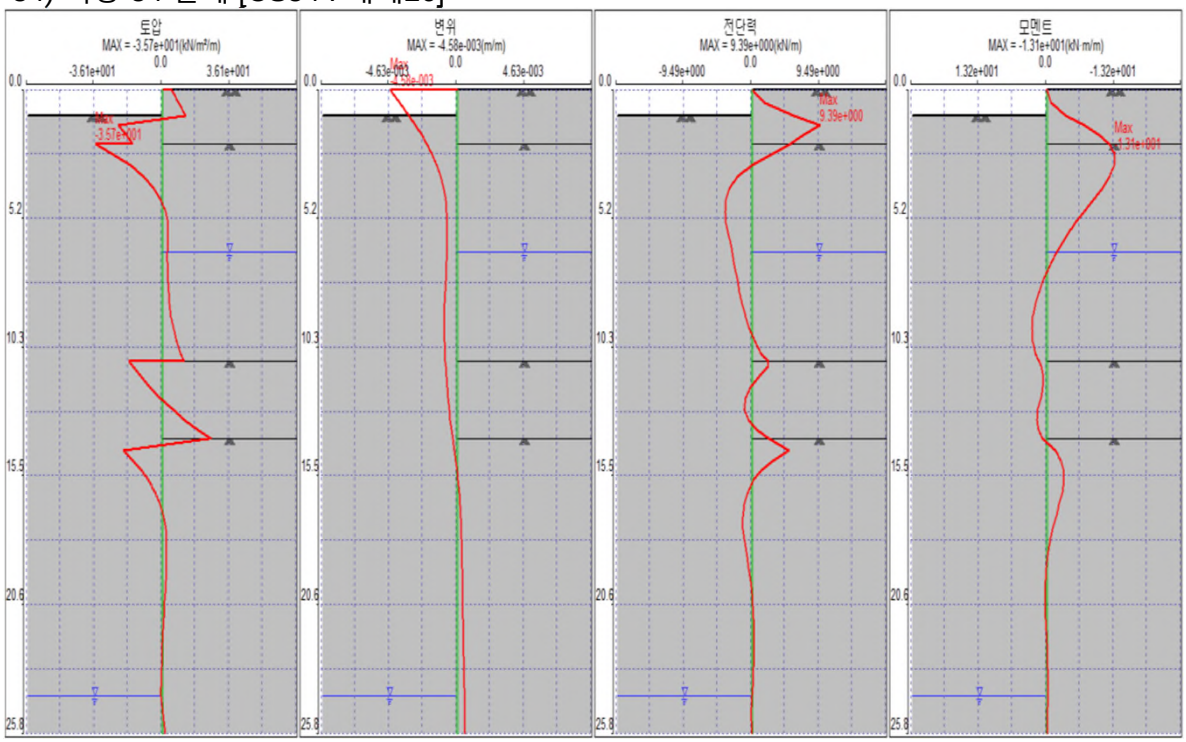
52) 시공 52 단계 [CS52 : 해체24]



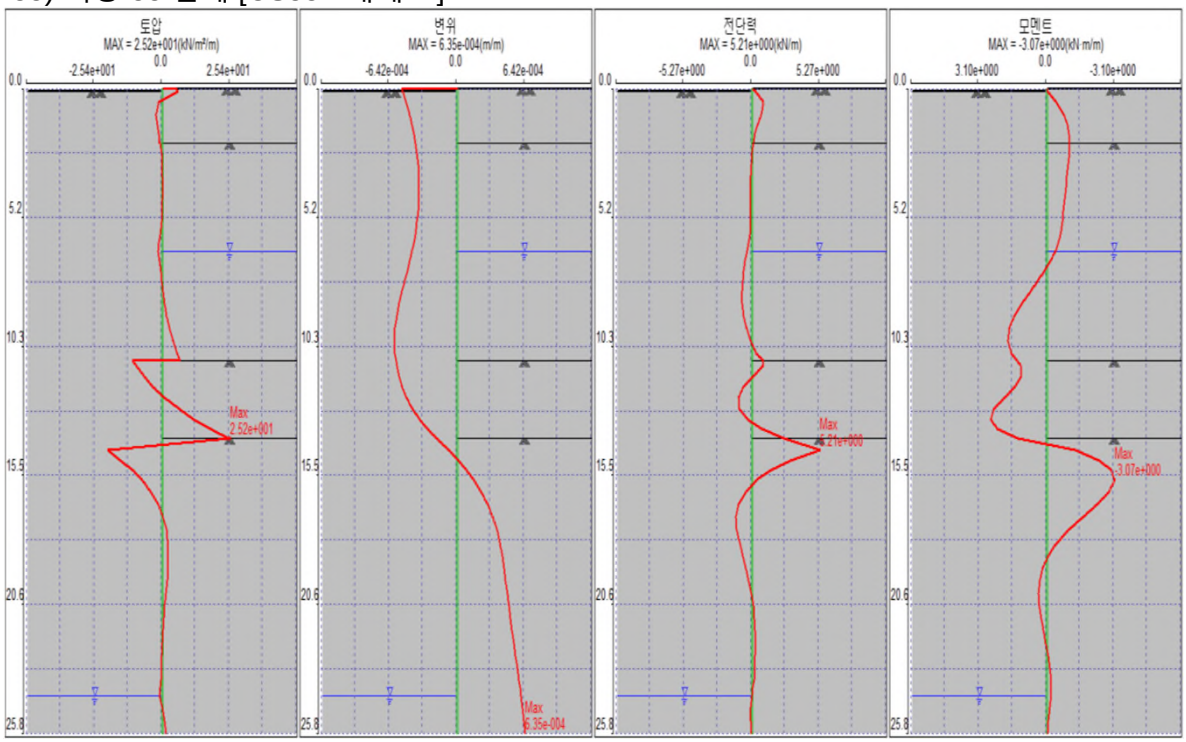
53) 시공 53 단계 [CS53 : 해체25]



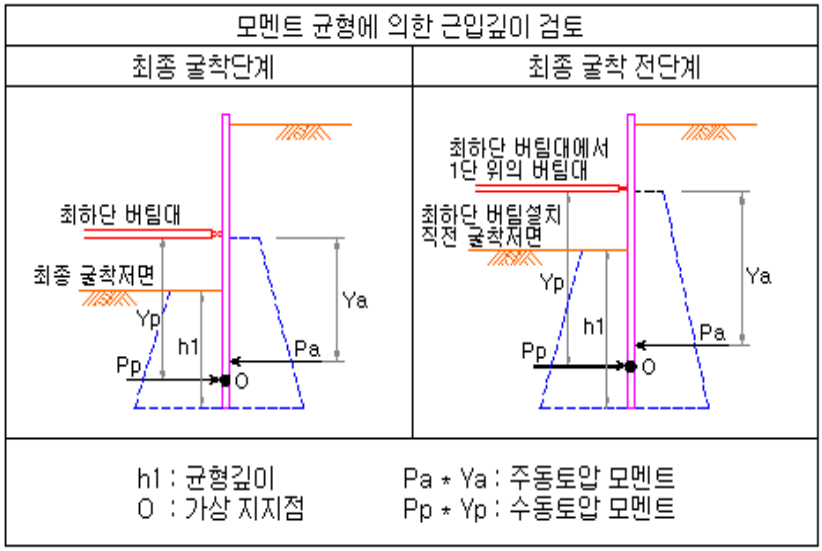
54) 시공 54 단계 [CS54 : 해체26]



55) 시공 55 단계 [CS55 : 해체27]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.460	1.500	122.124	384.463	3.148	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.706	2.100	324.597	1043.812	3.216	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -23.2 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 98.547 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.556 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 36.182 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 1.861 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (98.547 x 0.556) + (36.182 x 1.861) = 122.124 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 200.701 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 1.916 m
Mp = (Pp x Yp) = (200.701 x 1.916) = 384.463 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 384.463 / 122.124 = 3.148
S.F. = 3.148 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -21.7 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 168.032 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.021 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 49.819 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.071 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (168.032 x 1.021) + (49.819 x 3.071) = 324.597 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

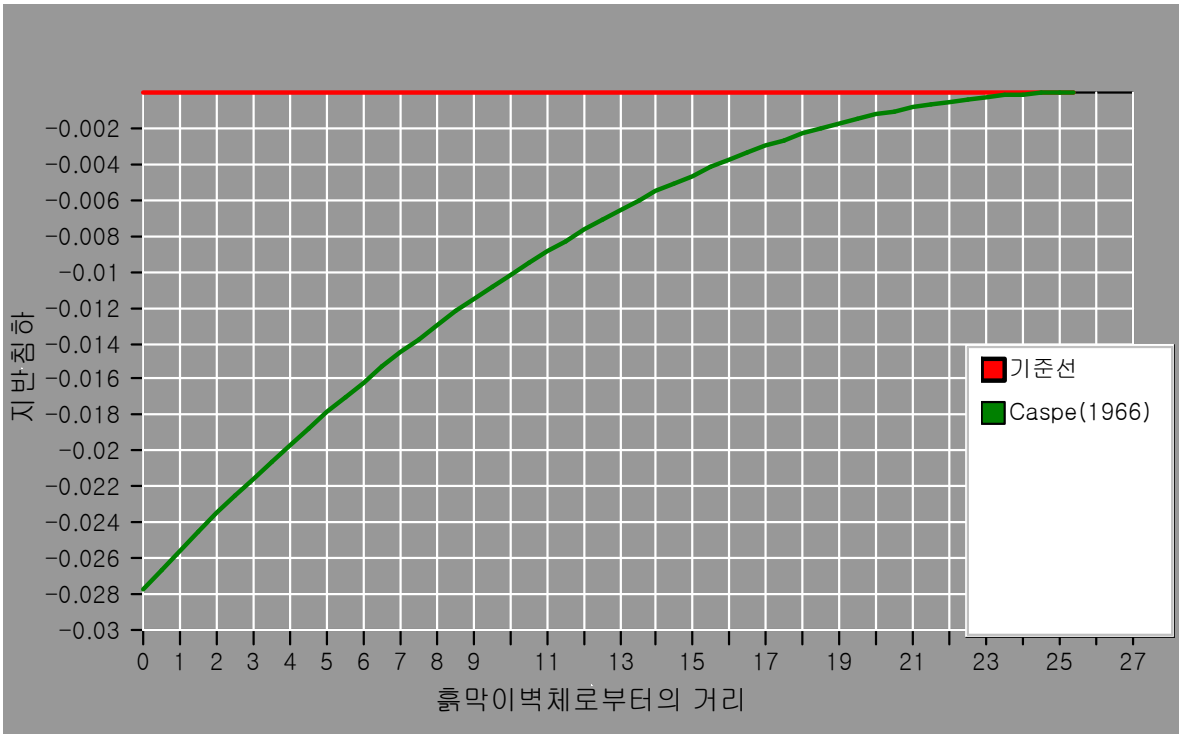
굴착면 하부토압 (Pp) = 329.615 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.167 m
Mp = (Pp x Yp) = (329.615 x 3.167) = 1043.812 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1043.812 / 324.597 = 3.216
S.F. = 3.216 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.176 m³/m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 24.3 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (φ) = 25.412 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + φ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 25.412/2) = 15.822 m

Ht = Hp + Hw = 15.822 + 24.3 = 40.122 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-φ/2)

D = 40.122 x tan(45-25.412/2) = 25.358 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.176 / 25.358 = -0.028 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.028 x ((25.358 - Xi) / 25.358)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-27.700	-1.082	-2.163
0.50	-26.619	-1.060	-2.120
1.00	-25.559	-1.039	-2.077
1.50	-24.520	-1.017	-2.034
2.00	-23.503	-0.995	-1.991
2.50	-22.508	-0.974	-1.948
3.00	-21.534	-0.952	-1.905
3.50	-20.581	-0.931	-1.862

4.00	−19.651	−0.909	−1.819
4.50	−18.741	−0.888	−1.775
5.00	−17.854	−0.866	−1.732
5.50	−16.987	−0.845	−1.689
6.00	−16.143	−0.823	−1.646
6.50	−15.320	−0.802	−1.603
7.00	−14.518	−0.780	−1.560
7.50	−13.738	−0.759	−1.517
8.00	−12.980	−0.737	−1.474
8.50	−12.243	−0.715	−1.431
9.00	−11.527	−0.694	−1.388
9.50	−10.833	−0.672	−1.345
10.00	−10.161	−0.651	−1.302
10.50	−9.510	−0.629	−1.259
11.00	−8.881	−0.608	−1.215
11.50	−8.273	−0.586	−1.172
12.00	−7.687	−0.565	−1.129
12.50	−7.122	−0.543	−1.086
13.00	−6.579	−0.522	−1.043
13.50	−6.057	−0.500	−1.000
14.00	−5.557	−0.479	−0.957
14.50	−5.079	−0.457	−0.914
15.00	−4.622	−0.435	−0.871
15.50	−4.187	−0.414	−0.828
16.00	−3.773	−0.392	−0.785
16.50	−3.380	−0.371	−0.742
17.00	−3.009	−0.349	−0.699
17.50	−2.660	−0.328	−0.655
18.00	−2.332	−0.306	−0.612
18.50	−2.026	−0.285	−0.569
19.00	−1.742	−0.263	−0.526
19.50	−1.478	−0.242	−0.483
20.00	−1.237	−0.220	−0.440
20.50	−1.017	−0.199	−0.397
21.00	−0.818	−0.177	−0.354
21.50	−0.641	−0.155	−0.311
22.00	−0.486	−0.134	−0.268
22.50	−0.352	−0.112	−0.225
23.00	−0.240	−0.091	−0.182
23.50	−0.149	−0.069	−0.139
24.00	−0.079	−0.048	−0.095
24.50	−0.032	−0.026	−0.052
25.00	−0.006	−0.006	−0.015
25.36	0.000	0.000	0.000
Max	−27.700	−1.082	−2.163

3-1.19 TYPE-17

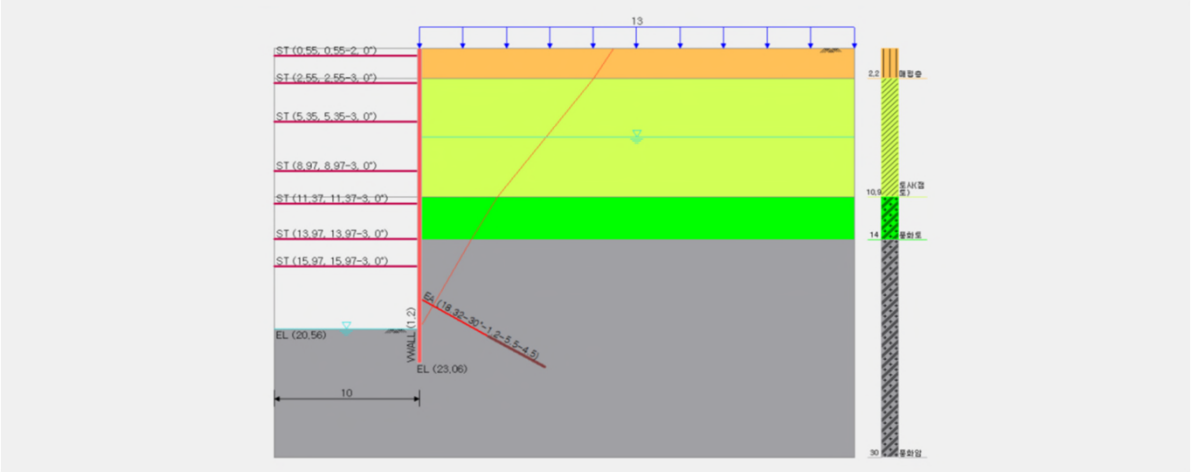
(STA.0+701.0~0+720.0)

GeoX 구조계산서
TYPE-17

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
7.4 Strut 설계 (Strut-4)
7.5 Strut 설계 (Strut-5)
7.6 Strut 설계 (Strut-6)
7.7 Strut 설계 (Strut-7)
7.8 Earth Anchor 설계 (Strut-8)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
8.4 Strut-4 띠장 설계
8.5 Strut-5 띠장 설계
8.6 Strut-6 띠장 설계
8.7 Strut-7 띠장 설계
8.8 Strut-8 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 20.56m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (2.55, 2.55-3, 0°)
ST (5.35, 5.35-3, 0°)
ST (8.97, 8.97-3, 0°)
ST (11.37, 11.37-3, 0°)
ST (13.97, 13.97-3, 0°)
ST (15.97, 15.97-3, 0°)
EL (20.56)
VWALL (1.2)
EL (23.06)
10
2.2
10.9
14
30

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.548	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.354	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	7.032	95.219	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	14.340	64.913	O.K		
		전단응력	2.374	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.55	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	43.337	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.35	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	62.671	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	8.97	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	63.458	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-5 P 406.4x12	11.37	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	64.843	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-6 P 406.4x12	13.97	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.264	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	15.97	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.768	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Strut-8 Strand12.7x4EA	18.32	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x300x10/15	0.55	휨응력	36.940	151.711	O.K	
		전단응력	37.213	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.55	휨응력	71.180	142.373	O.K	
		전단응력	54.458	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.35	휨응력	110.202	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	57.965	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	8.97	휨응력	111.791	142.373	O.K	
		전단응력	85.528	90.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	11.37	휨응력	114.585	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	60.271	90.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	13.97	휨응력	85.161	142.373	O.K	
		전단응력	65.155	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	15.97	휨응력	92.234	142.373	O.K	
		전단응력	70.566	90.000	O.K	
Strut-8 2H 250x250x9/14	18.32	휨응력	23.144	156.940	O.K	
		전단응력	33.476	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	104.861	178.993	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	42.475	195.160	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	50.044	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	71.037	165.003	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	18.502	145.018	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 20.56	휨응력	148.314	364.500	O.K		
		압축응력	144.164	351.446	O.K		
		전단응력	70.369	209.250	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS9 : 굴착 11.87 m	17.511	41.120	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	2.50m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405

축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

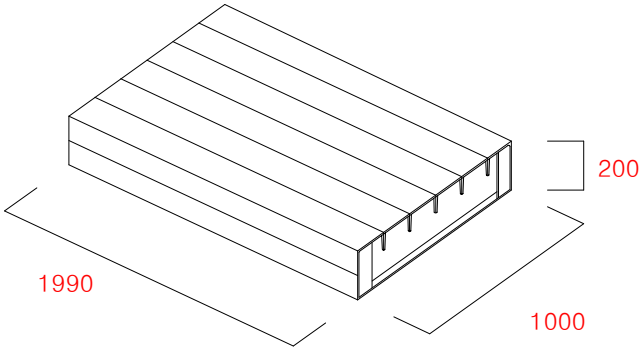
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

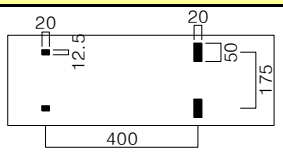
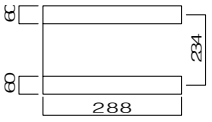
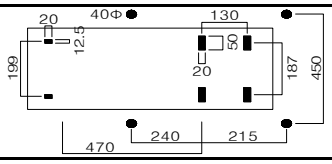
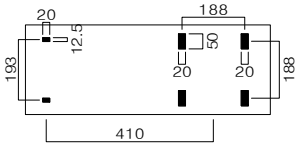
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

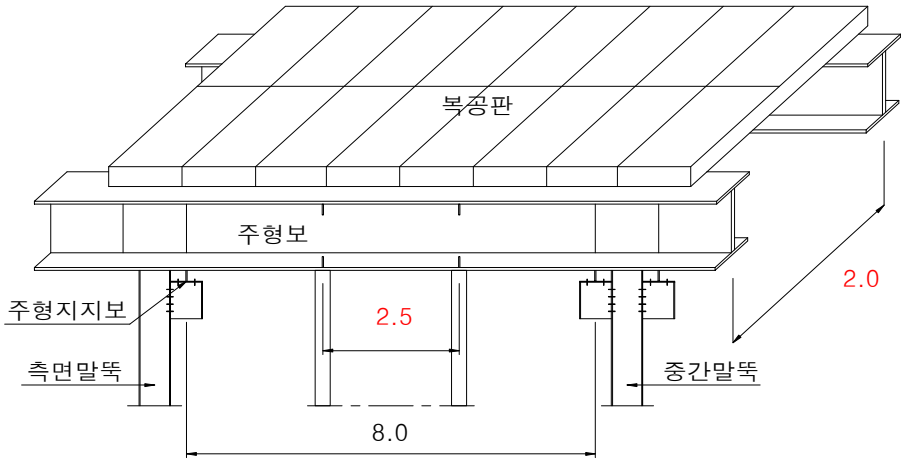
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

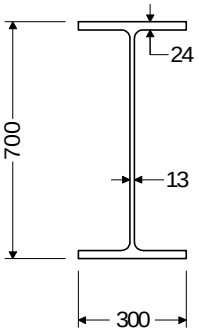
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

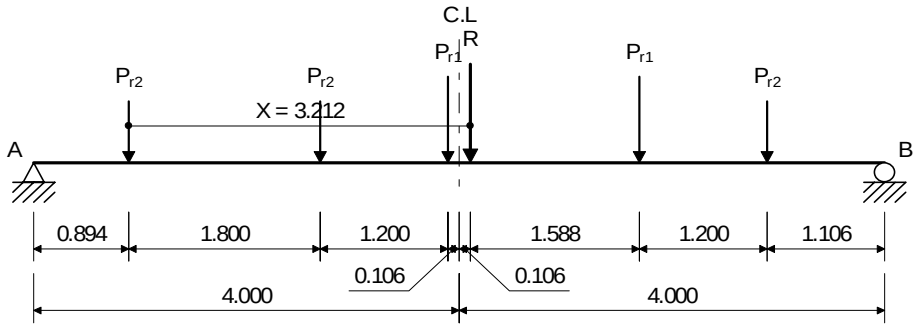
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

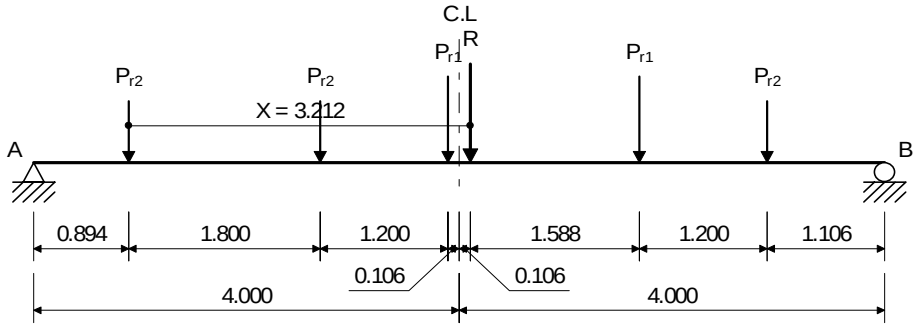
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) / 8.000

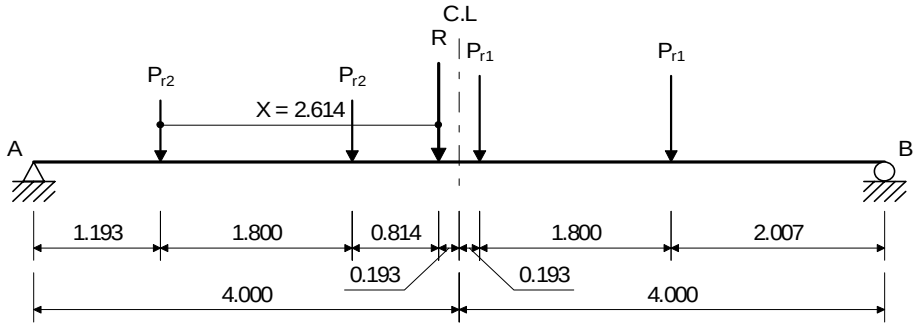
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

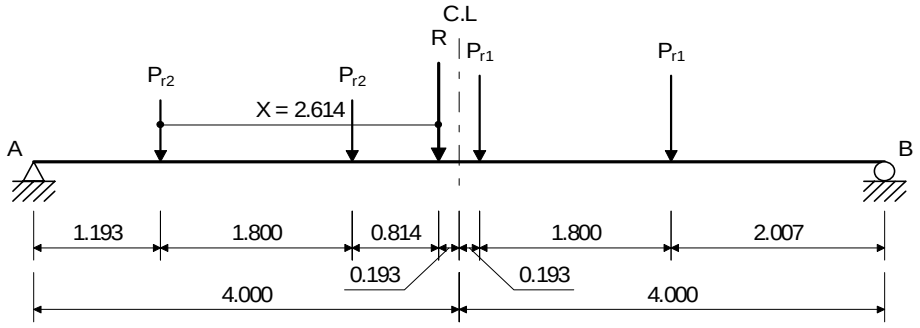


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

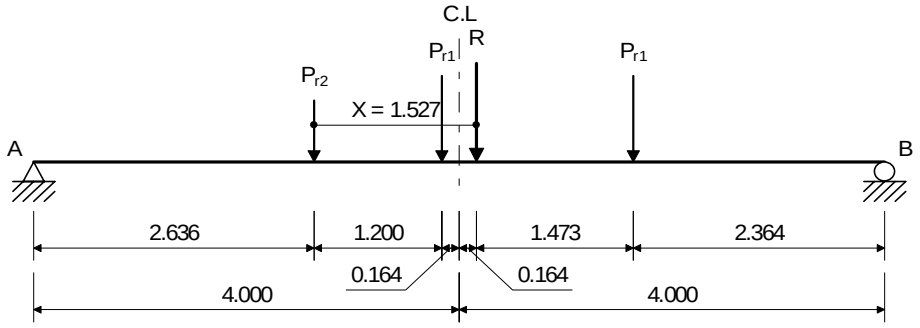
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

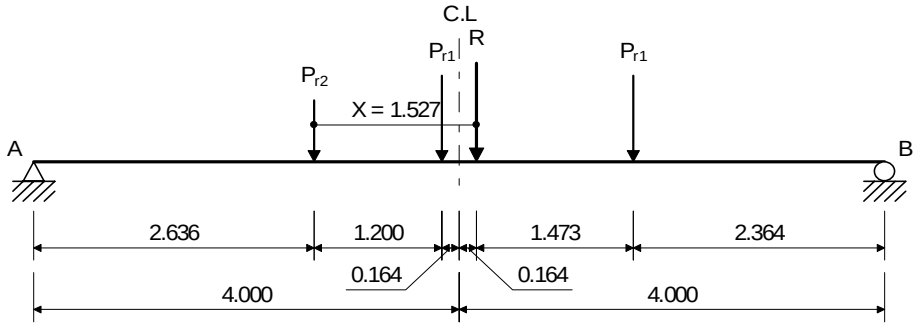


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

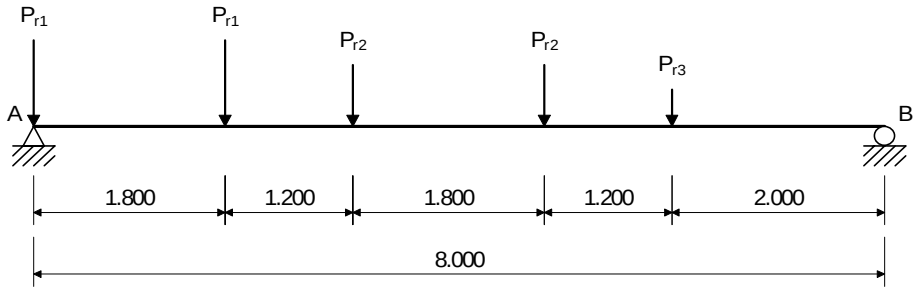


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L

= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) / 8.000

= 335.010 kN

S_l = 335.010 x 1.00 = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

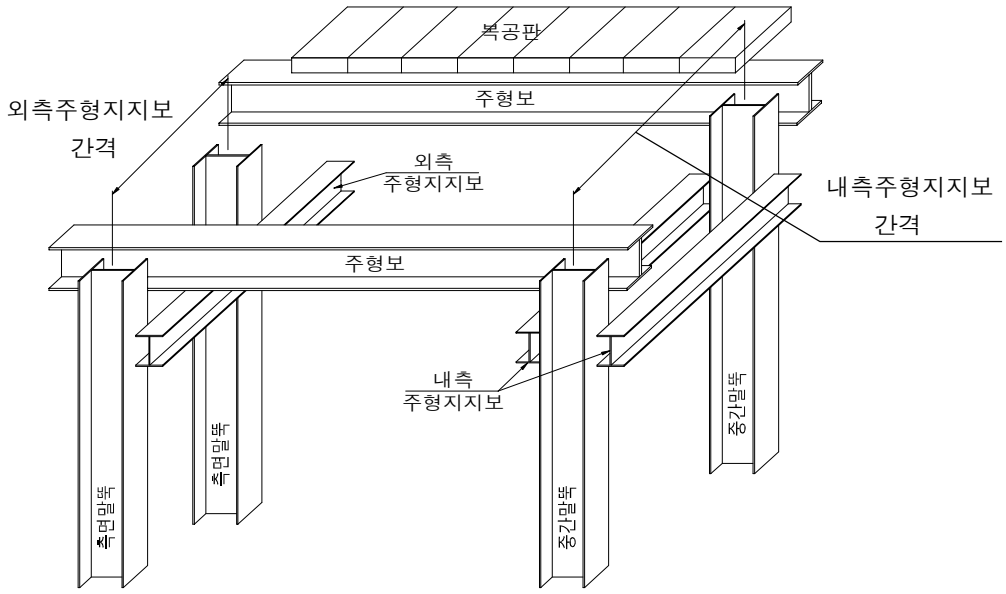
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

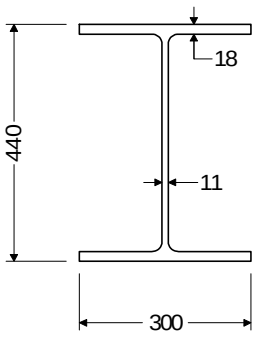
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

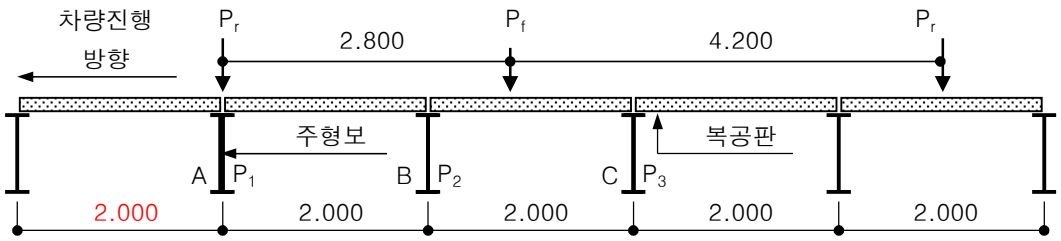


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



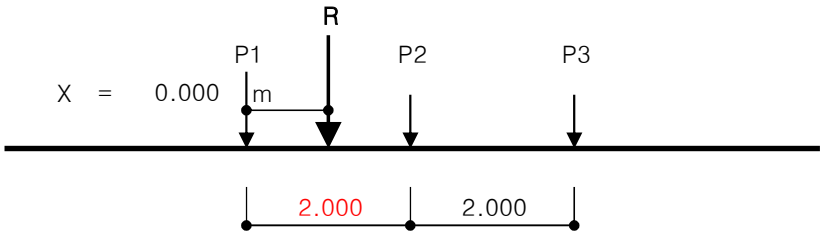
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

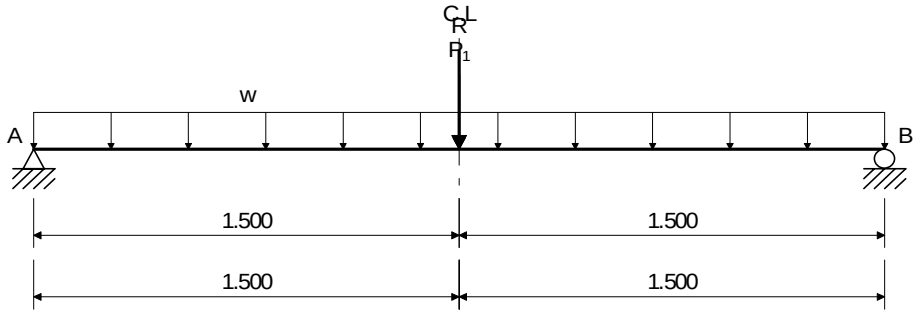


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

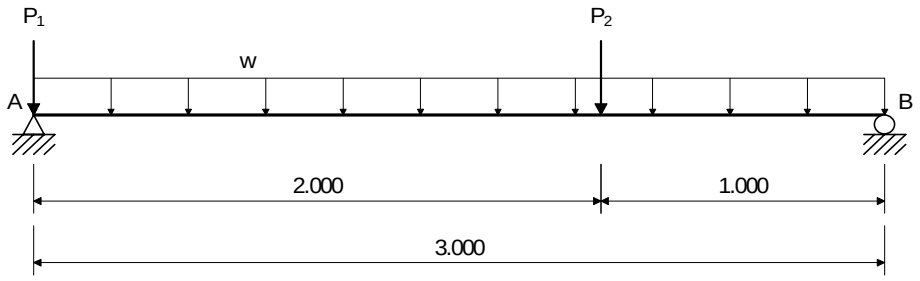
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (357.210 \times 1.500) / 3.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 269.271$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

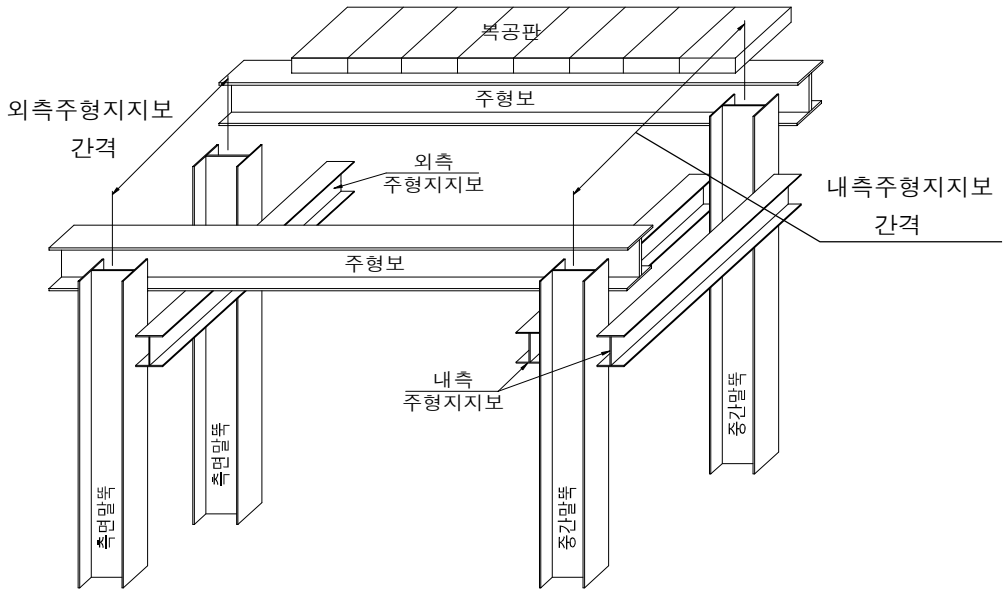
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

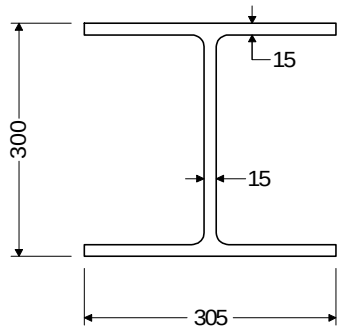
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

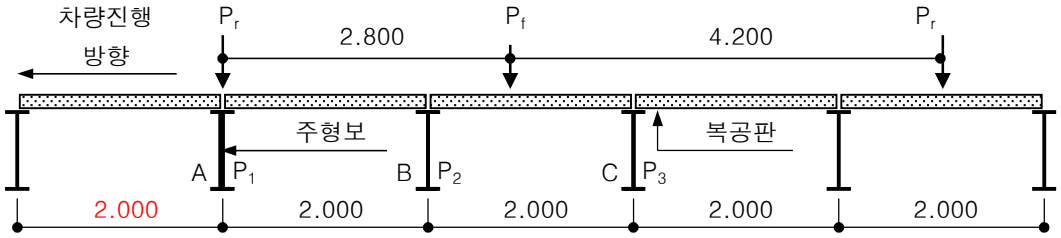


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



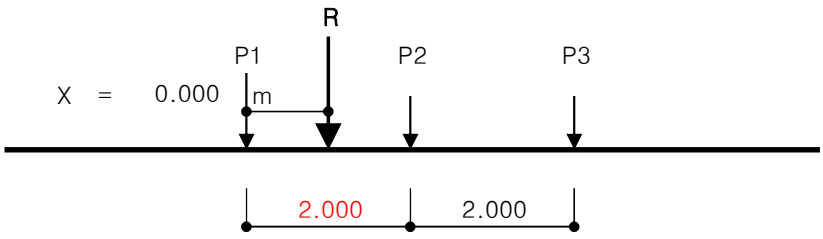
나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 357.210

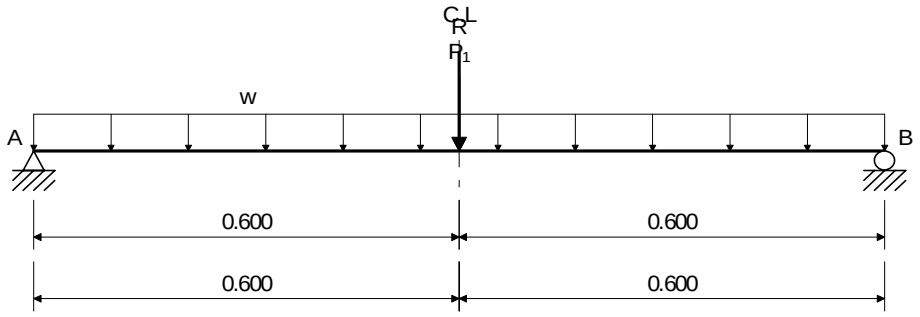
= 357.210 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 357.210

= 0.000 m

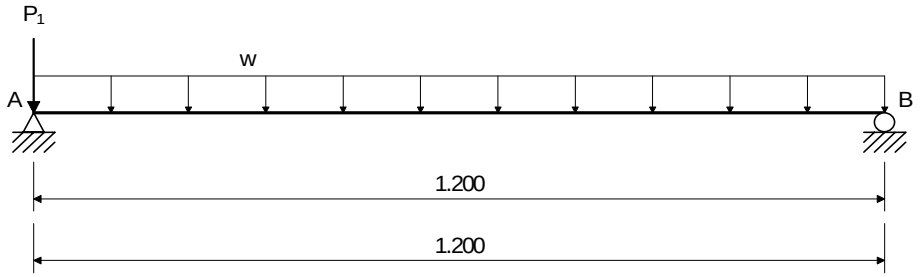
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.600) / L
= (357.210 x 0.600) / 1.200
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 107.350 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (357.210 x 1.200) / 1.200
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.20 / 2
= 357.833 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.350 x 1000000 / 1440000.0 = 74.548 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.833 x 1000 / 4050 = 88.354 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (74.548 + 74.548) / 74.548$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 74.548 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.354 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 357833 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.03 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.03 ea ---> O.K

7.지보재 설계

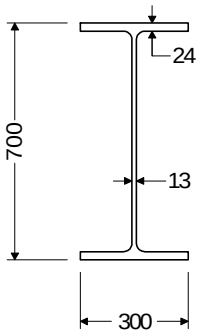
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 108.849 kN/m ---> Strut-1 (CS18 : Peck)
= 108.849 x 2.00 / 1 단
= 217.699 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 217.699 + 120.0 = 337.699 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 5760000.0 = 7.032 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 337.699 x 1000 / 23550 = 14.340 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.125 x 1000 / 8476 = 2.374 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.367

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (21.371 - 7.308) / 21.371$

= 0.658

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8050 / 293

27.474 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.474 − 18.6))

= 149.313 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 149.313 MPa

L_y / R_y = 8050 / 67.8

118.732 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 118.732^2)

= 64.913 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 64.913 MPa

$\therefore f_{ca}$ = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 64.913 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8050 / 300

= 26.833 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.833 − 4.6))

= 95.219 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.219 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.474)^2

= 1788.452 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 64.913 MPa > f_c = 14.340 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 95.219 MPa > f_b = 7.032 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.374 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{14.340}{64.913} + \frac{7.032}{95.219 \times (1 - (14.340 / 1788.452))}$$

$$= 0.295 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 14.340 + \frac{7.032}{1 - (14.340 / 1788.452)}$$

$$= 21.428 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.295 , 0.136)

= 0.295 < 1.0 ---> O.K

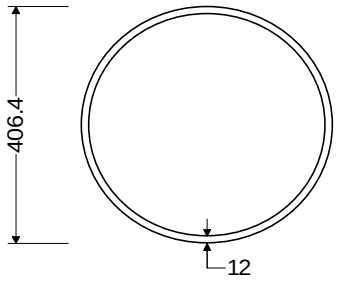
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 174.787 kN/m ---> Strut-2 (CS18 : Peck)
= 174.787 x 3.00 / 1 단
= 524.362 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 524.362 + 120.0 = 644.362 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 644.362 x 1000 / 14868.5 = 43.337 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.079 x 12)

= 15.690 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.079

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.780 − 14.895) / 71.780

= 0.792 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 43.337 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{43.337}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (43.337 / 405.406))}$

= 0.559 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 43.337 + \frac{28.442}{1 - (43.337 / 405.406)}$$

$$= 75.184 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.559 , 0.477)
= 0.559 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{71.780}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.592 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

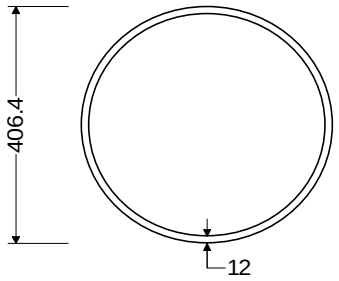
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 270.608 kN/m ---> Strut-3 (CS18 : Peck)
= 270.608 x 3.00 / 1 단
= 811.825 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 811.825 + 120.0 = 931.825 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 931.825 \times 1000 / 14868.5 = 62.671$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.062 x 12)

= 15.938 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.062

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.113 − 34.229) / 91.113

= 0.624 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 62.671 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{62.671}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (62.671 / 405.406))}$

= 0.730 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 62.671 + \frac{28.442}{1 - (62.671 / 405.406)}$$

$$= 96.314 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.730 , 0.612)
= 0.730 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{91.113}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.751 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

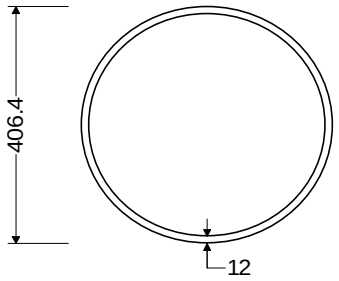
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 274.508 kN/m ---> Strut-4 (CS18 : Peck)
= 274.508 x 3.00 / 1 단
= 823.525 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 823.525 + 120.0 = 943.525 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 943.525 \times 1000 / 14868.5 = 63.458$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.062 x 12)

= 15.946 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.062

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.900 − 35.016) / 91.900

= 0.619 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 63.458 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{63.458}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (63.458 / 405.406))}$

= 0.737 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 63.458 + \frac{28.442}{1 - (63.458 / 405.406)}$$

$$= 97.178 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.737 , 0.617)

= 0.737 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{91.900}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.758 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

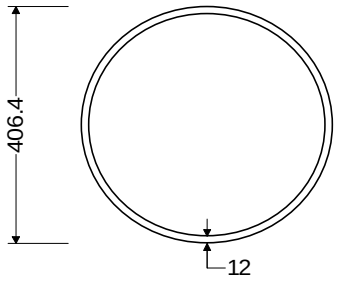
7.5 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 281.371 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 14.47 m)
= 281.371 x 3.00 / 1 단
= 844.113 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 844.113 + 120.0 = 964.113 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 964.113 \times 1000 / 14868.5 = 64.843$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.061 x 12)

= 15.960 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.061

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (93.285 − 36.401) / 93.285

= 0.610 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 64.843 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{64.843}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (64.843 / 405.406))}$

= 0.749 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 64.843 + \frac{28.442}{1 - (64.843 / 405.406)}$$

$$= 98.700 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.749 , 0.627)
= 0.749 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{93.285}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.769 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

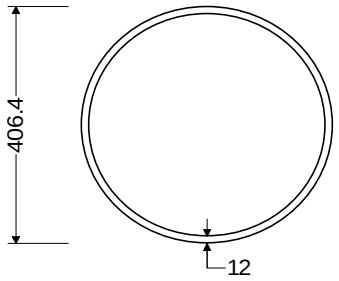
7.6 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 209.118 kN/m ---> Strut-6 (CS18 : Peck)
= 209.118 x 3.00 / 1 단
= 627.355 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 627.355 + 120.0 = 747.355 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 747.355 \times 1000 / 14868.5 = 50.264$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.072 x 12)

= 15.792 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.072

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.706 − 21.822) / 78.706

= 0.723 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 50.264 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{50.264}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (50.264 / 405.406))}$

= 0.620 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 50.264 + \frac{28.442}{1 - (50.264 / 405.406)}$$

$$= 82.732 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.620 , 0.525)

= 0.620 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{78.706}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.649 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

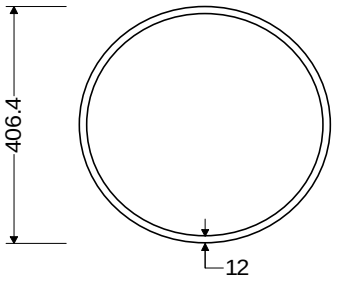
7.7 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 226.485 kN/m ---> Strut-7 (CS18 : Peck)
= 226.485 x 3.00 / 1 단
= 679.455 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 679.455 + 120.0 = 799.455 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 799.455 \times 1000 / 14868.5 = 53.768$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.069 x 12)

= 15.837 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.069

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (82.210 − 25.326) / 82.210

= 0.692 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 53.768 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{53.768}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (53.768 / 405.406))}$

= 0.651 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 53.768 + \frac{28.442}{1 - (53.768 / 405.406)}$$

$$= 86.560 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.651 , 0.550)
= 0.651 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{82.210}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.678 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

7.8 Earth Anchor 설계 (Strut-8)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

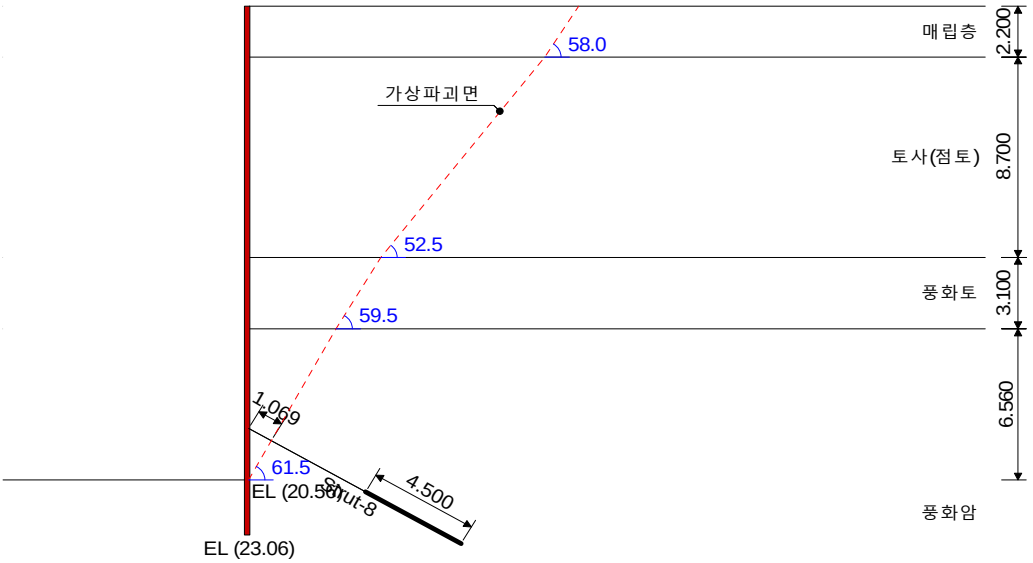
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
Strut-8	18.320	1.069	3.084	5.500	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
Strut-8	18.320	141.591	1.200	30	169.909

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
18.320	200000	3.0	98.71	4	6.0	39484.000

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
18.320	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
18.320	169.909	39.484	24.796	234.189

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
18.320	234.189	110.160	4	2.126	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	500	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)
18.320	169.909	2.5	100.0	600.0	2.253

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
18.320	169.909	4.0	12.70	500.0	2.129

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
18.320	2.253	2.129	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
18.320	5.500	1.500	4.500	11.500

마. ELONGATION 산정

Lel = JF_{req} x L / E_p x A_p x N

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
18.320	234.189	6.0	200000	98.71	4	17.794

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
18.320	1.20	30.0	5.500	1.500	4.500	234.189

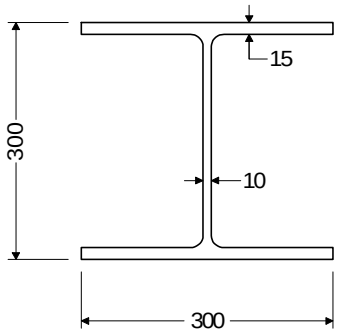
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x300x10/15(SS400)

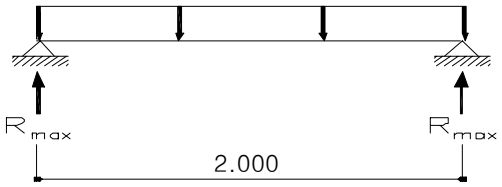
w (N/m)	922.2
A (mm^2)	11980.0
I_x (mm^4)	204000000.0
Z_x (mm^3)	1360000.0
A_w (mm^2)	2700.0
R_x (mm)	131.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 108.849 kN/m ---> Strut-1 (CS18 : Peck)

P = 108.849 × 2.00 m / 1 ea = 217.699 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 217.699 / (13 × 2.000)
= 100.476 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 100.476 × 2.000^2 / 8
= 50.238 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 100.476 × 2.000 / 2
= 100.476 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 50.238 x 1000000 / 1360000.0 = 36.940 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 100.476 x 1000 / 2700 = 37.213 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (36.940 + 36.940) / 36.940

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.667 − 4.6))

= 151.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 151.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 151.711 MPa > f_b = 36.940 MPa ---> O.K

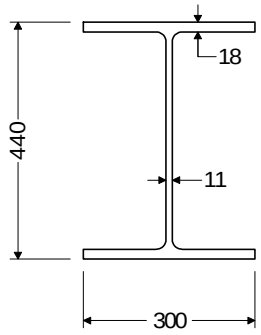
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 37.213 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

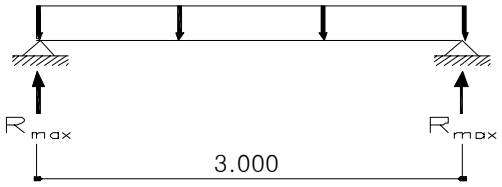
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 174.787 kN/m ---> Strut-2 (CS18 : Peck)

P = 174.787 × 3.00 m / 1 ea = 524.362 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 524.362 / (13 × 3.000)
= 161.342 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 161.342 × 3.000 ^{2} / 8
= 181.510 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 161.342 × 3.000 / 2
= 242.013 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 181.510 x 1000000 / 2550000.0 = 71.180 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 242.013 x 1000 / 4444 = 54.458 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (71.180 + 71.180) / 71.180

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 71.180 MPa ---> O.K

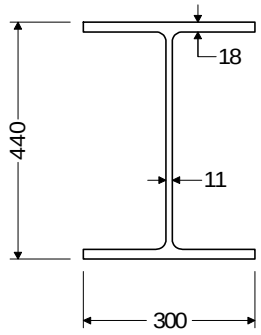
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 54.458 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

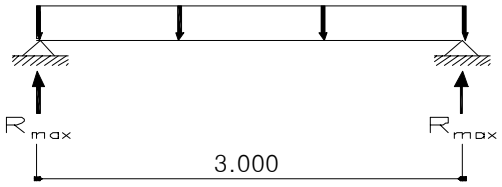
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 270.608 kN/m ---> Strut-3 (CS18 : Peck)

P = 270.608 × 3.00 m / 1 ea = 811.825 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 811.825 / (13 × 3.000)
= 249.792 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 249.792 × 3.000 ^{2} / 8
= 281.016 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 249.792 × 3.000 / 2
= 374.688 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 281.016 x 1000000 / 2550000.0 = 110.202 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 374.688 x 1000 / 4444 = 84.313 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (110.202 + 110.202) / 110.202

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 110.202 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 84.313 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 374688.390 / 6464.000 = 57.965 MPa

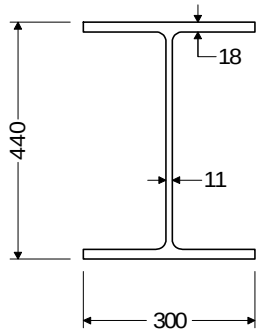
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 57.965 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

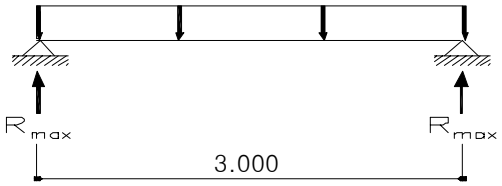
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 274.508 kN/m ---> Strut-4 (CS18 : Peck)

P = 274.508 × 3.00 m / 1 ea = 823.525 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 823.525 / (13 × 3.000)
= 253.392 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 253.392 × 3.000^2 / 8
= 285.066 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 253.392 × 3.000 / 2
= 380.089 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 285.066 x 1000000 / 2550000.0 = 111.791 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 380.089 x 1000 / 4444 = 85.528 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (111.791 + 111.791) / 111.791

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 111.791 MPa ---> O.K

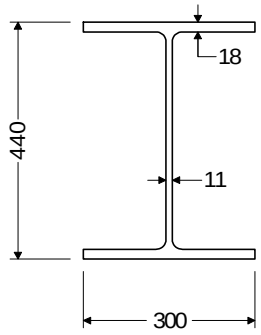
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 85.528 MPa ---> O.K

8.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

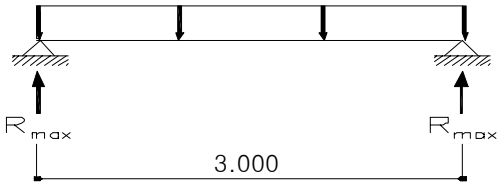
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 281.371 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 14.47 m)

P = 281.371 × 3.00 m / 1 ea = 844.113 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 844.113 / (13 × 3.000)
= 259.727 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 259.727 × 3.000^2 / 8
= 292.193 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 259.727 × 3.000 / 2
= 389.591 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 292.193 x 1000000 / 2550000.0 = 114.585 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 389.591 x 1000 / 4444 = 87.667 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (114.585 + 114.585) / 114.585

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 114.585 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 87.667 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 389590.640 / 6464.000 = 60.271 MPa

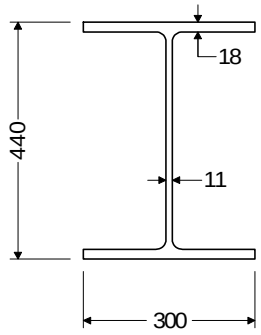
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 60.271 MPa ---> O.K

8.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

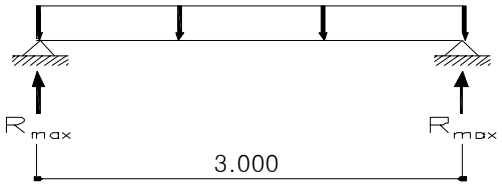
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 209.118 kN/m ---> Strut-6 (CS18 : Peck)

P = 209.118 × 3.00 m / 1 ea = 627.355 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 627.355 / (13 × 3.000)
= 193.032 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 193.032 × 3.000^2 / 8
= 217.161 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 193.032 × 3.000 / 2
= 289.549 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 217.161 x 1000000 / 2550000.0 = 85.161 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 289.549 x 1000 / 4444 = 65.155 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (85.161 + 85.161) / 85.161

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 85.161 MPa ---> O.K

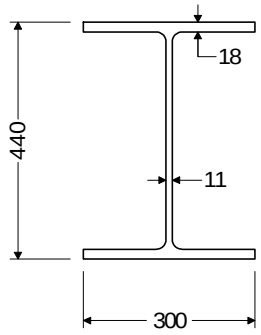
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 65.155 MPa ---> O.K

8.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

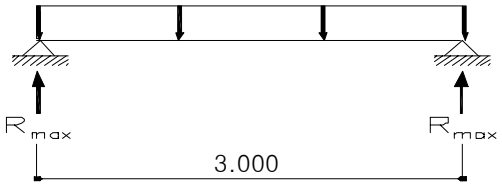
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 226.485 kN/m ---> Strut-7 (CS18 : Peck)

P = 226.485 × 3.00 m / 1 ea = 679.455 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 679.455 / (13 × 3.000)
= 209.063 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 209.063 × 3.000 ^{2} / 8
= 235.196 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 209.063 × 3.000 / 2
= 313.595 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 235.196 x 1000000 / 2550000.0 = 92.234 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 313.595 x 1000 / 4444 = 70.566 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (92.234 + 92.234) / 92.234

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 92.234 MPa ---> O.K

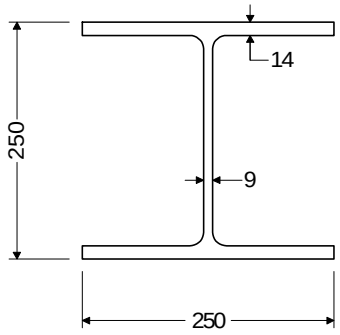
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 70.566 MPa ---> O.K

8.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

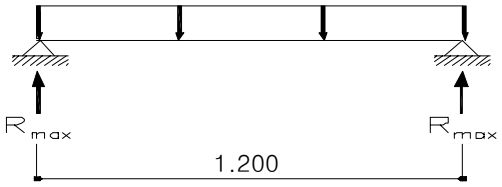
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



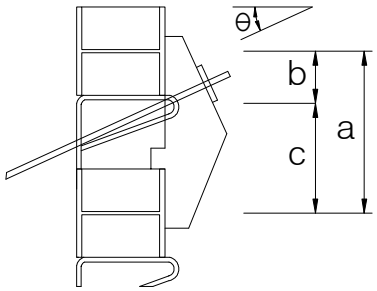
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 234.189 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 234.189 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 144.920$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 144.920 / (13 \times 1.200)$
$= 111.477$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 111.477 \times 1.200^2 / 8$
$= 20.066$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 111.477 \times 1.200 / 2$
$= 66.886$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 20.066 \times 1000000 / 867000.0 = 23.144$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 66.886 \times 1000 / 1998 = 33.476$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 14.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (23.144 + 23.144) / 23.144$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1200 / 250$

$= 4.800$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (4.800 - 4.6))$

$= 156.940$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 156.940$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 156.940$ MPa > $f_b = 23.144$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 33.476$ MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

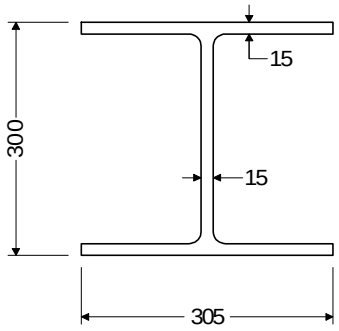
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 357.210 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 1.300 kN

다. 측면말뚝 자중 = 24.600 kN

라. 버팀보 자중 = 43.800 kN

마. 띠장 자중 = 10.700 kN

바. 지보재 수직분력 = 70.796 × 1.200 = 84.955 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 572.565 kN

최대모멘트, M_{max} = 125.834 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS28 : 해체10)

최대전단력, S_{max} = 168.897 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 14.47 m)

▶ Pmax = 572.565 kN

▶ Mmax = 125.834 × 1.200 = 151.000 kN·m

▶ Smax = 168.897 × 1.200 = 202.677 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 151.000 x 1000000 / 1440000.0 = 104.861 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 572.565 x 1000 / 13480 = 42.475 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 202.677 x 1000 / 4050 = 50.044 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 2.502

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (147.337 - -62.386) / 147.337$

= 1.423

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3630 / 126

28.810 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (28.810 − 16))

= 195.160 MPa

f_{ca} = $f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 195.160 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3630 / 305

= 11.902 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (11.902 − 4))

= 178.993 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 178.993 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (28.810)^2

= 1626.528 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 195.160 MPa > f_c = 42.475 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 178.993 MPa > f_b = 104.861 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 50.044 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{42.475}{195.160} + \dfrac{104.861}{178.993 \times (1 - (42.475 / 1626.528))}$

= 0.819 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 42.475 + \frac{104.861}{1 - (42.475 / 1626.528)}$$

$$= 150.148 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.819 , 0.702)
= 0.819 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 17.5 mm ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 11.87 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 20.560 x 1000 x 0.002 = 41.120 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 572.56 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

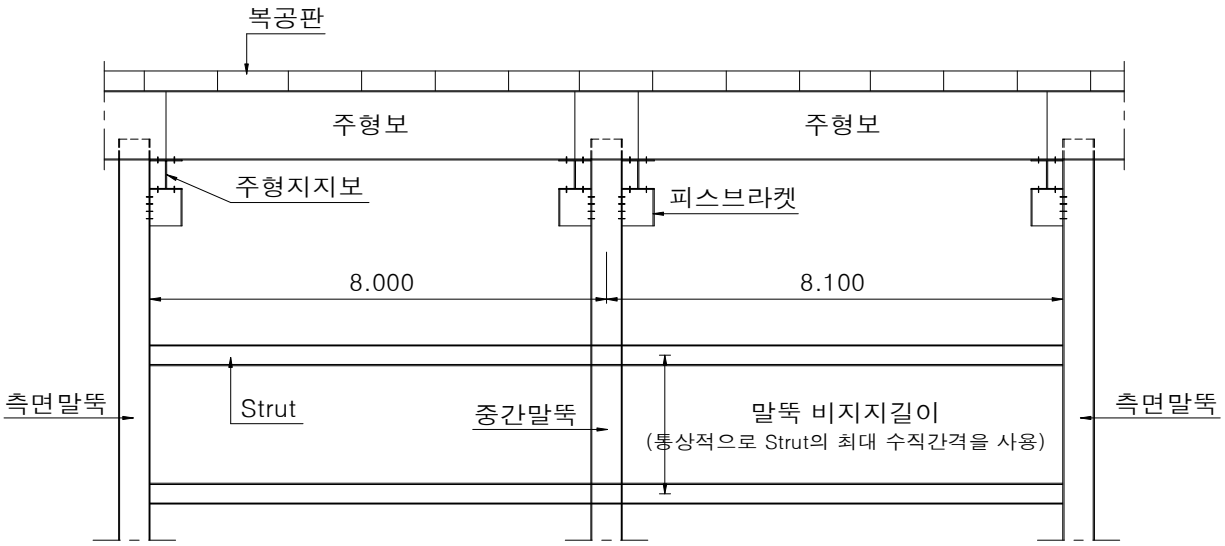
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 8.100 = 16.100 m

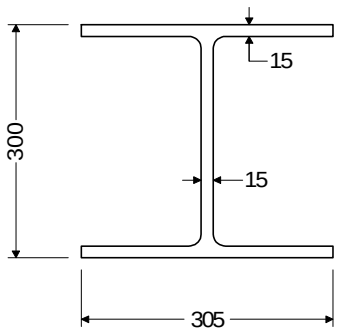
나. PILE 설치간격 : 2.50 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 24.600 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 43.800 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.000 kN

ΣP_s = 84.940 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 8.100) / 2 = 22.478 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

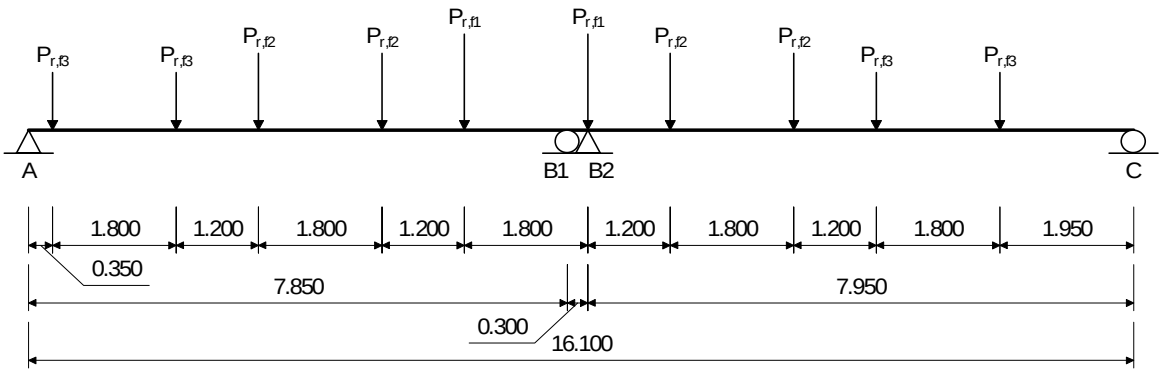
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150 + 70.200 x 0.350) / 7.850

= 224.660 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750 + 70.200 x 1.950) / 7.950

= 312.883 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 224.660 x 1.00 = 224.660 kN

P_{r2} = 312.883 x 1.00 = 312.883 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150 + 17.550 x 0.350) / 7.850

= 56.165 kN

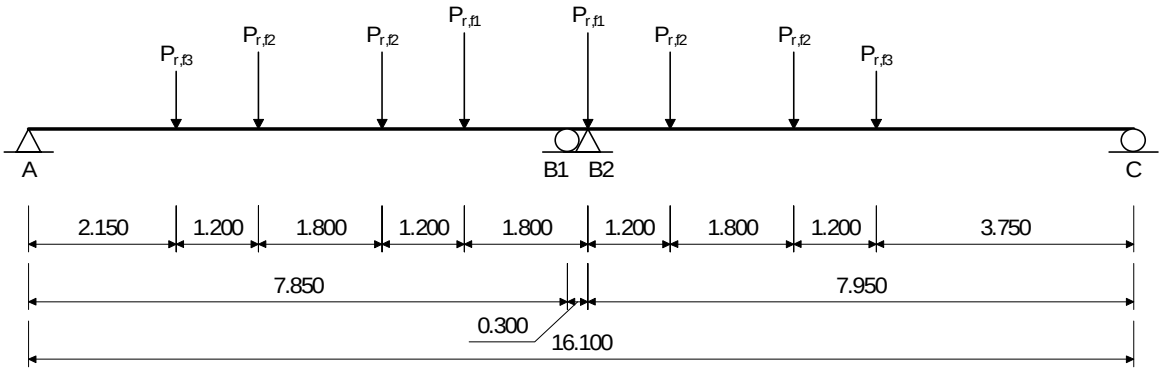
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750 + 17.550 x 1.950) / 7.950

= 78.221 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 56.165 x 1.00 = 56.165 kN

P_{f2} = 78.221 x 1.00 = 78.221 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150) / 7.850

= 221.530 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750) / 7.950

= 295.664 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 221.530 x 1.00 = 221.530 kN

P_{r2} = 295.664 x 1.00 = 295.664 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150) / 7.850

= 55.382 kN

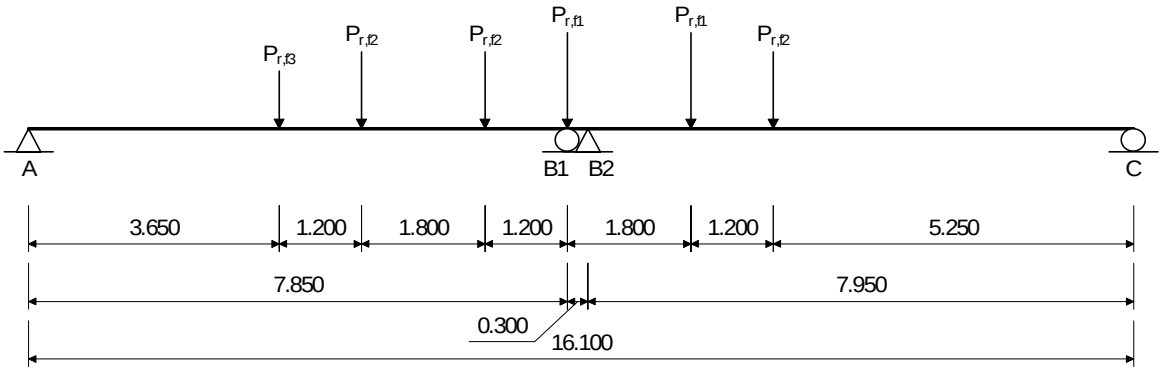
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750) / 7.950

= 73.916 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 55.382 x 1.00 = 55.382 kN

P_{f2} = 73.916 x 1.00 = 73.916 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650) / 7.850

= 294.562 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.450 + 93.600 x 5.250) / 7.950

= 163.064 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 294.562 x 1.00 = 294.562 kN

P_{r2} = 163.064 x 1.00 = 163.064 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650) / 7.850

= 73.640 kN

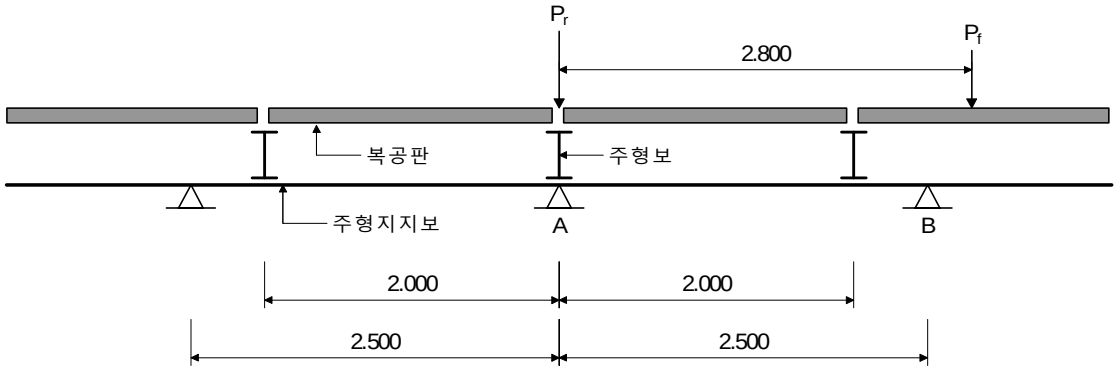
R_{B2} = (31.200 x 6.450 + 23.400 x 5.250) / 7.950

= 40.766 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 73.640 x 1.00 = 73.640 kN

P_{f2} = 40.766 x 1.00 = 40.766 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (294.562 x 2.500) / 2.500

= 294.562 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 2.50 / 2.00

= 294.562 + 22.200 x 2.50 / 2.00 = 322.312 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (312.883 x 2.500) / 2.500

= 312.883 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 2.50 / 2.00

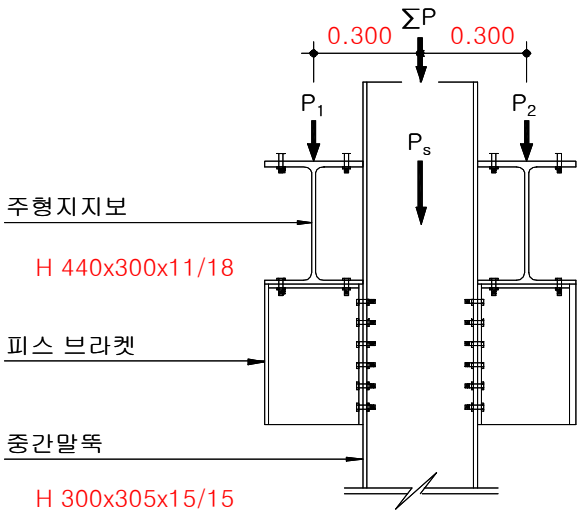
= 312.883 + 22.478 x 2.50 / 2.00 = 340.980 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 322.312 + 340.980 + 84.940 = 748.232 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 249.411 x 1000 / 13480 = 18.502 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 102.294 x 1000000 / 1440000 = 71.037 MPa

여기서, M_{max} = P_2 x e = 340.980 x 0.300 = 102.294 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.843

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.540 − −52.535) / 89.540

= 1.587

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 4600 / 126

36.508 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (36.508 − 16))

= 183.988 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 183.988 MPa

L_y / R_y = 4600 / 72.6

63.361 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 - 1.29 x (63.361 - 16))

= 145.018 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 145.018 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 145.018 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4600 / 305

= 15.082 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 3.91 x (15.082 - 4))

= 165.003 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 165.003 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (36.508)^2

= 1012.883 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 145.018 MPa > f_c = 18.502 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 165.003 MPa > f_b = 71.037 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{18.502}{145.018} + \frac{71.037}{165.003 \times (1 - (18.502 / 1012.883))}$

= 0.566 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 18.502 + \frac{71.037}{1 - (18.502 / 1012.883)}$

= 90.862 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.566 , 0.425)

= 0.566 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 249.41 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

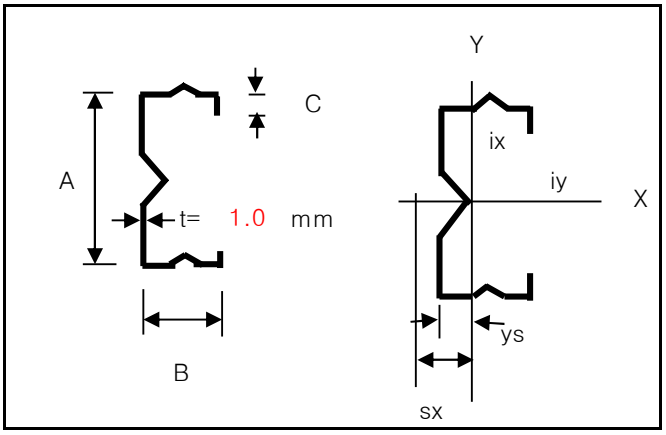
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

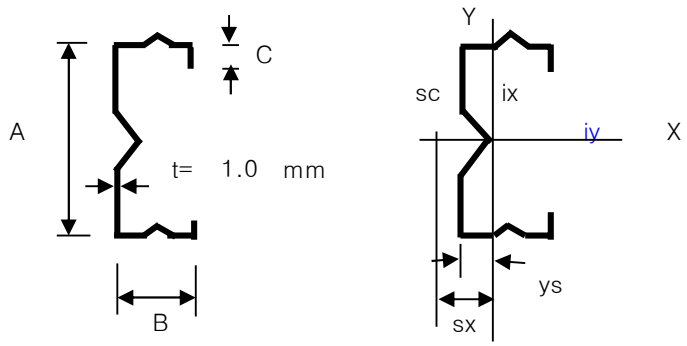
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 20.56m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	351.4
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

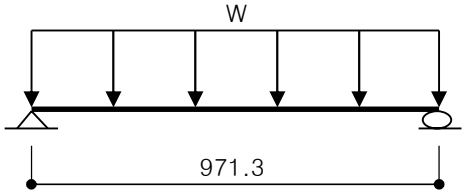
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1420 MPa ---> (CS18 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 142.0 kN/m^2 x 0.2000 m = 28.4 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 28.4 x 0.97 ^{2}/ 8 = 3.3 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 28.4 x 0.97 / 2 = 13.8 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3348933 / 22,580 = 148.31 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3348933 / 23,230 = 144.16 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 13792 / 196 = 70.37 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 351.446 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 351.446 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 148.31 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 144.16 MPa < f_{ba} = 351.45 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 70.37 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 20.56 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.20	18.00	19.00	0.00	26.00	6	-	12000.00
2	토사(점토)	10.90	17.00	18.00	20.00	15.00	5	-	14000.00
3	풍화토	14.00	20.00	21.00	21.00	29.00	40	-	31000.00
4	풍화암	30.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	23.06	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8.05	0	1
2	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.55	3	8.05	50	1
3	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.35	3	8.05	100	1
4	Strut-4	P 406.4x12	SS400	8.97	3	8.05	50	1
5	Strut-5	P 406.4x12	SS400	11.37	3	8.05	100	1
6	Strut-6	P 406.4x12	SS400	13.97	3	8.05	100	1
7	Strut-7	P 406.4x12	SS400	15.97	3	8.05	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-8	Strand12.7x4EA	SWPC7B	18.32	1.2	30	5.5	100

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 6.5 m, 수위차 = 20.56 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.05	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	5.85	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	9.47	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	11.87	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	14.47	-	-	-	-	-	-	O	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	16.47	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	18.82	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	20.56	-	-	-	-	-	-	X	X
18	20.56	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
19	18.82	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-		Strut-8	-	-	-	-	X	X
21	16.47	-	-	-	-	-	-	X	X
22	-		Strut-7	-	-	-	-	X	X
23	14.47	-	-	-	-	-	-	X	X
24	-		Strut-6	-	-	-	-	X	X
25	11.87	-	-	-	-	-	-	X	X
26	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
27	9.47	-	-	-	-	-	-	X	X
28	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
29	5.85	-	-	-	-	-	-	X	X
30	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
31	3.05	-	-	-	-	-	-	X	X
32	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
33	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
34	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
35	0.10	-	-	-	-	-	-	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.39	1.4	-4.04	4.9	2.03	9.0	-13.00	2.6
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.38	1.4	-4.04	4.9	2.04	9.0	-13.00	2.6
CS3 : 굴착 3.05 m	3.05	10.90	3.5	-19.39	0.6	12.34	1.8	-6.88	4.9
CS4 : 생성 Strut-2	3.05	14.64	2.6	-12.44	0.6	4.54	1.4	-7.17	4.0
CS5 : 굴착 5.85 m	5.85	34.94	2.6	-47.62	2.6	31.21	5.4	-45.84	2.6
CS6 : 생성 Strut-3	5.85	25.37	2.6	-31.13	2.6	10.56	4.4	-26.69	2.6
CS7 : 굴착 9.47 m	9.47	78.43	9.9	-151.92	5.4	125.47	8.5	-120.35	5.4
CS8 : 생성 Strut-4	9.47	68.89	9.9	-145.14	5.4	113.60	8.5	-110.81	5.4
CS9 : 굴착 11.87 m	11.87	90.92	12.3	-159.49	9.0	113.16	10.4	-92.77	5.4
CS10 : 생성 Strut-5	11.87	75.49	12.3	-141.92	9.0	103.11	10.4	-95.78	5.4
CS11 : 굴착 14.47 m	14.47	112.47	11.4	-168.90	11.4	94.30	13.1	-94.67	5.4
CS12 : 생성 Strut-6	14.47	105.65	11.4	-153.22	11.4	82.01	13.1	-94.69	5.4
CS13 : 굴착 16.47 m	16.47	105.43	11.4	-132.55	11.4	54.94	8.0	-94.93	5.4
CS14 : 생성 Strut-7	16.47	105.59	11.4	-135.19	11.4	54.88	8.0	-94.90	5.4
CS15 : 굴착 18.82 m	18.82	104.60	11.4	-132.64	11.4	54.78	8.0	-94.91	5.4
CS16 : 생성 Strut-8	18.82	105.04	11.4	-133.26	11.4	54.84	8.0	-94.91	5.4
CS17 : 굴착 20.56 m	20.56	104.57	11.4	-133.21	11.4	54.76	8.0	-94.90	5.4
CS18 : Peck	20.56	129.00	9.0	-168.24	11.4	70.78	19.2	-80.87	16.0
CS19 : 해체1	18.82	105.04	11.4	-133.25	11.4	54.84	8.0	-94.91	5.4
CS20 : 해체2	18.82	104.60	11.4	-132.64	11.4	54.78	8.0	-94.91	5.4
CS21 : 해체3	16.47	105.60	11.4	-135.20	11.4	54.88	8.0	-94.90	5.4
CS22 : 해체4	16.47	105.45	11.4	-132.73	11.4	54.94	8.0	-94.93	5.4
CS23 : 해체5	14.47	105.70	11.4	-153.64	11.4	82.64	13.1	-94.69	5.4
CS24 : 해체6	14.47	112.31	11.4	-168.81	11.4	94.51	13.1	-94.67	5.4
CS25 : 해체7	11.87	76.13	12.3	-143.23	9.0	104.72	10.4	-95.76	5.4
CS26 : 해체8	11.87	90.66	12.3	-159.77	9.0	114.20	10.4	-92.93	5.4
CS27 : 해체9	9.47	66.86	9.9	-144.55	5.4	112.09	8.5	-110.46	5.4
CS28 : 해체10	9.47	77.90	9.9	-152.39	5.4	125.83	8.5	-121.50	5.4
CS29 : 해체11	5.85	25.26	2.6	-30.61	2.6	9.80	4.4	-26.48	2.6
CS30 : 해체12	5.85	35.18	2.6	-47.59	2.6	30.65	5.4	-46.31	2.6
CS31 : 해체13	3.05	14.64	2.6	-12.44	0.6	4.54	1.4	-7.56	4.0
CS32 : 해체14	3.05	10.96	3.5	-19.32	0.6	12.25	1.8	-7.55	4.9
CS33 : 해체15	1.05	9.52	1.4	-3.83	4.9	2.95	9.9	-13.28	3.1
CS34 : 해체16	1.05	9.39	1.4	-3.78	4.9	2.95	9.9	-13.11	3.1
CS35 : 해체17	0.10	5.43	14.5	-1.18	12.3	3.09	13.1	-2.89	16.0
TOTAL		129.00	9.0	-168.90	11.4	125.83	8.5	-121.50	5.4

13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.

* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

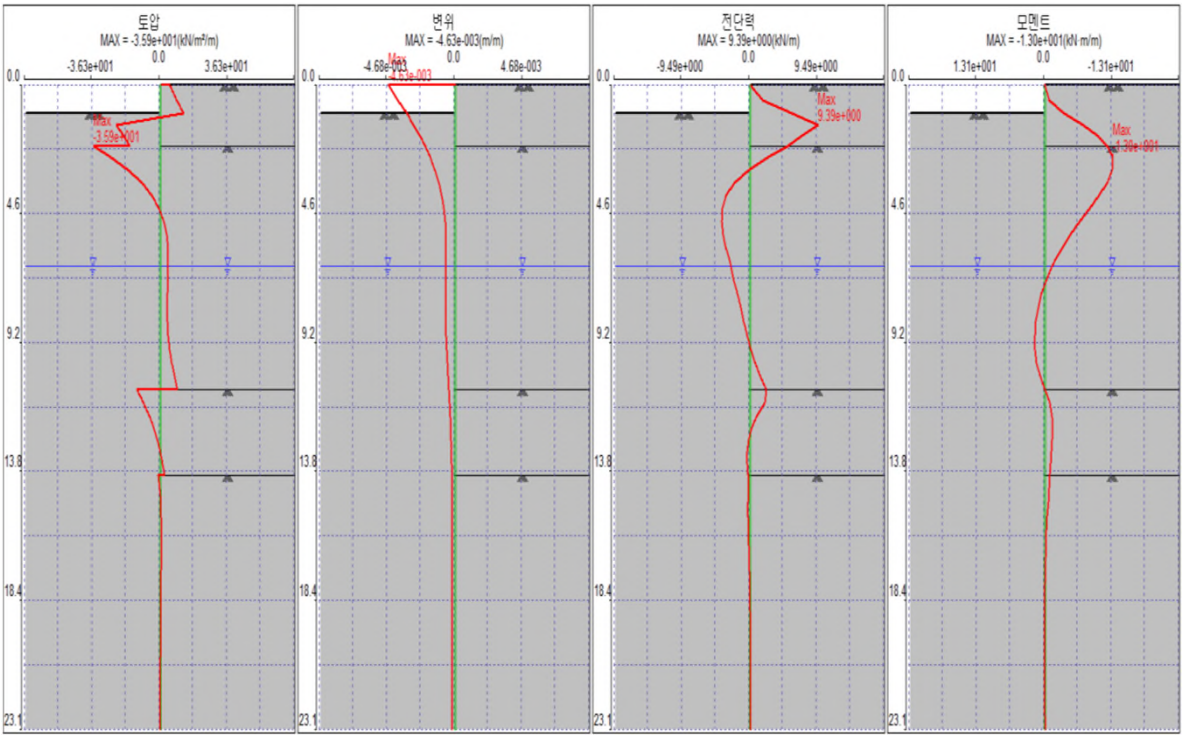
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-5
		0.55 (m)	2.55 (m)	5.35 (m)	8.97 (m)	11.37 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.05 m	3.05	21.11	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.05	14.15	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 5.85 m	5.85	-6.15	82.56	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	5.85	3.42	56.50	33.33	-	-
CS7 : 굴착 9.47 m	9.47	10.58	3.08	216.69	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	9.47	10.01	6.72	205.68	16.66	-
CS9 : 굴착 11.87 m	11.87	9.42	13.16	164.80	225.11	-
CS10 : 생성 Strut-5	11.87	9.53	12.07	171.15	202.38	33.32
CS11 : 굴착 14.47 m	14.47	9.43	12.52	171.13	151.93	281.37
CS12 : 생성 Strut-6	14.47	9.44	12.51	170.88	159.01	258.87
CS13 : 굴착 16.47 m	16.47	9.45	12.42	171.32	158.90	237.97
CS14 : 생성 Strut-7	16.47	9.45	12.43	171.27	158.77	240.78
CS15 : 굴착 18.82 m	18.82	9.45	12.43	171.24	159.79	237.23
CS16 : 생성 Strut-8	18.82	9.45	12.43	171.27	159.33	238.29
CS17 : 굴착 20.56 m	20.56	9.45	12.43	171.23	159.83	237.78
CS18 : Peck	20.56	108.85	174.79	270.61	274.51	256.52
CS19 : 해체1	18.82	9.45	12.43	171.27	159.33	238.29
CS20 : 해체2	18.82	9.45	12.43	171.24	159.79	237.24
CS21 : 해체3	16.47	9.45	12.43	171.27	158.76	240.80
CS22 : 해체4	16.47	9.45	12.42	171.32	158.88	238.18
CS23 : 해체5	14.47	9.44	12.51	170.87	158.96	259.34
CS24 : 해체6	14.47	9.43	12.52	171.11	152.11	281.13
CS25 : 해체7	11.87	9.53	12.08	171.04	203.79	31.36
CS26 : 해체8	11.87	9.43	13.10	165.09	225.15	-
CS27 : 해체9	9.47	9.99	6.84	204.94	19.28	-
CS28 : 해체10	9.47	10.66	2.64	217.69	-	-
CS29 : 해체11	5.85	3.52	55.88	34.17	-	-
CS30 : 해체12	5.85	-6.39	82.76	-	-	-
CS31 : 해체13	3.05	14.15	16.40	-	-	-
CS32 : 해체14	3.05	21.04	-	-	-	-
CS33 : 해체15	1.05	-0.13	-	-	-	-
CS34 : 해체16	1.05	-	-	-	-	-
CS35 : 해체17	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		108.85	174.79	270.61	274.51	281.37

시공단계	굴착 깊이	Strut-6	Strut-7	Strut-8		
		13.97 (m)	15.97 (m)	18.32 (m)		
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-		
CS3 : 굴착 3.05 m	3.05	-	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	3.05	-	-	-		
CS5 : 굴착 5.85 m	5.85	-	-	-		

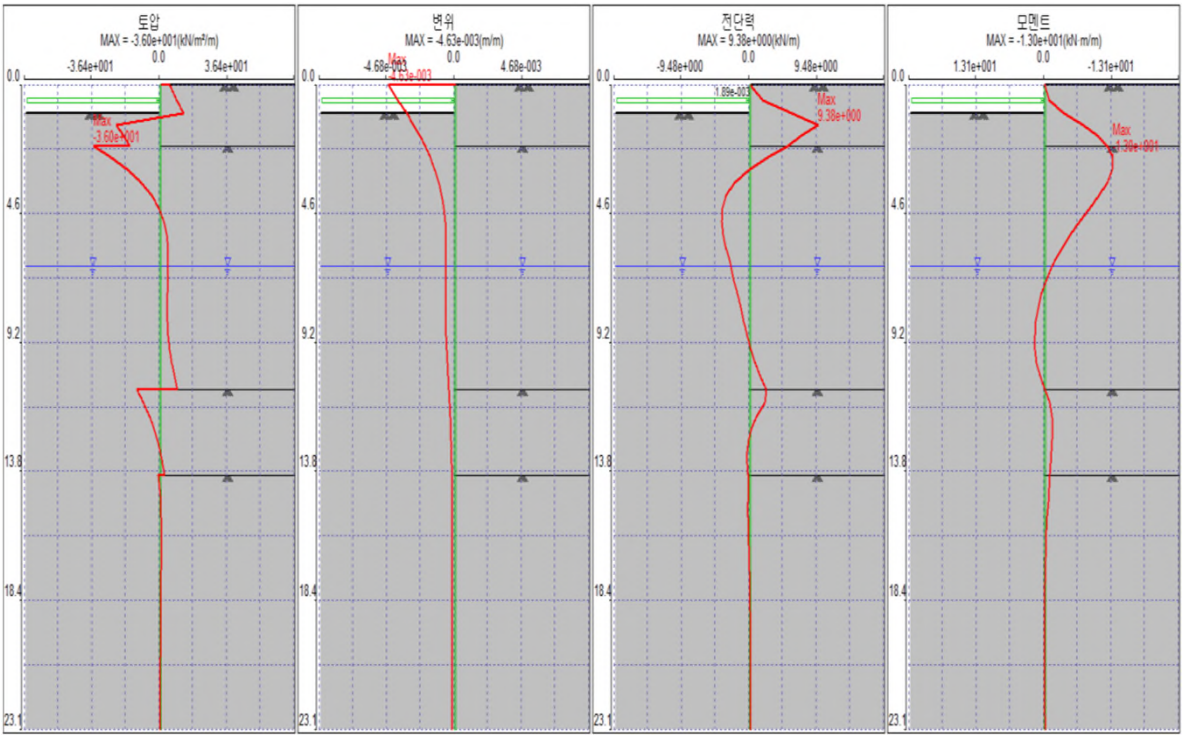
CS6 : 생성 Strut-3	5.85	-	-	-		
CS7 : 굴착 9.47 m	9.47	-	-	-		
CS8 : 생성 Strut-4	9.47	-	-	-		
CS9 : 굴착 11.87 m	11.87	-	-	-		
CS10 : 생성 Strut-5	11.87	-	-	-		
CS11 : 굴착 14.47 m	14.47	-	-	-		
CS12 : 생성 Strut-6	14.47	33.33	-	-		
CS13 : 굴착 16.47 m	16.47	165.39	-	-		
CS14 : 생성 Strut-7	16.47	154.03	16.67	-		
CS15 : 굴착 18.82 m	18.82	129.59	150.11	-		
CS16 : 생성 Strut-8	18.82	144.02	100.36	83.33		
CS17 : 굴착 20.56 m	20.56	124.62	141.69	124.56		
CS18 : Peck	20.56	209.12	226.49	141.59		
CS19 : 해체1	18.82	144.15	100.19	83.03		
CS20 : 해체2	18.82	129.80	149.74	-		
CS21 : 해체3	16.47	154.55	15.47	-		
CS22 : 해체4	16.47	165.12	-	-		
CS23 : 해체5	14.47	32.35	-	-		
CS24 : 해체6	14.47	-	-	-		
CS25 : 해체7	11.87	-	-	-		
CS26 : 해체8	11.87	-	-	-		
CS27 : 해체9	9.47	-	-	-		
CS28 : 해체10	9.47	-	-	-		
CS29 : 해체11	5.85	-	-	-		
CS30 : 해체12	5.85	-	-	-		
CS31 : 해체13	3.05	-	-	-		
CS32 : 해체14	3.05	-	-	-		
CS33 : 해체15	1.05	-	-	-		
CS34 : 해체16	1.05	-	-	-		
CS35 : 해체17	0.10	-	-	-		
TOTAL		209.12	226.49	141.59		

13.2 시공단계별 단면력도

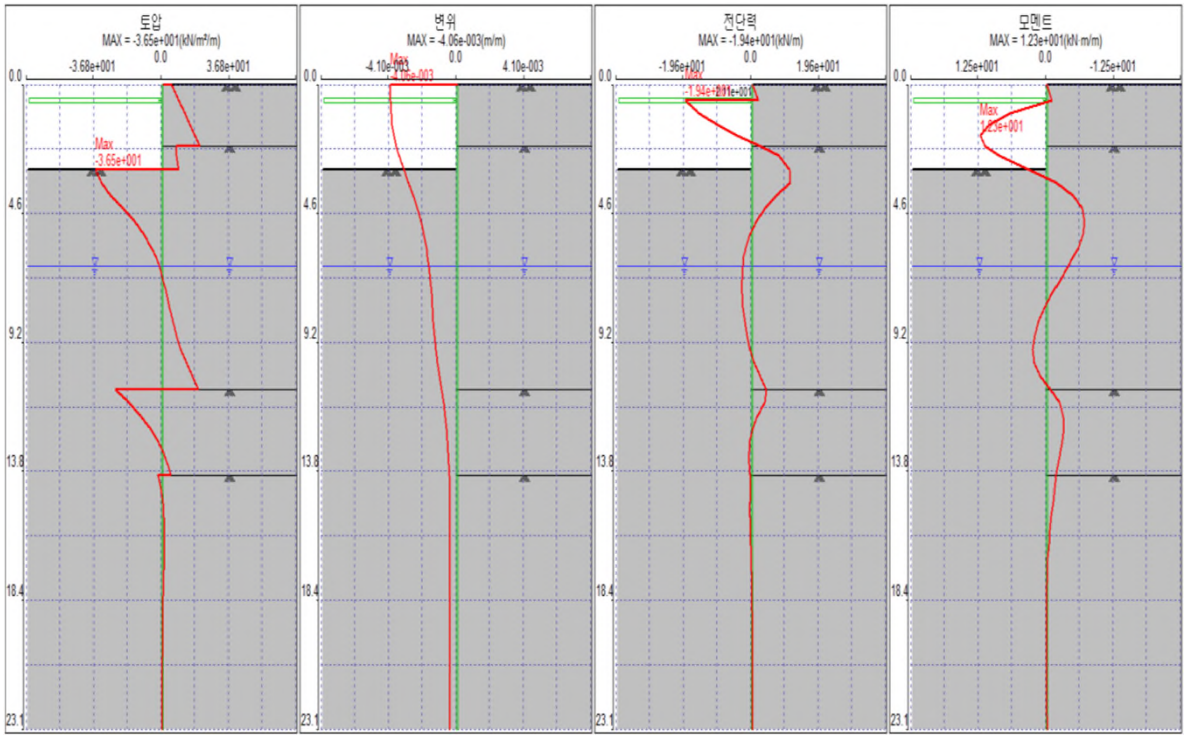
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



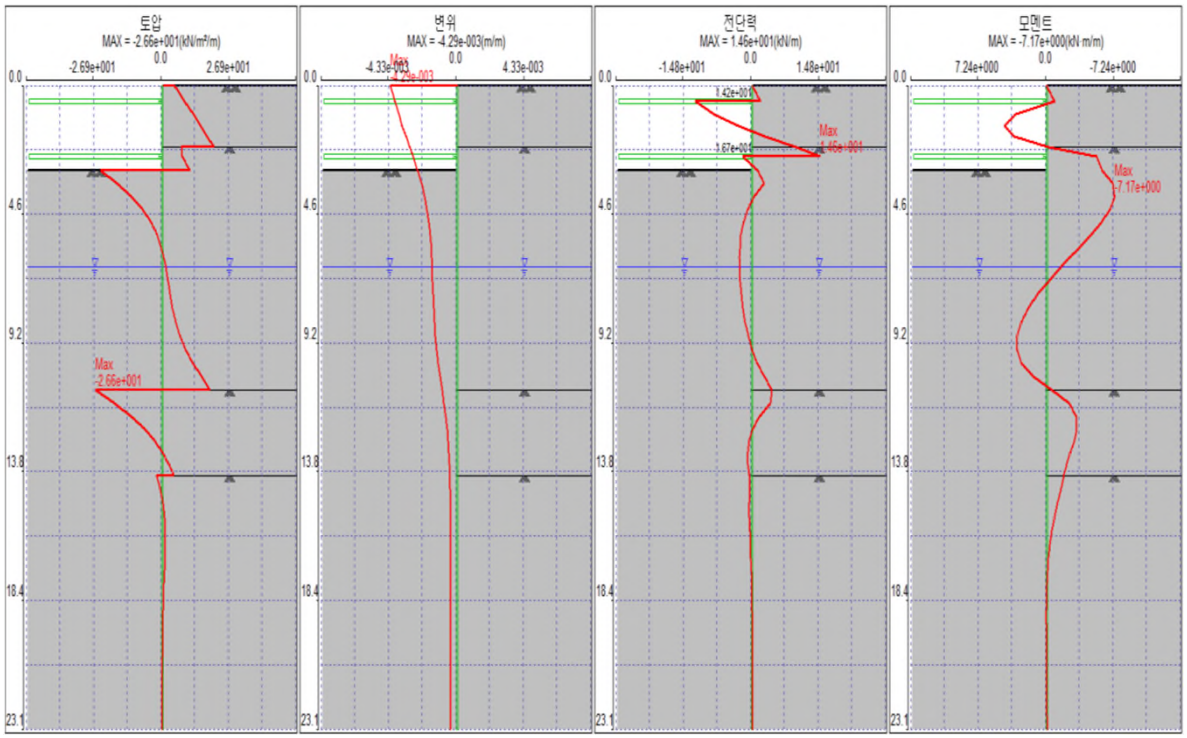
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



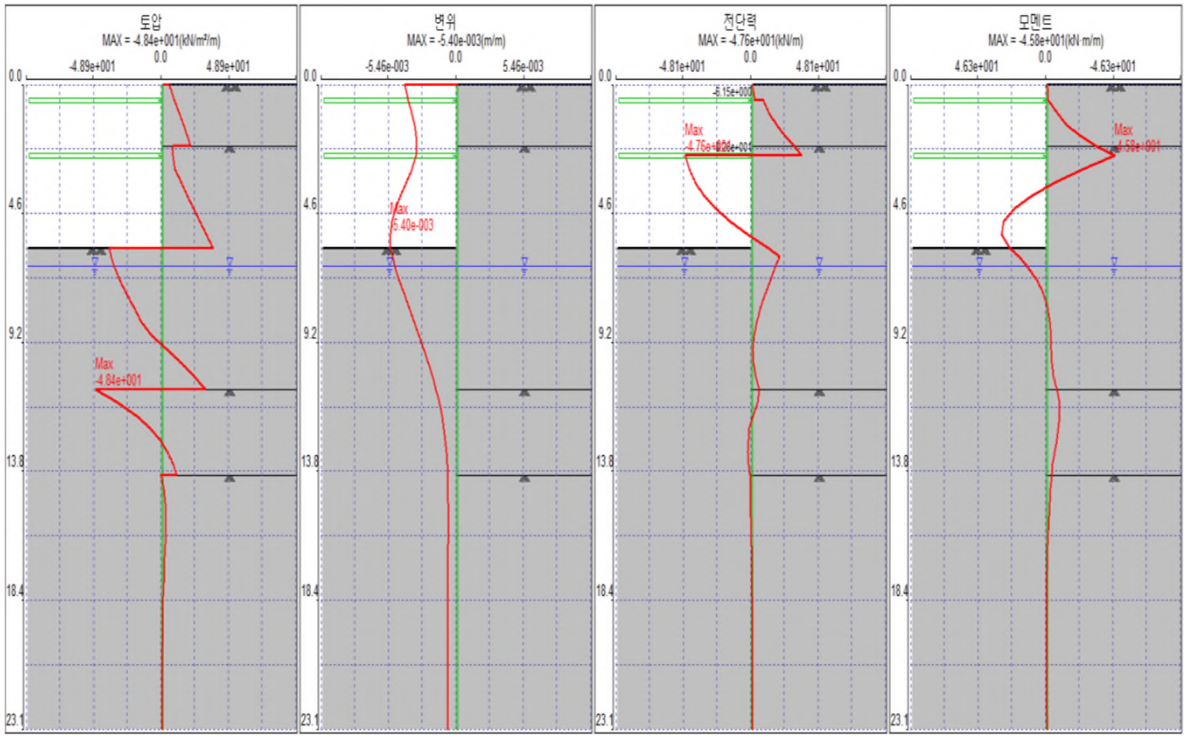
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.05 m]



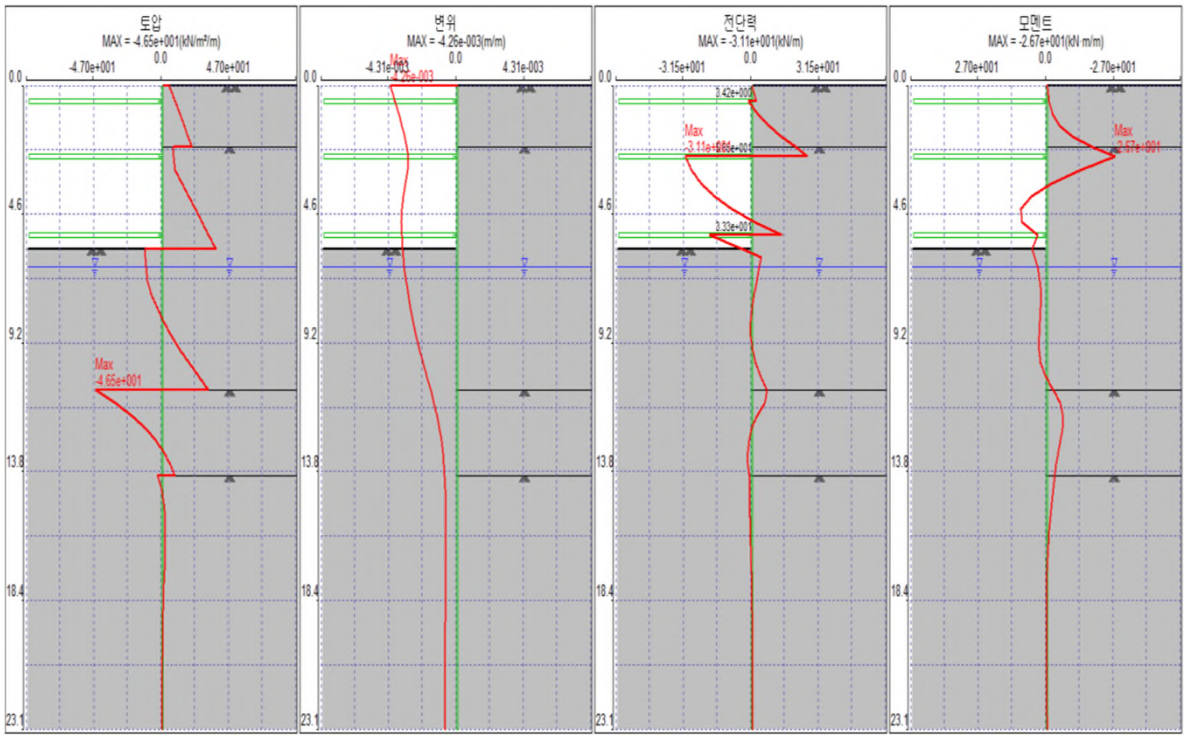
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



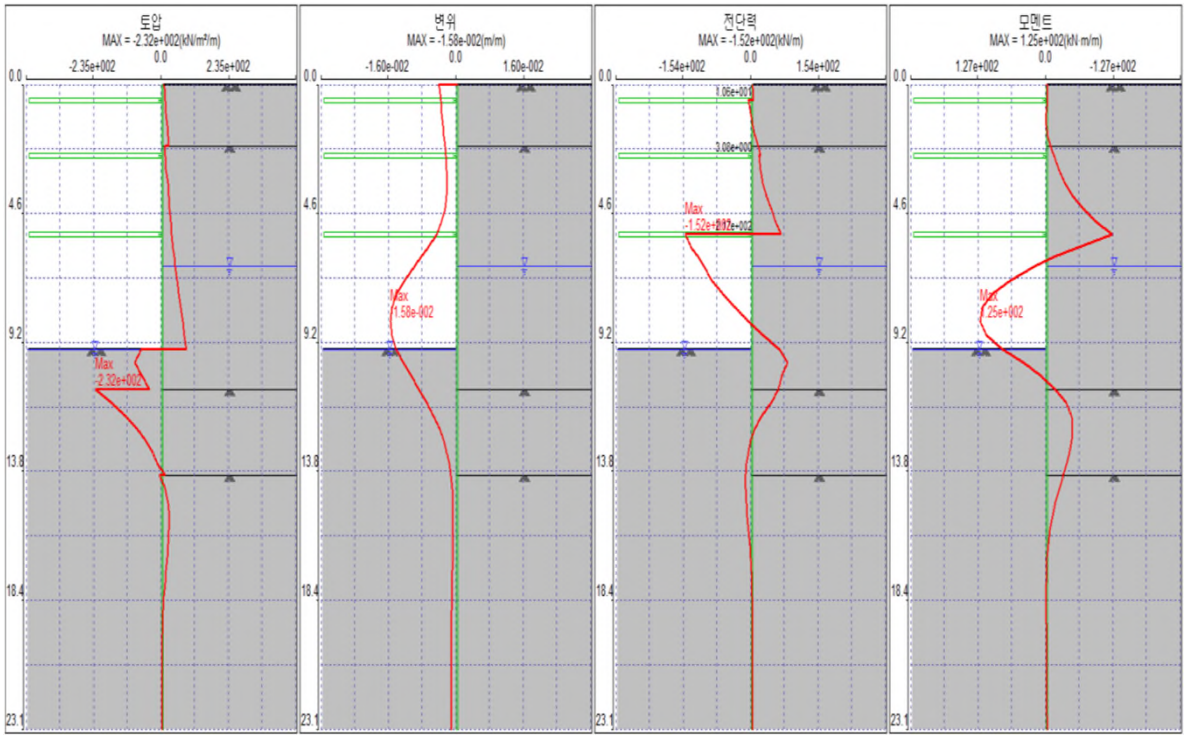
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.85 m]



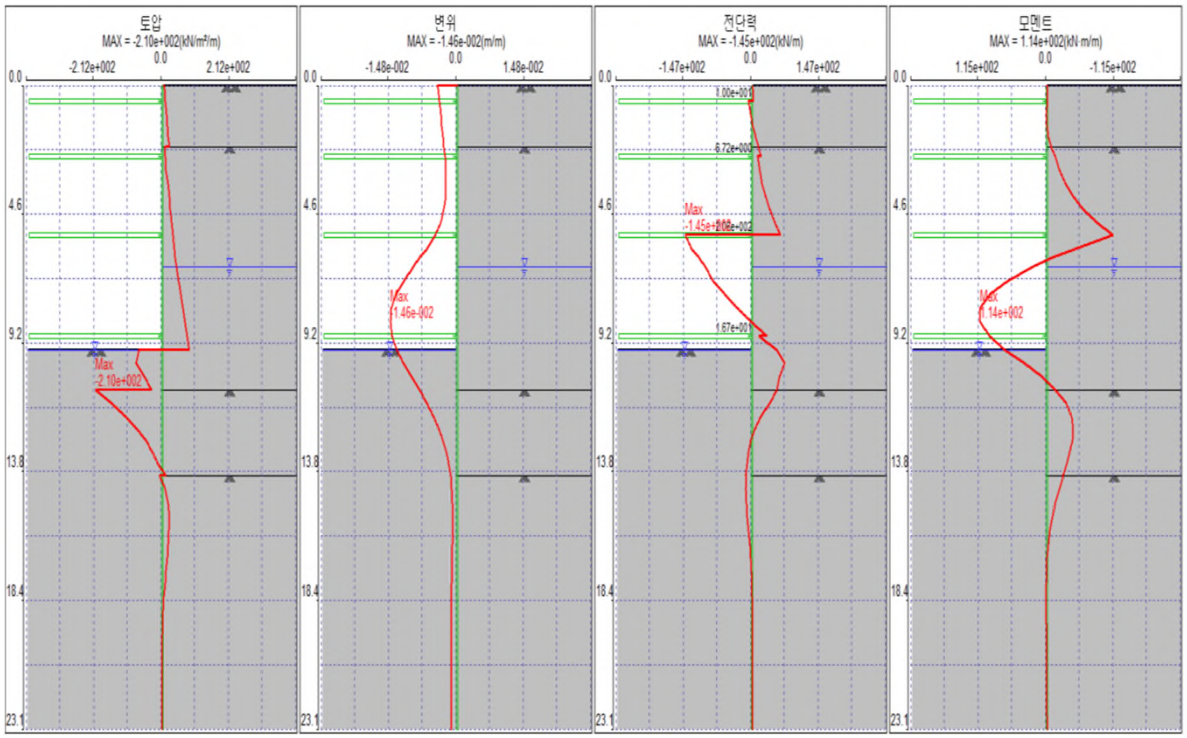
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



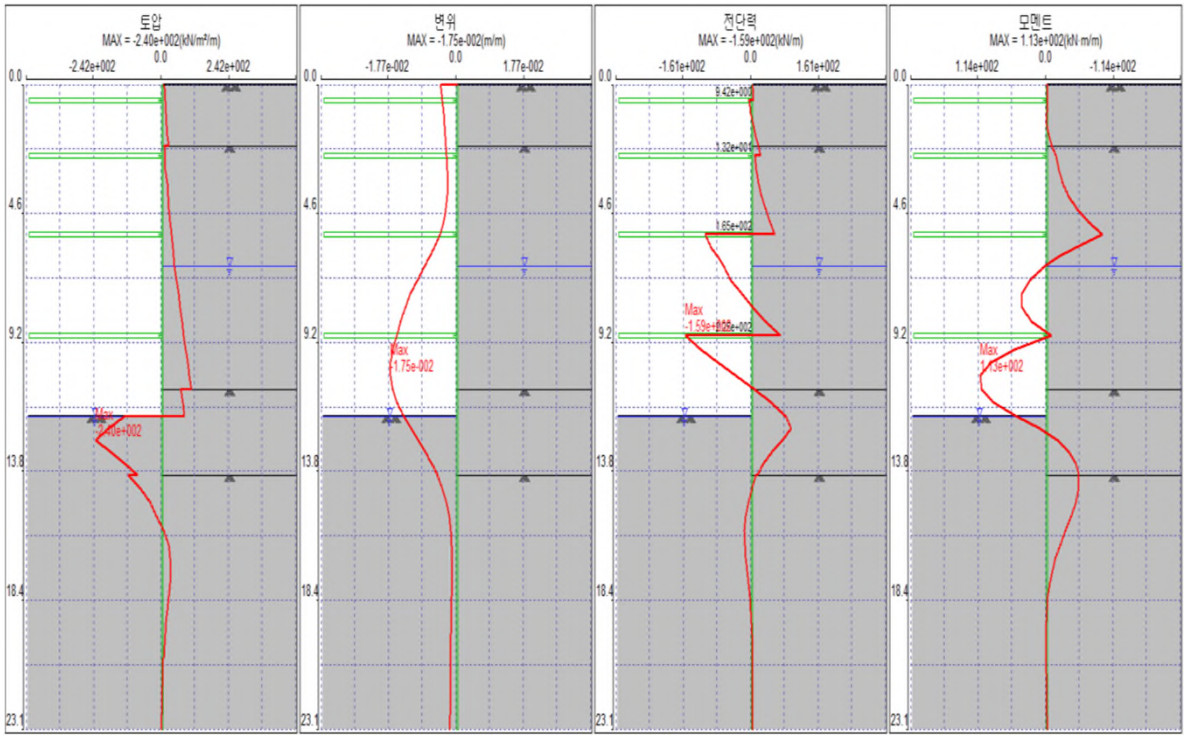
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 9.47 m]



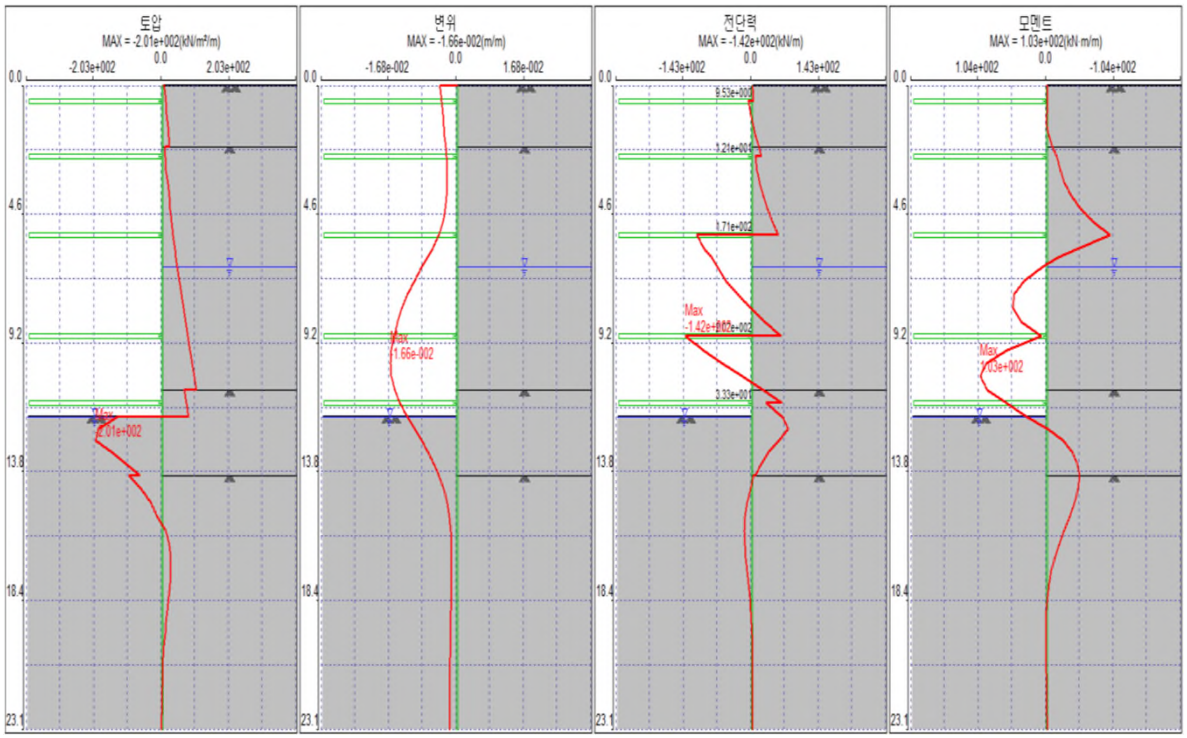
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



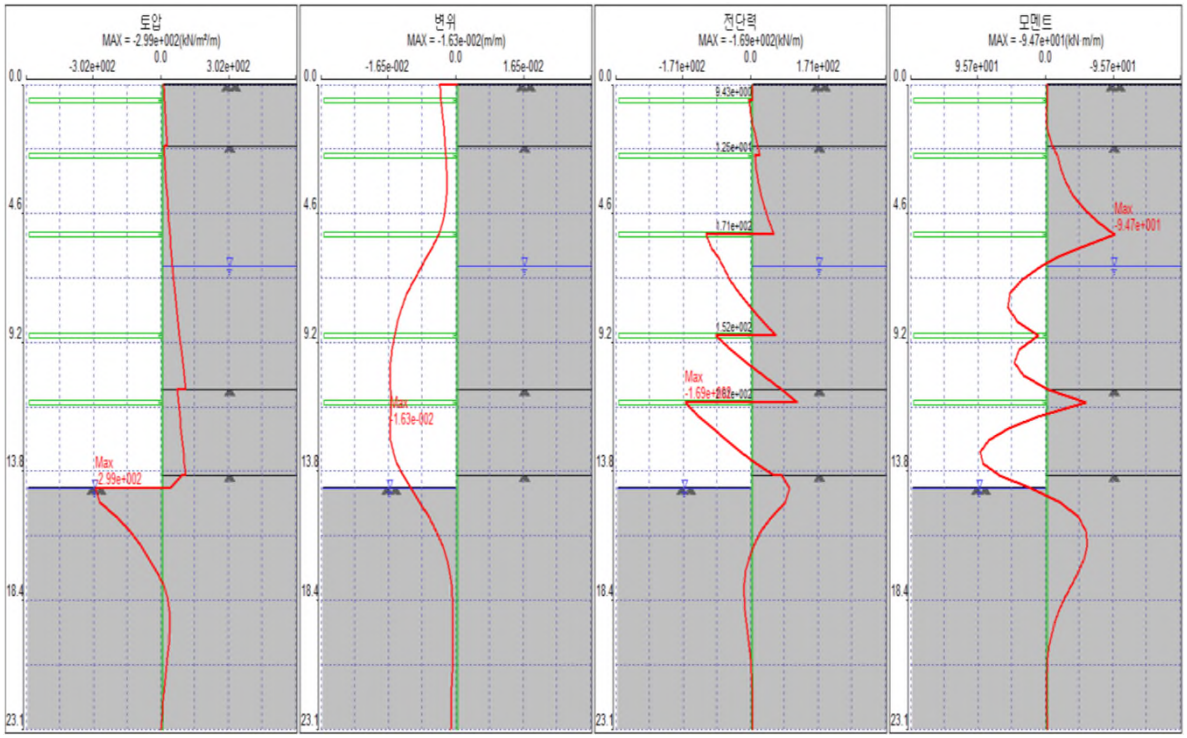
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 11.87 m]



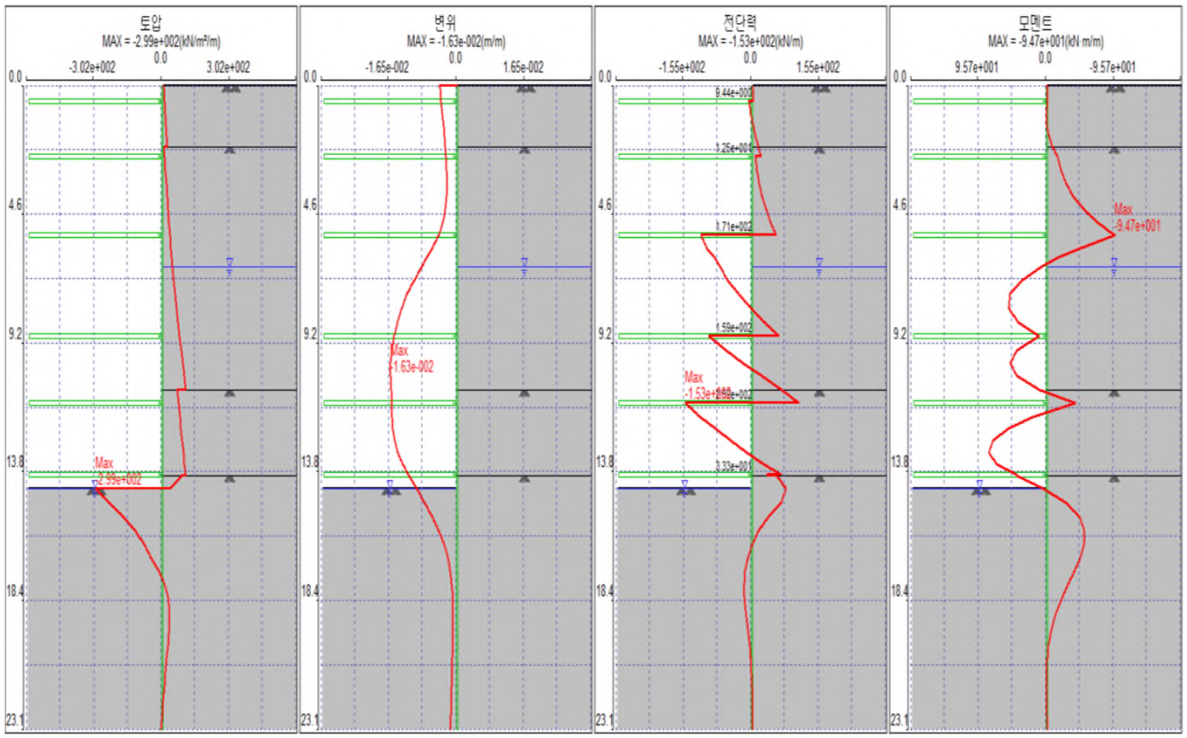
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



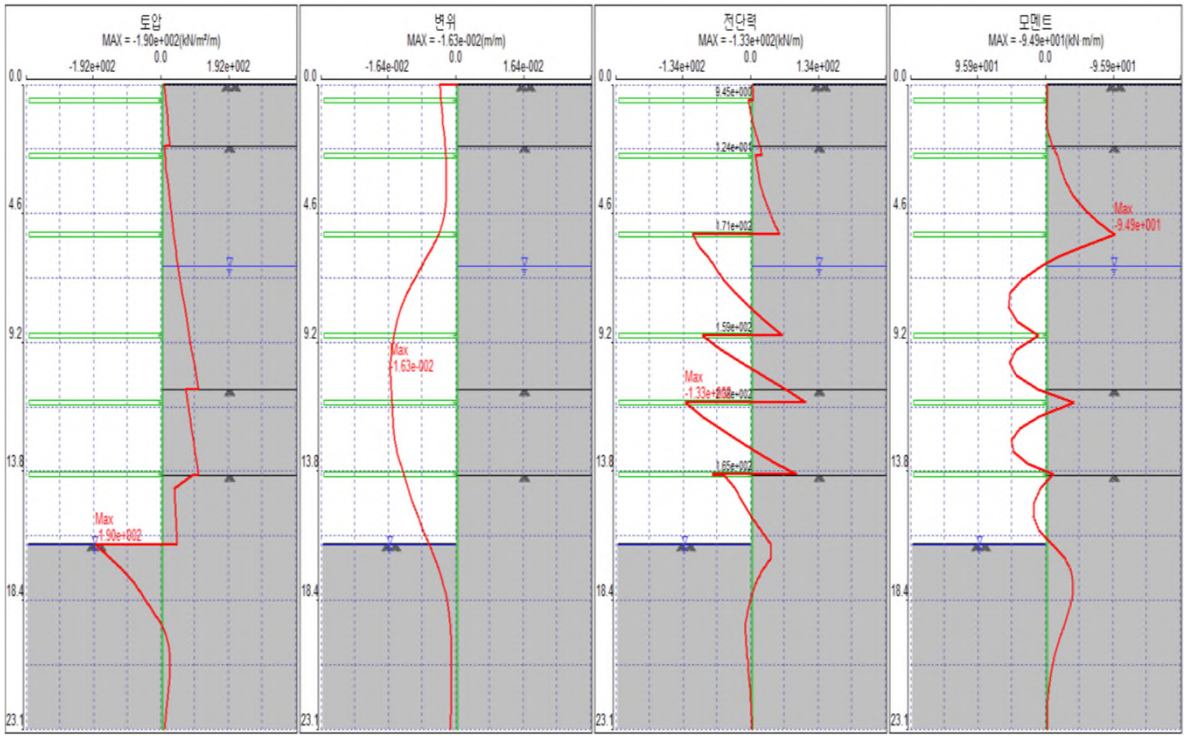
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 14.47 m]



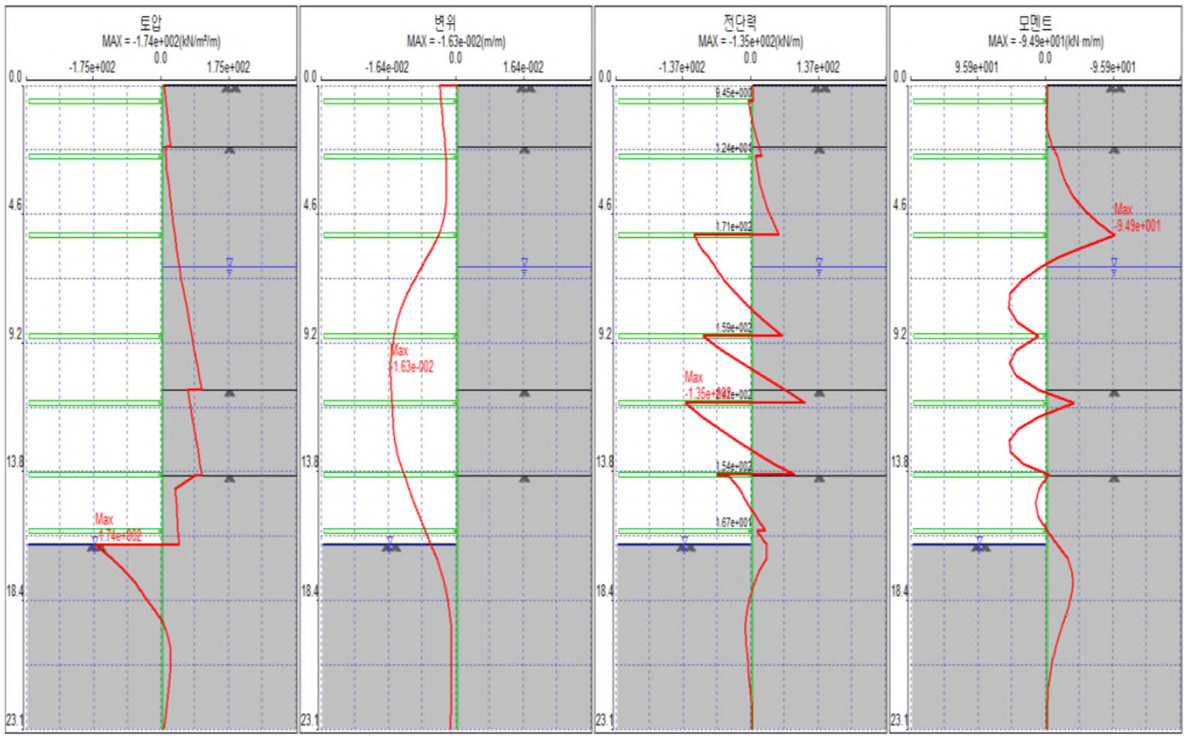
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



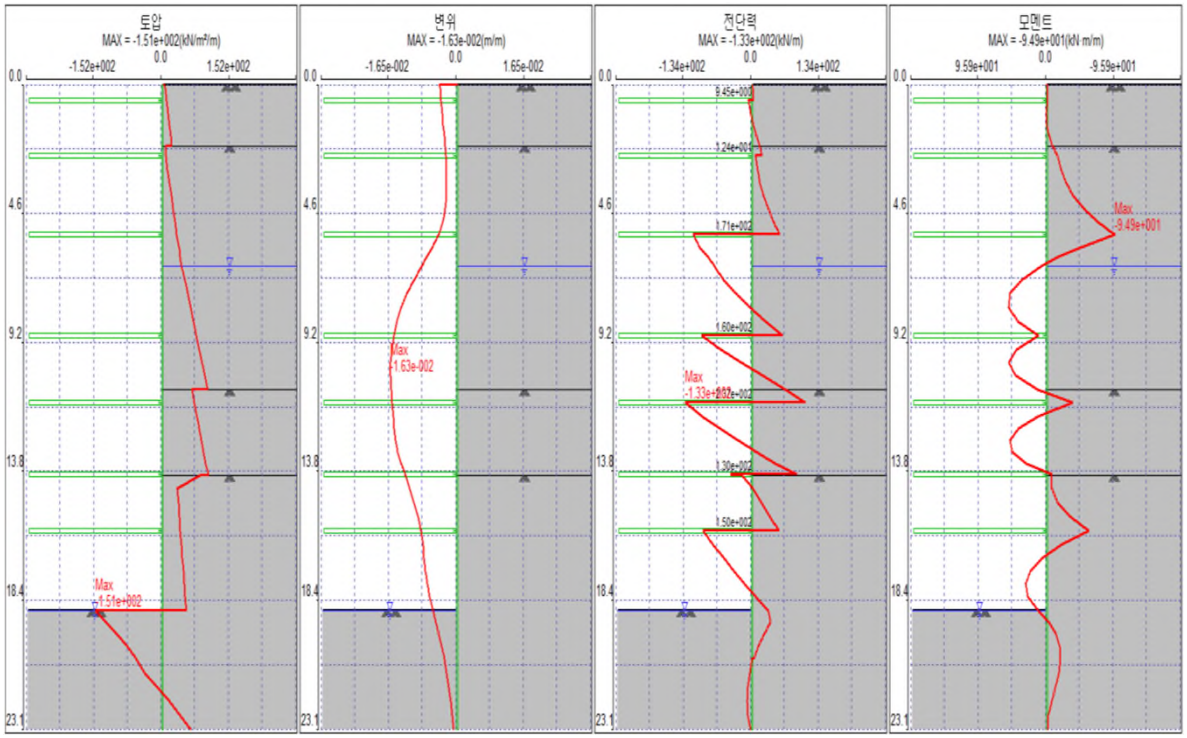
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 16.47 m]



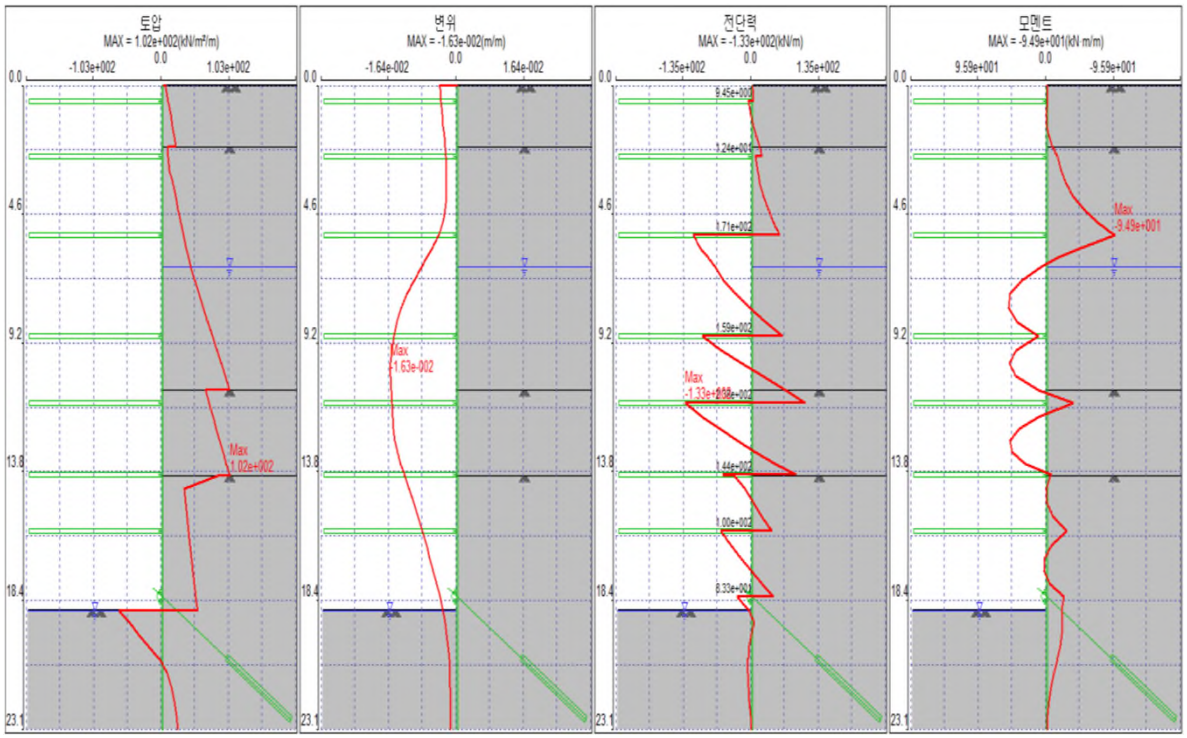
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



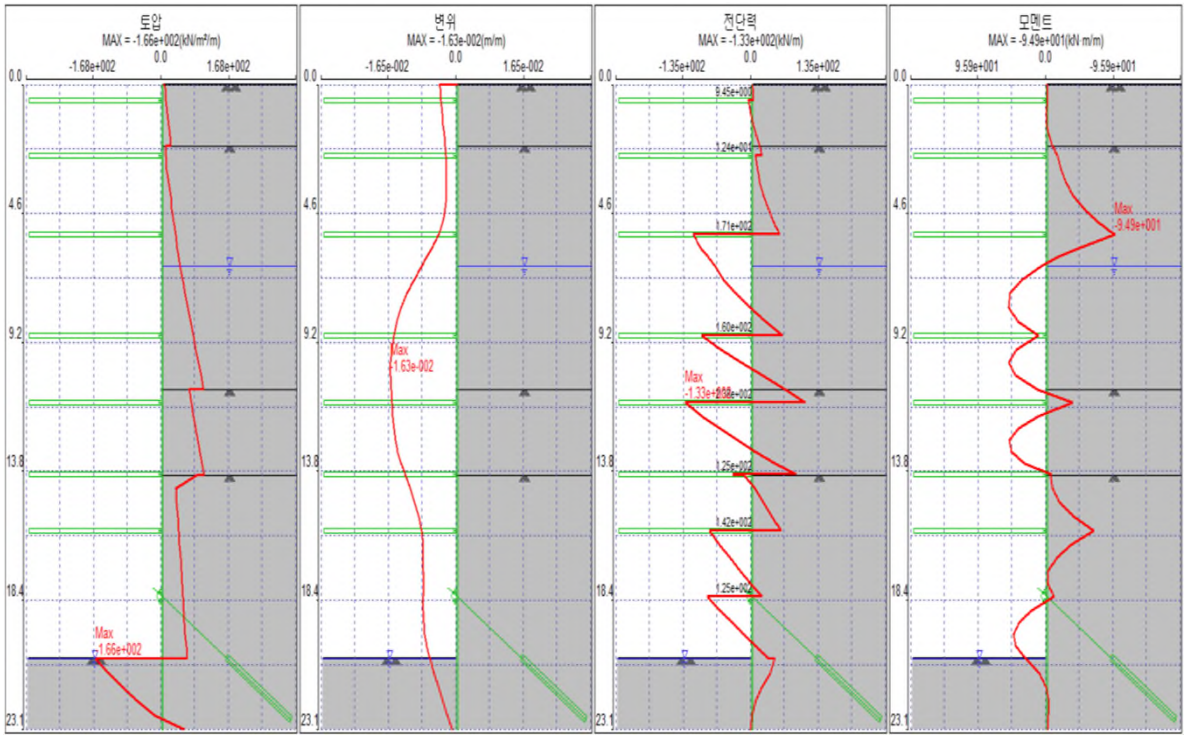
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 18.82 m]



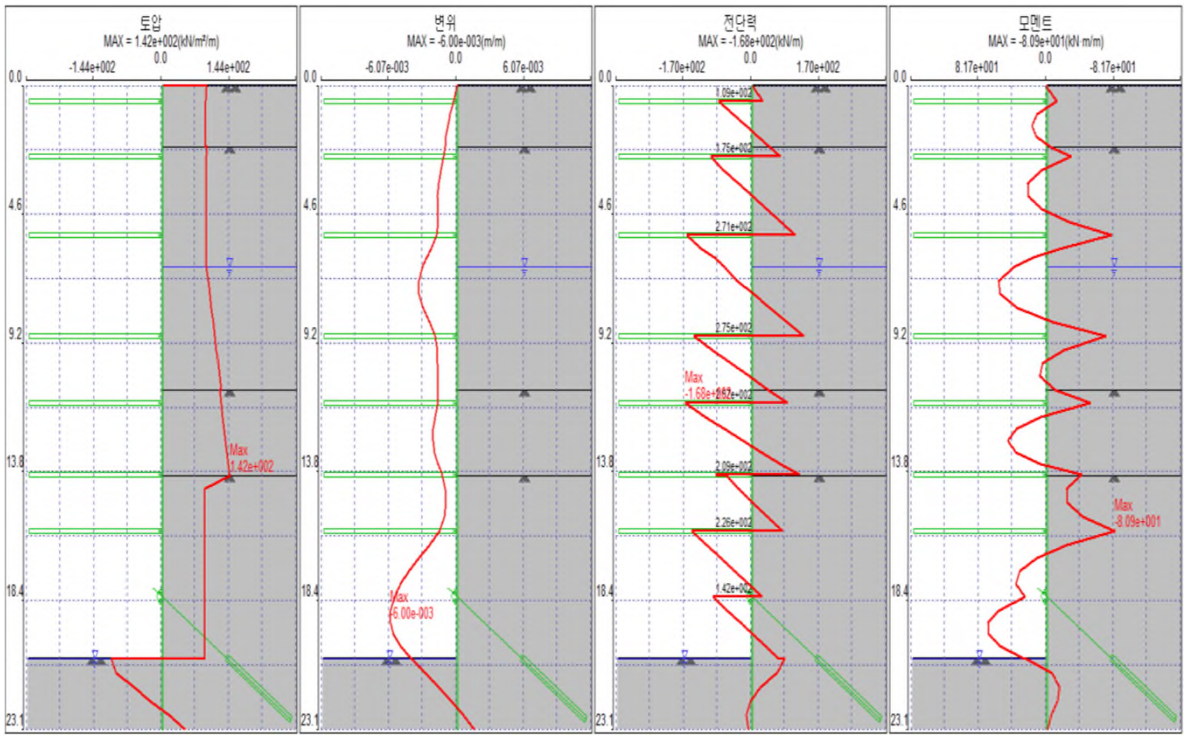
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



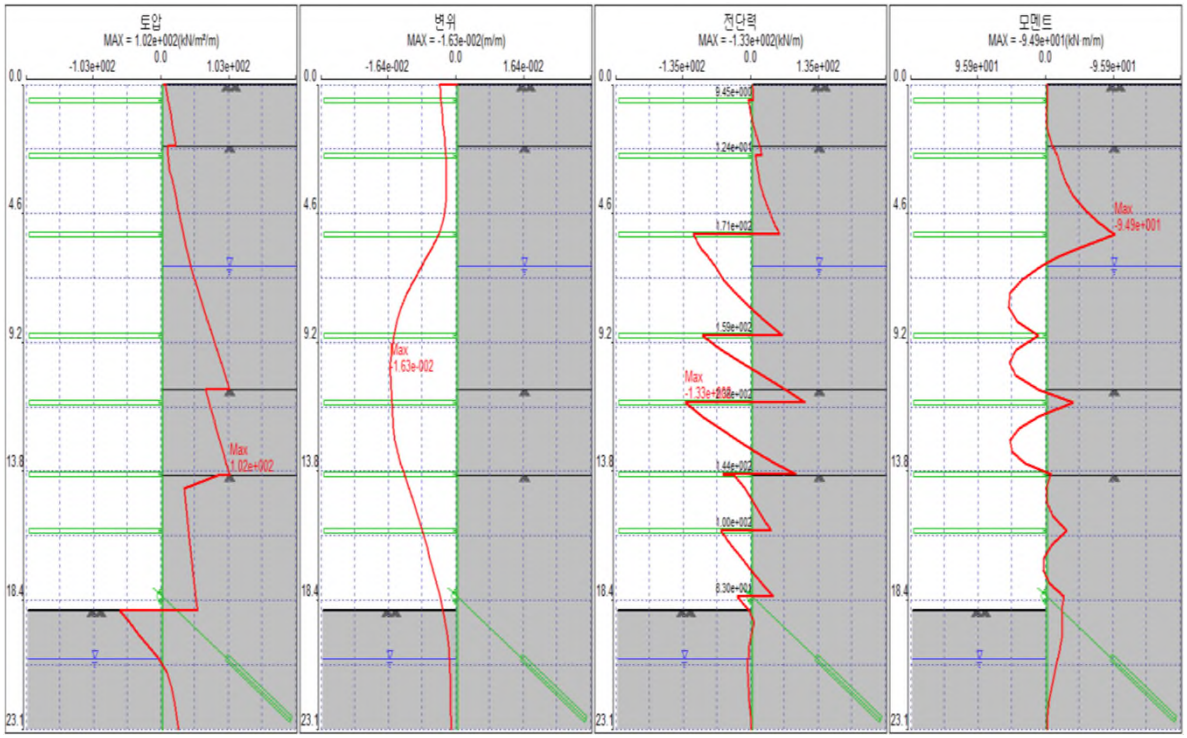
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 20.56 m]



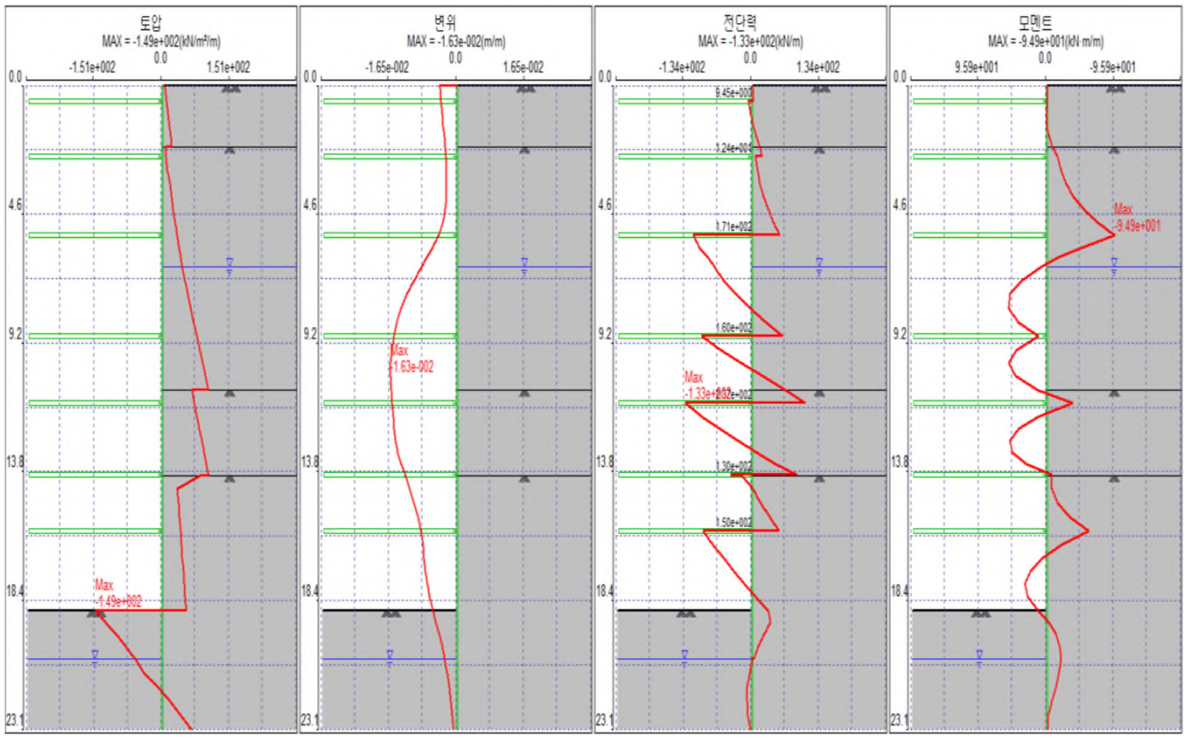
18) 시공 18 단계 [CS18 : Peck]



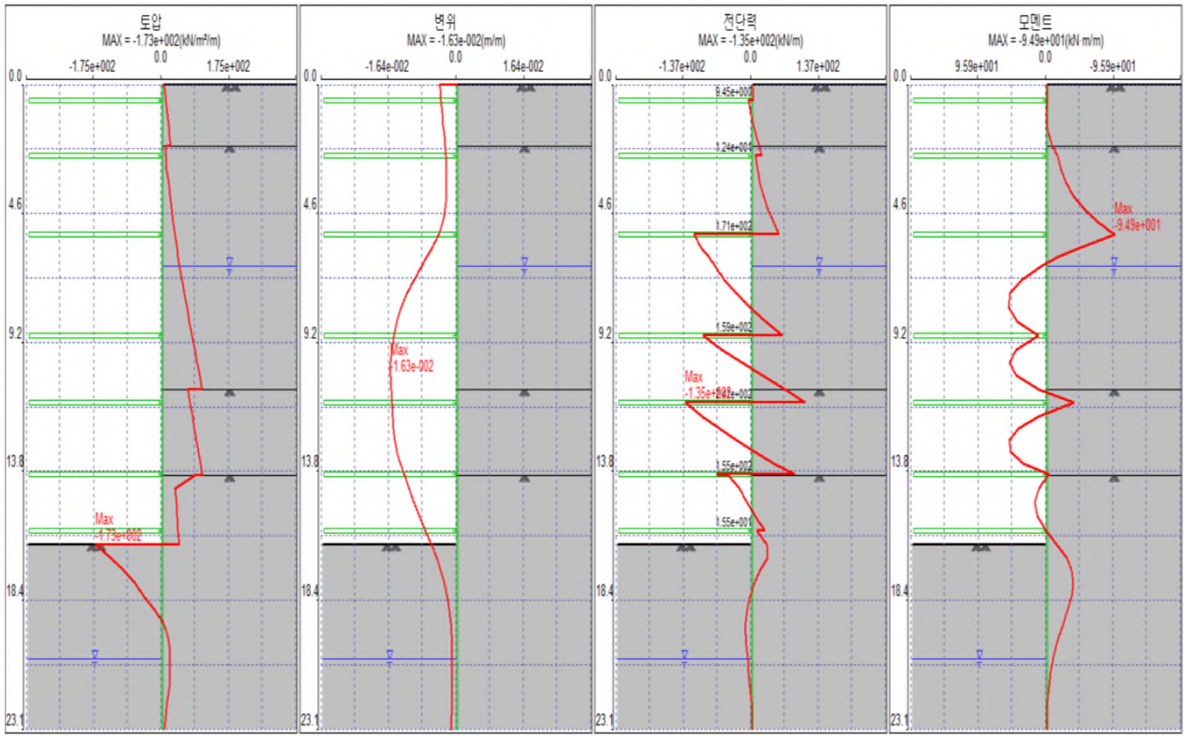
19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체1]



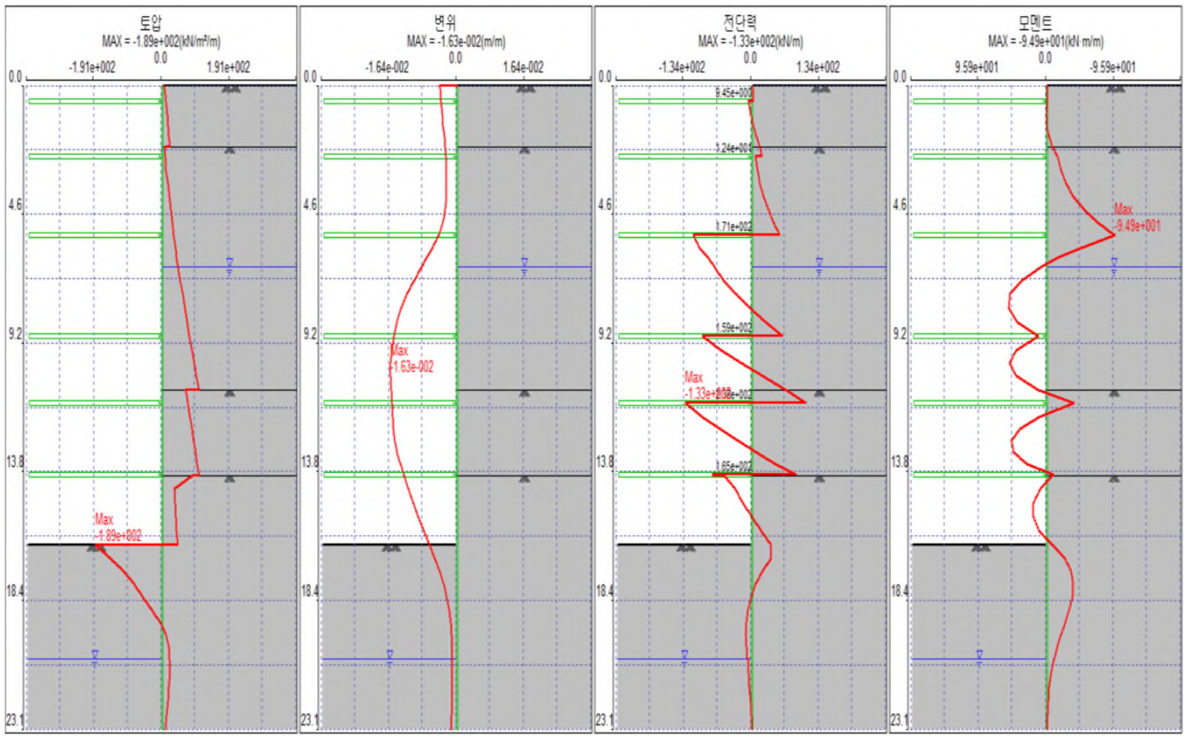
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체2]



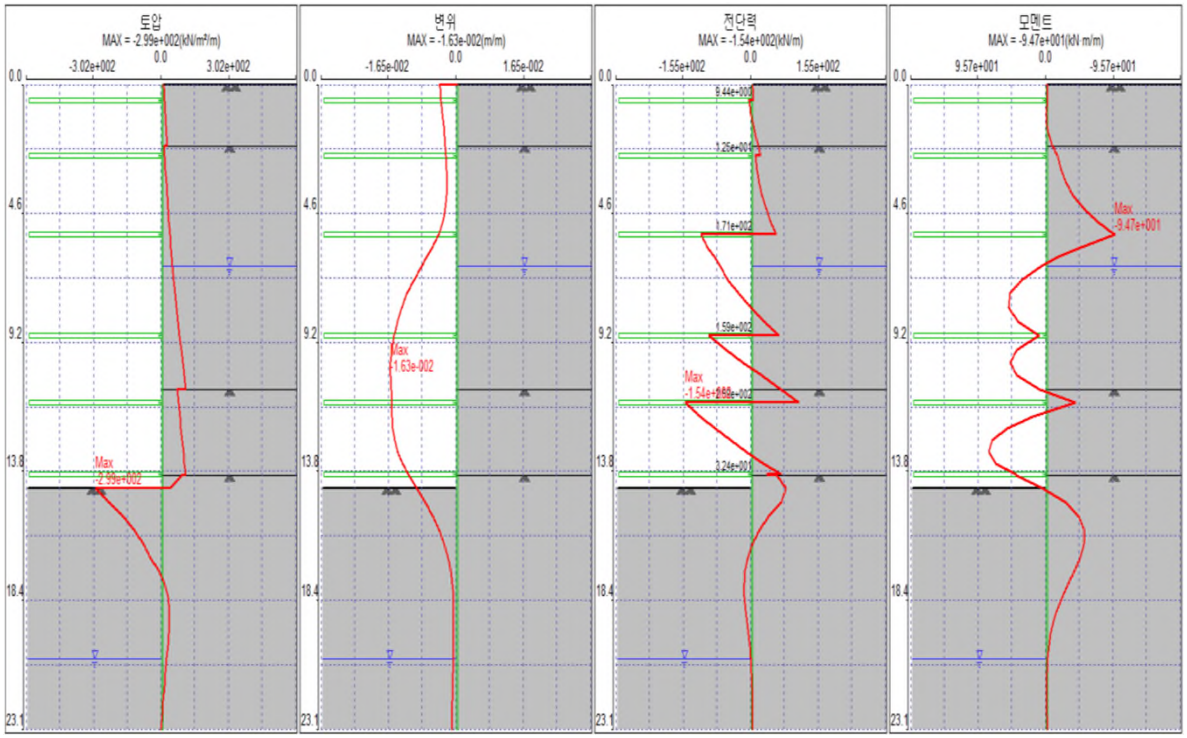
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체3]



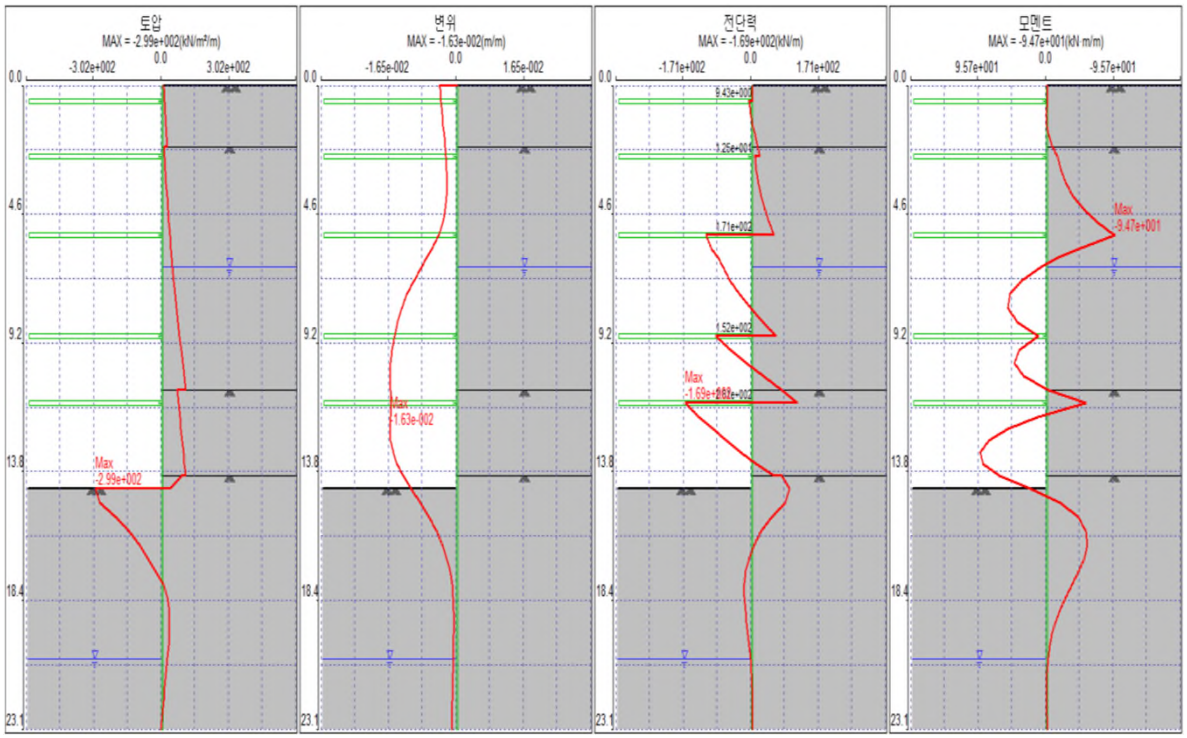
22) 시공 22 단계 [CS22 : 해체4]



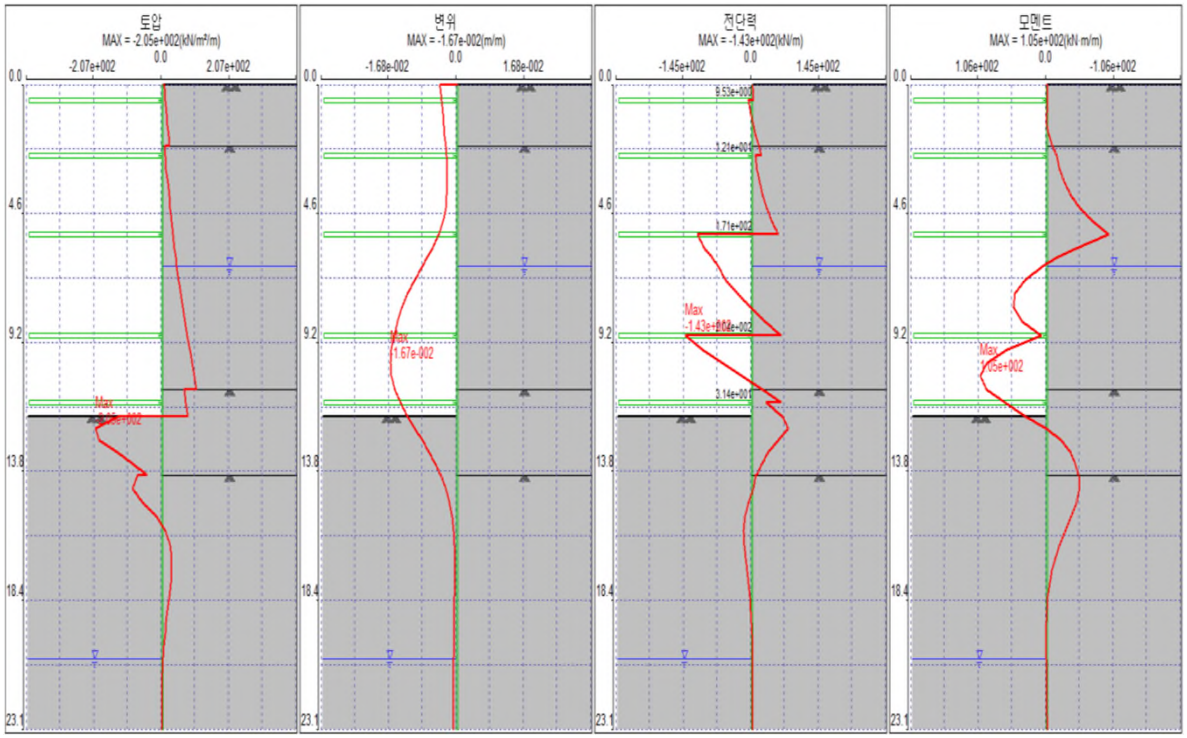
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체5]



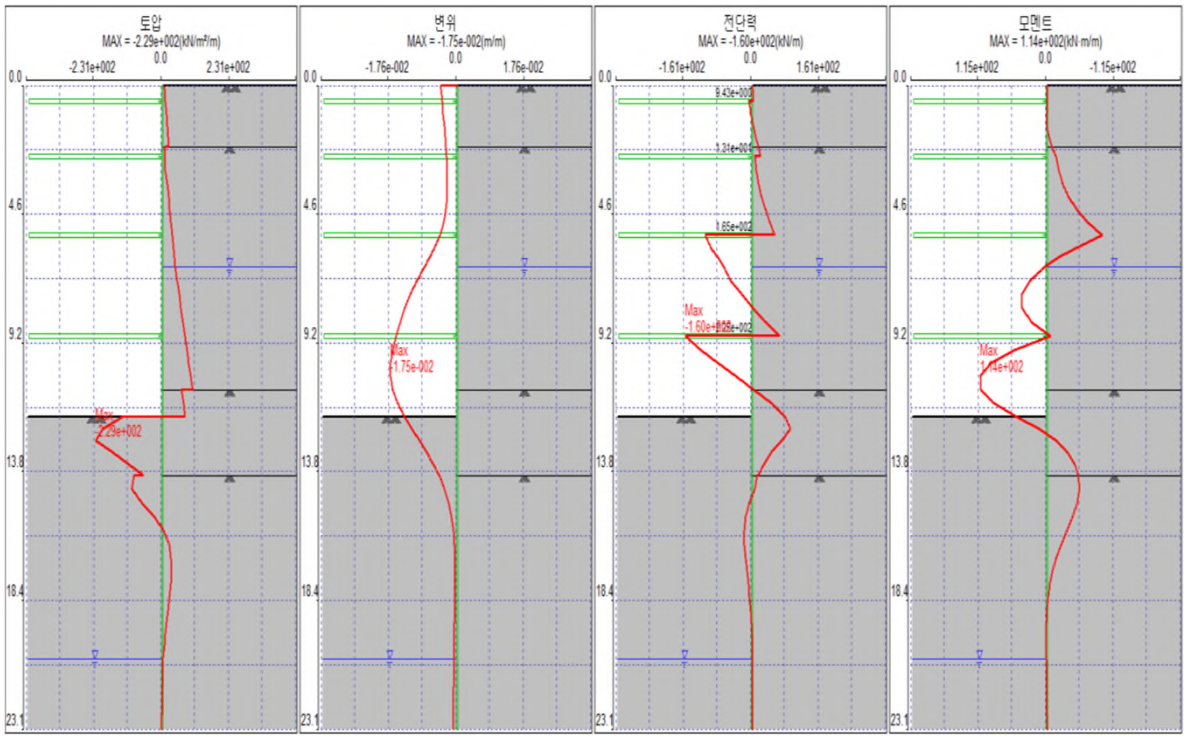
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체6]



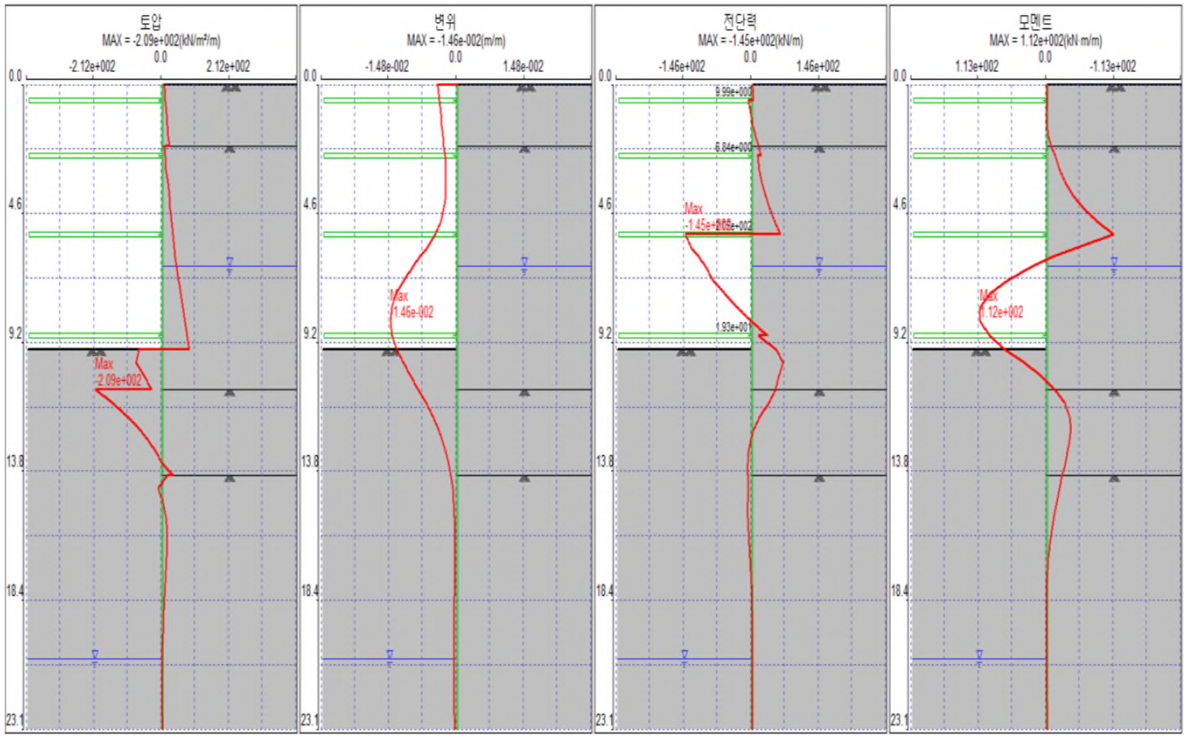
25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체7]



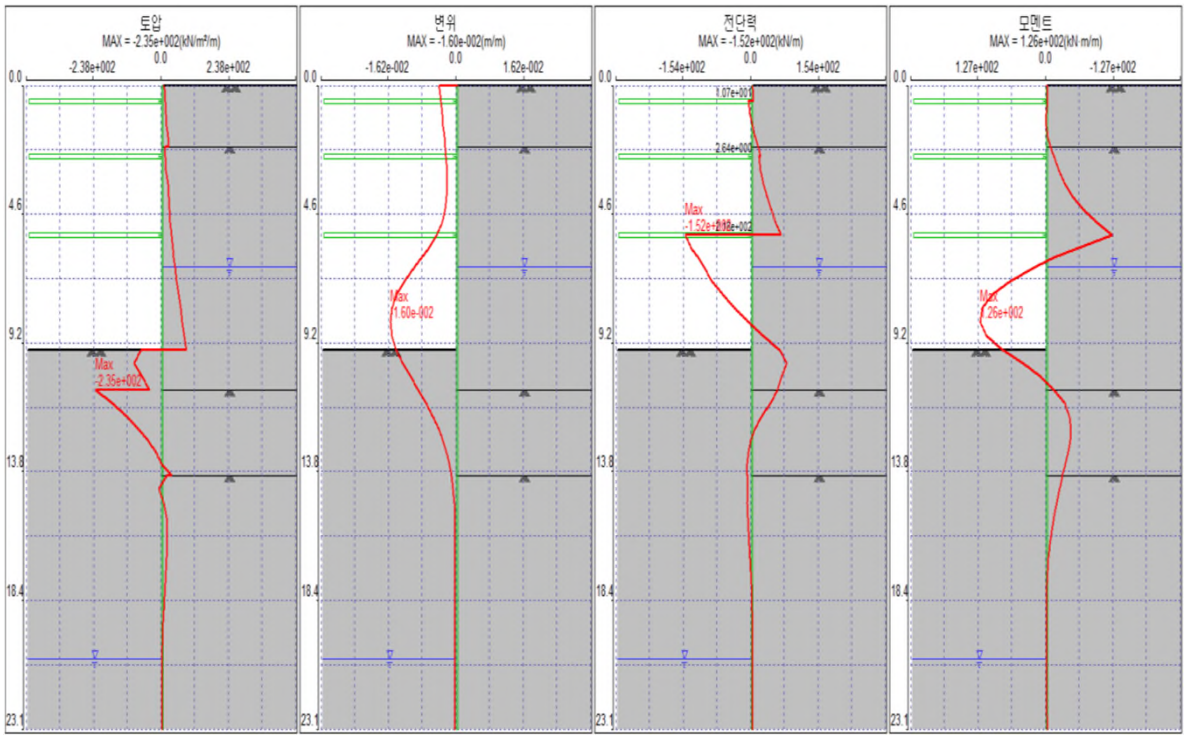
26) 시공 26 단계 [CS26 : 해체8]



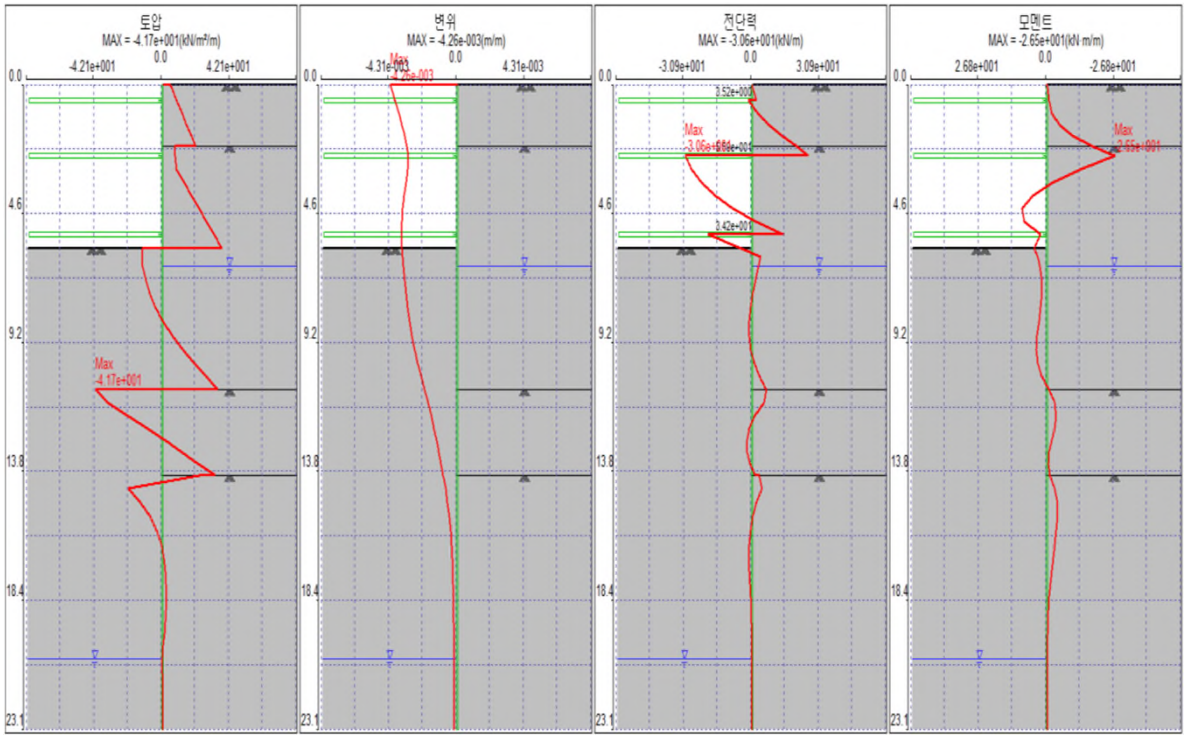
27) 시공 27 단계 [CS27 : 해체9]



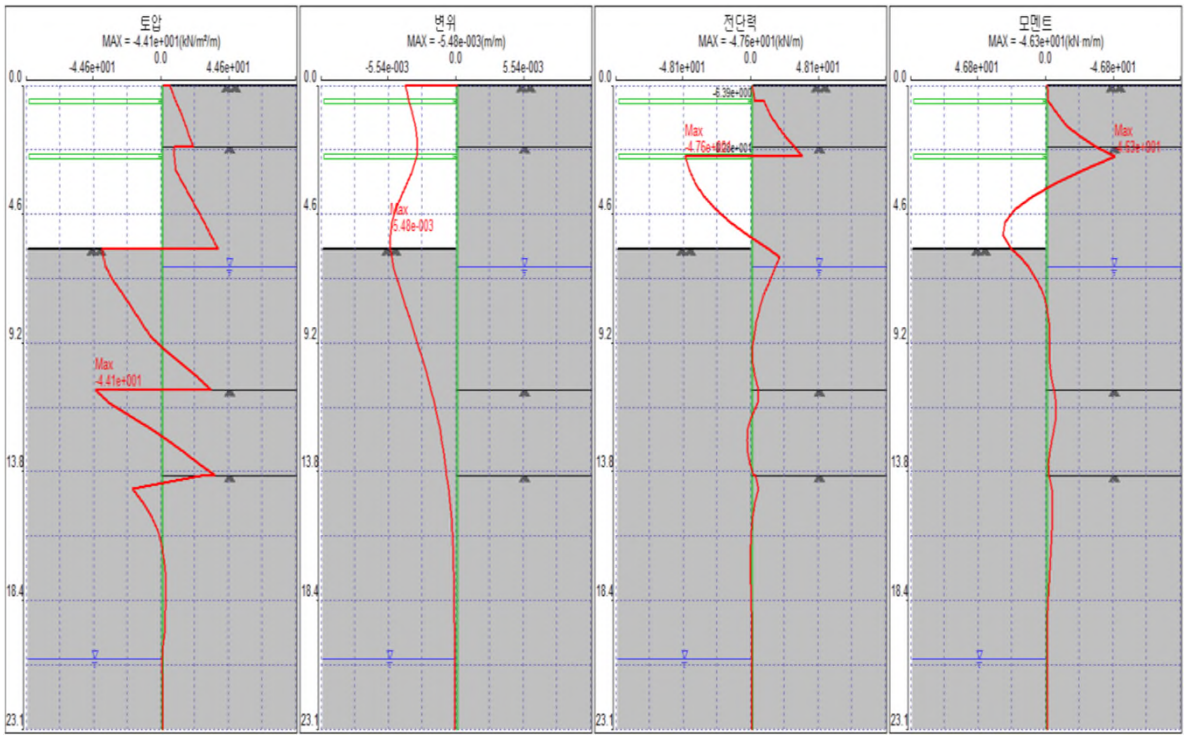
28) 시공 28 단계 [CS28 : 해체10]



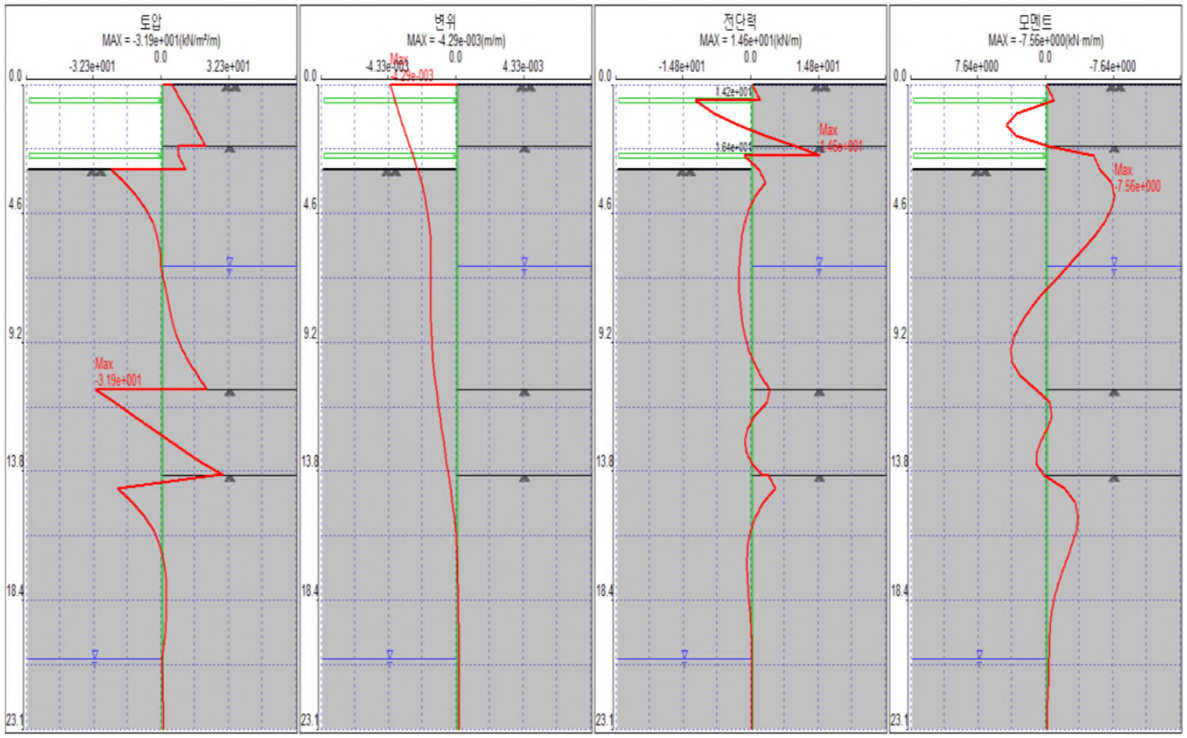
29) 시공 29 단계 [CS29 : 해체11]



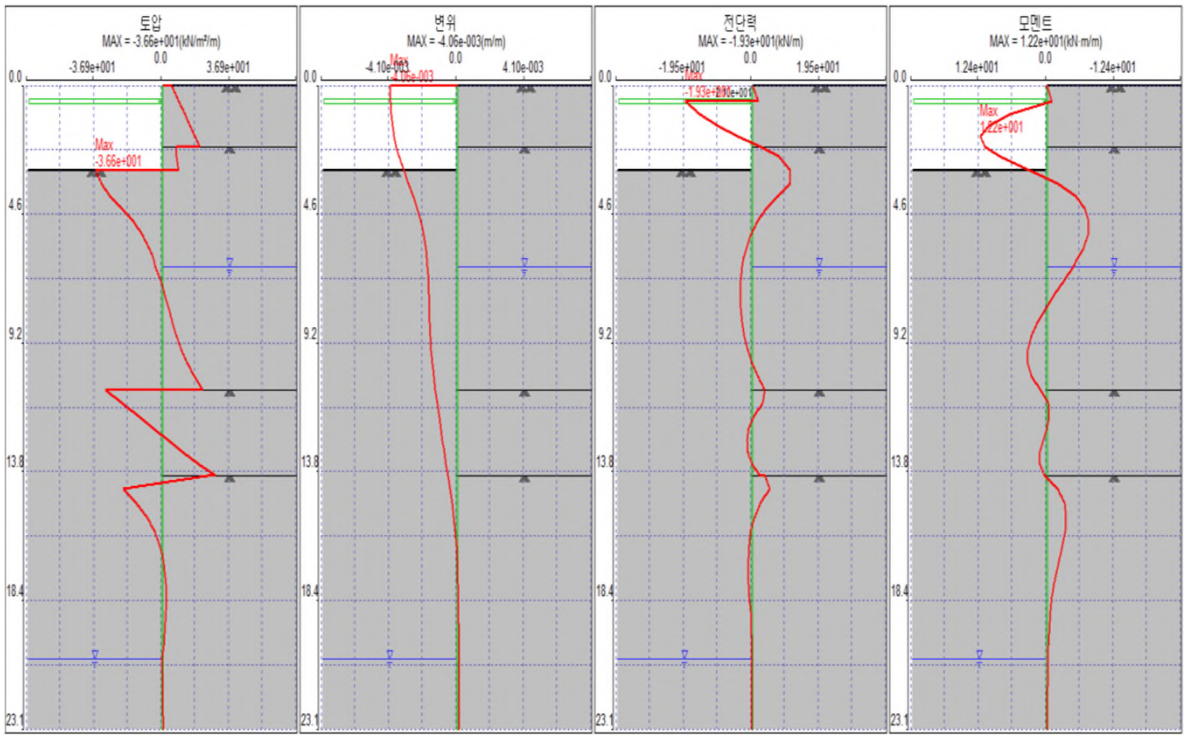
30) 시공 30 단계 [CS30 : 해체12]



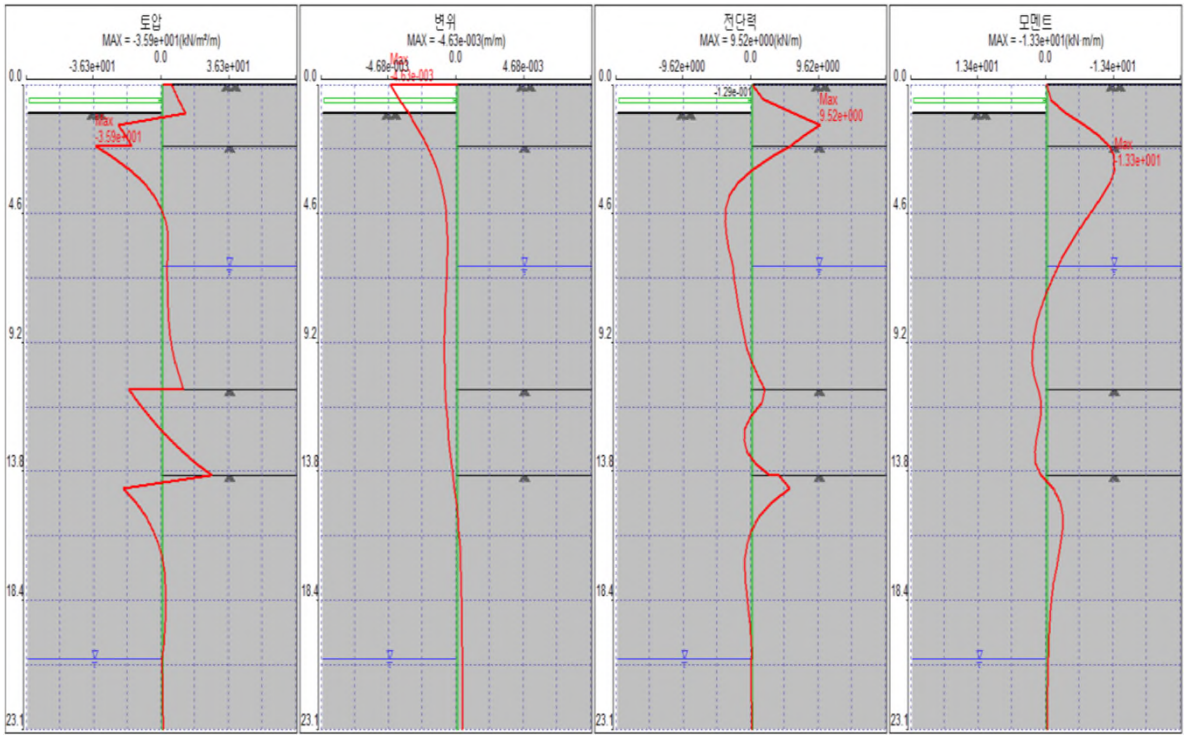
31) 시공 31 단계 [CS31 : 해체13]



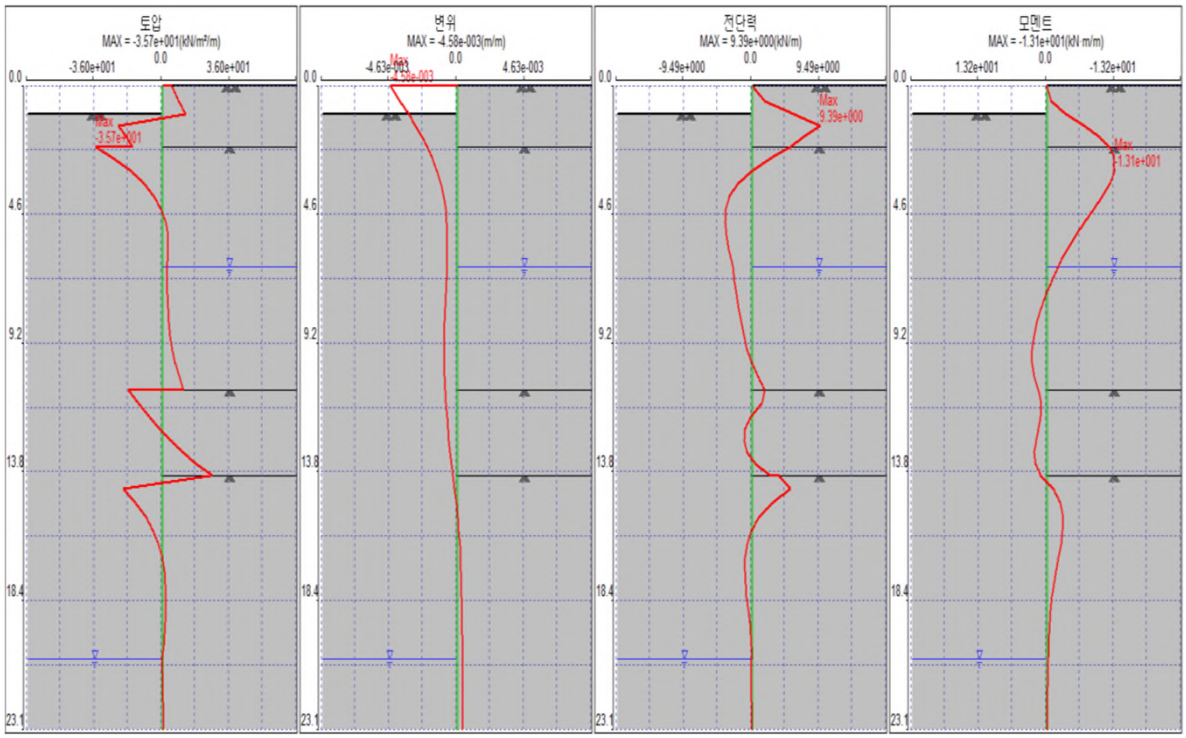
32) 시공 32 단계 [CS32 : 해체14]



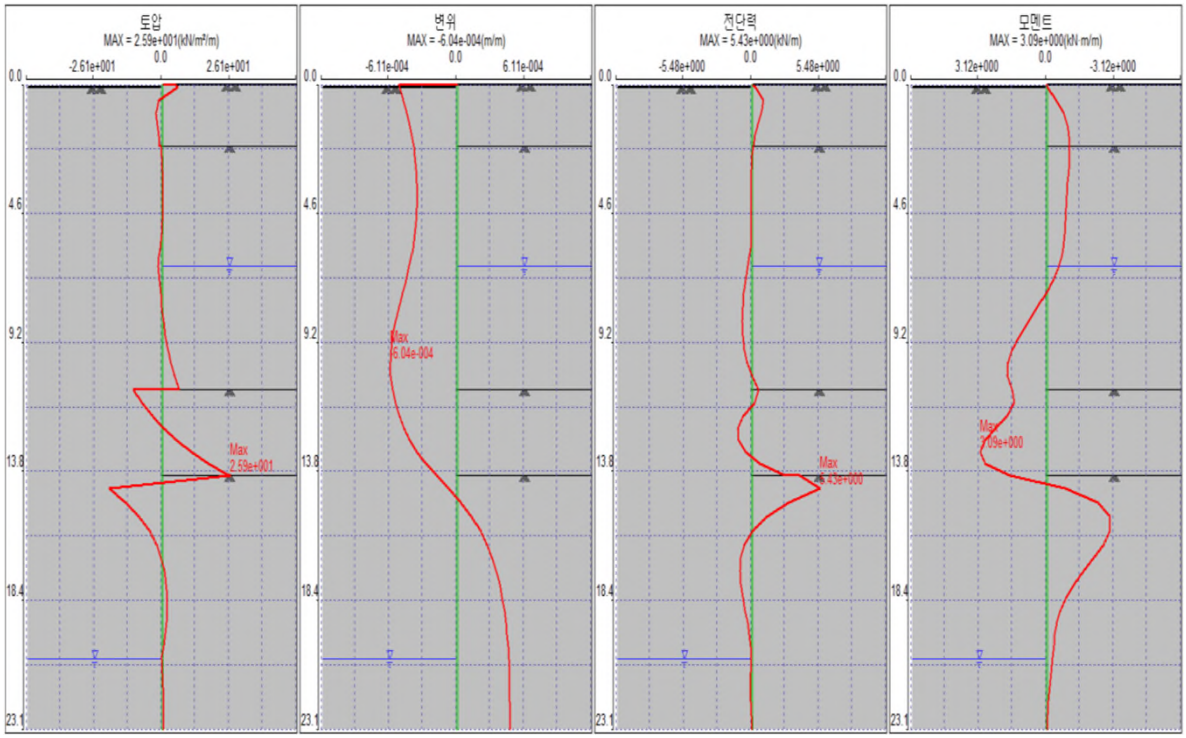
33) 시공 33 단계 [CS33 : 해체15]



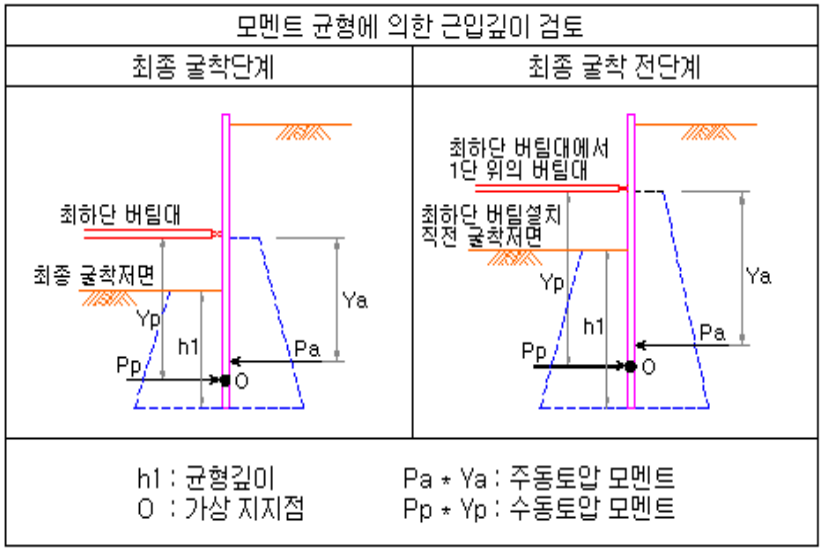
34) 시공 34 단계 [CS34 : 해체16]



35) 시공 35 단계 [CS35 : 해체17]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.665	2.500	347.087	1427.291	4.112	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.681	4.240	639.037	5009.817	7.840	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -18.32 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 149.446 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.154 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 49.558 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.525 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (149.446 x 1.154) + (49.558 x 3.525) = 347.087 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 391.744 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.643 m

Mp = (Pp x Yp) = (391.744 x 3.643) = 1427.291 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1427.291 / 347.087 = 4.112

S.F. = 4.112 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -15.97 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 159.217 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.49 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 79.157 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.077 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (159.217 x 1.49) + (79.157 x 5.077) = 639.037 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 940.731 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.325 m

Mp = (Pp x Yp) = (940.731 x 5.325) = 5009.817 kN·m

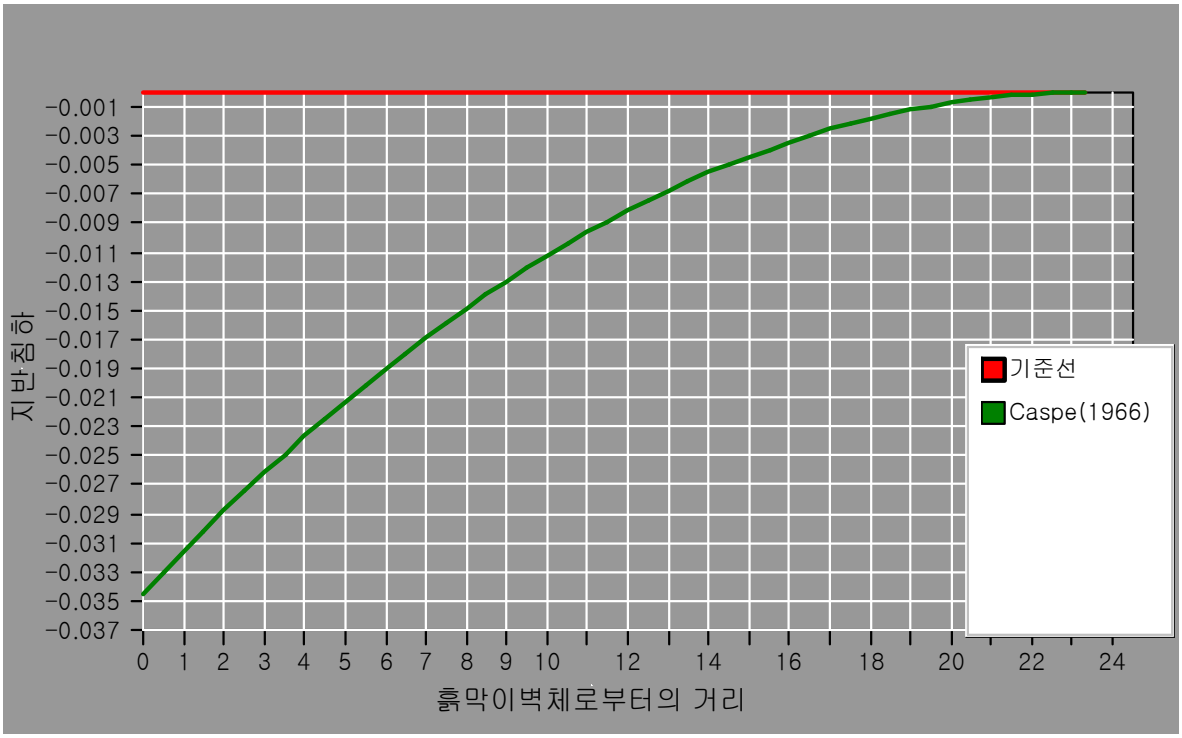
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 5009.817 / 639.037 = 7.84

S.F. = 7.84 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.201 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 20.56 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 24.031 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 24.031/2) = 15.408 m

Ht = Hp + Hw = 15.408 + 20.56 = 35.968 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 35.968 x tan(45-24.031/2) = 23.344 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.201 / 23.344 = -0.034 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.034 x ((23.344 - Xi) / 23.344)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-34.461	-1.460	-2.921
0.50	-33.001	-1.429	-2.858
1.00	-31.572	-1.397	-2.794
1.50	-30.175	-1.366	-2.731
2.00	-28.809	-1.334	-2.668
2.50	-27.475	-1.302	-2.605
3.00	-26.173	-1.271	-2.541
3.50	-24.902	-1.239	-2.478

4.00	−23.663	−1.207	−2.415
4.50	−22.455	−1.176	−2.352
5.00	−21.280	−1.144	−2.288
5.50	−20.135	−1.113	−2.225
6.00	−19.023	−1.081	−2.162
6.50	−17.942	−1.049	−2.099
7.00	−16.892	−1.018	−2.036
7.50	−15.875	−0.986	−1.972
8.00	−14.889	−0.955	−1.909
8.50	−13.934	−0.923	−1.846
9.00	−13.011	−0.891	−1.783
9.50	−12.120	−0.860	−1.719
10.00	−11.260	−0.828	−1.656
10.50	−10.432	−0.796	−1.593
11.00	−9.636	−0.765	−1.530
11.50	−8.871	−0.733	−1.466
12.00	−8.138	−0.702	−1.403
12.50	−7.436	−0.670	−1.340
13.00	−6.766	−0.638	−1.277
13.50	−6.128	−0.607	−1.213
14.00	−5.521	−0.575	−1.150
14.50	−4.946	−0.543	−1.087
15.00	−4.403	−0.512	−1.024
15.50	−3.891	−0.480	−0.960
16.00	−3.411	−0.449	−0.897
16.50	−2.962	−0.417	−0.834
17.00	−2.545	−0.385	−0.771
17.50	−2.160	−0.354	−0.707
18.00	−1.806	−0.322	−0.644
18.50	−1.484	−0.291	−0.581
19.00	−1.193	−0.259	−0.518
19.50	−0.934	−0.227	−0.455
20.00	−0.707	−0.196	−0.391
20.50	−0.511	−0.164	−0.328
21.00	−0.347	−0.132	−0.265
21.50	−0.215	−0.101	−0.202
22.00	−0.114	−0.069	−0.138
22.50	−0.045	−0.038	−0.075
23.00	−0.007	−0.007	−0.022
23.34	0.000	0.000	0.000
Max	−34.461	−1.460	−2.921

3-1.20 TYPE-18(좌,우)

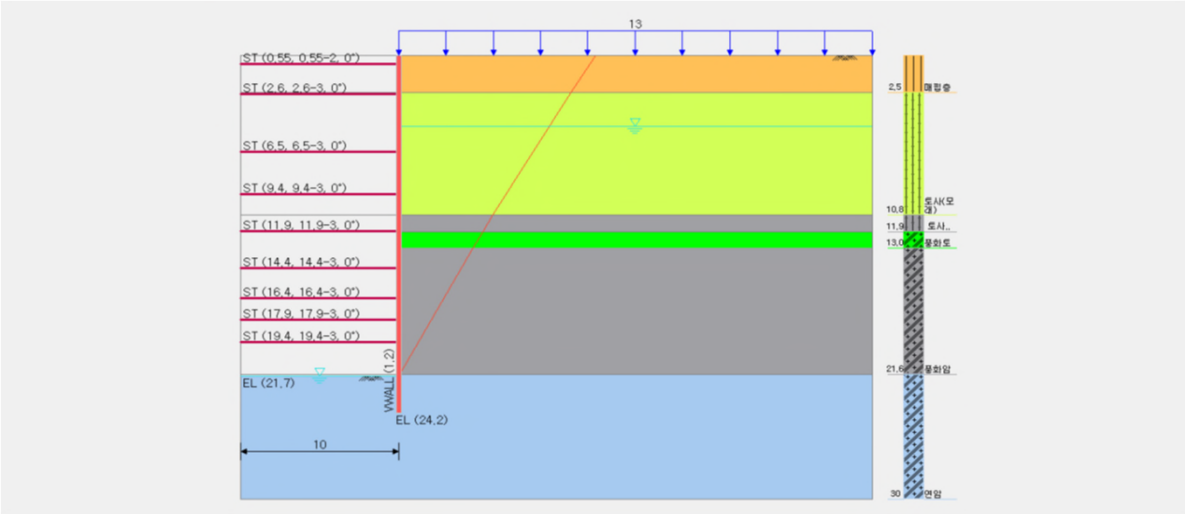
(STA.0+720.0~0+737.0)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
7.4 Strut 설계 (Strut-4)
7.5 Strut 설계 (Strut-5)
7.6 Strut 설계 (Strut-6)
7.7 Strut 설계 (Strut-7)
7.8 Strut 설계 (Strut-8)
7.9 Strut 설계 (Strut-9)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
8.4 Strut-4 띠장 설계
8.5 Strut-5 띠장 설계
8.6 Strut-6 띠장 설계
8.7 Strut-7 띠장 설계
8.8 Strut-8 띠장 설계
8.9 Strut-9 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 21.70m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (2.6, 2.6-3, 0°)
ST (6.5, 6.5-3, 0°)
ST (9.4, 9.4-3, 0°)
ST (11.9, 11.9-3, 0°)
ST (14.4, 14.4-3, 0°)
ST (16.4, 16.4-3, 0°)
ST (17.9, 17.9-3, 0°)
ST (19.4, 19.4-3, 0°)
EL (21.7)
WWL (1.2)
EL (24.2)
10
2.5
10.8
11.9
13.0
21.6
30

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.548	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.354	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	7.032	95.219	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	11.555	64.913	O.K		
		전단응력	2.374	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.60	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	47.788	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	6.50	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	58.307	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	9.40	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	58.951	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-5 P 406.4x12	11.90	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	59.834	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-6 P 406.4x12	14.40	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.834	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	16.40	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	29.474	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-8 P 406.4x12	17.90	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.989	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-9 P 406.4x12	19.40	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	32.545	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x300x10/15	0.55	휨응력	25.810	151.711	O.K	
		전단응력	26.002	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.60	휨응력	80.163	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	42.165	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	6.50	휨응력	101.394	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	53.332	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	9.40	휨응력	102.693	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	54.016	90.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	11.90	휨응력	104.476	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	54.953	90.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	14.40	휨응력	74.201	142.373	O.K	
		전단응력	56.770	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	16.40	휨응력	43.200	142.373	O.K	
		전단응력	33.051	90.000	O.K	
Strut-8 H 440x300x11/18	17.90	휨응력	46.257	142.373	O.K	
		전단응력	35.390	90.000	O.K	
Strut-9 H 440x300x11/18	19.40	휨응력	49.397	142.373	O.K	
		전단응력	37.792	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	124.983	189.521	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	36.677	203.568	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	52.738	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	71.037	175.099	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	55.507	159.010	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 21.70	휨응력	9.145	13.500	O.K	두께검토	O.K
		전단응력	0.628	1.050	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS9 : 굴착 12.4 m	24.129	43.400	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	2.50m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

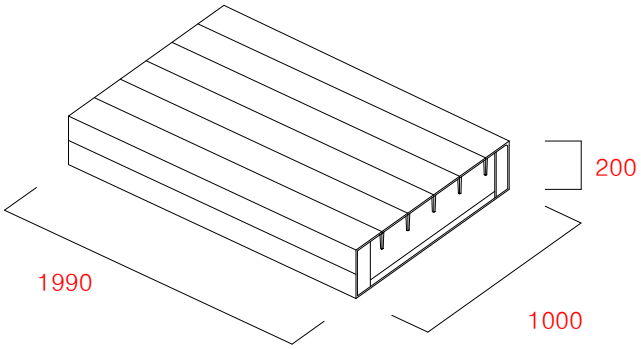
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

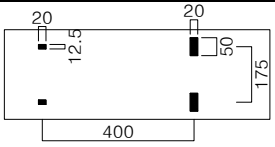
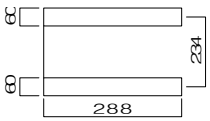
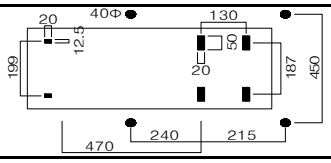
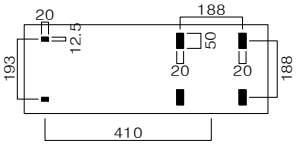
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (㎝)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{\#\#}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

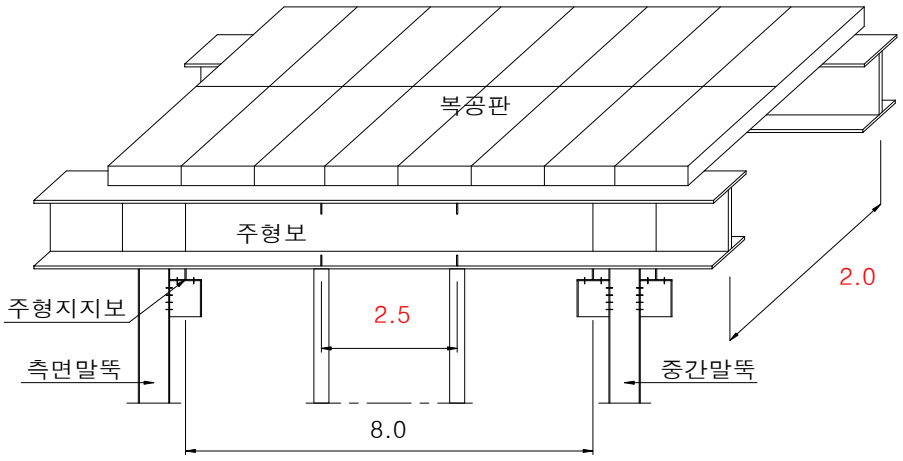
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

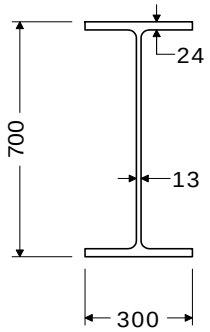
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

Σ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)$

$= 0.313 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

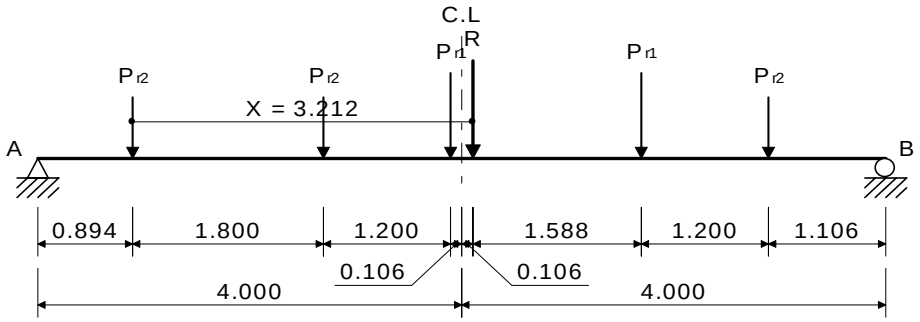
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)

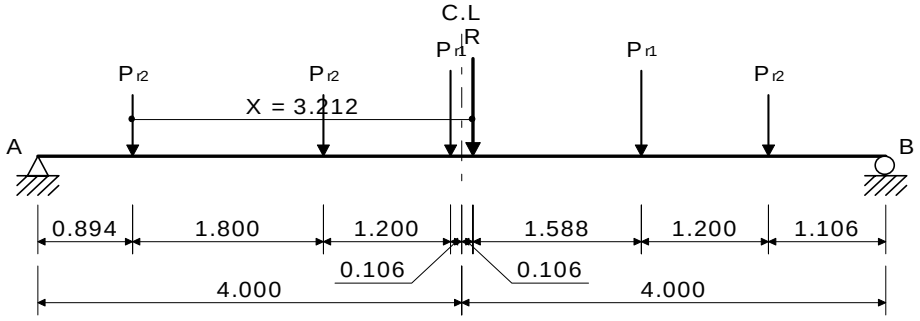


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400
= 3.212 m

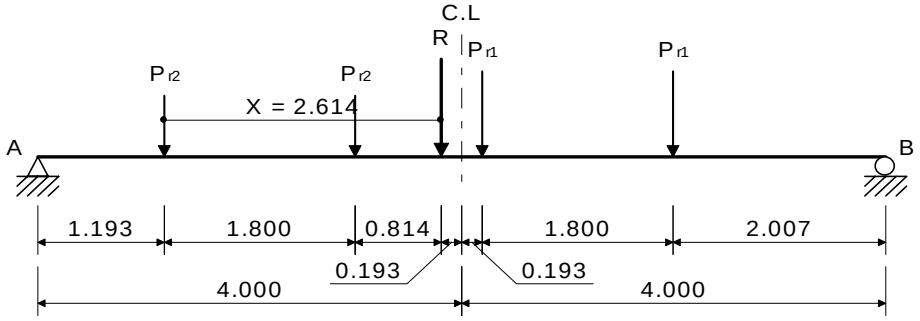
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L
= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) / 8.000
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

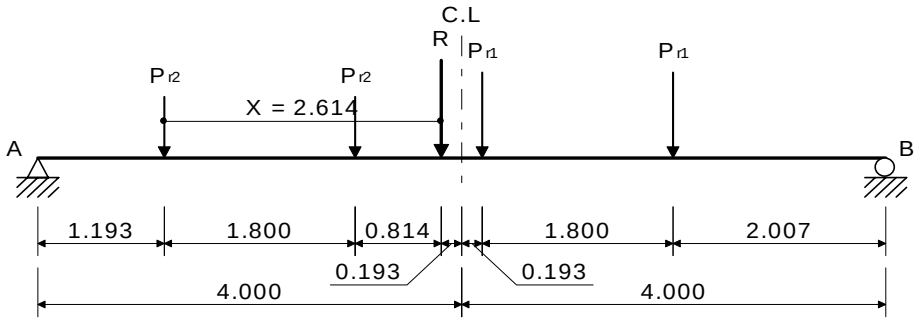


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

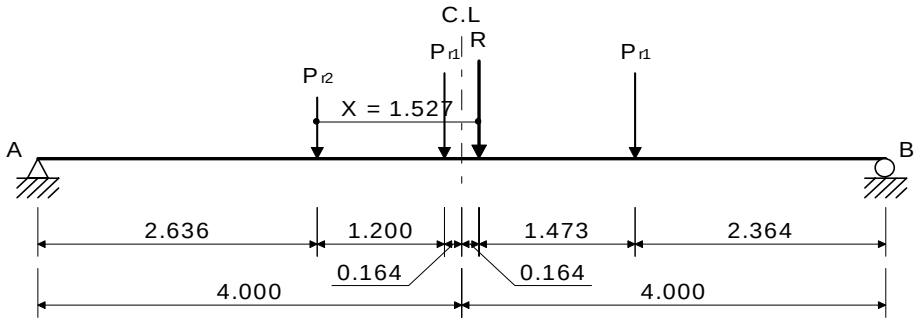
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

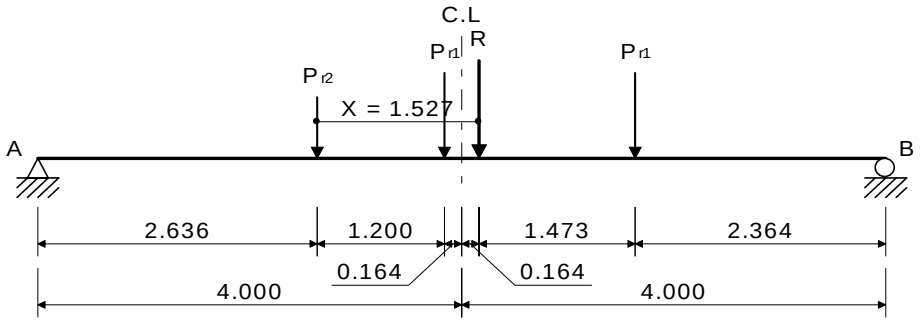


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

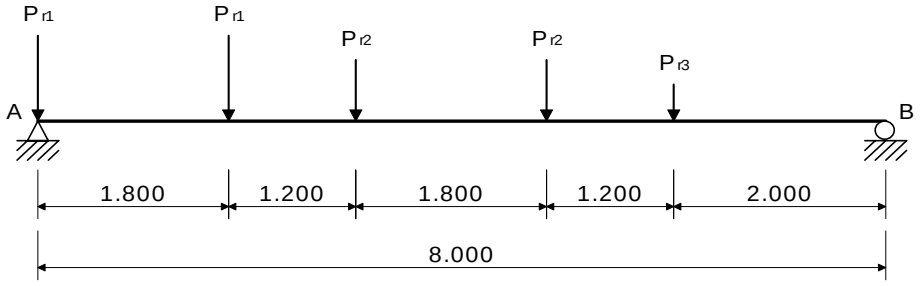


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L
= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) / 8.000
= 335.010 kN

S_l = 335.010 x 1.00 = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = $5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

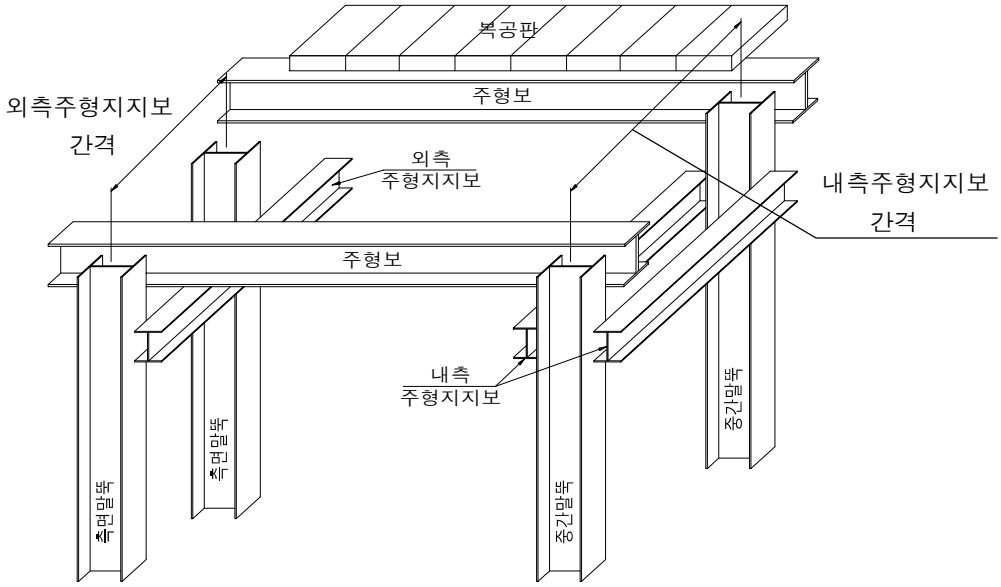
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

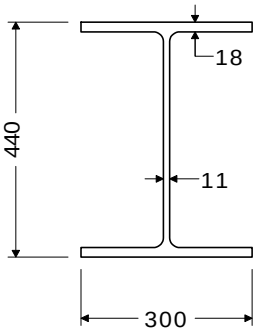
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

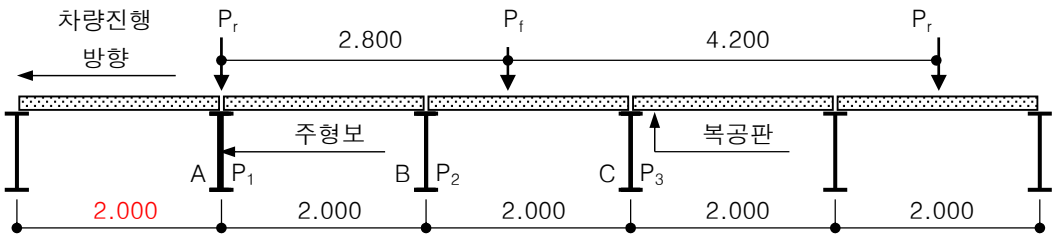


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



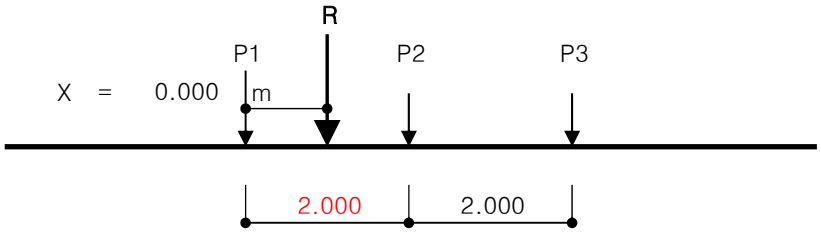
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

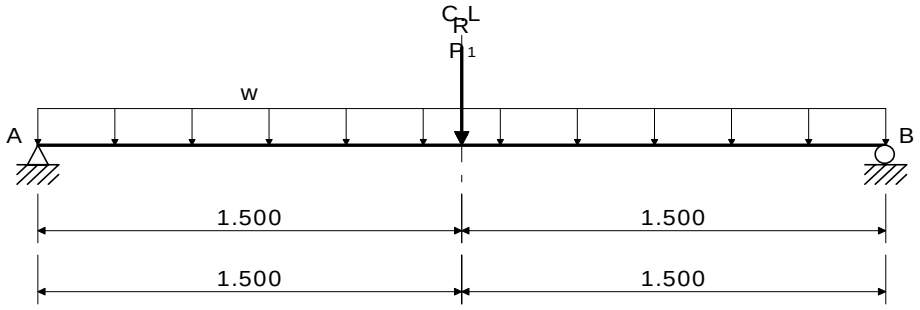


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

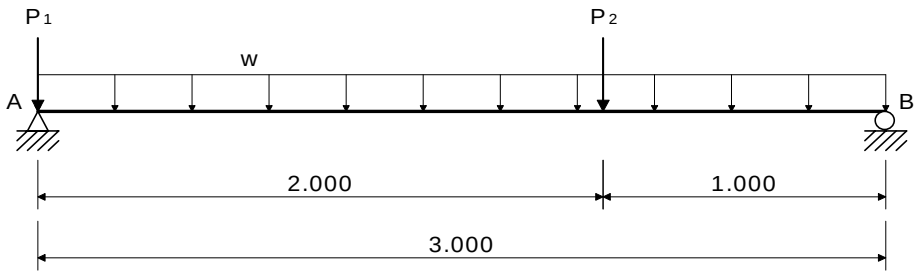
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (357.210 \times 1.500) / 3.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 269.271$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

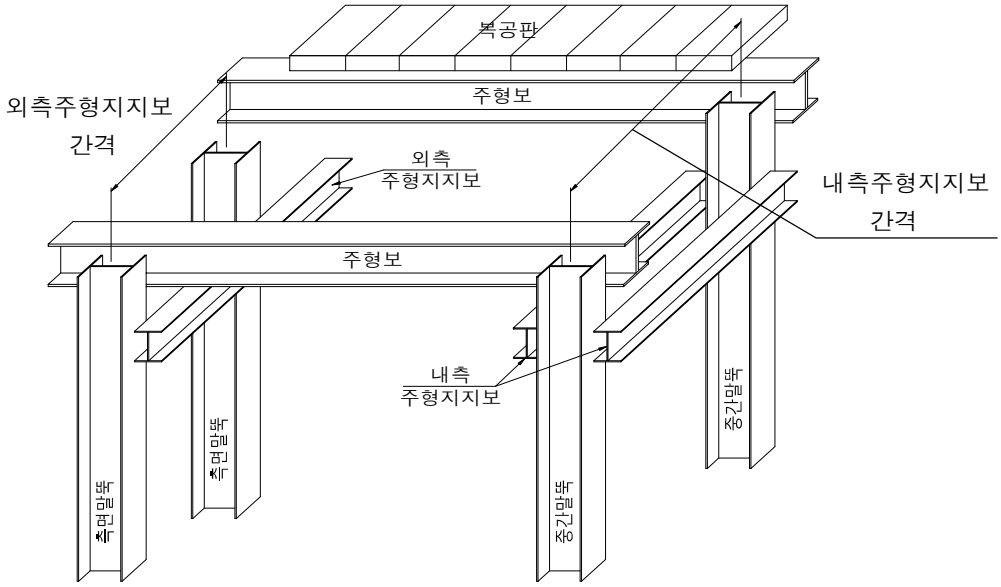
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

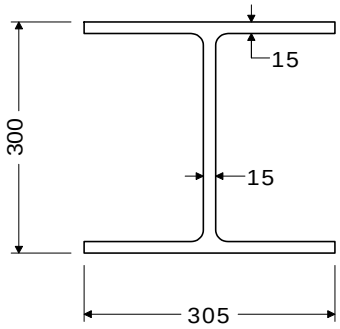
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

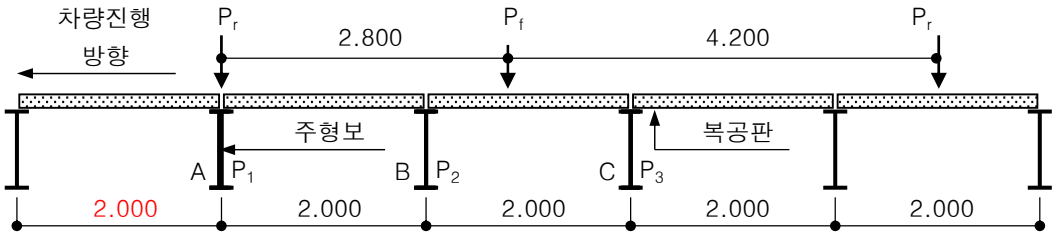


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



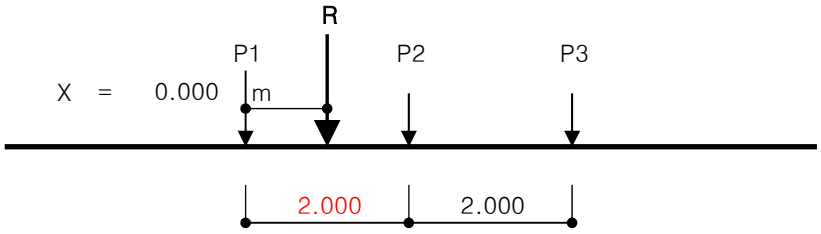
나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

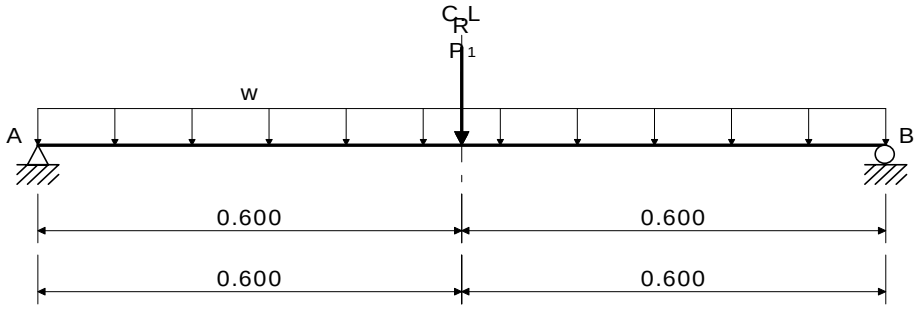


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

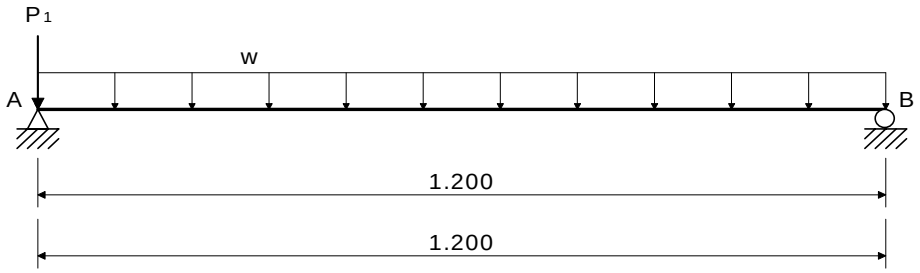
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 0.600) / L$
$= (357.210 \times 0.600) / 1.200$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 0.600) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 0.600) + 1.038 \times 1.20^2 / 8$
$= 107.350$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (357.210 x 1.200) / 1.200
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.20 / 2
= 357.833 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.350 x 1000000 / 1440000.0 = 74.548 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.833 x 1000 / 4050 = 88.354 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (74.548 + 74.548) / 74.548
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305
= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 74.548 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.354 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 357833 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.03 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.03 ea ---> O.K

7.지보재 설계

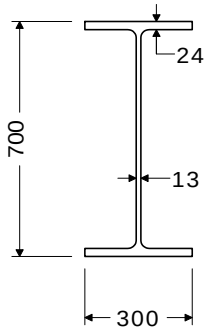
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 76.055 kN/m ---> Strut-1 (CS20 : Peck)
= 76.055 x 2.00 / 1 단
= 152.109 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 152.109 + 120.0 = 272.109 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 5760000.0 = 7.032 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 272.109 x 1000 / 23550 = 11.555 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.125 x 1000 / 8476 = 2.374 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.470

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (18.586 − 4.523) / 18.586

= 0.757

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8050 / 293

27.474 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.474 − 18.6))

= 149.313 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 149.313 MPa

L_y / R_y = 8050 / 67.8

118.732 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 118.732²)

= 64.913 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 64.913 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 64.913 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8050 / 300

= 26.833 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.833 − 4.6))

= 95.219 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.219 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.474)²

= 1788.452 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 64.913$ MPa $> f_c = 11.555$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 95.219$ MPa $> f_b = 7.032$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa $> \tau = 2.374$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{11.555}{64.913} + \frac{7.032}{95.219 \times (1 - (11.555 / 1788.452))}$$

$$= 0.252 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 11.555 + \frac{7.032}{1 - (11.555 / 1788.452)}$$

$$= 18.632 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.252 , 0.118)

= 0.252 < 1.0 ---> O.K

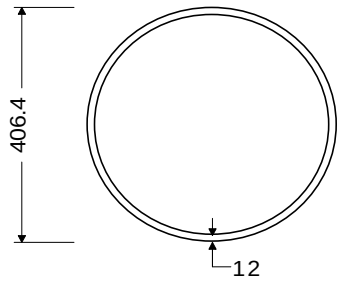
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 196.846 kN/m ---> Strut-2 (CS20 : Peck)
= 196.846 x 3.00 / 1 단
= 590.538 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 590.538 + 120.0 = 710.538 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 710.538 x 1000 / 14868.5 = 47.788 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.075 x 12)
= 15.757 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.075$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (76.230 - 19.346) / 76.230$

$= 0.746 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8050 / 139.5$

57.706 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.706 - 18.6))$

$= 121.425$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.425$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.706)^2$

$= 405.406$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 89.387$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.425$ MPa $> f_c = 47.788$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.442$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.705$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{47.788}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (47.788 / 405.406))}$

$= 0.598 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 47.788 + \frac{28.442}{1 - (47.788 / 405.406)}$$

$$= 80.031 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.598 , 0.508)

= 0.598 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{76.230}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.629 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

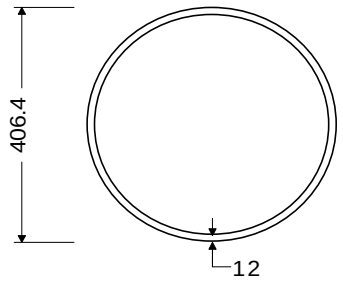
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 248.977 kN/m ---> Strut-3 (CS20 : Peck)
= 248.977 x 3.00 / 1 단
= 746.932 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 746.932 + 120.0 = 866.932 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 866.932 x 1000 / 14868.5 = 58.307 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.066 x 12)
= 15.891 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.066$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (86.749 - 29.865) / 86.749$

$= 0.656 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8050 / 139.5$

57.706 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.706 - 18.6))$

$= 121.425$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.425$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.706)^2$

$= 405.406$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 89.387$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.425$ MPa $> f_c = 58.307$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.442$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.705$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{58.307}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (58.307 / 405.406))}$

$= 0.691 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 58.307 + \frac{28.442}{1 - (58.307 / 405.406)}$$

$$= 91.527 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.691 , 0.581)

= 0.691 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{86.749}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.715 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

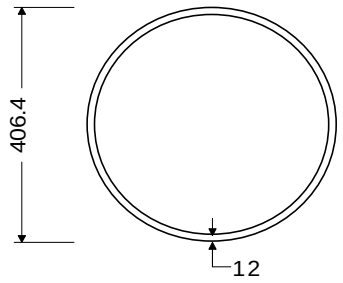
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 252.169 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 12.4 m)
= 252.169 x 3.00 / 1 단
= 756.508 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 756.508 + 120.0 = 876.508 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 876.508 x 1000 / 14868.5 = 58.951 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.065 x 12)
= 15.898 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.065$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (87.393 - 30.509) / 87.393$

$= 0.651 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8050 / 139.5$

57.706 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.706 - 18.6))$

$= 121.425$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.425$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.706)^2$

$= 405.406$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 89.387$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.425$ MPa $> f_c = 58.951$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.442$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.705$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{58.951}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (58.951 / 405.406))}$

$= 0.697 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 58.951 + \frac{28.442}{1 - (58.951 / 405.406)}$$

$$= 92.232 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.697 , 0.586)

= 0.697 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{87.393}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.721 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

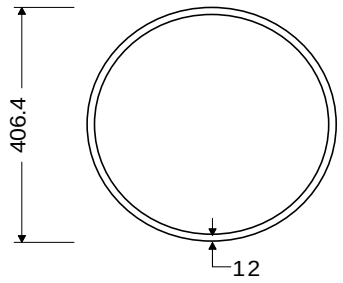
7.5 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 256.546 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 14.9 m)
= 256.546 x 3.00 / 1 단
= 769.639 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 769.639 + 120.0 = 889.639 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 889.639 x 1000 / 14868.5 = 59.834 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.064 x 12)
= 15.908 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.064$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (88.276 - 31.392) / 88.276$

$= 0.644 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8050 / 139.5$

57.706 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.706 - 18.6))$

$= 121.425$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.425$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.706)^2$

$= 405.406$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 89.387$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.425$ MPa $> f_c = 59.834$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.442$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.705$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{59.834}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (59.834 / 405.406))}$

$= 0.705 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 59.834 + \frac{28.442}{1 - (59.834 / 405.406)}$$

$$= 93.200 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.705 , 0.592)

= 0.705 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{88.276}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.728 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

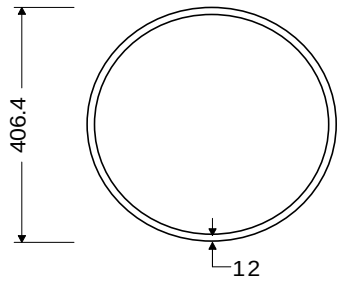
7.6 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 182.205 kN/m ---> Strut-6 (CS20 : Peck)
= 182.205 x 3.00 / 1 단
= 546.616 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 546.616 + 120.0 = 666.616 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 666.616 x 1000 / 14868.5 = 44.834 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.078 x 12)
= 15.713 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.078$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (73.276 - 16.392) / 73.276$

$= 0.776 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8050 / 139.5$

57.706 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.706 - 18.6))$

$= 121.425$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.425$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.706)^2$

$= 405.406$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 89.387$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.425$ MPa $> f_c = 44.834$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.442$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.705$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{44.834}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (44.834 / 405.406))}$

$= 0.572 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.834 + \frac{28.442}{1 - (44.834 / 405.406)}$$

$$= 76.813 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.572 , 0.488)$$
$$= 0.572 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{73.276}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.604 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

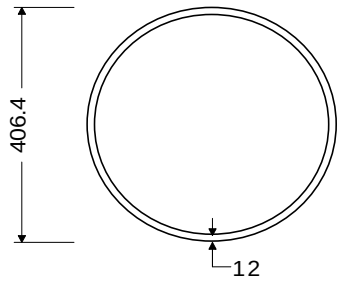
7.7 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 106.080 kN/m ---> Strut-7 (CS15 : 굴착 18.4 m)
= 106.080 x 3.00 / 1 단
= 318.240 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 318.240 + 120.0 = 438.240 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 438.240 x 1000 / 14868.5 = 29.474 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α・t) = 203.2 / (1.098 x 12)
= 15.419 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.098$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (57.916 - 1.032) / 57.916$

$= 0.982 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8050 / 139.5$

57.706 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.706 - 18.6))$

$= 121.425$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.425$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.706)^2$

$= 405.406$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 89.387$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.425$ MPa $> f_c = 29.474$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.442$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.705$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{29.474}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (29.474 / 405.406))}$

$= 0.437 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 29.474 + \frac{28.442}{1 - (29.474 / 405.406)}$$

$$= 60.146 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.437 , 0.382)

= 0.437 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{57.916}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.478 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

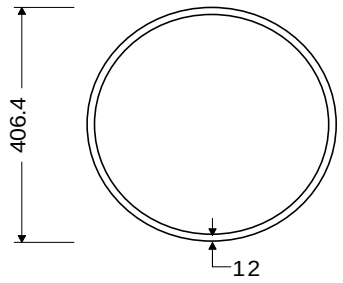
7.8 Strut 설계 (Strut-8)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 113.586 kN/m ---> Strut-8 (CS17 : 굴착 19.9 m)
= 113.586 x 3.00 / 1 단
= 340.758 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 340.758 + 120.0 = 460.758 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 460.758 x 1000 / 14868.5 = 30.989 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.096 x 12)
= 15.454 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.096$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (59.431 - 2.547) / 59.431$

$= 0.957 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8050 / 139.5$

57.706 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.706 - 18.6))$

$= 121.425$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.425$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.706)^2$

$= 405.406$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 89.387$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.425$ MPa $> f_c = 30.989$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.442$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.705$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{30.989}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (30.989 / 405.406))}$

$= 0.451 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 30.989 + \frac{28.442}{1 - (30.989 / 405.406)}$$

$$= 61.785 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---->} \quad \text{O.K}$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.451 , 0.392)$$
$$= 0.451 < 1.0 \quad \text{---->} \quad \text{O.K}$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{59.431}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.490 < 1.0 \quad \text{---->} \quad \text{O.K}$$

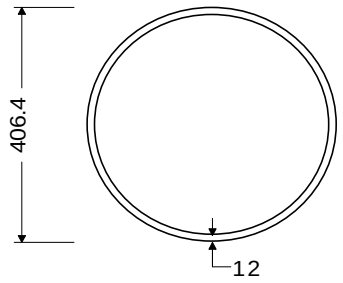
7.9 Strut 설계 (Strut-9)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 121.297 kN/m ---> Strut-9 (CS19 : 굴착 21.7 m)
= 121.297 x 3.00 / 1 단
= 363.890 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 363.890 + 120.0 = 483.890 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 483.890 x 1000 / 14868.5 = 32.545 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α・t) = 203.2 / (1.093 x 12)
= 15.489 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.093$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (60.987 - 4.103) / 60.987$

$= 0.933 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8050 / 139.5$

57.706 ---> $18.6 < L/R \le 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (57.706 - 18.6))$

$= 121.425$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 121.425$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (57.706)^2$

$= 405.406$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 89.387$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.425$ MPa $> f_c = 32.545$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.442$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.705$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{32.545}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (32.545 / 405.406))}$

$= 0.464 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 32.545 + \frac{28.442}{1 - (32.545 / 405.406)}$$

$$= 63.469 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---->} \quad \text{O.K}$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.464 , 0.403)

= 0.464 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{60.987}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

= 0.503 < 1.0 ---> O.K

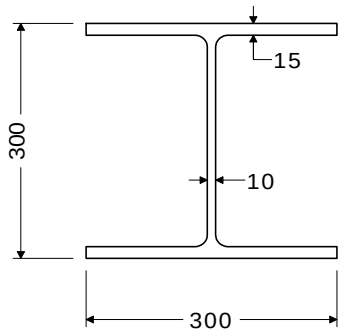
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x300x10/15(SS400)

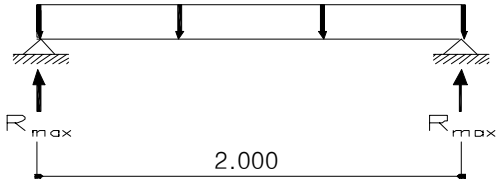
w (N/m)	922.2
A (mm^2)	11980.0
I_x (mm^4)	204000000.0
Z_x (mm^3)	1360000.0
A_w (mm^2)	2700.0
R_x (mm)	131.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 76.055 kN/m ---> Strut-1 (CS20 : Peck)

P = 76.055 × 2.00 m / 1 ea = 152.109 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 152.109 / (13 × 2.000)
= 70.204 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 70.204 × 2.000^2 / 8
= 35.102 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 70.204 × 2.000 / 2
= 70.204 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 35.102 x 1000000 / 1360000.0 = 25.810 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 70.204 x 1000 / 2700 = 26.002 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (25.810 + 25.810) / 25.810

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.667 − 4.6))

= 151.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 151.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 151.711 MPa > f_b = 25.810 MPa ---> O.K

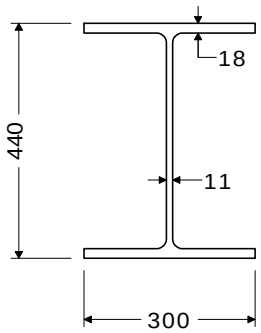
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 26.002 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

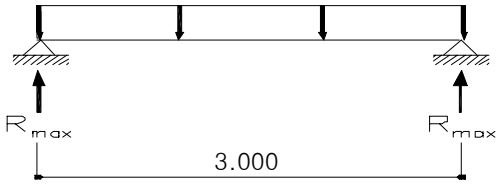
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 196.846 kN/m ---> Strut-2 (CS20 : Peck)

P = 196.846 × 3.00 m / 1 ea = 590.538 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 590.538 / (13 × 3.000)
= 181.704 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 181.704 × 3.000^2 / 8
= 204.417 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 181.704 × 3.000 / 2
= 272.556 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 204.417 x 1000000 / 2550000.0 = 80.163 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 272.556 x 1000 / 4444 = 61.331 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (80.163 + 80.163) / 80.163

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 80.163 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 61.331 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 272555.780 / 6464.000 = 42.165 MPa

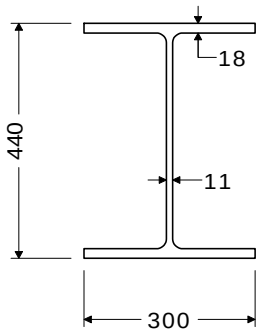
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 42.165 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

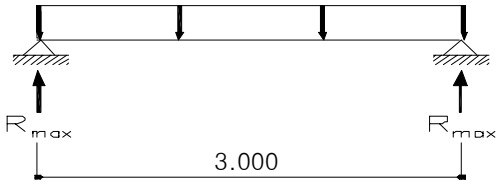
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 248.977 kN/m ---> Strut-3 (CS20 : Peck)

P = 248.977 × 3.00 m / 1 ea = 746.932 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 746.932 / (13 × 3.000)
= 229.825 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 229.825 × 3.000^2 / 8
= 258.553 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 229.825 × 3.000 / 2
= 344.738 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 258.553 x 1000000 / 2550000.0 = 101.394 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.738 x 1000 / 4444 = 77.574 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.394 + 101.394) / 101.394

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.394 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 77.574 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 344737.910 / 6464.000 = 53.332 MPa

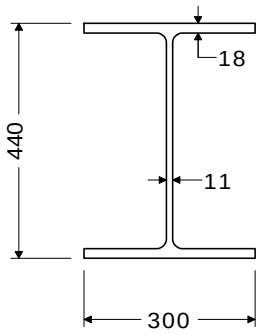
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 53.332 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

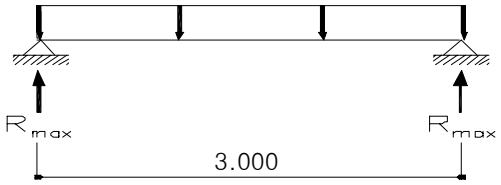
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 252.169 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 12.4 m)

P = 252.169 × 3.00 m / 1 ea = 756.508 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 756.508 / (13 × 3.000)
= 232.772 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 232.772 × 3.000^2 / 8
= 261.868 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 232.772 × 3.000 / 2
= 349.158 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 261.868 x 1000000 / 2550000.0 = 102.693 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 349.158 x 1000 / 4444 = 78.568 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (102.693 + 102.693) / 102.693$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 102.693 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 78.568 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 349157.610 / 6464.000 = 54.016 MPa

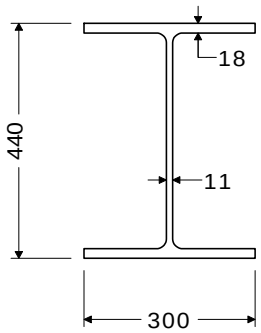
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 54.016 MPa ---> O.K

8.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

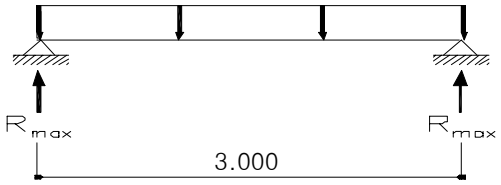
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 256.546 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 14.9 m)

P = 256.546 × 3.00 m / 1 ea = 769.639 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 769.639 / (13 × 3.000)
= 236.812 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 236.812 × 3.000^2 / 8
= 266.413 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 236.812 × 3.000 / 2
= 355.218 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 266.413 x 1000000 / 2550000.0 = 104.476 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 355.218 x 1000 / 4444 = 79.932 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (104.476 + 104.476) / 104.476

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 104.476 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 79.932 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 355217.860 / 6464.000 = 54.953 MPa

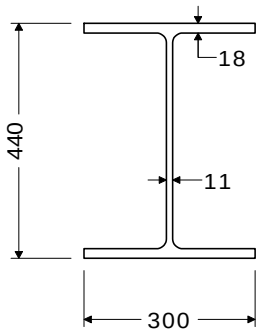
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 54.953 MPa ---> O.K

8.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

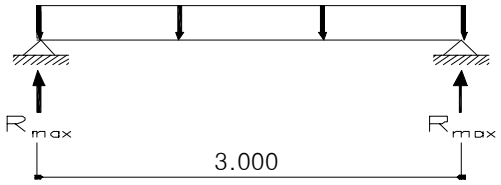
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 182.205 kN/m ---> Strut-6 (CS20 : Peck)

P = 182.205 × 3.00 m / 1 ea = 546.616 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 546.616 / (13 × 3.000)
= 168.190 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 168.190 × 3.000^2 / 8
= 189.213 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 168.190 × 3.000 / 2
= 252.284 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 189.213 x 1000000 / 2550000.0 = 74.201 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 252.284 x 1000 / 4444 = 56.770 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (74.201 + 74.201) / 74.201

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 74.201 MPa ---> O.K

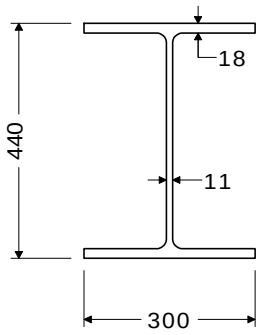
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 56.770 MPa ---> O.K

8.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

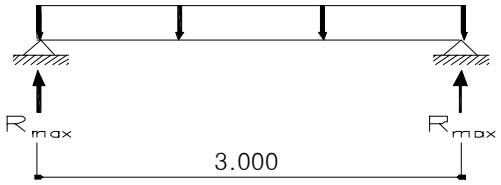
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 106.080 kN/m ---> Strut-7 (CS15 : 굴착 18.4 m)

P = 106.080 × 3.00 m / 1 ea = 318.240 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 318.240 / (13 × 3.000)
= 97.920 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 97.920 × 3.000^2 / 8
= 110.160 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 97.920 × 3.000 / 2
= 146.880 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 110.160 x 1000000 / 2550000.0 = 43.200 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 146.880 x 1000 / 4444 = 33.051 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (43.200 + 43.200) / 43.200

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 43.200 MPa ---> O.K

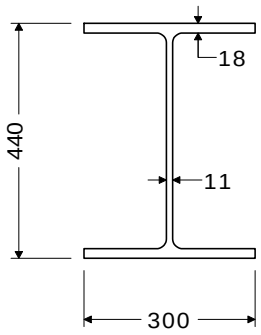
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 33.051 MPa ---> O.K

8.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

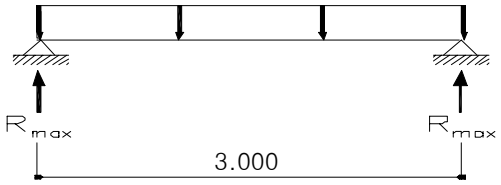
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 113.586 kN/m ---> Strut-8 (CS17 : 굴착 19.9 m)

P = 113.586 × 3.00 m / 1 ea = 340.758 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 340.758 / (13 × 3.000)
= 104.849 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 104.849 × 3.000^2 / 8
= 117.955 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 104.849 × 3.000 / 2
= 157.273 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 117.955 x 1000000 / 2550000.0 = 46.257 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 157.273 x 1000 / 4444 = 35.390 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (46.257 + 46.257) / 46.257$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 46.257 MPa ---> O.K

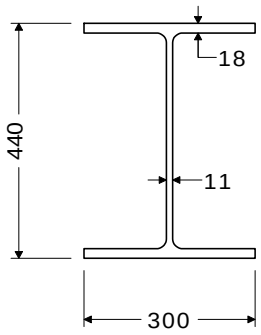
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 35.390 MPa ---> O.K

8.9 Strut-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

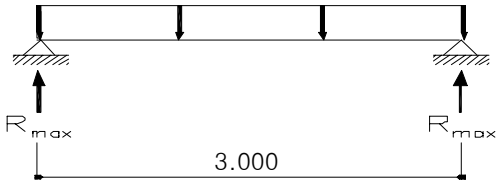
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 121.297 kN/m ---> Strut-9 (CS19 : 굴착 21.7 m)

P = 121.297 × 3.00 m / 1 ea = 363.890 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 363.890 / (13 × 3.000)
= 111.966 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 111.966 × 3.000^2 / 8
= 125.962 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 111.966 × 3.000 / 2
= 167.949 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 125.962 x 1000000 / 2550000.0 = 49.397 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 167.949 x 1000 / 4444 = 37.792 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (49.397 + 49.397) / 49.397

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 49.397 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 37.792 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

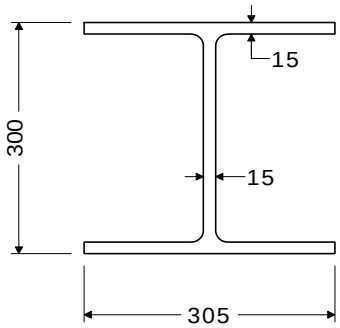
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	357.210	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	25.700	kN				
라. 버팀보 자중	=	48.200	kN				
마. 띠장 자중	=	12.000	kN				
바. 지보재 수직분력	=	0.000	kN	× 1.200	=	0.000	kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
$\sum P_s$	=	494.410	kN				

최대모멘트, M_{max} = 149.980 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 9.9 m)

최대전단력, S_{max} = 177.990 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 12.4 m)

▶ Pmax = 494.410 kN

▶ Mmax = 149.980 × 1.200 = 179.976 kN·m

▶ Smax = 177.990 × 1.200 = 213.588 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 179.976 x 1000000 / 1440000.0 = 124.983 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 494.410 x 1000 / 13480 = 36.677 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 213.588 x 1000 / 4050 = 52.738 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.755

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (161.661 − −88.306) / 161.661

= 1.546

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2900 / 126

23.016 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (23.016 − 16))

= 203.568 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 203.568 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2900 / 305

= 9.508 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (9.508 − 4))

= 189.521 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.521 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (23.016)^2

= 2548.466 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 203.568 MPa > f_c = 36.677 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.521 MPa > f_b = 124.983 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 52.738 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{36.677}{203.568} + \frac{124.983}{189.521 \times (1 - (36.677 / 2548.466))}$$

$$= 0.849 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 36.677 + \frac{124.983}{1 - (36.677 / 2548.466)}$$

$$= 163.486 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.849 , 0.765)

= 0.849 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 24.1 mm ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 12.4 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 21.700 x 1000 x 0.002 = 43.400 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 494.41 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 tonf/m^2

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

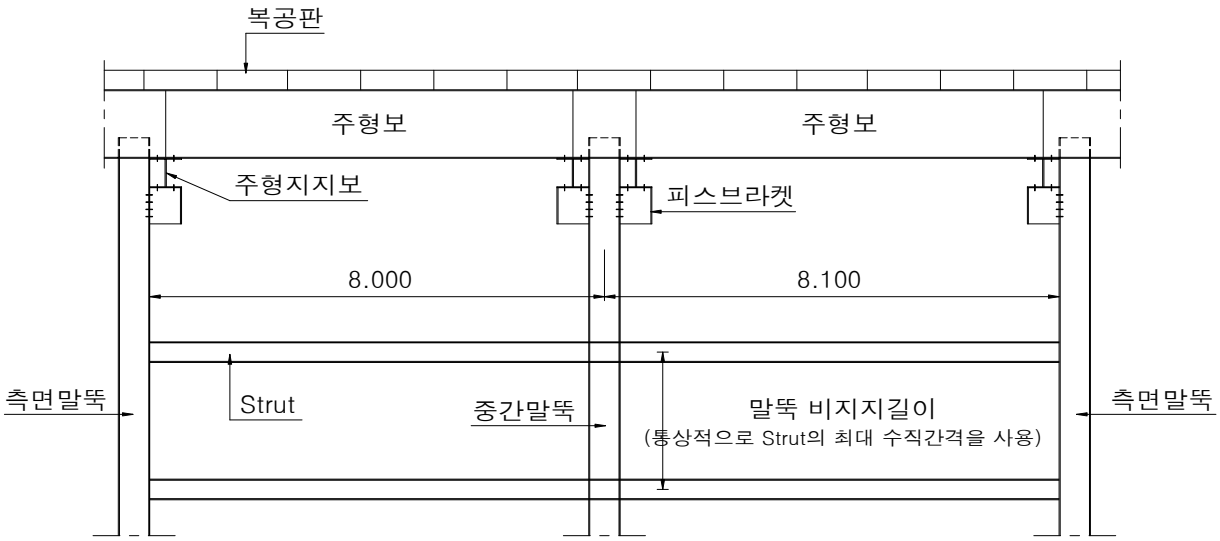
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 8.100 = 16.100 m

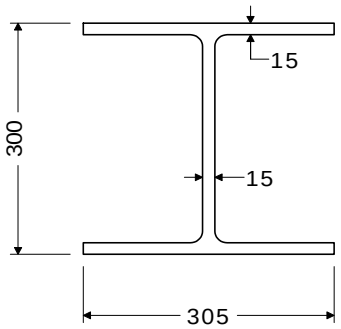
나. PILE 설치간격 : 2.50 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 24.600 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 43.800 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.000 kN

ΣP_s = 84.940 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 8.100) / 2 = 22.478 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

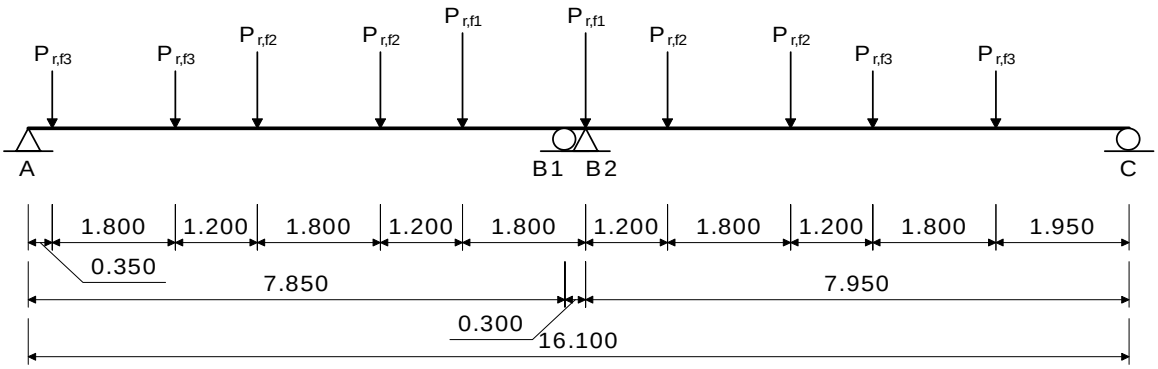
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150 + 70.200 x 0.350) / 7.850

= 224.660 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750 + 70.200 x 1.950) / 7.950

= 312.883 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 224.660 x 1.00 = 224.660 kN

P_{r2} = 312.883 x 1.00 = 312.883 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150 + 17.550 x 0.350) / 7.850

= 56.165 kN

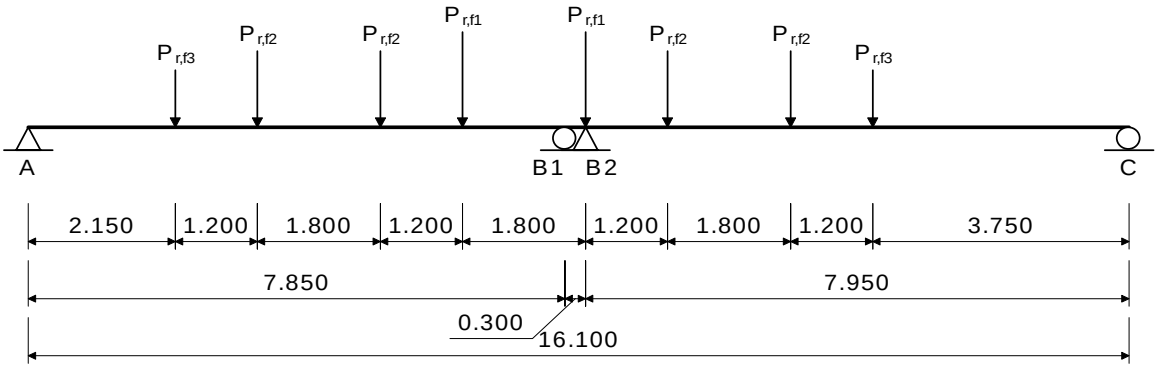
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750 + 17.550 x 1.950) / 7.950

= 78.221 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 56.165 x 1.00 = 56.165 kN

P_{f2} = 78.221 x 1.00 = 78.221 kN

② **2.0** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150) / 7.850

= 221.530 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750) / 7.950

= 295.664 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 221.530 x 1.00 = 221.530 kN

P_{r2} = 295.664 x 1.00 = 295.664 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150) / 7.850

= 55.382 kN

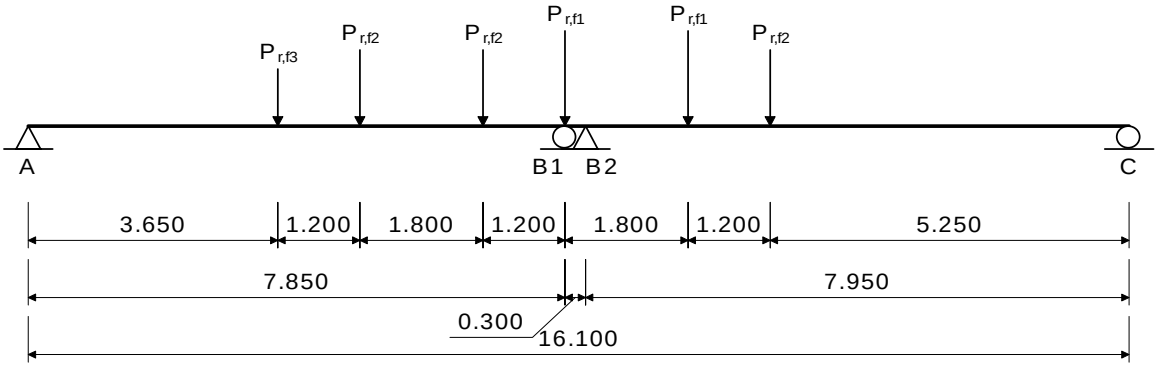
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750) / 7.950

= 73.916 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 55.382 x 1.00 = 55.382 kN

P_{f2} = 73.916 x 1.00 = 73.916 kN

③ **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650) / 7.850

= 294.562 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.450 + 93.600 x 5.250) / 7.950

= 163.064 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 294.562 x 1.00 = 294.562 kN

P_{r2} = 163.064 x 1.00 = 163.064 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650) / 7.850

= 73.640 kN

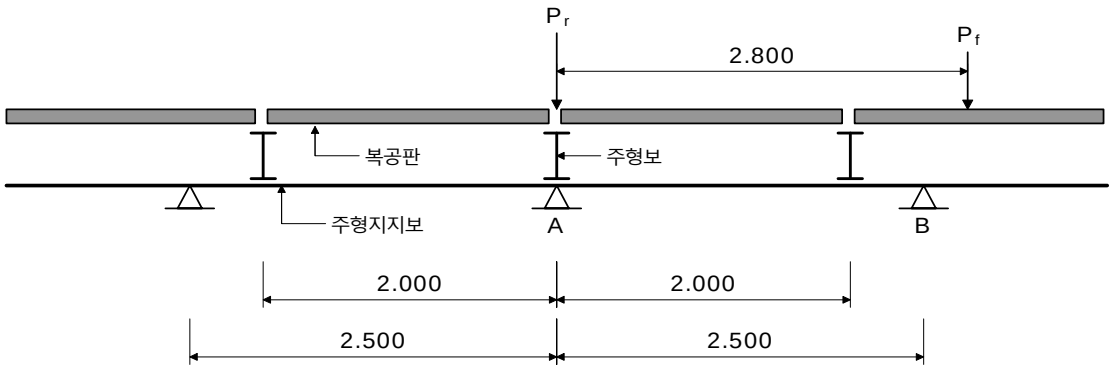
R_{B2} = (31.200 x 6.450 + 23.400 x 5.250) / 7.950

= 40.766 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 73.640 x 1.00 = 73.640 kN

P_{f2} = 40.766 x 1.00 = 40.766 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (294.562 x 2.500) / 2.500

= 294.562 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 2.50 / 2.00

= 294.562 + 22.200 x 2.50 / 2.00 = 322.312 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (312.883 x 2.500) / 2.500

= 312.883 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 2.50 / 2.00

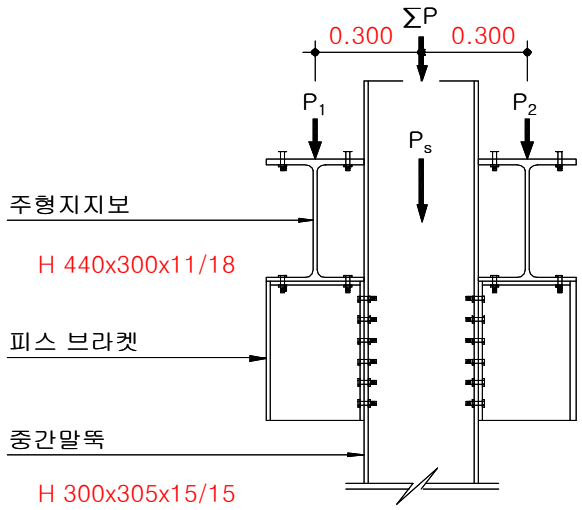
= 312.883 + 22.478 x 2.50 / 2.00 = 340.980 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 322.312 + 340.980 + 84.940 = 748.232 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 748.232 x 1000 / 13480 = 55.507 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 102.294 x 1000000 / 1440000 = 71.037 MPa

여기서, M_{max} = P_2 x e = 340.980 x 0.300 = 102.294 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.965

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (126.544 − −15.531) / 126.544

= 1.123

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 3900 / 126

30.952 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (30.952 − 16))

= 192.050 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 192.050 MPa

L_y / R_y = 3900 / 72.6

53.719 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (53.719 − 16))

= 159.010 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.010 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 159.010 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3900 / 305

= 12.787 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (12.787 − 4))

= 175.099 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 175.099 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (30.952)^2

= 1409.112 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.010 MPa > f_c = 55.507 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.099 MPa > f_b = 71.037 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{55.507}{159.010} + \frac{71.037}{175.099 \times (1 - (55.507 / 1409.112))}$

= 0.771 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 55.507 + \frac{71.037}{1 - (55.507 / 1409.112)}$

= 129.457 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.771 , 0.606)

= 0.771 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 748.23 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

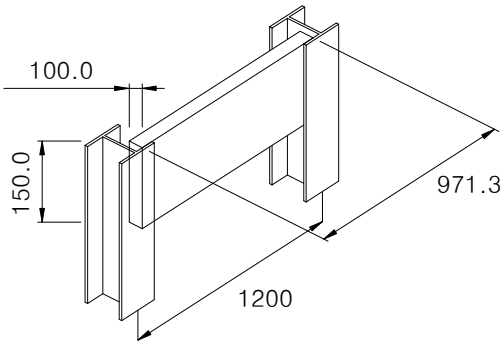
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 21.70m)

가. 목재의 허용응력 철도설계기준

목재의 종류		허용응력(MPa)	
		휨	전단
침엽수	소나무,해송,낙엽송,노송나무,솔송나무,미송	13.500	1.050
	삼나무,가문비나무,미삼나무,전나무	10.500	0.750
활엽수	참나무	19.500	2.100
	밤나무,느티나무,졸참나무,너도밤나무	15.000	1.500

나. 설계제원

높이 (H, mm)	150.0
두께 (t, mm)	100.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
목재의 종류	침엽수(소나무...)
목재의 허용 휨응력(MPa)	13.500
목재의 허용 전단응력(MPa)	1.05



다. 설계지간

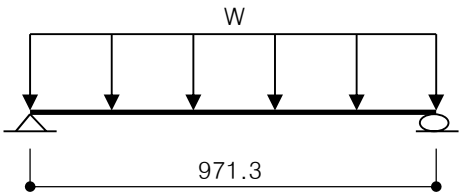
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

라. 단면력 산정

p_{max} = 0.1293 MPa ---> (CS20 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 129.3 kN/m^2 x 0.1500 m = 19.4 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 19.4 x 0.971 ^{2}/ 8 = 2.3 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 19.4 x 0.971 / 2 = 9.4 kN

마. 토류판에 작용하는 응력 산정

$Z = H \times t2 / 6$

$= 150.0 \times 100.0^{2} / 6$

$= 250000 \ mm^{3}$

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z$

$= 2.3 \times 1000000 / 250000$

$= 9.15 \ MPa < f_{ba} = 13.5 \ MPa$ ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / (H \times t)$

$= 9.4 \times 1000 / (150.0 \times 100.0)$

$= 0.63 \ MPa < \tau_a = 1.1 \ MPa$ ---> O.K

바. 토류판 두께 산정

$T_{req} = \sqrt{(6 \times M_{max}) / (H \times f_{ba})}$

$= \sqrt{(6 \times 2.3 \times 1000000) / (150.0 \times 13.5)}$

$= 82.31 \ mm < T_{use} = 100.00 \ mm$ 사용 ---> O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 21.7 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.50	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	토사(모래)	10.80	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
3	토사(자갈)	11.94	20.00	21.00	0.00	35.00	10	-	32000.00
4	풍화토	13.02	20.00	21.00	21.00	29.00	10	-	31000.00
5	풍화암	21.58	21.00	22.00	30.00	33.00	10	-	34000.00
6	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	10	-	50000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	24.2	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8.05	0	1
2	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.6	3	8.05	50	1
3	Strut-3	P 406.4x12	SS400	6.5	3	8.05	50	1
4	Strut-4	P 406.4x12	SS400	9.4	3	8.05	50	1
5	Strut-5	P 406.4x12	SS400	11.9	3	8.05	50	1
6	Strut-6	P 406.4x12	SS400	14.4	3	8.05	50	1
7	Strut-7	P 406.4x12	SS400	16.4	3	8.05	50	1
8	Strut-8	P 406.4x12	SS400	17.9	3	8.05	100	1
9	Strut-9	P 406.4x12	SS400	19.4	3	8.05	100	1

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 21.7 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.10	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	7.00	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	9.90	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	12.40	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	14.90	-	-	-	-	-	-	O	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	16.90	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	18.40	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	19.90	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-9		-	-	-	-	X	X
19	21.70	-	-	-	-	-	-	X	X
20	21.70	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.50	1.5	-4.63	5.2	1.24	9.4	-14.41	3.1
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.50	1.5	-4.63	5.2	1.24	9.4	-14.41	3.1
CS3 : 굴착 3.1 m	3.10	20.03	3.5	-25.96	0.6	23.10	2.5	-10.19	6.1
CS4 : 생성 Strut-2	3.10	14.28	2.6	-18.06	0.6	11.42	2.0	-8.10	5.2
CS5 : 굴착 7 m	7.00	76.69	2.6	-114.96	2.6	102.44	6.1	-121.79	2.6
CS6 : 생성 Strut-3	7.00	70.11	2.6	-106.88	2.6	87.43	6.1	-108.30	2.6
CS7 : 굴착 9.9 m	9.90	89.80	10.8	-177.63	6.5	149.98	8.9	-75.43	2.6
CS8 : 생성 Strut-4	9.90	82.88	10.8	-168.21	6.5	137.86	8.9	-77.93	2.6
CS9 : 굴착 12.4 m	12.40	116.48	12.7	-177.99	9.4	131.68	11.2	-79.79	2.6
CS10 : 생성 Strut-5	12.40	108.95	12.7	-169.03	9.4	124.45	11.2	-79.63	2.6
CS11 : 굴착 14.9 m	14.90	109.81	11.9	-146.73	11.9	70.72	13.5	-80.01	2.6
CS12 : 생성 Strut-6	14.90	106.56	11.9	-138.70	11.9	70.30	10.4	-79.99	2.6
CS13 : 굴착 16.9 m	16.90	106.78	11.9	-128.57	9.4	71.28	10.4	-79.95	2.6
CS14 : 생성 Strut-7	16.90	106.89	11.9	-128.46	9.4	71.07	10.4	-79.96	2.6
CS15 : 굴착 18.4 m	18.40	106.31	11.9	-129.03	9.4	71.55	10.8	-79.95	2.6
CS16 : 생성 Strut-8	18.40	106.50	11.9	-128.85	9.4	71.40	10.4	-79.96	2.6
CS17 : 굴착 19.9 m	19.90	106.44	11.9	-128.91	9.4	71.41	10.4	-79.96	2.6
CS18 : 생성 Strut-9	19.90	106.45	11.9	-128.89	9.4	71.41	10.4	-79.96	2.6
CS19 : 굴착 21.7 m	21.70	106.48	11.9	-128.86	9.4	71.38	10.4	-79.96	2.6
CS20 : Peck	21.70	115.61	6.5	-150.98	11.9	54.47	4.4	-73.02	6.5
TOTAL		116.48	12.7	-177.99	9.4	149.98	8.9	-121.79	2.6

13.1.2 지보재 반력 집계

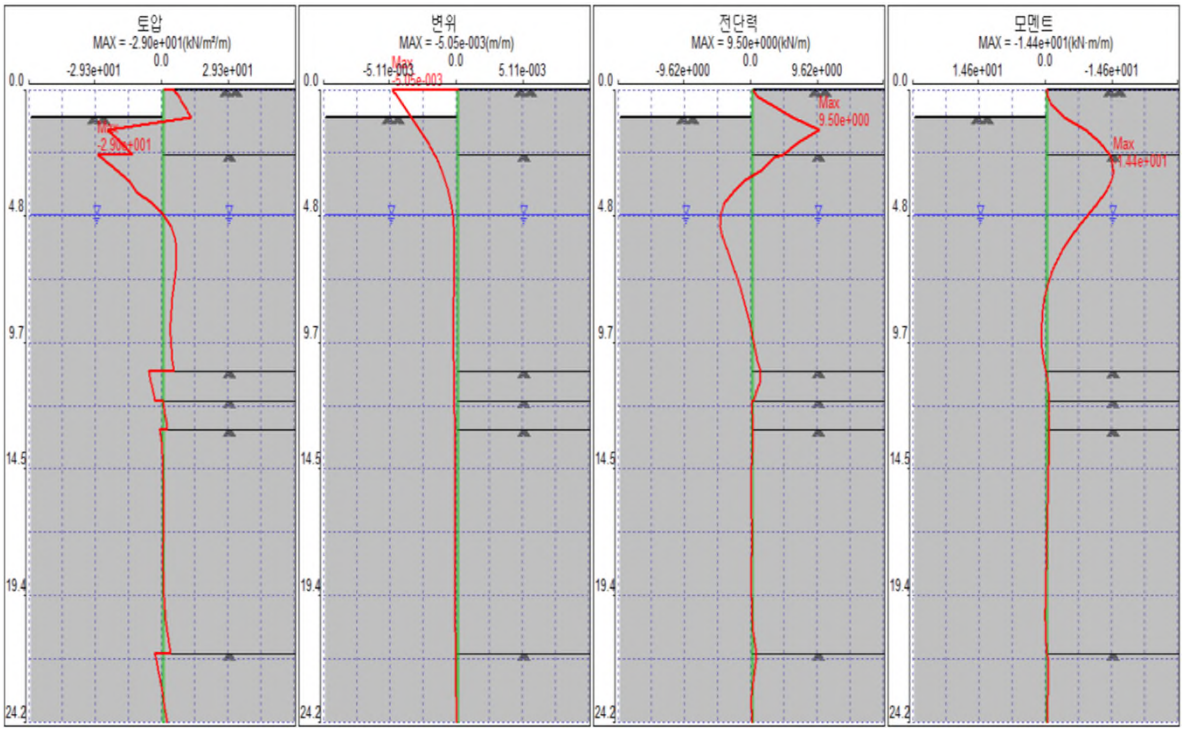
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-5
		0.55 (m)	2.6 (m)	6.5 (m)	9.4 (m)	11.9 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.1 m	3.10	28.42	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.10	20.52	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 7 m	7.00	-41.89	191.66	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	7.00	-35.31	176.99	16.67	-	-
CS7 : 굴착 9.9 m	9.90	-19.29	114.54	244.20	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	9.90	-20.51	119.16	231.34	16.67	-
CS9 : 굴착 12.4 m	12.40	-21.41	123.98	178.11	252.17	-
CS10 : 생성 Strut-5	12.40	-21.33	123.60	181.75	239.86	16.67
CS11 : 굴착 14.9 m	14.90	-21.52	124.22	181.95	195.73	256.55
CS12 : 생성 Strut-6	14.90	-21.51	124.20	181.78	199.17	245.26
CS13 : 굴착 16.9 m	16.90	-21.49	124.13	182.31	198.49	223.82
CS14 : 생성 Strut-7	16.90	-21.50	124.14	182.26	198.42	226.64
CS15 : 굴착 18.4 m	18.40	-21.49	124.13	182.25	199.01	223.93
CS16 : 생성 Strut-8	18.40	-21.49	124.13	182.25	198.82	224.63
CS17 : 굴착 19.9 m	19.90	-21.50	124.13	182.23	198.90	225.15
CS18 : 생성 Strut-9	19.90	-21.50	124.13	182.24	198.88	224.93
CS19 : 굴착 21.7 m	21.70	-21.50	124.13	182.24	198.85	225.21
CS20 : Peck	21.70	76.05	196.85	248.98	226.29	252.23
TOTAL		76.05	196.85	248.98	252.17	256.55

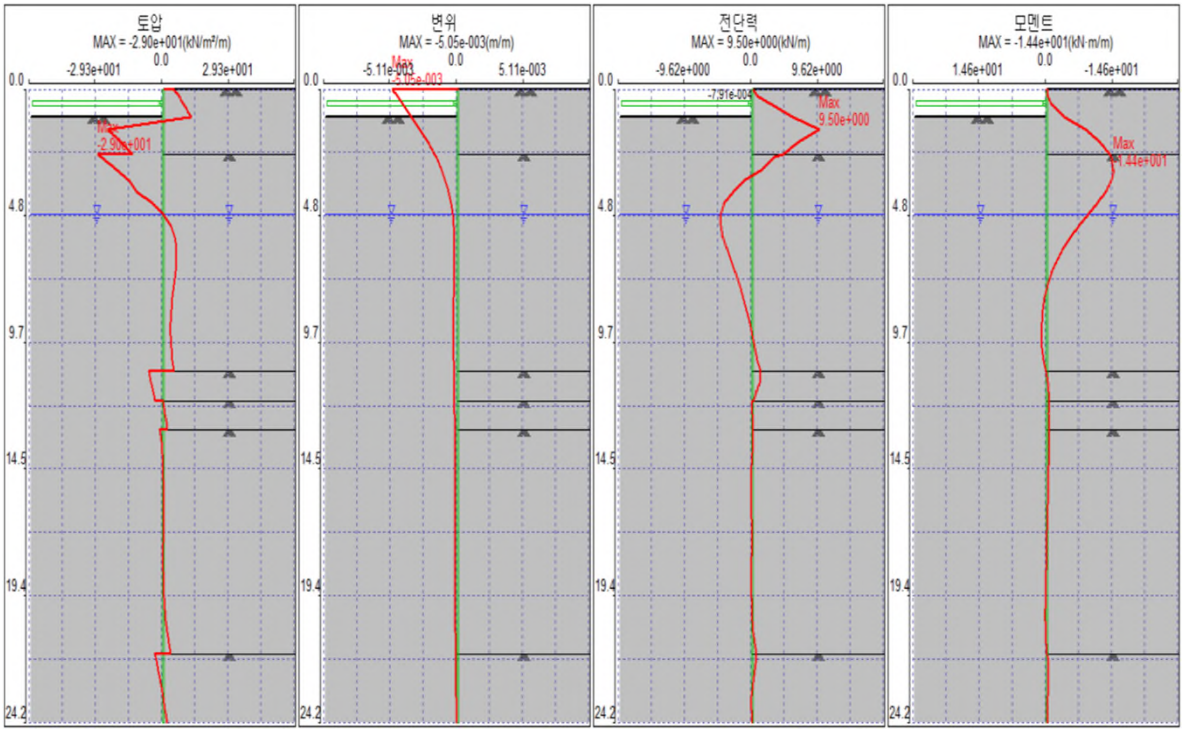
시공단계	굴착 깊이	Strut-6	Strut-7	Strut-8	Strut-9	
		14.4 (m)	16.4 (m)	17.9 (m)	19.4 (m)	
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-	-	
CS3 : 굴착 3.1 m	3.10	-	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-2	3.10	-	-	-	-	
CS5 : 굴착 7 m	7.00	-	-	-	-	
CS6 : 생성 Strut-3	7.00	-	-	-	-	
CS7 : 굴착 9.9 m	9.90	-	-	-	-	
CS8 : 생성 Strut-4	9.90	-	-	-	-	
CS9 : 굴착 12.4 m	12.40	-	-	-	-	
CS10 : 생성 Strut-5	12.40	-	-	-	-	
CS11 : 굴착 14.9 m	14.90	-	-	-	-	
CS12 : 생성 Strut-6	14.90	16.67	-	-	-	
CS13 : 굴착 16.9 m	16.90	152.83	-	-	-	
CS14 : 생성 Strut-7	16.90	141.40	16.67	-	-	
CS15 : 굴착 18.4 m	18.40	130.24	106.08	-	-	
CS16 : 생성 Strut-8	18.40	134.81	80.86	33.33	-	
CS17 : 굴착 19.9 m	19.90	128.88	74.42	113.59	-	
CS18 : 생성 Strut-9	19.90	130.84	77.93	88.40	33.33	
CS19 : 굴착 21.7 m	21.70	130.74	70.27	82.47	121.30	
CS20 : Peck	21.70	182.21	96.71	75.68	62.45	
TOTAL		182.21	106.08	113.59	121.30	

13.2 시공단계별 단면력도

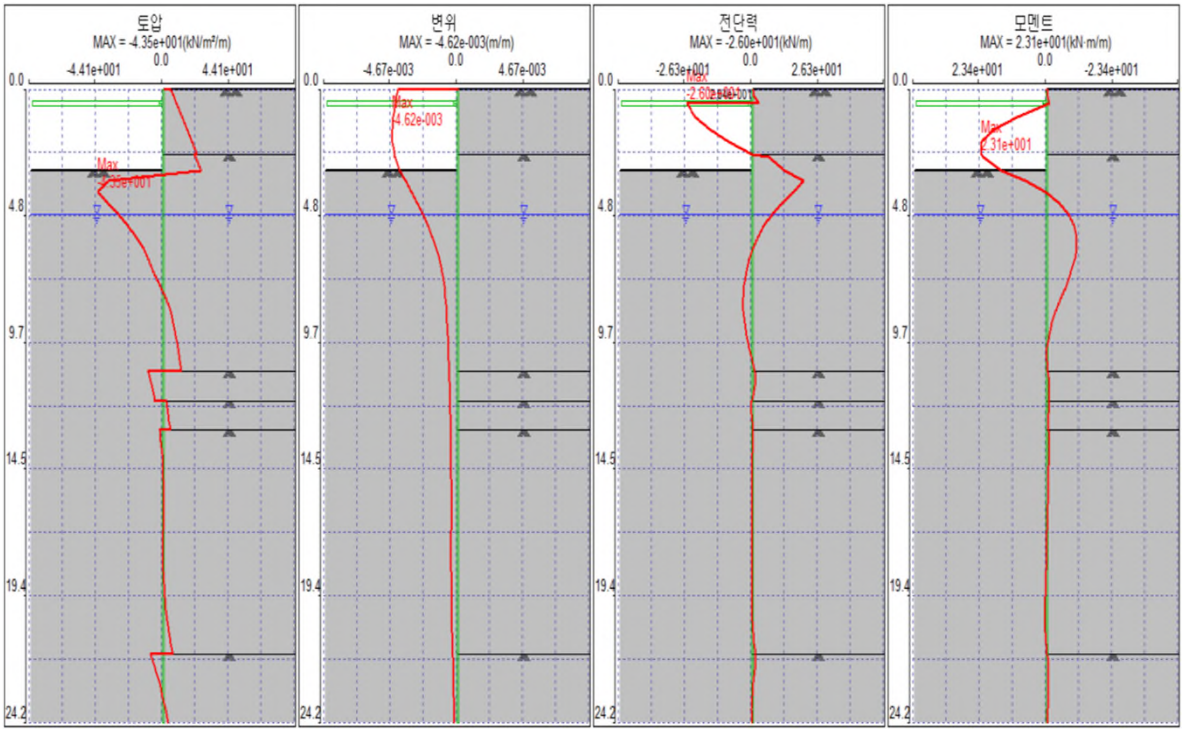
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



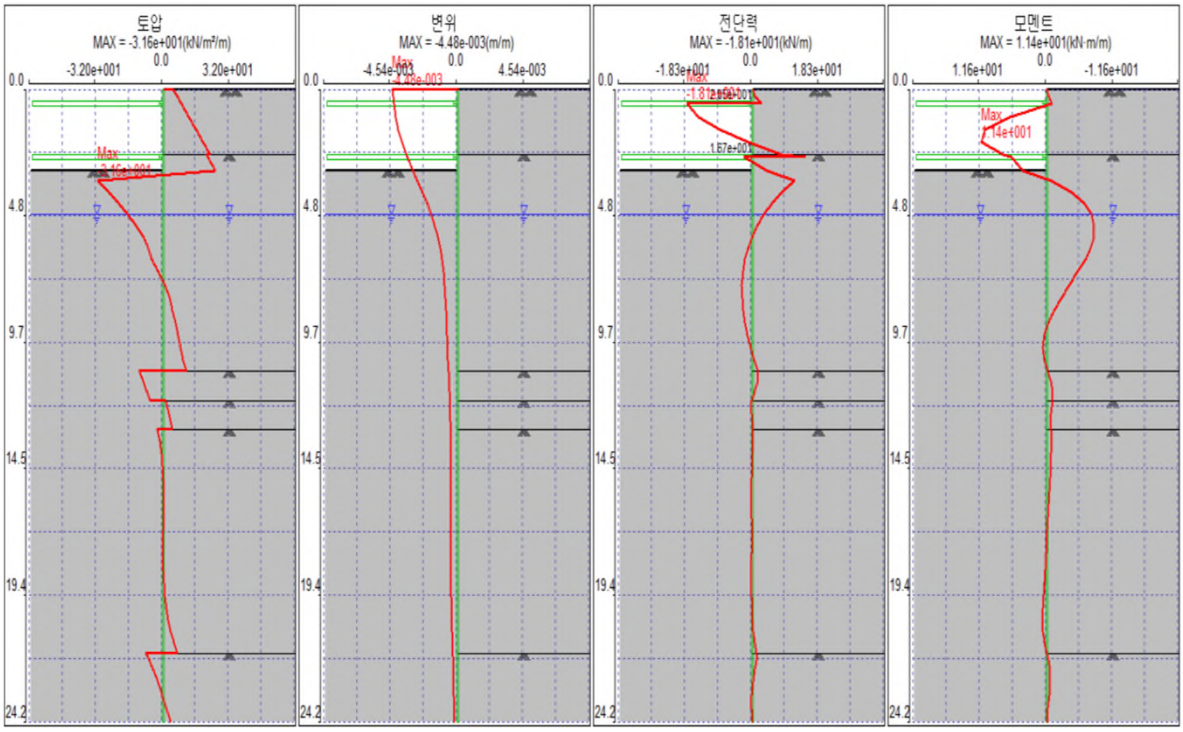
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



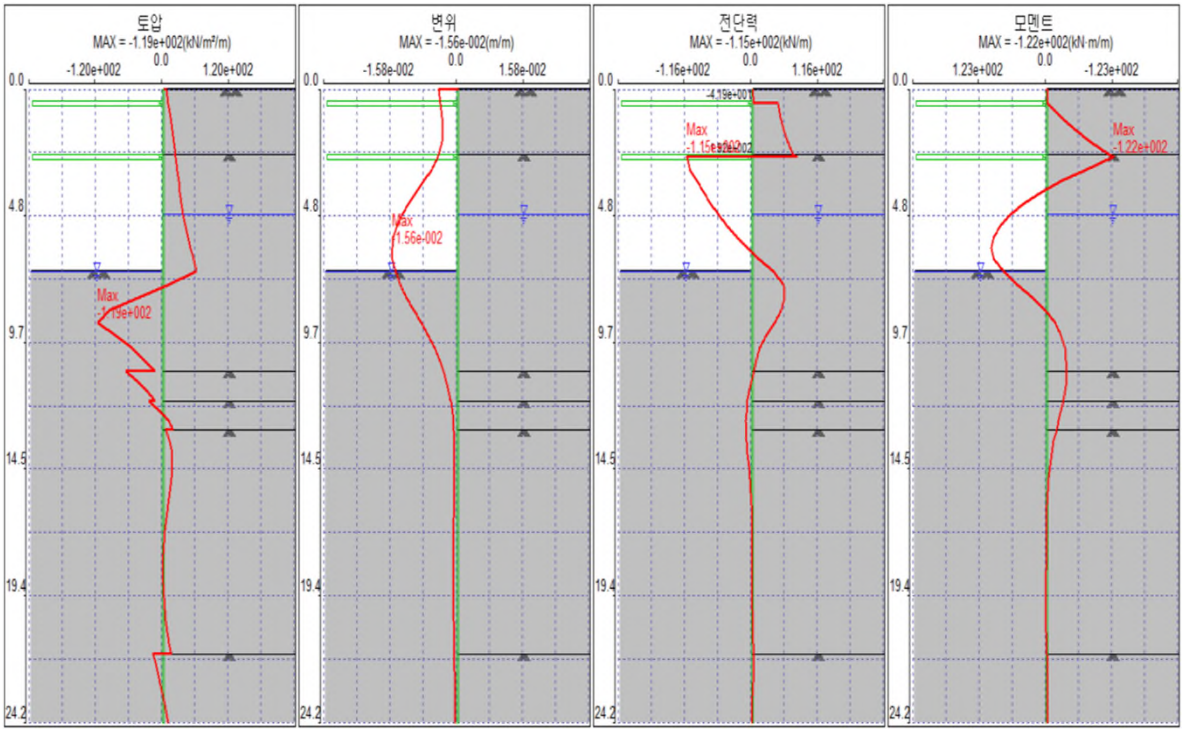
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.1 m]



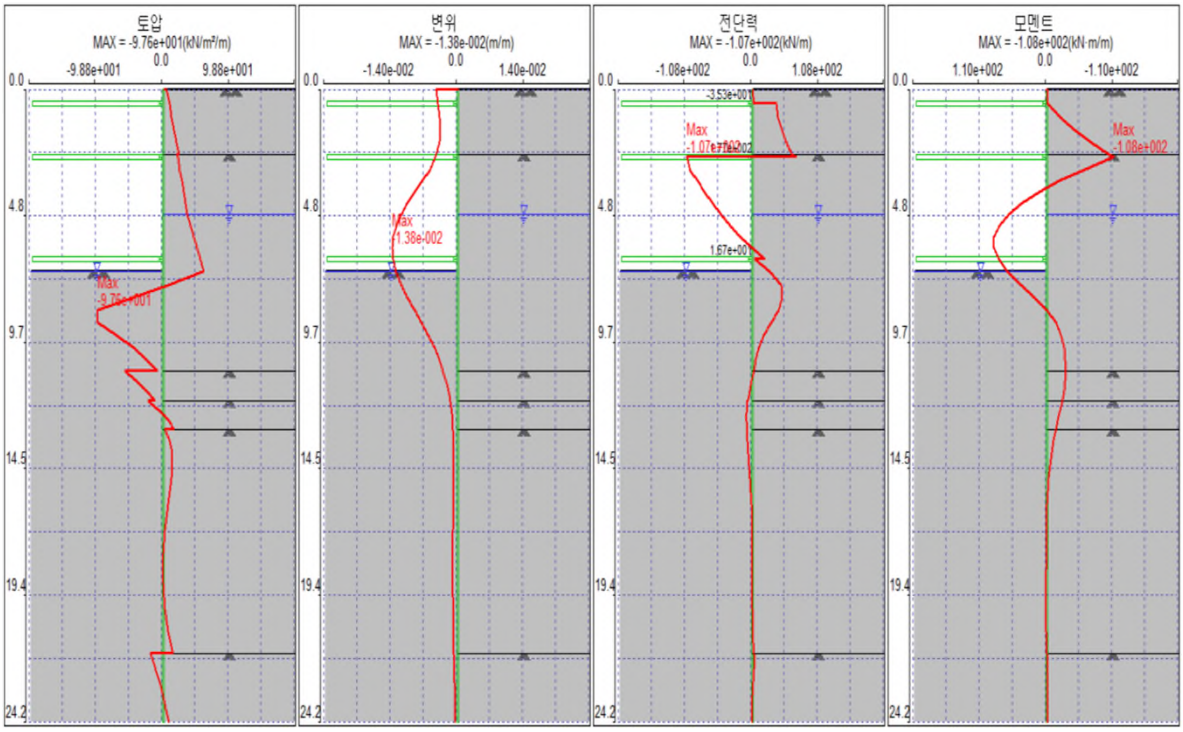
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



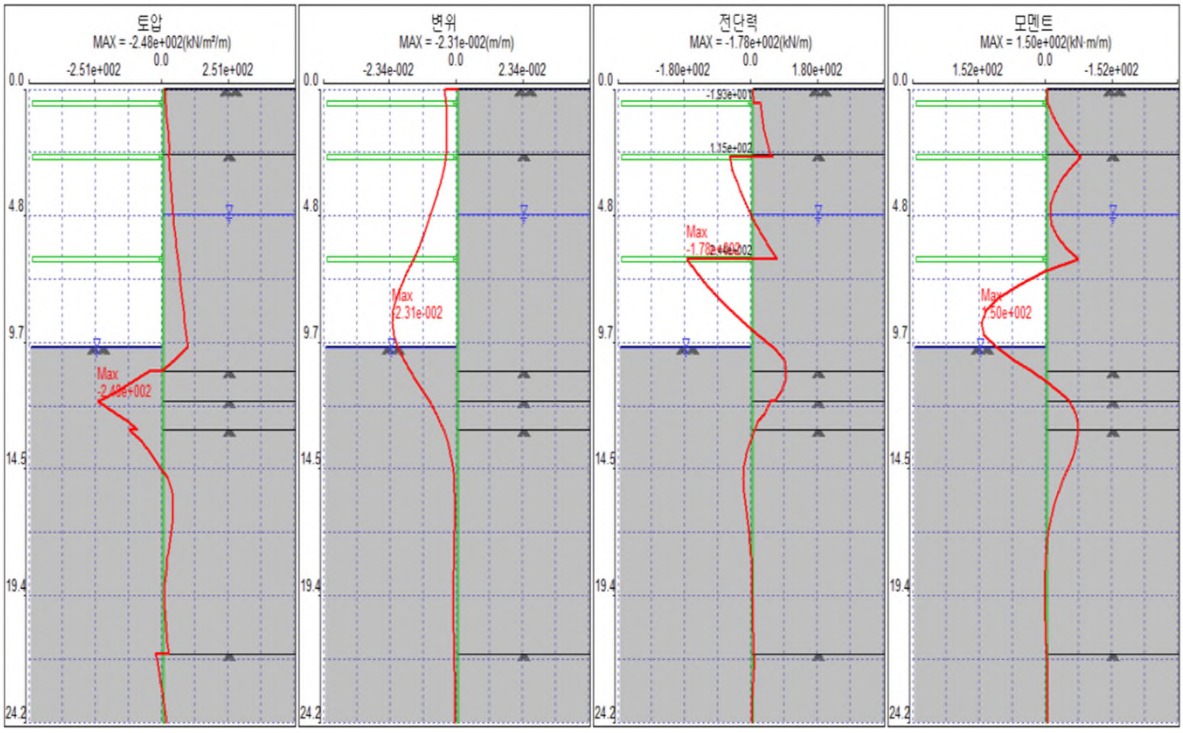
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 7 m]



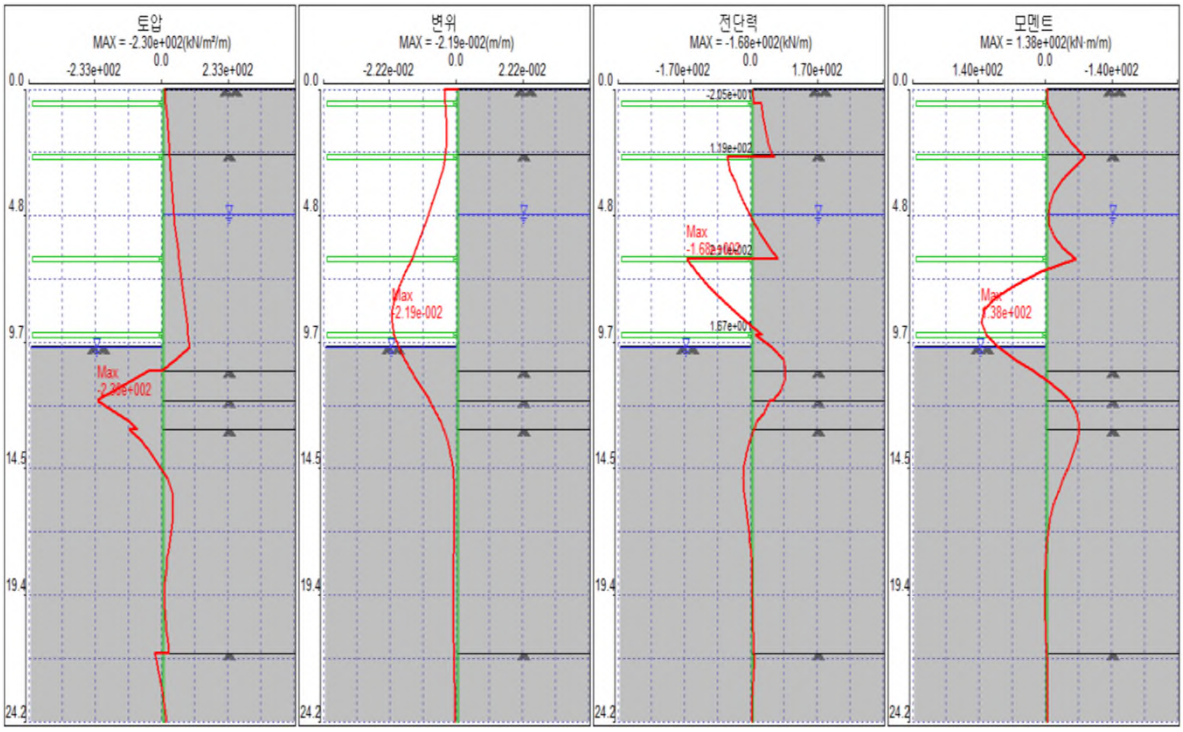
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



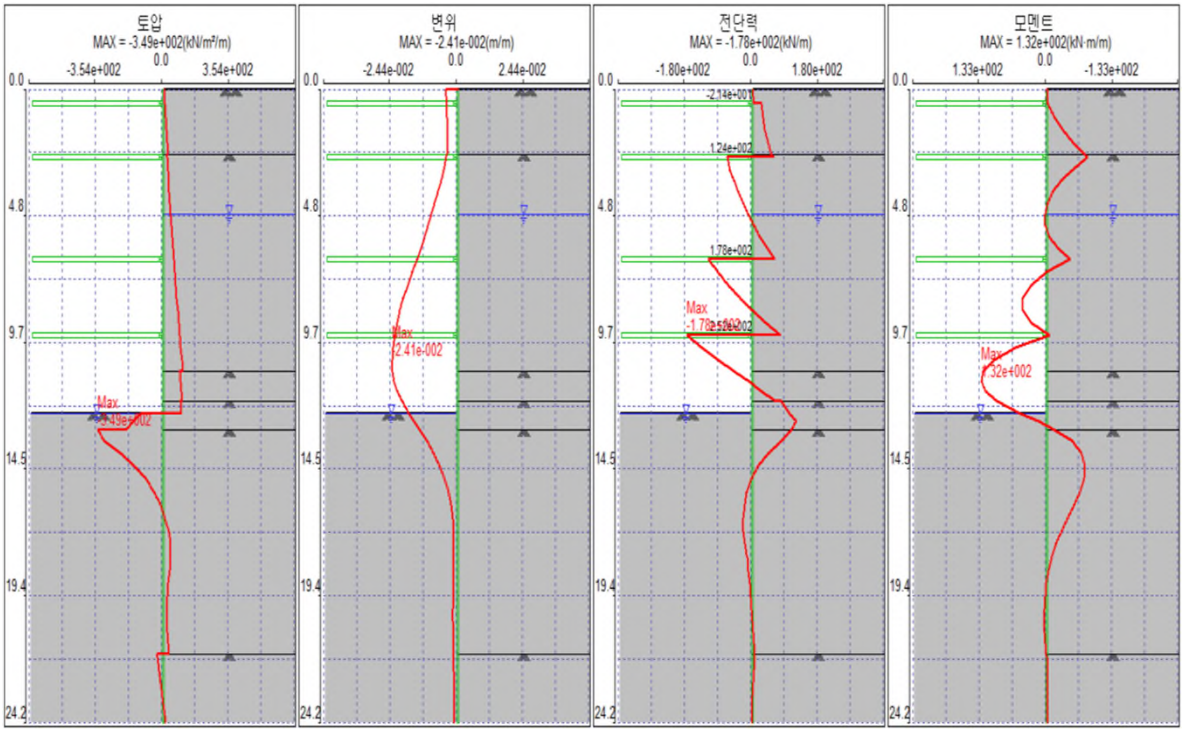
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 9.9 m]



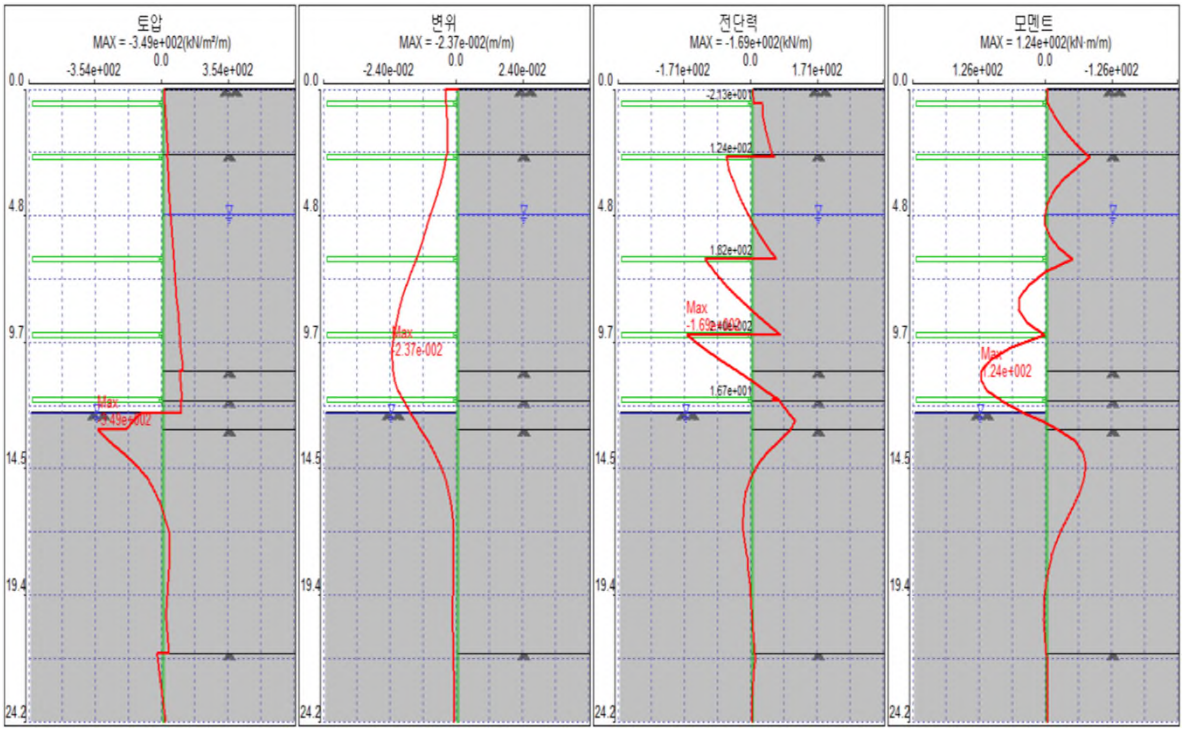
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



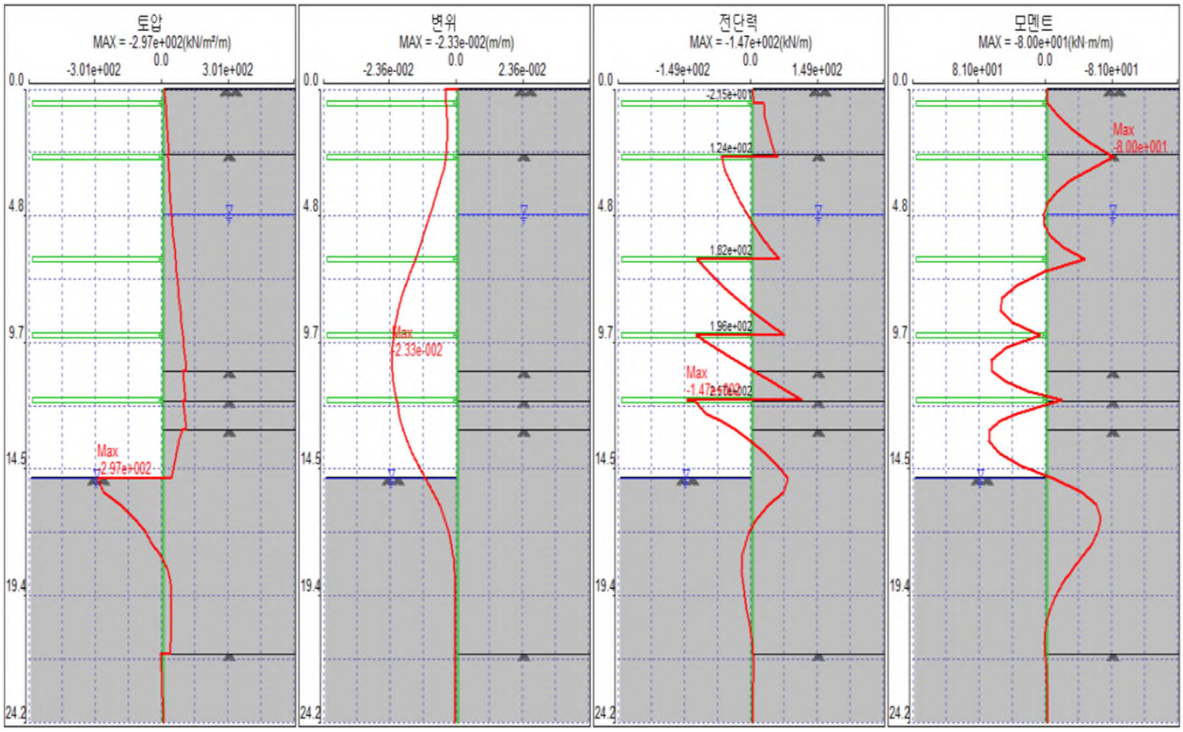
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 12.4 m]



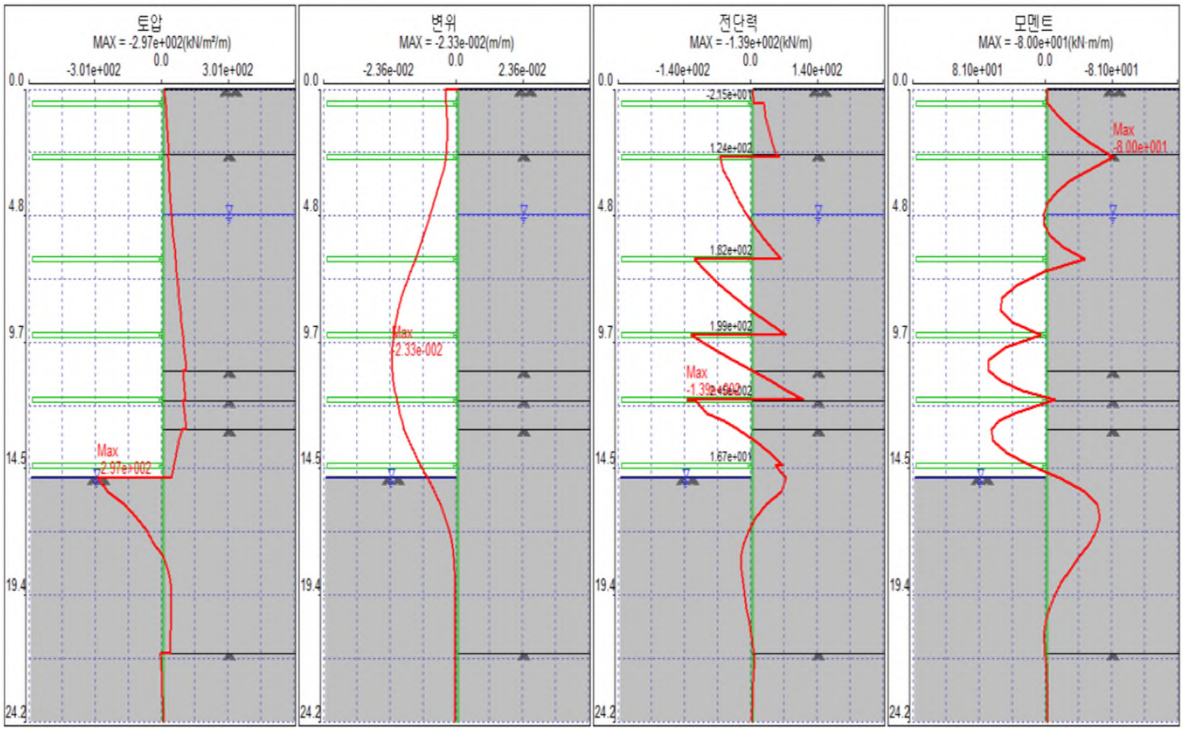
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



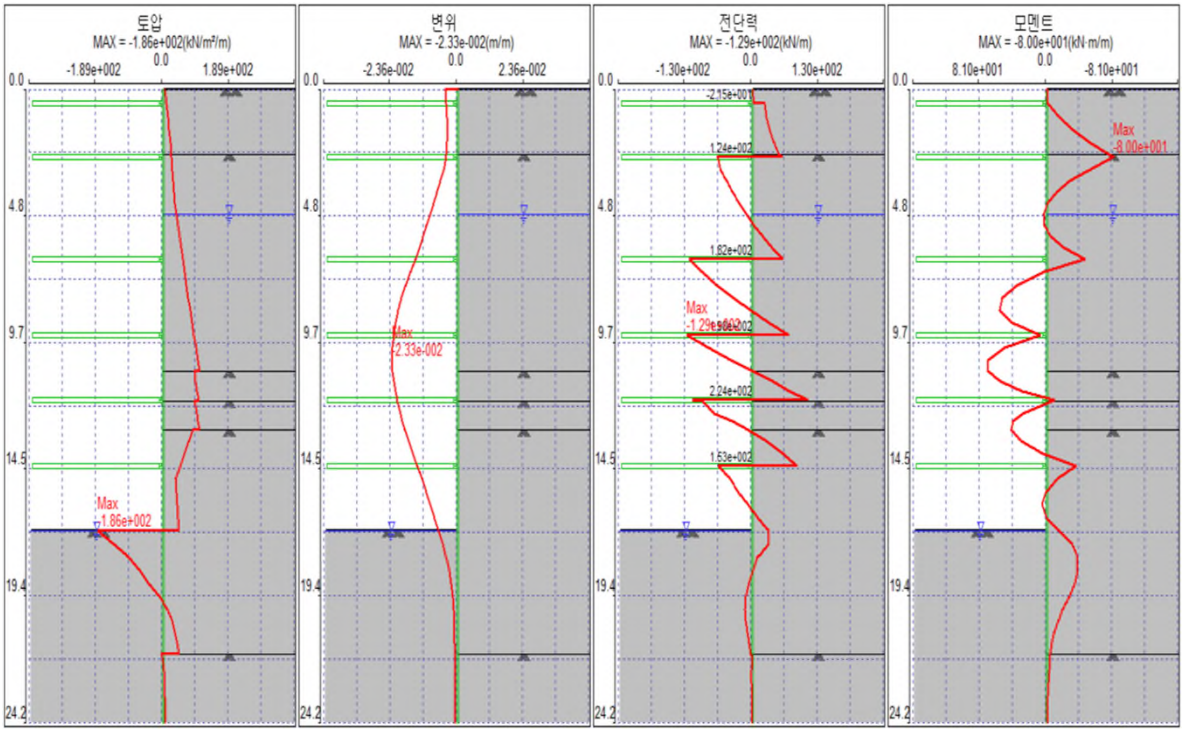
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 14.9 m]



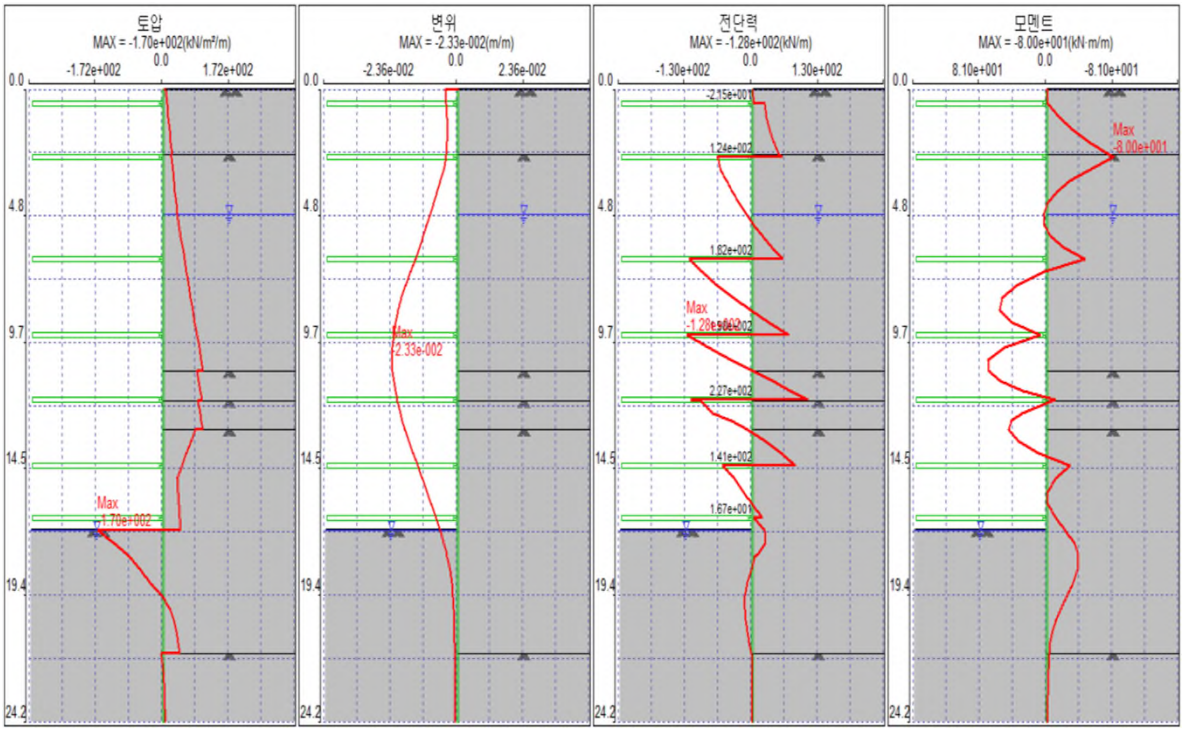
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



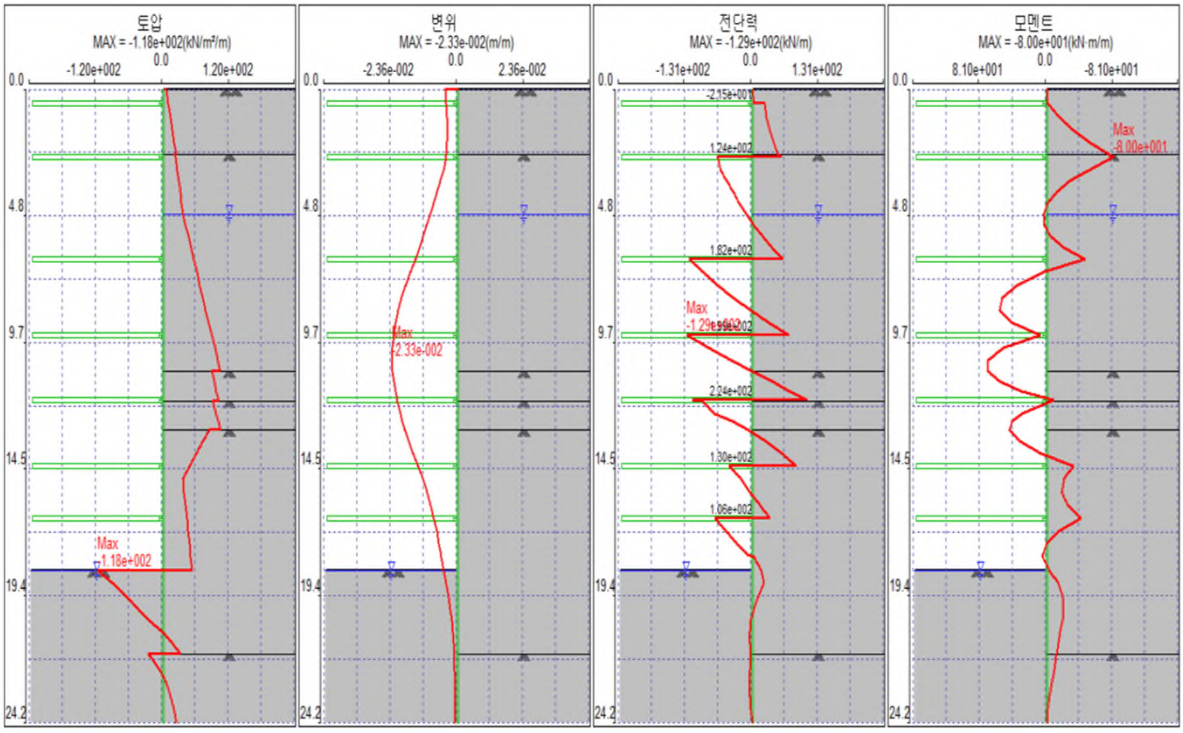
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 16.9 m]



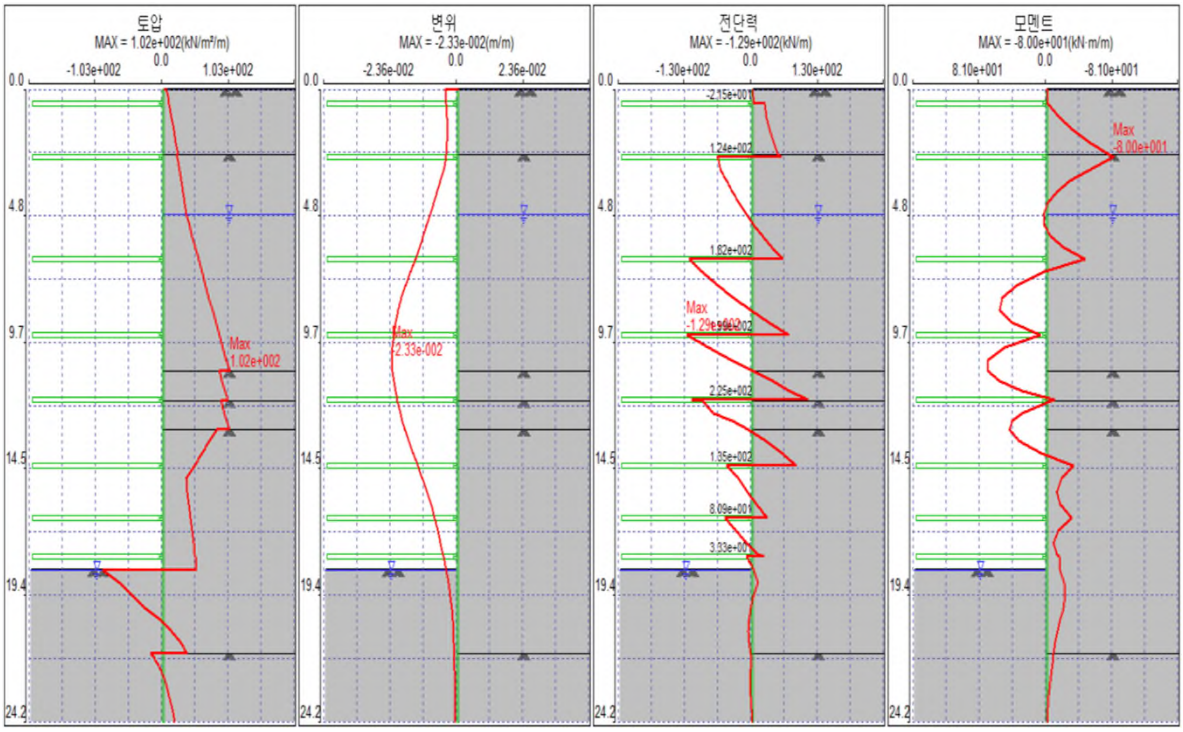
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



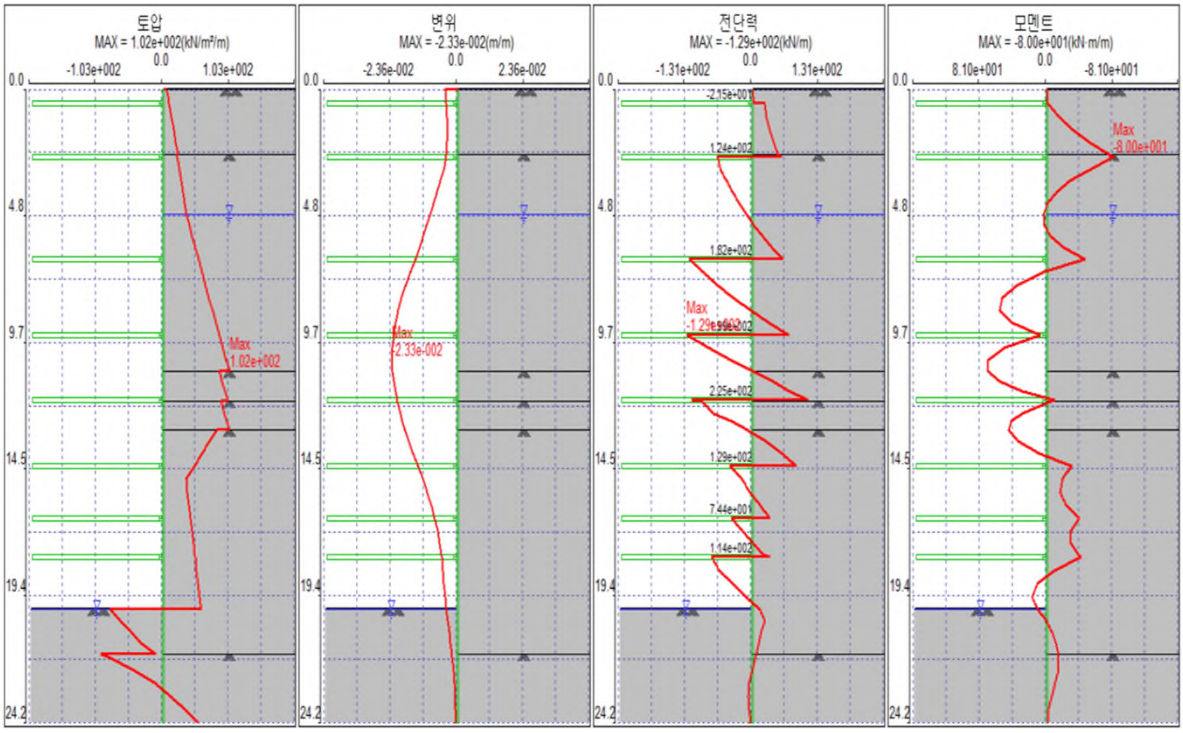
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 18.4 m]



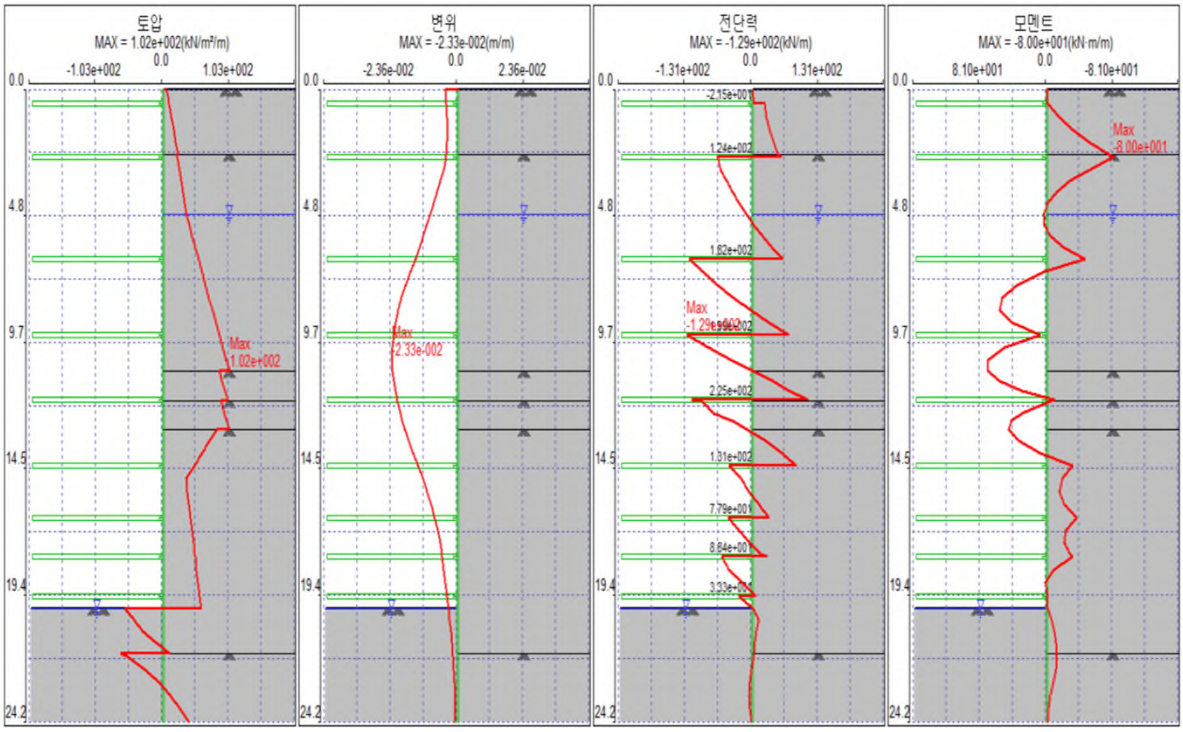
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



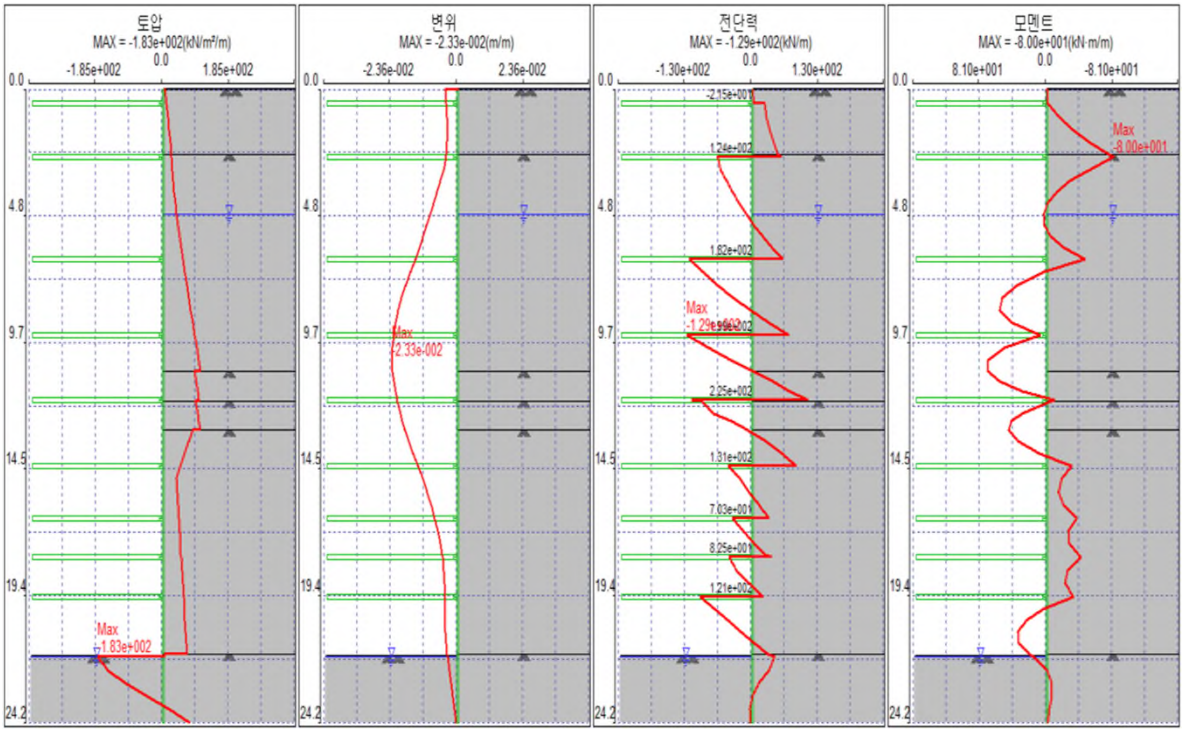
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 19.9 m]



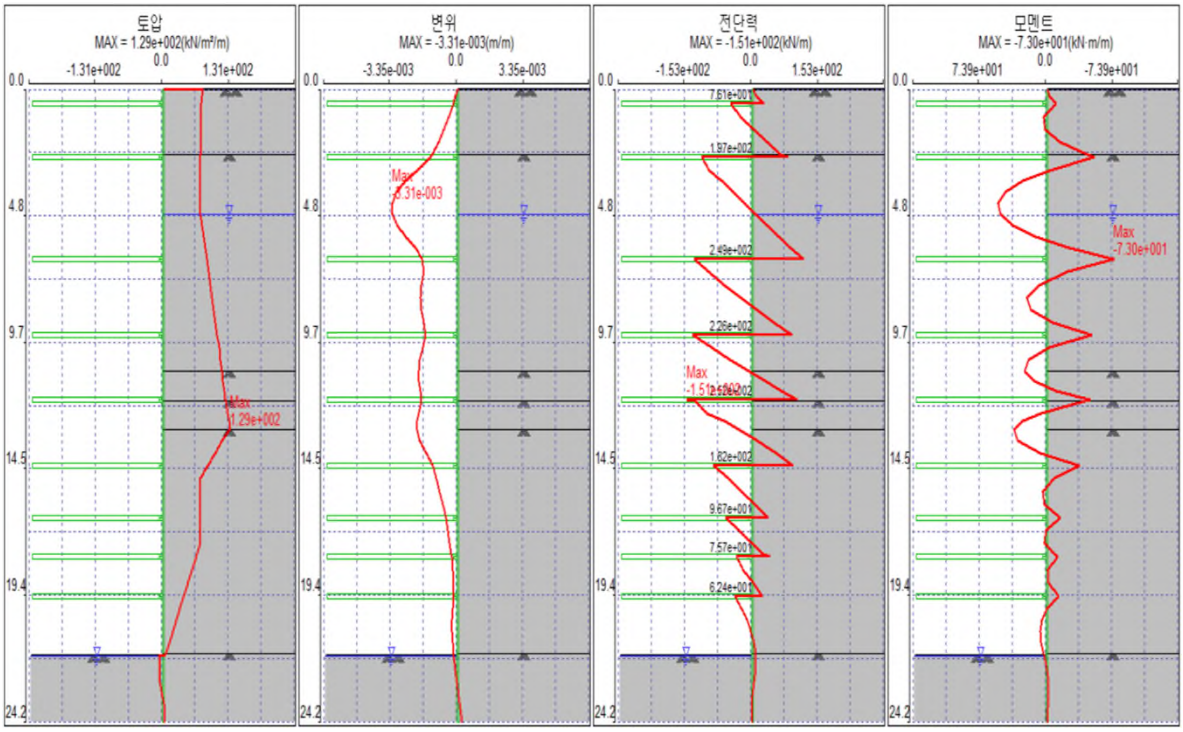
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-9]



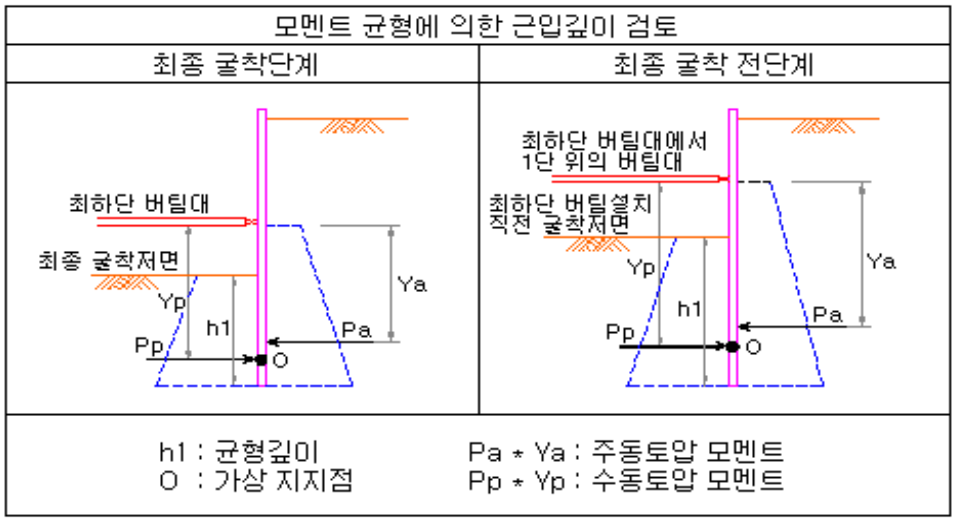
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 21.7 m]



20) 시공 20 단계 [CS20 : Peck]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.049	2.500	186.520	13272.220	71.157	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.577	4.300	232.637	21381.160	91.908	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -19.4 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 157.978 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.124 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 2.531 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.55 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (157.978 x 1.124) + (2.531 x 3.55) = 186.52 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3716.865 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.571 m

Mp = (Pp x Yp) = (3716.865 x 3.571) = 13272.22 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 13272.22 / 186.52 = 71.157

S.F. = 71.157 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -17.9 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 127.478 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.028 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 33.561 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.027 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (127.478 x 1.028) + (33.561 x 3.027) = 232.637 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 4362.446 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.901 m

Mp = (Pp x Yp) = (4362.446 x 4.901) = 21381.16 kN·m

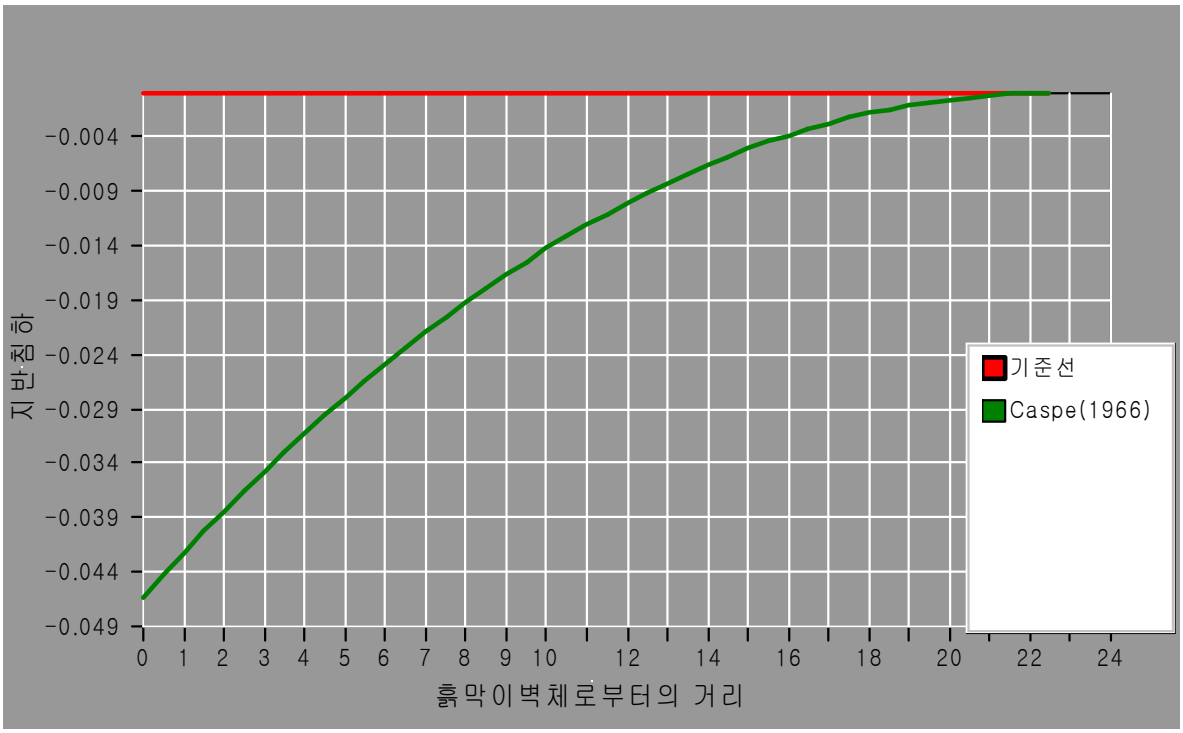
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 21381.16 / 232.637 = 91.908

S.F. = 91.908 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.260 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 21.7 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 30.204 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 30.204/2) = 17.392 m

Ht = Hp + Hw = 17.392 + 21.7 = 39.092 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 39.092 x tan(45-30.204/2) = 22.477 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.260 / 22.477 = -0.046 m

6) 거리별 침하량 (Si)

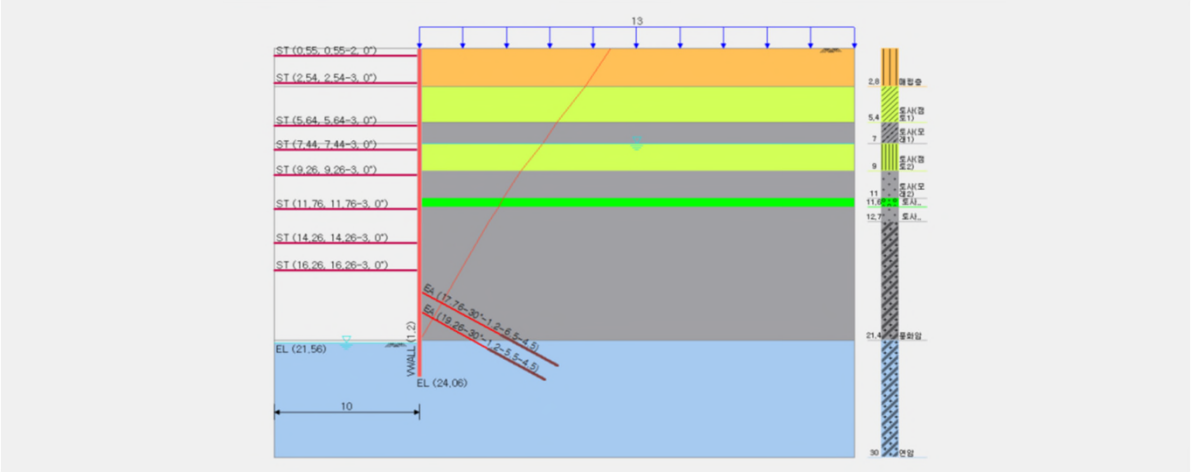
Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.046 x ((22.477 - Xi) / 22.477)^2

GeoX 구조계산서
TYPE-18

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
7.4 Strut 설계 (Strut-4)
7.5 Strut 설계 (Strut-5)
7.6 Strut 설계 (Strut-6)
7.7 Strut 설계 (Strut-7)
7.8 Strut 설계 (Strut-8)
7.9 Earth Anchor 설계 (Strut-9, Strut-10)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
8.4 Strut-4 띠장 설계
8.5 Strut-5 띠장 설계
8.6 Strut-6 띠장 설계
8.7 Strut-7 띠장 설계
8.8 Strut-8 띠장 설계
8.9 Strut-9 띠장 설계
8.10 Strut-10 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 21.56m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (2.54, 2.54-3, 0°)
ST (5.64, 5.64-3, 0°)
ST (7.44, 7.44-3, 0°)
ST (9.26, 9.26-3, 0°)
ST (11.76, 11.76-3, 0°)
ST (14.26, 14.26-3, 0°)
ST (16.26, 16.26-3, 0°)
EL (21.56)
WALL (1.2)
EL (24.06)
10
2.8
5.4
7
9
11
12.7
21.4
30

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.548	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.354	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	7.032	95.219	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	13.289	64.913	O.K		
		전단응력	2.374	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.54	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	47.374	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.64	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.453	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	7.44	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	42.906	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-5 P 406.4x12	9.26	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	55.627	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-6 P 406.4x12	11.76	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	58.337	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	14.26	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	47.114	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-8 P 406.4x12	16.26	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	29.706	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Strut-9 Strand12.7x4EA	17.76	O.K	O.K	O.K
Strut-10 Strand12.7x4EA	19.26	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x300x10/15	0.55	휨응력	32.742	151.711	O.K	
		전단응력	32.984	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.54	휨응력	79.328	142.373	O.K	
		전단응력	60.692	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.64	휨응력	75.450	142.373	O.K	
		전단응력	57.725	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.44	휨응력	70.309	142.373	O.K	
		전단응력	53.792	90.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.26	휨응력	95.985	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	50.487	90.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	11.76	휨응력	101.454	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	53.364	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	14.26	휨응력	78.803	142.373	O.K	
		전단응력	60.291	90.000	O.K	
Strut-8 H 440x300x11/18	16.26	휨응력	43.668	142.373	O.K	
		전단응력	33.409	90.000	O.K	
Strut-9 2H 250x250x9/14	17.76	휨응력	27.256	156.940	O.K	
		전단응력	39.424	90.000	O.K	
Strut-10 2H 250x250x9/14	19.26	휨응력	27.207	156.940	O.K	
		전단응력	39.354	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	100.609	186.636	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.153	201.265	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	51.552	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	71.037	154.908	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	18.502	131.025	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 21.56	휨응력	129.758	364.500	O.K		
		압축응력	126.127	351.446	O.K		
		전단응력	61.565	209.250	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS13 : 굴착 14.76 m	15.766	43.120	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	2.50m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405

축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

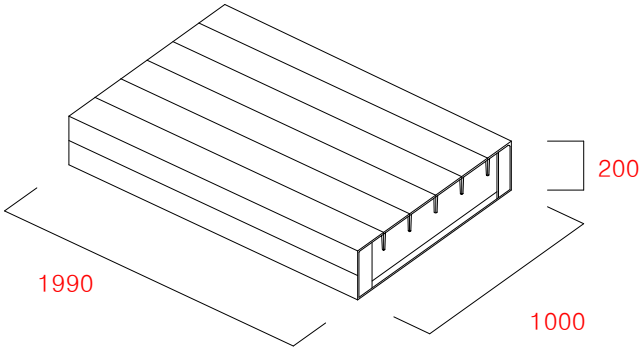
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

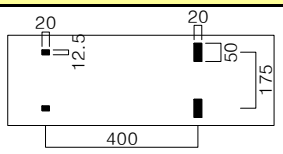
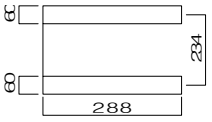
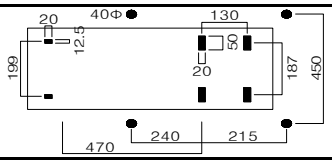
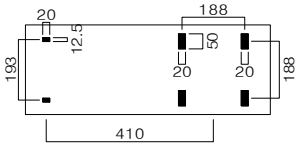
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

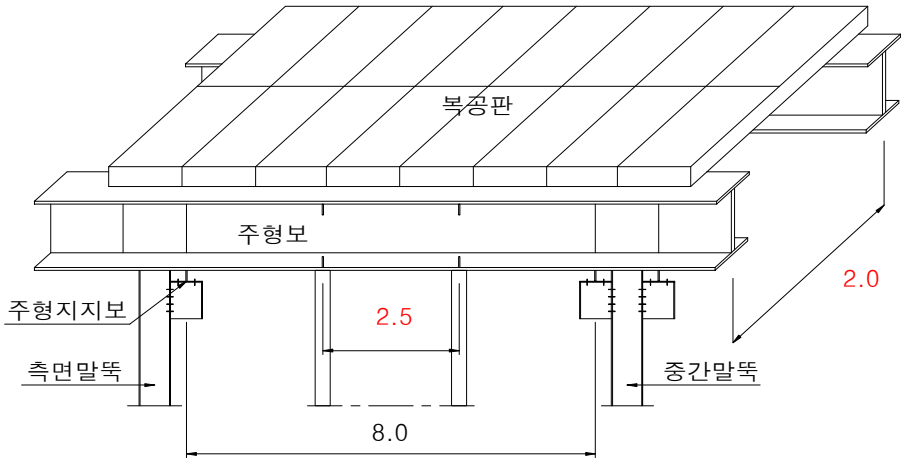
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

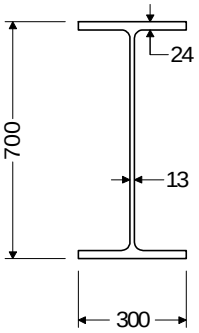
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

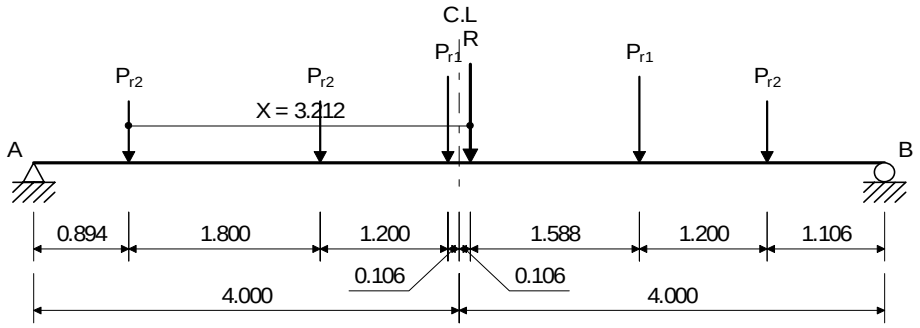
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

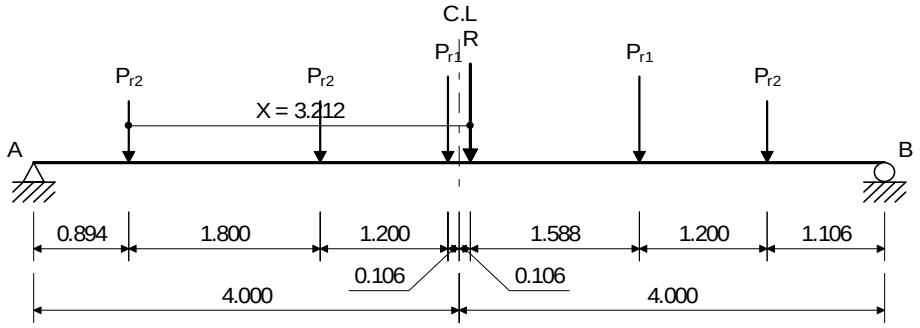
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) / 8.000

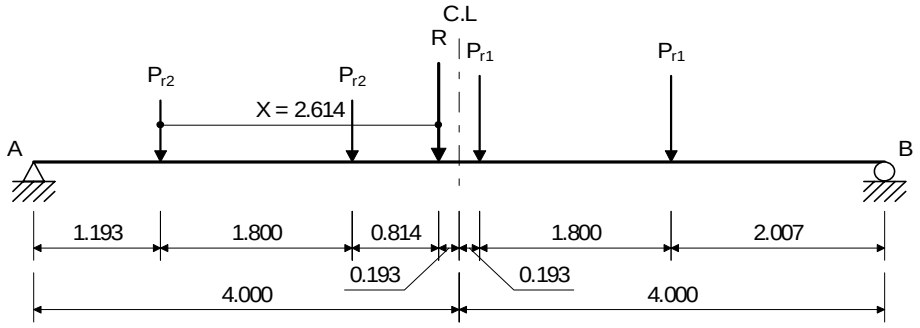
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

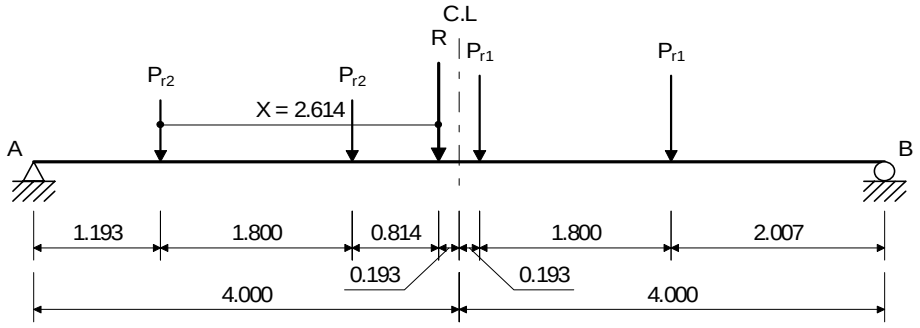


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

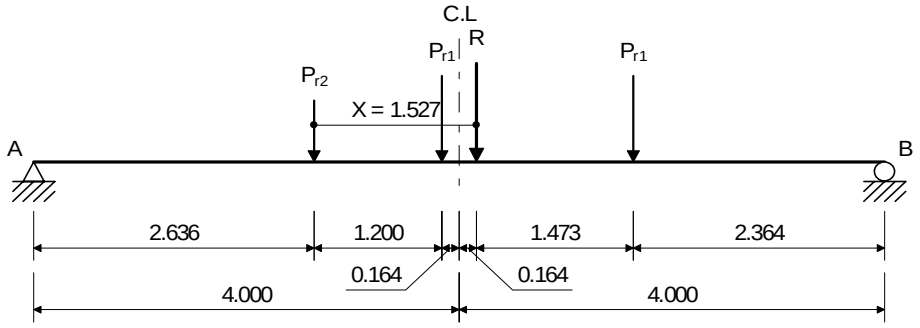
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

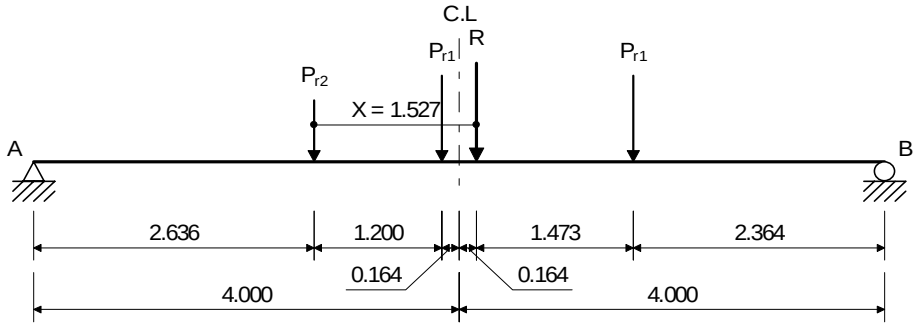


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

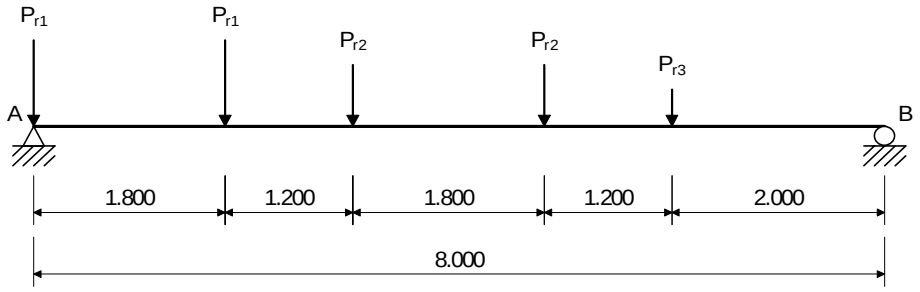


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L

= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) / 8.000

= 335.010 kN

S_l = 335.010 x **1.00** = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

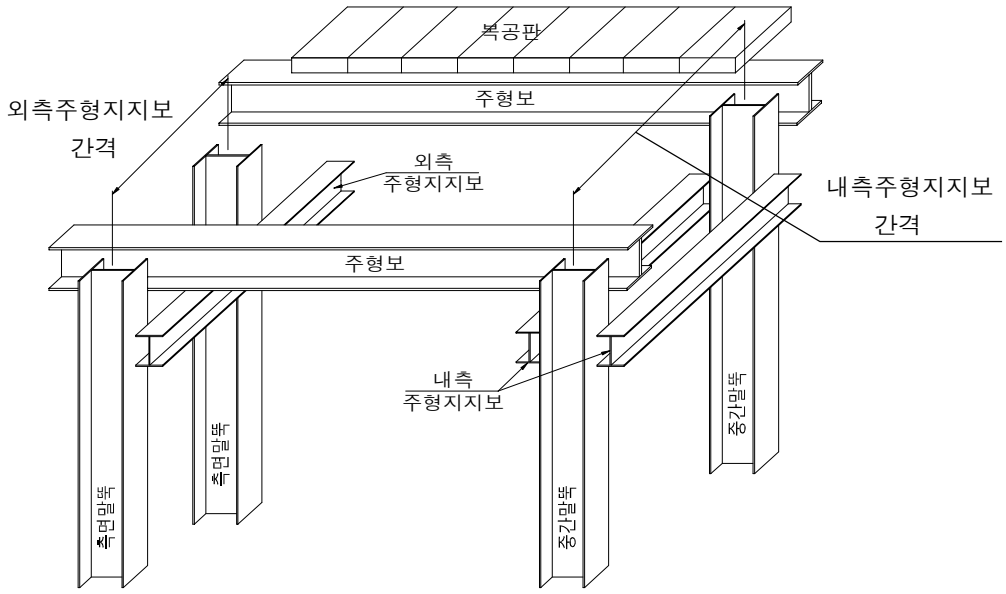
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

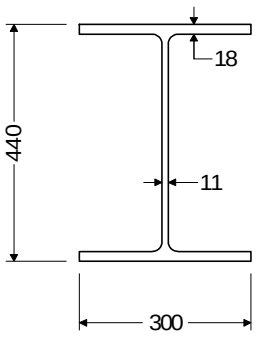
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

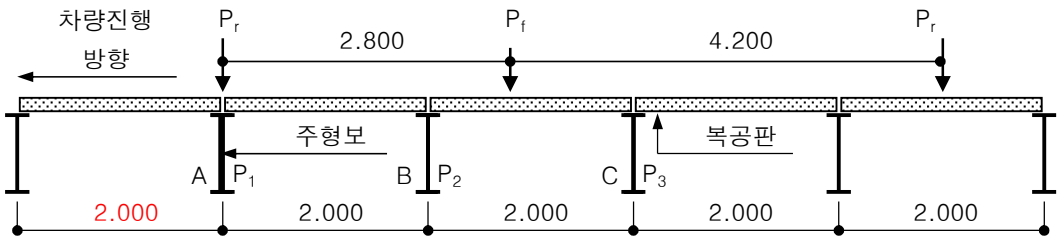


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



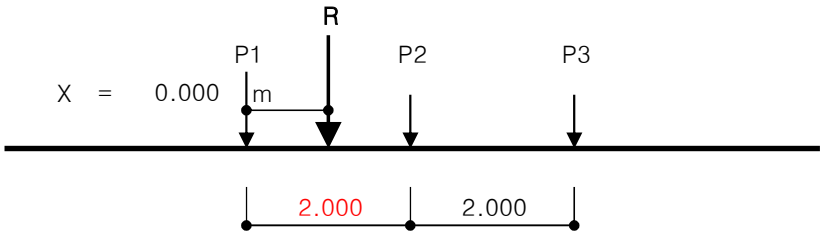
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

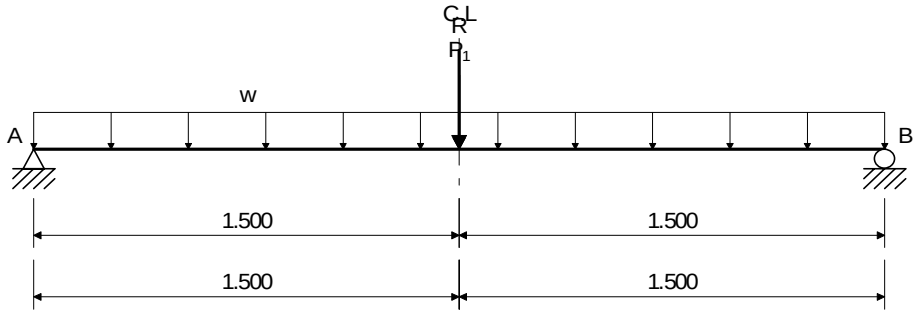


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

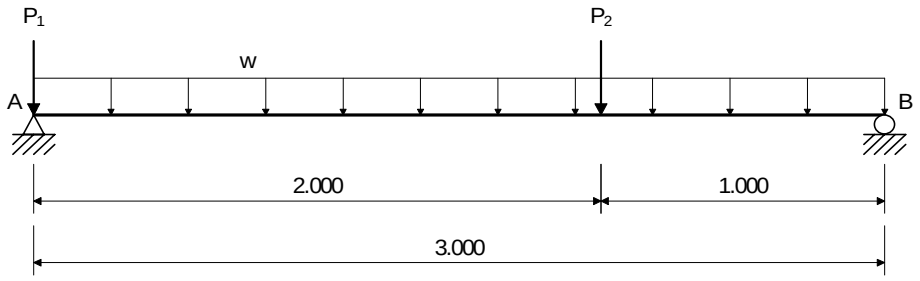
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (357.210 \times 1.500) / 3.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 269.271$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

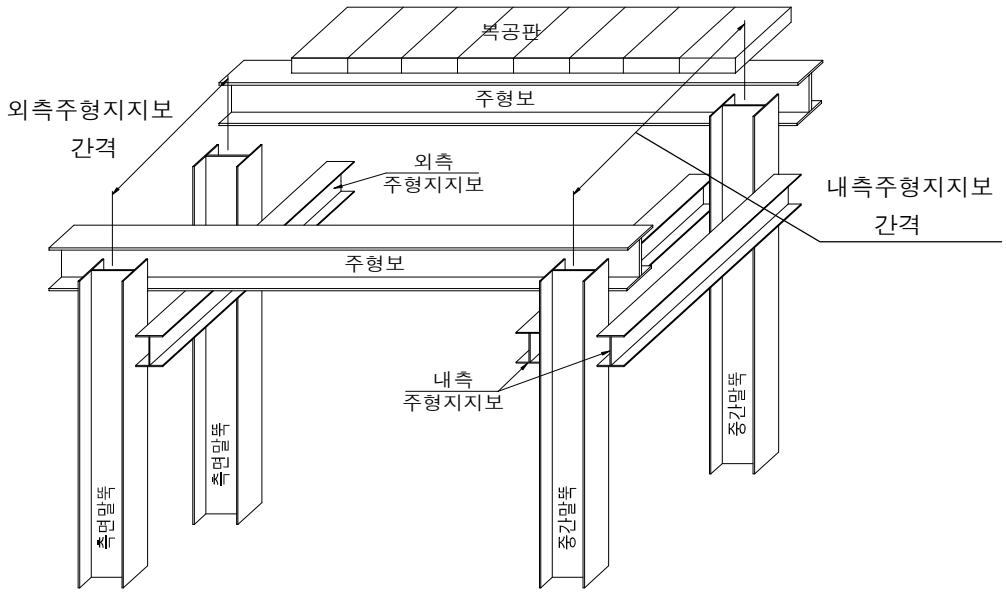
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

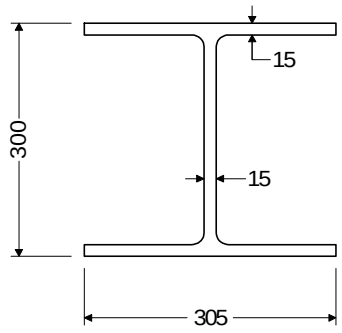
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

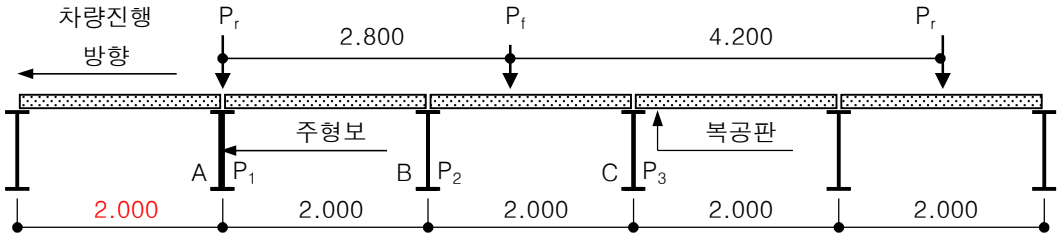


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0

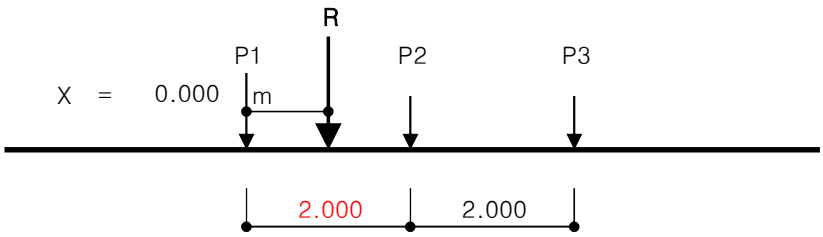


나. 주형보 반력 **case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

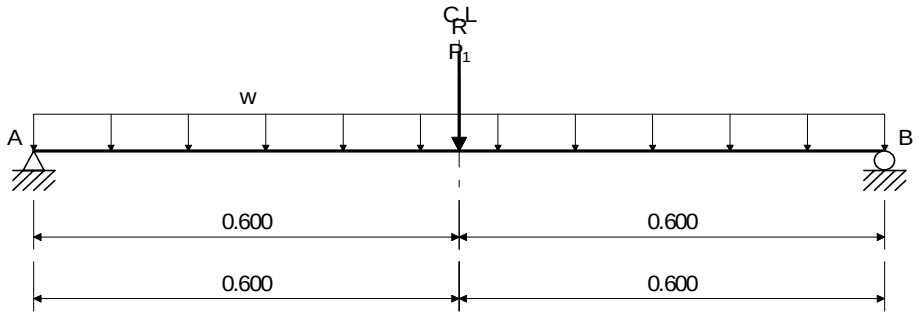


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 357.210
= 357.210 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

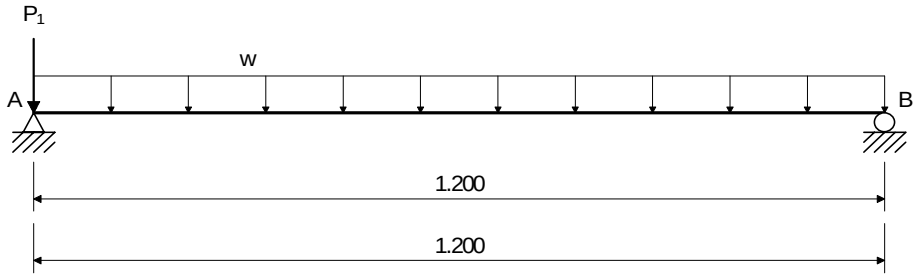
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.600) / L
= (357.210 x 0.600) / 1.200
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 107.350 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (357.210 x 1.200) / 1.200
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.20 / 2
= 357.833 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.350 x 1000000 / 1440000.0 = 74.548 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.833 x 1000 / 4050 = 88.354 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (74.548 + 74.548) / 74.548$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> $L/B \le 4.6$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 74.548 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.354 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 357833 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.03 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.03 ea ---> O.K

7.지보재 설계

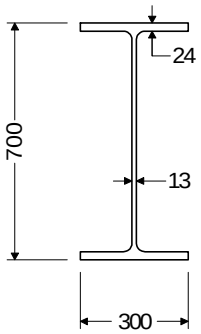
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 96.479 kN/m ---> Strut-1 (CS22 : Peck)
= 96.479 x 2.00 / 1 단
= 192.958 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 192.958 + 120.0 = 312.958 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 5760000.0 = 7.032 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 312.958 x 1000 / 23550 = 13.289 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.125 x 1000 / 8476 = 2.374 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.401

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (20.321 − 6.258) / 20.321

= 0.692

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8050 / 293

27.474 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.474 − 18.6))

= 149.313 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 149.313 MPa

L_y / R_y = 8050 / 67.8

118.732 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 118.732^2)

= 64.913 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 64.913 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 64.913 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8050 / 300

= 26.833 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.833 − 4.6))

= 95.219 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.219 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.474)^2

= 1788.452 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 64.913 MPa > f_c = 13.289 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 95.219 MPa > f_b = 7.032 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.374 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times \left(1 - \left(f_c / f_{eax}\right)\right)}$

$$= \frac{13.289}{64.913} + \frac{7.032}{95.219 \times \left(1 - \left(13.289 / 1788.452\right)\right)}$$

$$= 0.279 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \left(f_c / f_{eax}\right)}$$

$$= 13.289 + \frac{7.032}{1 - \left(13.289 / 1788.452\right)}$$

$$= 20.373 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.279 , 0.129)

= 0.279 < 1.0 ---> O.K

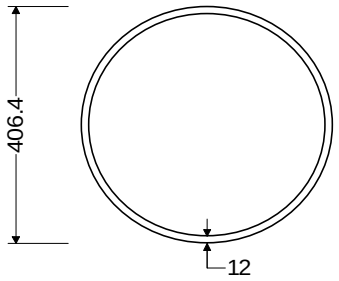
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 194.795 kN/m ---> Strut-2 (CS22 : Peck)
= 194.795 x 3.00 / 1 단
= 584.385 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 584.385 + 120.0 = 704.385 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 704.385 \times 1000 / 14868.5 = 47.374$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.075 x 12)

= 15.752 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.075

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.816 − 18.932) / 75.816

= 0.750 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 47.374 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{47.374}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (47.374 / 405.406))}$

= 0.595 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 47.374 + \frac{28.442}{1 - (47.374 / 405.406)}$$

$$= 79.580 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.595 , 0.505)

= 0.595 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{75.816}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.625 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

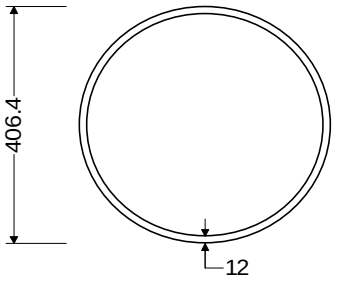
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 185.271 kN/m ---> Strut-3 (CS22 : Peck)
= 185.271 x 3.00 / 1 단
= 555.814 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 555.814 + 120.0 = 675.814 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 675.814 \times 1000 / 14868.5 = 45.453$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.077 x 12)

= 15.723 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.077

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (73.895 − 17.011) / 73.895

= 0.770 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 45.453 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{45.453}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (45.453 / 405.406))}$

= 0.578 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 45.453 + \frac{28.442}{1 - (45.453 / 405.406)}$$

$$= 77.486 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.578 , 0.492)

= 0.578 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{73.895}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.609 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

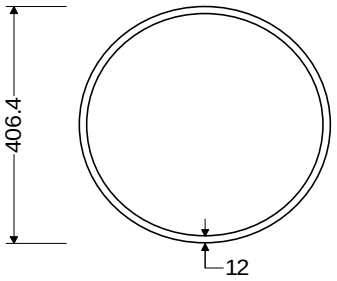
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 172.647 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.76 m)
= 172.647 x 3.00 / 1 단
= 517.941 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 517.941 + 120.0 = 637.941 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 637.941 x 1000 / 14868.5 = 42.906 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.080 x 12)

= 15.683 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.080

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.348 − 14.463) / 71.348

= 0.797 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 42.906 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{42.906}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (42.906 / 405.406))}$

= 0.555 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 42.906 + \frac{28.442}{1 - (42.906 / 405.406)}$$

$$= 74.714 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.555 , 0.474)

= 0.555 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{71.348}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.589 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

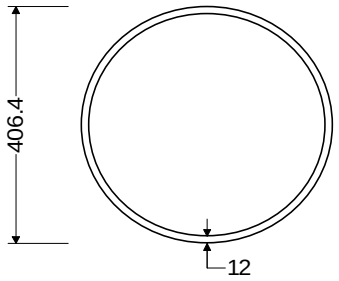
7.5 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 235.696 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 12.26 m)
= 235.696 x 3.00 / 1 단
= 707.088 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 707.088 + 120.0 = 827.088 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 827.088 \times 1000 / 14868.5 = 55.627$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.068 x 12)

= 15.860 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.068

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (84.069 − 27.185) / 84.069

= 0.677 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 55.627 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{55.627}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (55.627 / 405.406))}$

= 0.667 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 55.627 + \frac{28.442}{1 - (55.627 / 405.406)}$$

$$= 88.592 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.667 , 0.562)

= 0.667 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{84.069}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.693 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

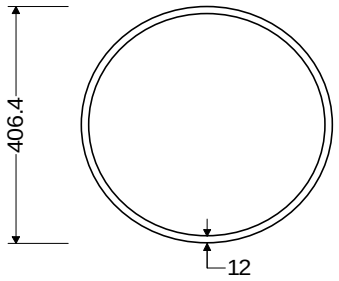
7.6 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 249.127 kN/m ---> Strut-6 (CS22 : Peck)
= 249.127 x 3.00 / 1 단
= 747.381 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 747.381 + 120.0 = 867.381 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 867.381 \times 1000 / 14868.5 = 58.337$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.066 x 12)

= 15.892 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.066

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (86.779 − 29.895) / 86.779

= 0.656 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 58.337 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{58.337}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (58.337 / 405.406))}$

= 0.691 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 58.337 + \frac{28.442}{1 - (58.337 / 405.406)}$$

$$= 91.560 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.691 , 0.581)
= 0.691 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{86.779}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.716 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

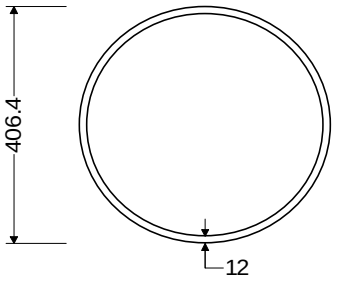
7.7 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 193.506 kN/m ---> Strut-7 (CS22 : Peck)
= 193.506 x 3.00 / 1 단
= 580.518 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 580.518 + 120.0 = 700.518 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 700.518 \times 1000 / 14868.5 = 47.114$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.075 x 12)

= 15.748 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.075

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.556 − 18.672) / 75.556

= 0.753 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 47.114 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{47.114}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (47.114 / 405.406))}$

= 0.592 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 47.114 + \frac{28.442}{1 - (47.114 / 405.406)}$$

$$= 79.296 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.592 , 0.503)

= 0.592 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{75.556}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.623 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

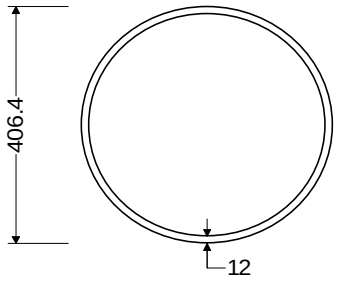
7.8 Strut 설계 (Strut-8)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 107.229 kN/m ---> Strut-8 (CS17 : 굴착 18.26 m)
= 107.229 x 3.00 / 1 단
= 321.687 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 321.687 + 120.0 = 441.687 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 441.687 x 1000 / 14868.5 = 29.706 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.098 x 12)

= 15.424 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.098

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (58.148 − 1.264) / 58.148

= 0.978 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 29.706 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{29.706}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (29.706 / 405.406))}$

= 0.440 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 29.706 + \frac{28.442}{1 - (29.706 / 405.406)}$$

$$= 60.397 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.440 , 0.383)

= 0.440 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{58.148}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.480 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

7.9 Earth Anchor 설계 (Strut-9, Strut-10)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

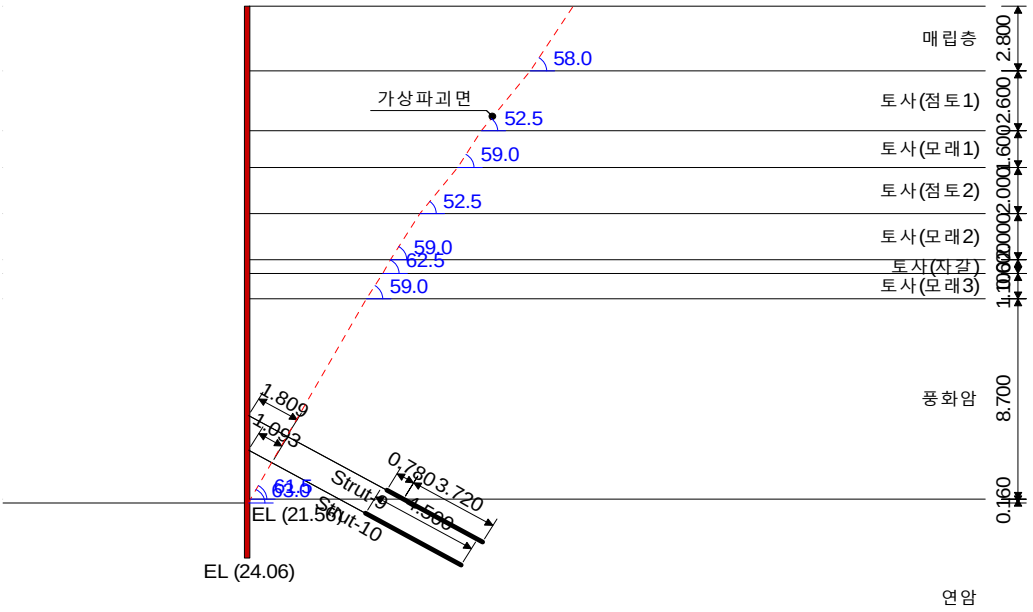
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
Strut-9	17.760	1.809	3.234	6.500	O.K
Strut-10	19.260	1.093	3.234	5.500	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 ($T_{req} = R_{max}$ x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
Strut-9	17.760	180.966	1.200	30	217.159
Strut-10	19.260	175.853	1.200	30	211.024

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
17.760	200000	3.0	98.71	4	7.0	33843.429
19.260	200000	3.0	98.71	4	6.0	39484.000

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
17.760	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
19.260	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + ΔPp + ΔPpr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
17.760	217.159	33.843	24.796	275.799
19.260	211.024	39.484	24.796	275.304

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
17.760	275.799	110.160	4	2.504	O.K
19.260	275.304	110.160	4	2.499	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	500	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)
17.760	217.159	2.5	100.0	700.0	2.469
19.260	211.024	2.5	100.0	1050.0	1.599

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
17.760	217.159	4.0	12.70	500.0	2.721
19.260	211.024	4.0	12.70	700.0	1.889

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
17.760	2.469	2.721	4.5	O.K
19.260	1.599	1.889	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
17.760	6.500	1.500	4.500	12.500
19.260	5.500	1.500	4.500	11.500

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
17.760	275.799	7.0	200000	98.71	4	24.448
19.260	275.304	6.0	200000	98.71	4	20.918

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
17.760	1.20	30.0	6.500	1.500	4.500	275.799
19.260	1.20	30.0	5.500	1.500	4.500	275.304

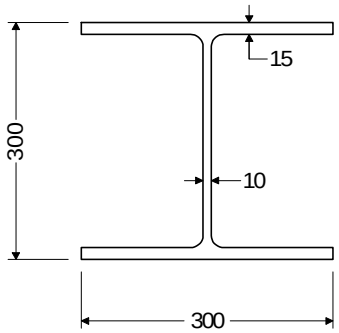
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x300x10/15(SS400)

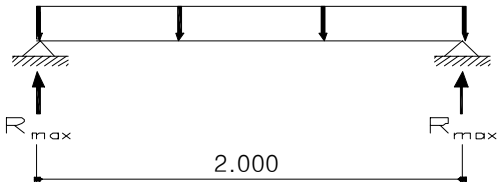
w (N/m)	922.2
A (mm^2)	11980.0
I_x (mm^4)	204000000.0
Z_x (mm^3)	1360000.0
A_w (mm^2)	2700.0
R_x (mm)	131.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 96.479 kN/m ---> Strut-1 (CS22 : Peck)

P = 96.479 × 2.00 m / 1 ea = 192.958 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 192.958 / (13 \times 2.000)$

$= 89.058$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 89.058 \times 2.000^{2} / 8$

$= 44.529$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$

$= 1 \times 89.058 \times 2.000 / 2$

$= 89.058$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 44.529 x 1000000 / 1360000.0 = 32.742 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 89.058 x 1000 / 2700 = 32.984 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (32.742 + 32.742) / 32.742

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.667 − 4.6))

= 151.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 151.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 151.711 MPa > f_b = 32.742 MPa ---> O.K

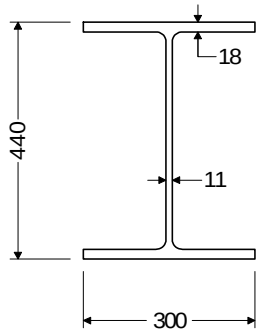
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 32.984 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

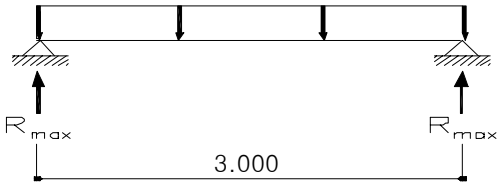
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 194.795 kN/m ---> Strut-2 (CS22 : Peck)

P = 194.795 × 3.00 m / 1 ea = 584.385 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 584.385 / (13 × 3.000)
= 179.811 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 179.811 × 3.000 ^{2} / 8
= 202.287 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 179.811 × 3.000 / 2
= 269.716 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 202.287 x 1000000 / 2550000.0 = 79.328 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 269.716 x 1000 / 4444 = 60.692 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (79.328 + 79.328) / 79.328

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 79.328 MPa ---> O.K

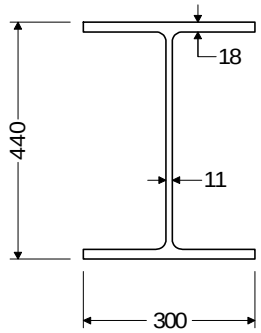
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 60.692 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

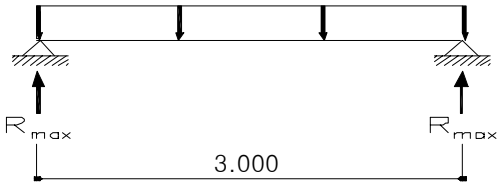
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 185.271 kN/m ---> Strut-3 (CS22 : Peck)

P = 185.271 × 3.00 m / 1 ea = 555.814 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 555.814 / (13 × 3.000)
= 171.020 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 171.020 × 3.000^2 / 8
= 192.397 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 171.020 × 3.000 / 2
= 256.529 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 192.397 x 1000000 / 2550000.0 = 75.450 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 256.529 x 1000 / 4444 = 57.725 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (75.450 + 75.450) / 75.450

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 75.450 MPa ---> O.K

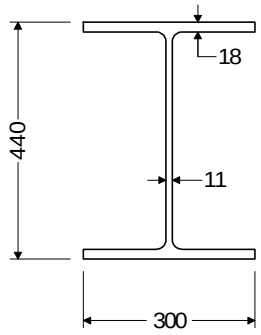
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 57.725 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

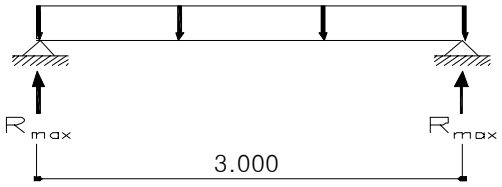
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 172.647 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.76 m)

P = 172.647 × 3.00 m / 1 ea = 517.941 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 517.941 / (13 × 3.000)
= 159.366 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 159.366 × 3.000^2 / 8
= 179.287 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 159.366 × 3.000 / 2
= 239.050 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 179.287 x 1000000 / 2550000.0 = 70.309 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 239.050 x 1000 / 4444 = 53.792 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (70.309 + 70.309) / 70.309

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 70.309 MPa ---> O.K

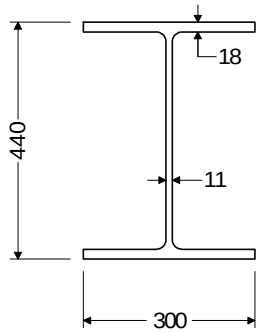
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 53.792 MPa ---> O.K

8.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

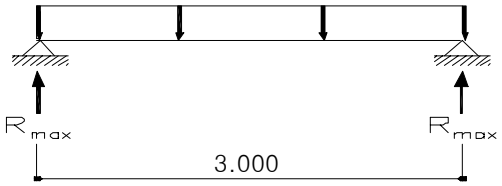
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 235.696 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 12.26 m)

P = 235.696 × 3.00 m / 1 ea = 707.088 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 707.088 / (13 × 3.000)
= 217.565 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 217.565 × 3.000^2 / 8
= 244.761 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 217.565 × 3.000 / 2
= 326.348 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 244.761 x 1000000 / 2550000.0 = 95.985 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 326.348 x 1000 / 4444 = 73.436 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (95.985 + 95.985) / 95.985

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 95.985 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 73.436 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 326348.170 / 6464.000 = 50.487 MPa

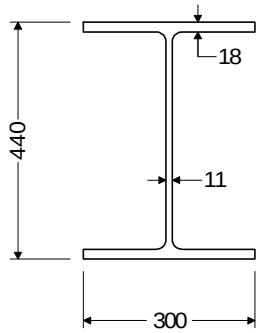
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 50.487 MPa ---> O.K

8.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

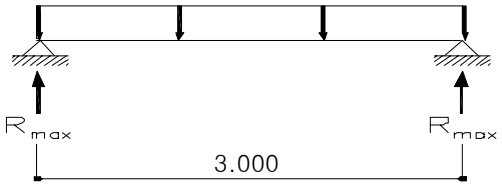
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 249.127 kN/m ---> Strut-6 (CS22 : Peck)

P = 249.127 × 3.00 m / 1 ea = 747.381 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 747.381 / (13 × 3.000)
= 229.963 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 229.963 × 3.000^2 / 8
= 258.709 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 229.963 × 3.000 / 2
= 344.945 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 258.709 x 1000000 / 2550000.0 = 101.454 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 344.945 x 1000 / 4444 = 77.620 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (101.454 + 101.454) / 101.454$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 101.454 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 77.620 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 344945.010 / 6464.000 = 53.364 MPa

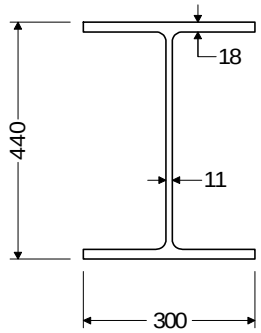
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 53.364 MPa ---> O.K

8.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

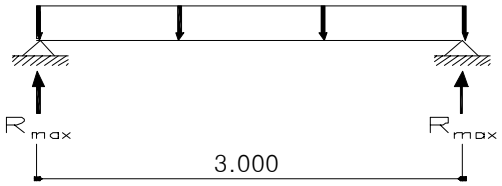
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 193.506 kN/m ---> Strut-7 (CS22 : Peck)

P = 193.506 × 3.00 m / 1 ea = 580.518 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 580.518 / (13 × 3.000)
= 178.621 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 178.621 × 3.000^2 / 8
= 200.949 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 178.621 × 3.000 / 2
= 267.931 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 200.949 x 1000000 / 2550000.0 = 78.803 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 267.931 x 1000 / 4444 = 60.291 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (78.803 + 78.803) / 78.803

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 78.803 MPa ---> O.K

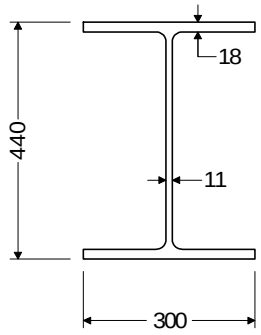
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 60.291 MPa ---> O.K

8.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

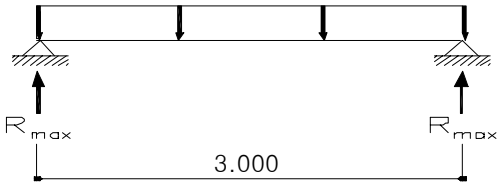
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 107.229 kN/m ---> Strut-8 (CS17 : 굴착 18.26 m)

P = 107.229 × 3.00 m / 1 ea = 321.687 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 321.687 / (13 × 3.000)
= 98.981 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 98.981 × 3.000^2 / 8
= 111.353 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 98.981 × 3.000 / 2
= 148.471 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 111.353 x 1000000 / 2550000.0 = 43.668 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 148.471 x 1000 / 4444 = 33.409 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (43.668 + 43.668) / 43.668

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 43.668 MPa ---> O.K

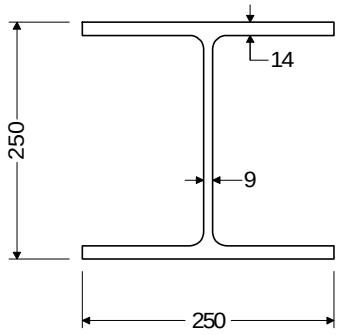
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 33.409 MPa ---> O.K

8.9 Strut-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

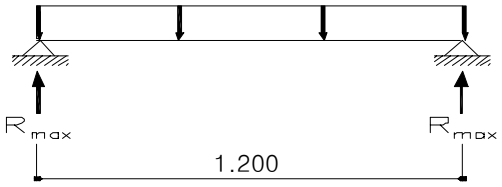
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



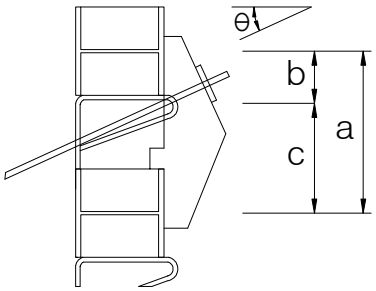
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 275.799 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 275.799 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 170.668$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 170.668 / (13 \times 1.200)$
$= 131.283$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 131.283 \times 1.200^2 / 8$
$= 23.631$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 131.283 \times 1.200 / 2$
$= 78.770$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 23.631 x 1000000 / 867000.0 = 27.256 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 78.770 x 1000 / 1998 = 39.424 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (27.256 + 27.256) / 27.256

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 27.256 MPa ---> O.K

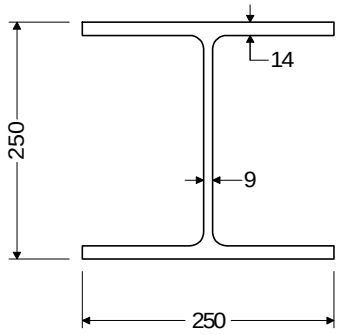
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 39.424 MPa ---> O.K

8.10 Strut-10 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

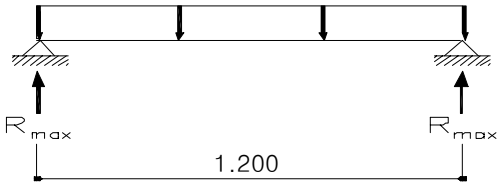
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



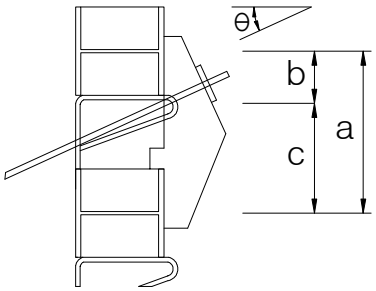
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 275.304 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 275.304 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 170.362$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 170.362 / (13 \times 1.200)$
$= 131.048$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 131.048 \times 1.200^2 / 8$
$= 23.589$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 131.048 \times 1.200 / 2$
$= 78.629$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 23.589 x 1000000 / 867000.0 = 27.207 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 78.629 x 1000 / 1998 = 39.354 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (27.207 + 27.207) / 27.207

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 27.207 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 39.354 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

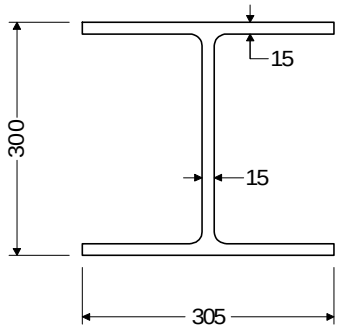
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 357.210 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 1.300 kN

다. 측면말뚝 자중 = 25.700 kN

라. 버팀보 자중 = 56.200 kN

마. 띠장 자중 = 12.000 kN

바. 지보재 수직분력 = 178.410 × 1.200 = 214.092 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 716.502 kN

최대모멘트, M_{max} = 120.730 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS32 : 해체10)

최대전단력, S_{max} = 173.988 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 12.26 m)

▶ Pmax = 716.502 kN

▶ Mmax = 120.730 × 1.200 = 144.876 kN·m

▶ Smax = 173.988 × 1.200 = 208.785 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 144.876 x 1000000 / 1440000.0 = 100.609 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 716.502 x 1000 / 13480 = 53.153 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 208.785 x 1000 / 4050 = 51.552 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 2.283

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (153.761 - -47.456) / 153.761$

= 1.309

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3100 / 126

24.603 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 1.29 x (24.603 - 16))

= 201.265 MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 201.265 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3100 / 305

= 10.164 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 3.91 x (10.164 - 4))

= 186.636 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

= 186.636 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (24.603)^2

= 2230.239 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 201.265 MPa > f_c = 53.153 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 186.636 MPa > f_b = 100.609 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 51.552 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{53.153}{201.265} + \dfrac{100.609}{186.636 \times (1 - (53.153 / 2230.239))}$

= 0.816 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 53.153 + \frac{100.609}{1 - (53.153 / 2230.239)}$$

$$= 156.218 < f_{cal} = 213.750 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.816 , 0.731)
= 0.816 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 15.8 mm ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 굴착 14.76 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 21.560 x 1000 x 0.002 = 43.120 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 716.50 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 tonf/m^2
A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2
A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$
= 341.350 tonf
= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0
= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

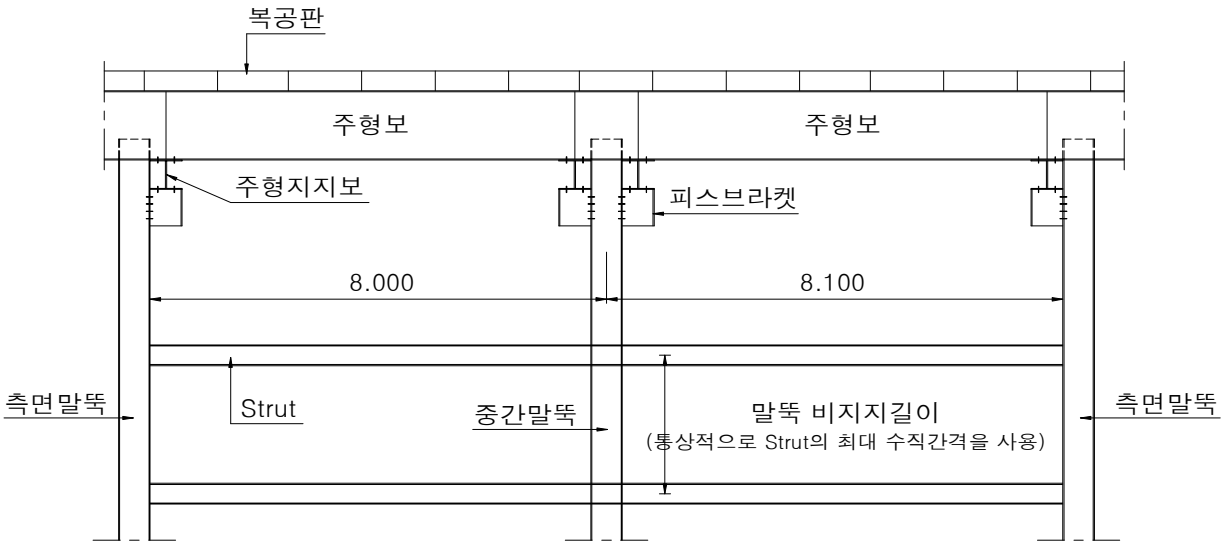
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 8.100 = 16.100 m

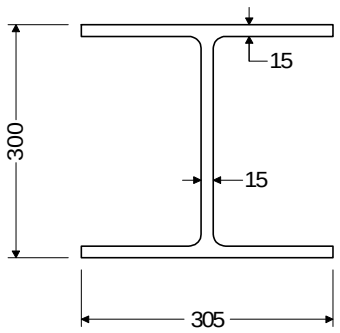
나. PILE 설치간격 : 2.50 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 24.600 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 43.800 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.000 kN

ΣP_s = 84.940 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 8.100) / 2 = 22.478 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

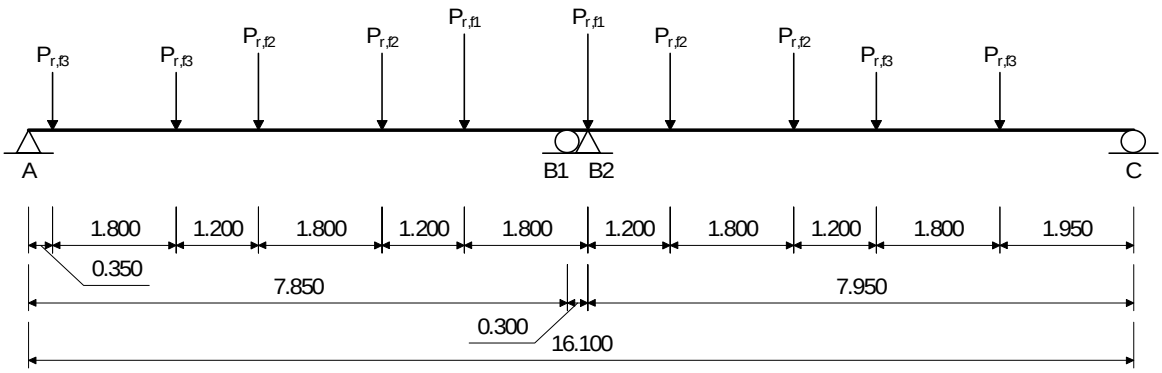
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150 + 70.200 x 0.350) / 7.850

= 224.660 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750 + 70.200 x 1.950) / 7.950

= 312.883 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 224.660 x 1.00 = 224.660 kN

P_{r2} = 312.883 x 1.00 = 312.883 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150 + 17.550 x 0.350) / 7.850

= 56.165 kN

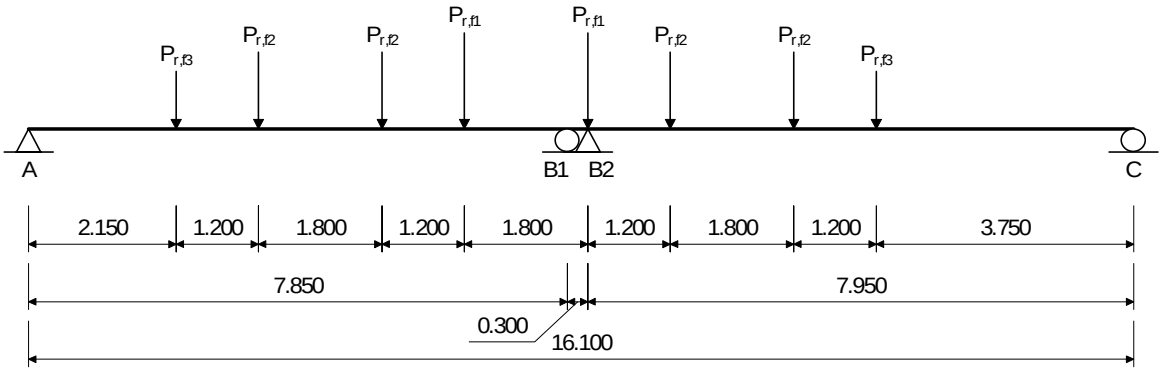
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750 + 17.550 x 1.950) / 7.950

= 78.221 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 56.165 x 1.00 = 56.165 kN

P_{f2} = 78.221 x 1.00 = 78.221 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150) / 7.850

= 221.530 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750) / 7.950

= 295.664 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 221.530 x 1.00 = 221.530 kN

P_{r2} = 295.664 x 1.00 = 295.664 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150) / 7.850

= 55.382 kN

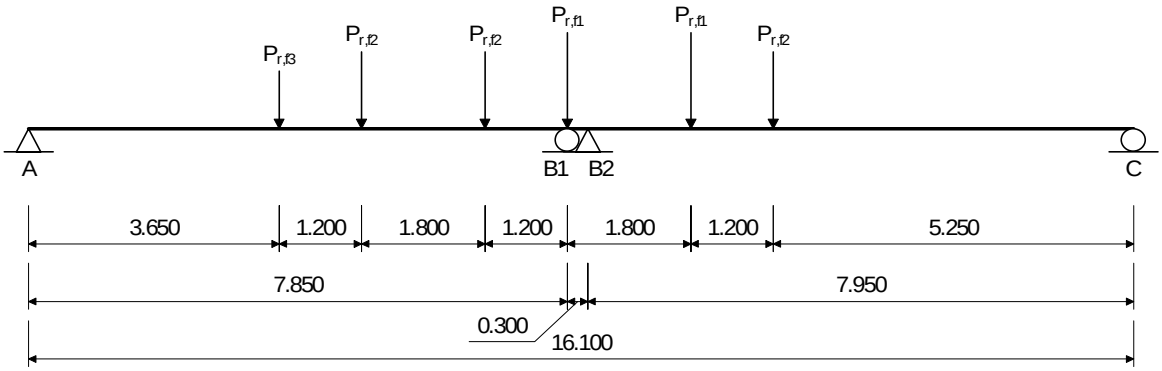
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750) / 7.950

= 73.916 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 55.382 x 1.00 = 55.382 kN

P_{f2} = 73.916 x 1.00 = 73.916 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650) / 7.850

= 294.562 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.450 + 93.600 x 5.250) / 7.950

= 163.064 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 294.562 x 1.00 = 294.562 kN

P_{r2} = 163.064 x 1.00 = 163.064 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650) / 7.850

= 73.640 kN

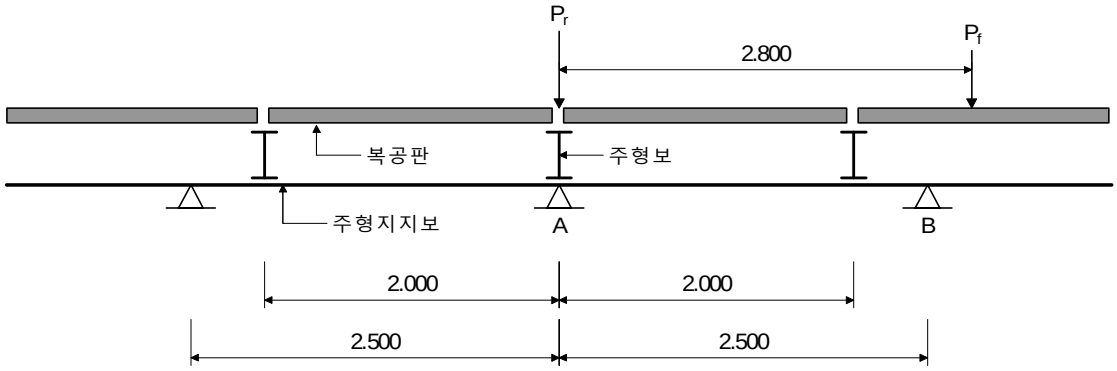
R_{B2} = (31.200 x 6.450 + 23.400 x 5.250) / 7.950

= 40.766 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 73.640 x 1.00 = 73.640 kN

P_{f2} = 40.766 x 1.00 = 40.766 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (294.562 x 2.500) / 2.500

= 294.562 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 2.50 / 2.00

= 294.562 + 22.200 x 2.50 / 2.00 = 322.312 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (312.883 x 2.500) / 2.500

= 312.883 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 2.50 / 2.00

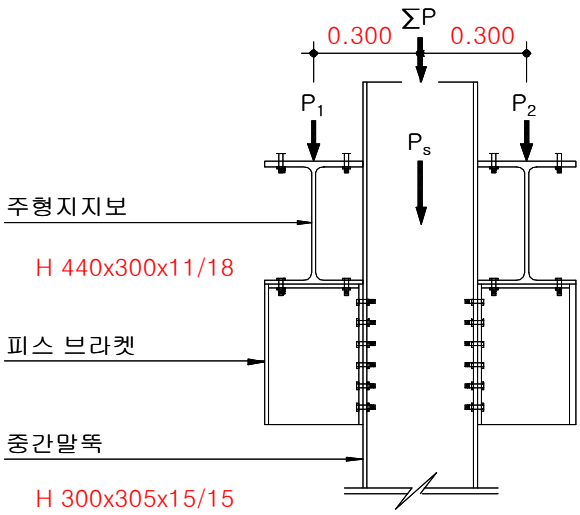
= 312.883 + 22.478 x 2.50 / 2.00 = 340.980 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 322.312 + 340.980 + 84.940 = 748.232 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 249.411 x 1000 / 13480 = 18.502 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 102.294 x 1000000 / 1440000 = 71.037 MPa

여기서, M_{max} = P_2 x e = 340.980 x 0.300 = 102.294 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.843

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.540 − −52.535) / 89.540

= 1.587

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5300 / 126

42.063 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (42.063 − 16))

= 175.925 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 175.925 MPa

L_y / R_y = 5300 / 72.6

73.003 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (73.003 − 16))

= 131.025 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 131.025 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 131.025 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5300 / 305

= 17.377 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (17.377 − 4))

= 154.908 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 154.908 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (42.063)^2

= 762.998 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 131.025 MPa > f_c = 18.502 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 154.908 MPa > f_b = 71.037 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{18.502}{131.025} + \frac{71.037}{154.908 \times (1 - (18.502 / 762.998))}$

= 0.611 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 18.502 + \frac{71.037}{1 - (18.502 / 762.998)}$

= 91.305 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.611 , 0.427)

= 0.611 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 249.41 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

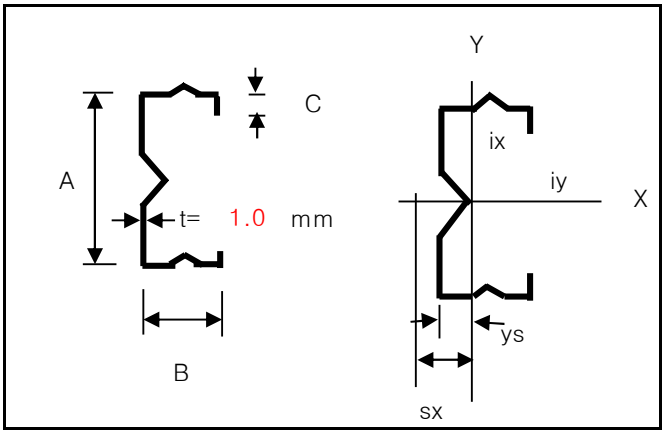
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

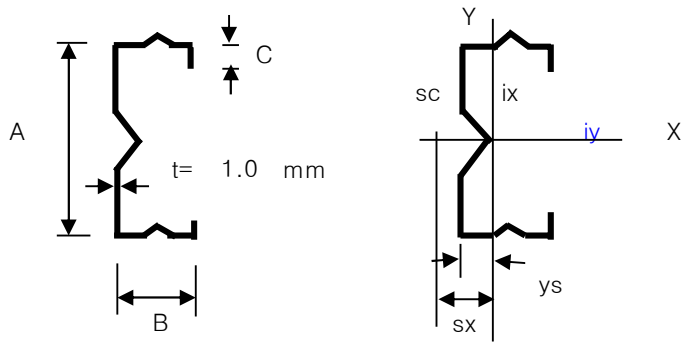
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 21.56m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	351.4
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

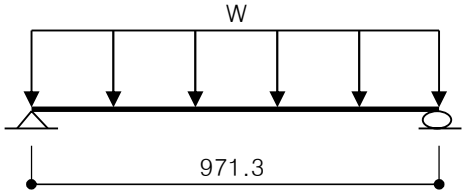
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1242 MPa ---> (CS22 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 124.2 kN/m^2 x 0.2000 m = 24.8 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 24.8 x 0.97 ^{2}/ 8 = 2.9 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 24.8 x 0.97 / 2 = 12.1 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2929940 / 22,580 = 129.76 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2929940 / 23,230 = 126.13 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 12067 / 196 = 61.56 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 351.446 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 351.446 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 129.76 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 126.13 MPa < f_{ba} = 351.45 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 61.56 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 21.56 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.80	18.00	19.00	0.00	26.00	3	-	12000.00
2	토사(점토1)	5.40	17.00	18.00	20.00	15.00	6	-	14000.00
3	토사(모래1)	7.00	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
4	토사(점토2)	9.00	17.00	18.00	20.00	15.00	14	-	14000.00
5	토사(모래2)	11.00	18.00	19.00	0.00	28.00	16	-	20000.00
6	토사(자갈)	11.60	20.00	21.00	0.00	35.00	24	-	32000.00
7	토사(모래3)	12.70	18.00	19.00	0.00	28.00	31	-	20000.00
8	풍화암	21.40	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
9	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	50000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	24.06	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8.05	0	1
2	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.54	3	8.05	50	1
3	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.64	3	8.05	50	1
4	Strut-4	P 406.4x12	SS400	7.44	3	8.05	50	1
5	Strut-5	P 406.4x12	SS400	9.26	3	8.05	50	1
6	Strut-6	P 406.4x12	SS400	11.76	3	8.05	50	1
7	Strut-7	P 406.4x12	SS400	14.26	3	8.05	50	1
8	Strut-8	P 406.4x12	SS400	16.26	3	8.05	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	17.76	1.2	30	6.5	200
2	Strut-10	Strand12.7x4EA	SWPC7B	19.26	1.2	30	5.5	200

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 7 m, 수위차 = 21.56 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.04	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.14	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	7.94	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	9.76	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	12.26	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	14.76	-	-	-	-	-	-	O	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	16.76	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	18.26	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-9		-	-	-	-	X	X
19	19.76	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	Strut-10		-	-	-	-	X	X
21	21.56	-	-	-	-	-	-	X	X
22	21.56	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
23	19.76	-	-	-	-	-	-	X	X
24	-		Strut-10	-	-	-	-	X	X
25	18.26	-	-	-	-	-	-	X	X
26	-		Strut-9	-	-	-	-	X	X
27	16.76	-	-	-	-	-	-	X	X
28	-		Strut-8	-	-	-	-	X	X
29	14.76	-	-	-	-	-	-	X	X
30	-		Strut-7	-	-	-	-	X	X
31	12.26	-	-	-	-	-	-	X	X
32	-		Strut-6	-	-	-	-	X	X
33	9.76	-	-	-	-	-	-	X	X
34	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
35	7.94	-	-	-	-	-	-	X	X
36	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
37	6.14	-	-	-	-	-	-	X	X
38	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
39	3.04	-	-	-	-	-	-	X	X
40	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
41	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
42	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
43	0.10	-	-	-	-	-	-	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.49	1.5	-3.72	4.5	1.53	8.6	-13.68	3.0
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.48	1.5	-3.69	4.5	1.54	8.6	-13.61	3.0
CS3 : 굴착 3.04 m	3.04	16.84	3.0	-23.03	0.6	17.77	2.0	-9.42	5.6
CS4 : 생성 Strut-2	3.04	11.67	2.5	-15.64	0.6	7.79	1.5	-7.53	4.9
CS5 : 굴착 6.14 m	6.14	41.66	2.5	-65.93	2.5	46.83	5.4	-58.77	2.5
CS6 : 생성 Strut-3	6.14	35.99	2.5	-57.38	2.5	33.45	5.4	-47.50	2.5
CS7 : 굴착 7.94 m	7.94	33.96	8.3	-80.88	5.6	53.24	7.4	-41.74	2.5
CS8 : 생성 Strut-4	7.94	33.63	2.5	-70.49	5.6	44.24	7.0	-42.79	2.5
CS9 : 굴착 9.76 m	9.76	47.99	10.6	-130.19	7.4	78.42	9.3	-39.40	2.5
CS10 : 생성 Strut-5	9.76	42.96	10.6	-118.68	7.4	67.72	9.0	-39.77	2.5
CS11 : 굴착 12.26 m	12.26	101.16	12.7	-173.99	9.3	119.57	11.3	-51.43	14.8
CS12 : 생성 Strut-6	12.26	93.09	12.7	-165.54	9.3	110.59	11.3	-48.83	14.8
CS13 : 굴착 14.76 m	14.76	79.72	11.8	-130.98	11.8	81.80	13.1	-51.18	16.3
CS14 : 생성 Strut-7	14.76	76.68	11.8	-132.37	9.3	78.76	13.1	-50.27	16.3
CS15 : 굴착 16.76 m	16.76	82.84	14.3	-132.15	9.3	59.03	12.7	-40.40	2.5
CS16 : 생성 Strut-8	16.76	80.11	14.3	-132.04	9.3	61.22	12.7	-40.40	2.5
CS17 : 굴착 18.26 m	18.26	82.28	14.3	-132.62	9.3	60.58	12.7	-40.40	2.5
CS18 : 생성 Strut-9	18.26	80.09	14.3	-131.87	9.3	60.85	12.7	-69.33	17.8
CS19 : 굴착 19.76 m	19.76	80.45	14.3	-132.21	9.3	61.30	12.7	-60.24	17.8
CS20 : 생성 Strut-10	19.76	80.23	14.3	-131.87	9.3	60.72	12.7	-62.94	17.8
CS21 : 굴착 21.56 m	21.56	80.98	17.8	-131.88	9.3	60.94	12.7	-72.98	17.8
CS22 : Peck	21.56	113.59	11.8	-135.54	11.8	47.31	4.0	-46.20	11.8
CS23 : 해체1	19.76	80.24	14.3	-131.87	9.3	60.72	12.7	-62.81	17.8
CS24 : 해체2	19.76	80.46	14.3	-132.21	9.3	61.29	12.7	-60.12	17.8
CS25 : 해체3	18.26	80.10	14.3	-131.87	9.3	60.84	12.7	-68.99	17.8
CS26 : 해체4	18.26	82.28	14.3	-132.62	9.3	60.57	12.7	-40.40	2.5
CS27 : 해체5	16.76	80.10	14.3	-132.03	9.3	61.20	12.7	-40.40	2.5
CS28 : 해체6	16.76	82.68	14.3	-132.13	9.3	59.14	12.7	-40.40	2.5
CS29 : 해체7	14.76	76.72	11.8	-132.34	9.3	79.21	13.1	-50.36	16.3
CS30 : 해체8	14.76	79.57	11.8	-130.98	11.8	82.11	13.1	-51.31	16.3
CS31 : 해체9	12.26	96.91	12.7	-168.11	9.3	115.24	11.3	-53.70	14.8
CS32 : 해체10	12.26	101.96	12.7	-173.24	9.3	120.73	11.3	-55.17	14.8
CS33 : 해체11	9.76	44.42	10.6	-119.61	7.4	69.37	9.0	-39.76	2.5
CS34 : 해체12	9.76	48.60	10.6	-128.38	7.4	77.57	9.3	-39.48	2.5
CS35 : 해체13	7.94	33.60	2.5	-69.32	5.6	42.58	7.0	-42.72	2.5
CS36 : 해체14	7.94	33.42	8.3	-81.31	5.6	52.88	7.4	-41.52	2.5
CS37 : 해체15	6.14	35.83	2.5	-56.73	2.5	31.92	5.4	-47.16	2.5
CS38 : 해체16	6.14	42.06	2.5	-66.07	2.5	46.42	5.4	-59.57	2.5
CS39 : 해체17	3.04	11.51	2.5	-15.80	0.6	7.95	1.5	-8.24	5.6
CS40 : 해체18	3.04	16.90	3.0	-22.97	0.6	17.68	2.0	-10.16	5.6
CS41 : 해체19	1.05	9.52	1.5	-3.74	7.0	2.63	12.3	-13.77	3.0

CS42 : 해체20	1.05	9.49	1.5	-3.73	7.0	2.63	12.3	-13.72	3.0
CS43 : 해체21	0.10	2.53	13.5	-1.27	7.4	2.62	12.3	-2.39	15.3
TOTAL		113.59	11.8	-173.99	9.3	120.73	11.3	-72.98	17.8

13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-5
		0.55 (m)	2.54 (m)	5.64 (m)	7.44 (m)	9.26 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.04 m	3.04	24.73	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.04	17.34	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 6.14 m	6.14	-12.65	107.59	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.14	-6.98	93.37	16.67	-	-
CS7 : 굴착 7.94 m	7.94	-4.09	74.31	106.61	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	7.94	-4.62	77.57	93.48	16.67	-
CS9 : 굴착 9.76 m	9.76	-2.91	72.30	59.87	172.65	-
CS10 : 생성 Strut-5	9.76	-3.10	72.82	64.19	156.47	16.67
CS11 : 굴착 12.26 m	12.26	-3.41	75.01	52.66	109.05	235.70
CS12 : 생성 Strut-6	12.26	-3.39	74.85	53.33	112.76	223.00
CS13 : 굴착 14.76 m	14.76	-3.42	74.89	55.17	110.49	187.24
CS14 : 생성 Strut-7	14.76	-3.42	74.89	55.01	110.50	190.41
CS15 : 굴착 16.76 m	16.76	-3.42	74.86	55.06	111.16	189.51
CS16 : 생성 Strut-8	16.76	-3.42	74.87	55.06	111.08	189.48
CS17 : 굴착 18.26 m	18.26	-3.42	74.86	55.03	111.11	190.06
CS18 : 생성 Strut-9	18.26	-3.42	74.86	55.07	111.09	189.28
CS19 : 굴착 19.76 m	19.76	-3.42	74.87	55.05	111.08	189.66
CS20 : 생성 Strut-10	19.76	-3.42	74.86	55.07	111.10	189.28
CS21 : 굴착 21.56 m	21.56	-3.42	74.86	55.07	111.09	189.29
CS22 : Peck	21.56	96.48	194.80	185.27	124.49	183.13
CS23 : 해체1	19.76	-3.42	74.86	55.07	111.10	189.28
CS24 : 해체2	19.76	-3.42	74.87	55.05	111.08	189.66
CS25 : 해체3	18.26	-3.42	74.86	55.07	111.09	189.28
CS26 : 해체4	18.26	-3.42	74.86	55.03	111.11	190.05
CS27 : 해체5	16.76	-3.42	74.86	55.06	111.08	189.46
CS28 : 해체6	16.76	-3.42	74.86	55.06	111.15	189.50
CS29 : 해체7	14.76	-3.42	74.89	55.01	110.49	190.39
CS30 : 해체8	14.76	-3.42	74.89	55.17	110.48	187.40
CS31 : 해체9	12.26	-3.39	74.85	53.18	112.69	225.77
CS32 : 해체10	12.26	-3.40	74.95	52.78	110.45	233.47
CS33 : 해체11	9.76	-3.09	72.79	64.38	157.24	13.06
CS34 : 해체12	9.76	-2.95	72.39	61.13	169.53	-
CS35 : 해체13	7.94	-4.59	77.50	92.35	19.43	-
CS36 : 해체14	7.94	-3.98	73.76	107.50	-	-
CS37 : 해체15	6.14	-6.82	92.56	17.74	-	-

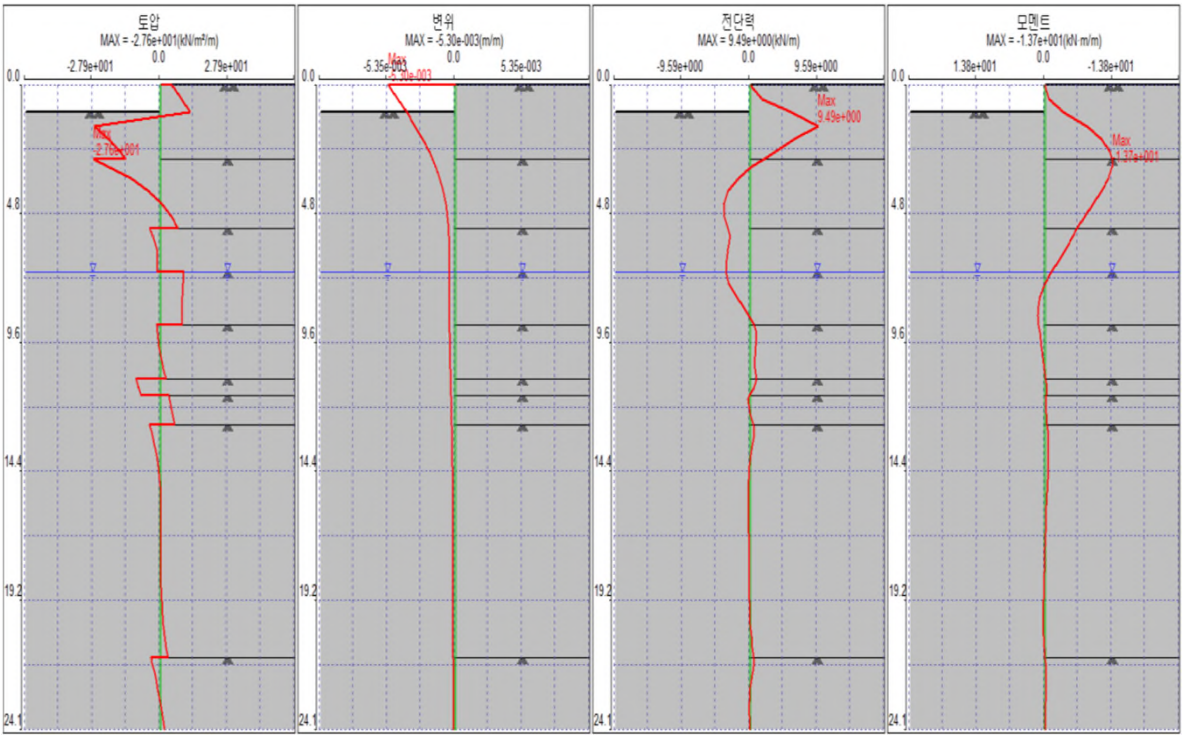
CS38 : 해체16	6.14	-13.05	108.12	-	-	-
CS39 : 해체17	3.04	17.50	16.22	-	-	-
CS40 : 해체18	3.04	24.67	-	-	-	-
CS41 : 해체19	1.05	-0.03	-	-	-	-
CS42 : 해체20	1.05	-	-	-	-	-
CS43 : 해체21	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		96.48	194.80	185.27	172.65	235.70

시공단계	굴착 깊이	Strut-6	Strut-7	Strut-8	Strut-9	Strut-10
		11.76 (m)	14.26 (m)	16.26 (m)	17.76 (m)	19.26 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.04 m	3.04	-	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.04	-	-	-	-	-
CS5 : 굴착 6.14 m	6.14	-	-	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.14	-	-	-	-	-
CS7 : 굴착 7.94 m	7.94	-	-	-	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	7.94	-	-	-	-	-
CS9 : 굴착 9.76 m	9.76	-	-	-	-	-
CS10 : 생성 Strut-5	9.76	-	-	-	-	-
CS11 : 굴착 12.26 m	12.26	-	-	-	-	-
CS12 : 생성 Strut-6	12.26	16.67	-	-	-	-
CS13 : 굴착 14.76 m	14.76	210.70	-	-	-	-
CS14 : 생성 Strut-7	14.76	200.08	16.67	-	-	-
CS15 : 굴착 16.76 m	16.76	179.45	146.99	-	-	-
CS16 : 생성 Strut-8	16.76	182.28	135.52	16.67	-	-
CS17 : 굴착 18.26 m	18.26	179.54	124.13	107.23	-	-
CS18 : 생성 Strut-9	18.26	182.47	142.55	2.35	166.67	-
CS19 : 굴착 19.76 m	19.76	181.77	130.39	37.66	180.97	-
CS20 : 생성 Strut-10	19.76	182.32	143.40	5.18	166.01	166.67
CS21 : 굴착 21.56 m	21.56	182.54	141.81	1.30	167.33	175.85
CS22 : Peck	21.56	249.13	193.51	83.76	165.21	172.18
CS23 : 해체1	19.76	182.32	143.40	5.28	166.02	166.59
CS24 : 해체2	19.76	181.77	130.47	37.57	180.88	-
CS25 : 해체3	18.26	182.46	142.66	2.34	166.56	-
CS26 : 해체4	18.26	179.55	124.35	106.83	-	-
CS27 : 해체5	16.76	182.30	135.93	15.75	-	-
CS28 : 해체6	16.76	179.63	146.73	-	-	-
CS29 : 해체7	14.76	200.53	15.74	-	-	-
CS30 : 해체8	14.76	210.55	-	-	-	-
CS31 : 해체9	12.26	10.28	-	-	-	-
CS32 : 해체10	12.26	-	-	-	-	-
CS33 : 해체11	9.76	-	-	-	-	-
CS34 : 해체12	9.76	-	-	-	-	-
CS35 : 해체13	7.94	-	-	-	-	-
CS36 : 해체14	7.94	-	-	-	-	-
CS37 : 해체15	6.14	-	-	-	-	-
CS38 : 해체16	6.14	-	-	-	-	-
CS39 : 해체17	3.04	-	-	-	-	-

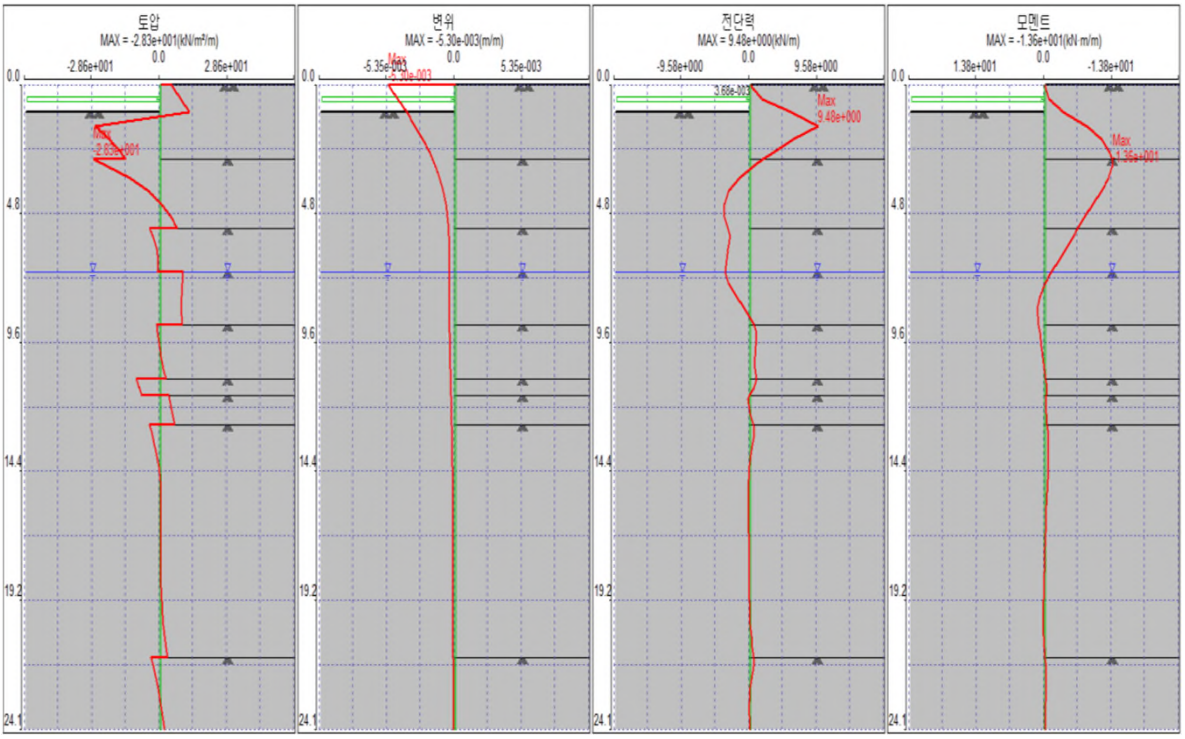
CS40 : 해체18	3.04	-	-	-	-	-
CS41 : 해체19	1.05	-	-	-	-	-
CS42 : 해체20	1.05	-	-	-	-	-
CS43 : 해체21	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		249.13	193.51	107.23	180.97	175.85

13.2 시공단계별 단면력도

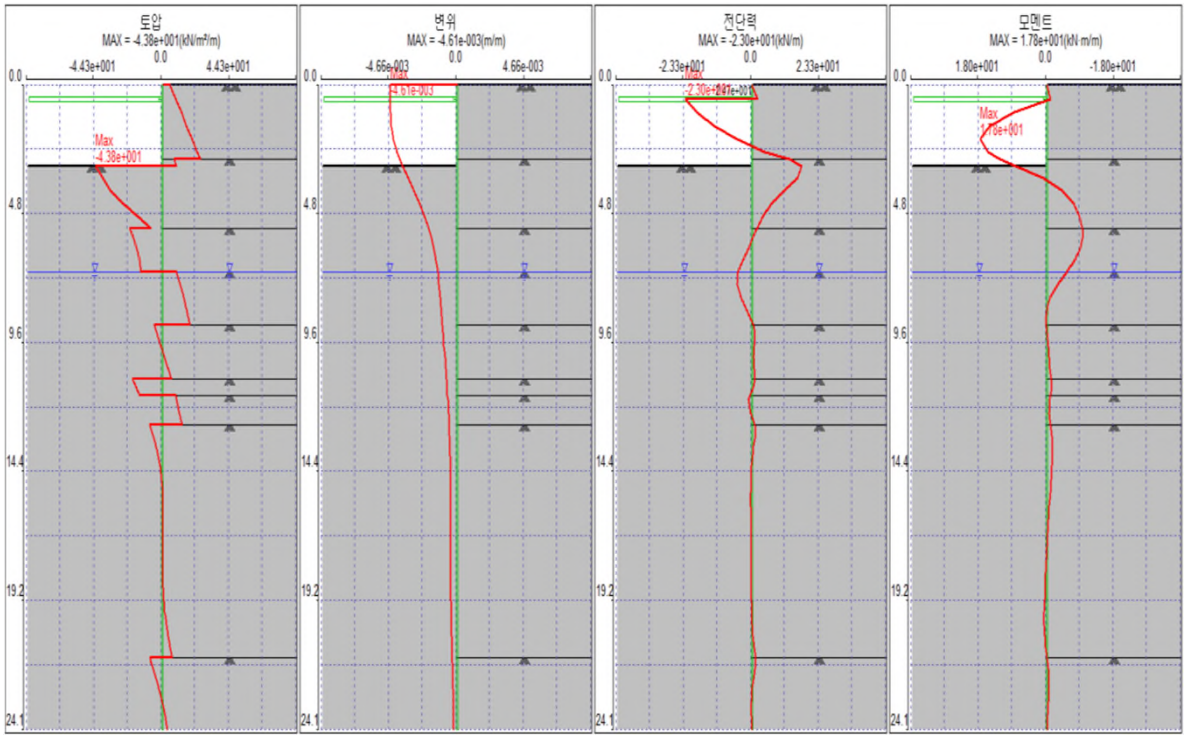
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



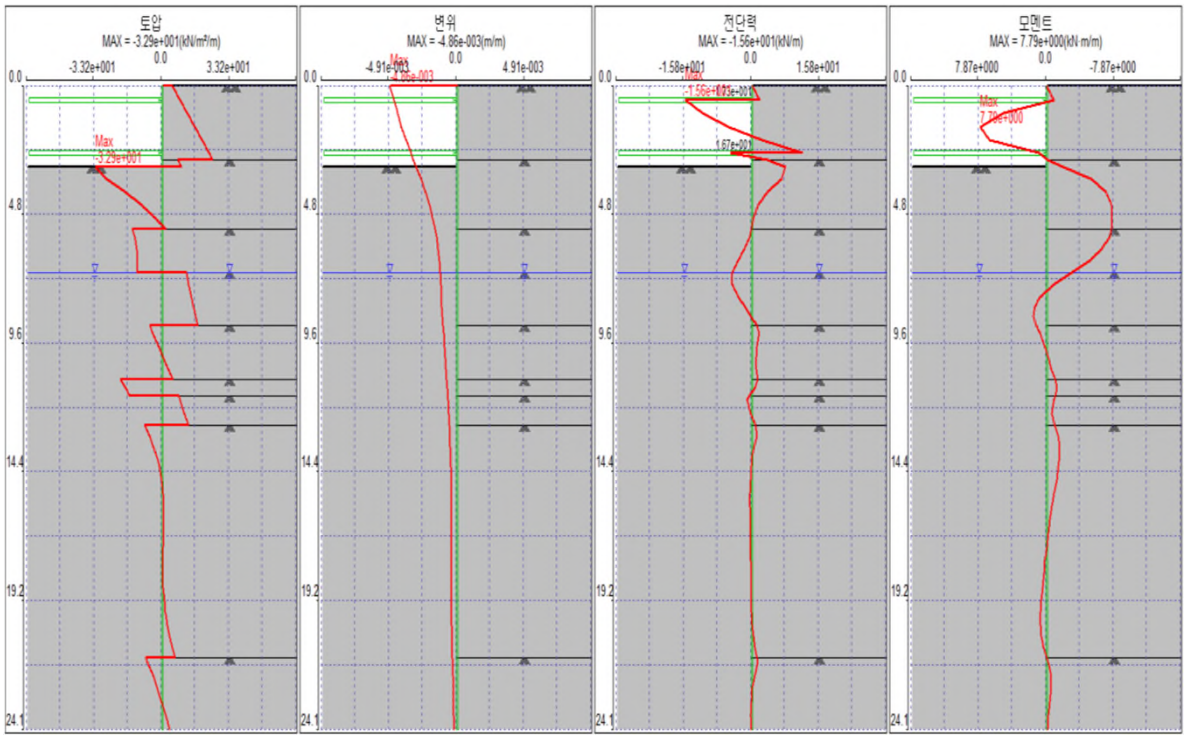
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



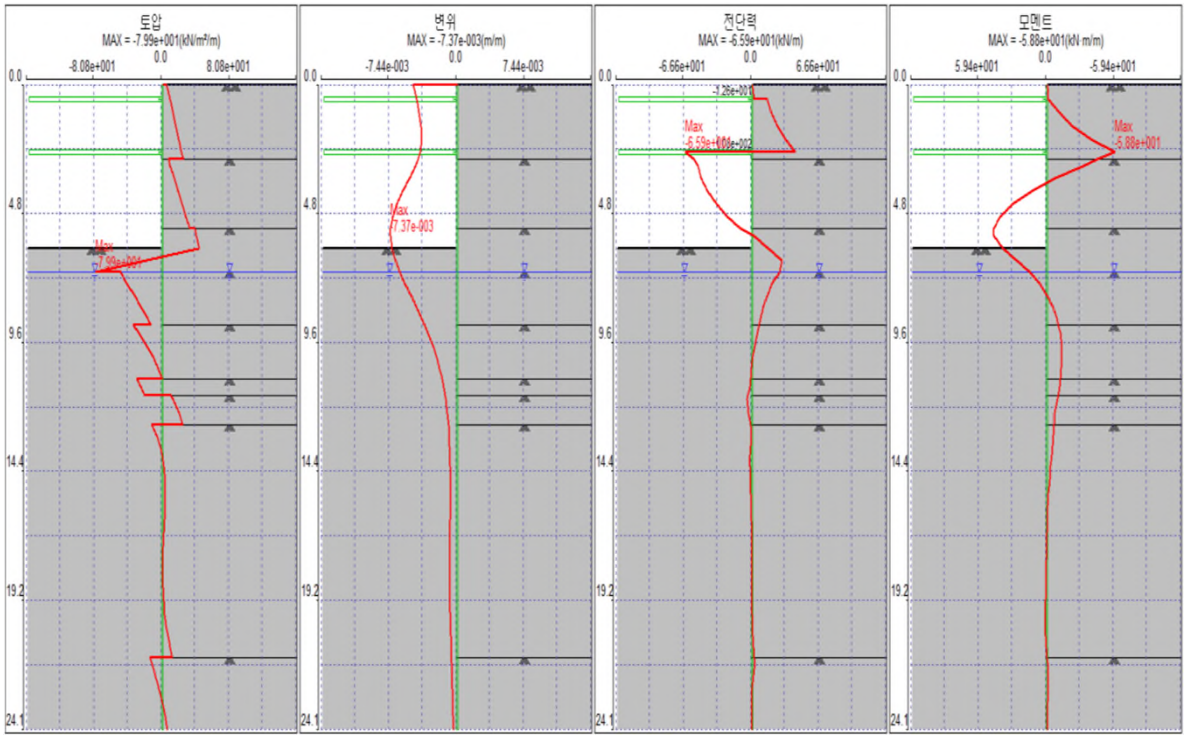
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.04 m]



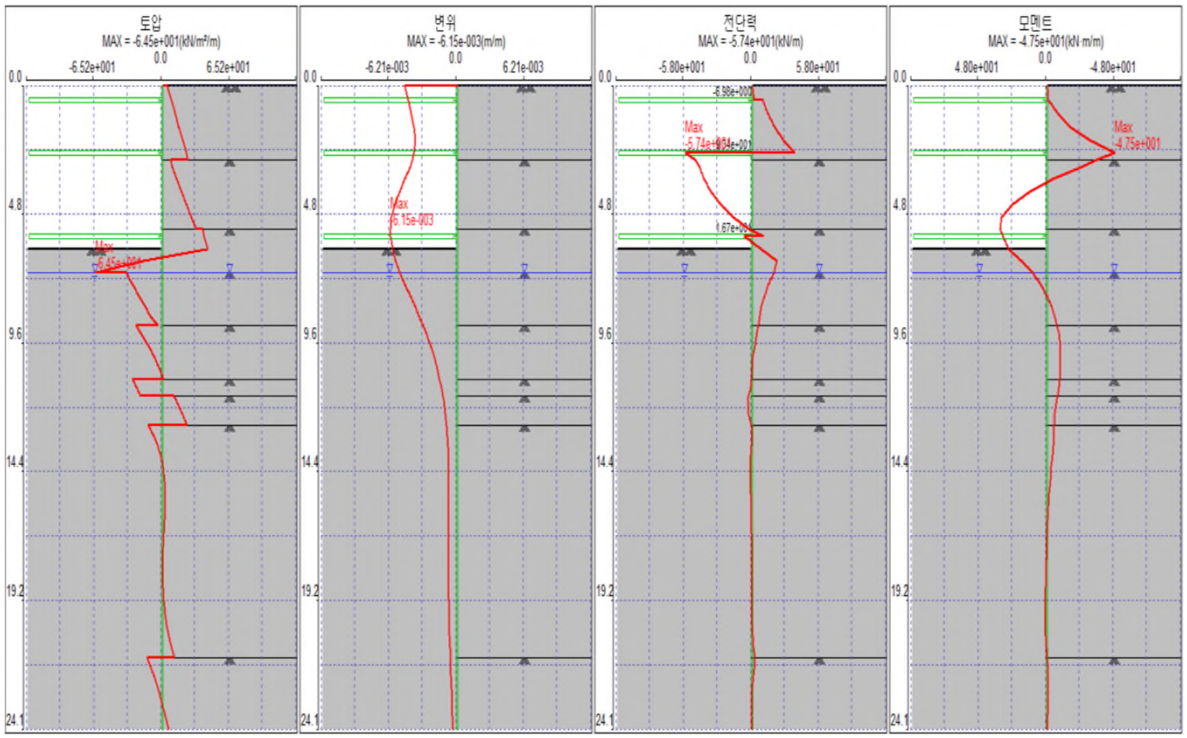
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



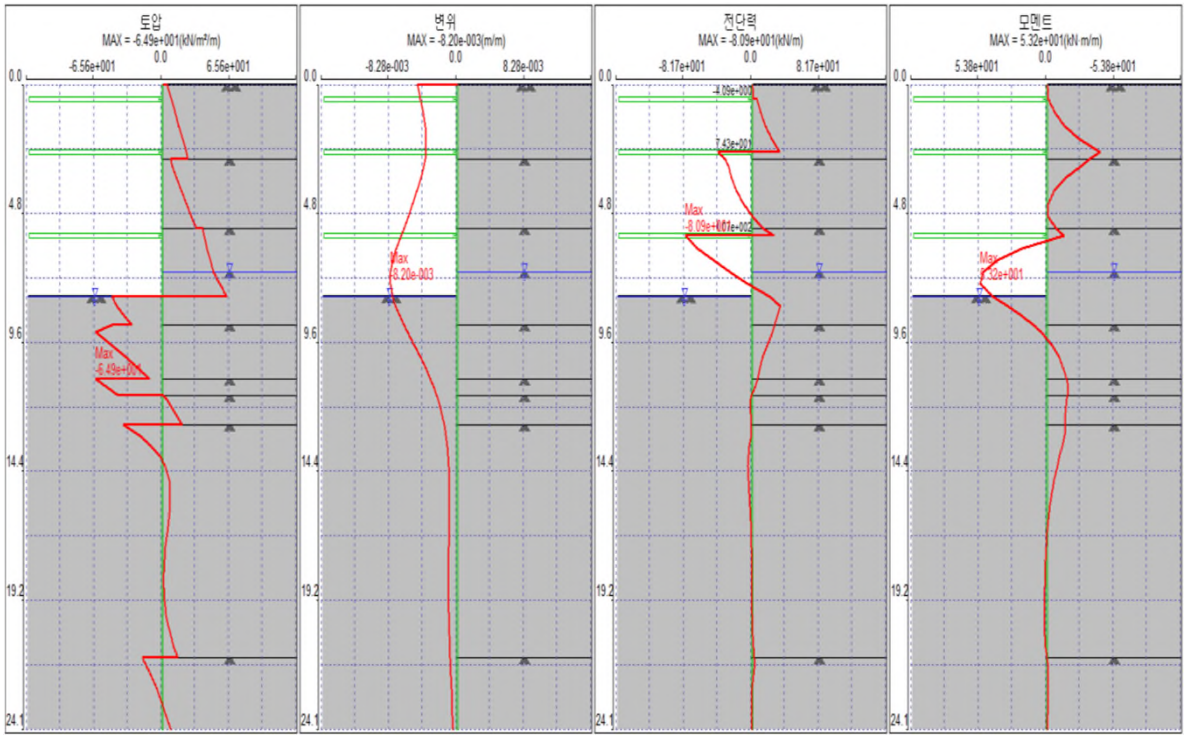
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.14 m]



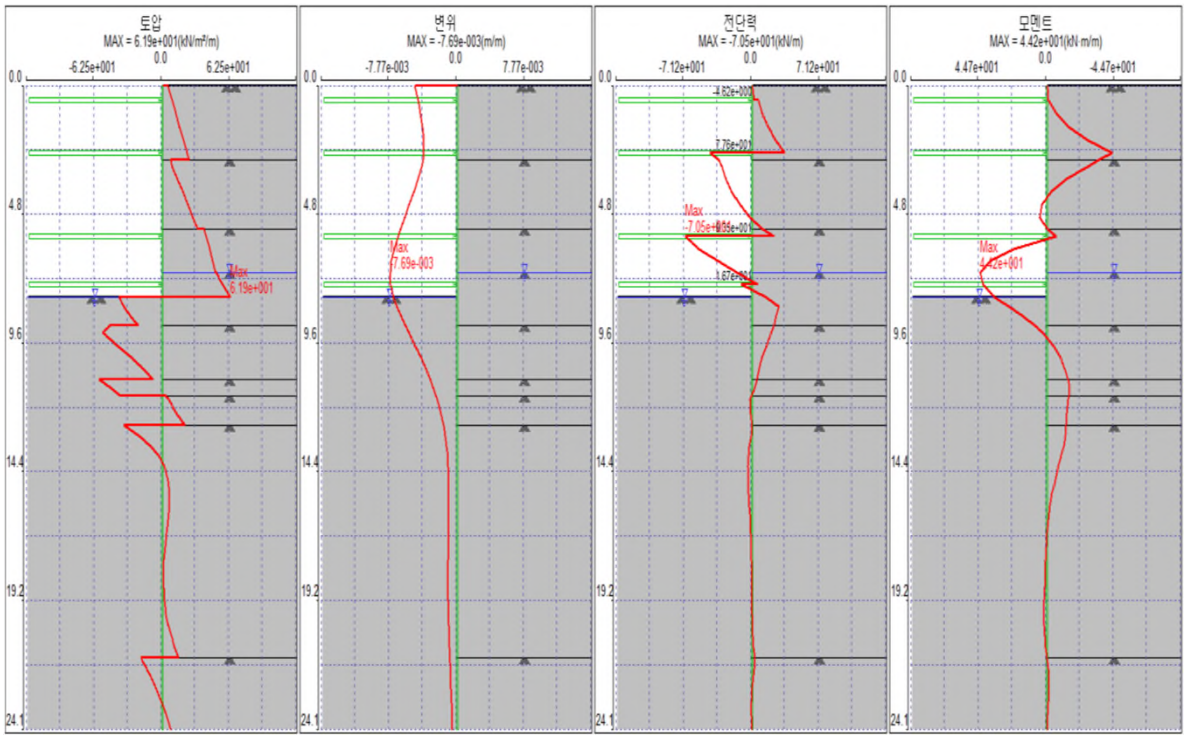
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



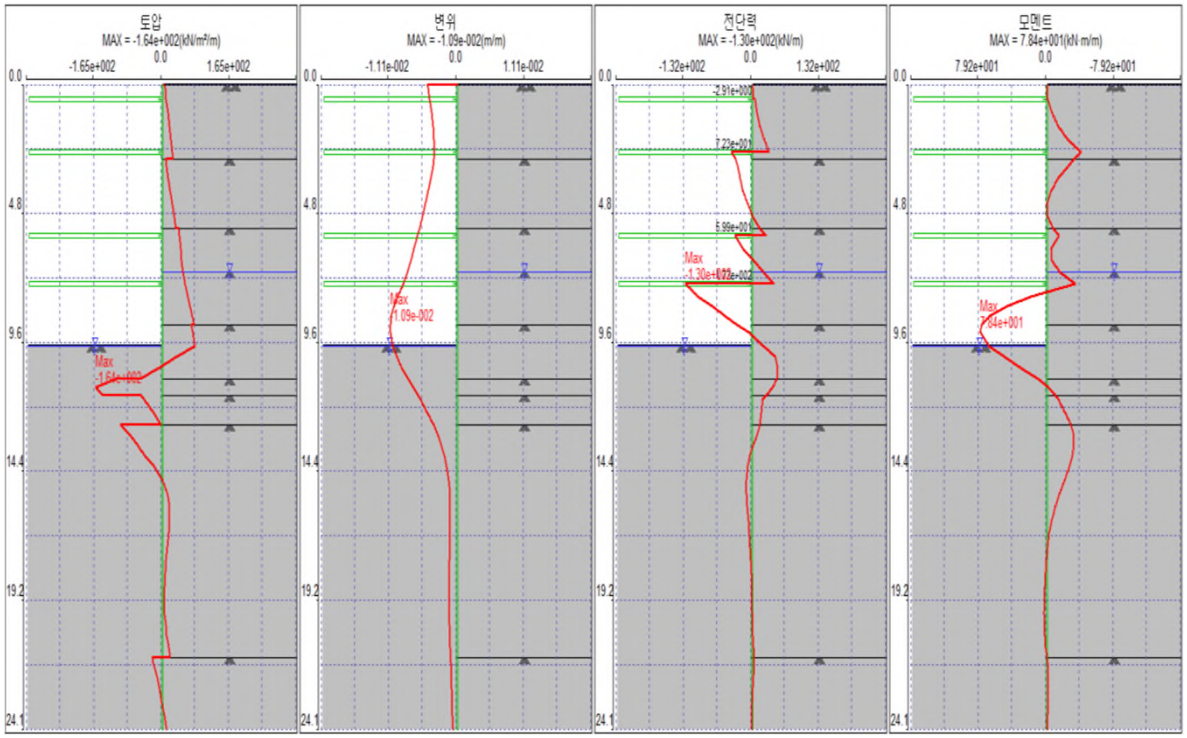
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 7.94 m]



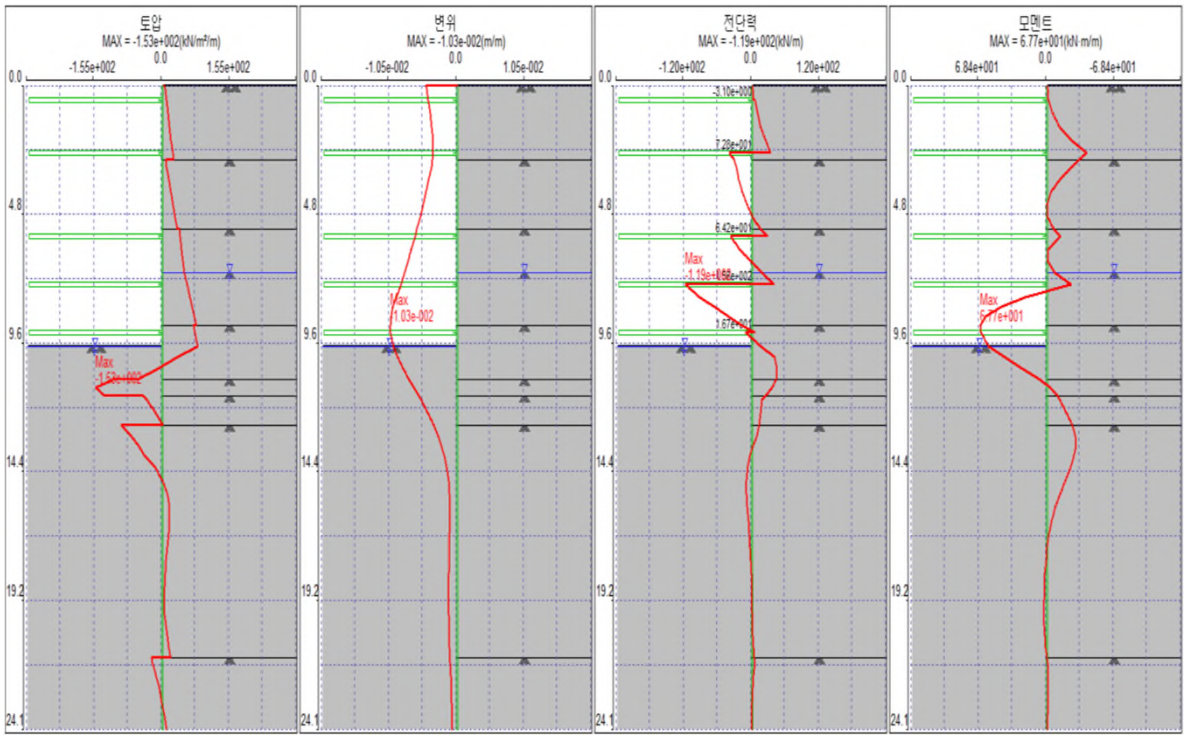
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



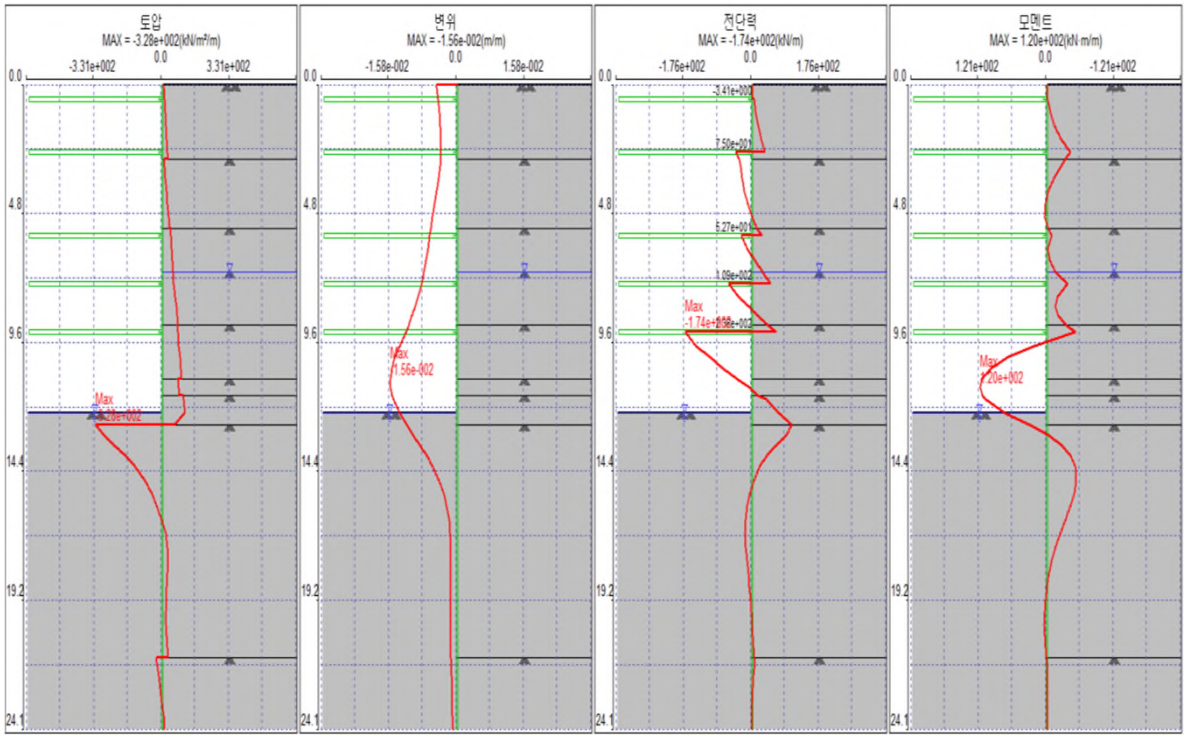
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.76 m]



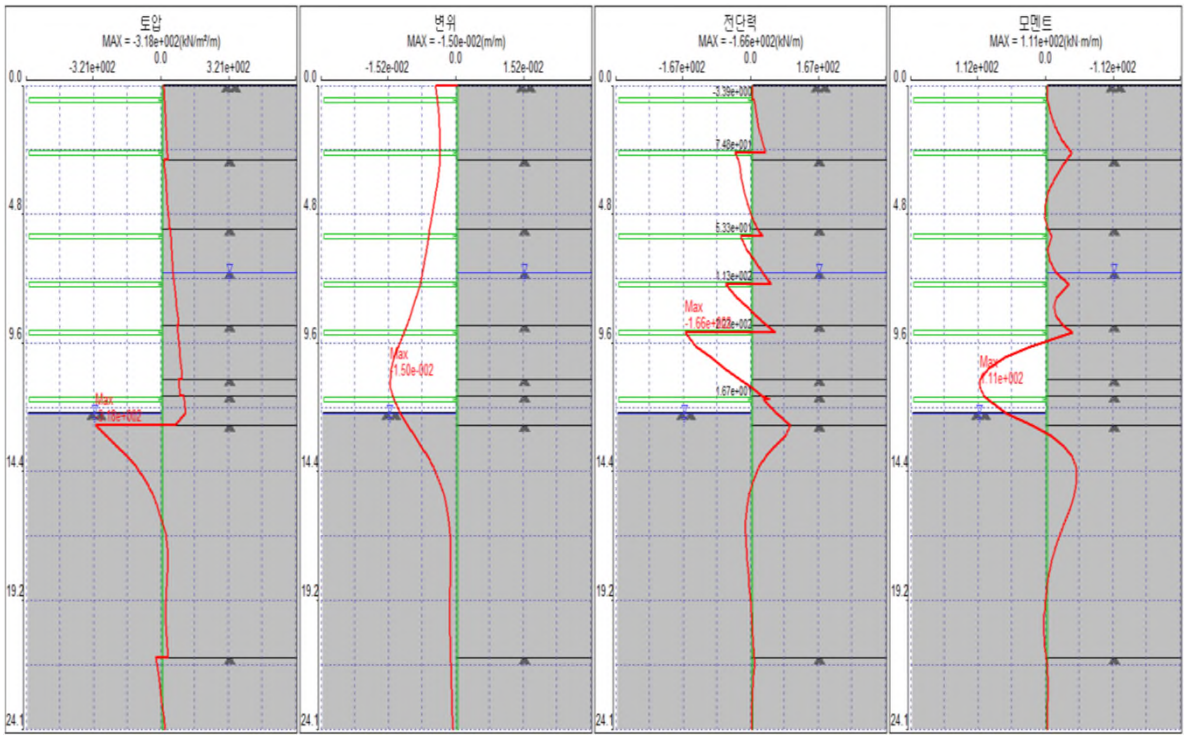
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



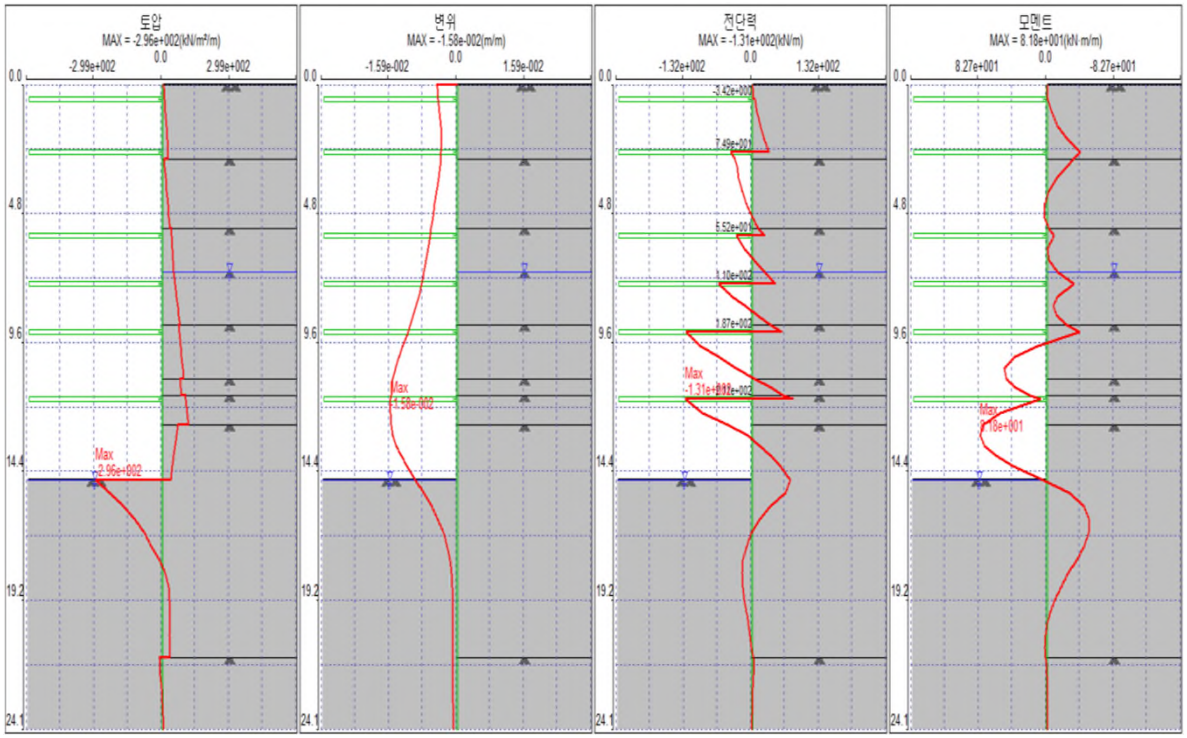
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 12.26 m]



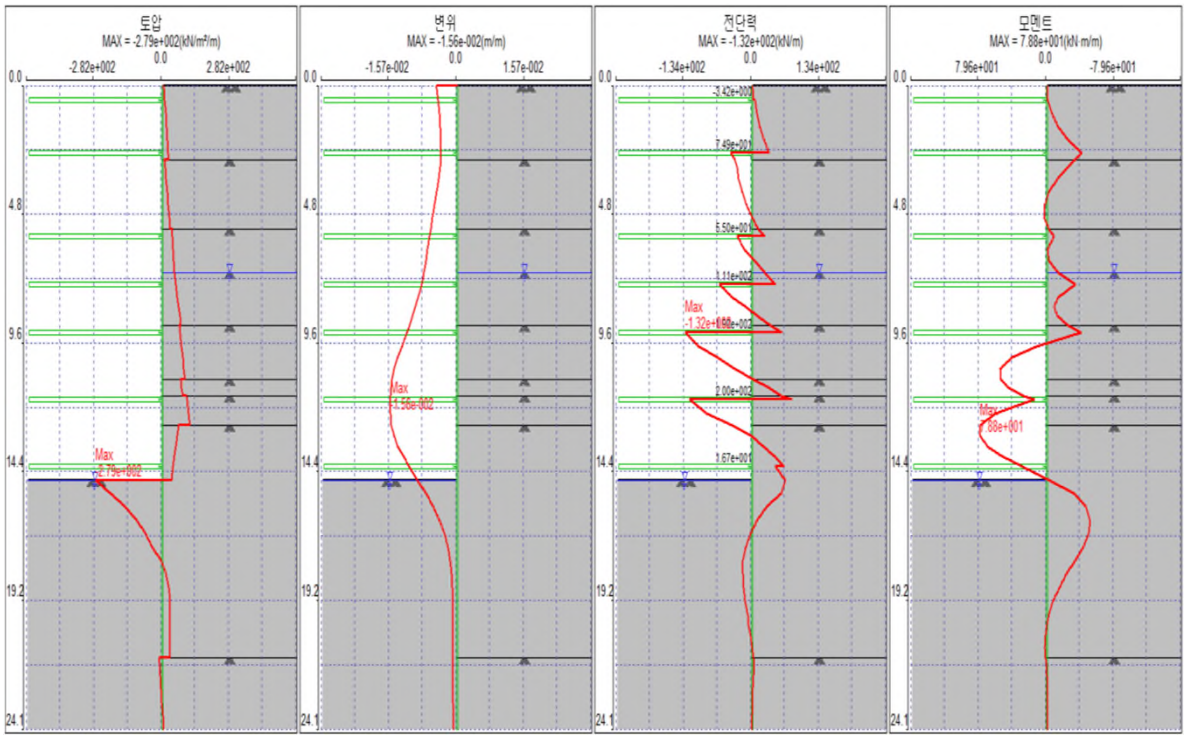
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



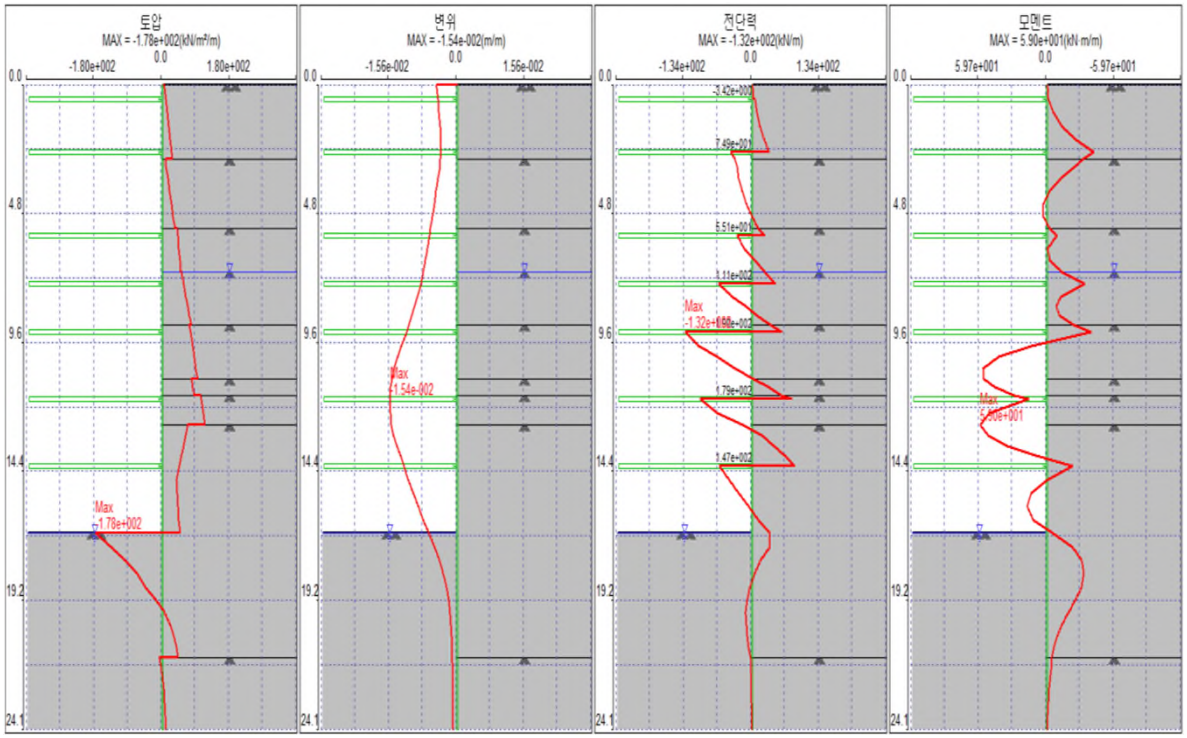
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 14.76 m]



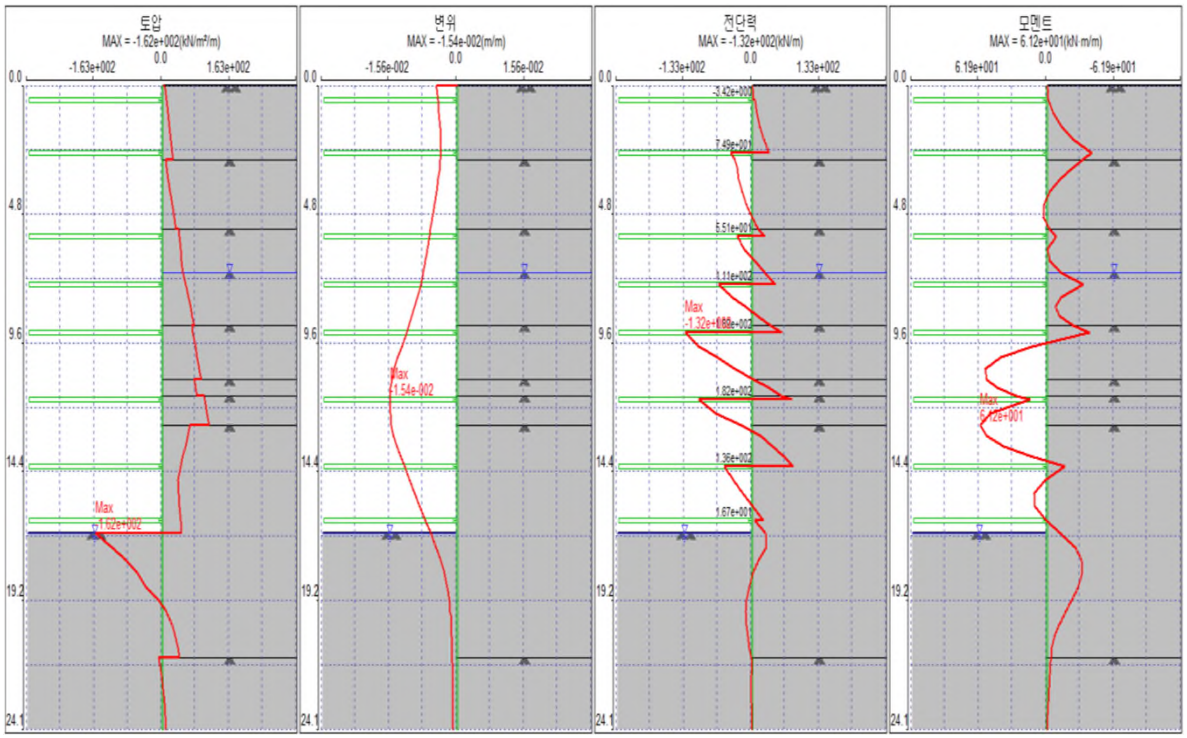
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



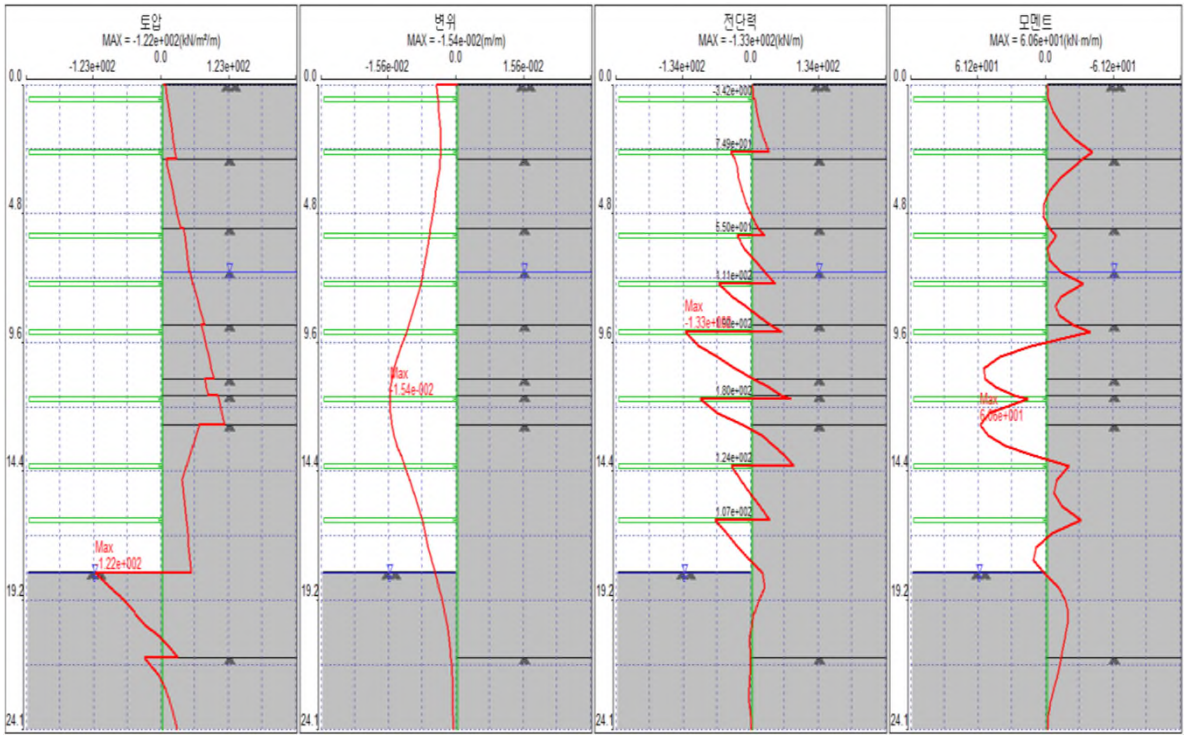
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 16.76 m]



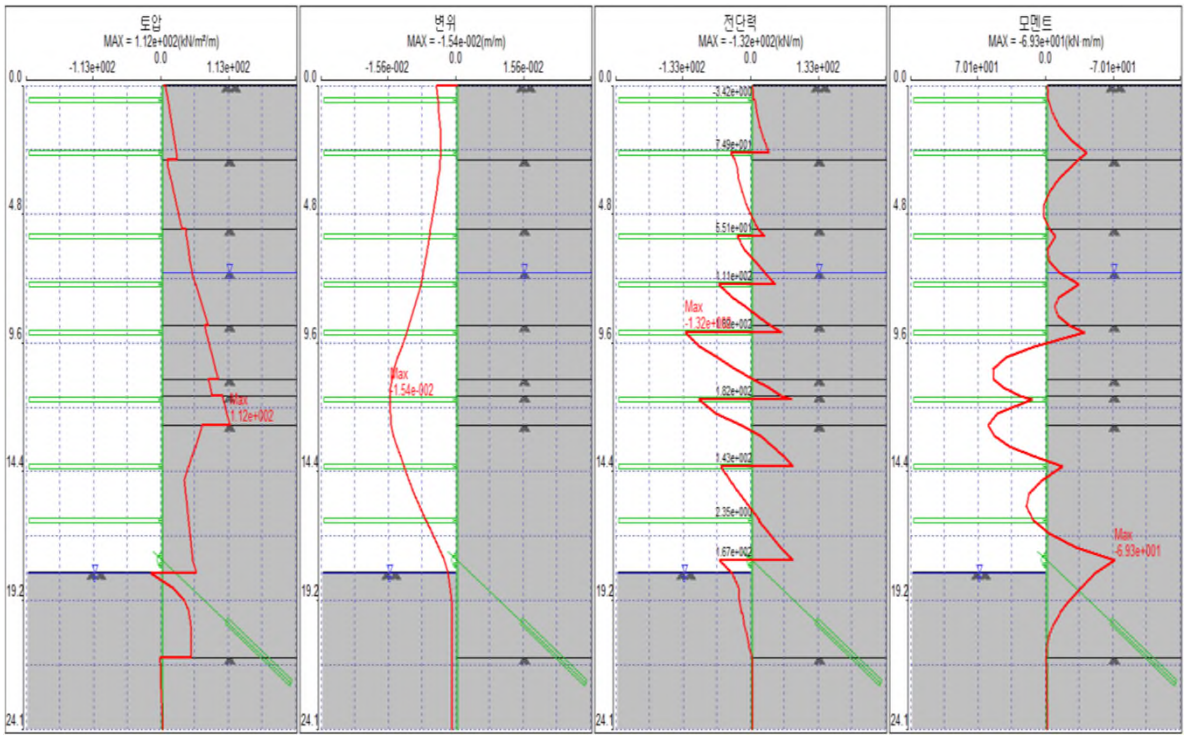
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



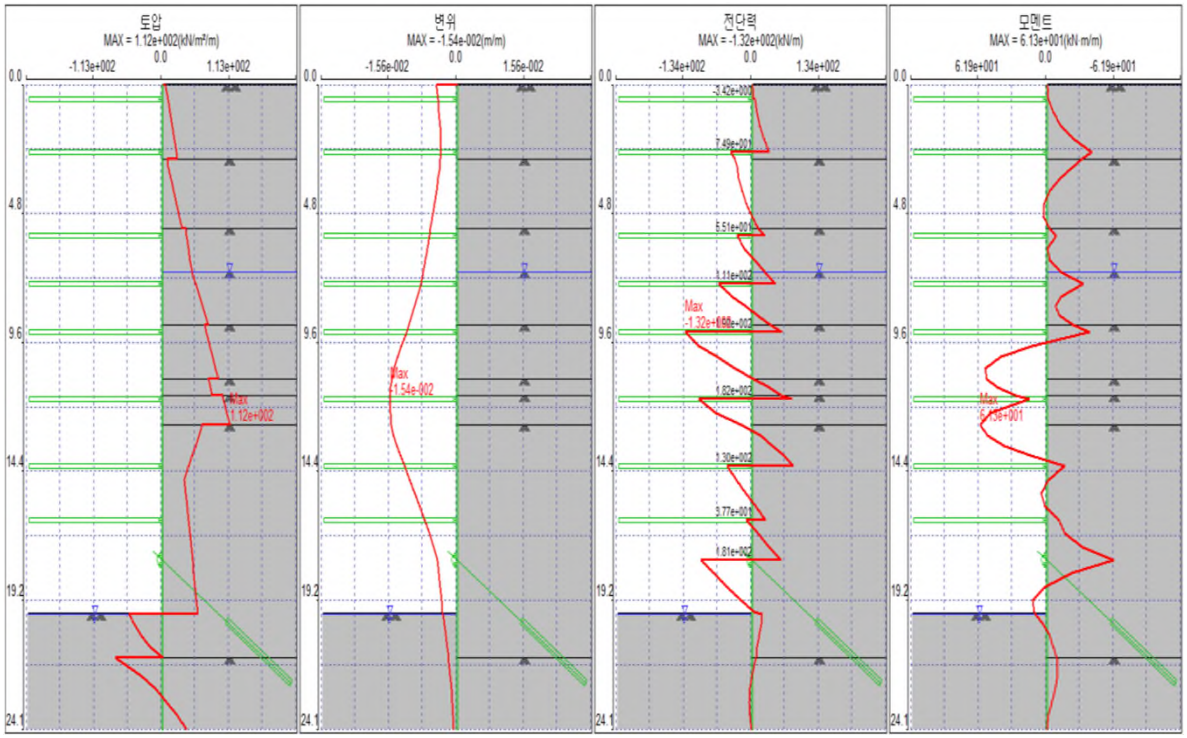
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 18.26 m]



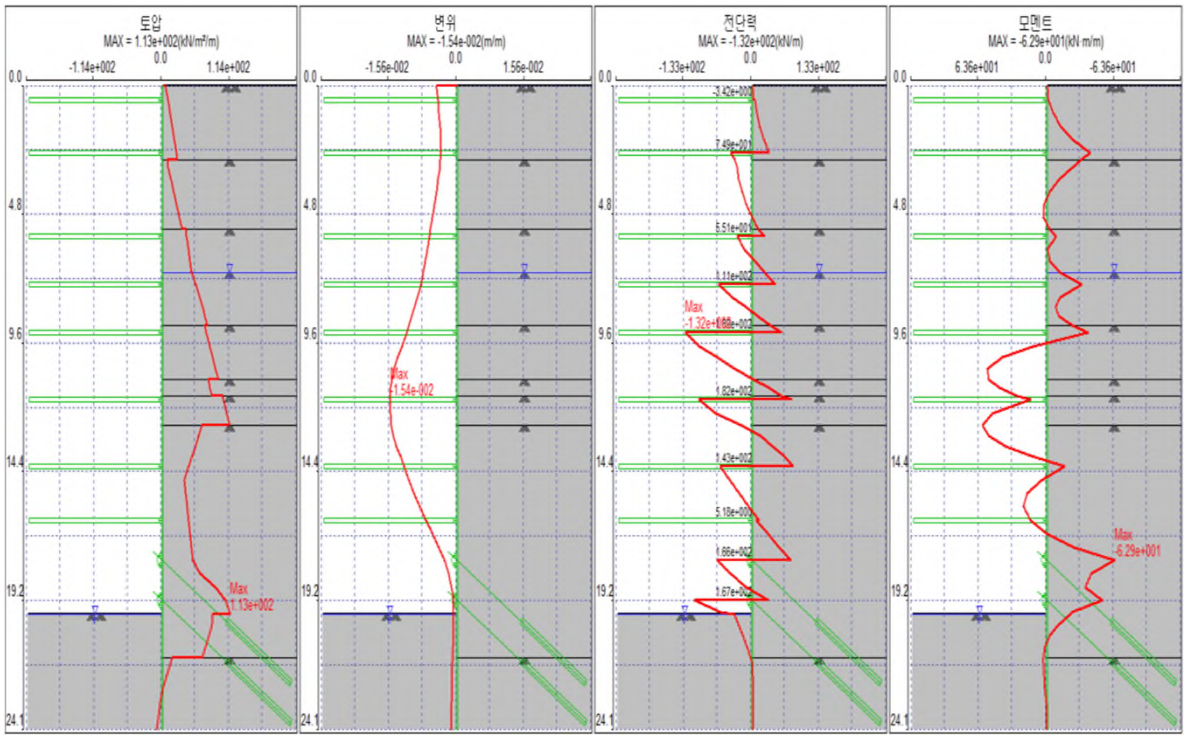
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-9]



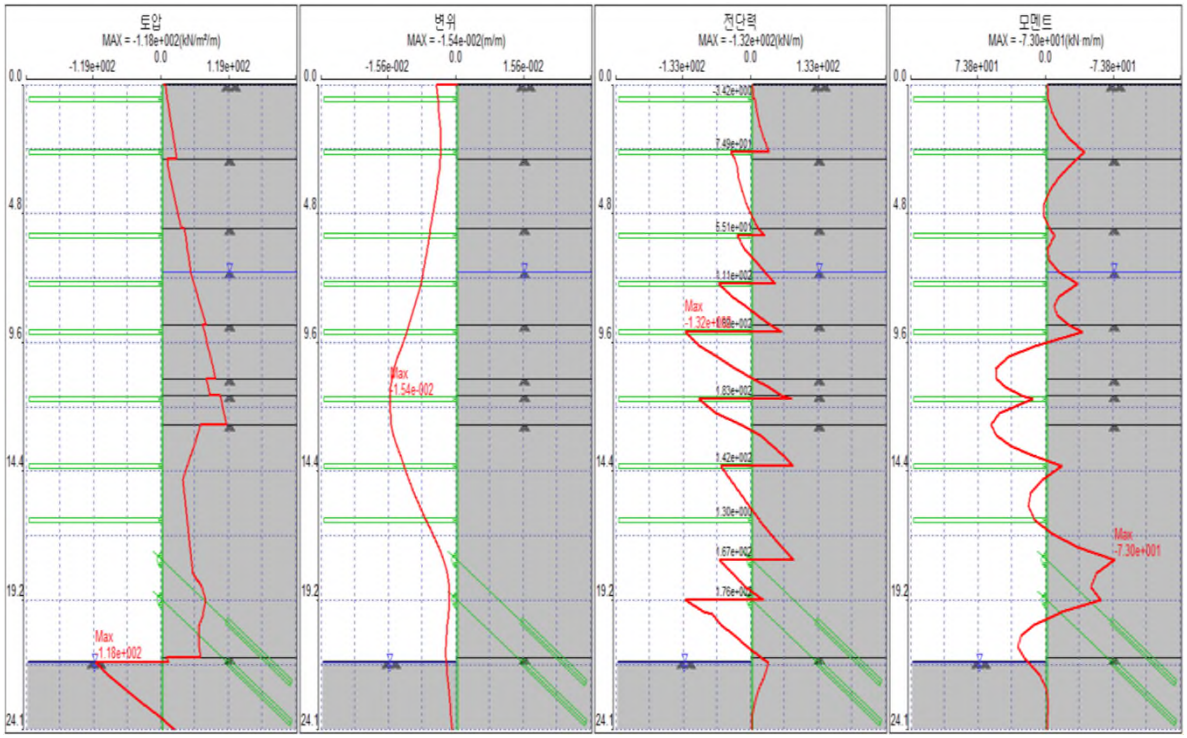
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 19.76 m]



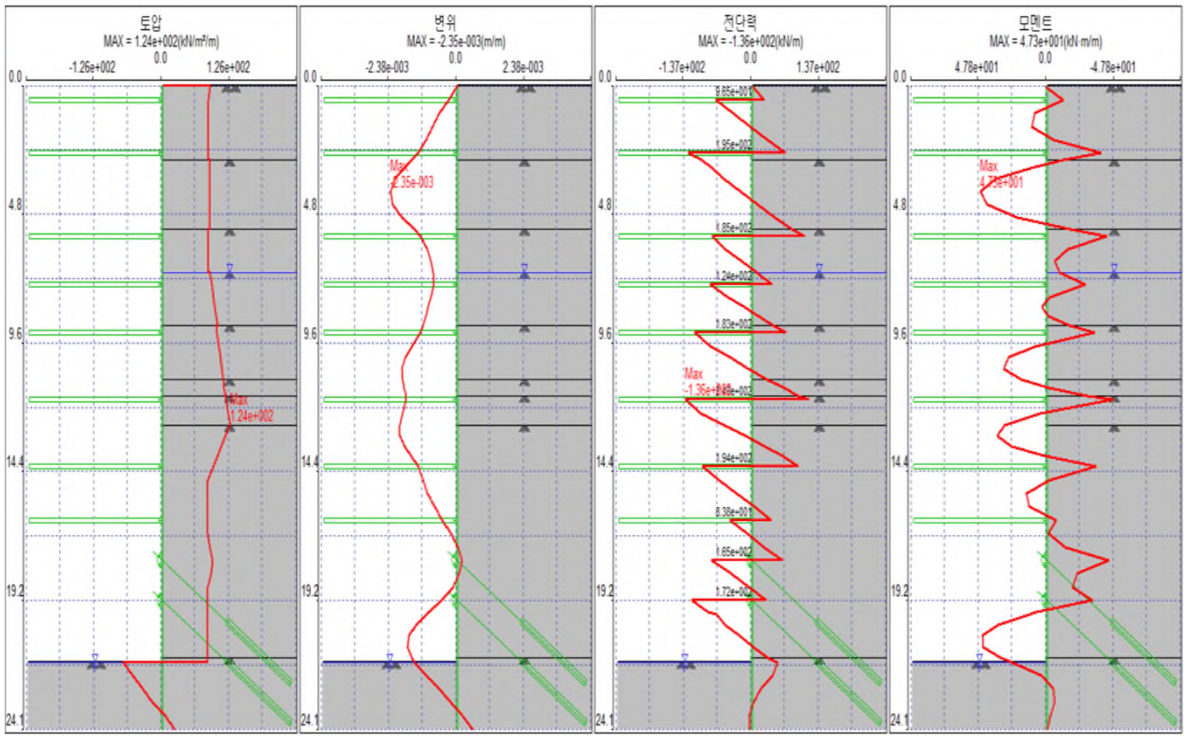
20) 시공 20 단계 [CS20 : 생성 Strut-10]



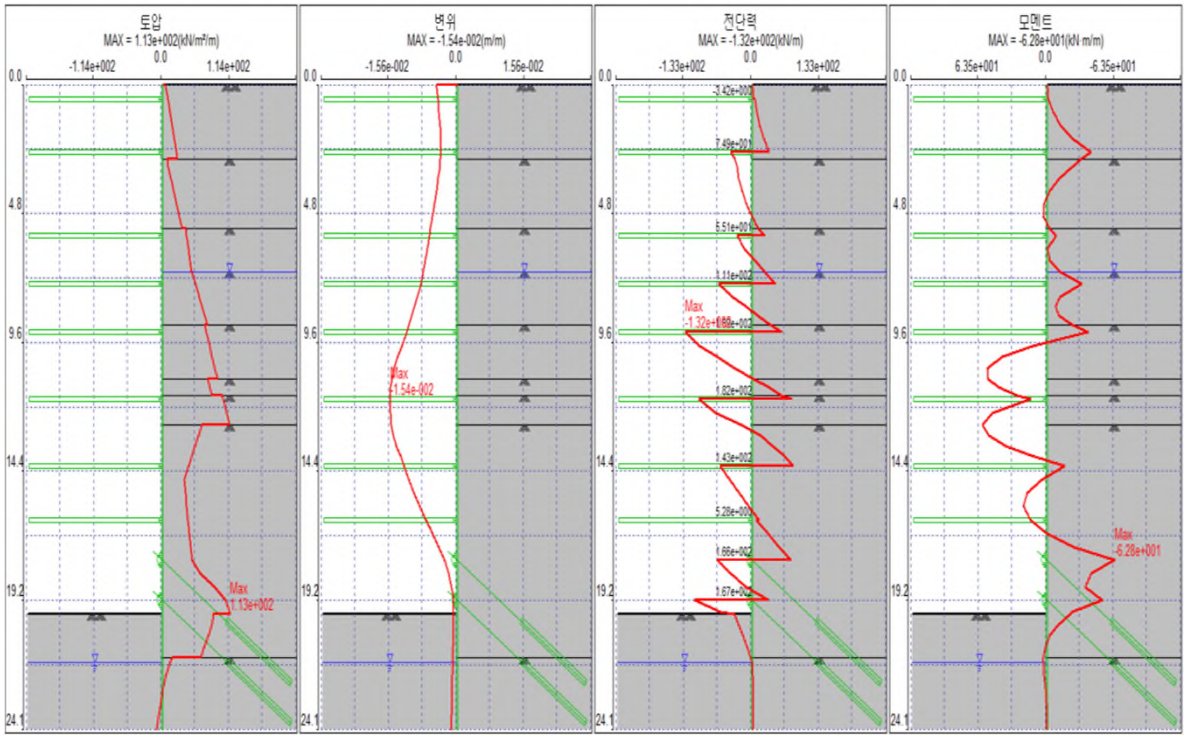
21) 시공 21 단계 [CS21 : 굴착 21.56 m]



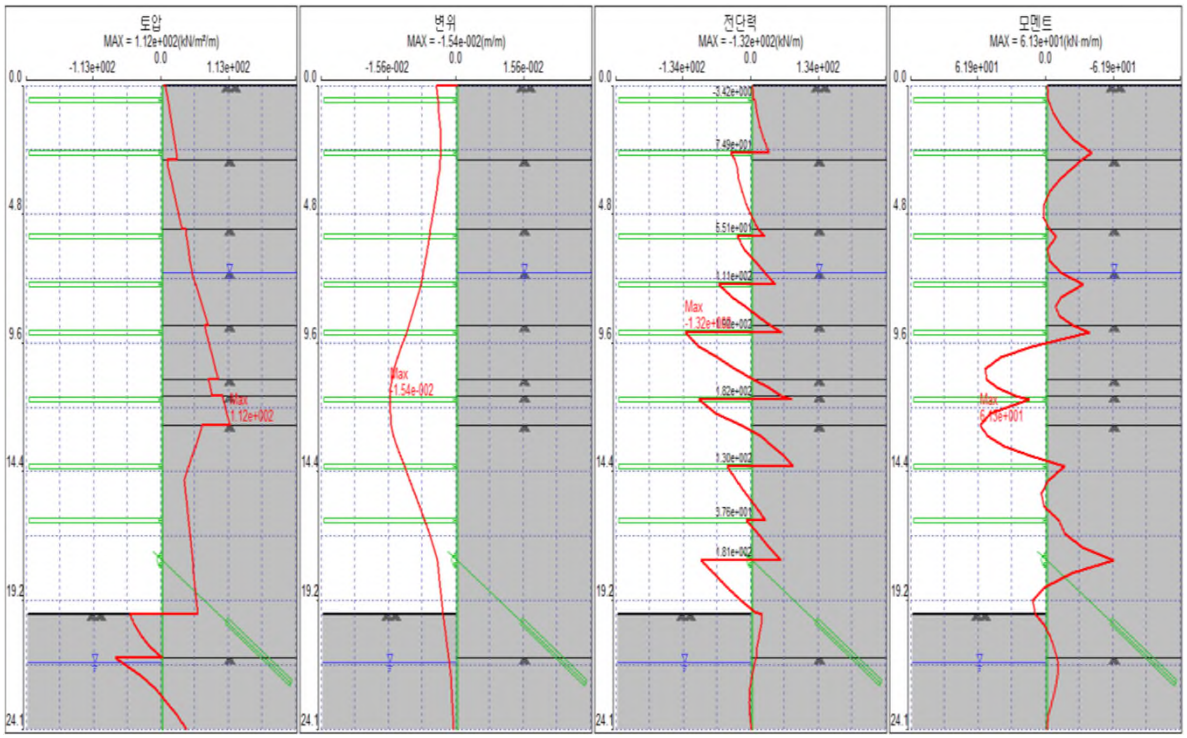
22) 시공 22 단계 [CS22 : Peck]



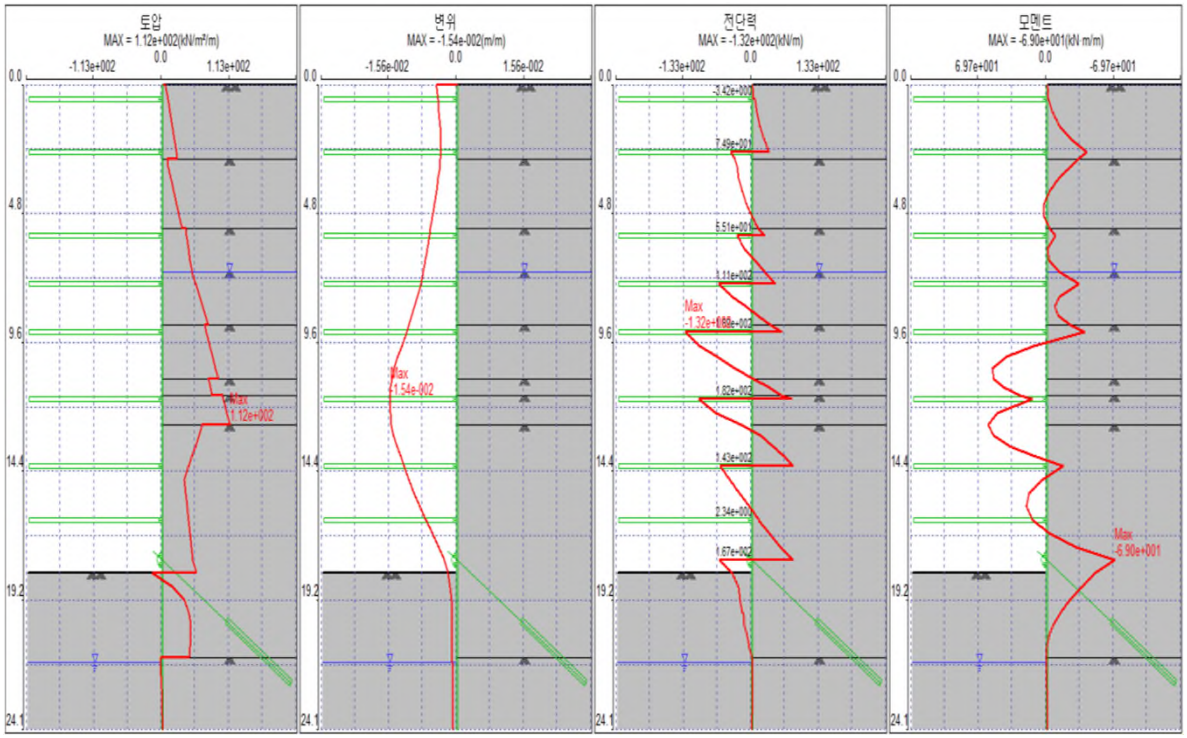
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체1]



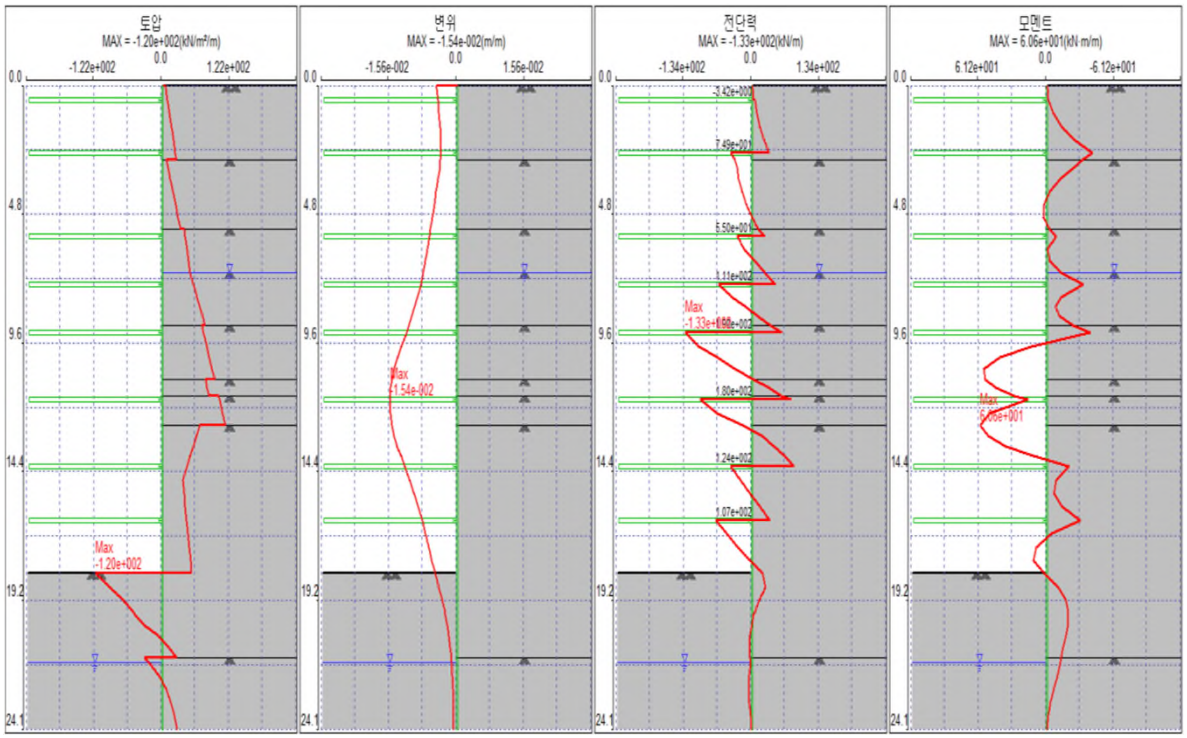
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체2]



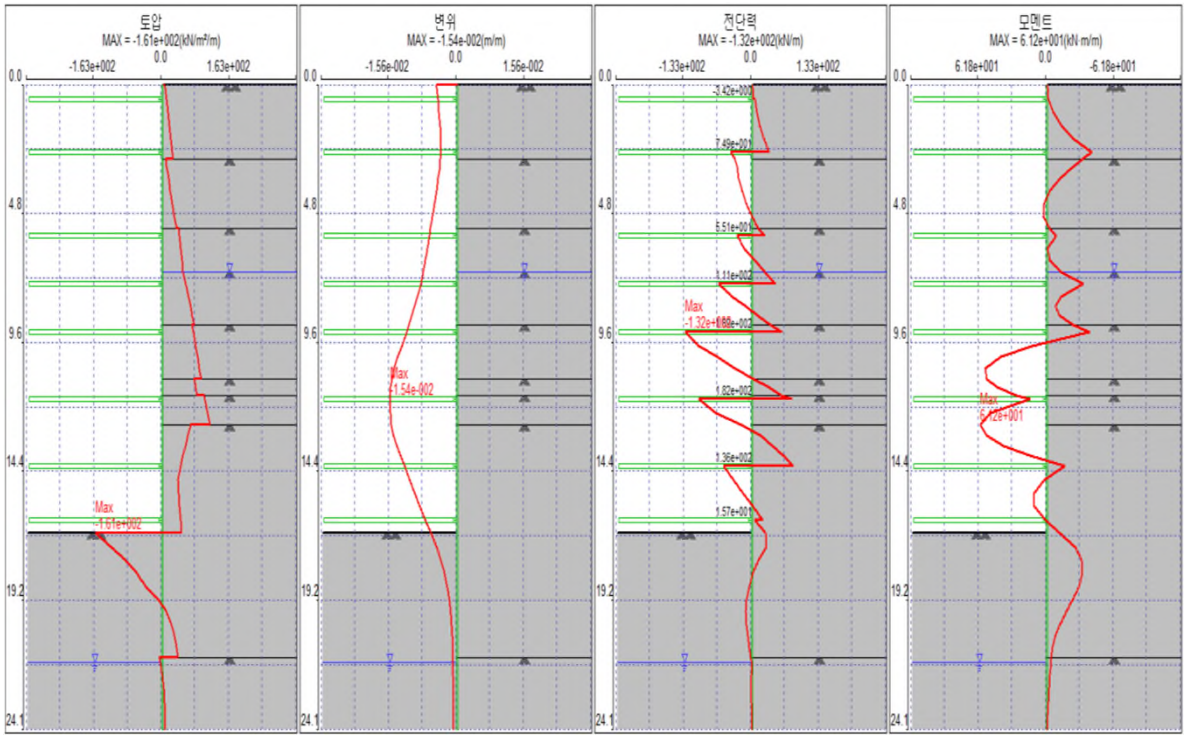
25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체3]



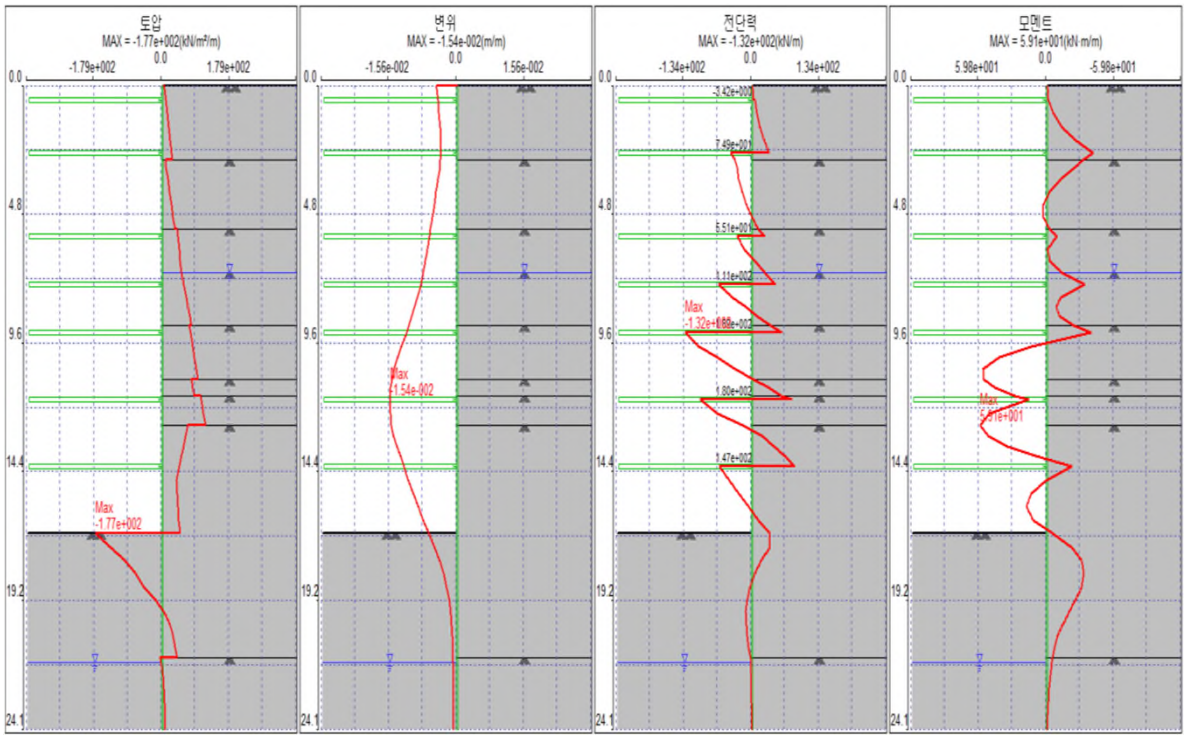
26) 시공 26 단계 [CS26 : 해체4]



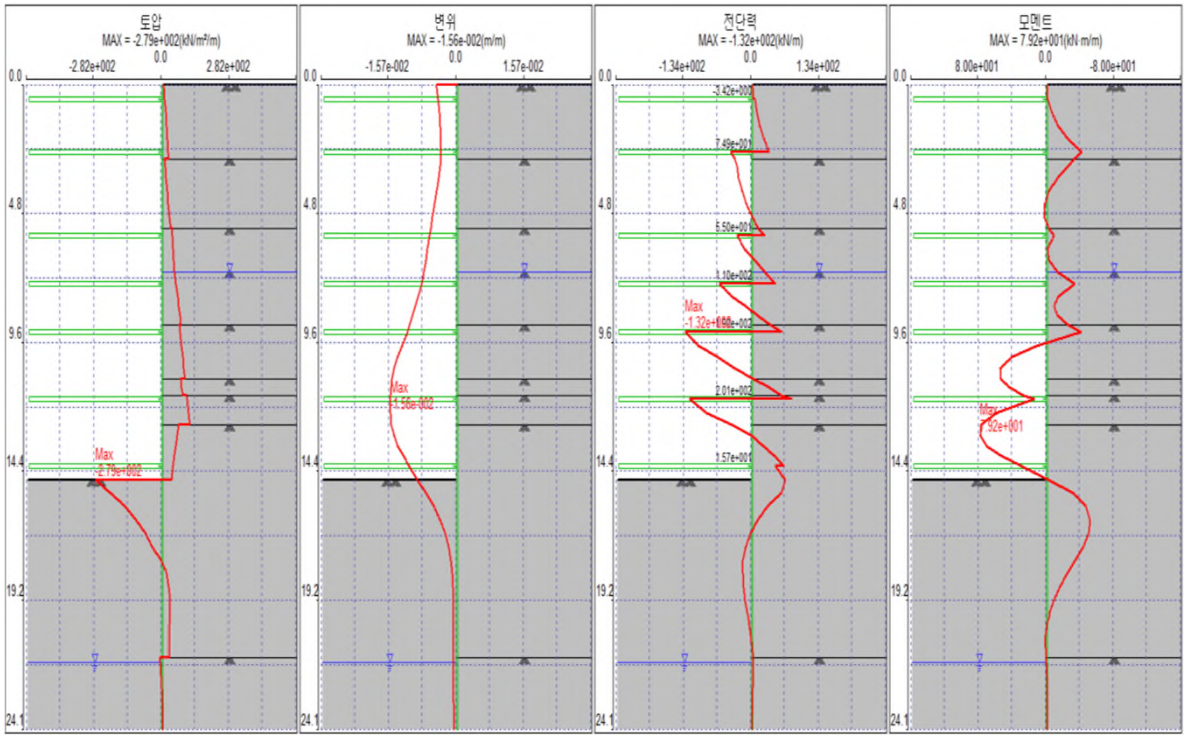
27) 시공 27 단계 [CS27 : 해체5]



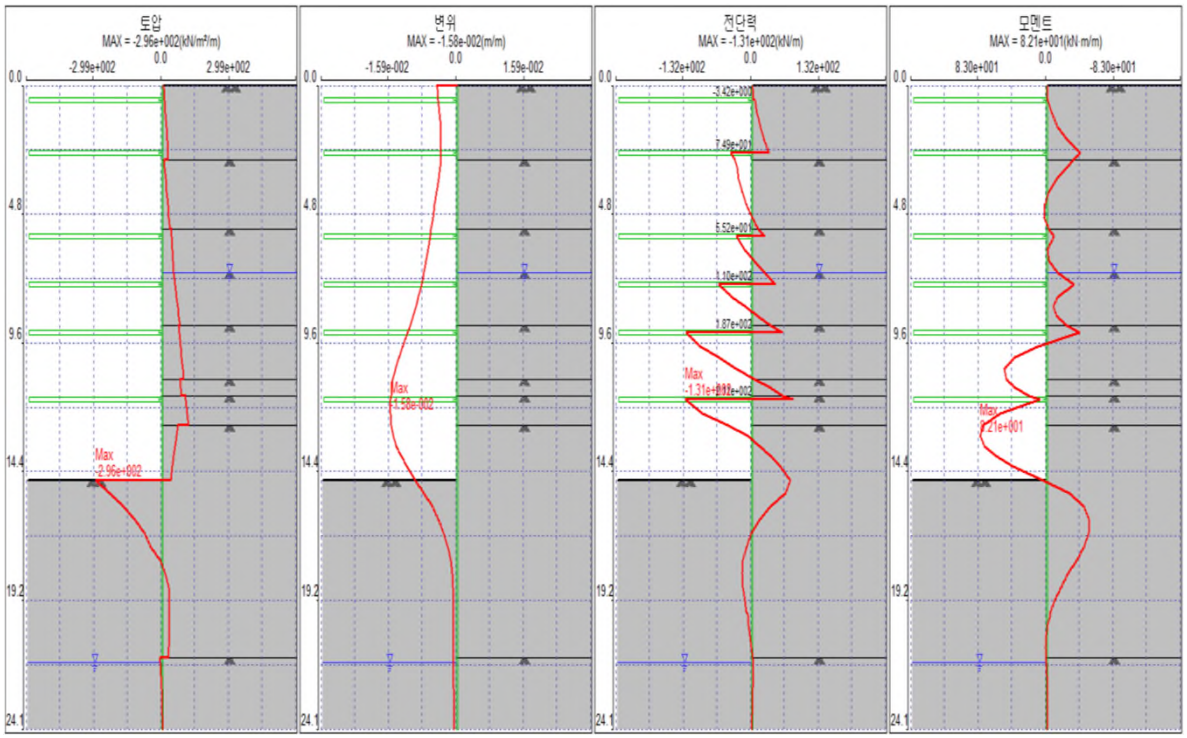
28) 시공 28 단계 [CS28 : 해체6]



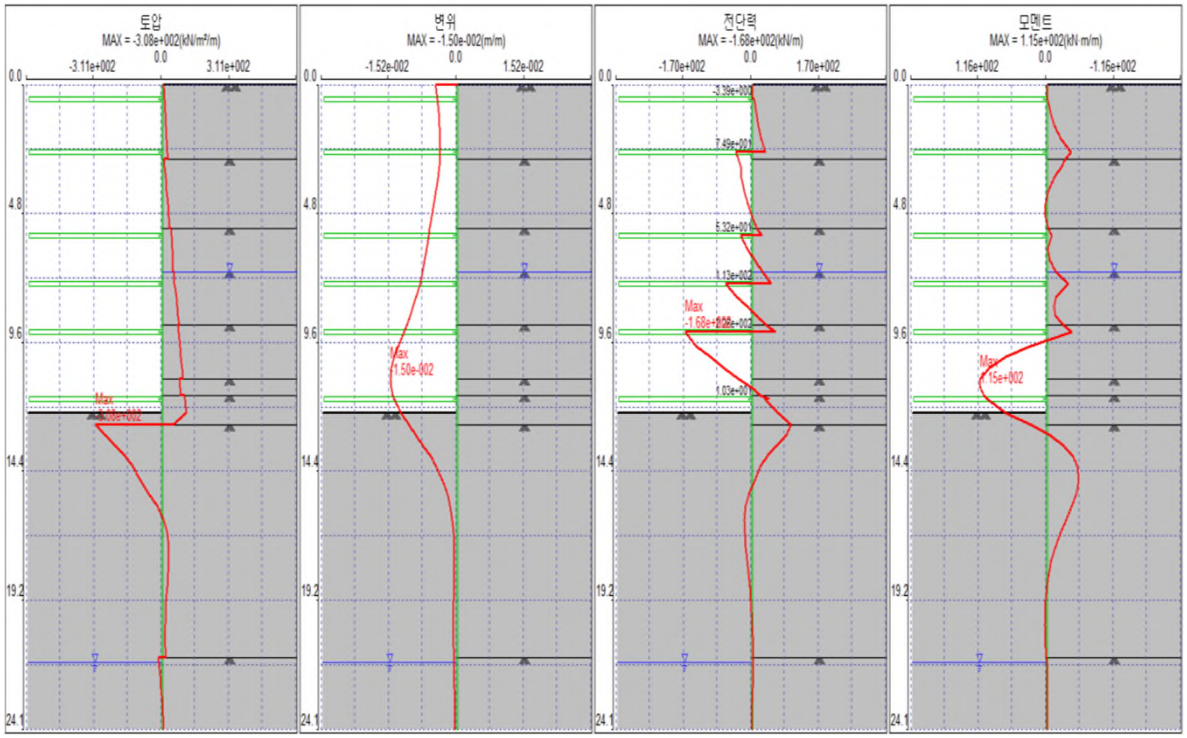
29) 시공 29 단계 [CS29 : 해체7]



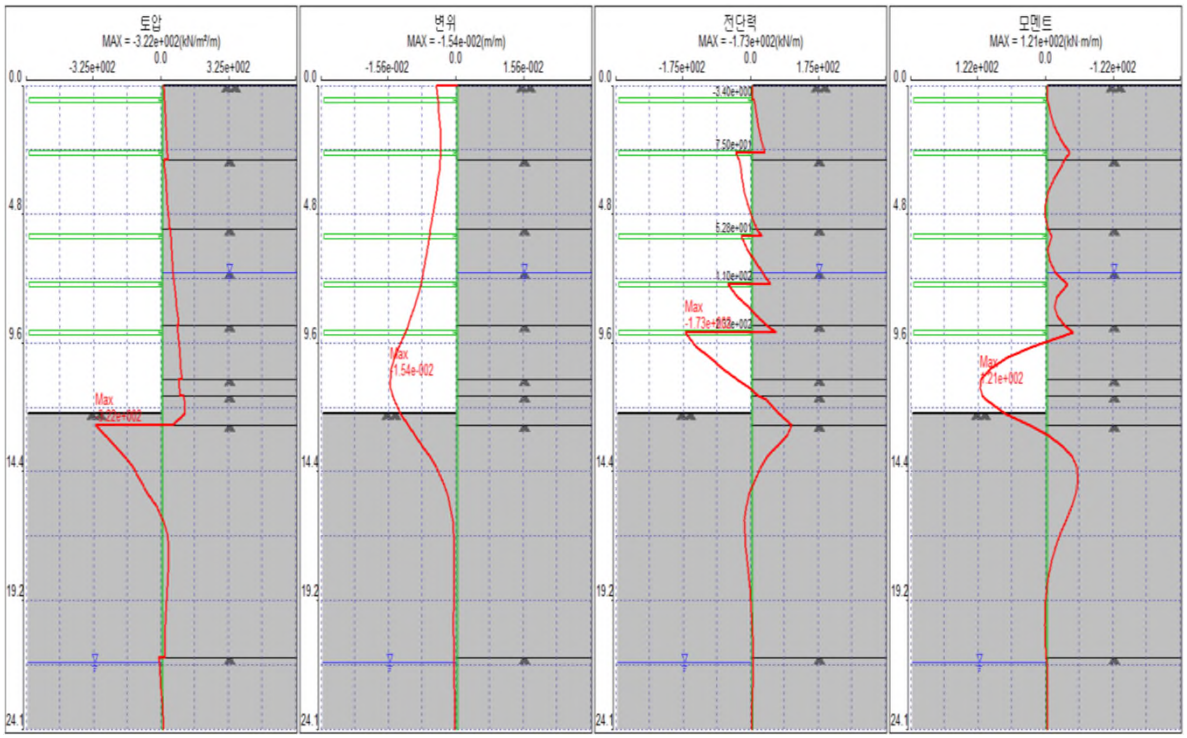
30) 시공 30 단계 [CS30 : 해체8]



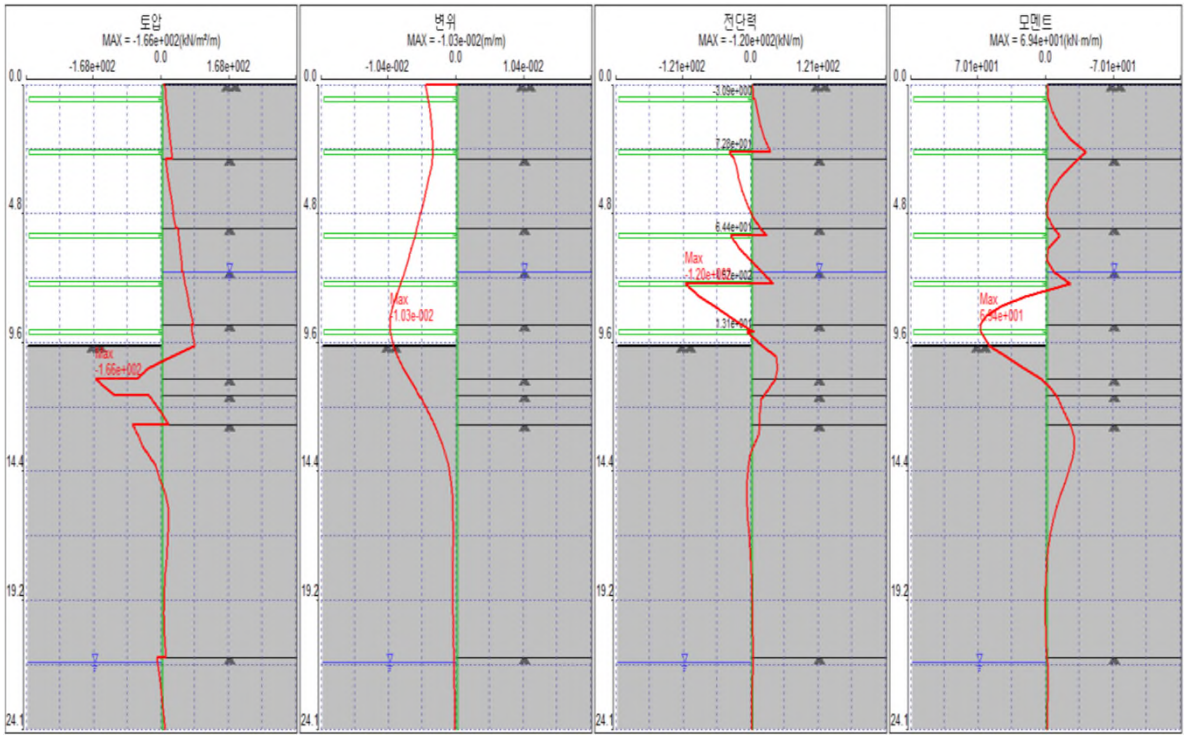
31) 시공 31 단계 [CS31 : 해체9]



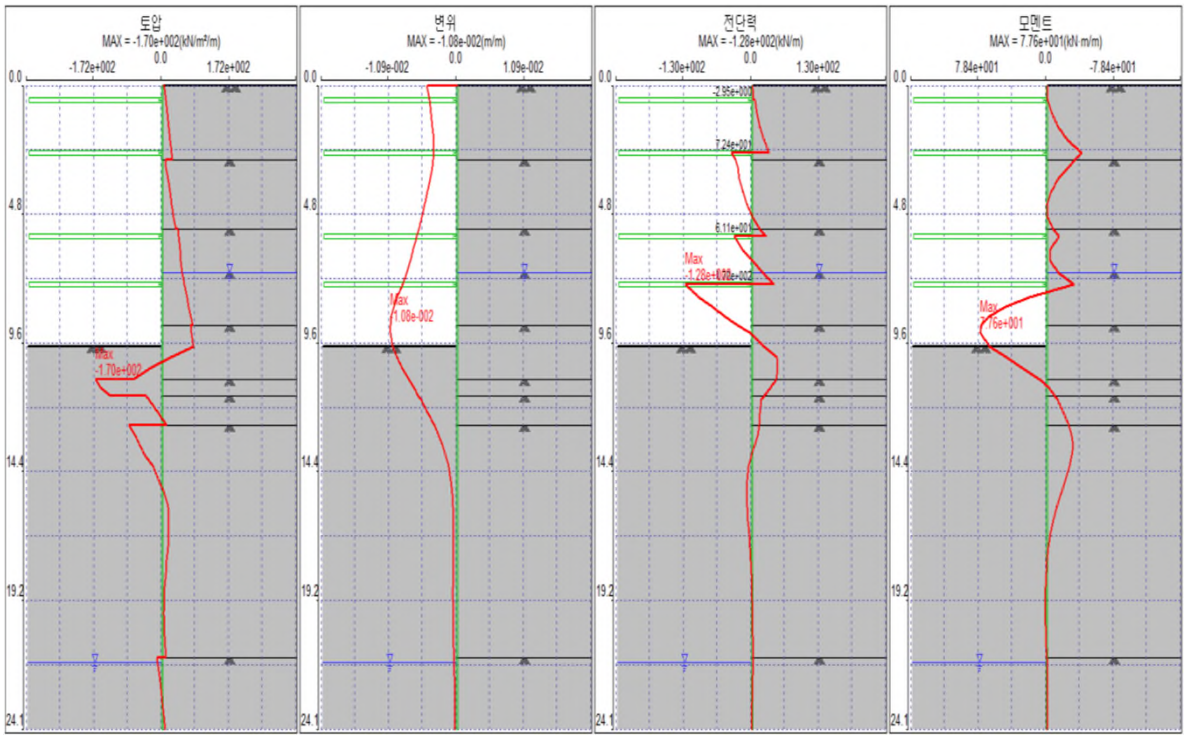
32) 시공 32 단계 [CS32 : 해체10]



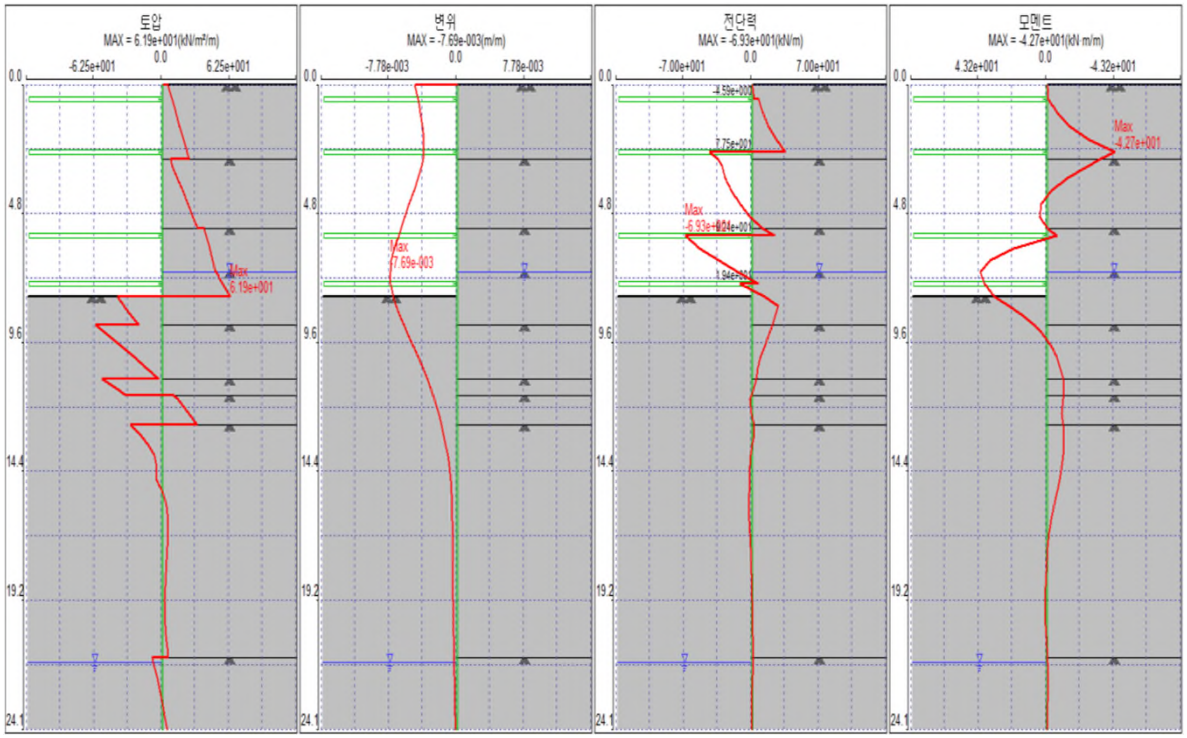
33) 시공 33 단계 [CS33 : 해체11]



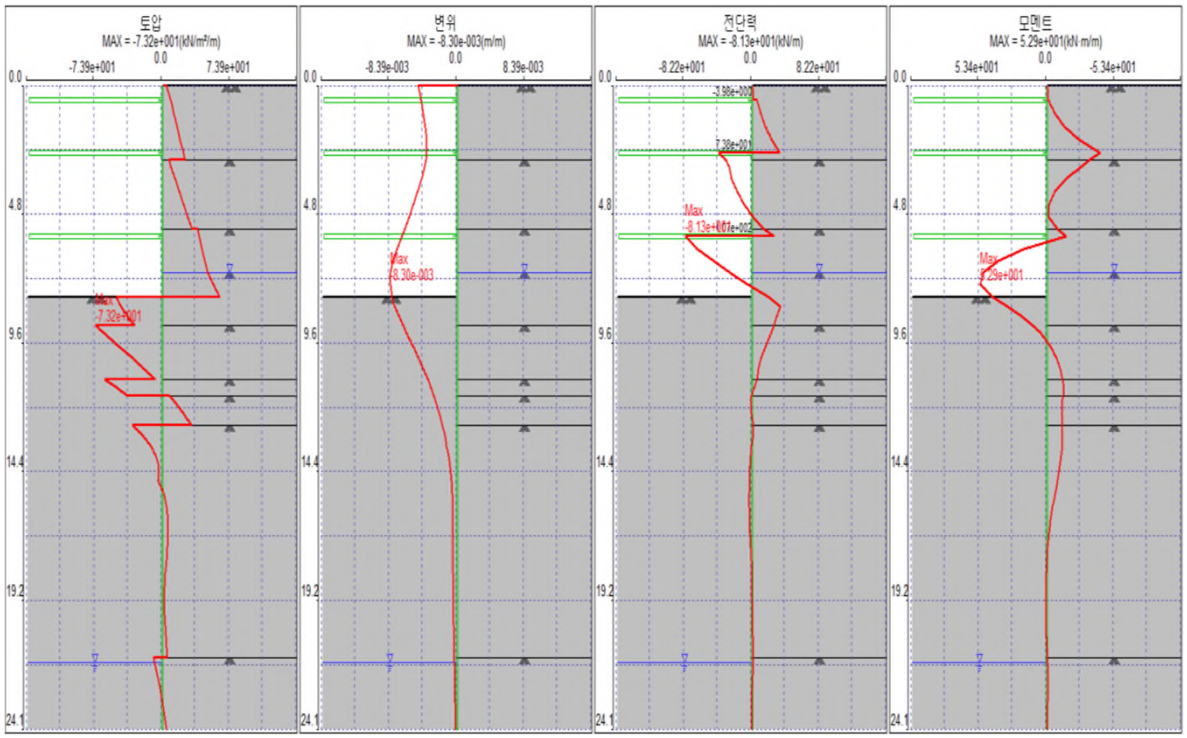
34) 시공 34 단계 [CS34 : 해체12]



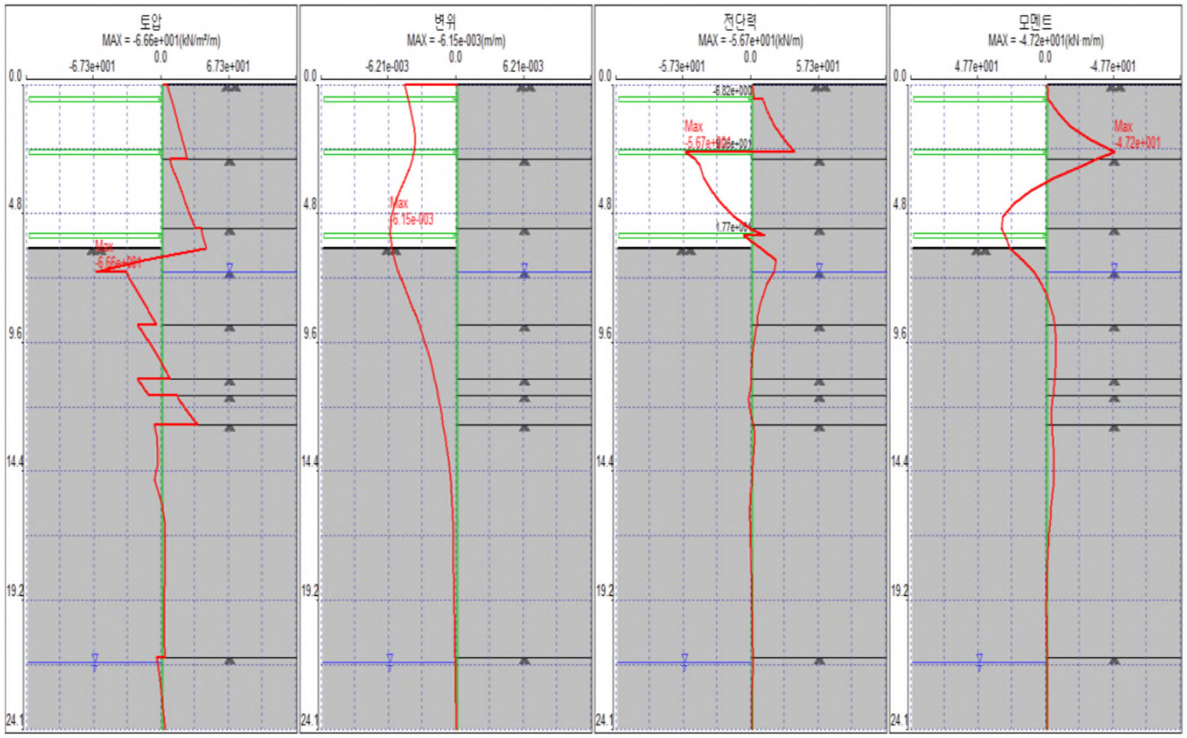
35) 시공 35 단계 [CS35 : 해체13]



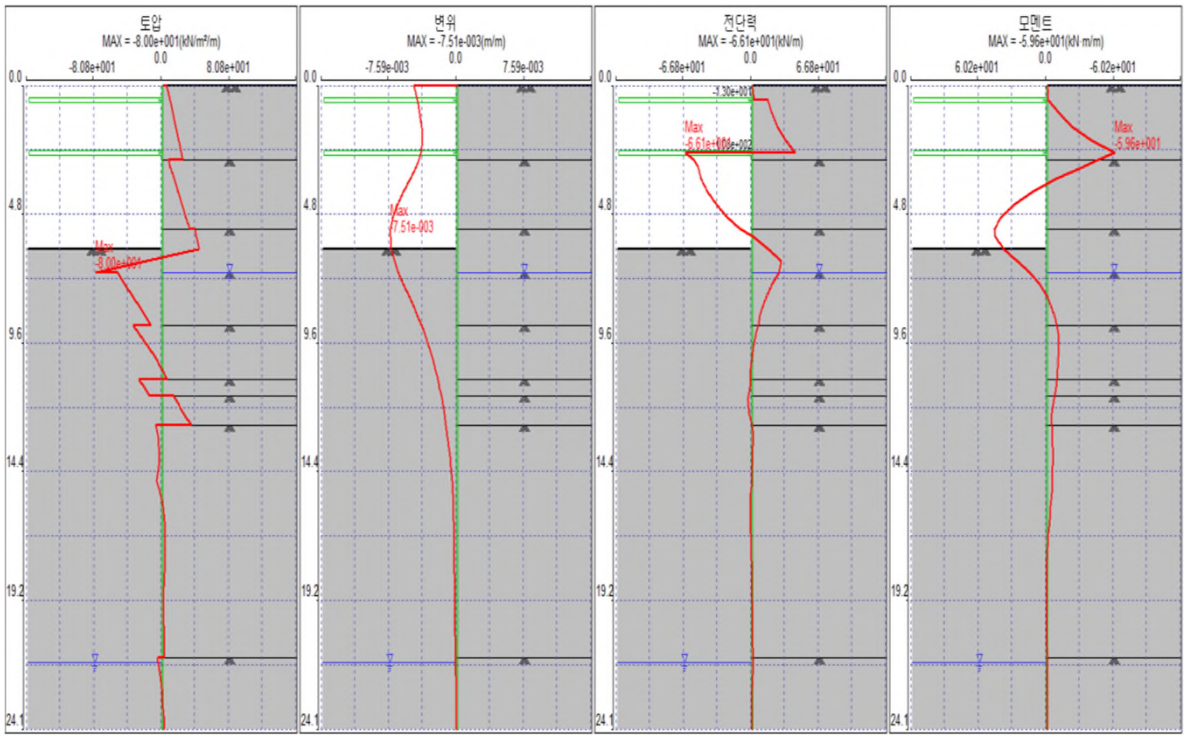
36) 시공 36 단계 [CS36 : 해체14]



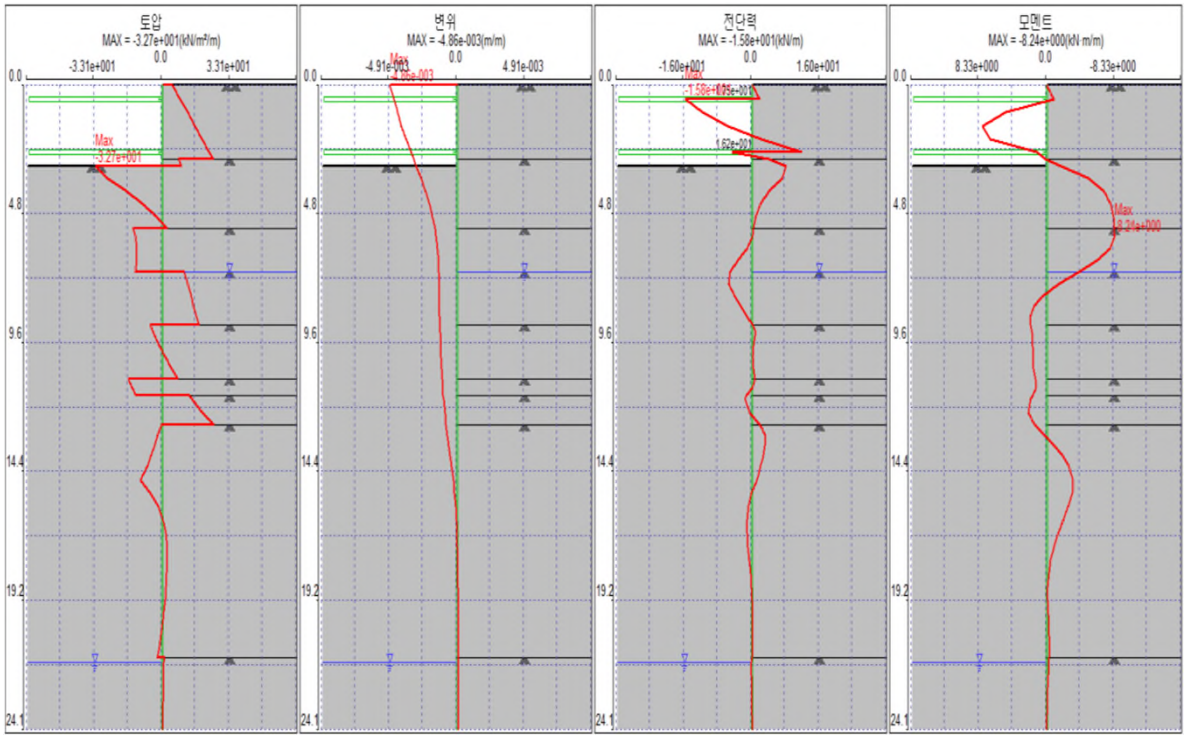
37) 시공 37 단계 [CS37 : 해체15]



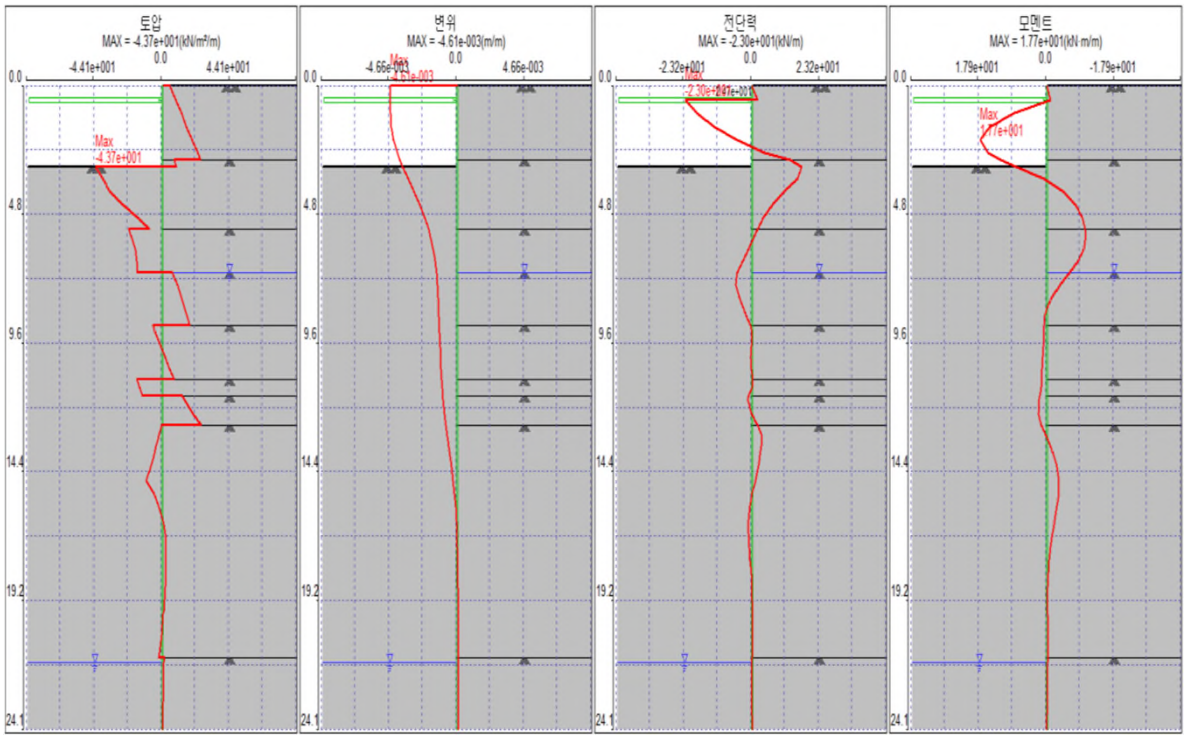
38) 시공 38 단계 [CS38 : 해체16]



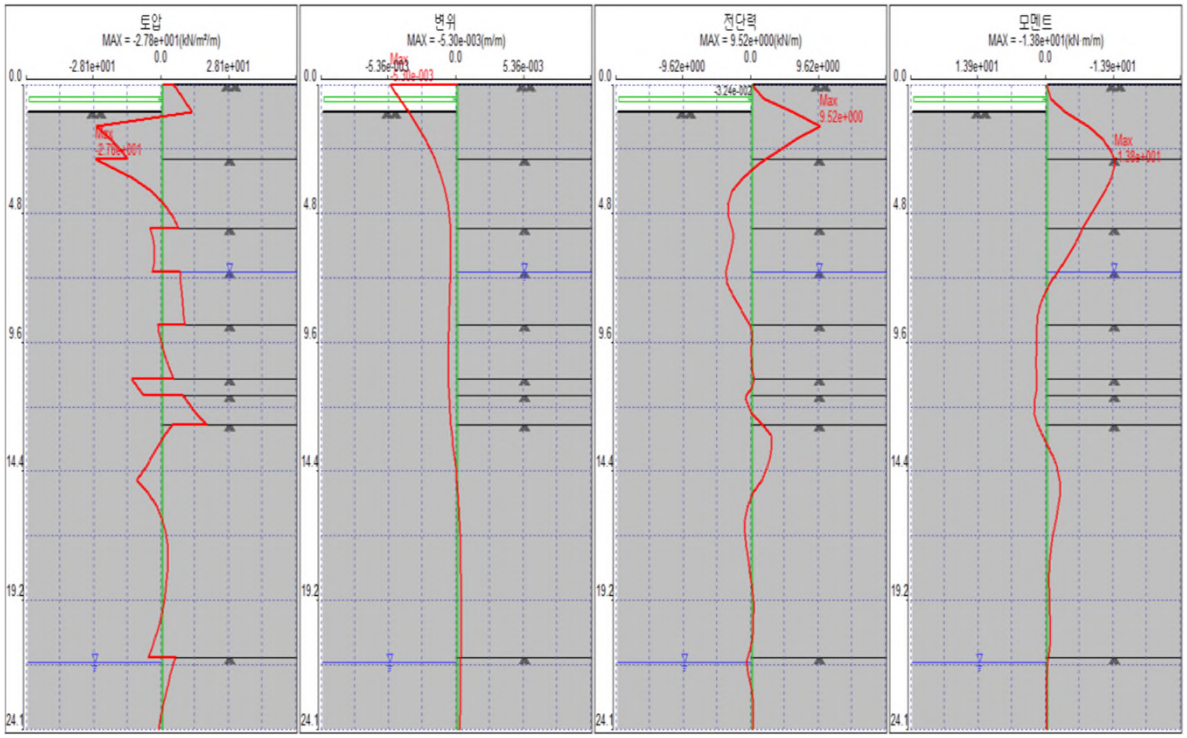
39) 시공 39 단계 [CS39 : 해체17]



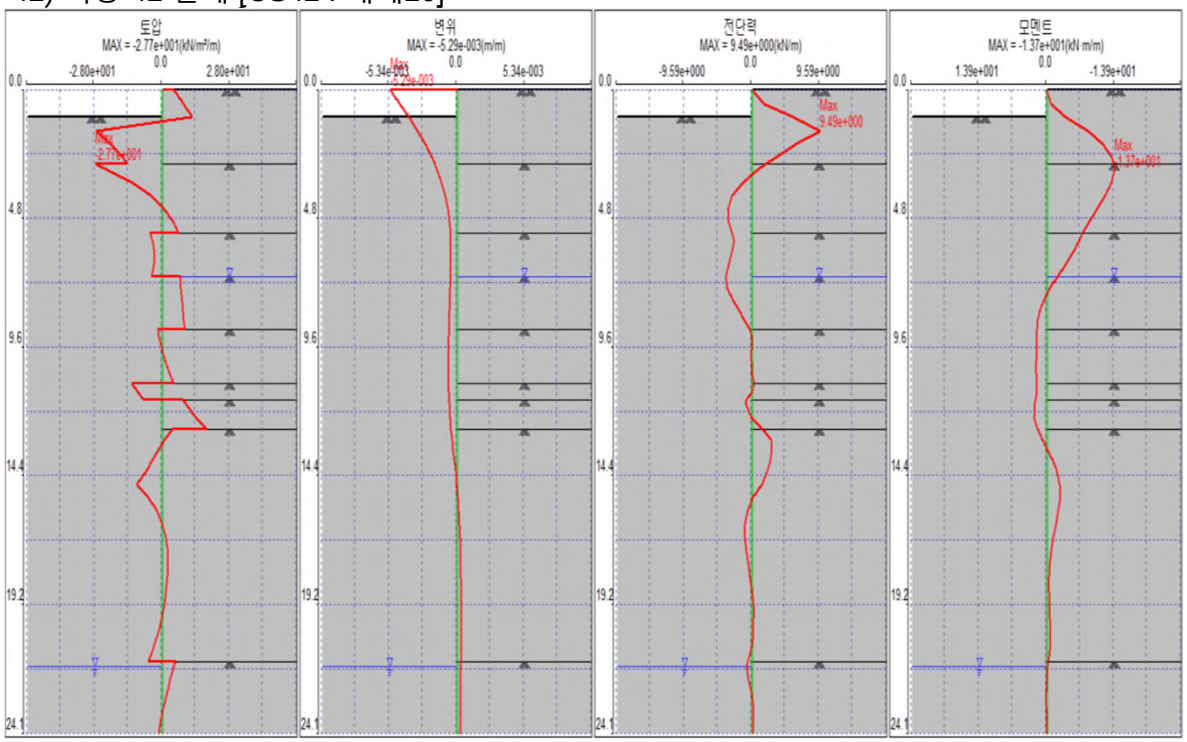
40) 시공 40 단계 [CS40 : 해체18]



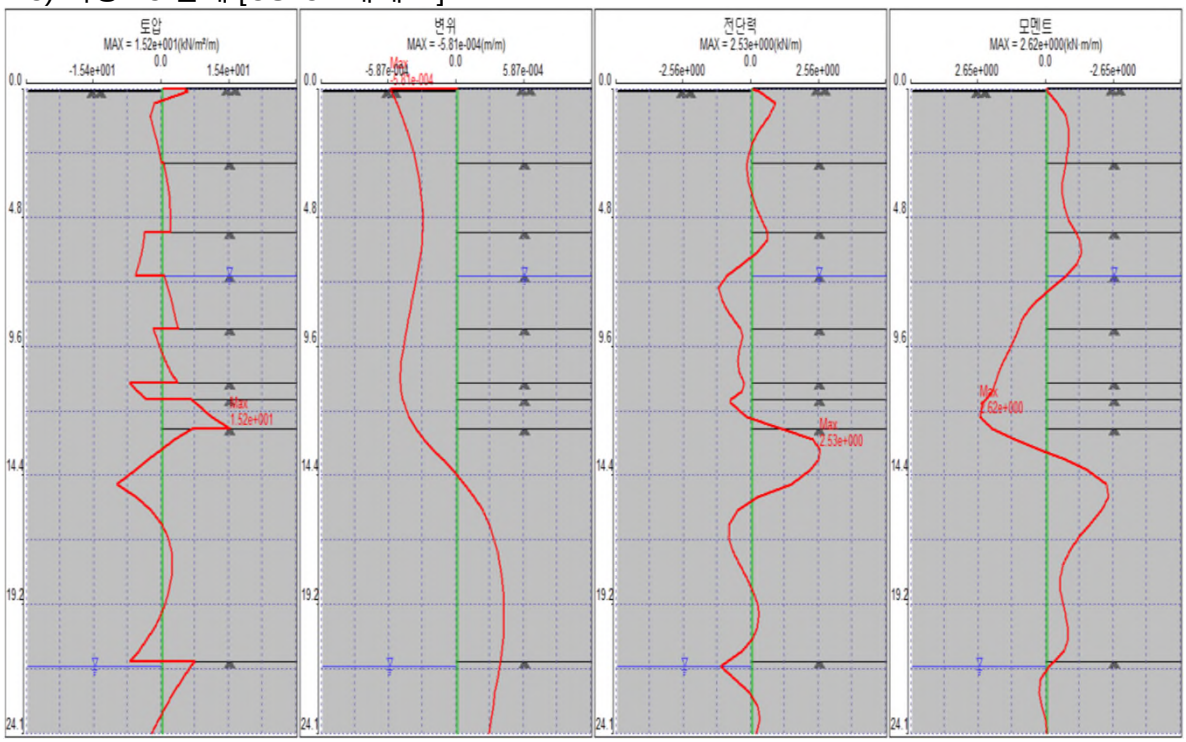
41) 시공 41 단계 [CS41 : 해체19]



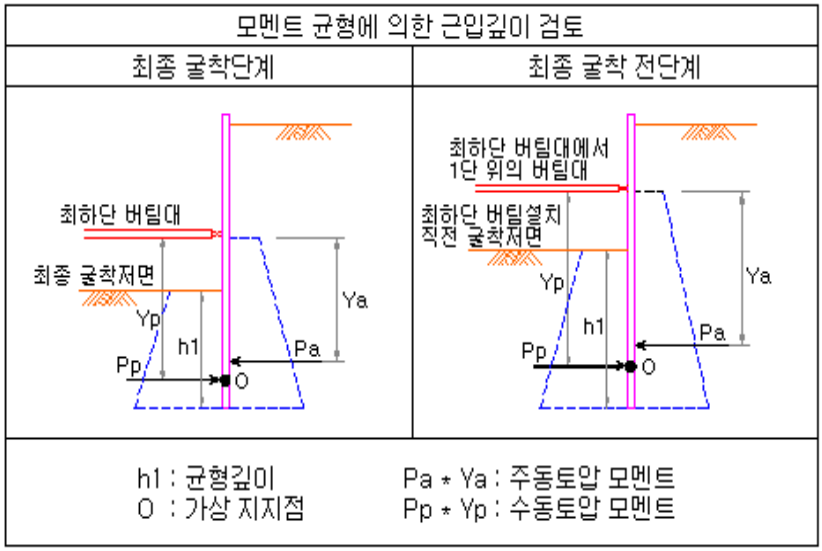
42) 시공 42 단계 [CS42 : 해체20]



43) 시공 43 단계 [CS43 : 해체21]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.048	2.500	183.233	13272.220	72.433	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.562	4.300	234.507	22158.808	94.491	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -19.26 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 158.072 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.102 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 2.531 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.55 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (158.072 x 1.102) + (2.531 x 3.55) = 183.233 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3716.865 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.571 m
Mp = (Pp x Yp) = (3716.865 x 3.571) = 13272.22 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 13272.22 / 183.233 = 72.433
S.F. = 72.433 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -17.76 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 130.463 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.027 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 33.398 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.008 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (130.463 x 1.027) + (33.398 x 3.008) = 234.507 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

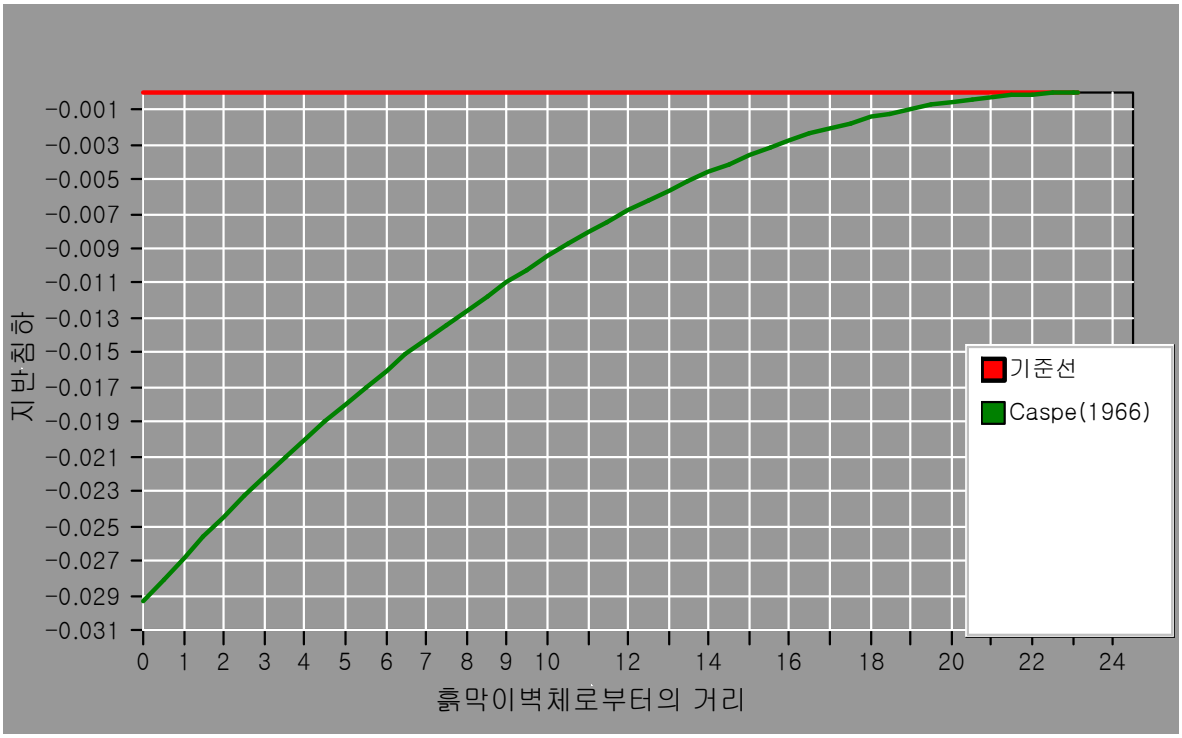
굴착면 하부토압 (Pp) = 4542.777 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.878 m
Mp = (Pp x Yp) = (4542.777 x 4.878) = 22158.808 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 22158.808 / 234.507 = 94.491
S.F. = 94.491 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.169 m³/m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 21.56 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (φ) = 27.238 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + φ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 27.238/2) = 16.395 m

Ht = Hp + Hw = 16.395 + 21.56 = 37.955 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-φ/2)

D = 37.955 x tan(45-27.238/2) = 23.15 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.169 / 23.15 = -0.029 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.029 x ((23.15 - Xi) / 23.15)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-29.286	-1.251	-2.503
0.50	-28.035	-1.224	-2.448
1.00	-26.811	-1.197	-2.393
1.50	-25.614	-1.169	-2.339
2.00	-24.445	-1.142	-2.284
2.50	-23.303	-1.115	-2.230
3.00	-22.188	-1.087	-2.175
3.50	-21.100	-1.060	-2.120

4.00	−20.040	−1.033	−2.066
4.50	−19.007	−1.005	−2.011
5.00	−18.002	−0.978	−1.956
5.50	−17.024	−0.951	−1.902
6.00	−16.073	−0.924	−1.847
6.50	−15.149	−0.896	−1.792
7.00	−14.253	−0.869	−1.738
7.50	−13.384	−0.842	−1.683
8.00	−12.543	−0.814	−1.628
8.50	−11.729	−0.787	−1.574
9.00	−10.942	−0.760	−1.519
9.50	−10.182	−0.732	−1.465
10.00	−9.450	−0.705	−1.410
10.50	−8.745	−0.678	−1.355
11.00	−8.067	−0.650	−1.301
11.50	−7.417	−0.623	−1.246
12.00	−6.794	−0.596	−1.191
12.50	−6.198	−0.568	−1.137
13.00	−5.630	−0.541	−1.082
13.50	−5.089	−0.514	−1.027
14.00	−4.575	−0.486	−0.973
14.50	−4.089	−0.459	−0.918
15.00	−3.630	−0.432	−0.863
15.50	−3.198	−0.404	−0.809
16.00	−2.794	−0.377	−0.754
16.50	−2.417	−0.350	−0.699
17.00	−2.067	−0.322	−0.645
17.50	−1.745	−0.295	−0.590
18.00	−1.450	−0.268	−0.536
18.50	−1.182	−0.240	−0.481
19.00	−0.941	−0.213	−0.426
19.50	−0.728	−0.186	−0.372
20.00	−0.542	−0.158	−0.317
20.50	−0.384	−0.131	−0.262
21.00	−0.253	−0.104	−0.208
21.50	−0.149	−0.077	−0.153
22.00	−0.072	−0.049	−0.098
22.50	−0.023	−0.022	−0.044
23.00	−0.001	−0.001	−0.008
23.15	0.000	0.000	0.000
Max	−29.286	−1.251	−2.503

3-1.21 TYPE-19

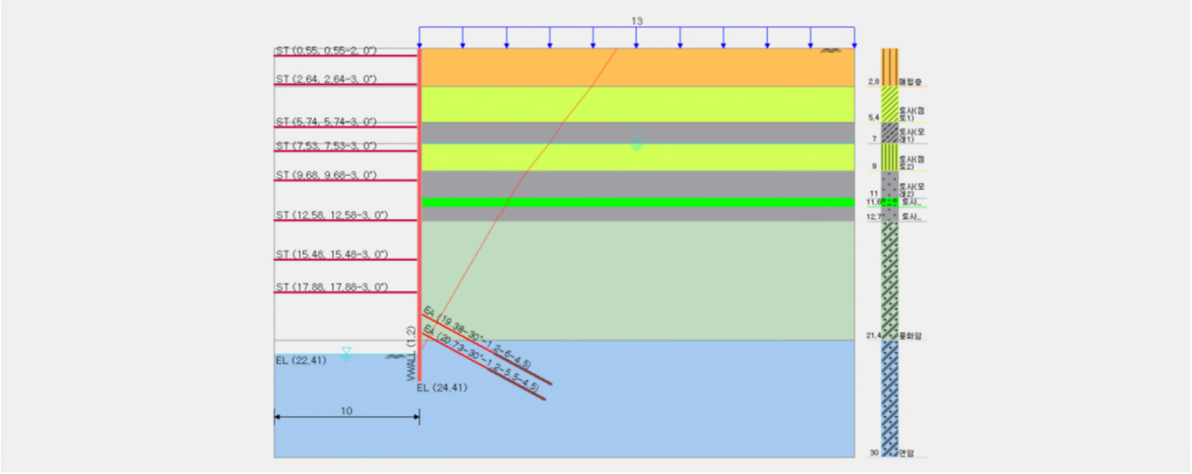
(STA.0+737.0~0+751.5)

GeoX 구조계산서
TYPE-19

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
7.4 Strut 설계 (Strut-4)
7.5 Strut 설계 (Strut-5)
7.6 Strut 설계 (Strut-6)
7.7 Strut 설계 (Strut-7)
7.8 Strut 설계 (Strut-8)
7.9 Earth Anchor 설계 (Strut-9, Strut-10)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
8.4 Strut-4 띠장 설계
8.5 Strut-5 띠장 설계
8.6 Strut-6 띠장 설계
8.7 Strut-7 띠장 설계
8.8 Strut-8 띠장 설계
8.9 Strut-9 띠장 설계
8.10 Strut-10 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 22.41m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0")
ST (2.64, 2.64-3, 0")
ST (5.74, 5.74-3, 0")
ST (7.53, 7.53-3, 0")
ST (9.68, 9.68-3, 0")
ST (12.58, 12.58-3, 0")
ST (15.48, 15.48-3, 0")
ST (17.88, 17.88-3, 0")
EL (22.41)
WALL (1.2)
EL (24.41)
10
2.8
매립층
5.4
토사(점토(1)
7
토사(모래(1)
9
토사(점토(2)
11
토사(모래(2)
11.6
12.7
토사...
21.4
풍화암
30
연암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	105.596	142.373	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	86.224	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.548	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.354	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	7.032	95.219	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	13.838	64.913	O.K		
		전단응력	2.374	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.64	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	49.426	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.74	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.672	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	7.53	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	49.756	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-5 P 406.4x12	9.68	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	68.808	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-6 P 406.4x12	12.58	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	59.389	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	15.48	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.330	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-8 P 406.4x7	17.88	휨응력	46.986	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	52.800	122.066	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	4.582	88.199	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Strut-9 Strand12.7x4EA	19.38	O.K	O.K	O.K
Strut-10 Strand12.7x4EA	20.73	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x300x10/15	0.55	휨응력	34.935	151.711	O.K	
		전단응력	35.194	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.64	휨응력	83.469	142.373	O.K	
		전단응력	63.860	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.74	휨응력	77.911	142.373	O.K	
		전단응력	59.608	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.53	휨응력	84.135	142.373	O.K	
		전단응력	64.370	90.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.68	휨응력	122.590	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	64.481	90.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	12.58	휨응력	103.577	142.373	O.K	
		전단응력	79.245	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	15.48	휨응력	85.294	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	44.864	90.000	O.K	
Strut-8 H 440x300x11/18	17.88	휨응력	46.664	142.373	O.K	
		전단응력	35.702	90.000	O.K	
Strut-9 2H 250x250x9/14	19.38	휨응력	22.891	156.940	O.K	
		전단응력	33.111	90.000	O.K	
Strut-10 2H 250x250x9/14	20.73	휨응력	22.769	156.940	O.K	
		전단응력	32.935	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	96.602	186.636	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.005	201.265	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	58.917	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	71.037	162.119	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	18.674	141.020	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 22.41	휨응력	132.462	364.500	O.K		
		압축응력	128.756	351.446	O.K		
		전단응력	62.848	209.250	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS11 : 굴착 13.08 m	14.057	44.820	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x7	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	2.50m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
	P 406.4x7(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405

축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

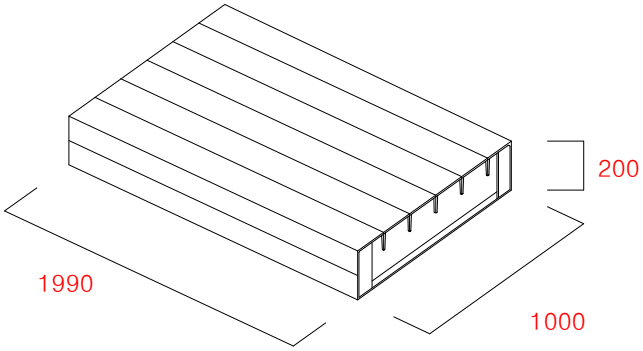
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

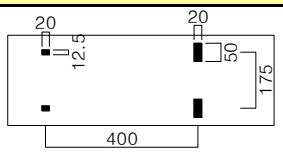
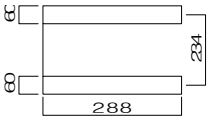
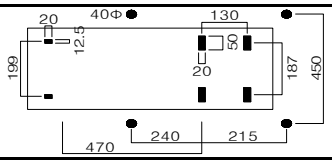
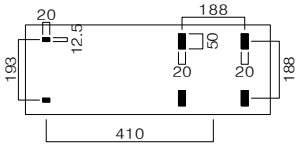
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

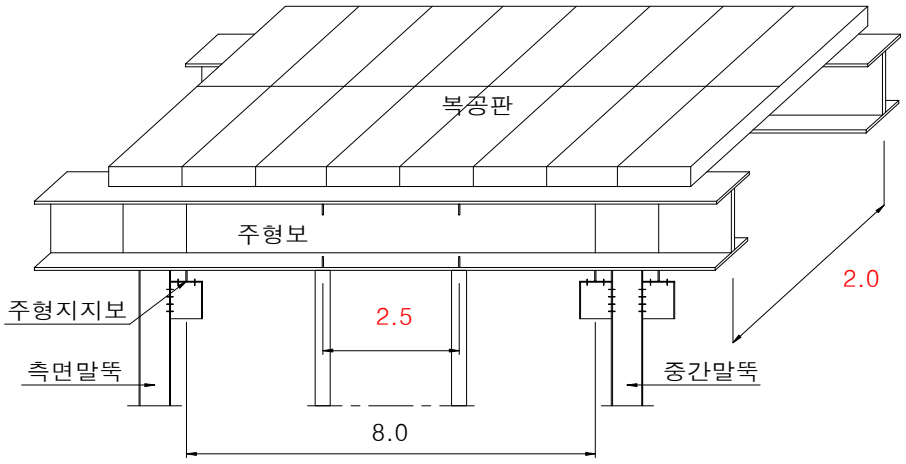
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

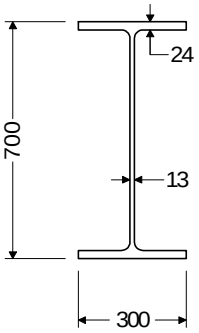
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

$i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)$

$= 0.313 > 0.3$ 이므로

∴ Use, $i = 0.300$ 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : $P_{r1} = 96 \times (1 + 0.300) = 124.800$ kN

② DB- 18 : $P_{r2} = 72 \times (1 + 0.300) = 93.600$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{r3} = 54 \times (1 + 0.300) = 70.200$ kN

(3) 전륜하중

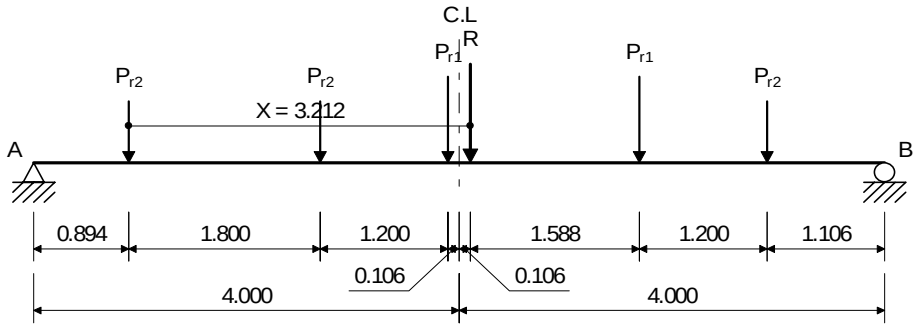
① DB- 24 : $P_{f1} = 24 \times (1 + 0.300) = 31.200$ kN

② DB- 18 : $P_{f2} = 18 \times (1 + 0.300) = 23.400$ kN

③ DB- 13.5 : $P_{f3} = 13.5 \times (1 + 0.300) = 17.550$ kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

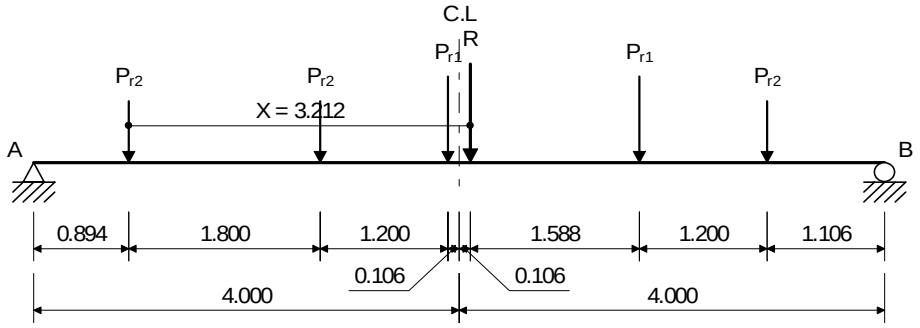
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) / 8.000

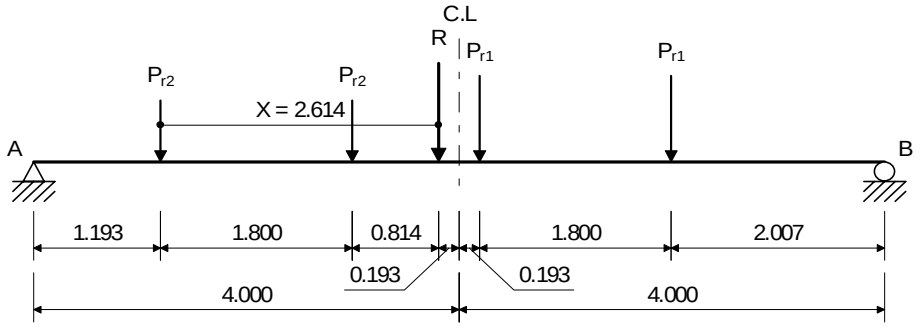
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

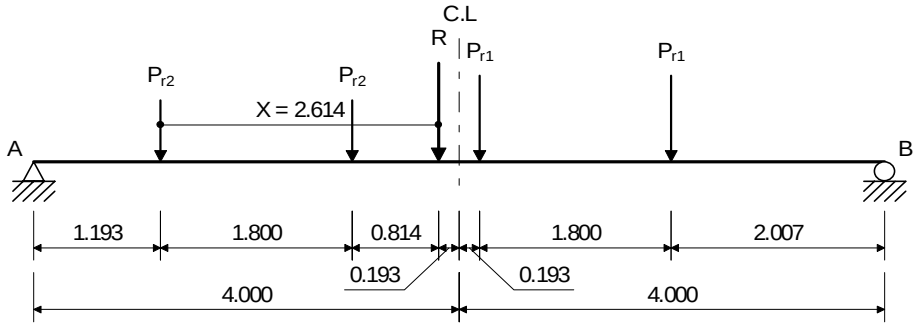


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

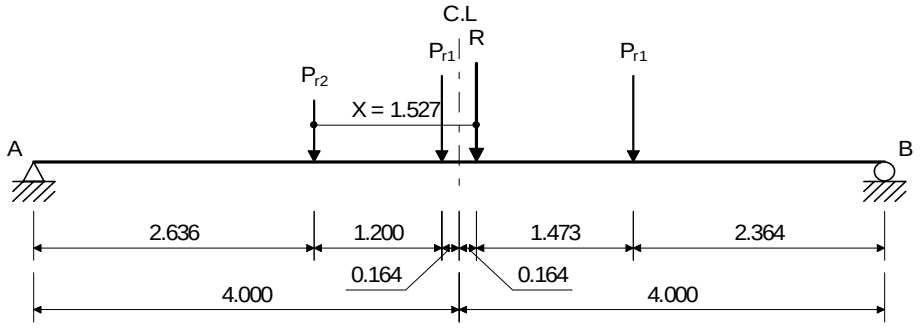
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

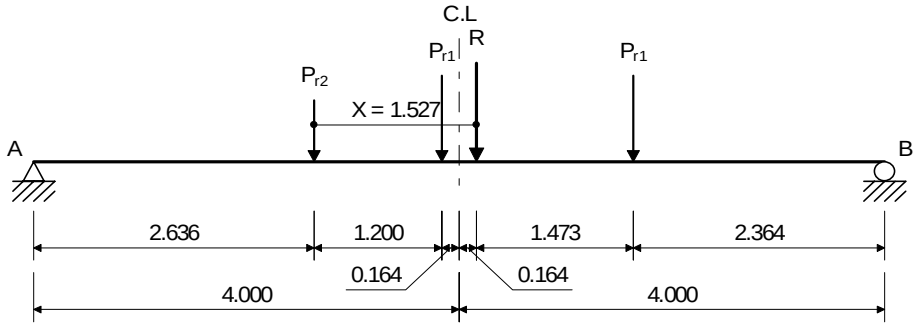


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

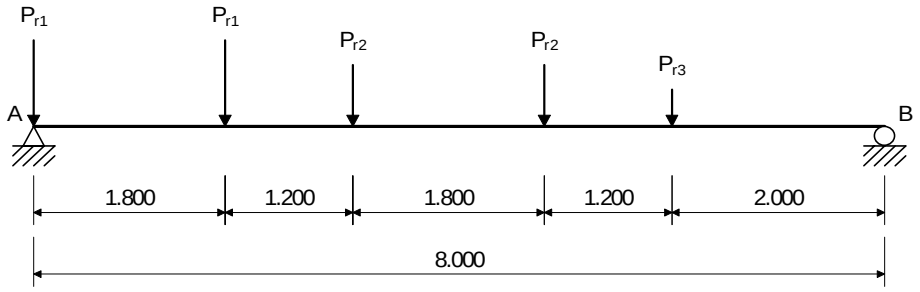


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L

= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) / 8.000

= 335.010 kN

S_l = 335.010 x 1.00 = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

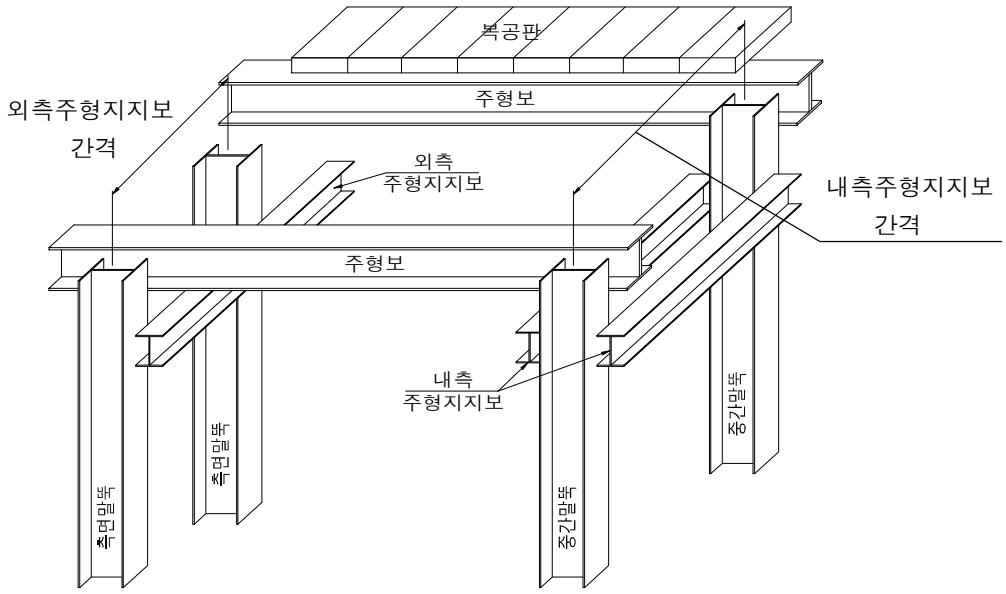
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

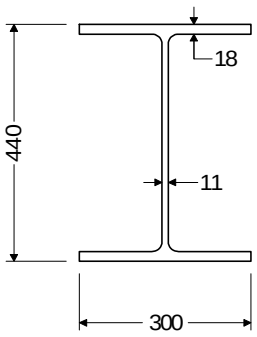
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

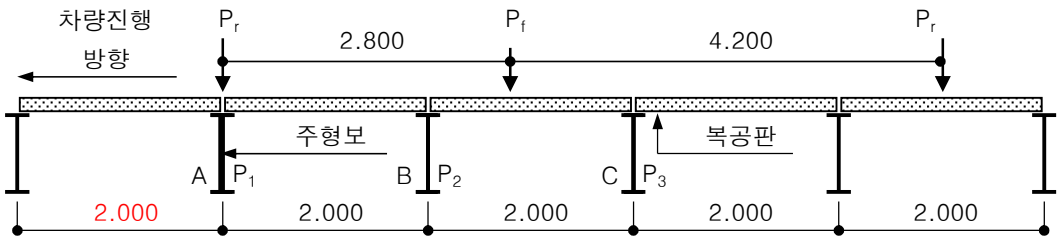


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



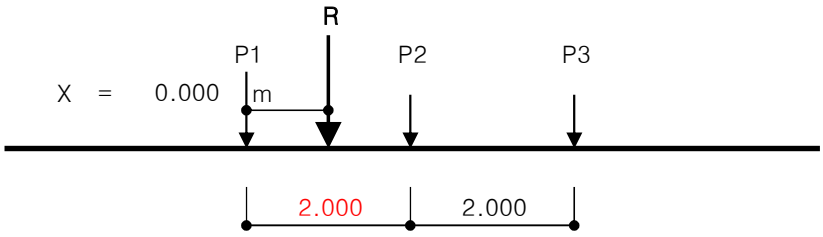
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

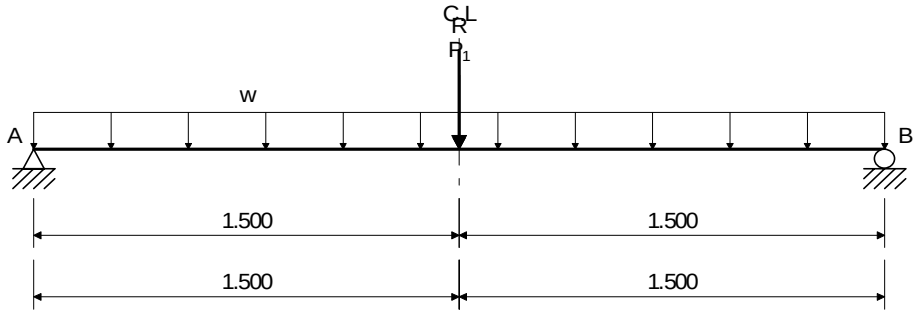


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

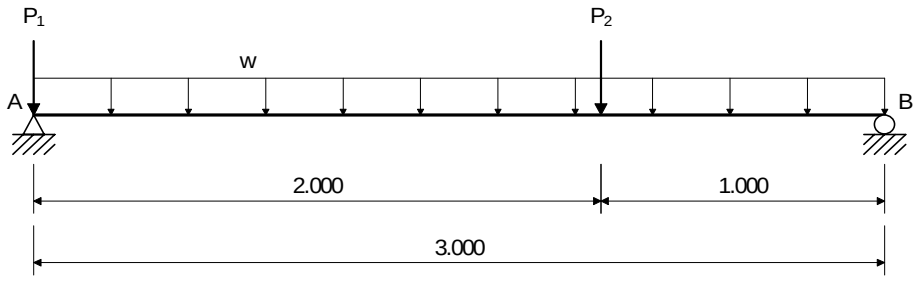
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (357.210 \times 1.500) / 3.000$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 269.271$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (357.210 x 3.000 + 72.451 x 1.000) / 3.000
= 381.361 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 381.361 + 1.212 x 3.00 / 2
= 383.178 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 269.271 x 1000000 / 2550000.0 = 105.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 383.178 x 1000 / 4444 = 86.224 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.596 + 105.596) / 105.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))
= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 105.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 86.224 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 383178 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

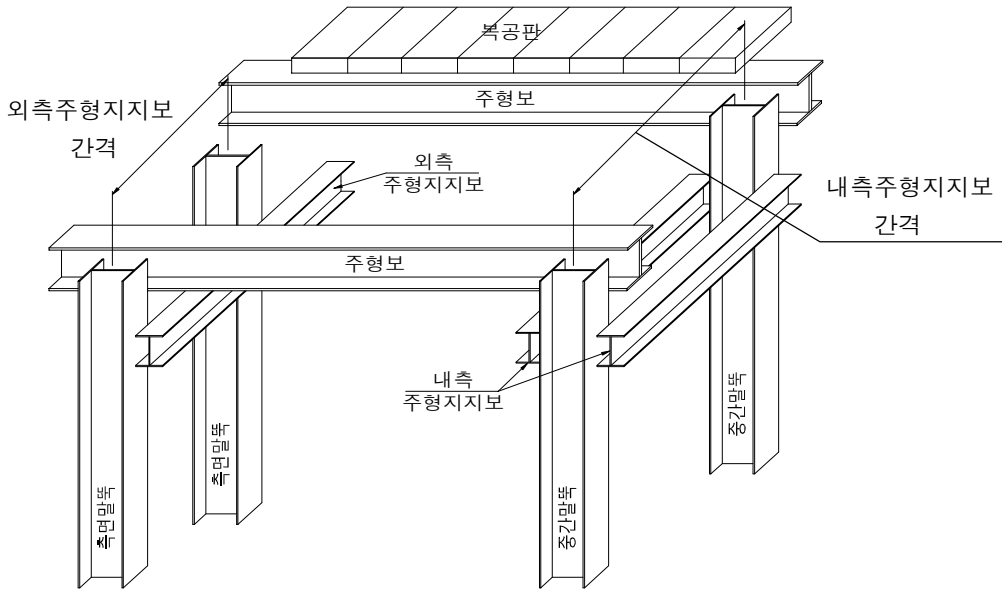
= 7.53 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.53 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

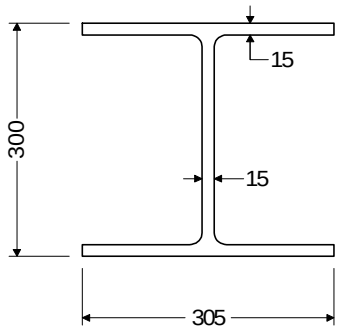
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

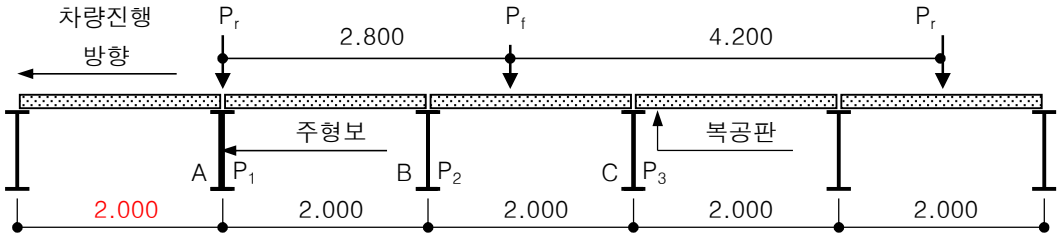


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



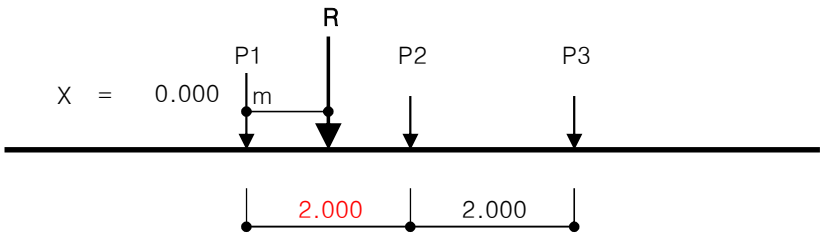
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 357.210

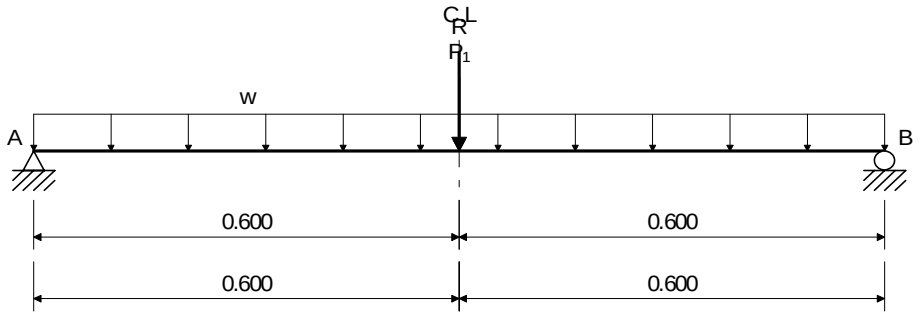
= 357.210 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 357.210

= 0.000 m

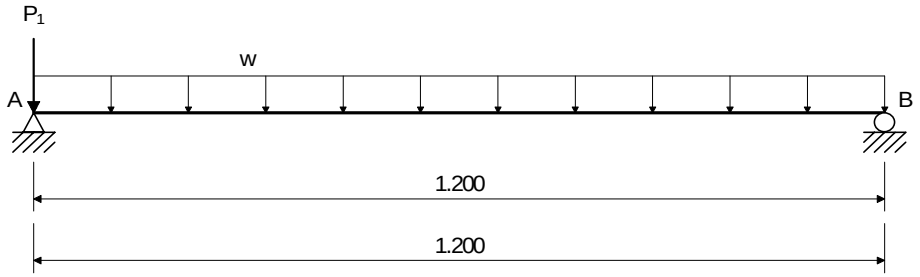
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.600) / L
= (357.210 x 0.600) / 1.200
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 107.350 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (357.210 x 1.200) / 1.200
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.20 / 2
= 357.833 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.350 x 1000000 / 1440000.0 = 74.548 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.833 x 1000 / 4050 = 88.354 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (74.548 + 74.548) / 74.548$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 74.548 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.354 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 357833 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.03 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.03 ea ---> O.K

7.지보재 설계

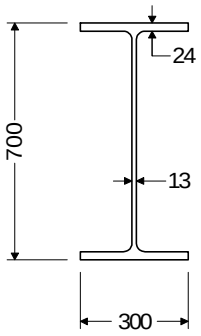
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 102.941 kN/m ---> Strut-1 (CS22 : Peck)
= 102.941 x 2.00 / 1 단
= 205.883 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 205.883 + 120.0 = 325.883 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 5760000.0 = 7.032 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 325.883 x 1000 / 23550 = 13.838 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.125 x 1000 / 8476 = 2.374 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 1.383

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (20.869 - 6.806) / 20.869$

= 0.674

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8050 / 293

27.474 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.474 − 18.6))

= 149.313 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 149.313 MPa

L_y / R_y = 8050 / 67.8

118.732 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 118.732²)

= 64.913 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 64.913 MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 64.913$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8050 / 300

= 26.833 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.833 − 4.6))

= 95.219 MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag}, f_{cal})$

= 95.219 MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (27.474)^2$

= 1788.452 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 64.913 MPa > f_c = 13.838 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 95.219 MPa > f_b = 7.032 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.374 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{13.838}{64.913} + \frac{7.032}{95.219 \times (1 - (13.838 / 1788.452))}$$

$$= 0.288 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 13.838 + \frac{7.032}{1 - (13.838 / 1788.452)}$$

$$= 20.924 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.288 , 0.133)

= 0.288 < 1.0 ---> O.K

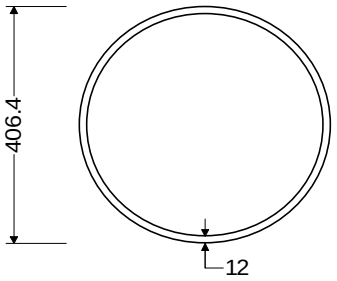
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 204.962 kN/m ---> Strut-2 (CS22 : Peck)
= 204.962 x 3.00 / 1 단
= 614.885 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 614.885 + 120.0 = 734.885 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 734.885 \times 1000 / 14868.5 = 49.426$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.073 x 12)

= 15.781 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.073

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.868 − 20.984) / 77.868

= 0.731 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 49.426 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{49.426}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (49.426 / 405.406))}$

= 0.613 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 49.426 + \frac{28.442}{1 - (49.426 / 405.406)}$$

$$= 81.817 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.613 , 0.519)
= 0.613 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{77.868}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.642 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

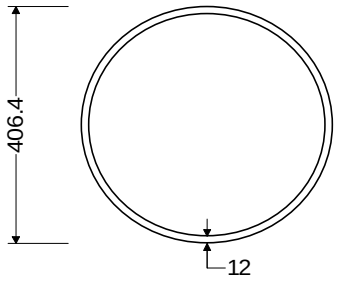
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 191.314 kN/m ---> Strut-3 (CS22 : Peck)
= 191.314 x 3.00 / 1 단
= 573.943 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 573.943 + 120.0 = 693.943 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 693.943 \times 1000 / 14868.5 = 46.672$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.076 x 12)

= 15.741 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.076

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.114 − 18.230) / 75.114

= 0.757 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 46.672 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{46.672}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (46.672 / 405.406))}$

= 0.588 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 46.672 + \frac{28.442}{1 - (46.672 / 405.406)}$$

$$= 78.815 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.588 , 0.500)$$
$$= 0.588 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{75.114}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.620 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

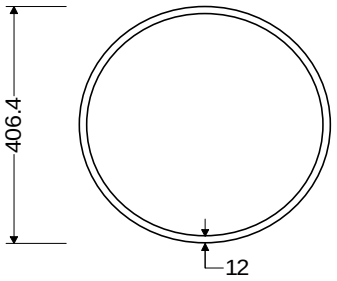
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 206.599 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 10.18 m)
= 206.599 x 3.00 / 1 단
= 619.796 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 619.796 + 120.0 = 739.796 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 739.796 x 1000 / 14868.5 = 49.756 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.073 x 12)

= 15.785 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.073

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.198 − 21.314) / 78.198

= 0.727 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 49.756 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{49.756}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (49.756 / 405.406))}$

= 0.616 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 49.756 + \frac{28.442}{1 - (49.756 / 405.406)}$$

$$= 82.177 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.616 , 0.522)

= 0.616 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{78.198}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.645 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

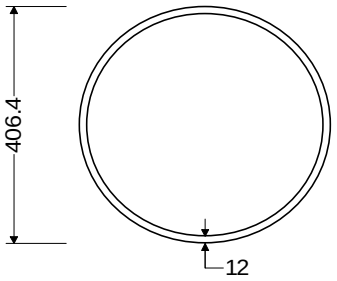
7.5 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 301.026 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 13.08 m)
= 301.026 x 3.00 / 1 단
= 903.079 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 903.079 + 120.0 = 1023.079 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1023.079 x 1000 / 14868.5 = 68.808 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.058 x 12)

= 15.998 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.058

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (97.251 − 40.366) / 97.251

= 0.585 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 68.808 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{68.808}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (68.808 / 405.406))}$

= 0.784 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 68.808 + \frac{28.442}{1 - (68.808 / 405.406)}$$

$$= 103.065 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.784 , 0.654)

= 0.784 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{97.251}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.802 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

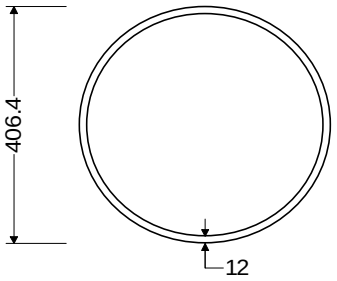
7.6 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 254.340 kN/m ---> Strut-6 (CS22 : Peck)
= 254.340 x 3.00 / 1 단
= 763.021 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 763.021 + 120.0 = 883.021 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 883.021 \times 1000 / 14868.5 = 59.389$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.065 x 12)

= 15.903 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.065

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.831 − 30.947) / 87.831

= 0.648 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 59.389 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{59.389}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (59.389 / 405.406))}$

= 0.701 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 59.389 + \frac{28.442}{1 - (59.389 / 405.406)}$$

$$= 92.712 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.701 , 0.589)

= 0.701 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{87.831}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.724 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

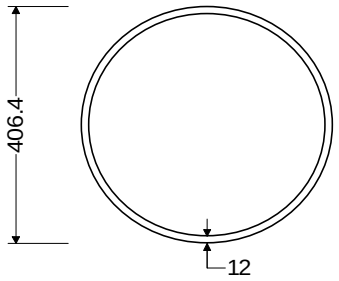
7.7 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 209.443 kN/m ---> Strut-7 (CS22 : Peck)
= 209.443 x 3.00 / 1 단
= 628.330 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 628.330 + 120.0 = 748.330 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 748.330 \times 1000 / 14868.5 = 50.330$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.072 x 12)

= 15.793 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.072

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.772 − 21.888) / 78.772

= 0.722 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 50.330 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{50.330}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (50.330 / 405.406))}$

= 0.621 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 50.330 + \frac{28.442}{1 - (50.330 / 405.406)}$$

$$= 82.804 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.621 , 0.526)

= 0.621 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{78.772}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.650 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

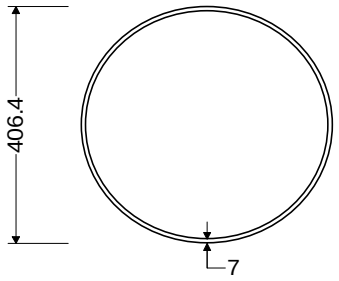
7.8 Strut 설계 (Strut-8)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x7(SS400)

w (N/m)	676.155
A (mm^2)	8783
I (mm^4)	175190000
Z (mm^3)	862000
R (mm)	141.2
Q (mm^3)	558378.4



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 114.586 kN/m ---> Strut-8 (CS22 : Peck)
= 114.586 x 3.00 / 1 단
= 343.759 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 343.759 + 120.0 = 463.759 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 862000.0 = 46.986$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 463.759 \times 1000 / 8783.3 = 52.800$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 558378.4}{175190000 \times 14.0} = 4.582$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.094 x 7)

= 26.530 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.094

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (99.786 − 5.814) / 99.786

= 0.942 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 141.2

57.011 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.011 − 18.6))

= 122.066 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 122.066 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.011)^2

= 415.347 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 7

= 29.029 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 29.029^2)

= 88.199 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.066 MPa > f_c = 52.800 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 46.986 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.199 MPa > τ = 4.582 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{52.800}{122.066} + \dfrac{46.986}{157.500 \times (1 - (52.800 / 415.347))}$

= 0.774 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 52.800 + \frac{46.986}{1 - (52.800 / 415.347)}$$

$$= 106.628 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.774 , 0.677)

= 0.774 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{99.786}{122.066} + \left\{ \frac{4.582}{88.199} \right\}^2$$

= 0.820 < 1.0 ---> O.K

7.9 Earth Anchor 설계 (Strut-9, Strut-10)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

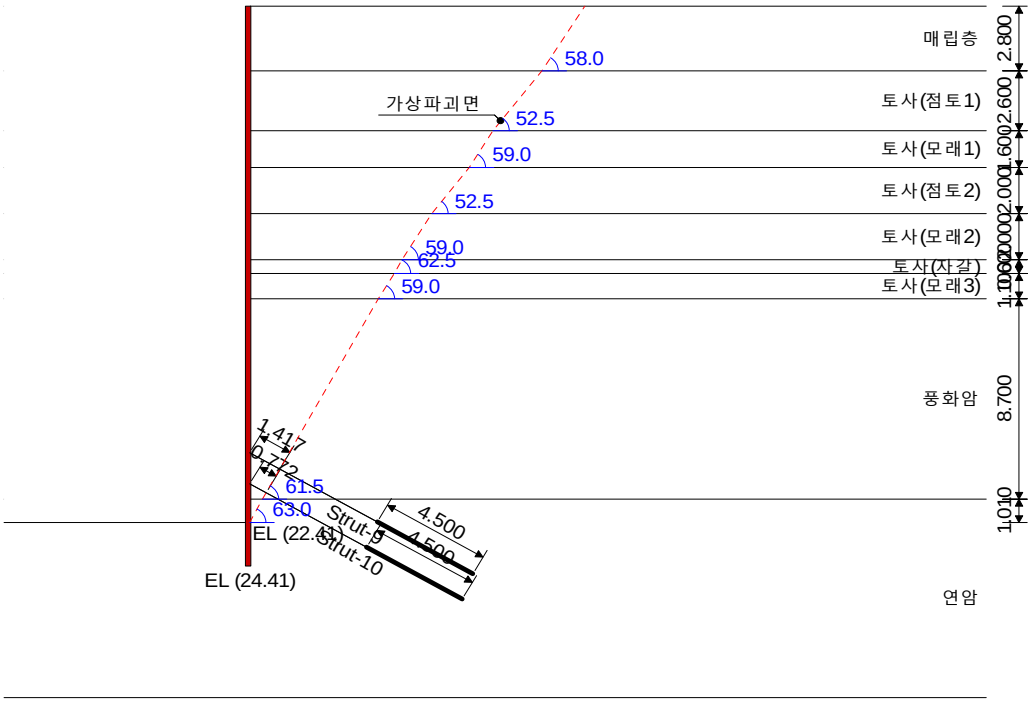
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
Strut-9	19.380	1.417	3.362	6.000	O.K
Strut-10	20.730	0.772	3.362	5.500	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 (T_{req} = R_{max} x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
Strut-9	19.380	141.992	1.200	30	170.391
Strut-10	20.730	138.432	1.200	30	166.119

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
19.380	200000	3.0	98.71	4	6.5	36446.769
20.730	200000	3.0	98.71	4	6.0	39484.000

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
19.380	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
20.730	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
19.380	170.391	36.447	24.796	231.633
20.730	166.119	39.484	24.796	230.399

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
19.380	231.633	110.160	4	2.103	O.K
20.730	230.399	110.160	4	2.091	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	500	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)
19.380	170.391	2.5	100.0	600.0	2.260
20.730	166.119	2.5	100.0	600.0	2.203

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
19.380	170.391	4.0	12.70	500.0	2.135
20.730	166.119	4.0	12.70	500.0	2.082

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
19.380	2.260	2.135	4.5	O.K
20.730	2.203	2.082	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
19.380	6.000	1.500	4.500	12.000
20.730	5.500	1.500	4.500	11.500

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
19.380	231.633	6.5	200000	98.71	4	19.066
20.730	230.399	6.0	200000	98.71	4	17.506

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
19.380	1.20	30.0	6.000	1.500	4.500	231.633
20.730	1.20	30.0	5.500	1.500	4.500	230.399

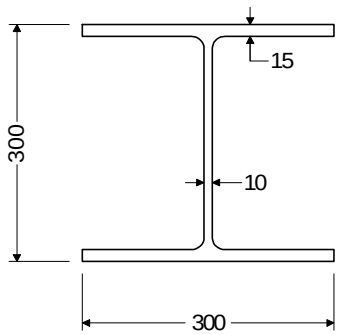
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x300x10/15(SS400)

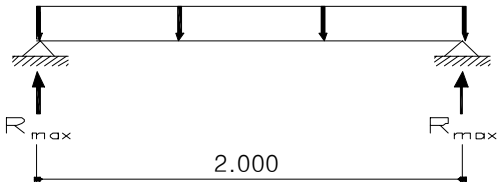
w (N/m)	922.2
A (mm^2)	11980.0
I_x (mm^4)	204000000.0
Z_x (mm^3)	1360000.0
A_w (mm^2)	2700.0
R_x (mm)	131.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 102.941 kN/m ---> Strut-1 (CS22 : Peck)

P = 102.941 × 2.00 m / 1 ea = 205.883 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 205.883 / (13 × 2.000)
= 95.023 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 95.023 × 2.000^2 / 8
= 47.511 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 95.023 × 2.000 / 2
= 95.023 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 47.511 x 1000000 / 1360000.0 = 34.935 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 95.023 x 1000 / 2700 = 35.194 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (34.935 + 34.935) / 34.935

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.667 − 4.6))

= 151.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 151.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 151.711 MPa > f_b = 34.935 MPa ---> O.K

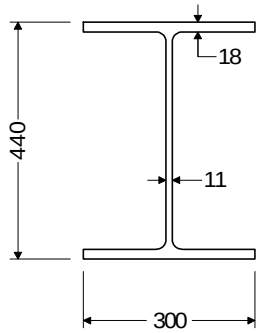
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 35.194 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

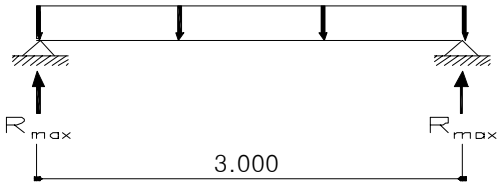
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 204.962 kN/m ---> Strut-2 (CS22 : Peck)

P = 204.962 × 3.00 m / 1 ea = 614.885 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 614.885 / (13 × 3.000)
= 189.195 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 189.195 × 3.000 ^{2} / 8
= 212.845 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 189.195 × 3.000 / 2
= 283.793 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 212.845 x 1000000 / 2550000.0 = 83.469 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 283.793 x 1000 / 4444 = 63.860 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (83.469 + 83.469) / 83.469

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 83.469 MPa ---> O.K

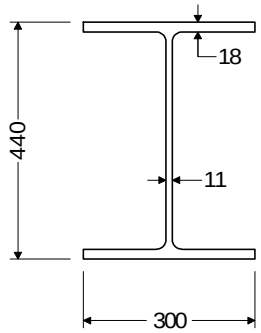
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 63.860 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

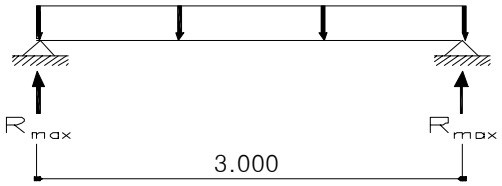
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 191.314 kN/m ---> Strut-3 (CS22 : Peck)

P = 191.314 × 3.00 m / 1 ea = 573.943 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 573.943 / (13 × 3.000)
= 176.598 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 176.598 × 3.000^2 / 8
= 198.673 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 176.598 × 3.000 / 2
= 264.897 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 198.673 x 1000000 / 2550000.0 = 77.911 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 264.897 x 1000 / 4444 = 59.608 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (77.911 + 77.911) / 77.911

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 77.911 MPa ---> O.K

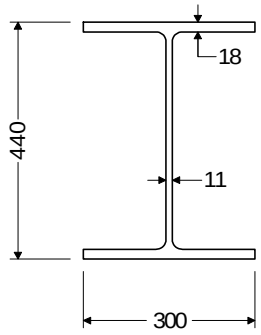
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 59.608 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

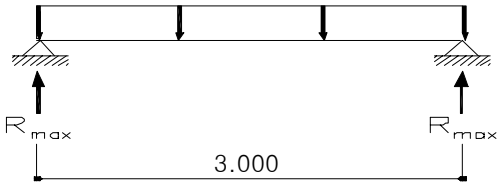
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 206.599 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 10.18 m)

P = 206.599 × 3.00 m / 1 ea = 619.796 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 619.796 / (13 × 3.000)
= 190.706 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 190.706 × 3.000^2 / 8
= 214.545 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 190.706 × 3.000 / 2
= 286.060 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 214.545 x 1000000 / 2550000.0 = 84.135 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 286.060 x 1000 / 4444 = 64.370 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (84.135 + 84.135) / 84.135

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 84.135 MPa ---> O.K

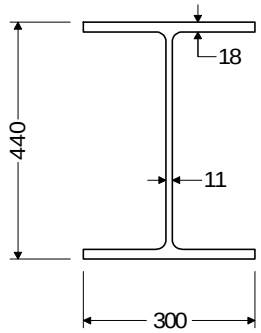
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 64.370 MPa ---> O.K

8.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

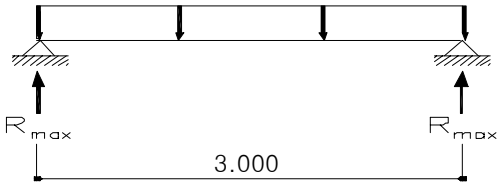
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 301.026 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 13.08 m)

P = 301.026 × 3.00 m / 1 ea = 903.079 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 903.079 / (13 × 3.000)
= 277.870 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 277.870 × 3.000 ^{2} / 8
= 312.604 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 277.870 × 3.000 / 2
= 416.806 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 312.604 x 1000000 / 2550000.0 = 122.590 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 416.806 x 1000 / 4444 = 93.791 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (122.590 + 122.590) / 122.590

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 122.590 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa < τ = 93.791 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 416805.500 / 6464.000 = 64.481 MPa

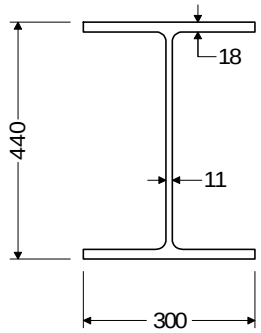
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 64.481 MPa ---> O.K

8.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

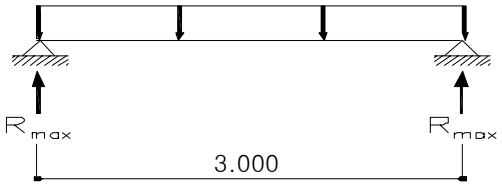
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 254.340 kN/m ---> Strut-6 (CS22 : Peck)

P = 254.340 × 3.00 m / 1 ea = 763.021 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 763.021 / (13 × 3.000)
= 234.776 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 234.776 × 3.000 ^{2} / 8
= 264.123 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 234.776 × 3.000 / 2
= 352.163 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 264.123 x 1000000 / 2550000.0 = 103.577 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 352.163 x 1000 / 4444 = 79.245 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (103.577 + 103.577) / 103.577

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 103.577 MPa ---> O.K

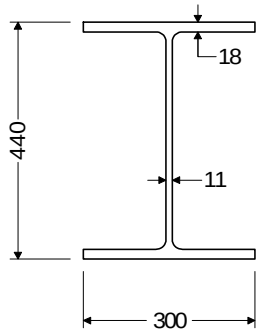
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 79.245 MPa ---> O.K

8.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

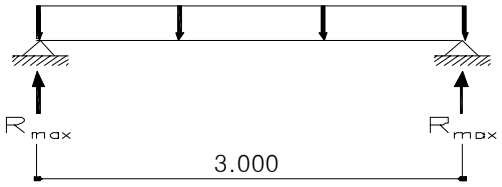
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 209.443 kN/m ---> Strut-7 (CS22 : Peck)

P = 209.443 × 3.00 m / 1 ea = 628.330 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 628.330 / (13 × 3.000)
= 193.332 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 193.332 × 3.000^2 / 8
= 217.499 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 193.332 × 3.000 / 2
= 289.999 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 217.499 x 1000000 / 2550000.0 = 85.294 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 289.999 x 1000 / 4444 = 65.256 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (85.294 + 85.294) / 85.294$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 85.294 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 65.256 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 289998.580 / 6464.000 = 44.864 MPa

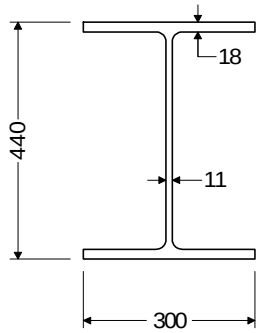
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 44.864 MPa ---> O.K

8.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

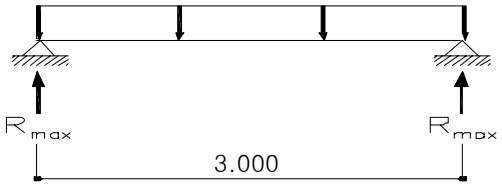
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 114.586 kN/m ---> Strut-8 (CS22 : Peck)

P = 114.586 × 3.00 m / 1 ea = 343.759 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 343.759 / (13 × 3.000)
= 105.772 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 105.772 × 3.000 ^{2} / 8
= 118.993 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 105.772 × 3.000 / 2
= 158.658 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 118.993 x 1000000 / 2550000.0 = 46.664 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 158.658 x 1000 / 4444 = 35.702 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (46.664 + 46.664) / 46.664

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 46.664 MPa ---> O.K

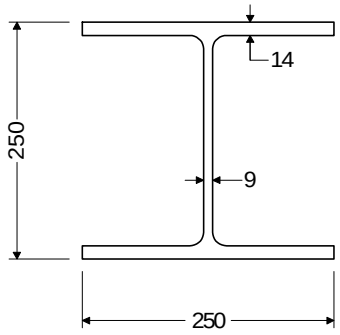
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 35.702 MPa ---> O.K

8.9 Strut-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

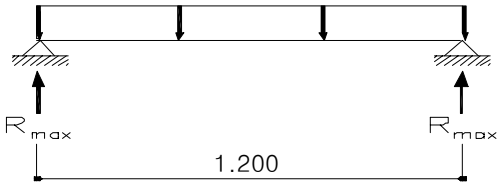
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



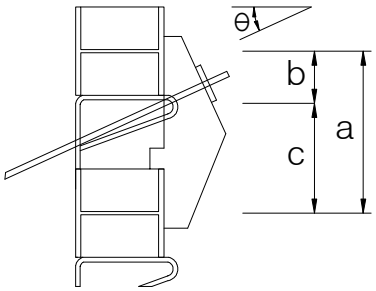
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 231.633 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 231.633 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 143.338$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 143.338 / (13 \times 1.200)$
$= 110.260$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 110.260 \times 1.200^2 / 8$
$= 19.847$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 110.260 \times 1.200 / 2$
$= 66.156$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 19.847 x 1000000 / 867000.0 = 22.891 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 66.156 x 1000 / 1998 = 33.111 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (22.891 + 22.891) / 22.891

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 22.891 MPa ---> O.K

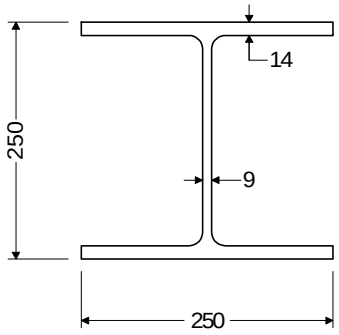
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 33.111 MPa ---> O.K

8.10 Strut-10 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

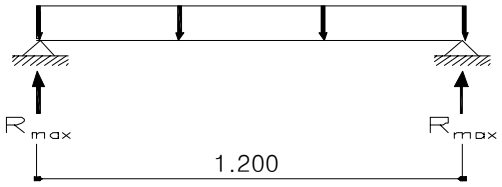
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



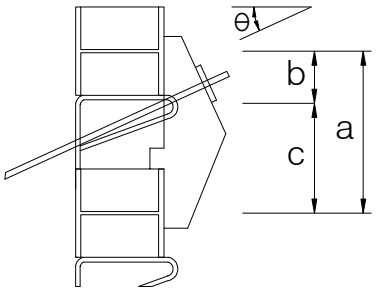
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 230.399 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 230.399 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 142.574$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 142.574 / (13 \times 1.200)$
$= 109.672$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 109.672 \times 1.200^2 / 8$
$= 19.741$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 109.672 \times 1.200 / 2$
$= 65.803$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 19.741 x 1000000 / 867000.0 = 22.769 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 65.803 x 1000 / 1998 = 32.935 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (22.769 + 22.769) / 22.769

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 22.769 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 32.935 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

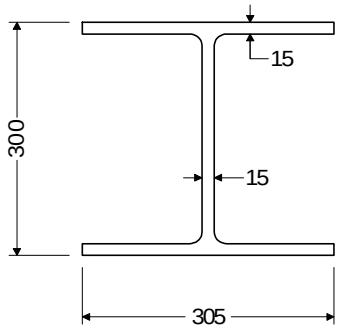
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	357.210	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	26.100	kN				
라. 버팀보 자중	=	58.800	kN				
마. 띠장 자중	=	12.400	kN				
바. 지보재 수직분력	=	140.212	kN	× 1.200	=	168.255	kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	674.065	kN				

최대모멘트, M_{max} = 115.923 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS32 : 해체10)

최대전단력, S_{max} = 198.846 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 13.08 m)

▶ Pmax = 674.065 kN

▶ Mmax = 115.923 × 1.200 = 139.107 kN·m

▶ Smax = 198.846 × 1.200 = 238.615 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 139.107 x 1000000 / 1440000.0 = 96.602 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 674.065 x 1000 / 13480 = 50.005 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 238.615 x 1000 / 4050 = 58.917 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 2.300

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (146.607 - -46.598) / 146.607$

= 1.318

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3100 / 126

24.603 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (24.603 − 16))

= 201.265 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 201.265 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3100 / 305

= 10.164 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (10.164 − 4))

= 186.636 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 186.636 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (24.603)^2

= 2230.239 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 201.265 MPa > f_c = 50.005 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 186.636 MPa > f_b = 96.602 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 58.917 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{50.005}{201.265} + \dfrac{96.602}{186.636 \times (1 - (50.005 / 2230.239))}$

= 0.778 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 50.005 + \frac{96.602}{1 - (50.005 / 2230.239)}$$

$$= 148.823 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.778 , 0.696)
= 0.778 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 14.1 mm ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 13.08 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 22.410 x 1000 x 0.002 = 44.820 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 674.06 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

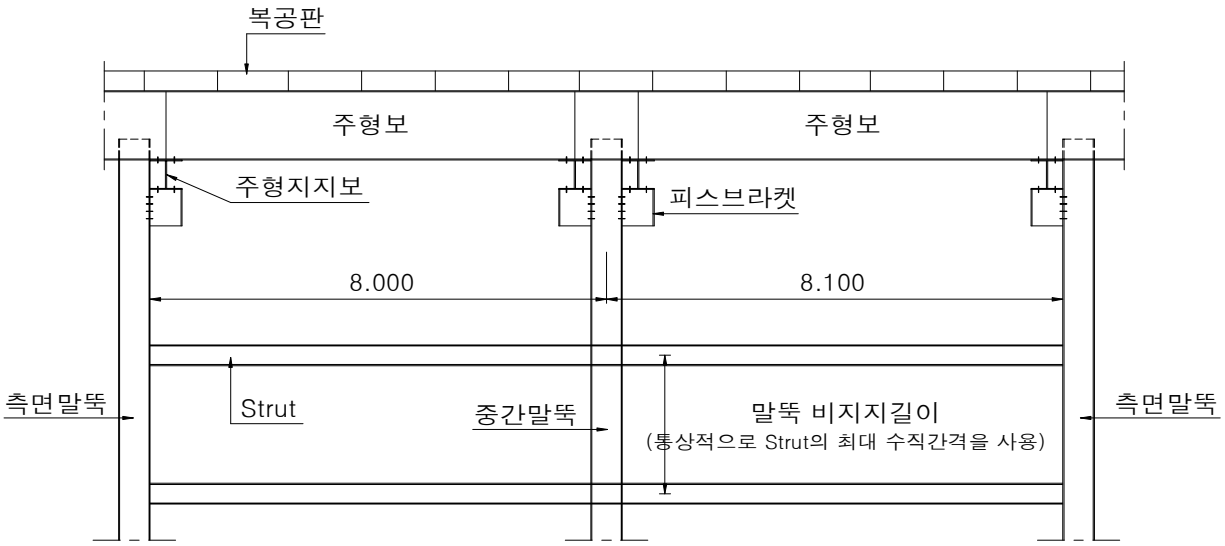
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 8.100 = 16.100 m

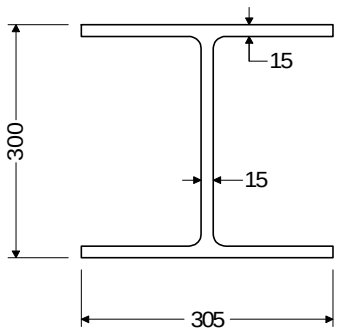
나. PILE 설치간격 : 2.50 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 23.300 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 50.400 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 9.630 kN

ΣP_s = 91.870 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 8.100) / 2 = 22.478 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

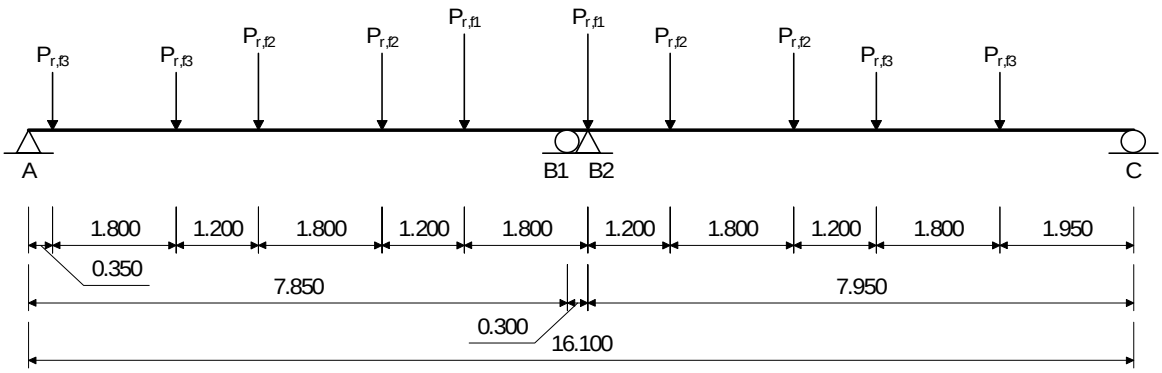
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150 + 70.200 x 0.350) / 7.850

= 224.660 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750 + 70.200 x 1.950) / 7.950

= 312.883 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 224.660 x 1.00 = 224.660 kN

P_{r2} = 312.883 x 1.00 = 312.883 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150 + 17.550 x 0.350) / 7.850

= 56.165 kN

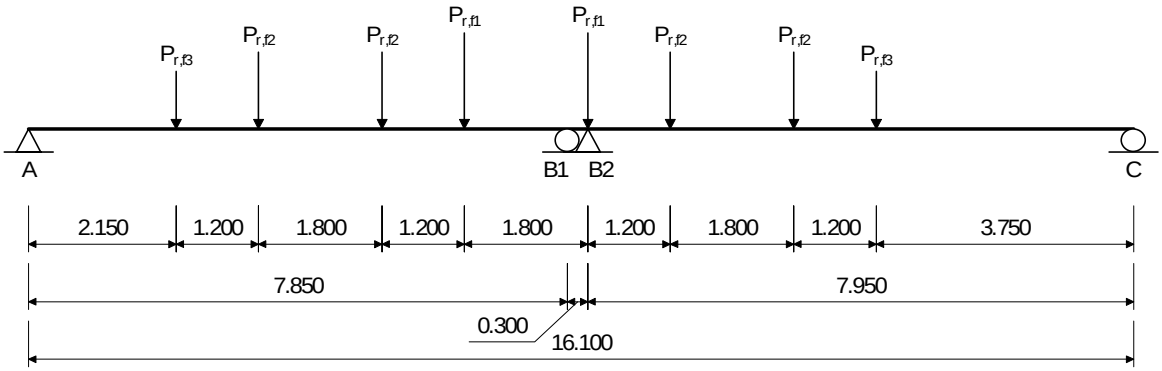
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750 + 17.550 x 1.950) / 7.950

= 78.221 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 56.165 x 1.00 = 56.165 kN

P_{f2} = 78.221 x 1.00 = 78.221 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150) / 7.850

= 221.530 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750) / 7.950

= 295.664 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 221.530 x 1.00 = 221.530 kN

P_{r2} = 295.664 x 1.00 = 295.664 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150) / 7.850

= 55.382 kN

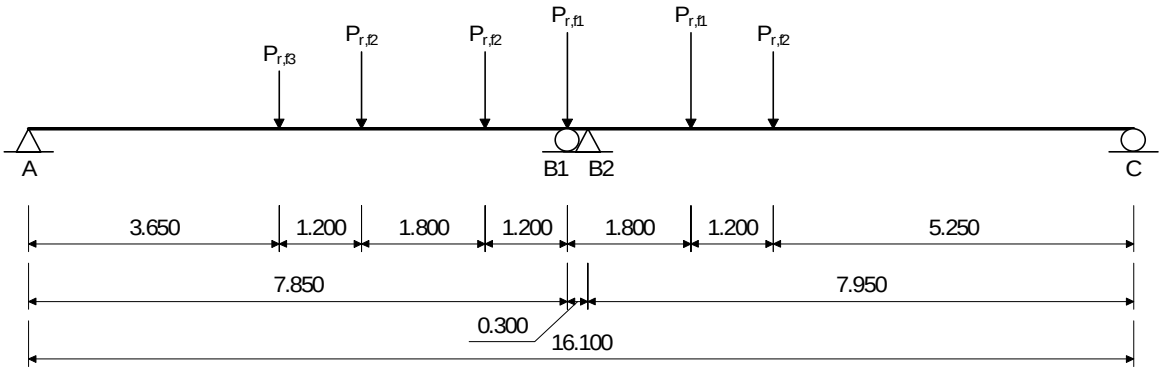
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750) / 7.950

= 73.916 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 55.382 x 1.00 = 55.382 kN

P_{f2} = 73.916 x 1.00 = 73.916 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650) / 7.850

= 294.562 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.450 + 93.600 x 5.250) / 7.950

= 163.064 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 294.562 x 1.00 = 294.562 kN

P_{r2} = 163.064 x 1.00 = 163.064 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650) / 7.850

= 73.640 kN

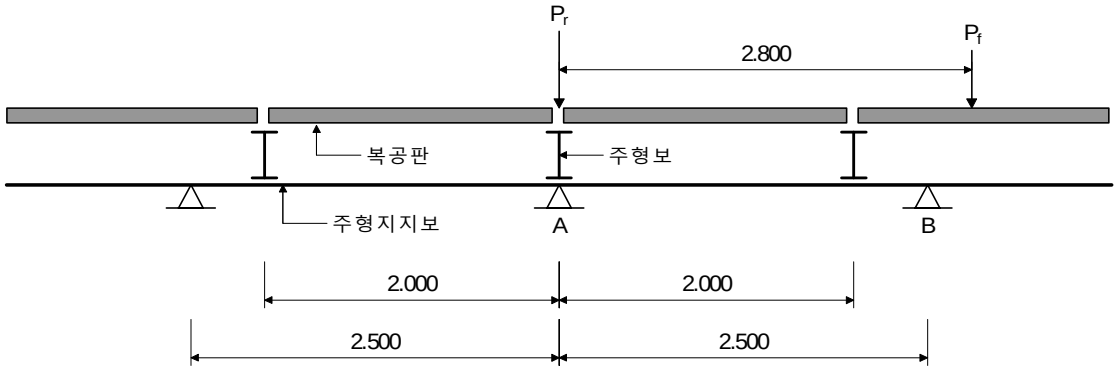
R_{B2} = (31.200 x 6.450 + 23.400 x 5.250) / 7.950

= 40.766 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 73.640 x 1.00 = 73.640 kN

P_{f2} = 40.766 x 1.00 = 40.766 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (294.562 x 2.500) / 2.500

= 294.562 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 2.50 / 2.00

= 294.562 + 22.200 x 2.50 / 2.00 = 322.312 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (312.883 x 2.500) / 2.500

= 312.883 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 2.50 / 2.00

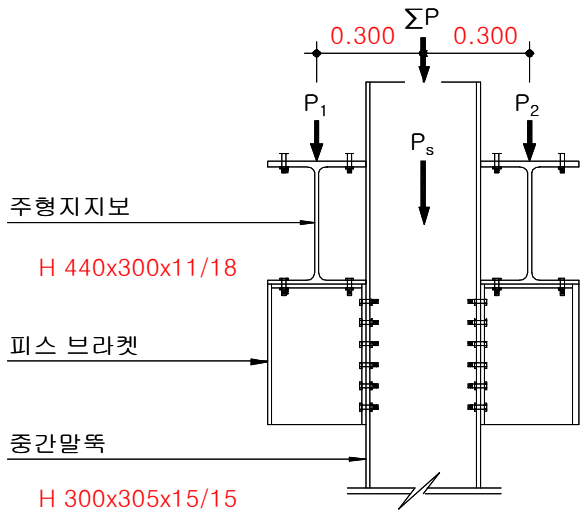
= 312.883 + 22.478 x 2.50 / 2.00 = 340.980 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 322.312 + 340.980 + 91.870 = 755.162 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 251.721 x 1000 / 13480 = 18.674 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 102.294 x 1000000 / 1440000 = 71.037 MPa

여기서, M_{max} = P_2 x e = 340.980 x 0.300 = 102.294 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.836

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.711 − −52.364) / 89.711

= 1.584

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 4800 / 126

38.095 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (38.095 − 16))

= 181.684 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 181.684 MPa

L_y / R_y = 4800 / 72.6

66.116 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (66.116 − 16))

= 141.020 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 141.020 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 141.020 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4800 / 305

= 15.738 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (15.738 − 4))

= 162.119 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 162.119 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (38.095)^2

= 930.234 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 141.020 MPa > f_c = 18.674 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 162.119 MPa > f_b = 71.037 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{18.674}{141.020} + \frac{71.037}{162.119 \times (1 - (18.674 / 930.234))}$

= 0.580 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 18.674 + \frac{71.037}{1 - (18.674 / 930.234)}$

= 91.166 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.580 , 0.427)

= 0.580 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 251.72 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

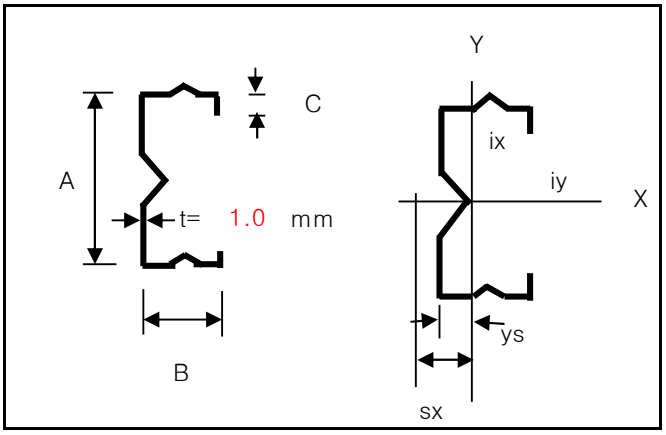
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

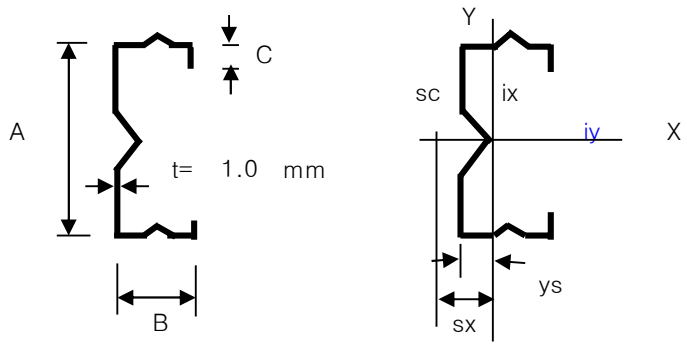
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 22.41m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	351.4
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

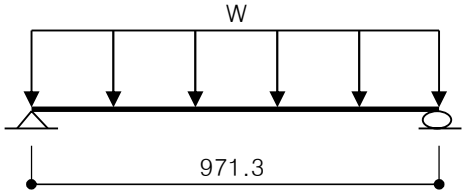
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1268 MPa ---> (CS22 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 126.8 kN/m^2 x 0.2000 m = 25.4 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 25.4 x 0.97 ^{2}/ 8 = 3.0 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 25.4 x 0.97 / 2 = 12.3 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2991001 / 22,580 = 132.46 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2991001 / 23,230 = 128.76 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 12318 / 196 = 62.85 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 351.446 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 351.446 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 132.46 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 128.76 MPa < f_{ba} = 351.45 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 62.85 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 22.41 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.80	18.00	19.00	0.00	26.00	3	-	12000.00
2	토사(점토1)	5.40	17.00	18.00	20.00	15.00	6	-	14000.00
3	토사(모래1)	7.00	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
4	토사(점토2)	9.00	17.00	18.00	20.00	15.00	14	-	14000.00
5	토사(모래2)	11.00	18.00	19.00	0.00	28.00	16	-	20000.00
6	토사(자갈)	11.60	20.00	21.00	0.00	35.00	24	-	32000.00
7	토사(모래3)	12.70	18.00	19.00	0.00	28.00	31	-	20000.00
8	풍화암	21.40	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
9	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	50000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	24.41	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8.05	0	1
2	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.64	3	8.05	50	1
3	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.74	3	8.05	50	1
4	Strut-4	P 406.4x12	SS400	7.53	3	8.05	50	1
5	Strut-5	P 406.4x12	SS400	9.68	3	8.05	250	1
6	Strut-6	P 406.4x12	SS400	12.58	3	8.05	50	1
7	Strut-7	P 406.4x12	SS400	15.48	3	8.05	200	1
8	Strut-8	P 406.4x7	SS400	17.88	3	8.05	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	19.38	1.2	30	6	150
2	Strut-10	Strand12.7x4EA	SWPC7B	20.73	1.2	30	5.5	150

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 7 m, 수위차 = 22.41 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.14	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.24	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.03	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	10.18	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	13.08	-	-	-	-	-	-	O	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	15.98	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	18.38	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	19.88	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-9		-	-	-	-	X	X
19	21.23	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	Strut-10		-	-	-	-	X	X
21	22.41	-	-	-	-	-	-	X	X
22	22.41	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
23	21.23	-	-	-	-	-	-	X	X
24	-		Strut-10	-	-	-	-	X	X
25	19.88	-	-	-	-	-	-	X	X
26	-		Strut-9	-	-	-	-	X	X
27	18.38	-	-	-	-	-	-	X	X
28	-		Strut-8	-	-	-	-	X	X
29	15.98	-	-	-	-	-	-	X	X
30	-		Strut-7	-	-	-	-	X	X
31	13.08	-	-	-	-	-	-	X	X
32	-		Strut-6	-	-	-	-	X	X
33	10.18	-	-	-	-	-	-	X	X
34	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
35	8.03	-	-	-	-	-	-	X	X
36	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
37	6.24	-	-	-	-	-	-	X	X
38	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
39	3.14	-	-	-	-	-	-	X	X
40	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
41	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
42	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
43	0.10	-	-	-	-	-	-	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.36	1.4	-3.55	4.5	1.51	8.5	-12.99	3.1
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.36	1.4	-3.55	4.5	1.51	8.5	-12.99	3.1
CS3 : 굴착 3.14 m	3.14	16.27	3.1	-23.98	0.6	19.00	2.2	-9.31	5.7
CS4 : 생성 Strut-2	3.14	13.75	2.6	-16.86	0.6	9.13	1.8	-7.24	4.9
CS5 : 굴착 6.24 m	6.24	43.24	2.6	-66.10	2.6	49.03	5.7	-60.19	2.6
CS6 : 생성 Strut-3	6.24	37.77	2.6	-57.44	2.6	36.11	5.4	-48.76	2.6
CS7 : 굴착 8.03 m	8.03	34.99	2.6	-83.46	5.7	54.44	7.5	-42.93	2.6
CS8 : 생성 Strut-4	8.03	35.49	2.6	-73.02	5.7	45.91	7.3	-43.98	2.6
CS9 : 굴착 10.18 m	10.18	60.17	7.5	-146.43	7.5	94.36	9.7	-55.07	7.5
CS10 : 생성 Strut-5	10.18	49.51	9.7	-92.29	7.5	52.89	9.0	-41.63	2.6
CS11 : 굴착 13.08 m	13.08	104.03	13.1	-198.85	9.7	115.69	12.1	-87.79	9.7
CS12 : 생성 Strut-6	13.08	98.41	9.7	-191.62	9.7	109.30	11.6	-79.83	9.7
CS13 : 굴착 15.98 m	15.98	95.38	9.7	-160.26	9.7	57.50	11.3	-71.63	9.7
CS14 : 생성 Strut-7	15.98	96.92	9.7	-171.19	9.7	74.39	11.6	-75.45	9.7
CS15 : 굴착 18.38 m	18.38	96.80	9.7	-172.67	9.7	77.38	11.6	-75.32	9.7
CS16 : 생성 Strut-8	18.38	96.80	9.7	-172.38	9.7	76.84	11.6	-75.29	9.7
CS17 : 굴착 19.88 m	19.88	96.84	9.7	-172.85	9.7	77.61	11.6	-75.42	9.7
CS18 : 생성 Strut-9	19.88	96.80	9.7	-172.43	9.7	76.94	11.6	-75.29	9.7
CS19 : 굴착 21.23 m	21.23	96.83	9.7	-172.61	9.7	77.21	11.6	-75.37	9.7
CS20 : 생성 Strut-10	21.23	96.80	9.7	-172.45	9.7	76.98	11.6	-75.30	9.7
CS21 : 굴착 22.41 m	22.41	96.80	9.7	-172.45	9.7	76.97	11.6	-75.30	9.7
CS22 : Peck	22.41	115.75	12.6	-152.81	9.7	47.34	4.0	-57.31	9.7
CS23 : 해체1	21.23	96.80	9.7	-172.45	9.7	76.98	11.6	-75.30	9.7
CS24 : 해체2	21.23	96.83	9.7	-172.61	9.7	77.21	11.6	-75.37	9.7
CS25 : 해체3	19.88	96.80	9.7	-172.43	9.7	76.94	11.6	-75.29	9.7
CS26 : 해체4	19.88	96.84	9.7	-172.85	9.7	77.61	11.6	-75.42	9.7
CS27 : 해체5	18.38	96.80	9.7	-172.37	9.7	76.83	11.6	-75.29	9.7
CS28 : 해체6	18.38	96.80	9.7	-172.65	9.7	77.34	11.6	-75.31	9.7
CS29 : 해체7	15.98	96.92	9.7	-171.14	9.7	74.31	11.6	-75.44	9.7
CS30 : 해체8	15.98	95.40	9.7	-160.37	9.7	57.62	11.3	-71.68	9.7
CS31 : 해체9	13.08	98.48	9.7	-192.12	9.7	110.06	11.6	-80.02	9.7
CS32 : 해체10	13.08	104.11	13.1	-198.78	9.7	115.92	12.1	-87.41	9.7
CS33 : 해체11	10.18	48.00	9.7	-93.80	7.5	55.07	9.0	-41.61	2.6
CS34 : 해체12	10.18	58.55	11.0	-143.29	7.5	92.76	9.7	-49.87	7.5
CS35 : 해체13	8.03	35.46	2.6	-71.97	5.7	44.24	7.3	-43.92	2.6
CS36 : 해체14	8.03	34.88	2.6	-83.93	5.7	54.14	7.5	-42.71	2.6
CS37 : 해체15	6.24	37.58	2.6	-56.59	2.6	34.18	5.4	-48.35	2.6
CS38 : 해체16	6.24	43.70	2.6	-66.30	2.6	48.70	5.7	-61.14	2.6
CS39 : 해체17	3.14	13.61	2.6	-17.00	0.6	9.32	1.8	-8.16	5.7
CS40 : 해체18	3.14	16.36	3.1	-23.89	0.6	18.86	2.2	-10.17	5.7
CS41 : 해체19	1.05	9.42	1.4	-3.80	7.3	2.96	10.6	-13.24	3.1

CS42 : 해체20	1.05	9.36	1.4	-3.79	7.3	2.96	10.6	-13.15	3.1
CS43 : 해체21	0.10	4.79	13.1	-1.42	7.3	2.94	11.6	-2.44	14.5
TOTAL		115.75	12.6	-198.85	9.7	115.92	12.1	-87.79	9.7

13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-5
		0.55 (m)	2.64 (m)	5.74 (m)	7.53 (m)	9.68 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.14 m	3.14	25.69	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.14	18.56	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 6.24 m	6.24	-10.92	109.34	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.24	-5.45	95.21	16.67	-	-
CS7 : 굴착 8.03 m	8.03	-2.66	76.02	108.05	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	8.03	-3.17	79.25	94.87	16.67	-
CS9 : 굴착 10.18 m	10.18	-1.13	72.94	49.46	206.60	-
CS10 : 생성 Strut-5	10.18	-2.04	75.47	74.11	126.14	83.33
CS11 : 굴착 13.08 m	13.08	-2.41	77.54	68.57	77.34	301.03
CS12 : 생성 Strut-6	13.08	-2.38	77.39	68.78	81.02	290.03
CS13 : 굴착 15.98 m	15.98	-2.37	77.28	69.99	82.96	255.64
CS14 : 생성 Strut-7	15.98	-2.38	77.34	69.58	81.77	268.11
CS15 : 굴착 18.38 m	18.38	-2.38	77.34	69.52	81.95	269.47
CS16 : 생성 Strut-8	18.38	-2.38	77.34	69.53	81.94	269.18
CS17 : 굴착 19.88 m	19.88	-2.38	77.34	69.51	81.91	269.69
CS18 : 생성 Strut-9	19.88	-2.38	77.34	69.53	81.95	269.23
CS19 : 굴착 21.23 m	21.23	-2.38	77.34	69.52	81.92	269.44
CS20 : 생성 Strut-10	21.23	-2.38	77.34	69.53	81.95	269.25
CS21 : 굴착 22.41 m	22.41	-2.38	77.34	69.53	81.94	269.26
CS22 : Peck	22.41	102.94	204.96	191.31	129.67	244.51
CS23 : 해체1	21.23	-2.38	77.34	69.53	81.95	269.25
CS24 : 해체2	21.23	-2.38	77.34	69.52	81.92	269.44
CS25 : 해체3	19.88	-2.38	77.34	69.53	81.95	269.23
CS26 : 해체4	19.88	-2.38	77.34	69.51	81.91	269.69
CS27 : 해체5	18.38	-2.38	77.34	69.53	81.94	269.17
CS28 : 해체6	18.38	-2.38	77.33	69.52	81.95	269.45
CS29 : 해체7	15.98	-2.38	77.34	69.58	81.77	268.06
CS30 : 해체8	15.98	-2.37	77.28	69.98	82.94	255.76
CS31 : 해체9	13.08	-2.38	77.39	68.77	80.95	290.60
CS32 : 해체10	13.08	-2.41	77.53	68.57	77.54	300.77
CS33 : 해체11	10.18	-2.03	75.41	74.21	127.60	78.64
CS34 : 해체12	10.18	-1.21	73.10	52.20	200.62	-
CS35 : 해체13	8.03	-3.14	79.18	93.85	19.13	-
CS36 : 해체14	8.03	-2.56	75.48	108.96	-	-
CS37 : 해체15	6.24	-5.26	94.17	18.70	-	-

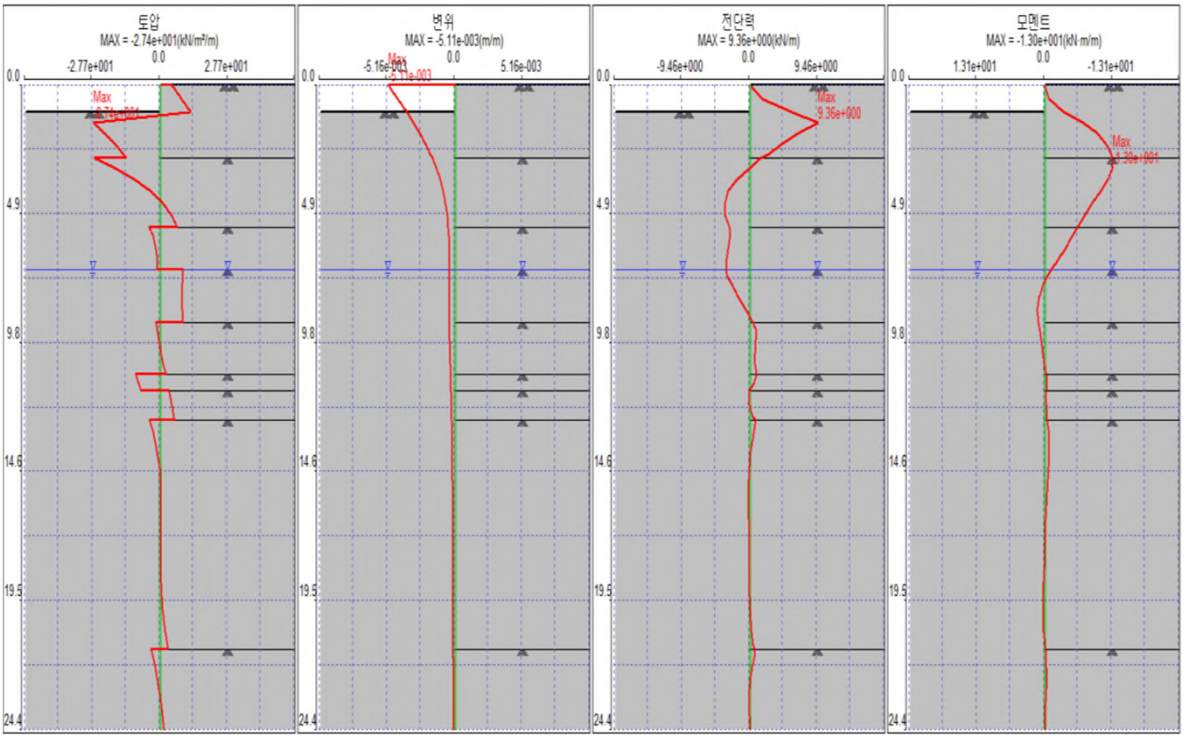
CS38 : 해체16	6.24	-11.37	109.99	-	-	-
CS39 : 해체17	3.14	18.70	16.18	-	-	-
CS40 : 해체18	3.14	25.60	-	-	-	-
CS41 : 해체19	1.05	-0.06	-	-	-	-
CS42 : 해체20	1.05	-	-	-	-	-
CS43 : 해체21	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		102.94	204.96	191.31	206.60	301.03

시공단계	굴착 깊이	Strut-6	Strut-7	Strut-8	Strut-9	Strut-10
		12.58 (m)	15.48 (m)	17.88 (m)	19.38 (m)	20.73 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.14 m	3.14	-	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.14	-	-	-	-	-
CS5 : 굴착 6.24 m	6.24	-	-	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.24	-	-	-	-	-
CS7 : 굴착 8.03 m	8.03	-	-	-	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	8.03	-	-	-	-	-
CS9 : 굴착 10.18 m	10.18	-	-	-	-	-
CS10 : 생성 Strut-5	10.18	-	-	-	-	-
CS11 : 굴착 13.08 m	13.08	-	-	-	-	-
CS12 : 생성 Strut-6	13.08	16.67	-	-	-	-
CS13 : 굴착 15.98 m	15.98	188.73	-	-	-	-
CS14 : 생성 Strut-7	15.98	151.11	66.67	-	-	-
CS15 : 굴착 18.38 m	18.38	130.88	179.65	-	-	-
CS16 : 생성 Strut-8	18.38	133.75	169.38	16.67	-	-
CS17 : 굴착 19.88 m	19.88	131.21	163.54	96.19	-	-
CS18 : 생성 Strut-9	19.88	133.12	172.32	24.79	125.00	-
CS19 : 굴착 21.23 m	21.23	132.81	163.01	57.42	141.99	-
CS20 : 생성 Strut-10	21.23	132.99	172.38	27.85	125.45	125.00
CS21 : 굴착 22.41 m	22.41	133.12	170.83	28.64	127.49	130.99
CS22 : Peck	22.41	254.34	209.44	114.59	135.35	138.43
CS23 : 해체1	21.23	132.99	172.39	27.91	125.46	124.96
CS24 : 해체2	21.23	132.80	163.05	57.40	141.95	-
CS25 : 해체3	19.88	133.12	172.46	24.44	124.77	-
CS26 : 해체4	19.88	131.21	163.71	95.82	-	-
CS27 : 해체5	18.38	133.75	169.69	15.76	-	-
CS28 : 해체6	18.38	131.06	179.37	-	-	-
CS29 : 해체7	15.98	151.52	65.73	-	-	-
CS30 : 해체8	15.98	188.63	-	-	-	-
CS31 : 해체9	13.08	15.40	-	-	-	-
CS32 : 해체10	13.08	-	-	-	-	-
CS33 : 해체11	10.18	-	-	-	-	-
CS34 : 해체12	10.18	-	-	-	-	-
CS35 : 해체13	8.03	-	-	-	-	-
CS36 : 해체14	8.03	-	-	-	-	-
CS37 : 해체15	6.24	-	-	-	-	-
CS38 : 해체16	6.24	-	-	-	-	-
CS39 : 해체17	3.14	-	-	-	-	-

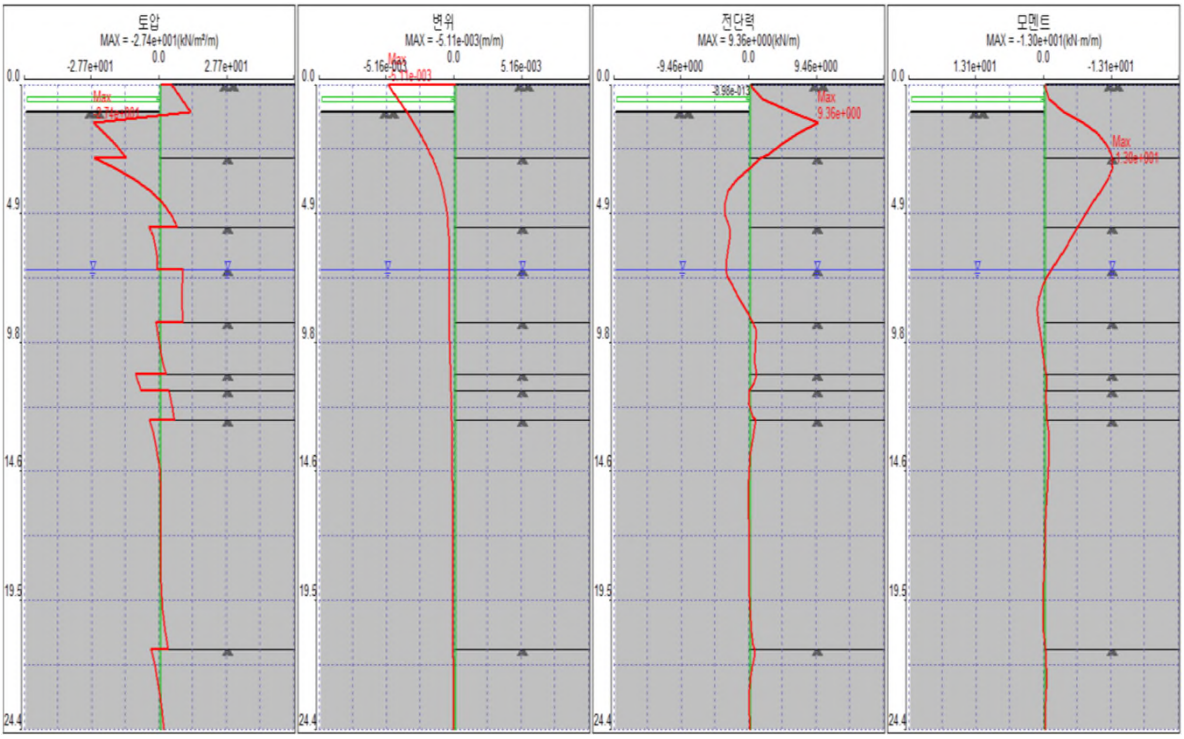
CS40 : 해체18	3.14	-	-	-	-	-
CS41 : 해체19	1.05	-	-	-	-	-
CS42 : 해체20	1.05	-	-	-	-	-
CS43 : 해체21	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		254.34	209.44	114.59	141.99	138.43

13.2 시공단계별 단면력도

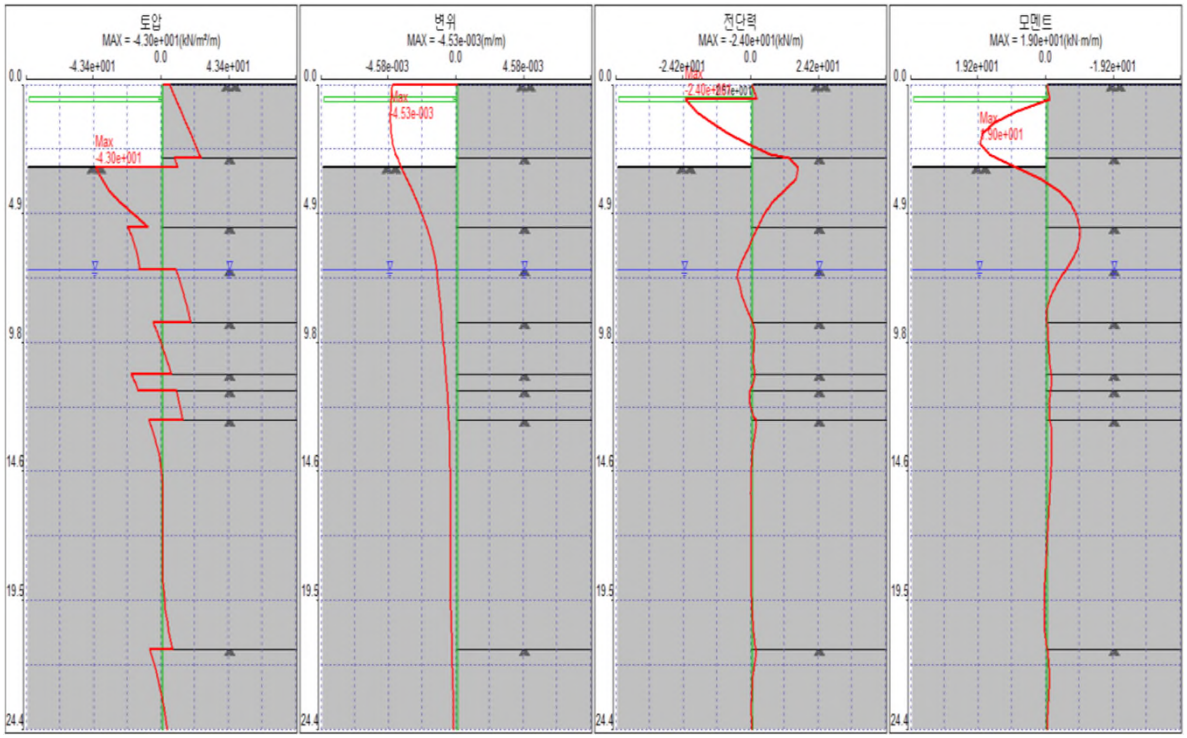
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



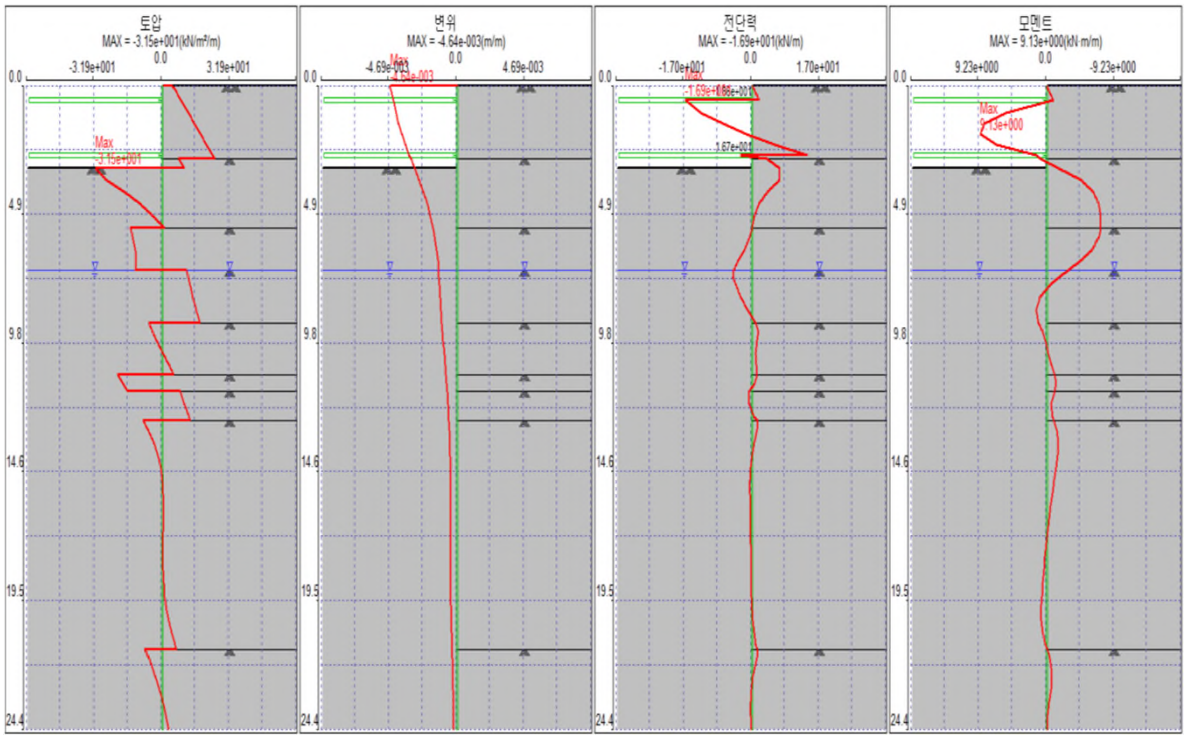
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



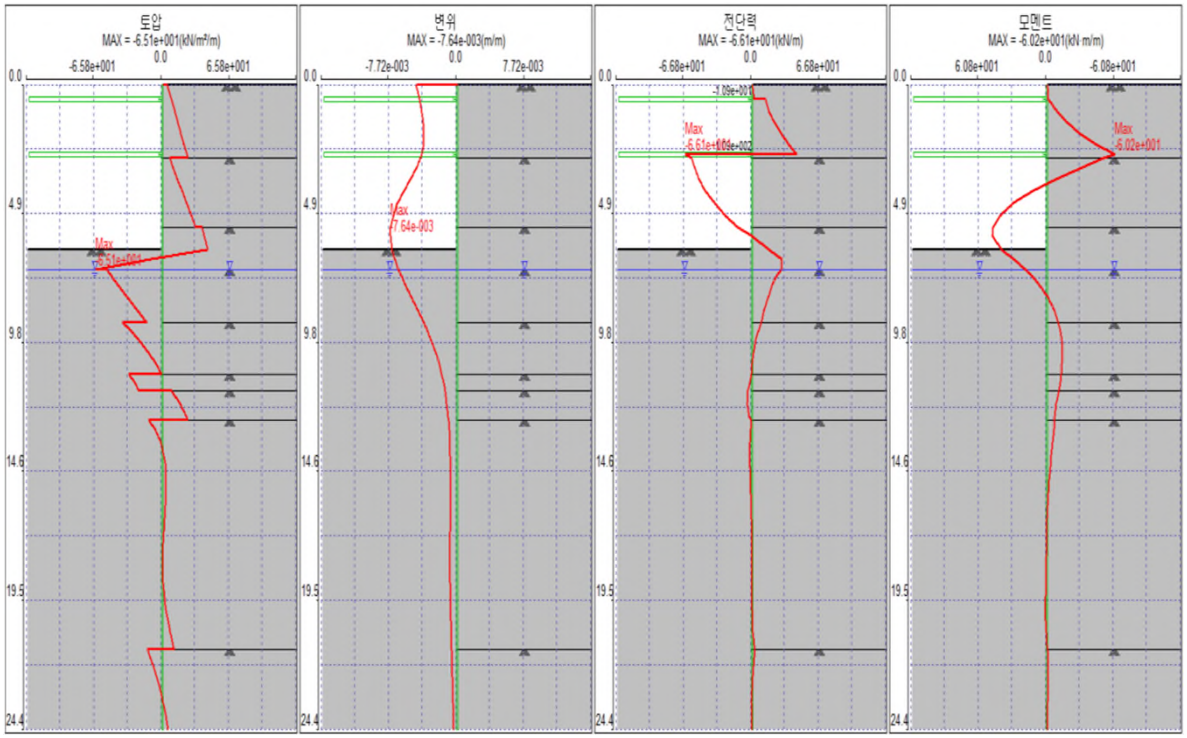
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.14 m]



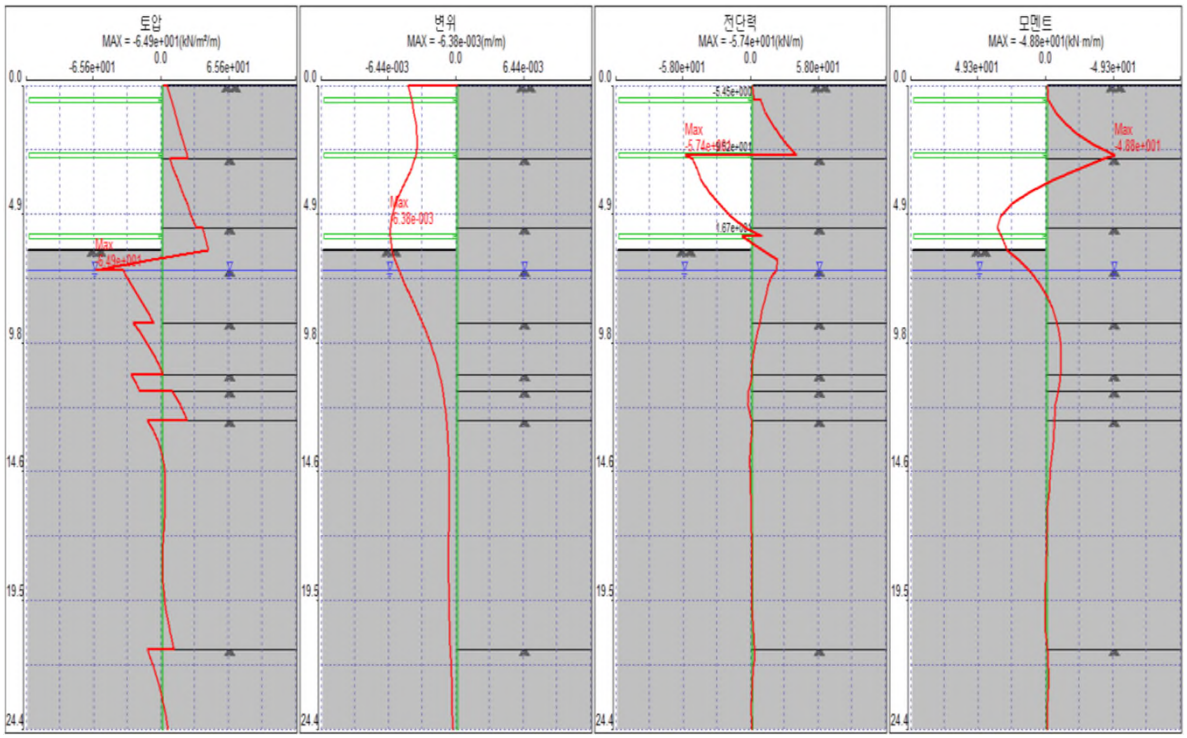
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



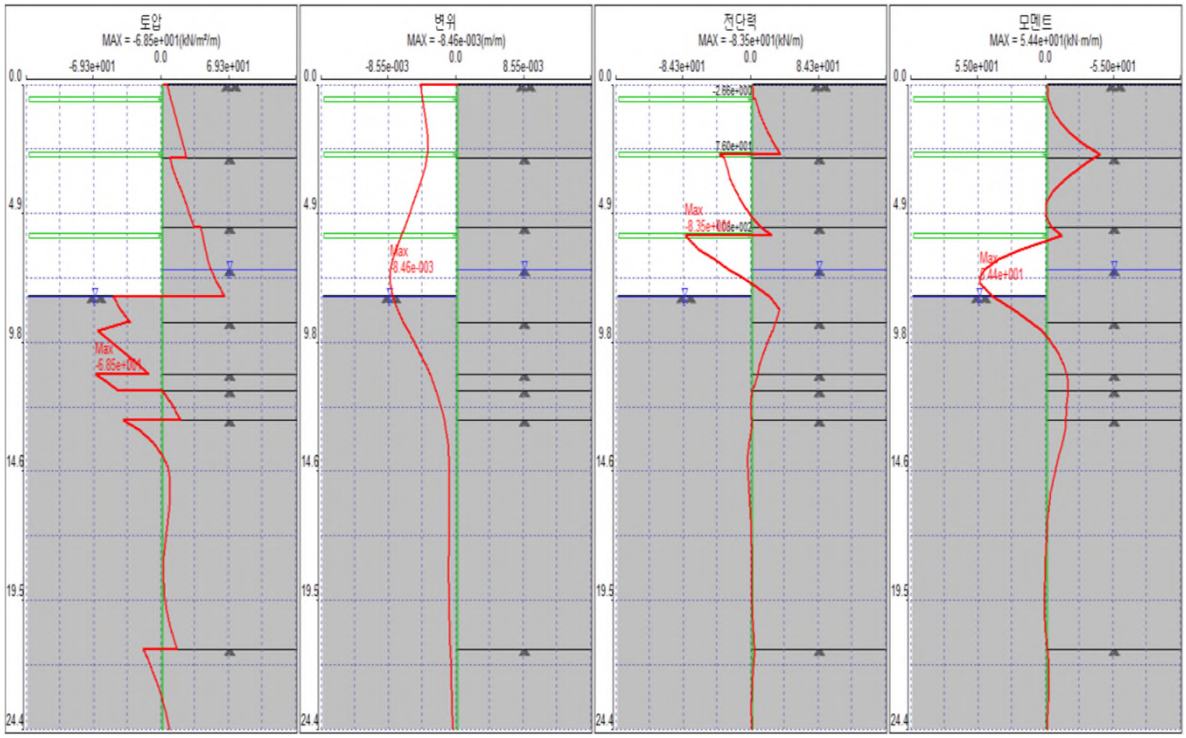
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.24 m]



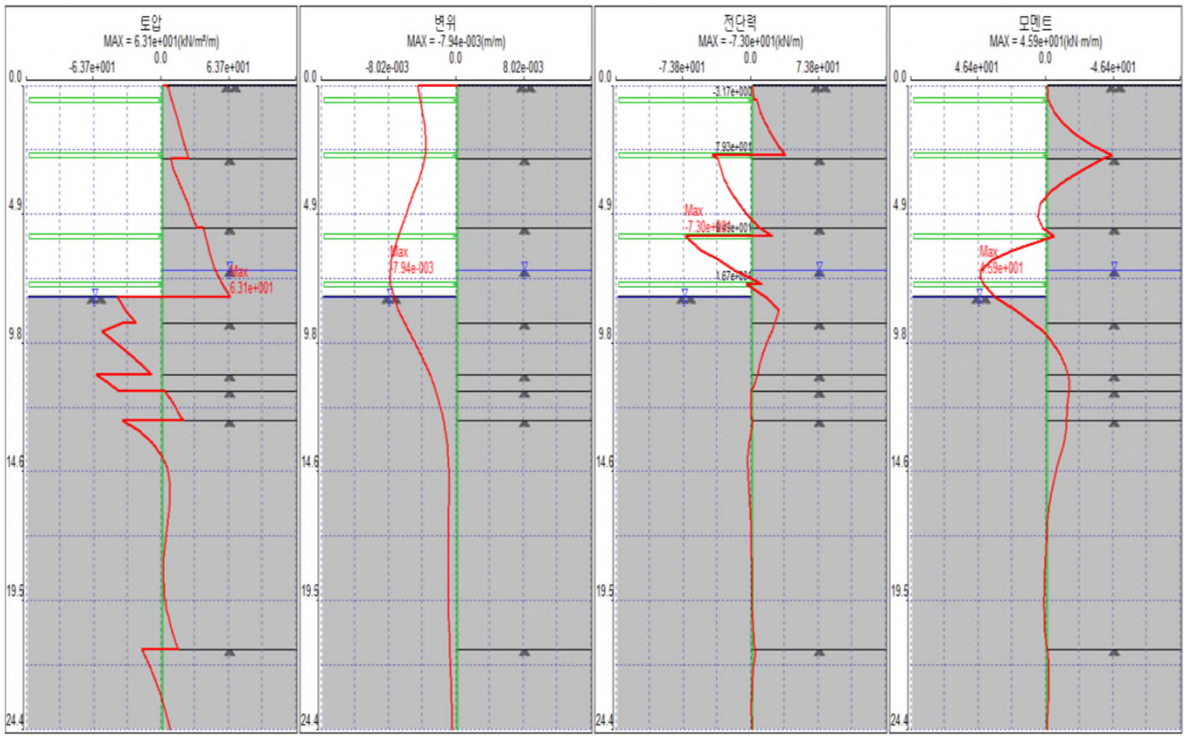
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



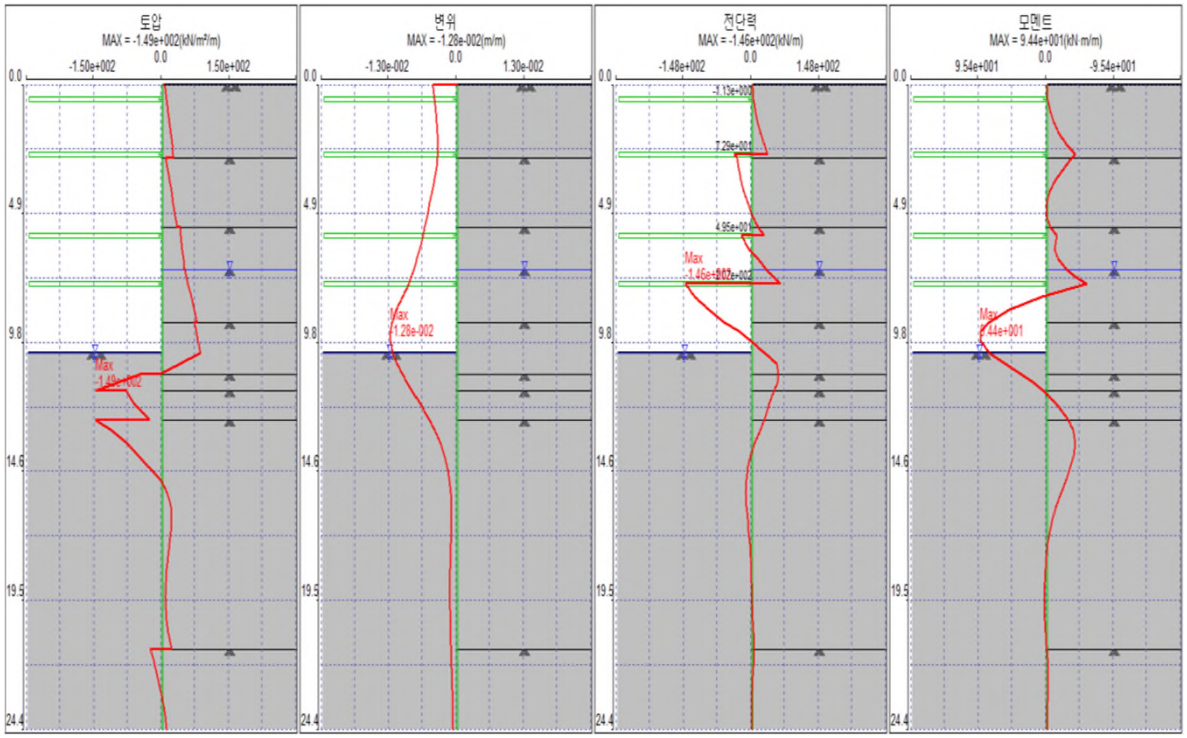
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.03 m]



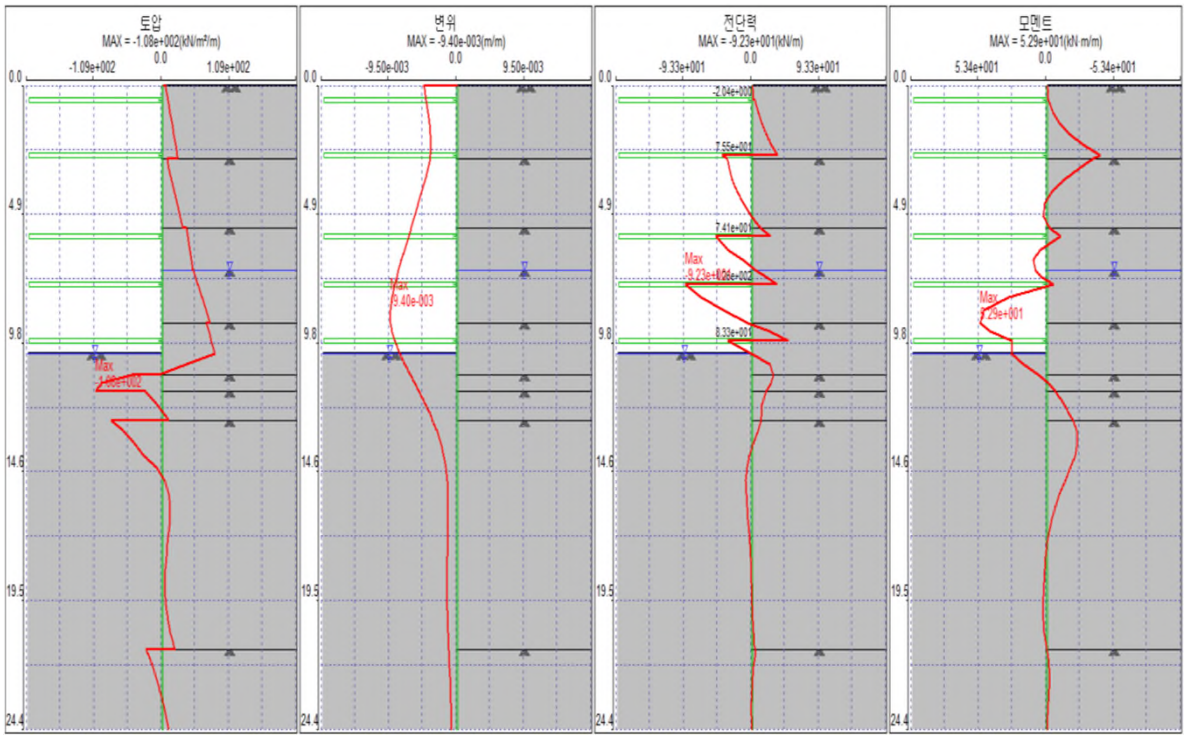
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



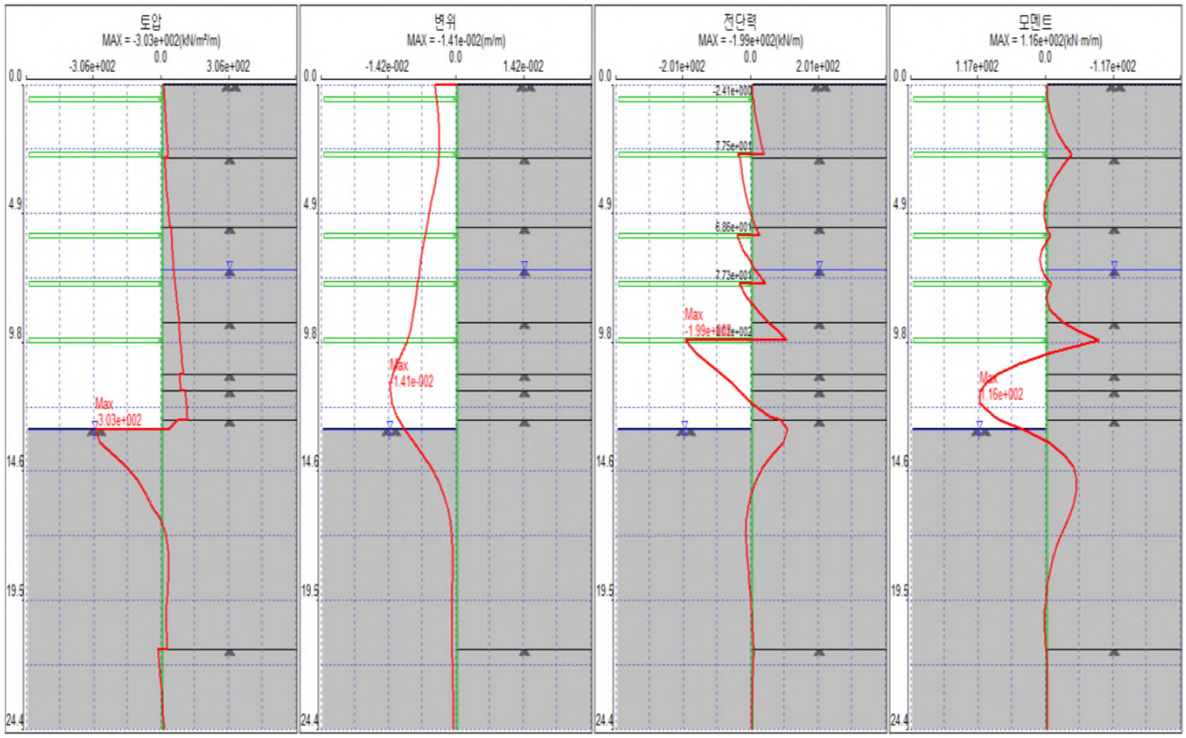
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 10.18 m]



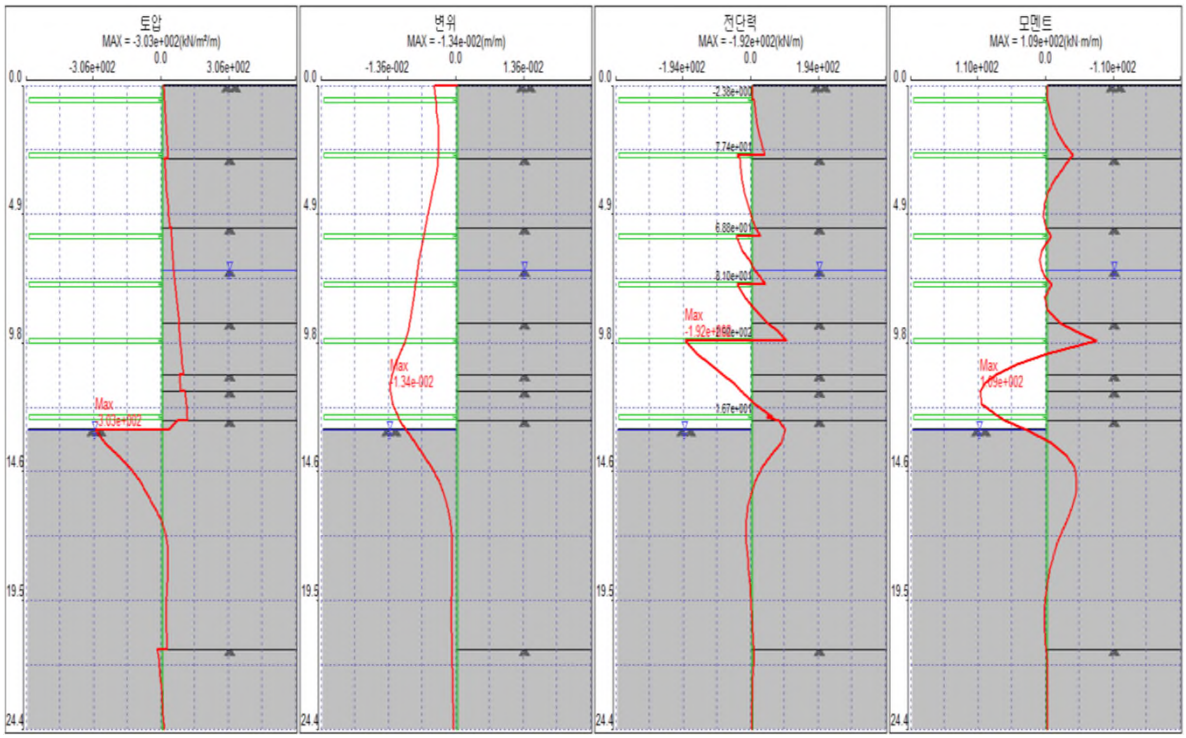
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



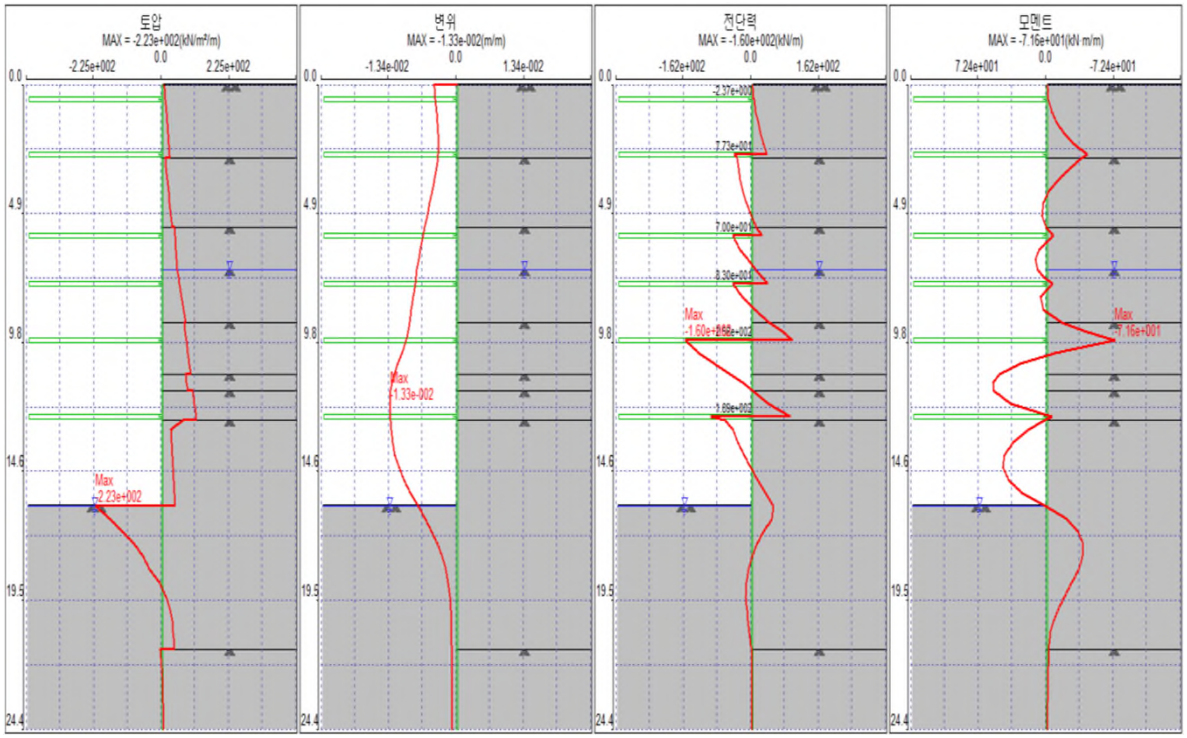
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 13.08 m]



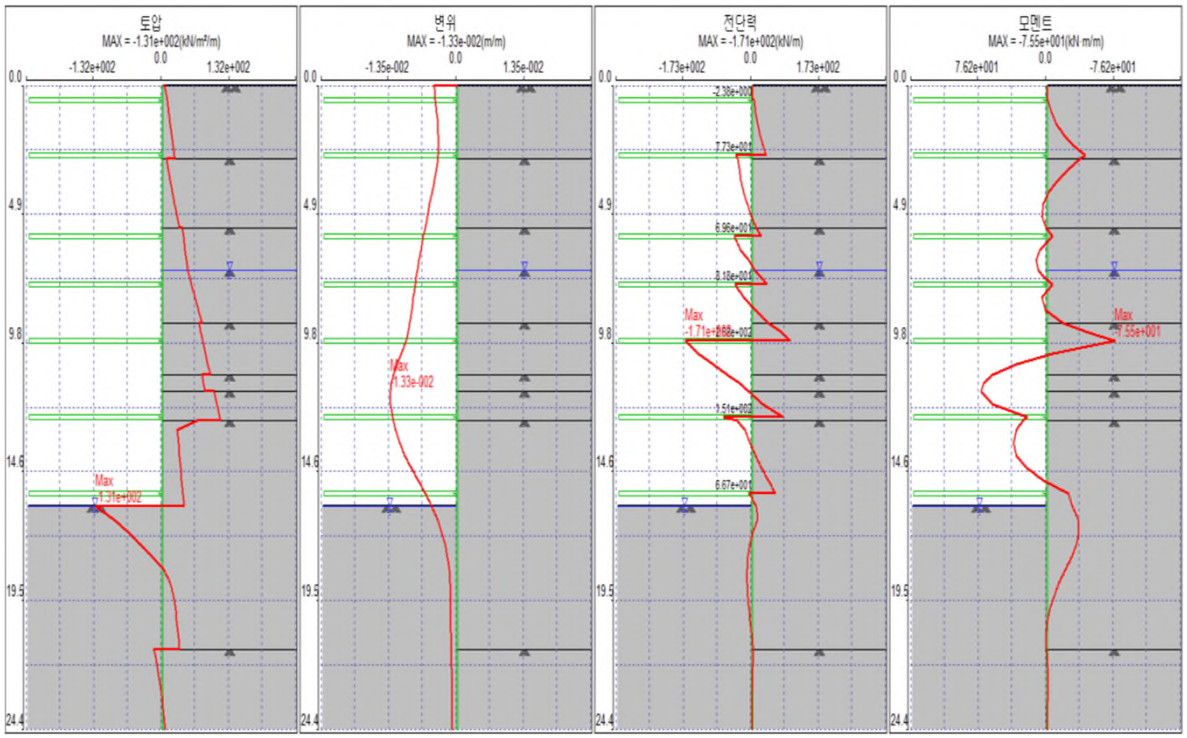
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



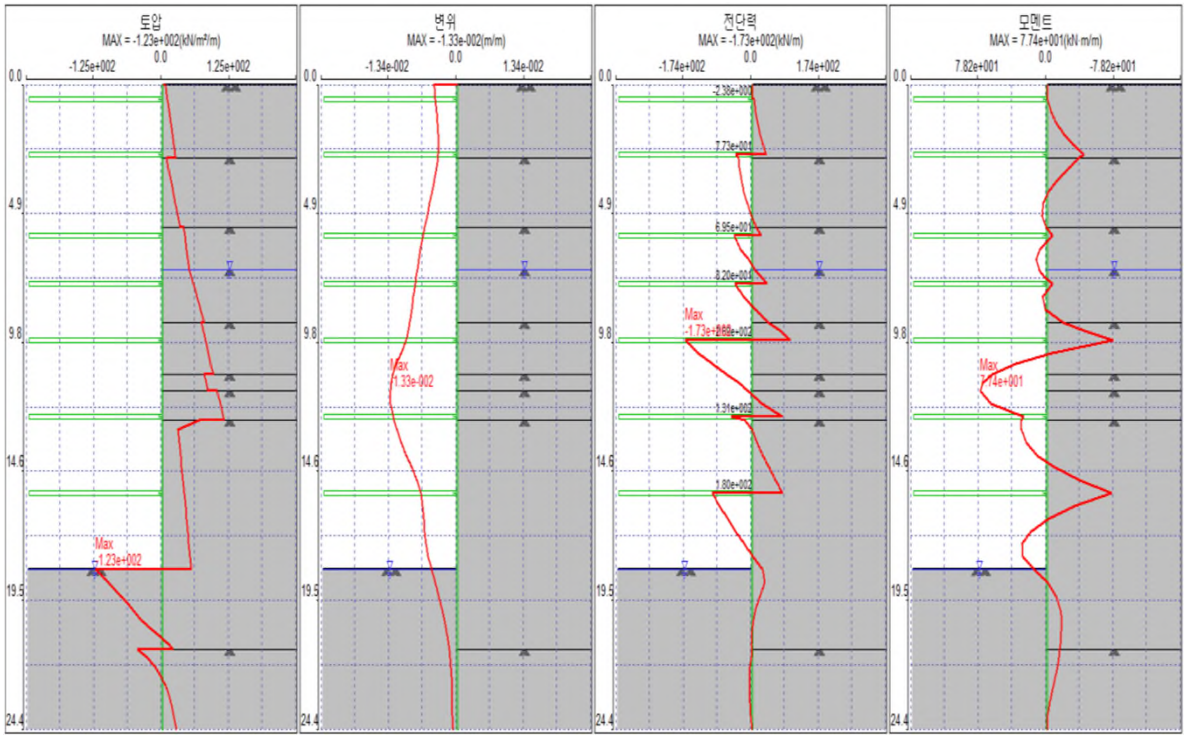
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 15.98 m]



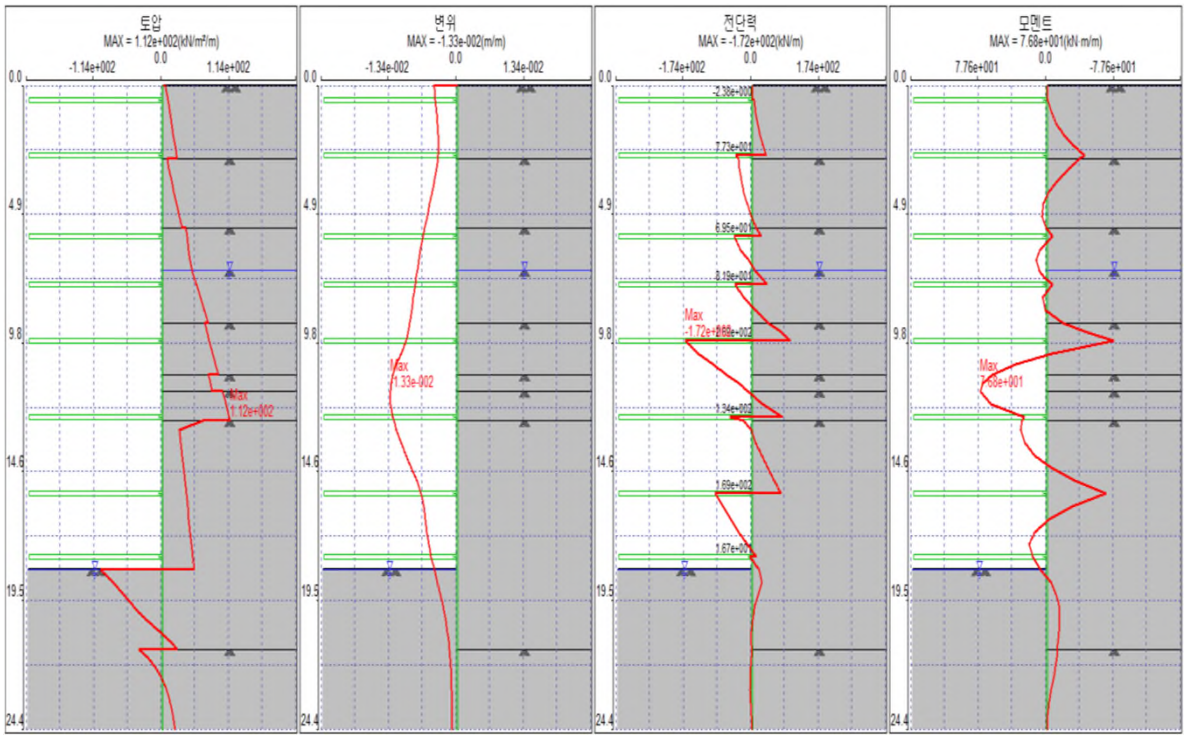
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



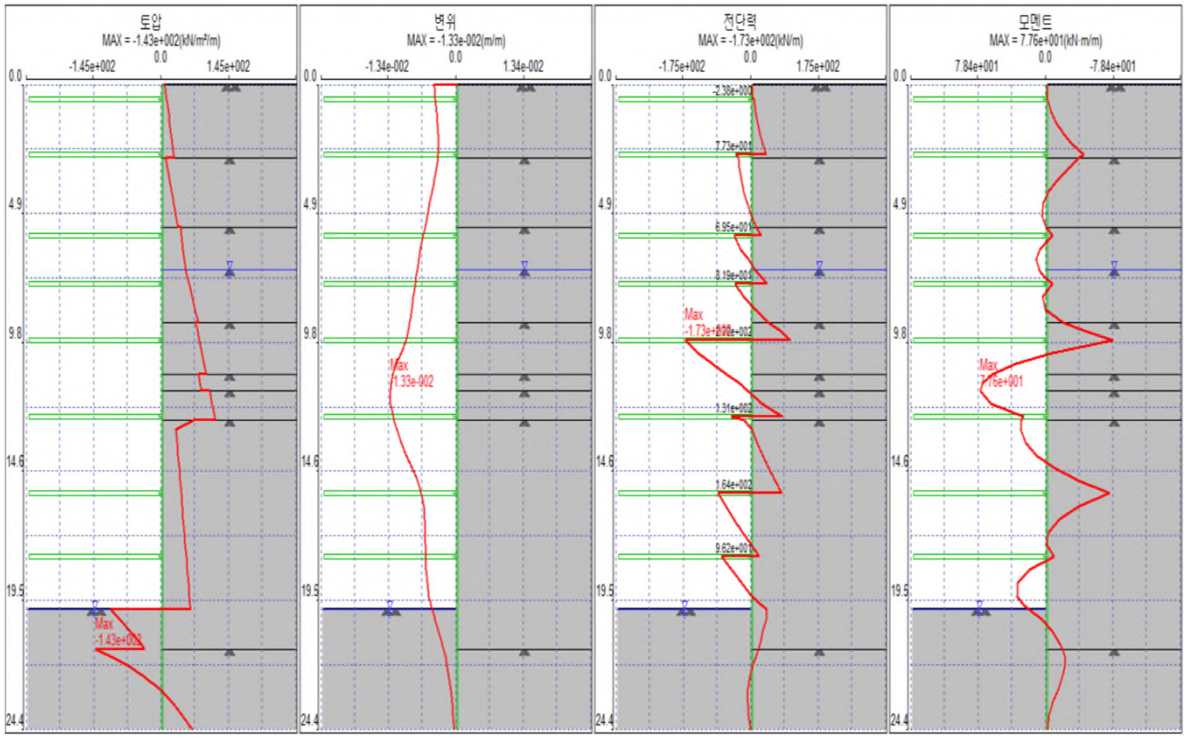
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 18.38 m]



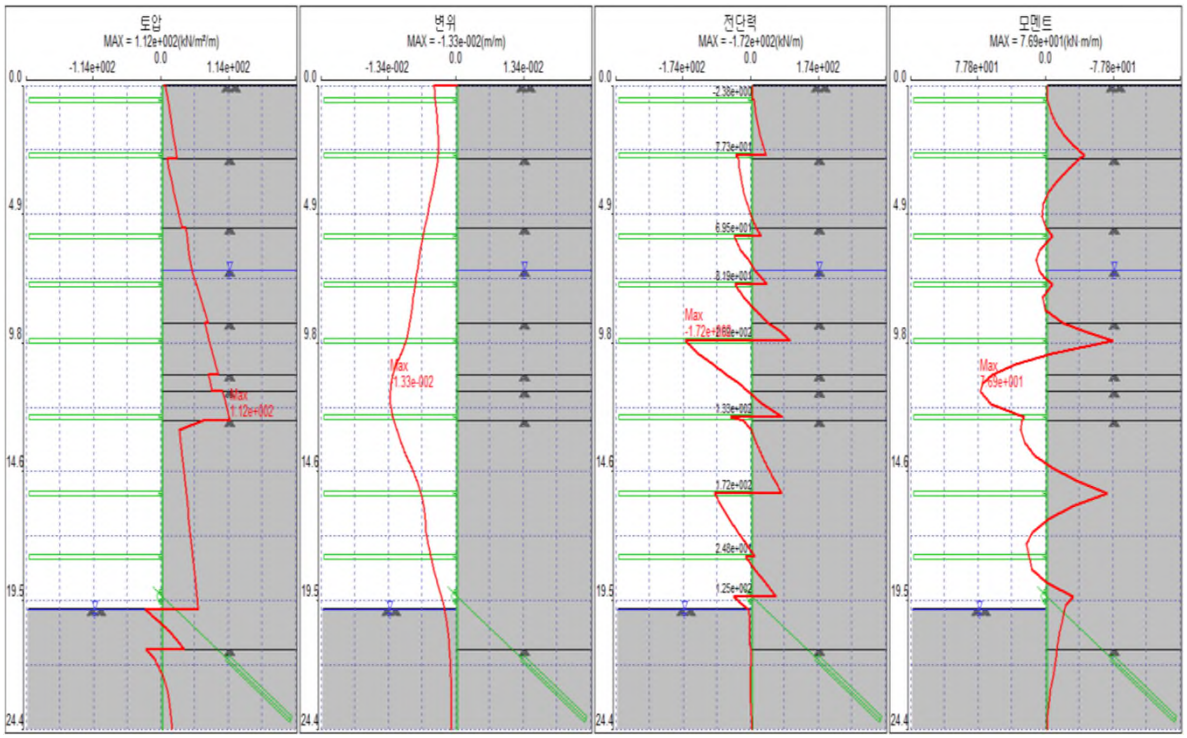
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



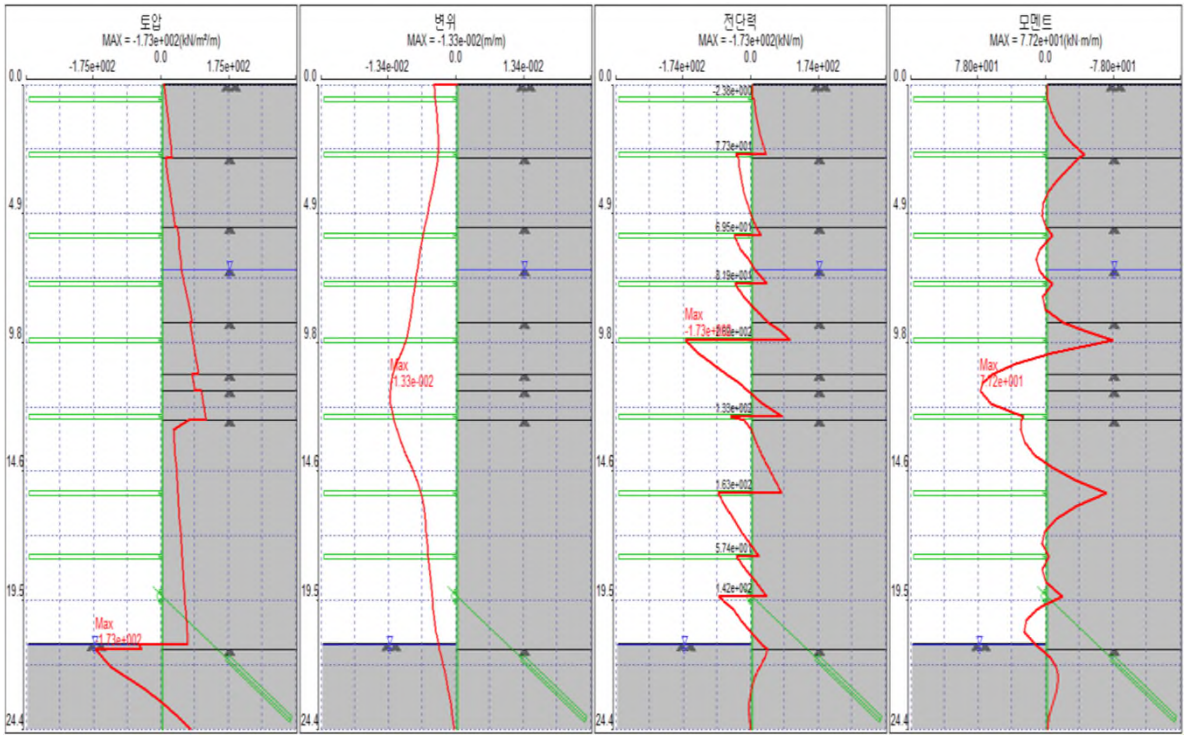
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 19.88 m]



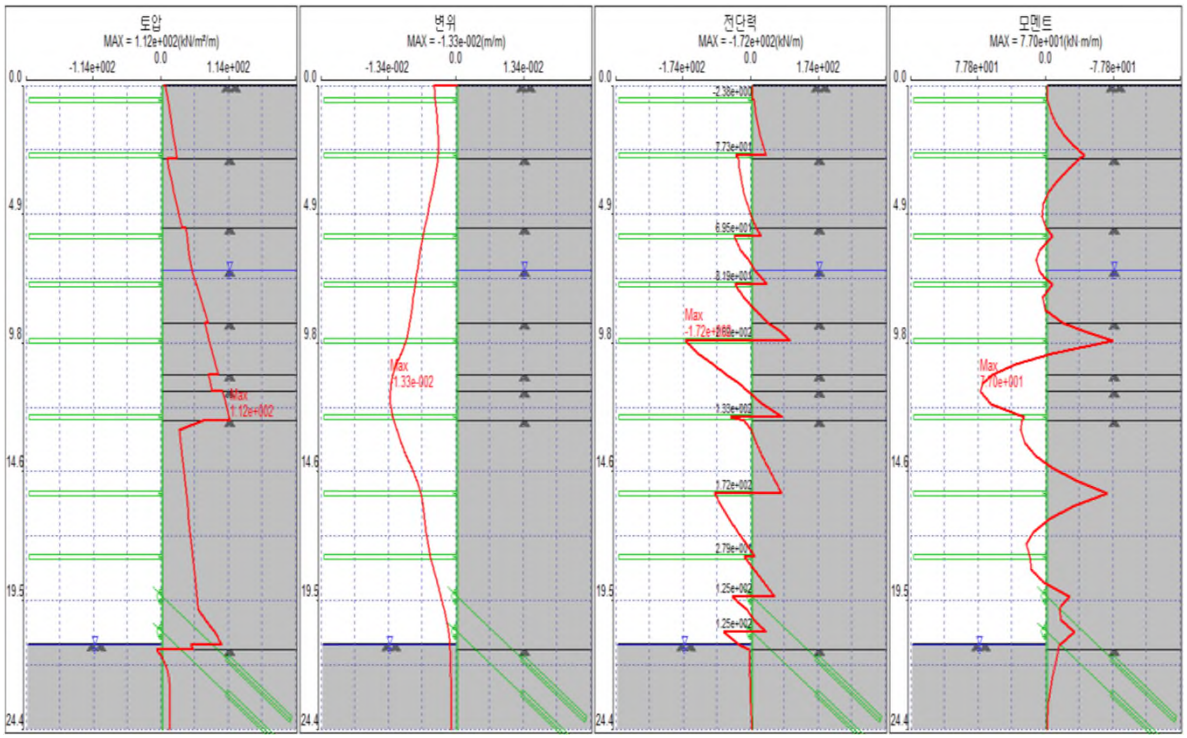
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-9]



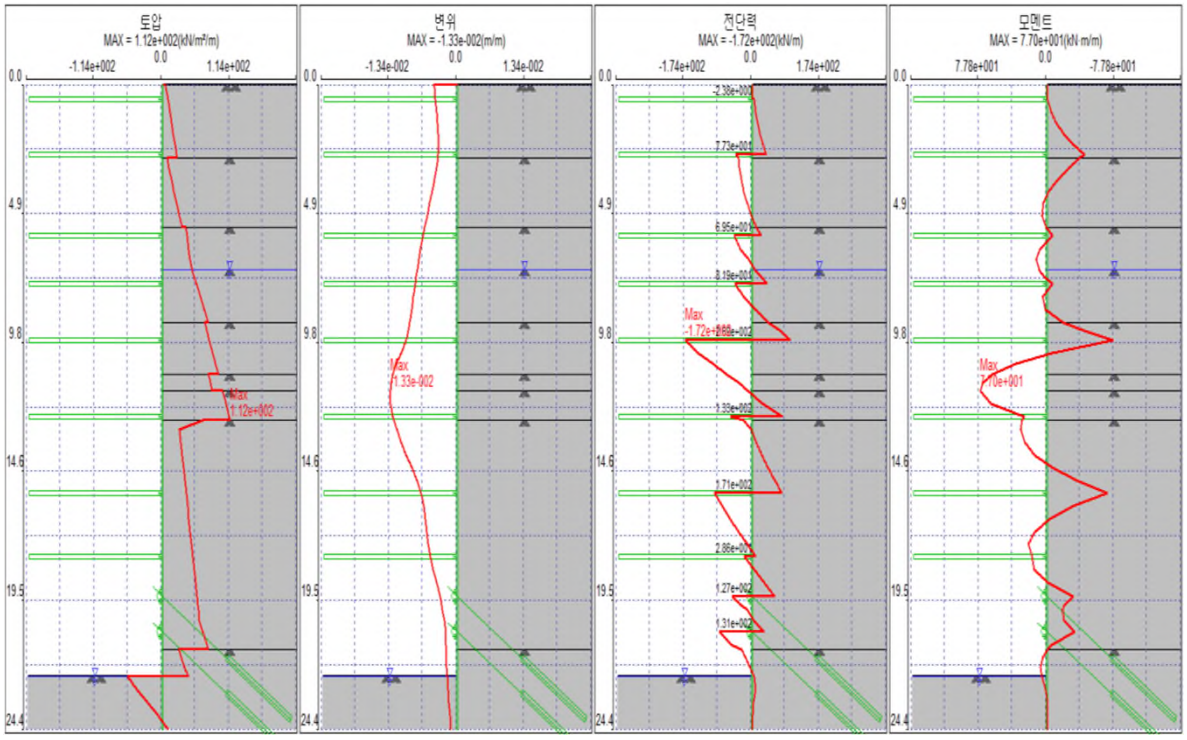
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 21.23 m]



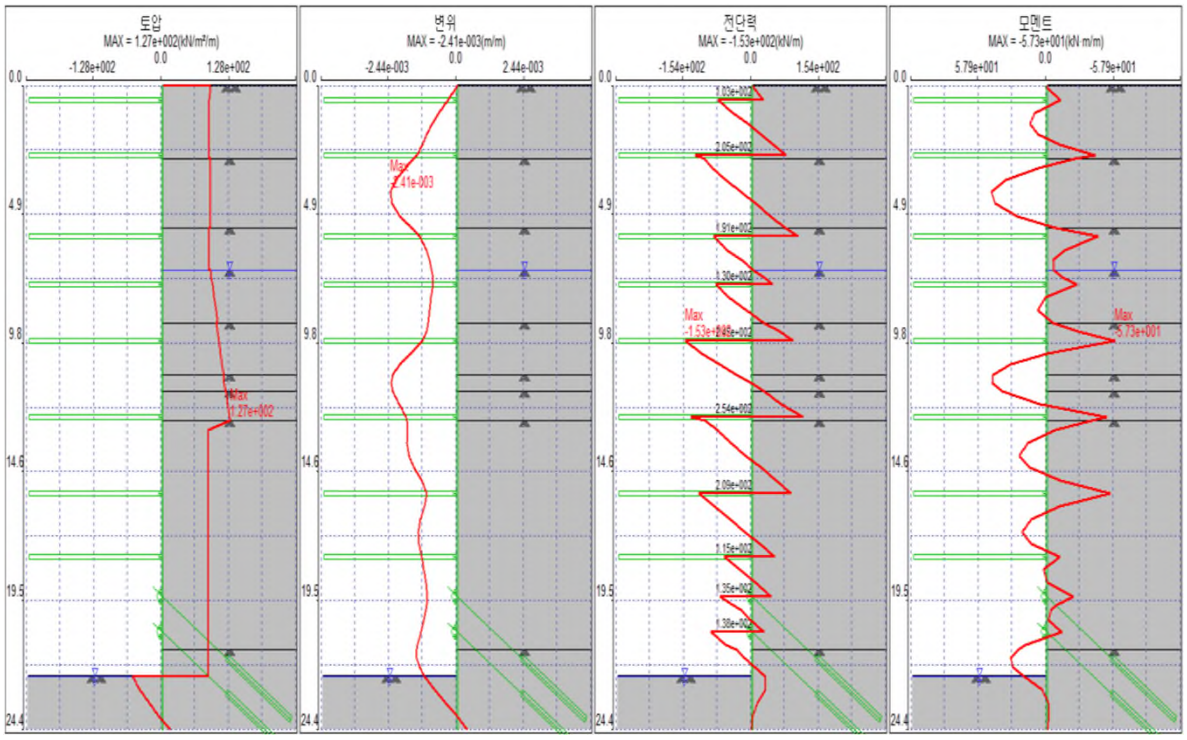
20) 시공 20 단계 [CS20 : 생성 Strut-10]



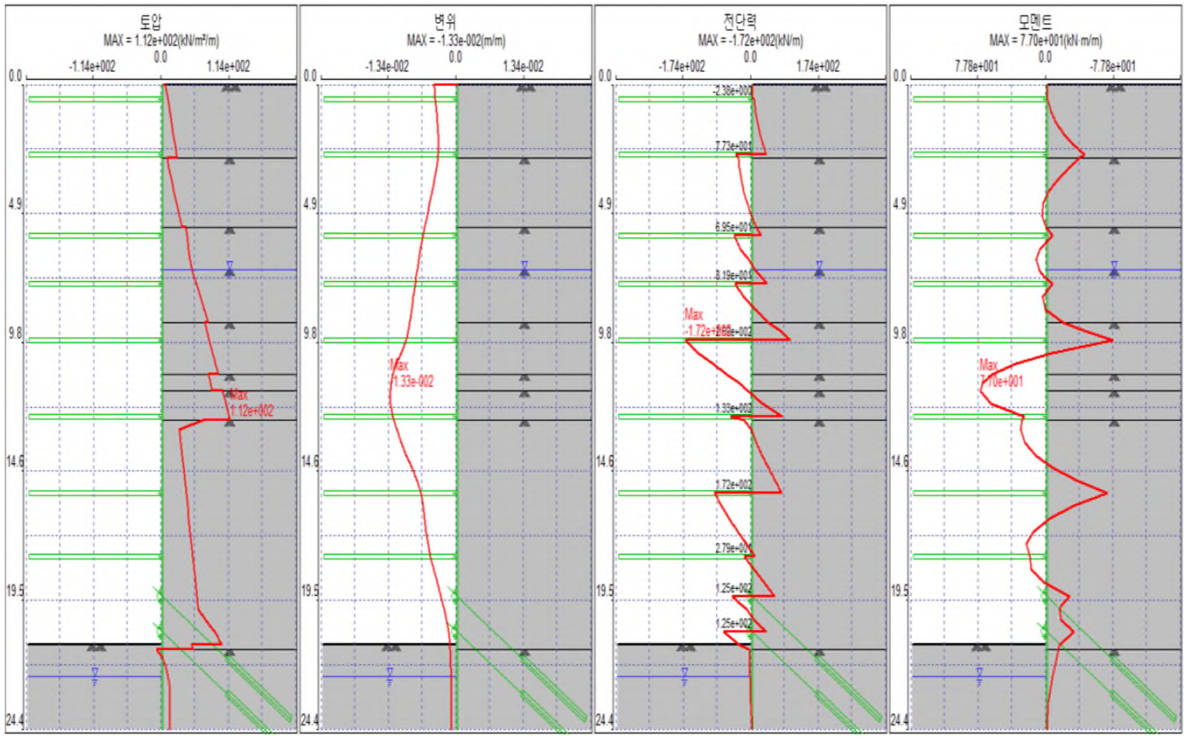
21) 시공 21 단계 [CS21 : 굴착 22.41 m]



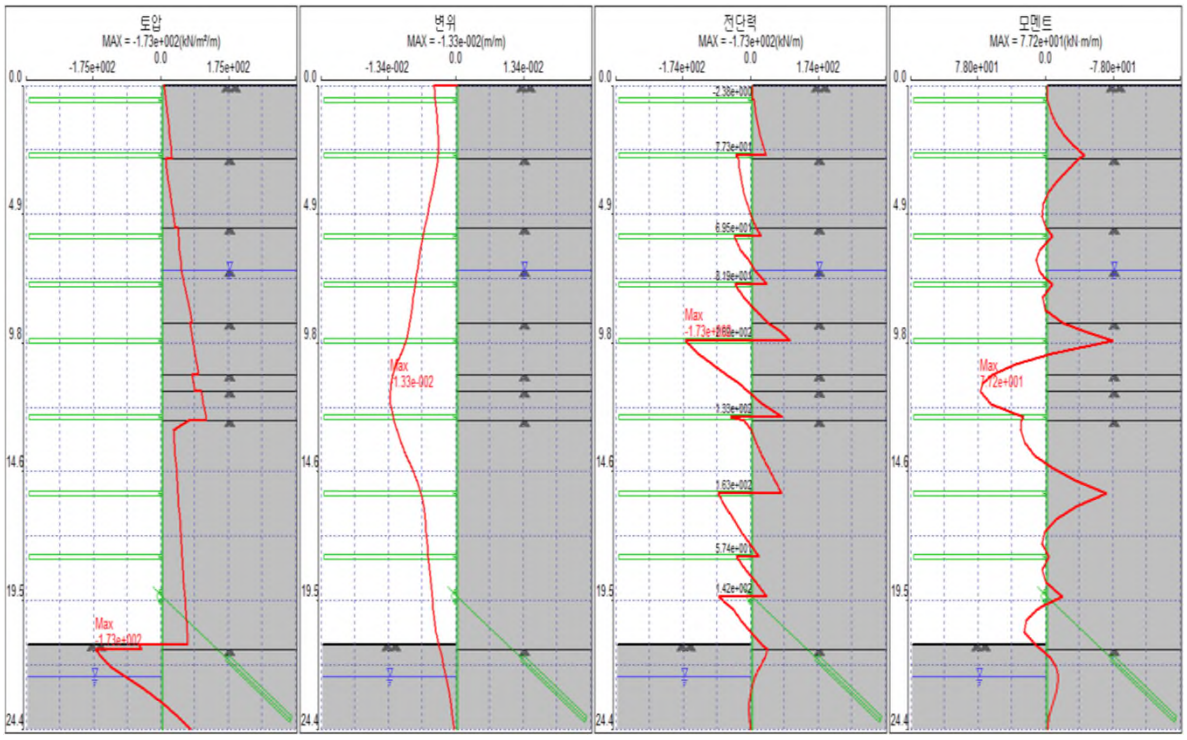
22) 시공 22 단계 [CS22 : Peck]



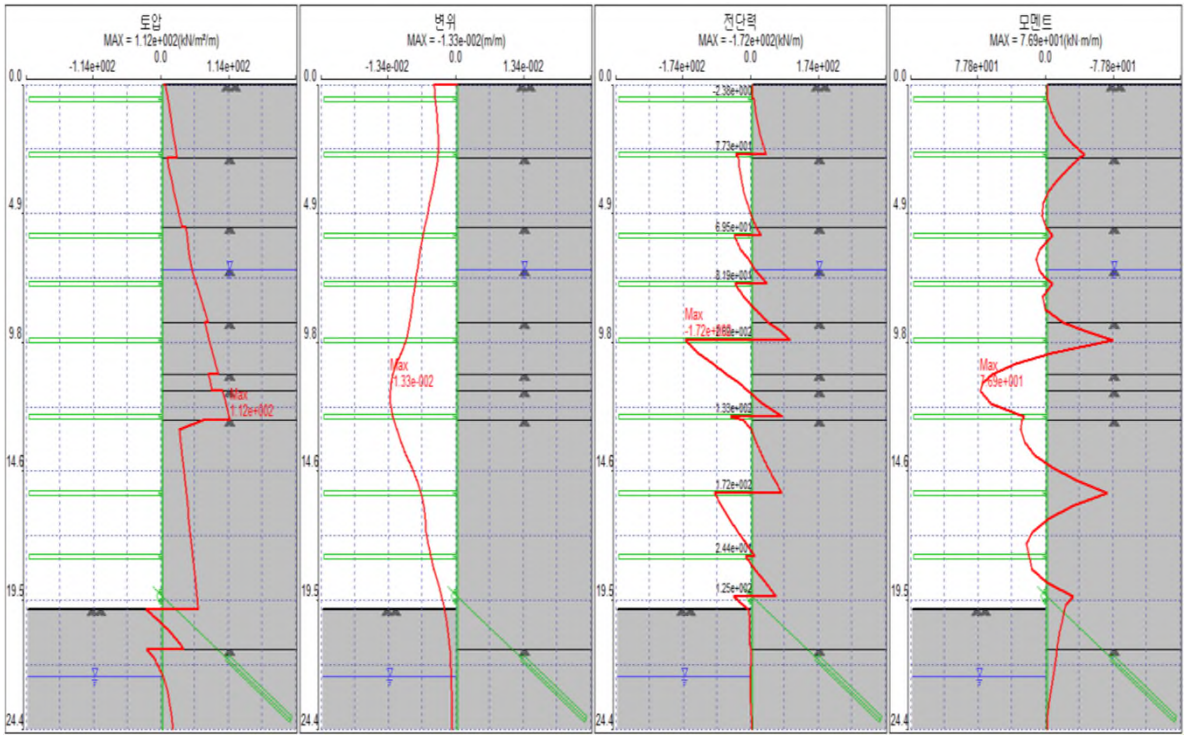
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체1]



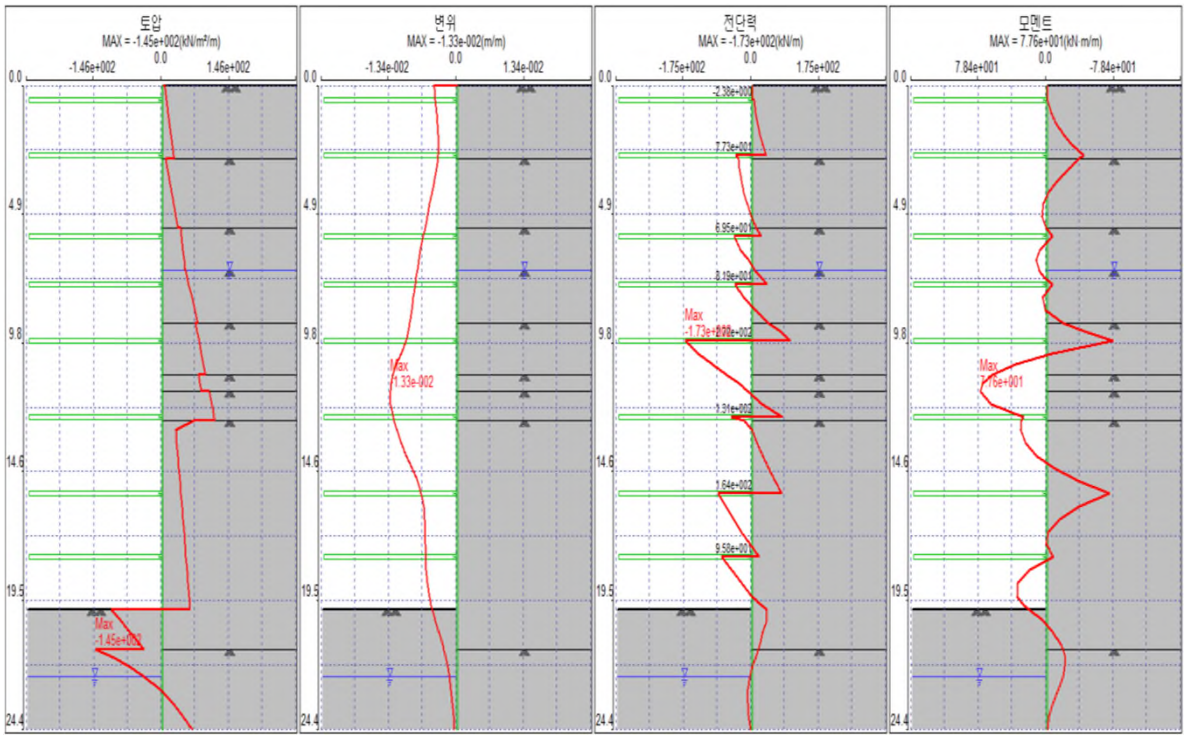
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체2]



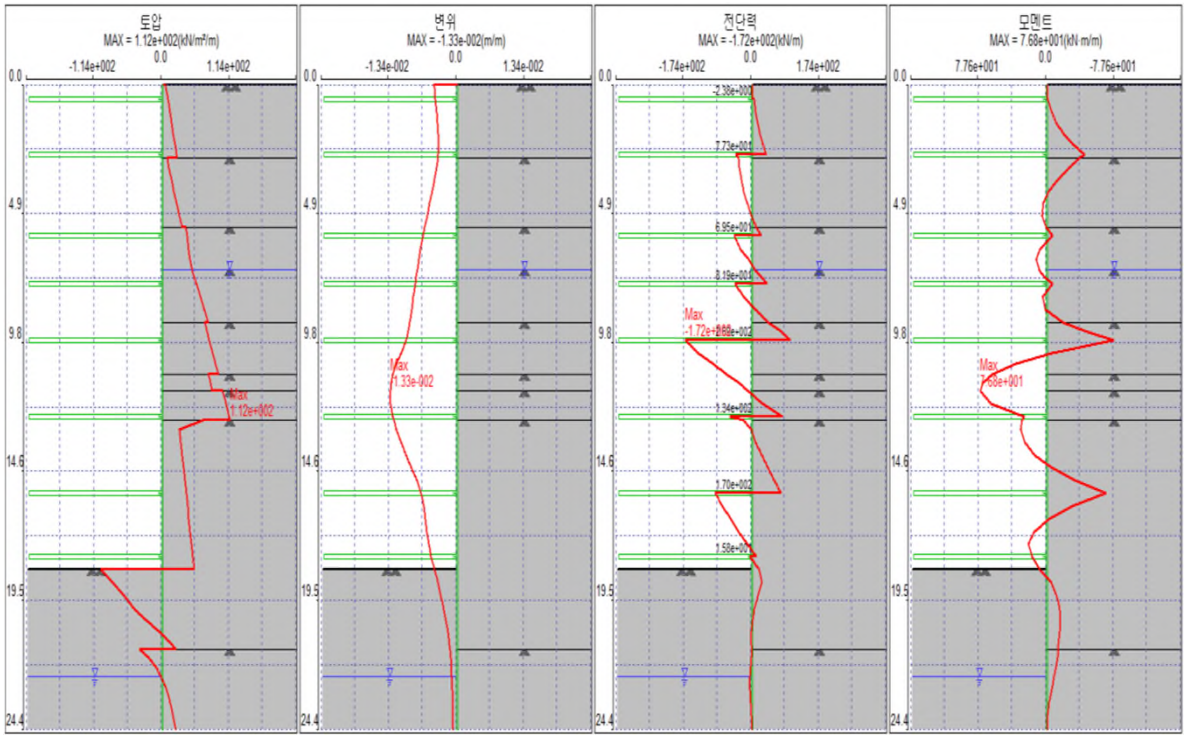
25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체3]



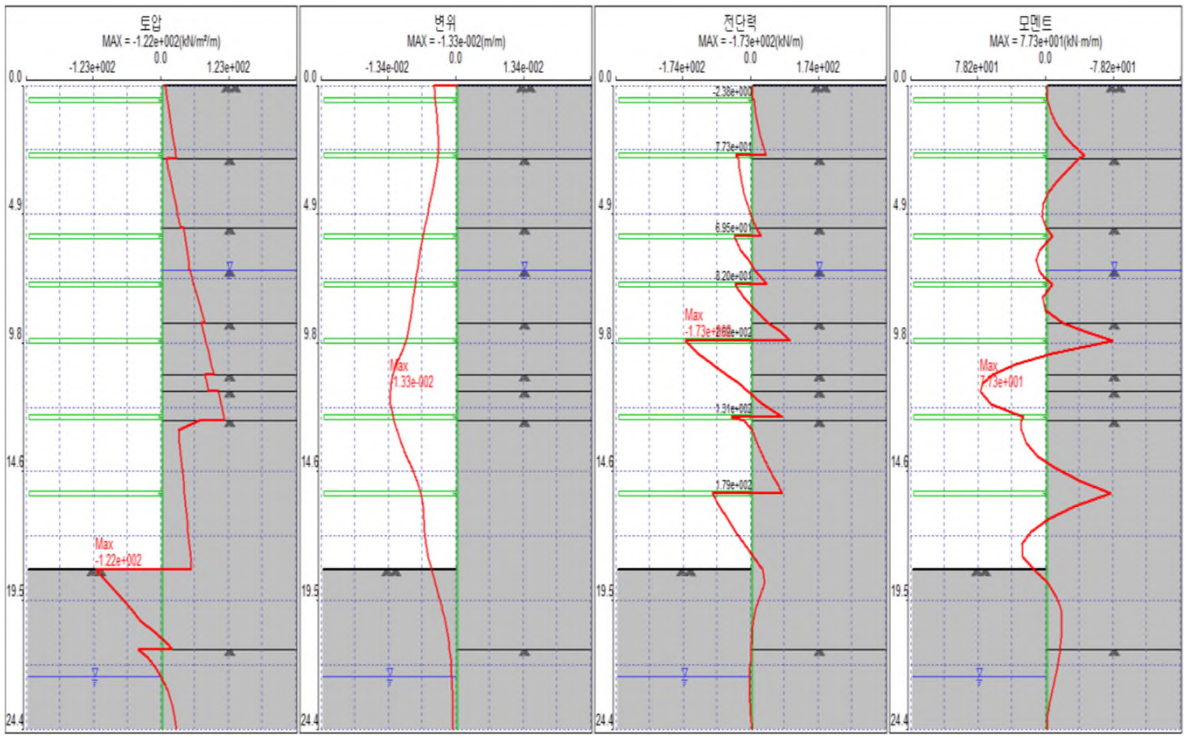
26) 시공 26 단계 [CS26 : 해체4]



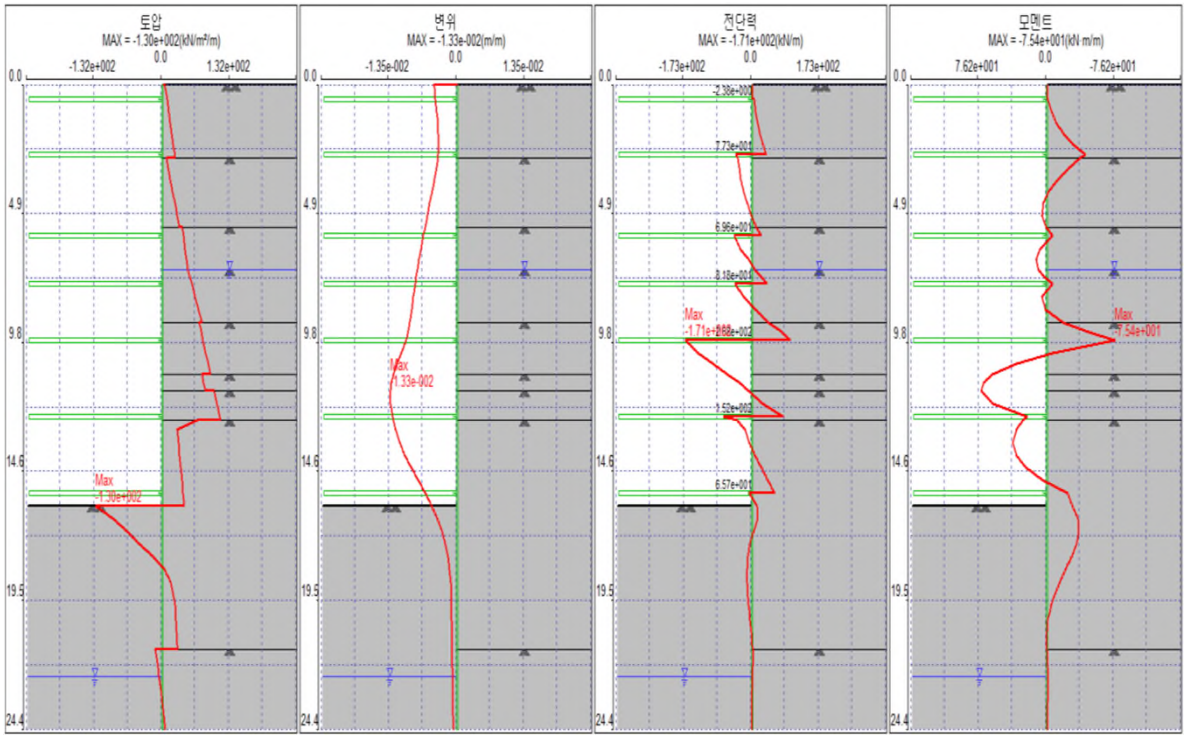
27) 시공 27 단계 [CS27 : 해체5]



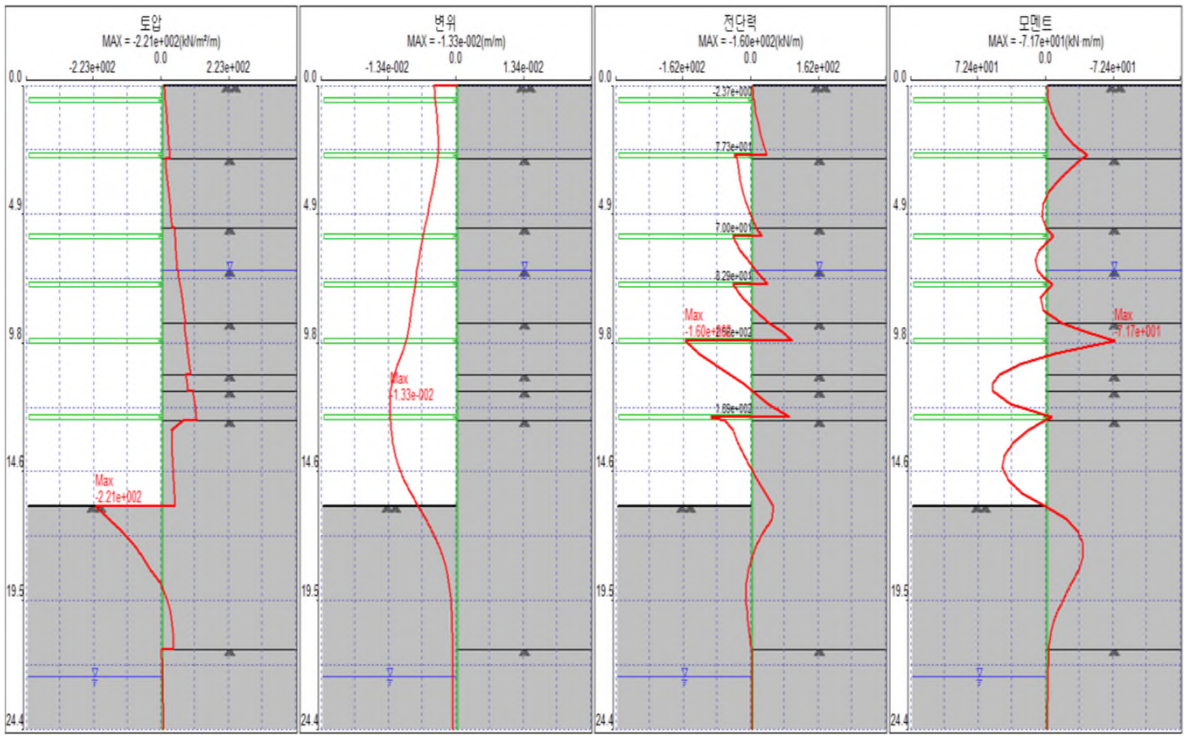
28) 시공 28 단계 [CS28 : 해체6]



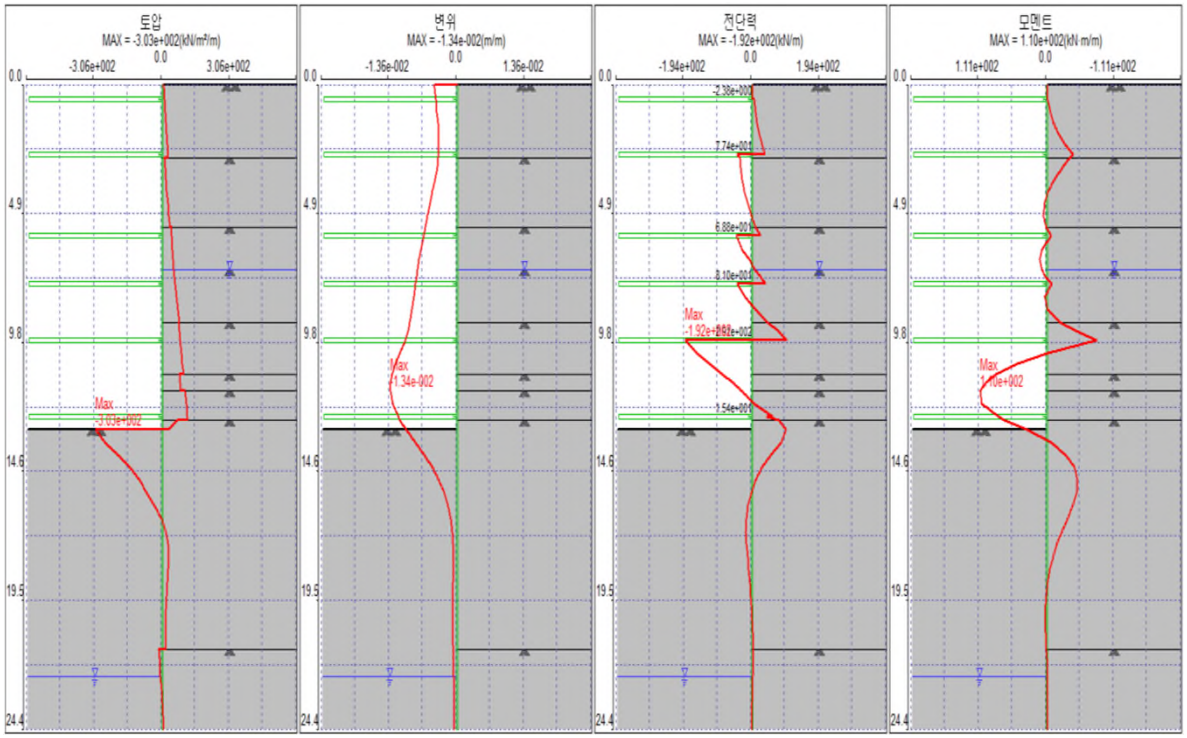
29) 시공 29 단계 [CS29 : 해체7]



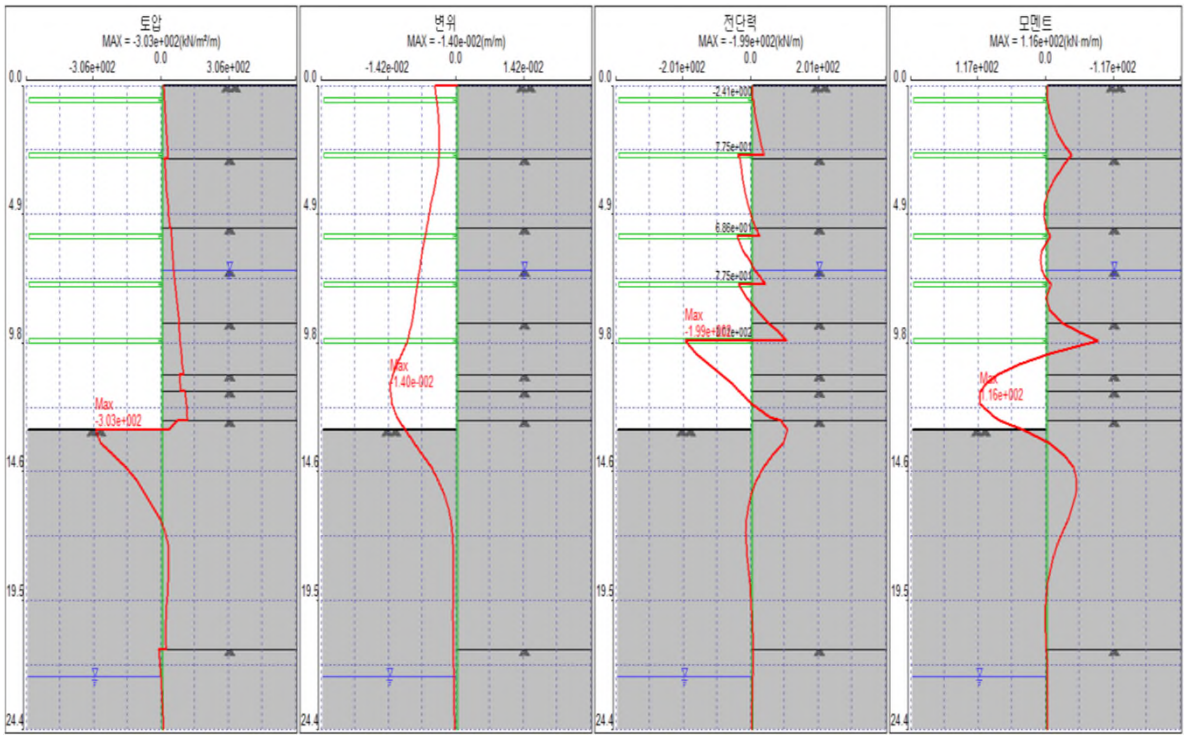
30) 시공 30 단계 [CS30 : 해체8]



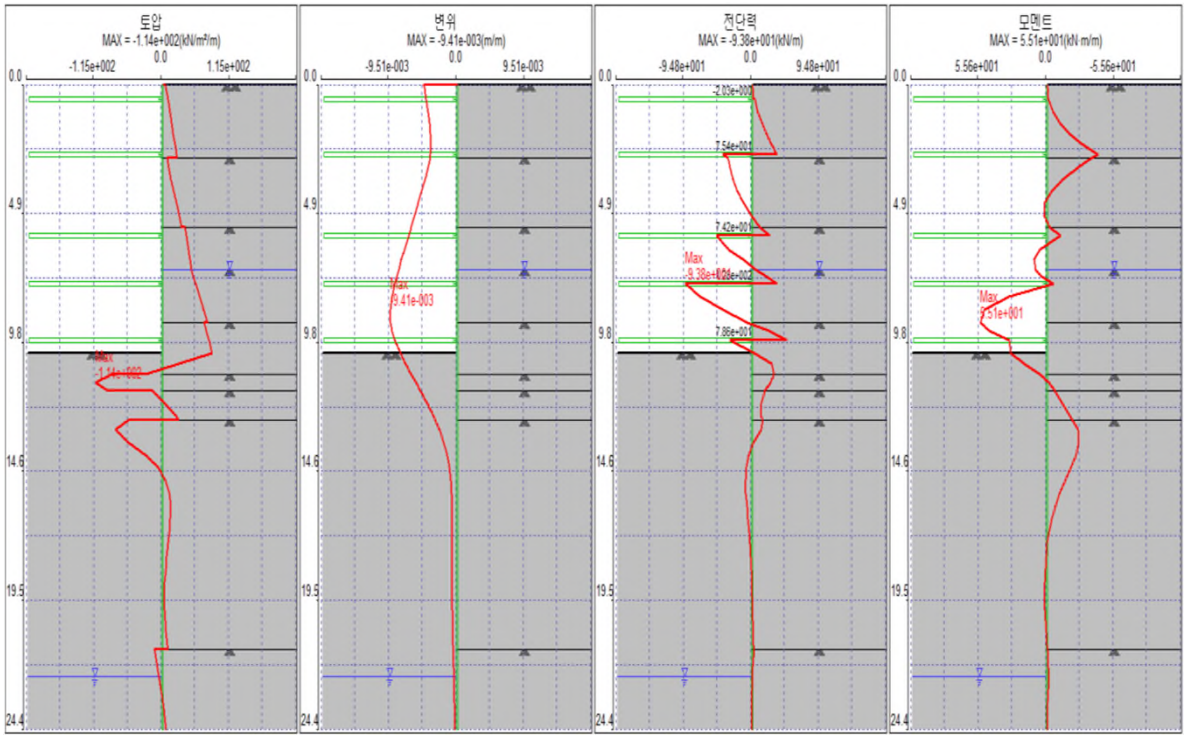
31) 시공 31 단계 [CS31 : 해체9]



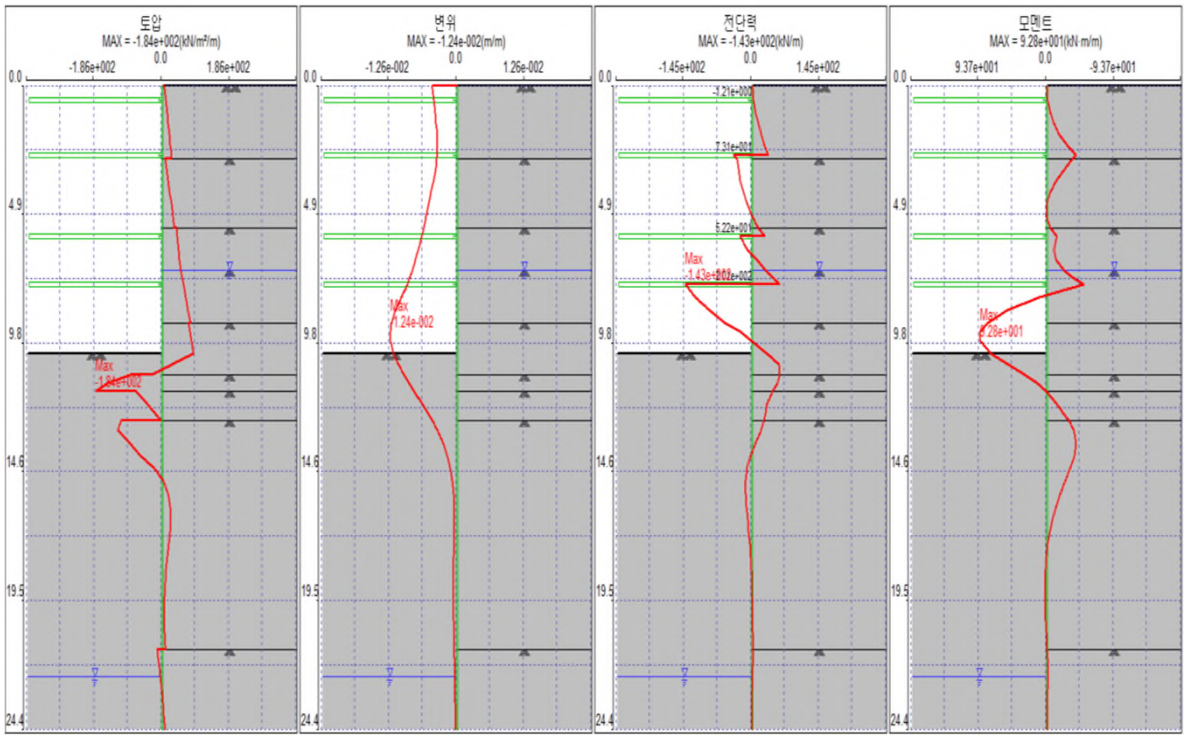
32) 시공 32 단계 [CS32 : 해체10]



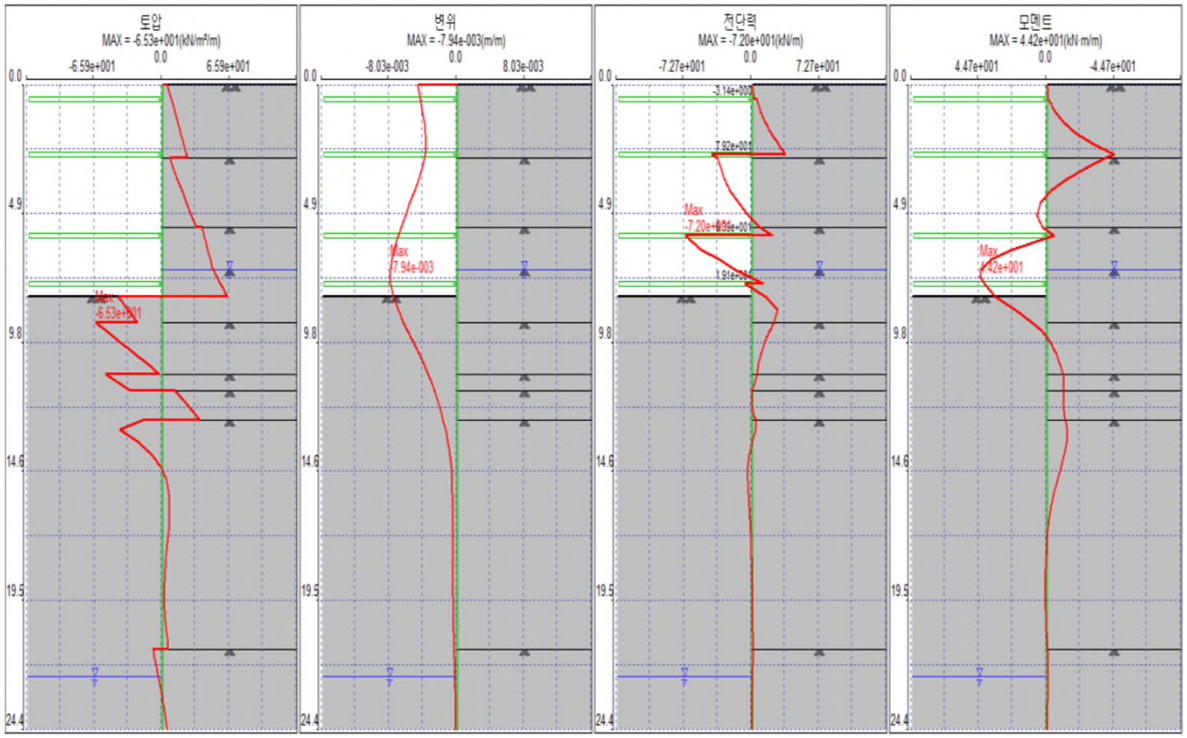
33) 시공 33 단계 [CS33 : 해체11]



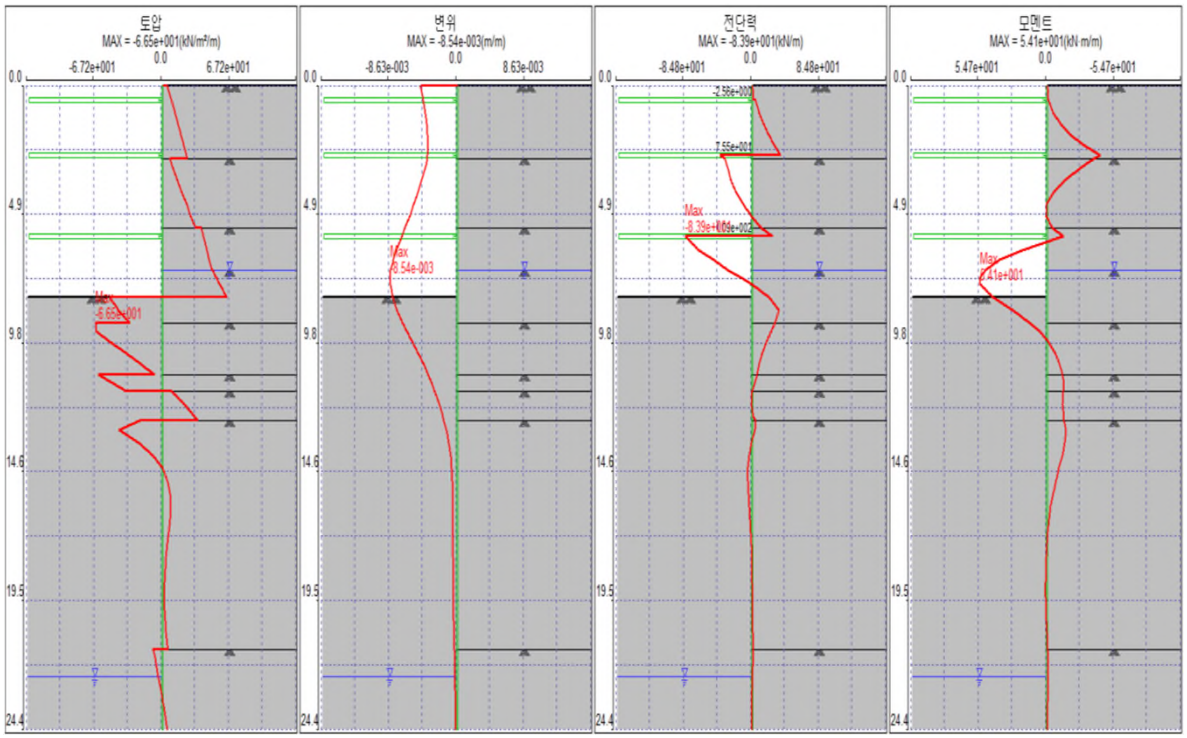
34) 시공 34 단계 [CS34 : 해체12]



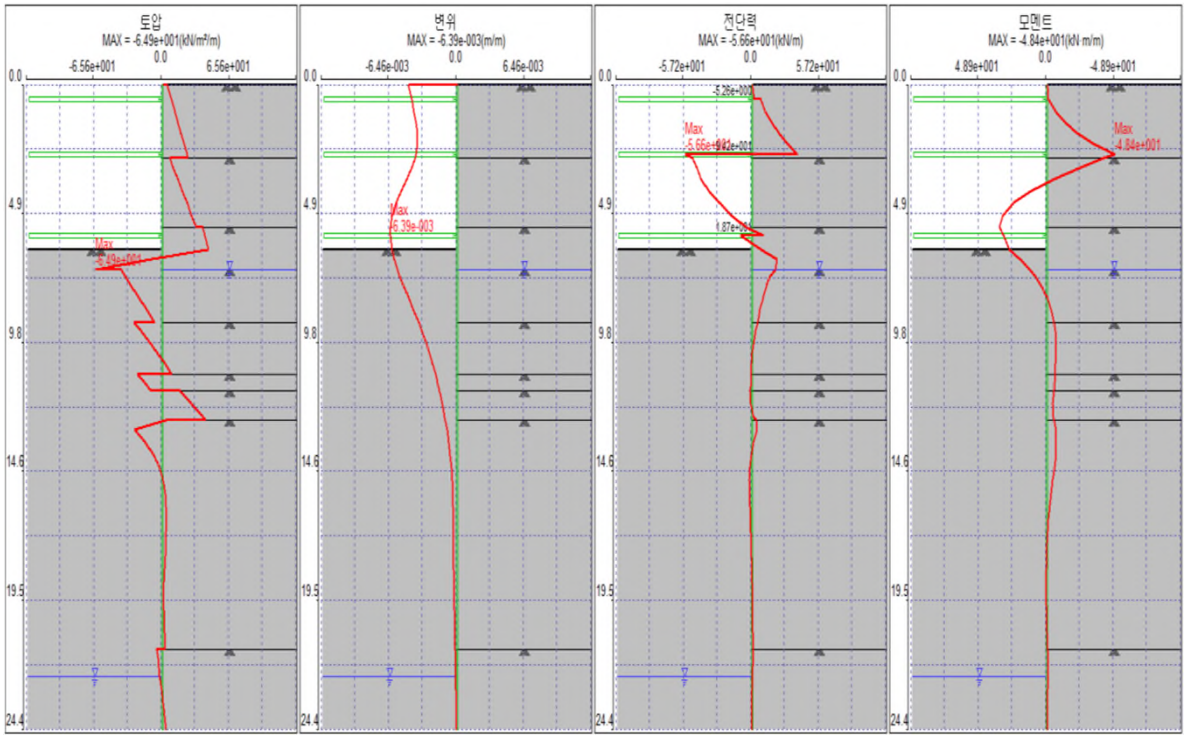
35) 시공 35 단계 [CS35 : 해체13]



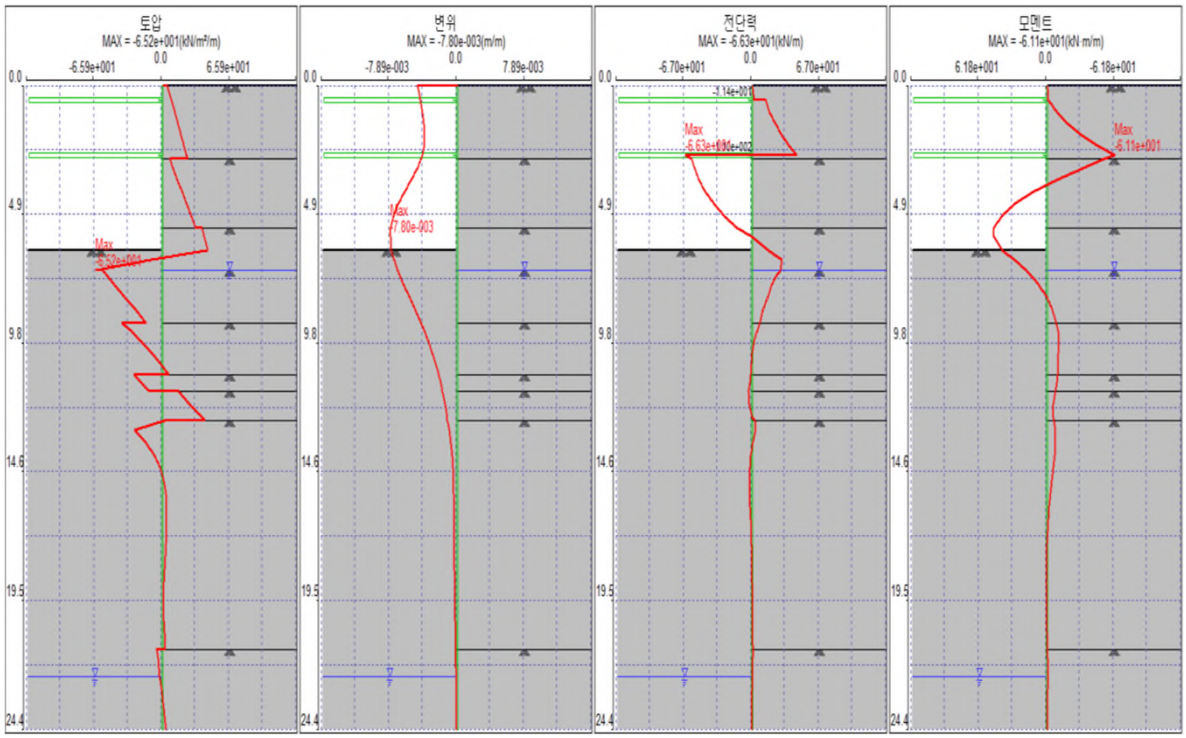
36) 시공 36 단계 [CS36 : 해체14]



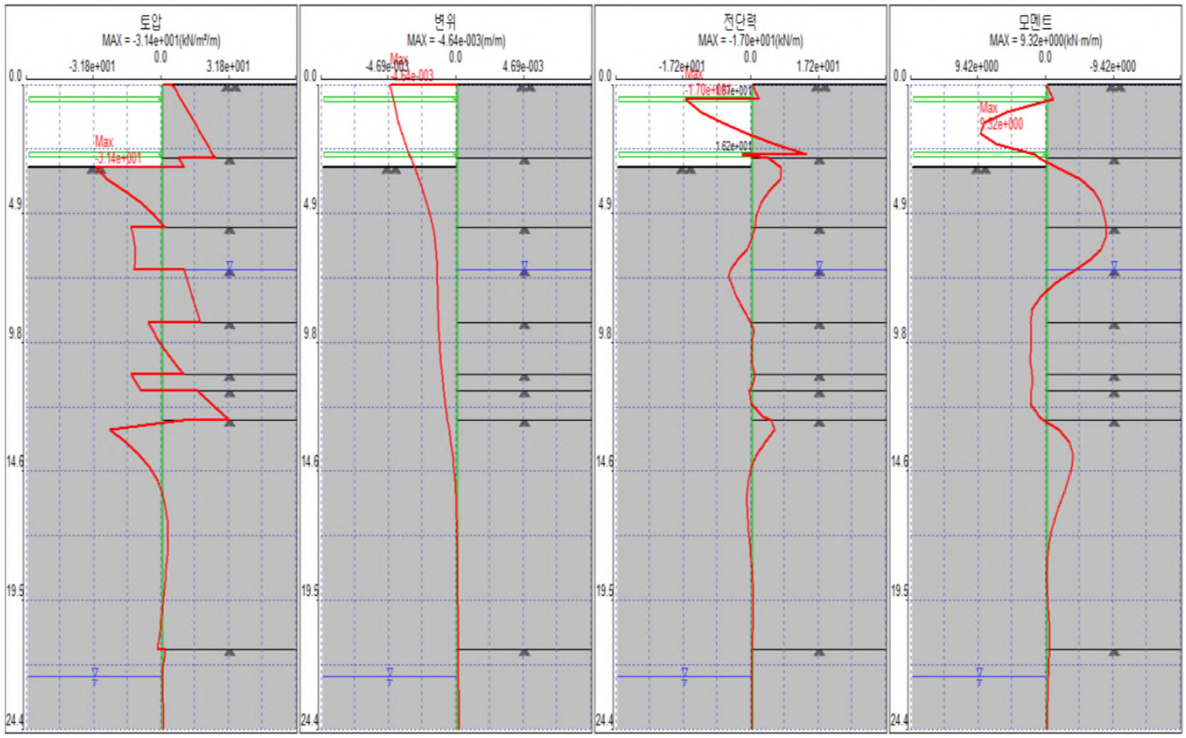
37) 시공 37 단계 [CS37 : 해체15]



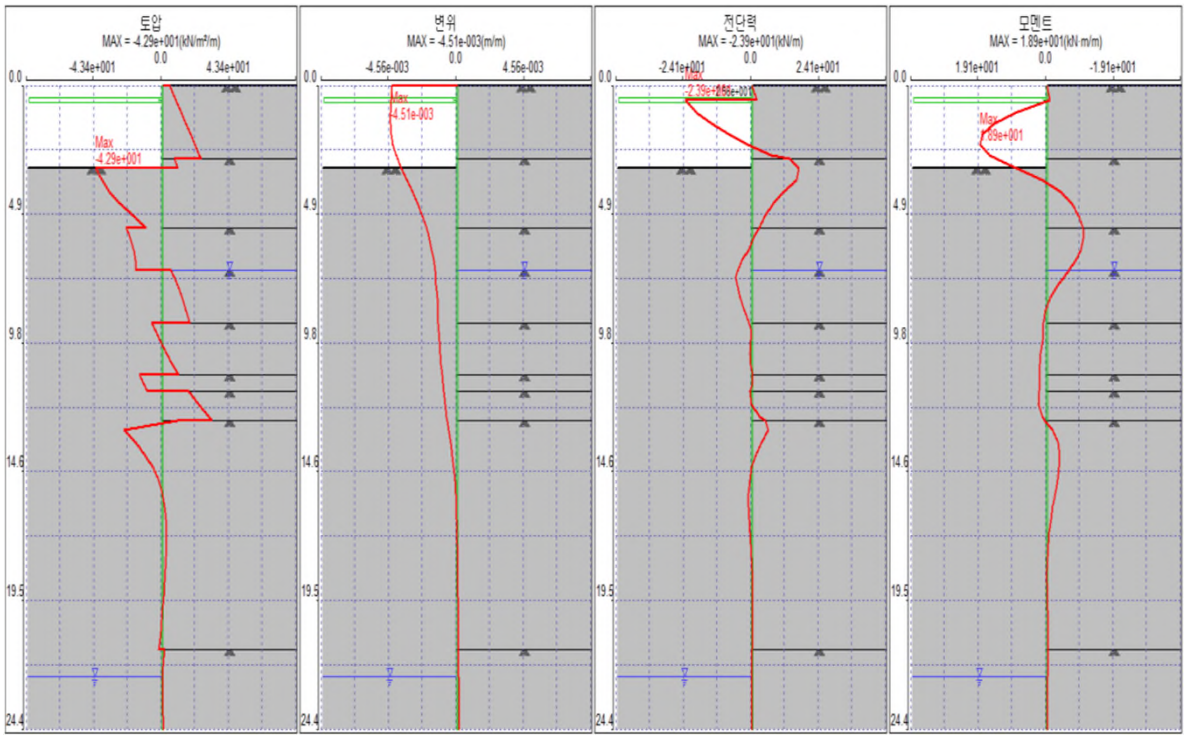
38) 시공 38 단계 [CS38 : 해체16]



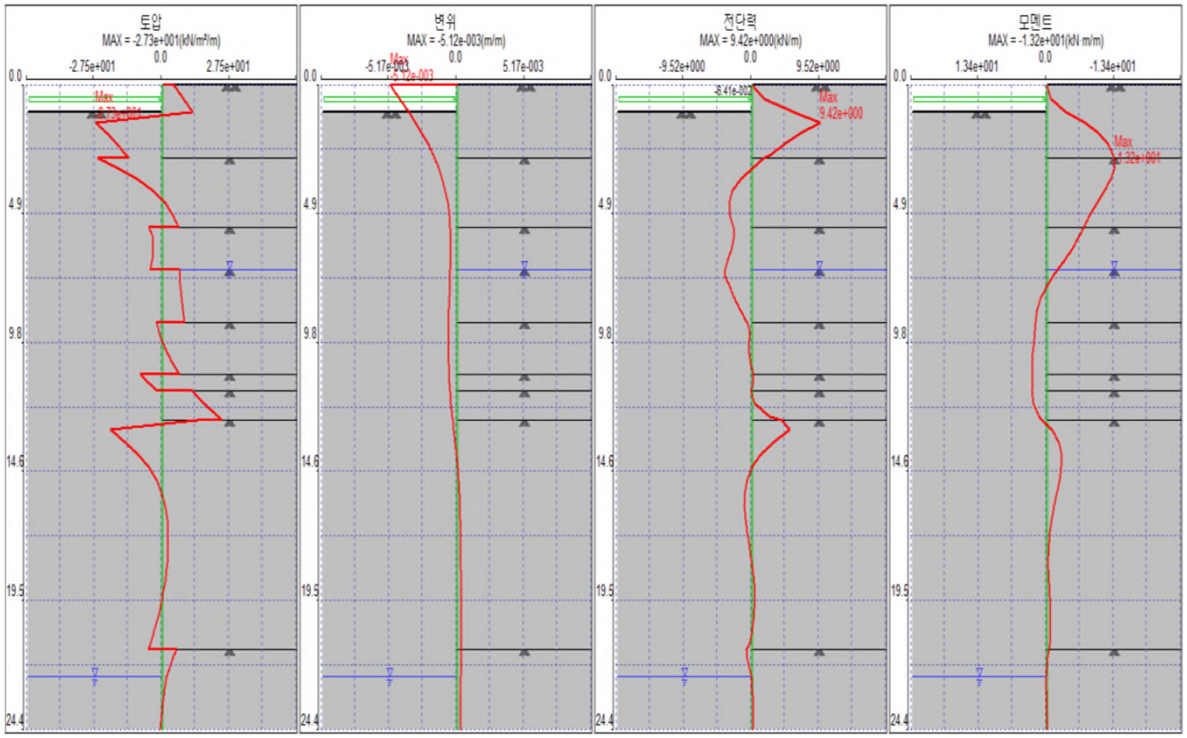
39) 시공 39 단계 [CS39 : 해체17]



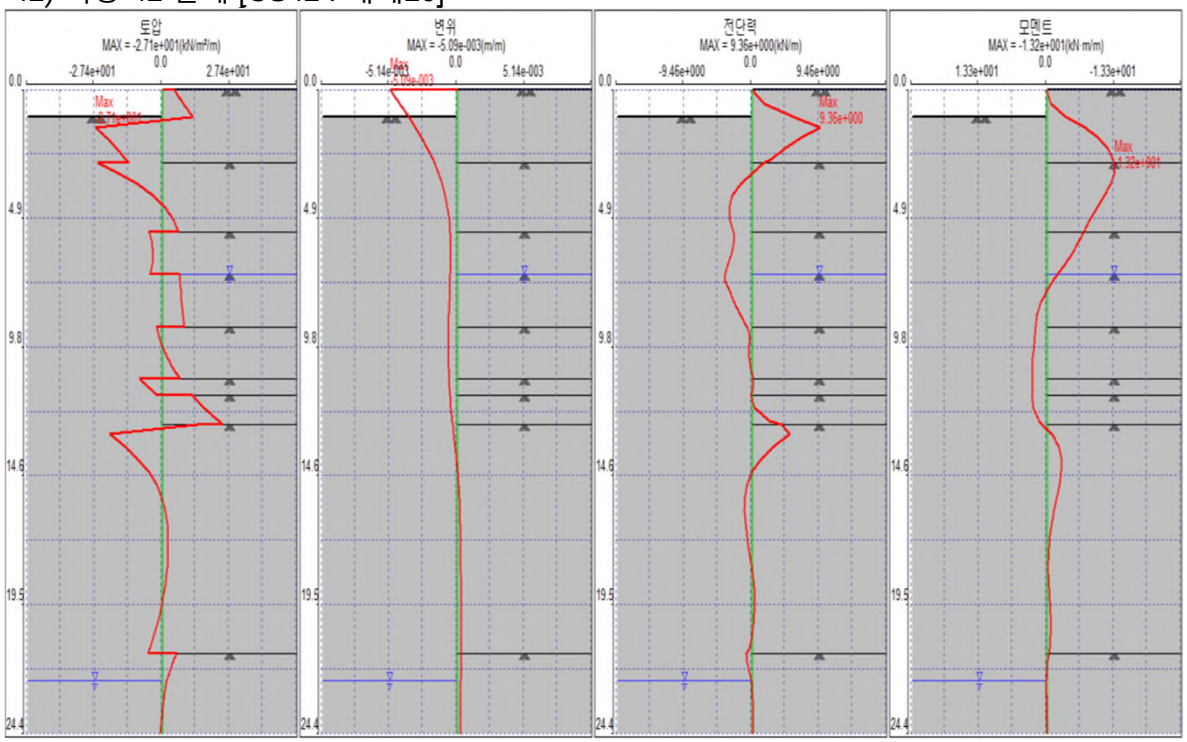
40) 시공 40 단계 [CS40 : 해체18]



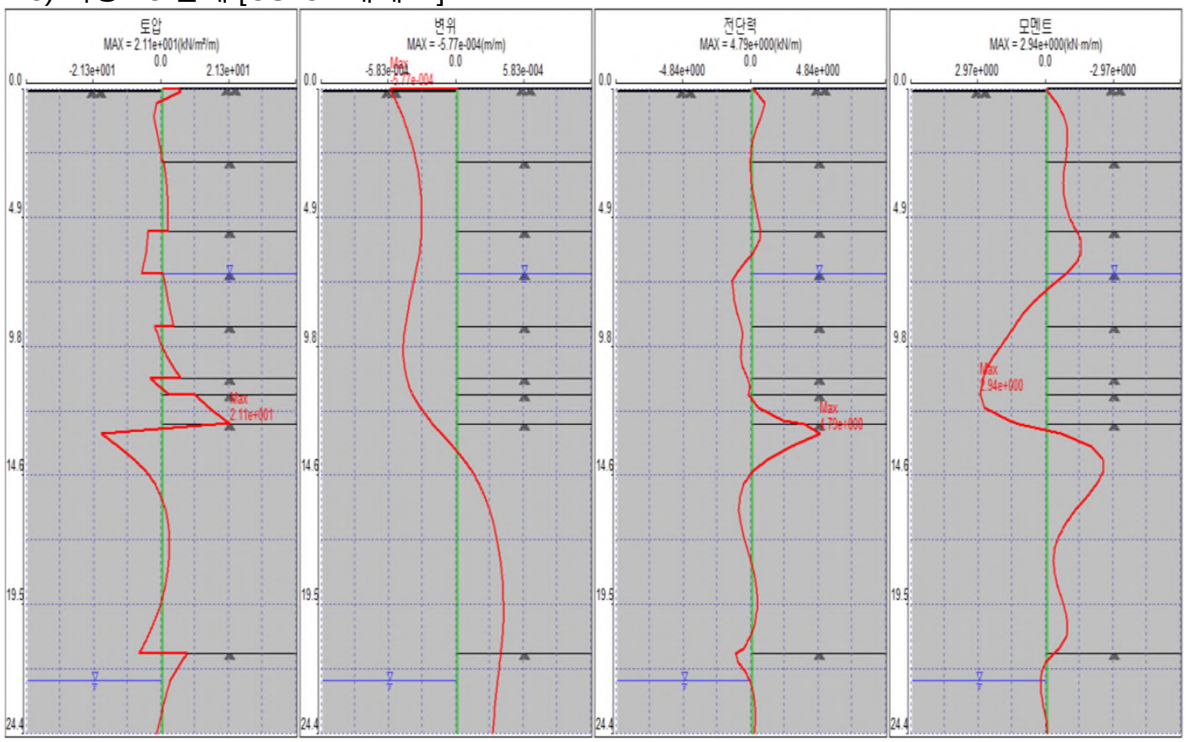
41) 시공 41 단계 [CS41 : 해체19]



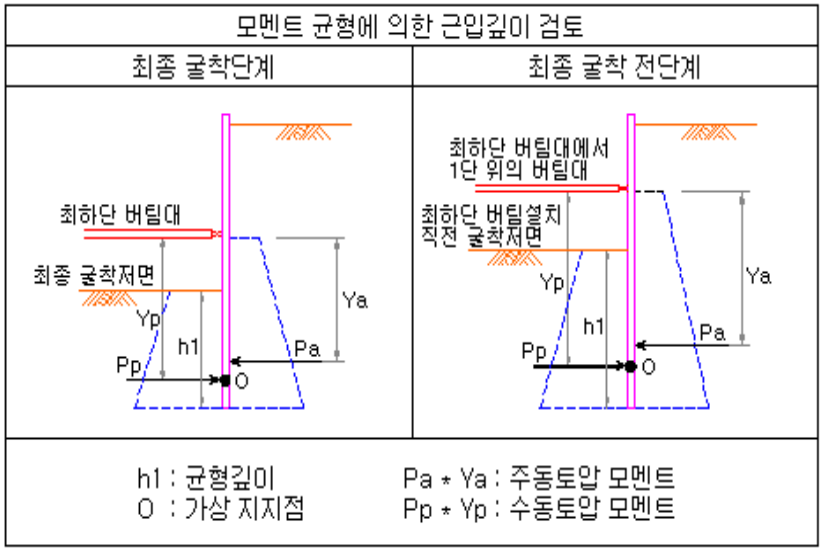
42) 시공 42 단계 [CS42 : 해체20]



43) 시공 43 단계 [CS43 : 해체21]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.008	2.000	27.764	7929.768	285.610	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.202	3.180	145.708	16432.520	112.777	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -20.73 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 55.99 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.399 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 2.025 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.68 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (55.99 x 0.399) + (2.025 x 2.68) = 27.764 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2944.025 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 2.694 m
Mp = (Pp x Yp) = (2944.025 x 2.694) = 7929.768 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7929.768 / 27.764 = 285.61
S.F. = 285.61 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -19.38 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 135.845 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.946 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 6.396 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.693 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (135.845 x 0.946) + (6.396 x 2.693) = 145.708 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

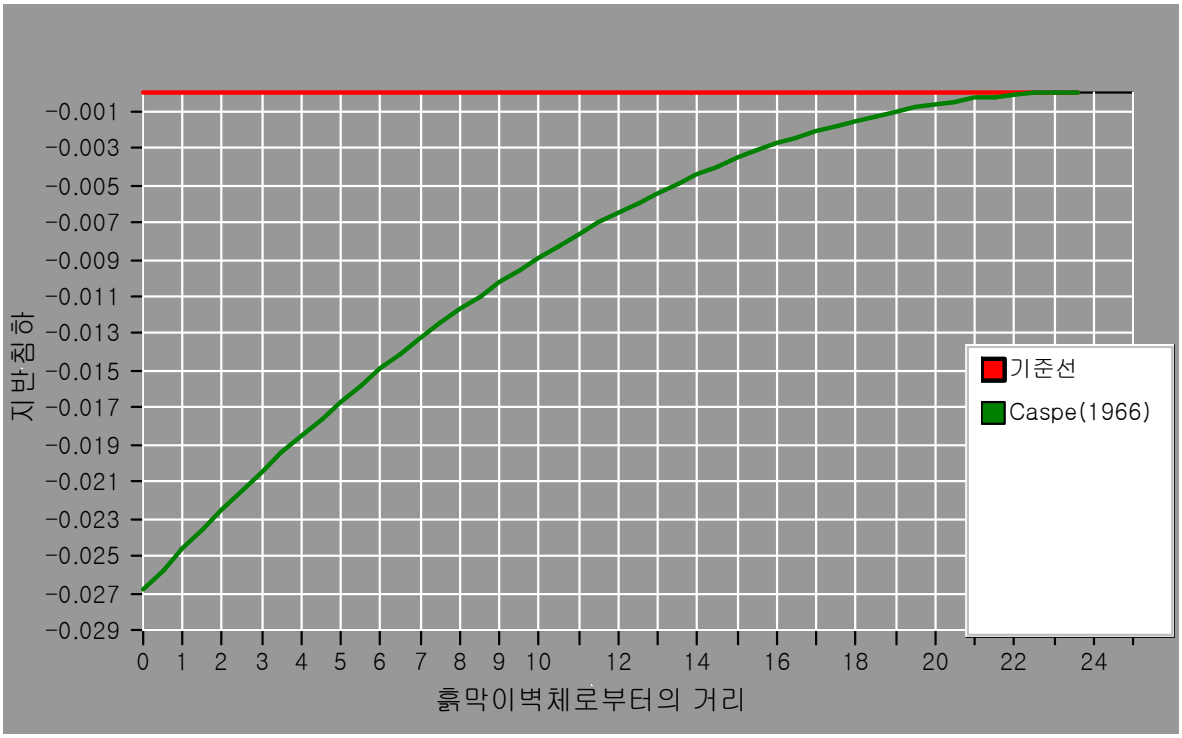
굴착면 하부토압 (Pp) = 4628.05 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.551 m
Mp = (Pp x Yp) = (4628.05 x 3.551) = 16432.52 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 16432.52 / 145.708 = 112.777
S.F. = 112.777 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.158 m³/m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 22.41 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (φ) = 27.571 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + φ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 27.571/2) = 16.502 m

Ht = Hp + Hw = 16.502 + 22.41 = 38.912 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-φ/2)

D = 38.912 x tan(45-27.571/2) = 23.58 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.158 / 23.58 = -0.027 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.027 x ((23.58 - Xi) / 23.58)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-26.825	-1.126	-2.251
0.50	-25.700	-1.101	-2.203
1.00	-24.598	-1.077	-2.155
1.50	-23.521	-1.053	-2.106
2.00	-22.468	-1.029	-2.058
2.50	-21.438	-1.005	-2.010
3.00	-20.434	-0.981	-1.962
3.50	-19.453	-0.957	-1.913

4.00	−18.496	−0.933	−1.865
4.50	−17.563	−0.908	−1.817
5.00	−16.655	−0.884	−1.769
5.50	−15.771	−0.860	−1.720
6.00	−14.910	−0.836	−1.672
6.50	−14.074	−0.812	−1.624
7.00	−13.262	−0.788	−1.576
7.50	−12.474	−0.764	−1.527
8.00	−11.711	−0.740	−1.479
8.50	−10.971	−0.715	−1.431
9.00	−10.256	−0.691	−1.383
9.50	−9.564	−0.667	−1.334
10.00	−8.897	−0.643	−1.286
10.50	−8.254	−0.619	−1.238
11.00	−7.635	−0.595	−1.190
11.50	−7.040	−0.571	−1.141
12.00	−6.469	−0.547	−1.093
12.50	−5.923	−0.522	−1.045
13.00	−5.400	−0.498	−0.997
13.50	−4.902	−0.474	−0.948
14.00	−4.428	−0.450	−0.900
14.50	−3.978	−0.426	−0.852
15.00	−3.552	−0.402	−0.804
15.50	−3.150	−0.378	−0.756
16.00	−2.772	−0.354	−0.707
16.50	−2.418	−0.330	−0.659
17.00	−2.089	−0.305	−0.611
17.50	−1.783	−0.281	−0.563
18.00	−1.502	−0.257	−0.514
18.50	−1.245	−0.233	−0.466
19.00	−1.012	−0.209	−0.418
19.50	−0.803	−0.185	−0.370
20.00	−0.618	−0.161	−0.321
20.50	−0.458	−0.137	−0.273
21.00	−0.321	−0.112	−0.225
21.50	−0.209	−0.088	−0.177
22.00	−0.120	−0.064	−0.128
22.50	−0.056	−0.040	−0.080
23.00	−0.016	−0.016	−0.032
23.50	0.000	0.000	−0.004
23.58	0.000	0.000	0.000
Max	−26.825	−1.126	−2.251

3-1.22 TYPE-20

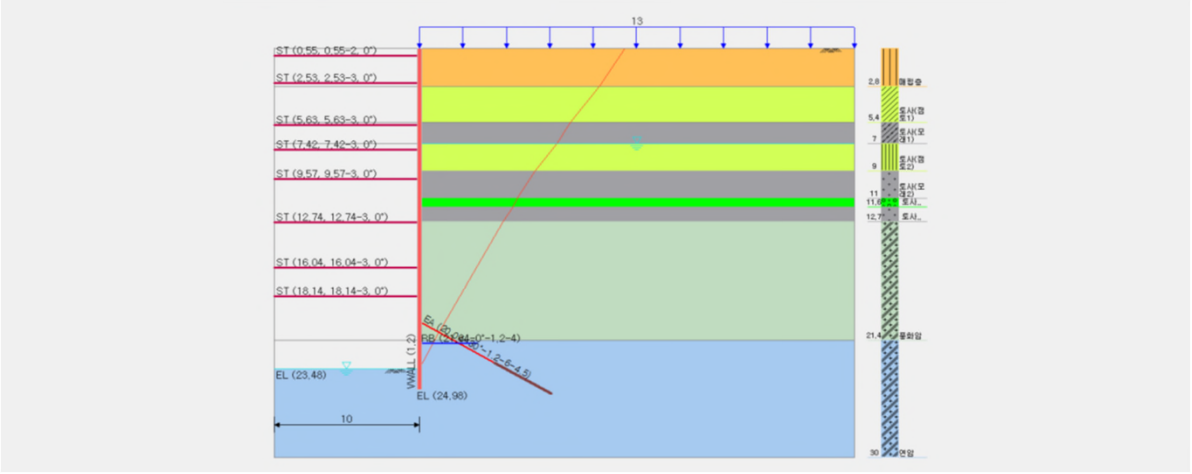
(STA.0+751.5~0+769.5)

GeoX 구조계산서
TYPE-20

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
7.4 Strut 설계 (Strut-4)
7.5 Strut 설계 (Strut-5)
7.6 Strut 설계 (Strut-6)
7.7 Strut 설계 (Strut-7)
7.8 Strut 설계 (Strut-8)
7.9 Earth Anchor 설계 (Strut-9)
7.10 ROCK BOLT 설계 (Strut-10)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
8.4 Strut-4 띠장 설계
8.5 Strut-5 띠장 설계
8.6 Strut-6 띠장 설계
8.7 Strut-7 띠장 설계
8.8 Strut-8 띠장 설계
8.9 Strut-9 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 23.48m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (2.53, 2.53-3, 0°)
ST (5.63, 5.63-3, 0°)
ST (7.42, 7.42-3, 0°)
ST (9.57, 9.57-3, 0°)
ST (12.74, 12.74-3, 0°)
ST (16.04, 16.04-3, 0°)
ST (18.14, 18.14-3, 0°)
EL (23.48)
WWALL (1.2)
EL (24.98)
10
2.8
매립층
5.4
토사(점토1)
7
토사(모래3-1)
9
토사(점토2)
11
토사(모래3-2)
11.6
토사
12.7
토사
21.4
풍화암
30
연암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	87.923	147.042	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.982	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.548	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.354	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	7.032	95.219	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	13.810	64.913	O.K		
		전단응력	2.374	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.53	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.076	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.63	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.470	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	7.42	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.488	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-5 P 406.4x12	9.57	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	61.661	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-6 P 406.4x12	12.74	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	71.537	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	16.04	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.501	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-8 P 406.4x12	18.14	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	40.693	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Strut-9 Strand12.7x4EA	20.04	O.K	O.K	O.K

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	설계값(kN)	허용값(kN)	판정		
Strut-10 D25	21.64	축력	75.920	190.013	O.K	길이검토	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x300x10/15	0.55	휨응력	34.823	151.711	O.K	
		전단응력	35.081	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.53	휨응력	84.781	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	44.594	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.63	휨응력	77.503	142.373	O.K	
		전단응력	59.296	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.42	휨응력	91.668	142.373	O.K	
		전단응력	70.133	90.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.57	휨응력	108.164	142.373	O.K	
		전단응력	82.754	90.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	12.74	휨응력	128.097	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	67.378	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	16.04	휨응력	77.567	142.373	O.K	
		전단응력	59.344	90.000	O.K	
Strut-8 H 440x300x11/18	18.14	휨응력	65.843	142.373	O.K	
		전단응력	50.375	90.000	O.K	
Strut-9 2H 250x250x9/14	20.04	휨응력	23.400	156.940	O.K	
		전단응력	33.846	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	119.014	183.752	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.190	198.961	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	58.564	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	71.037	154.331	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	18.790	130.225	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 23.48	휨응력	135.811	364.500	O.K		
		압축응력	132.011	351.446	O.K		
		전단응력	64.437	209.250	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS11 : 굴착 13.24 m	17.805	46.960	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor, Rock Bolt로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
Rock Bolt	-	D25	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	2.50m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405

축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

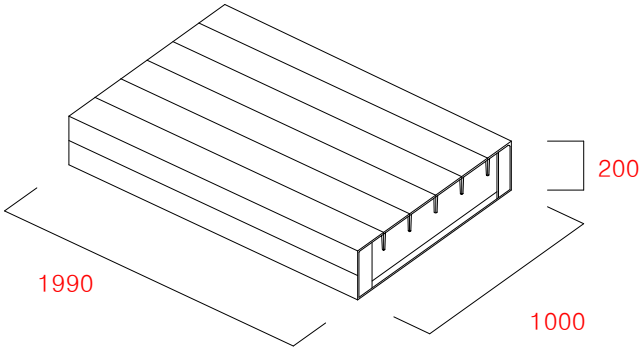
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

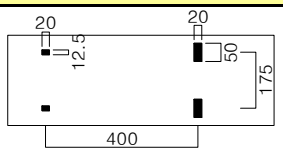
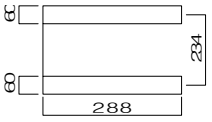
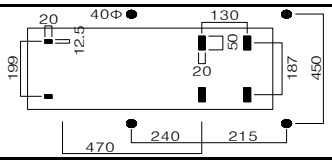
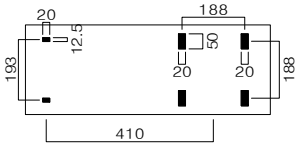
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

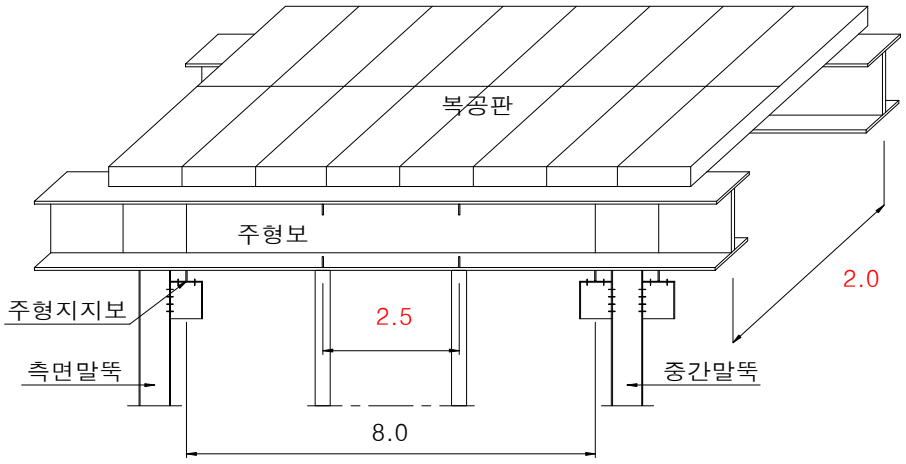
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

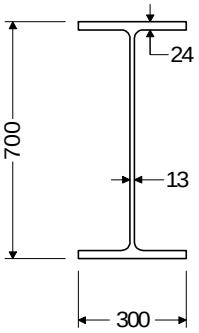
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

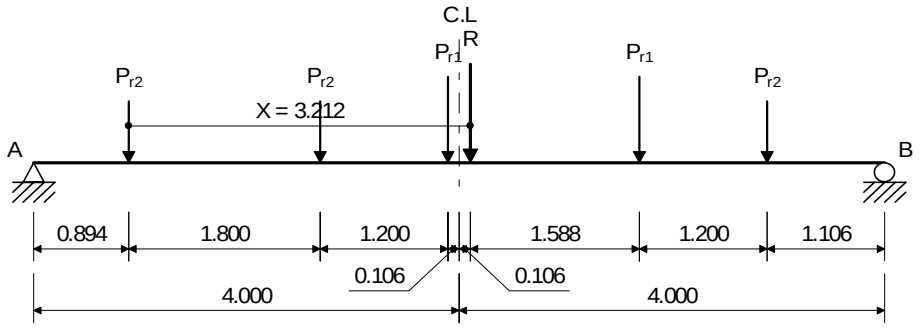
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

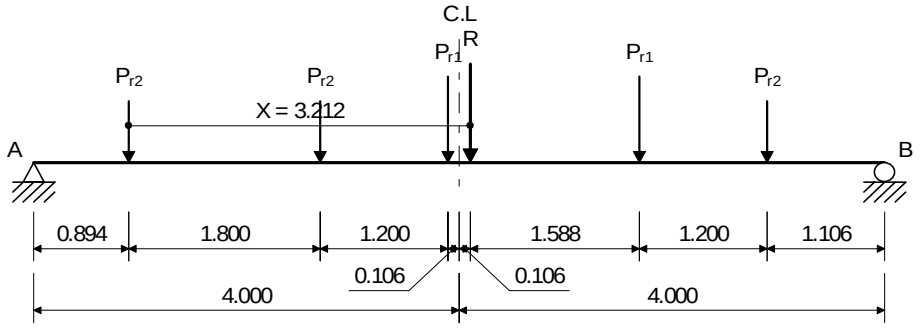
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) / 8.000

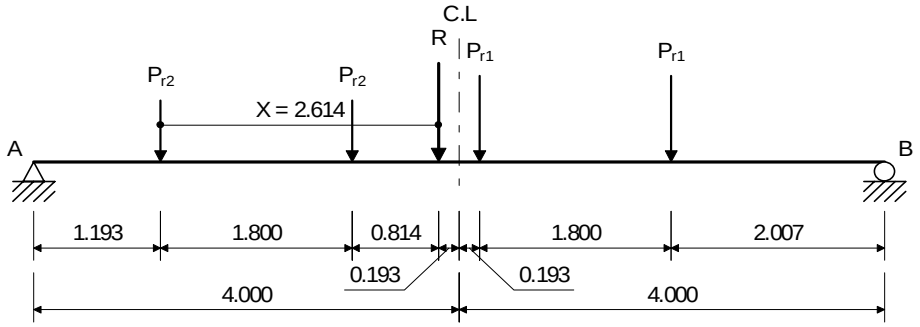
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

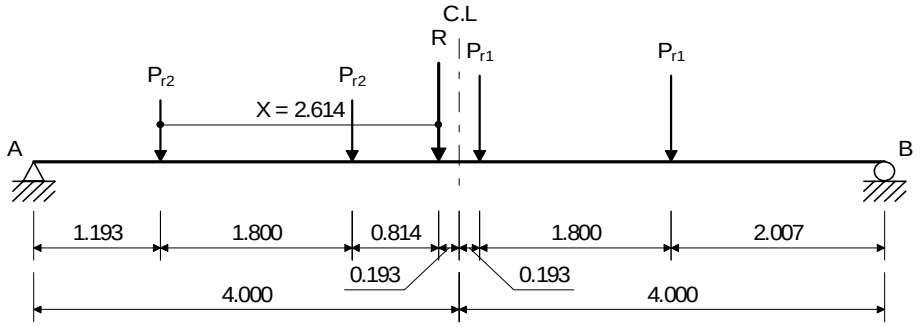


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

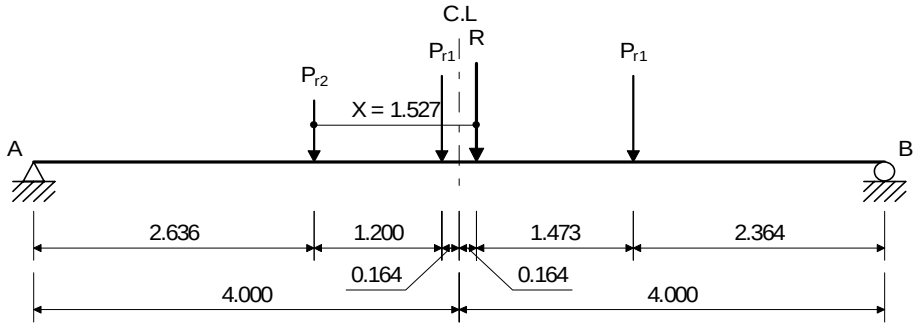
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

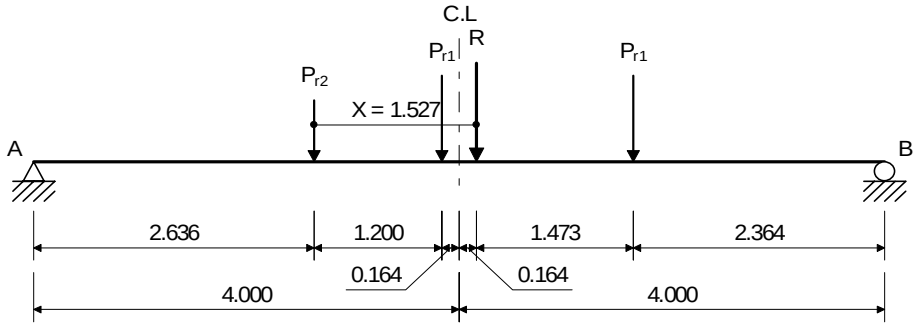


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

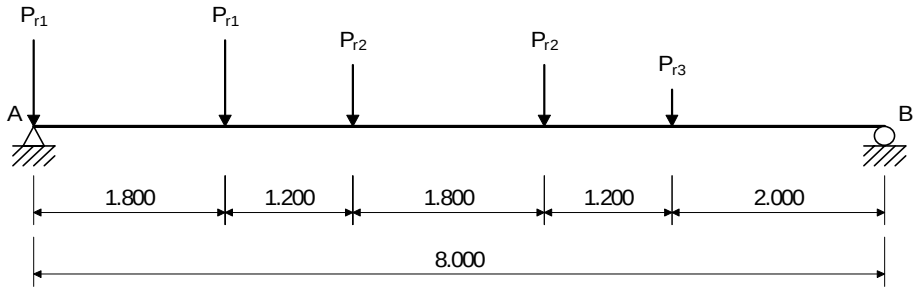


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L

= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) / 8.000

= 335.010 kN

S_l = 335.010 x **1.00** = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

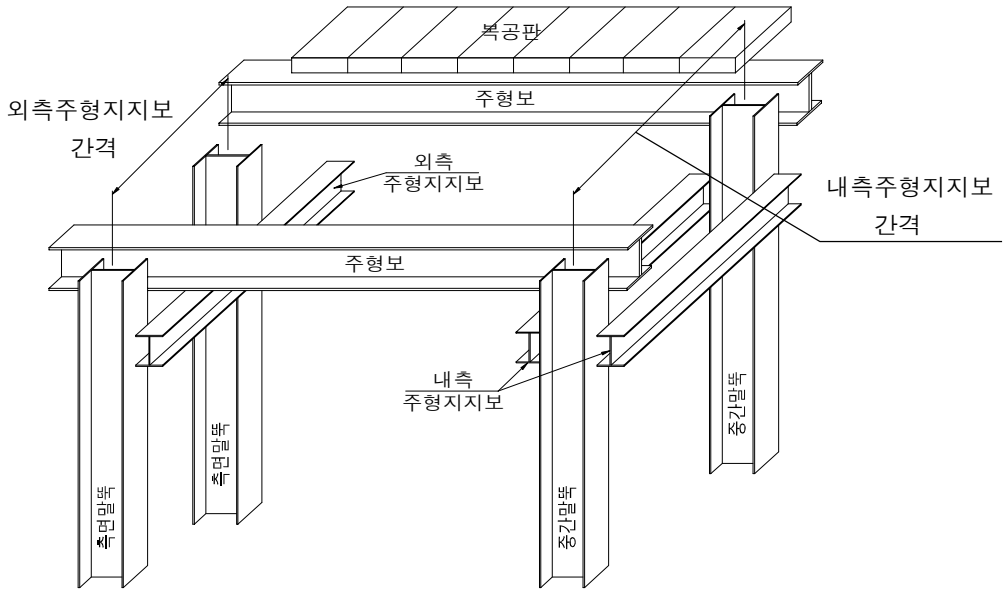
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

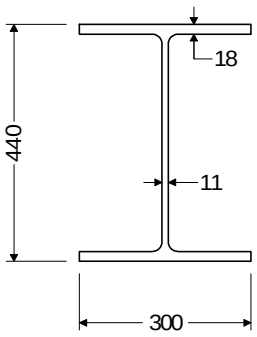
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.50 m

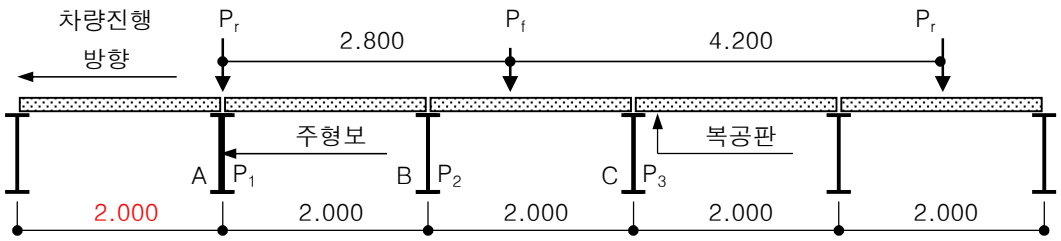


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



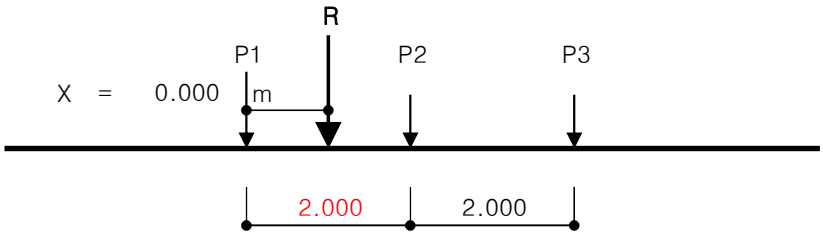
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

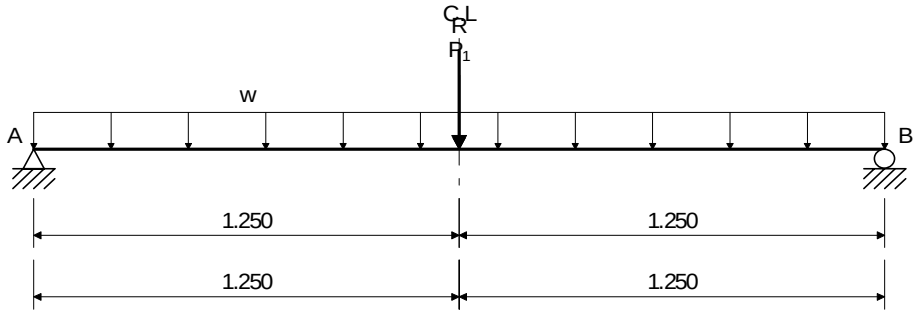


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

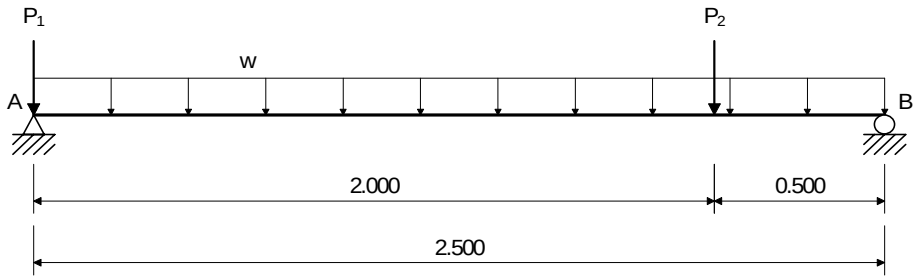
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.250) / L$
$= (357.210 \times 1.250) / 2.500$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.250) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.250) + 1.212 \times 2.50^2 / 8$
$= 224.203$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.500 + P_2 x 0.500) / L
= (357.210 x 2.500 + 72.451 x 0.500) / 2.500
= 371.700 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 371.700 + 1.212 x 2.50 / 2
= 373.215 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 224.203 x 1000000 / 2550000.0 = 87.923 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 373.215 x 1000 / 4444 = 83.982 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.923 + 87.923) / 87.923
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300
= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))
= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 87.923 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.982 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 373215 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

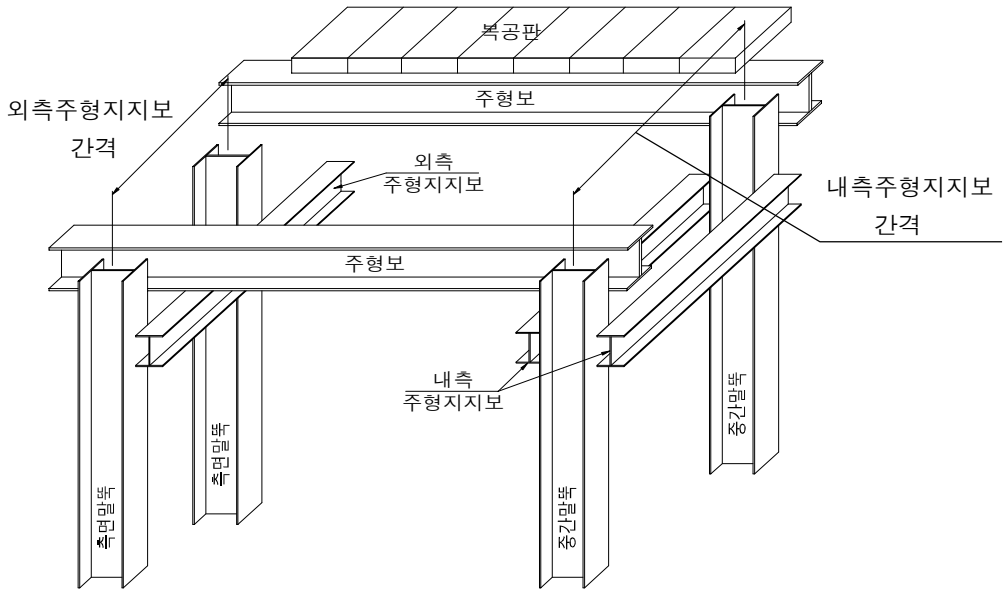
= 7.33 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.33 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

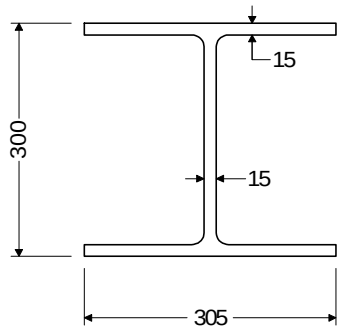
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

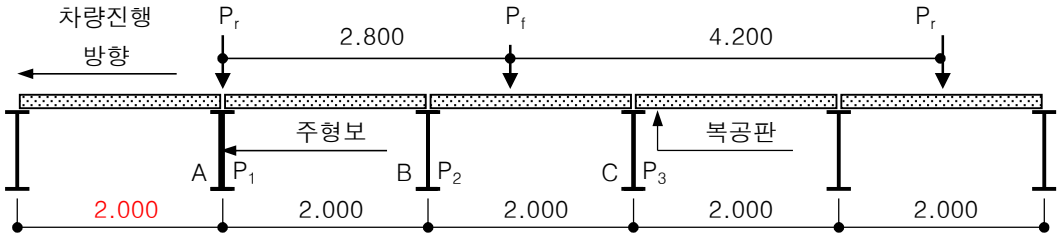


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0

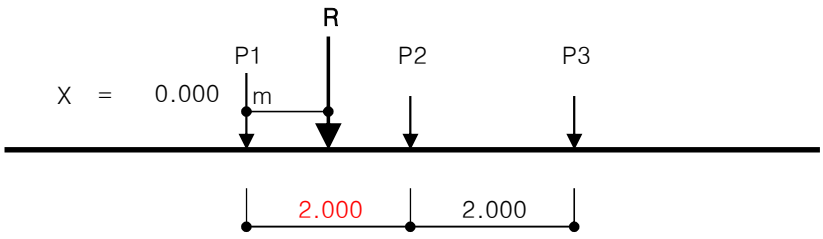


나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

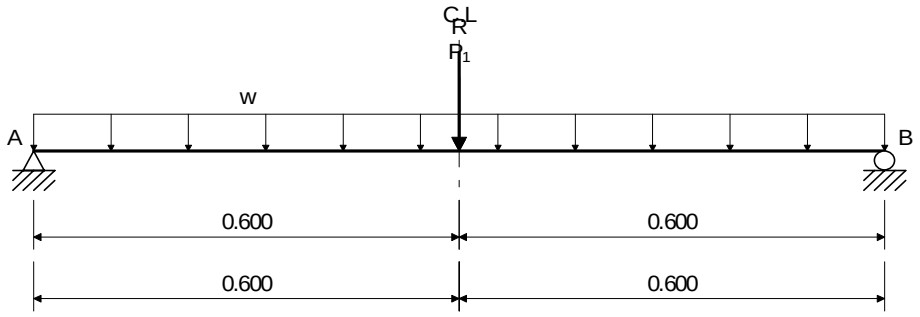


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 357.210
= 357.210 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 357.210
= 0.000 m

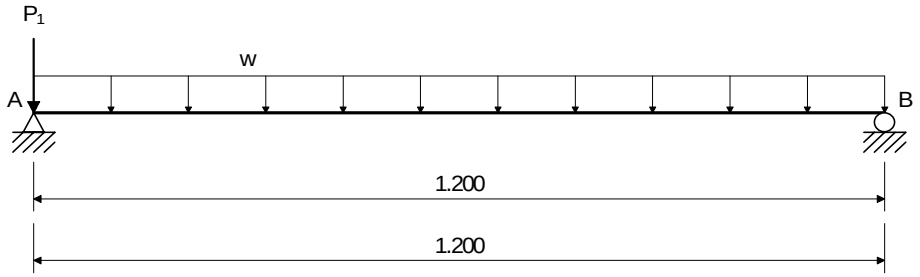
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.600) / L
= (357.210 x 0.600) / 1.200
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 107.350 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (357.210 x 1.200) / 1.200
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.20 / 2
= 357.833 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.350 x 1000000 / 1440000.0 = 74.548 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.833 x 1000 / 4050 = 88.354 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (74.548 + 74.548) / 74.548$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> L/B ≤ 4.6 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 74.548 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.354 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 357833 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.03 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.03 ea ---> O.K

7.지보재 설계

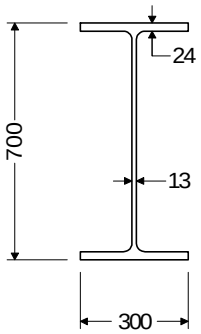
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 102.613 kN/m ---> Strut-1 (CS22 : Peck)
= 102.613 x 2.00 / 1 단
= 205.226 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 205.226 + 120.0 = 325.226 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 5760000.0 = 7.032 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 325.226 x 1000 / 23550 = 13.810 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.125 x 1000 / 8476 = 2.374 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.384

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (20.842 − 6.778) / 20.842

= 0.675

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8050 / 293

27.474 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.474 − 18.6))

= 149.313 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 149.313 MPa

L_y / R_y = 8050 / 67.8

118.732 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 118.732^2)

= 64.913 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 64.913 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 64.913 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8050 / 300

= 26.833 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.833 − 4.6))

= 95.219 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.219 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.474)^2

= 1788.452 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 64.913 MPa > f_c = 13.810 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 95.219 MPa > f_b = 7.032 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.374 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{13.810}{64.913} + \frac{7.032}{95.219 \times (1 - (13.810 / 1788.452))}$$

$$= 0.287 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 13.810 + \frac{7.032}{1 - (13.810 / 1788.452)}$$

$$= 20.896 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.287 , 0.133)

= 0.287 < 1.0 ---> O.K

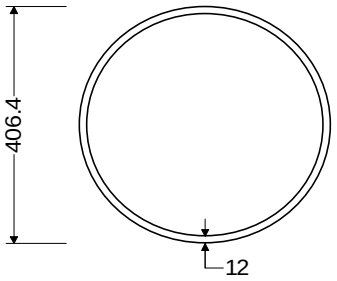
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 208.183 kN/m ---> Strut-2 (CS22 : Peck)
= 208.183 x 3.00 / 1 단
= 624.550 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 624.550 + 120.0 = 744.550 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 744.550 \times 1000 / 14868.5 = 50.076$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.072 x 12)

= 15.789 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.072

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.518 − 21.634) / 78.518

= 0.724 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 50.076 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{50.076}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (50.076 / 405.406))}$

= 0.618 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 50.076 + \frac{28.442}{1 - (50.076 / 405.406)}$$

$$= 82.526 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.618 , 0.524)

= 0.618 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{78.518}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

= 0.648 < 1.0 ---> O.K

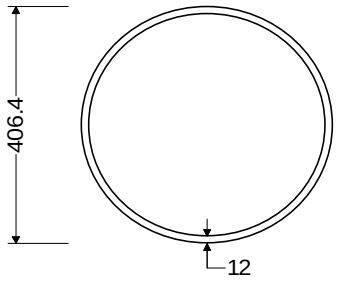
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 190.314 kN/m ---> Strut-3 (CS22 : Peck)
= 190.314 x 3.00 / 1 단
= 570.942 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 570.942 + 120.0 = 690.942 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 690.942 \times 1000 / 14868.5 = 46.470$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.076 x 12)

= 15.738 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.076

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (74.912 − 18.028) / 74.912

= 0.759 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 46.470 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{46.470}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (46.470 / 405.406))}$

= 0.587 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 46.470 + \frac{28.442}{1 - (46.470 / 405.406)}$$

$$= 78.595 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.587 , 0.499)

= 0.587 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{74.912}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.618 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

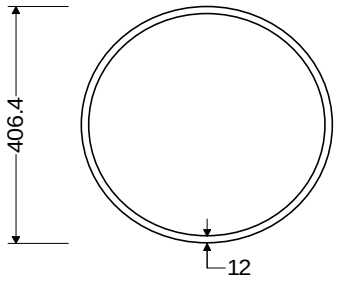
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 225.095 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 10.07 m)
= 225.095 x 3.00 / 1 단
= 675.286 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 675.286 + 120.0 = 795.286 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 795.286 x 1000 / 14868.5 = 53.488 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.069 x 12)

= 15.834 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.069

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (81.930 − 25.046) / 81.930

= 0.694 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 53.488 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{53.488}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (53.488 / 405.406))}$

= 0.649 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 53.488 + \frac{28.442}{1 - (53.488 / 405.406)}$$

$$= 86.253 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.649 , 0.548)
= 0.649 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{81.930}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.676 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

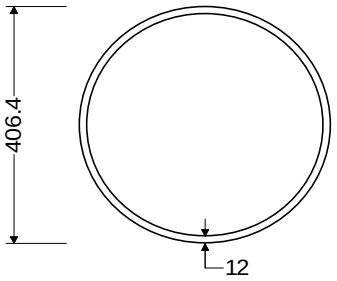
7.5 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 265.603 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 13.24 m)
= 265.603 x 3.00 / 1 단
= 796.808 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 796.808 + 120.0 = 916.808 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 916.808 \times 1000 / 14868.5 = 61.661$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.063 x 12)

= 15.928 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.063

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (90.103 − 33.219) / 90.103

= 0.631 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 61.661 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{61.661}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (61.661 / 405.406))}$

= 0.721 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 61.661 + \frac{28.442}{1 - (61.661 / 405.406)}$$

$$= 95.205 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.721 , 0.604)

= 0.721 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{90.103}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.743 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

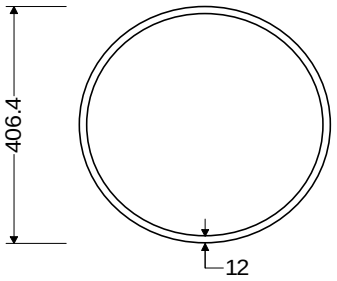
7.6 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 314.548 kN/m ---> Strut-6 (CS22 : Peck)
= 314.548 x 3.00 / 1 단
= 943.645 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 943.645 + 120.0 = 1063.645 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 1424000.0 = 28.442 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1063.645 x 1000 / 14868.5 = 71.537 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.705 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.057 x 12)

= 16.022 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.057

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (99.979 − 43.095) / 99.979

= 0.569 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 71.537 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{71.537}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (71.537 / 405.406))}$

= 0.808 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 71.537 + \frac{28.442}{1 - (71.537 / 405.406)}$$

$$= 106.073 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.808 , 0.673)$$
$$= 0.808 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{99.979}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.824 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

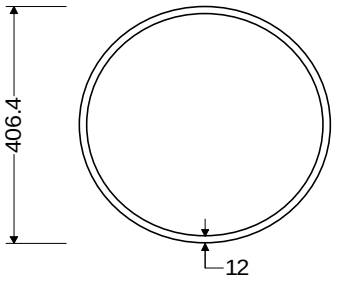
7.7 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 190.469 kN/m ---> Strut-7 (CS22 : Peck)
= 190.469 x 3.00 / 1 단
= 571.407 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 571.407 + 120.0 = 691.407 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 691.407 \times 1000 / 14868.5 = 46.501$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.076 x 12)

= 15.739 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.076

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (74.944 − 18.059) / 74.944

= 0.759 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 46.501 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{46.501}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (46.501 / 405.406))}$

= 0.587 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 46.501 + \frac{28.442}{1 - (46.501 / 405.406)}$$

$$= 78.629 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.587 , 0.499)$$
$$= 0.587 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{74.944}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.618 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

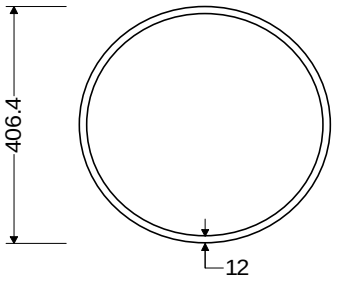
7.8 Strut 설계 (Strut-8)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 161.682 kN/m ---> Strut-8 (CS22 : Peck)
= 161.682 x 3.00 / 1 단
= 485.047 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 485.047 + 120.0 = 605.047 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 605.047 \times 1000 / 14868.5 = 40.693$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.082 x 12)

= 15.646 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.082

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (69.135 − 12.251) / 69.135

= 0.823 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 40.693 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{40.693}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (40.693 / 405.406))}$

= 0.536 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 40.693 + \frac{28.442}{1 - (40.693 / 405.406)}$$

$$= 72.309 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.536 , 0.459)

= 0.536 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{69.135}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.570 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

7.9 Earth Anchor 설계 (Strut-9)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

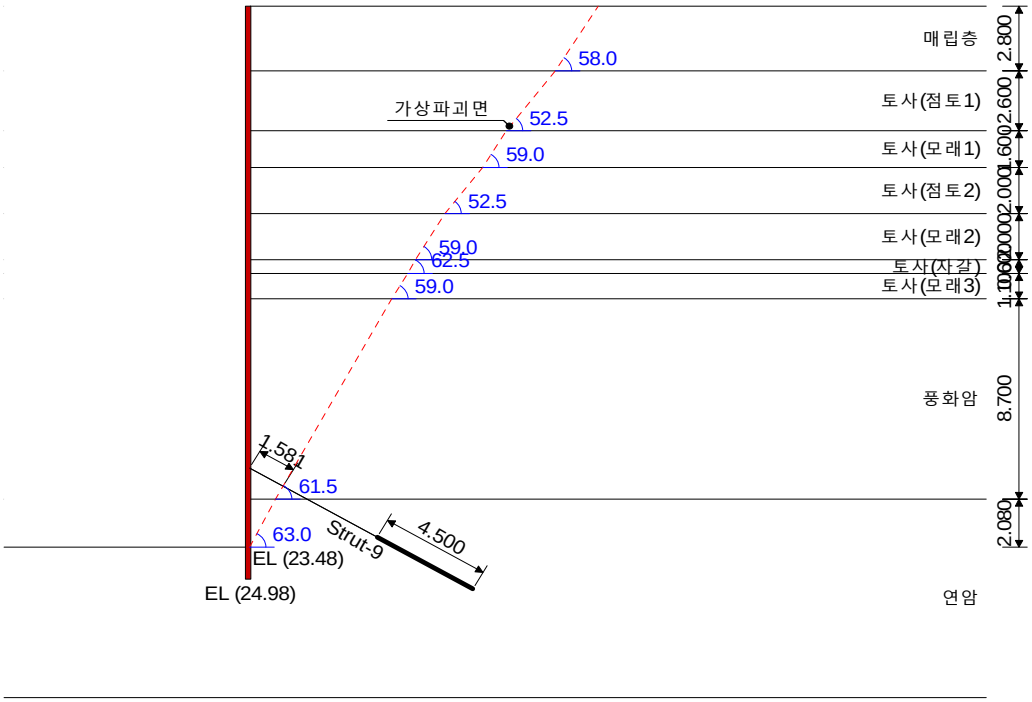
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
Strut-9	20.040	1.581	3.522	6.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 ($T_{req} = R_{max}$ x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
Strut-9	20.040	146.279	1.200	30	175.535

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
20.040	200000	3.0	98.71	4	6.5	36446.769

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
20.040	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
20.040	175.535	36.447	24.796	236.777

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
20.040	236.777	110.160	4	2.149	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)
20.040	175.535	2.5	100.0	1050.0	1.330

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
20.040	175.535	4.0	12.70	700.0	1.571

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
20.040	1.330	1.571	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
20.040	6.000	1.500	4.500	12.000

마. ELONGATION 산정

Lel = JF_{req} x L / E_p x A_p x N

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
20.040	236.777	6.5	200000	98.71	4	19.490

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
20.040	1.20	30.0	6.000	1.500	4.500	236.777

7.10 ROCK BOLT 설계 (Strut-10)

가. 설계제원

(1) 사용락볼트 : D25 (SD300) , 2 ea

A_s (mm^2 / ea)	506.7	Fs	2	D (mm)	40.0
ɣ (kN/m^3)	22.56	f_y (N/mm^2)	300	AxB(m^2)	1.2

(2) ROCK BOLT 길이

▶ $L1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$

▶ $L2 = \frac{0.6 \times f_y \times A_s}{Fs \times ɣ \times (A \times B)}$

여기서, T = 설계 축력 (kN/m,ea)

Fs = 안전율

D = 락볼트체의 유효경 (mm)

τu = 주면마찰저항 (kN/m^2)

fy = 락볼트의 항복하중(N/mm^2)

As = 락볼트의 단면적 (mm^2 / ea)

ɣ = 부석의 단위중량(kN/m^3)

(A×B) = 락볼트의 설치간격(m^2)

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ L_1의 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	T (kN/m,ea)	R/B수평간격 (m)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_1 (m)
Strut-10	21.640	63.27	1.20	2	40.0	1050.0	0.000

▶ L_2의 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	f_y (N/mm^2)	A_s (mm^2/ea)	Fs	ɣ (kN/m^3)	A x B (m^2)	L_2 (m)
Strut-10	21.640	300	506.7	2	22.6	1.2	1.685

나. ROCK BOLT 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	규 격	L_1(m)	L_2(m)	L_{max}(m)	적용장 (m)	판 정
Strut-10	21.640	D25	0.000	1.685	1.685	4.000	O.K

다. ROCK BOLT 허용축력 검토

Tmax = 75.92 kN ---> Strut-10 (CS22 : Peck)

R = As × fy × α = 506.7 × 300 × 1.25

= 190.01 kN > 75.92 kN ---> O.K

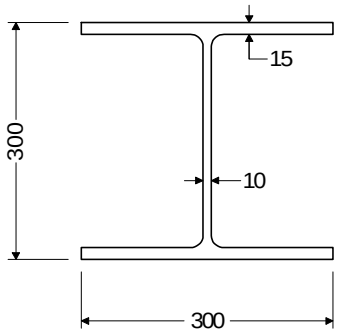
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x300x10/15(SS400)

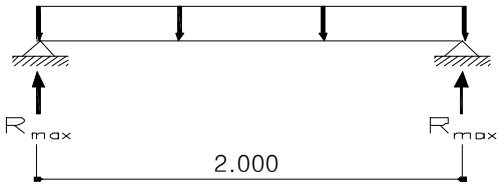
w (N/m)	922.2
A (mm^2)	11980.0
I_x (mm^4)	204000000.0
Z_x (mm^3)	1360000.0
A_w (mm^2)	2700.0
R_x (mm)	131.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 102.613 kN/m ---> Strut-1 (CS22 : Peck)

P = 102.613 × 2.00 m / 1 ea = 205.226 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 205.226 / (13 \times 2.000)$

$= 94.720$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 94.720 \times 2.000^2 / 8$

$= 47.360$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$

$= 1 \times 94.720 \times 2.000 / 2$

$= 94.720$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 47.360 x 1000000 / 1360000.0 = 34.823 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 94.720 x 1000 / 2700 = 35.081 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (34.823 + 34.823) / 34.823

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.667 − 4.6))

= 151.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 151.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 151.711 MPa > f_b = 34.823 MPa ---> O.K

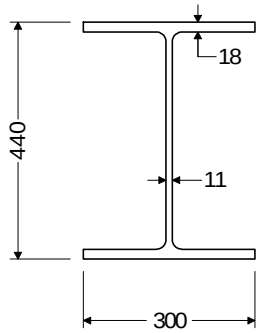
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 35.081 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

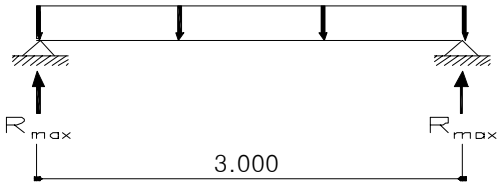
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 208.183 kN/m ---> Strut-2 (CS22 : Peck)

P = 208.183 × 3.00 m / 1 ea = 624.550 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 624.550 / (13 × 3.000)
= 192.169 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 192.169 × 3.000^2 / 8
= 216.191 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 192.169 × 3.000 / 2
= 288.254 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 216.191 x 1000000 / 2550000.0 = 84.781 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 288.254 x 1000 / 4444 = 64.864 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (84.781 + 84.781) / 84.781

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 84.781 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 64.864 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 288254.000 / 6464.000 = 44.594 MPa

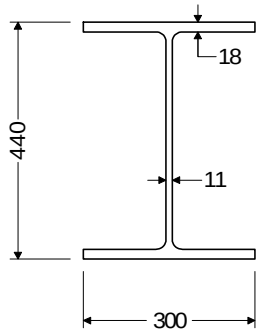
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 44.594 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

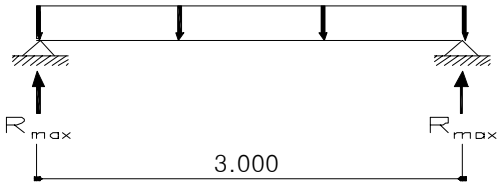
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 190.314 kN/m ---> Strut-3 (CS22 : Peck)

P = 190.314 × 3.00 m / 1 ea = 570.942 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 570.942 / (13 × 3.000)
= 175.674 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 175.674 × 3.000^2 / 8
= 197.634 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 175.674 × 3.000 / 2
= 263.512 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 197.634 x 1000000 / 2550000.0 = 77.503 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 263.512 x 1000 / 4444 = 59.296 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (77.503 + 77.503) / 77.503

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 77.503 MPa ---> O.K

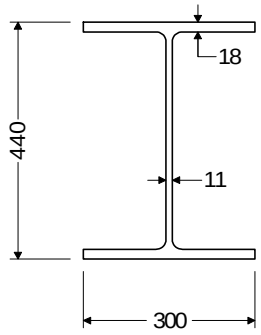
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 59.296 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

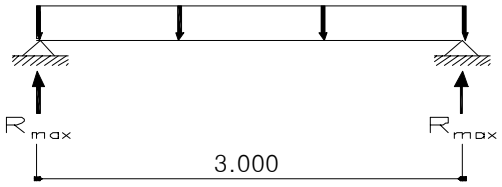
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 225.095 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 10.07 m)

P = 225.095 × 3.00 m / 1 ea = 675.286 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 675.286 / (13 × 3.000)
= 207.780 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 207.780 × 3.000^2 / 8
= 233.753 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 207.780 × 3.000 / 2
= 311.670 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 233.753 x 1000000 / 2550000.0 = 91.668 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 311.670 x 1000 / 4444 = 70.133 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (91.668 + 91.668) / 91.668

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 91.668 MPa ---> O.K

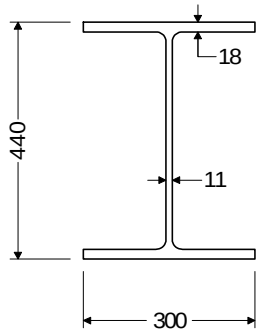
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 70.133 MPa ---> O.K

8.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

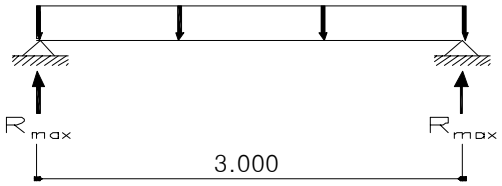
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 265.603 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 13.24 m)

P = 265.603 × 3.00 m / 1 ea = 796.808 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 796.808 / (13 × 3.000)
= 245.172 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 245.172 × 3.000^2 / 8
= 275.818 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 245.172 × 3.000 / 2
= 367.758 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 275.818 x 1000000 / 2550000.0 = 108.164 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 367.758 x 1000 / 4444 = 82.754 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (108.164 + 108.164) / 108.164

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 108.164 MPa ---> O.K

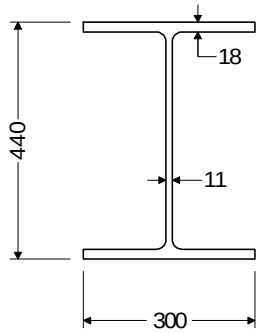
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 82.754 MPa ---> O.K

8.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

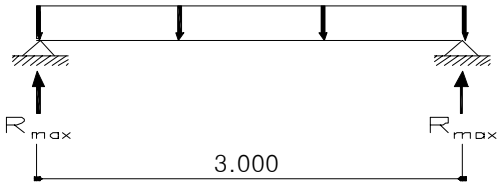
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 314.548 kN/m ---> Strut-6 (CS22 : Peck)

P = 314.548 × 3.00 m / 1 ea = 943.645 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 943.645 / (13 × 3.000)
= 290.352 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 290.352 × 3.000^2 / 8
= 326.647 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 290.352 × 3.000 / 2
= 435.529 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 326.647 x 1000000 / 2550000.0 = 128.097 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 435.529 x 1000 / 4444 = 98.004 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (128.097 + 128.097) / 128.097

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 128.097 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa < τ = 98.004 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 435528.670 / 6464.000 = 67.378 MPa

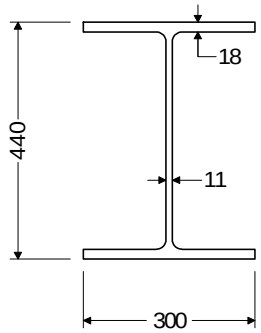
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 67.378 MPa ---> O.K

8.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

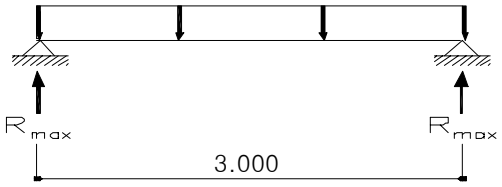
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 190.469 kN/m ---> Strut-7 (CS22 : Peck)

P = 190.469 × 3.00 m / 1 ea = 571.407 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 571.407 / (13 × 3.000)
= 175.818 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 175.818 × 3.000 ^{2} / 8
= 197.795 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 175.818 × 3.000 / 2
= 263.726 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 197.795 x 1000000 / 2550000.0 = 77.567 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 263.726 x 1000 / 4444 = 59.344 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (77.567 + 77.567) / 77.567

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 77.567 MPa ---> O.K

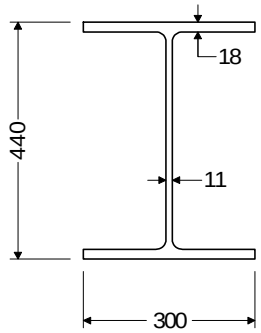
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 59.344 MPa ---> O.K

8.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

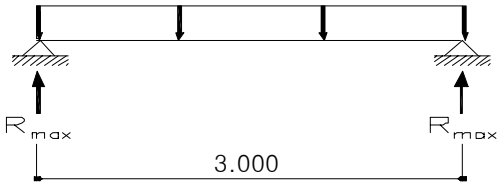
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 161.682 kN/m ---> Strut-8 (CS22 : Peck)

P = 161.682 × 3.00 m / 1 ea = 485.047 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 485.047 / (13 × 3.000)
= 149.245 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 149.245 × 3.000^2 / 8
= 167.901 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 149.245 × 3.000 / 2
= 223.868 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.901 x 1000000 / 2550000.0 = 65.843 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 223.868 x 1000 / 4444 = 50.375 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (65.843 + 65.843) / 65.843

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 65.843 MPa ---> O.K

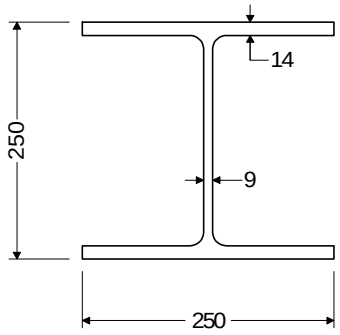
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 50.375 MPa ---> O.K

8.9 Strut-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

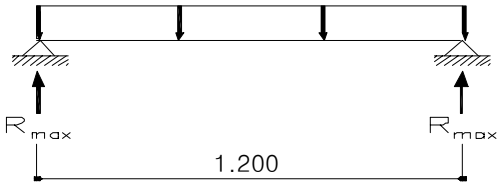
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



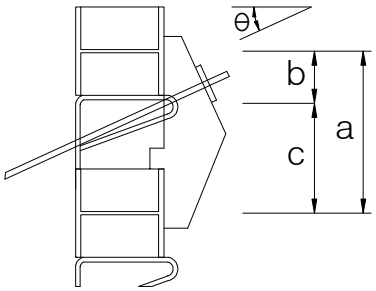
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 236.777 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 236.777 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 146.521 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 146.521 / (13 × 1.200)
= 112.709 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 112.709 × 1.200^2 / 8
= 20.288 kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
= 1 × 112.709 × 1.200 / 2
= 67.625 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 20.288 \times 1000000 / 867000.0 = 23.400$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 67.625 \times 1000 / 1998 = 33.846$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (23.400 + 23.400) / 23.400

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 23.400 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 33.846 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

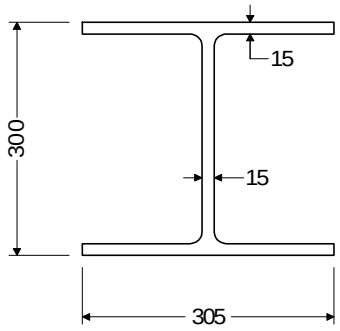
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	357.210	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	26.600	kN				
라. 버팀보 자중	=	60.400	kN				
마. 띠장 자중	=	12.400	kN				
바. 지보재 수직분력	=	73.140	kN	×	1.200	=	87.767 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	595.677	kN				

최대모멘트, M_{max} = 142.816 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS32 : 해체10)

최대전단력, S_{max} = 197.655 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 13.24 m)

▶ Pmax = 595.677 kN

▶ Mmax = 142.816 × 1.200 = 171.380 kN·m

▶ Smax = 197.655 × 1.200 = 237.186 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 171.380 x 1000000 / 1440000.0 = 119.014 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 595.677 x 1000 / 13480 = 44.190 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 237.186 x 1000 / 4050 = 58.564 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.572

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (163.203 − −74.824) / 163.203

= 1.458

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3300 / 126

26.190 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (26.190 − 16))

= 198.961 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 198.961 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3300 / 305

= 10.820 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (10.820 − 4))

= 183.752 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 183.752 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (26.190)^2

= 1968.099 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 198.961 MPa > f_c = 44.190 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 183.752 MPa > f_b = 119.014 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 58.564 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{44.190}{198.961} + \frac{119.014}{183.752 \times (1 - (44.190 / 1968.099))}$

= 0.885 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.190 + \frac{119.014}{1 - (44.190 / 1968.099)}$$

$$= 165.937 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.885 , 0.776)
= 0.885 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 17.8 mm ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 13.24 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 23.480 x 1000 x 0.002 = 46.960 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 595.68 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

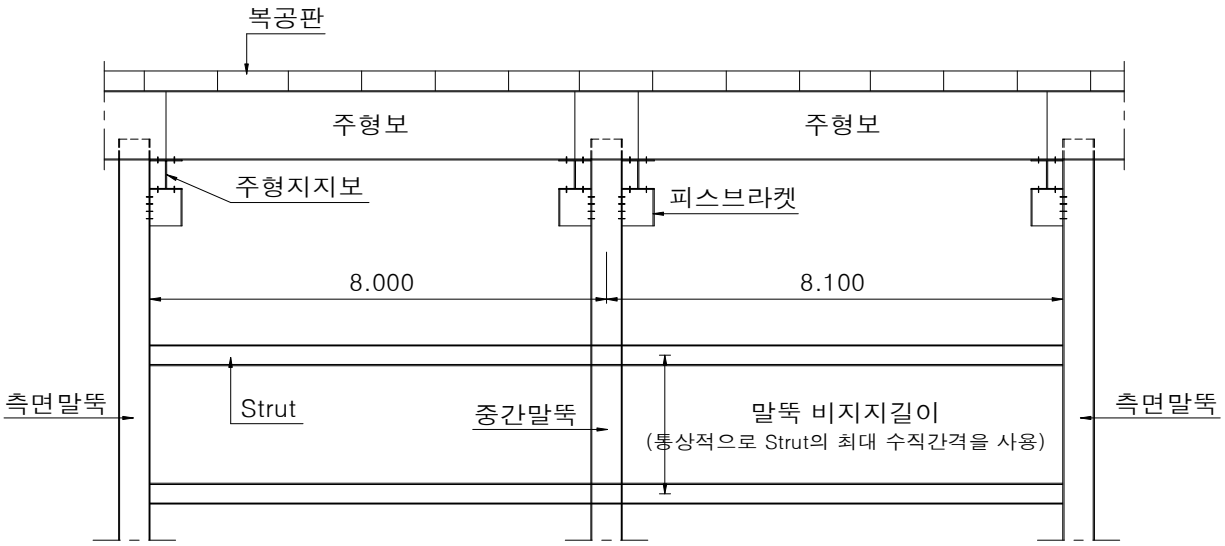
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 8.100 = 16.100 m

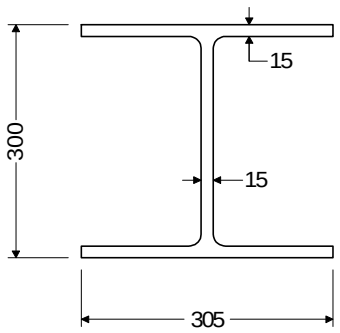
나. PILE 설치간격 : 2.50 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 26.600 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 51.800 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 9.630 kN

ΣP_s = 96.570 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 8.100) / 2 = 22.478 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

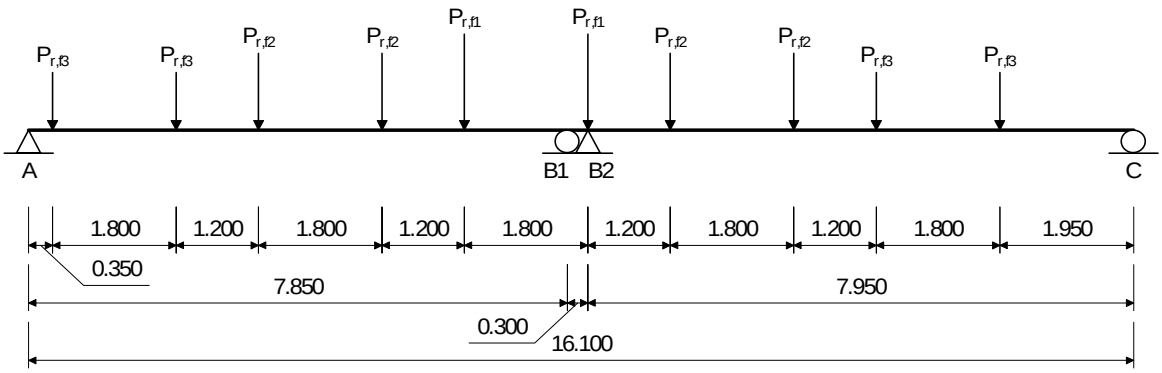
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150 + 70.200 x 0.350) / 7.850

= 224.660 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750 + 70.200 x 1.950) / 7.950

= 312.883 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 224.660 x 1.00 = 224.660 kN

P_{r2} = 312.883 x 1.00 = 312.883 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150 + 17.550 x 0.350) / 7.850

= 56.165 kN

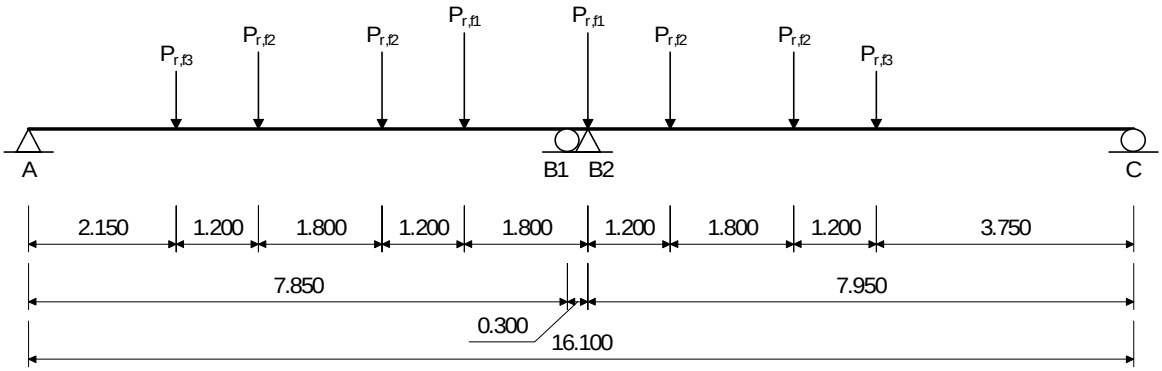
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750 + 17.550 x 1.950) / 7.950

= 78.221 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 56.165 x 1.00 = 56.165 kN

P_{f2} = 78.221 x 1.00 = 78.221 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150) / 7.850

= 221.530 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750) / 7.950

= 295.664 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 221.530 x 1.00 = 221.530 kN

P_{r2} = 295.664 x 1.00 = 295.664 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150) / 7.850

= 55.382 kN

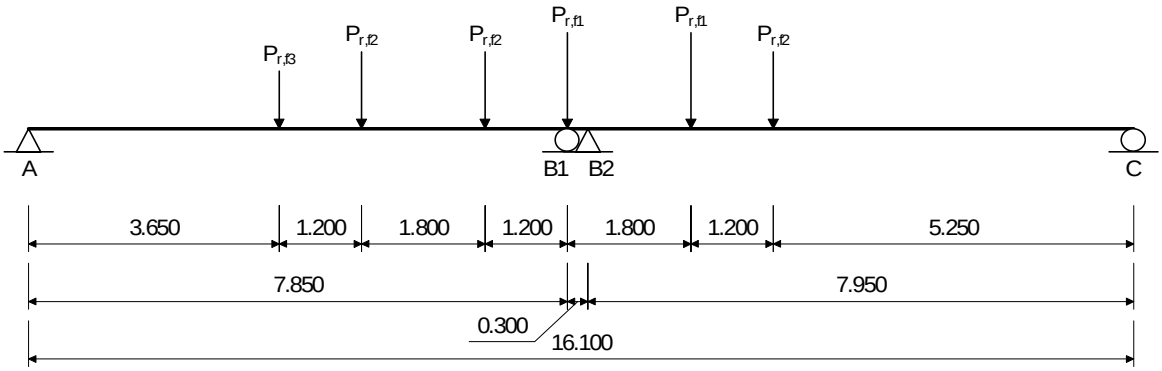
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750) / 7.950

= 73.916 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 55.382 x 1.00 = 55.382 kN

P_{f2} = 73.916 x 1.00 = 73.916 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650) / 7.850

= 294.562 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.450 + 93.600 x 5.250) / 7.950

= 163.064 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 294.562 x 1.00 = 294.562 kN

P_{r2} = 163.064 x 1.00 = 163.064 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650) / 7.850

= 73.640 kN

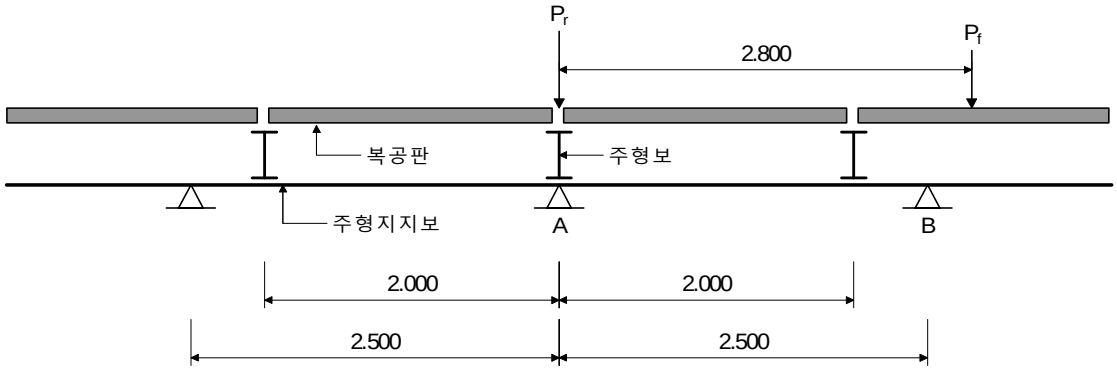
R_{B2} = (31.200 x 6.450 + 23.400 x 5.250) / 7.950

= 40.766 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 73.640 x 1.00 = 73.640 kN

P_{f2} = 40.766 x 1.00 = 40.766 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (294.562 x 2.500) / 2.500

= 294.562 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 2.50 / 2.00

= 294.562 + 22.200 x 2.50 / 2.00 = 322.312 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (312.883 x 2.500) / 2.500

= 312.883 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 2.50 / 2.00

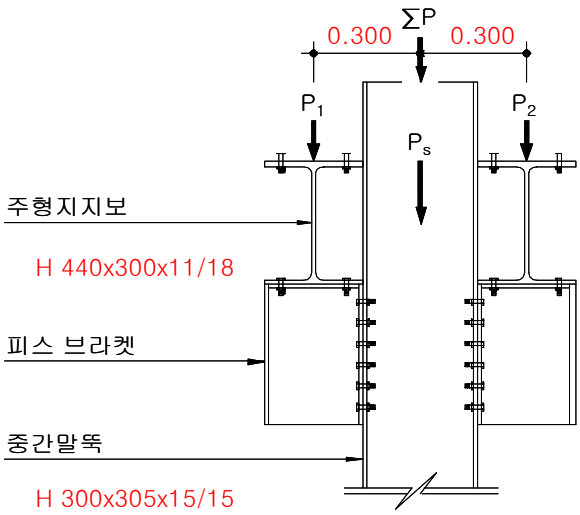
= 312.883 + 22.478 x 2.50 / 2.00 = 340.980 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 322.312 + 340.980 + 96.570 = 759.862 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 253.287 x 1000 / 13480 = 18.790 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 102.294 x 1000000 / 1440000 = 71.037 MPa

여기서, M_{max} = P_2 x e = 340.980 x 0.300 = 102.294 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.832

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.827 − −52.248) / 89.827

= 1.582

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5340 / 126

42.381 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (42.381 − 16))

= 175.465 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 175.465 MPa

L_y / R_y = 5340 / 72.6

73.554 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (73.554 − 16))

= 130.225 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 130.225 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 130.225 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5340 / 305

= 17.508 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (17.508 − 4))

= 154.331 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 154.331 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (42.381)^2

= 751.610 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 130.225 MPa > f_c = 18.790 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 154.331 MPa > f_b = 71.037 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{18.790}{130.225} + \frac{71.037}{154.331 \times (1 - (18.790 / 751.610))}$

= 0.616 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 18.790 + \frac{71.037}{1 - (18.790 / 751.610)}$

= 91.649 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.616 , 0.429)

= 0.616 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 253.29 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

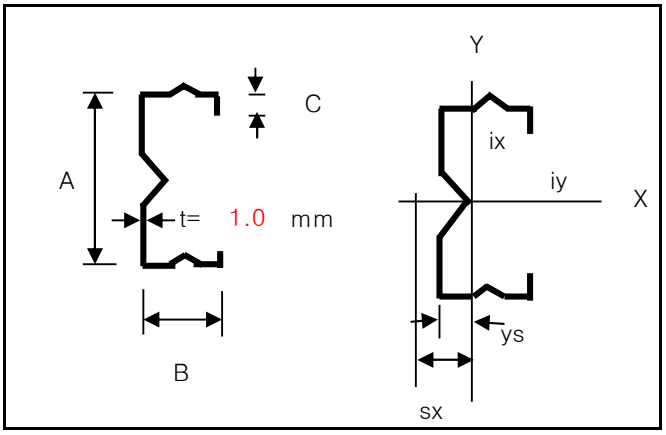
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

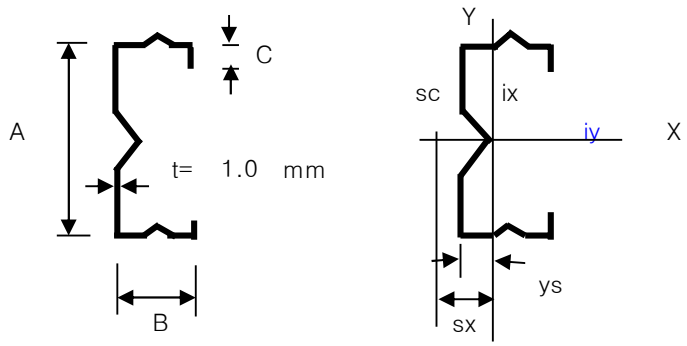
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 23.48m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	351.4
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

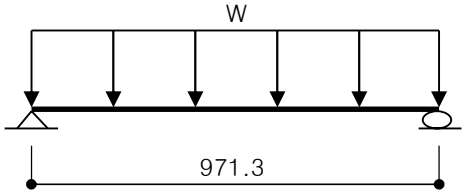
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1300 MPa ---> (CS22 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 130.0 kN/m^2 x 0.2000 m = 26.0 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 26.0 x 0.97 ^{2}/ 8 = 3.1 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 26.0 x 0.97 / 2 = 12.6 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3066619 / 22,580 = 135.81 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3066619 / 23,230 = 132.01 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 12630 / 196 = 64.44 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 351.446 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 351.446 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 135.81 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 132.01 MPa < f_{ba} = 351.45 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 64.44 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 23.48 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.80	18.00	19.00	0.00	26.00	3	-	12000.00
2	토사(점토1)	5.40	17.00	18.00	20.00	15.00	6	-	14000.00
3	토사(모래1)	7.00	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
4	토사(점토2)	9.00	17.00	18.00	20.00	15.00	14	-	14000.00
5	토사(모래2)	11.00	18.00	19.00	0.00	28.00	16	-	20000.00
6	토사(자갈)	11.60	20.00	21.00	0.00	35.00	24	-	32000.00
7	토사(모래3)	12.70	18.00	19.00	0.00	28.00	31	-	20000.00
8	풍화암	21.40	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
9	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	50000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	24.98	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8.05	0	1
2	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.53	3	8.05	50	1
3	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.63	3	8.05	50	1
4	Strut-4	P 406.4x12	SS400	7.42	3	8.05	150	1
5	Strut-5	P 406.4x12	SS400	9.57	3	8.05	50	1
6	Strut-6	P 406.4x12	SS400	12.74	3	8.05	200	1
7	Strut-7	P 406.4x12	SS400	16.04	3	8.05	50	1
8	Strut-8	P 406.4x12	SS400	18.14	3	8.05	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	20.04	1.2	30	6	150
2	Strut-10	D25	SD300	21.64	1.2	0	4	0

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 7 m, 수위차 = 23.48 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.03	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.13	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	7.92	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	10.07	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	13.24	-	-	-	-	-	-	O	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	16.54	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	18.64	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	20.54	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-9		-	-	-	-	X	X
19	22.14	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	Strut-10		-	-	-	-	X	X
21	23.48	-	-	-	-	-	-	X	X
22	23.48	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
23	22.14	-	-	-	-	-	-	X	X
24	-		Strut-10	-	-	-	-	X	X
25	20.54	-	-	-	-	-	-	X	X
26	-		Strut-9	-	-	-	-	X	X
27	18.64	-	-	-	-	-	-	X	X
28	-		Strut-8	-	-	-	-	X	X
29	16.54	-	-	-	-	-	-	X	X
30	-		Strut-7	-	-	-	-	X	X
31	13.24	-	-	-	-	-	-	X	X
32	-		Strut-6	-	-	-	-	X	X
33	10.07	-	-	-	-	-	-	X	X
34	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
35	7.92	-	-	-	-	-	-	X	X
36	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
37	6.13	-	-	-	-	-	-	X	X
38	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
39	3.03	-	-	-	-	-	-	X	X
40	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
41	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
42	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
43	0.10	-	-	-	-	-	-	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.49	1.5	-3.72	4.5	1.53	8.6	-13.67	3.0
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.48	1.5	-3.68	4.5	1.54	8.6	-13.60	3.0
CS3 : 굴착 3.03 m	3.03	16.87	3.0	-22.96	0.6	17.66	2.0	-9.39	5.6
CS4 : 생성 Strut-2	3.03	11.59	2.5	-15.55	0.6	7.69	1.5	-7.51	4.9
CS5 : 굴착 6.13 m	6.13	41.62	2.5	-65.75	2.5	46.64	5.4	-58.57	2.5
CS6 : 생성 Strut-3	6.13	35.94	2.5	-57.22	2.5	33.20	5.4	-47.33	2.5
CS7 : 굴착 7.92 m	7.92	33.57	8.3	-80.20	5.6	52.82	7.4	-41.64	2.5
CS8 : 생성 Strut-4	7.92	34.66	2.5	-49.40	2.5	32.60	6.6	-44.79	2.5
CS9 : 굴착 10.07 m	10.07	72.16	7.4	-152.94	7.4	85.98	9.6	-71.03	7.4
CS10 : 생성 Strut-5	10.07	66.88	7.4	-142.10	7.4	73.72	9.3	-60.94	7.4
CS11 : 굴착 13.24 m	13.24	116.14	13.2	-197.65	9.6	142.59	12.0	-67.28	9.6
CS12 : 생성 Strut-6	13.24	126.63	12.7	-170.73	9.6	119.95	11.6	-63.41	7.4
CS13 : 굴착 16.54 m	16.54	159.23	12.7	-138.24	9.6	76.44	11.0	-62.04	7.4
CS14 : 생성 Strut-7	16.54	156.63	12.7	-140.82	9.6	78.94	11.0	-62.13	7.4
CS15 : 굴착 18.64 m	18.64	154.52	12.7	-142.93	9.6	81.43	11.0	-62.24	7.4
CS16 : 생성 Strut-8	18.64	154.85	12.7	-142.60	9.6	81.06	11.0	-62.22	7.4
CS17 : 굴착 20.54 m	20.54	154.35	12.7	-143.10	9.6	81.56	11.0	-62.24	7.4
CS18 : 생성 Strut-9	20.54	154.66	12.7	-142.80	9.6	81.27	11.0	-62.23	7.4
CS19 : 굴착 22.14 m	22.14	154.54	12.7	-142.91	9.6	81.36	11.0	-62.24	7.4
CS20 : 생성 Strut-10	22.14	154.54	12.7	-142.91	9.6	81.36	11.0	-62.24	7.4
CS21 : 굴착 23.48 m	23.48	154.54	12.7	-142.91	9.6	81.36	11.0	-62.24	7.4
CS22 : Peck	23.48	170.08	12.7	-154.77	9.6	57.18	11.0	-83.33	12.7
CS23 : 해체1	22.14	154.54	12.7	-142.91	9.6	81.36	11.0	-62.24	7.4
CS24 : 해체2	22.14	154.54	12.7	-142.91	9.6	81.36	11.0	-62.24	7.4
CS25 : 해체3	20.54	154.66	12.7	-142.80	9.6	81.27	11.0	-62.23	7.4
CS26 : 해체4	20.54	154.35	12.7	-143.10	9.6	81.56	11.0	-62.24	7.4
CS27 : 해체5	18.64	154.86	12.7	-142.60	9.6	81.06	11.0	-62.22	7.4
CS28 : 해체6	18.64	154.54	12.7	-142.91	9.6	81.41	11.0	-62.24	7.4
CS29 : 해체7	16.54	156.69	12.7	-140.76	9.6	78.87	11.0	-62.12	7.4
CS30 : 해체8	16.54	159.14	12.7	-138.33	9.6	76.51	11.0	-62.04	7.4
CS31 : 해체9	13.24	126.25	12.7	-171.11	9.6	120.54	11.6	-63.43	7.4
CS32 : 해체10	13.24	116.25	13.2	-197.56	9.6	142.82	12.0	-66.82	9.6
CS33 : 해체11	10.07	66.79	7.4	-144.26	7.4	77.72	9.3	-60.96	7.4
CS34 : 해체12	10.07	69.68	7.4	-150.22	7.4	84.65	9.6	-66.48	7.4
CS35 : 해체13	7.92	34.62	2.5	-49.34	2.5	31.40	6.6	-44.71	2.5
CS36 : 해체14	7.92	32.96	2.5	-80.75	5.6	52.64	7.4	-41.42	2.5
CS37 : 해체15	6.13	35.76	2.5	-56.48	2.5	31.44	5.4	-46.97	2.5
CS38 : 해체16	6.13	42.08	2.5	-65.94	2.5	46.29	5.4	-59.48	2.5
CS39 : 해체17	3.03	11.44	2.5	-15.70	0.6	7.83	1.5	-8.26	5.6
CS40 : 해체18	3.03	16.95	3.0	-22.88	0.6	17.54	2.0	-10.17	5.6
CS41 : 해체19	1.05	9.53	1.5	-3.82	7.0	2.94	10.5	-13.79	3.0

CS42 : 해체20	1.05	9.48	1.5	-3.81	7.0	2.93	10.5	-13.72	3.0
CS43 : 해체21	0.10	4.72	13.2	-1.39	7.4	2.91	11.6	-2.77	14.2
TOTAL		170.08	12.7	-197.65	9.6	142.82	12.0	-83.33	12.7

13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-5
		0.55 (m)	2.53 (m)	5.63 (m)	7.42 (m)	9.57 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.03 m	3.03	24.66	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.03	17.24	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 6.13 m	6.13	-12.78	107.37	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.13	-7.10	93.16	16.67	-	-
CS7 : 굴착 7.92 m	7.92	-4.23	74.28	105.92	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	7.92	-5.82	84.06	66.39	50.13	-
CS9 : 굴착 10.07 m	10.07	-3.83	78.11	24.88	225.10	-
CS10 : 생성 Strut-5	10.07	-4.03	78.63	29.83	208.98	16.67
CS11 : 굴착 13.24 m	13.24	-4.51	81.19	23.75	148.71	265.60
CS12 : 생성 Strut-6	13.24	-4.38	80.56	24.51	163.88	223.24
CS13 : 굴착 16.54 m	16.54	-4.36	80.37	25.71	167.97	185.62
CS14 : 생성 Strut-7	16.54	-4.36	80.39	25.62	167.54	188.71
CS15 : 굴착 18.64 m	18.64	-4.36	80.40	25.54	167.42	191.01
CS16 : 생성 Strut-8	18.64	-4.36	80.40	25.55	167.45	190.64
CS17 : 굴착 20.54 m	20.54	-4.36	80.40	25.53	167.37	191.24
CS18 : 생성 Strut-9	20.54	-4.36	80.40	25.54	167.42	190.87
CS19 : 굴착 22.14 m	22.14	-4.36	80.40	25.54	167.40	191.01
CS20 : 생성 Strut-10	22.14	-4.36	80.40	25.54	167.40	191.01
CS21 : 굴착 23.48 m	23.48	-4.36	80.40	25.54	167.40	191.01
CS22 : Peck	23.48	102.61	208.18	190.31	150.04	242.28
CS23 : 해체1	22.14	-4.36	80.40	25.54	167.40	191.01
CS24 : 해체2	22.14	-4.36	80.40	25.54	167.40	191.01
CS25 : 해체3	20.54	-4.36	80.40	25.54	167.42	190.87
CS26 : 해체4	20.54	-4.36	80.40	25.53	167.37	191.24
CS27 : 해체5	18.64	-4.36	80.40	25.55	167.45	190.64
CS28 : 해체6	18.64	-4.36	80.40	25.54	167.42	190.99
CS29 : 해체7	16.54	-4.36	80.39	25.62	167.54	188.64
CS30 : 해체8	16.54	-4.36	80.37	25.71	167.96	185.72
CS31 : 해체9	13.24	-4.38	80.57	24.49	163.81	223.69
CS32 : 해체10	13.24	-4.51	81.18	23.75	148.95	265.28
CS33 : 해체11	10.07	-4.01	78.54	29.99	211.04	9.43
CS34 : 해체12	10.07	-3.90	78.25	27.28	219.89	-
CS35 : 해체13	7.92	-5.78	83.96	65.28	53.31	-
CS36 : 해체14	7.92	-4.12	73.72	106.91	-	-
CS37 : 해체15	6.13	-6.92	92.24	18.33	-	-

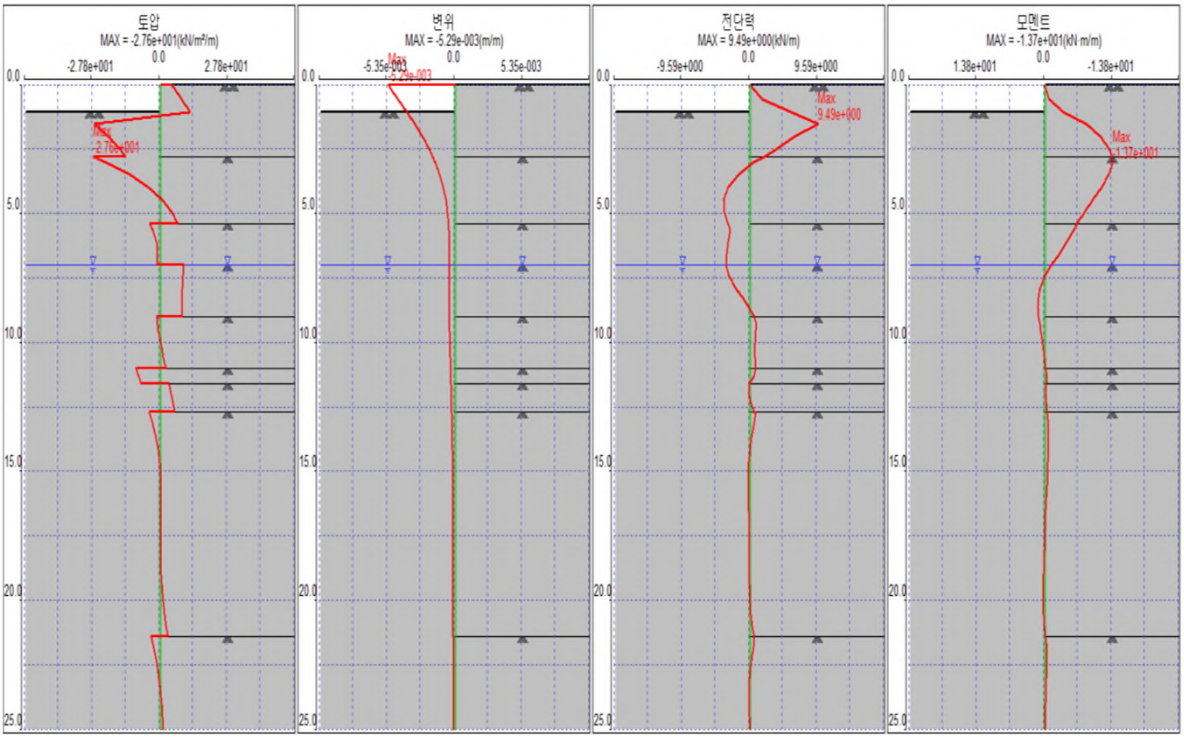
CS38 : 해체16	6.13	-13.24	108.02	-	-	-
CS39 : 해체17	3.03	17.39	16.22	-	-	-
CS40 : 해체18	3.03	24.58	-	-	-	-
CS41 : 해체19	1.05	-0.05	-	-	-	-
CS42 : 해체20	1.05	-	-	-	-	-
CS43 : 해체21	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		102.61	208.18	190.31	225.10	265.60

시공단계	굴착 깊이	Strut-6	Strut-7	Strut-8	Strut-9	Strut-10
		12.74 (m)	16.04 (m)	18.14 (m)	20.04 (m)	21.64 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.03 m	3.03	-	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.03	-	-	-	-	-
CS5 : 굴착 6.13 m	6.13	-	-	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.13	-	-	-	-	-
CS7 : 굴착 7.92 m	7.92	-	-	-	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	7.92	-	-	-	-	-
CS9 : 굴착 10.07 m	10.07	-	-	-	-	-
CS10 : 생성 Strut-5	10.07	-	-	-	-	-
CS11 : 굴착 13.24 m	13.24	-	-	-	-	-
CS12 : 생성 Strut-6	13.24	66.60	-	-	-	-
CS13 : 굴착 16.54 m	16.54	244.44	-	-	-	-
CS14 : 생성 Strut-7	16.54	235.89	16.67	-	-	-
CS15 : 굴착 18.64 m	18.64	216.84	138.10	-	-	-
CS16 : 생성 Strut-8	18.64	219.33	127.56	16.67	-	-
CS17 : 굴착 20.54 m	20.54	217.52	109.38	132.24	-	-
CS18 : 생성 Strut-9	20.54	218.29	126.26	59.37	125.00	-
CS19 : 굴착 22.14 m	22.14	218.25	115.74	88.11	141.31	-
CS20 : 생성 Strut-10	22.14	218.25	115.74	88.11	141.31	0.00
CS21 : 굴착 23.48 m	23.48	218.32	114.83	87.88	142.87	22.82
CS22 : Peck	23.48	314.55	190.47	161.68	146.28	126.53
CS23 : 해체1	22.14	218.25	115.73	88.19	141.32	-0.26
CS24 : 해체2	22.14	218.25	115.77	88.11	141.27	-
CS25 : 해체3	20.54	218.29	126.33	59.35	124.88	-
CS26 : 해체4	20.54	217.51	109.50	132.05	-	-
CS27 : 해체5	18.64	219.33	127.90	15.83	-	-
CS28 : 해체6	18.64	216.97	137.89	-	-	-
CS29 : 해체7	16.54	236.29	15.72	-	-	-
CS30 : 해체8	16.54	244.35	-	-	-	-
CS31 : 해체9	13.24	65.35	-	-	-	-
CS32 : 해체10	13.24	-	-	-	-	-
CS33 : 해체11	10.07	-	-	-	-	-
CS34 : 해체12	10.07	-	-	-	-	-
CS35 : 해체13	7.92	-	-	-	-	-
CS36 : 해체14	7.92	-	-	-	-	-
CS37 : 해체15	6.13	-	-	-	-	-
CS38 : 해체16	6.13	-	-	-	-	-
CS39 : 해체17	3.03	-	-	-	-	-

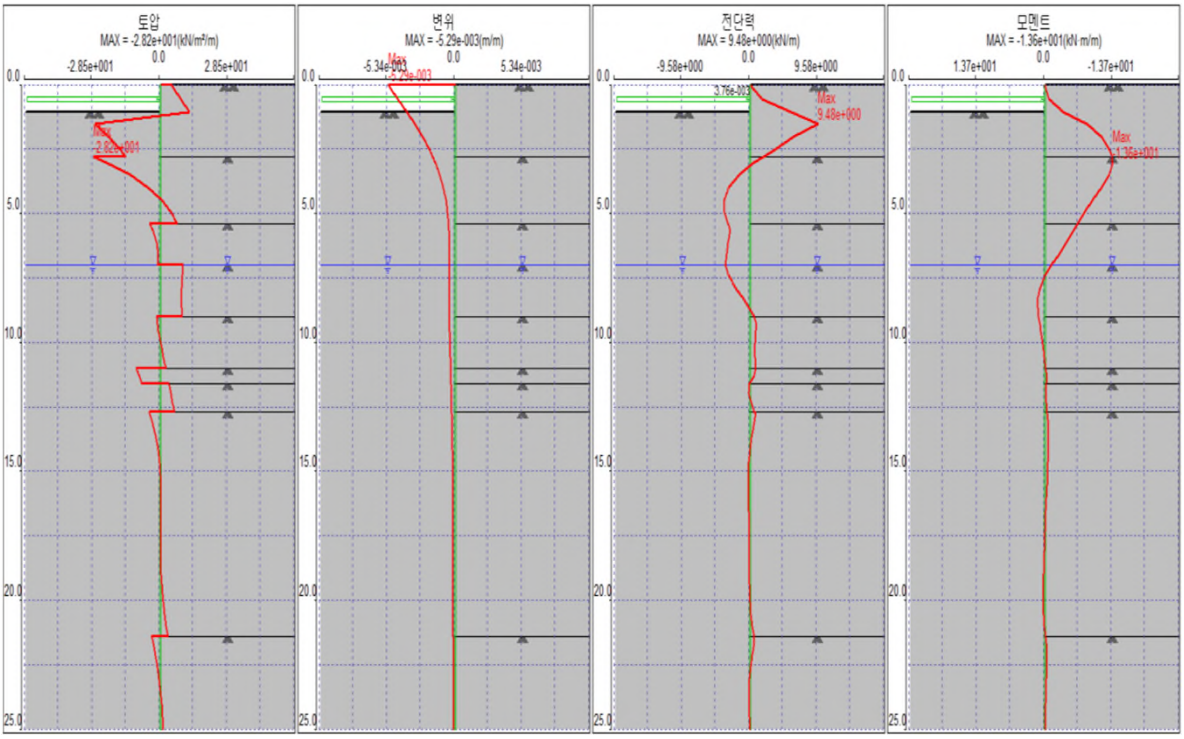
CS40 : 해체18	3.03	-	-	-	-	-
CS41 : 해체19	1.05	-	-	-	-	-
CS42 : 해체20	1.05	-	-	-	-	-
CS43 : 해체21	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		314.55	190.47	161.68	146.28	126.53

13.2 시공단계별 단면력도

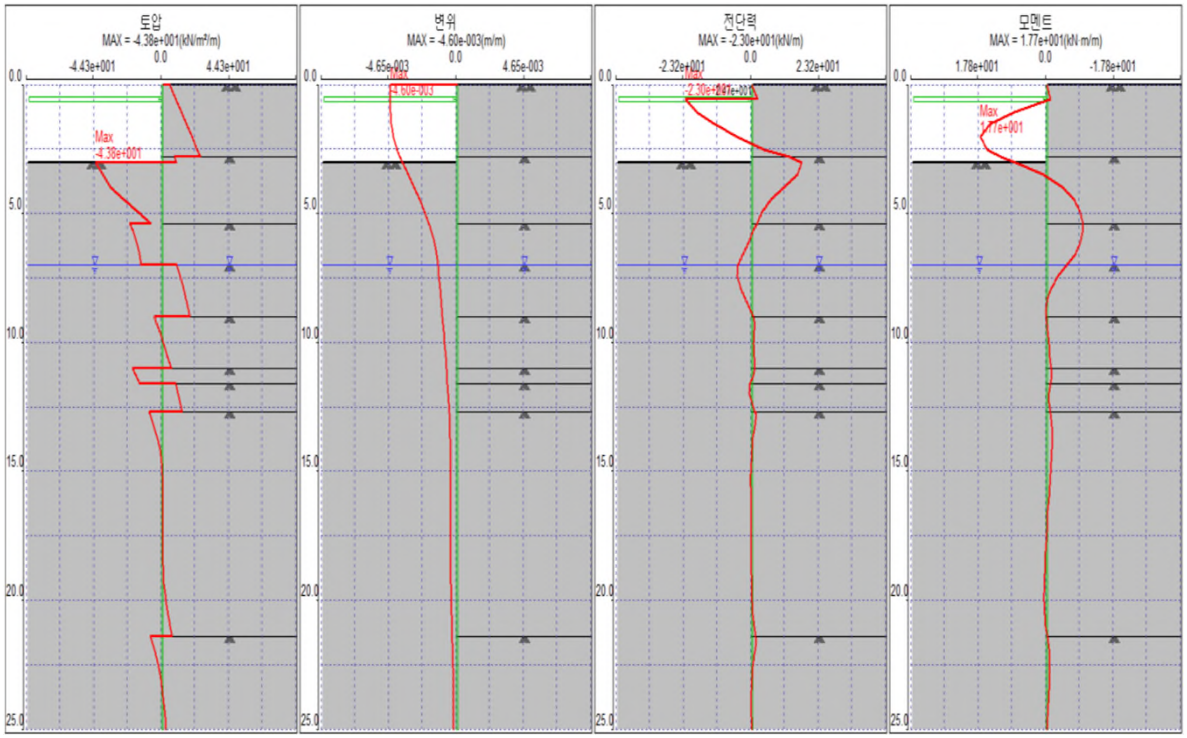
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



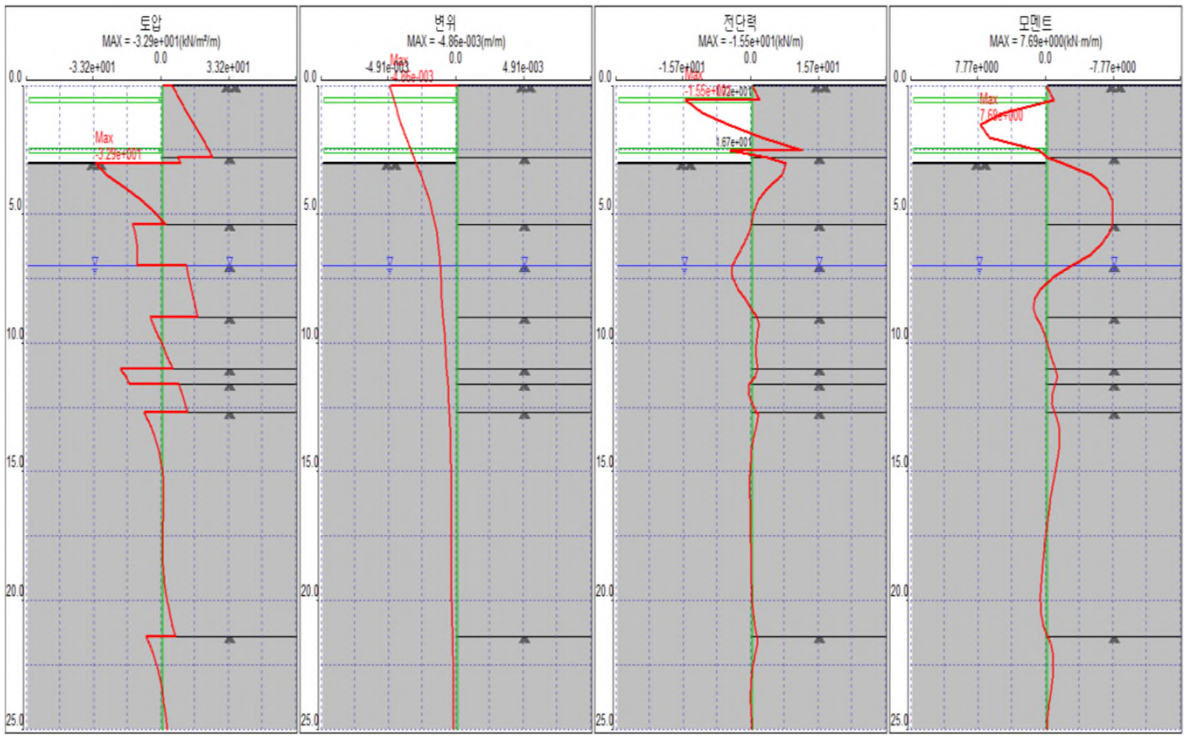
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



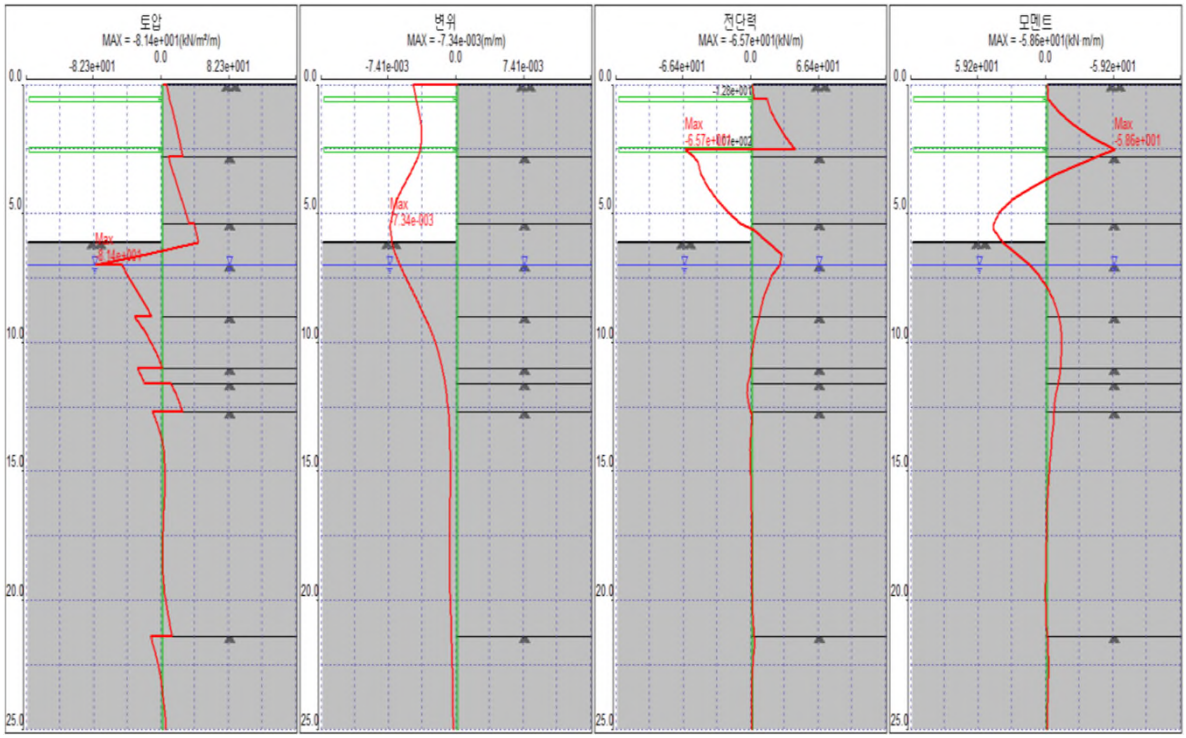
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.03 m]



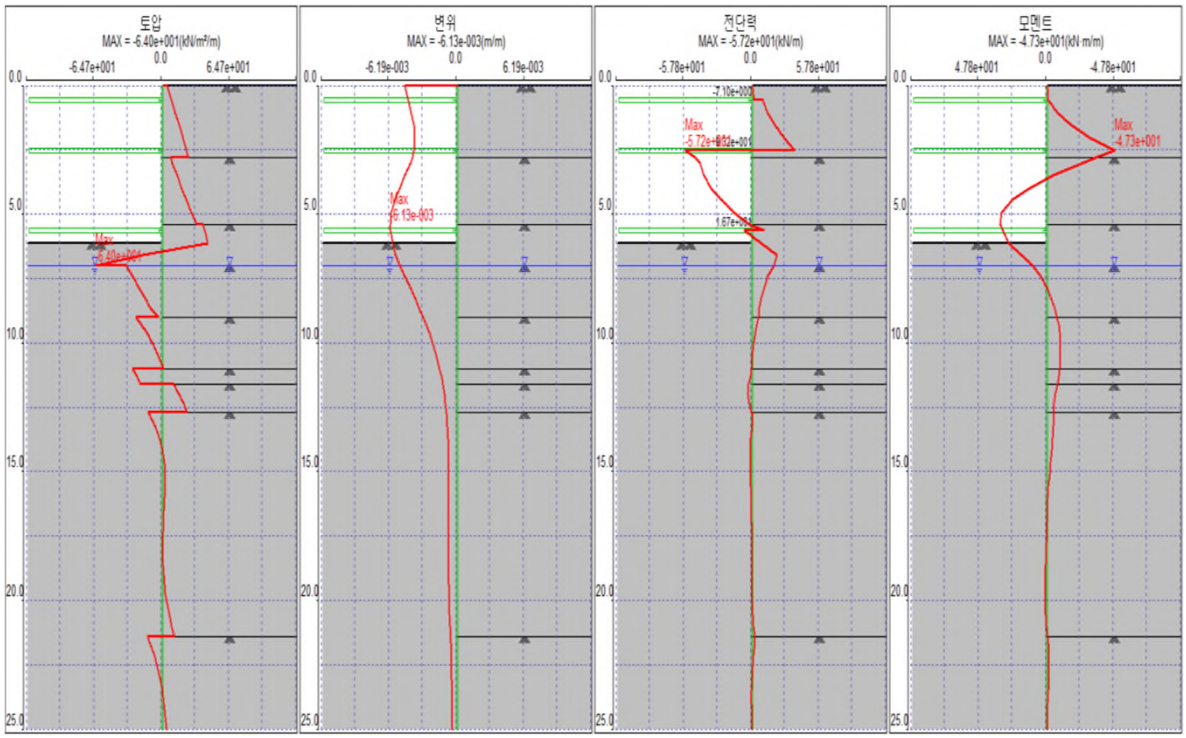
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



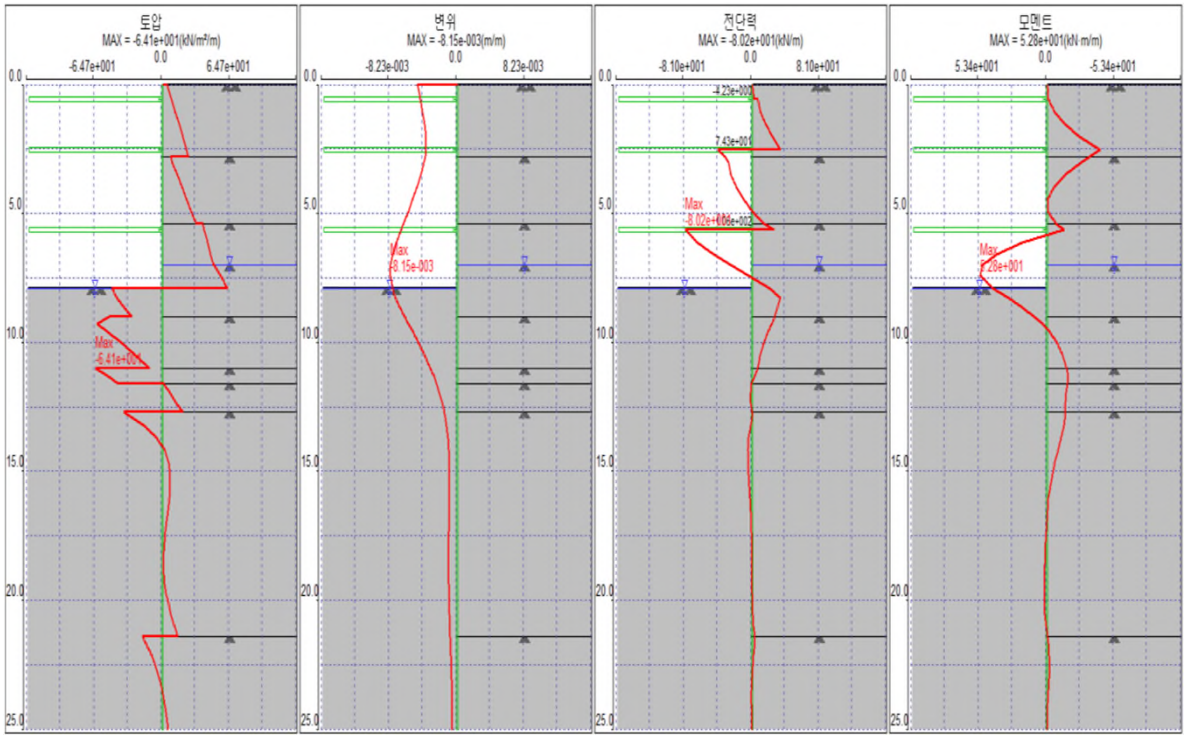
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.13 m]



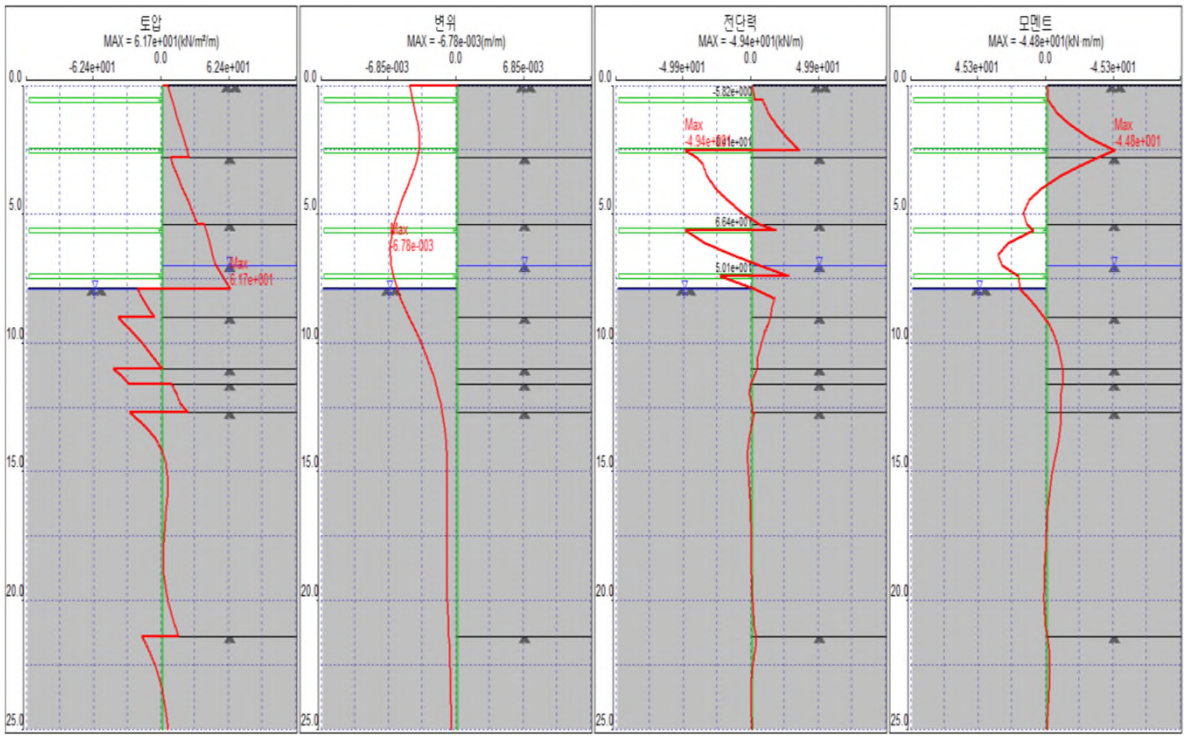
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



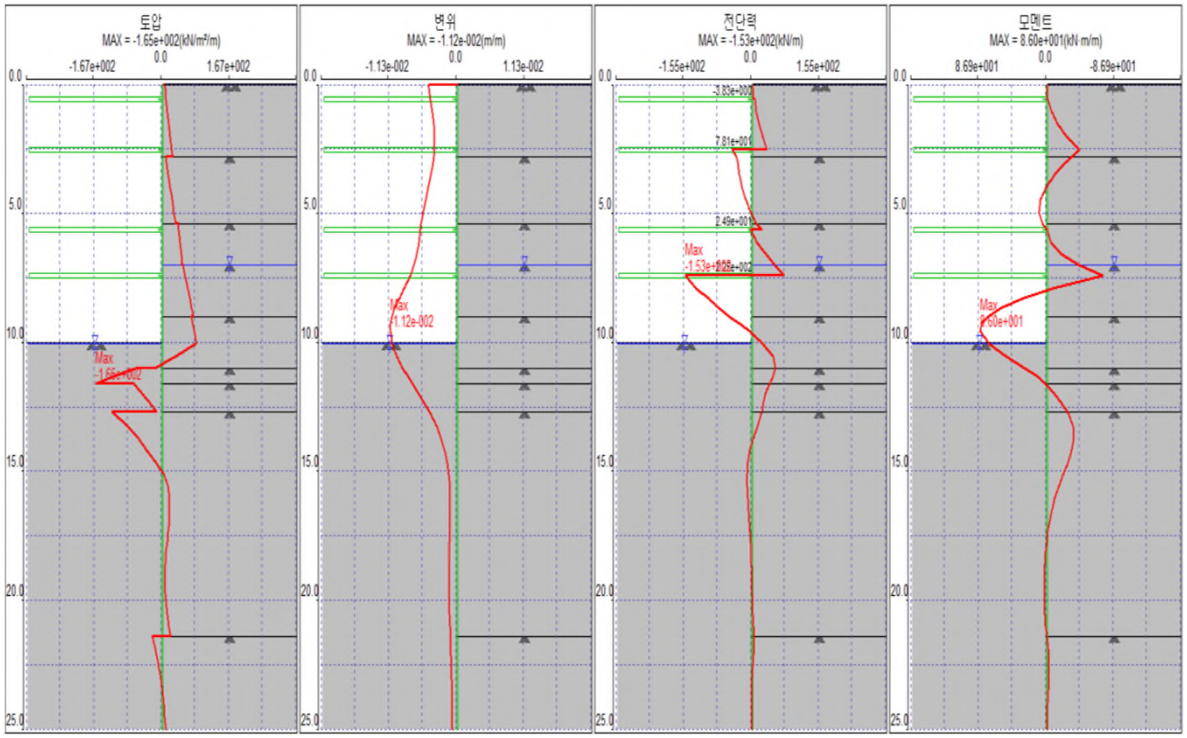
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 7.92 m]



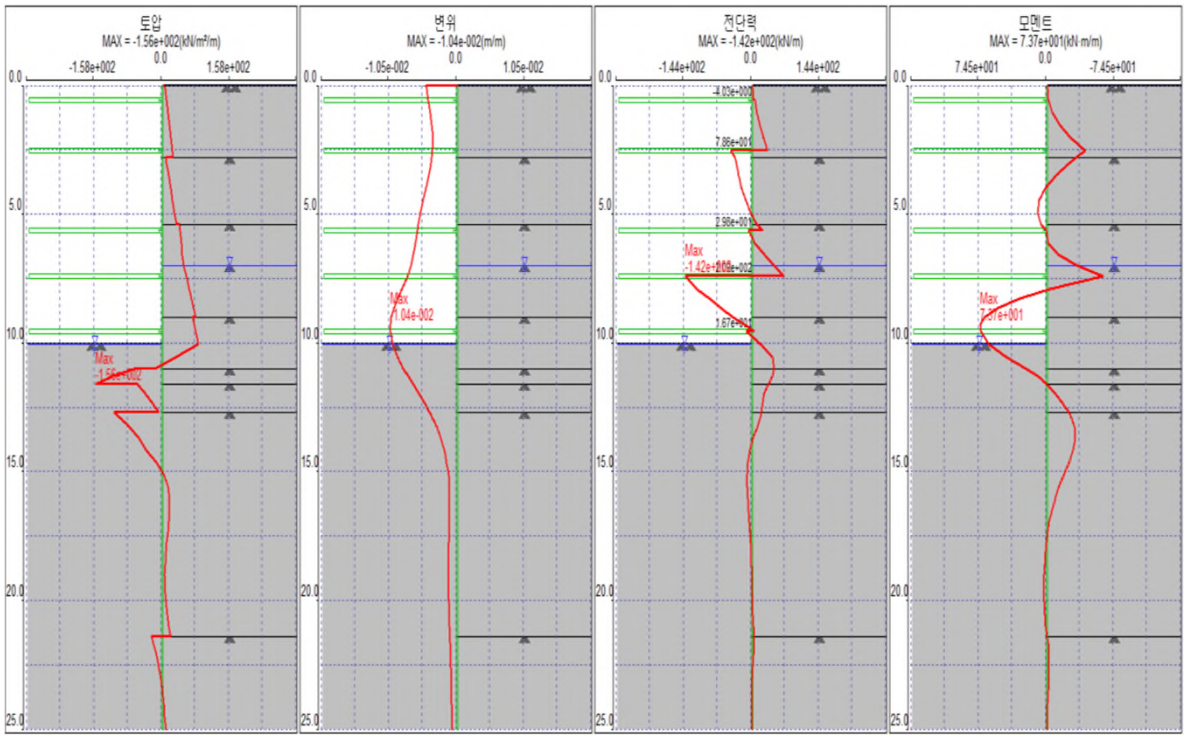
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



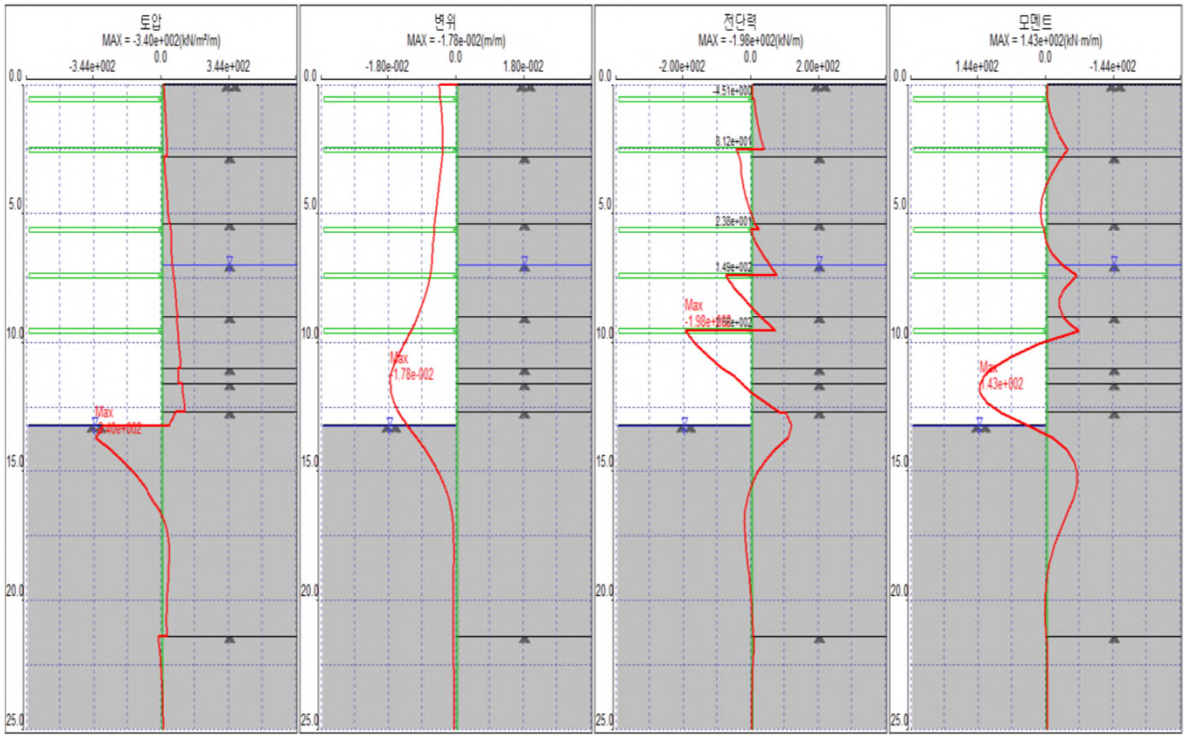
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 10.07 m]



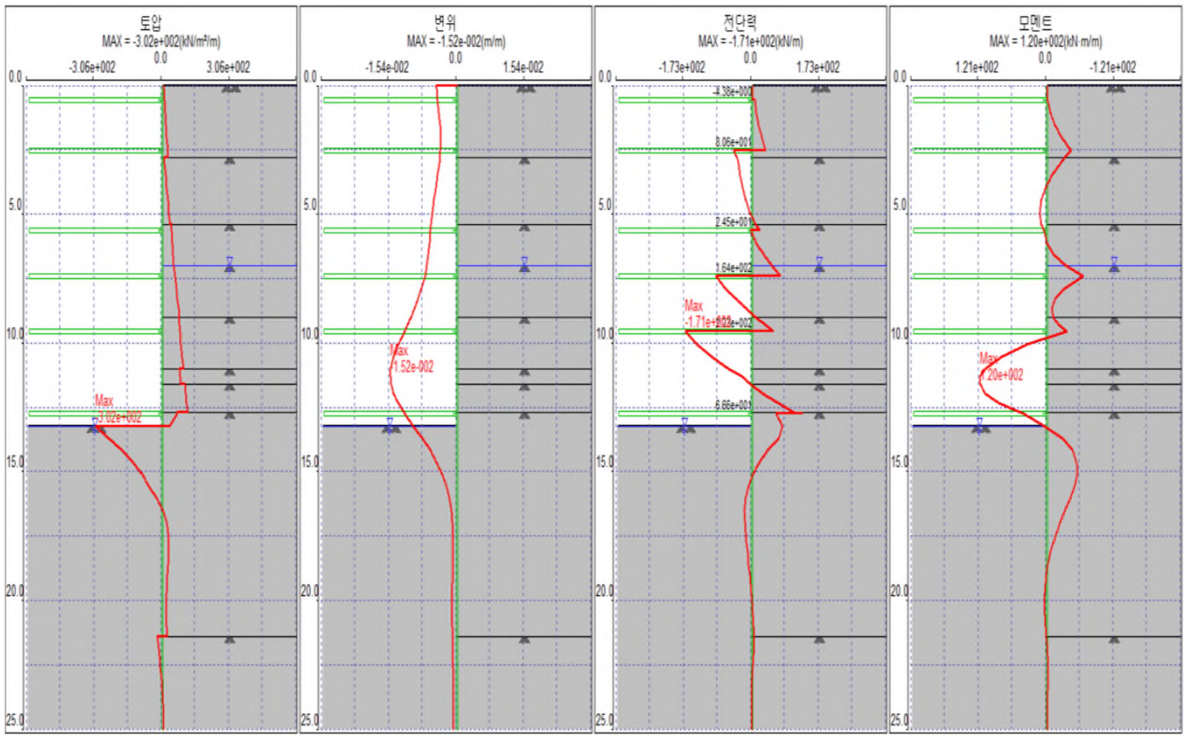
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



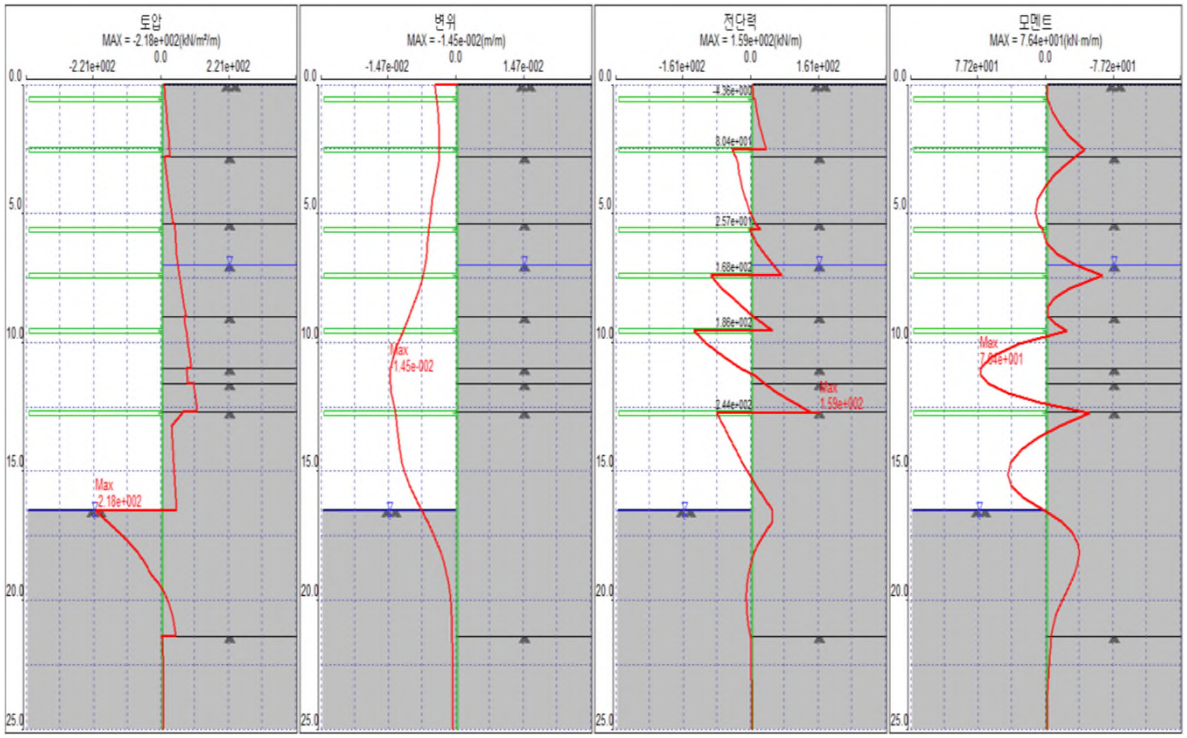
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 13.24 m]



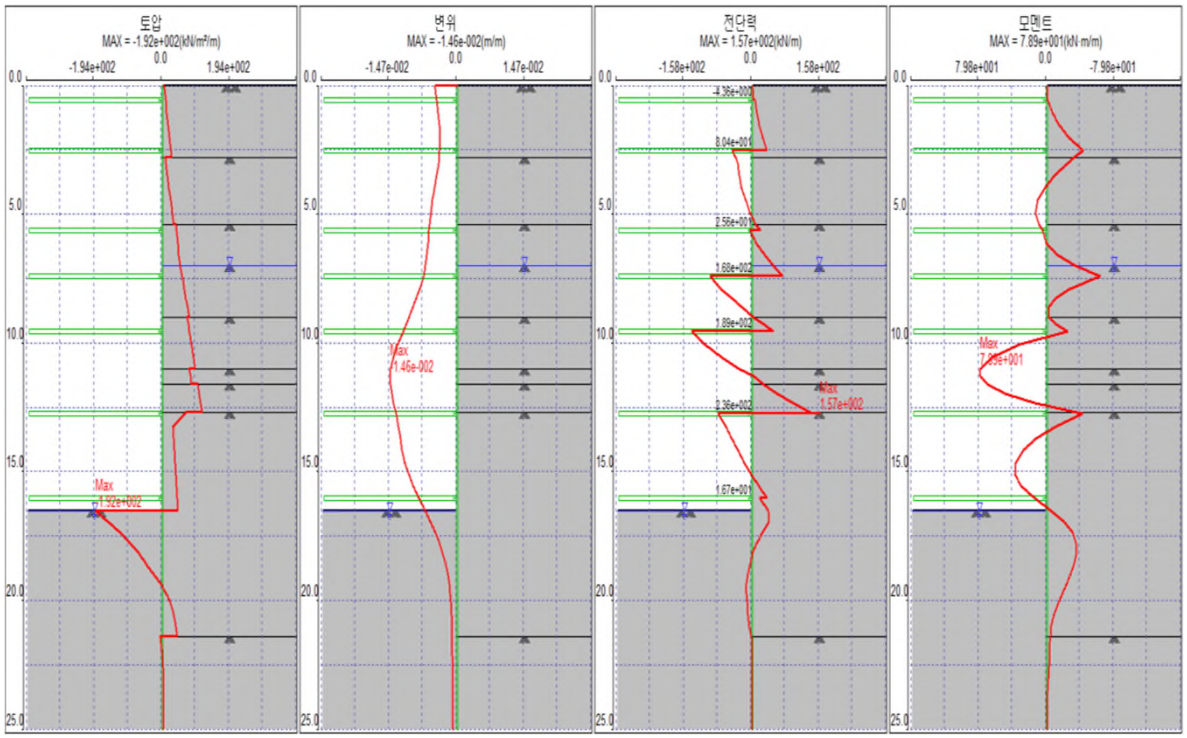
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



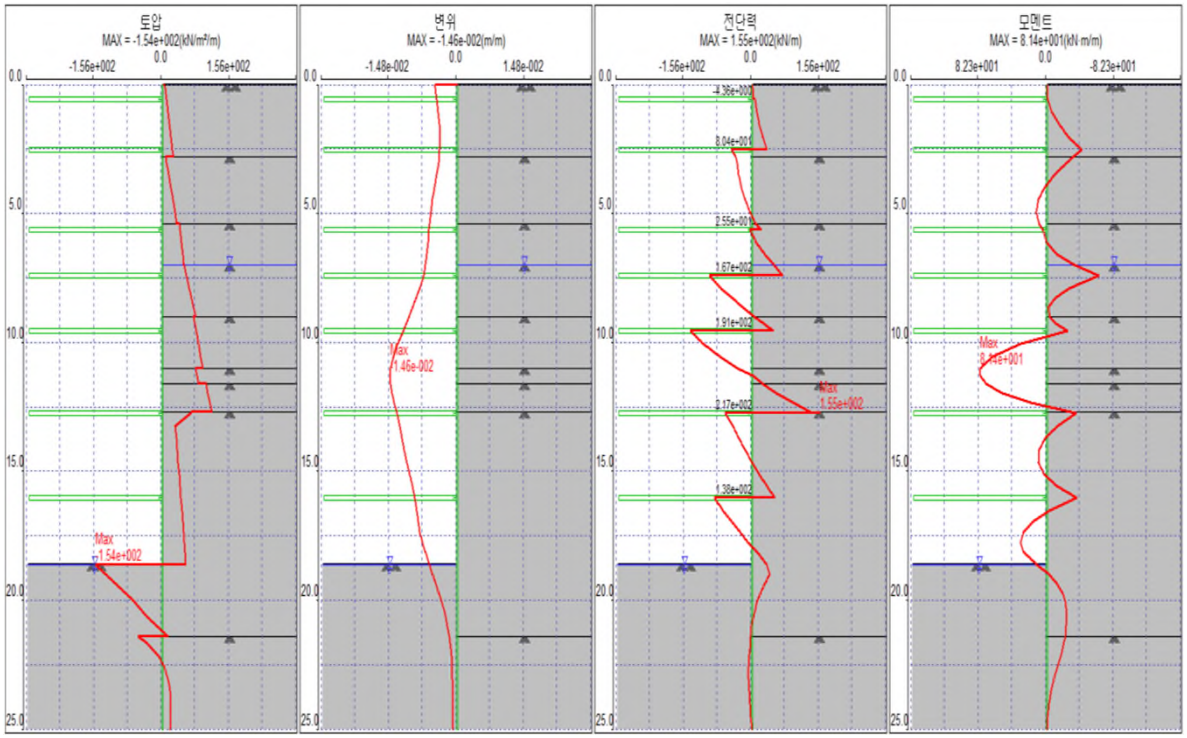
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 16.54 m]



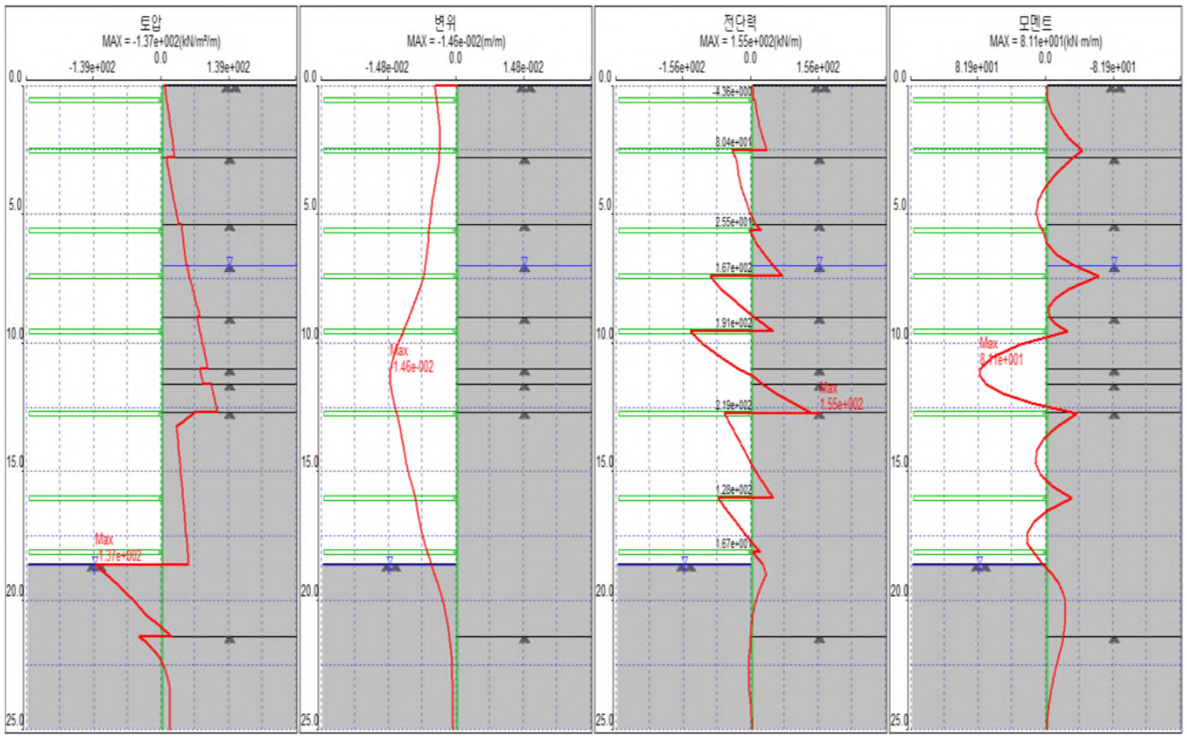
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



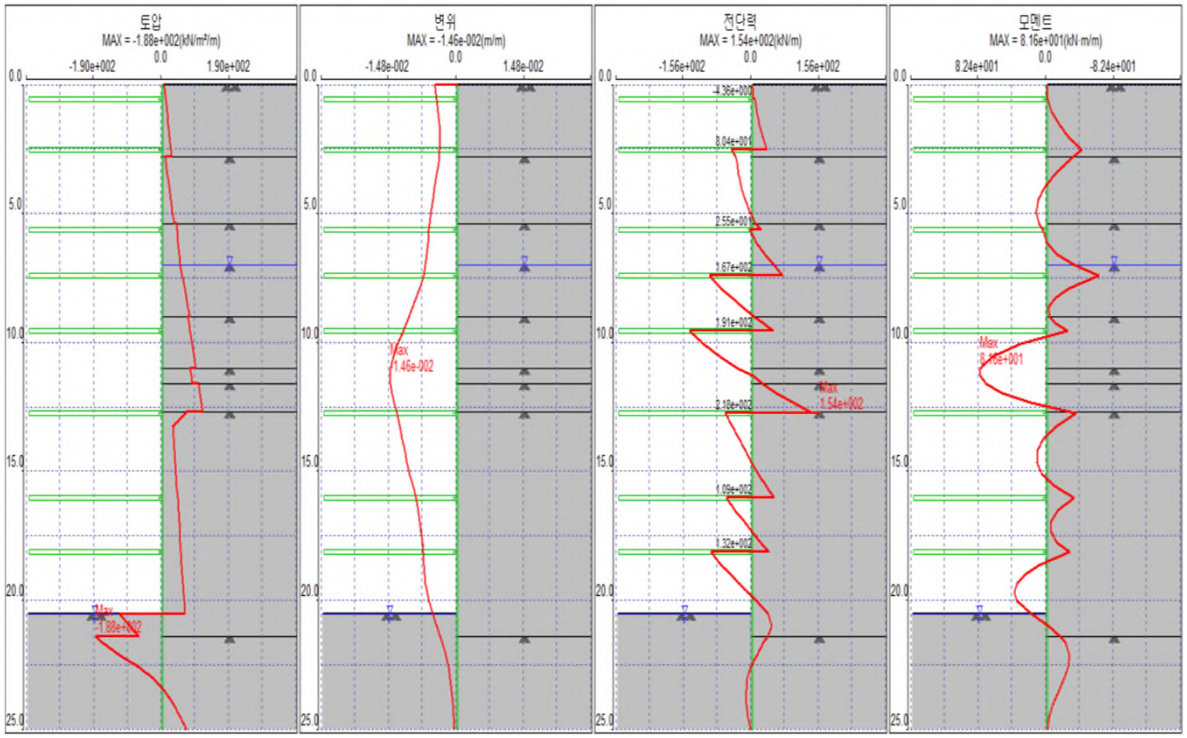
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 18.64 m]



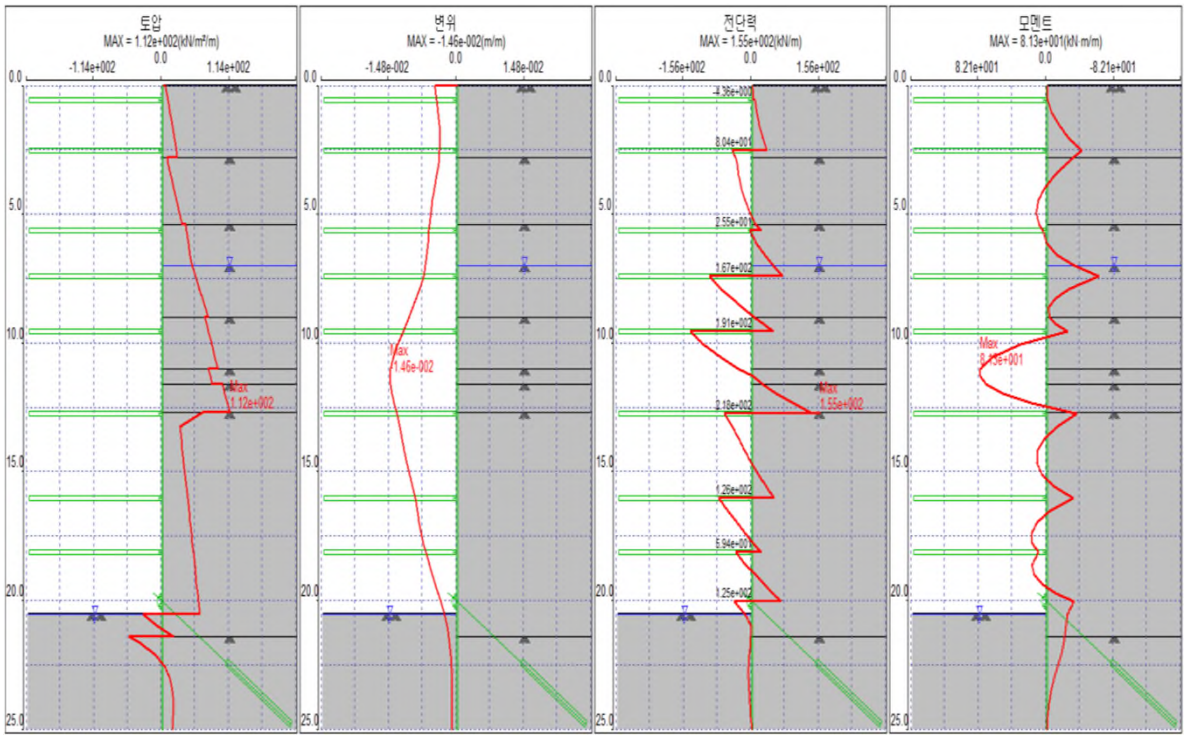
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



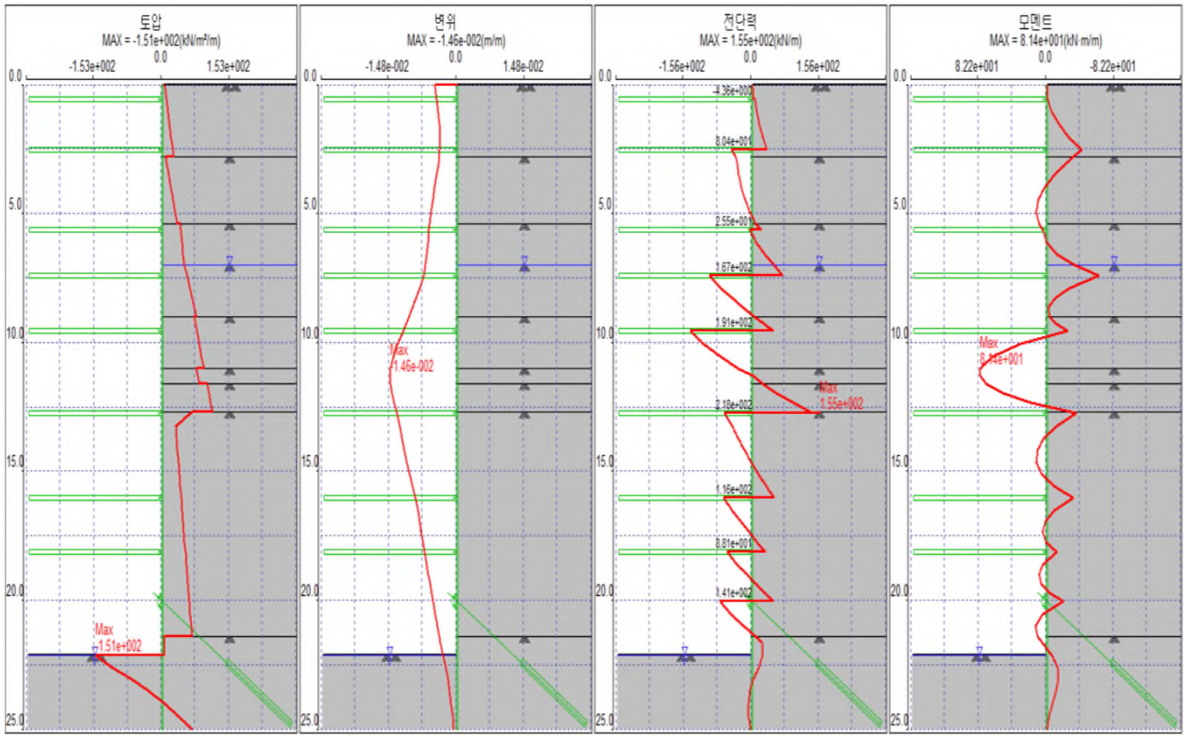
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 20.54 m]



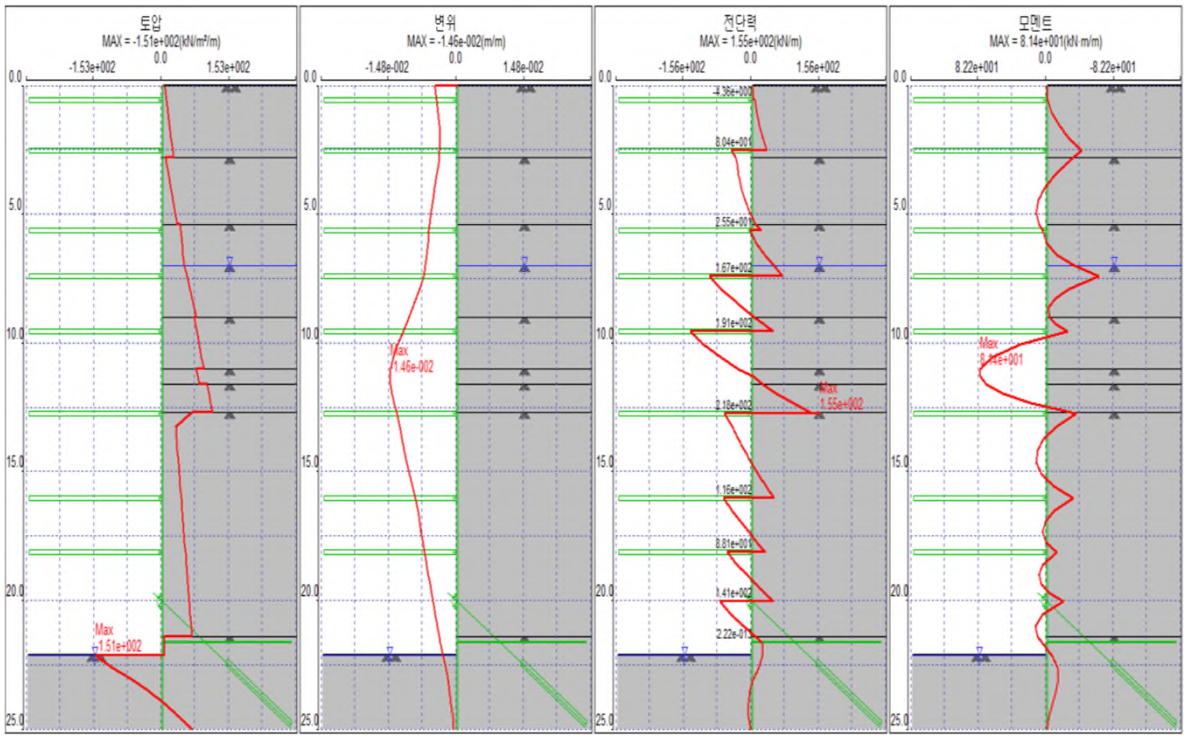
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-9]



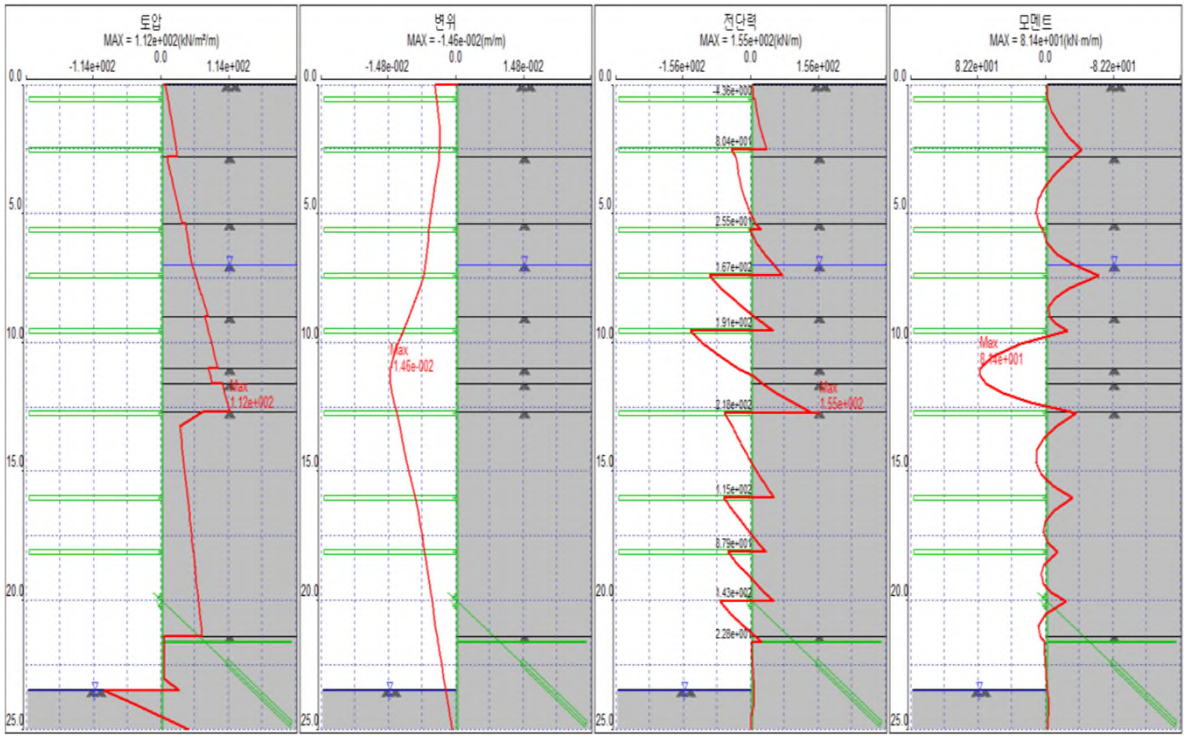
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 22.14 m]



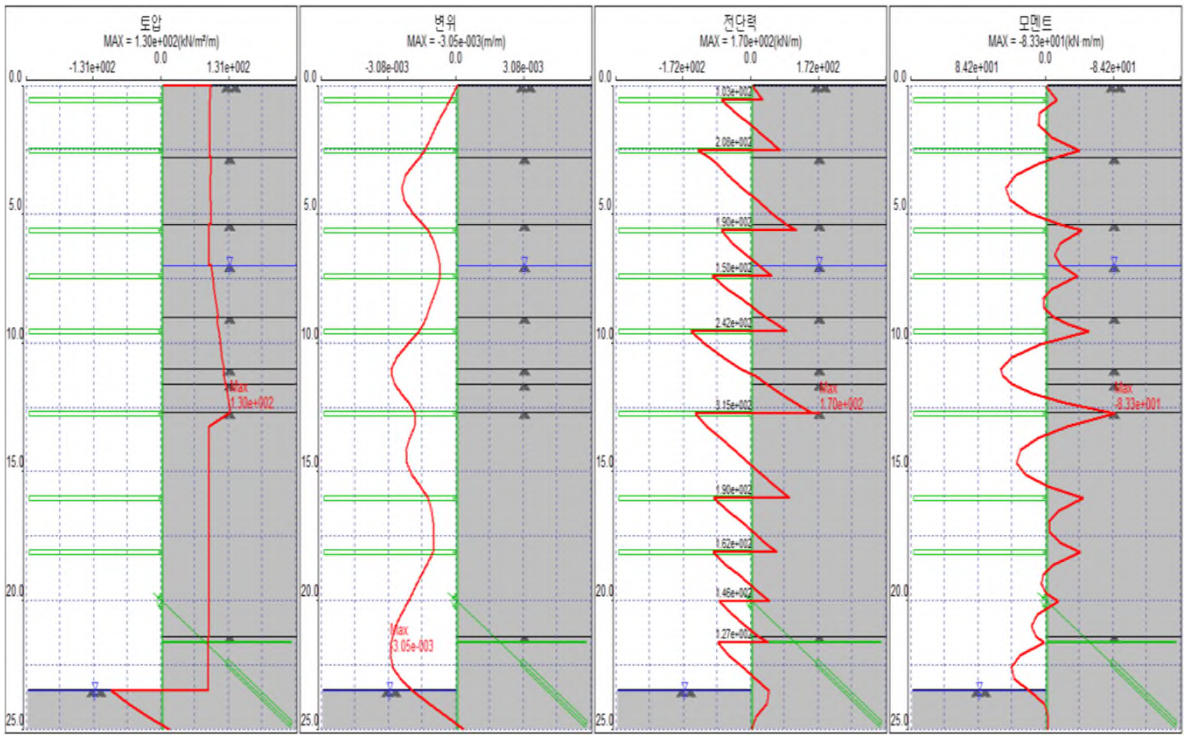
20) 시공 20 단계 [CS20 : 생성 Strut-10]



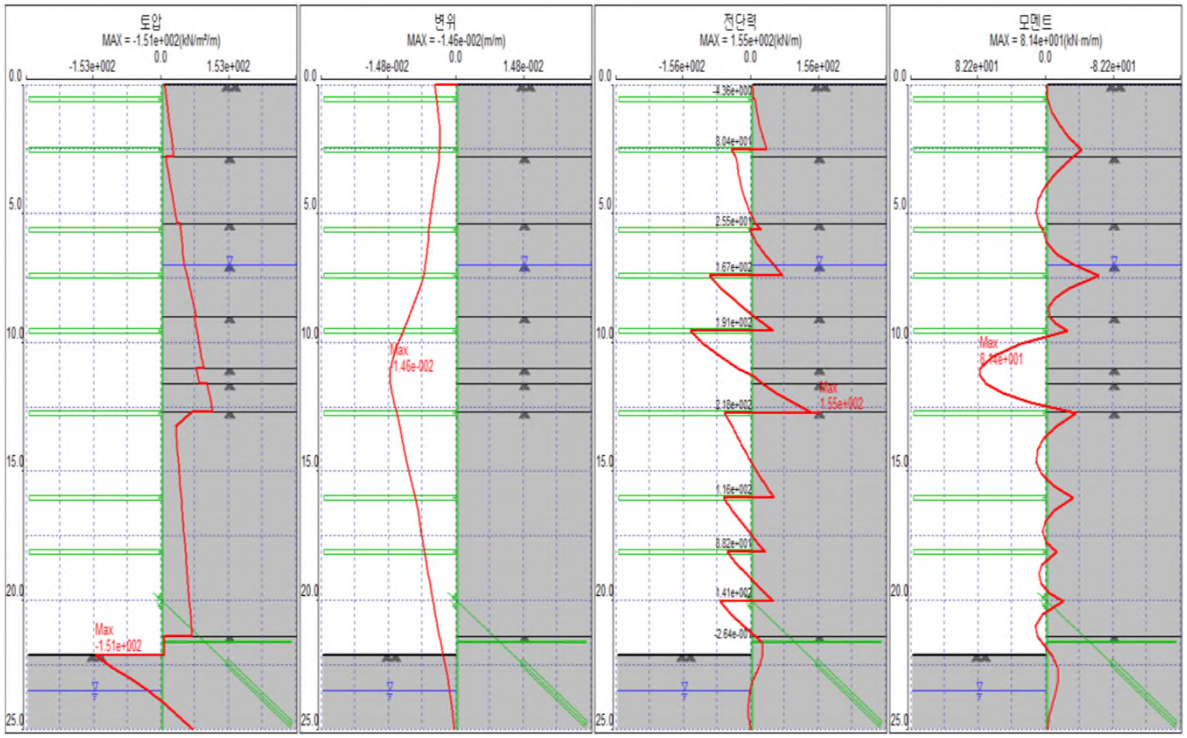
21) 시공 21 단계 [CS21 : 굴착 23.48 m]



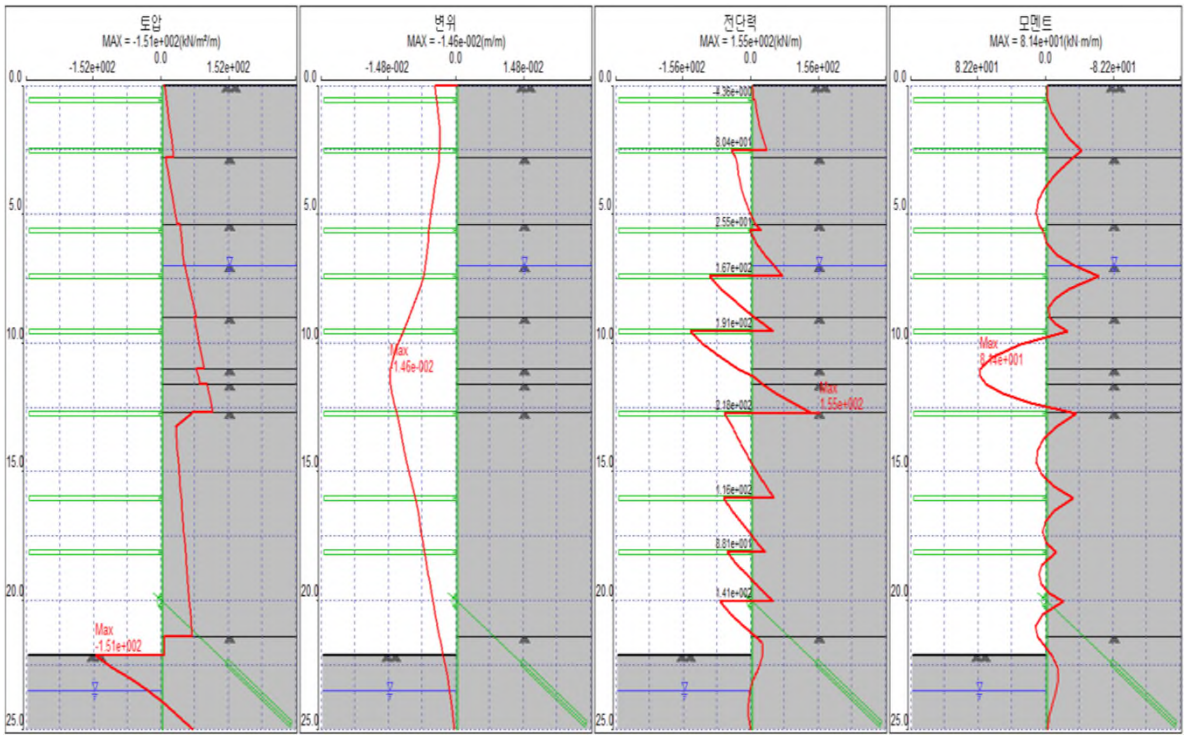
22) 시공 22 단계 [CS22 : Peck]



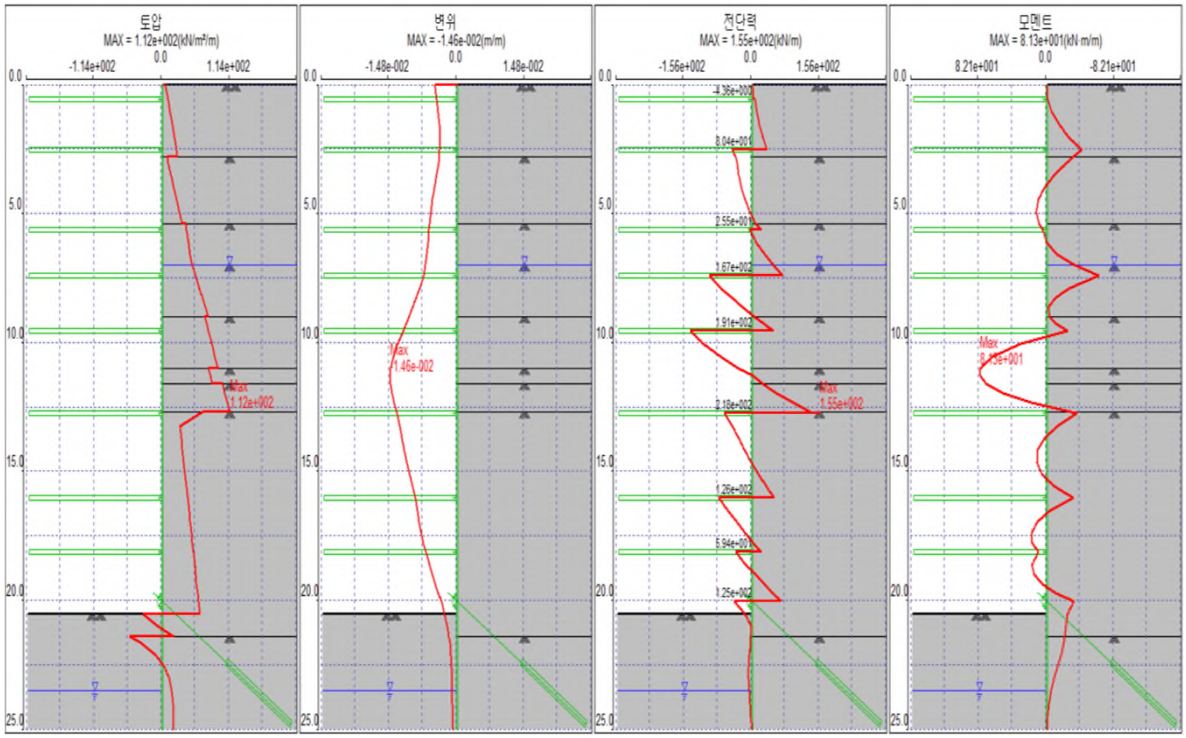
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체1]



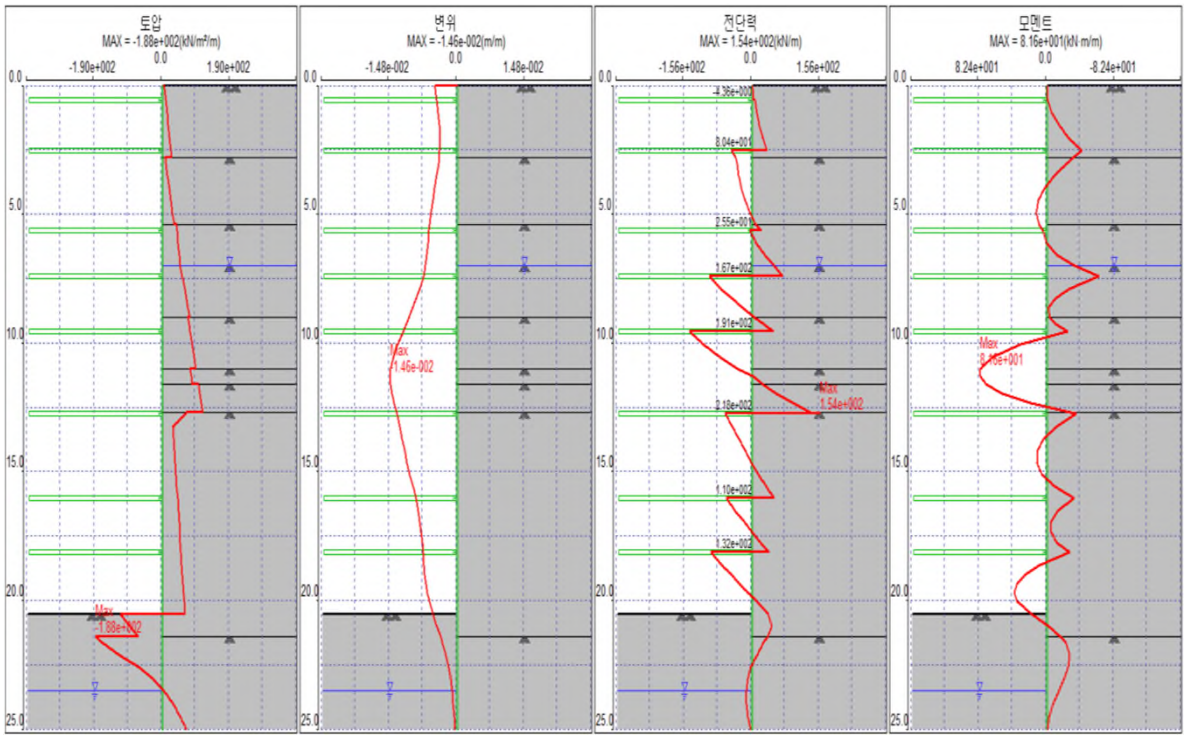
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체2]



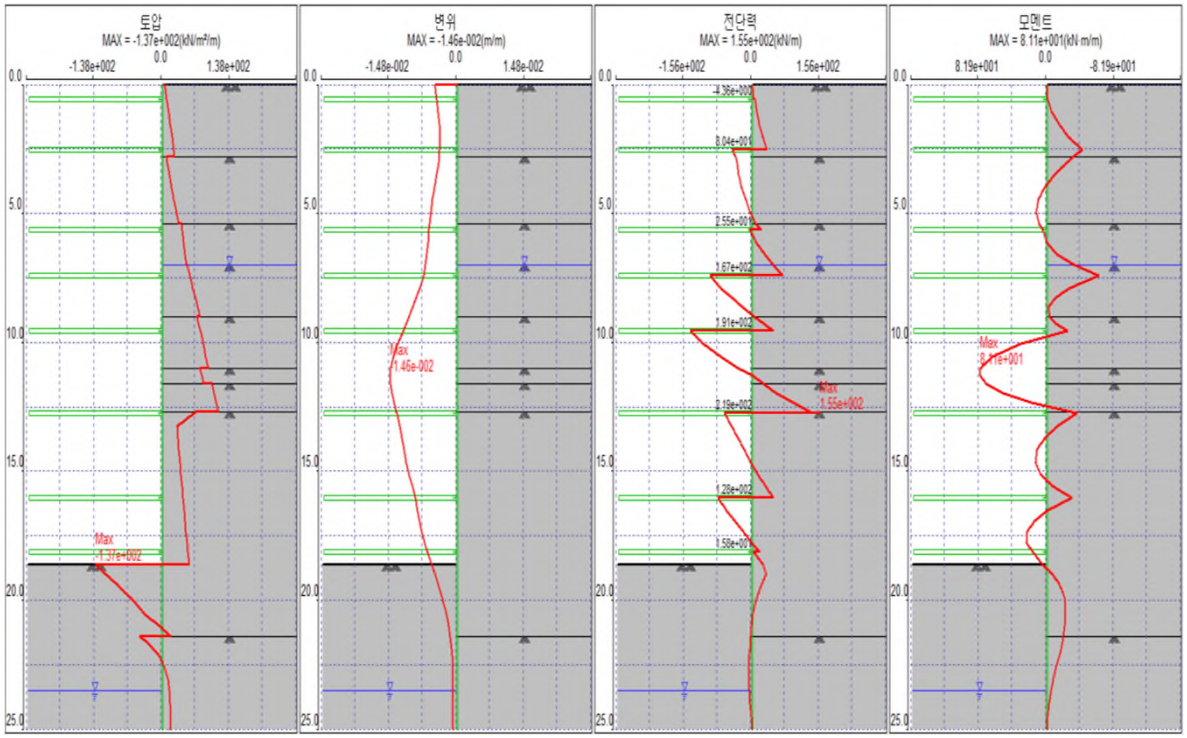
25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체3]



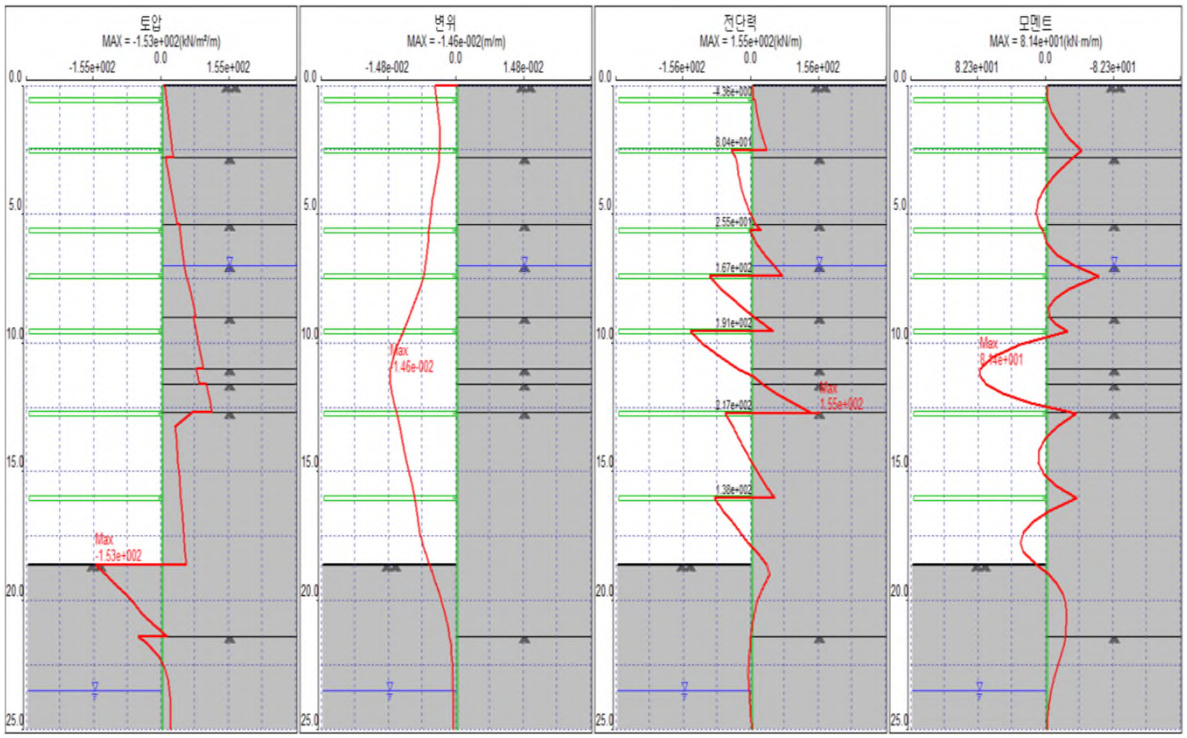
26) 시공 26 단계 [CS26 : 해체4]



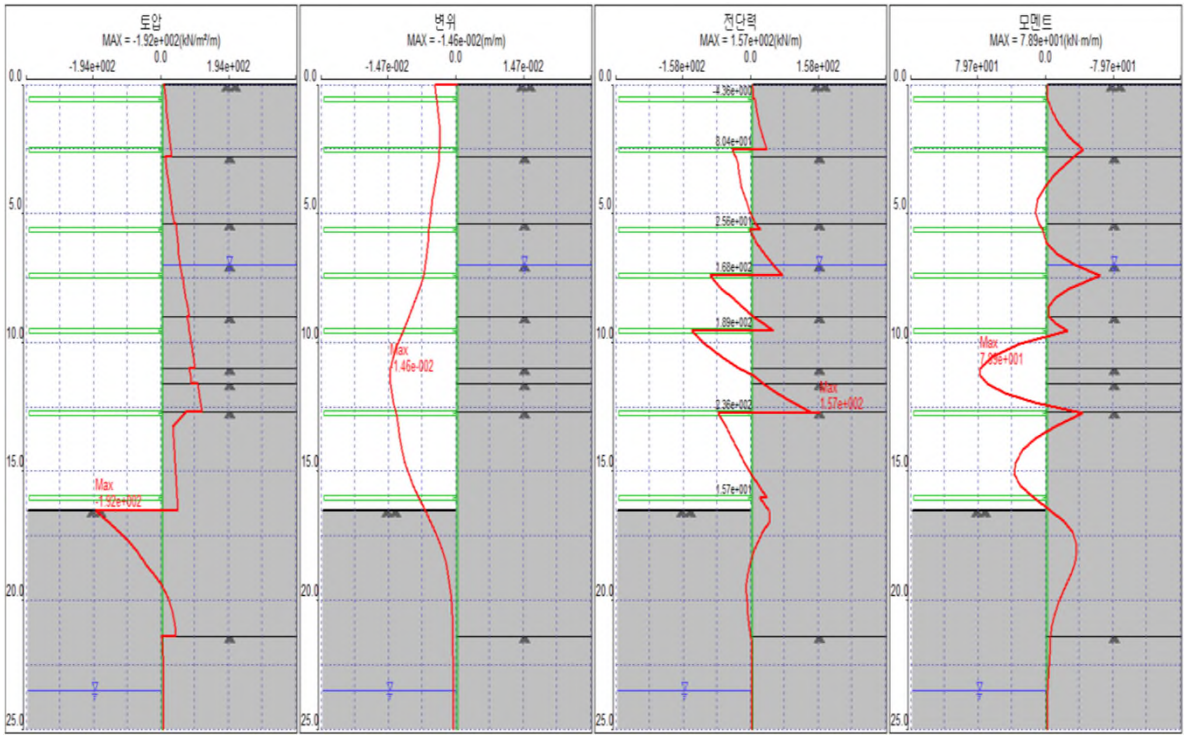
27) 시공 27 단계 [CS27 : 해체5]



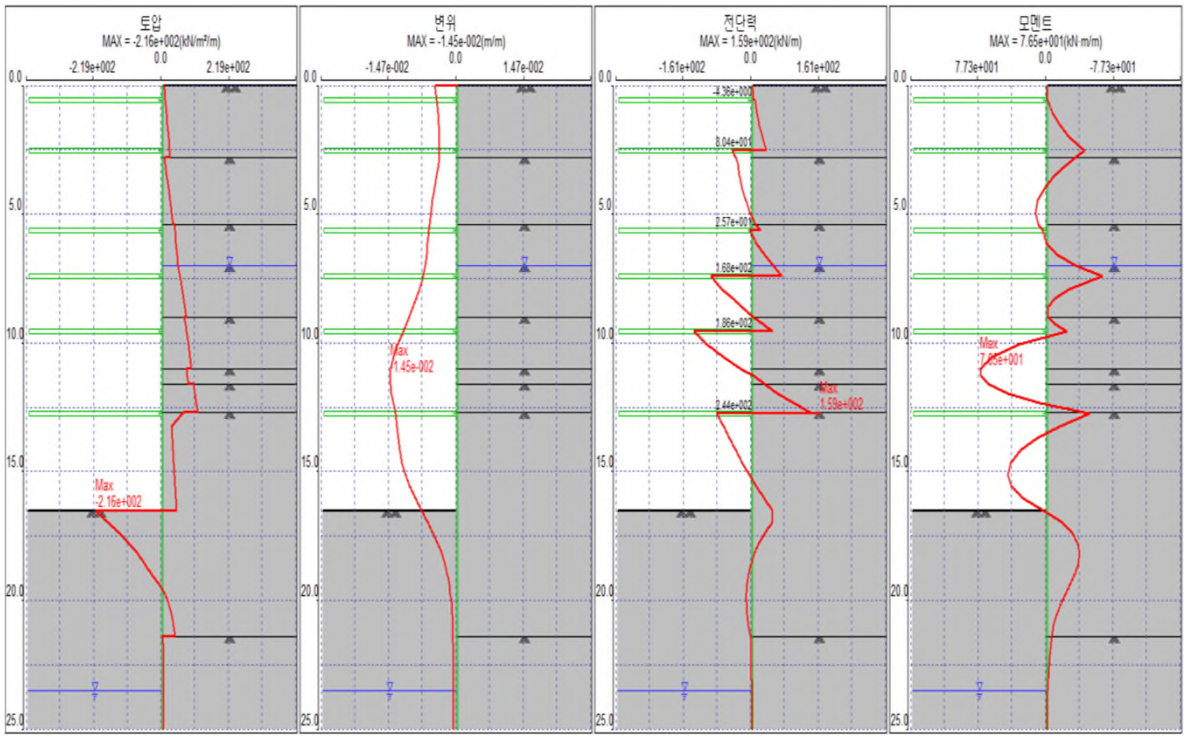
28) 시공 28 단계 [CS28 : 해체6]



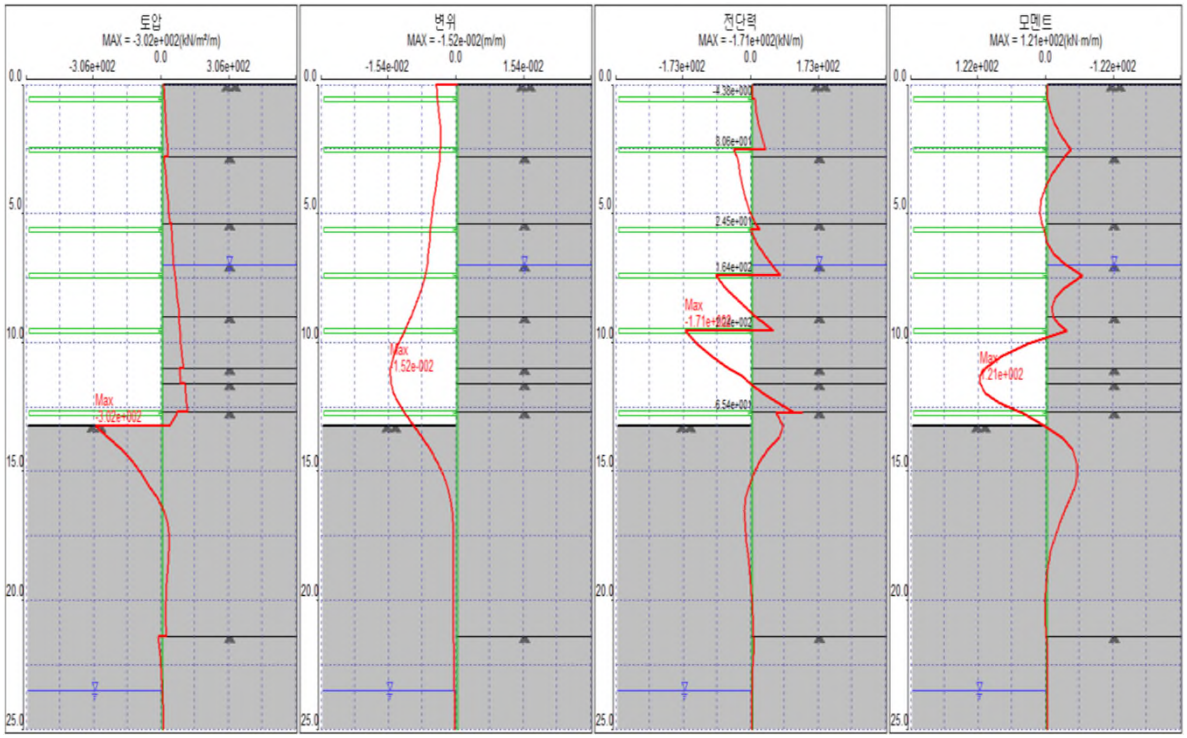
29) 시공 29 단계 [CS29 : 해체7]



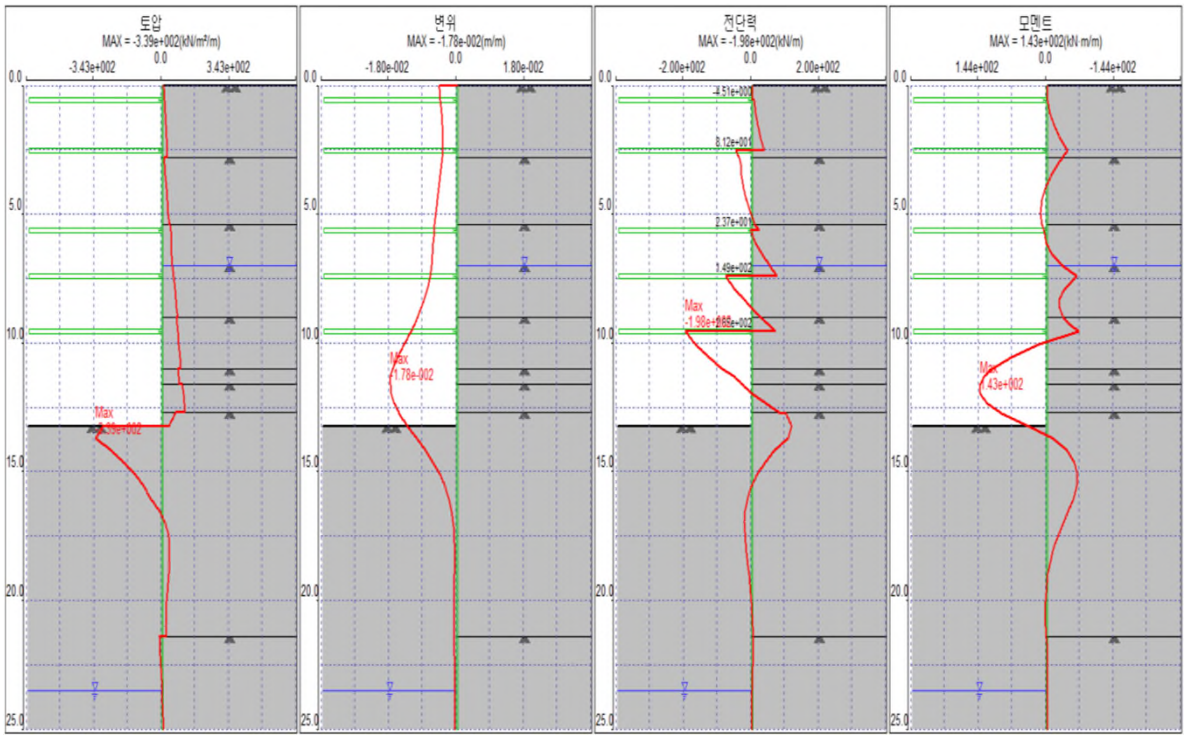
30) 시공 30 단계 [CS30 : 해체8]



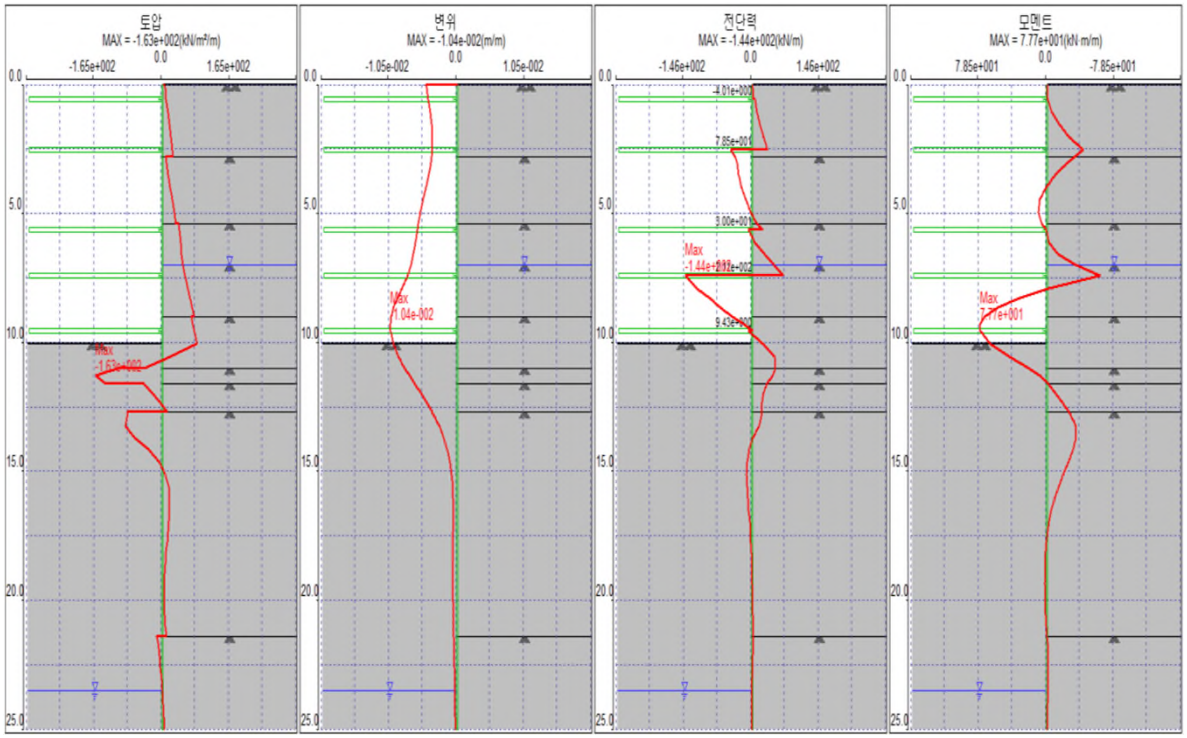
31) 시공 31 단계 [CS31 : 해체9]



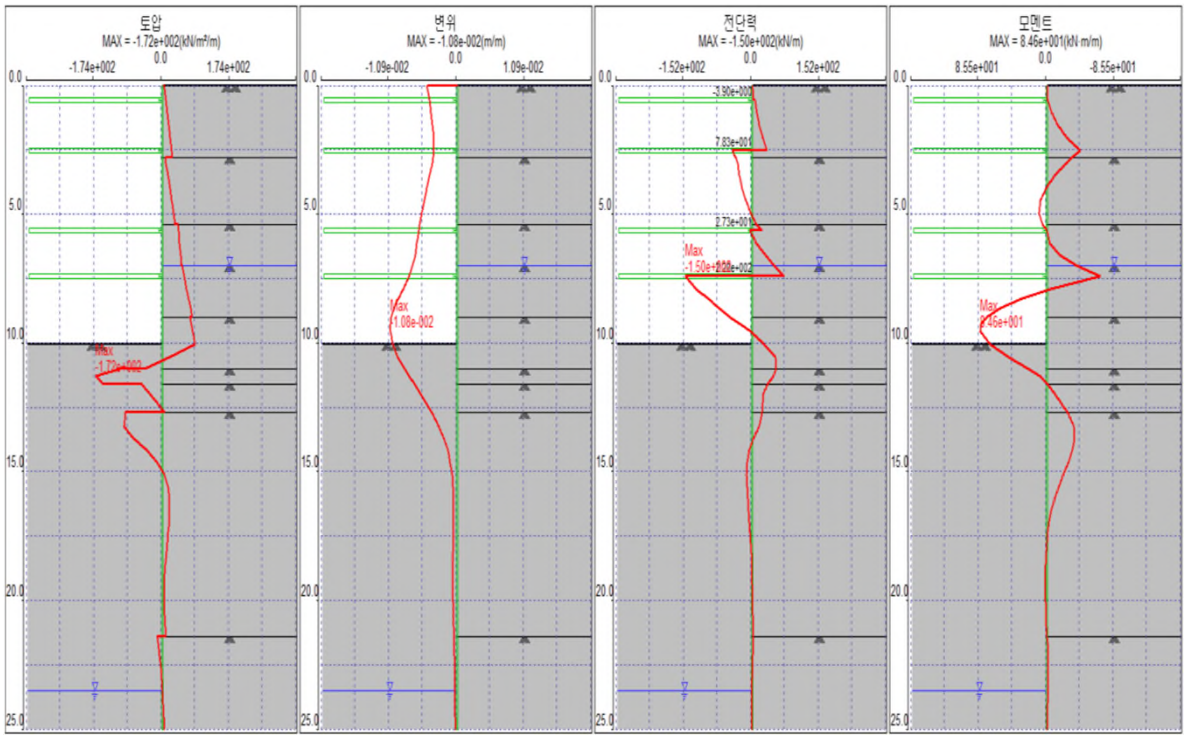
32) 시공 32 단계 [CS32 : 해체10]



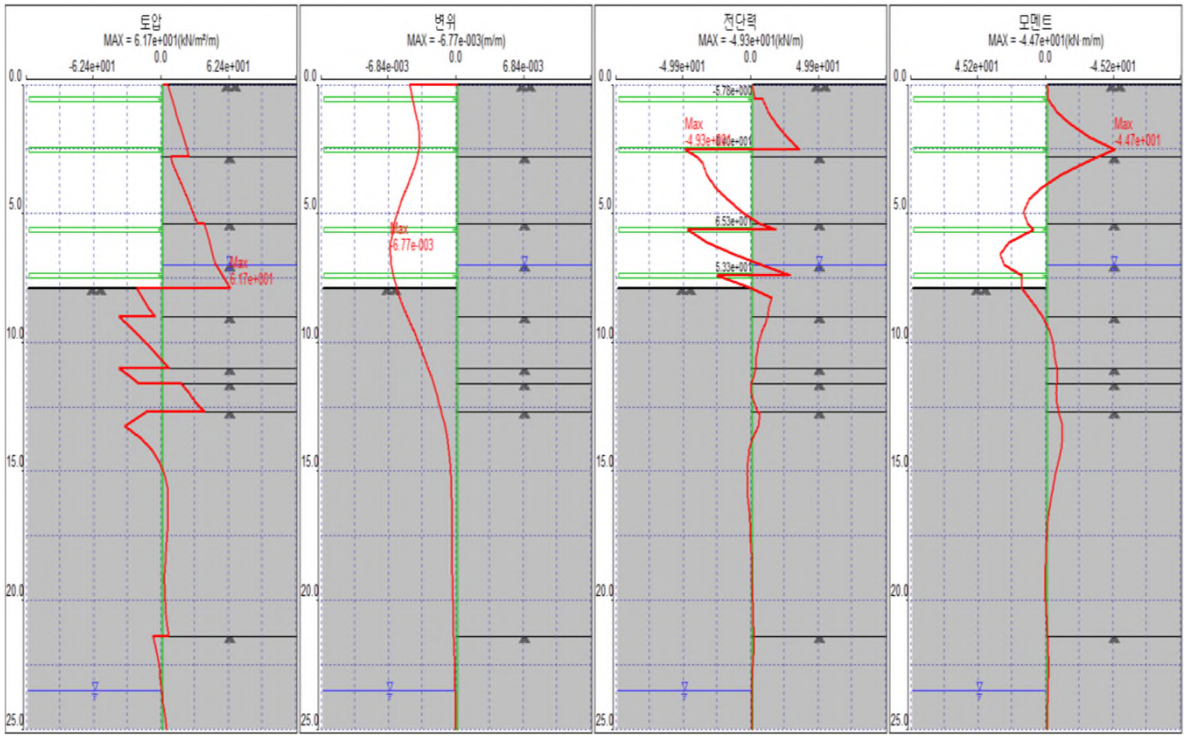
33) 시공 33 단계 [CS33 : 해체11]



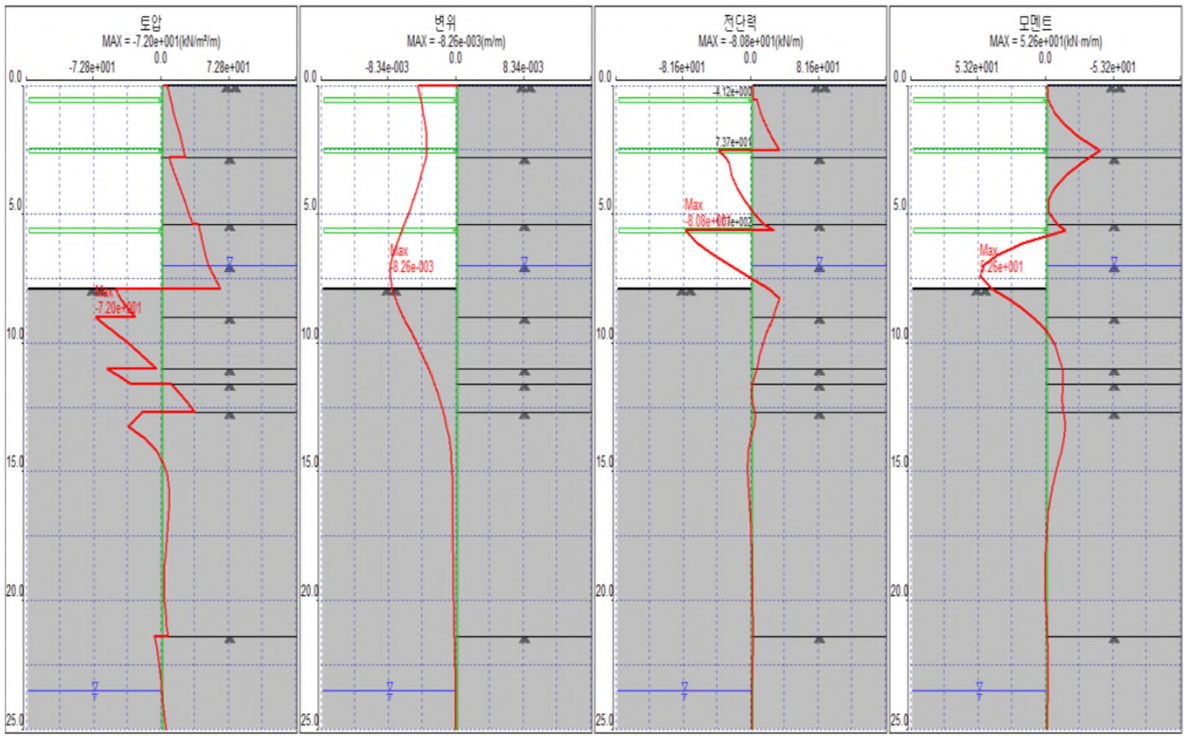
34) 시공 34 단계 [CS34 : 해체12]



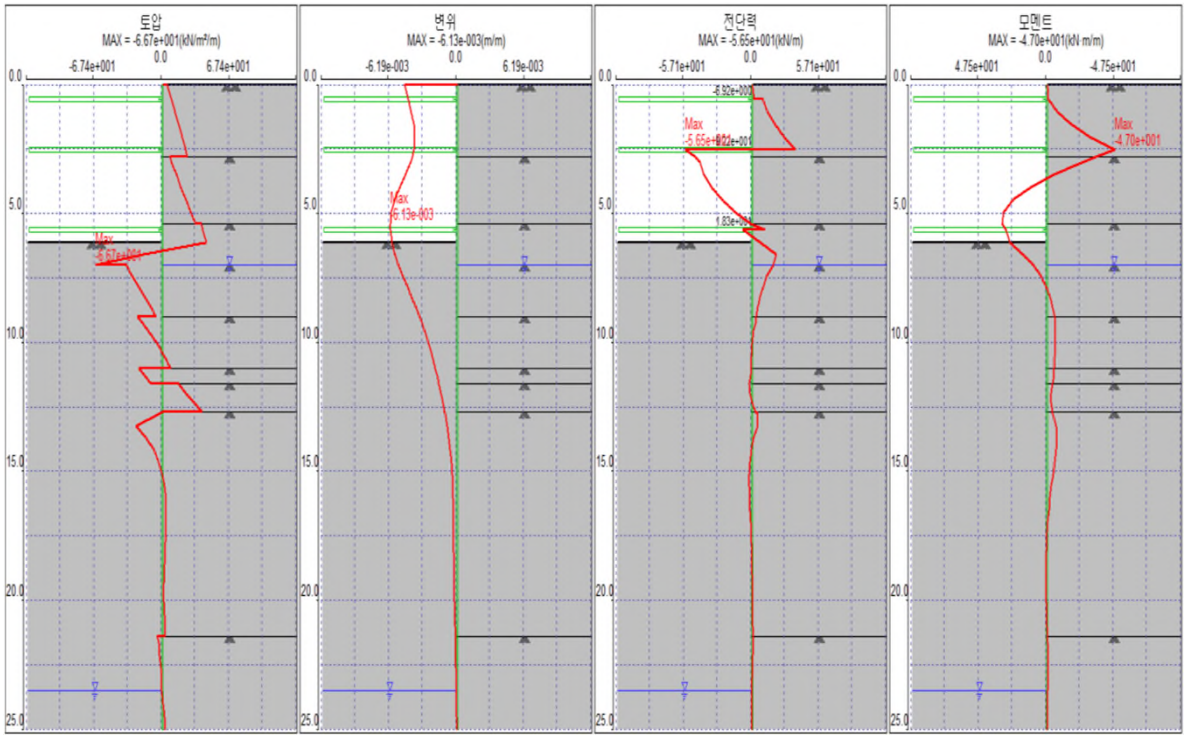
35) 시공 35 단계 [CS35 : 해체13]



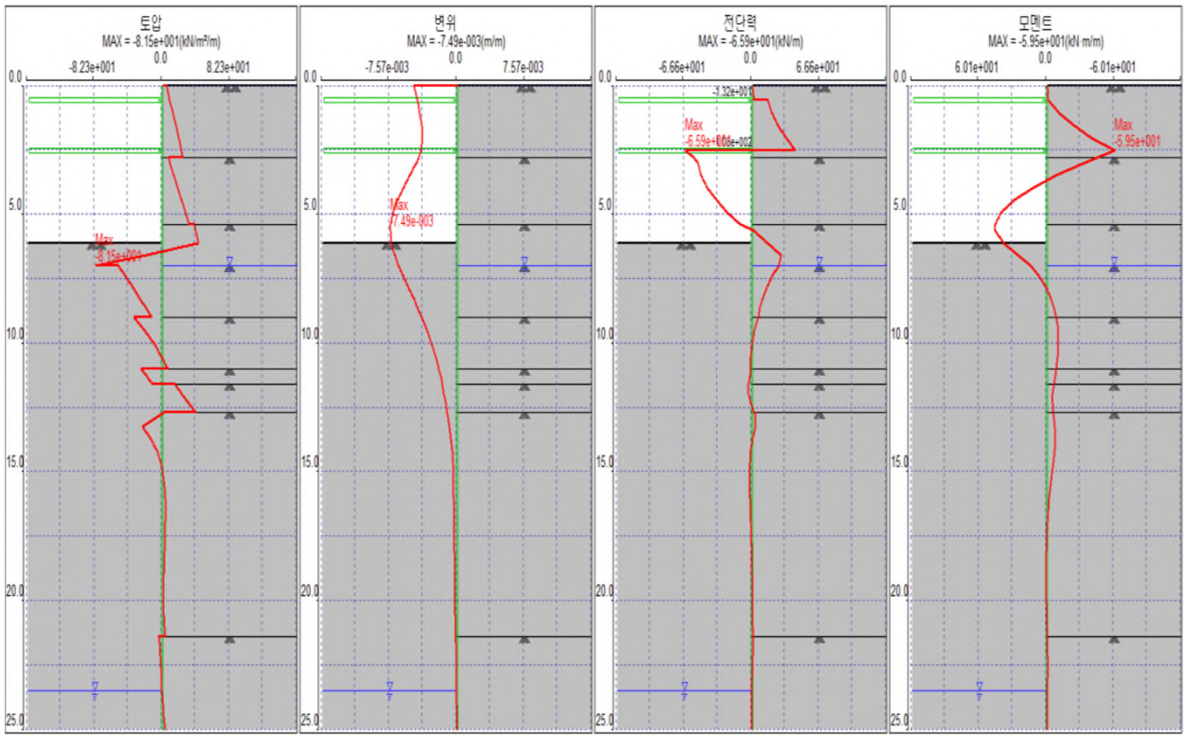
36) 시공 36 단계 [CS36 : 해체14]



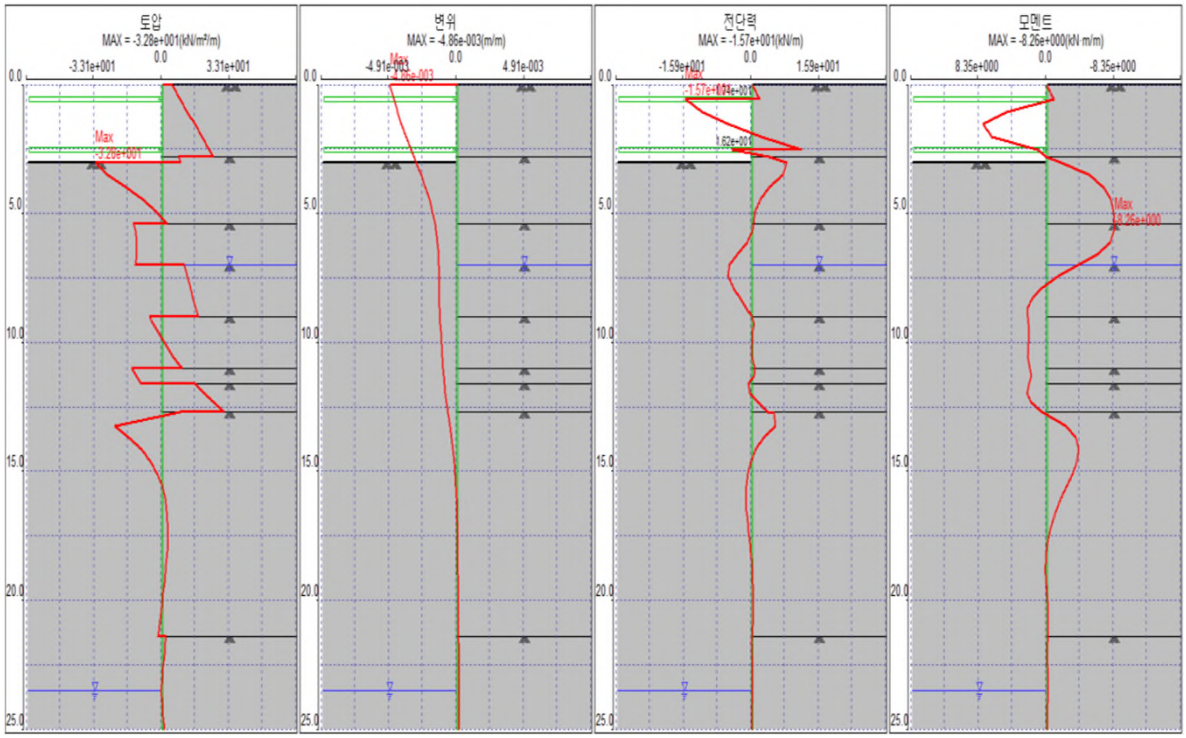
37) 시공 37 단계 [CS37 : 해체15]



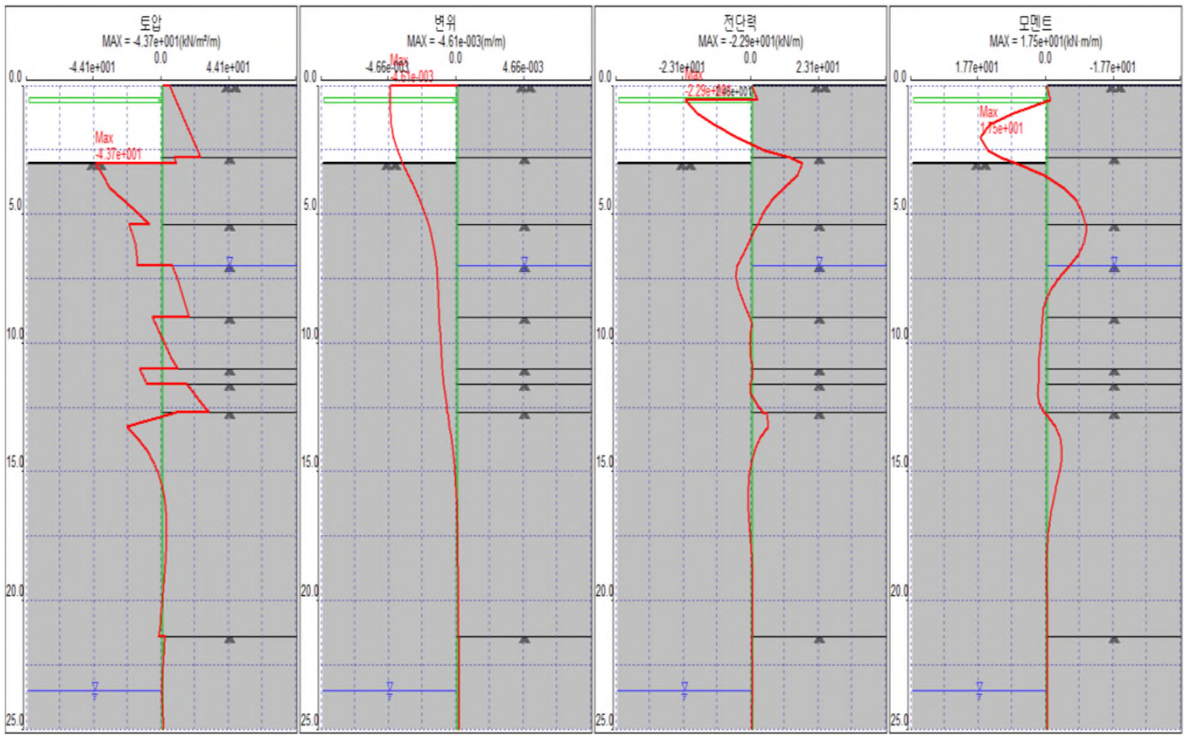
38) 시공 38 단계 [CS38 : 해체16]



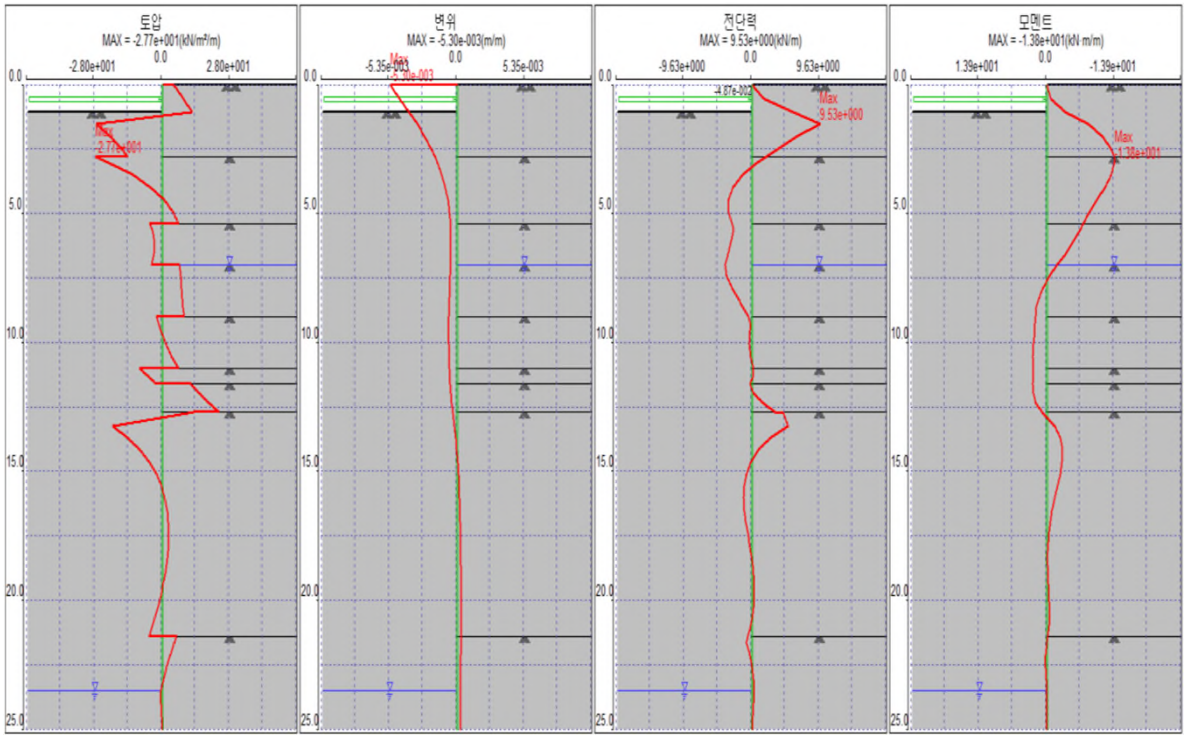
39) 시공 39 단계 [CS39 : 해체17]



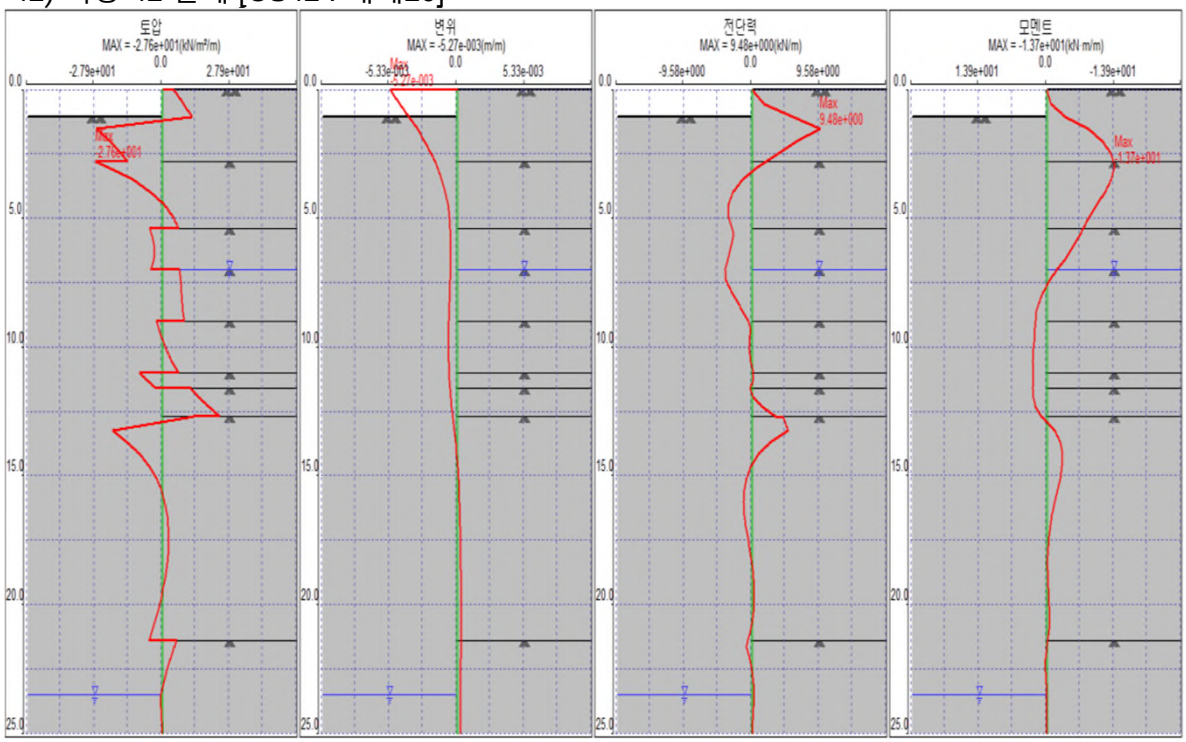
40) 시공 40 단계 [CS40 : 해체18]



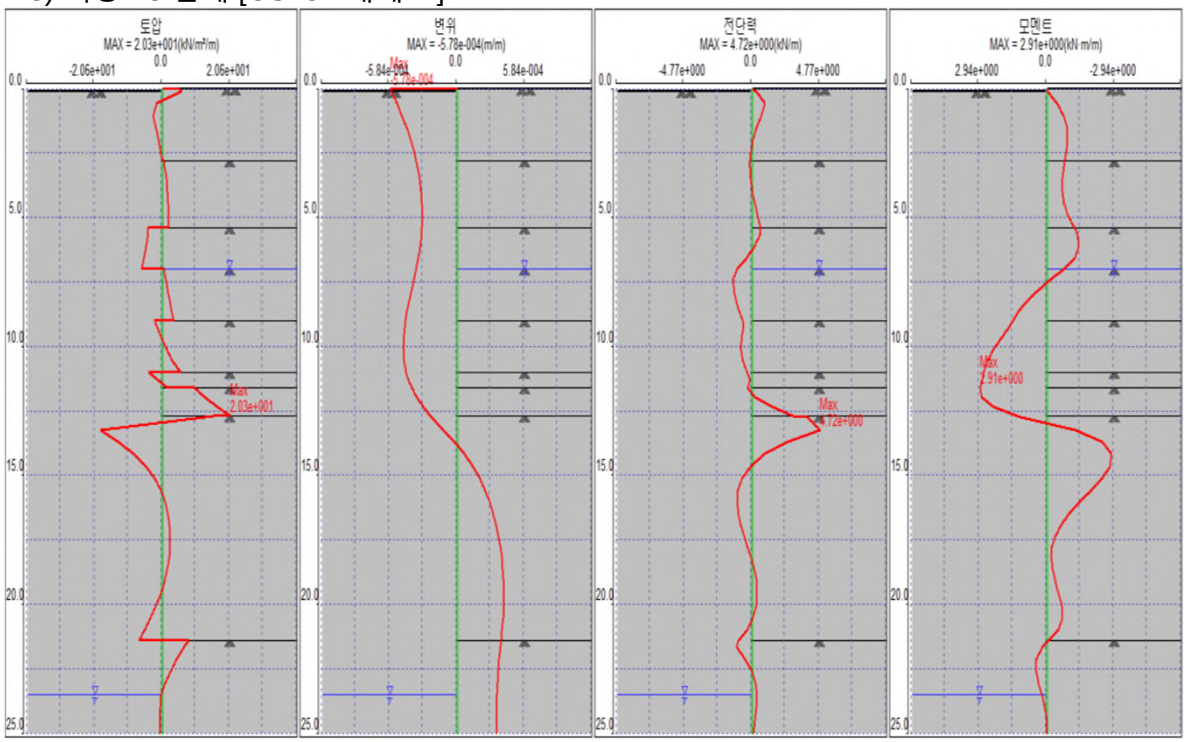
41) 시공 41 단계 [CS41 : 해체19]



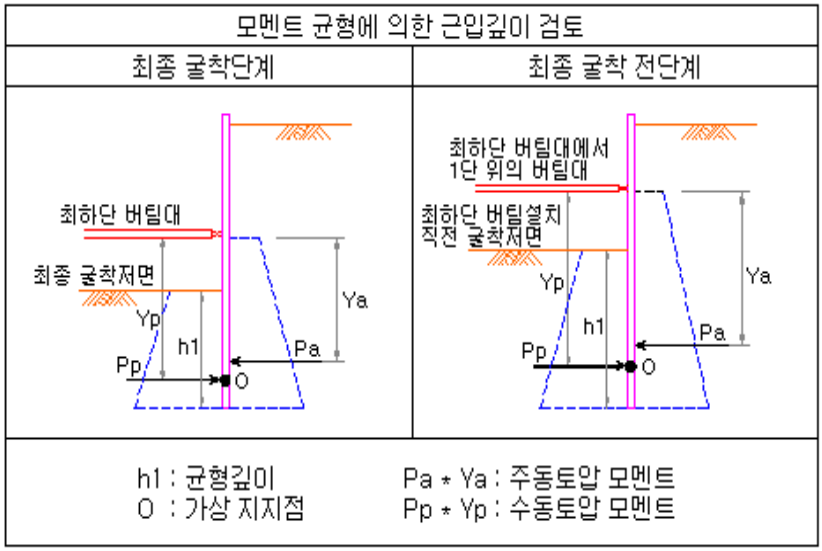
42) 시공 42 단계 [CS42 : 해체20]



43) 시공 43 단계 [CS43 : 해체21]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.002	1.500	10.789	5678.474	526.299	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.023	2.840	86.388	15307.148	177.190	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -21.64 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 7.452 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.920 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 1.519 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.59 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (7.452 x 0.920) + (1.519 x 2.59) = 10.789 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2185.919 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 2.598 m
Mp = (Pp x Yp) = (2185.919 x 2.598) = 5678.474 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 5678.474 / 10.789 = 526.299
S.F. = 526.299 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -20.04 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 105.856 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.720 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 2.876 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.52 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (105.856 x 0.720) + (2.876 x 3.52) = 86.388 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

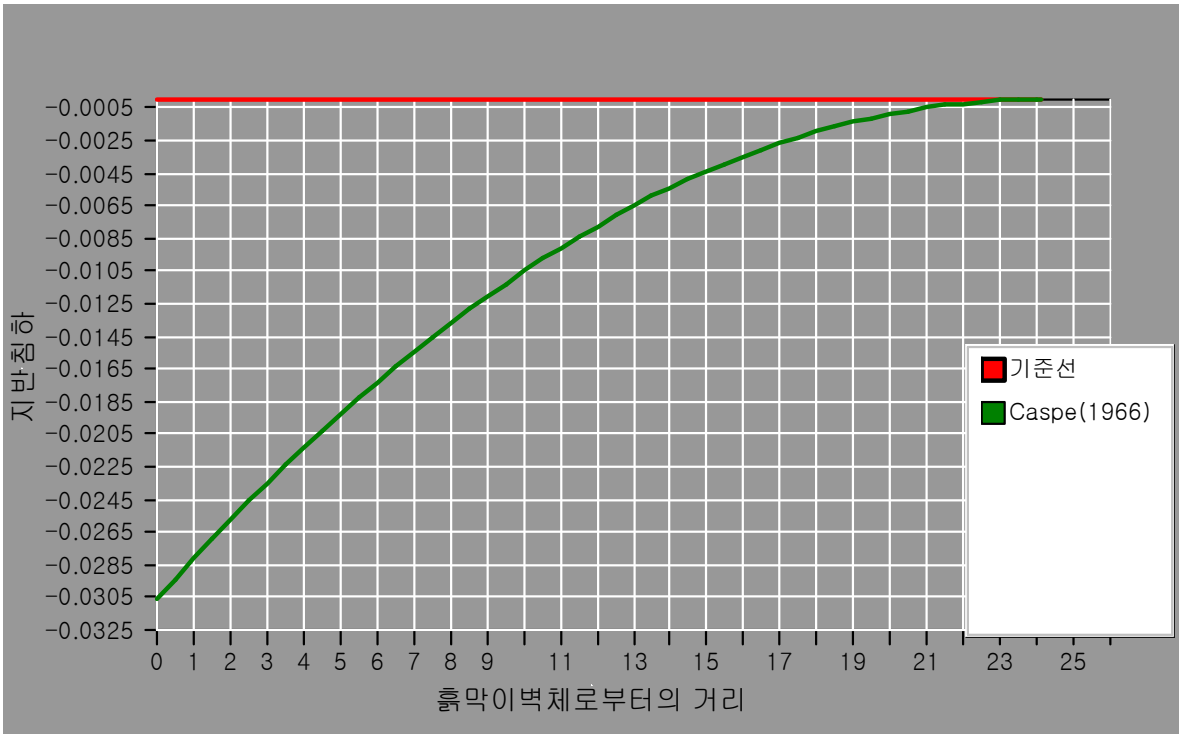
굴착면 하부토압 (Pp) = 4311.294 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.55 m
Mp = (Pp x Yp) = (4311.294 x 3.55) = 15307.148 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 15307.148 / 86.388 = 177.19
S.F. = 177.19 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.185 m³/m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 23.48 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (φ) = 27.955 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + φ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 27.955/2) = 16.628 m

Ht = Hp + Hw = 16.628 + 23.48 = 40.108 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-φ/2)

D = 40.108 x tan(45-27.955/2) = 24.121 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.185 / 24.121 = -0.031 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.031 x ((24.121 - Xi) / 24.121)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-30.624	-1.256	-2.513
0.50	-29.367	-1.230	-2.460
1.00	-28.137	-1.204	-2.408
1.50	-26.933	-1.177	-2.355
2.00	-25.756	-1.151	-2.302
2.50	-24.605	-1.125	-2.250
3.00	-23.480	-1.099	-2.197
3.50	-22.381	-1.072	-2.144

4.00	−21.309	−1.046	−2.092
4.50	−20.263	−1.020	−2.039
5.00	−19.244	−0.993	−1.987
5.50	−18.250	−0.967	−1.934
6.00	−17.283	−0.941	−1.881
6.50	−16.343	−0.914	−1.829
7.00	−15.429	−0.888	−1.776
7.50	−14.541	−0.862	−1.723
8.00	−13.679	−0.835	−1.671
8.50	−12.843	−0.809	−1.618
9.00	−12.034	−0.783	−1.565
9.50	−11.252	−0.756	−1.513
10.00	−10.495	−0.730	−1.460
10.50	−9.765	−0.704	−1.408
11.00	−9.061	−0.677	−1.355
11.50	−8.384	−0.651	−1.302
12.00	−7.733	−0.625	−1.250
12.50	−7.108	−0.599	−1.197
13.00	−6.510	−0.572	−1.144
13.50	−5.937	−0.546	−1.092
14.00	−5.391	−0.520	−1.039
14.50	−4.872	−0.493	−0.986
15.00	−4.379	−0.467	−0.934
15.50	−3.912	−0.441	−0.881
16.00	−3.471	−0.414	−0.829
16.50	−3.057	−0.388	−0.776
17.00	−2.669	−0.362	−0.723
17.50	−2.307	−0.335	−0.671
18.00	−1.972	−0.309	−0.618
18.50	−1.663	−0.283	−0.565
19.00	−1.380	−0.256	−0.513
19.50	−1.124	−0.230	−0.460
20.00	−0.894	−0.204	−0.407
20.50	−0.690	−0.177	−0.355
21.00	−0.513	−0.151	−0.302
21.50	−0.362	−0.125	−0.250
22.00	−0.237	−0.098	−0.197
22.50	−0.138	−0.072	−0.144
23.00	−0.066	−0.046	−0.092
23.50	−0.020	−0.020	−0.039
24.00	−0.001	−0.001	−0.006
24.12	0.000	0.000	0.000
Max	−30.624	−1.256	−2.513

3-1.23 TYPE-21

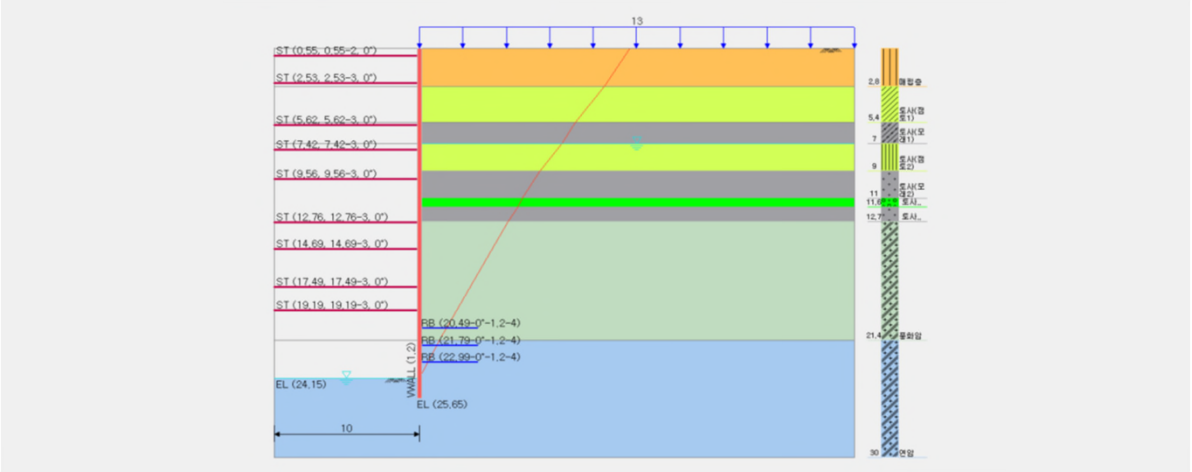
(STA.0+769.5~0+780.15)

GeoX 구조계산서
TYPE-21

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.복공판 설계
5.주형보 설계
6.주형 지지보 설계
6.1 주형지지보(중앙)
6.2 주형지지보(측벽)
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-1)
7.2 Strut 설계 (Strut-2)
7.3 Strut 설계 (Strut-3)
7.4 Strut 설계 (Strut-4)
7.5 Strut 설계 (Strut-5)
7.6 Strut 설계 (Strut-6)
7.7 Strut 설계 (Strut-7)
7.8 Strut 설계 (Strut-8)
7.9 Strut 설계 (Strut-9)
7.10 ROCK BOLT 설계 (Strut-10, Strut-11, Strut-12)
8.띠장 설계
8.1 Strut-1 띠장 설계
8.2 Strut-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
8.4 Strut-4 띠장 설계
8.5 Strut-5 띠장 설계
8.6 Strut-6 띠장 설계
8.7 Strut-7 띠장 설계
8.8 Strut-8 띠장 설계
8.9 Strut-9 띠장 설계
9.측면말뚝 설계
9.1 흙막이벽(우)
10.중간말뚝 설계
11. 흙막이 벽체 설계
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 24.15m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55~2, 0°)
ST (2.53, 2.53~3, 0°)
ST (5.62, 5.62~3, 0°)
ST (7.42, 7.42~3, 0°)
ST (9.56, 9.56~3, 0°)
ST (12.76, 12.76~3, 0°)
ST (14.69, 14.69~3, 0°)
ST (17.49, 17.49~3, 0°)
ST (19.19, 19.19~3, 0°)
BB (20.49~0°~1.2~4)
BB (21.79~0°~1.2~4)
BB (22.99~0°~1.2~4)
WALL (1.2)
EL (24.15)
EL (25.65)
10
2.8
매립층
5.4
토사(점토1)
7
토사(모래1)
9
토사(점토2)
11
토사(모래2)
11.6
토사...
12.7
토사...
21.4
풍화암
30
연암

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-D:1000x1990x200	-	휨응력	157.726	175.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	10.429	100.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	114.004	147.042	O.K	처짐	O.K
		전단응력	42.144	90.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형지지보(중앙) H 440x300x11/18	-	휨응력	87.923	147.042	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	83.982	90.000	O.K		
주형지지보(측벽) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.548	157.500	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	88.354	90.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	7.032	95.219	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	14.029	64.913	O.K		
		전단응력	2.374	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.53	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.651	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.62	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	48.403	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	7.42	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	48.721	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-5 P 406.4x12	9.56	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	62.936	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-6 P 406.4x12	12.76	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	62.456	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	14.69	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	40.255	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		
Strut-8 P 406.4x12	17.49	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.779	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		

Strut-9 P 406.4x12	19.19	휨응력	28.442	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	33.824	121.425	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.705	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	설계값(kN)	허용값(kN)	판정		
Strut-10 D29	20.49	축력	46.885	240.900	O.K	길이검토	O.K
Strut-11 D29	21.79	축력	58.655	240.900	O.K	길이검토	O.K
Strut-12 D29	22.99	축력	56.466	240.900	O.K	길이검토	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x300x10/15	0.55	휨응력	35.698	151.711	O.K	
		전단응력	35.962	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.53	휨응력	85.942	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	45.205	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.62	휨응력	81.405	142.373	O.K	
		전단응력	62.281	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.42	휨응력	82.046	142.373	O.K	
		전단응력	62.771	90.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.56	휨응력	110.737	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	58.246	90.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	12.76	휨응력	109.768	142.373	O.K	WEB보강,5.0mm*1
		전단응력	57.737	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	14.69	휨응력	64.959	142.373	O.K	
		전단응력	49.699	90.000	O.K	
Strut-8 H 440x300x11/18	17.49	휨응력	74.089	142.373	O.K	
		전단응력	56.684	90.000	O.K	
Strut-9 H 440x300x11/18	19.19	휨응력	51.979	142.373	O.K	
		전단응력	39.768	90.000	O.K	

2.6 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	120.309	185.194	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	38.473	200.113	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	58.408	123.750	O.K	지지력	O.K

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	71.037	159.234	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	19.056	137.022	O.K	지지력	O.K

2.8 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 24.15	휨응력	137.954	364.500	O.K		
		압축응력	134.094	351.446	O.K		
		전단응력	65.453	209.250	O.K		

2.9 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS11 : 굴착 13.26 m	18.871	48.300	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Rock Bolt로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Rock Bolt	-	D29	수평간격 :	1.20	m
		D29	수평간격 :	1.20	m
		D29	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-D:1000x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	2.50m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x300x10/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405

축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

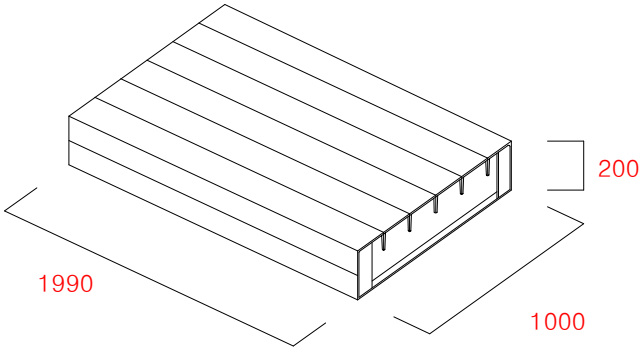
가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-D:1000x1990x200

w (kN/piece)	3.550
I_x (mm^4)	83000000
A (mm^2)	17084
Z_x (mm^3)	562000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

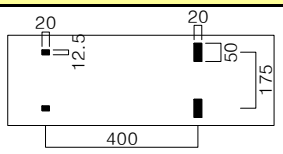
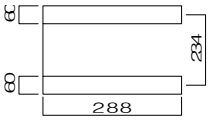
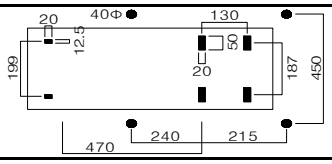
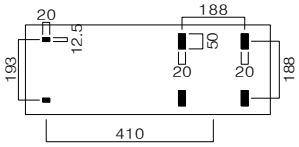
가. 고정하중

w_d = 3.550 × 1 / 1.990

= 1.784 kN/m

나. 작업하중

『가설 구조물의 해설』 참고

이름	차량하중 (kN)	추가하중 (kN)	총중량 (kN)	차체접지치수 (cm)	비 고
덤프트럭	100.0	100.0	200.0		- 굴토시에 고려 - 전후륜의 하중비율은 2:8로한다
크롤러크레인	200.0	89.0	289.0		- 굴토시에 고려 - 달아올리는 방향에 따라 접지압이 다르다
트럭크레인	300.0	150.0	450.0		- 가설재의운반, 조립, 해체시에 고려
레미콘	100.0	200.0	300.0		- 콘크리트 타설시
-	-	-	-	-	

(1) 덤프트럭

P = 0.4 × W1 여기서, W1 : 덤프트럭의 총중량

= 0.400 × 200.0

= 80.000 kN

(2) 크롤러크레인

P = 0.85 × W2 여기서, W2 : 크롤러크레인의 총중량

= 0.850 × 289.0

= 245.650 kN

(3) 트럭크레인

P = 0.7 × W3 여기서, W3 : 트럭크레인의 총중량

= 0.700 × 450.0

= 315.000 kN

(4) 레미콘

P = 0.4 × W4 여기서, W4 : 레미콘의 총중량

= 0.400 × 300.0

= 120.000 kN

∴ Pmax = 315.000 kN

(5) 충격하중을 고려한 최대하중

P = Pmax × (1 + 0.4) × 폭에 대한 영향계수

= 315.000 × (1 + 0.400) × 0.4

= 176.400 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

▶ 받침부의 중심간 거리를 지점으로 하는 단순보로 계산

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.784 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.642 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.784 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 178.175 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.642 × 1000000.000 / 562000 = 157.726 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 178.175 × 1000.000 / 17084 = 10.429 MPa

4.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

▶ fba = 1.25 × 140
= 175.000 MPa

▶ τa = 1.25 × 80
= 100.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 175.000 MPa > f_b = 157.726 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 100.000 MPa > τ = 10.429 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.784 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 83000000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 83000000}$$

= 0.0209001 + 1.662

= 1.682 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

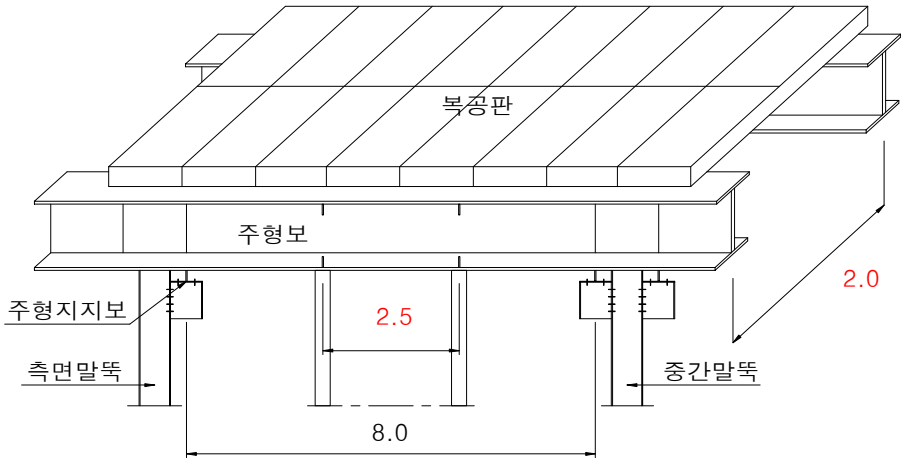
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 1.682 mm ---> O.K

5.주형보 설계

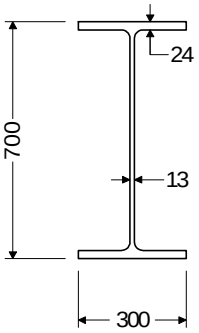
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1850.0
A (mm^2)	23550.0
I_x (mm^4)	2010000000.0
Z_x (mm^3)	5760000.0
A_w (mm^2)	8476.0
E (N/mm^2)	210000.0



5.2 단면력 산정

가. 고정하중

(1) 복 공 판 = 3.550 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.850 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.550 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.550 \times 8.000 \times 8.000 / 8 = 44.400$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.550 \times 8.000 / 2 = 22.200$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

(2) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(3) 전륜하중

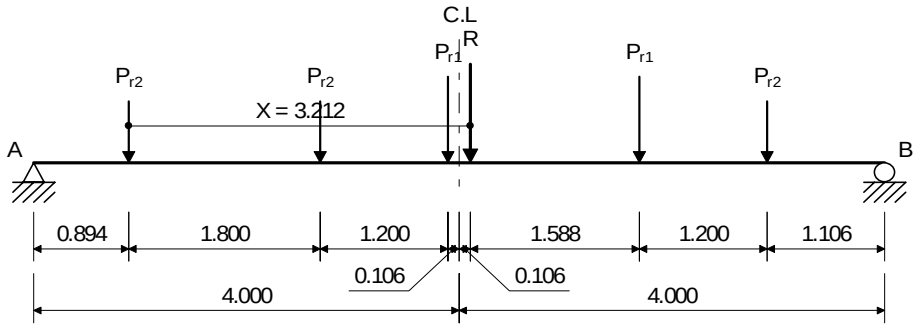
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 3 = 124.800 x 2 + 93.600 x 3

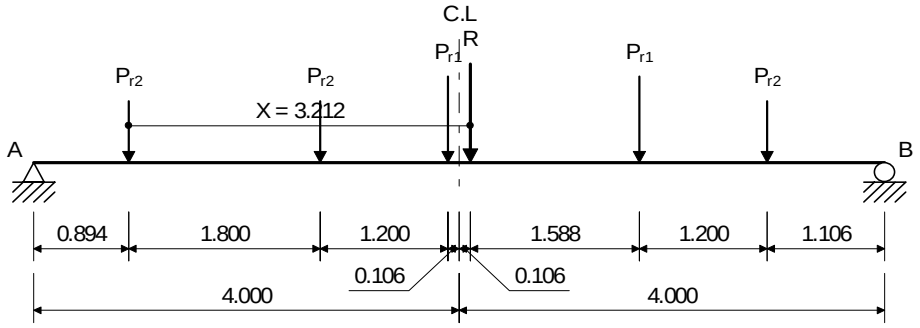
= 530.400 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800 + Pr2 x 6.000) / R

= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800 + 93.600 x 6.000) / 530.400

= 3.212 m

b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 7.106 + Pr2 x 5.306 + Pr1 x 4.106 + Pr1 x 2.306 + Pr2 x 1.106) / L

= (93.600 x 7.106 + 93.600 x 5.306 + 124.800 x 4.106 + 124.800 x 2.306 + 93.600 x 1.106) / 8.000

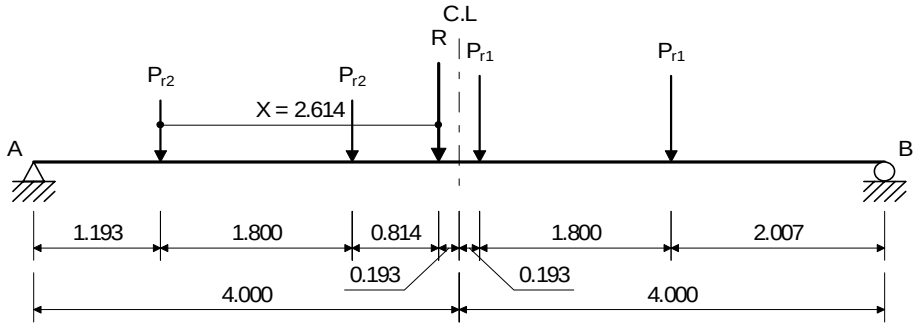
= 258.180 kN

M_l = (Ra x 3.894 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (258.180 x 3.894 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 612.263 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

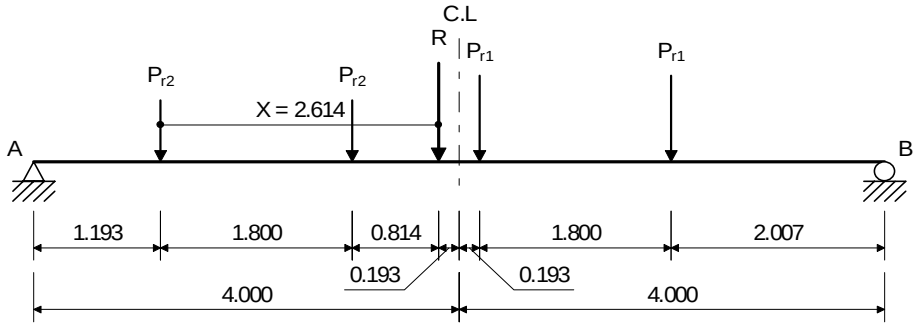


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 2 = 124.800 x 2 + 93.600 x 2
= 436.800 kN

X = (Pr2 x 1.800 + Pr1 x 3.000 + Pr1 x 4.800) / R
= (93.600 x 1.800 + 124.800 x 3.000 + 124.800 x 4.800) / 436.800
= 2.614 m

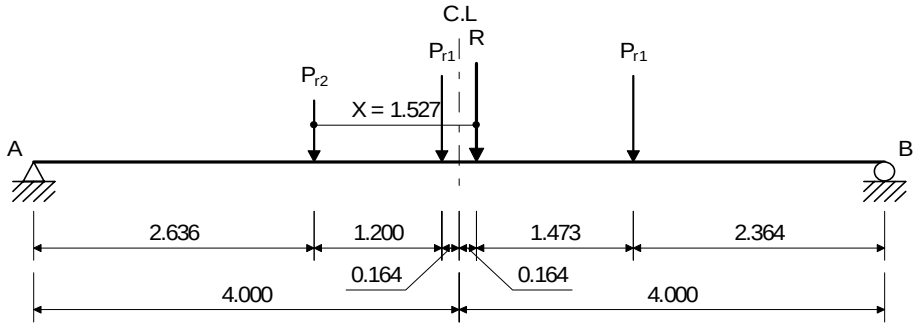
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.807 + Pr2 x 5.007 + Pr1 x 3.807 + Pr1 x 2.007) / L
= (93.600 x 6.807 + 93.600 x 5.007 + 124.800 x 3.807 + 124.800 x 2.007) / 8.000
= 228.930 kN

M_l = (Ra x 4.193 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (228.930 x 4.193 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 566.751 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

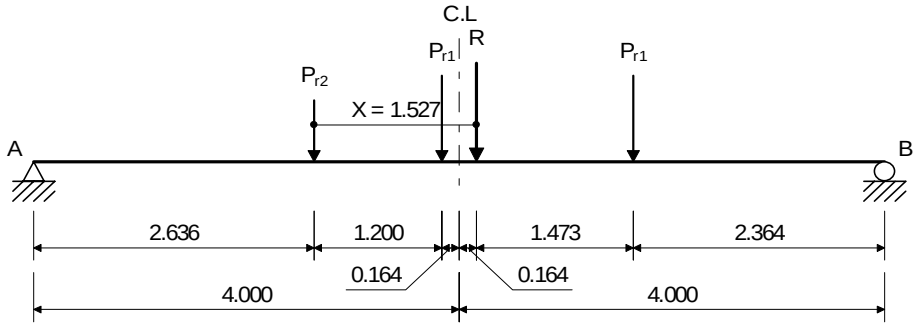


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 + Pr2 x 1 = 124.800 x 2 + 93.600 x 1
= 343.200 kN

X = (Pr1 x 1.200 + Pr1 x 3.000) / R
= (124.800 x 1.200 + 124.800 x 3.000) / 343.200
= 1.527 m

b. 최대 휨모멘트

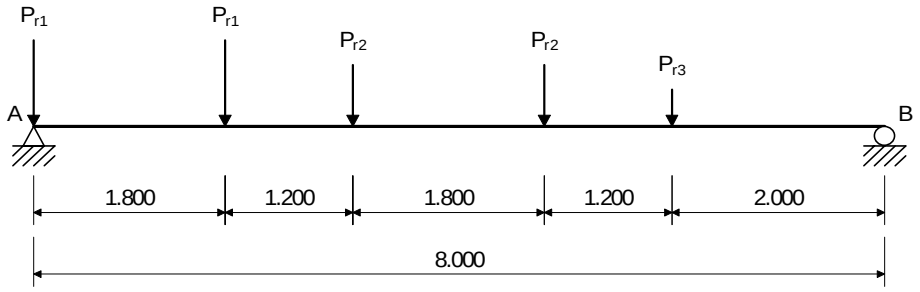


R_a = (Pr2 x 5.364 + Pr1 x 4.164 + Pr1 x 2.364) / L
= (93.600 x 5.364 + 124.800 x 4.164 + 124.800 x 2.364) / 8.000
= 164.580 kN

M_l = (Ra x 3.836 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (164.580 x 3.836 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 519.069 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① **2.5** 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 8.000 + Pr1 x 6.200 + Pr2 x 5.000 + Pr2 x 3.200 + Pr3 x 2.000) / L

= (124.800 x 8.000 + 124.800 x 6.200 + 93.600 x 5.000 + 93.600 x 3.200 + 70.200 x 2.000) / 8.000

= 335.010 kN

S_l = 335.010 x **1.00** = 335.010 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 44.400 + 612.263 = 656.663 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 656.663 x 1000000 / 5760000.0 = 114.004 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.210 x 1000 / 8476 = 42.144 MPa

5.4 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.004 + 114.004) / 114.004

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300

= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))

= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 114.004 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.144 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

M = $M_{l\,max}$ / (1+i) = 612.263 / 1.300 = 470.972 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 470.972 / (8.00 x 8.00) = 58.871 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 58.871 x 8000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 7.439 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (8000.0 / 400 , 25)

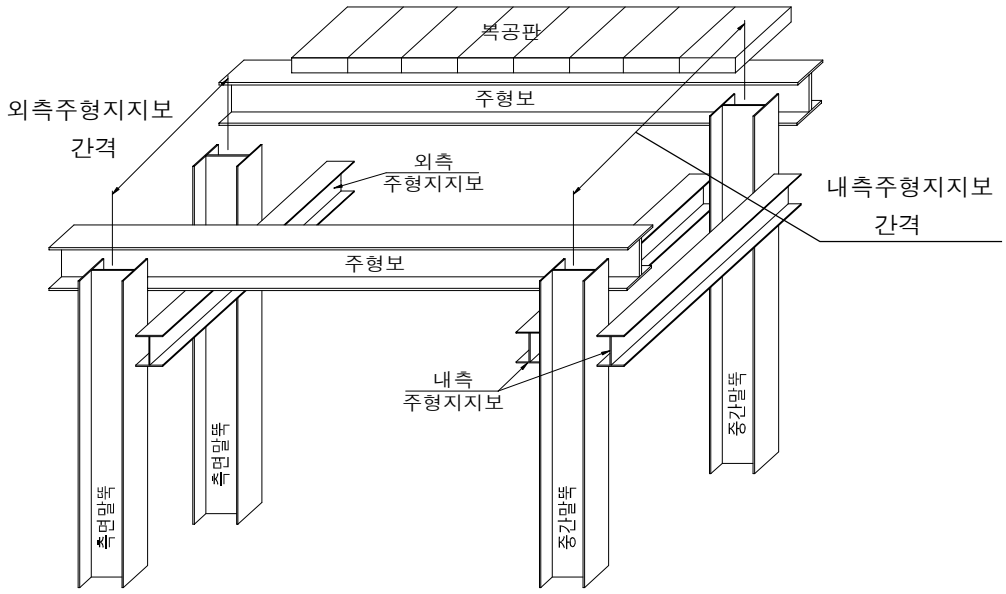
= 20.000 mm > δ_l = 7.439 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 주형지지보(중앙)

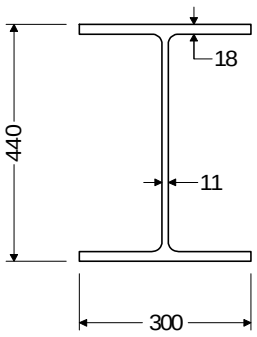
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.50 m

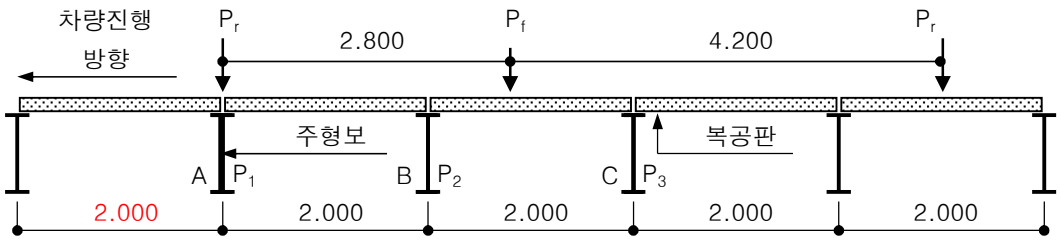


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



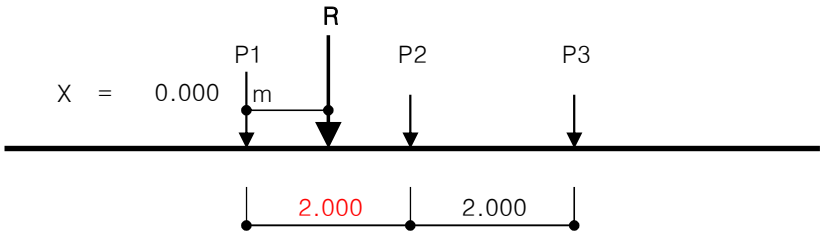
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 22.200 + 83.753 x 1.200 / 2.000 = 72.452 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

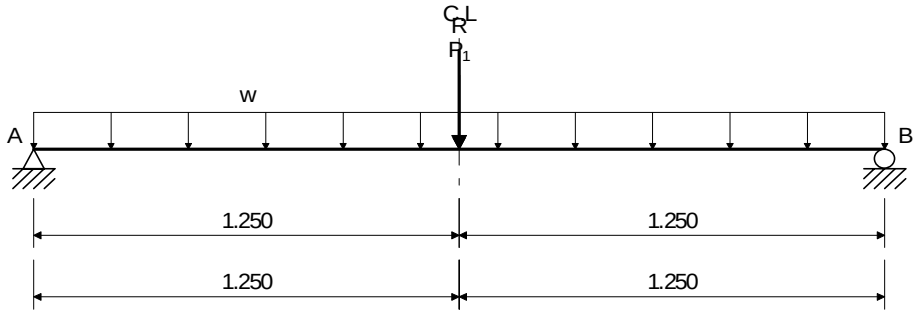


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 357.210$
$= 357.210$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 357.210$
$= 0.000$ m

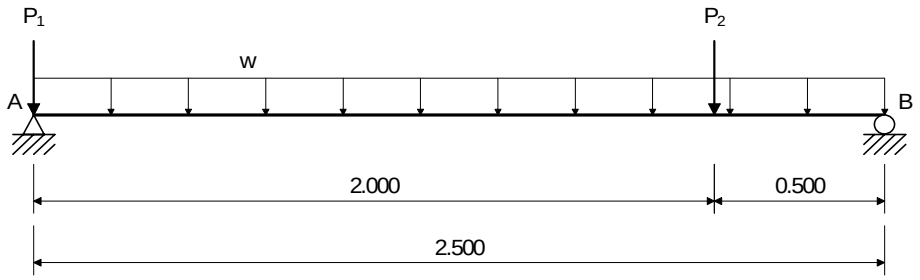
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.250) / L$
$= (357.210 \times 1.250) / 2.500$
$= 178.605$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.250) + w \times L^2 / 8$
$= (178.605 \times 1.250) + 1.212 \times 2.50^2 / 8$
$= 224.203$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.500 + P_2 x 0.500) / L
= (357.210 x 2.500 + 72.451 x 0.500) / 2.500
= 371.700 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 371.700 + 1.212 x 2.50 / 2
= 373.215 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 224.203 x 1000000 / 2550000.0 = 87.923 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 373.215 x 1000 / 4444 = 83.982 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (87.923 + 87.923) / 87.923
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 300
= 8.333 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (8.333 − 4.6))
= 147.042 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 147.042 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 147.042 MPa > f_b = 87.923 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.982 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 373215 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

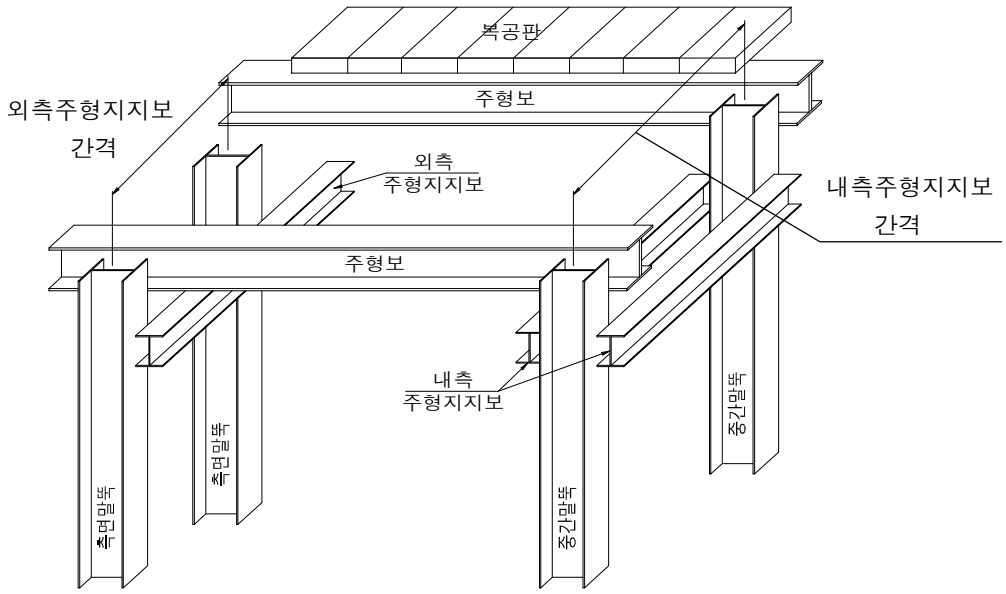
= 7.33 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.33 ea ---> O.K

6.2 주형지지보(측벽)

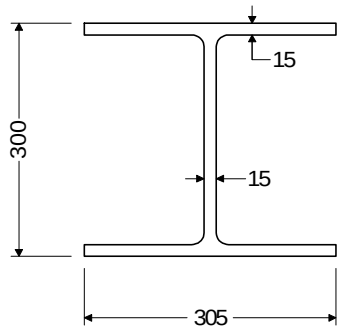
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 1.20 m

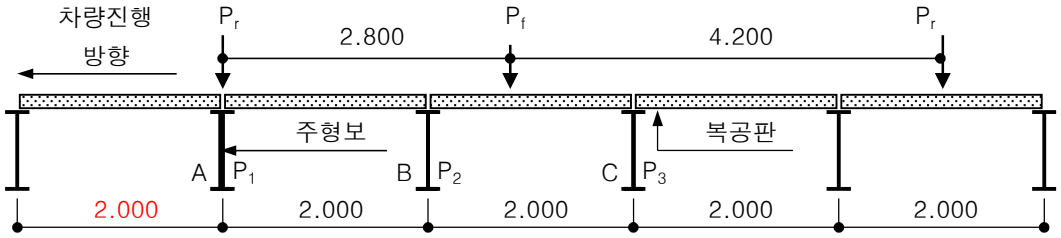


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



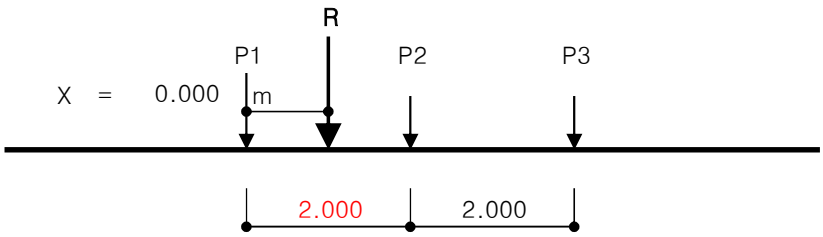
나. 주형보 반력 **case3 – "1.4 m"초과 "7/3 m"이하**



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 22.200 + 335.010 = 357.210 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 357.210

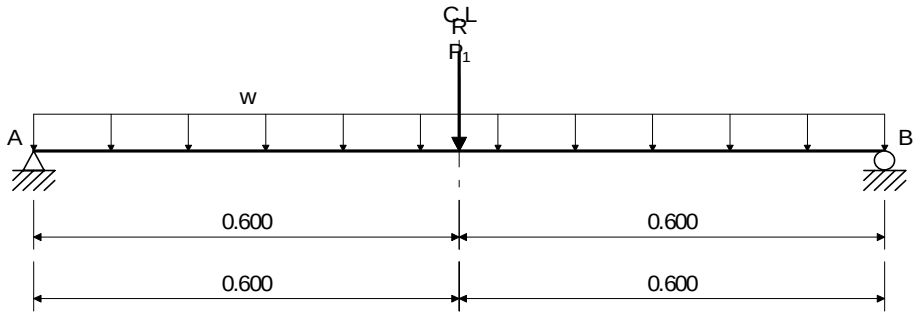
= 357.210 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 357.210

= 0.000 m

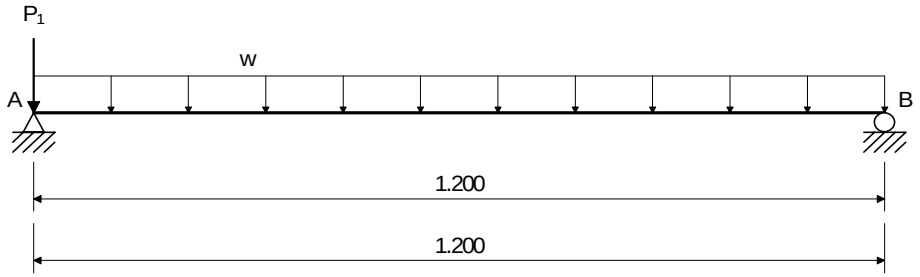
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 0.600) / L
= (357.210 x 0.600) / 1.200
= 178.605 kN

M_{max} = (Ra x 0.600) + w x L^2 / 8
= (178.605 x 0.600) + 1.038 x 1.20^2 / 8
= 107.350 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 1.200) / L
= (357.210 x 1.200) / 1.200
= 357.210 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 357.210 + 1.038 x 1.20 / 2
= 357.833 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.350 x 1000000 / 1440000.0 = 74.548 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.833 x 1000 / 4050 = 88.354 MPa

바. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (74.548 + 74.548) / 74.548$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 305

= 3.934 ---> $L/B \le 4.6$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 74.548 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 88.354 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F8T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 100 = 112.5 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 357833 / (112.5 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 7.03 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 7.03 ea ---> O.K

7.지보재 설계

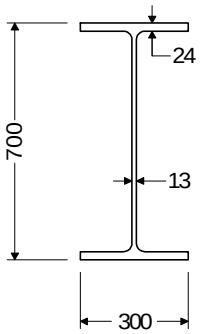
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 105.189 kN/m ---> Strut-1 (CS26 : Peck)
= 105.189 x 2.00 / 1 단
= 210.378 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 210.378 + 120.0 = 330.378 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 x 1000000 / 5760000.0 = 7.032 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 330.378 x 1000 / 23550 = 14.029 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.125 x 1000 / 8476 = 2.374 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.377

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (21.060 − 6.997) / 21.060

= 0.668

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8050 / 293

27.474 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.474 − 18.6))

= 149.313 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 149.313 MPa

L_y / R_y = 8050 / 67.8

118.732 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 118.732^2)

= 64.913 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 64.913 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 64.913 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8050 / 300

= 26.833 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.833 − 4.6))

= 95.219 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.219 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.474)^2

= 1788.452 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 64.913$ MPa $> f_c = 14.029$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 95.219$ MPa $> f_b = 7.032$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa $> \tau = 2.374$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{14.029}{64.913} + \frac{7.032}{95.219 \times (1 - (14.029 / 1788.452))}$$

$$= 0.291 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 14.029 + \frac{7.032}{1 - (14.029 / 1788.452)}$$

$$= 21.116 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.291 , 0.134)

= 0.291 < 1.0 ---> O.K

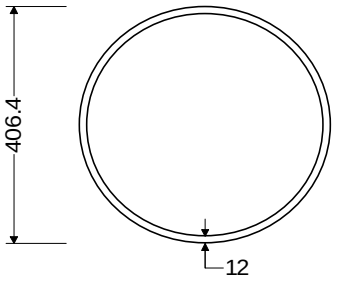
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 211.036 kN/m ---> Strut-2 (CS26 : Peck)
= 211.036 x 3.00 / 1 단
= 633.107 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 633.107 + 120.0 = 753.107 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 753.107 \times 1000 / 14868.5 = 50.651$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.072 x 12)

= 15.797 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.072

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (79.093 − 22.209) / 79.093

= 0.719 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 50.651 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{50.651}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (50.651 / 405.406))}$

= 0.624 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 50.651 + \frac{28.442}{1 - (50.651 / 405.406)}$$

$$= 83.154 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.624 , 0.528)

= 0.624 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{79.093}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.652 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

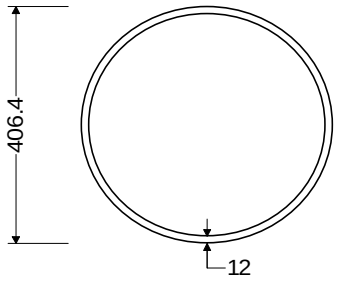
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 199.893 kN/m ---> Strut-3 (CS26 : Peck)
= 199.893 x 3.00 / 1 단
= 599.680 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 599.680 + 120.0 = 719.680 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 719.680 \times 1000 / 14868.5 = 48.403$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.074 x 12)

= 15.766 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.074

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (76.845 − 19.961) / 76.845

= 0.740 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 48.403 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{48.403}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (48.403 / 405.406))}$

= 0.604 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 48.403 + \frac{28.442}{1 - (48.403 / 405.406)}$$

$$= 80.701 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.604 , 0.512)

= 0.604 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{76.845}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.634 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

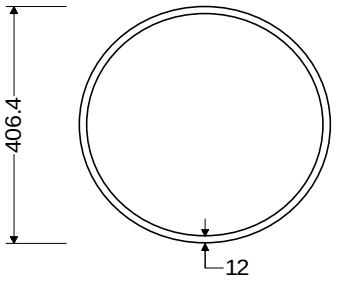
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 201.468 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 10.06 m)
= 201.468 x 3.00 / 1 단
= 604.403 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 604.403 + 120.0 = 724.403 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 724.403 \times 1000 / 14868.5 = 48.721$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.074 x 12)

= 15.771 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.074

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.163 − 20.279) / 77.163

= 0.737 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 48.721 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{48.721}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (48.721 / 405.406))}$

= 0.606 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 48.721 + \frac{28.442}{1 - (48.721 / 405.406)}$$

$$= 81.048 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.606 , 0.515)

= 0.606 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{77.163}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.636 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

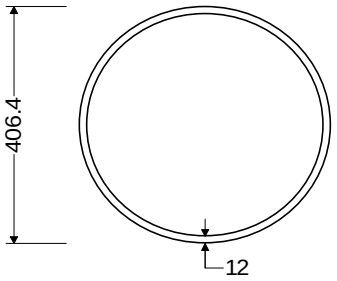
7.5 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 271.920 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 13.26 m)
= 271.920 x 3.00 / 1 단
= 815.760 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 815.760 + 120.0 = 935.760 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 935.760 \times 1000 / 14868.5 = 62.936$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.062 x 12)

= 15.941 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.062

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.378 − 34.494) / 91.378

= 0.623 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 62.936 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{62.936}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (62.936 / 405.406))}$

= 0.732 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 62.936 + \frac{28.442}{1 - (62.936 / 405.406)}$$

$$= 96.605 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.732 , 0.613)

= 0.732 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{91.378}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.753 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

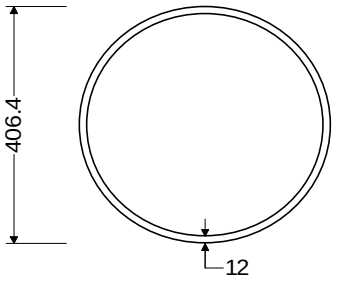
7.6 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 269.541 kN/m ---> Strut-6 (CS26 : Peck)
= 269.541 x 3.00 / 1 단
= 808.623 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 808.623 + 120.0 = 928.623 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 928.623 \times 1000 / 14868.5 = 62.456$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.063 x 12)

= 15.936 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.063

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (90.898 − 34.014) / 90.898

= 0.626 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 62.456 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{62.456}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (62.456 / 405.406))}$

= 0.728 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 62.456 + \frac{28.442}{1 - (62.456 / 405.406)}$$

$$= 96.078 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.728 , 0.610)
= 0.728 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{90.898}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.750 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

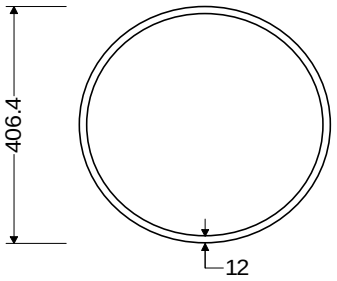
7.7 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 159.511 kN/m ---> Strut-7 (CS26 : Peck)
= 159.511 x 3.00 / 1 단
= 478.532 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 478.532 + 120.0 = 598.532 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 598.532 \times 1000 / 14868.5 = 40.255$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.083 x 12)

= 15.638 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.083

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (68.697 − 11.813) / 68.697

= 0.828 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 40.255 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{40.255}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (40.255 / 405.406))}$

= 0.532 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 40.255 + \frac{28.442}{1 - (40.255 / 405.406)}$$

$$= 71.833 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.532 , 0.456)

= 0.532 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{68.697}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.567 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

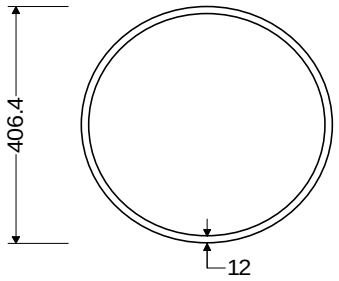
7.8 Strut 설계 (Strut-8)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 181.930 kN/m ---> Strut-8 (CS26 : Peck)
= 181.930 x 3.00 / 1 단
= 545.790 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 545.790 + 120.0 = 665.790 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 665.790 \times 1000 / 14868.5 = 44.779$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.078 x 12)

= 15.713 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.078

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (73.221 − 16.336) / 73.221

= 0.777 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 44.779 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{44.779}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (44.779 / 405.406))}$

= 0.572 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.779 + \frac{28.442}{1 - (44.779 / 405.406)}$$

$$= 76.752 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.572 , 0.487)
= 0.572 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{73.221}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.604 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

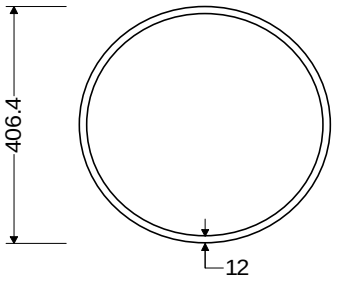
7.9 Strut 설계 (Strut-9)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.050 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 127.638 kN/m ---> Strut-9 (CS26 : Peck)
= 127.638 x 3.00 / 1 단
= 382.915 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 382.915 + 120.0 = 502.915 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.050 x 8.050 / 8 / 1 단
= 40.502 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.050 / 2 / 1 단
= 20.125 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.502 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.442$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 502.915 \times 1000 / 14868.5 = 33.824$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.125 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.705$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.091 x 12)

= 15.516 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.091

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (62.266 − 5.382) / 62.266

= 0.914 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8050 / 139.5

57.706 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.706 − 18.6))

= 121.425 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.425 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.706)^2

= 405.406 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.425 MPa > f_c = 33.824 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.442 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.705 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{33.824}{121.425} + \dfrac{28.442}{157.500 \times (1 - (33.824 / 405.406))}$

= 0.476 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 33.824 + \frac{28.442}{1 - (33.824 / 405.406)}$$

$$= 64.855 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.476 , 0.412)

= 0.476 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{62.266}{121.425} + \left\{ \frac{2.705}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.514 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

7.10 ROCK BOLT 설계 (Strut-10, Strut-11, Strut-12)

가. 설계제원

(1) 사용락볼트 : D29 (SD300) , 2 ea

A_s (mm^2 / ea)	642.4	Fs	2	D (mm)	40.0
ɣ (kN/m^3)	22.56	f_y (N/mm^2)	300	AxB(m^2)	1.2

(2) ROCK BOLT 길이

▶ $L1 = \dfrac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$ ▶ $L2 = \dfrac{0.6 \times f_y \times A_s}{Fs \times ɣ \times (A \times B)}$

여기서 , T = 설계 축력 (kN/m,ea) fy = 락볼트의 항복하중(N/mm^2)

Fs = 안전율 As = 락볼트의 단면적 (mm^2 / ea)

D = 락볼트체의 유효경 (mm) ɣ = 부석의 단위중량(kN/m^3)

τu = 주면마찰저항 (kN/m^2) (A×B) = 락볼트의 설치간격(m^2)

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ L_1의 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	T (kN/m,ea)	R/B수평간격 (m)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_1 (m)
Strut-10	20.490	39.07	1.20	2	40.0	1050.0	0.000
Strut-11	21.790	48.88	1.20	2	40.0	1050.0	0.000
Strut-12	22.990	47.05	1.20	2	40.0	1050.0	0.000

▶ L_2의 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	f_y (N/mm^2)	A_s (mm^2/ea)	Fs	ɣ (kN/m^3)	A x B (m^2)	L_2 (m)
Strut-10	20.490	300	642.4	2	22.6	1.2	2.136
Strut-11	21.790	300	642.4	2	22.6	1.2	2.136
Strut-12	22.990	300	642.4	2	22.6	1.2	2.136

나. ROCK BOLT 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	규 격	L_1(m)	L_2(m)	L_{max}(m)	적용장 (m)	판 정
Strut-10	20.490	D29	0.000	2.136	2.136	4.000	O.K
Strut-11	21.790	D29	0.000	2.136	2.136	4.000	O.K
Strut-12	22.990	D29	0.000	2.136	2.136	4.000	O.K

다. ROCK BOLT 허용축력 검토

Tmax = 58.65 kN ---> Strut-11 (CS26 : Peck)

R = As × fy × α = 642.4 × 300 × 1.25

= 240.90 kN > 58.65 kN ---> O.K

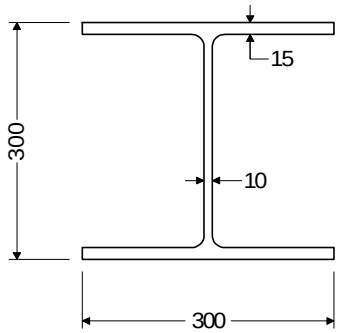
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x300x10/15(SS400)

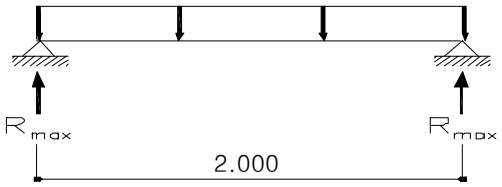
w (N/m)	922.2
A (mm^2)	11980.0
I_x (mm^4)	204000000.0
Z_x (mm^3)	1360000.0
A_w (mm^2)	2700.0
R_x (mm)	131.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 105.189 kN/m ---> Strut-1 (CS26 : Peck)

P = 105.189 × 2.00 m / 1 ea = 210.378 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 210.378 / (13 × 2.000)
= 97.098 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 97.098 × 2.000^2 / 8
= 48.549 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 97.098 × 2.000 / 2
= 97.098 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 48.549 x 1000000 / 1360000.0 = 35.698 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 97.098 x 1000 / 2700 = 35.962 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (35.698 + 35.698) / 35.698

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.667 − 4.6))

= 151.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 151.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 151.711 MPa > f_b = 35.698 MPa ---> O.K

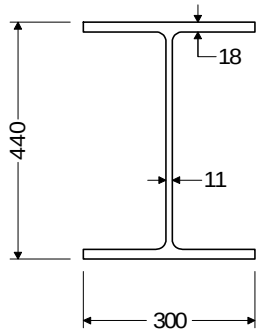
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 35.962 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

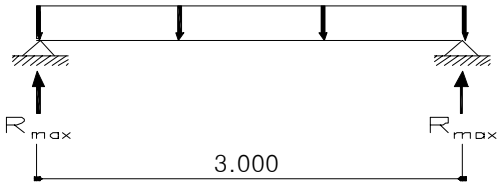
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 211.036 kN/m ---> Strut-2 (CS26 : Peck)

P = 211.036 × 3.00 m / 1 ea = 633.107 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 633.107 / (13 × 3.000)
= 194.802 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 194.802 × 3.000 ^{2} / 8
= 219.152 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 194.802 × 3.000 / 2
= 292.203 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 219.152 x 1000000 / 2550000.0 = 85.942 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 292.203 x 1000 / 4444 = 65.752 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (85.942 + 85.942) / 85.942

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 85.942 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 65.752 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 292203.030 / 6464.000 = 45.205 MPa

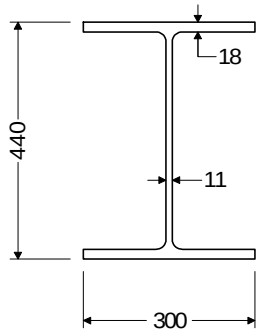
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 45.205 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

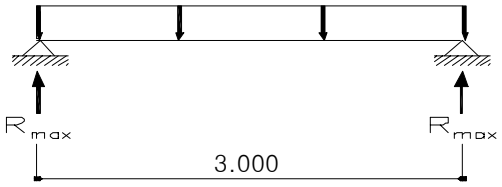
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 199.893 kN/m ---> Strut-3 (CS26 : Peck)

P = 199.893 × 3.00 m / 1 ea = 599.680 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 599.680 / (13 × 3.000)
= 184.517 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 184.517 × 3.000^2 / 8
= 207.582 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 184.517 × 3.000 / 2
= 276.775 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 207.582 x 1000000 / 2550000.0 = 81.405 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 276.775 x 1000 / 4444 = 62.281 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (81.405 + 81.405) / 81.405

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 81.405 MPa ---> O.K

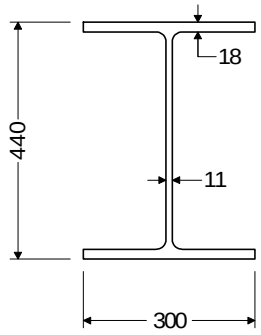
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 62.281 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

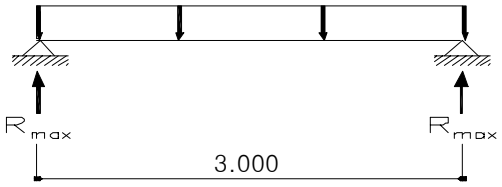
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 201.468 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 10.06 m)

P = 201.468 × 3.00 m / 1 ea = 604.403 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 604.403 / (13 × 3.000)
= 185.970 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 185.970 × 3.000^2 / 8
= 209.216 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 185.970 × 3.000 / 2
= 278.955 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 209.216 x 1000000 / 2550000.0 = 82.046 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 278.955 x 1000 / 4444 = 62.771 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (82.046 + 82.046) / 82.046

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 82.046 MPa ---> O.K

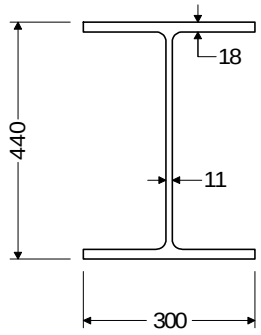
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 62.771 MPa ---> O.K

8.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

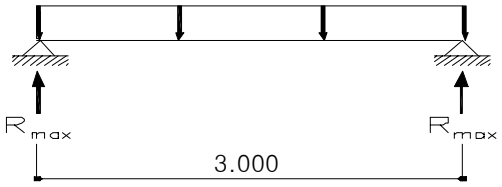
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 271.920 kN/m ---> Strut-5 (CS11 : 굴착 13.26 m)

P = 271.920 × 3.00 m / 1 ea = 815.760 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 815.760 / (13 × 3.000)
= 251.003 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 251.003 × 3.000^2 / 8
= 282.378 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 251.003 × 3.000 / 2
= 376.505 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 282.378 x 1000000 / 2550000.0 = 110.737 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 376.505 x 1000 / 4444 = 84.722 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (110.737 + 110.737) / 110.737

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 110.737 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 84.722 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 376504.520 / 6464.000 = 58.246 MPa

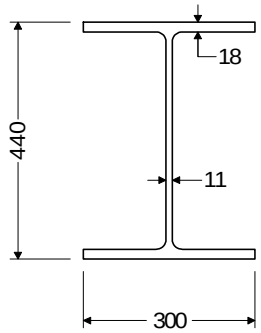
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 58.246 MPa ---> O.K

8.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

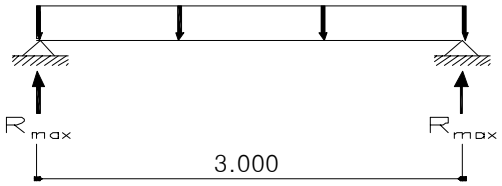
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 269.541 kN/m ---> Strut-6 (CS26 : Peck)

P = 269.541 × 3.00 m / 1 ea = 808.623 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 808.623 / (13 × 3.000)
= 248.807 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 248.807 × 3.000^2 / 8
= 279.908 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 248.807 × 3.000 / 2
= 373.211 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 279.908 x 1000000 / 2550000.0 = 109.768 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 373.211 x 1000 / 4444 = 83.981 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (109.768 + 109.768) / 109.768

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 109.768 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 83.981 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 5 x 1 = 2020.000 mm^2

A_w' = $A_w + A'$

= ####### mm + 2020.000 mm^2 = 6464.000 mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 373210.750 / 6464.000 = 57.737 MPa

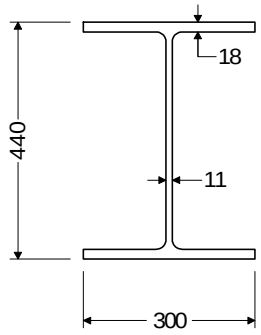
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ' = 57.737 MPa ---> O.K

8.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

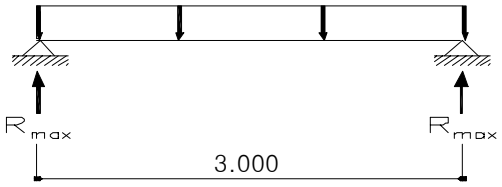
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 159.511 kN/m ---> Strut-7 (CS26 : Peck)

P = 159.511 × 3.00 m / 1 ea = 478.532 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 478.532 / (13 × 3.000)
= 147.241 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 147.241 × 3.000^2 / 8
= 165.646 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 147.241 × 3.000 / 2
= 220.861 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 165.646 x 1000000 / 2550000.0 = 64.959 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 220.861 x 1000 / 4444 = 49.699 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (64.959 + 64.959) / 64.959

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 64.959 MPa ---> O.K

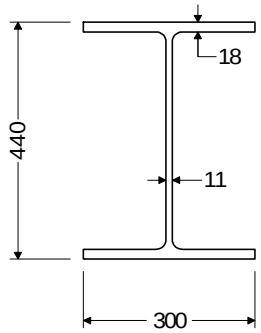
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 49.699 MPa ---> O.K

8.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

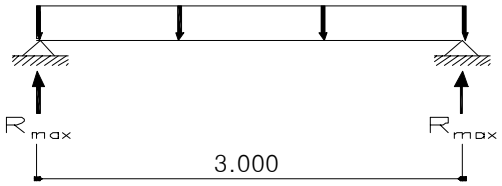
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 181.930 kN/m ---> Strut-8 (CS26 : Peck)

P = 181.930 × 3.00 m / 1 ea = 545.790 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 545.790 / (13 × 3.000)
= 167.935 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 167.935 × 3.000 ^{2} / 8
= 188.927 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 167.935 × 3.000 / 2
= 251.903 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 188.927 x 1000000 / 2550000.0 = 74.089 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 251.903 x 1000 / 4444 = 56.684 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (74.089 + 74.089) / 74.089

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 74.089 MPa ---> O.K

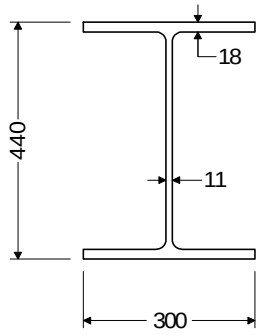
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 56.684 MPa ---> O.K

8.9 Strut-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

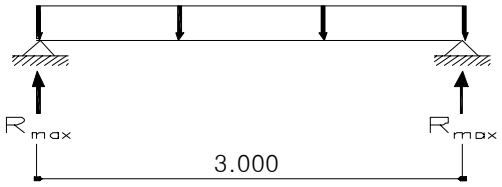
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 127.638 kN/m ---> Strut-9 (CS26 : Peck)

P = 127.638 × 3.00 m / 1 ea = 382.915 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 382.915 / (13 × 3.000)
= 117.820 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 117.820 × 3.000^2 / 8
= 132.547 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 117.820 × 3.000 / 2
= 176.730 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 132.547 x 1000000 / 2550000.0 = 51.979 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 176.730 x 1000 / 4444 = 39.768 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (51.979 + 51.979) / 51.979

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 51.979 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 39.768 MPa ---> O.K

9.측면말뚝 설계

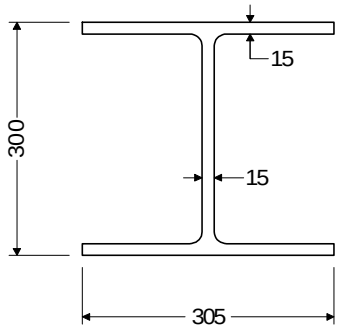
9.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	357.210	kN				
나. 주형 지지보의 자중	=	1.300	kN				
다. 측면말뚝 자중	=	27.100	kN				
라. 버팀보 자중	=	69.100	kN				
마. 띠장 자중	=	13.900	kN				
바. 지보재 수직분력	=	0.000	kN	×	1.200	=	0.000 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN				
∑ P_s	=	518.610	kN				

최대모멘트, M_{max} = 144.370 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS40 : 해체14)

최대전단력, S_{max} = 197.129 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 13.26 m)

▶ Pmax = 518.610 kN

▶ Mmax = 144.370 × 1.200 = 173.244 kN·m

▶ Smax = 197.129 × 1.200 = 236.554 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 173.244 x 1000000 / 1440000.0 = 120.309 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 518.610 x 1000 / 13480 = 38.473 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 236.554 x 1000 / 4050 = 58.408 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 2.690

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (158.781 - -81.836) / 158.781$

= 1.515

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 3200 / 126

25.397 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 1.29 x (25.397 - 16))

= 200.113 MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 200.113 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3200 / 305

= 10.492 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 - 3.91 x (10.492 - 4))

= 185.194 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 185.194 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (25.397)^2

= 2093.027 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 200.113 MPa > f_c = 38.473 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 185.194 MPa > f_b = 120.309 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 58.408 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{38.473}{200.113} + \dfrac{120.309}{185.194 \times (1 - (38.473 / 2093.027))}$

= 0.854 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 38.473 + \frac{120.309}{1 - (38.473 / 2093.027)}$$

$$= 161.034 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.854 , 0.753)
= 0.854 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 18.9 mm ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 13.26 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 24.150 x 1000 x 0.002 = 48.300 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 518.61 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 tonf/m^2

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

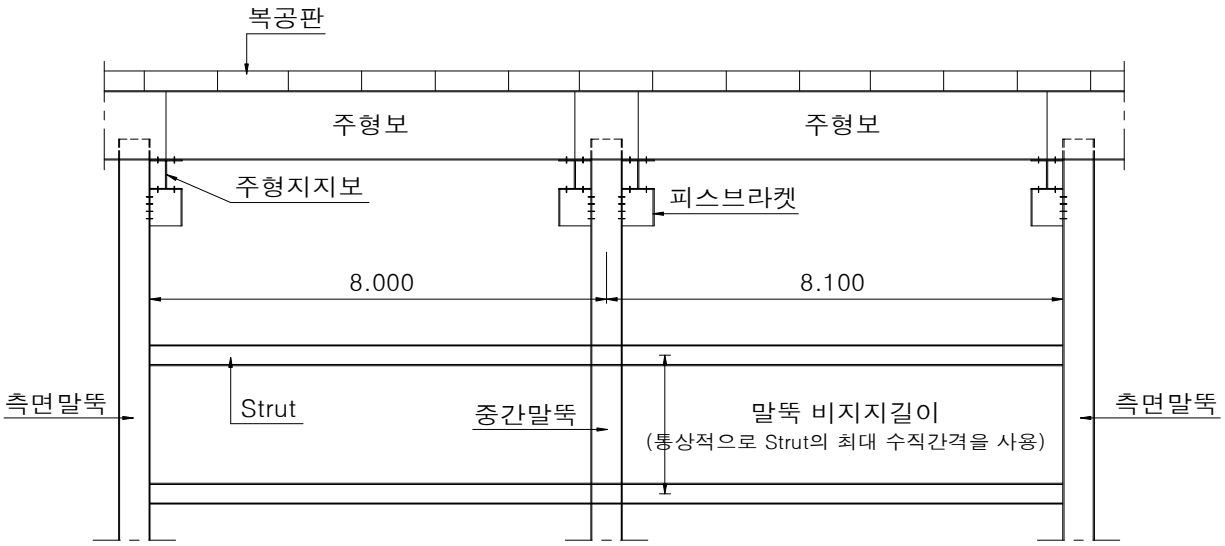
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 8.000 + 8.100 = 16.100 m

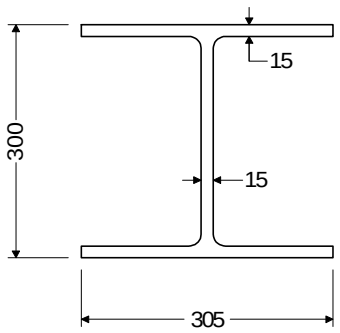
나. PILE 설치간격 : 2.50 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



10.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 27.100 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 7.440 kN

(3) 버팀보 자중 = 60.500 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.100 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 11.200 kN

ΣP_s = 107.340 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.550 x 8.000) / 2 = 22.200 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.550 x 8.100) / 2 = 22.478 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 8.000)

= 0.313 > 0.3 이므로

∴ Use, i = 0.300 적용

라. 전륜,후륜하중에 의한 활하중

(1) 후륜하중

① DB- 24 : P_{r1} = 96 x (1 + 0.300) = 124.800 kN

② DB- 18 : P_{r2} = 72 x (1 + 0.300) = 93.600 kN

③ DB- 13.5 : P_{r3} = 54 x (1 + 0.300) = 70.200 kN

(2) 전륜하중

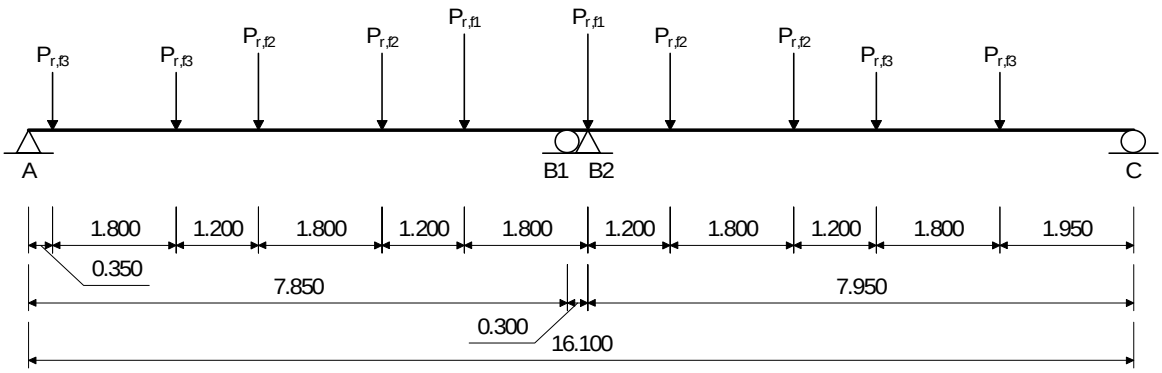
① DB- 24 : P_{f1} = 24 x (1 + 0.300) = 31.200 kN

② DB- 18 : P_{f2} = 18 x (1 + 0.300) = 23.400 kN

③ DB- 13.5 : P_{f3} = 13.5 x (1 + 0.300) = 17.550 kN

마. 활하중 산정 **(차량진행방향에 직각)**

① **2.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150 + 70.200 x 0.350) / 7.850

= 224.660 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750 + 70.200 x 1.950) / 7.950

= 312.883 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 224.660 x 1.00 = 224.660 kN

P_{r2} = 312.883 x 1.00 = 312.883 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150 + 17.550 x 0.350) / 7.850

= 56.165 kN

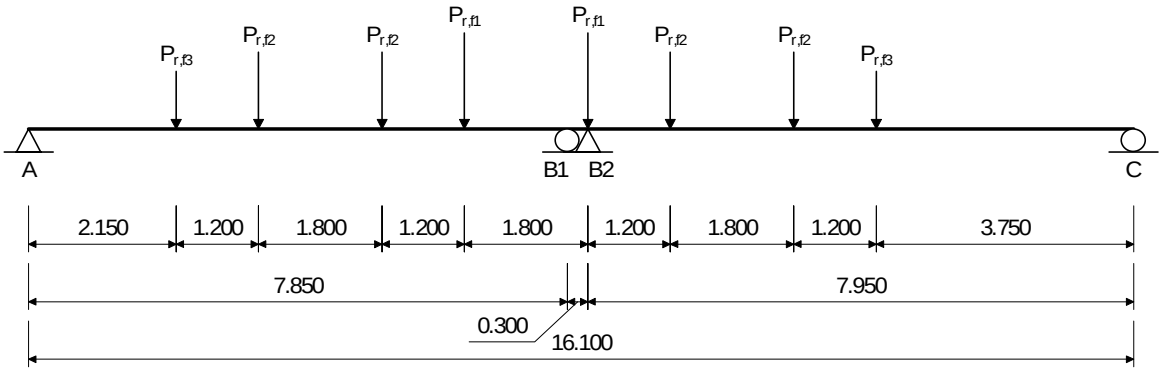
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750 + 17.550 x 1.950) / 7.950

= 78.221 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 56.165 x 1.00 = 56.165 kN

P_{f2} = 78.221 x 1.00 = 78.221 kN

② 2.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350 + 70.200 x 2.150) / 7.850

= 221.530 kN

R_{B2} = (124.800 x 7.950 + 93.600 x 6.750 + 93.600 x 4.950 + 70.200 x 3.750) / 7.950

= 295.664 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 221.530 x 1.00 = 221.530 kN

P_{r2} = 295.664 x 1.00 = 295.664 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 17.550 x 2.150) / 7.850

= 55.382 kN

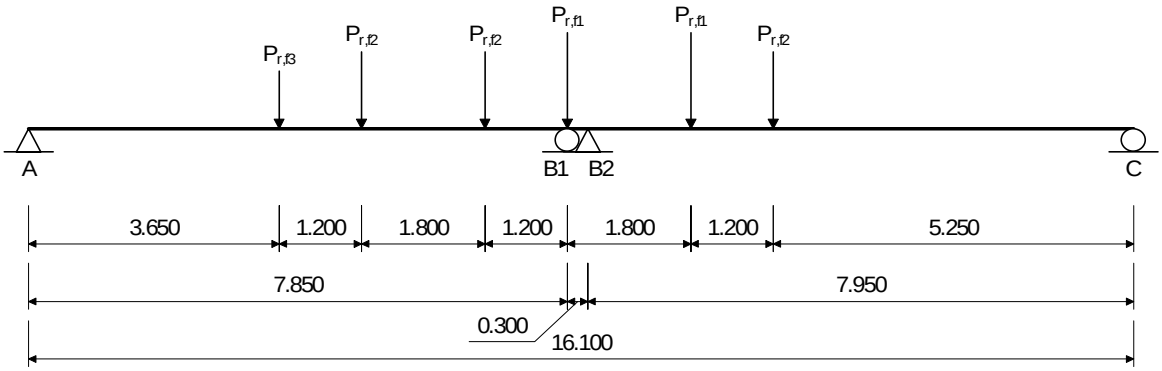
R_{B2} = (31.200 x 7.950 + 23.400 x 6.750 + 23.400 x 4.950 + 17.550 x 3.750) / 7.950

= 73.916 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 55.382 x 1.00 = 55.382 kN

P_{f2} = 73.916 x 1.00 = 73.916 kN

③ 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 7.850 + 93.600 x 6.650 + 93.600 x 4.850 + 70.200 x 3.650) / 7.850

= 294.562 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.450 + 93.600 x 5.250) / 7.950

= 163.064 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 294.562 x 1.00 = 294.562 kN

P_{r2} = 163.064 x 1.00 = 163.064 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 7.850 + 23.400 x 6.650 + 23.400 x 4.850 + 17.550 x 3.650) / 7.850

= 73.640 kN

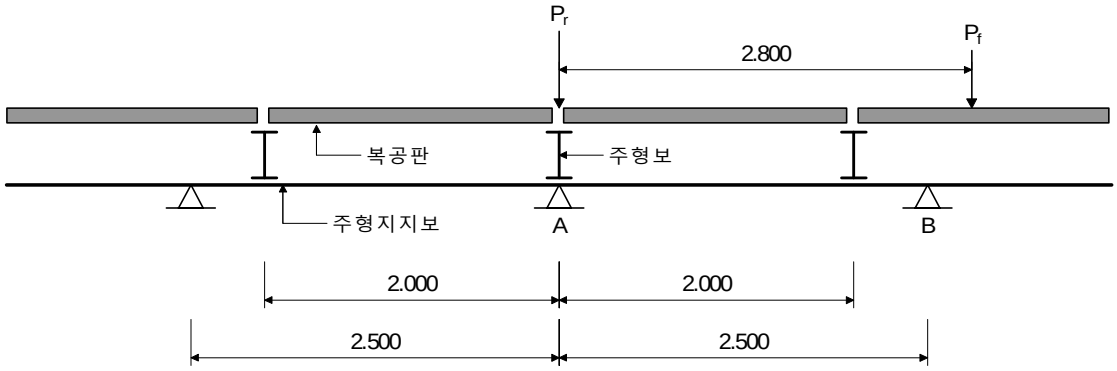
R_{B2} = (31.200 x 6.450 + 23.400 x 5.250) / 7.950

= 40.766 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 73.640 x 1.00 = 73.640 kN

P_{f2} = 40.766 x 1.00 = 40.766 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (294.562 x 2.500) / 2.500

= 294.562 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 2.50 / 2.00

= 294.562 + 22.200 x 2.50 / 2.00 = 322.312 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (312.883 x 2.500) / 2.500

= 312.883 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 2.50 / 2.00

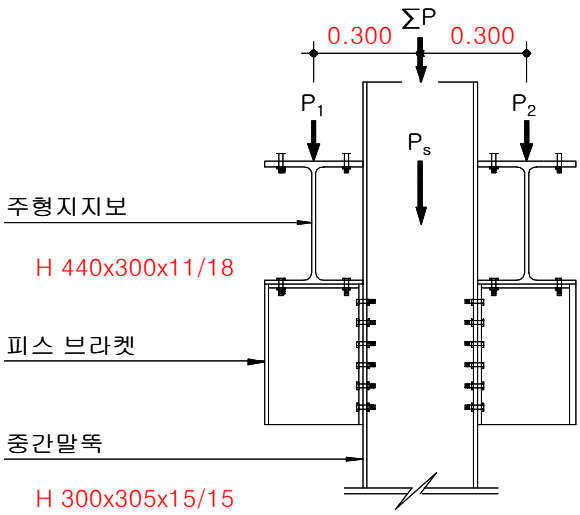
= 312.883 + 22.478 x 2.50 / 2.00 = 340.980 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 322.312 + 340.980 + 107.340 = 770.632 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = ∑ P / A = 256.877 x 1000 / 13480 = 19.056 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 102.294 x 1000000 / 1440000 = 71.037 MPa

여기서, M_{max} = P_2 x e = 340.980 x 0.300 = 102.294 kN·m

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.821

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (90.094 − −51.981) / 90.094

= 1.577

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5000 / 126

39.683 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (39.683 − 16))

= 179.381 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 179.381 MPa

L_y / R_y = 5000 / 72.6

68.871 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (68.871 − 16))

= 137.022 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 137.022 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 137.022 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5000 / 305

= 16.393 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (16.393 − 4))

= 159.234 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 159.234 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (39.683)^2

= 857.304 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 137.022 MPa > f_c = 19.056 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 159.234 MPa > f_b = 71.037 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{19.056}{137.022} + \frac{71.037}{159.234 \times (1 - (19.056 / 857.304))}$

= 0.595 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 19.056 + \frac{71.037}{1 - (19.056 / 857.304)}$

= 91.709 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.595 , 0.429)

= 0.595 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 256.88 kN (중앙말뚝 간격 4.0M 미만시 반력의 1/3 적용)

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

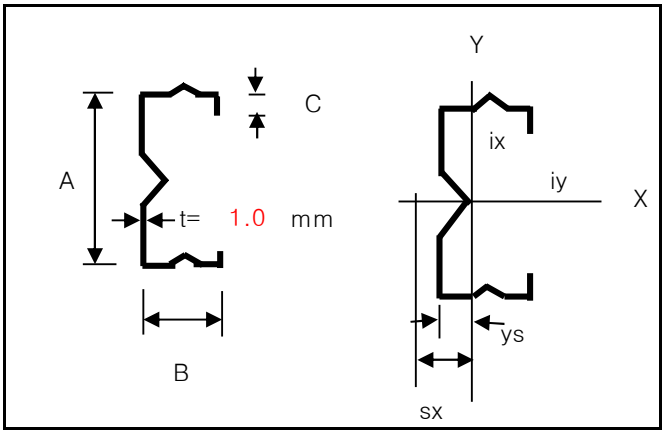
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. 흙막이 벽체 설계

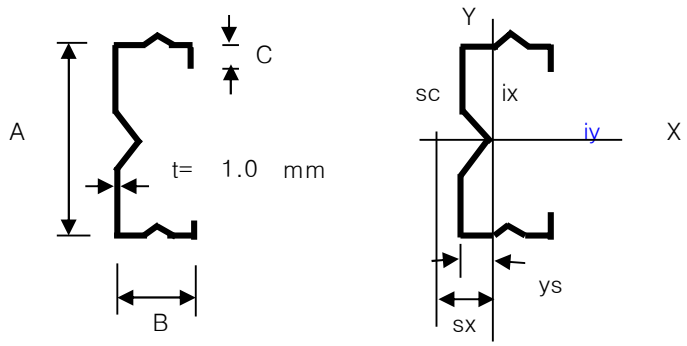
11.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 24.15m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	351.4
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

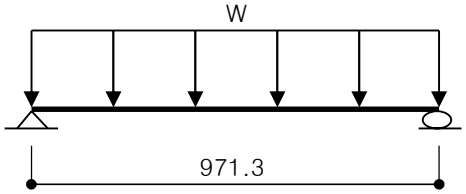
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1321 MPa ---> (CS26 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 132.1 kN/m^2 x 0.2000 m = 26.4 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 26.4 x 0.97^2 / 8 = 3.1 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 26.4 x 0.97 / 2 = 12.8 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3115001 / 22,580 = 137.95 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3115001 / 23,230 = 134.09 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 12829 / 196 = 65.45 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 351.446 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 351.446 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 137.95 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 134.09 MPa < f_{ba} = 351.45 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 65.45 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

12. 탄소성 입력 데이터

12.1 해석종류 : 탄소성보법

12.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

12.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 24.15 m, 전모델높이 = 30 m

12.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.80	18.00	19.00	0.00	26.00	3	-	12000.00
2	토사(점토1)	5.40	17.00	18.00	20.00	15.00	6	-	14000.00
3	토사(모래1)	7.00	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
4	토사(점토2)	9.00	17.00	18.00	20.00	15.00	14	-	14000.00
5	토사(모래2)	11.00	18.00	19.00	0.00	28.00	16	-	20000.00
6	토사(자갈)	11.60	20.00	21.00	0.00	35.00	24	-	32000.00
7	토사(모래3)	12.70	18.00	19.00	0.00	28.00	31	-	20000.00
8	풍화암	21.40	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
9	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	50000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	25.65	1.2

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8.05	0	1
2	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.53	3	8.05	50	1
3	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.62	3	8.05	50	1
4	Strut-4	P 406.4x12	SS400	7.42	3	8.05	50	1
5	Strut-5	P 406.4x12	SS400	9.56	3	8.05	50	1
6	Strut-6	P 406.4x12	SS400	12.76	3	8.05	250	1
7	Strut-7	P 406.4x12	SS400	14.69	3	8.05	50	1
8	Strut-8	P 406.4x12	SS400	17.49	3	8.05	200	1
9	Strut-9	P 406.4x12	SS400	19.19	3	8.05	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-10	D29	SD300	20.49	1.2	0	4	0
2	Strut-11	D29	SD300	21.79	1.2	0	4	0
3	Strut-12	D29	SD300	22.99	1.2	0	4	0

12.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

12.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 7 m, 수위차 = 24.15 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.03	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.12	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	7.92	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	10.06	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	13.26	-	-	-	-	-	-	O	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	15.19	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	17.99	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	19.69	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-9		-	-	-	-	X	X
19	20.99	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	Strut-10		-	-	-	-	X	X
21	22.29	-	-	-	-	-	-	X	X
22	-	Strut-11		-	-	-	-	X	X
23	23.49	-	-	-	-	-	-	X	X
24	-	Strut-12		-	-	-	-	X	X
25	24.15	-	-	-	-	-	-	X	X
26	24.15	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
27	23.49	-	-	-	-	-	-	X	X
28	-		Strut-12	-	-	-	-	X	X
29	22.29	-	-	-	-	-	-	X	X
30	-		Strut-11	-	-	-	-	X	X
31	20.99	-	-	-	-	-	-	X	X
32	-		Strut-10	-	-	-	-	X	X
33	19.69	-	-	-	-	-	-	X	X
34	-		Strut-9	-	-	-	-	X	X
35	17.99	-	-	-	-	-	-	X	X
36	-		Strut-8	-	-	-	-	X	X
37	15.19	-	-	-	-	-	-	X	X
38	-		Strut-7	-	-	-	-	X	X

39	13.26	–	–	–	–	–	–	X	X
40	–		Strut-6	–	–	–	–	X	X
41	10.06	–	–	–	–	–	–	X	X
42	–		Strut-5	–	–	–	–	X	X
43	7.92	–	–	–	–	–	–	X	X
44	–		Strut-4	–	–	–	–	X	X
45	6.12	–	–	–	–	–	–	X	X
46	–		Strut-3	–	–	–	–	X	X
47	3.03	–	–	–	–	–	–	X	X
48	–		Strut-2	–	–	–	–	X	X
49	1.05	–	–	–	–	–	–	X	X
50	–		Strut-1	–	–	–	–	X	X
51	0.10	–	–	–	–	–	–	X	X

13. 해석 결과
13.1 전산 해석결과 집계

13.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	9.49	1.5	-3.72	4.5	1.53	8.6	-13.67	3.0
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	9.48	1.5	-3.68	4.5	1.54	8.6	-13.60	3.0
CS3 : 굴착 3.03 m	3.03	16.87	3.0	-22.96	0.6	17.66	2.0	-9.40	5.6
CS4 : 생성 Strut-2	3.03	11.59	2.5	-15.55	0.6	7.69	1.5	-7.51	4.9
CS5 : 굴착 6.12 m	6.12	41.39	2.5	-65.46	2.5	46.27	5.4	-58.10	2.5
CS6 : 생성 Strut-3	6.12	35.75	2.5	-56.95	2.5	32.82	5.4	-46.95	2.5
CS7 : 굴착 7.92 m	7.92	33.60	8.3	-80.37	5.6	52.93	7.4	-41.26	2.5
CS8 : 생성 Strut-4	7.92	33.41	2.5	-69.97	5.6	43.99	7.0	-42.31	2.5
CS9 : 굴착 10.06 m	10.06	55.73	11.0	-147.67	7.4	92.40	9.6	-53.73	7.4
CS10 : 생성 Strut-5	10.06	50.07	11.0	-136.84	7.4	81.43	9.3	-43.69	7.4
CS11 : 굴착 13.26 m	13.26	117.86	13.3	-197.13	9.6	144.16	11.6	-67.29	15.2
CS12 : 생성 Strut-6	13.26	134.60	12.8	-163.78	9.6	117.32	11.3	-54.94	14.7
CS13 : 굴착 15.19 m	15.19	150.11	12.8	-148.29	9.6	95.25	11.3	-45.73	7.4
CS14 : 생성 Strut-7	15.19	147.94	12.8	-150.45	9.6	98.14	11.3	-45.82	7.4
CS15 : 굴착 17.99 m	17.99	150.19	12.8	-148.25	9.6	96.71	11.3	-74.86	14.7
CS16 : 생성 Strut-8	17.99	149.78	12.8	-148.65	9.6	96.64	11.3	-45.91	14.7
CS17 : 굴착 19.69 m	19.69	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.98	11.3	-45.83	7.4
CS18 : 생성 Strut-9	19.69	149.53	12.8	-148.89	9.6	96.92	11.3	-45.83	7.4
CS19 : 굴착 20.99 m	20.99	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.95	11.3	-45.83	7.4
CS20 : 생성 Strut-10	20.99	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.95	11.3	-45.83	7.4
CS21 : 굴착 22.29 m	22.29	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.95	11.3	-45.83	7.4
CS22 : 생성 Strut-11	22.29	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.95	11.3	-45.83	7.4
CS23 : 굴착 23.49 m	23.49	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.94	11.3	-45.83	7.4
CS24 : 생성 Strut-12	23.49	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.94	11.3	-45.83	7.4
CS25 : 굴착 24.15 m	24.15	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.94	11.3	-45.83	7.4
CS26 : Peck	24.15	166.60	12.8	-165.52	9.6	65.66	11.0	-67.77	12.8
CS27 : 해체1	23.49	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.94	11.3	-45.83	7.4
CS28 : 해체2	23.49	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.94	11.3	-45.83	7.4
CS29 : 해체3	22.29	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.95	11.3	-45.83	7.4
CS30 : 해체4	22.29	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.95	11.3	-45.83	7.4
CS31 : 해체5	20.99	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.95	11.3	-45.83	7.4
CS32 : 해체6	20.99	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.95	11.3	-45.83	7.4
CS33 : 해체7	19.69	149.53	12.8	-148.89	9.6	96.92	11.3	-45.83	7.4
CS34 : 해체8	19.69	149.48	12.8	-148.94	9.6	96.97	11.3	-45.83	7.4
CS35 : 해체9	17.99	149.78	12.8	-148.64	9.6	96.63	11.3	-46.01	14.7
CS36 : 해체10	17.99	150.19	12.8	-148.25	9.6	96.70	11.3	-74.53	14.7
CS37 : 해체11	15.19	147.94	12.8	-150.45	9.6	98.12	11.3	-45.82	7.4
CS38 : 해체12	15.19	150.00	12.8	-148.40	9.6	95.39	11.3	-45.73	7.4
CS39 : 해체13	13.26	134.31	12.8	-164.07	9.6	117.67	11.3	-54.97	14.7
CS40 : 해체14	13.26	117.89	13.3	-197.10	9.6	144.37	11.6	-67.38	15.2
CS41 : 해체15	10.06	54.66	11.0	-139.27	7.4	85.97	9.3	-43.67	7.4

CS42 : 해체16	10.06	57.10	11.0	-144.80	7.4	90.96	9.3	-48.99	7.4
CS43 : 해체17	7.92	33.38	2.5	-69.05	5.6	42.64	7.0	-42.25	2.5
CS44 : 해체18	7.92	33.00	8.3	-80.88	5.6	52.81	7.4	-41.07	2.5
CS45 : 해체19	6.12	35.58	2.5	-56.26	2.5	31.15	5.4	-46.61	2.5
CS46 : 해체20	6.12	41.85	2.5	-65.69	2.5	46.01	5.4	-59.03	2.5
CS47 : 해체21	3.03	11.44	2.5	-15.70	0.6	7.83	1.5	-8.20	5.4
CS48 : 해체22	3.03	16.95	3.0	-22.89	0.6	17.54	2.0	-10.09	5.6
CS49 : 해체23	1.05	9.53	1.5	-3.86	7.0	2.52	10.5	-13.79	3.0
CS50 : 해체24	1.05	9.48	1.5	-3.85	7.0	2.52	10.5	-13.72	3.0
CS51 : 해체25	0.10	4.23	13.3	-1.39	7.4	2.34	11.6	-2.62	14.2
TOTAL		166.60	12.8	-197.13	9.6	144.37	11.6	-74.86	14.7

13.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-5
		0.55 (m)	2.53 (m)	5.62 (m)	7.42 (m)	9.56 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.03 m	3.03	24.66	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.03	17.24	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 6.12 m	6.12	-12.54	106.85	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.12	-6.91	92.70	16.67	-	-
CS7 : 굴착 7.92 m	7.92	-4.04	73.67	106.31	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	7.92	-4.57	76.95	93.15	16.67	-
CS9 : 굴착 10.06 m	10.06	-2.49	70.77	49.17	201.47	-
CS10 : 생성 Strut-5	10.06	-2.68	71.28	54.08	185.39	16.67
CS11 : 굴착 13.26 m	13.26	-3.18	73.94	47.75	122.87	271.92
CS12 : 생성 Strut-6	13.26	-3.02	73.16	48.72	141.83	219.23
CS13 : 굴착 15.19 m	15.19	-3.01	73.08	49.31	143.25	201.80
CS14 : 생성 Strut-7	15.19	-3.01	73.10	49.23	142.95	204.33
CS15 : 굴착 17.99 m	17.99	-3.01	73.05	49.30	144.07	200.98
CS16 : 생성 Strut-8	17.99	-3.01	73.07	49.29	143.69	201.75
CS17 : 굴착 19.69 m	19.69	-3.01	73.07	49.28	143.62	202.13
CS18 : 생성 Strut-9	19.69	-3.01	73.07	49.28	143.63	202.06
CS19 : 굴착 20.99 m	20.99	-3.01	73.07	49.28	143.61	202.13
CS20 : 생성 Strut-10	20.99	-3.01	73.07	49.28	143.61	202.13
CS21 : 굴착 22.29 m	22.29	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14
CS22 : 생성 Strut-11	22.29	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14
CS23 : 굴착 23.49 m	23.49	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14
CS24 : 생성 Strut-12	23.49	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14
CS25 : 굴착 24.15 m	24.15	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14
CS26 : Peck	24.15	105.19	211.04	199.89	143.94	259.15
CS27 : 해체1	23.49	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14
CS28 : 해체2	23.49	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14
CS29 : 해체3	22.29	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14

CS30 : 해체4	22.29	-3.01	73.07	49.28	143.60	202.14
CS31 : 해체5	20.99	-3.01	73.07	49.28	143.61	202.13
CS32 : 해체6	20.99	-3.01	73.07	49.28	143.61	202.13
CS33 : 해체7	19.69	-3.01	73.07	49.28	143.63	202.06
CS34 : 해체8	19.69	-3.01	73.07	49.28	143.62	202.12
CS35 : 해체9	17.99	-3.01	73.07	49.29	143.69	201.74
CS36 : 해체10	17.99	-3.01	73.05	49.30	144.06	200.98
CS37 : 해체11	15.19	-3.01	73.10	49.23	142.94	204.34
CS38 : 해체12	15.19	-3.01	73.09	49.31	143.23	201.94
CS39 : 해체13	13.26	-3.02	73.16	48.71	141.78	219.58
CS40 : 해체14	13.26	-3.18	73.93	47.75	123.01	271.76
CS41 : 해체15	10.06	-2.66	71.19	54.29	187.70	8.07
CS42 : 해체16	10.06	-2.56	70.93	51.66	196.01	-
CS43 : 해체17	7.92	-4.54	76.87	92.28	19.16	-
CS44 : 해체18	7.92	-3.94	73.18	107.22	-	-
CS45 : 해체19	6.12	-6.74	91.84	18.28	-	-
CS46 : 해체20	6.12	-13.01	107.54	-	-	-
CS47 : 해체21	3.03	17.39	16.22	-	-	-
CS48 : 해체22	3.03	24.59	-	-	-	-
CS49 : 해체23	1.05	-0.05	-	-	-	-
CS50 : 해체24	1.05	-	-	-	-	-
CS51 : 해체25	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		105.19	211.04	199.89	201.47	271.92

시공단계	굴착 깊이	Strut-6	Strut-7	Strut-8	Strut-9	Strut-10
		12.76 (m)	14.69 (m)	17.49 (m)	19.19 (m)	20.49 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.03 m	3.03	-	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.03	-	-	-	-	-
CS5 : 굴착 6.12 m	6.12	-	-	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.12	-	-	-	-	-
CS7 : 굴착 7.92 m	7.92	-	-	-	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	7.92	-	-	-	-	-
CS9 : 굴착 10.06 m	10.06	-	-	-	-	-
CS10 : 생성 Strut-5	10.06	-	-	-	-	-
CS11 : 굴착 13.26 m	13.26	-	-	-	-	-
CS12 : 생성 Strut-6	13.26	83.33	-	-	-	-
CS13 : 굴착 15.19 m	15.19	200.55	-	-	-	-
CS14 : 생성 Strut-7	15.19	189.56	16.67	-	-	-
CS15 : 굴착 17.99 m	17.99	159.72	157.55	-	-	-
CS16 : 생성 Strut-8	17.99	174.03	115.14	66.67	-	-
CS17 : 굴착 19.69 m	19.69	174.05	103.81	147.92	-	-
CS18 : 생성 Strut-9	19.69	173.93	106.11	136.51	16.67	-
CS19 : 굴착 20.99 m	20.99	174.57	102.99	130.31	85.65	-
CS20 : 생성 Strut-10	20.99	174.57	102.98	130.29	85.68	0.09
CS21 : 굴착 22.29 m	22.29	174.79	102.46	124.01	97.69	34.45
CS22 : 생성 Strut-11	22.29	174.79	102.46	124.00	97.69	34.47
CS23 : 굴착 23.49 m	23.49	174.81	102.54	122.53	95.90	39.68

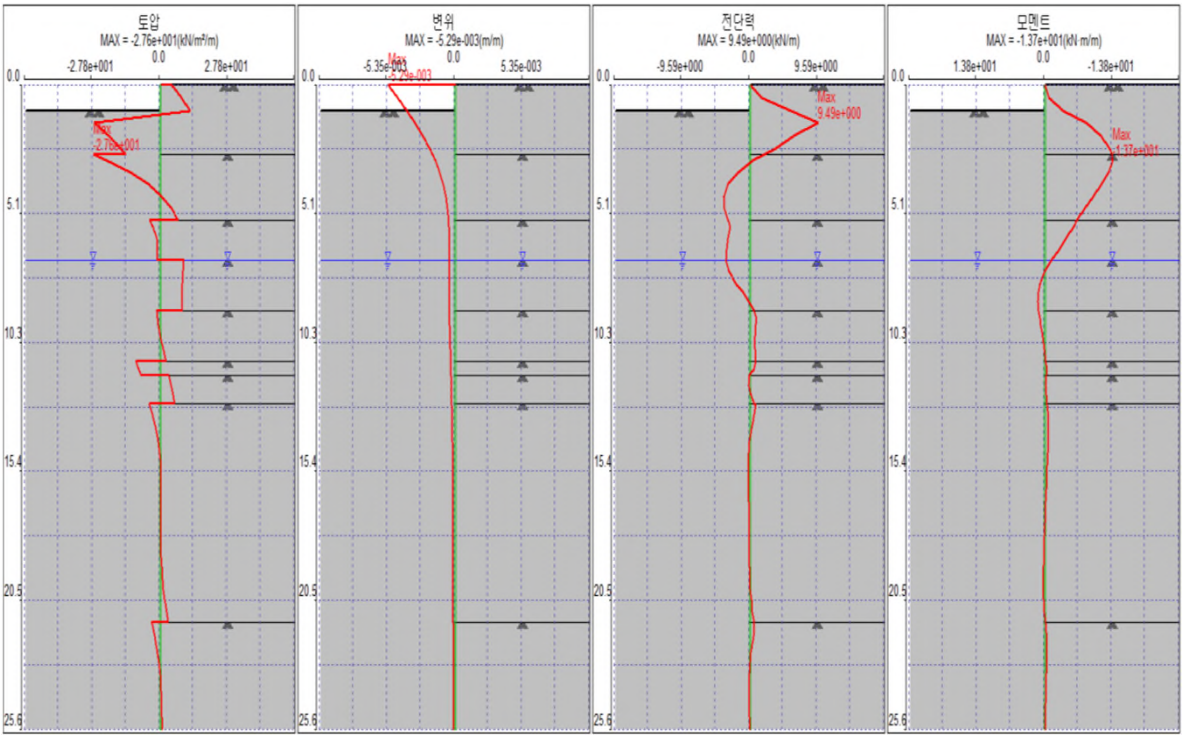
CS24 : 생성 Strut-12	23.49	174.81	102.54	122.53	95.90	39.68
CS25 : 굴착 24.15 m	24.15	174.80	102.59	122.48	94.84	39.24
CS26 : Peck	24.15	269.54	159.51	181.93	127.64	78.14
CS27 : 해체1	23.49	174.81	102.54	122.53	95.91	39.71
CS28 : 해체2	23.49	174.81	102.54	122.53	95.92	39.70
CS29 : 해체3	22.29	174.79	102.45	124.01	97.78	34.50
CS30 : 해체4	22.29	174.79	102.45	124.03	97.75	34.40
CS31 : 해체5	20.99	174.56	102.98	130.43	85.71	-0.48
CS32 : 해체6	20.99	174.56	102.99	130.45	85.46	-
CS33 : 해체7	19.69	173.92	106.15	136.85	15.82	-
CS34 : 해체8	19.69	174.03	103.97	147.69	-	-
CS35 : 해체9	17.99	173.99	115.49	65.93	-	-
CS36 : 해체10	17.99	159.90	157.32	-	-	-
CS37 : 해체11	15.19	189.98	15.89	-	-	-
CS38 : 해체12	15.19	200.42	-	-	-	-
CS39 : 해체13	13.26	82.63	-	-	-	-
CS40 : 해체14	13.26	-	-	-	-	-
CS41 : 해체15	10.06	-	-	-	-	-
CS42 : 해체16	10.06	-	-	-	-	-
CS43 : 해체17	7.92	-	-	-	-	-
CS44 : 해체18	7.92	-	-	-	-	-
CS45 : 해체19	6.12	-	-	-	-	-
CS46 : 해체20	6.12	-	-	-	-	-
CS47 : 해체21	3.03	-	-	-	-	-
CS48 : 해체22	3.03	-	-	-	-	-
CS49 : 해체23	1.05	-	-	-	-	-
CS50 : 해체24	1.05	-	-	-	-	-
CS51 : 해체25	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		269.54	159.51	181.93	127.64	78.14

시공단계	굴착 깊이	Strut-11	Strut-12			
		21.79 (m)	22.99 (m)			
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-			
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-			
CS3 : 굴착 3.03 m	3.03	-	-			
CS4 : 생성 Strut-2	3.03	-	-			
CS5 : 굴착 6.12 m	6.12	-	-			
CS6 : 생성 Strut-3	6.12	-	-			
CS7 : 굴착 7.92 m	7.92	-	-			
CS8 : 생성 Strut-4	7.92	-	-			
CS9 : 굴착 10.06 m	10.06	-	-			
CS10 : 생성 Strut-5	10.06	-	-			
CS11 : 굴착 13.26 m	13.26	-	-			
CS12 : 생성 Strut-6	13.26	-	-			
CS13 : 굴착 15.19 m	15.19	-	-			
CS14 : 생성 Strut-7	15.19	-	-			
CS15 : 굴착 17.99 m	17.99	-	-			
CS16 : 생성 Strut-8	17.99	-	-			
CS17 : 굴착 19.69 m	19.69	-	-			

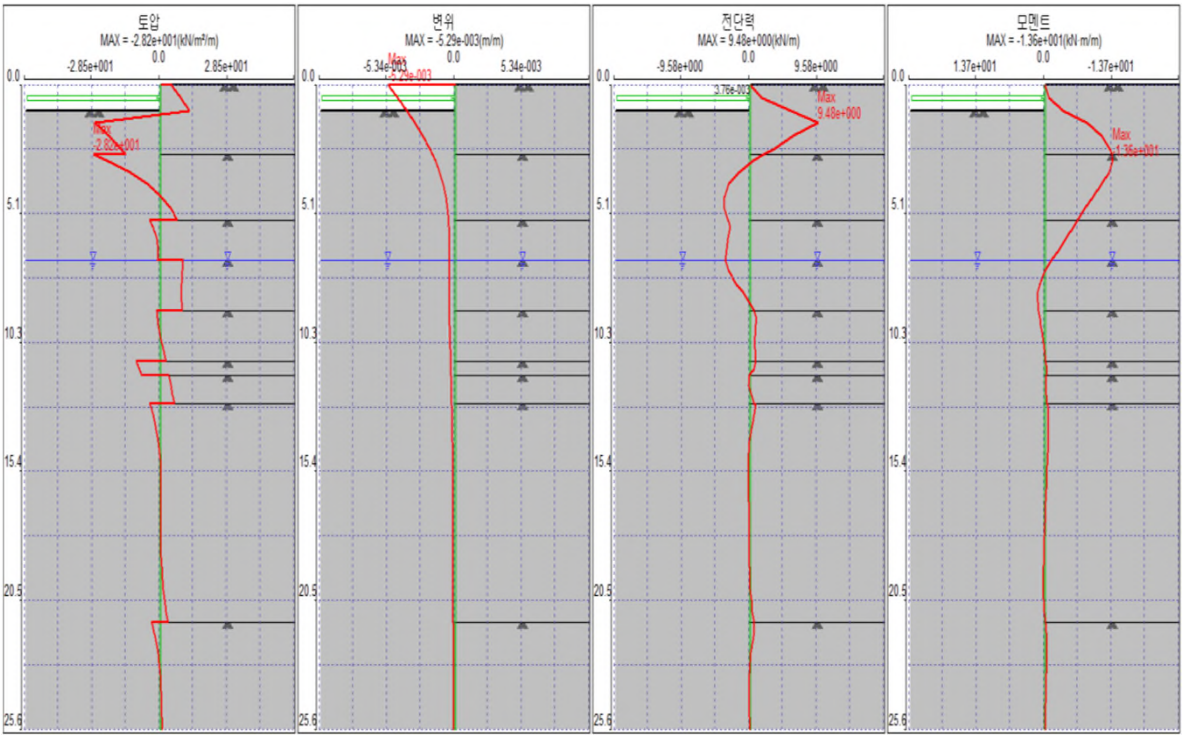
CS18 : 생성 Strut-9	19.69	-	-			
CS19 : 굴착 20.99 m	20.99	-	-			
CS20 : 생성 Strut-10	20.99	-	-			
CS21 : 굴착 22.29 m	22.29	-	-			
CS22 : 생성 Strut-11	22.29	0.07	-			
CS23 : 굴착 23.49 m	23.49	23.30	-			
CS24 : 생성 Strut-12	23.49	23.30	0.00			
CS25 : 굴착 24.15 m	24.15	26.20	11.64			
CS26 : Peck	24.15	97.76	94.11			
CS27 : 해체1	23.49	23.32	-0.12			
CS28 : 해체2	23.49	23.27	-			
CS29 : 해체3	22.29	-0.20	-			
CS30 : 해체4	22.29	-	-			
CS31 : 해체5	20.99	-	-			
CS32 : 해체6	20.99	-	-			
CS33 : 해체7	19.69	-	-			
CS34 : 해체8	19.69	-	-			
CS35 : 해체9	17.99	-	-			
CS36 : 해체10	17.99	-	-			
CS37 : 해체11	15.19	-	-			
CS38 : 해체12	15.19	-	-			
CS39 : 해체13	13.26	-	-			
CS40 : 해체14	13.26	-	-			
CS41 : 해체15	10.06	-	-			
CS42 : 해체16	10.06	-	-			
CS43 : 해체17	7.92	-	-			
CS44 : 해체18	7.92	-	-			
CS45 : 해체19	6.12	-	-			
CS46 : 해체20	6.12	-	-			
CS47 : 해체21	3.03	-	-			
CS48 : 해체22	3.03	-	-			
CS49 : 해체23	1.05	-	-			
CS50 : 해체24	1.05	-	-			
CS51 : 해체25	0.10	-	-			
TOTAL		97.76	94.11			

13.2 시공단계별 단면력도

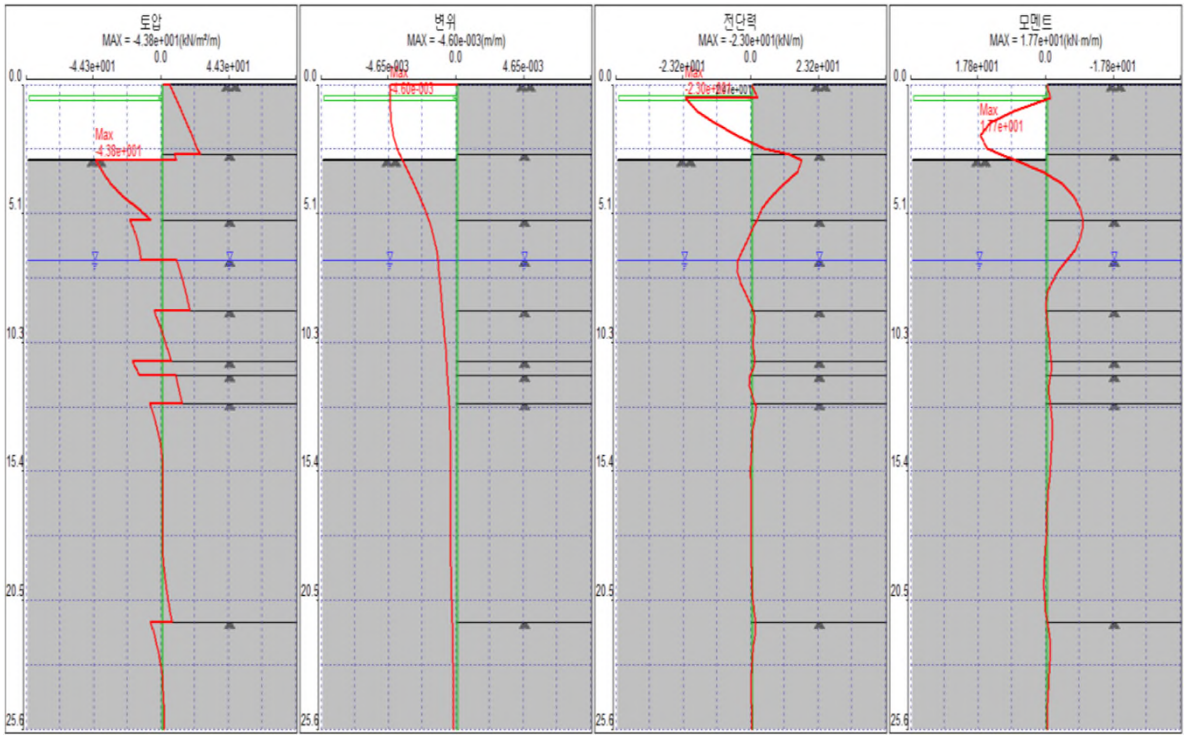
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



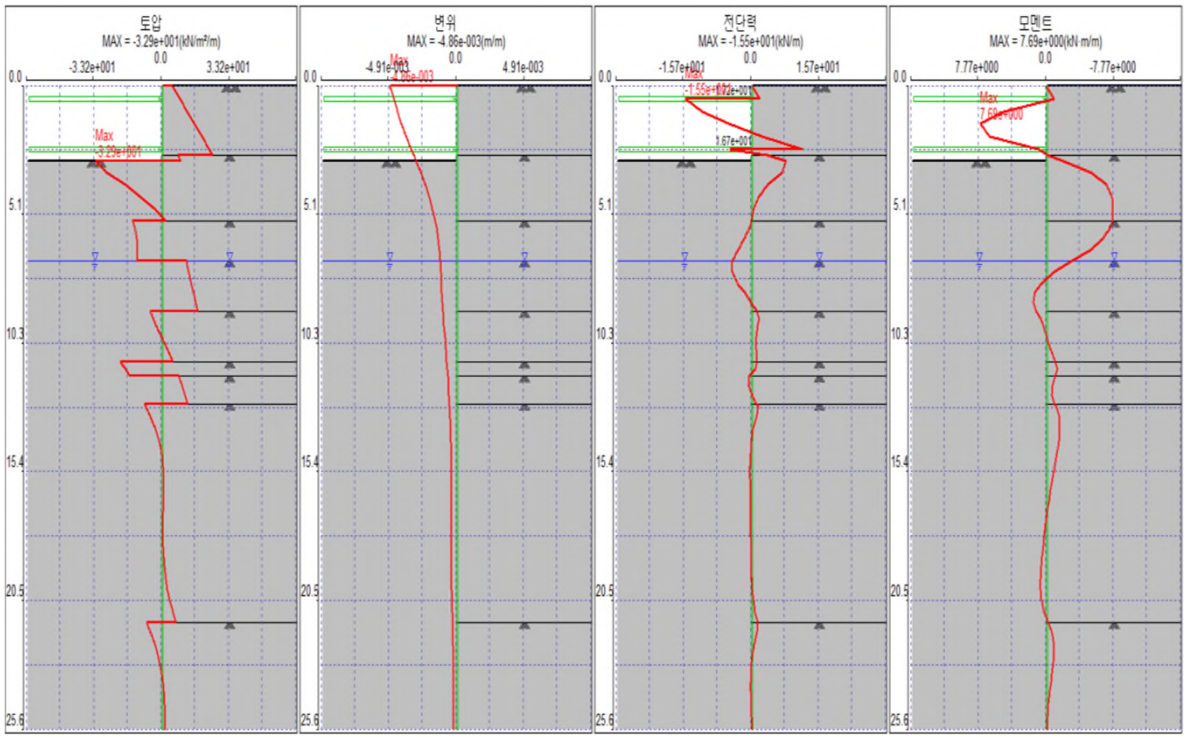
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



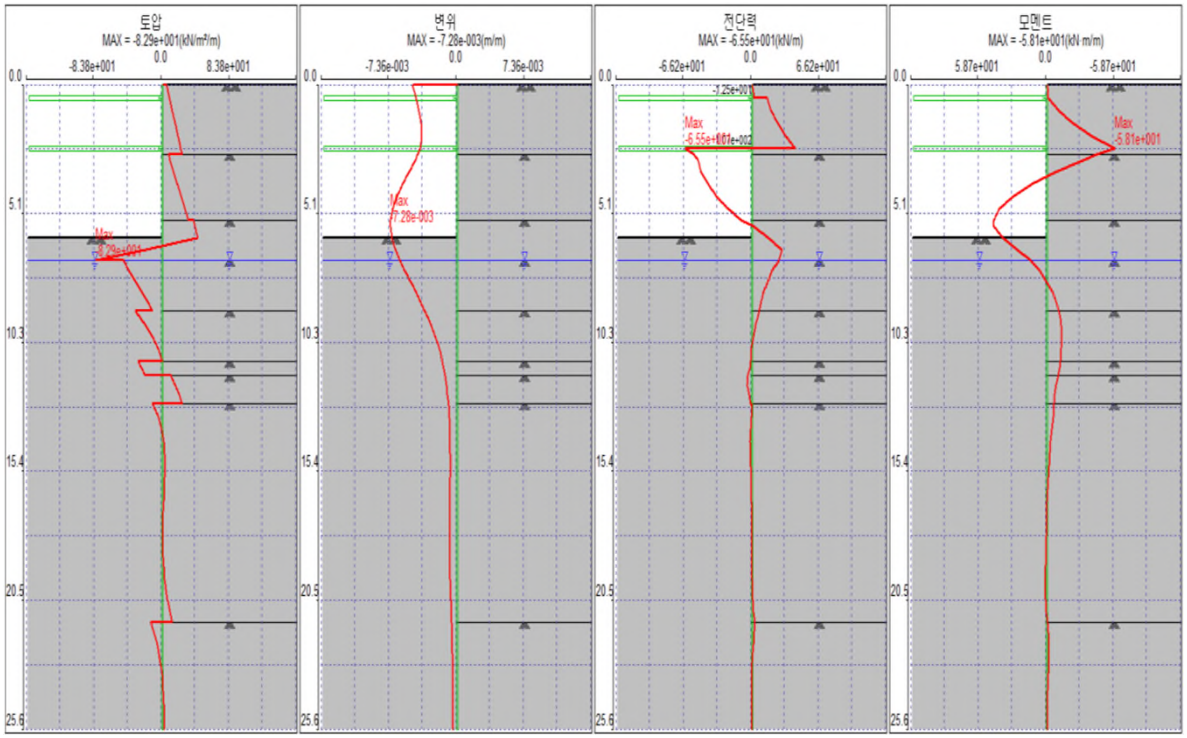
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.03 m]



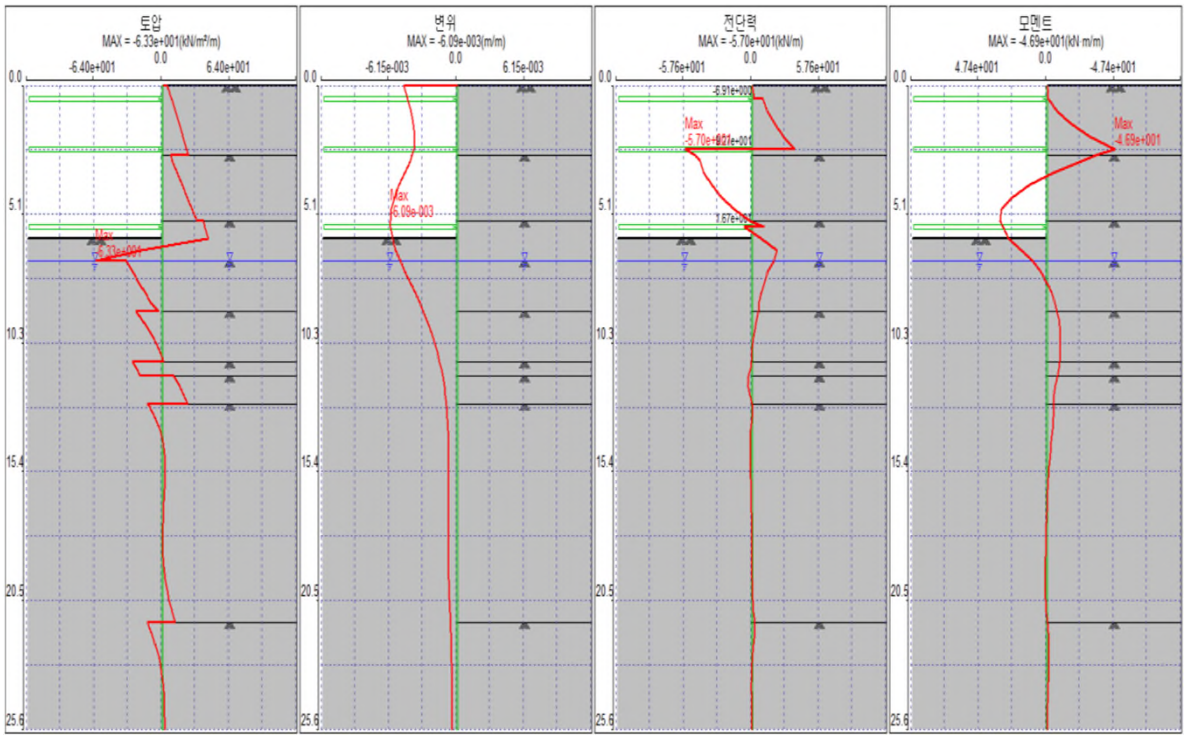
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



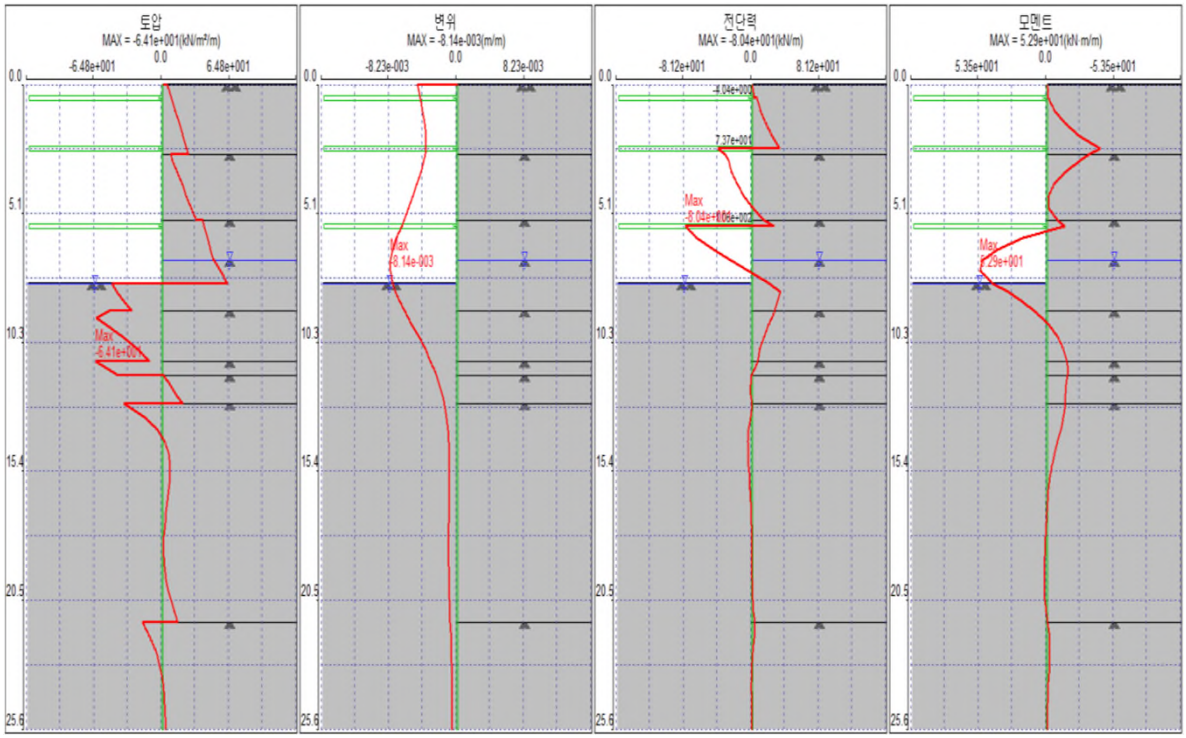
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.12 m]



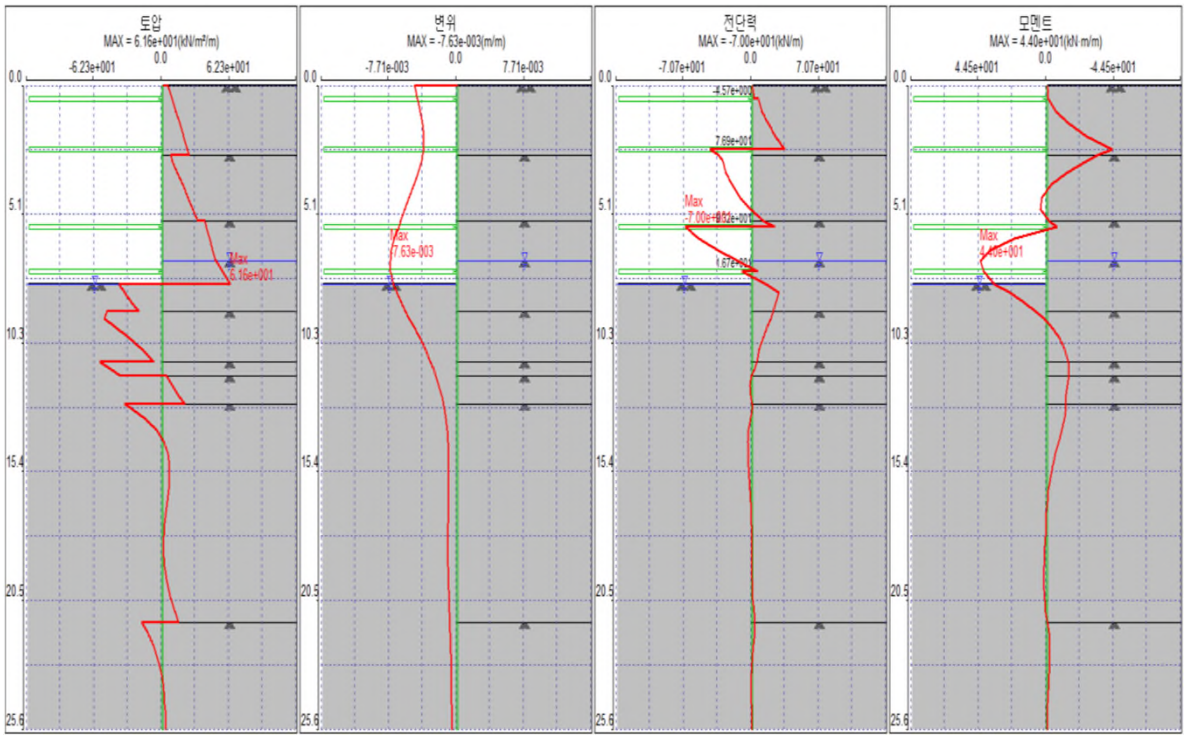
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



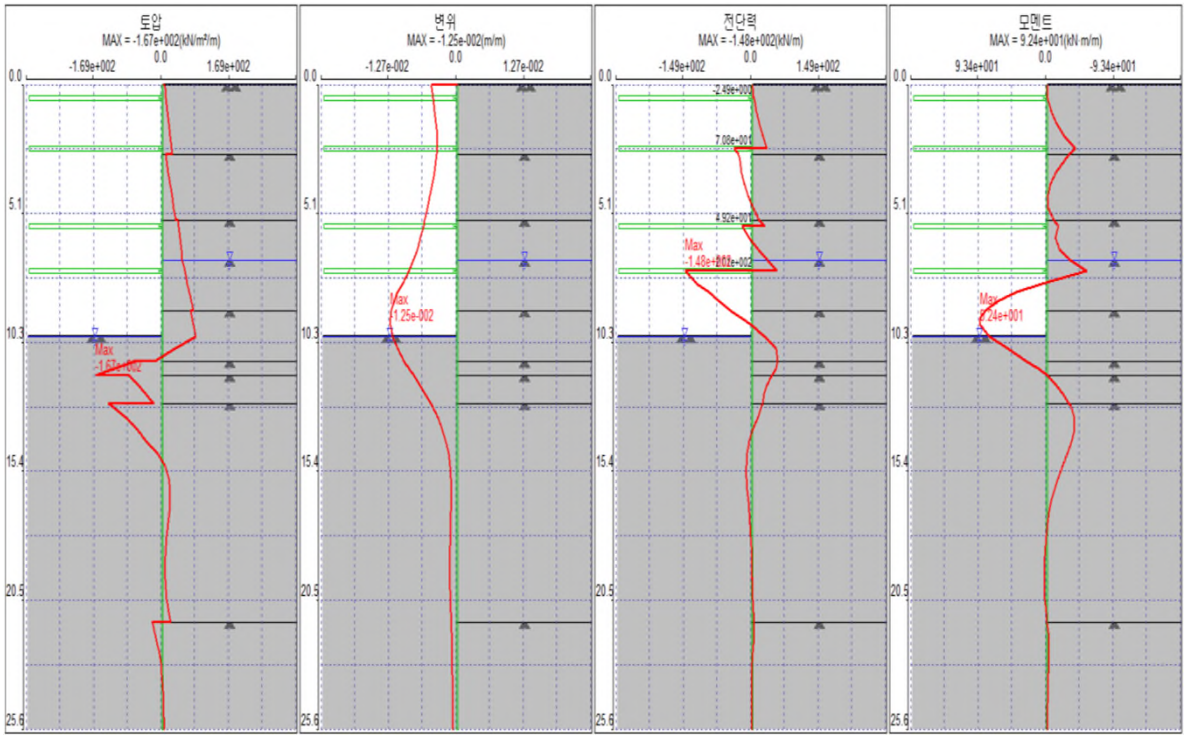
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 7.92 m]



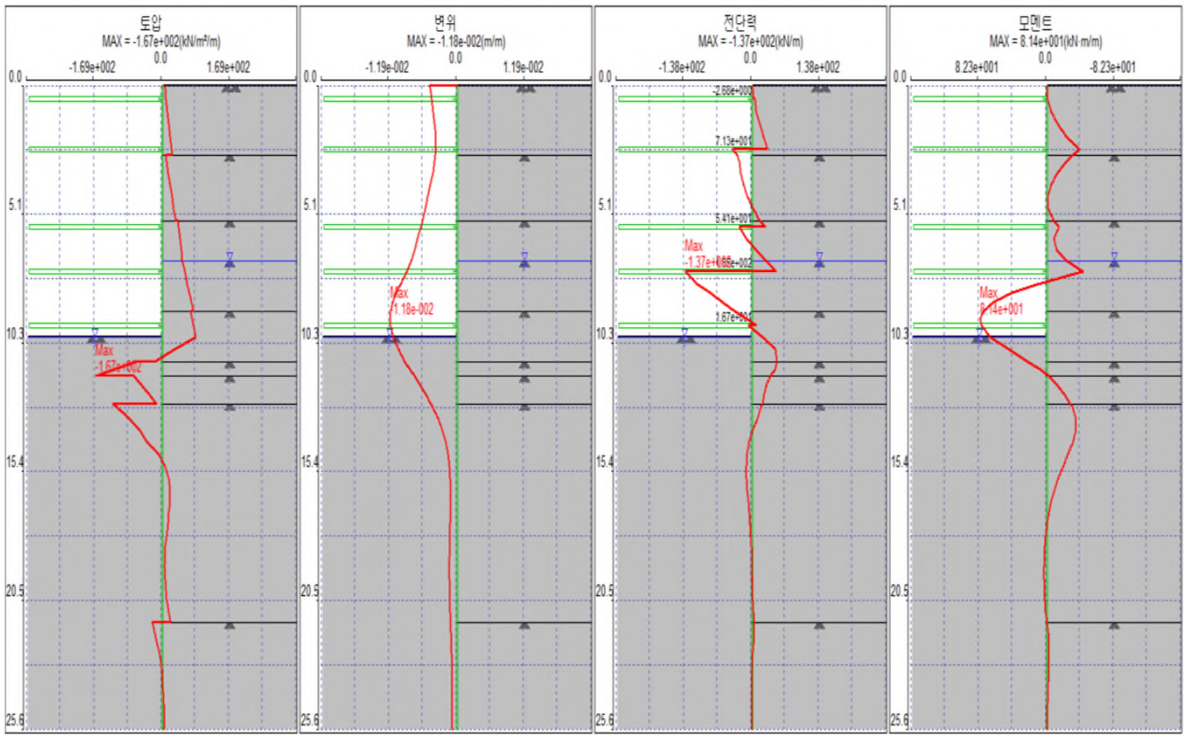
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



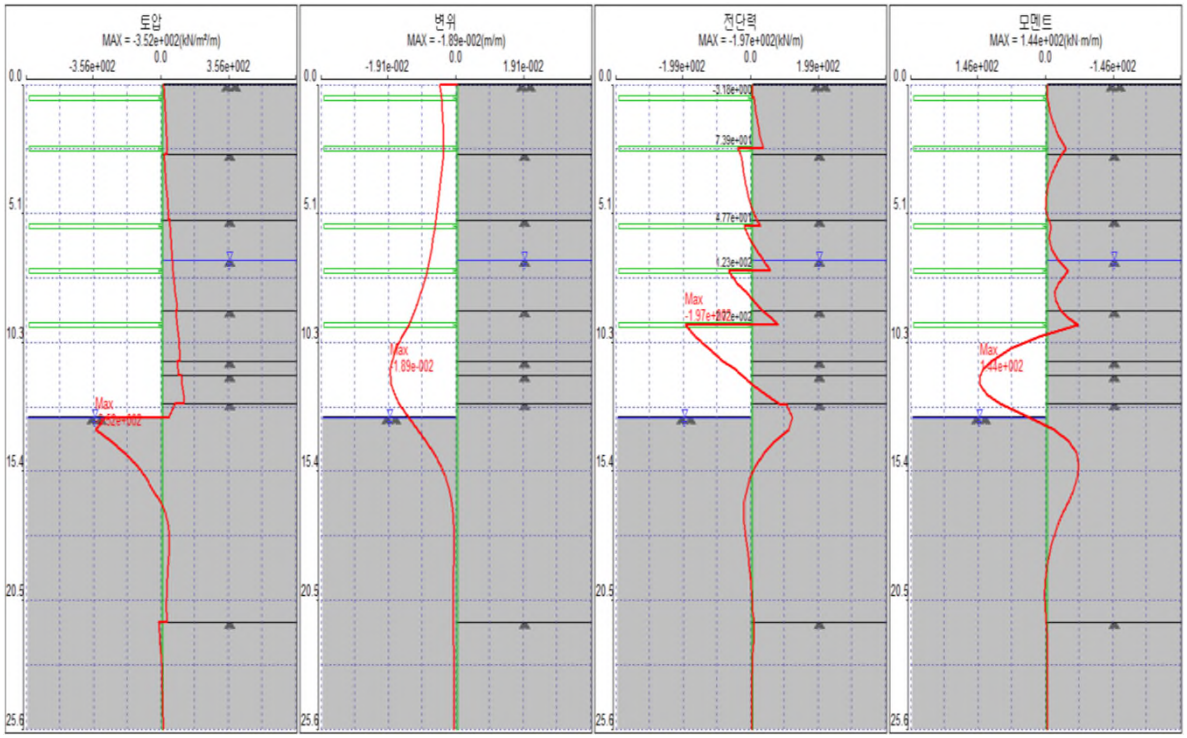
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 10.06 m]



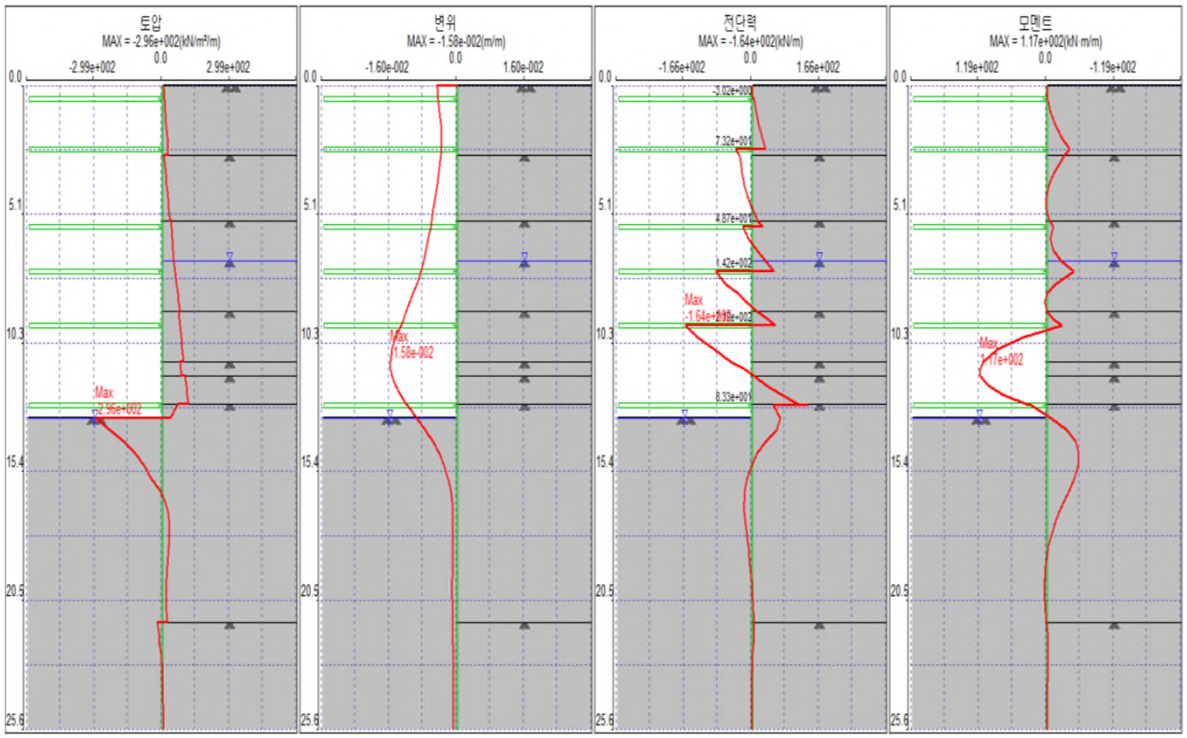
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



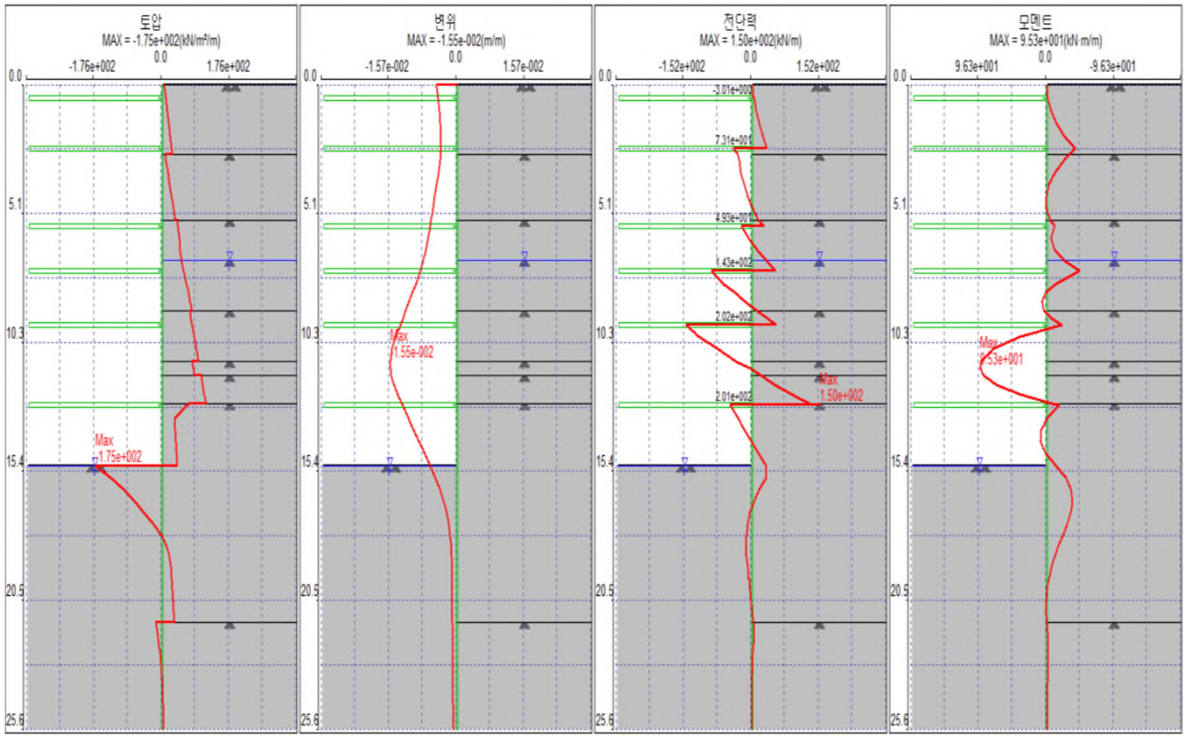
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 13.26 m]



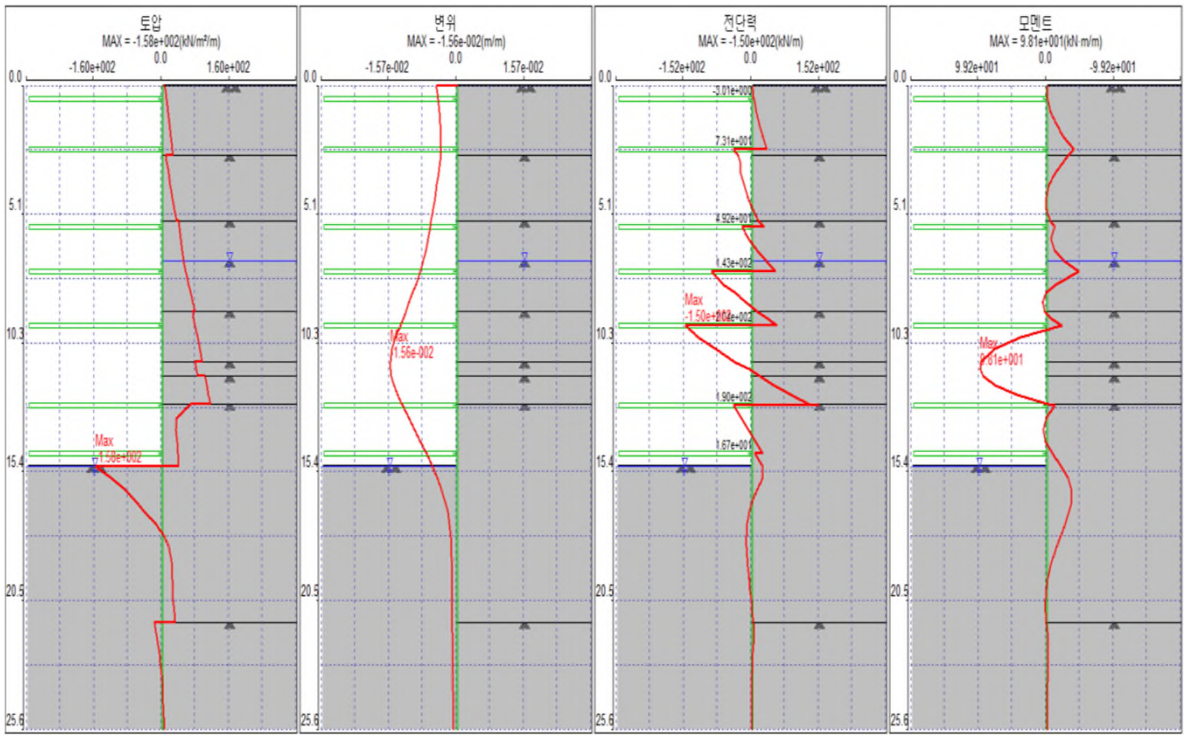
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



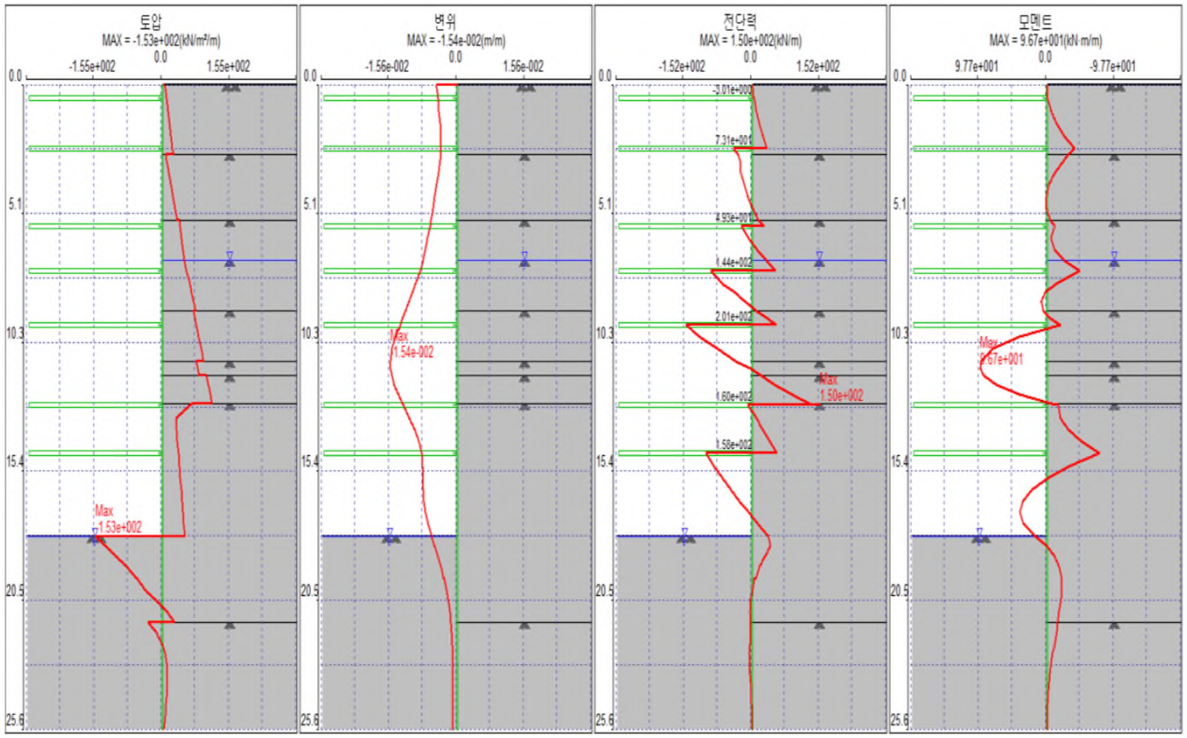
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 15.19 m]



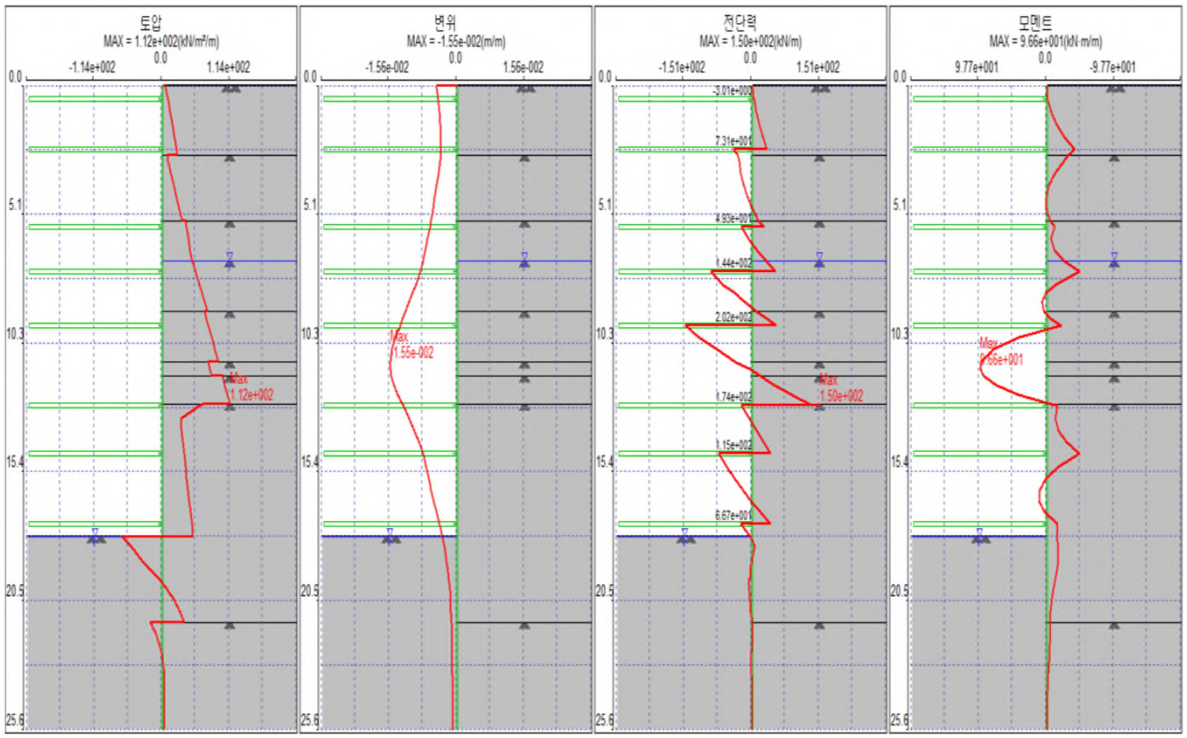
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



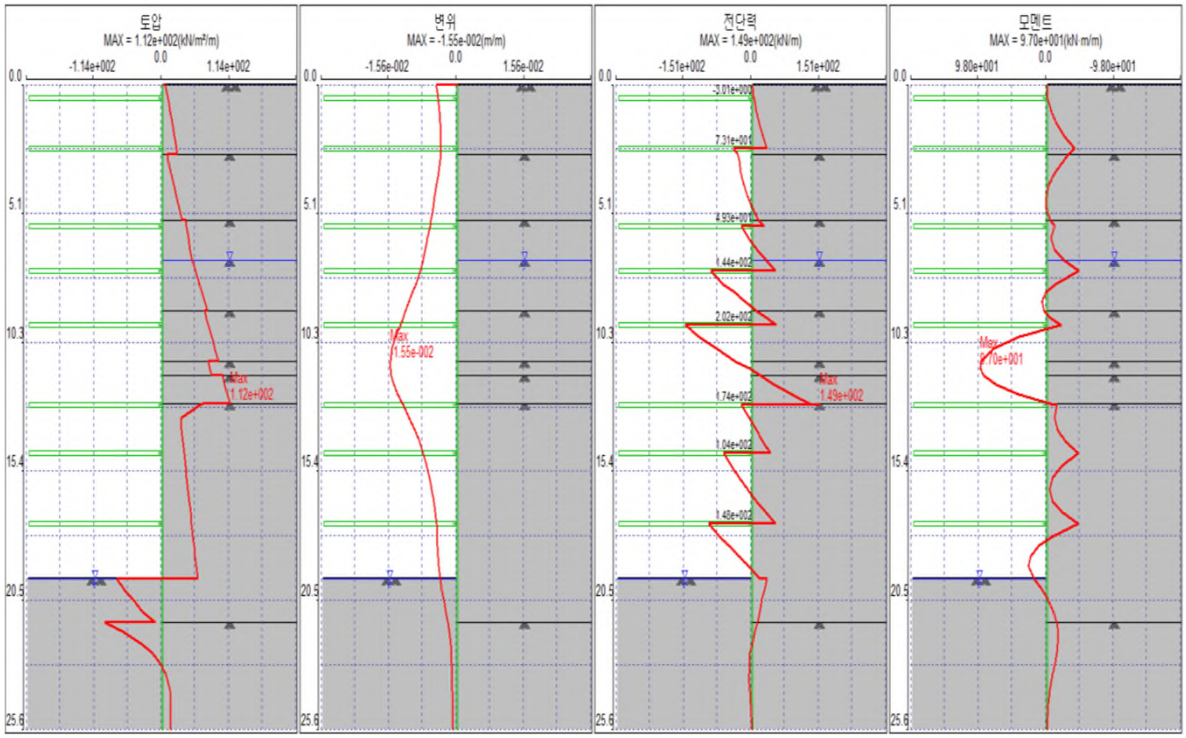
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 17.99 m]



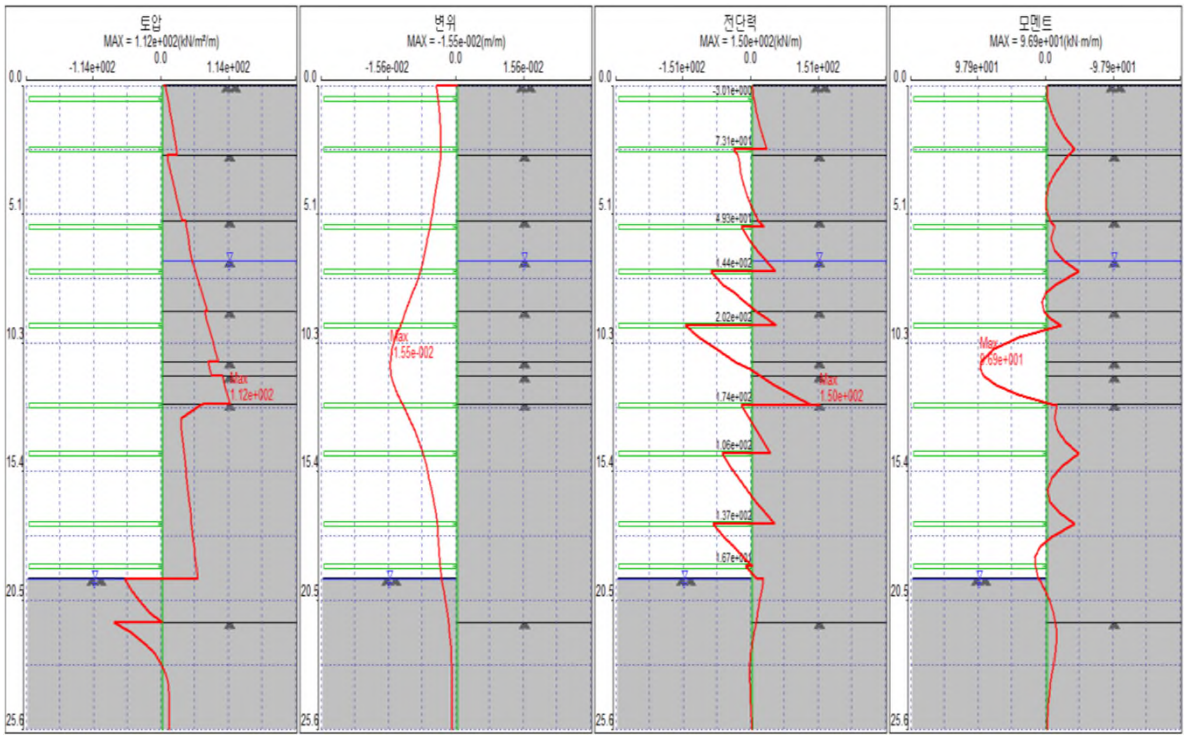
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



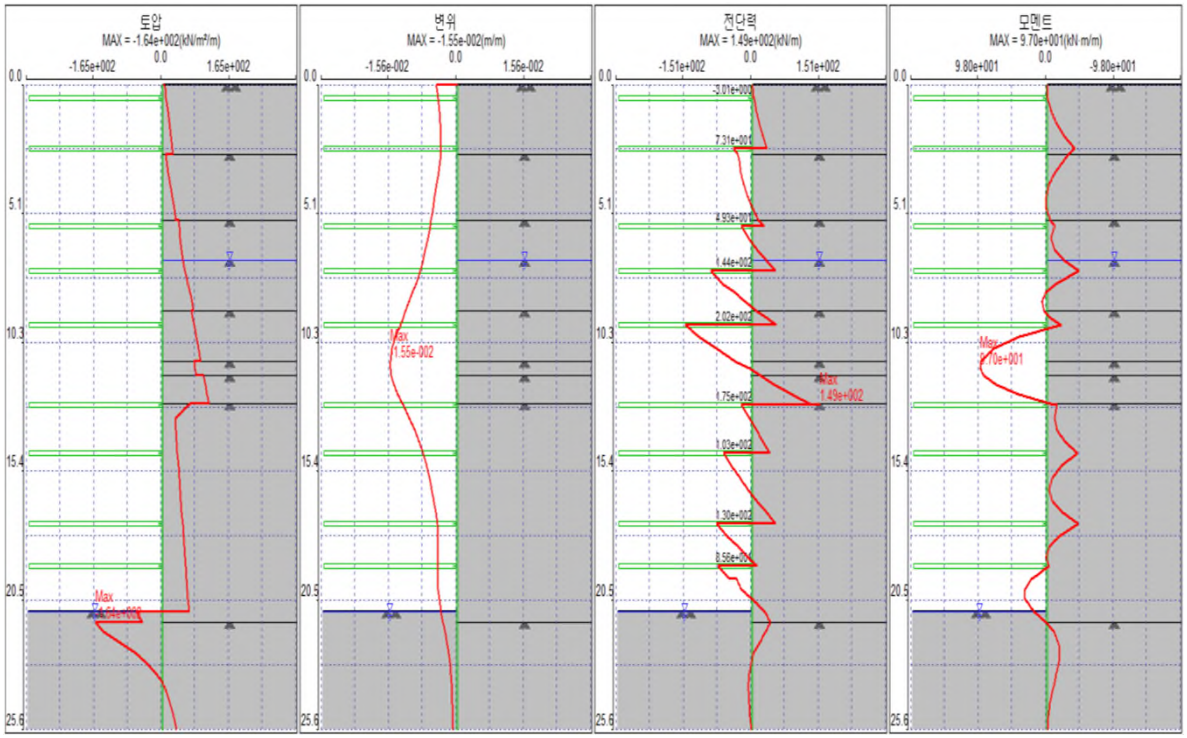
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 19.69 m]



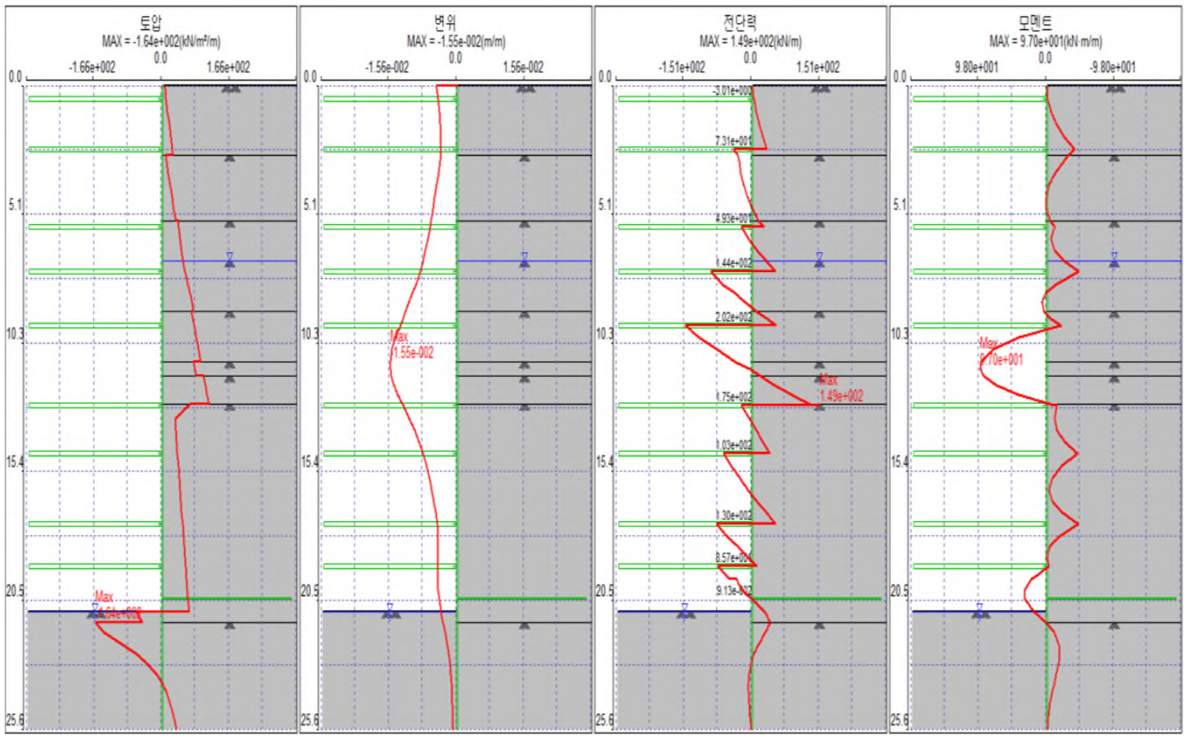
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-9]



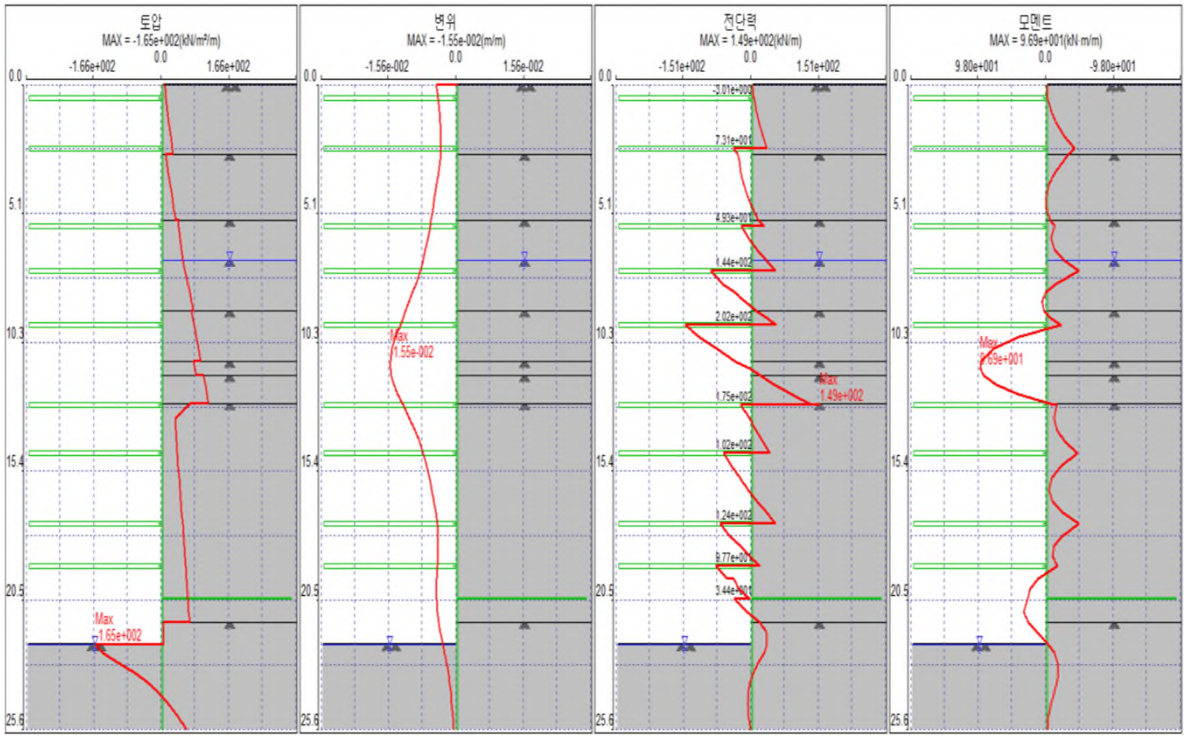
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 20.99 m]



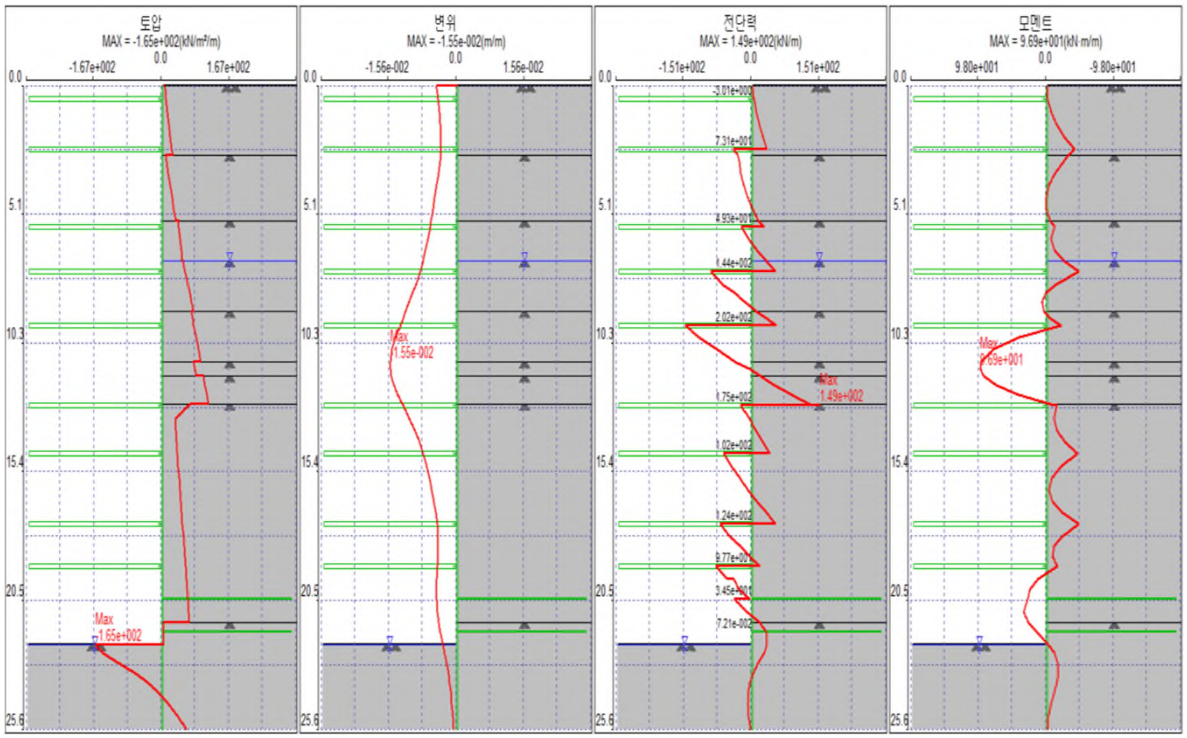
20) 시공 20 단계 [CS20 : 생성 Strut-10]



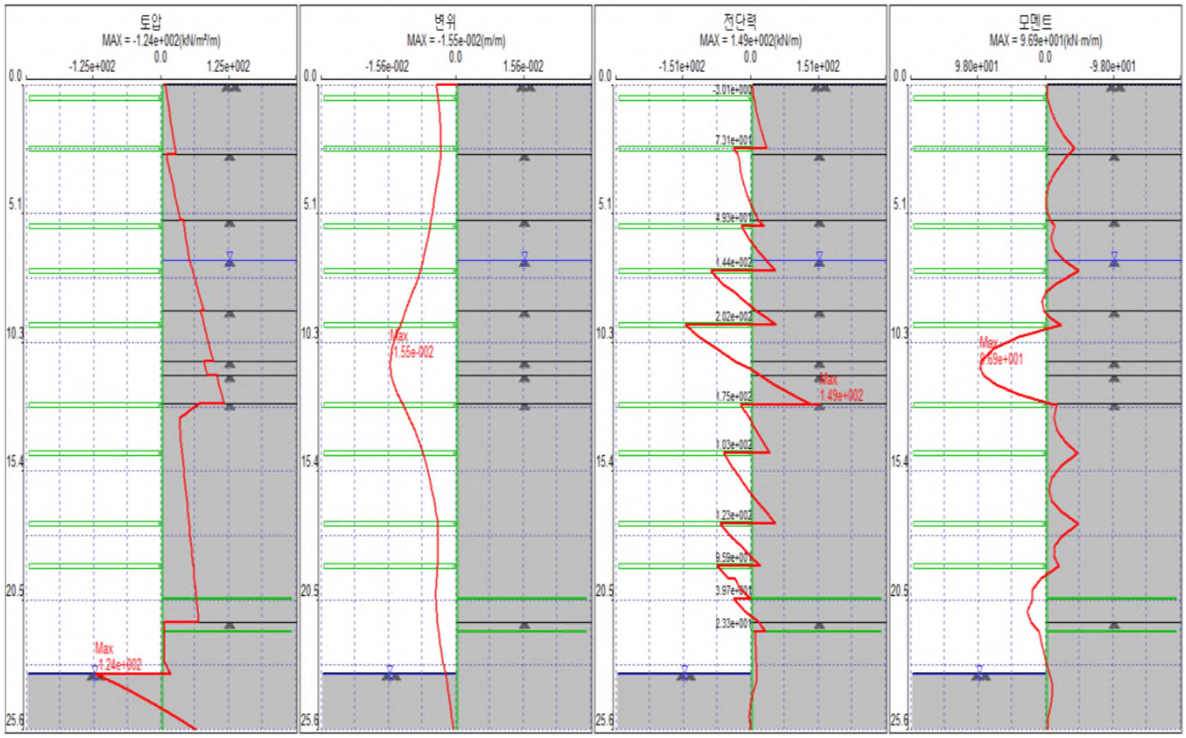
21) 시공 21 단계 [CS21 : 굴착 22.29 m]



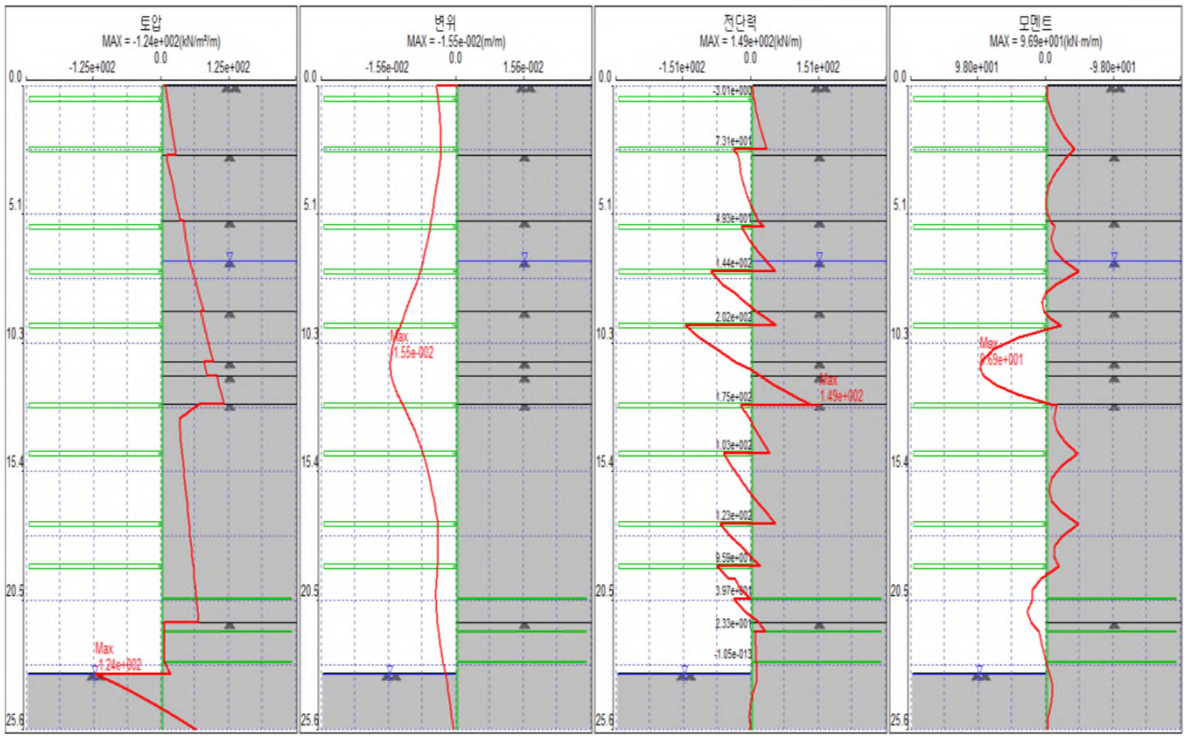
22) 시공 22 단계 [CS22 : 생성 Strut-11]



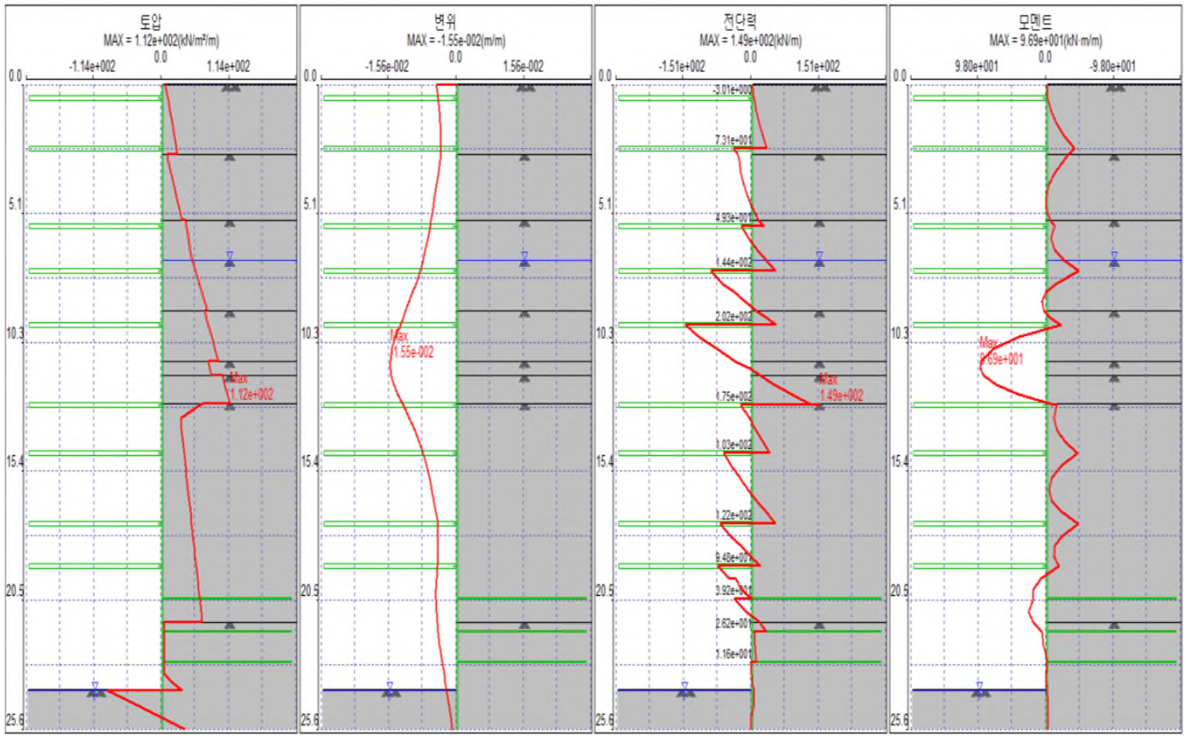
23) 시공 23 단계 [CS23 : 굴착 23.49 m]



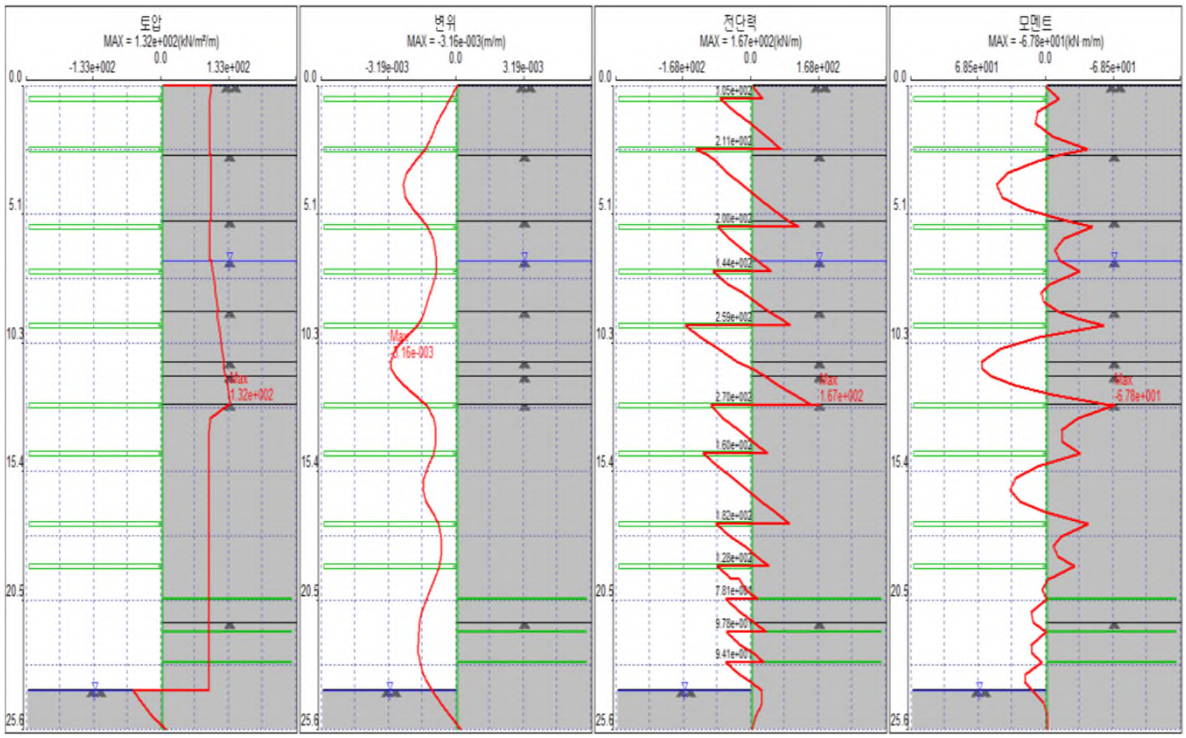
24) 시공 24 단계 [CS24 : 생성 Strut-12]



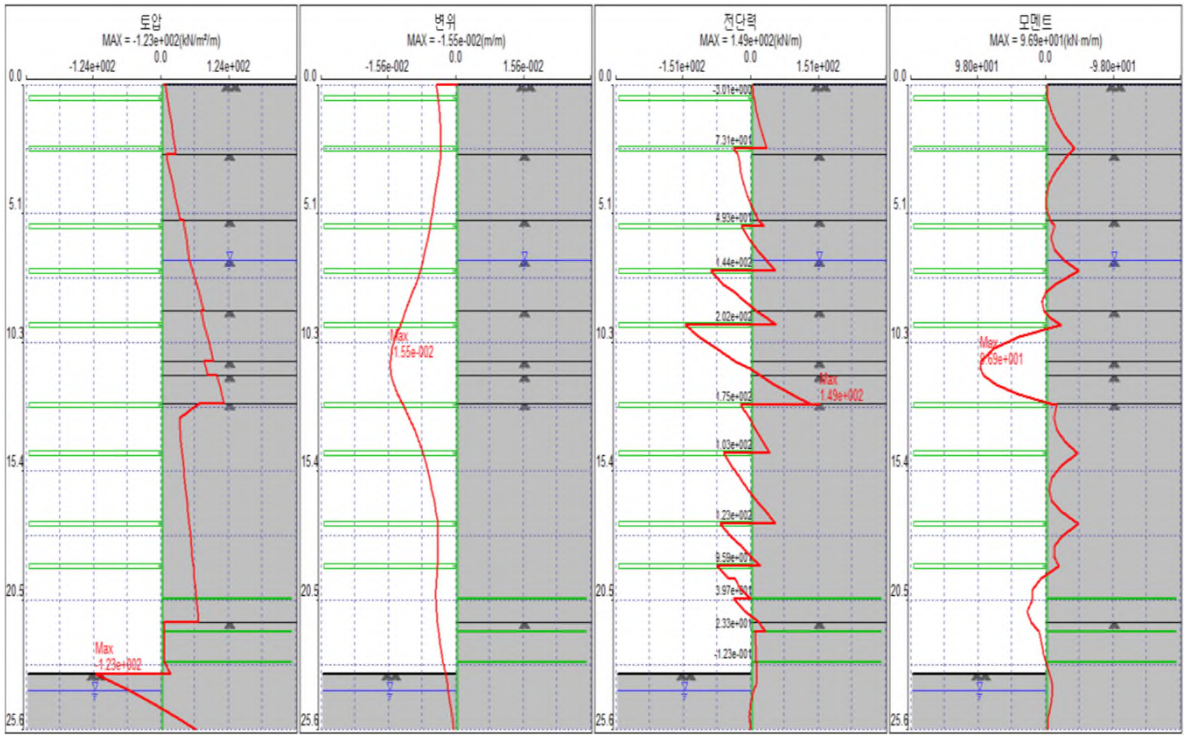
25) 시공 25 단계 [CS25 : 굴착 24.15 m]



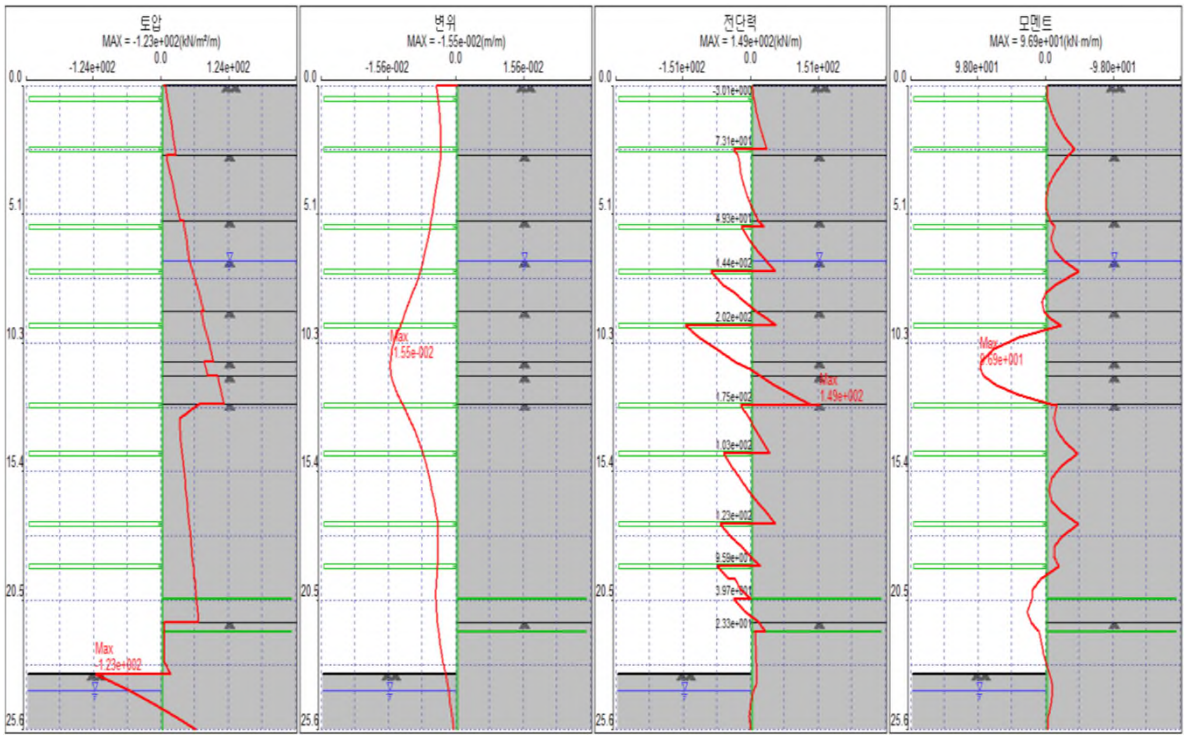
26) 시공 26 단계 [CS26 : Peck]



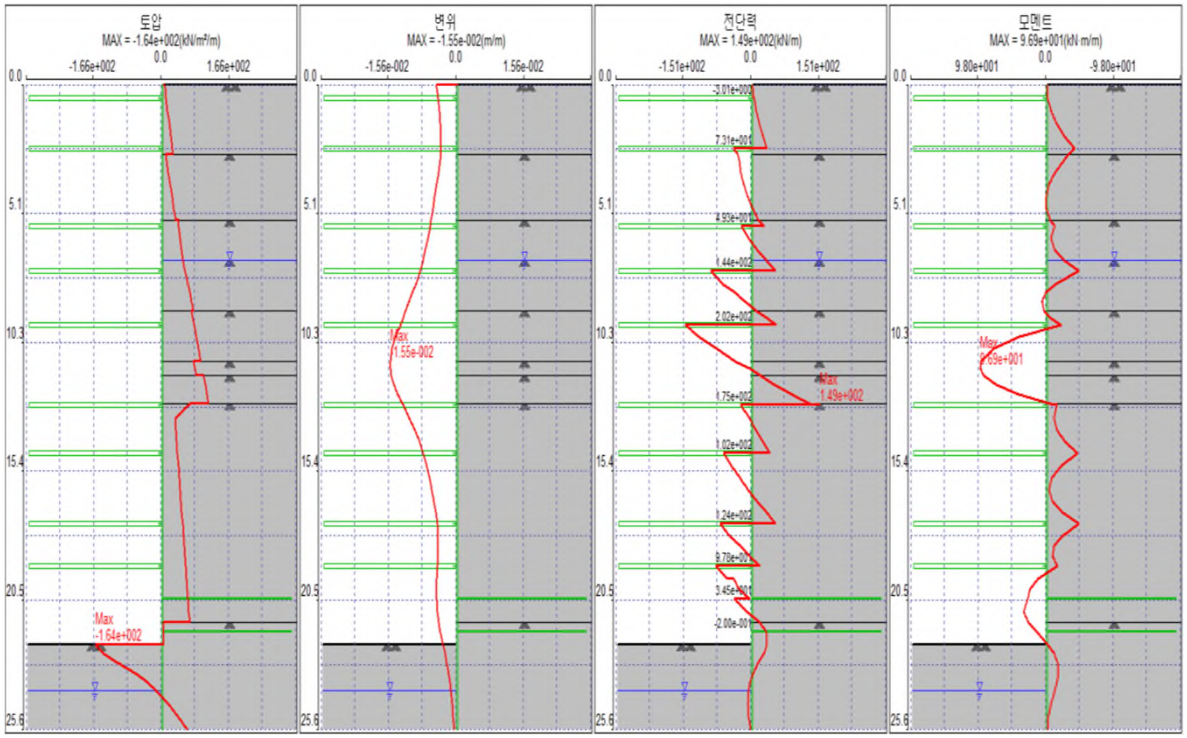
27) 시공 27 단계 [CS27 : 해체1]



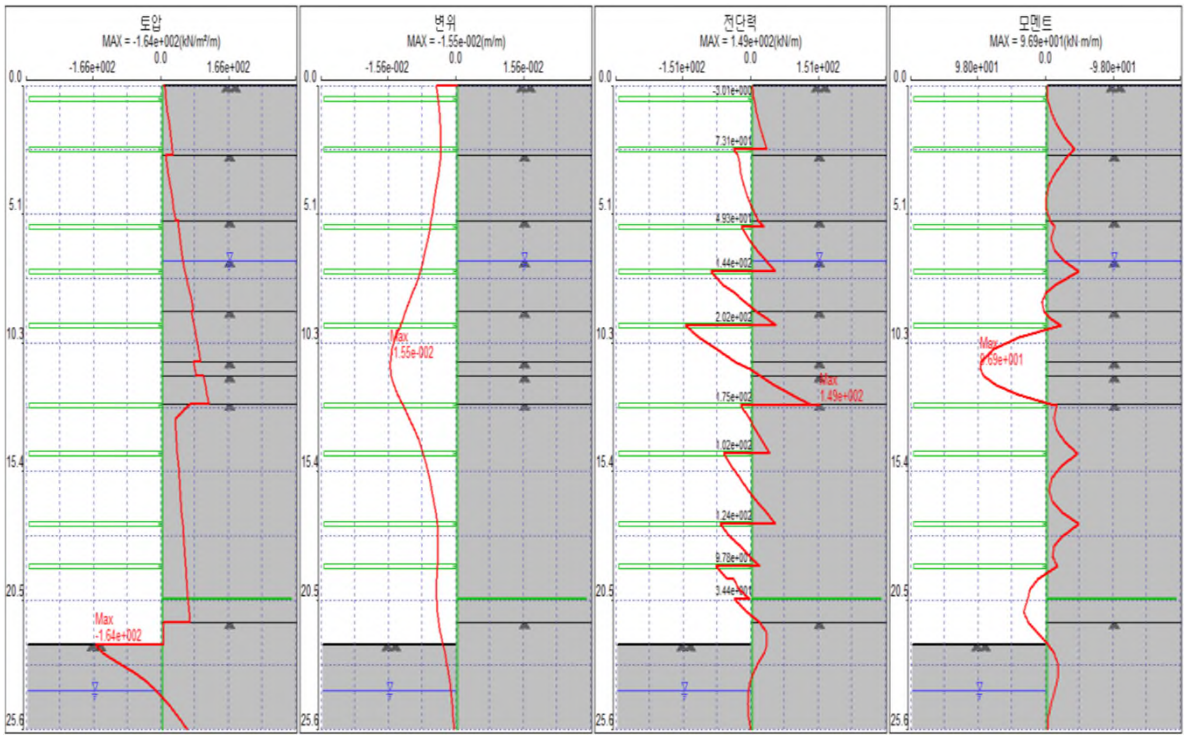
28) 시공 28 단계 [CS28 : 해체2]



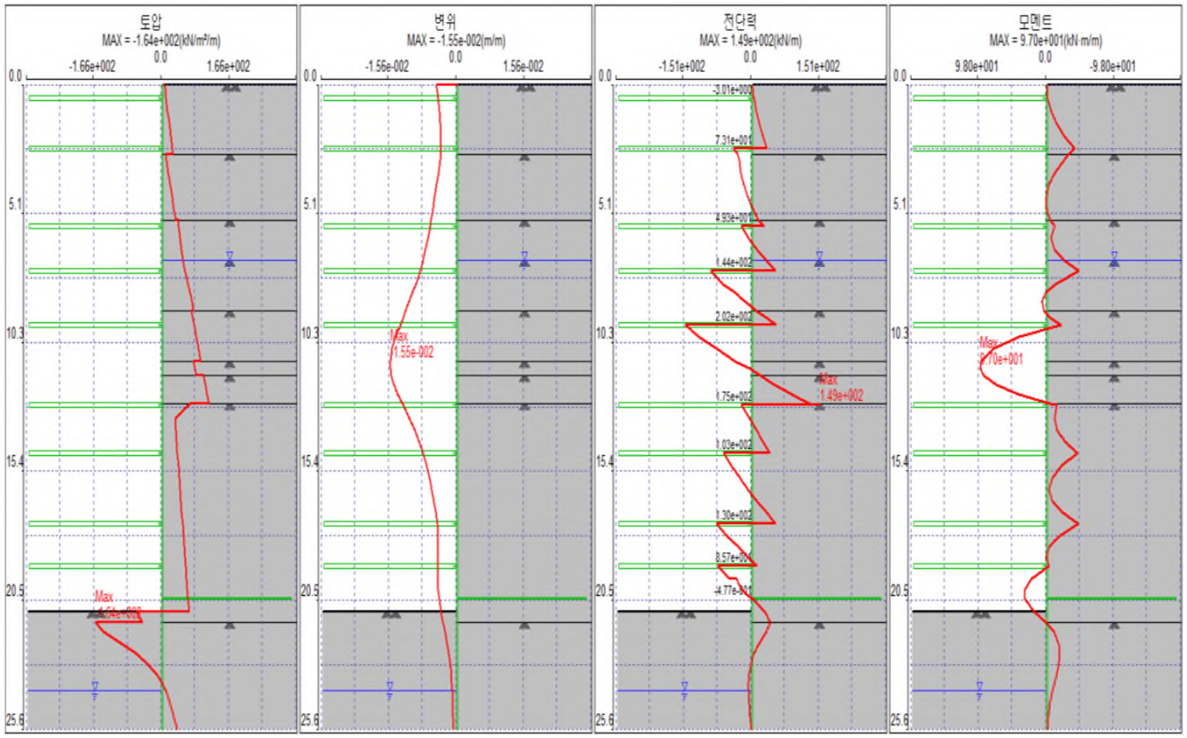
29) 시공 29 단계 [CS29 : 해체3]



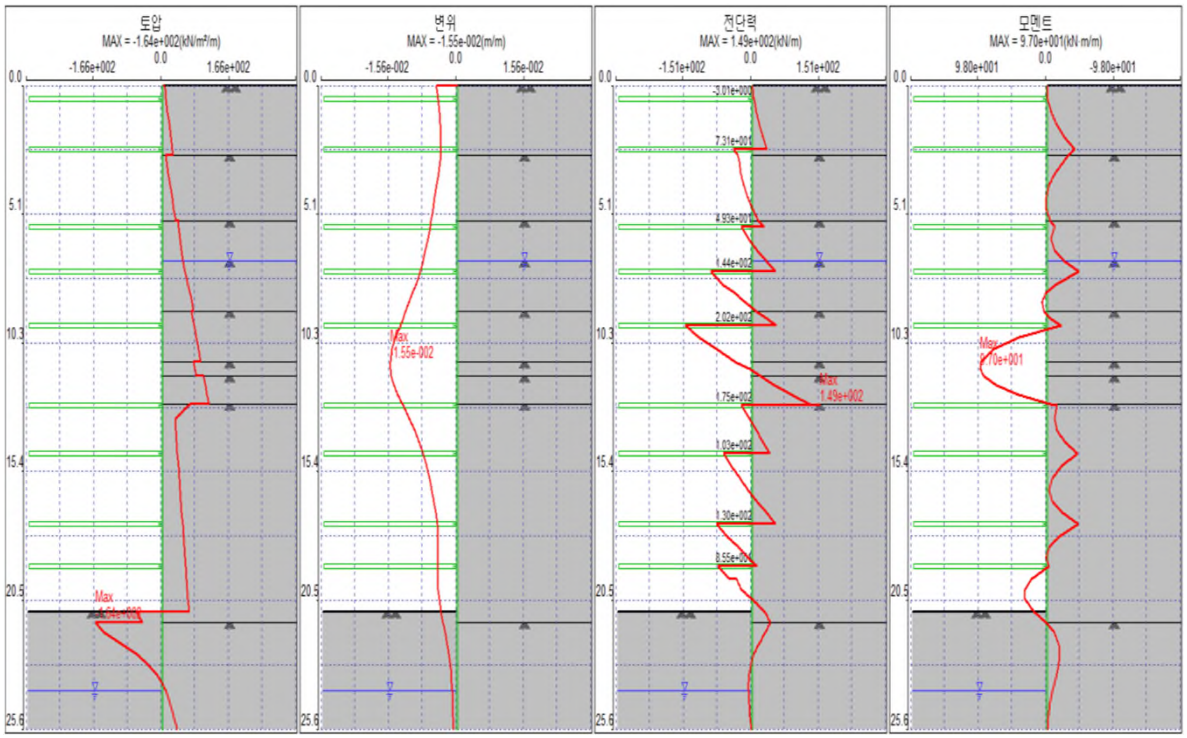
30) 시공 30 단계 [CS30 : 해체4]



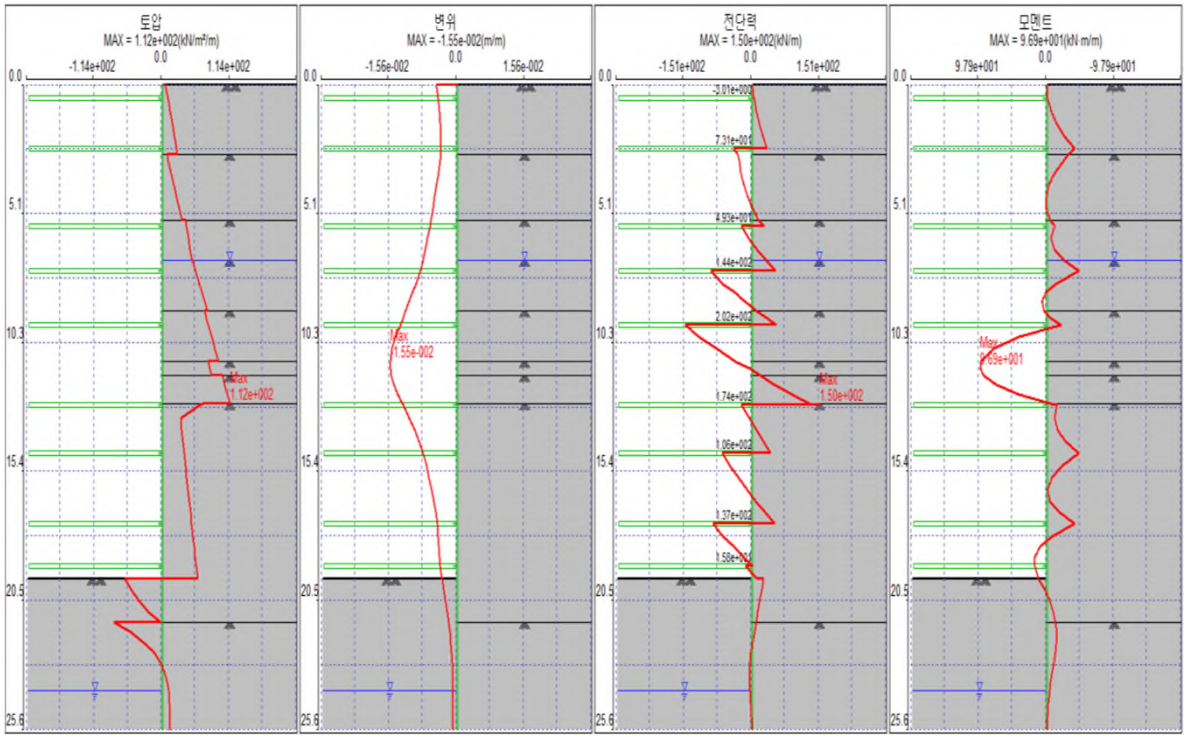
31) 시공 31 단계 [CS31 : 해체5]



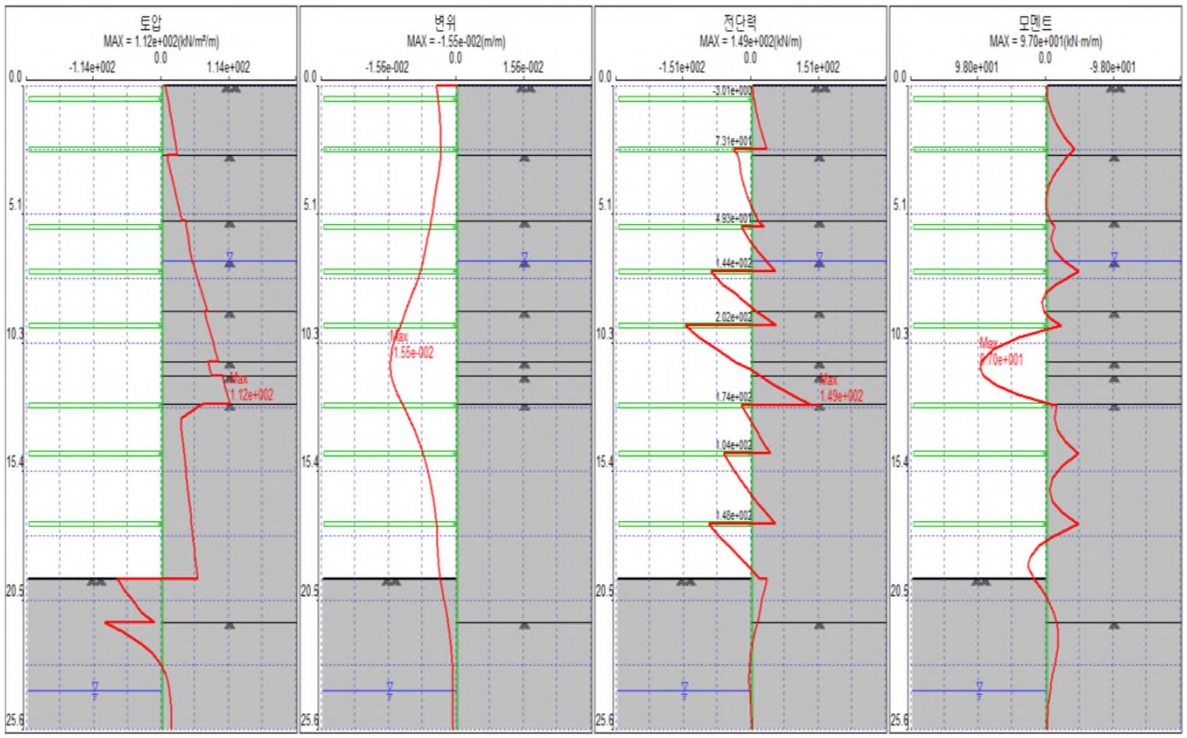
32) 시공 32 단계 [CS32 : 해체6]



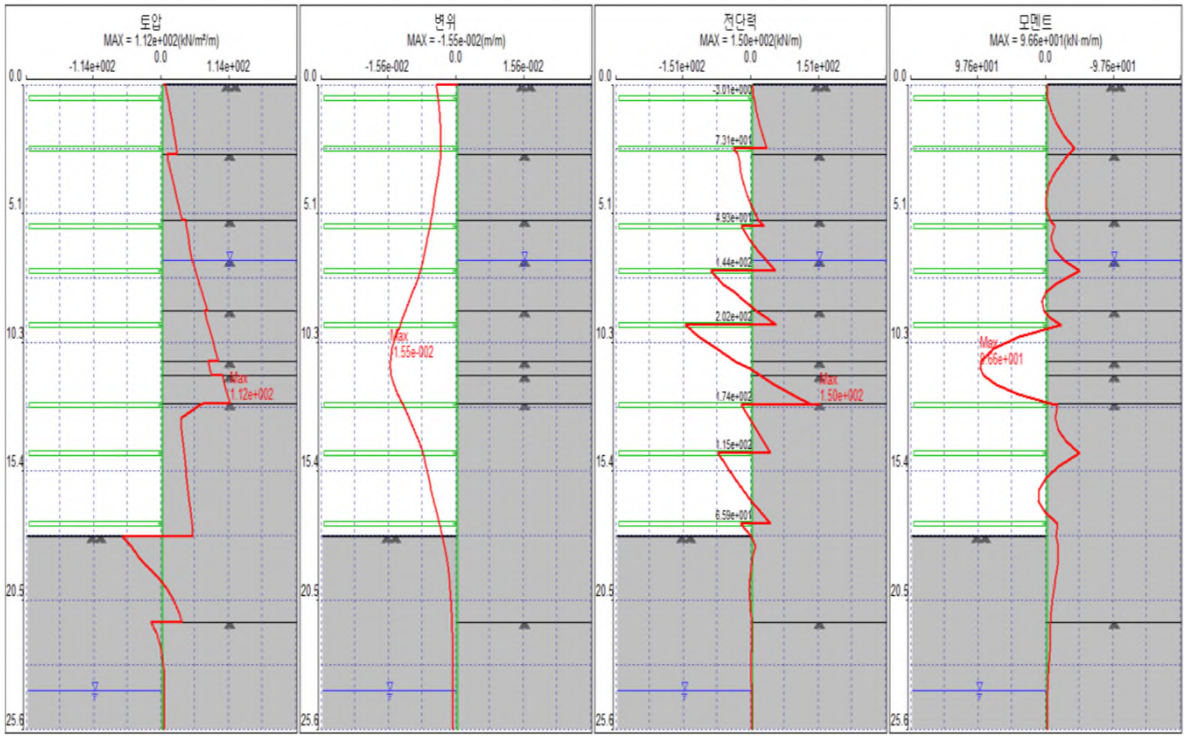
33) 시공 33 단계 [CS33 : 해체7]



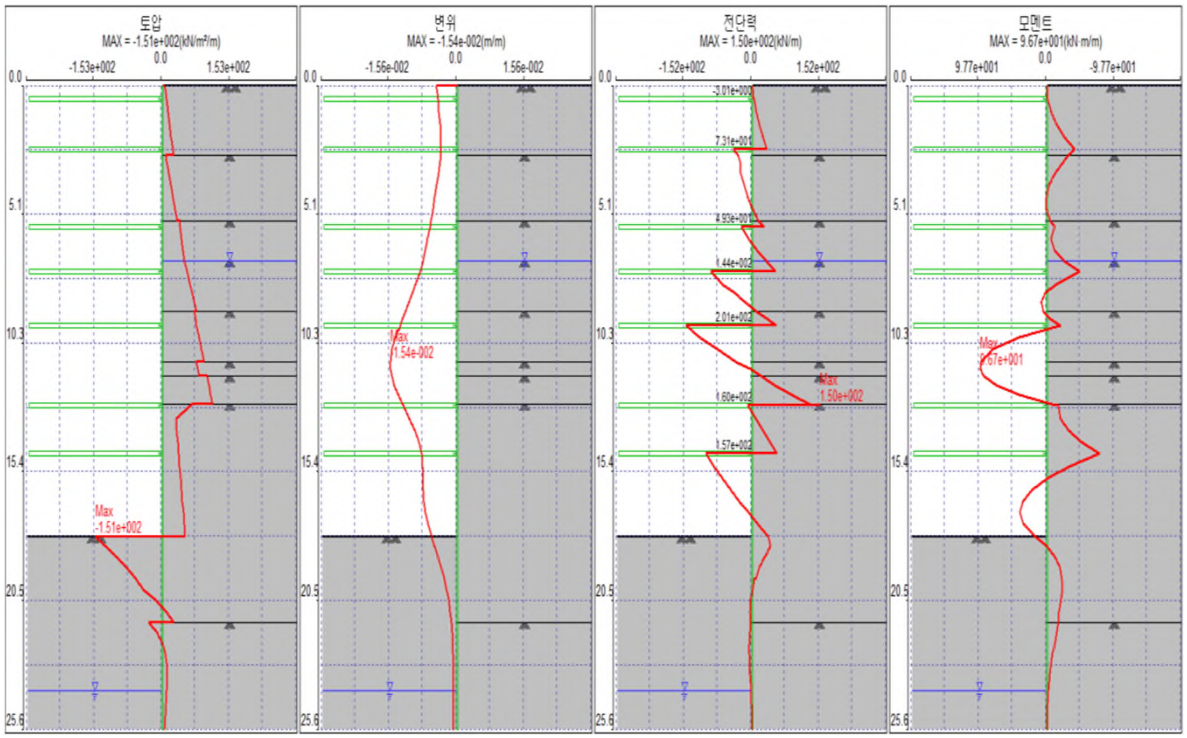
34) 시공 34 단계 [CS34 : 해체8]



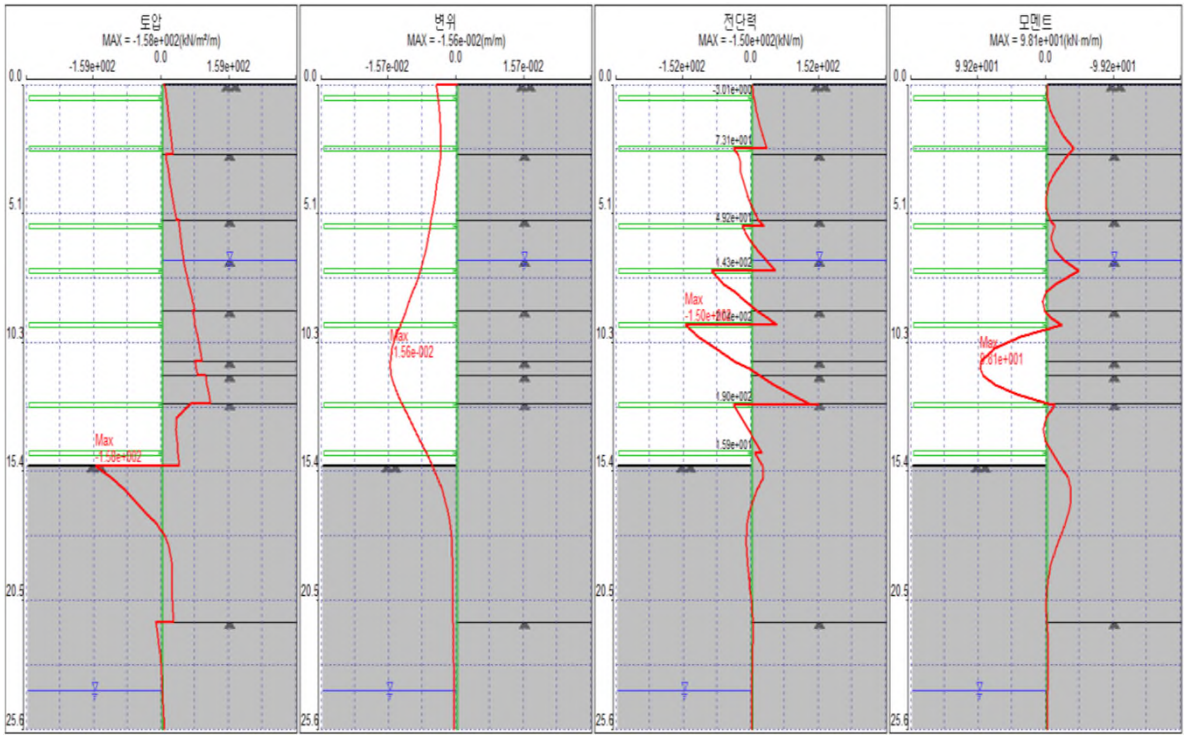
35) 시공 35 단계 [CS35 : 해체9]



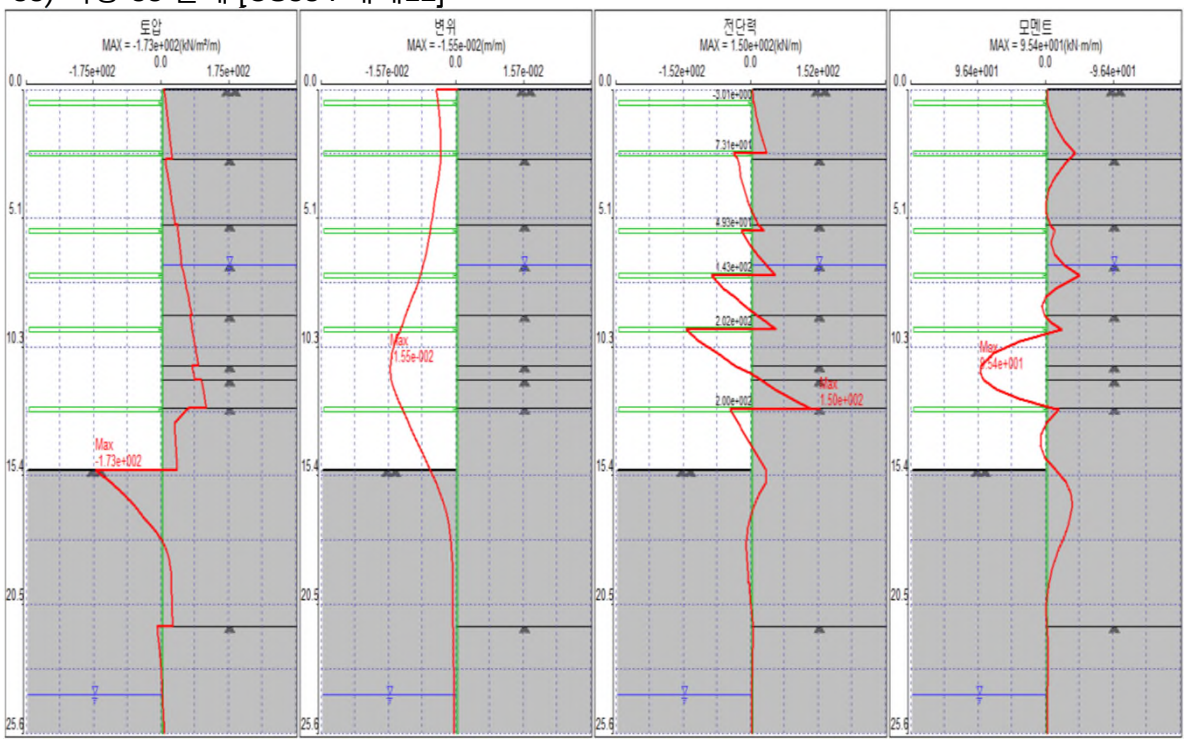
36) 시공 36 단계 [CS36 : 해체10]



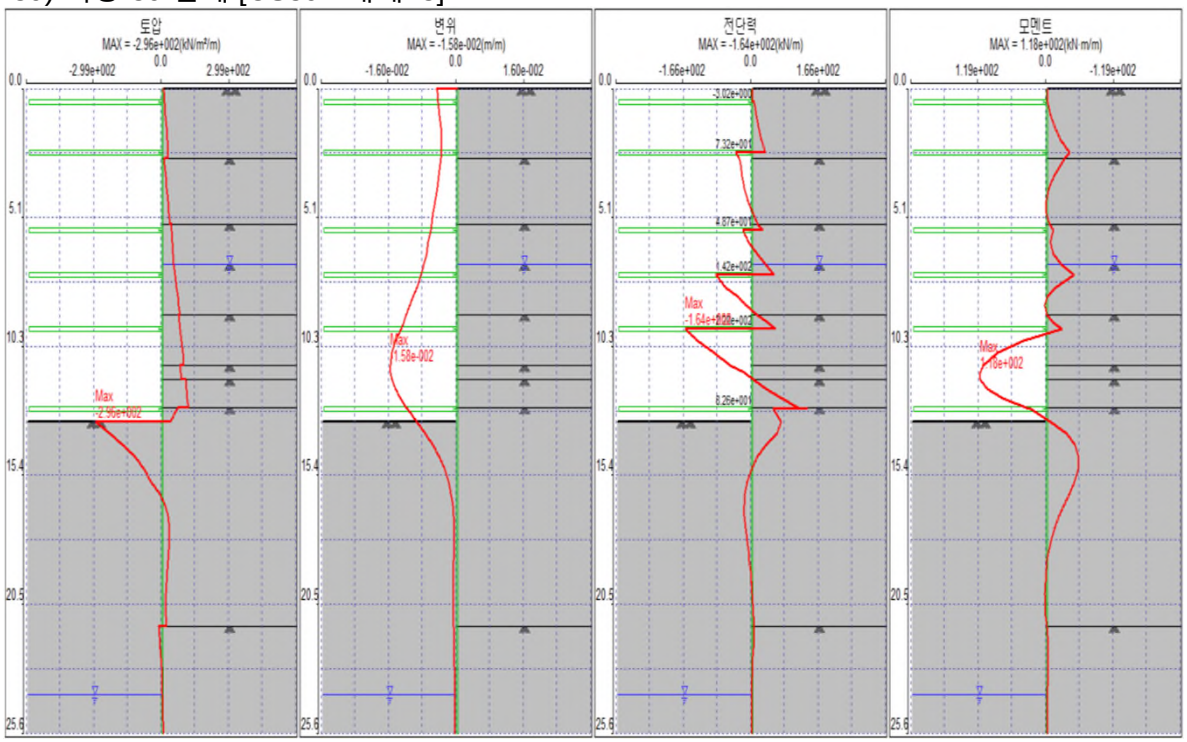
37) 시공 37 단계 [CS37 : 해체11]



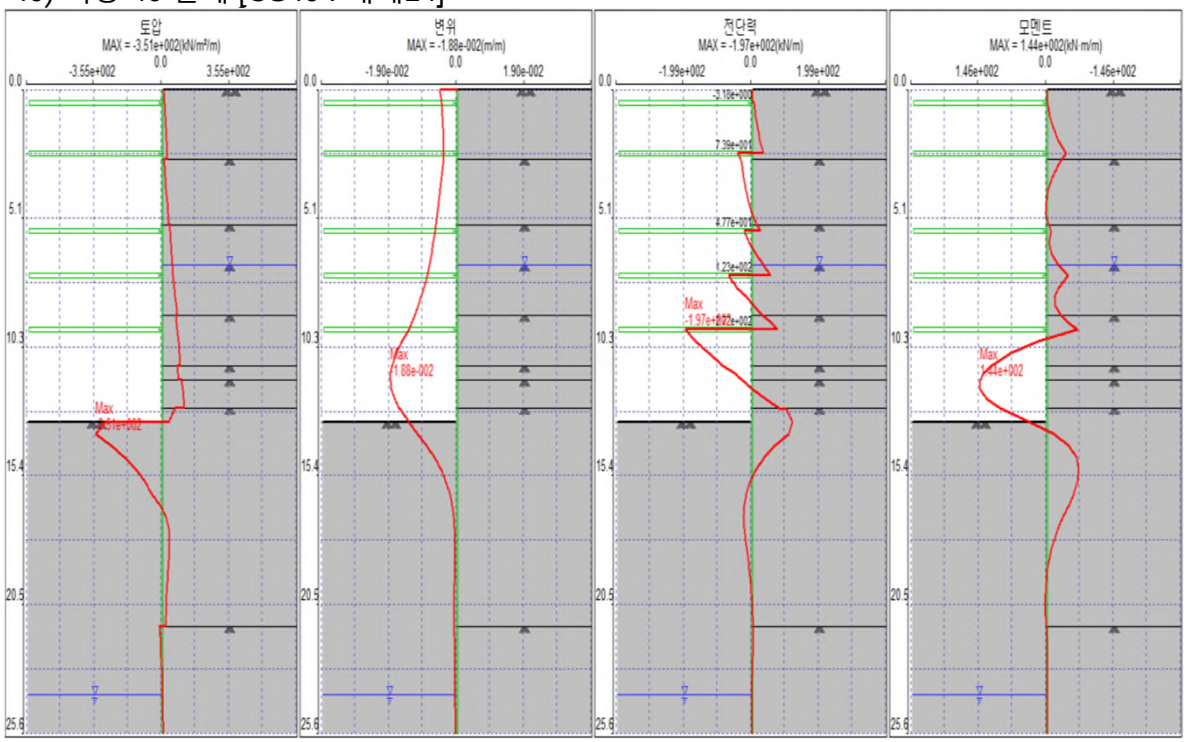
38) 시공 38 단계 [CS38 : 해체12]



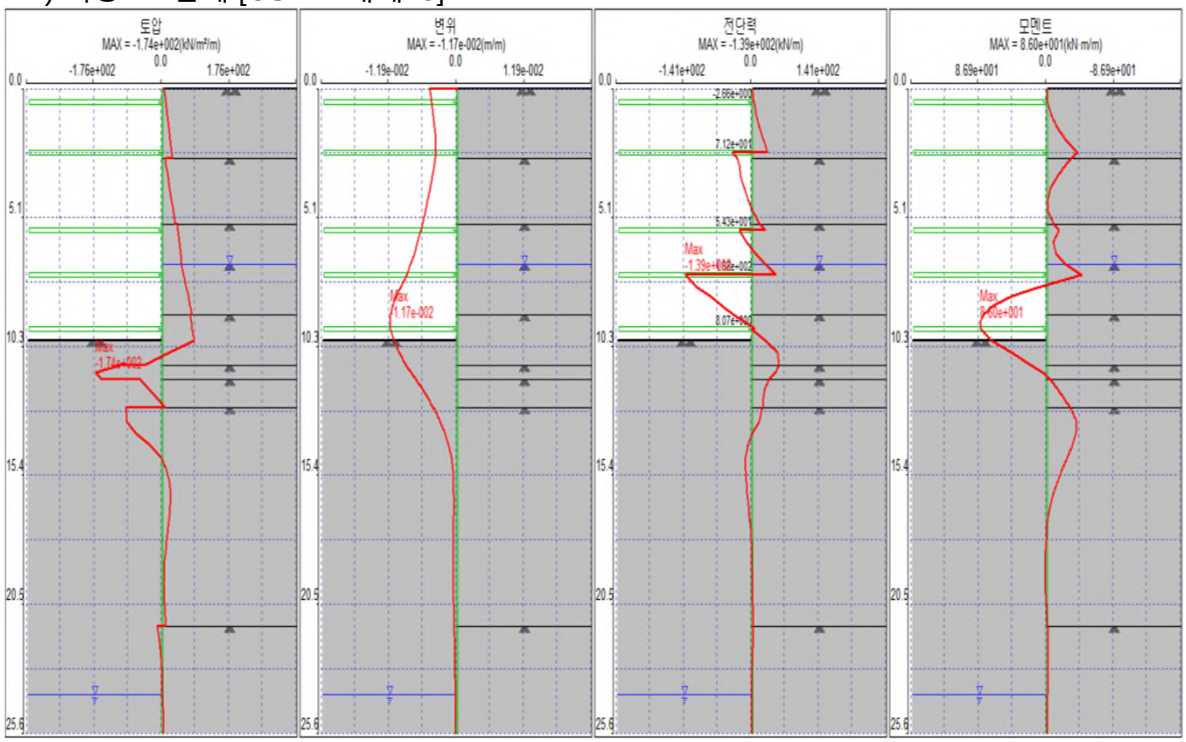
39) 시공 39 단계 [CS39 : 해체13]



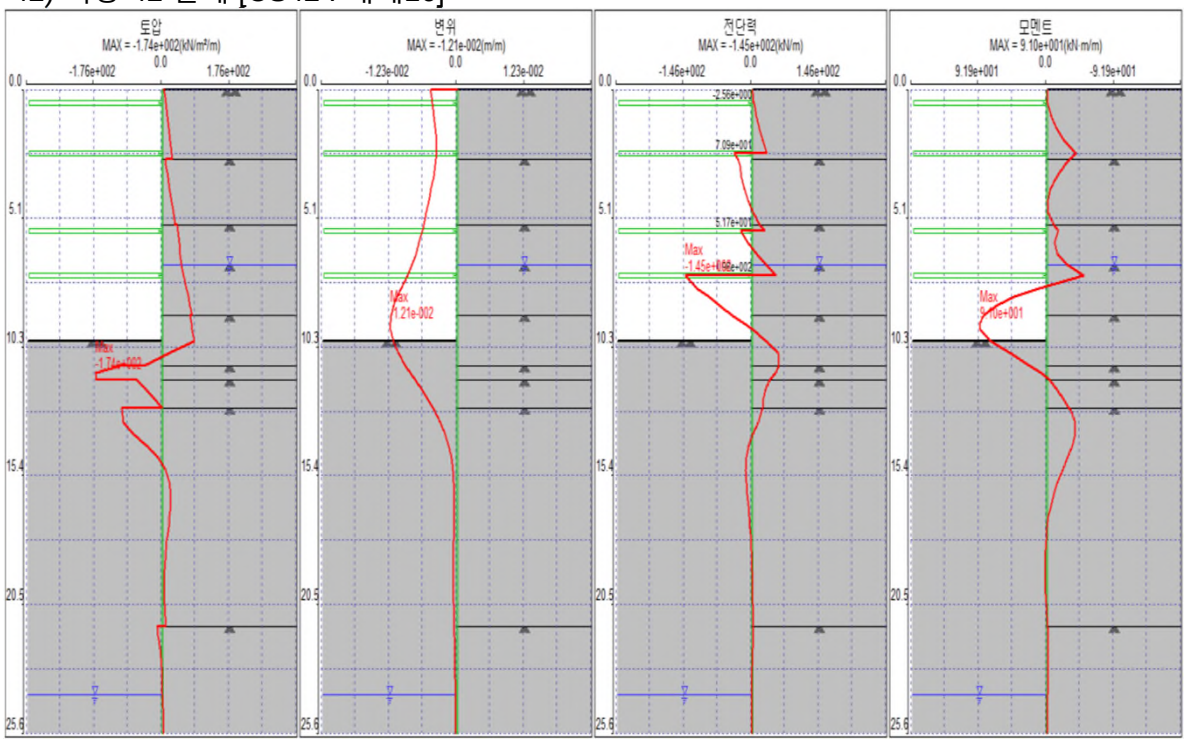
40) 시공 40 단계 [CS40 : 해체14]



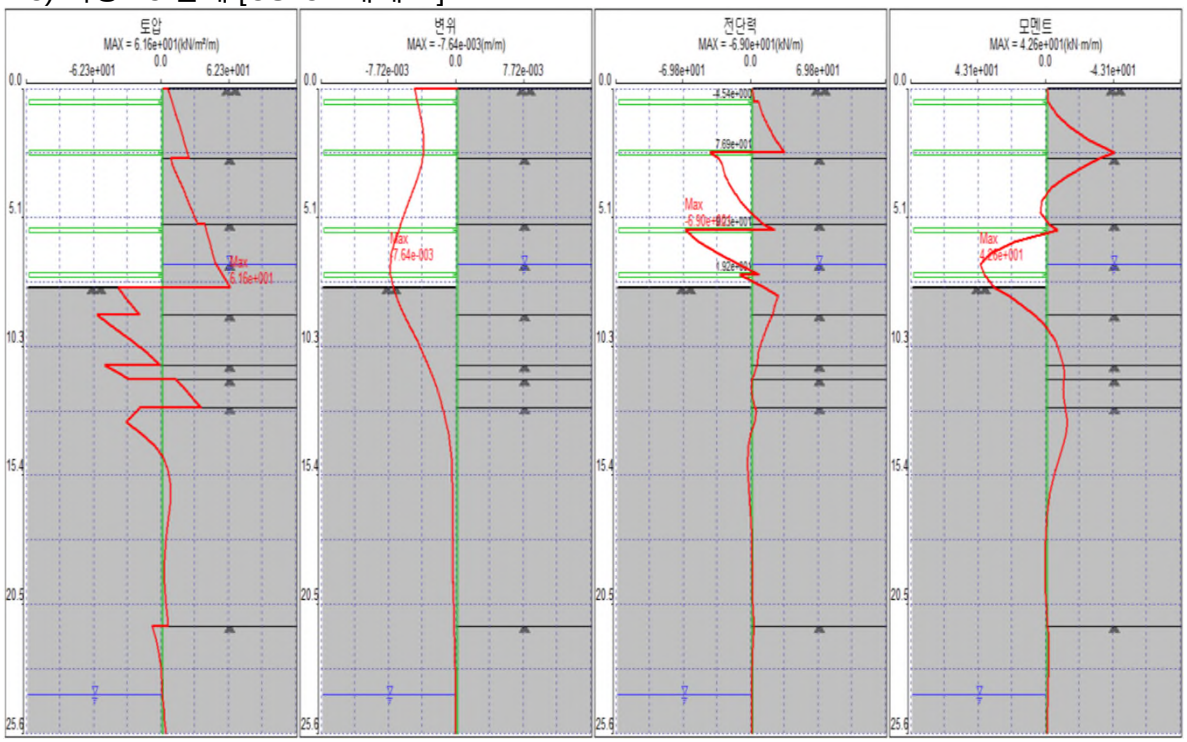
41) 시공 41 단계 [CS41 : 해체15]



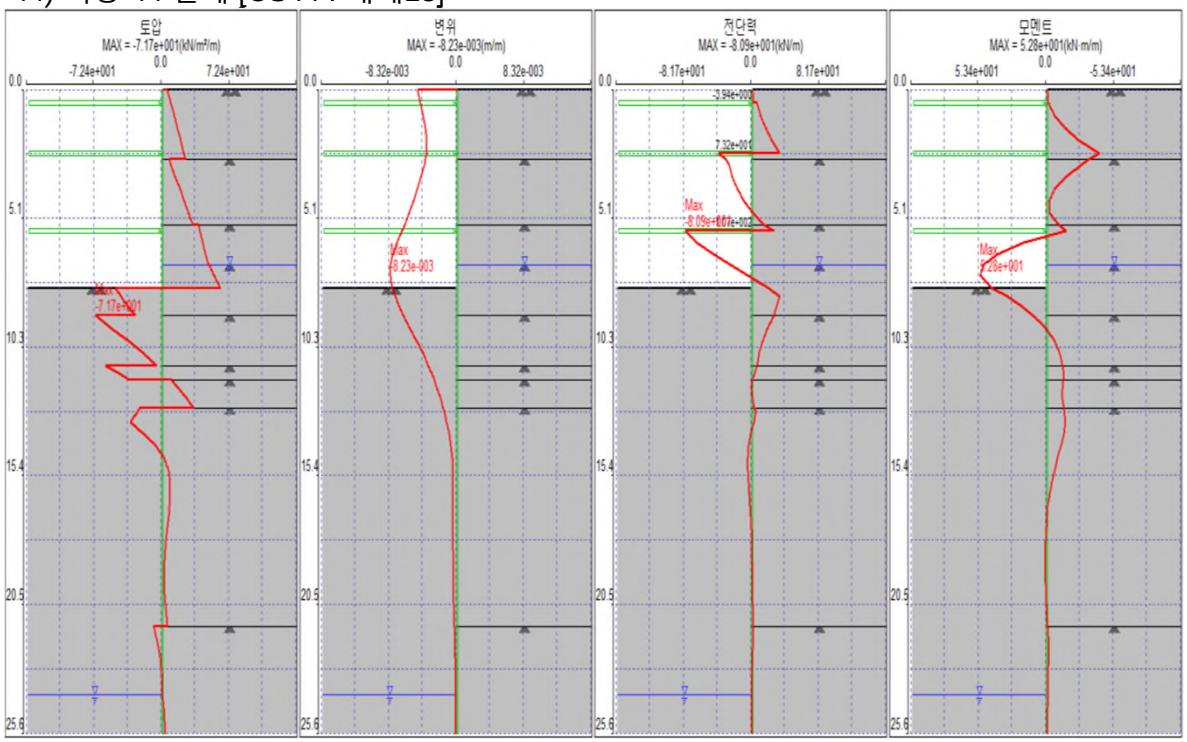
42) 시공 42 단계 [CS42 : 해체16]



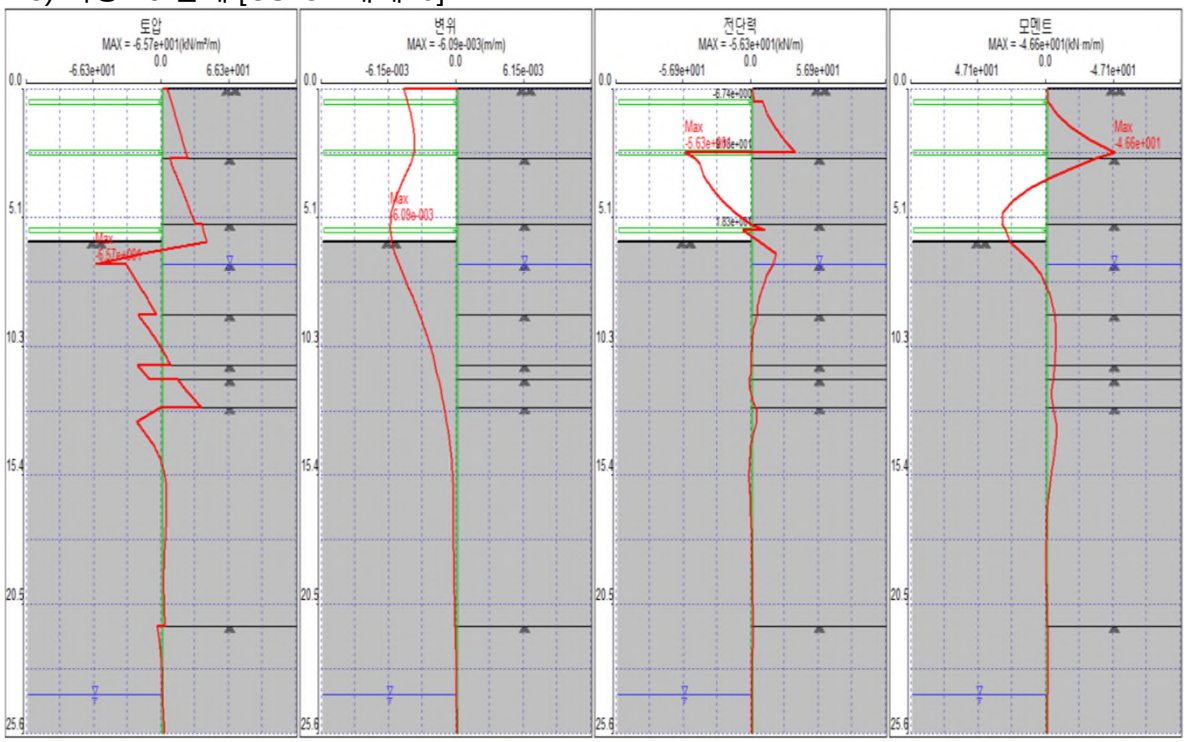
43) 시공 43 단계 [CS43 : 해체17]



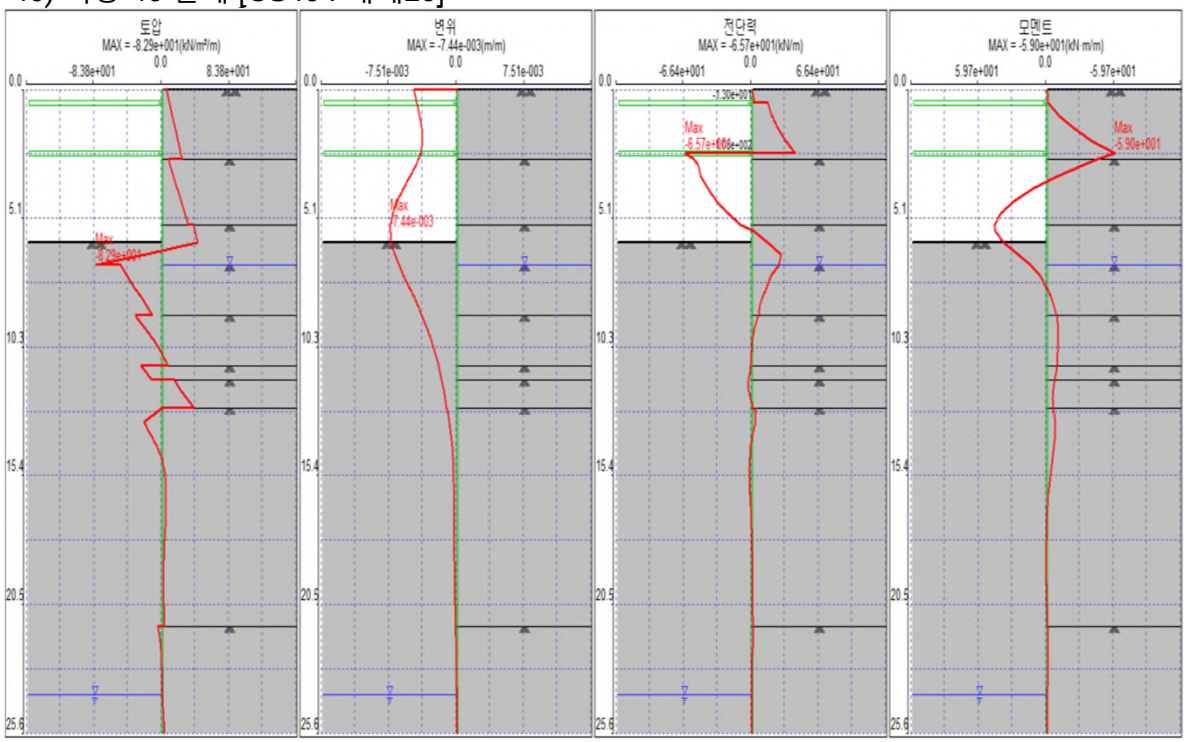
44) 시공 44 단계 [CS44 : 해체18]



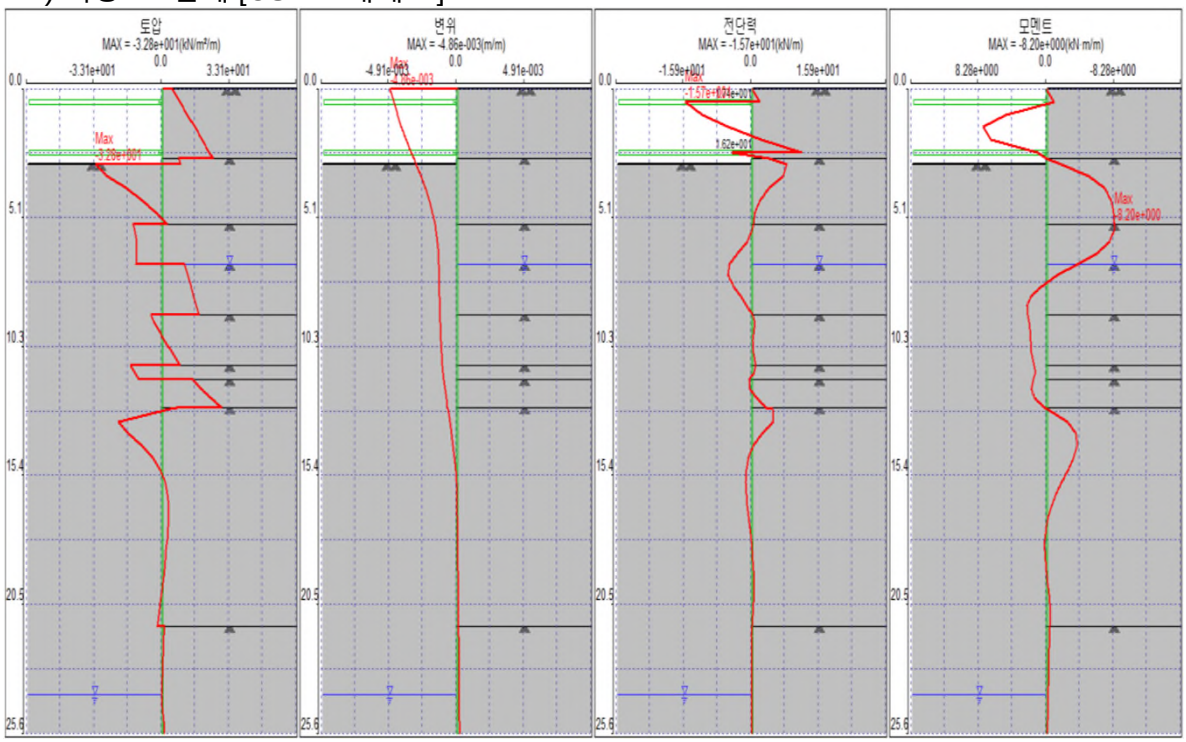
45) 시공 45 단계 [CS45 : 해체19]



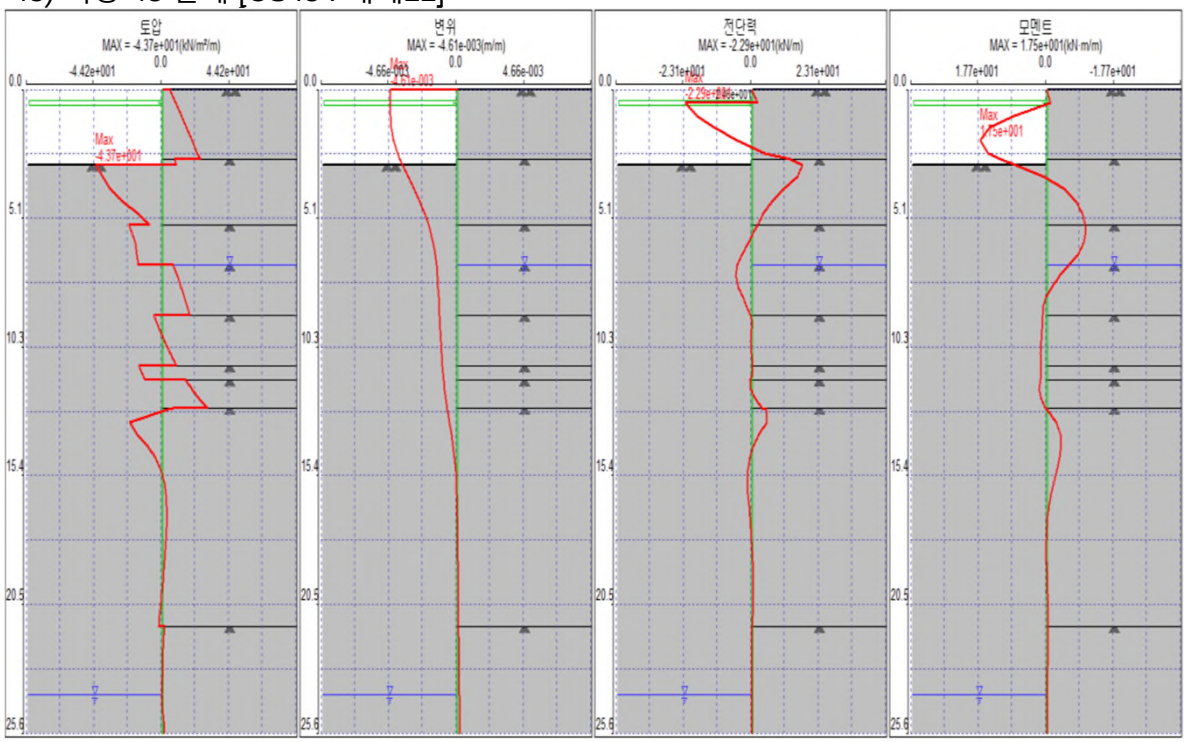
46) 시공 46 단계 [CS46 : 해체20]



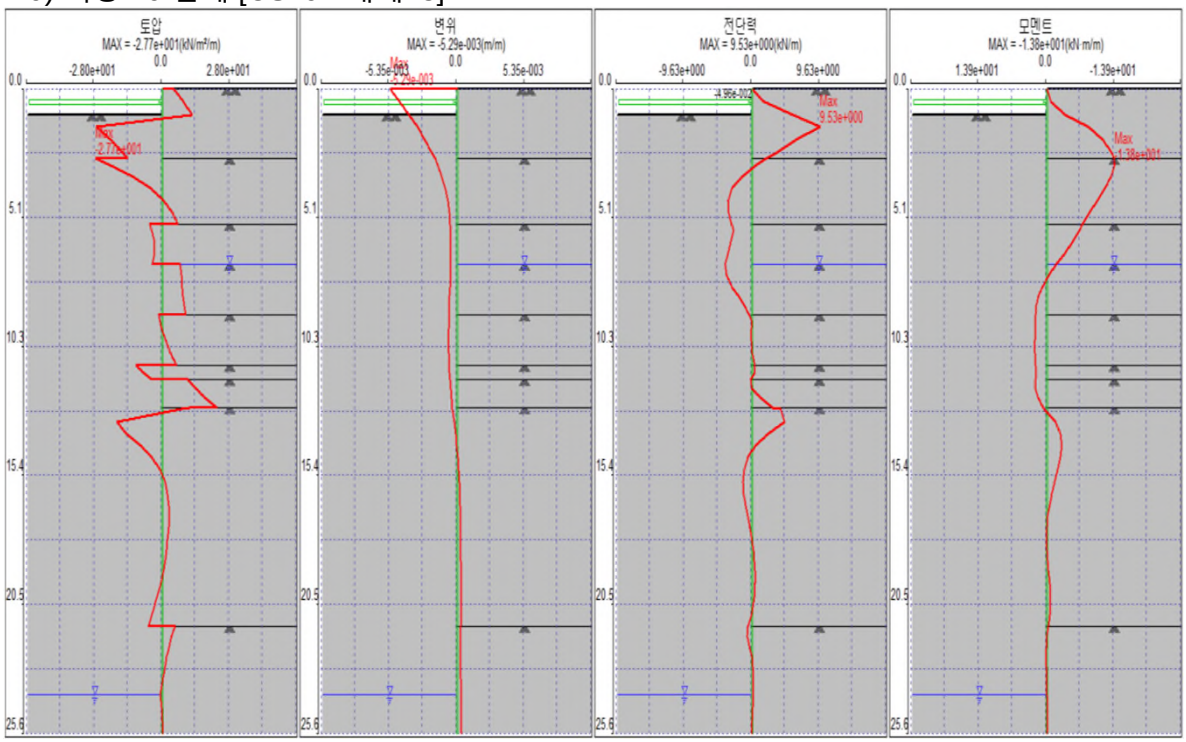
47) 시공 47 단계 [CS47 : 해체21]



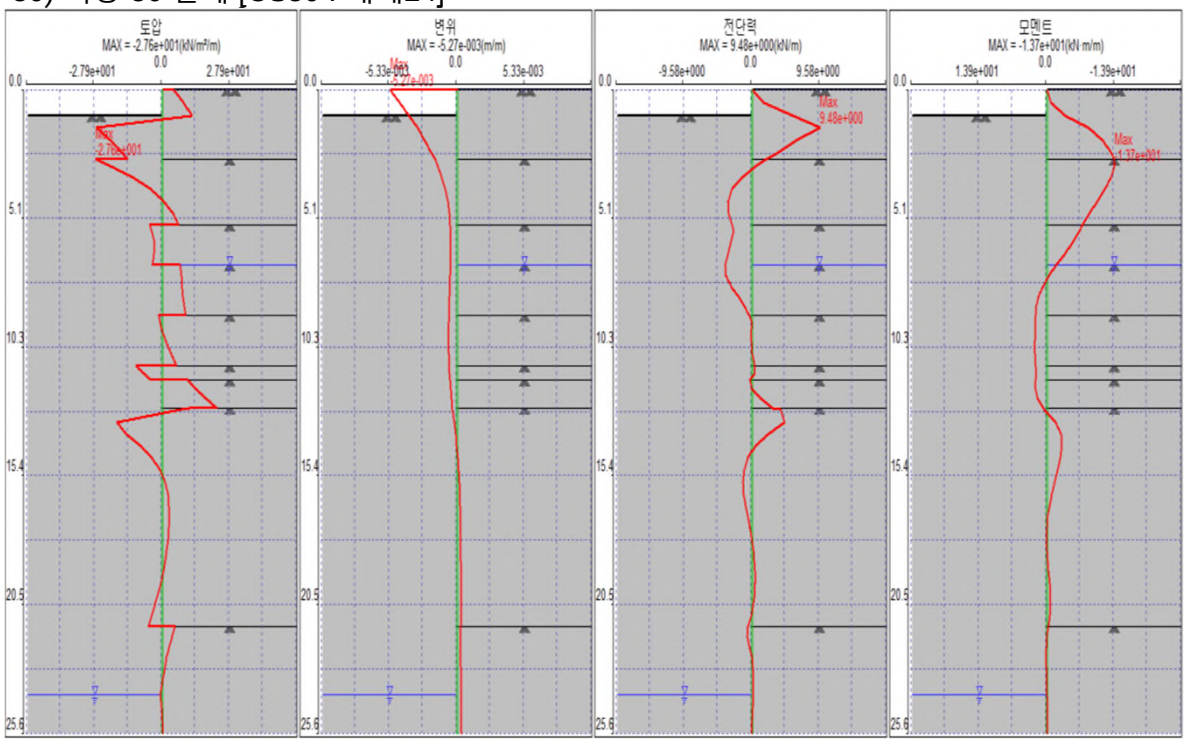
48) 시공 48 단계 [CS48 : 해체22]



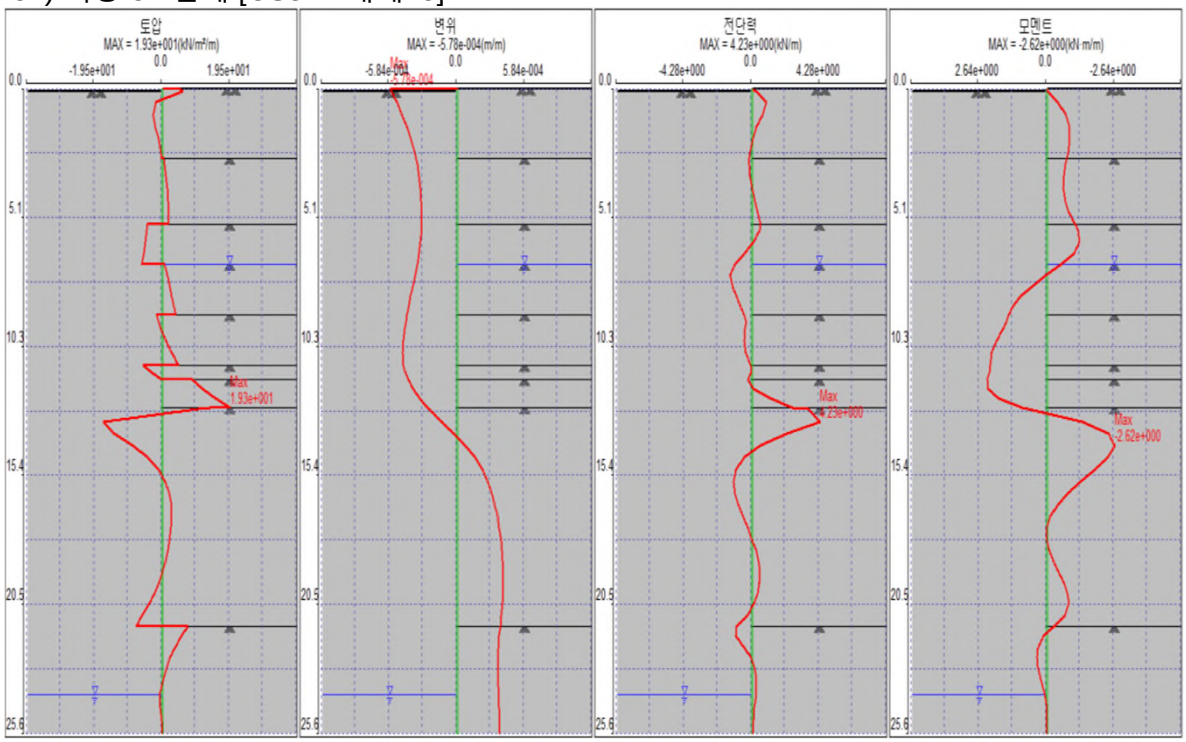
49) 시공 49 단계 [CS49 : 해체23]



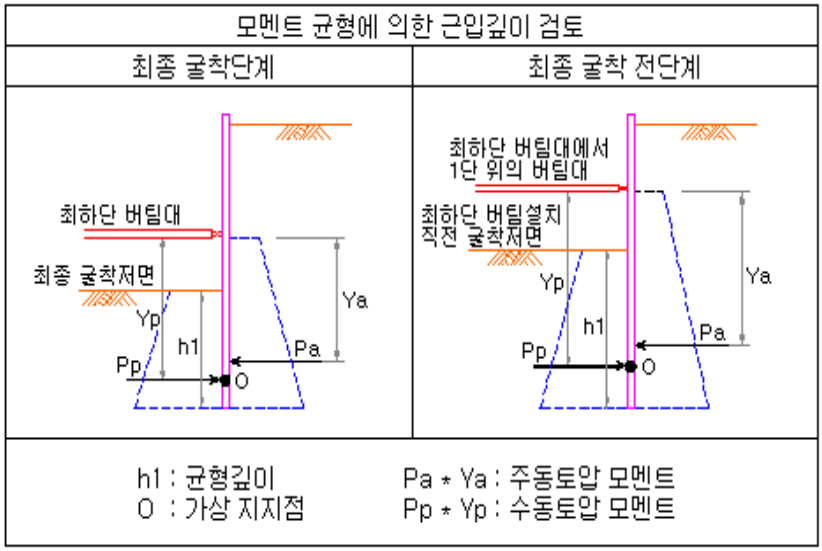
50) 시공 50 단계 [CS50 : 해체24]



51) 시공 51 단계 [CS51 : 해체25]



13.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.001	1.500	5.626	4192.049	745.164	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.002	2.160	11.932	8991.144	753.523	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -22.99 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 4.698 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.580 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 1.519 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 1.91 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (4.698 x 0.580) + (1.519 x 1.91) = 5.626 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2185.919 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 1.918 m
Mp = (Pp x Yp) = (2185.919 x 1.918) = 4192.049 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 4192.049 / 5.626 = 745.164
S.F. = 745.164 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -21.79 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 6.885 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.850 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 2.187 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.78 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (6.885 x 0.850) + (2.187 x 2.78) = 11.932 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

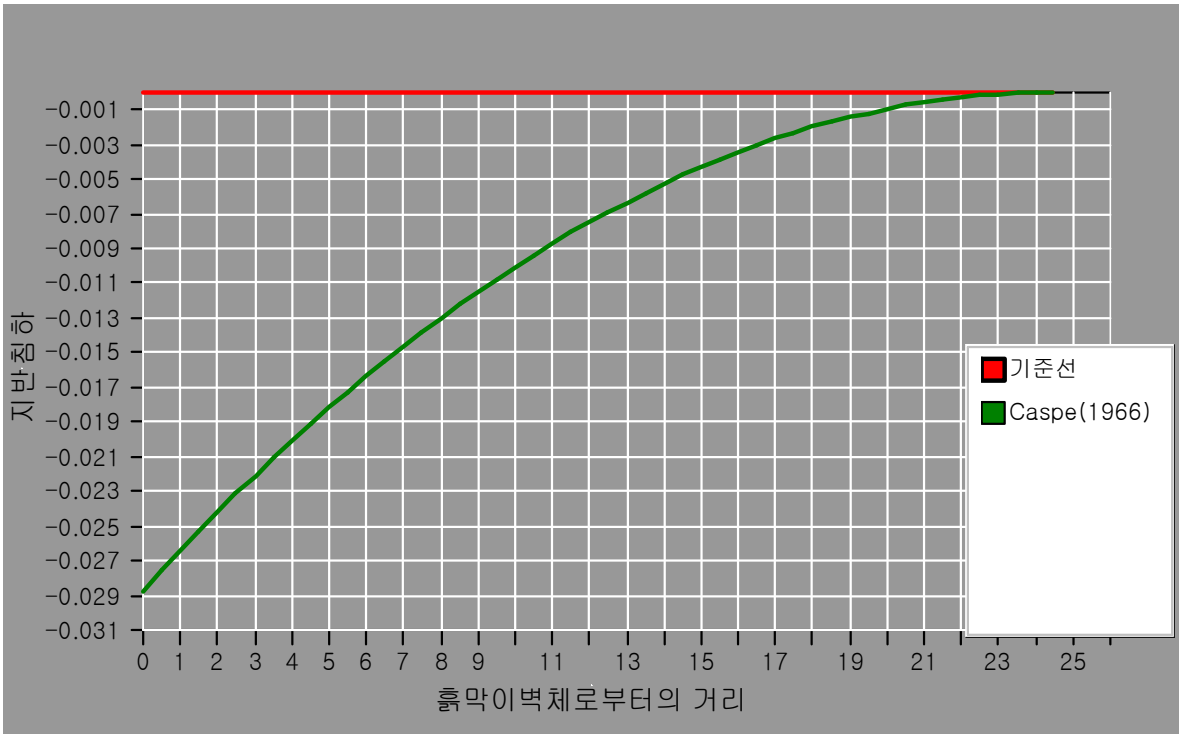
굴착면 하부토압 (Pp) = 3214.853 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 2.797 m
Mp = (Pp x Yp) = (3214.853 x 2.797) = 8991.144 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8991.144 / 11.932 = 753.523
S.F. = 753.523 > 1.2 ... OK

13.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



13.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.176 m³/m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 24.15 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (φ) = 28.178 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + φ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 28.178/2) = 16.702 m

Ht = Hp + Hw = 16.702 + 24.15 = 40.852 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-φ/2)

D = 40.852 x tan(45-28.178/2) = 24.46 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.176 / 24.46 = -0.029 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.029 x ((24.46 - Xi) / 24.46)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-28.739	-1.163	-2.326
0.50	-27.576	-1.139	-2.278
1.00	-26.437	-1.115	-2.230
1.50	-25.322	-1.091	-2.182
2.00	-24.231	-1.067	-2.134
2.50	-23.164	-1.043	-2.086
3.00	-22.121	-1.019	-2.038
3.50	-21.103	-0.995	-1.990

4.00	−20.108	−0.971	−1.942
4.50	−19.137	−0.947	−1.894
5.00	−18.190	−0.923	−1.845
5.50	−17.267	−0.899	−1.797
6.00	−16.369	−0.875	−1.749
6.50	−15.494	−0.851	−1.701
7.00	−14.643	−0.827	−1.653
7.50	−13.817	−0.803	−1.605
8.00	−13.014	−0.779	−1.557
8.50	−12.235	−0.755	−1.509
9.00	−11.481	−0.731	−1.461
9.50	−10.750	−0.707	−1.413
10.00	−10.043	−0.683	−1.365
10.50	−9.361	−0.659	−1.317
11.00	−8.702	−0.635	−1.269
11.50	−8.068	−0.611	−1.221
12.00	−7.457	−0.587	−1.173
12.50	−6.871	−0.562	−1.125
13.00	−6.308	−0.538	−1.077
13.50	−5.770	−0.514	−1.029
14.00	−5.255	−0.490	−0.981
14.50	−4.765	−0.466	−0.933
15.00	−4.299	−0.442	−0.885
15.50	−3.856	−0.418	−0.837
16.00	−3.438	−0.394	−0.789
16.50	−3.043	−0.370	−0.741
17.00	−2.673	−0.346	−0.693
17.50	−2.327	−0.322	−0.645
18.00	−2.004	−0.298	−0.597
18.50	−1.706	−0.274	−0.549
19.00	−1.432	−0.250	−0.501
19.50	−1.182	−0.226	−0.452
20.00	−0.955	−0.202	−0.404
20.50	−0.753	−0.178	−0.356
21.00	−0.575	−0.154	−0.308
21.50	−0.421	−0.130	−0.260
22.00	−0.291	−0.106	−0.212
22.50	−0.184	−0.082	−0.164
23.00	−0.102	−0.058	−0.116
23.50	−0.044	−0.034	−0.068
24.00	−0.010	−0.010	−0.022
24.46	0.000	0.000	0.000
Max	−28.739	−1.163	−2.326

3-1.24 TYPE-21

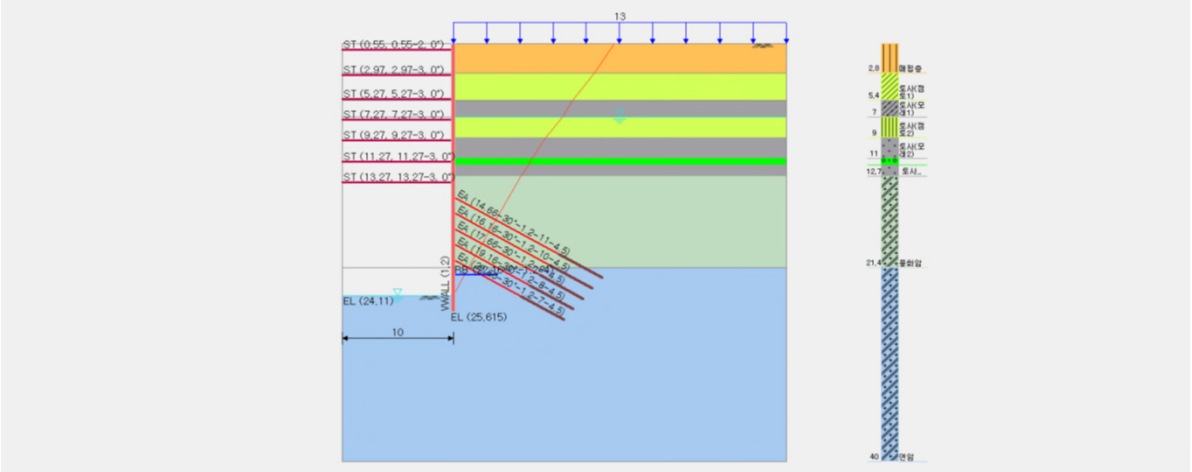
(갱문-사버팀보)

GeoX 구조계산서
TYPE-21(갱문-사버팀)

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.지보재 설계
4.1 Strut 설계 (Strut-1)
4.2 Strut 설계 (Strut-2)
4.3 Strut 설계 (Strut-3)
4.4 Strut 설계 (Strut-4)
4.5 Strut 설계 (Strut-5)
4.6 Strut 설계 (Strut-6)
4.7 Strut 설계 (Strut-7)
4.8 Earth Anchor 설계 (Strut-8, Strut-9, Strut-10, Strut-11, Strut-12)
4.9 ROCK BOLT 설계 (Strut-13)
5.사보강 Strut 설계
5.1 Strut-2
5.2 Strut-3
5.3 Strut-4
5.4 Strut-5
5.5 Strut-6
5.6 Strut-7
6.띠장 설계
6.1 Strut-1 띠장 설계
6.2 Strut-2 띠장 설계
6.3 Strut-3 띠장 설계
6.4 Strut-4 띠장 설계
6.5 Strut-5 띠장 설계
6.6 Strut-6 띠장 설계
6.7 Strut-7 띠장 설계
6.8 Strut-8 띠장 설계
6.9 Strut-9 띠장 설계
6.10 Strut-10 띠장 설계
6.11 Strut-11 띠장 설계
6.12 Strut-12 띠장 설계
7.측면말뚝 설계
7.1 흙막이벽(우)
8. 흙막이 벽체 설계
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 24.11m)
9.전산 입력 정보
10.해석결과

1.표준단면


13
ST (0.55, 0.55-2, 0°)
ST (2.97, 2.97-3, 0°)
ST (5.27, 5.27-3, 0°)
ST (7.27, 7.27-3, 0°)
ST (9.27, 9.27-3, 0°)
ST (11.27, 11.27-3, 0°)
ST (13.27, 13.27-3, 0°)
EL (24.11)
WALL (1:2)
EL (25.615)
10
2.8
5.4
7
9
11
12.7
21.4
40

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.55	휨응력	6.944	95.686	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.039	65.462	O.K		
		전단응력	2.360	90.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	2.97	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.919	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	42.280	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	7.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	40.476	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K		
Strut-5 P 406.4x12	9.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.648	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K		
Strut-6 P 406.4x12	11.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.391	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	13.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	51.619	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Strut-8 Strand12.7x4EA	14.66	O.K	O.K	O.K
Strut-9 Strand12.7x4EA	16.16	O.K	O.K	O.K
Strut-10 Strand12.7x4EA	17.66	O.K	O.K	O.K
Strut-11 Strand12.7x4EA	19.16	O.K	O.K	O.K
Strut-12 Strand12.7x4EA	20.66	O.K	O.K	O.K

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	설계값(kN)	허용값(kN)	판정		
Strut-13 D29	22.16	축력	105.000	240.900	O.K	길이검토	O.K

2.2 사보강 Strut

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-2 P 406.4x12	2.97	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.878	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K	볼트수량	O.K

Strut-3 P 406.4x12	5.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	29.035	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K	볼트수량	O.K
Strut-4 P 406.4x12	7.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	27.930	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K	볼트수량	O.K
Strut-5 P 406.4x12	9.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.486	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K	볼트수량	O.K
Strut-6 P 406.4x12	11.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.942	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K	볼트수량	O.K
Strut-7 P 406.4x12	13.27	휨응력	28.266	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	34.758	121.590	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.697	89.387	O.K	볼트수량	O.K

2.3 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.55	휨응력	41.302	152.017	O.K	
		전단응력	29.371	90.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	2.97	휨응력	78.409	142.373	O.K	
		전단응력	59.989	90.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.27	휨응력	69.046	142.373	O.K	
		전단응력	52.825	90.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.27	휨응력	65.406	142.373	O.K	
		전단응력	50.040	90.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.27	휨응력	73.825	142.373	O.K	
		전단응력	56.482	90.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	11.27	휨응력	75.326	142.373	O.K	
		전단응력	57.630	90.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	13.27	휨응력	87.895	142.373	O.K	
		전단응력	67.247	90.000	O.K	
Strut-8 2H 250x250x9/14	14.66	휨응력	16.396	156.940	O.K	
		전단응력	23.716	90.000	O.K	
Strut-9 2H 250x250x9/14	16.16	휨응력	18.255	156.940	O.K	
		전단응력	26.405	90.000	O.K	
Strut-10 2H 250x250x9/14	17.66	휨응력	19.632	156.940	O.K	
		전단응력	28.397	90.000	O.K	
Strut-11 2H 250x250x9/14	19.16	휨응력	20.186	156.940	O.K	
		전단응력	29.198	90.000	O.K	
Strut-12 2H 250x250x9/14	20.66	휨응력	19.979	156.940	O.K	
		전단응력	28.898	90.000	O.K	

2.4 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.478	195.290	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	37.112	208.175	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	37.728	123.750	O.K	지지력	O.K

2.5 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 24.11	휨응력	137.842	364.500	O.K		
		압축응력	133.985	351.446	O.K		
		전단응력	65.400	209.250	O.K		

2.6 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS13 : 굴착 13.77 m	12.219	48.220	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor, Rock Bolt로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	1.20	m
Rock Bolt	-	D29	수평간격 :	1.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
사보강 버팀보	P 406.4x12(SS400)	1.30m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류	SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)	210	285	322.5	405

축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 14.6$ 345	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405	$0 < \ell/r \le 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \le 73.0$ $345 - 2.58(\ell/r - 14.6)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.29(\ell/r - 13.4)$	$18.0 < \ell/r \le 54.2$ $570 - 6.27(\ell/r - 18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 3.6$ 345	$\ell/b \le 3.4$ 405	$\ell/b \le 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \le 27$ $345 - 7.79(\ell/b - 3.6)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$	$5.4 < \ell/b \le 19$ $570 - 18.9(\ell/b - 5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.7.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

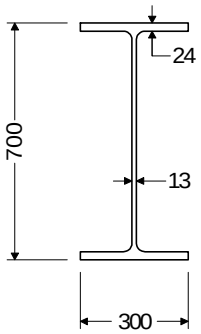
4.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.000 m

(2) 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1812.924
A (mm^2)	23550
I_x (mm^4)	2010000000
Z_x (mm^3)	5760000
R_x (mm)	293.0
R_y (mm)	67.8



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 128.863 kN/m ---> Strut-1 (CS28 : Peck)
= 128.863 x 2.00 / 1 단
= 257.727 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 257.727 + 120.0 = 377.727 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.000 x 8.000 / 8 / 1 단
= 40.000 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.000 / 2 / 1 단
= 20.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.000 x 1000000 / 5760000.0 = 6.944 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 377.727 x 1000 / 23550 = 16.039 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 20.000 x 1000 / 8476 = 2.360 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.316

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (22.984 − 9.095) / 22.984

= 0.604

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L_x / R_x = 8000 / 293

27.304 ---> $18.6 < Lx/Rx \le 92.8$ 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (27.304 − 18.6))

= 149.471 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 149.471 MPa

L_y / R_y = 8000 / 67.8

117.994 ---> $92.8 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 117.994^2)

= 65.462 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 65.462 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 65.462 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 8000 / 300

= 26.667 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (26.667 − 4.6))

= 95.686 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 95.686 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (27.304)^2

= 1810.877 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 65.462 MPa > f_c = 16.039 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 95.686 MPa > f_b = 6.944 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 2.360 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{16.039}{65.462} + \frac{6.944}{95.686 \times (1 - (16.039 / 1810.877))}$$

$$= 0.318 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 16.039 + \frac{6.944}{1 - (16.039 / 1810.877)}$$

$$= 23.046 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.318 , 0.146)

= 0.318 < 1.0 ---> O.K

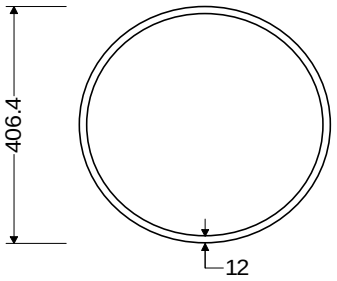
4.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 192.538 kN/m ---> Strut-2 (CS28 : Peck)
= 192.538 x 3.00 / 1 단
= 577.615 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 577.615 + 120.0 = 697.615 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.025 x 8.025 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.025 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.266$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 697.615 \times 1000 / 14868.5 = 46.919$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.697$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.075 x 12)

= 15.749 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.075

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.185 − 18.653) / 75.185

= 0.752 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 46.919 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{46.919}{121.590} + \dfrac{28.266}{157.500 \times (1 - (46.919 / 407.936))}$

= 0.589 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 46.919 + \frac{28.266}{1 - (46.919 / 407.936)}$$

$$= 78.858 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.589 , 0.501)
= 0.589 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{75.185}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.619 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

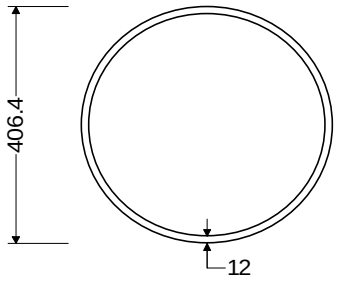
4.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 169.546 kN/m ---> Strut-3 (CS28 : Peck)
= 169.546 x 3.00 / 1 단
= 508.637 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 508.637 + 120.0 = 628.637 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.025 x 8.025 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.025 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.266$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 628.637 \times 1000 / 14868.5 = 42.280$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.697$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.080 x 12)

= 15.677 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.080

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (70.546 − 14.014) / 70.546

= 0.801 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 42.280 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{42.280}{121.590} + \dfrac{28.266}{157.500 \times (1 - (42.280 / 407.936))}$

= 0.548 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 42.280 + \frac{28.266}{1 - (42.280 / 407.936)}$$

$$= 73.814 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.548 , 0.469)
= 0.548 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{70.546}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.581 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

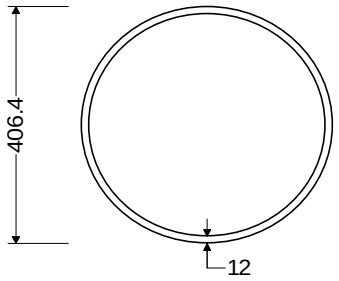
4.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 160.608 kN/m ---> Strut-4 (CS28 : Peck)
= 160.608 x 3.00 / 1 단
= 481.823 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 481.823 + 120.0 = 601.823 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.025 x 8.025 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.025 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.266$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 601.823 \times 1000 / 14868.5 = 40.476$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.697$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.082 x 12)

= 15.647 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.082

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (68.742 − 12.211) / 68.742

= 0.822 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 40.476 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{40.476}{121.590} + \dfrac{28.266}{157.500 \times (1 - (40.476 / 407.936))}$

= 0.532 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 40.476 + \frac{28.266}{1 - (40.476 / 407.936)}$$

$$= 71.856 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

$\therefore$ 안전율 = Max.(0.532 , 0.456)

= 0.532 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{68.742}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.566 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

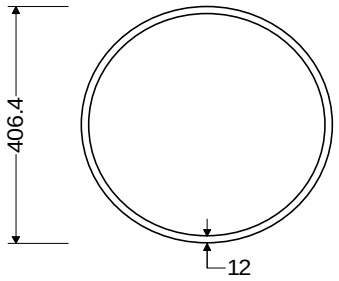
4.5 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 181.282 kN/m ---> Strut-5 (CS28 : Peck)
= 181.282 x 3.00 / 1 단
= 543.846 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 543.846 + 120.0 = 663.846 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.025 x 8.025 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.025 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.266$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 663.846 \times 1000 / 14868.5 = 44.648$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.697$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.078 x 12)

= 15.715 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.078

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (72.914 − 16.382) / 72.914

= 0.775 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 44.648 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{44.648}{121.590} + \dfrac{28.266}{157.500 \times (1 - (44.648 / 407.936))}$

= 0.569 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.648 + \frac{28.266}{1 - (44.648 / 407.936)}$$

$$= 76.387 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.569 , 0.485)

= 0.569 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{72.914}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.601 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

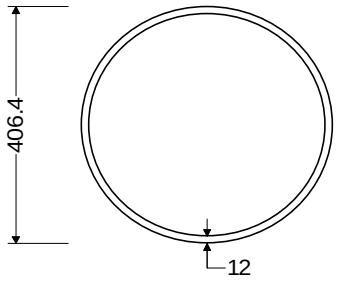
4.6 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 184.966 kN/m ---> Strut-6 (CS28 : Peck)
= 184.966 x 3.00 / 1 단
= 554.899 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 554.899 + 120.0 = 674.899 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.025 x 8.025 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.025 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.266$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 674.899 \times 1000 / 14868.5 = 45.391$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.697$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.077 x 12)

= 15.726 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.077

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (73.657 − 17.125) / 73.657

= 0.767 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 45.391 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{45.391}{121.590} + \dfrac{28.266}{157.500 \times (1 - (45.391 / 407.936))}$

= 0.575 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 45.391 + \frac{28.266}{1 - (45.391 / 407.936)}$$

$$= 77.196 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.575 , 0.490)

= 0.575 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{73.657}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.607 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

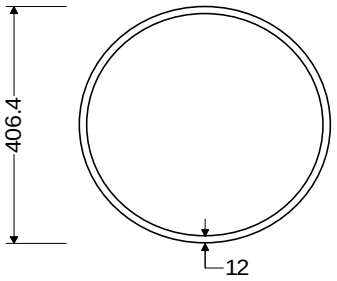
4.7 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14869
I (mm^4)	289370000
Z (mm^3)	1424000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 215.832 kN/m ---> Strut-7 (CS28 : Peck)
= 215.832 x 3.00 / 1 단
= 647.496 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 647.496 + 120.0 = 767.496 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.025 x 8.025 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.025 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 \times 1000000 / 1424000.0 = 28.266$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 767.496 \times 1000 / 14868.5 = 51.619$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.697$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.071 x 12)

= 15.814 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.071

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (79.885 − 23.353) / 79.885

= 0.708 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 51.619 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{51.619}{121.590} + \dfrac{28.266}{157.500 \times (1 - (51.619 / 407.936))}$

= 0.630 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 51.619 + \frac{28.266}{1 - (51.619 / 407.936)}$$

$$= 83.979 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.630 , 0.533)

= 0.630 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{79.885}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

$$= 0.658 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

4.8 Earth Anchor 설계 (Strut-8, Strut-9, Strut-10, Strut-11, Strut-12)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

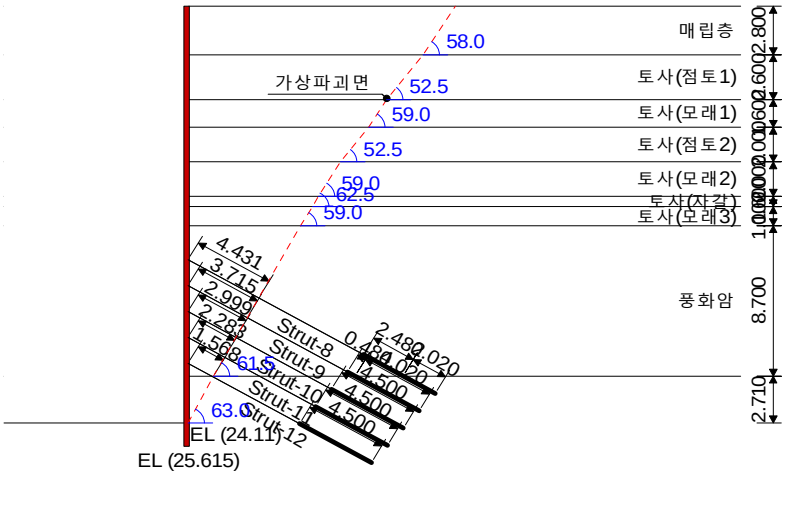
(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,
0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
Strut-8	14.660	4.431	3.617	11.000	O.K
Strut-9	16.160	3.715	3.617	10.000	O.K
Strut-10	17.660	2.999	3.617	9.000	O.K
Strut-11	19.160	2.283	3.617	8.000	O.K
Strut-12	20.660	1.568	3.617	7.000	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 ($T_{req} = R_{max}$ x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
Strut-8	14.660	100.429	1.200	30	120.514
Strut-9	16.160	114.466	1.200	30	137.360
Strut-10	17.660	124.103	1.200	30	148.924
Strut-11	19.160	126.324	1.200	30	151.589
Strut-12	20.660	121.481	1.200	30	145.777

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	ΔL (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	ΔP_p (N)
14.660	200000	3.0	98.71	4	11.5	20600.348
16.160	200000	3.0	98.71	4	10.5	22562.286
17.660	200000	3.0	98.71	4	9.5	24937.263
19.160	200000	3.0	98.71	4	8.5	27871.059
20.660	200000	3.0	98.71	4	7.5	31587.200

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

$\Delta Ppr = \Delta fpr \times A_p \times N = r \times fpt \times A_p \times N$

여기서, ΔPpr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	ΔP_{pr} (N)
14.660	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
16.160	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
17.660	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
19.160	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
20.660	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
14.660	120.514	20.600	24.796	165.911
16.160	137.360	22.562	24.796	184.718
17.660	148.924	24.937	24.796	198.657
19.160	151.589	27.871	24.796	204.256
20.660	145.777	31.587	24.796	202.161

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
14.660	165.911	110.160	4	1.506	O.K
16.160	184.718	110.160	4	1.677	O.K
17.660	198.657	110.160	4	1.803	O.K
19.160	204.256	110.160	4	1.854	O.K
20.660	202.161	110.160	4	1.835	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)
14.660	120.514	2.5	100.0	700.0	1.370
16.160	137.360	2.5	100.0	1050.0	1.041
17.660	148.924	2.5	100.0	1050.0	1.129
19.160	151.589	2.5	100.0	1050.0	1.149
20.660	145.777	2.5	100.0	1050.0	1.105

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
14.660	120.514	4.0	12.70	700.0	1.079
16.160	137.360	4.0	12.70	700.0	1.230
17.660	148.924	4.0	12.70	700.0	1.333
19.160	151.589	4.0	12.70	700.0	1.357
20.660	145.777	4.0	12.70	700.0	1.305

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
14.660	1.370	1.079	4.5	O.K
16.160	1.041	1.230	4.5	O.K
17.660	1.129	1.333	4.5	O.K
19.160	1.149	1.357	4.5	O.K
20.660	1.105	1.305	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
14.660	11.000	1.500	4.500	17.000
16.160	10.000	1.500	4.500	16.000
17.660	9.000	1.500	4.500	15.000
19.160	8.000	1.500	4.500	14.000
20.660	7.000	1.500	4.500	13.000

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
14.660	165.911	11.5	200000	98.71	4	24.161
16.160	184.718	10.5	200000	98.71	4	24.561
17.660	198.657	9.5	200000	98.71	4	23.899
19.160	204.256	8.5	200000	98.71	4	21.986
20.660	202.161	7.5	200000	98.71	4	19.200

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
14.660	1.20	30.0	11.000	1.500	4.500	165.911
16.160	1.20	30.0	10.000	1.500	4.500	184.718
17.660	1.20	30.0	9.000	1.500	4.500	198.657
19.160	1.20	30.0	8.000	1.500	4.500	204.256
20.660	1.20	30.0	7.000	1.500	4.500	202.161

4.9 ROCK BOLT 설계 (Strut-13)

가. 설계제원

(1) 사용락볼트 : D29 (SD300) , 2 ea

A_s (mm^2 / ea)	642.4	Fs	2	D (mm)	40.0
ɣ (kN/m^3)	22.56	f_y (N/mm^2)	300	AxB(m^2)	1.2

(2) ROCK BOLT 길이

▶ $L1 = \dfrac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$ ▶ $L2 = \dfrac{0.6 \times f_y \times A_s}{Fs \times ɣ \times (A \times B)}$

여기서 , T = 설계 축력 (kN/m,ea) fy = 락볼트의 항복하중(N/mm^2)

Fs = 안전율 As = 락볼트의 단면적 (mm^2 / ea)

D = 락볼트체의 유효경 (mm) ɣ = 부석의 단위중량(kN/m^3)

τu = 주면마찰저항 (kN/m^2) (A×B) = 락볼트의 설치간격(m^2)

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ L_1의 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	T (kN/m,ea)	R/B수평간격 (m)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_1 (m)
Strut-13	22.160	87.50	1.20	2	40.0	1050.0	0.000

▶ L_2의 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	f_y (N/mm^2)	A_s (mm^2/ea)	Fs	ɣ (kN/m^3)	A x B (m^2)	L_2 (m)
Strut-13	22.160	300	642.4	2	22.6	1.2	2.136

나. ROCK BOLT 길이 산정

락볼트이름	설치위치 (GL.-m)	규 격	L_1(m)	L_2(m)	L_{max}(m)	적용장 (m)	판 정
Strut-13	22.160	D29	0.000	2.136	2.136	4.000	O.K

다. ROCK BOLT 허용축력 검토

Tmax = 105.00 kN ---> Strut-13 (CS28 : Peck)

R = As × fy × α = 642.4 × 300 × 1.25

= 240.90 kN > 105.00 kN ---> O.K

5.사보강 Strut 설계

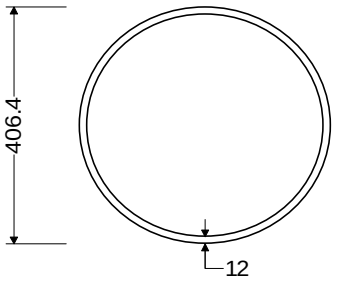
5.1 Strut-2

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14868.500
I (mm^4)	289370000.000
Z (mm^3)	1424000.000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 1.300 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 192.538 kN/m ---> Strut-2 (CS28 : Peck)
= 192.538 x 3.0 = 577.615 kN
= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수
= (577.615 x 1.300) / 3.000 / 1 단
= 250.300 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 250.3 / cos 45 ° + 120.0
= 474.0 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.0 x 8.0 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.0 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 x 1000000 / 1424000.0 = 28.266 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 473.977 x 1000 / 14868.5 = 31.878 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.697 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.094 x 12)

= 15.478 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.094

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (60.144 − 3.612) / 60.144

= 0.940 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 31.878 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{31.878}{121.590} + \frac{28.266}{157.500 \times (1 - (31.878 / 407.936))}$$

$$= 0.457 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 31.878 + \frac{28.266}{1 - (31.878 / 407.936)}$$

$$= 62.540 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.457 , 0.397)

= 0.457 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{60.144}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

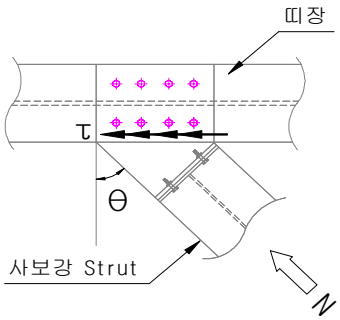
$$= 0.496 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : S_{max} = P_{max} x sin θ°

= 473.977 x sin 45 °

= 335.2 kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 125 = 140.6 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 335153 / (140.6 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 5.27 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 5.27 ea ---> O.K

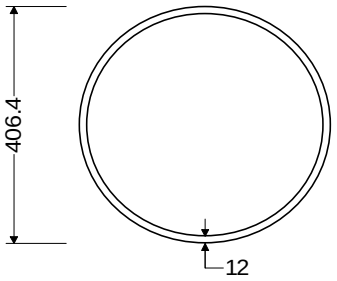
5.2 Strut-3

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14868.500
I (mm^4)	289370000.000
Z (mm^3)	1424000.000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 1.300 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 169.546 kN/m ---> Strut-3 (CS28 : Peck)
= 169.546 x 3.0 = 508.637 kN
= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수
= (508.637 x 1.300) / 3.000 / 1 단
= 220.409 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 220.4 / cos 45 ° + 120.0
= 431.7 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.0 x 8.0 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.0 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 x 1000000 / 1424000.0 = 28.266 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 431.706 x 1000 / 14868.5 = 29.035 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.697 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.099 x 12)

= 15.413 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.099

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (57.301 − 0.769) / 57.301

= 0.987 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.590$ MPa $> f_c = 29.035$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.266$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.697$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{29.035}{121.590} + \frac{28.266}{157.500 \times (1 - (29.035 / 407.936))}$$

$$= 0.432 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 29.035 + \frac{28.266}{1 - (29.035 / 407.936)}$$

$$= 59.467 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.432 , 0.378)

= 0.432 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{57.301}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

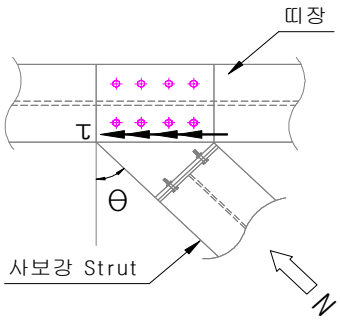
$$= 0.472 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : S_{max} = P_{max} x sin θ°

= 431.706 x sin 45 °

= 305.3 kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 125 = 140.6 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 305262 / (140.6 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.80 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.80 ea ---> O.K

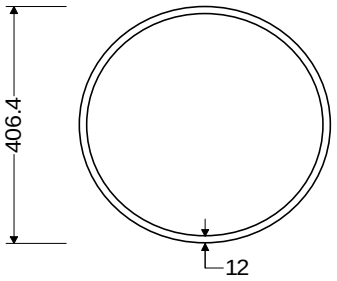
5.3 Strut-4

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14868.500
I (mm^4)	289370000.000
Z (mm^3)	1424000.000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 1.300 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 160.608 kN/m ---> Strut-4 (CS28 : Peck)

= 160.608 x 3.0 = 481.823 kN

= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수

= (481.823 x 1.300) / 3.000 / 1 단

= 208.790 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T

= 208.8 / cos 45 ° + 120.0

= 415.3 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단

= 5.0 x 8.0 x 8.0 / 8 / 1 단

= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단

= 5.0 x 8.0 / 2 / 1 단

= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 x 1000000 / 1424000.0 = 28.266 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 415.274 x 1000 / 14868.5 = 27.930 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.697 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.101 x 12)

= 15.386 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.101

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (56.195 − −0.336) / 56.195

= 1.006 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.590$ MPa $> f_c = 27.930$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.266$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.697$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{27.930}{121.590} + \frac{28.266}{157.500 \times (1 - (27.930 / 407.936))}$$

$$= 0.422 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 27.930 + \frac{28.266}{1 - (27.930 / 407.936)}$$

$$= 58.273 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.422 , 0.370)

= 0.422 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{56.195}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

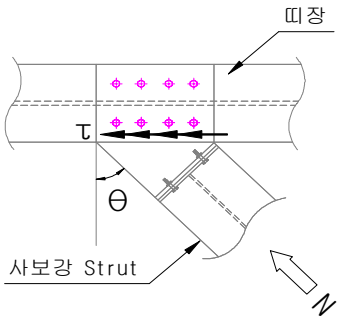
$$= 0.463 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : S_{max} = P_{max} x sin θ°

= 415.274 x sin 45 °

= 293.6 kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 125 = 140.6 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 293643 / (140.6 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.62 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.62 ea ---> O.K

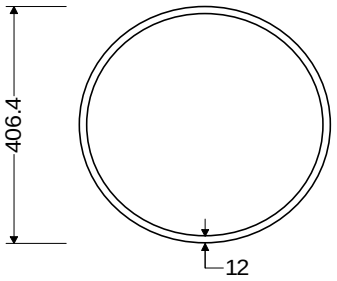
5.4 Strut-5

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14868.500
I (mm^4)	289370000.000
Z (mm^3)	1424000.000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 1.300 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 181.282 kN/m ---> Strut-5 (CS28 : Peck)

= 181.282 x 3.0 = 543.846 kN

= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수

= (543.846 x 1.300) / 3.000 / 1 단

= 235.667 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T

= 235.7 / cos 45 ° + 120.0

= 453.3 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단

= 5.0 x 8.0 x 8.0 / 8 / 1 단

= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단

= 5.0 x 8.0 / 2 / 1 단

= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 x 1000000 / 1424000.0 = 28.266 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 453.283 x 1000 / 14868.5 = 30.486 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.697 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.096 x 12)

= 15.447 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.096

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (58.752 − 2.220) / 58.752

= 0.962 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 30.486 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{30.486}{121.590} + \frac{28.266}{157.500 \times (1 - (30.486 / 407.936))}$$

$$= 0.445 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 30.486 + \frac{28.266}{1 - (30.486 / 407.936)}$$

$$= 61.035 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.445 , 0.388)

= 0.445 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{58.752}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

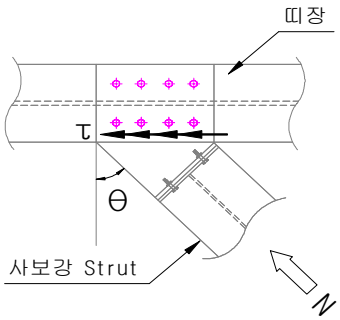
$$= 0.484 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : S_{max} = P_{max} x sin θ°

= 453.283 x sin 45 °

= 320.5 kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 125 = 140.6 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 320519 / (140.6 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 5.04 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 5.04 ea ---> O.K

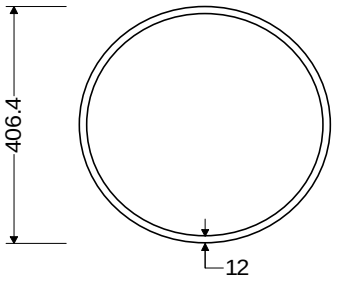
5.5 Strut-6

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14868.500
I (mm^4)	289370000.000
Z (mm^3)	1424000.000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 1.300 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 184.966 kN/m ---> Strut-6 (CS28 : Peck)
= 184.966 x 3.0 = 554.899 kN
= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수
= (554.899 x 1.300) / 3.000 / 1 단
= 240.456 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 240.5 / cos 45 ° + 120.0
= 460.1 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.0 x 8.0 / 8 / 1 단
= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.0 / 2 / 1 단
= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 x 1000000 / 1424000.0 = 28.266 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 460.056 x 1000 / 14868.5 = 30.942 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.697 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.095 x 12)

= 15.457 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.095

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (59.207 − 2.676) / 59.207

= 0.955 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 121.590$ MPa $> f_c = 30.942$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa $> f_b = 28.266$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 89.387$ MPa $> \tau = 2.697$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{30.942}{121.590} + \frac{28.266}{157.500 \times (1 - (30.942 / 407.936))}$$

$$= 0.449 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 30.942 + \frac{28.266}{1 - (30.942 / 407.936)}$$

$$= 61.527 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.449 , 0.391)

= 0.449 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{59.207}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

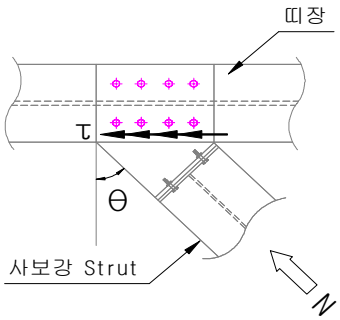
$$= 0.488 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : S_{max} = P_{max} x sin θ°

= 460.056 x sin 45 °

= 325.3 kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 125 = 140.6 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 325309 / (140.6 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 5.11 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 5.11 ea ---> O.K

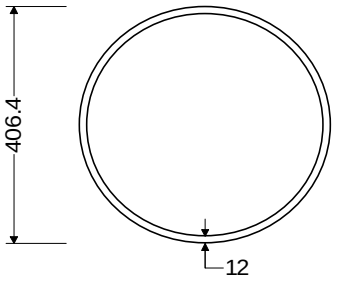
5.6 Strut-7

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.025 m

(2) 사용강재 : P 406.4x12(SS400)

w (N/m)	1144.605
A (mm^2)	14868.500
I (mm^4)	289370000.000
Z (mm^3)	1424000.000
R (mm)	139.5
Q (mm^3)	933596.2



(3) 버팀보 개수 : 1 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 1.300 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 215.832 kN/m ---> Strut-7 (CS28 : Peck)

= 215.832 x 3.0 = 647.496 kN

= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수

= (647.496 x 1.300) / 3.000 / 1 단

= 280.582 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T

= 280.6 / cos 45 ° + 120.0

= 516.8 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단

= 5.0 x 8.0 x 8.0 / 8 / 1 단

= 40.250 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단

= 5.0 x 8.0 / 2 / 1 단

= 20.063 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.250 x 1000000 / 1424000.0 = 28.266 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 516.802 x 1000 / 14868.5 = 34.758 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{20.063 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.697 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.090 x 12)

= 15.539 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.090

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (63.024 − 6.492) / 63.024

= 0.897 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8025 / 139.5

57.527 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (57.527 − 18.6))

= 121.590 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 121.590 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (57.527)^2

= 407.936 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 89.387 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 121.590 MPa > f_c = 34.758 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 28.266 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 89.387 MPa > τ = 2.697 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{34.758}{121.590} + \frac{28.266}{157.500 \times (1 - (34.758 / 407.936))}$$

$$= 0.482 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 34.758 + \frac{28.266}{1 - (34.758 / 407.936)}$$

$$= 65.657 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.482 , 0.417)

= 0.482 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{63.024}{121.590} + \left\{ \frac{2.697}{89.387} \right\}^2$$

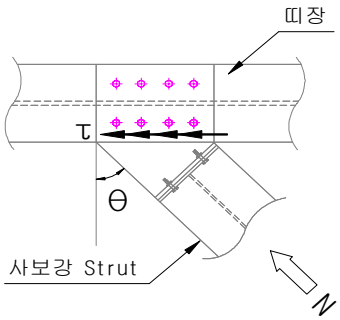
$$= 0.519 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : S_{max} = P_{max} x sin θ°

= 516.802 x sin 45 °

= 365.4 kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.25 x 0.9 x 125 = 140.6 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 365434 / (140.6 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 5.74 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 5.74 ea ---> O.K

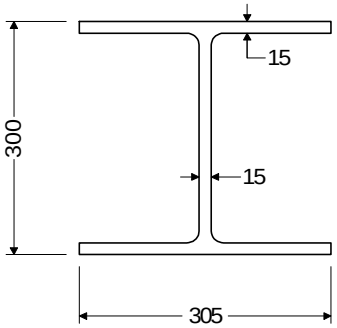
6.띠장 설계

6.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

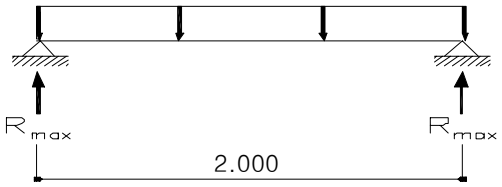
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 128.863 kN/m ---> Strut-1 (CS28 : Peck)

P = 128.863 × 2.00 m / 1 ea = 257.727 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 257.727 / (13 \times 2.000)$

$= 118.951$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 118.951 \times 2.000^2 / 8$

$= 59.475$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$

$= 1 \times 118.951 \times 2.000 / 2$

$= 118.951$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 59.475 x 1000000 / 1440000.0 = 41.302 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 118.951 x 1000 / 4050 = 29.371 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (41.302 + 41.302) / 41.302

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (6.557 − 4.6))

= 152.017 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 152.017 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 152.017 MPa > f_b = 41.302 MPa ---> O.K

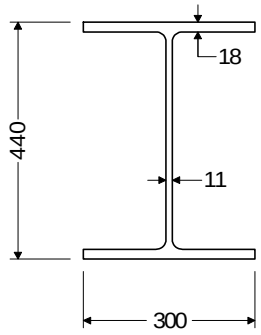
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 29.371 MPa ---> O.K

6.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

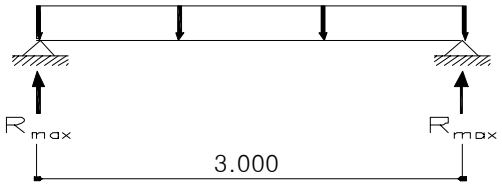
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 192.538 kN/m ---> Strut-2 (CS28 : Peck)

P = 192.538 × 3.00 m / 1 ea = 577.615 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 577.615 / (13 × 3.000)
= 177.728 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 177.728 × 3.000^2 / 8
= 199.944 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 177.728 × 3.000 / 2
= 266.591 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 199.944 x 1000000 / 2550000.0 = 78.409 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 266.591 x 1000 / 4444 = 59.989 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (78.409 + 78.409) / 78.409

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 78.409 MPa ---> O.K

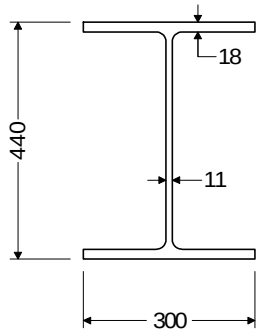
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 59.989 MPa ---> O.K

6.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

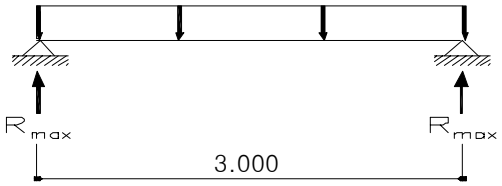
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 169.546 kN/m ---> Strut-3 (CS28 : Peck)

P = 169.546 × 3.00 m / 1 ea = 508.637 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 508.637 / (13 × 3.000)
= 156.504 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 156.504 × 3.000 ^{2} / 8
= 176.067 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 156.504 × 3.000 / 2
= 234.756 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 176.067 x 1000000 / 2550000.0 = 69.046 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 234.756 x 1000 / 4444 = 52.825 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (69.046 + 69.046) / 69.046

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 69.046 MPa ---> O.K

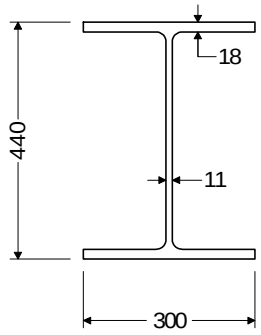
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 52.825 MPa ---> O.K

6.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

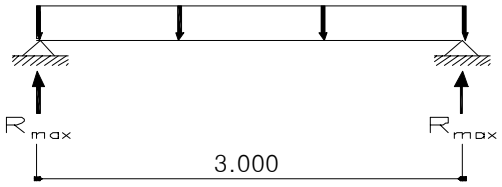
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 160.608 kN/m ---> Strut-4 (CS28 : Peck)

P = 160.608 × 3.00 m / 1 ea = 481.823 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 481.823 / (13 × 3.000)
= 148.253 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 148.253 × 3.000^2 / 8
= 166.785 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 148.253 × 3.000 / 2
= 222.380 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 166.785 x 1000000 / 2550000.0 = 65.406 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 222.380 x 1000 / 4444 = 50.040 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (65.406 + 65.406) / 65.406

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 65.406 MPa ---> O.K

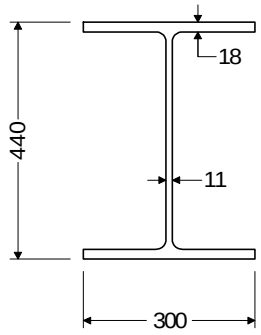
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 50.040 MPa ---> O.K

6.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

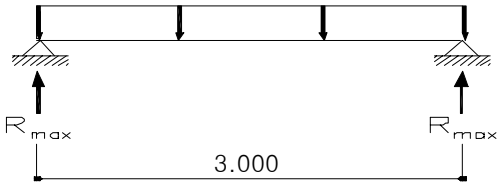
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 181.282 kN/m ---> Strut-5 (CS28 : Peck)

P = 181.282 × 3.00 m / 1 ea = 543.846 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 543.846 / (13 × 3.000)
= 167.337 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 167.337 × 3.000 ^{2} / 8
= 188.254 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 167.337 × 3.000 / 2
= 251.006 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 188.254 x 1000000 / 2550000.0 = 73.825 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 251.006 x 1000 / 4444 = 56.482 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (73.825 + 73.825) / 73.825

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 73.825 MPa ---> O.K

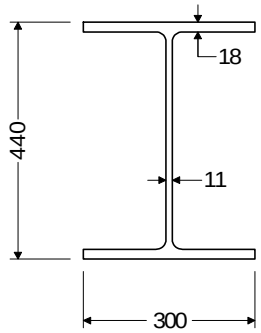
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 56.482 MPa ---> O.K

6.6 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

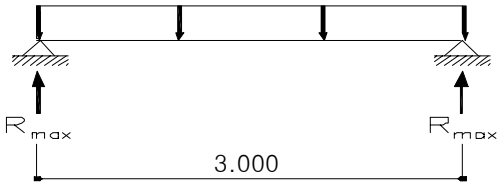
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 184.966 kN/m ---> Strut-6 (CS28 : Peck)

P = 184.966 × 3.00 m / 1 ea = 554.899 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 554.899 / (13 × 3.000)
= 170.738 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 170.738 × 3.000^2 / 8
= 192.080 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 170.738 × 3.000 / 2
= 256.107 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 192.080 x 1000000 / 2550000.0 = 75.326 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 256.107 x 1000 / 4444 = 57.630 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.326 + 75.326) / 75.326

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 75.326 MPa ---> O.K

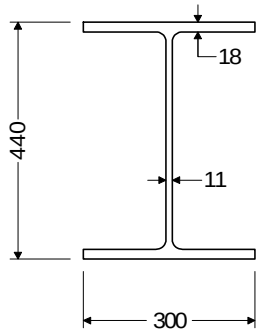
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 57.630 MPa ---> O.K

6.7 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

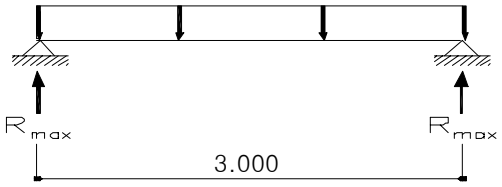
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 215.832 kN/m ---> Strut-7 (CS28 : Peck)

P = 215.832 × 3.00 m / 1 ea = 647.496 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 647.496 / (13 × 3.000)
= 199.229 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 199.229 × 3.000^2 / 8
= 224.133 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 199.229 × 3.000 / 2
= 298.844 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 224.133 x 1000000 / 2550000.0 = 87.895 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 298.844 x 1000 / 4444 = 67.247 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (87.895 + 87.895) / 87.895

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (10.000 − 4.6))

= 142.373 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.373 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.373 MPa > f_b = 87.895 MPa ---> O.K

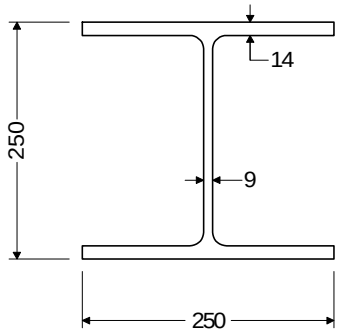
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 67.247 MPa ---> O.K

6.8 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

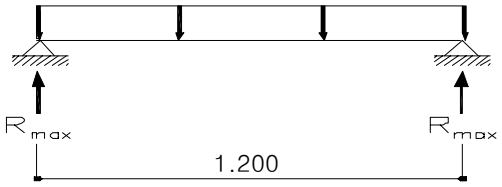
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



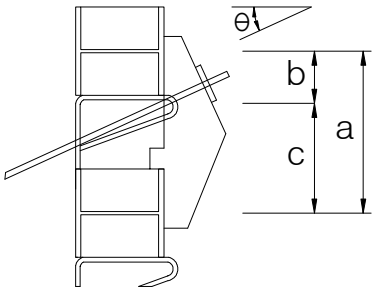
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 165.911 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 165.911 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 102.668$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 102.668 / (13 \times 1.200)$
$= 78.975$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 78.975 \times 1.200^2 / 8$
$= 14.216$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 78.975 \times 1.200 / 2$
$= 47.385$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 14.216 x 1000000 / 867000.0 = 16.396 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 47.385 x 1000 / 1998 = 23.716 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (16.396 + 16.396) / 16.396

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 16.396 MPa ---> O.K

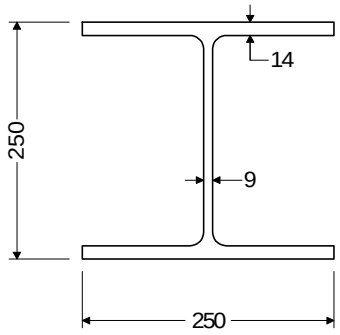
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 23.716 MPa ---> O.K

6.9 Strut-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

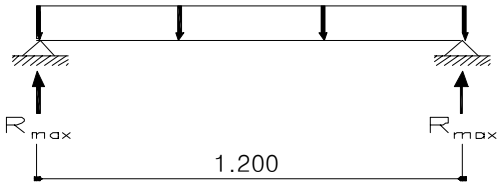
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



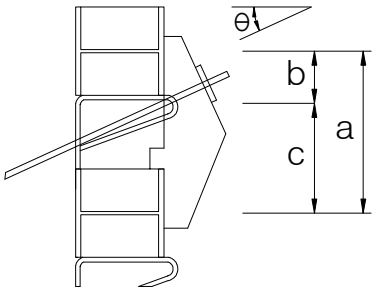
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 184.718 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 184.718 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 114.306$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 114.306 / (13 \times 1.200)$
$= 87.928$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 87.928 \times 1.200^2 / 8$
$= 15.827$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 87.928 \times 1.200 / 2$
$= 52.757$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 15.827 \times 1000000 / 867000.0 = 18.255$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 52.757 \times 1000 / 1998 = 26.405$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 14.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (18.255 + 18.255) / 18.255$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1200 / 250$

$= 4.800$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (4.800 - 4.6))$

$= 156.940$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 156.940$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 156.940$ MPa > $f_b = 18.255$ MPa ---> O.K

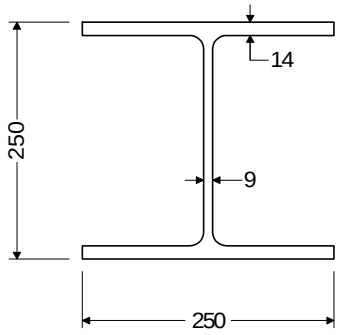
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 26.405$ MPa ---> O.K

6.10 Strut-10 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

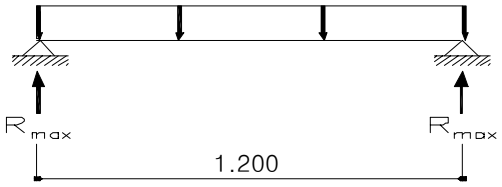
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



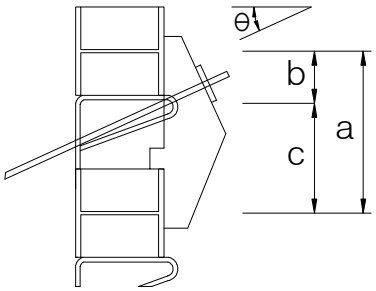
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 198.657 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 198.657 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 122.932$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 122.932 / (13 \times 1.200)$
$= 94.563$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 94.563 \times 1.200^2 / 8$
$= 17.021$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 94.563 \times 1.200 / 2$
$= 56.738$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 17.021 x 1000000 / 867000.0 = 19.632 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 56.738 x 1000 / 1998 = 28.397 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (19.632 + 19.632) / 19.632

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 19.632 MPa ---> O.K

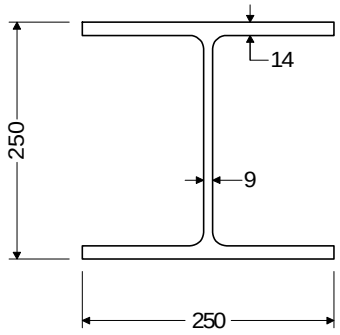
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 28.397 MPa ---> O.K

6.11 Strut-11 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

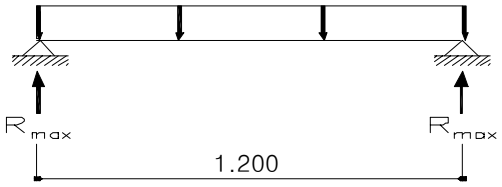
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



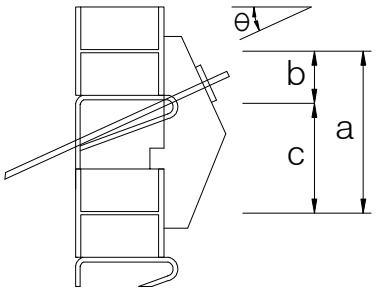
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 204.256 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 204.256 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 126.397$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 126.397 / (13 \times 1.200)$
$= 97.228$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 97.228 \times 1.200^2 / 8$
$= 17.501$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 97.228 \times 1.200 / 2$
$= 58.337$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 17.501 \times 1000000 / 867000.0 = 20.186$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 58.337 \times 1000 / 1998 = 29.198$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (20.186 + 20.186) / 20.186

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 20.186 MPa ---> O.K

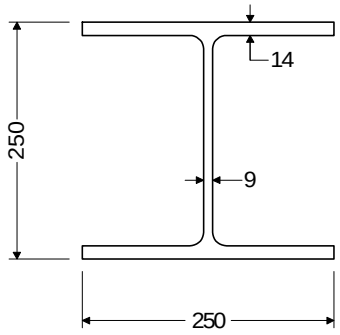
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 29.198 MPa ---> O.K

6.12 Strut-12 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

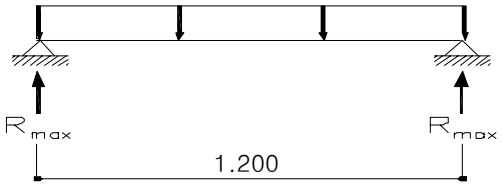
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



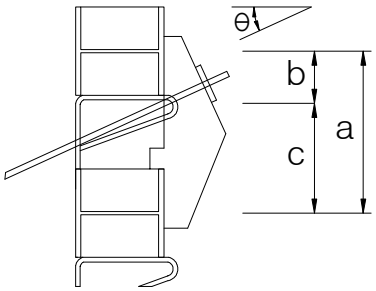
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 202.161 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 202.161 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 125.100$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 125.100 / (13 \times 1.200)$
$= 96.231$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 96.231 \times 1.200^2 / 8$
$= 17.322$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 96.231 \times 1.200 / 2$
$= 57.738$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 17.322 \times 1000000 / 867000.0 = 19.979$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 57.738 \times 1000 / 1998 = 28.898$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (19.979 + 19.979) / 19.979

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 19.979 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 28.898 MPa ---> O.K

7.측면말뚝 설계

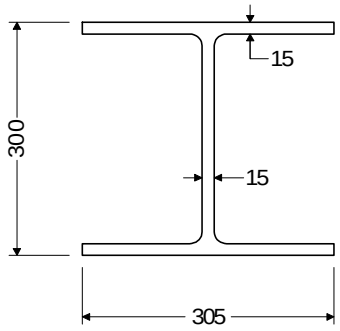
7.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	0.000	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	0.000	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	27.512	kN			
라. 버팀보 자중	=	60.690	kN			
마. 띠장 자중	=	9.980	kN			
바. 지보재 수직분력	=	293.402	kN	× 1.200	=	352.082 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
∑ P_s	=	500.264	kN			

최대모멘트, M_{max} = 89.374 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS44 : 해체16)

최대전단력, S_{max} = 127.332 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 11.77 m)

▶ Pmax = 500.264 kN

▶ Mmax = 89.374 × 1.200 = 107.249 kN·m

▶ Smax = 127.332 × 1.200 = 152.798 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.249 x 1000000 / 1440000.0 = 74.478 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 500.264 x 1000 / 13480 = 37.112 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 152.798 x 1000 / 4050 = 37.728 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 2.332

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (111.590 − −37.367) / 111.590

= 1.335

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2500 / 126

19.841 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (19.841 − 16))

= 208.175 MPa

f_{ca} = $f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 208.175 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 305

= 8.197 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (8.197 − 4))

= 195.290 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 195.290 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (19.841)^2

= 3429.216 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 208.175 MPa > f_c = 37.112 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 195.290 MPa > f_b = 74.478 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 37.728 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{37.112}{208.175} + \dfrac{74.478}{195.290 \times (1 - (37.112 / 3429.216))}$

= 0.564 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 37.112 + \frac{74.478}{1 - (37.112 / 3429.216)}$$

$$= 112.405 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.564 , 0.526)
= 0.564 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 12.2 mm ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 굴착 13.77 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 24.110 x 1000 x 0.002 = 48.220 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 500.26 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

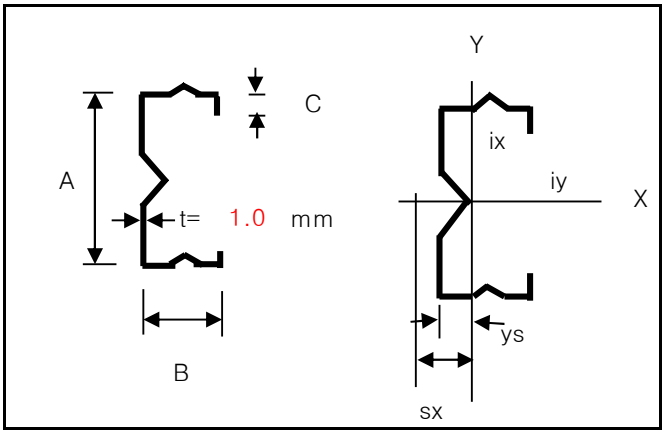
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

8. 흙막이 벽체 설계

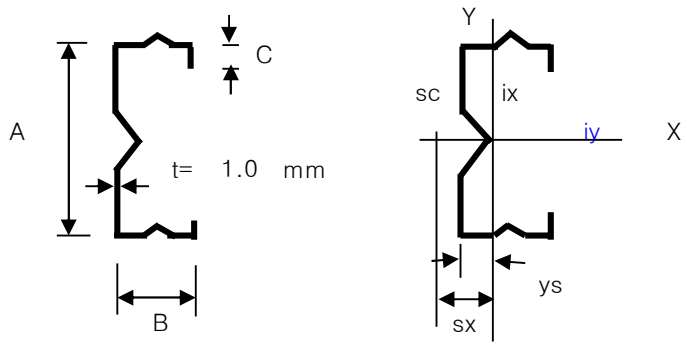
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 24.11m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SGC570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	351.4
강재의 허용 전단응력(MPa)	209.3



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
200×100×50×1.0t	22580	23230	196.00



나. 설계지간

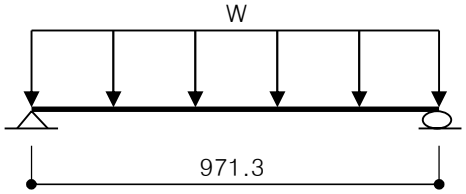
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.1320 MPa ---> (CS28 : Peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 132.0 kN/m^2 x 0.2000 m = 26.4 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 26.4 x 0.97 ^{2}/ 8 = 3.1 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 26.4 x 0.97 / 2 = 12.8 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3112465 / 22,580 = 137.84 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3112465 / 23,230 = 133.98 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 12818 / 196 = 65.40 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	O
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.50 × 0.90 × 270 = 364.500 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { fa − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.50 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (971 / 200 − 3.4) }

= 351.446 MPa

여기서, ℓ = 971 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 4.856 이므로,

∴ f_{ba} = 351.446 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 364.500 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.50 × 0.90 × 155 = 209.250 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 137.84 MPa < f_{ba} = 364.50 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 133.98 MPa < f_{ba} = 351.45 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 65.40 MPa < τ_a = 209.25 MPa ····· O.K

9. 탄소성 입력 데이터

9.1 해석종류 : 탄소성보법

9.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

9.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 24.11 m, 전모델높이 = 40 m

9.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	2.80	18.00	19.00	0.00	26.00	3	-	12000.00
2	토사(점토1)	5.40	17.00	18.00	20.00	15.00	6	-	14000.00
3	토사(모래1)	7.00	18.00	19.00	0.00	28.00	10	-	20000.00
4	토사(점토2)	9.00	17.00	18.00	20.00	15.00	14	-	14000.00
5	토사(모래2)	11.00	18.00	19.00	0.00	28.00	16	-	20000.00
6	토사(자갈)	11.60	20.00	21.00	0.00	35.00	24	-	32000.00
7	토사(모래3)	12.70	18.00	19.00	0.00	28.00	31	-	20000.00
8	풍화암	21.40	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
9	연암	40.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	50000.00

9.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	25.615	1.2

9.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-2	P 406.4x12	SS400	2.97	3	8.025	50	1
2	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.27	3	8.025	50	1
3	Strut-4	P 406.4x12	SS400	7.27	3	8.025	50	1
4	Strut-5	P 406.4x12	SS400	9.27	3	8.025	50	1
5	Strut-6	P 406.4x12	SS400	11.27	3	8.025	50	1
6	Strut-7	P 406.4x12	SS400	13.27	3	8.025	50	1
7	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.55	2	8	0	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Strut-8	Strand12.7x4EA	SWPC7B	14.66	1.2	30	11	100
2	Strut-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	16.16	1.2	30	10	100
3	Strut-10	Strand12.7x4EA	SWPC7B	17.66	1.2	30	9	100
4	Strut-11	Strand12.7x4EA	SWPC7B	19.16	1.2	30	8	100
5	Strut-12	Strand12.7x4EA	SWPC7B	20.66	1.2	30	7	100
6	Strut-13	D29	SD300	22.16	1.2	0	4	0

9.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

9.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 7 m, 수위차 = 24.11 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.05	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	3.47	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	5.77	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	7.77	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	9.77	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	11.77	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
13	13.77	-	-	-	-	-	-	O	X
14	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
15	15.16	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
17	16.66	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-9		-	-	-	-	X	X
19	18.16	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	Strut-10		-	-	-	-	X	X
21	19.66	-	-	-	-	-	-	X	X
22	-	Strut-11		-	-	-	-	X	X
23	21.16	-	-	-	-	-	-	X	X
24	-	Strut-12		-	-	-	-	X	X
25	22.66	-	-	-	-	-	-	X	X
26	-	Strut-13		-	-	-	-	X	X
27	24.11	-	-	-	-	-	-	X	X
28	24.11	-	-	-	-	-	경험토압	X	X
29	22.66	-	-	-	-	-	-	X	X
30	-		Strut-13	-	-	-	-	X	X
31	21.16	-	-	-	-	-	-	X	X
32	-		Strut-12	-	-	-	-	X	X
33	19.66	-	-	-	-	-	-	X	X
34	-		Strut-11	-	-	-	-	X	X
35	18.16	-	-	-	-	-	-	X	X
36	-		Strut-10	-	-	-	-	X	X
37	16.66	-	-	-	-	-	-	X	X
38	-		Strut-9	-	-	-	-	X	X

39	15.16	–	–	–	–	–	–	X	X
40	–		Strut-8	–	–	–	–	X	X
41	13.77	–	–	–	–	–	–	X	X
42	–		Strut-7	–	–	–	–	X	X
43	11.77	–	–	–	–	–	–	X	X
44	–		Strut-6	–	–	–	–	X	X
45	9.77	–	–	–	–	–	–	X	X
46	–		Strut-5	–	–	–	–	X	X
47	7.77	–	–	–	–	–	–	X	X
48	–		Strut-4	–	–	–	–	X	X
49	5.77	–	–	–	–	–	–	X	X
50	–		Strut-3	–	–	–	–	X	X
51	3.47	–	–	–	–	–	–	X	X
52	–		Strut-2	–	–	–	–	X	X
53	1.05	–	–	–	–	–	–	X	X
54	–		Strut-1	–	–	–	–	X	X
55	0.10	–	–	–	–	–	–	X	X

10. 해석 결과
10.1 전산 해석결과 집계

10.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	8.00	1.5	-3.16	7.0	1.46	8.6	-11.28	3.0
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	8.00	1.5	-3.16	7.0	1.46	8.6	-11.28	3.0
CS3 : 굴착 3.47 m	3.47	13.90	3.9	-22.09	0.6	19.27	2.4	-8.19	5.8
CS4 : 생성 Strut-2	3.47	17.36	3.0	-15.81	0.6	9.84	1.9	-5.89	5.4
CS5 : 굴착 5.77 m	5.77	30.38	3.0	-40.08	3.0	24.45	5.3	-32.02	3.0
CS6 : 생성 Strut-3	5.77	26.60	3.0	-30.38	3.0	12.23	4.8	-22.86	3.0
CS7 : 굴착 7.77 m	7.77	26.31	3.0	-76.87	5.3	43.44	7.3	-30.26	5.3
CS8 : 생성 Strut-4	7.77	26.44	3.0	-66.94	5.3	33.34	7.0	-22.45	3.0
CS9 : 굴착 9.77 m	9.77	43.35	10.6	-110.89	7.3	72.29	9.3	-35.45	7.3
CS10 : 생성 Strut-5	9.77	37.71	10.6	-99.97	7.3	61.55	9.0	-26.15	7.3
CS11 : 굴착 11.77 m	11.77	66.54	12.7	-127.33	9.3	88.65	11.0	-38.45	14.7
CS12 : 생성 Strut-6	11.77	60.21	12.7	-117.10	9.3	79.21	11.0	-36.02	14.7
CS13 : 굴착 13.77 m	13.77	66.90	13.8	-98.90	11.3	74.28	12.2	-41.55	15.7
CS14 : 생성 Strut-7	13.77	60.05	13.3	-96.95	9.3	72.46	12.2	-40.30	15.7
CS15 : 굴착 15.16 m	15.16	71.34	13.3	-94.40	9.3	57.61	12.2	-30.92	16.7
CS16 : 생성 Strut-8	15.16	61.12	13.3	-96.00	9.3	69.72	12.2	-38.16	15.7
CS17 : 굴착 16.66 m	16.66	75.49	13.3	-95.16	9.3	55.37	12.2	-28.44	7.3
CS18 : 생성 Strut-9	16.66	62.62	13.3	-95.77	9.3	67.95	12.2	-46.12	16.2
CS19 : 굴착 18.16 m	18.16	70.83	13.3	-95.65	9.3	60.43	12.2	-34.89	14.7
CS20 : 생성 Strut-10	18.16	63.95	13.3	-95.71	9.3	66.66	12.2	-41.50	16.2
CS21 : 굴착 19.66 m	19.66	65.79	13.3	-95.80	9.3	65.20	12.2	-46.73	16.2
CS22 : 생성 Strut-11	19.66	64.39	13.3	-95.73	9.3	66.29	12.2	-42.07	16.2
CS23 : 굴착 21.16 m	21.16	63.51	13.3	-95.79	9.3	67.20	12.2	-47.36	16.2
CS24 : 생성 Strut-12	21.16	64.22	13.3	-95.74	9.3	66.48	12.2	-43.44	16.2
CS25 : 굴착 22.66 m	22.66	63.99	13.3	-95.75	9.3	66.69	12.2	-43.94	16.2
CS26 : 생성 Strut-13	22.66	63.99	13.3	-95.75	9.3	66.69	12.2	-43.94	16.2
CS27 : 굴착 24.11 m	24.11	64.01	13.3	-95.75	9.3	66.67	12.2	-43.73	16.2
CS28 : Peck	24.11	108.38	13.3	-115.15	22.2	34.21	1.5	-64.28	13.3
CS29 : 해체1	22.66	63.99	13.3	-95.75	9.3	66.69	12.2	-43.94	16.2
CS30 : 해체2	22.66	63.99	13.3	-95.75	9.3	66.69	12.2	-43.94	16.2
CS31 : 해체3	21.16	64.22	13.3	-95.74	9.3	66.48	12.2	-43.45	16.2
CS32 : 해체4	21.16	63.52	13.3	-95.79	9.3	67.20	12.2	-47.34	16.2
CS33 : 해체5	19.66	64.41	13.3	-95.72	9.3	66.28	12.2	-42.03	16.2
CS34 : 해체6	19.66	65.79	13.3	-95.80	9.3	65.19	12.2	-46.64	16.2
CS35 : 해체7	18.16	63.88	13.3	-95.71	9.3	66.72	12.2	-41.58	16.2
CS36 : 해체8	18.16	70.78	13.3	-95.65	9.3	60.47	12.2	-34.75	14.7
CS37 : 해체9	16.66	62.54	13.3	-95.76	9.3	68.01	12.2	-45.82	16.2
CS38 : 해체10	16.66	75.30	13.3	-95.15	9.3	55.53	12.2	-28.44	7.3
CS39 : 해체11	15.16	60.76	13.3	-96.00	9.3	70.04	12.2	-38.13	15.7
CS40 : 해체12	15.16	70.93	13.3	-94.40	9.3	57.98	12.2	-31.26	16.7
CS41 : 해체13	13.77	59.83	13.8	-96.97	9.3	73.06	12.2	-40.65	15.7

CS42 : 해체14	13.77	67.01	13.8	-98.79	11.3	74.75	12.2	-41.89	15.7
CS43 : 해체15	11.77	63.94	12.7	-120.26	9.3	84.69	11.0	-40.43	14.2
CS44 : 해체16	11.77	67.07	12.7	-125.32	9.3	89.37	11.0	-41.54	14.7
CS45 : 해체17	9.77	37.97	10.6	-100.50	7.3	62.50	9.0	-26.10	7.3
CS46 : 해체18	9.77	43.18	10.6	-109.88	7.3	71.75	9.3	-33.96	7.3
CS47 : 해체19	7.77	26.40	3.0	-65.65	5.3	31.13	7.0	-22.36	3.0
CS48 : 해체20	7.77	26.26	3.0	-77.47	5.3	43.12	7.3	-31.79	5.3
CS49 : 해체21	5.77	26.54	3.0	-29.76	3.0	11.22	4.8	-22.71	3.0
CS50 : 해체22	5.77	30.56	3.0	-39.98	3.0	23.79	5.3	-32.45	3.0
CS51 : 해체23	3.47	17.35	3.0	-15.82	0.6	9.86	1.9	-6.57	5.8
CS52 : 해체24	3.47	14.00	3.9	-21.99	0.6	19.10	2.4	-8.93	5.8
CS53 : 해체25	1.05	8.07	1.5	-3.40	7.3	3.11	11.8	-11.48	3.0
CS54 : 해체26	1.05	8.00	1.5	-3.39	7.3	3.11	11.8	-11.38	3.0
CS55 : 해체27	0.10	3.64	13.3	-1.28	21.4	3.13	11.8	-2.38	14.7
TOTAL		108.38	13.3	-127.33	9.3	89.37	11.0	-64.28	13.3

10.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-5	Strut-6
		2.97 (m)	5.27 (m)	7.27 (m)	9.27 (m)	11.27 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.47 m	3.47	-	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.47	16.67	-	-	-	-
CS5 : 굴착 5.77 m	5.77	70.47	-	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	5.77	56.98	16.67	-	-	-
CS7 : 굴착 7.77 m	7.77	38.37	97.44	-	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	7.77	42.16	83.85	16.67	-	-
CS9 : 굴착 9.77 m	9.77	38.41	54.80	148.75	-	-
CS10 : 생성 Strut-5	9.77	38.80	59.06	133.31	16.69	-
CS11 : 굴착 11.77 m	11.77	40.32	53.66	100.58	170.84	-
CS12 : 생성 Strut-6	11.77	40.16	54.14	104.24	156.63	16.67
CS13 : 굴착 13.77 m	13.77	40.30	55.09	99.57	136.93	141.77
CS14 : 생성 Strut-7	13.77	40.29	54.96	99.99	139.83	129.80
CS15 : 굴착 15.16 m	15.16	40.26	55.07	100.42	136.75	121.05
CS16 : 생성 Strut-8	15.16	40.28	55.00	100.02	138.81	129.67
CS17 : 굴착 16.66 m	16.66	40.26	55.04	100.61	137.36	116.16
CS18 : 생성 Strut-9	16.66	40.28	55.01	100.08	138.51	128.40
CS19 : 굴착 18.16 m	18.16	40.27	55.02	100.42	138.06	120.32
CS20 : 생성 Strut-10	18.16	40.28	55.01	100.13	138.40	127.13
CS21 : 굴착 19.66 m	19.66	40.27	55.01	100.21	138.42	125.20
CS22 : 생성 Strut-11	19.66	40.28	55.01	100.15	138.40	126.68
CS23 : 굴착 21.16 m	21.16	40.28	55.01	100.11	138.50	127.49
CS24 : 생성 Strut-12	21.16	40.28	55.01	100.14	138.42	126.83
CS25 : 굴착 22.66 m	22.66	40.28	55.01	100.13	138.44	127.05

CS26 : 생성 Strut-13	22.66	40.28	55.01	100.13	138.44	127.05
CS27 : 굴착 24.11 m	24.11	40.28	55.01	100.14	138.43	127.03
CS28 : Peck	24.11	192.54	169.55	160.61	181.28	184.97
CS29 : 해체1	22.66	40.28	55.01	100.13	138.44	127.05
CS30 : 해체2	22.66	40.28	55.01	100.13	138.44	127.05
CS31 : 해체3	21.16	40.28	55.01	100.14	138.42	126.83
CS32 : 해체4	21.16	40.28	55.01	100.12	138.50	127.48
CS33 : 해체5	19.66	40.28	55.01	100.15	138.40	126.66
CS34 : 해체6	19.66	40.27	55.01	100.21	138.42	125.20
CS35 : 해체7	18.16	40.28	55.01	100.13	138.41	127.19
CS36 : 해체8	18.16	40.27	55.02	100.42	138.05	120.37
CS37 : 해체9	16.66	40.28	55.01	100.07	138.51	128.49
CS38 : 해체10	16.66	40.26	55.04	100.60	137.36	116.35
CS39 : 해체11	15.16	40.28	55.00	100.00	138.83	130.03
CS40 : 해체12	15.16	40.26	55.07	100.40	136.77	121.46
CS41 : 해체13	13.77	40.29	54.96	99.96	139.87	130.42
CS42 : 해체14	13.77	40.30	55.08	99.57	137.23	141.36
CS43 : 해체15	11.77	40.16	54.01	104.51	159.64	8.25
CS44 : 해체16	11.77	40.24	53.77	102.71	166.67	-
CS45 : 해체17	9.77	38.78	59.13	133.79	14.70	-
CS46 : 해체18	9.77	38.44	55.55	146.98	-	-
CS47 : 해체19	7.77	42.10	82.59	19.84	-	-
CS48 : 해체20	7.77	37.58	98.78	-	-	-
CS49 : 해체21	5.77	56.30	17.39	-	-	-
CS50 : 해체22	5.77	70.54	-	-	-	-
CS51 : 해체23	3.47	16.39	-	-	-	-
CS52 : 해체24	3.47	-	-	-	-	-
CS53 : 해체25	1.05	-	-	-	-	-
CS54 : 해체26	1.05	-	-	-	-	-
CS55 : 해체27	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		192.54	169.55	160.61	181.28	184.97

시공단계	굴착 깊이	Strut-7	Strut-1	Strut-8	Strut-9	Strut-10
		13.27 (m)	0.55 (m)	14.66 (m)	16.16 (m)	17.66 (m)
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	0.00	-	-	-
CS3 : 굴착 3.47 m	3.47	-	23.52	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	3.47	-	17.24	-	-	-
CS5 : 굴착 5.77 m	5.77	-	4.23	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	5.77	-	8.01	-	-	-
CS7 : 굴착 7.77 m	7.77	-	8.31	-	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	7.77	-	8.18	-	-	-
CS9 : 굴착 9.77 m	9.77	-	9.25	-	-	-
CS10 : 생성 Strut-5	9.77	-	9.11	-	-	-
CS11 : 굴착 11.77 m	11.77	-	9.06	-	-	-
CS12 : 생성 Strut-6	11.77	-	9.07	-	-	-
CS13 : 굴착 13.77 m	13.77	-	9.03	-	-	-
CS14 : 생성 Strut-7	13.77	16.67	9.04	-	-	-
CS15 : 굴착 15.16 m	15.16	96.75	9.03	-	-	-

CS16 : 생성 Strut-8	15.16	41.51	9.03	83.33	-	-
CS17 : 굴착 16.66 m	16.66	84.73	9.04	92.50	-	-
CS18 : 생성 Strut-9	16.66	49.51	9.03	84.40	83.33	-
CS19 : 굴착 18.16 m	18.16	65.37	9.04	89.37	95.25	-
CS20 : 생성 Strut-10	18.16	52.98	9.03	85.23	84.88	83.35
CS21 : 굴착 19.66 m	19.66	53.69	9.04	86.26	88.75	92.34
CS22 : 생성 Strut-11	19.66	53.39	9.03	85.48	85.71	85.01
CS23 : 굴착 21.16 m	21.16	50.31	9.03	84.91	85.01	86.23
CS24 : 생성 Strut-12	21.16	52.66	9.03	85.37	85.62	85.48
CS25 : 굴착 22.66 m	22.66	52.18	9.03	85.23	85.32	85.20
CS26 : 생성 Strut-13	22.66	52.18	9.03	85.23	85.32	85.19
CS27 : 굴착 24.11 m	24.11	52.28	9.03	85.24	85.32	85.10
CS28 : Peck	24.11	215.83	128.86	100.43	114.47	124.10
CS29 : 해체1	22.66	52.18	9.03	85.23	85.32	85.20
CS30 : 해체2	22.66	52.18	9.03	85.23	85.32	85.20
CS31 : 해체3	21.16	52.66	9.03	85.37	85.62	85.49
CS32 : 해체4	21.16	50.32	9.03	84.91	85.02	86.23
CS33 : 해체5	19.66	53.42	9.03	85.49	85.73	85.03
CS34 : 해체6	19.66	53.73	9.04	86.26	88.75	92.29
CS35 : 해체7	18.16	52.86	9.03	85.19	84.78	83.19
CS36 : 해체8	18.16	65.36	9.04	89.34	95.14	-
CS37 : 해체9	16.66	49.50	9.03	84.35	83.15	-
CS38 : 해체10	16.66	84.49	9.04	92.39	-	-
CS39 : 해체11	15.16	40.96	9.03	83.12	-	-
CS40 : 해체12	15.16	96.00	9.03	-	-	-
CS41 : 해체13	13.77	15.27	9.03	-	-	-
CS42 : 해체14	13.77	-	9.03	-	-	-
CS43 : 해체15	11.77	-	9.07	-	-	-
CS44 : 해체16	11.77	-	9.07	-	-	-
CS45 : 해체17	9.77	-	9.11	-	-	-
CS46 : 해체18	9.77	-	9.23	-	-	-
CS47 : 해체19	7.77	-	8.22	-	-	-
CS48 : 해체20	7.77	-	8.36	-	-	-
CS49 : 해체21	5.77	-	8.07	-	-	-
CS50 : 해체22	5.77	-	4.05	-	-	-
CS51 : 해체23	3.47	-	17.25	-	-	-
CS52 : 해체24	3.47	-	23.43	-	-	-
CS53 : 해체25	1.05	-	-0.07	-	-	-
CS54 : 해체26	1.05	-	-	-	-	-
CS55 : 해체27	0.10	-	-	-	-	-
TOTAL		215.83	128.86	100.43	114.47	124.10

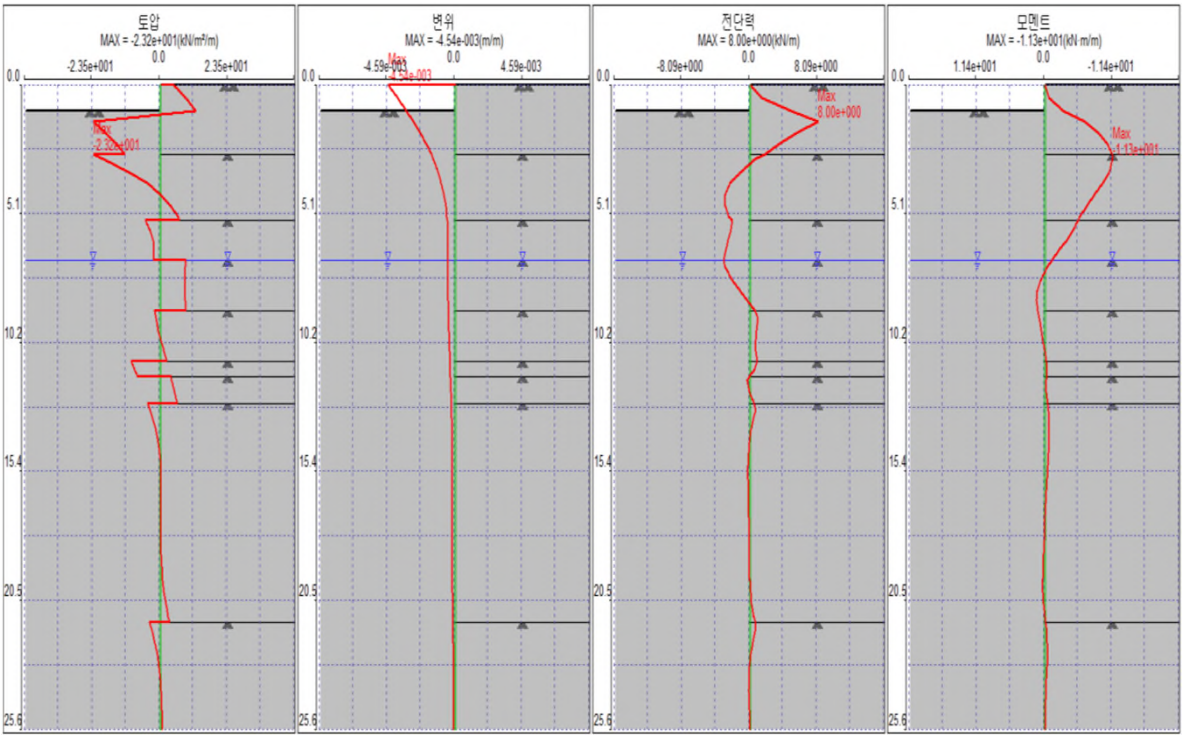
시공단계	굴착 깊이	Strut-11	Strut-12	Strut-13		
		19.16 (m)	20.66 (m)	22.16 (m)		
CS1 : 굴착 1.05 m	1.05	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	1.05	-	-	-		
CS3 : 굴착 3.47 m	3.47	-	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	3.47	-	-	-		
CS5 : 굴착 5.77 m	5.77	-	-	-		

CS6 : 생성 Strut-3	5.77	-	-	-		
CS7 : 굴착 7.77 m	7.77	-	-	-		
CS8 : 생성 Strut-4	7.77	-	-	-		
CS9 : 굴착 9.77 m	9.77	-	-	-		
CS10 : 생성 Strut-5	9.77	-	-	-		
CS11 : 굴착 11.77 m	11.77	-	-	-		
CS12 : 생성 Strut-6	11.77	-	-	-		
CS13 : 굴착 13.77 m	13.77	-	-	-		
CS14 : 생성 Strut-7	13.77	-	-	-		
CS15 : 굴착 15.16 m	15.16	-	-	-		
CS16 : 생성 Strut-8	15.16	-	-	-		
CS17 : 굴착 16.66 m	16.66	-	-	-		
CS18 : 생성 Strut-9	16.66	-	-	-		
CS19 : 굴착 18.16 m	18.16	-	-	-		
CS20 : 생성 Strut-10	18.16	-	-	-		
CS21 : 굴착 19.66 m	19.66	-	-	-		
CS22 : 생성 Strut-11	19.66	83.33	-	-		
CS23 : 굴착 21.16 m	21.16	90.58	-	-		
CS24 : 생성 Strut-12	21.16	85.22	83.33	-		
CS25 : 굴착 22.66 m	22.66	85.87	87.52	-		
CS26 : 생성 Strut-13	22.66	85.87	87.52	0.01		
CS27 : 굴착 24.11 m	24.11	85.59	87.47	15.48		
CS28 : Peck	24.11	126.32	121.48	175.00		
CS29 : 해체1	22.66	85.88	87.54	-0.14		
CS30 : 해체2	22.66	85.88	87.53	-		
CS31 : 해체3	21.16	85.23	83.28	-		
CS32 : 해체4	21.16	90.56	-	-		
CS33 : 해체5	19.66	83.28	-	-		
CS34 : 해체6	19.66	-	-	-		
CS35 : 해체7	18.16	-	-	-		
CS36 : 해체8	18.16	-	-	-		
CS37 : 해체9	16.66	-	-	-		
CS38 : 해체10	16.66	-	-	-		
CS39 : 해체11	15.16	-	-	-		
CS40 : 해체12	15.16	-	-	-		
CS41 : 해체13	13.77	-	-	-		
CS42 : 해체14	13.77	-	-	-		
CS43 : 해체15	11.77	-	-	-		
CS44 : 해체16	11.77	-	-	-		
CS45 : 해체17	9.77	-	-	-		
CS46 : 해체18	9.77	-	-	-		
CS47 : 해체19	7.77	-	-	-		
CS48 : 해체20	7.77	-	-	-		
CS49 : 해체21	5.77	-	-	-		
CS50 : 해체22	5.77	-	-	-		
CS51 : 해체23	3.47	-	-	-		
CS52 : 해체24	3.47	-	-	-		
CS53 : 해체25	1.05	-	-	-		
CS54 : 해체26	1.05	-	-	-		
CS55 : 해체27	0.10	-	-	-		

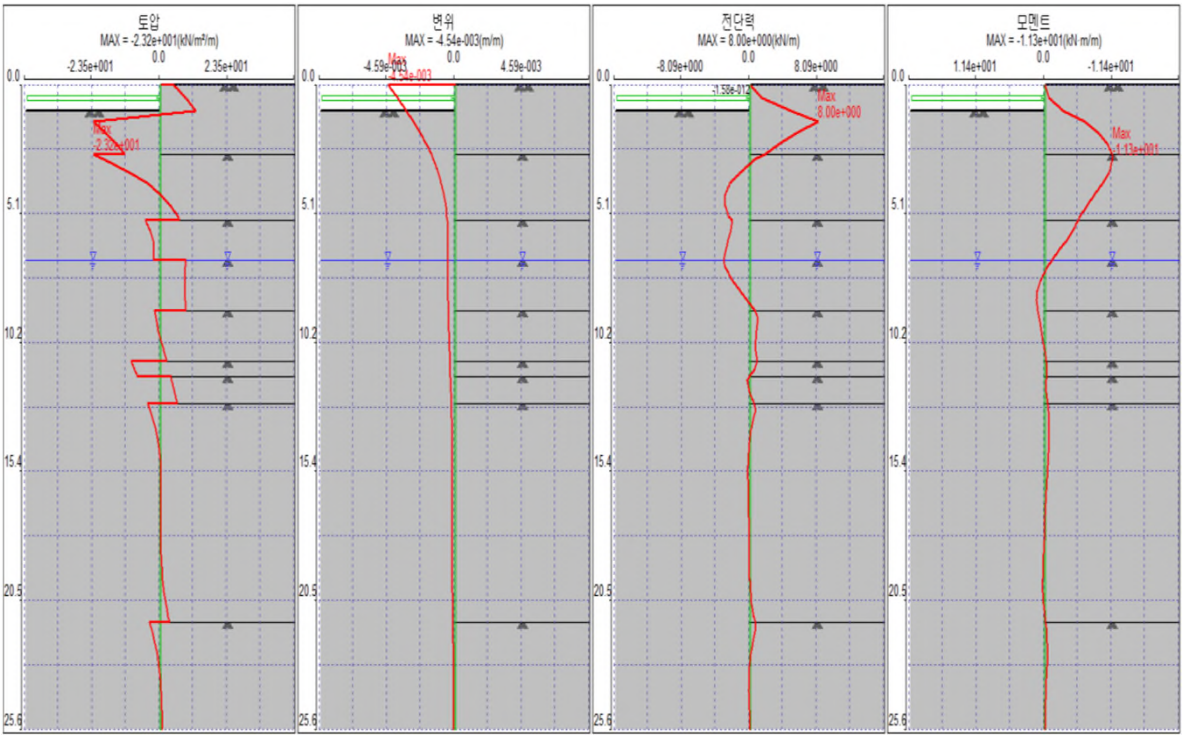
TOTAL		126.32	121.48	175.00		

10.2 시공단계별 단면력도

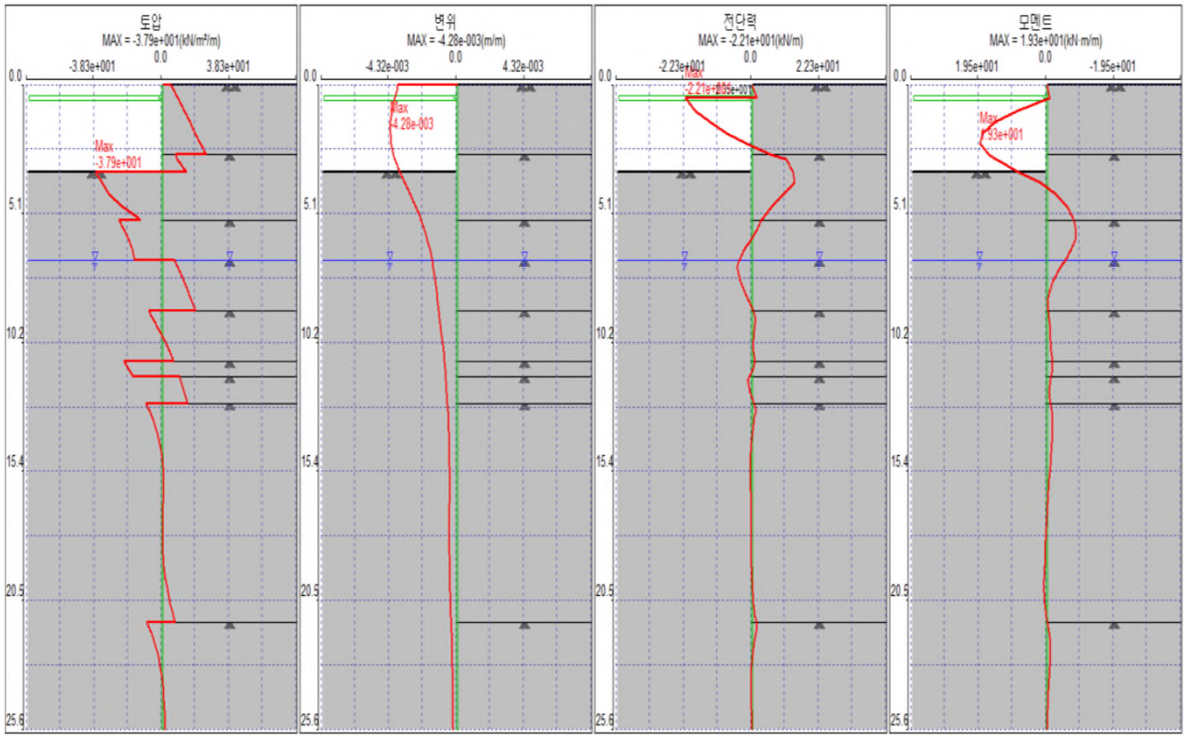
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.05 m]



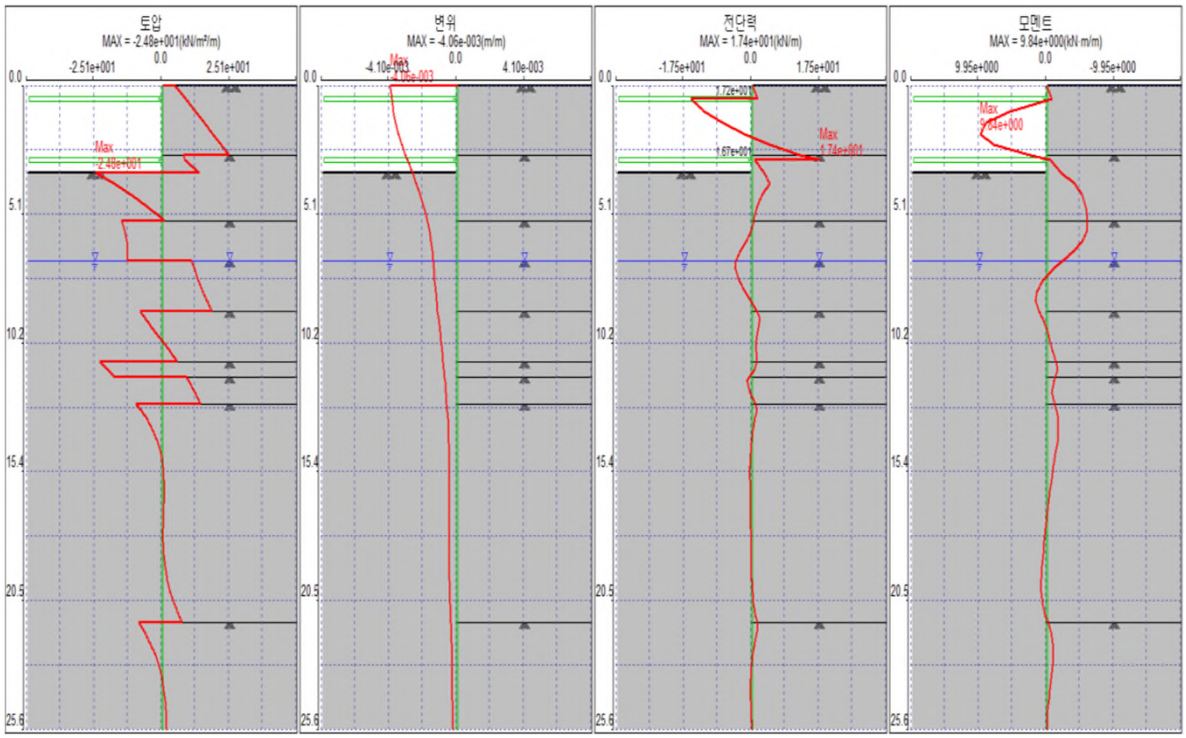
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



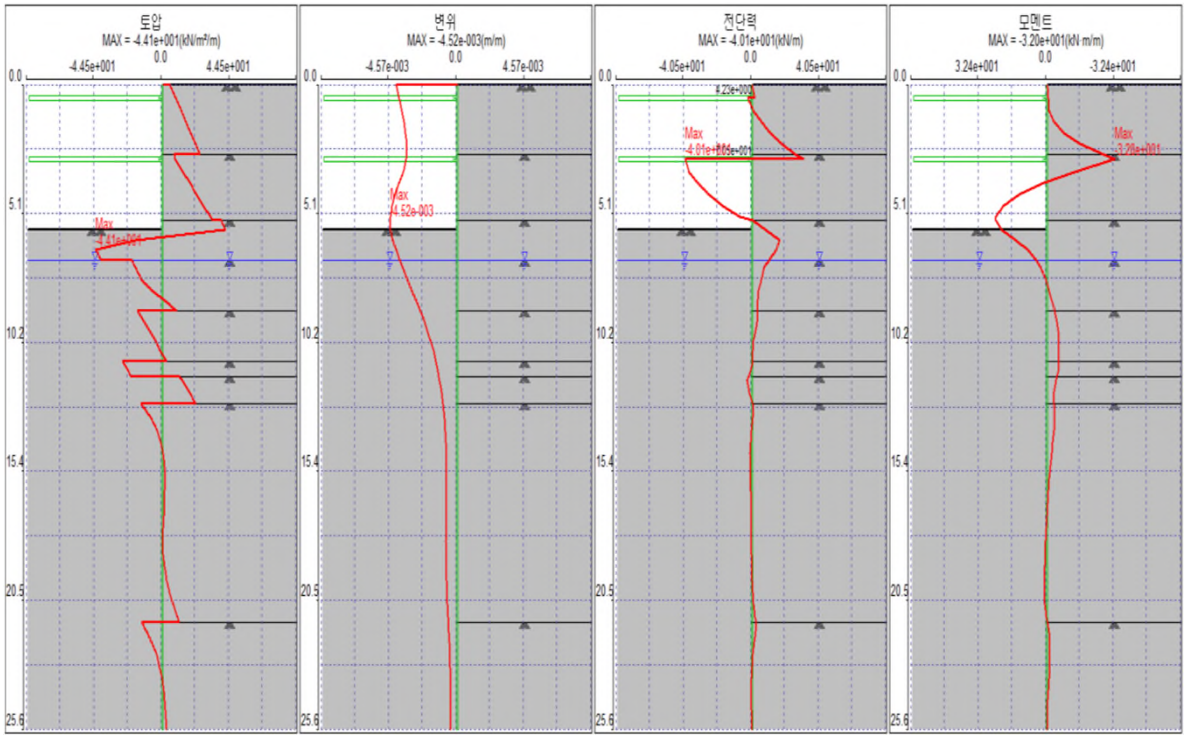
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.47 m]



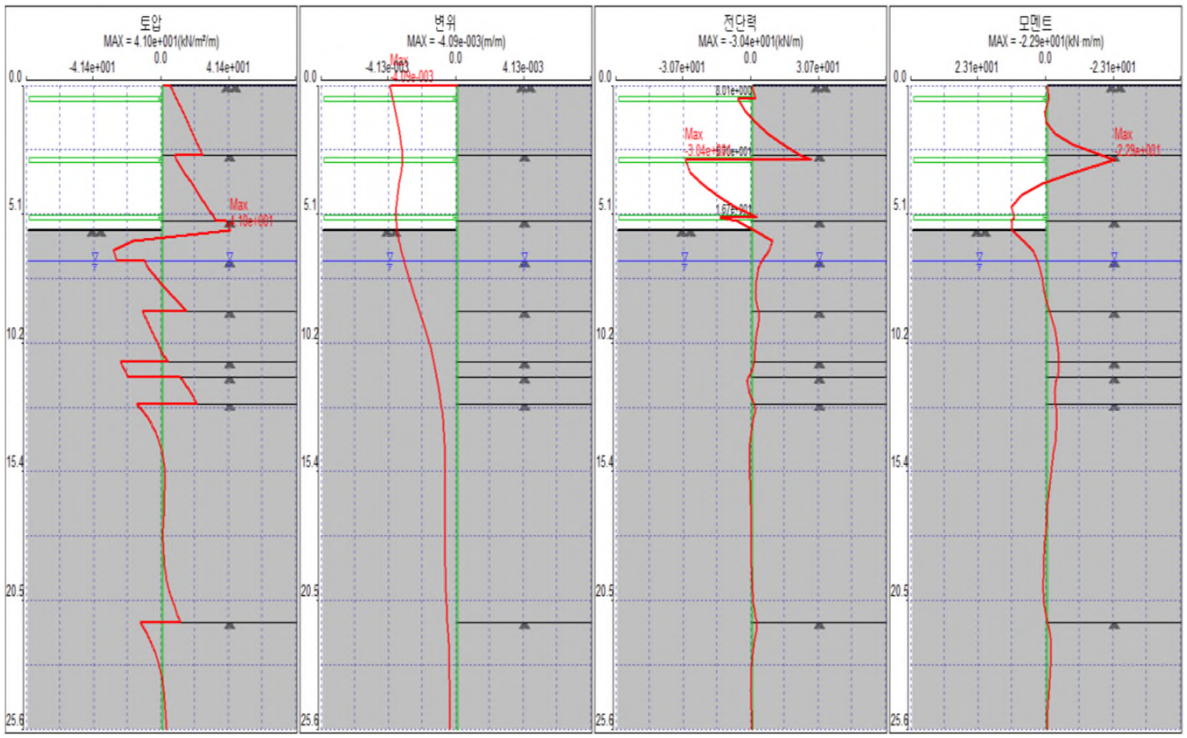
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



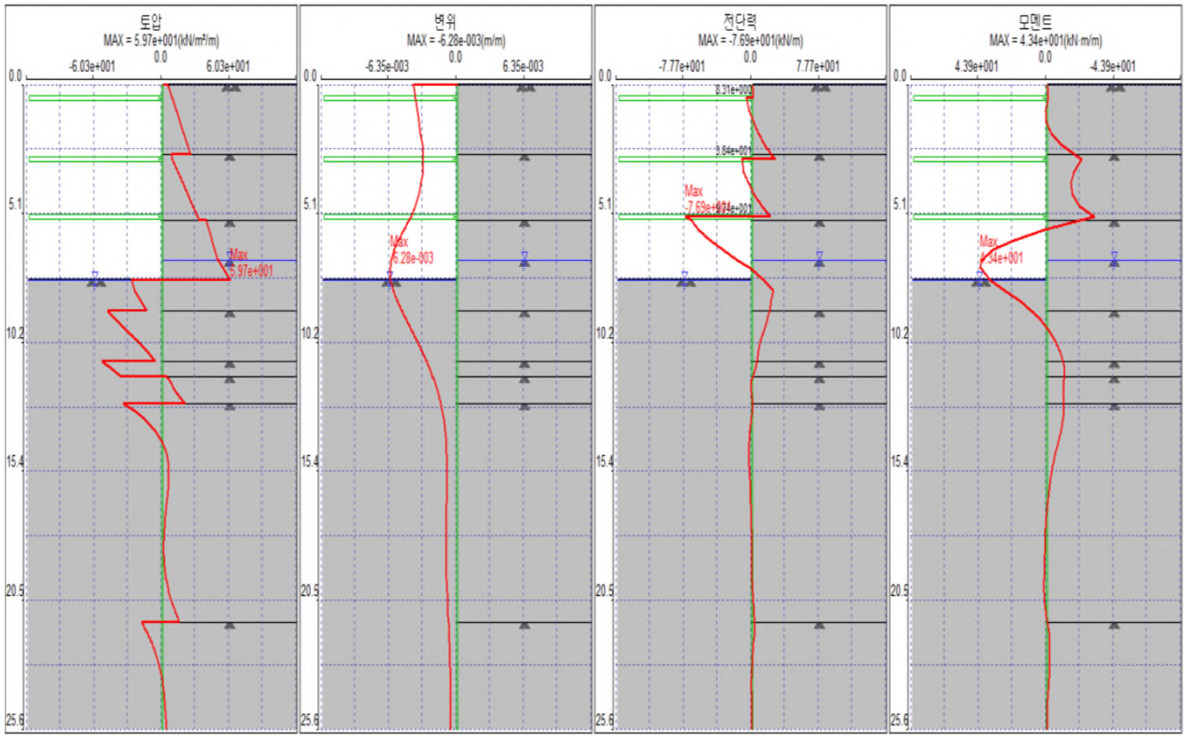
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.77 m]



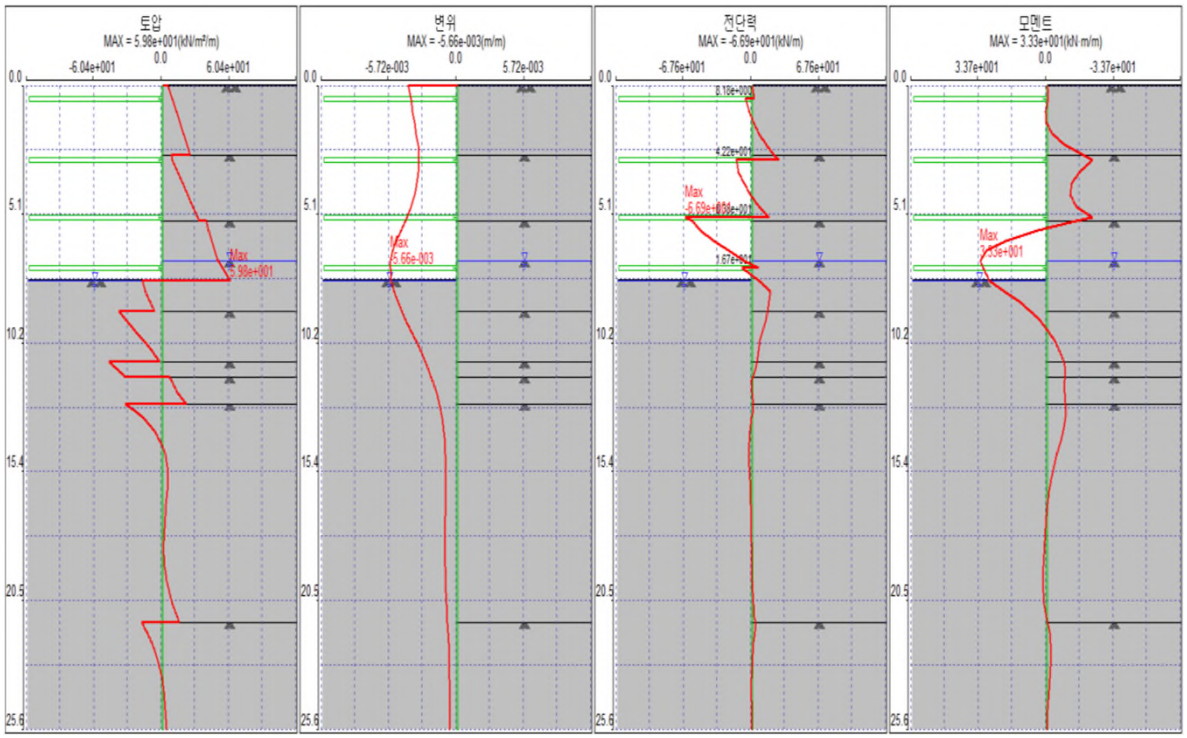
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



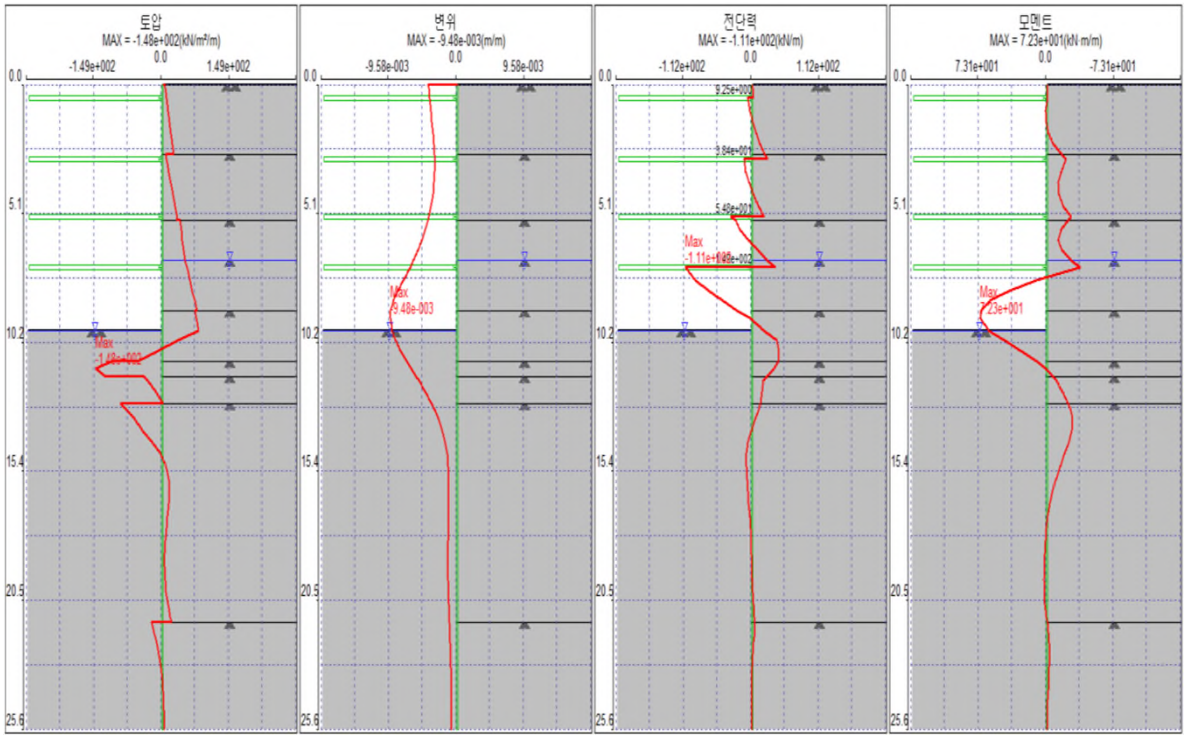
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 7.77 m]



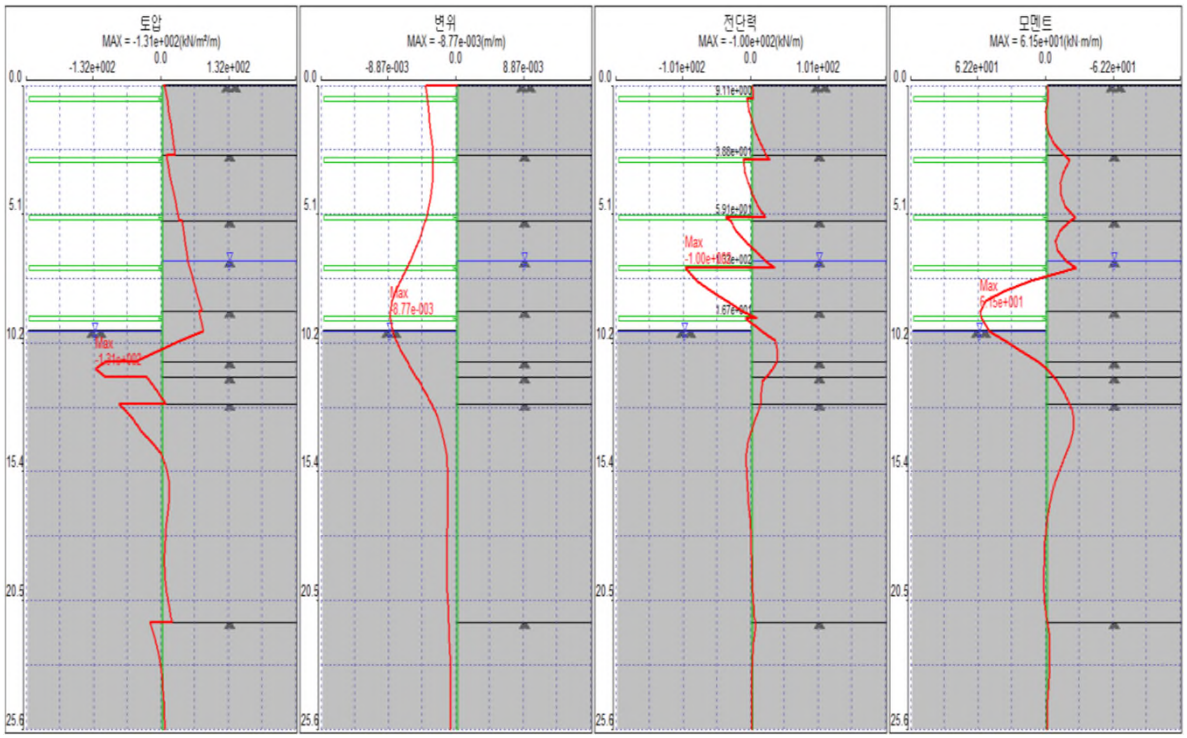
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



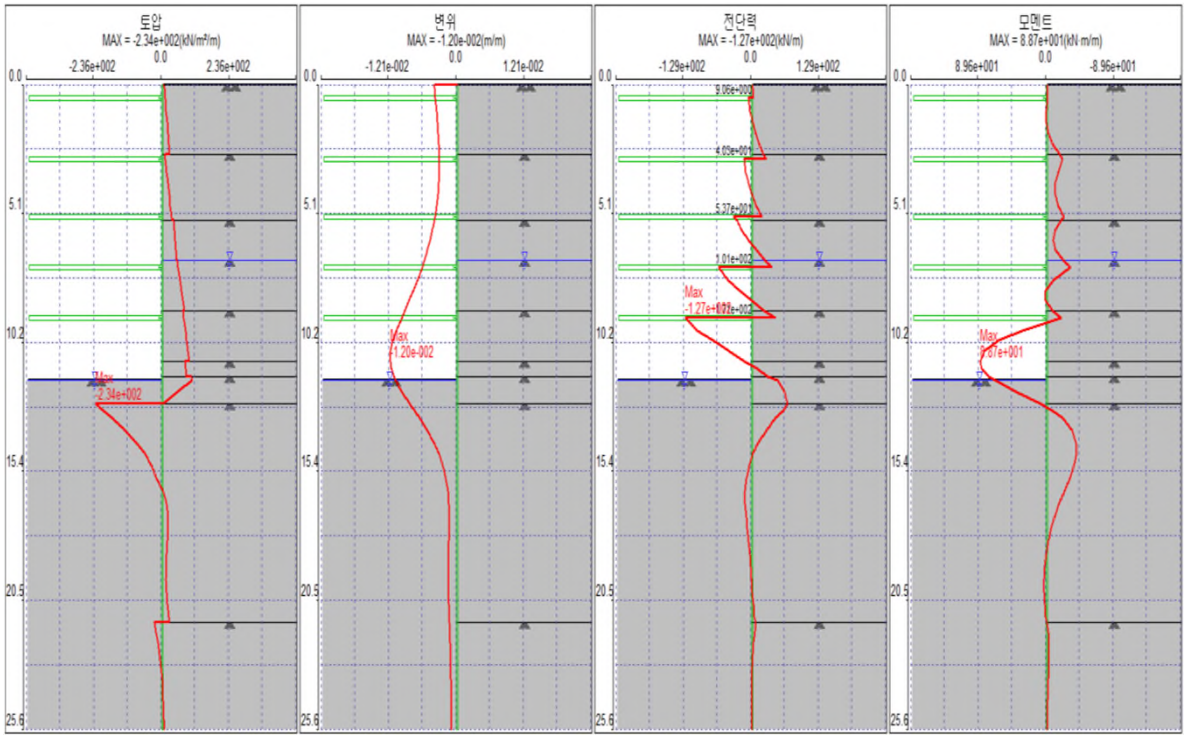
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.77 m]



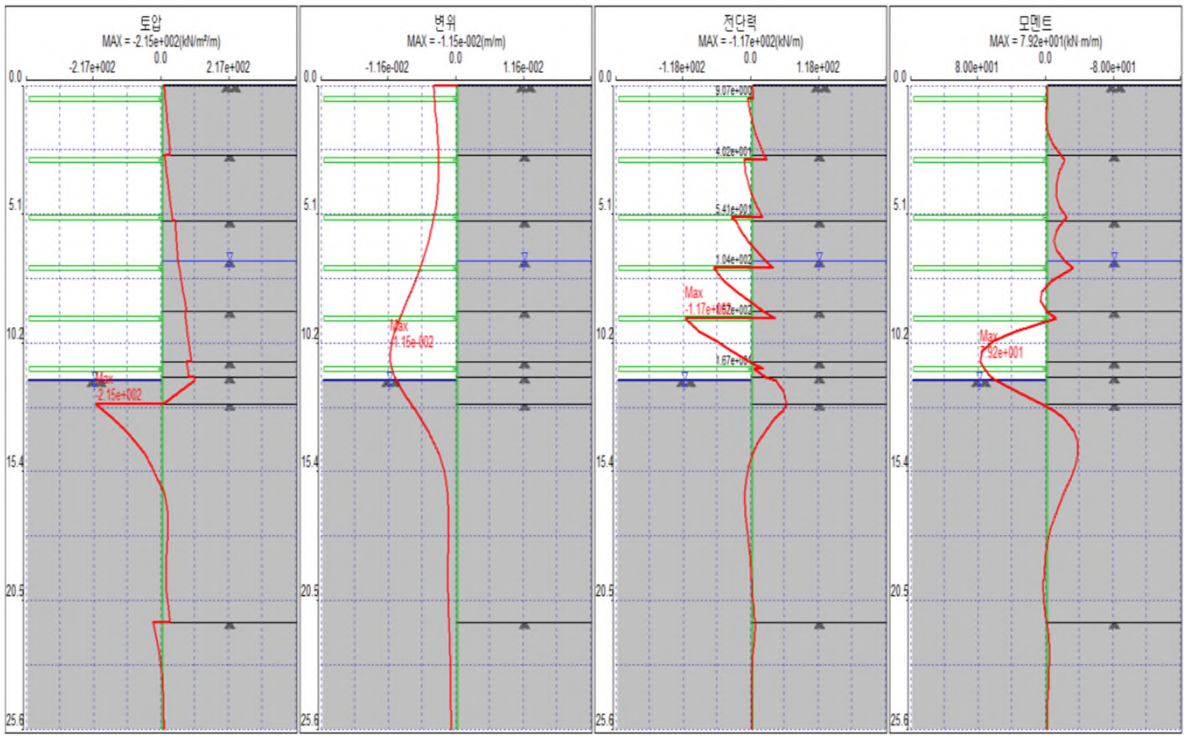
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



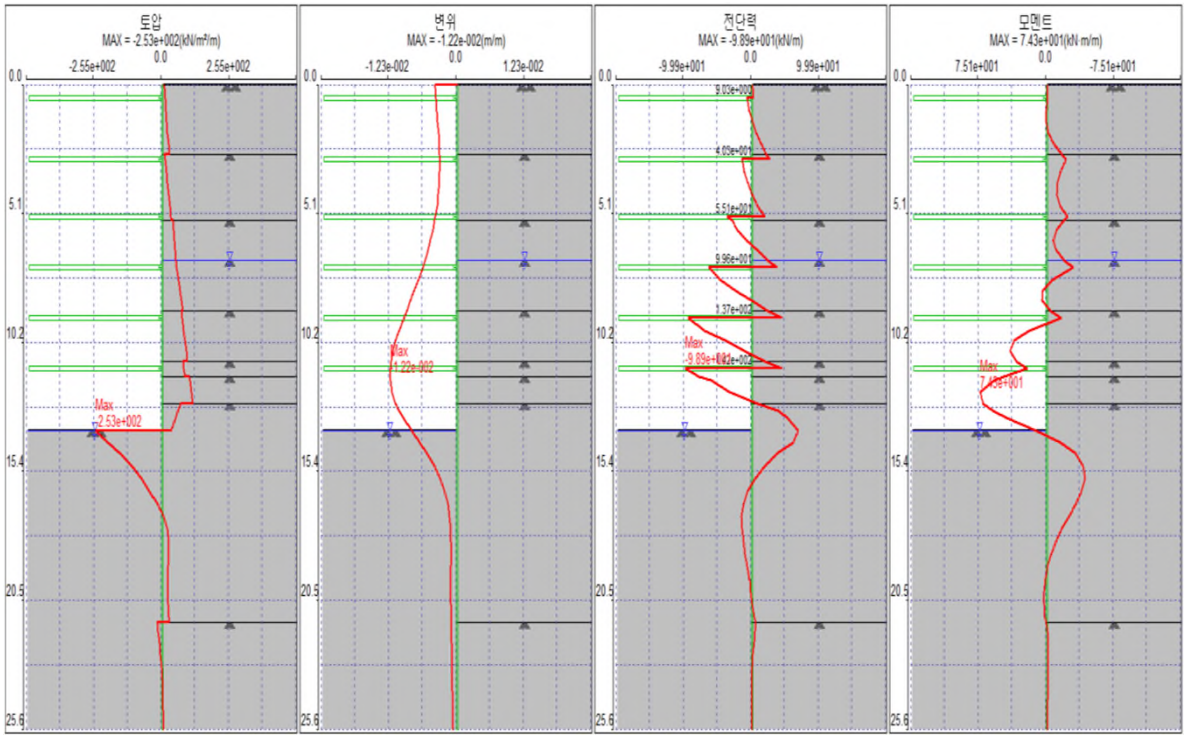
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 11.77 m]



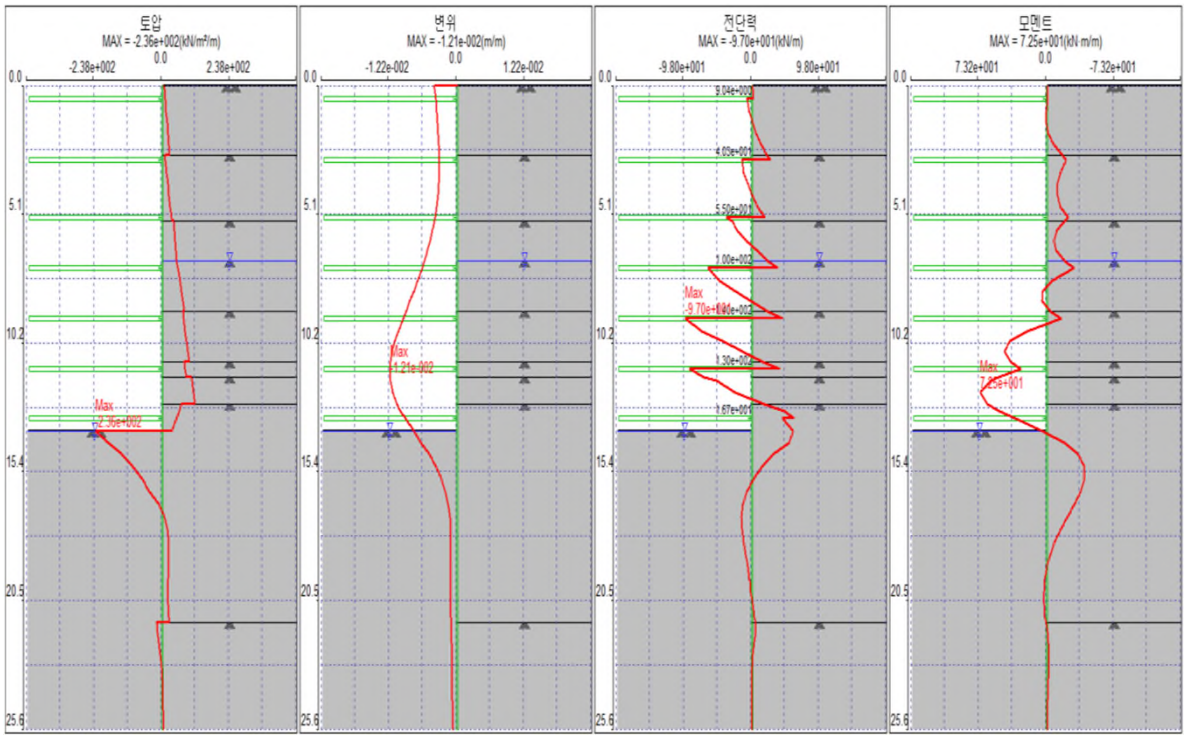
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-6]



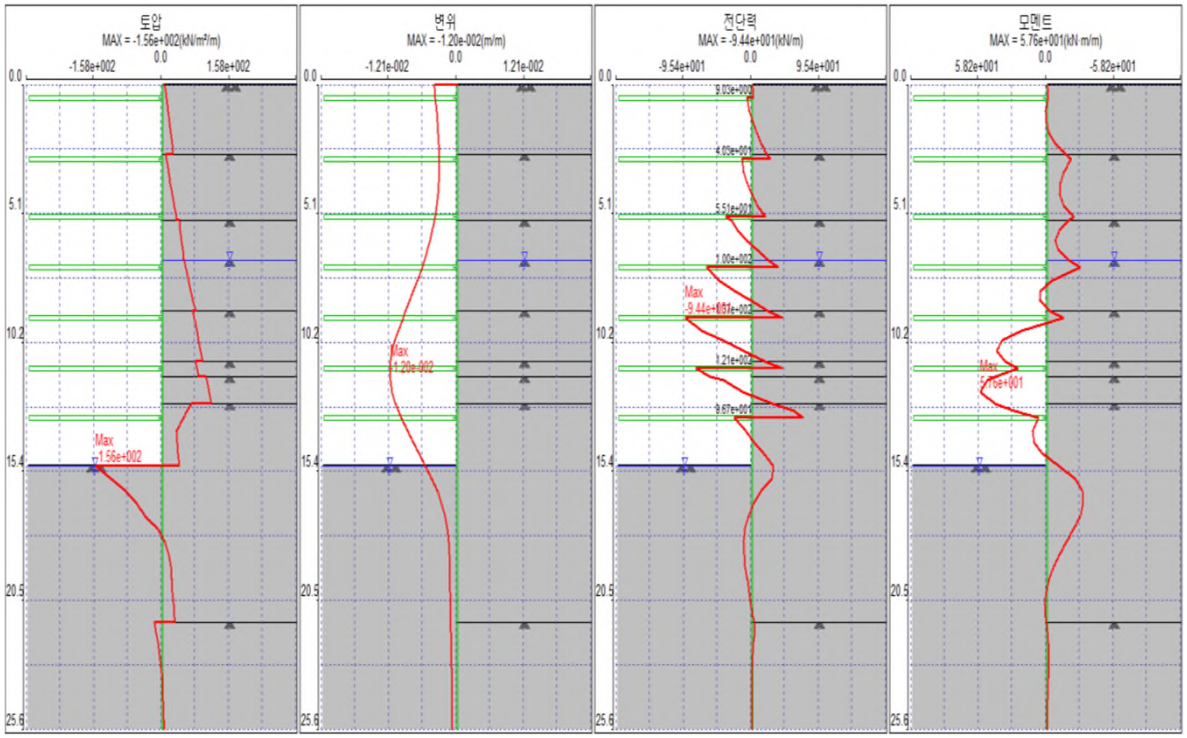
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 13.77 m]



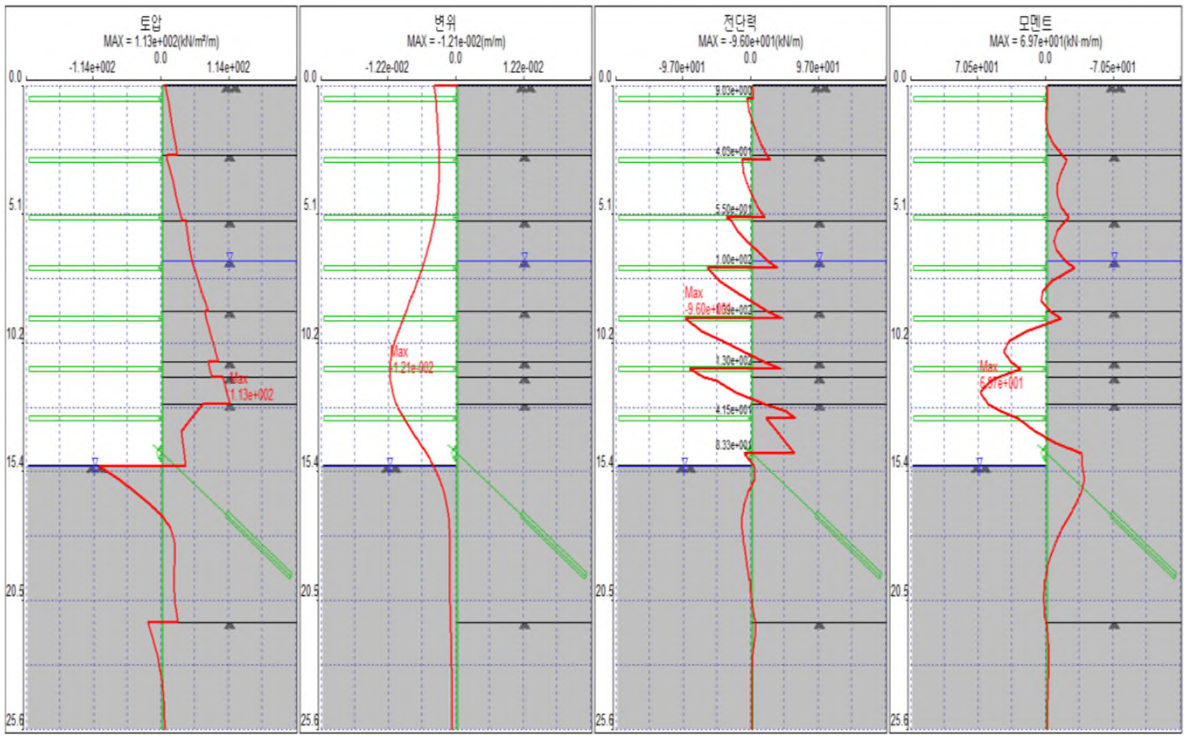
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-7]



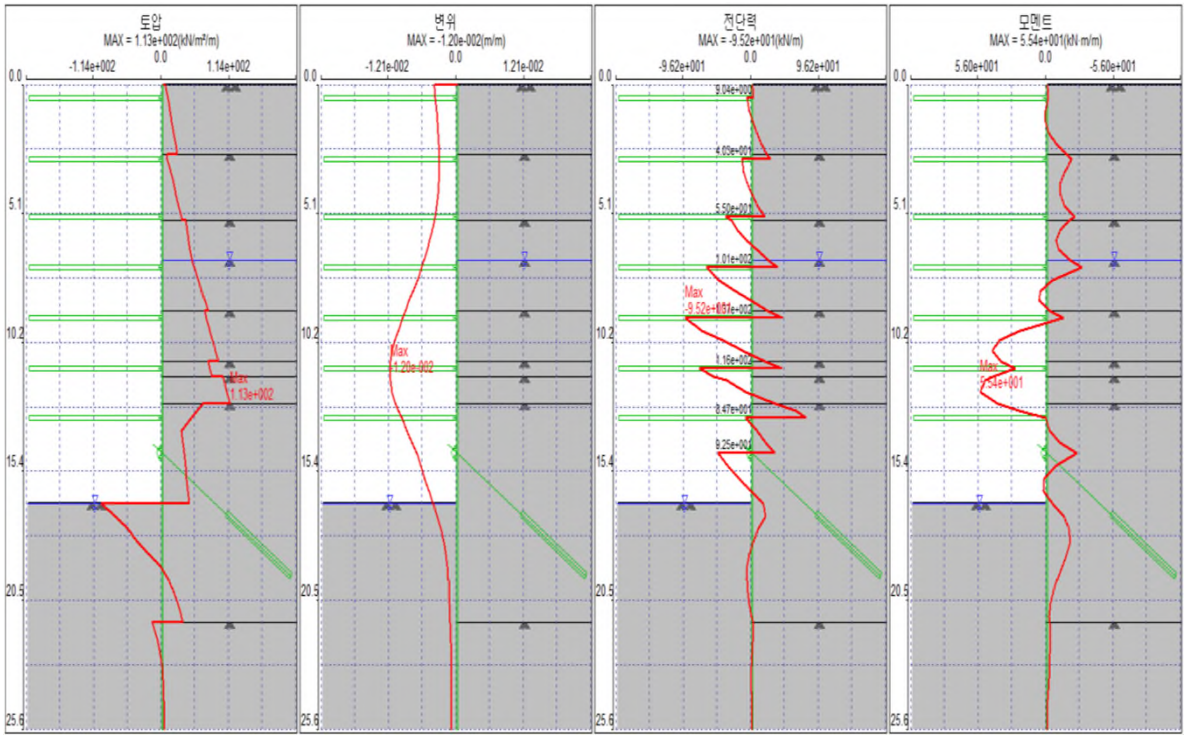
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 15.16 m]



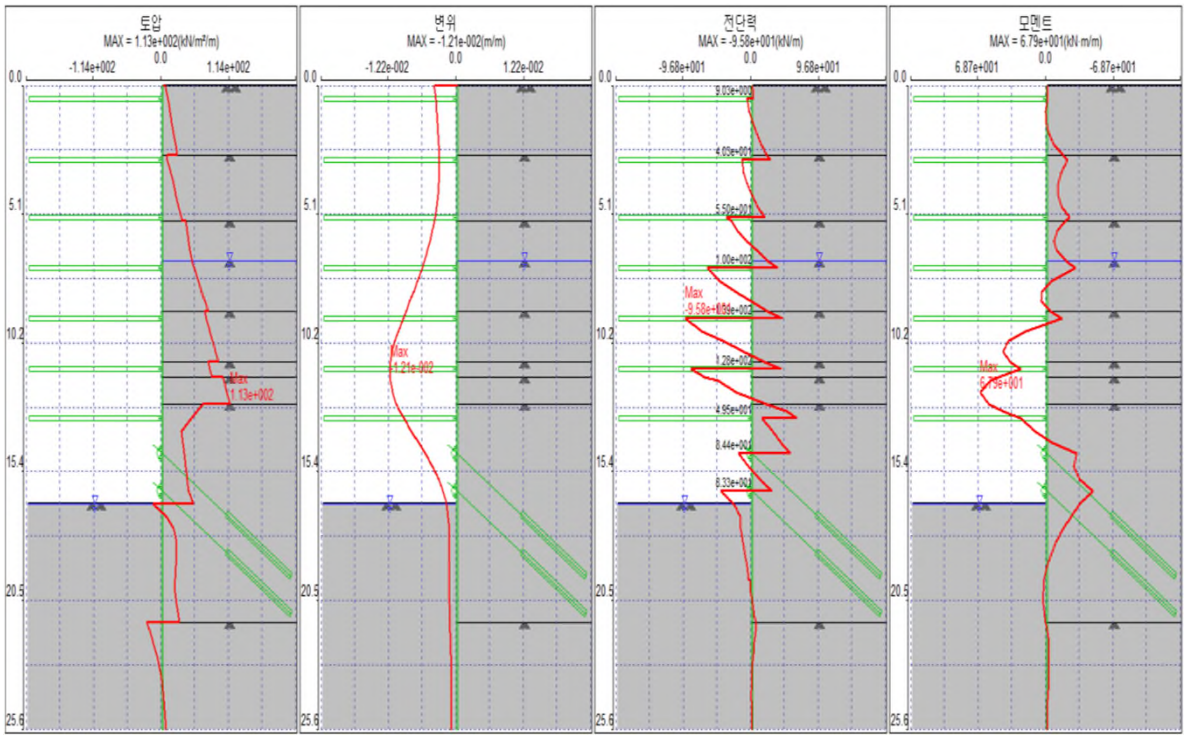
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-8]



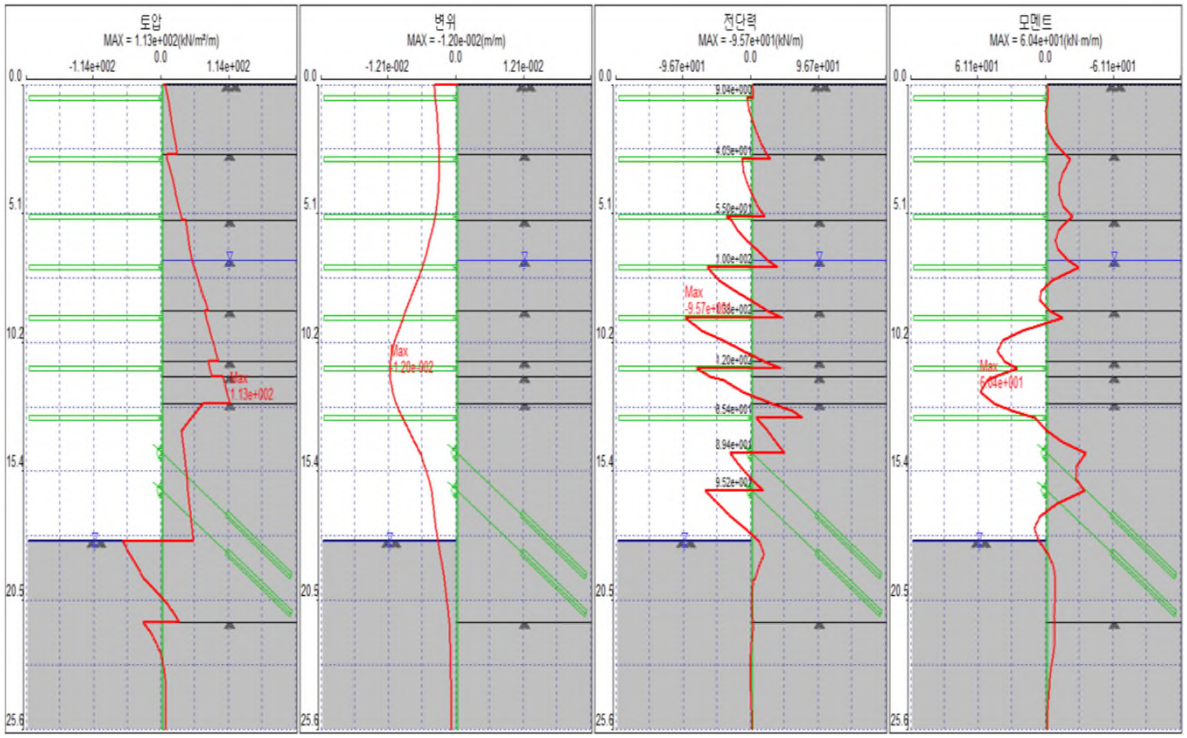
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 16.66 m]



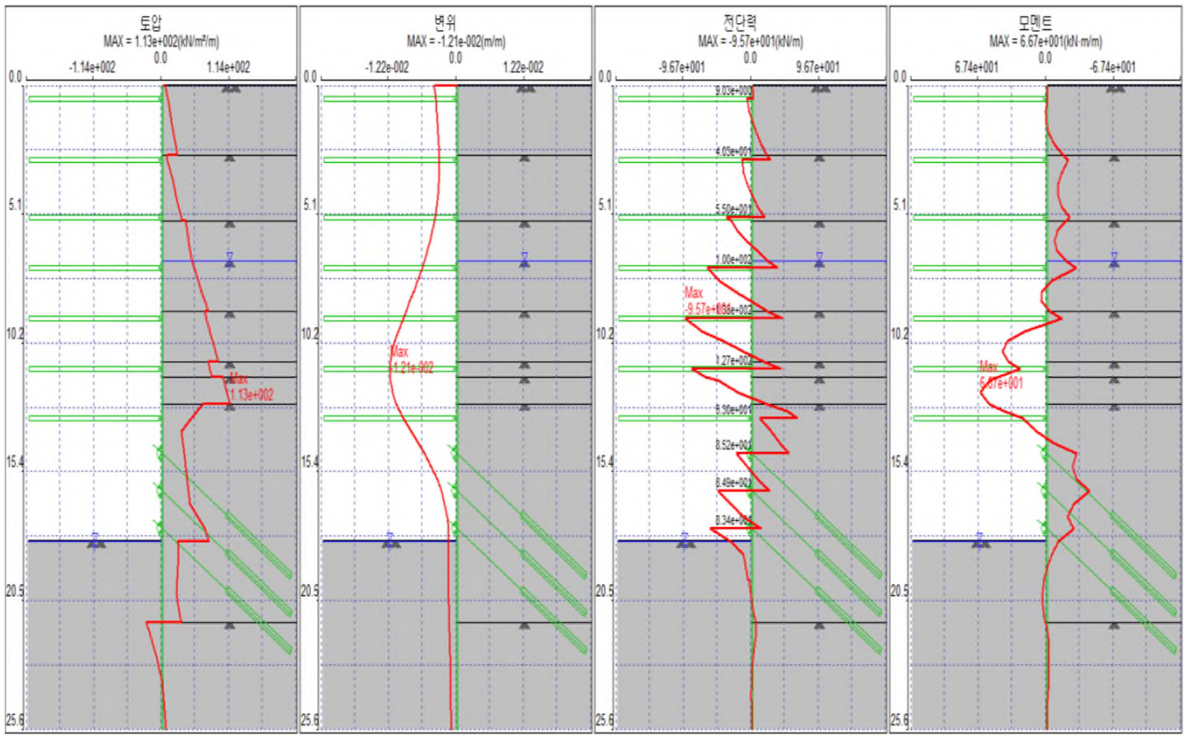
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-9]



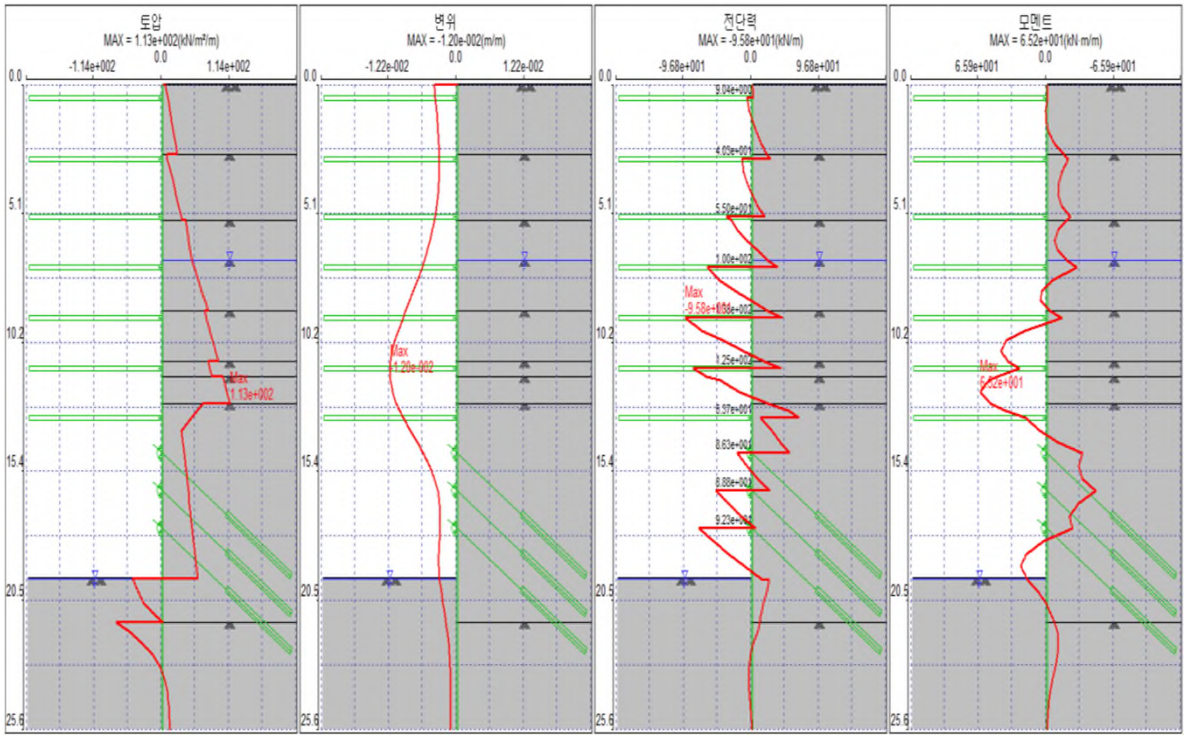
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 18.16 m]



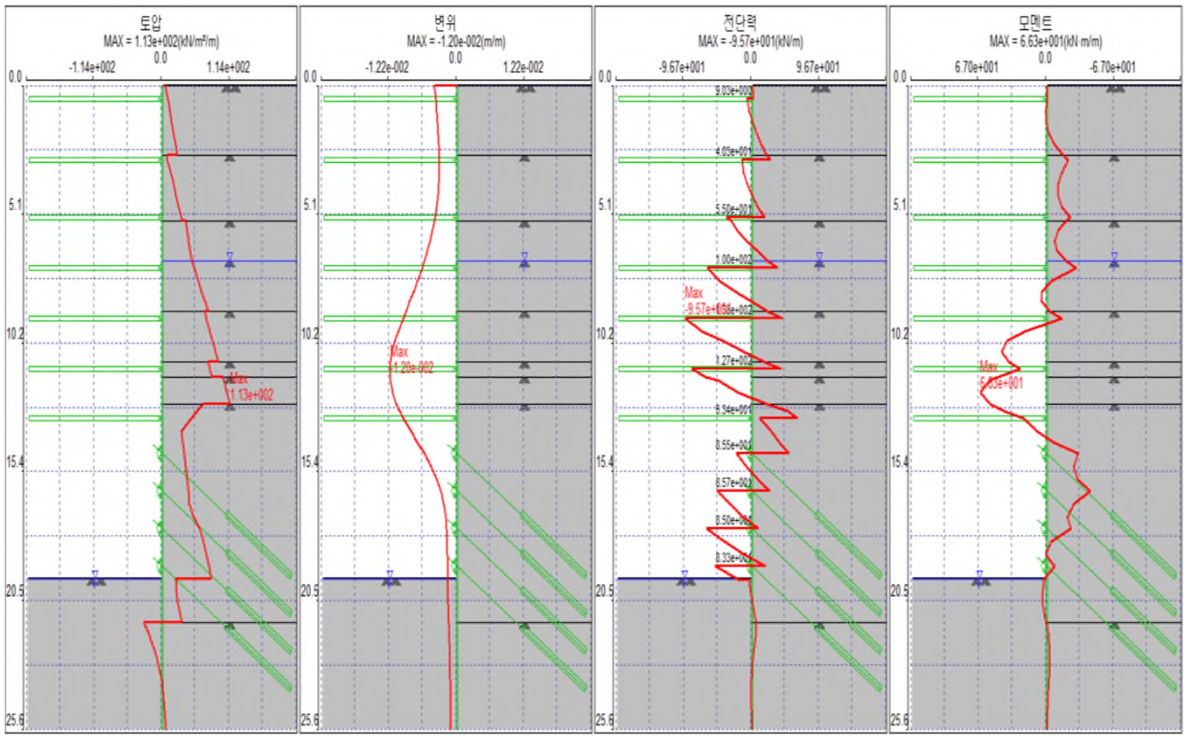
20) 시공 20 단계 [CS20 : 생성 Strut-10]



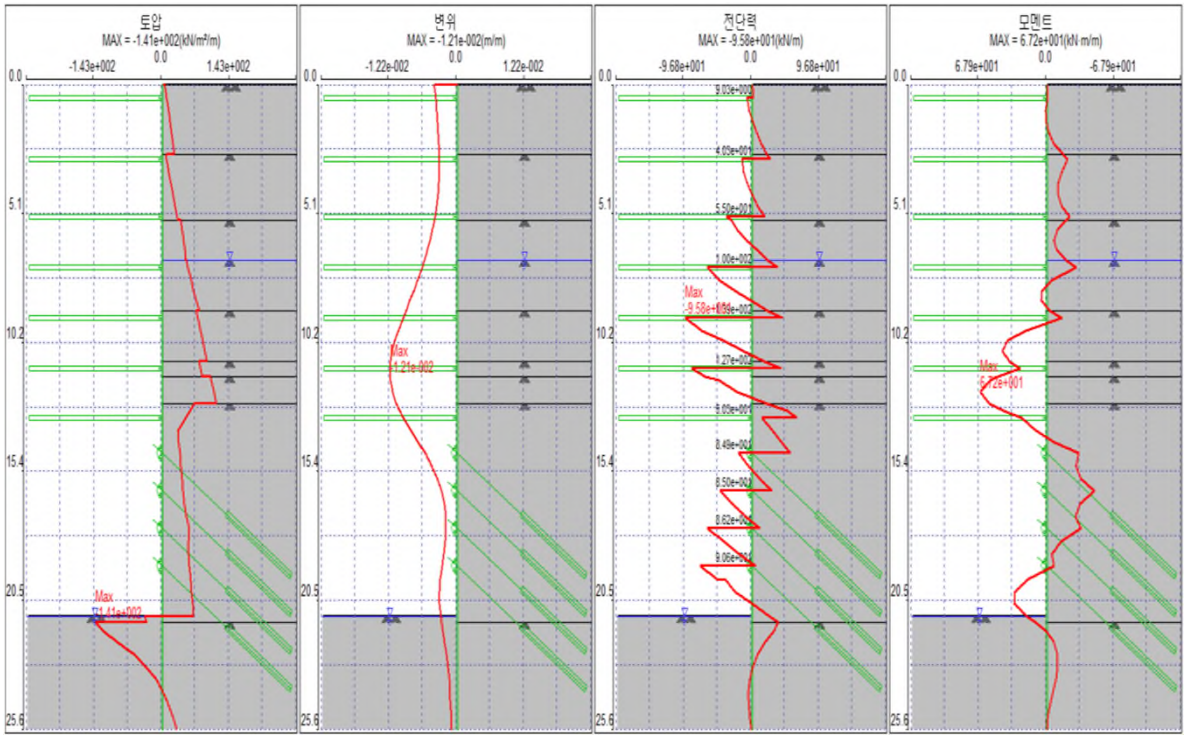
21) 시공 21 단계 [CS21 : 굴착 19.66 m]



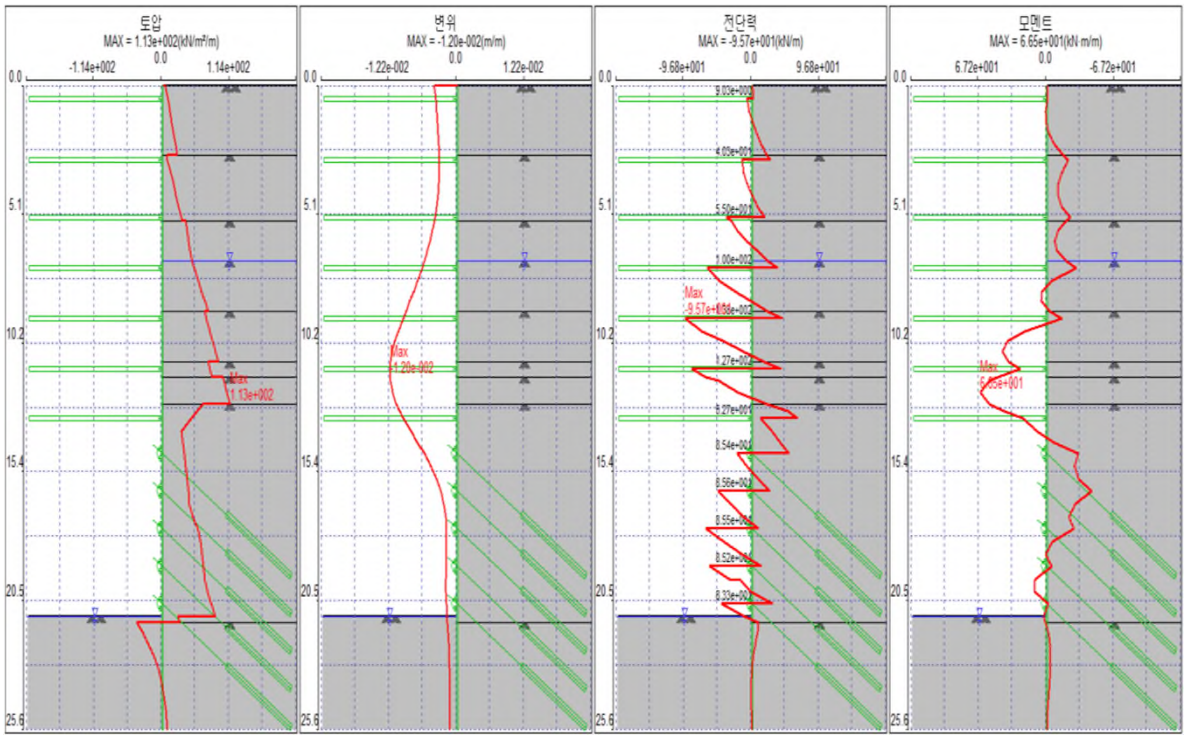
22) 시공 22 단계 [CS22 : 생성 Strut-11]



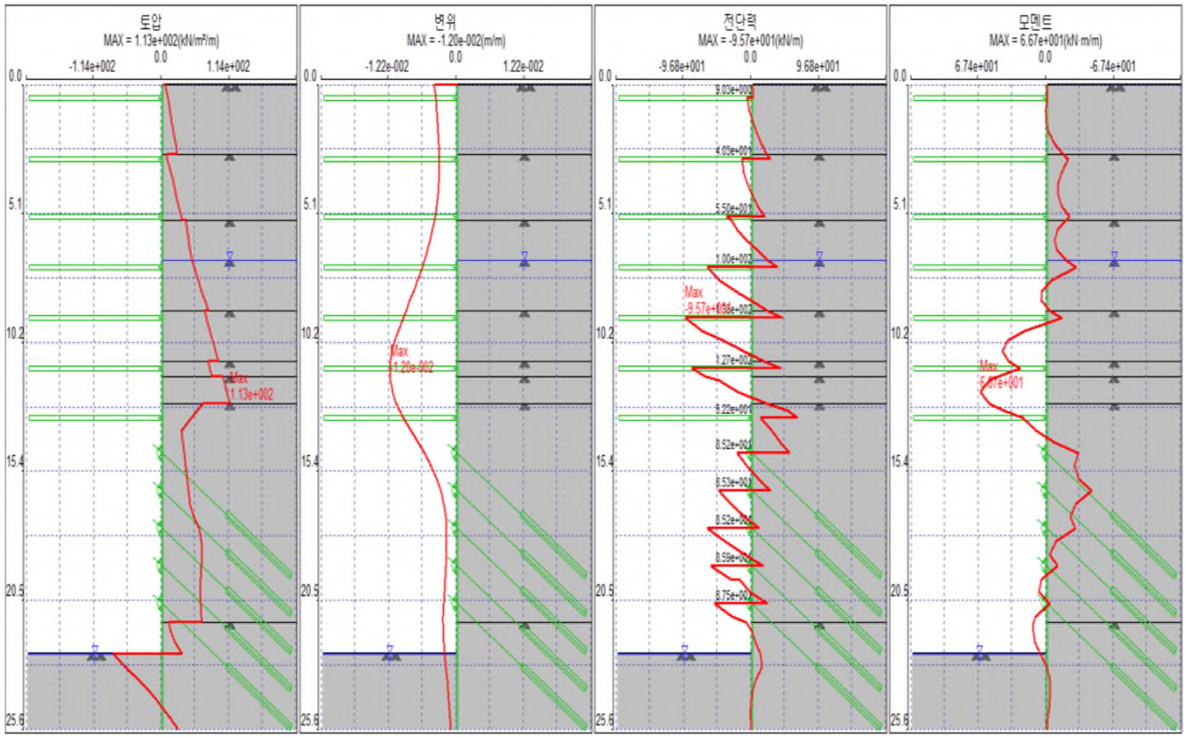
23) 시공 23 단계 [CS23 : 굴착 21.16 m]



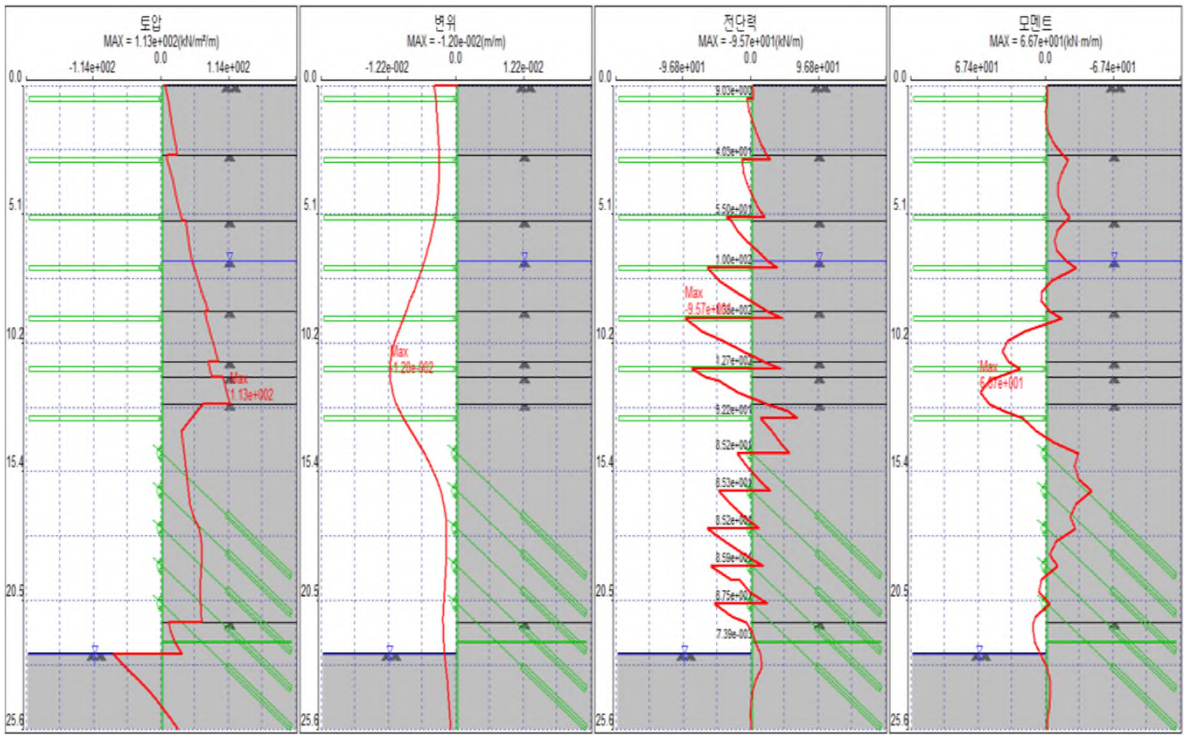
24) 시공 24 단계 [CS24 : 생성 Strut-12]



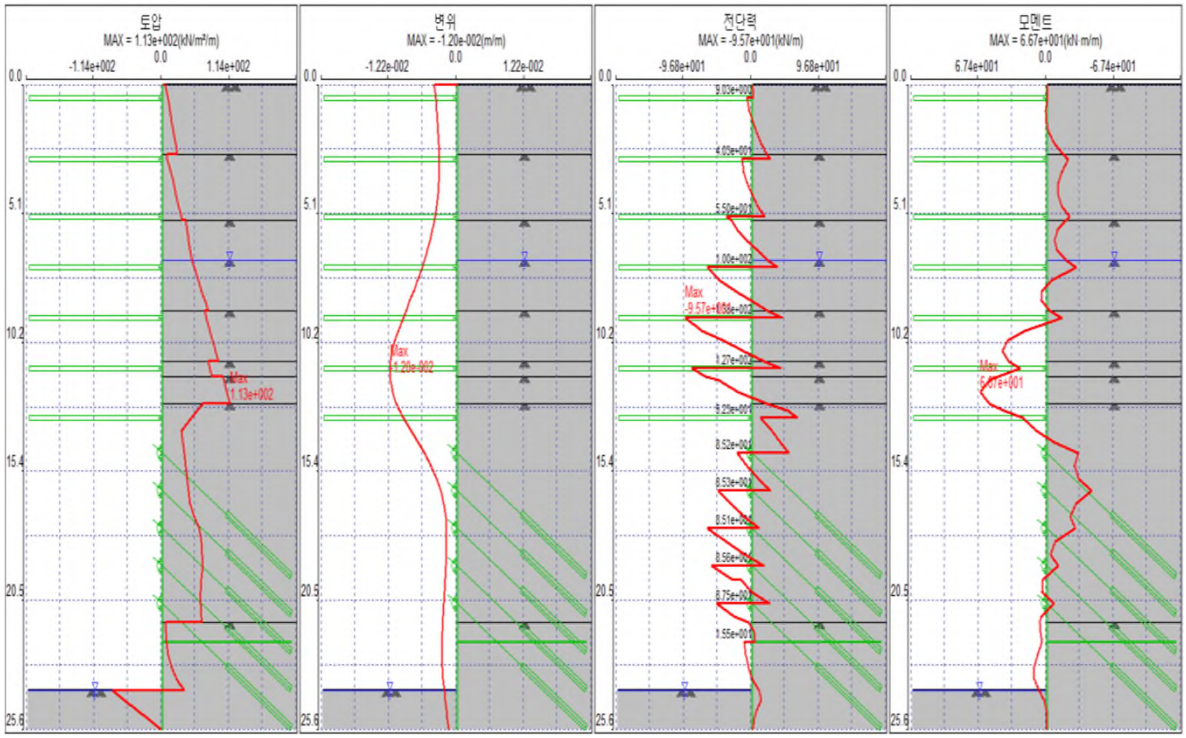
25) 시공 25 단계 [CS25 : 굴착 22.66 m]



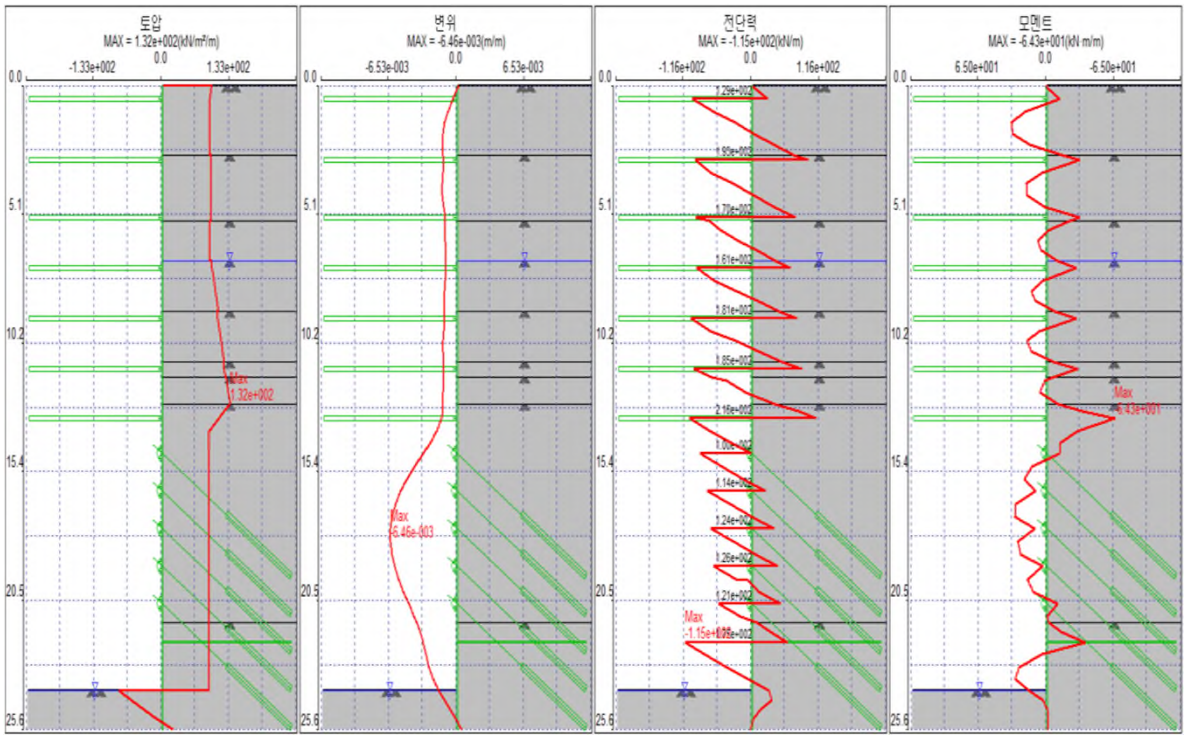
26) 시공 26 단계 [CS26 : 생성 Strut-13]



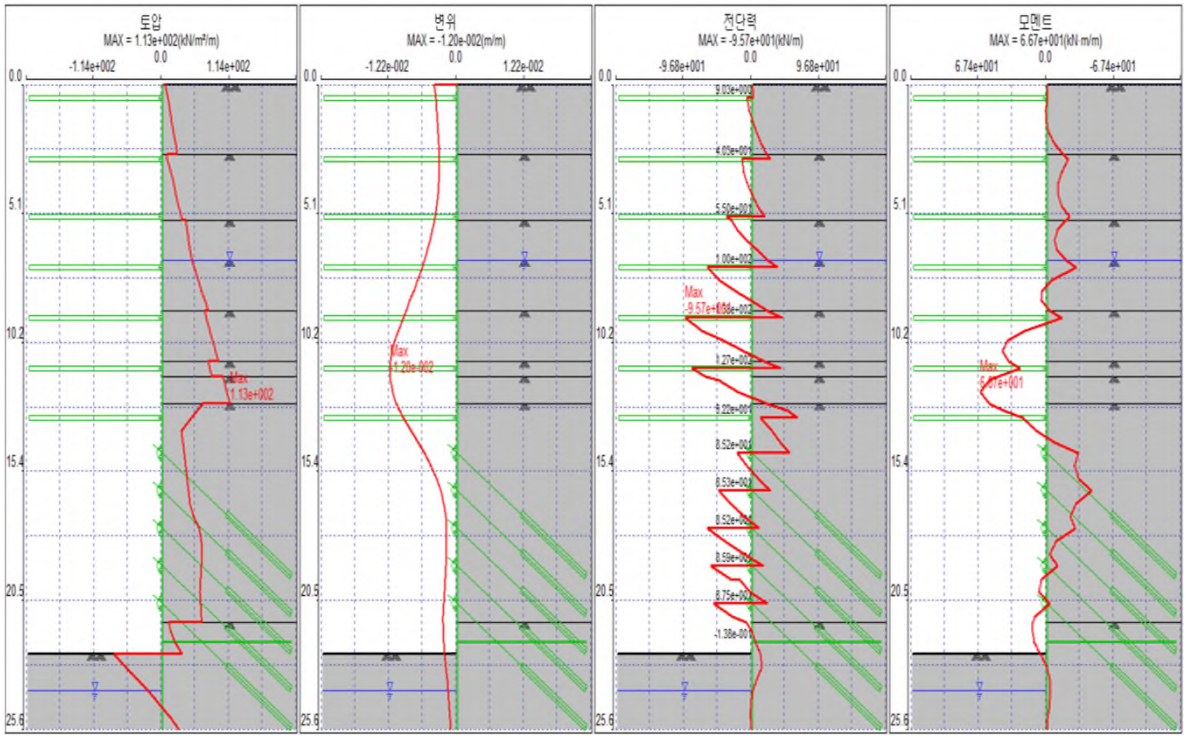
27) 시공 27 단계 [CS27 : 굴착 24.11 m]



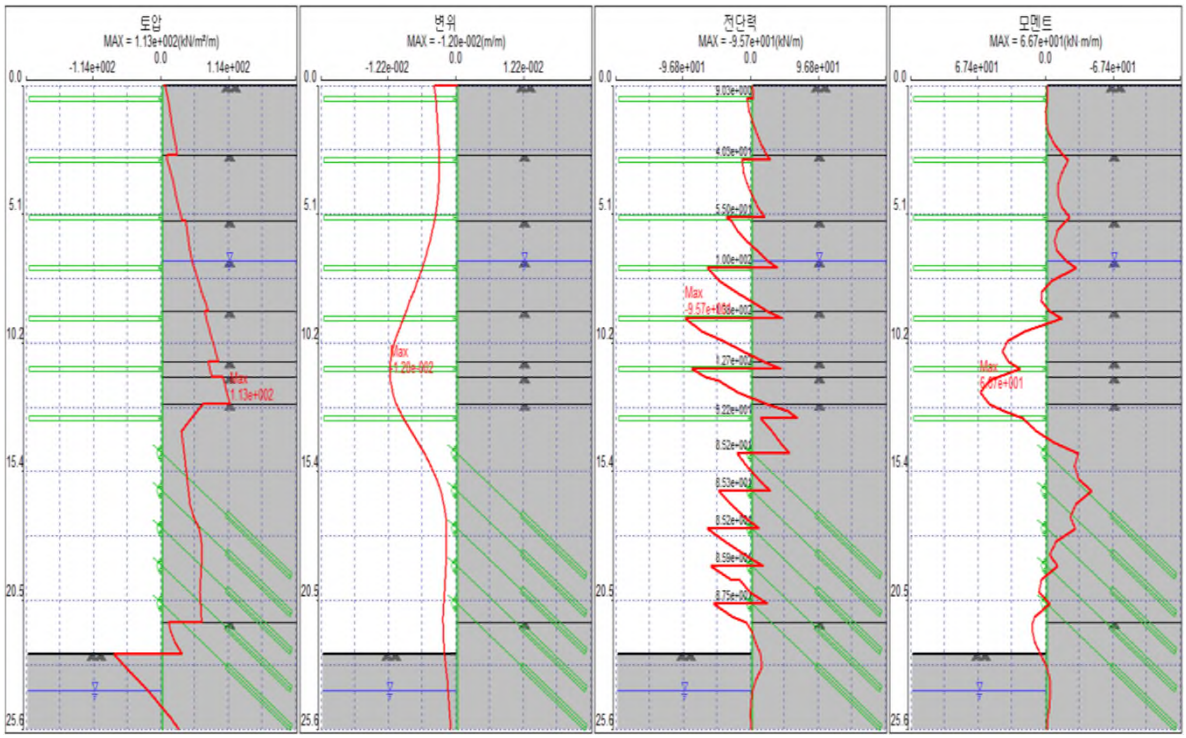
28) 시공 28 단계 [CS28 : Peck]



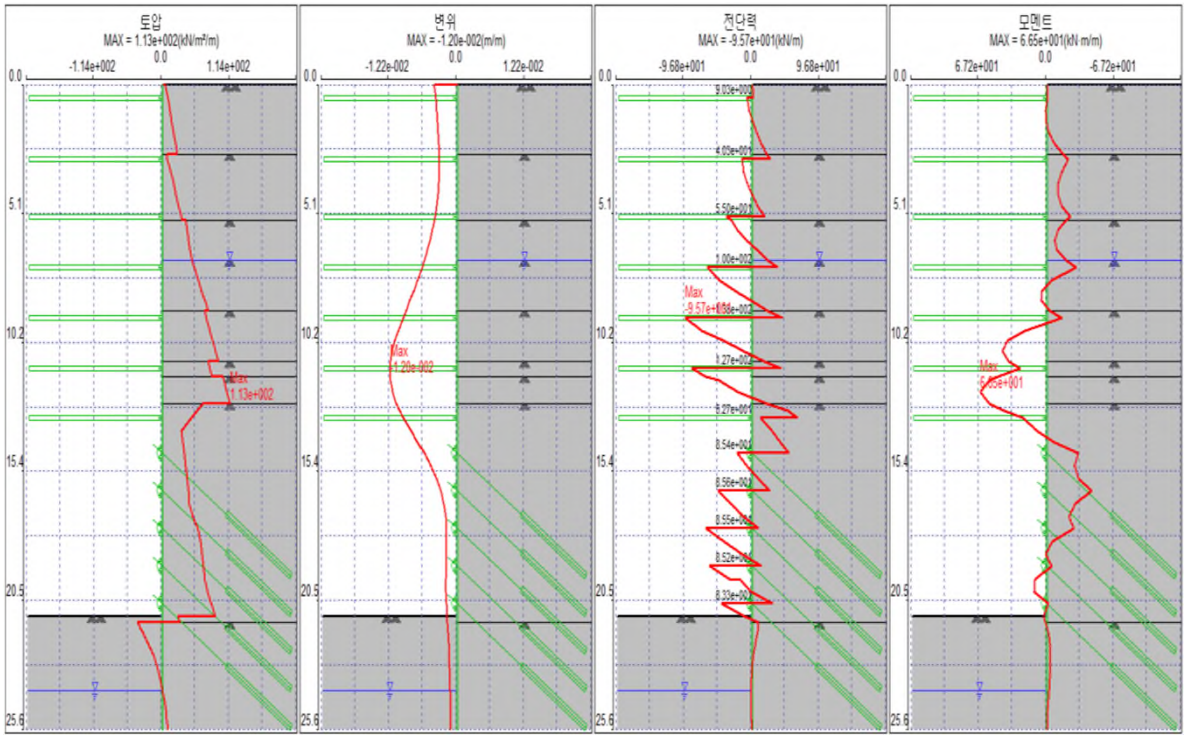
29) 시공 29 단계 [CS29 : 해체1]



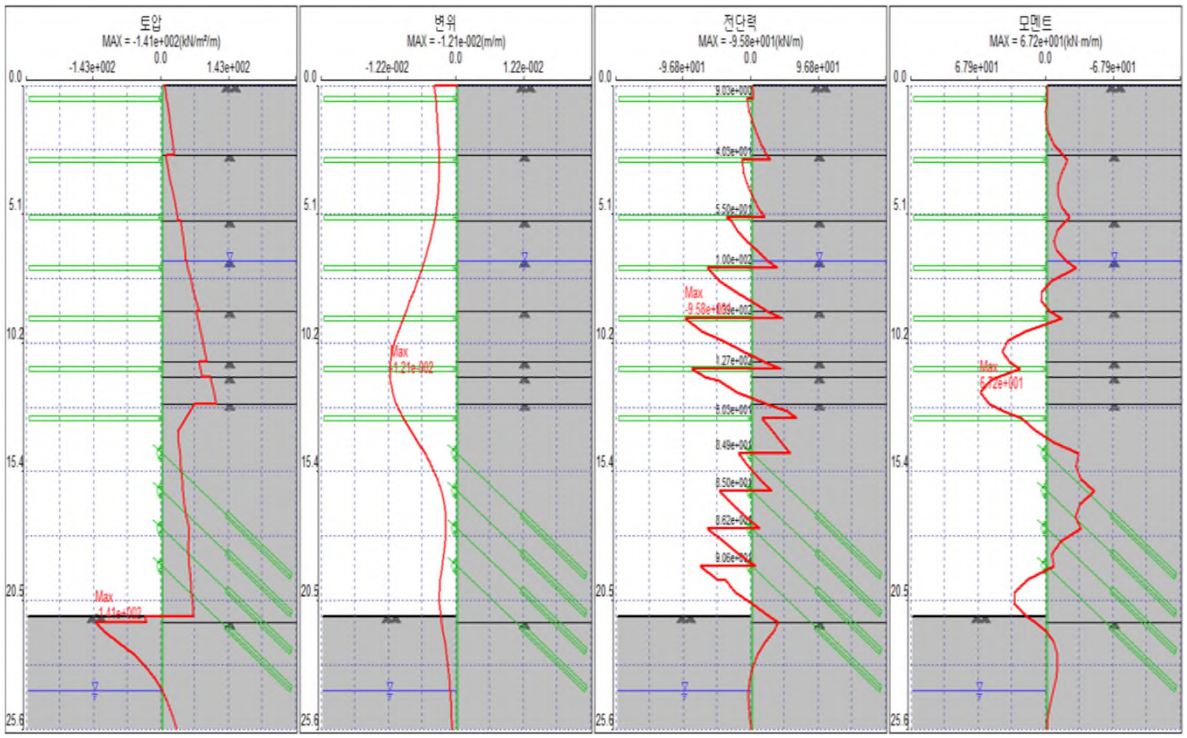
30) 시공 30 단계 [CS30 : 해체2]



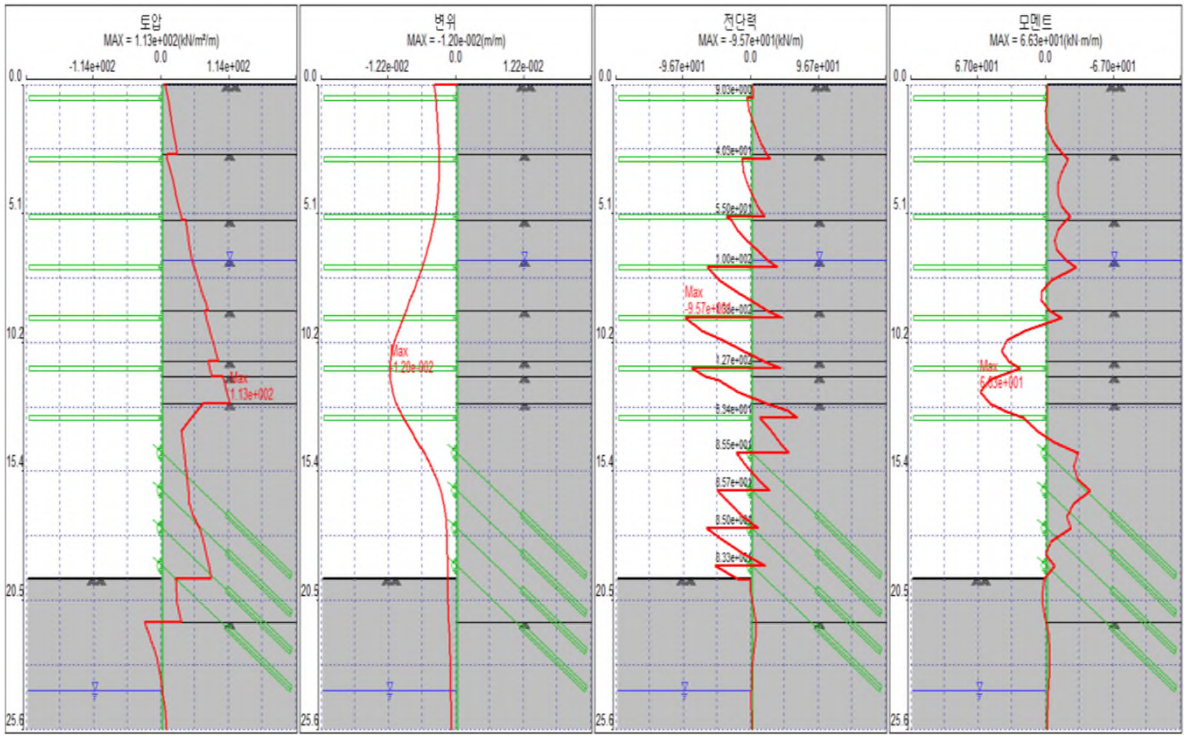
31) 시공 31 단계 [CS31 : 해체3]



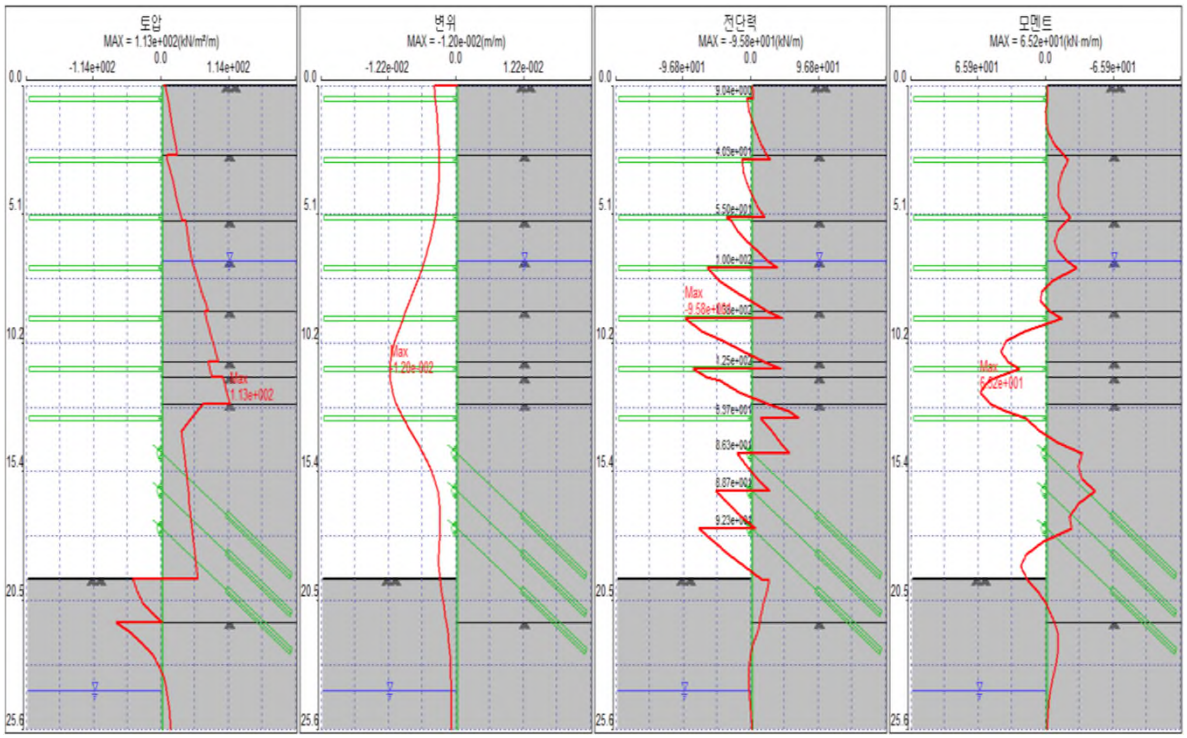
32) 시공 32 단계 [CS32 : 해체4]



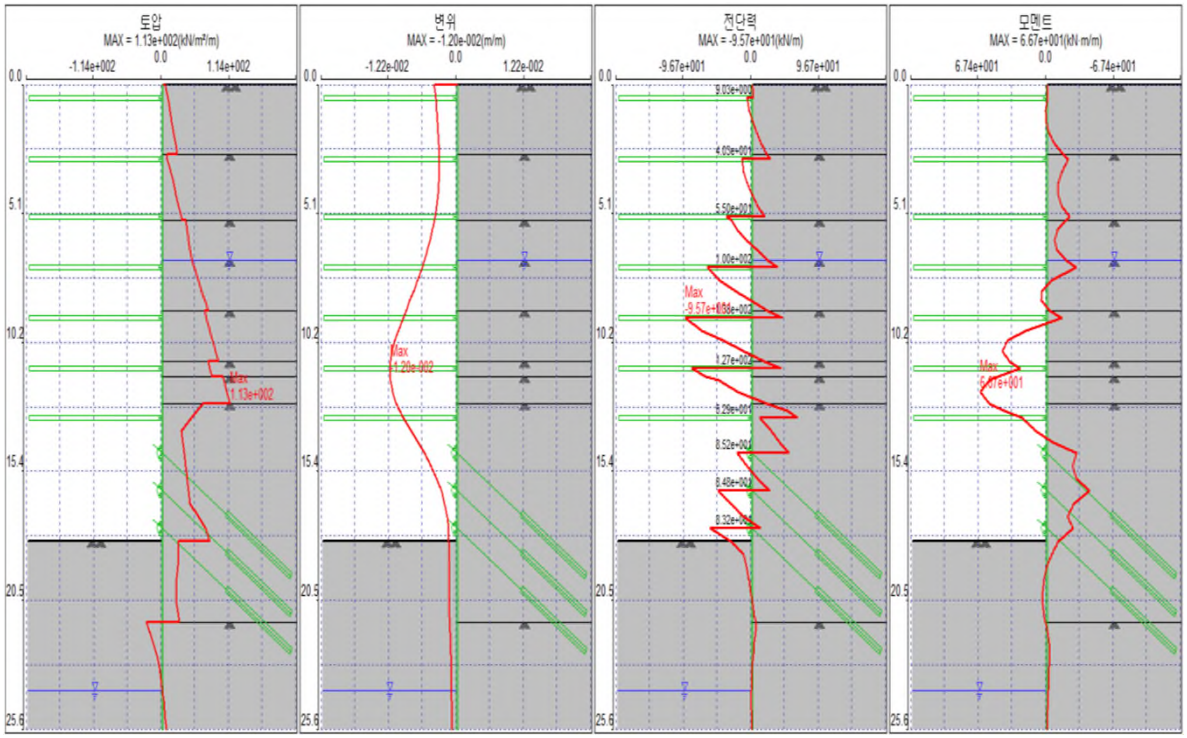
33) 시공 33 단계 [CS33 : 해체5]



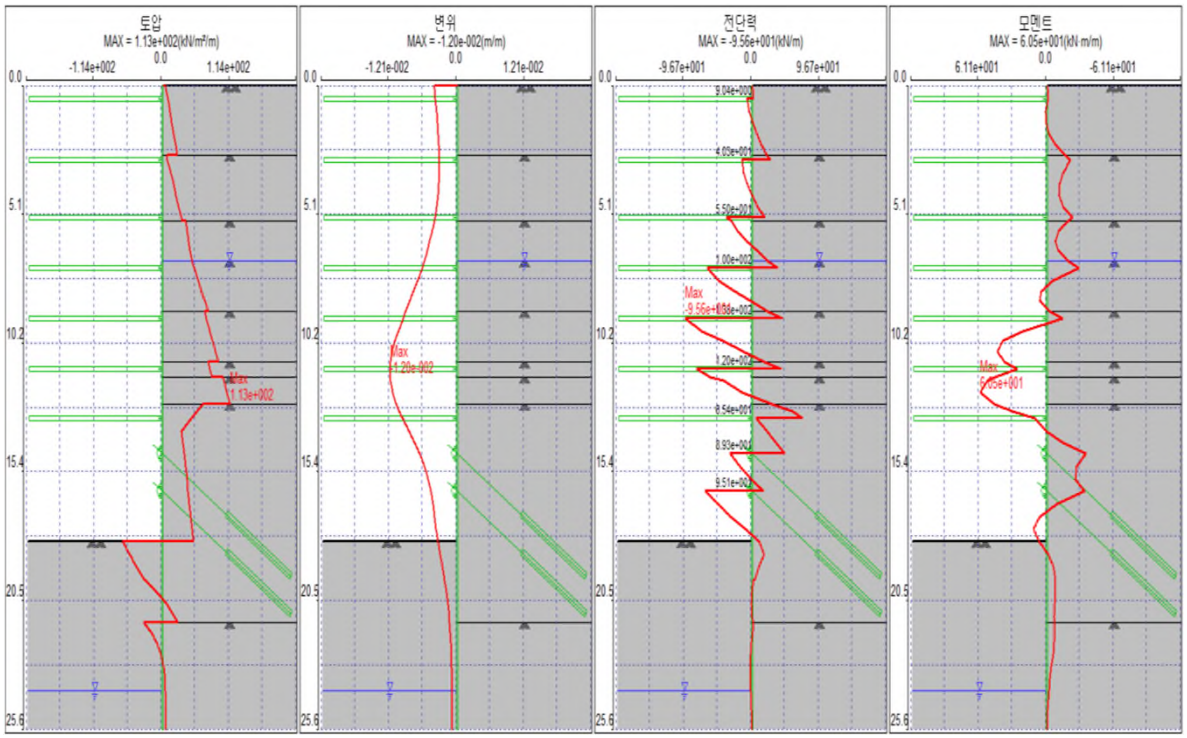
34) 시공 34 단계 [CS34 : 해체6]



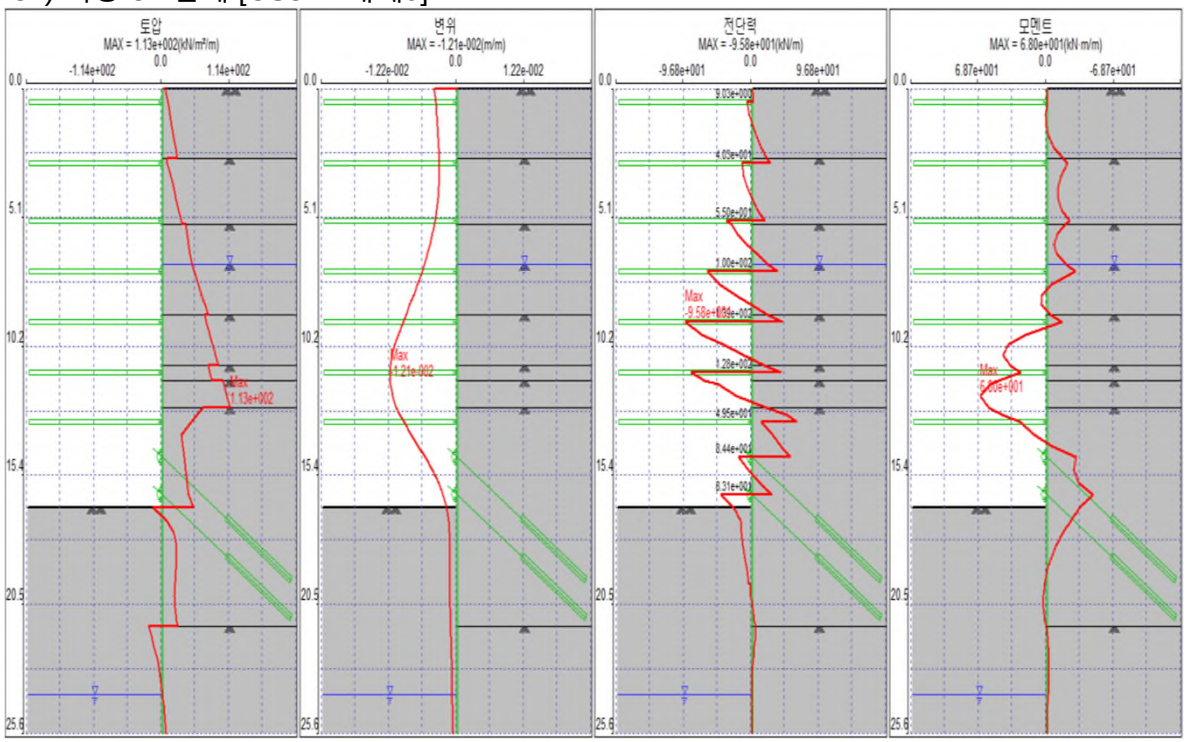
35) 시공 35 단계 [CS35 : 해체7]



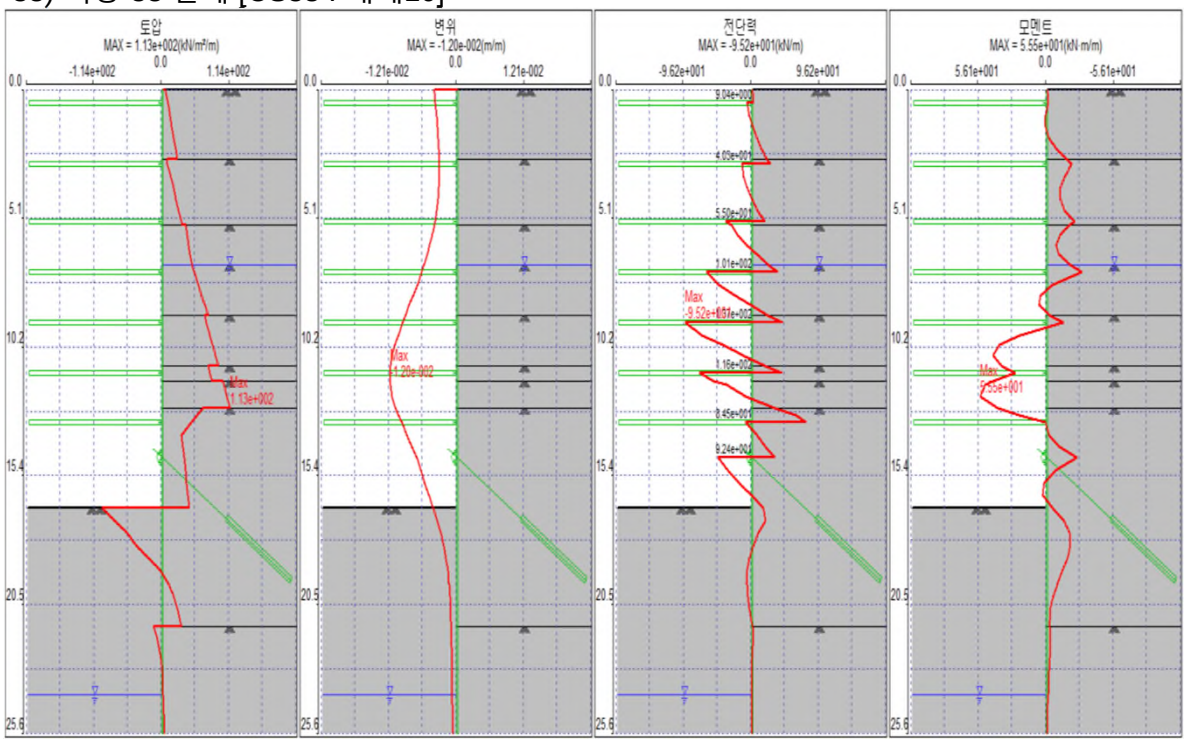
36) 시공 36 단계 [CS36 : 해체8]



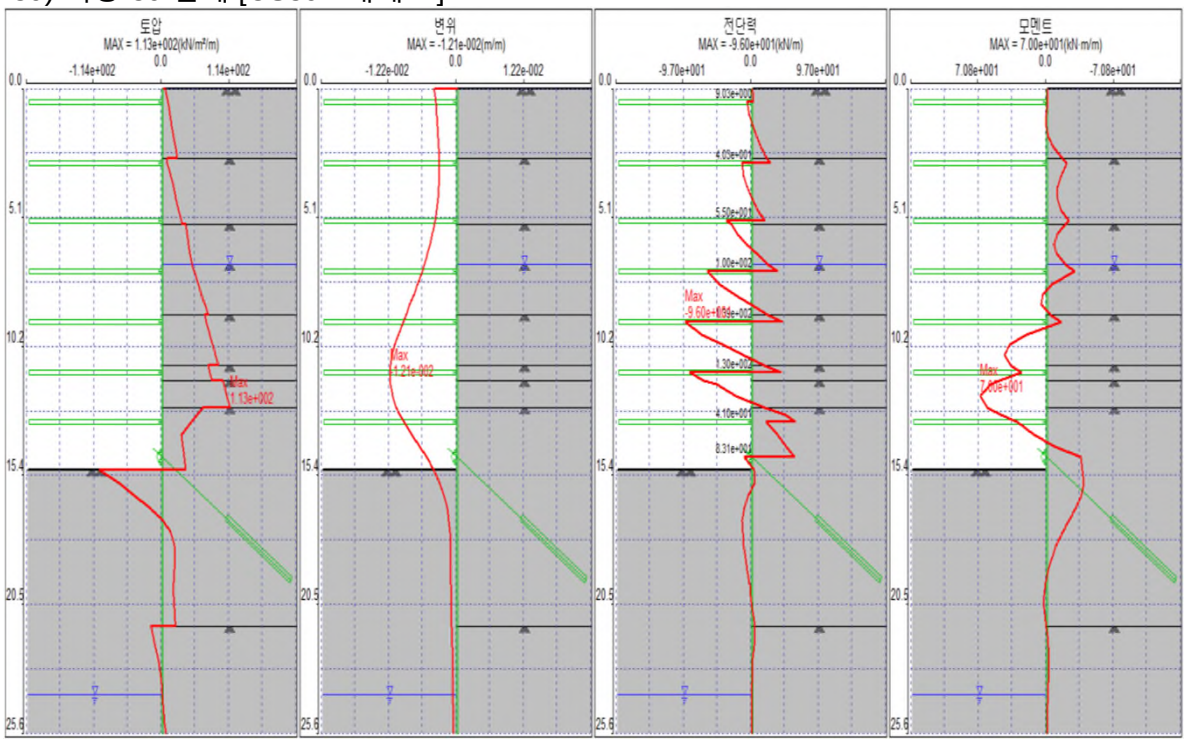
37) 시공 37 단계 [CS37 : 해체9]



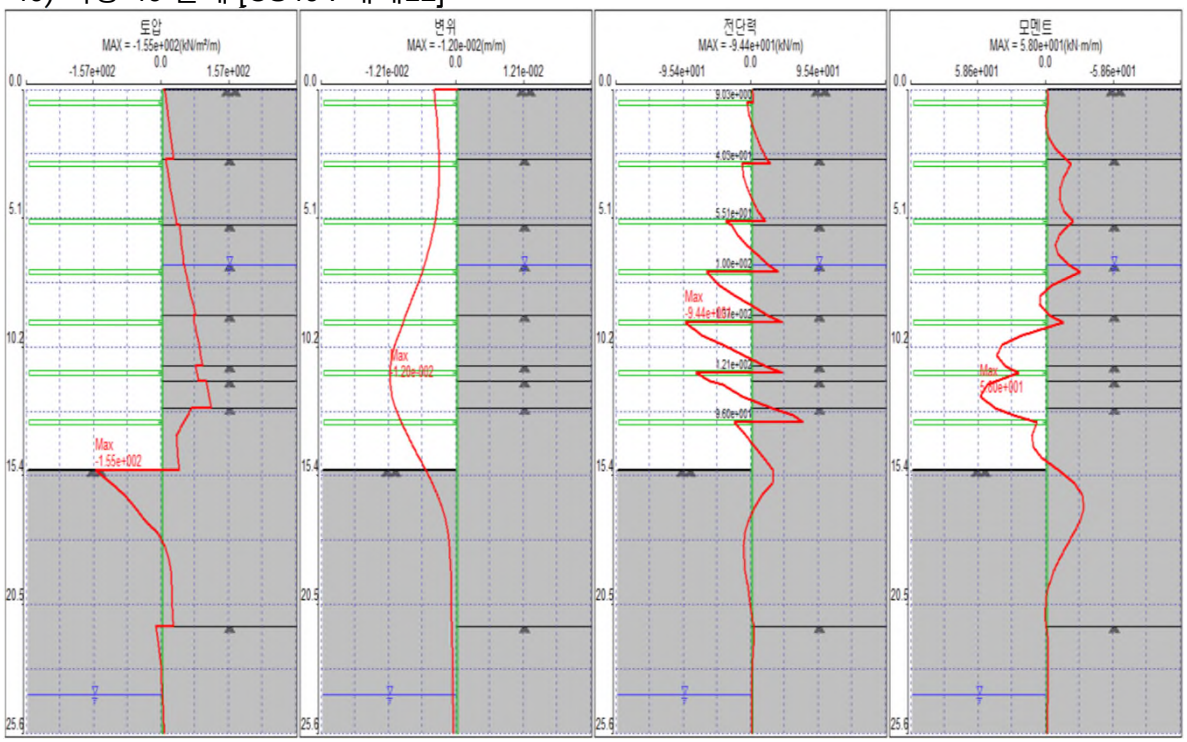
38) 시공 38 단계 [CS38 : 해체10]



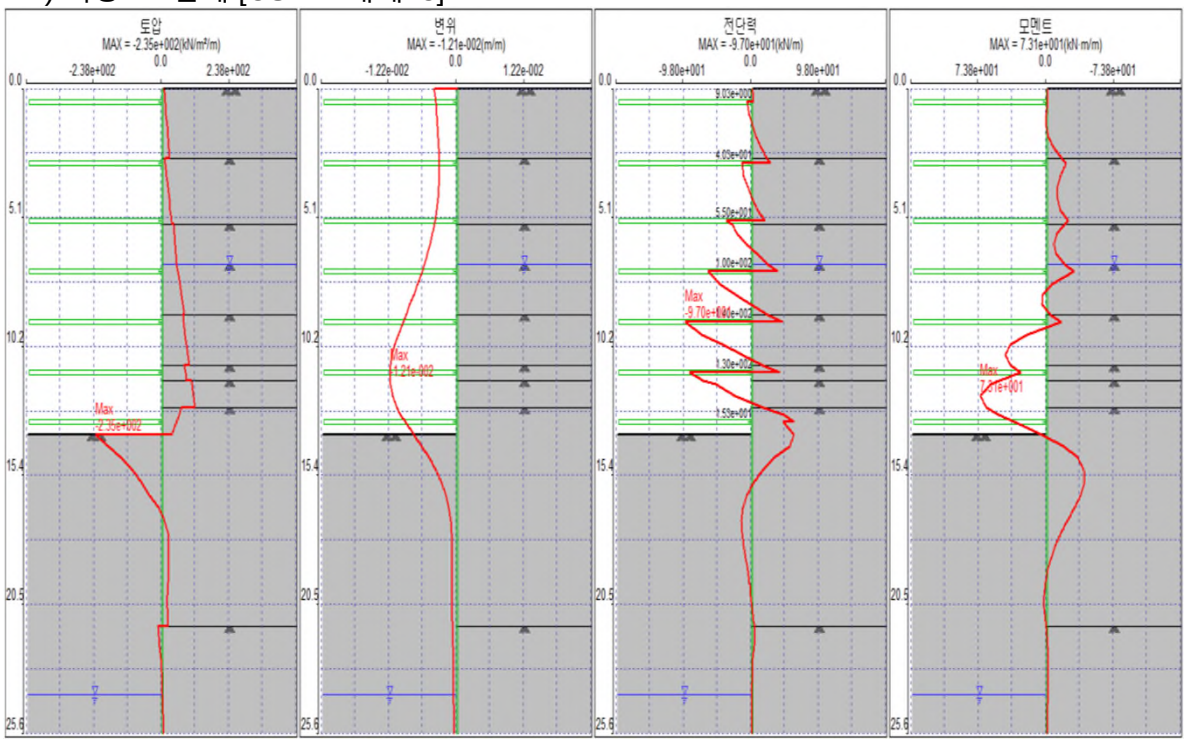
39) 시공 39 단계 [CS39 : 해체11]



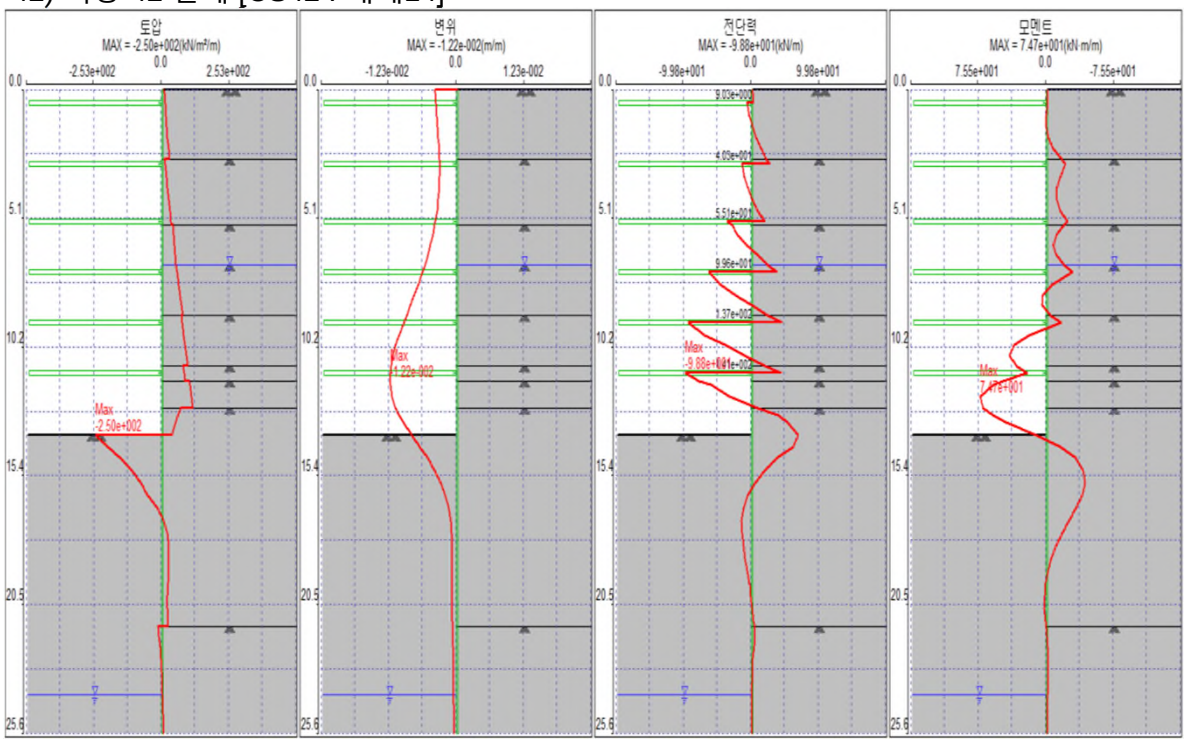
40) 시공 40 단계 [CS40 : 해체12]



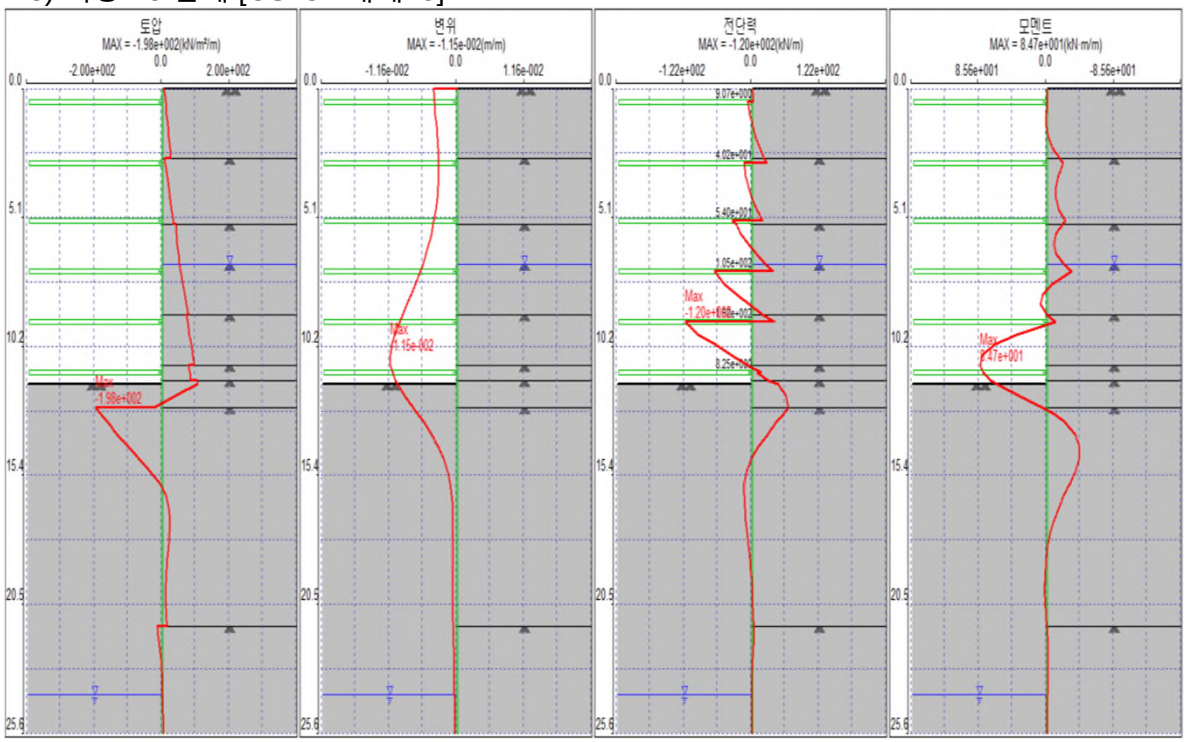
41) 시공 41 단계 [CS41 : 해체13]



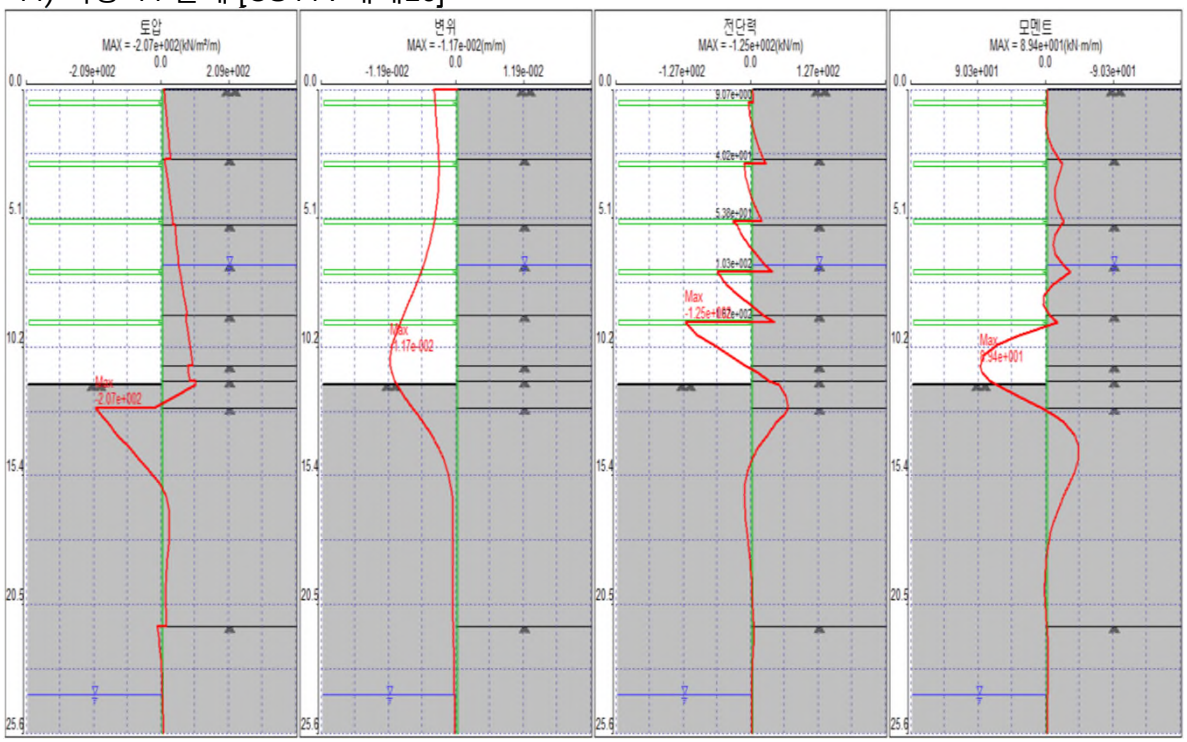
42) 시공 42 단계 [CS42 : 해체14]



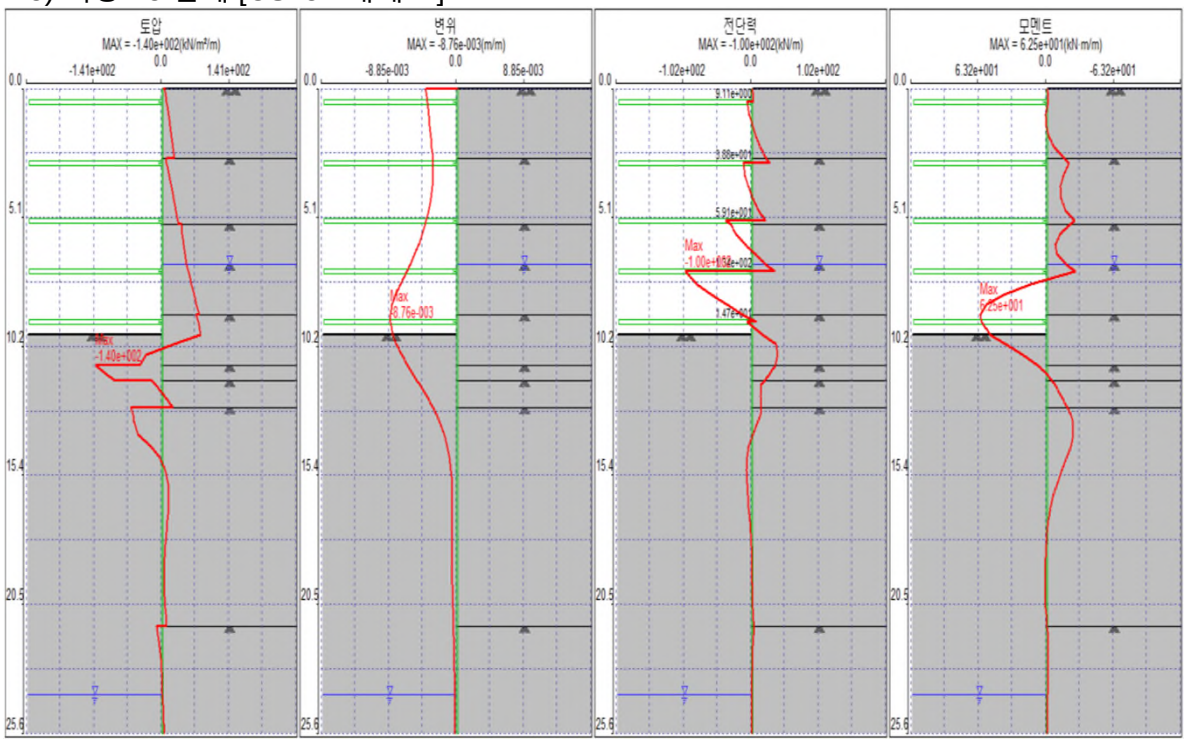
43) 시공 43 단계 [CS43 : 해체15]



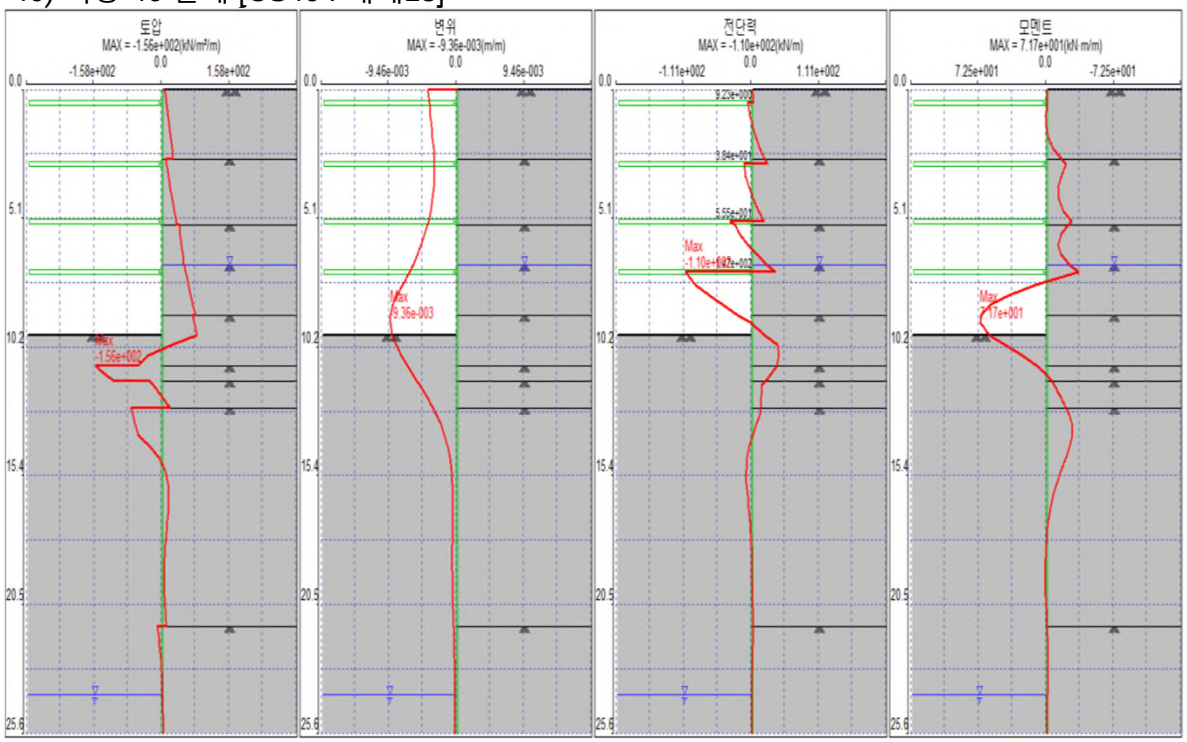
44) 시공 44 단계 [CS44 : 해체16]



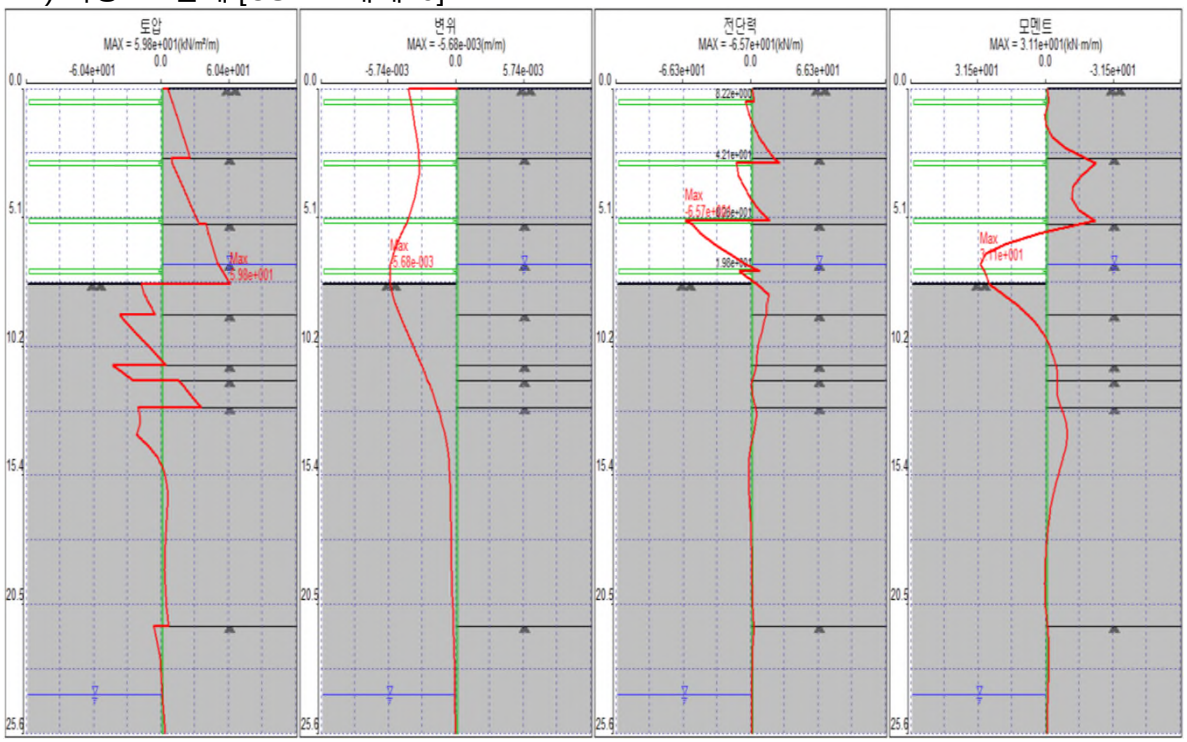
45) 시공 45 단계 [CS45 : 해체17]



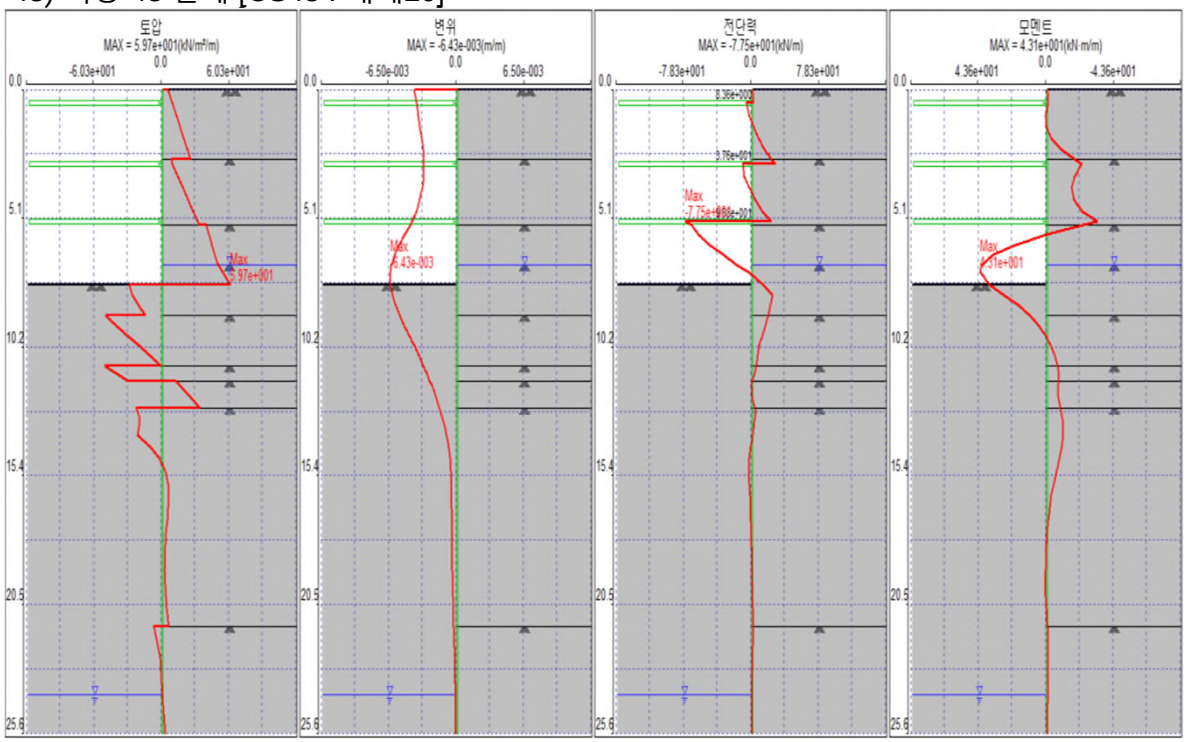
46) 시공 46 단계 [CS46 : 해체18]



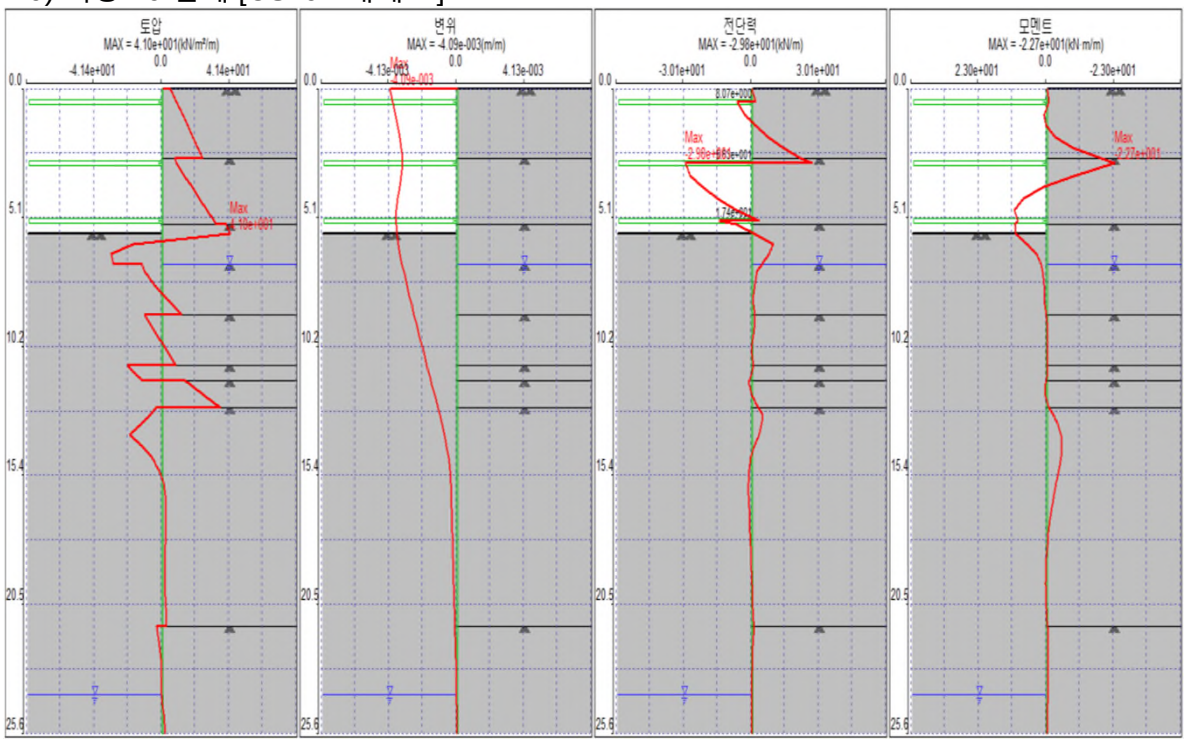
47) 시공 47 단계 [CS47 : 해체19]



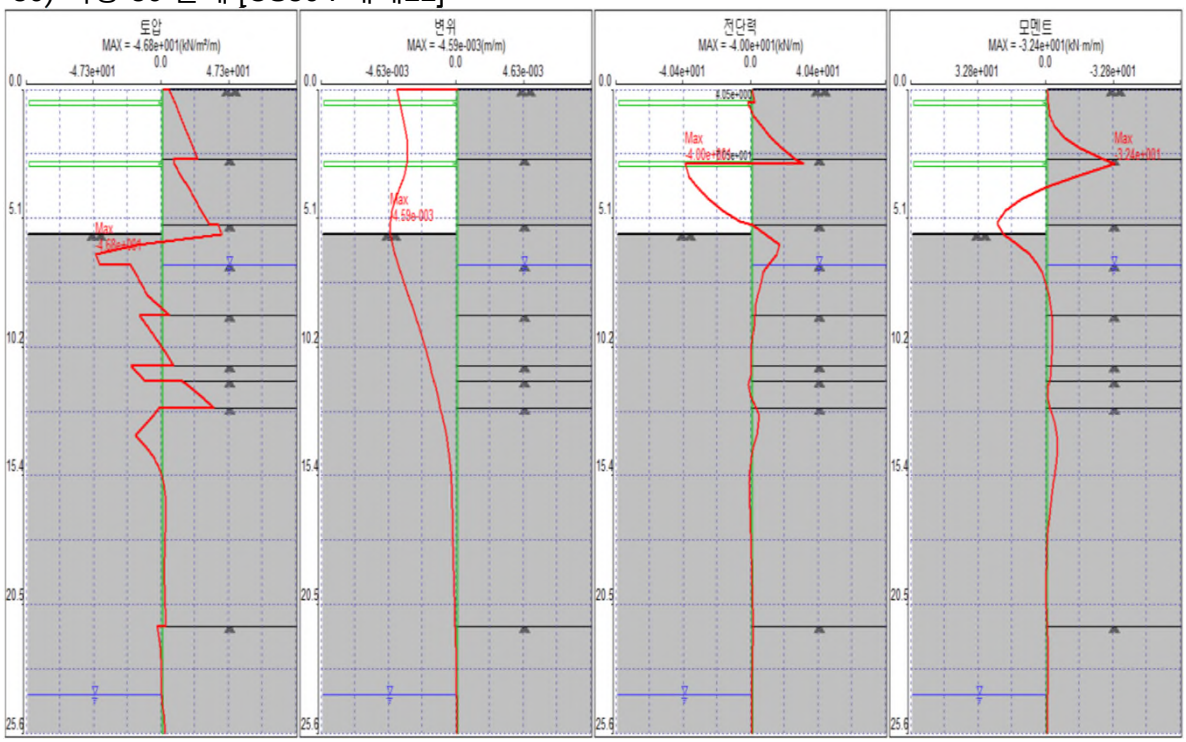
48) 시공 48 단계 [CS48 : 해체20]



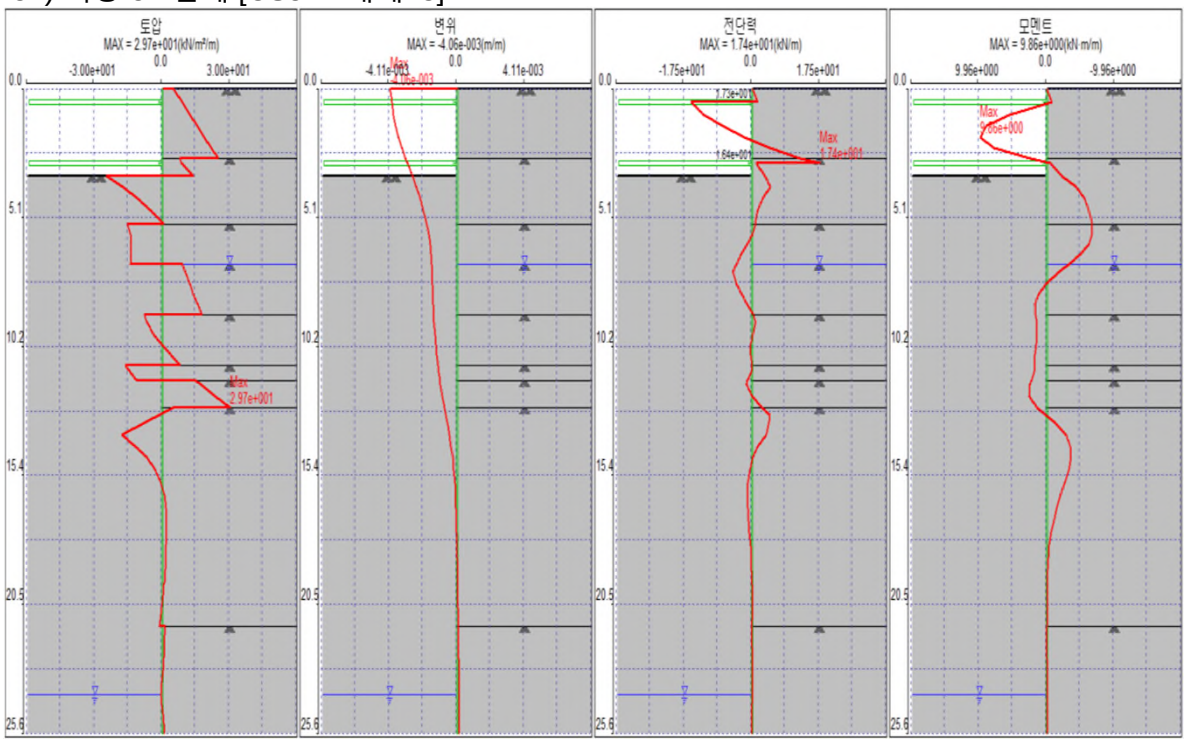
49) 시공 49 단계 [CS49 : 해체21]



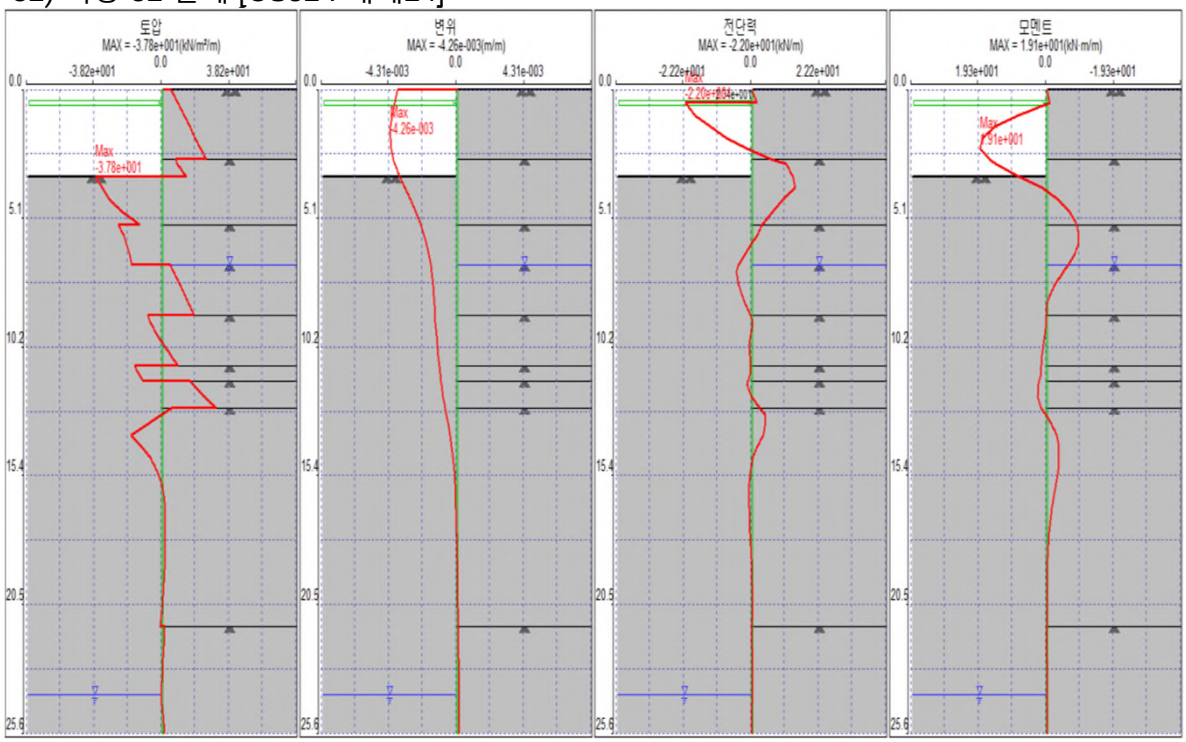
50) 시공 50 단계 [CS50 : 해체22]



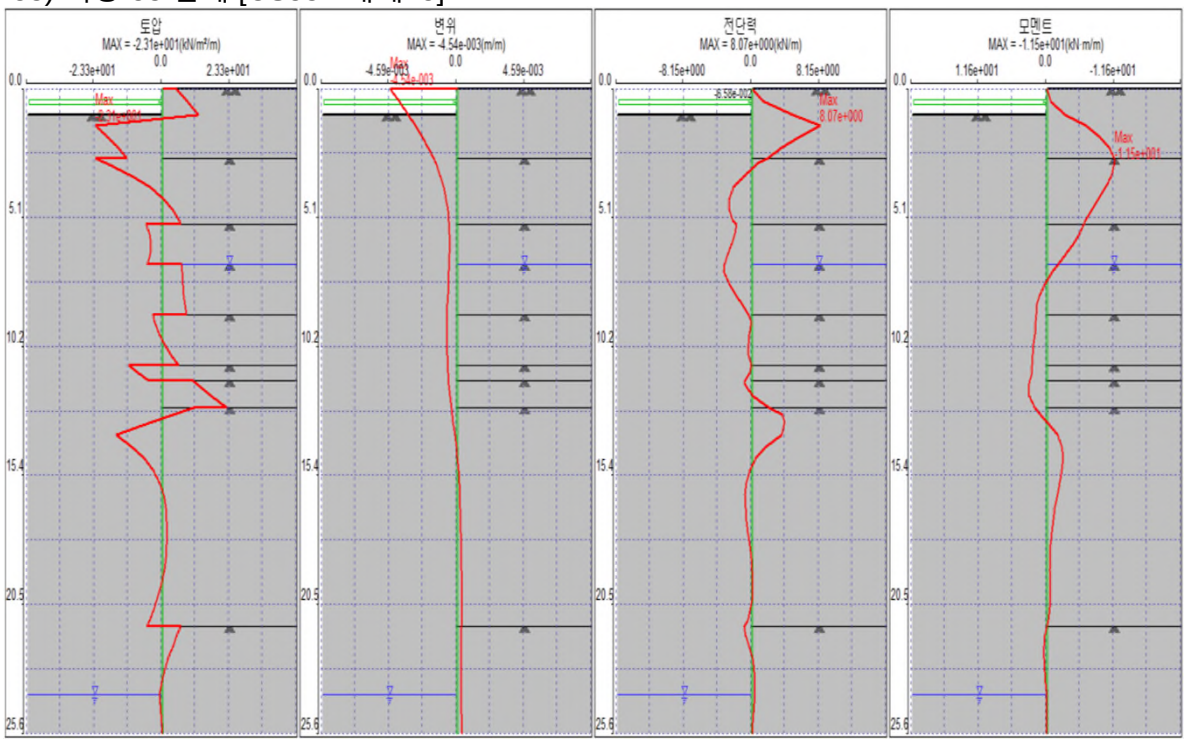
51) 시공 51 단계 [CS51 : 해체23]



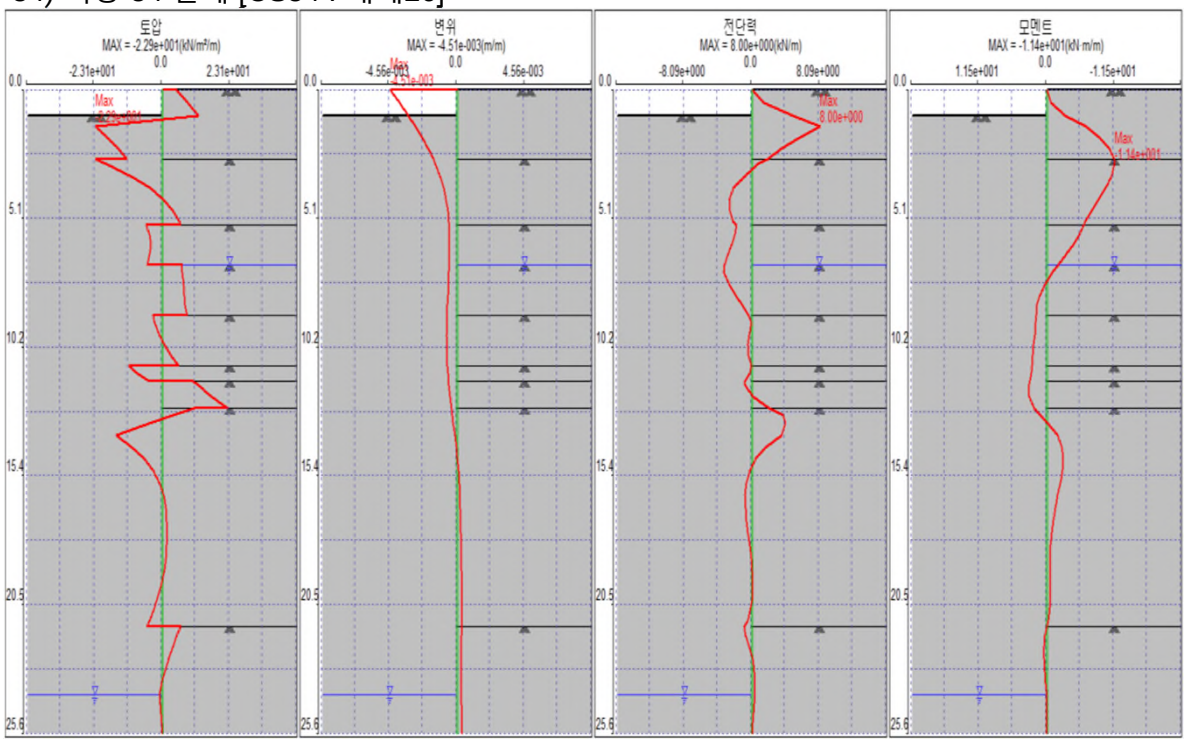
52) 시공 52 단계 [CS52 : 해체24]



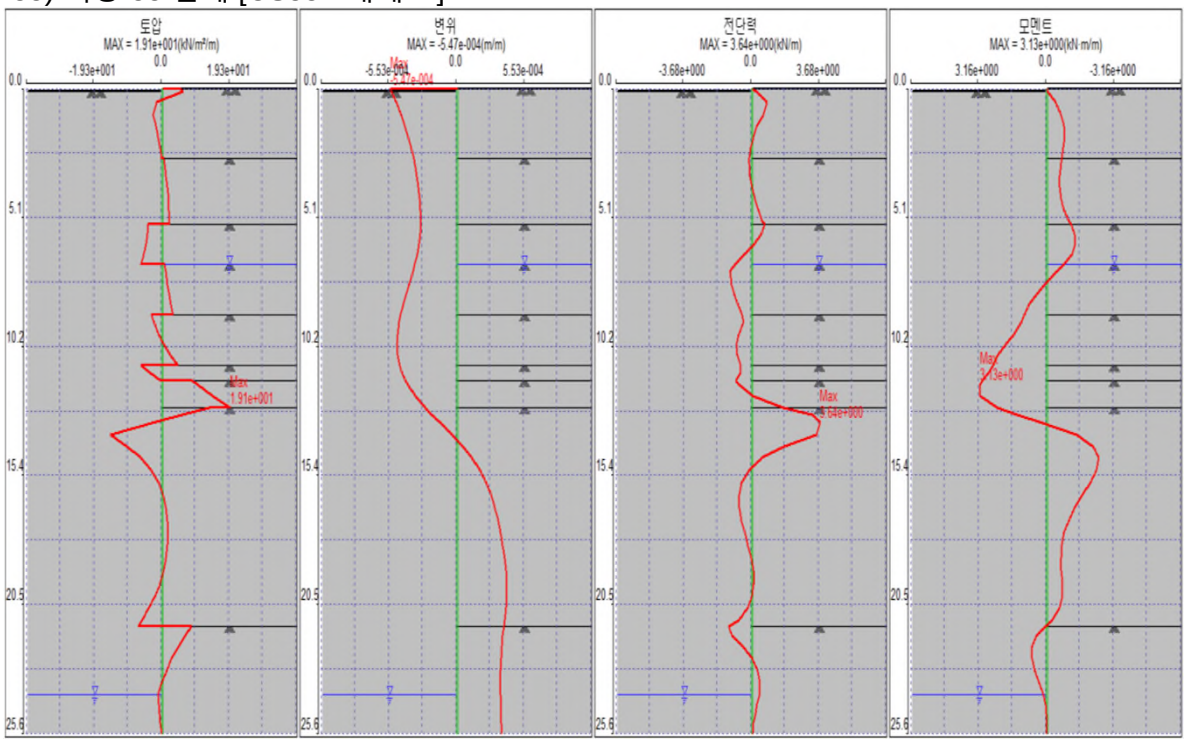
53) 시공 53 단계 [CS53 : 해체25]



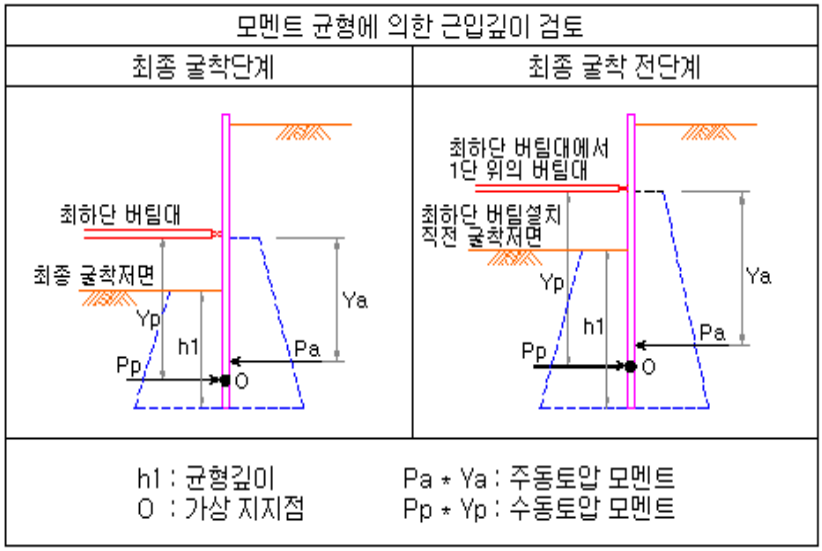
54) 시공 54 단계 [CS54 : 해체26]



55) 시공 55 단계 [CS55 : 해체27]



10.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.002	1.505	10.535	5944.688	564.288	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.007	2.955	34.022	15798.598	464.364	1.200	OK

10.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -22.16 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 6.581 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.975 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 1.524 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.702 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (6.581 x 0.975) + (1.524 x 2.702) = 10.535 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2193.427 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 2.71 m
Mp = (Pp x Yp) = (2193.427 x 2.71) = 5944.688 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 5944.688 / 10.535 = 564.288
S.F. = 564.288 > 1.2 ... OK

10.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -20.66 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 51.907 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.455 m
굴착면 하부토압 (Pa2) = 2.992 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.477 m
Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)
Ma = (51.907 x 0.455) + (2.992 x 3.477) = 34.022 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

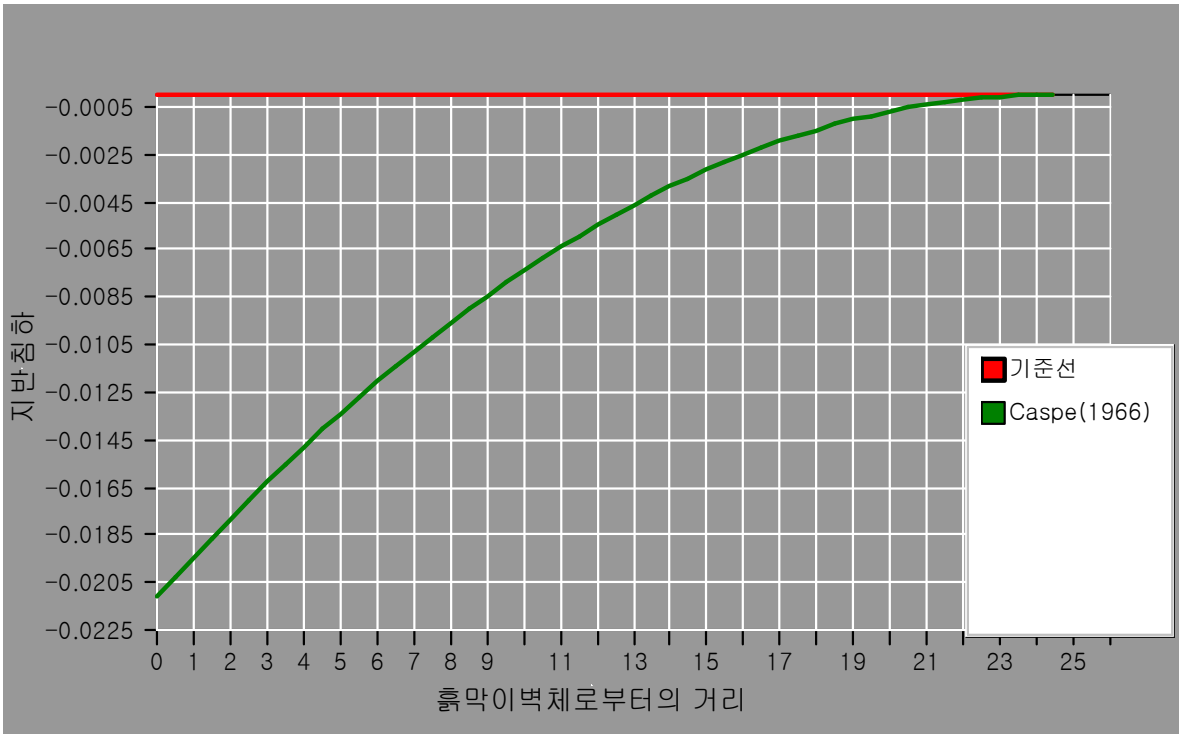
굴착면 하부토압 (Pp) = 4500.21 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.511 m
Mp = (Pp x Yp) = (4500.21 x 3.511) = 15798.598 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 15798.598 / 34.022 = 464.364
S.F. = 464.364 > 1.2 ... OK

10.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



10.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.129 m³/m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 24.11 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (φ) = 28.165 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + φ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 28.165/2) = 16.697 m

Ht = Hp + Hw = 16.697 + 24.11 = 40.807 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-φ/2)

D = 40.807 x tan(45-28.165/2) = 24.44 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.129 / 24.44 = -0.021 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.021 x ((24.44 - Xi) / 24.44)^2

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-21.134	-0.856	-1.712
0.50	-20.278	-0.838	-1.676
1.00	-19.440	-0.821	-1.641
1.50	-18.619	-0.803	-1.606
2.00	-17.816	-0.785	-1.570
2.50	-17.031	-0.767	-1.535
3.00	-16.264	-0.750	-1.499
3.50	-15.514	-0.732	-1.464

4.00	−14.782	−0.714	−1.429
4.50	−14.068	−0.697	−1.393
5.00	−13.371	−0.679	−1.358
5.50	−12.692	−0.661	−1.323
6.00	−12.031	−0.644	−1.287
6.50	−11.387	−0.626	−1.252
7.00	−10.761	−0.608	−1.216
7.50	−10.153	−0.591	−1.181
8.00	−9.563	−0.573	−1.146
8.50	−8.990	−0.555	−1.110
9.00	−8.435	−0.537	−1.075
9.50	−7.897	−0.520	−1.040
10.00	−7.377	−0.502	−1.004
10.50	−6.875	−0.484	−0.969
11.00	−6.391	−0.467	−0.933
11.50	−5.924	−0.449	−0.898
12.00	−5.475	−0.431	−0.863
12.50	−5.044	−0.414	−0.827
13.00	−4.630	−0.396	−0.792
13.50	−4.234	−0.378	−0.756
14.00	−3.856	−0.361	−0.721
14.50	−3.496	−0.343	−0.686
15.00	−3.153	−0.325	−0.650
15.50	−2.828	−0.307	−0.615
16.00	−2.520	−0.290	−0.580
16.50	−2.230	−0.272	−0.544
17.00	−1.958	−0.254	−0.509
17.50	−1.704	−0.237	−0.473
18.00	−1.467	−0.219	−0.438
18.50	−1.248	−0.201	−0.403
19.00	−1.047	−0.184	−0.367
19.50	−0.863	−0.166	−0.332
20.00	−0.697	−0.148	−0.296
20.50	−0.549	−0.131	−0.261
21.00	−0.419	−0.113	−0.226
21.50	−0.306	−0.095	−0.190
22.00	−0.211	−0.077	−0.155
22.50	−0.133	−0.060	−0.120
23.00	−0.073	−0.042	−0.084
23.50	−0.031	−0.024	−0.049
24.00	−0.007	−0.007	−0.016
24.44	0.000	0.000	0.000
Max	−21.134	−0.856	−1.712

3-1.25 TYPE-막이벽

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면

2.설계요약

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

3.2 재료의 허용응력

3.3 적용 프로그램

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계

(E/A-1, E/A-2, E/A-3, E/A-4, E/A-5, E/A-6, E/A-7, E/A-8, E/A-9, E/A-10, E/A-11)

5.띠장 설계

5.1 E/A-1 띠장 설계

5.2 E/A-2 띠장 설계

5.3 E/A-3 띠장 설계

5.4 E/A-4 띠장 설계

5.5 E/A-5 띠장 설계

5.6 E/A-6 띠장 설계

5.7 E/A-7 띠장 설계

5.8 E/A-8 띠장 설계

5.9 E/A-9 띠장 설계

5.10 E/A-10 띠장 설계

5.11 E/A-11 띠장 설계

6.측면말뚝 설계

6.1 흙막이벽(우)

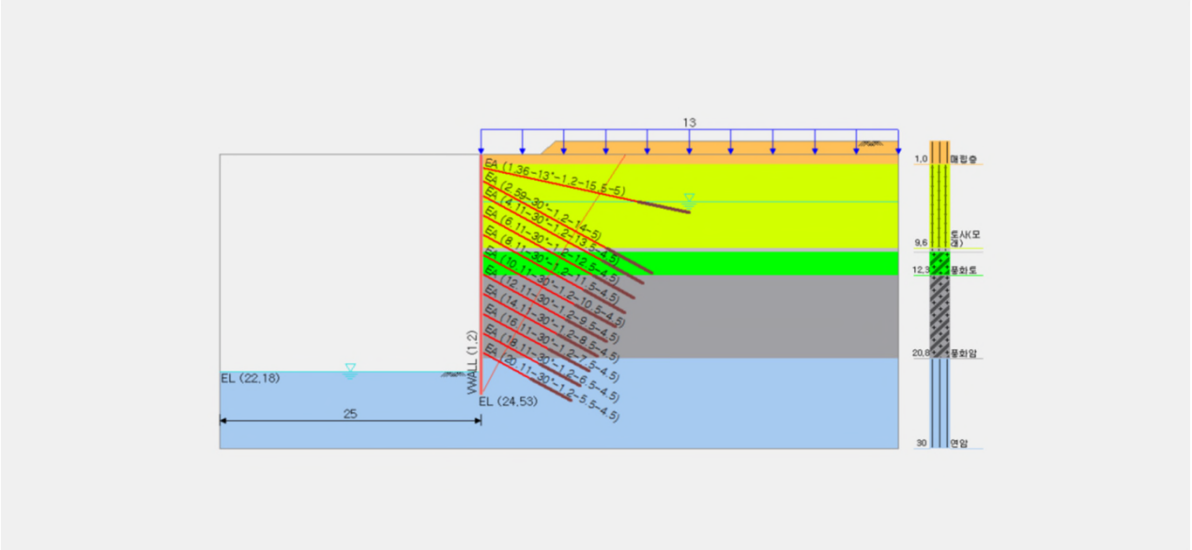
7. 흙막이 벽체 설계

7.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 22.18m)

8.전산 입력 정보

9.해석결과

1.표준단면


13
EA (1,36-13°-1,2-15,5-5)
EA (2,59-30°-1,2-14-5)
EA (4,11-30°-1,2-13,5-4,5)
EA (6,11-30°-1,2-13-4,5)
EA (8,11-30°-1,2-12,5-4,5)
EA (10,11-30°-1,2-11,5-4,5)
EA (12,11-30°-1,2-10,5-4,5)
EA (14,11-30°-1,2-9,5-4,5)
EA (16,11-30°-1,2-8,5-4,5)
EA (18,11-30°-1,2-7,5-4,5)
EA (20,11-30°-1,2-6,5-4,5)
EA (20,11-30°-1,2-5,5-4,5)
EL (22,18)
25
WWALL (1,2)
EL (24,53)
1,0
매립층
9,6
풍화토
20,6
풍화암
30
연암

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
E/A-1 Strand12.7x4EA	1.36	O.K	O.K	O.K
E/A-2 Strand12.7x4EA	2.59	O.K	O.K	O.K
E/A-3 Strand12.7x4EA	4.11	O.K	O.K	O.K
E/A-4 Strand12.7x4EA	6.11	O.K	O.K	O.K
E/A-5 Strand12.7x4EA	8.11	O.K	O.K	O.K
E/A-6 Strand12.7x4EA	10.11	O.K	O.K	O.K
E/A-7 Strand12.7x4EA	12.11	O.K	O.K	O.K
E/A-8 Strand12.7x4EA	14.11	O.K	O.K	O.K
E/A-9 Strand12.7x4EA	16.11	O.K	O.K	O.K
E/A-10 Strand12.7x4EA	18.11	O.K	O.K	O.K
E/A-11 Strand12.7x4EA	20.11	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
E/A-1 2H 250x250x9/14	1.36	휨응력	8.048	156.940	O.K	
		전단응력	17.461	90.000	O.K	
E/A-2 2H 250x250x9/14	2.59	휨응력	11.300	156.940	O.K	
		전단응력	24.518	90.000	O.K	
E/A-3 2H 250x250x9/14	4.11	휨응력	12.352	156.940	O.K	
		전단응력	26.800	90.000	O.K	
E/A-4 2H 250x250x9/14	6.11	휨응력	24.144	156.940	O.K	
		전단응력	52.384	90.000	O.K	
E/A-5 2H 250x250x9/14	8.11	휨응력	24.595	156.940	O.K	
		전단응력	53.364	90.000	O.K	
E/A-6 2H 250x250x9/14	10.11	휨응력	25.522	156.940	O.K	
		전단응력	55.375	90.000	O.K	
E/A-7 2H 250x250x9/14	12.11	휨응력	26.673	156.940	O.K	
		전단응력	57.872	90.000	O.K	
E/A-8 2H 250x250x9/14	14.11	휨응력	26.465	156.940	O.K	
		전단응력	57.421	90.000	O.K	
E/A-9 2H 250x250x9/14	16.11	휨응력	21.448	156.940	O.K	
		전단응력	46.535	90.000	O.K	
E/A-10 2H 250x250x9/14	18.11	휨응력	21.234	156.940	O.K	
		전단응력	46.070	90.000	O.K	
E/A-11 2H 250x250x9/14	20.11	휨응력	21.138	156.940	O.K	
		전단응력	45.861	90.000	O.K	

2.3 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	82.290	201.491	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	91.310	213.128	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	49.452	123.750	O.K	지지력	O.K

2.4 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 22.18	휨응력	10.284	13.500	O.K	두께검토	O.K
		전단응력	0.706	1.050	O.K		

2.5 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS15 : 굴착 14.61 m	9.999	44.360	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.20m

다. 지보재

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m
Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.20m	
띠장	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨압축응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	190	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계

(E/A-1, E/A-2, E/A-3, E/A-4, E/A-5, E/A-6, E/A-7, E/A-8, E/A-9, E/A-10, E/A-11)

가. 설계제원

(1) 사용앵커 : P.C strand ϕ12.7mm 4-wire (SWPC7B) : 4 ea

A_p (mm^2)	394.84	f_{py} (N/mm^2)	1570.0
D_s (mm)	12.70	f_{pu} (N/mm^2)	1860.0
천공경, D (mm)	100.0	E_p (N/mm^2)	200000

(2) ANCHOR의 허용인장력

구 분		사용기간	인장재 극한하중 (f_{pu})에 대하여	인장재 항복하중 (f_{py})에 대하여	적용
일 시 앵 커		2년 미만	0.65 f_{pu}	0.80 f_{py}	×
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	O
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.60 x f_{pu} x A_p , 0.75 x f_{py} x A_p)

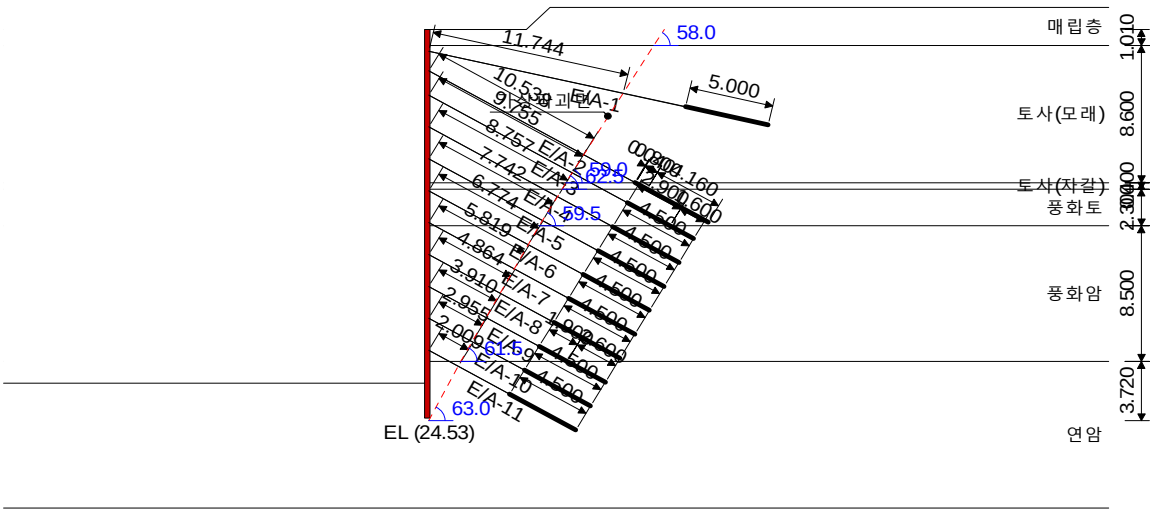
= Min. (0.60 x 1860.0 x 394.84 ,

0.75 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (440641.4 , 464924.1) N

= 440.641 kN

나. EARTH ANCHOR 자유장 산정



▶ 적용자유장(L_f) 산정

구분	설치위치 (GL.-m)	필요 자유장 L_{freq} (m)	안전거리 L_u (m)	적용 자유장 L_f (m)	판 정
E/A-1	1.360	11.744	3.327	15.500	O.K
E/A-2	2.590	10.538	3.327	14.000	O.K
E/A-3	4.110	9.755	3.327	13.500	O.K
E/A-4	6.110	8.757	3.327	12.500	O.K
E/A-5	8.110	7.742	3.327	11.500	O.K
E/A-6	10.110	6.774	3.327	10.500	O.K
E/A-7	12.110	5.819	3.327	9.500	O.K
E/A-8	14.110	4.864	3.327	8.500	O.K
E/A-9	16.110	3.910	3.327	7.500	O.K
E/A-10	18.110	2.955	3.327	6.500	O.K
E/A-11	20.110	2.009	3.327	5.500	O.K

다. 강선의 초기 긴장력 산정

(1) 소요설계축력 ($T_{req} = R_{max}$ x Anchor 수평간격)

구 분	설치위치 (GL.-m)	최대축력 R_{max} (kN/m,ea)	Anchor 수평간격(m)	설치각 (°)	소요설계축력 T_{req} (kN/ea)
E/A-1	1.360	43.552	1.200	13	52.262
E/A-2	2.590	86.665	1.200	30	103.998
E/A-3	4.110	97.436	1.200	30	116.923
E/A-4	6.110	222.552	1.200	30	267.063
E/A-5	8.110	226.120	1.200	30	271.344
E/A-6	10.110	234.544	1.200	30	281.453
E/A-7	12.110	245.067	1.200	30	294.080
E/A-8	14.110	240.647	1.200	30	288.777
E/A-9	16.110	184.207	1.200	30	221.048
E/A-10	18.110	178.388	1.200	30	214.066
E/A-11	20.110	172.660	1.200	30	207.192

(2) 긴장력의 감소량 산정

① 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량

$$\Delta Pp = \Delta fps \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N / L$$

여기서, ΔPp = 정착장치 활동에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δfps = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

L = 자유장 + 0.5 m

ΔL = 정착장치의 P.C 강선의 활동량 (mm)

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	Ep (N/mm^2)	Δ L (mm)	A_p (mm^2)	N (ea)	L (m)	Δ P_p (N)
1.360	200000	3.0	98.71	4	16.0	14806.500
2.590	200000	3.0	98.71	4	14.5	16338.207
4.110	200000	3.0	98.71	4	14.0	16921.714
6.110	200000	3.0	98.71	4	13.0	18223.385
8.110	200000	3.0	98.71	4	12.0	19742.000
10.110	200000	3.0	98.71	4	11.0	21536.727
12.110	200000	3.0	98.71	4	10.0	23690.400
14.110	200000	3.0	98.71	4	9.0	26322.667
16.110	200000	3.0	98.71	4	8.0	29613.000
18.110	200000	3.0	98.71	4	7.0	33843.429
20.110	200000	3.0	98.71	4	6.0	39484.000

② RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량

Δ Ppr = Δ fpr x A_p x N = r x fpt x A_p x N

여기서, Δ Ppr = RELAXATION에 의한 PRE-STRESS 감소량 (N)

Δ fpr = P.C 강선의 RELAXATION에 의한 인장응력의 감소량 (N/mm^2)

fpt = 손실이 일어난 후의 사용하중 상태에서의 응력 (N/mm^2)

= 0.80 x f_{py}

= 0.80 x 1570.0

= 1256.0 N/mm^2

r = P.C 강선의 겉보기 RELAXATION 값 (%)

설치위치 (GL.-m)	r (%)	f_{pt} (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	Δ P_{pr} (N)
1.360	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
2.590	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
4.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
6.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
8.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
10.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
12.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
14.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
16.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
18.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
20.110	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952

③ 손실을 감안한 초기긴장력(JACKING FORCE)

JFreq = Treq + Δ Pp + Δ Ppr

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Δ P_p (kN)	Δ P_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
1.360	52.262	14.807	24.796	91.865
2.590	103.998	16.338	24.796	145.132
4.110	116.923	16.922	24.796	158.641
6.110	267.063	18.223	24.796	310.082
8.110	271.344	19.742	24.796	315.882
10.110	281.453	21.537	24.796	327.785
12.110	294.080	23.690	24.796	342.566
14.110	288.777	26.323	24.796	339.895
16.110	221.048	29.613	24.796	275.457
18.110	214.066	33.843	24.796	272.705
20.110	207.192	39.484	24.796	271.472

④ strand 소요갯수 산정

$n_{req} = JF_{req} / P_a$

설치위치 (GL.-m)	손실을 감안한 초기 긴장력(JF_{req},kN/ea)	허용인장강도 P_a (kN)	N (ea)	N_{req} (ea)	비 고
1.360	91.865	110.160	4	0.834	O.K
2.590	145.132	110.160	4	1.317	O.K
4.110	158.641	110.160	4	1.440	O.K
6.110	310.082	110.160	4	2.815	O.K
8.110	315.882	110.160	4	2.867	O.K
10.110	327.785	110.160	4	2.976	O.K
12.110	342.566	110.160	4	3.110	O.K
14.110	339.895	110.160	4	3.085	O.K
16.110	275.457	110.160	4	2.501	O.K
18.110	272.705	110.160	4	2.476	O.K
20.110	271.472	110.160	4	2.464	O.K

라. EARTH ANCHOR 정착장 산정

▶ 앵커 내력의 안전률 (Fs)

구 분		사용기간	극한 인발력(fug)에 대한 안전률
일 시 앵 커		2년 미만	1.5
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5 ~ 2.0

▶ 지반의 종류에 따른 주변마찰저항 (τ_u)

지 반 의 종 류			주면마찰저항 (kN/m^2)
암 반	경 암		1000 ~ 2500
	연 암		600 ~ 1500
	풍 화 암		400 ~ 1000
자 갈	N값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400

▶ 주입재와 인장재의 허용부착응력 (τ_a)

지 반 종 류	장기허용부착응력 (kN/m^2)	단기허용부착응력 (kN/m^2)
토 사	400	700
암 반	700	1000

▶ 마찰저항장(L_{a1})과 부착저항장(L_{a2}) 중 큰 값 적용하며, 진행파괴성을 고려하여 3~10m 범위에서 사용

▶ 마찰저항장(L_{a1}) 산정식

$$La1 = \frac{T \times Fs}{\pi \times D \times \tau_u}$$

▶ 부착저항장(L_{a2}) 산정식

$$La2 = \frac{T}{\pi \times N \times D_s \times \tau_a}$$

여기서, T = 설계축력 (kN)
Fs = 안전률
D = 앵커체 지름 (mm)
τ_u = 앵커체와 지반의 주면마찰저항 (kN/m^2)
N = strand 사용갯수 (ea)
D_s = strand 지름 (mm)
τ_a = 인장재의 허용부착응력 (kN/m^2)

▶ 마찰저항장(L_{a1})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	Fs	D (mm)	τ_u (kN/m^2)	L_{a1} (m)
1.360	52.262	2.5	100.0	84.0	4.951
2.590	103.998	2.5	100.0	168.0	4.926
4.110	116.923	2.5	100.0	264.0	3.524
6.110	267.063	2.5	100.0	700.0	3.036
8.110	271.344	2.5	100.0	700.0	3.085
10.110	281.453	2.5	100.0	700.0	3.200
12.110	294.080	2.5	100.0	700.0	3.343
14.110	288.777	2.5	100.0	700.0	3.283
16.110	221.048	2.5	100.0	700.0	2.513
18.110	214.066	2.5	100.0	1050.0	1.622
20.110	207.192	2.5	100.0	1050.0	1.570

▶ 부착저항장(L_{a2})

설치위치 (GL.-m)	T_{req} (kN)	N (ea)	D_s (mm)	τ_a (kN/m^2)	L_{a2} (m)
1.360	52.262	4.0	12.70	400.0	0.819
2.590	103.998	4.0	12.70	400.0	1.629
4.110	116.923	4.0	12.70	400.0	1.832
6.110	267.063	4.0	12.70	700.0	2.391
8.110	271.344	4.0	12.70	700.0	2.429
10.110	281.453	4.0	12.70	700.0	2.519
12.110	294.080	4.0	12.70	700.0	2.632
14.110	288.777	4.0	12.70	700.0	2.585
16.110	221.048	4.0	12.70	700.0	1.979
18.110	214.066	4.0	12.70	700.0	1.916
20.110	207.192	4.0	12.70	700.0	1.855

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
1.360	4.951	0.819	5.0	O.K
2.590	4.926	1.629	5.0	O.K
4.110	3.524	1.832	4.5	O.K
6.110	3.036	2.391	4.5	O.K
8.110	3.085	2.429	4.5	O.K
10.110	3.200	2.519	4.5	O.K
12.110	3.343	2.632	4.5	O.K
14.110	3.283	2.585	4.5	O.K
16.110	2.513	1.979	4.5	O.K
18.110	1.622	1.916	4.5	O.K
20.110	1.570	1.855	4.5	O.K

▶ 총 소요장 산정 (L)

설치위치 (GL.-m)	적용자유장 L_f (m)	여유장 L_e (m)	적용정착장 L_a (m)	총 소요장 L (m)
1.360	15.500	1.500	5.000	22.000
2.590	14.000	1.500	5.000	20.500
4.110	13.500	1.500	4.500	19.500
6.110	12.500	1.500	4.500	18.500
8.110	11.500	1.500	4.500	17.500
10.110	10.500	1.500	4.500	16.500
12.110	9.500	1.500	4.500	15.500
14.110	8.500	1.500	4.500	14.500
16.110	7.500	1.500	4.500	13.500
18.110	6.500	1.500	4.500	12.500
20.110	5.500	1.500	4.500	11.500

마. ELONGATION 산정

$Lel = JF_{req} \times L / E_p \times A_p \times N$

여기서, Lel = 신장량 (mm)

JFreq = JACKING FORCE (kN)

L = 자유장 + 0.5 m

Ep = P.C 강선의 탄성계수 (N/mm^2)

N = strand 사용갯수 (ea)

설치위치 (GL.-m)	JF_{req} (kN)	L (m)	E_p (N/mm^2)	A_p (mm^2)	N (ea)	L_{el} (mm)
1.360	91.865	16.0	200000	98.71	4	18.613
2.590	145.132	14.5	200000	98.71	4	26.649
4.110	158.641	14.0	200000	98.71	4	28.125
6.110	310.082	13.0	200000	98.71	4	51.047
8.110	315.882	12.0	200000	98.71	4	48.002
10.110	327.785	11.0	200000	98.71	4	45.659
12.110	342.566	10.0	200000	98.71	4	43.380
14.110	339.895	9.0	200000	98.71	4	38.738
16.110	275.457	8.0	200000	98.71	4	27.906
18.110	272.705	7.0	200000	98.71	4	24.174
20.110	271.472	6.0	200000	98.71	4	20.626

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
1.360	1.20	13.0	15.500	1.500	5.000	91.865
2.590	1.20	30.0	14.000	1.500	5.000	145.132
4.110	1.20	30.0	13.500	1.500	4.500	158.641
6.110	1.20	30.0	12.500	1.500	4.500	310.082
8.110	1.20	30.0	11.500	1.500	4.500	315.882
10.110	1.20	30.0	10.500	1.500	4.500	327.785
12.110	1.20	30.0	9.500	1.500	4.500	342.566
14.110	1.20	30.0	8.500	1.500	4.500	339.895
16.110	1.20	30.0	7.500	1.500	4.500	275.457
18.110	1.20	30.0	6.500	1.500	4.500	272.705
20.110	1.20	30.0	5.500	1.500	4.500	271.472

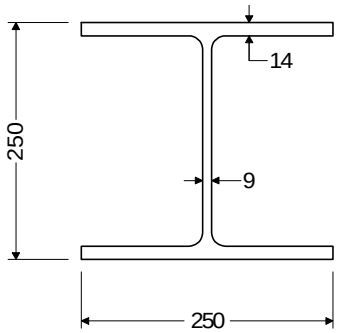
5.띠장 설계

5.1 E/A-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

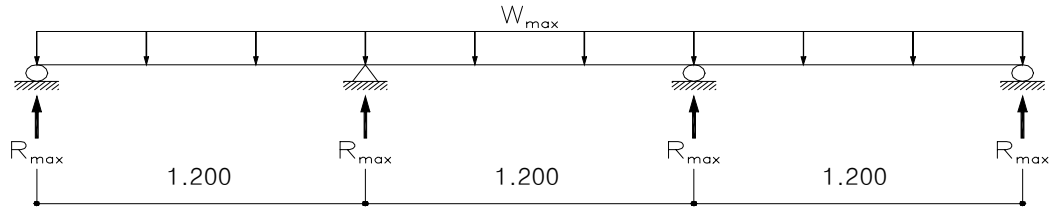
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



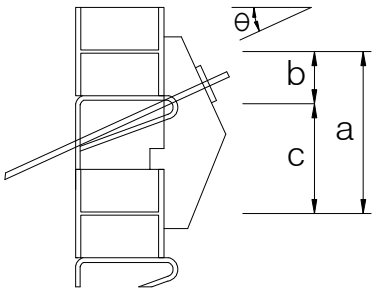
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 13.0 도



Jf_{used} = 91.865 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 91.865 \times \cos 13^\circ \times (0.393 / 0.550)$
$= 63.959$ kN

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 63.959 / (11 \times 1.200)$
$= 48.454$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 48.454 \times 1.200^2 / 10$
$= 6.977$ kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 48.454 \times 1.200 / 10$
$= 34.887$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 6.977 x 1000000 / 867000.0 = 8.048 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 34.887 x 1000 / 1998 = 17.461 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (8.048 + 8.048) / 8.048

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 8.048 MPa ---> O.K

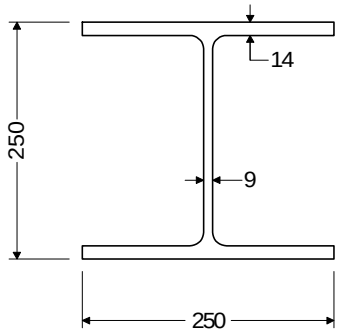
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 17.461 MPa ---> O.K

5.2 E/A-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

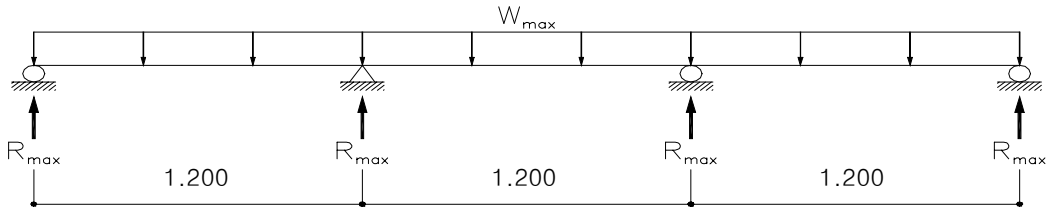
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



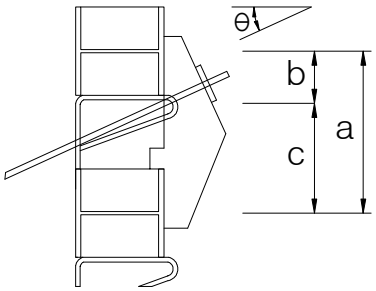
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 145.132 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 145.132 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 89.810 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 89.810 / (11 × 1.200)
= 68.038 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 68.038 × 1.200^2 / 10
= 9.797 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 68.038 × 1.200 / 10
= 48.987 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 9.797 x 1000000 / 867000.0 = 11.300 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 48.987 x 1000 / 1998 = 24.518 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (11.300 + 11.300) / 11.300

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 11.300 MPa ---> O.K

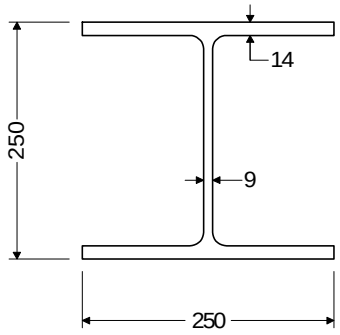
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 24.518 MPa ---> O.K

5.3 E/A-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

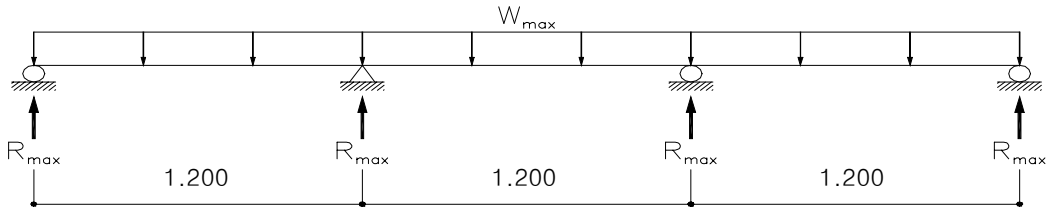
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



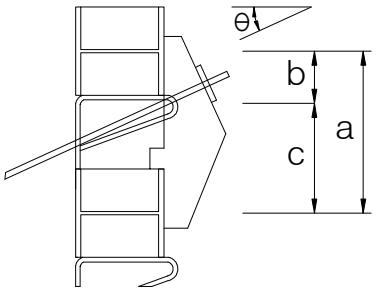
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 158.641 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 158.641 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 98.169 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 98.169 / (11 × 1.200)
= 74.371 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 74.371 × 1.200^2 / 10
= 10.709 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 74.371 × 1.200 / 10
= 53.547 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 10.709 \times 1000000 / 867000.0 = 12.352$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 53.547 \times 1000 / 1998 = 26.800$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 14.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (12.352 + 12.352) / 12.352$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1200 / 250$

$= 4.800$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (4.800 - 4.6))$

$= 156.940$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 156.940$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 156.940$ MPa > $f_b = 12.352$ MPa ---> O.K

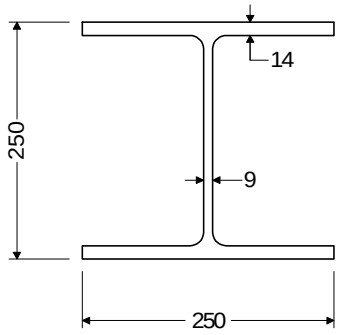
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 26.800$ MPa ---> O.K

5.4 E/A-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

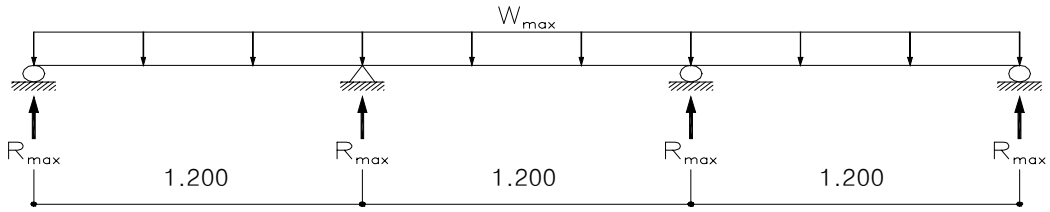
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



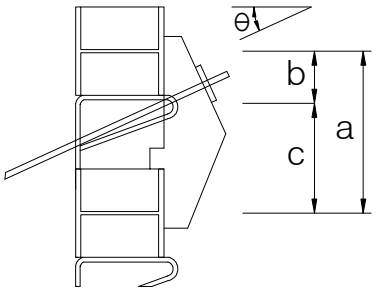
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 310.082 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 310.082 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 191.883 kN

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 191.883 / (11 × 1.200)
= 145.366 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 145.366 × 1.200 ^{2} / 10
= 20.933 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 145.366 × 1.200 / 10
= 104.664 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 20.933 x 1000000 / 867000.0 = 24.144 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 104.664 x 1000 / 1998 = 52.384 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (24.144 + 24.144) / 24.144

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 24.144 MPa ---> O.K

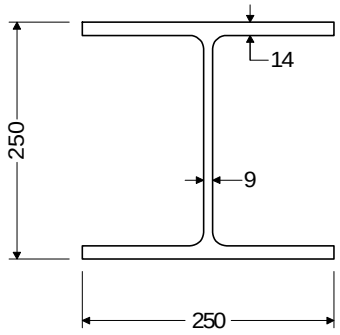
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 52.384 MPa ---> O.K

5.5 E/A-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

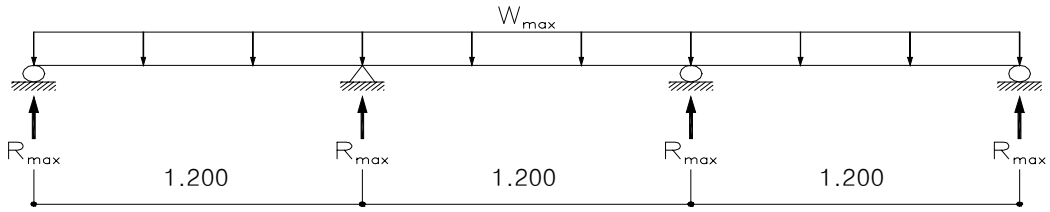
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



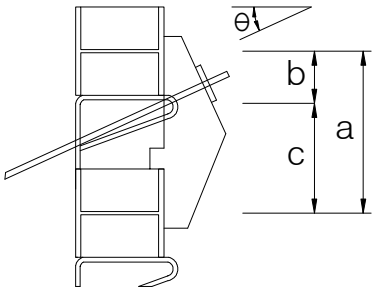
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 315.882 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 315.882 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 195.472 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 195.472 / (11 × 1.200)
= 148.085 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 148.085 × 1.200 ^{2} / 10
= 21.324 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 148.085 × 1.200 / 10
= 106.621 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 21.324 x 1000000 / 867000.0 = 24.595 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 106.621 x 1000 / 1998 = 53.364 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (24.595 + 24.595) / 24.595

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 24.595 MPa ---> O.K

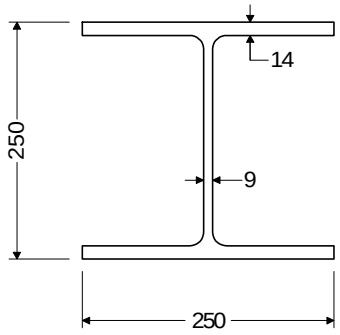
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 53.364 MPa ---> O.K

5.6 E/A-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

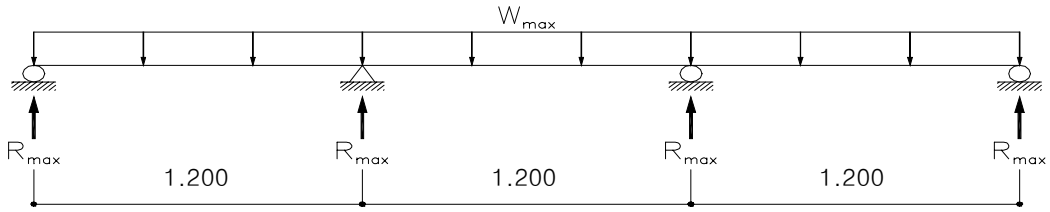
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



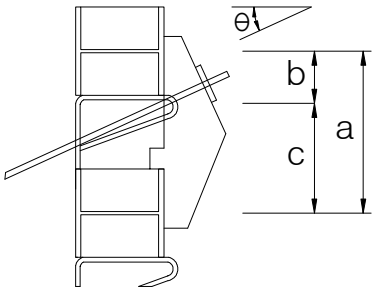
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 327.785 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 327.785 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 202.838 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 202.838 / (11 × 1.200)
= 153.665 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 153.665 × 1.200^2 / 10
= 22.128 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 153.665 × 1.200 / 10
= 110.639 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 22.128 \times 1000000 / 867000.0 = 25.522$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 110.639 \times 1000 / 1998 = 55.375$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 14.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (25.522 + 25.522) / 25.522$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1200 / 250$

$= 4.800$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (4.800 - 4.6))$

$= 156.940$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 156.940$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 156.940$ MPa > $f_b = 25.522$ MPa ---> O.K

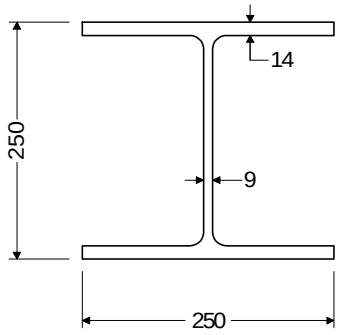
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 55.375$ MPa ---> O.K

5.7 E/A-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

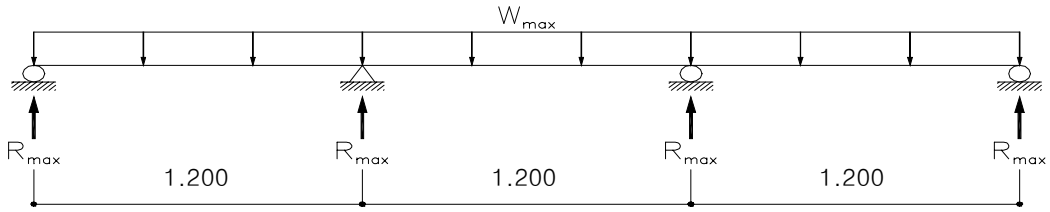
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



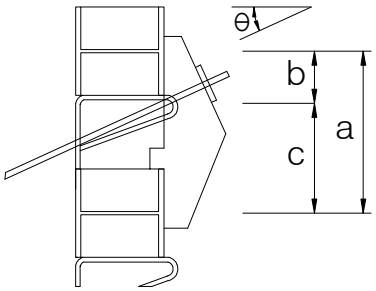
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 342.566 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 342.566 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 211.985 kN

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 211.985 / (11 × 1.200)
= 160.595 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 160.595 × 1.200^2 / 10
= 23.126 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 160.595 × 1.200 / 10
= 115.628 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 23.126 \times 1000000 / 867000.0 = 26.673$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 115.628 \times 1000 / 1998 = 57.872$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (26.673 + 26.673) / 26.673

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 26.673 MPa ---> O.K

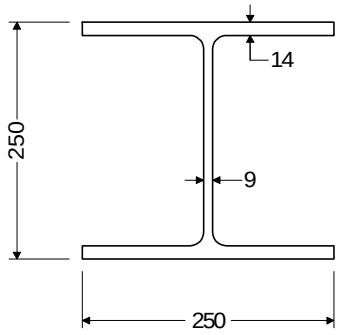
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 57.872 MPa ---> O.K

5.8 E/A-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

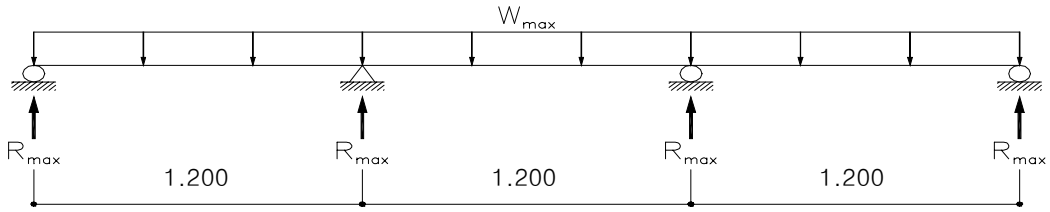
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



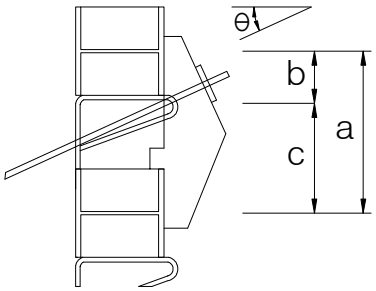
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 339.895 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 339.895 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 210.332 kN

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 210.332 / (11 × 1.200)
= 159.342 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 159.342 × 1.200 ^{2} / 10
= 22.945 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 159.342 × 1.200 / 10
= 114.727 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.945 x 1000000 / 867000.0 = 26.465 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 114.727 x 1000 / 1998 = 57.421 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (26.465 + 26.465) / 26.465

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 26.465 MPa ---> O.K

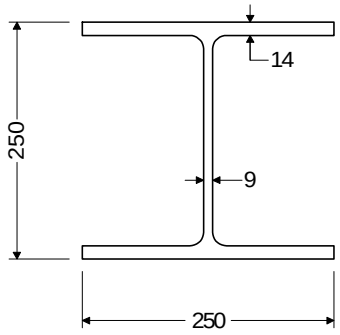
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 57.421 MPa ---> O.K

5.9 E/A-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

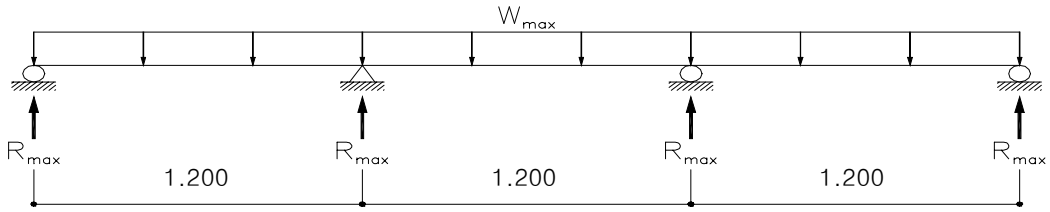
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



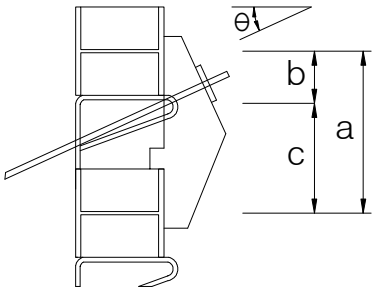
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 275.457 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 275.457 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 170.457 kN

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 170.457 / (11 × 1.200)
= 129.134 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 129.134 × 1.200^2 / 10
= 18.595 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 129.134 × 1.200 / 10
= 92.976 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 18.595 \times 1000000 / 867000.0 = 21.448$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 92.976 \times 1000 / 1998 = 46.535$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (21.448 + 21.448) / 21.448$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 21.448 MPa ---> O.K

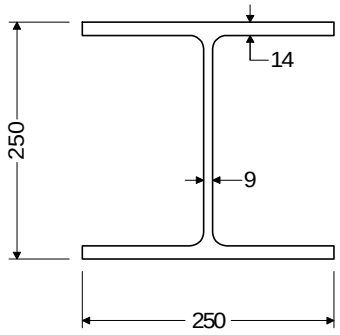
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 46.535 MPa ---> O.K

5.10 E/A-10 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

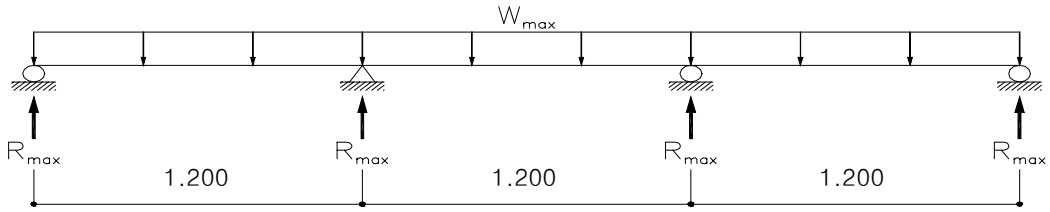
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



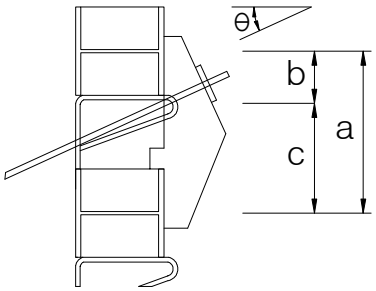
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 272.705 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 272.705 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 168.754 kN

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 168.754 / (11 \times 1.200)$
= 127.844 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 127.844 × 1.200 ^{2} / 10
= 18.410 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 127.844 × 1.200 / 10
= 92.048 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 18.410 \times 1000000 / 867000.0 = 21.234$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 92.048 \times 1000 / 1998 = 46.070$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 14.000$ ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (21.234 + 21.234) / 21.234$

$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1200 / 250$

$= 4.800$ ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 2.49 \times (4.800 - 4.6))$

$= 156.940$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 156.940$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$

$= 90.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 156.940$ MPa > $f_b = 21.234$ MPa ---> O.K

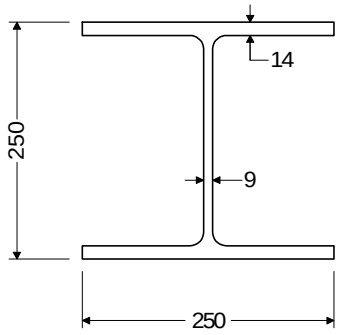
▶ 전단응력 , $\tau_a = 90.000$ MPa > $\tau = 46.070$ MPa ---> O.K

5.11 E/A-11 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

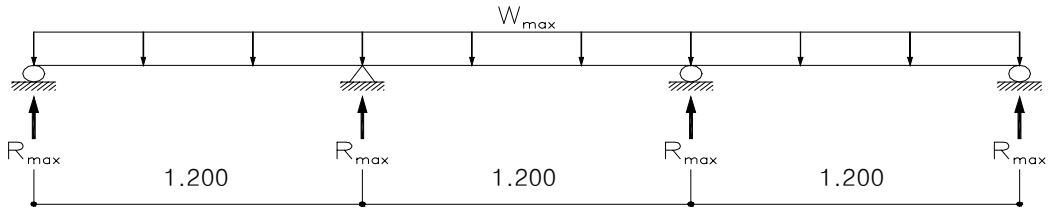
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



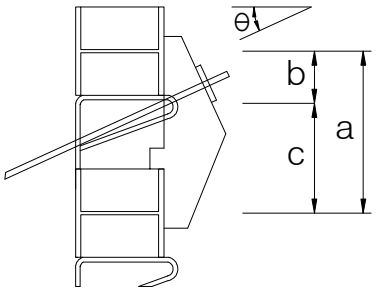
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 271.472 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 271.472 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 167.991 kN

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 167.991 / (11 × 1.200)
= 127.266 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 127.266 × 1.200 ^{2} / 10
= 18.326 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 127.266 × 1.200 / 10
= 91.631 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 18.326 x 1000000 / 867000.0 = 21.138 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 91.631 x 1000 / 1998 = 45.861 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (21.138 + 21.138) / 21.138

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (4.800 − 4.6))

= 156.940 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 156.940 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 156.940 MPa > f_b = 21.138 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 45.861 MPa ---> O.K

6.측면말뚝 설계

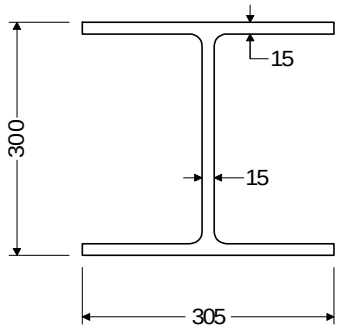
6.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.200 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 0.000 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 0.000 kN

다. 측면말뚝 자중 = 26.574 kN

라. 버팀보 자중 = 0.000 kN

마. 띠장 자중 = 9.557 kN

바. 지보재 수직분력 = 953.940 × 1.200 = 1144.727 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = ####### kN

최대모멘트, M_{max} = 98.748 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS15 : 굴착 14.61 m)

최대전단력, S_{max} = 166.902 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS15 : 굴착 14.61 m)

▶ Pmax = 1230.858 kN

▶ Mmax = 98.748 × 1.200 = 118.498 kN·m

▶ Smax = 166.902 × 1.200 = 200.283 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 118.498 x 1000000 / 1440000.0 = 82.290 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1230.858 x 1000 / 13480 = 91.310 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 200.283 x 1000 / 4050 = 49.452 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(34i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 1.707

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (173.600 - 9.020) / 173.600$

= 0.948

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2070 / 126

16.429 ---> $16 < Lx/Rx \le 80.1$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (16.429 − 16))

= 213.128 MPa

f_{ca} = $f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 213.128 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2070 / 305

= 6.787 ---> $4 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (6.787 − 4))

= 201.491 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 201.491 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (16.429)^2

= 5001.890 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 213.128 MPa > f_c = 91.310 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 201.491 MPa > f_b = 82.290 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 49.452 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{91.310}{213.128} + \dfrac{82.290}{201.491 \times (1 - (91.310 / 5001.890))}$

= 0.844 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 91.310 + \frac{82.290}{1 - (91.310 / 5001.890)}$$

$$= 175.130 < f_{cal} = 213.750 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.844 , 0.819)
= 0.844 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 10.0 mm ---> 흙막이벽(우) (CS15 : 굴착 14.61 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %
= 22.180 x 1000 x 0.002 = 44.360 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 1230.86 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.716 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

$= 140 \times 1019.716^{1/2} \times 0.01350^{2/5} \times 0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7. 흙막이 벽체 설계

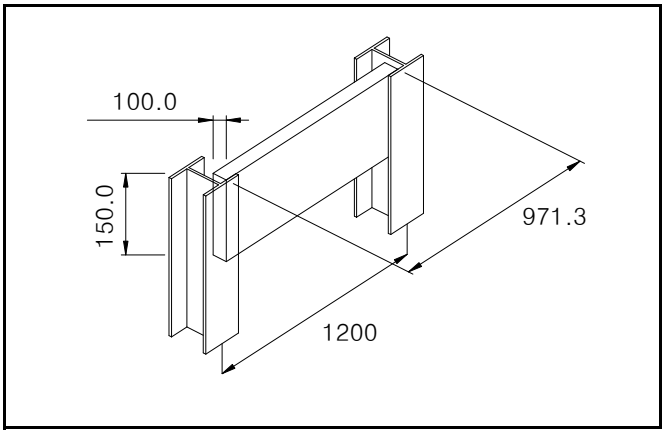
7.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 22.18m)

가. 목재의 허용응력 철도설계기준

목재의 종류		허용응력(MPa)	
		휨	전단
침엽수	소나무,해송,낙엽송,노송나무,솔송나무,미송	13.500	1.050
	삼나무,가문비나무,미삼나무,전나무	10.500	0.750
활엽수	참나무	19.500	2.100
	밤나무,느티나무,졸참나무,너도밤나무	15.000	1.500

나. 설계제원

높이 (H, mm)	150.0
두께 (t, mm)	100.0
H-Pile 수평간격(mm)	1200.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
목재의 종류	침엽수(소나무...)
목재의 허용 휨응력(MPa)	13.500
목재의 허용 전단응력(MPa)	1.05



다. 설계지간

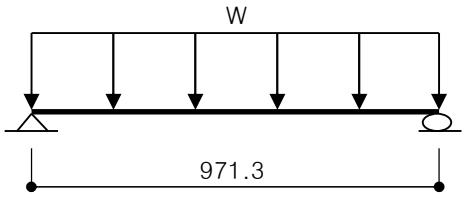
설계지간 (L) = 1200.0 - 3 x 305.0 / 4 = 971.3 mm

라. 단면력 산정

p_{max} = 0.1454 MPa ---> (CS24 : PECK:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 145.4 kN/m^2 x 0.1500 m = 21.8 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 21.8 x 0.971^2 / 8 = 2.6 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 21.8 x 0.971 / 2 = 10.6 kN

마. 토류판에 작용하는 응력 산정

$Z = H \times t2 / 6$

$= 150.0 \times 100.0^{2} / 6$

$= 250000 \ mm^{3}$

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z$

$= 2.6 \times 1000000 / 250000$

$= 10.28 \ MPa < f_{ba} = 13.5 \ MPa$ ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / (H \times t)$

$= 10.6 \times 1000 / (150.0 \times 100.0)$

$= 0.71 \ MPa < \tau_a = 1.1 \ MPa$ ---> O.K

바. 토류판 두께 산정

$T_{req} = \sqrt{(6 \times M_{max}) / (H \times f_{ba})}$

$= \sqrt{(6 \times 2.6 \times 1000000) / (150.0 \times 13.5)}$

$= 87.28 \ mm < T_{use} = 100.00$ mm 사용 ---> O.K

8. 탄소성 입력 데이터

8.1 해석종류 : 탄소성보법

8.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

8.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 40 m, 굴착폭 = 25 m, 최대굴착깊이 = 22.18 m, 전모델높이 = 30 m

8.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	매립층	1.01	18.00	19.00	0.00	26.00	3	-	12000.00
2	토사(모래)	9.61	18.00	19.00	0.00	28.00	3	-	20000.00
3	토사(자갈)	10.01	20.00	21.00	0.00	35.00	5	-	32000.00
4	풍화토	12.31	20.00	21.00	21.00	29.00	18	-	31000.00
5	풍화암	20.81	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암	30.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	50000.00

8.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	24.53	1.2

8.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	E/A-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	1.36	1.2	13	15.5	50
2	E/A-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	2.59	1.2	30	14	100
3	E/A-3	Strand12.7x4EA	SWPC7B	4.11	1.2	30	13.5	100
4	E/A-4	Strand12.7x4EA	SWPC7B	6.11	1.2	30	12.5	250
5	E/A-5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.11	1.2	30	11.5	250
6	E/A-6	Strand12.7x4EA	SWPC7B	10.11	1.2	30	10.5	250
7	E/A-7	Strand12.7x4EA	SWPC7B	12.11	1.2	30	9.5	250
8	E/A-8	Strand12.7x4EA	SWPC7B	14.11	1.2	30	8.5	250
9	E/A-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	16.11	1.2	30	7.5	200
10	E/A-10	Strand12.7x4EA	SWPC7B	18.11	1.2	30	6.5	200
11	E/A-11	Strand12.7x4EA	SWPC7B	20.11	1.2	30	5.5	200

8.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

8.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 18.77 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.56	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	E/A-1		-	-	-	-	X	X
3	3.09	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	E/A-2		-	-	-	-	X	X
5	4.61	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	E/A-3		-	-	-	-	X	X
7	6.61	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	E/A-4		-	-	-	-	X	X
9	8.61	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	E/A-5		-	-	-	-	X	X
11	10.61	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	E/A-6		-	-	-	-	X	X
13	12.61	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	E/A-7		-	-	-	-	X	X
15	14.61	-	-	-	-	-	-	O	X
16	-	E/A-8		-	-	-	-	X	X
17	16.61	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	E/A-9		-	-	-	-	X	X
19	18.61	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	E/A-10		-	-	-	-	X	X
21	20.61	-	-	-	-	-	-	X	X
22	-	E/A-11		-	-	-	-	X	X
23	22.18	-	-	-	-	-	-	X	X
24	22.18	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

9. 해석 결과
9.1 전산 해석결과 집계

9.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.56 m	1.56	15.52	1.9	-7.29	5.2	1.42	9.1	-22.94	3.1
CS2 : 생성 E/A-1	1.56	18.21	1.4	-21.12	1.4	3.08	4.6	-12.61	1.4
CS3 : 굴착 3.09 m	3.09	12.42	1.4	-30.01	1.4	13.07	3.1	-9.11	1.4
CS4 : 생성 E/A-2	3.09	25.55	2.6	-46.62	2.6	6.72	5.5	-23.44	2.6
CS5 : 굴착 4.61 m	4.61	23.25	1.4	-55.27	2.6	21.39	4.6	-25.37	2.6
CS6 : 생성 E/A-3	4.61	24.92	4.1	-47.45	2.6	8.39	6.6	-20.89	2.6
CS7 : 굴착 6.61 m	6.61	33.63	2.6	-84.18	4.1	63.88	6.1	-44.52	2.6
CS8 : 생성 E/A-4	6.61	87.99	6.1	-92.42	6.1	13.27	8.6	-49.75	6.1
CS9 : 굴착 8.61 m	8.61	56.98	6.1	-135.75	6.1	77.15	8.1	-61.40	6.1
CS10 : 생성 E/A-5	8.61	78.59	6.1	-108.37	8.1	15.44	4.8	-37.28	8.1
CS11 : 굴착 10.61 m	10.61	89.59	6.1	-158.50	8.1	79.66	9.6	-65.05	6.1
CS12 : 생성 E/A-6	10.61	97.56	10.1	-120.73	8.1	21.18	9.1	-38.94	6.1
CS13 : 굴착 12.61 m	12.61	86.76	6.1	-138.11	10.1	86.92	11.6	-58.16	8.1
CS14 : 생성 E/A-7	12.61	84.61	10.1	-121.44	8.1	22.90	11.1	-40.28	6.1
CS15 : 굴착 14.61 m	14.61	87.99	10.1	-166.90	12.1	98.75	13.6	-55.73	10.1
CS16 : 생성 E/A-8	14.61	85.26	10.1	-120.26	8.1	23.88	13.1	-40.11	6.1
CS17 : 굴착 16.61 m	16.61	93.12	10.1	-153.37	14.1	66.16	15.6	-41.05	10.1
CS18 : 생성 E/A-9	16.61	86.29	10.1	-120.04	8.1	24.12	13.1	-39.98	6.1
CS19 : 굴착 18.61 m	18.61	86.98	10.1	-120.09	8.1	42.65	18.1	-39.88	6.1
CS20 : 생성 E/A-10	18.61	86.49	10.1	-120.04	8.1	23.00	13.1	-39.95	6.1
CS21 : 굴착 20.61 m	20.61	86.11	10.1	-120.14	8.1	48.74	19.8	-40.00	6.1
CS22 : 생성 E/A-11	20.61	86.35	10.1	-120.09	8.1	22.53	13.1	-39.97	6.1
CS23 : 굴착 22.18 m	22.18	86.34	10.1	-120.09	8.1	22.66	13.1	-39.97	6.1
CS24 : PECK	22.18	85.96	16.1	-139.39	12.1	49.18	13.1	-47.80	18.1
TOTAL		97.56	10.1	-166.90	12.1	98.75	13.6	-65.05	6.1

9.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	E/A-1	E/A-2	E/A-3	E/A-4	E/A-5
		1.36 (m)	2.59 (m)	4.11 (m)	6.11 (m)	8.11 (m)
CS1 : 굴착 1.56 m	1.56	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 E/A-1	1.56	40.36	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.09 m	3.09	43.55	-	-	-	-
CS4 : 생성 E/A-2	3.09	39.07	83.33	-	-	-
CS5 : 굴착 4.61 m	4.61	39.57	86.66	-	-	-
CS6 : 생성 E/A-3	4.61	39.19	83.01	83.33	-	-

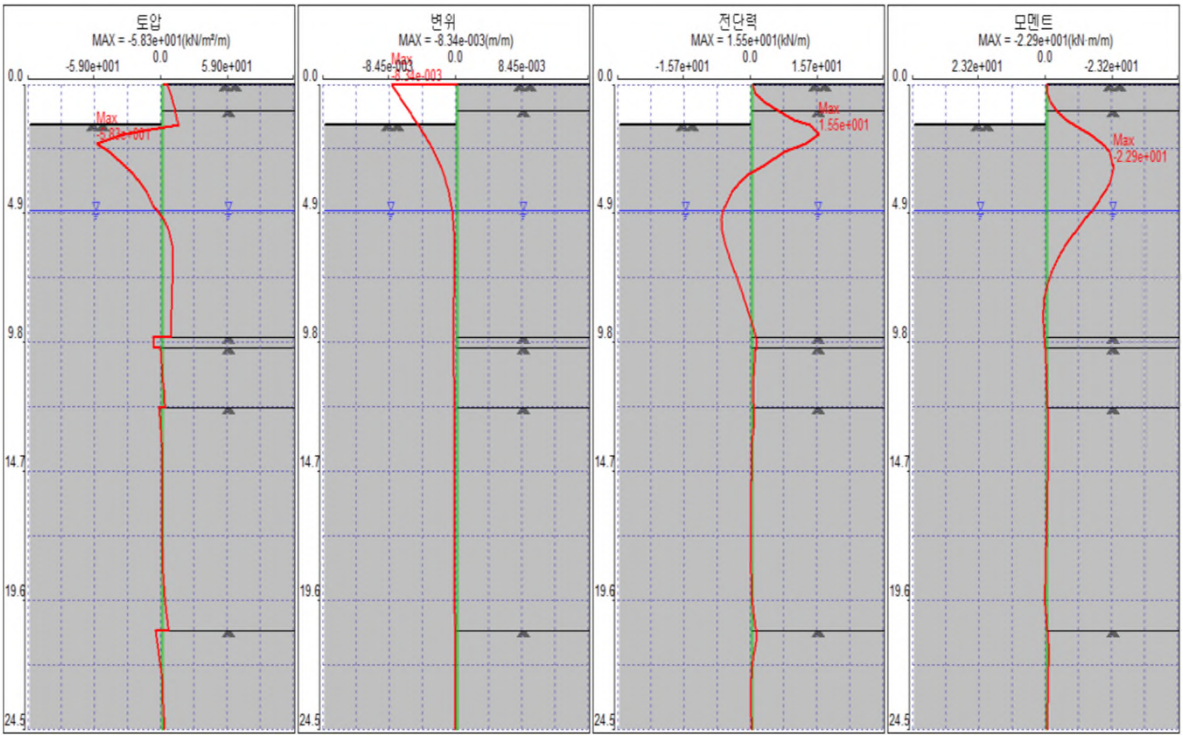
CS7 : 굴착 6.61 m	6.61	38.18	86.48	97.44	-	-
CS8 : 생성 E/A-4	6.61	39.64	83.34	82.03	208.32	-
CS9 : 굴착 8.61 m	8.61	38.91	82.40	83.04	222.55	-
CS10 : 생성 E/A-5	8.61	39.60	83.47	82.61	208.93	208.33
CS11 : 굴착 10.61 m	10.61	39.53	82.99	81.64	210.81	226.12
CS12 : 생성 E/A-6	10.61	39.57	83.41	82.58	209.48	209.80
CS13 : 굴착 12.61 m	12.61	39.63	83.33	82.07	208.54	214.55
CS14 : 생성 E/A-7	12.61	39.58	83.40	82.52	209.44	210.50
CS15 : 굴착 14.61 m	14.61	39.62	83.43	82.43	208.71	210.01
CS16 : 생성 E/A-8	14.61	39.58	83.41	82.52	209.36	210.32
CS17 : 굴착 16.61 m	16.61	39.59	83.43	82.55	209.23	209.65
CS18 : 생성 E/A-9	16.61	39.58	83.41	82.53	209.36	210.24
CS19 : 굴착 18.61 m	18.61	39.58	83.41	82.53	209.37	210.20
CS20 : 생성 E/A-10	18.61	39.58	83.41	82.53	209.36	210.23
CS21 : 굴착 20.61 m	20.61	39.58	83.41	82.53	209.36	210.26
CS22 : 생성 E/A-11	20.61	39.58	83.41	82.53	209.36	210.24
CS23 : 굴착 22.18 m	22.18	39.58	83.41	82.53	209.36	210.24
CS24 : PECK	22.18	39.93	81.37	82.19	205.74	209.43
TOTAL		43.55	86.66	97.44	222.55	226.12

시공단계	굴착 깊이	E/A-6	E/A-7	E/A-8	E/A-9	E/A-10
		10.11 (m)	12.11 (m)	14.11 (m)	16.11 (m)	18.11 (m)
CS1 : 굴착 1.56 m	1.56	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 E/A-1	1.56	-	-	-	-	-
CS3 : 굴착 3.09 m	3.09	-	-	-	-	-
CS4 : 생성 E/A-2	3.09	-	-	-	-	-
CS5 : 굴착 4.61 m	4.61	-	-	-	-	-
CS6 : 생성 E/A-3	4.61	-	-	-	-	-
CS7 : 굴착 6.61 m	6.61	-	-	-	-	-
CS8 : 생성 E/A-4	6.61	-	-	-	-	-
CS9 : 굴착 8.61 m	8.61	-	-	-	-	-
CS10 : 생성 E/A-5	8.61	-	-	-	-	-
CS11 : 굴착 10.61 m	10.61	-	-	-	-	-
CS12 : 생성 E/A-6	10.61	208.33	-	-	-	-
CS13 : 굴착 12.61 m	12.61	234.54	-	-	-	-
CS14 : 생성 E/A-7	12.61	210.75	208.33	-	-	-
CS15 : 굴착 14.61 m	14.61	219.78	245.07	-	-	-
CS16 : 생성 E/A-8	14.61	211.19	210.98	208.28	-	-
CS17 : 굴착 16.61 m	16.61	211.35	220.78	240.56	-	-
CS18 : 생성 E/A-9	16.61	211.07	211.75	211.55	166.66	-
CS19 : 굴착 18.61 m	18.61	210.83	211.76	215.64	184.21	-
CS20 : 생성 E/A-10	18.61	211.02	211.80	212.35	169.04	166.66
CS21 : 굴착 20.61 m	20.61	211.04	211.45	211.18	168.89	178.39
CS22 : 생성 E/A-11	20.61	211.02	211.64	211.98	169.40	170.20
CS23 : 굴착 22.18 m	22.18	211.02	211.64	211.89	169.11	170.30
CS24 : PECK	22.18	222.35	237.45	240.65	183.67	168.24
TOTAL		234.54	245.07	240.65	184.21	178.39

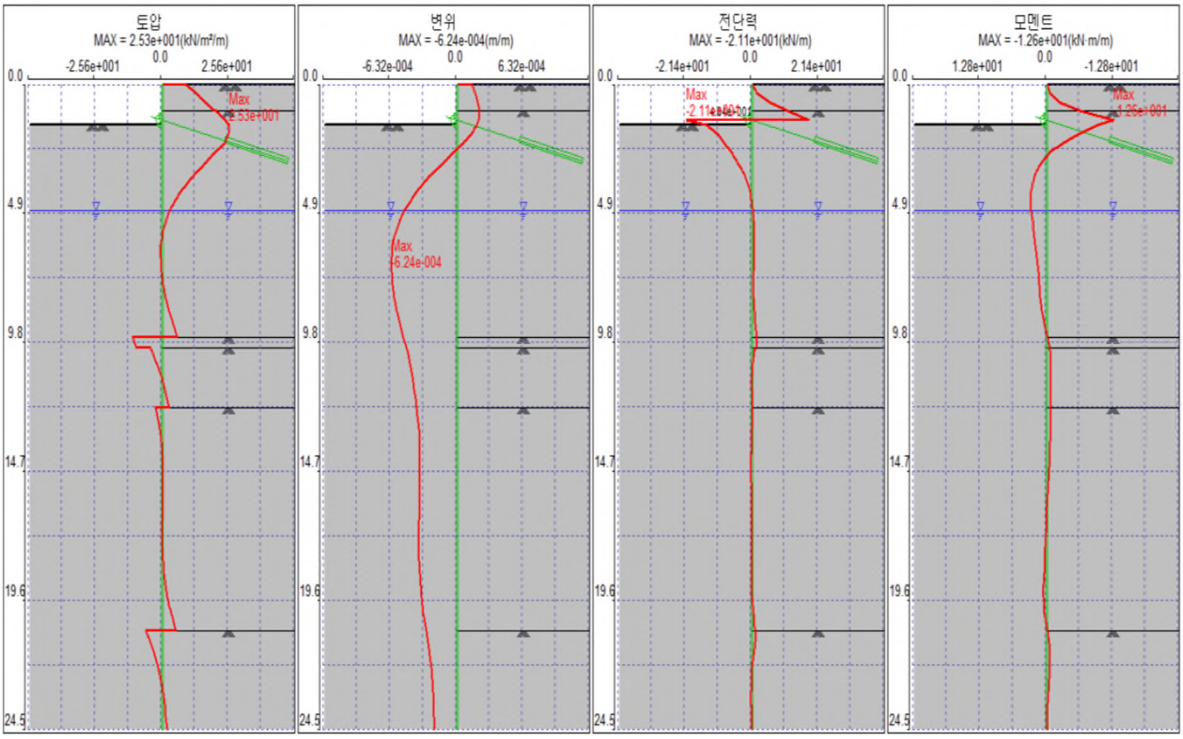
시공단계	굴착 깊이	E/A-11				
		20.11 (m)				
CS1 : 굴착 1.56 m	1.56	-				
CS2 : 생성 E/A-1	1.56	-				
CS3 : 굴착 3.09 m	3.09	-				
CS4 : 생성 E/A-2	3.09	-				
CS5 : 굴착 4.61 m	4.61	-				
CS6 : 생성 E/A-3	4.61	-				
CS7 : 굴착 6.61 m	6.61	-				
CS8 : 생성 E/A-4	6.61	-				
CS9 : 굴착 8.61 m	8.61	-				
CS10 : 생성 E/A-5	8.61	-				
CS11 : 굴착 10.61 m	10.61	-				
CS12 : 생성 E/A-6	10.61	-				
CS13 : 굴착 12.61 m	12.61	-				
CS14 : 생성 E/A-7	12.61	-				
CS15 : 굴착 14.61 m	14.61	-				
CS16 : 생성 E/A-8	14.61	-				
CS17 : 굴착 16.61 m	16.61	-				
CS18 : 생성 E/A-9	16.61	-				
CS19 : 굴착 18.61 m	18.61	-				
CS20 : 생성 E/A-10	18.61	-				
CS21 : 굴착 20.61 m	20.61	-				
CS22 : 생성 E/A-11	20.61	166.67				
CS23 : 굴착 22.18 m	22.18	172.66				
CS24 : PECK	22.18	171.47				
TOTAL		172.66				

9.2 시공단계별 단면력도

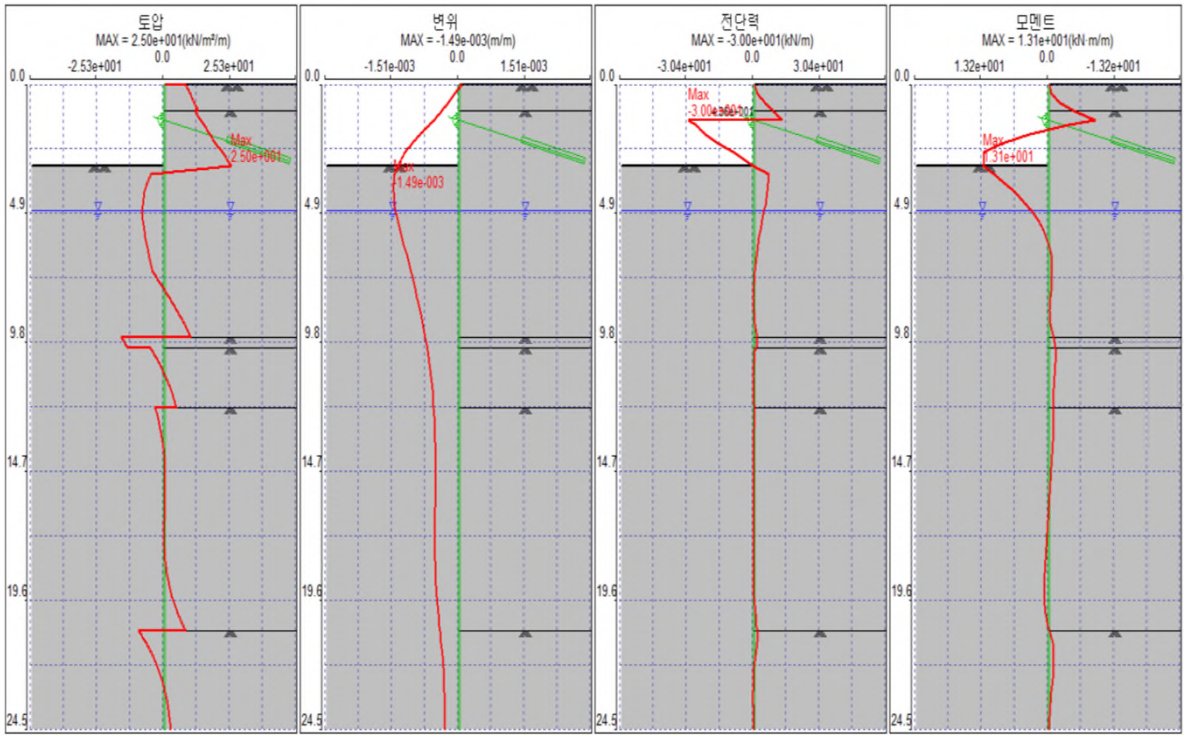
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.56 m]



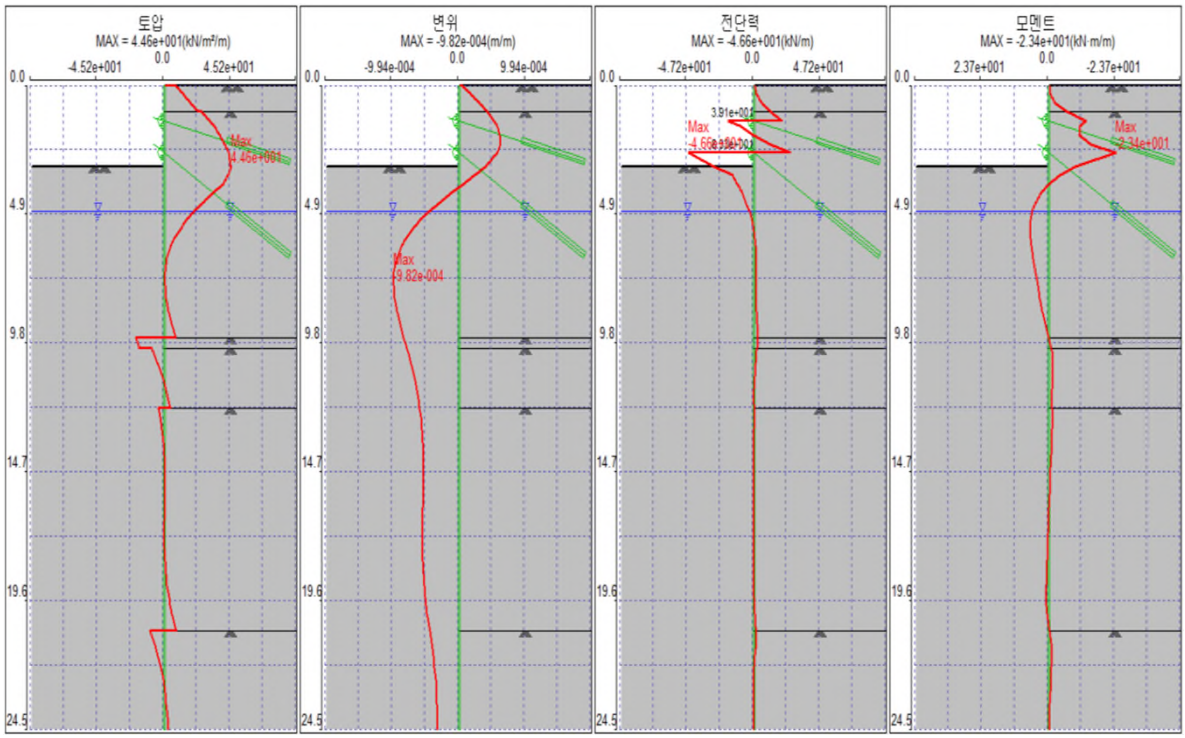
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 E/A-1]



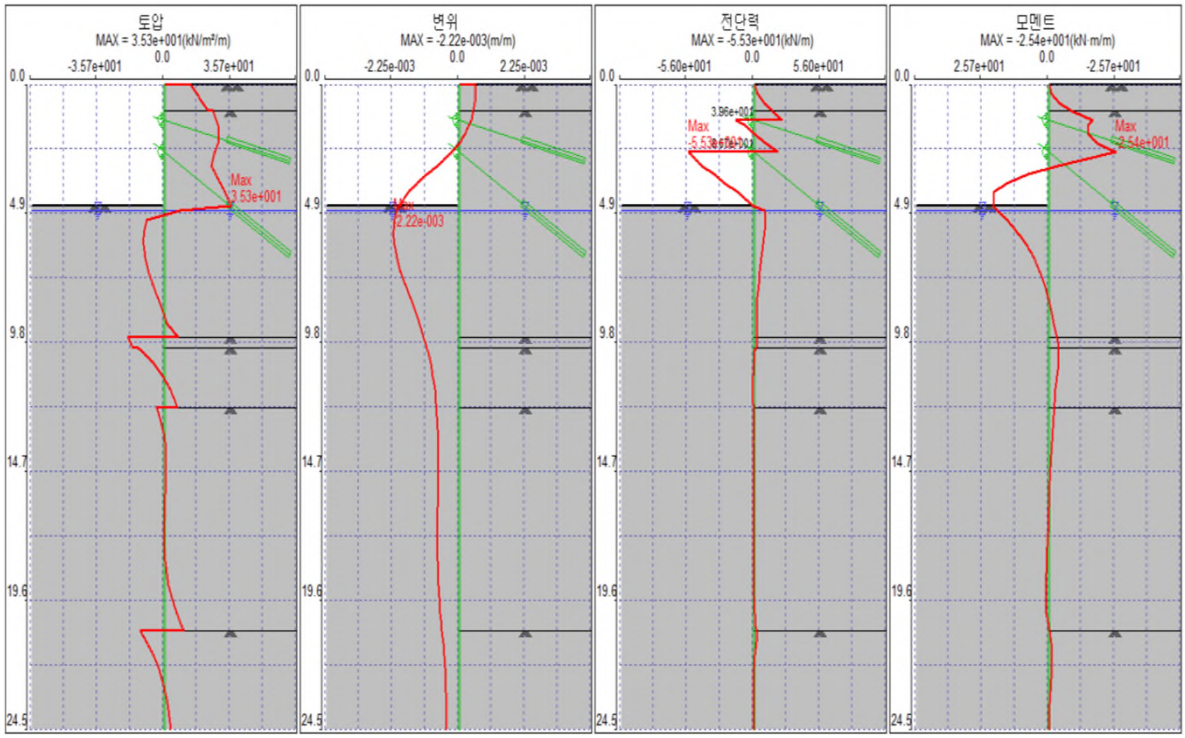
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.09 m]



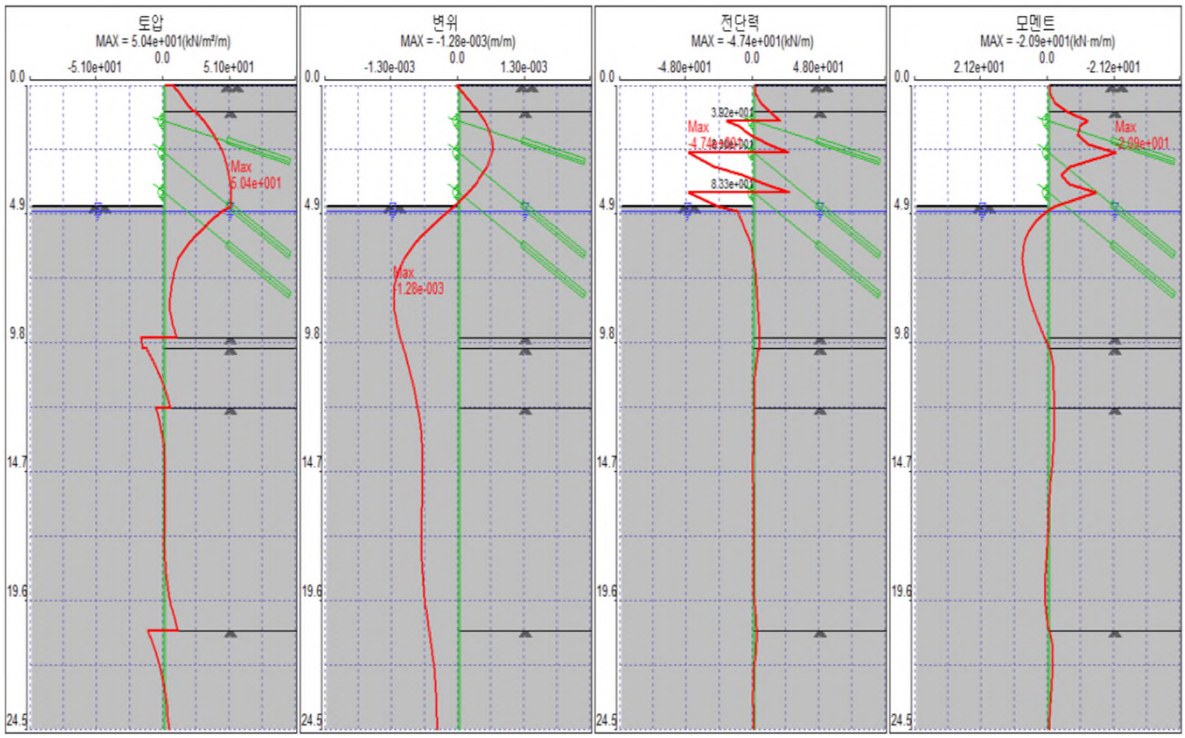
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 E/A-2]



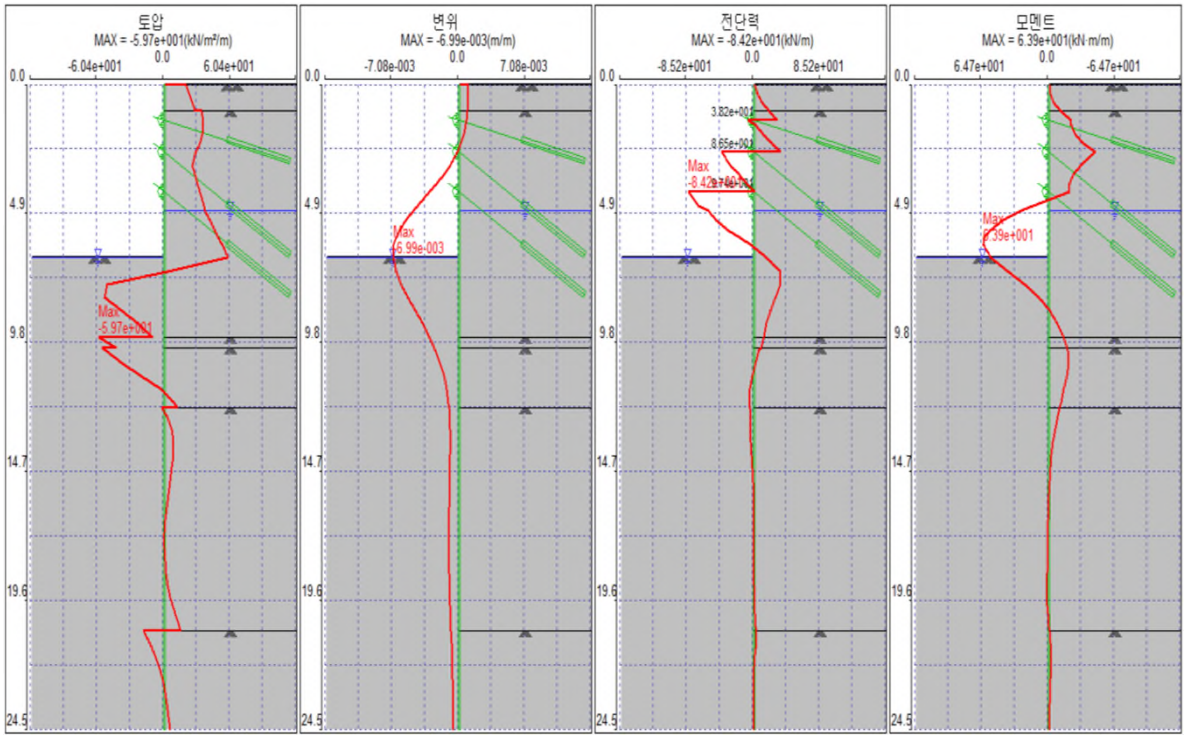
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.61 m]



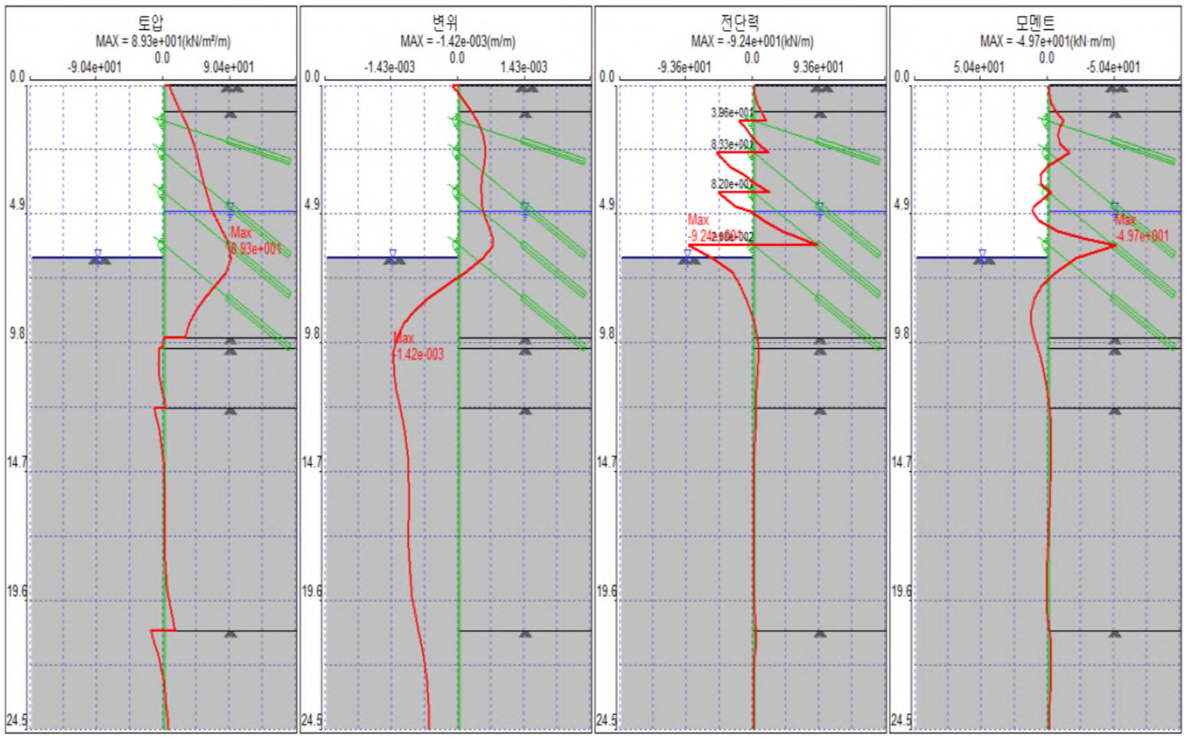
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 E/A-3]



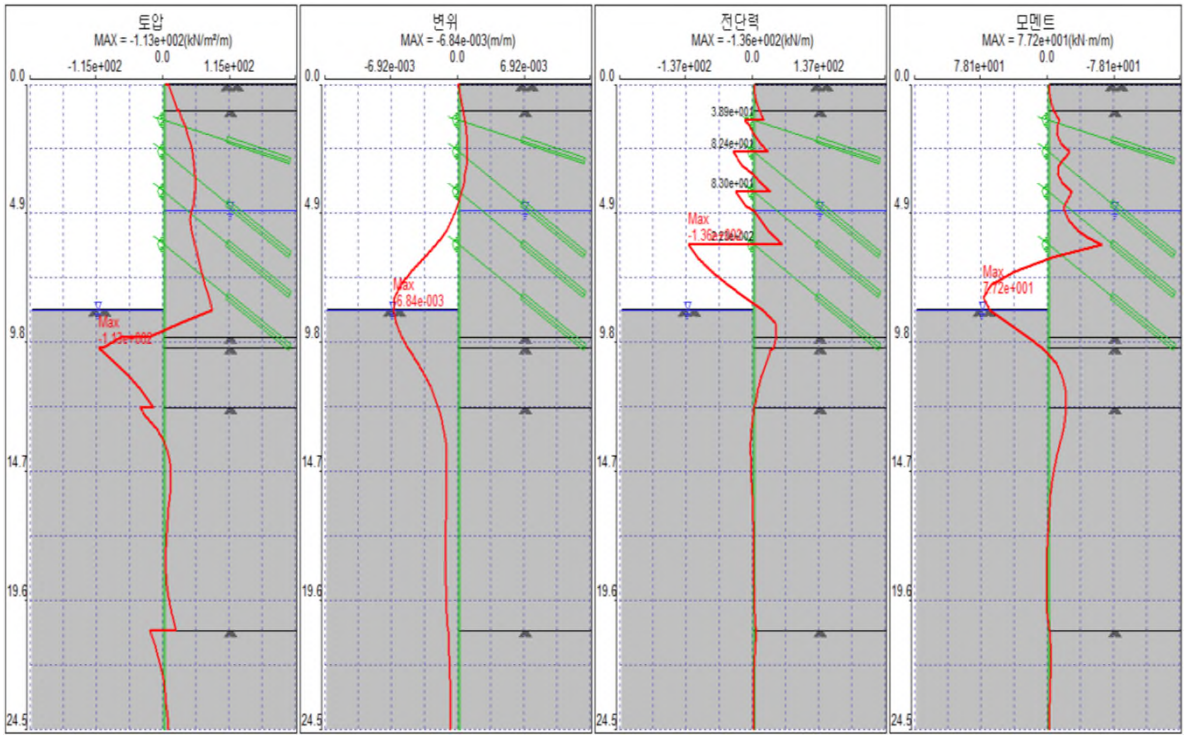
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.61 m]



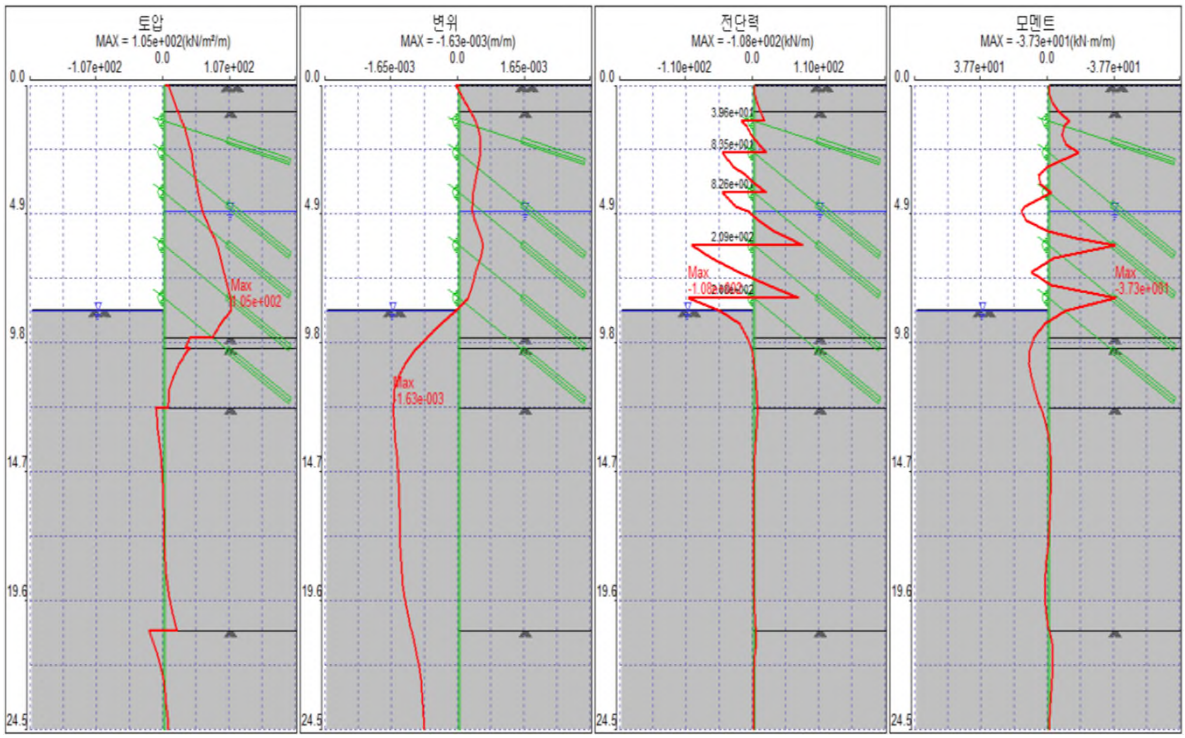
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 E/A-4]



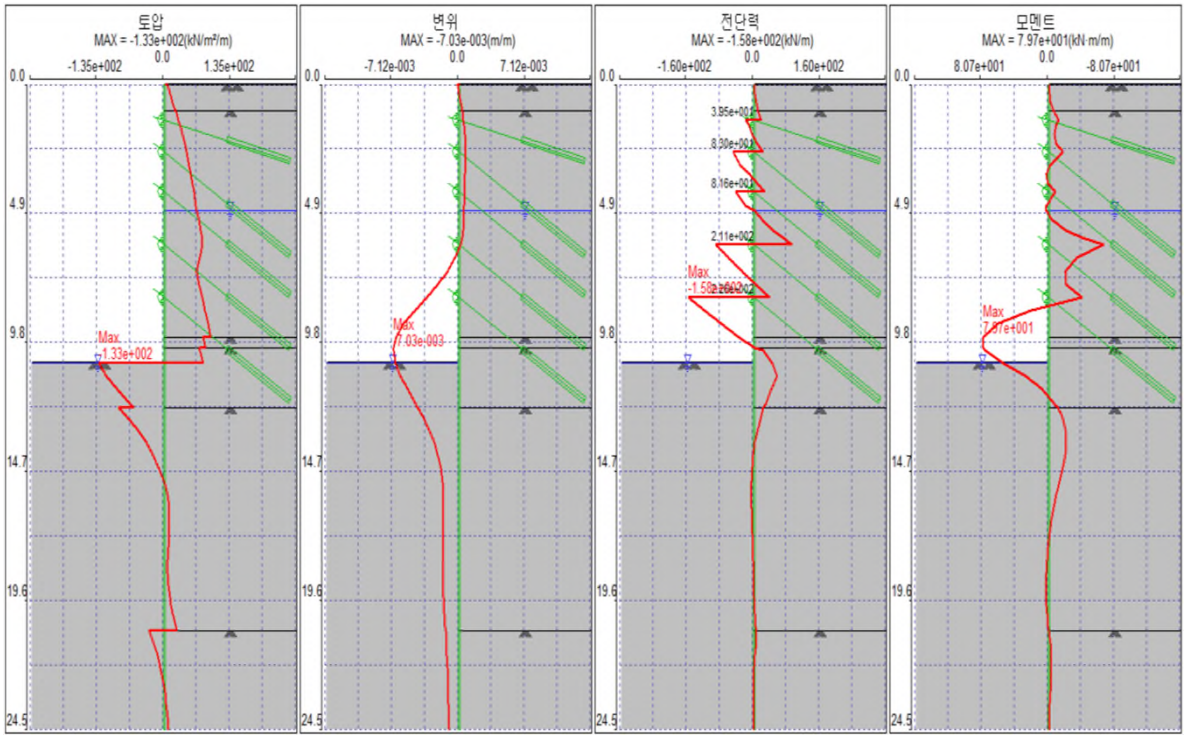
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 8.61 m]



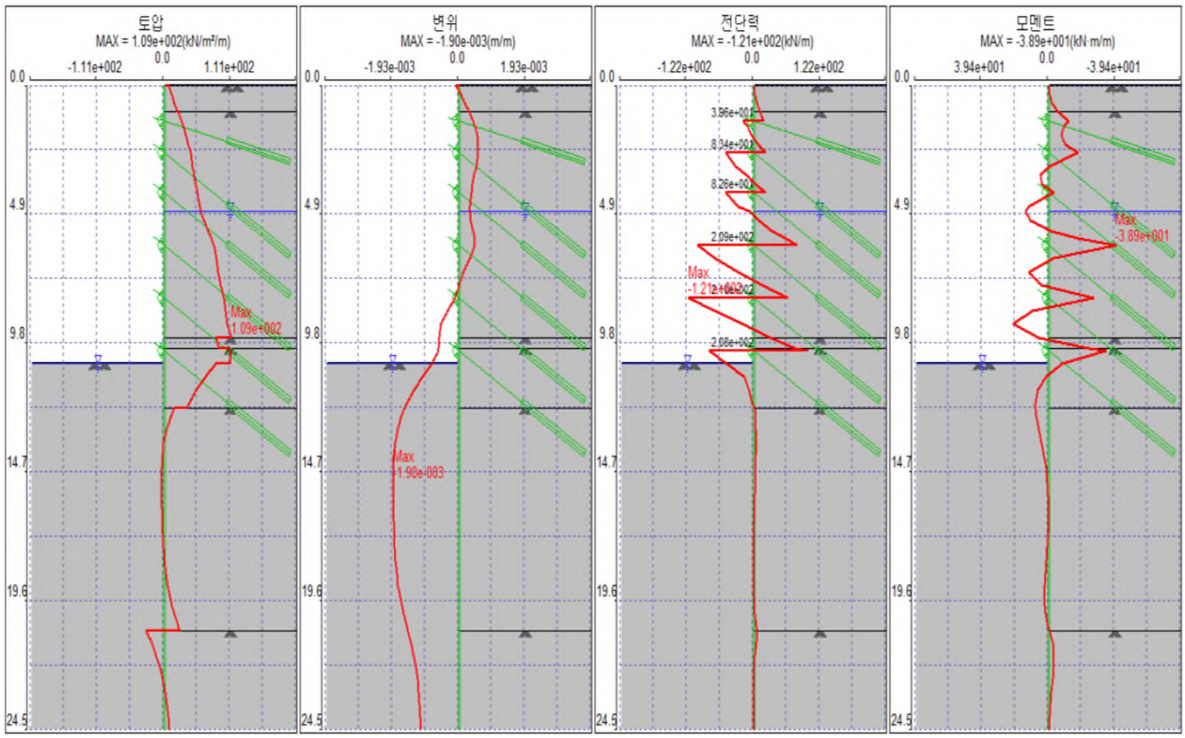
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 E/A-5]



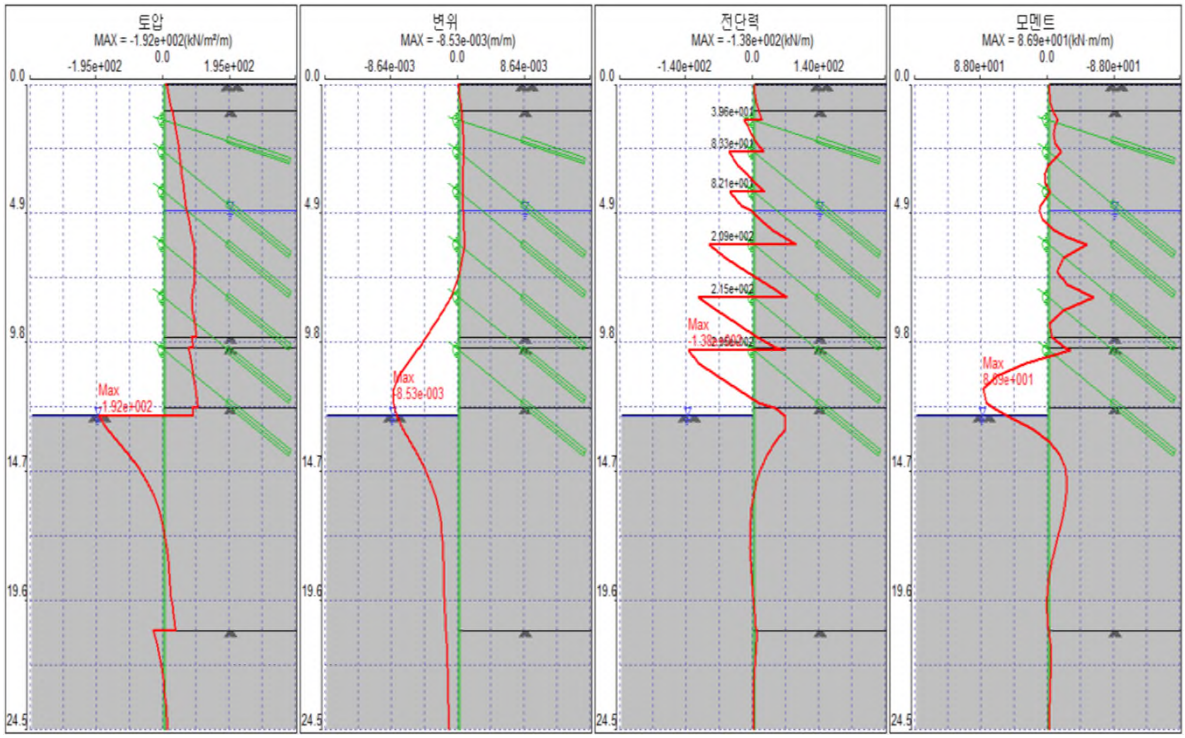
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 10.61 m]



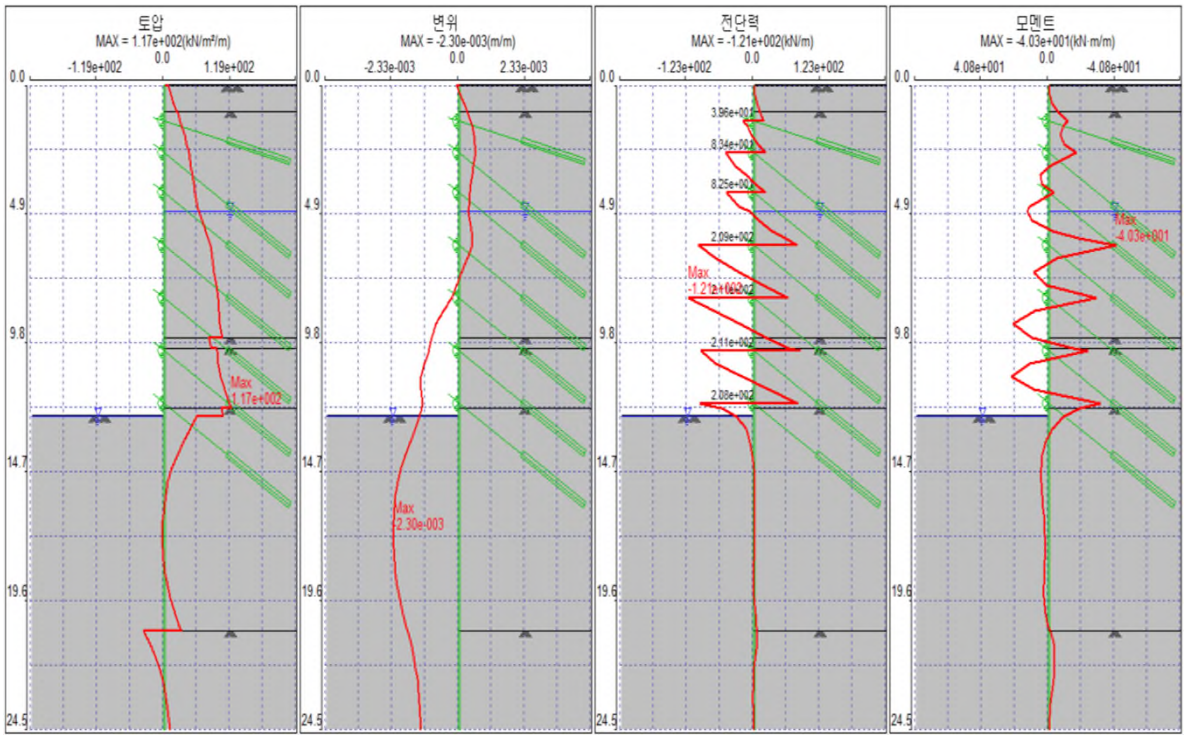
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 E/A-6]



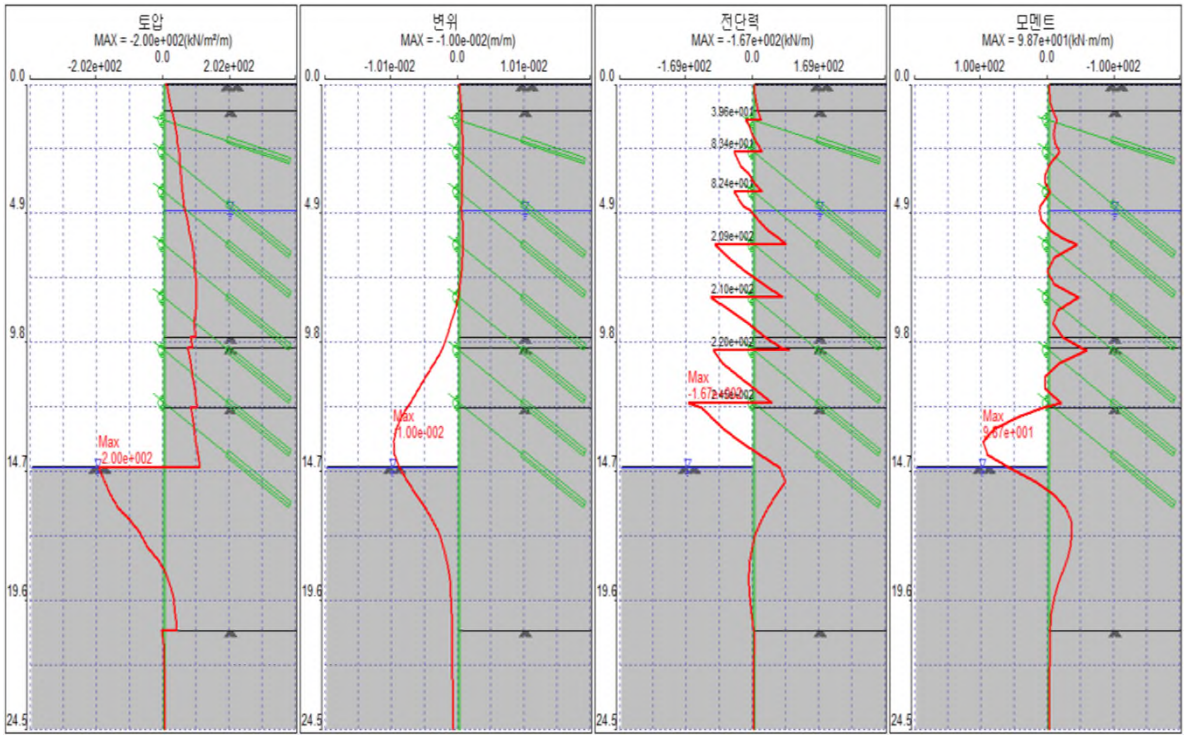
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 12.61 m]



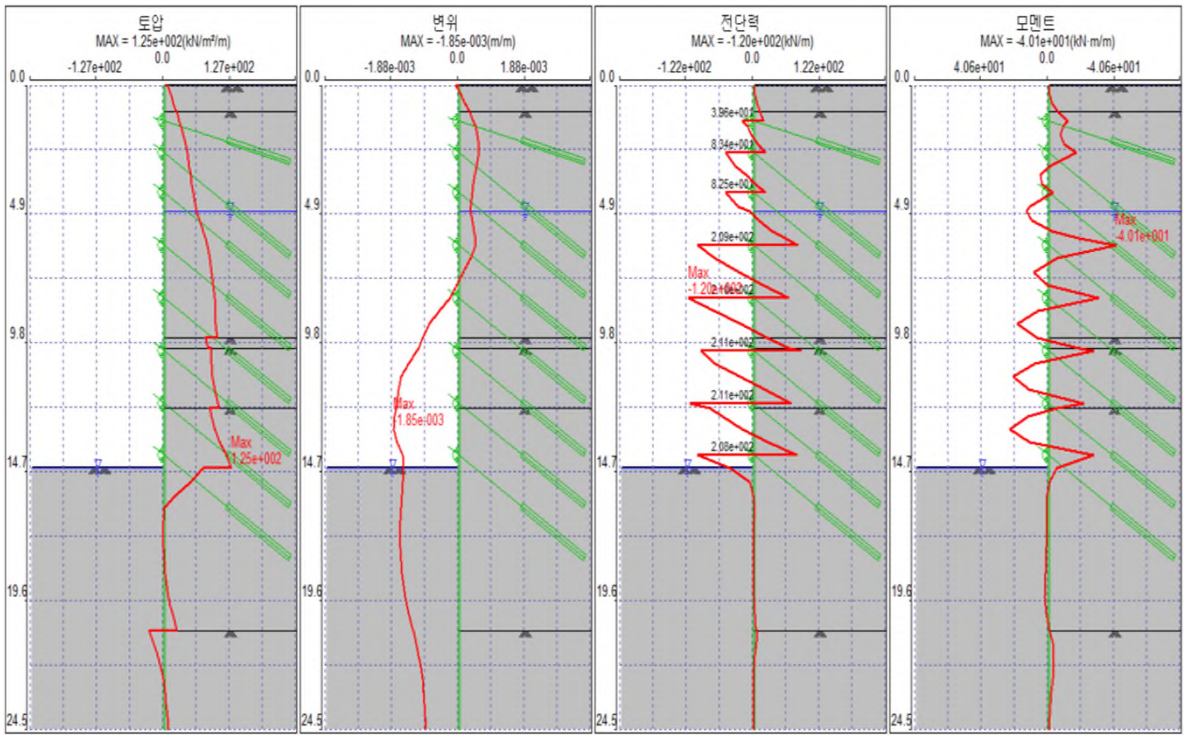
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 E/A-7]



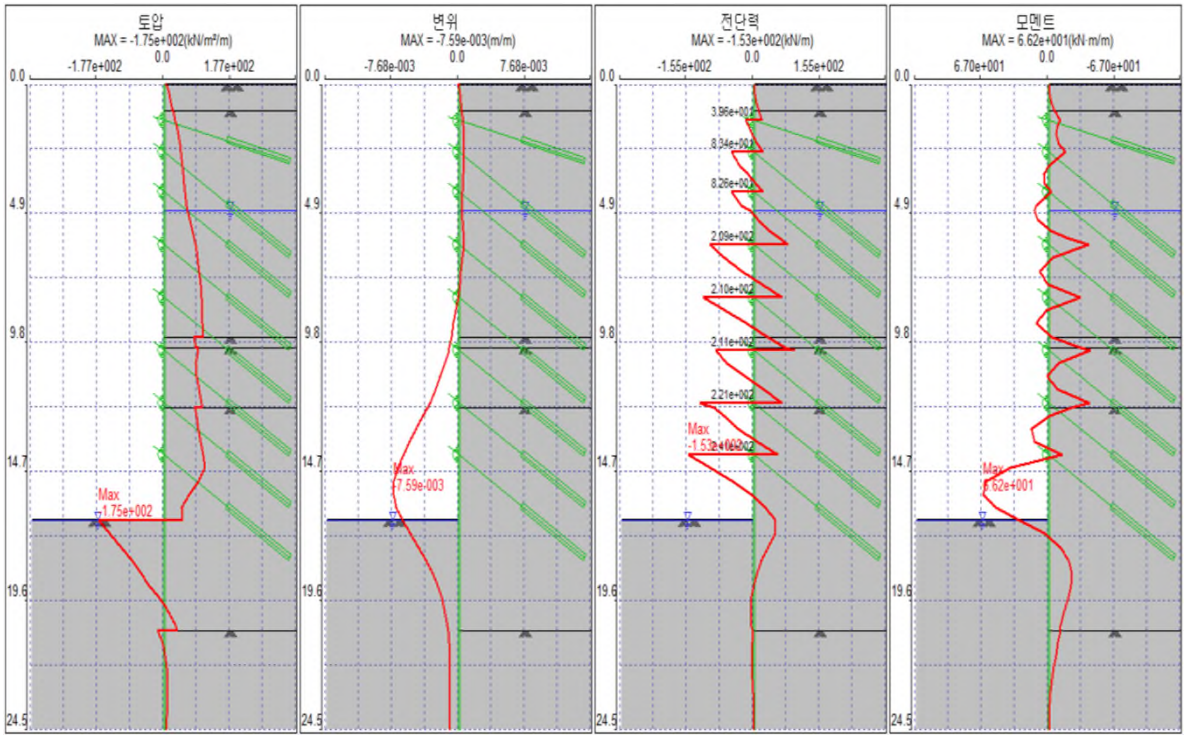
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 14.61 m]



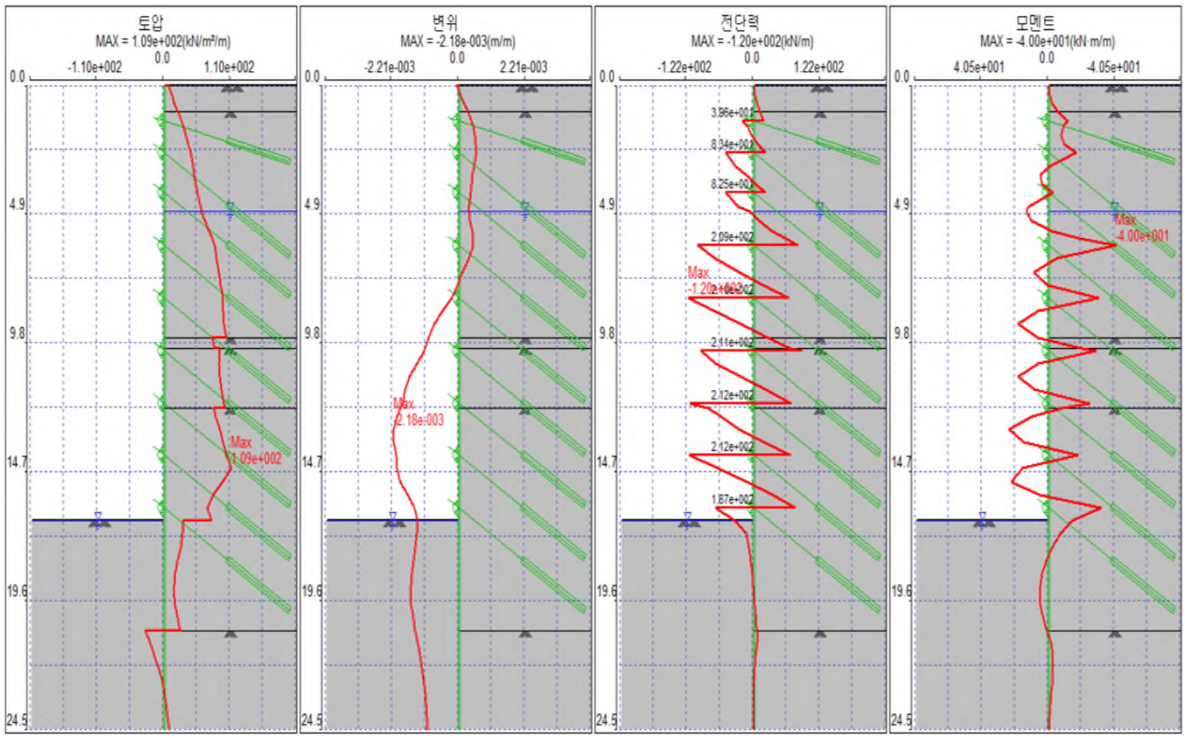
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 E/A-8]



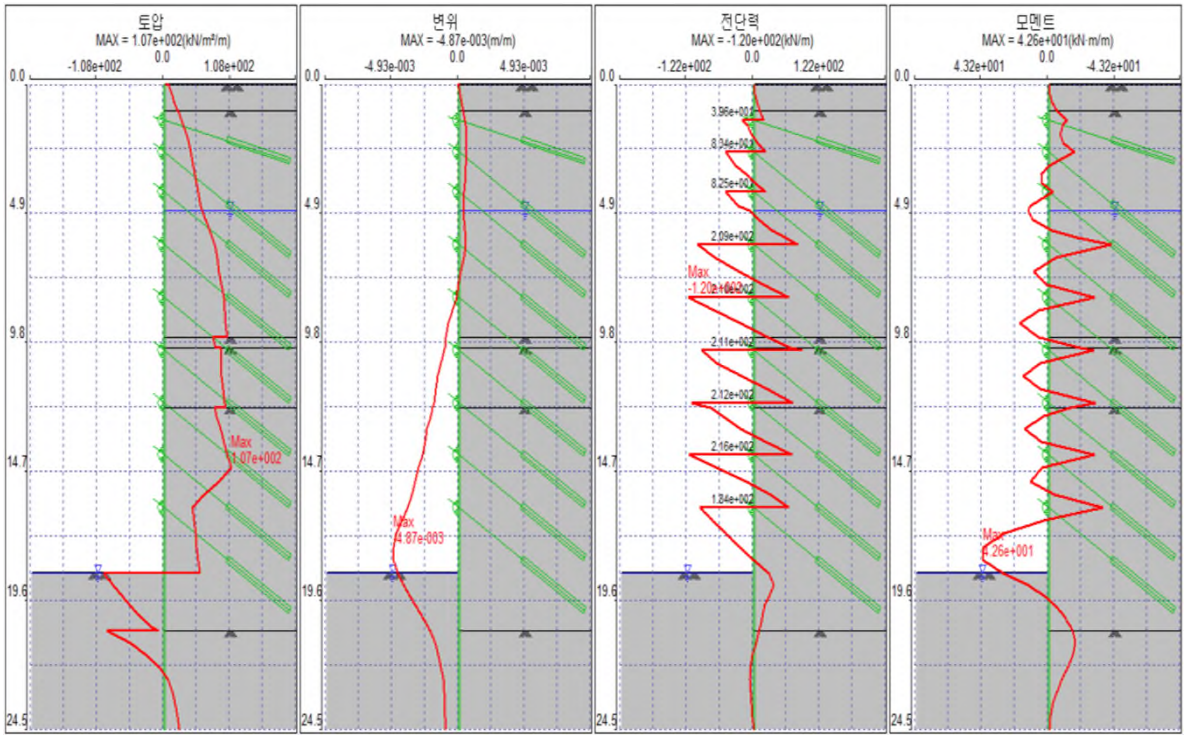
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 16.61 m]



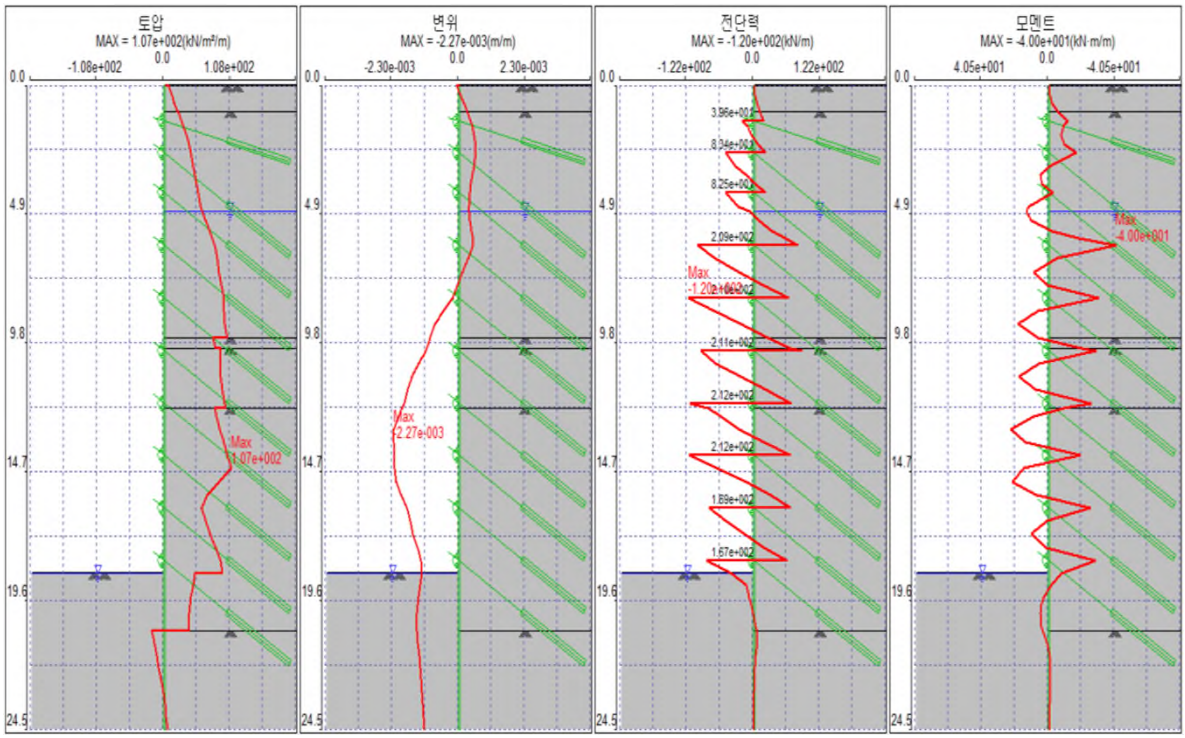
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 E/A-9]



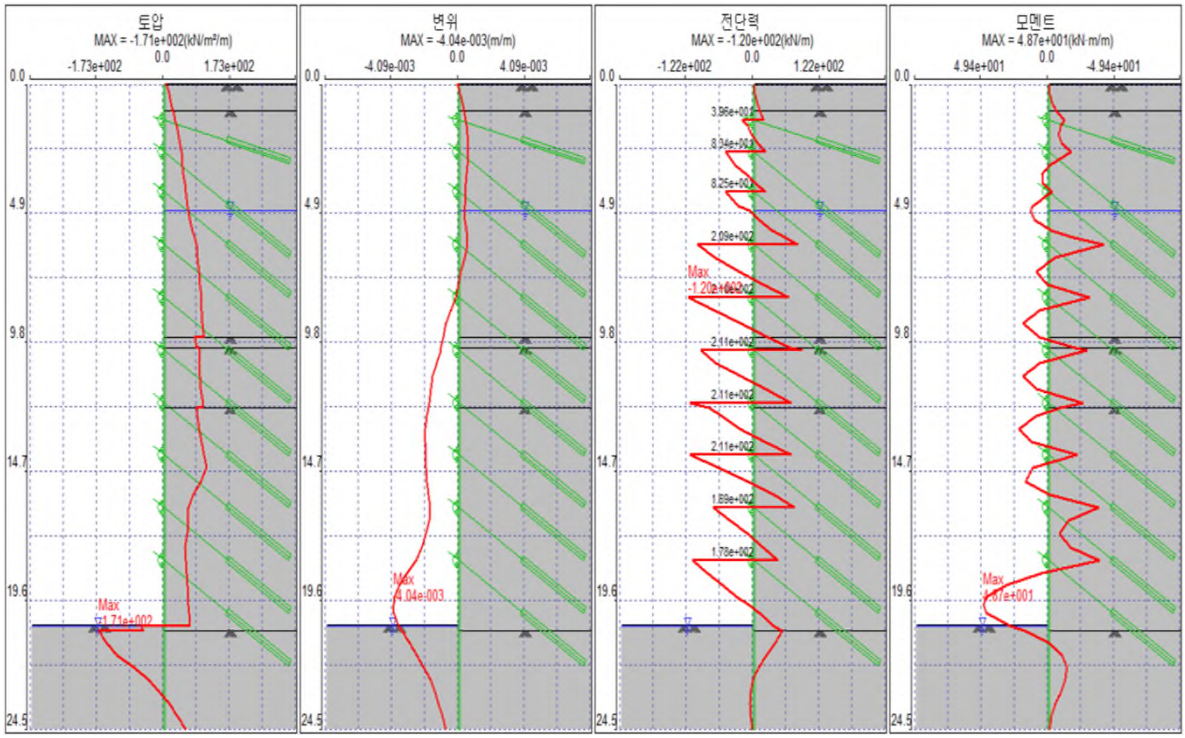
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 18.61 m]



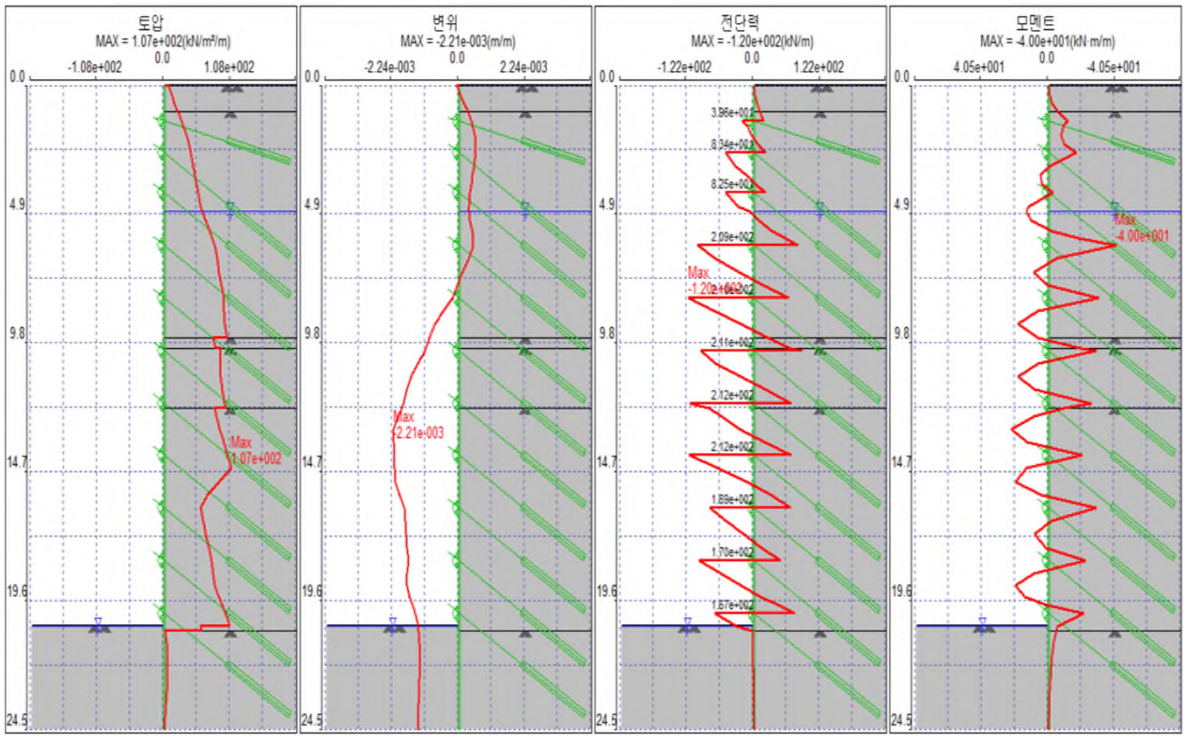
20) 시공 20 단계 [CS20 : 생성 E/A-10]



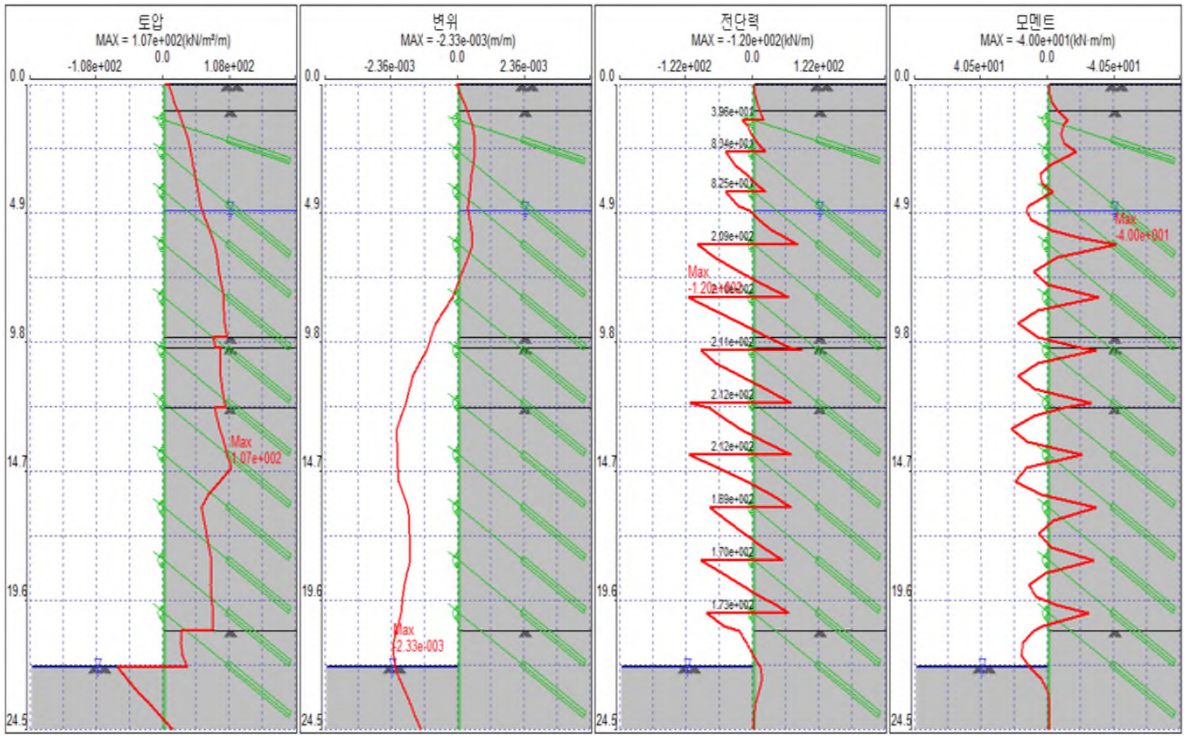
21) 시공 21 단계 [CS21 : 굴착 20.61 m]



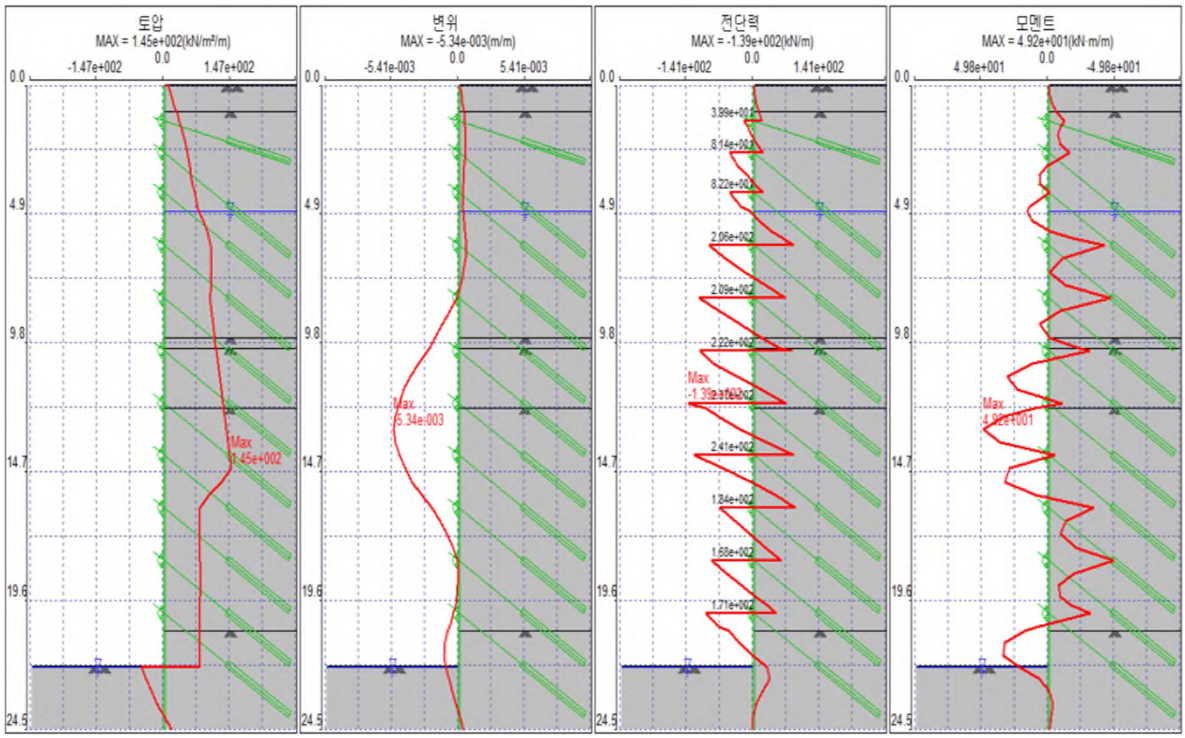
22) 시공 22 단계 [CS22 : 생성 E/A-11]



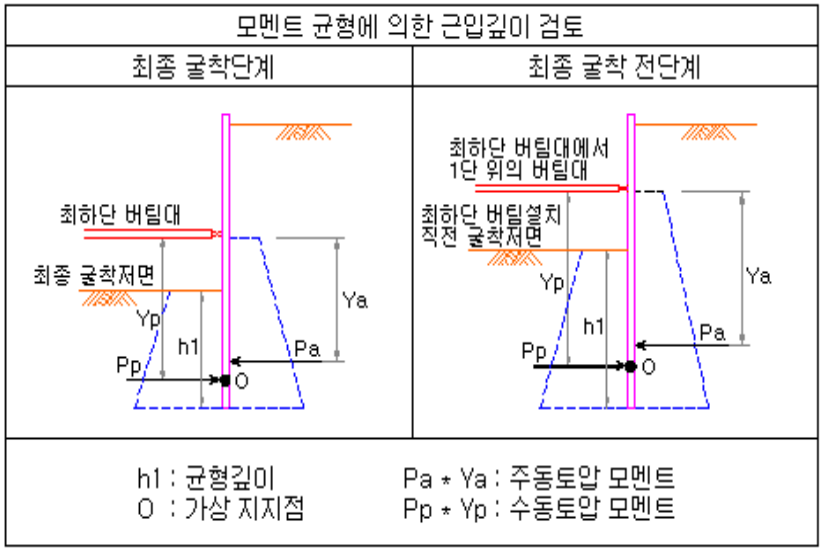
23) 시공 23 단계 [CS23 : 굴착 22.18 m]



24) 시공 24 단계 [CS24 : PECK]



9.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.011	2.350	51.990	11368.093	218.660	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.245	3.920	279.391	26313.943	94.183	1.200	OK

9.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -20.11 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 66.341 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.535 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 5.08 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.248 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (66.341 x 0.535) + (5.08 x 3.248) = 51.99 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 3483.466 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.263 m

Mp = (Pp x Yp) = (3483.466 x 3.263) = 11368.093 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11368.093 / 51.99 = 218.66

S.F. = 218.66 > 1.2 ... OK

9.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.2 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -18.11 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 180.326 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.289 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 11.972 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.916 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (180.326 x 1.289) + (11.972 x 3.916) = 279.391 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 5723.921 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.597 m

Mp = (Pp x Yp) = (5723.921 x 4.597) = 26313.943 kN·m

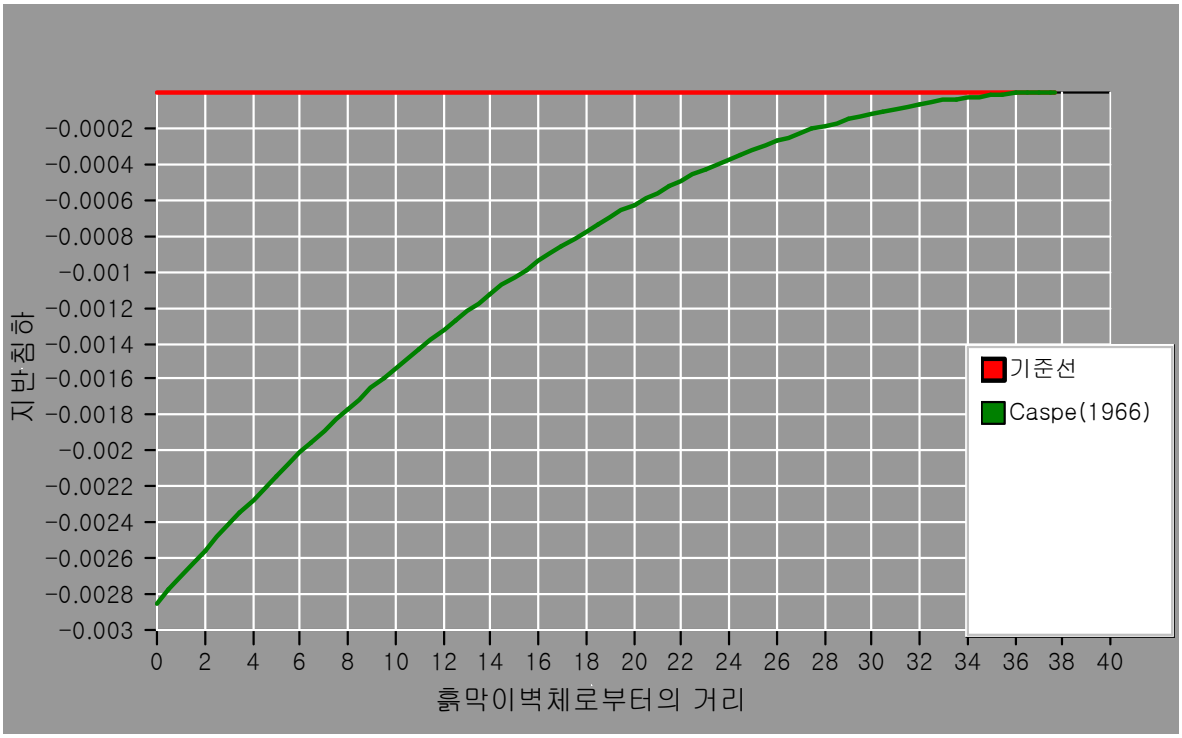
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 26313.943 / 279.391 = 94.183

S.F. = 94.183 > 1.2 ... OK

9.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



9.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.027 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 50 m, Hw = 22.18 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 30.549 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 50 x tan(45 + 30.549/2) = 43.785 m

Ht = Hp + Hw = 43.785 + 22.18 = 65.965 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 65.965 x tan(45-30.549/2) = 37.664 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.027 / 37.664 = -0.003 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.003 x ((37.664 - Xi) / 37.664)^2

제3장 가시설공

3-2 2차시공가시설

3-2.1 TYPE-16

3-2.2 TYPE-17

3-2.3 TYPE-18

3-2.4 TYPE-19

3-2.5 TYPE-20

3-2.6 TYPE-21

3-2.1 TYPE-16(2차)

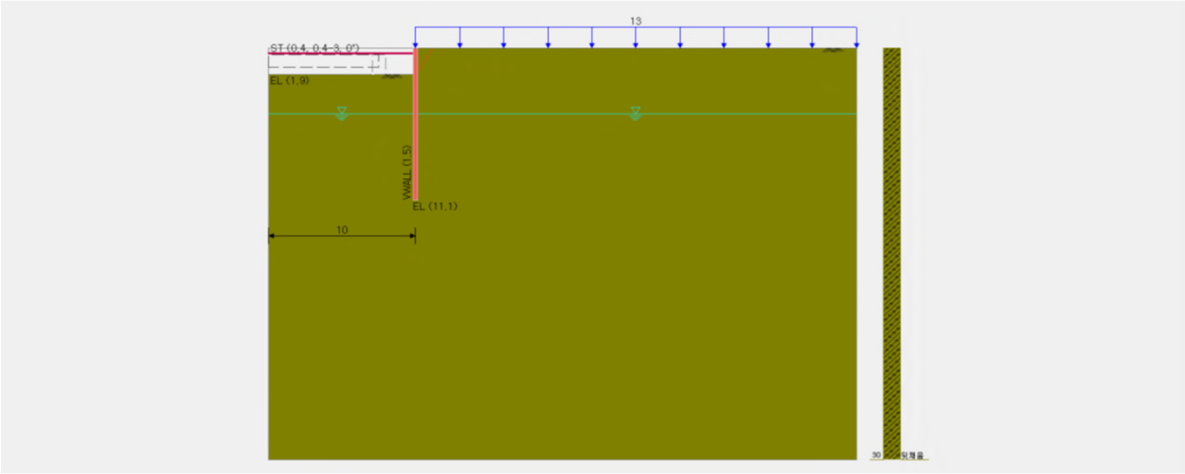
(STA.0+683.5~0+701.0)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.지보재 설계
4.1 Strut 설계 (Strut-1)
5.띠장 설계
5.1 Strut-1 띠장 설계
6.측면말뚝 설계
6.1 흙막이벽(우)
7. 흙막이 벽체 설계
7.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 1.90m)
8.전산 입력 정보
9.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 P 406.4x9	0.40	휨응력	32.194	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	27.779	125.415	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	88.910	O.K		

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.40	휨응력	36.389	142.832	O.K	
		전단응력	25.877	90.000	O.K	

2.3 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	23.045	192.405	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	5.134	205.872	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	19.918	123.750	O.K	지지력	O.K

2.4 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 1.90	휨응력	76.528	303.750	O.K		
		압축응력	74.121	281.667	O.K		
		전단응력	27.887	174.375	O.K		

2.5 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS3 : 굴착 1.9m	3.120	3.800	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut – P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력]

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

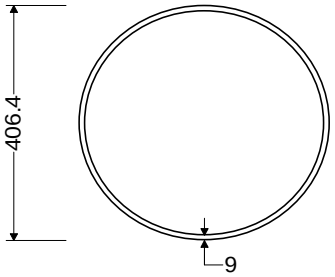
4.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 64.045 kN/m ---> Strut-1 (CS4 : peck)
= 64.045 x 3.00 / 1 단
= 192.134 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 192.134 + 120.0 = 312.134 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.500 x 7.500 / 8 / 1 단
= 35.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.500 / 2 / 1 단
= 18.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 35.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 32.194$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 312.134 \times 1000 / 11236.2 = 27.779$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{18.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.336$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.107 x 9)
= 20.389 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.107

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (59.974 - -4.415) / 59.974
= 1.074 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (53.381 − 18.6))

= 125.415 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 125.415 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 473.766 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 125.415 MPa > f_c = 27.779 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{27.779}{125.415} + \frac{32.194}{157.500 \times (1 - (27.779 / 473.766))}$

= 0.439 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 27.779 + \frac{32.194}{1 - (27.779 / 473.766)}$

= 61.979 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.439 , 0.394)

= 0.439 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{59.974}{125.415} + \left\{ \frac{3.336}{88.910} \right\}^2$

$= 0.480 < 1.0$ ---> O.K

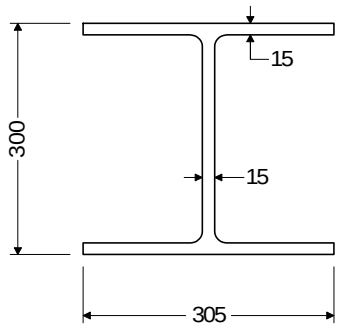
5.띠장 설계

5.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

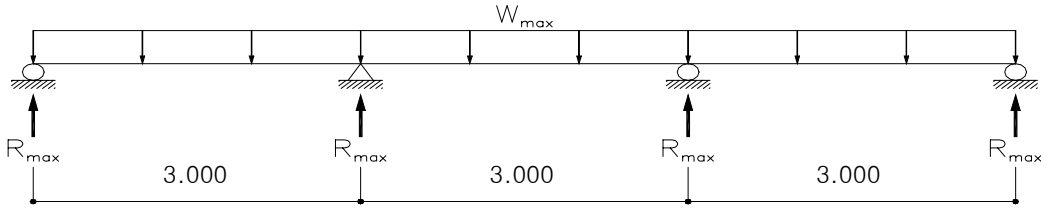
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



R_{max} = 64.045 kN/m ---> Strut-1 (CS4 : peck)

P = 64.045 × 3.00 m / 1 ea = 192.134 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 192.134 / (11 × 3.000)
= 58.222 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 58.222 × 3.000^2 / 10
= 52.400 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 58.222 × 3.000 / 10
= 104.800 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 52.400 x 1000000 / 1440000.0 = 36.389 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 104.800 x 1000 / 4050 = 25.877 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (36.389 + 36.389) / 36.389

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 36.389 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 25.877 MPa ---> O.K

6.측면말뚝 설계

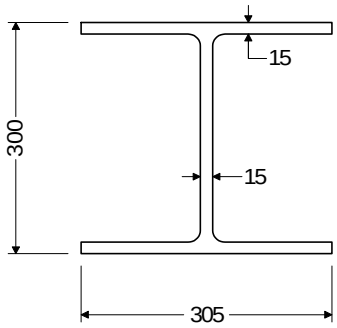
6.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력	=	0.000	kN			
나. 주형 지지보의 자중	=	0.000	kN			
다. 측면말뚝 자중	=	11.000	kN			
라. 버팀보 자중	=	6.600	kN			
마. 띠장 자중	=	1.600	kN			
바. 지보재 수직분력	=	0.000	kN ×	1.500	=	0.000 kN
사. 지장물 자중	=	50.000	kN			
$\sum P_s$	=	69.200	kN			

최대모멘트, M_{max} = 22.124 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS3 : 굴착 1.9 m)

최대전단력, S_{max} = 53.778 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS4 : peck)

▶ Pmax = 69.200 kN

▶ Mmax = 22.124 × 1.500 = 33.185 kN·m

▶ Smax = 53.778 × 1.500 = 80.667 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 33.185 x 1000000 / 1440000.0 = 23.045 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 69.200 x 1000 / 13480 = 5.134 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 80.667 x 1000 / 4050 = 19.918 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.952

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (28.179 − −17.912) / 28.179

= 1.636

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2700 / 126

21.429 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (21.429 − 16))

= 205.872 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 205.872 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2700 / 305

= 8.852 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (8.852 − 4))

= 192.405 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 192.405 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (21.429)^2

= 2940.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 205.872 MPa > f_c = 5.134 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 192.405 MPa > f_b = 23.045 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 19.918 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{5.134}{205.872} + \frac{23.045}{192.405 \times (1 - (5.134 / 2940.000))}$

= 0.145 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 5.134 + \frac{23.045}{1 - (5.134 / 2940.000)}$

= 28.219 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.145 , 0.132)

= 0.145 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 3.1 mm ---> 흙막이벽(우) (CS3 : 굴착 1.9m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 1.900 x 1000 x 0.002 = 3.800 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 69.20 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	7	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	7	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	7	
L_s(모래층 중의 길이)	=	8.700	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	1.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

= 25 x 7 x 0.0915 + 0.2 x 7 x 1.210 x 8.700

+ 0.5 x 7 x 1.210 x 1.000

= 34.985 tonf

= 343.09 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 343.09 / 2.0

= 171.544 kN

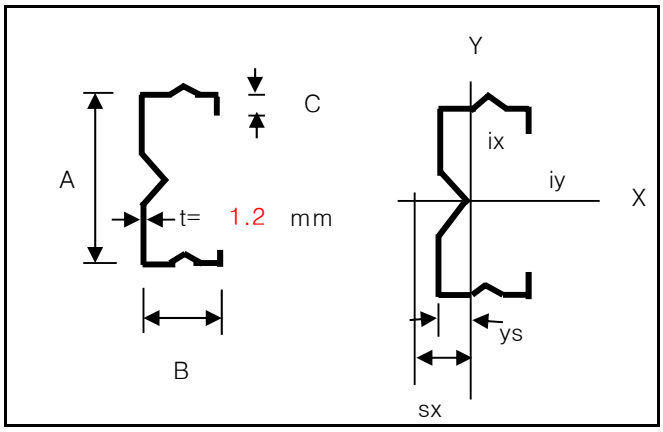
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7. 흙막이 벽체 설계

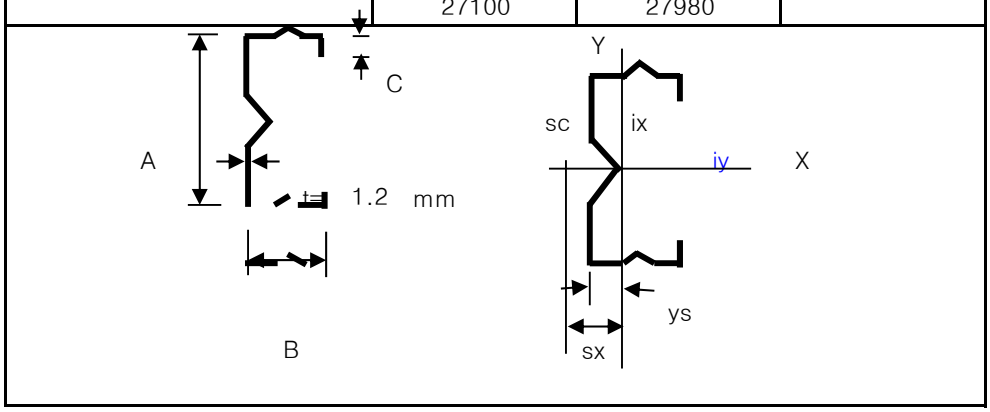
7.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 1.90m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

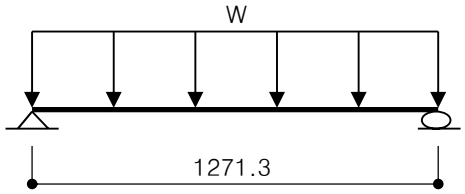
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0513 MPa ---> (CS4 : peck:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 51.3 kN/m^2 x 0.2000 m = 10.3 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 10.3 x 1.27^2 / 8 = 2.1 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 10.3 x 1.27 / 2 = 6.5 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 2073902 / 27,100 = 76.53 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 2073902 / 27,980 = 74.12 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 6526 / 234 = 27.89 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 76.53 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 74.12 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 27.89 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

8. 탄소성 입력 데이터

8.1 해석종류 : 탄소성보법

8.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

8.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 1.9 m, 전모델높이 = 30 m

8.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	뒷채움	30.00	19.00	20.00	15.00	25.00	7	-	12000.00

8.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	11.1	1.5

8.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	P 406.4x9	SS400	0.4	3	7.5	150	1

8.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	상부슬래브	0.95	0	7.5	C27	0.9	-
2	벽체	7.5	0.5	1.9	C27	0.9	뒤채움

8.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

8.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 1.9 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.90	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	1.90	-	-	-	-	-	-	X	X
4	1.90	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

9. 해석 결과
9.1 전산 해석결과 집계

9.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	3.78	1.4	-1.44	4.3	1.01	0.0	-5.03	2.4
CS2 : 생성 Strut-1	0.90	8.71	0.4	-37.77	0.4	11.90	2.4	-3.48	0.4
CS3 : 굴착 1.9 m	1.90	8.99	0.4	-51.17	0.4	22.12	1.9	-3.60	0.4
CS4 : peck	1.90	10.27	0.4	-53.78	0.4	20.99	1.9	-4.11	0.4
TOTAL		10.27	0.4	-53.78	0.4	22.12	1.9	-5.03	2.4

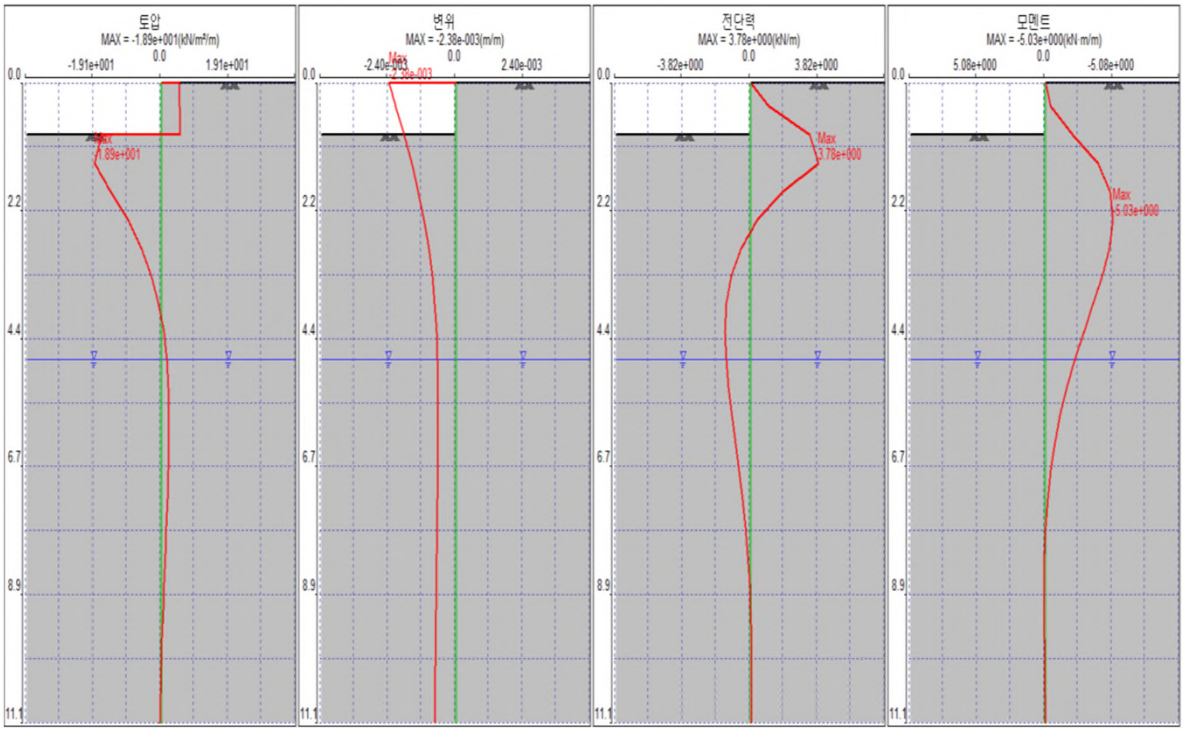
9.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

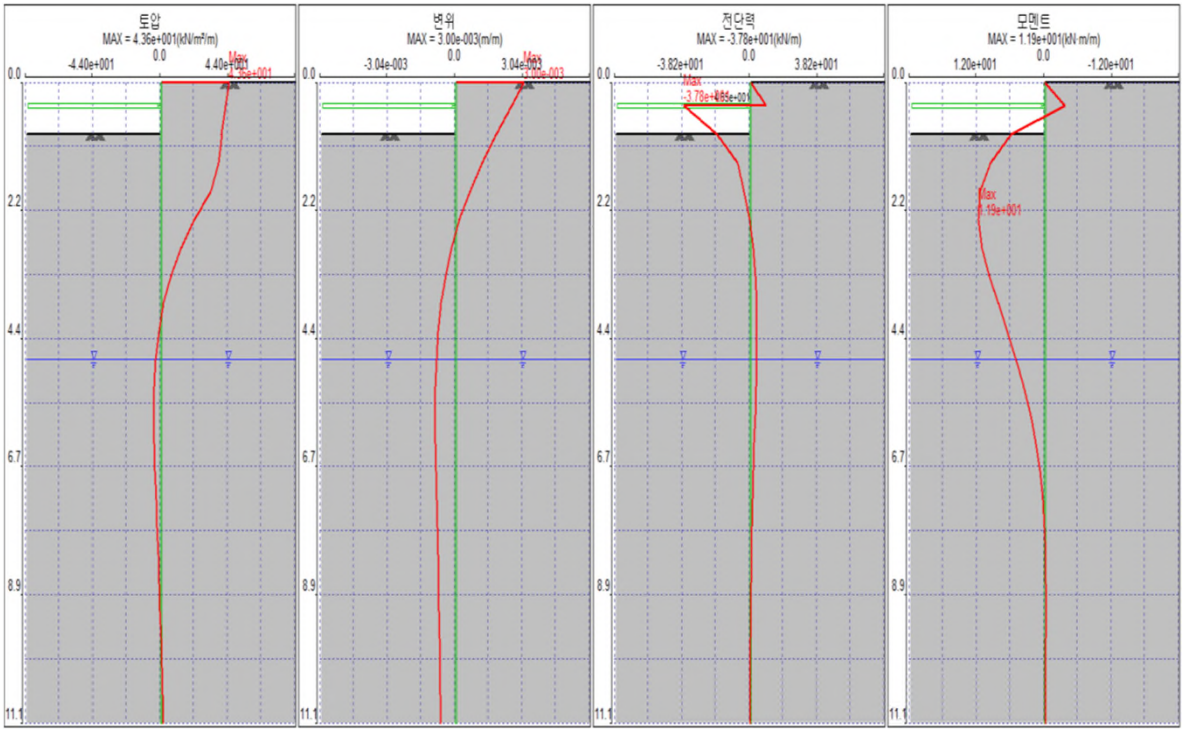
시공단계	굴착 깊이	Strut-1				
		0.4 (m)				
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	-				
CS2 : 생성 Strut-1	0.90	46.49				
CS3 : 굴착 1.9 m	1.90	60.16				
CS4 : peck	1.90	64.04				
TOTAL		64.04				

9.2 시공단계별 단면력도

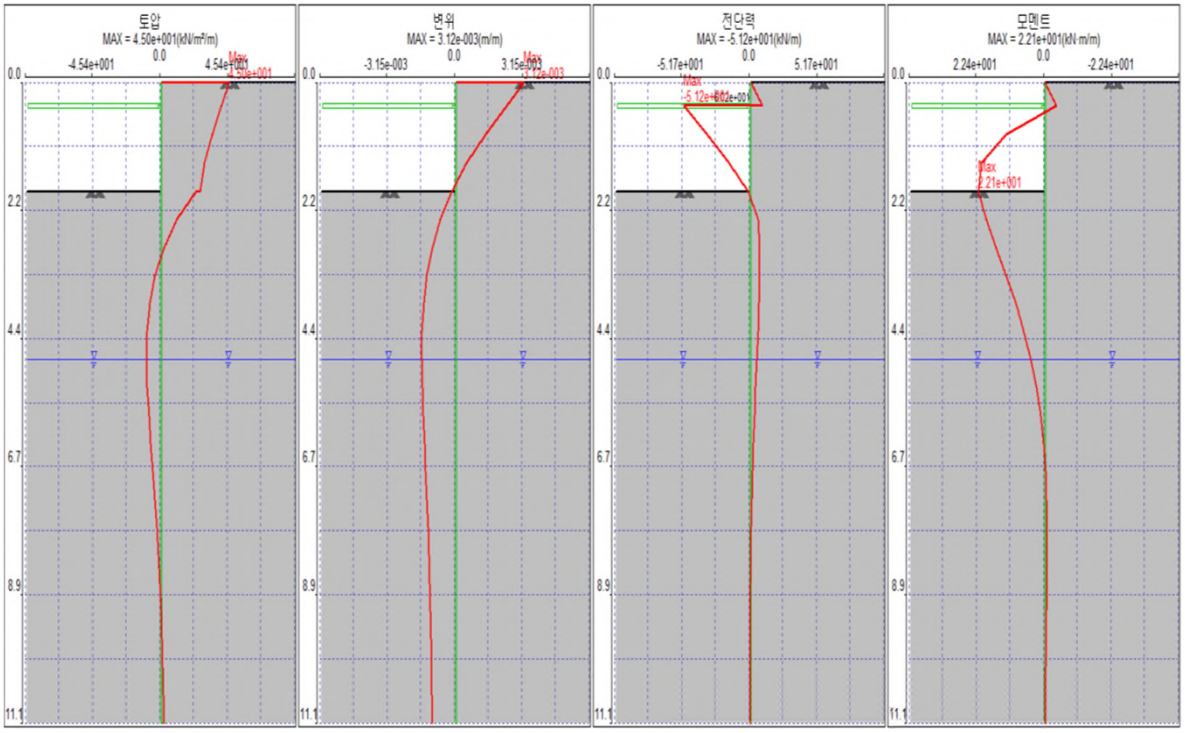
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.9 m]



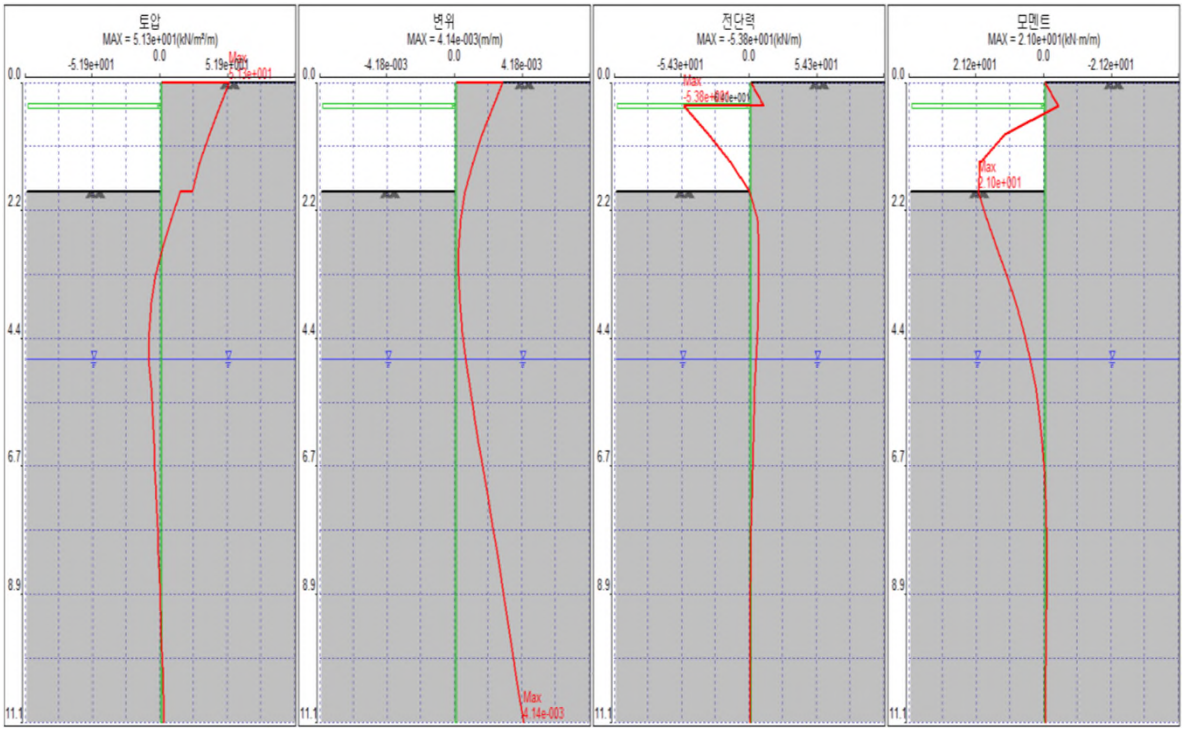
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



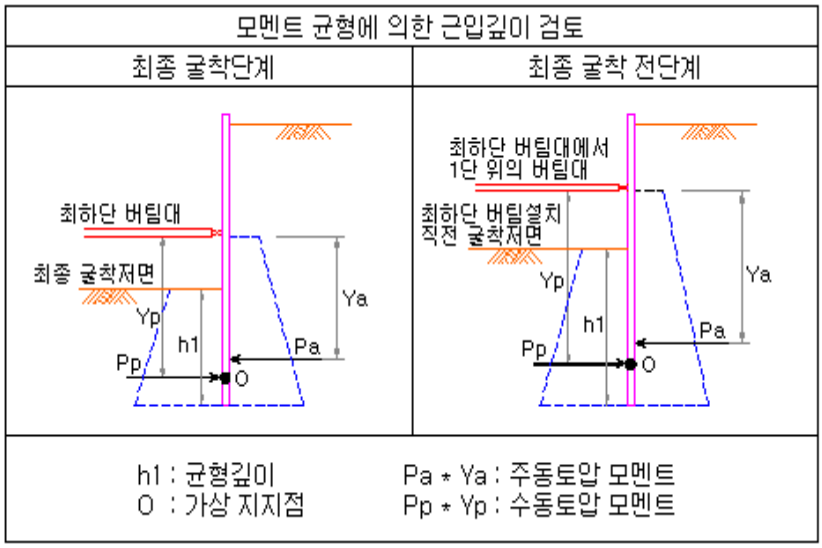
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 1.9 m]



4) 시공 4 단계 [CS4 : peck]



9.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.258	9.200	454.091	14794.975	32.582	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.053	10.200	1051.691	18220.620	17.325	1.200	OK

9.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.4 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 31.093 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.750 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 53.53 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 8.047 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (31.093 x 0.750) + (53.53 x 8.047) = 454.091 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2033.958 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.274 m

Mp = (Pp x Yp) = (2033.958 x 7.274) = 14794.975 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 14794.975 / 454.091 = 32.582

S.F. = 32.582 > 1.2 ... OK

9.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL - m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 7.123 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.450 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 129.15 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 8.118 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (7.123 x 0.450) + (129.15 x 8.118) = 1051.691 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2485.029 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.332 m

Mp = (Pp x Yp) = (2485.029 x 7.332) = 18220.62 kN·m

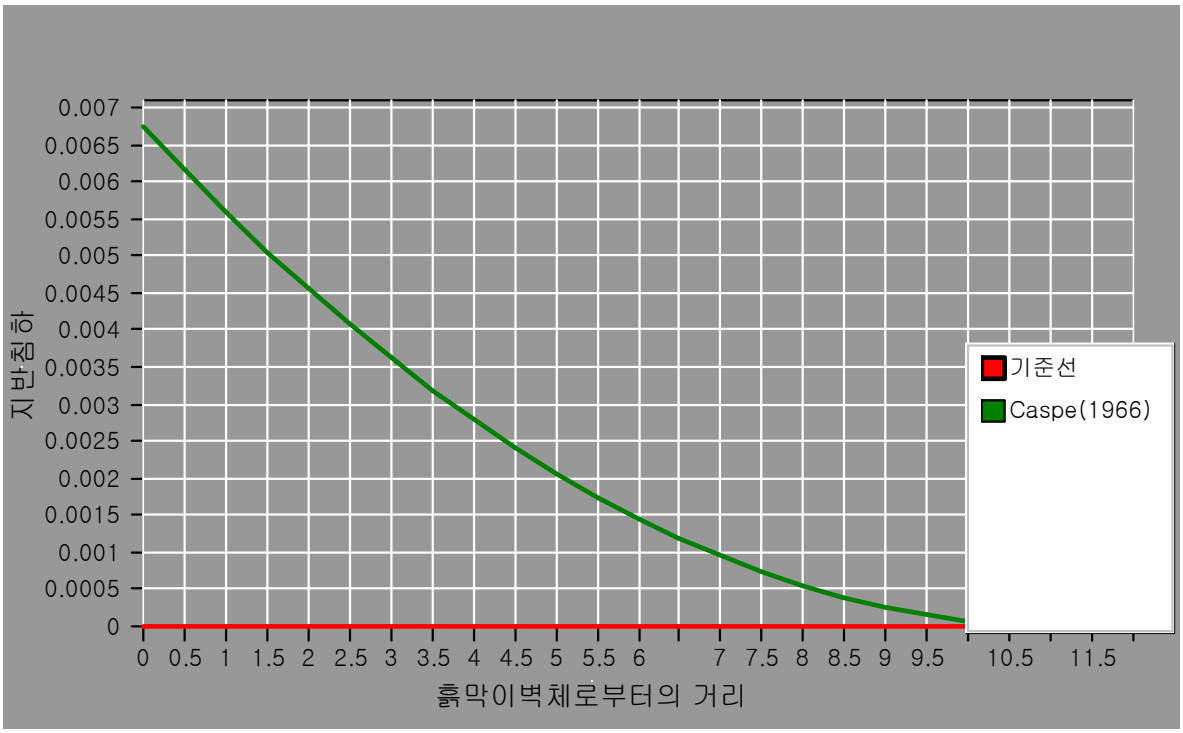
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 18220.62 / 1051.691 = 17.325

S.F. = 17.325 > 1.2 ... OK

9.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



9.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = 0.019 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 1.9 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 25 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 25/2) = 15.697 m

Ht = Hp + Hw = 15.697 + 1.9 = 17.597 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 17.597 x tan(45-25/2) = 11.21 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x 0.019 / 11.21 = 0.007 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = 0.007 x ((11.21 - Xi) / 11.21)^2

3-2.2 TYPE-17(2차)

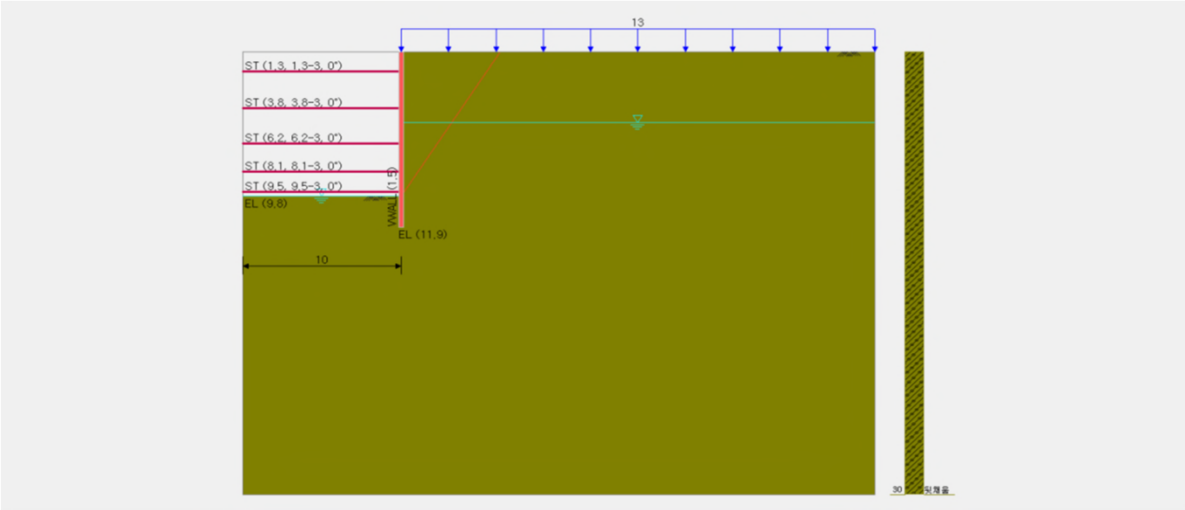
(STA.0+701.0~0+720.0)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4.지보재 설계
4.1 Strut 설계 (Strut-1)
4.2 Strut 설계 (Strut-2)
4.3 Strut 설계 (Strut-3)
4.4 Strut 설계 (Strut-4)
4.5 Strut 설계 (Strut-5)
5.띠장 설계
5.1 Strut-1 띠장 설계
5.2 Strut-2 띠장 설계
5.3 Strut-3 띠장 설계
5.4 Strut-4 띠장 설계
5.5 Strut-5 띠장 설계
6.측면말뚝 설계
6.1 흙막이벽(우)
7.중간말뚝 설계
8. 흙막이 벽체 설계
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.80m)
9.전산 입력 정보
10.해석결과

1.표준단면


13
ST (1.3, 1.3-3, 0")
ST (3.8, 3.8-3, 0")
ST (6.2, 6.2-3, 0")
ST (8.1, 8.1-3, 0")
ST (9.5, 9.5-3, 0")
EL (9.8)
WALL (1.5)
EL (11.9)
10
30

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 P 406.4x9	1.30	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	43.397	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.80	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	43.833	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	6.20	휨응력	44.322	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	54.511	116.879	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.915	88.910	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	8.10	휨응력	44.322	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.893	116.879	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.915	88.910	O.K		
Strut-5 P 406.4x9	9.50	휨응력	44.322	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	28.479	116.879	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.915	88.910	O.K		

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.30	휨응력	88.371	142.832	O.K	
		전단응력	41.894	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.80	휨응력	89.547	142.832	O.K	
		전단응력	42.452	90.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	6.20	휨응력	118.388	142.832	O.K	
		전단응력	56.125	90.000	O.K	
Strut-4 H 300x305x15/15	8.10	휨응력	116.719	142.832	O.K	
		전단응력	55.333	90.000	O.K	
Strut-5 H 300x305x15/15	9.50	휨응력	48.077	142.832	O.K	
		전단응력	22.792	90.000	O.K	

2.3 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	59.740	192.405	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	8.361	205.872	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	43.009	123.750	O.K	지지력	O.K

2.4 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	압축응력	3.963	127.027	O.K	지지력	O.K

2.5 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 9.80	휨응력	125.585	303.750	O.K		
		압축응력	121.635	281.667	O.K		
		전단응력	45.764	174.375	O.K		

2.6 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS9 : 굴착 9.8 m	13.233	19.600	O.K

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut	-	P 406.4x9	수평간격 : 3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 : 3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 : 3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 : 3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 : 3.00	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

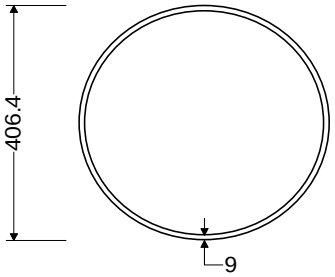
4.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 122.541 kN/m ---> Strut-1 (CS11 : Peck)
= 122.541 x 3.00 / 1 단
= 367.622 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 367.622 + 120.0 = 487.622 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 x 1000000 / 1092000.0 = 41.352 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 487.622 x 1000 / 11236.2 = 43.397 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.781 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.098 x 9)
= 20.570 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.098

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (84.749 - 2.046) / 84.749
= 0.976 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 43.397 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{43.397}{118.849} + \frac{41.352}{157.500 \times (1 - (43.397 / 368.849))}$

= 0.663 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 43.397 + \frac{41.352}{1 - (43.397 / 368.849)}$

= 90.263 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.663 , 0.573)

= 0.663 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{84.749}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$

$= 0.715 < 1.0$ ---> O.K

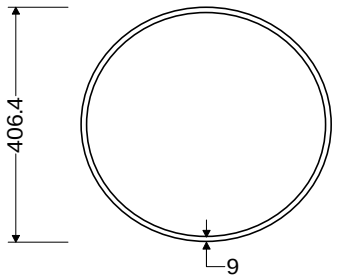
4.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 124.171 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 6.7 m)
= 124.171 x 3.00 / 1 단
= 372.514 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 372.514 + 120.0 = 492.514 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 492.514 \times 1000 / 11236.2 = 43.833$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.097 x 9)

= 20.580 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.097

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (85.185 − 2.481) / 85.185

= 0.971 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 43.833 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{43.833}{118.849} + \dfrac{41.352}{157.500 \times (1 - (43.833 / 368.849))}$

= 0.667 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$$= 43.833 + \frac{41.352}{1 - (43.833 / 368.849)}$$

$$= 90.761 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.667 , 0.576)
= 0.667 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{85.185}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.719 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

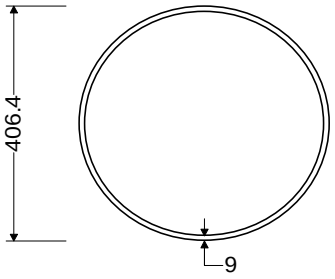
4.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.800 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 164.165 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.6 m)
= 164.165 x 3.00 / 1 단
= 492.496 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 492.496 + 120.0 = 612.496 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.800 x 8.800 / 8 / 1 단
= 48.400 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.800 / 2 / 1 단
= 22.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 48.400 x 1000000 / 1092000.0 = 44.322 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 612.496 x 1000 / 11236.2 = 54.511 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{22.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.915 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.090 x 9)

= 20.719 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.090

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.833 − 10.189) / 98.833

= 0.897 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8800 / 140.5

62.633 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (62.633 − 18.6))

= 116.879 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 116.879 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (62.633)^2

= 344.129 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 116.879 MPa > f_c = 54.511 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 44.322 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.915 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{54.511}{116.879} + \dfrac{44.322}{157.500 \times (1 - (54.511 / 344.129))}$

$= \quad 0.801 \quad < \quad 1.0 \quad ---> \quad O.K$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 54.511 + \frac{44.322}{1 - (54.511 / 344.129)}$$

$= 107.176 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$

$\therefore$ 안전율 $=$ Max.(0.801 , 0.680)

$= 0.801 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{98.833}{116.879} + \left\{ \frac{3.915}{88.910} \right\}^2$$

$= 0.848 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

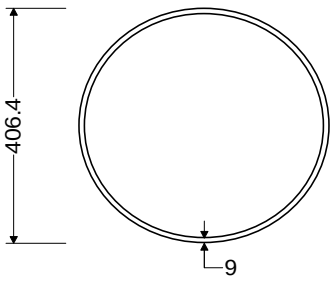
4.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.800 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 161.850 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.8 m)

= 161.850 x 3.00 / 1 단

= 485.549 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 485.549 + 120.0 = 605.549 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단

= 5.0 x 8.800 x 8.800 / 8 / 1 단

= 48.400 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단

= 5.0 x 8.800 / 2 / 1 단

= 22.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 48.400 \times 1000000 / 1092000.0 = 44.322$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 605.549 \times 1000 / 11236.2 = 53.893$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{22.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.915$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t) = 203.2 / (1.090 \times 9)$

$= 20.709$ ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.090$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (98.215 - 9.570) / 98.215$

$= 0.903$ ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8800 / 140.5$

62.633 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (62.633 - 18.6))$

$= 116.879$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 116.879$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (62.633)^2$

$= 344.129$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> $r/t \leq 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 88.910$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 116.879$ MPa > $f_c = 53.893$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa > $f_b = 44.322$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 88.910$ MPa > $\tau = 3.915$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{53.893}{116.879} + \frac{44.322}{157.500 \times (1 - (53.893 / 344.129))}$

$= 0.795 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 53.893 + \frac{44.322}{1 - (53.893 / 344.129)}$

$= 106.445 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$

∴ 안전율 = Max.(0.795 , 0.676)
= 0.795 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{98.215}{116.879} + \left\{ \frac{3.915}{88.910} \right\}^2$

$= 0.842 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

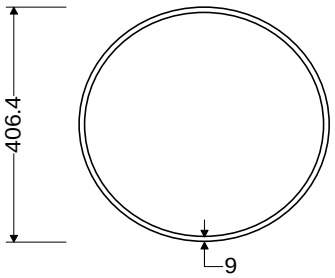
4.5 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.800 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 66.667 kN/m ---> Strut-5 (CS10 : 생성 Strut-5)
= 66.667 x 3.00 / 1 단
= 200.000 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 200.000 + 120.0 = 320.000 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단

= 5.0 x 8.800 x 8.800 / 8 / 1 단
= 48.400 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.800 / 2 / 1 단
= 22.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 48.400 x 1000000 / 1092000.0 = 44.322 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 320.000 x 1000 / 11236.2 = 28.479 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{22.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.915 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.122 x 9)
= 20.127 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.122

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (72.802 − −15.843) / 72.802
= 1.218 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000
= 157.500 MPa

L / R = 8800 / 140.5
62.633 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (62.633 − 18.6))
= 116.879 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 116.879 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (62.633)^2
= 344.129 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9
= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578²)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 116.879 MPa > f_c = 28.479 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 44.322 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.915 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{28.479}{116.879} + \dfrac{44.322}{157.500 \times (1 - (28.479 / 344.129))}$

= 0.550 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 28.479 + \dfrac{44.322}{1 - (28.479 / 344.129)}$

= 76.801 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.550 , 0.488)

= 0.550 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{72.802}{116.879} + \left\{ \dfrac{3.915}{88.910} \right\}^2$

= 0.625 < 1.0 ---> O.K

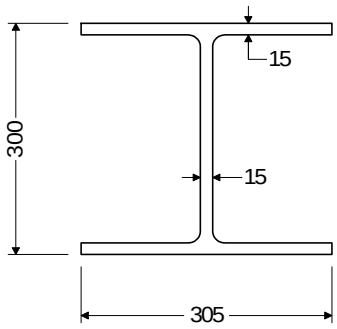
5.띠장 설계

5.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

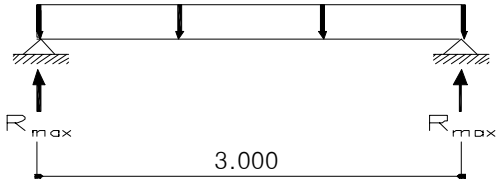
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 122.541 kN/m ---> Strut-1 (CS11 : Peck)

P = 122.541 × 3.00 m / 1 ea = 367.622 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 367.622 / (13 × 3.000)
= 113.114 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 113.114 × 3.000^2 / 8
= 127.254 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 113.114 × 3.000 / 2
= 169.672 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 127.254 x 1000000 / 1440000.0 = 88.371 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 169.672 x 1000 / 4050 = 41.894 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (88.371 + 88.371) / 88.371

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 88.371 MPa ---> O.K

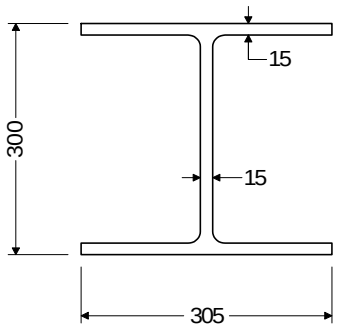
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 41.894 MPa ---> O.K

5.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

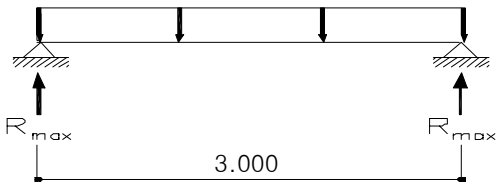
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 124.171 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 6.7 m)

P = 124.171 × 3.00 m / 1 ea = 372.514 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 372.514 / (13 × 3.000)
= 114.620 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 114.620 × 3.000 ^{2} / 8
= 128.947 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 114.620 × 3.000 / 2
= 171.929 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 128.947 x 1000000 / 1440000.0 = 89.547 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 171.929 x 1000 / 4050 = 42.452 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.547 + 89.547) / 89.547
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 89.547 MPa ---> O.K

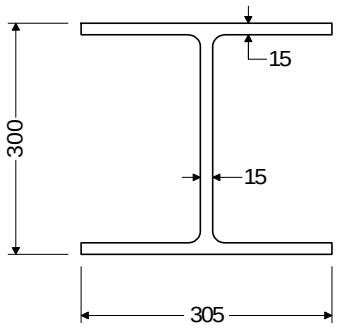
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.452 MPa ---> O.K

5.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

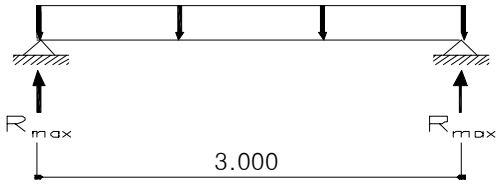
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 164.165 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.6 m)

P = 164.165 × 3.00 m / 1 ea = 492.496 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 492.496 / (13 × 3.000)
= 151.537 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 151.537 × 3.000^2 / 8
= 170.479 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 151.537 × 3.000 / 2
= 227.306 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 170.479 x 1000000 / 1440000.0 = 118.388 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 227.306 x 1000 / 4050 = 56.125 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (118.388 + 118.388) / 118.388

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 118.388 MPa ---> O.K

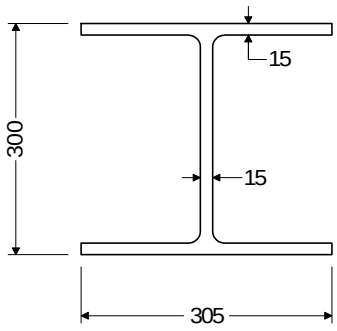
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 56.125 MPa ---> O.K

5.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

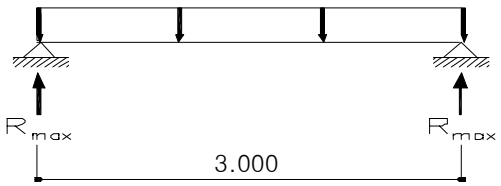
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 161.850 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.8 m)

P = 161.850 × 3.00 m / 1 ea = 485.549 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 485.549 / (13 × 3.000)
= 149.400 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 149.400 × 3.000 ^{2} / 8
= 168.075 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 149.400 × 3.000 / 2
= 224.100 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 168.075 x 1000000 / 1440000.0 = 116.719 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 224.100 x 1000 / 4050 = 55.333 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.719 + 116.719) / 116.719
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 116.719 MPa ---> O.K

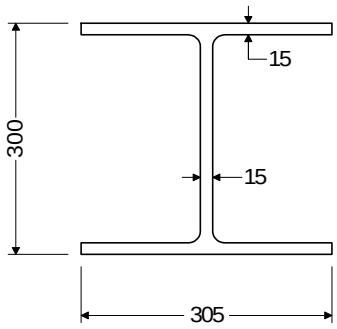
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 55.333 MPa ---> O.K

5.5 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

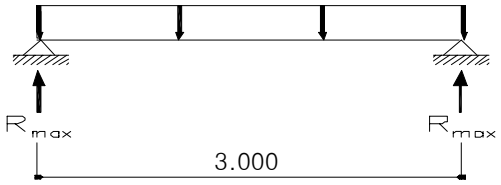
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 66.667 kN/m ---> Strut-5 (CS10 : 생성 Strut-5)

P = 66.667 × 3.00 m / 1 ea = 200.000 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 200.000 / (13 × 3.000)
= 61.538 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 61.538 × 3.000^2 / 8
= 69.231 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 61.538 × 3.000 / 2
= 92.308 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 69.231 x 1000000 / 1440000.0 = 48.077 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 92.308 x 1000 / 4050 = 22.792 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.3i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (48.077 + 48.077) / 48.077$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.6 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 48.077 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 22.792 MPa ---> O.K

6.측면말뚝 설계

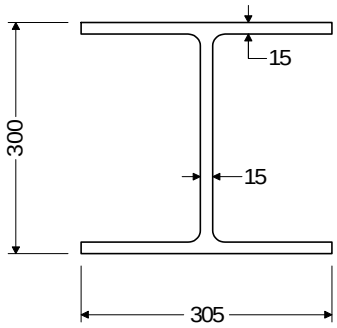
6.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 0.000 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 0.000 kN

다. 측면말뚝 자중 = 13.500 kN

라. 버팀보 자중 = 36.800 kN

마. 띠장 자중 = 12.400 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 1.500 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 112.700 kN

최대모멘트, M_{max} = 57.350 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 8.6 m)

최대전단력, S_{max} = 116.125 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.8 m)

▶ Pmax = 112.700 kN

▶ Mmax = 57.350 × 1.500 = 86.025 kN·m

▶ Smax = 116.125 × 1.500 = 174.188 kN

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 86.025 x 1000000 / 1440000.0 = 59.740 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 112.700 x 1000 / 13480 = 8.361 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 174.188 x 1000 / 4050 = 43.009 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.229

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (68.100 − −51.379) / 68.100

= 1.754

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2700 / 126

21.429 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (21.429 − 16))

= 205.872 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 205.872 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2700 / 305

= 8.852 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (8.852 − 4))

= 192.405 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 192.405 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (21.429)^2

= 2940.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 205.872 MPa > f_c = 8.361 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 192.405 MPa > f_b = 59.740 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 43.009 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{8.361}{205.872} + \frac{59.740}{192.405 \times (1 - (8.361 / 2940.000))}$

= 0.352 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 8.361 + \frac{59.740}{1 - (8.361 / 2940.000)}$

= 68.271 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.352 , 0.319)

= 0.352 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 13.2 mm ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.8 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 9.800 x 1000 x 0.002 = 19.600 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 112.70 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	= 7	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	= 7	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	= 7	
L_s(모래층 중의 길이)	= 2.000	m
L_c(점토층 중의 길이)	= 4.900	m
A_p(H-Pile 단면적)	= 0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	= 1.210	m

= 25 x 7 x 0.0915 + 0.2 x 7 x 1.210 x 2.000

+ 0.5 x 7 x 1.210 x 4.900

= 40.152 tonf

= 393.76 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 393.76 / 2.0

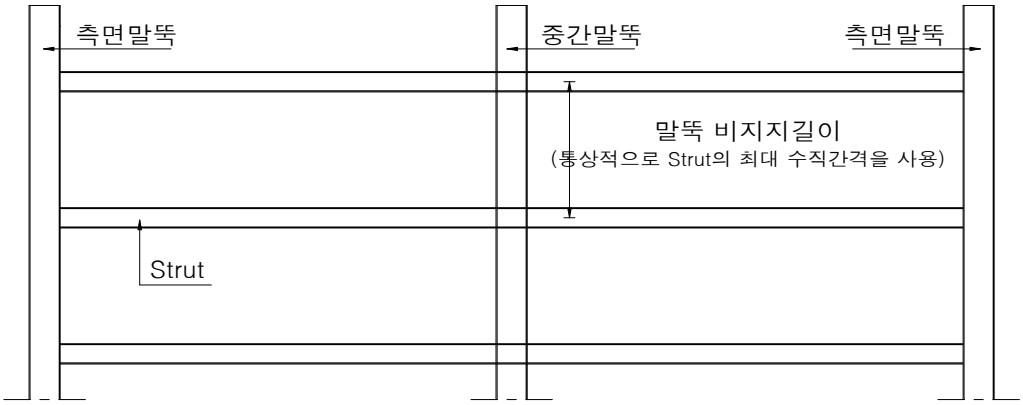
= 196.878 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7.중간말뚝 설계

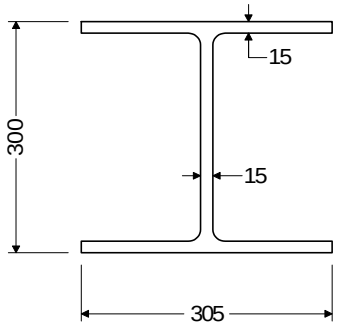
7.1 설계제원

가. PILE 설치간격 : 3.00 m



나. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



7.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 17.000 kN

(2) 버팀보 자중 = 30.000 kN

(3) ㄷ형강 자중 = 6.420 kN

$\sum P_s$ = 53.420 kN

나. 단면력 산정

(1) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_s$ = 53.420 kN

7.3 작용응력 및 허용응력 검토

가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A$ = 53.420 x 1000 / 13480 = 3.963 MPa

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.000

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (3.963 − 3.963) / 3.963

= 0.000

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L_x / R_x = 5500 / 126

43.651 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cagx} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (43.651 − 16))

= 173.622 MPa

f_{cax} = f_{cagx} · f_{cal} / f_{cao}

= 173.622 MPa

L_y / R_y = 5500 / 72.6

75.758 ---> 16 < Ly/Ry ≤ 80.1 이므로

f_{cagy} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (75.758 − 16))

= 127.027 MPa

f_{cay} = f_{cagy} · f_{cal} / f_{cao}

= 127.027 MPa

∴ f_{cag} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 127.027 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 127.027 MPa > f_c = 3.963 MPa ---> O.K

7.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 53.42 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = 25·N·A_p + 0.2·N_s·U·L_s + 0.5·N_c·U·L_c(선굴착 최종경타 공법)

여기서, N(선단의 N치) = 7

N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 7

N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 7

L_s(모래층 중의 길이) = 1.000 m

L_c(점토층 중의 길이) = 0.000 m

A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2

U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

= 25 x 7 x 0.0915 + 0.2 x 7 x 1.210 x 1.000

+ 0.5 x 7 x 1.210 x 0.000

= 17.707 tonf

= 173.64 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 173.64 / 2.0

= 86.821 kN

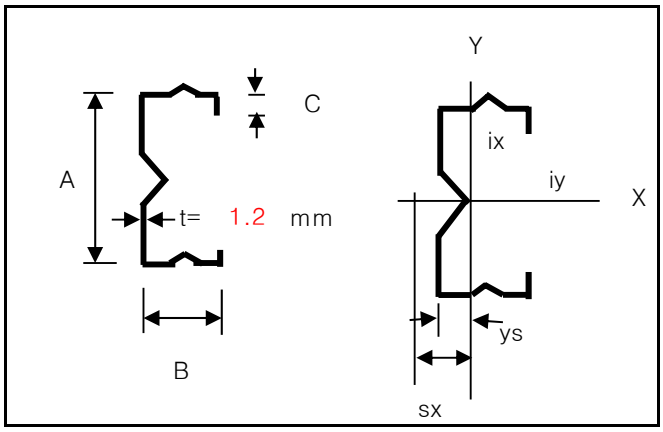
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

8. 흙막이 벽체 설계

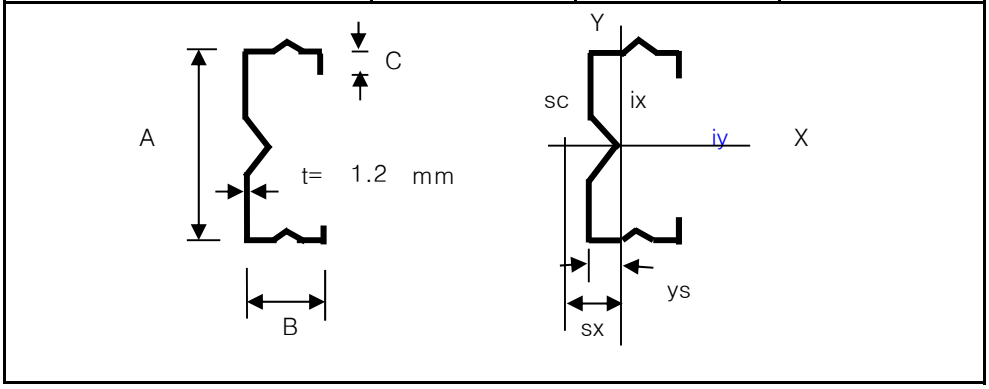
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.80m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

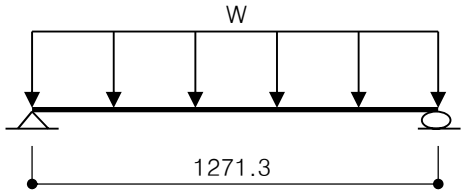
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0842 MPa ---> (CS10 : 생성 Strut-5:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 84.2 kN/m^2 x 0.2000 m = 16.8 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 16.8 x 1.27^2 / 8 = 3.4 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 16.8 x 1.27 / 2 = 10.7 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3403348 / 27,100 = 125.58 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3403348 / 27,980 = 121.64 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 10709 / 234 = 45.76 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 125.58 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 121.64 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 45.76 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

9. 탄소성 입력 데이터

9.1 해석종류 : 탄소성보법

9.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

9.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 9.8 m, 전모델높이 = 30 m

9.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	뒷채움	30.00	19.00	20.00	15.00	25.00	7	-	12000.00

9.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	11.9	1.5

9.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.3	3	8.5	200	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.8	3	8.5	200	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	6.2	3	8.8	200	1
4	Strut-4	P 406.4x9	SS400	8.1	3	8.8	200	1
5	Strut-5	P 406.4x9	SS400	9.5	3	8.8	200	1

9.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

9.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 9.8 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.80	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	4.30	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.70	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.60	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	9.80	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
11	9.80	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

10. 해석 결과
10.1 전산 해석결과 집계

10.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.8 m	1.80	7.50	1.8	-3.65	5.3	1.01	0.0	-12.72	2.8
CS2 : 생성 Strut-1	1.80	23.12	1.3	-33.13	1.3	4.61	4.3	-16.81	1.3
CS3 : 굴착 4.3 m	4.30	29.88	1.3	-49.63	1.3	20.96	3.8	-23.38	1.3
CS4 : 생성 Strut-2	4.30	29.69	3.8	-46.49	1.3	10.76	2.8	-17.93	1.3
CS5 : 굴착 6.7 m	6.70	46.41	3.8	-77.76	3.8	40.91	6.2	-49.05	3.8
CS6 : 생성 Strut-3	6.70	33.31	3.8	-59.44	3.8	15.65	5.3	-20.42	3.8
CS7 : 굴착 8.6 m	8.60	52.38	6.2	-111.79	6.2	51.55	8.1	-57.35	6.2
CS8 : 생성 Strut-4	8.60	37.24	6.2	-69.44	6.2	16.98	7.6	-22.08	6.2
CS9 : 굴착 9.8 m	9.80	45.72	8.1	-116.13	8.1	33.50	9.5	-41.33	8.1
CS10 : 생성 Strut-5	9.80	38.79	6.2	-68.88	8.1	16.96	9.1	-24.33	6.2
CS11 : Peck	9.80	49.59	1.3	-82.34	6.2	29.80	9.1	-38.57	1.3
TOTAL		52.38	6.2	-116.13	8.1	51.55	8.1	-57.35	6.2

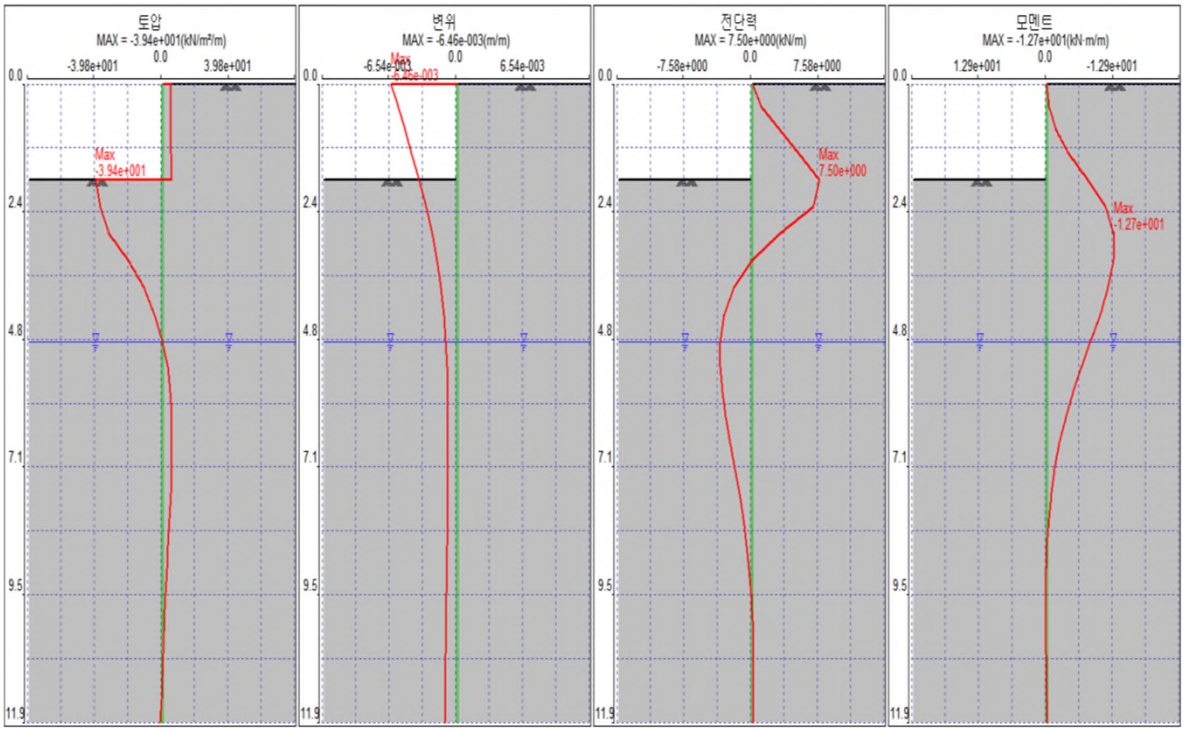
10.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

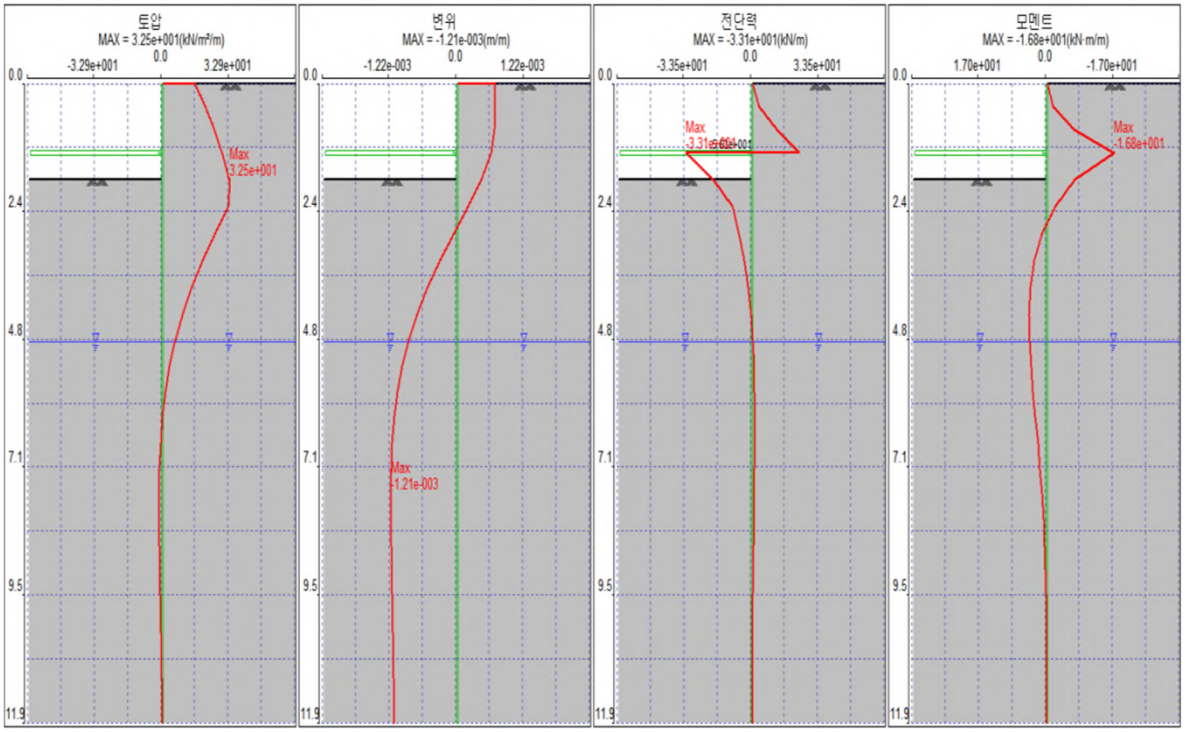
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Strut-5
		1.3 (m)	3.8 (m)	6.2 (m)	8.1 (m)	9.5 (m)
CS1 : 굴착 1.8 m	1.80	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	1.80	56.26	-	-	-	-
CS3 : 굴착 4.3 m	4.30	79.51	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	4.30	70.55	66.67	-	-	-
CS5 : 굴착 6.7 m	6.70	57.82	124.17	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	6.70	67.11	92.75	66.67	-	-
CS7 : 굴착 8.6 m	8.60	67.48	73.86	164.17	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	8.60	67.11	86.39	106.69	66.67	-
CS9 : 굴착 9.8 m	9.80	67.71	83.79	90.78	161.85	-
CS10 : 생성 Strut-5	9.80	67.26	85.45	104.18	97.05	66.67
CS11 : Peck	9.80	122.54	106.58	130.18	113.74	40.71
TOTAL		122.54	124.17	164.17	161.85	66.67

10.2 시공단계별 단면력도

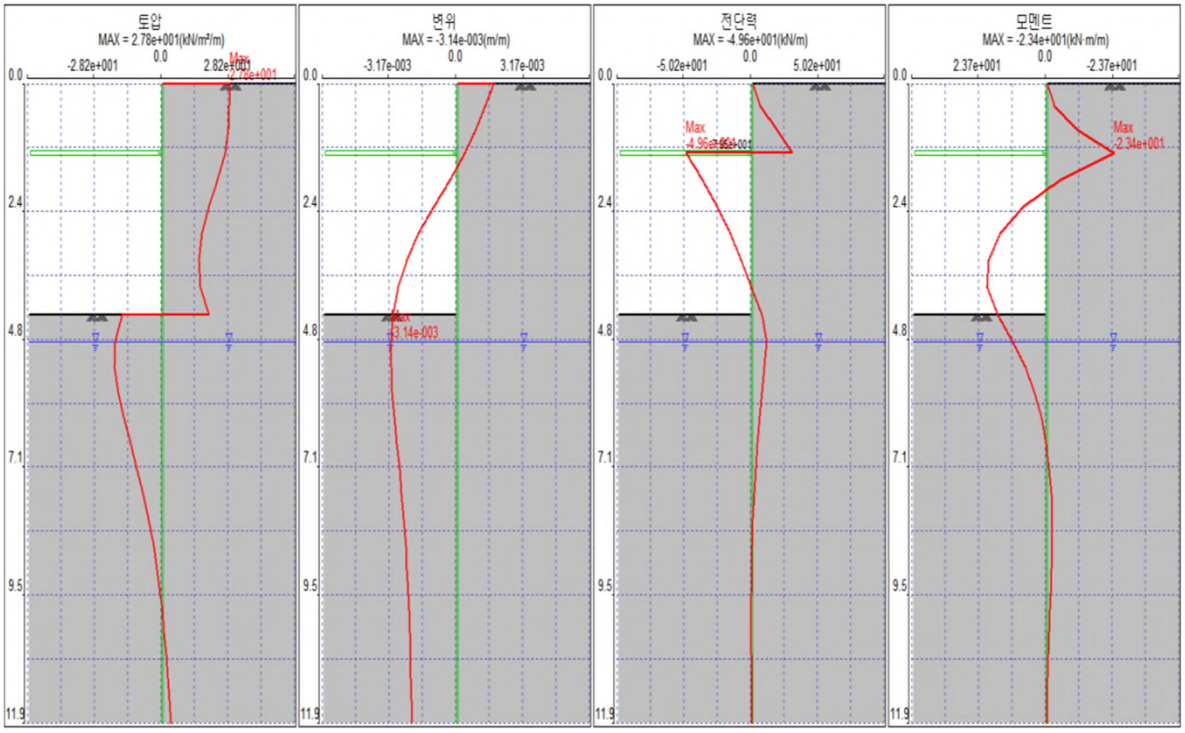
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.8 m]



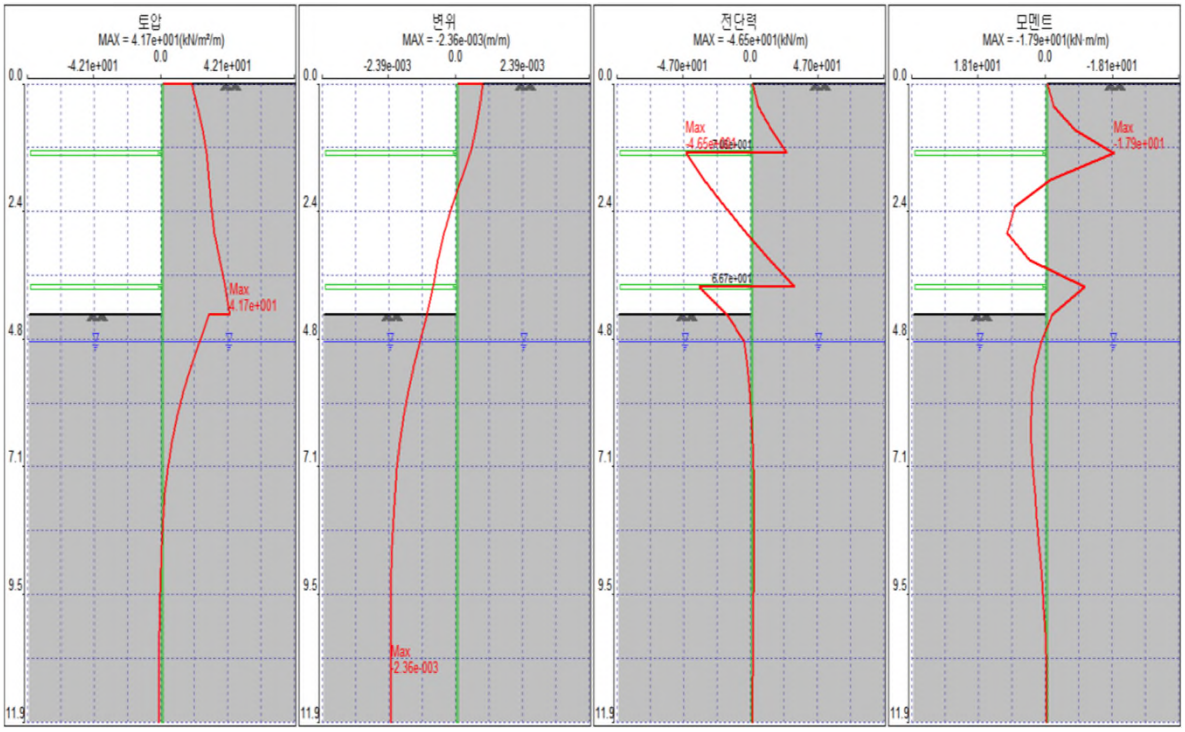
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



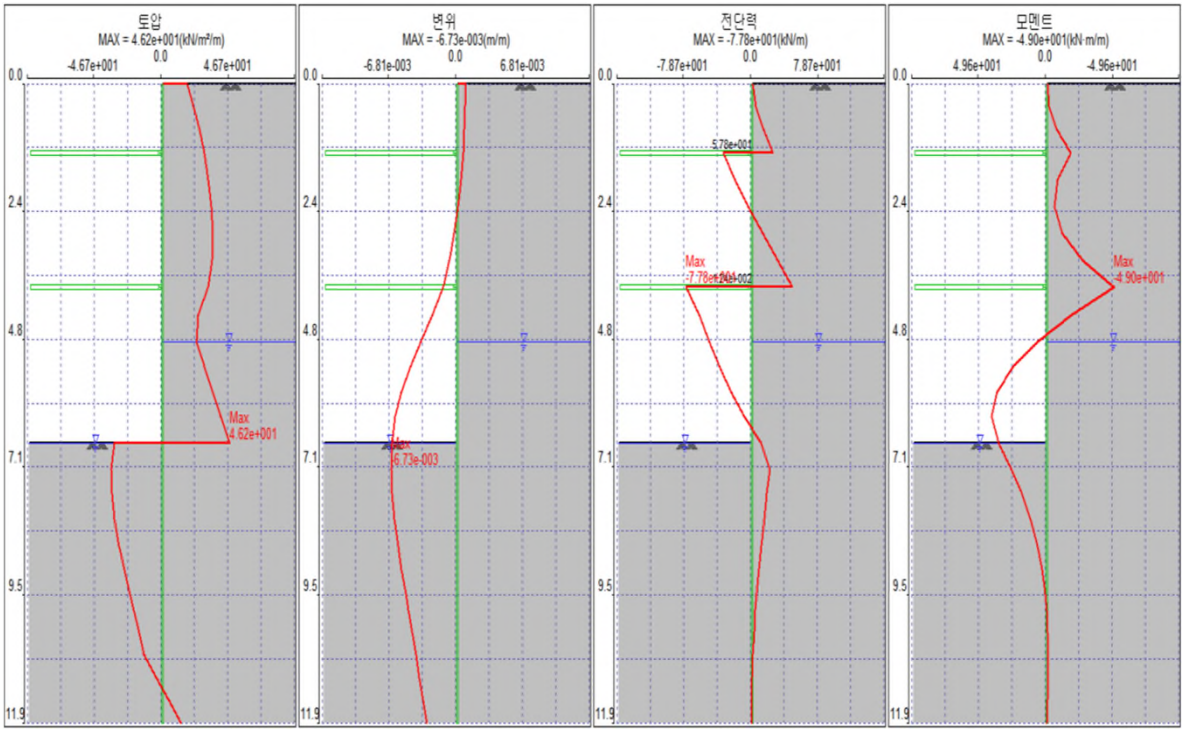
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.3 m]



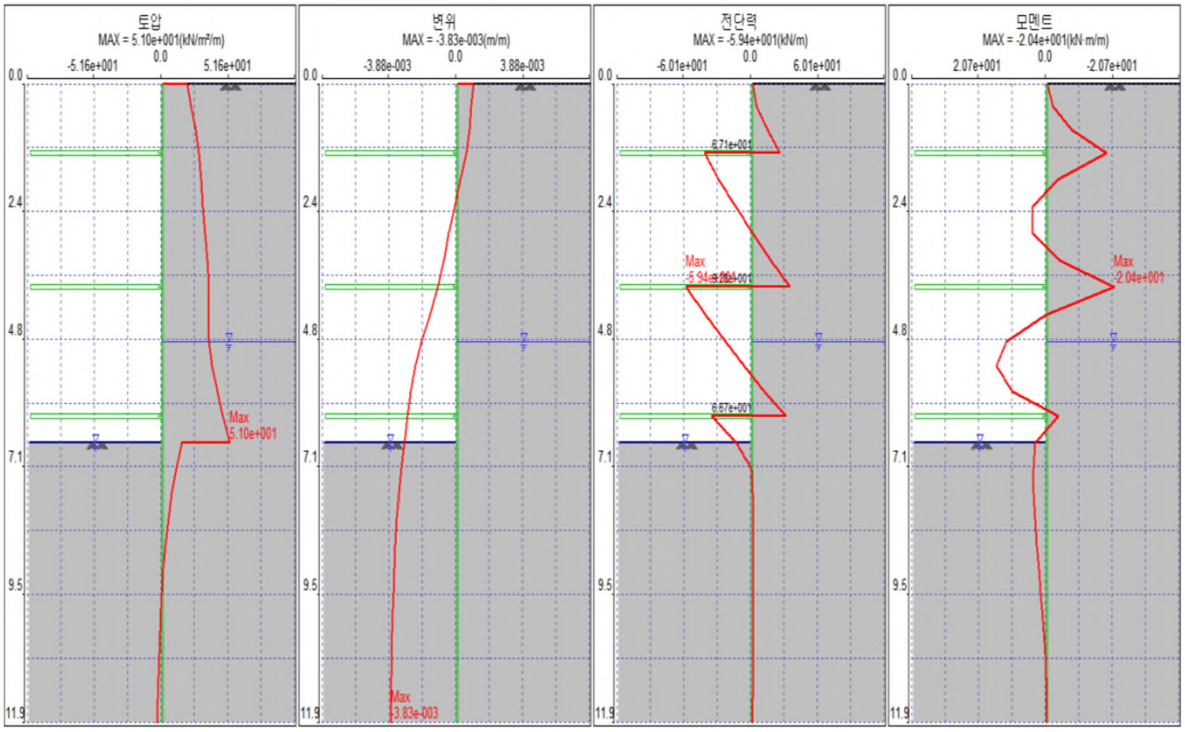
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



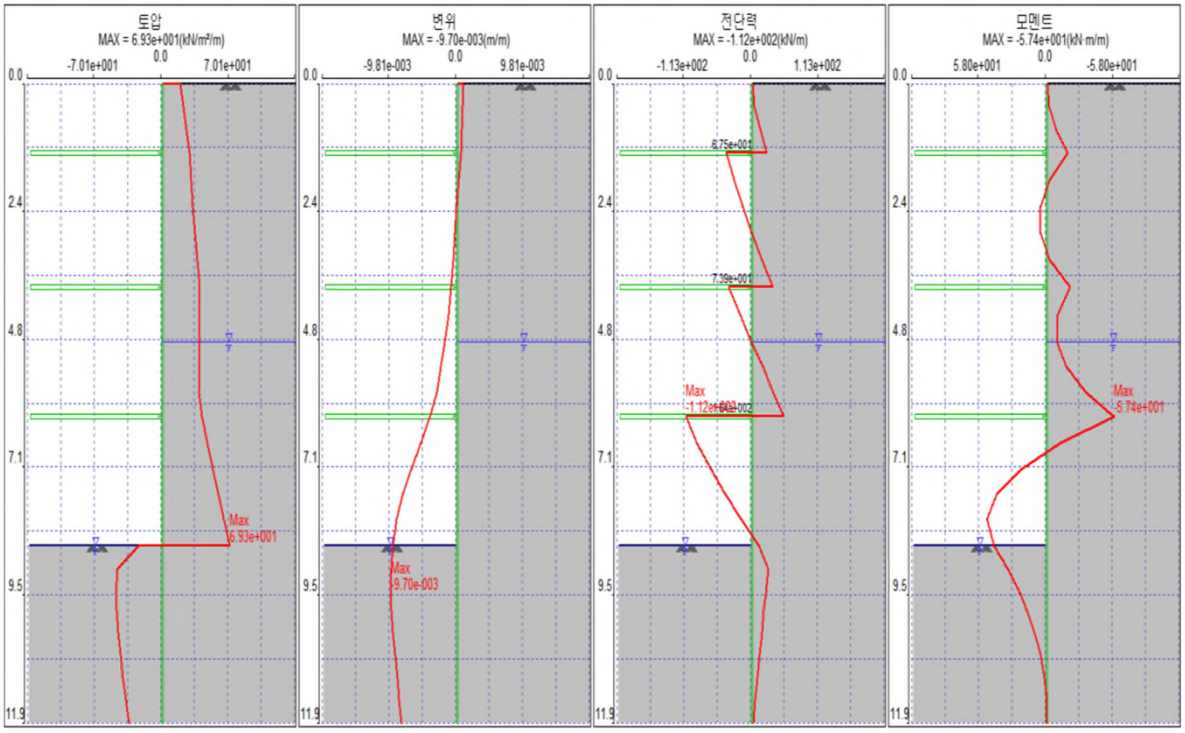
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.7 m]



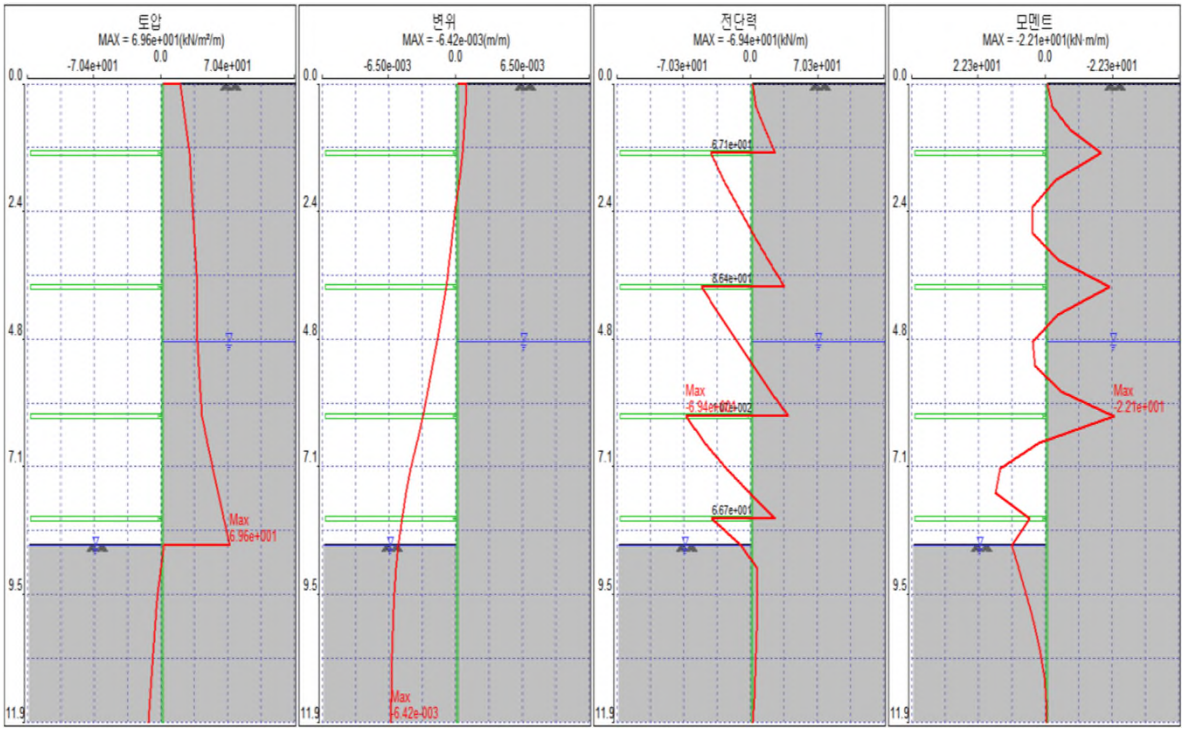
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



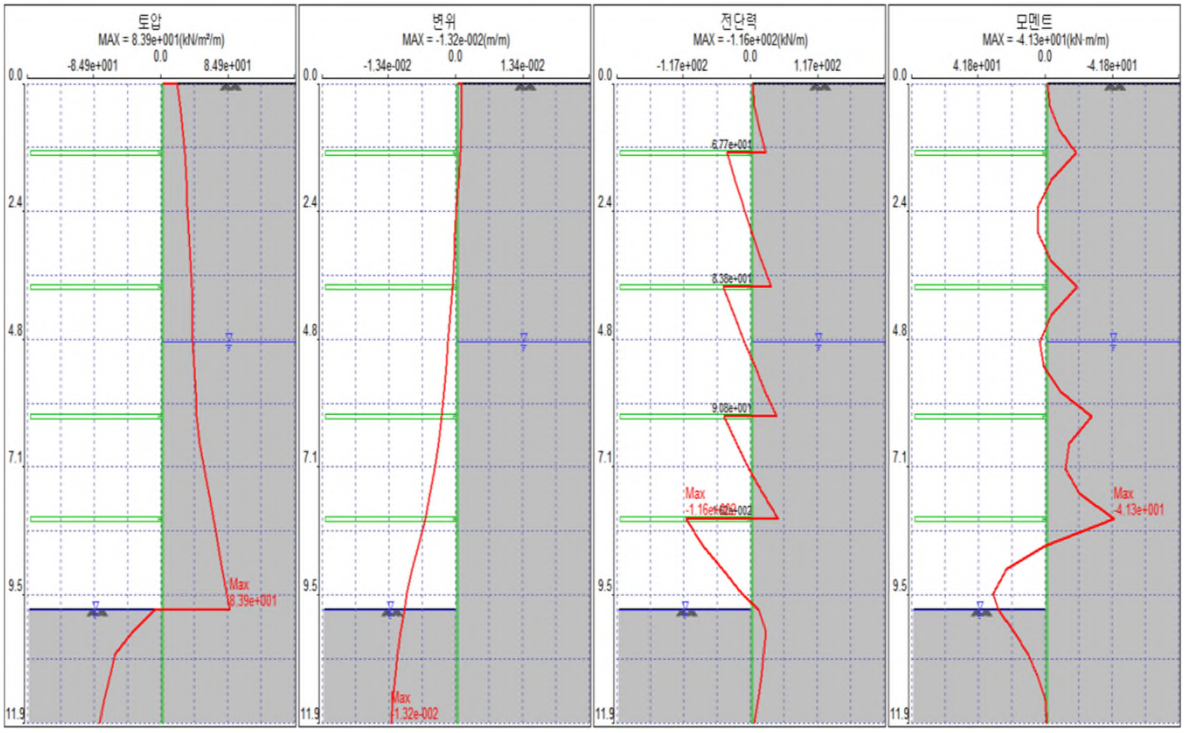
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.6 m]



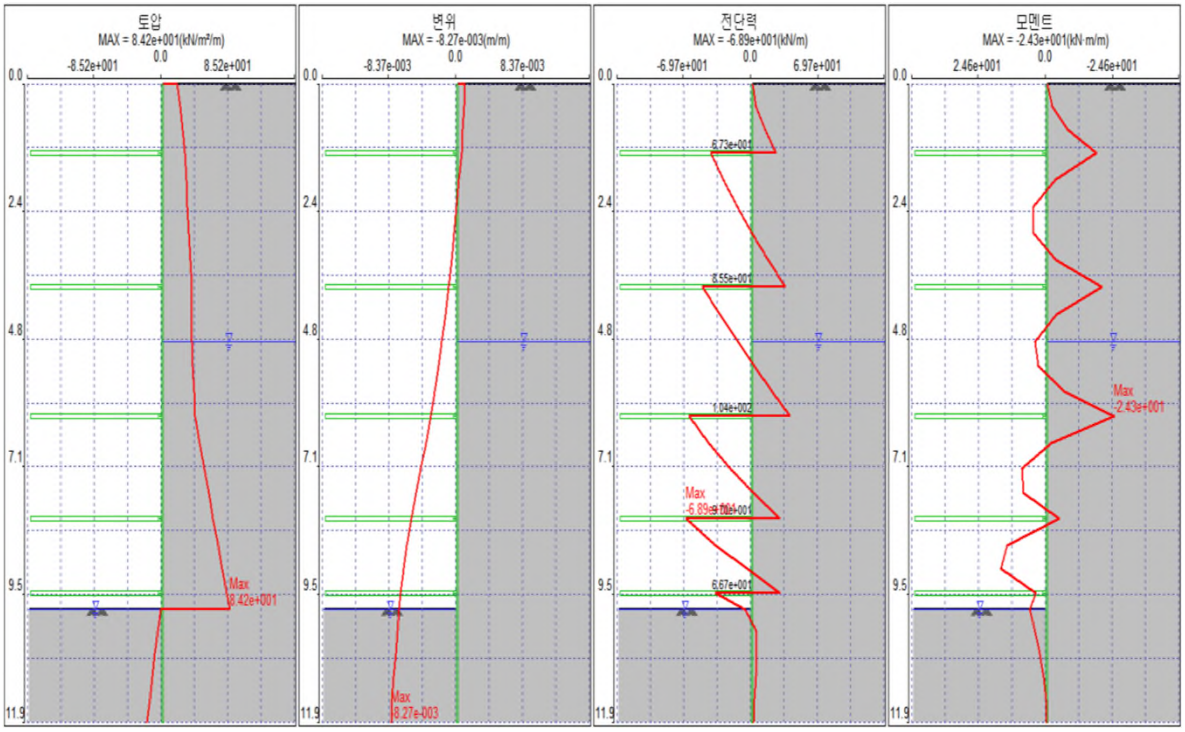
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



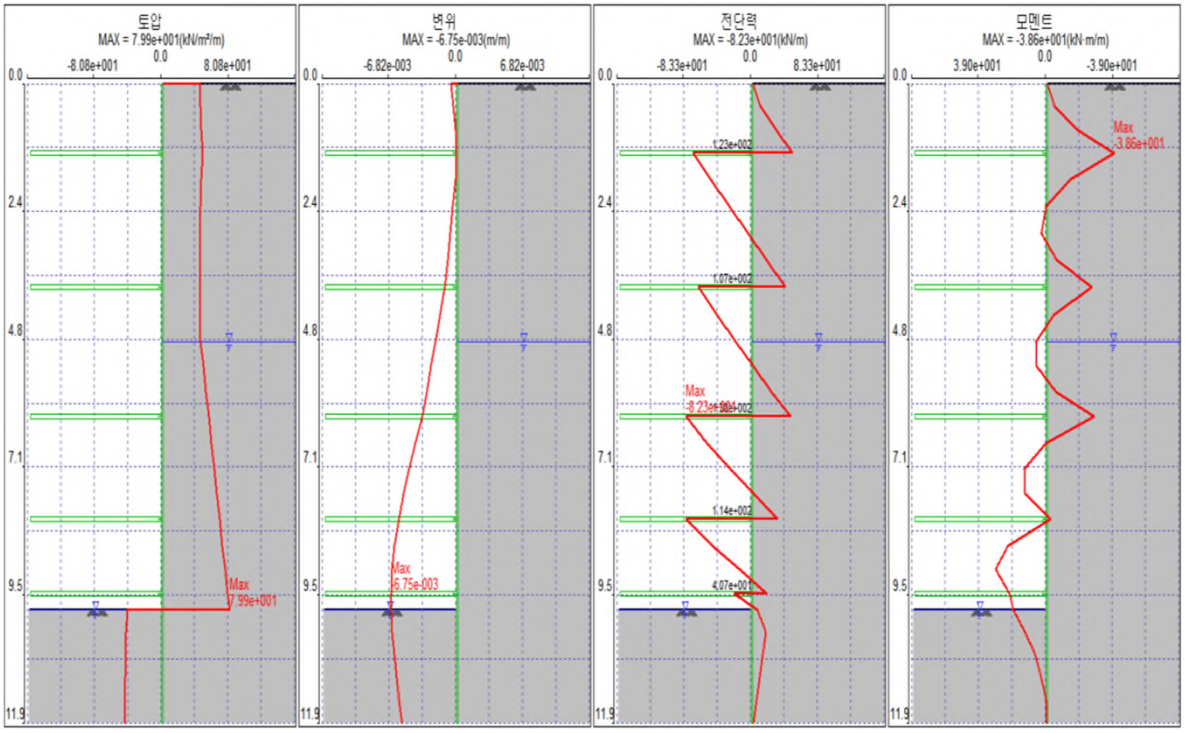
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.8 m]



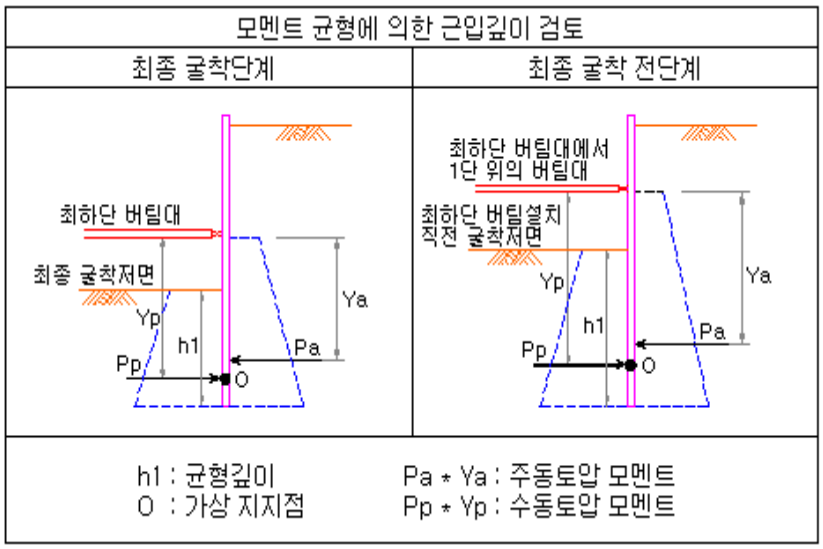
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-5]



11) 시공 11 단계 [CS11 : Peck]



10.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.447	2.100	46.697	168.030	3.598	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.805	3.300	215.555	544.978	2.528	1.200	OK

10.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.5 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 35.754 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.151 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 29.387 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 1.406 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (35.754 x 0.151) + (29.387 x 1.406) = 46.697 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 110.972 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 1.514 m

Mp = (Pp x Yp) = (110.972 x 1.514) = 168.03 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 168.03 / 46.697 = 3.598

S.F. = 3.598 > 1.2 ... OK

10.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -8.1 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 50.069 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.255 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 89.183 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.274 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (50.069 x 0.255) + (89.183 x 2.274) = 215.555 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 220.753 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 2.469 m

Mp = (Pp x Yp) = (220.753 x 2.469) = 544.978 kN·m

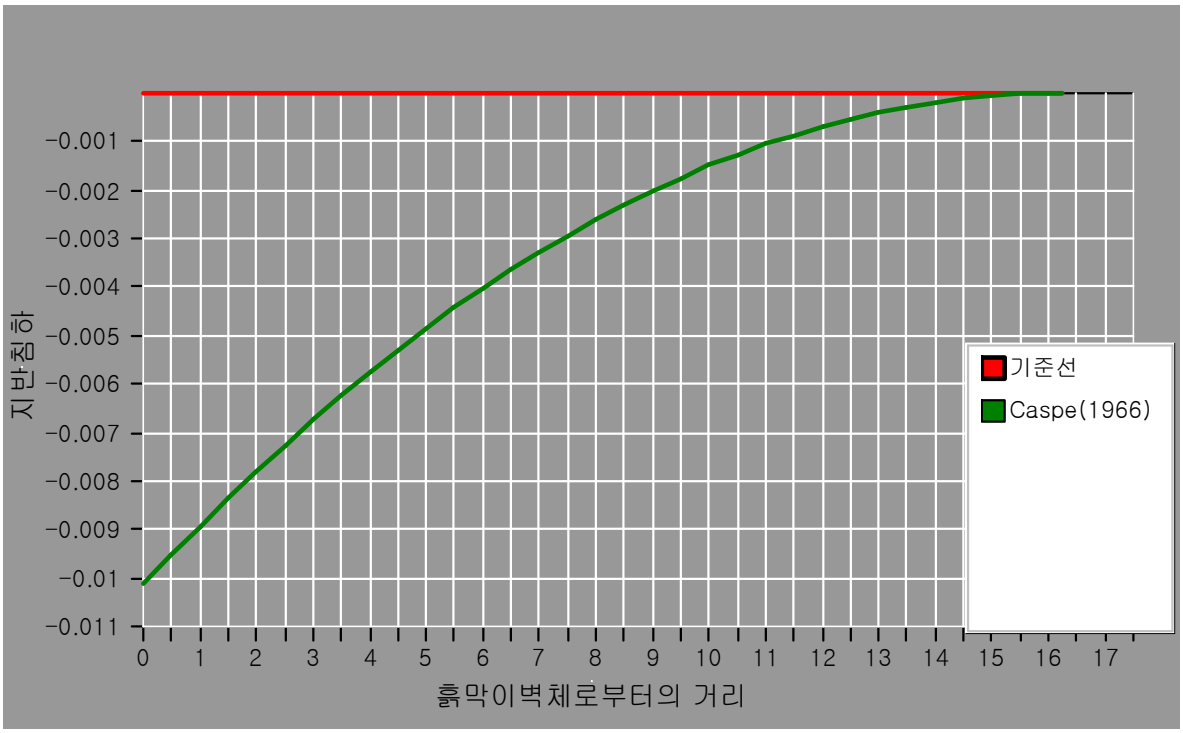
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 544.978 / 215.555 = 2.528

S.F. = 2.528 > 1.2 ... OK

10.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



10.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.041 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 9.8 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 25 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 25/2) = 15.697 m

Ht = Hp + Hw = 15.697 + 9.8 = 25.497 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 25.497 x tan(45-25/2) = 16.243 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.041 / 16.243 = -0.010 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.010 x ((16.243 - Xi) / 16.243)^2

3-2.3 TYPE-18(2차)

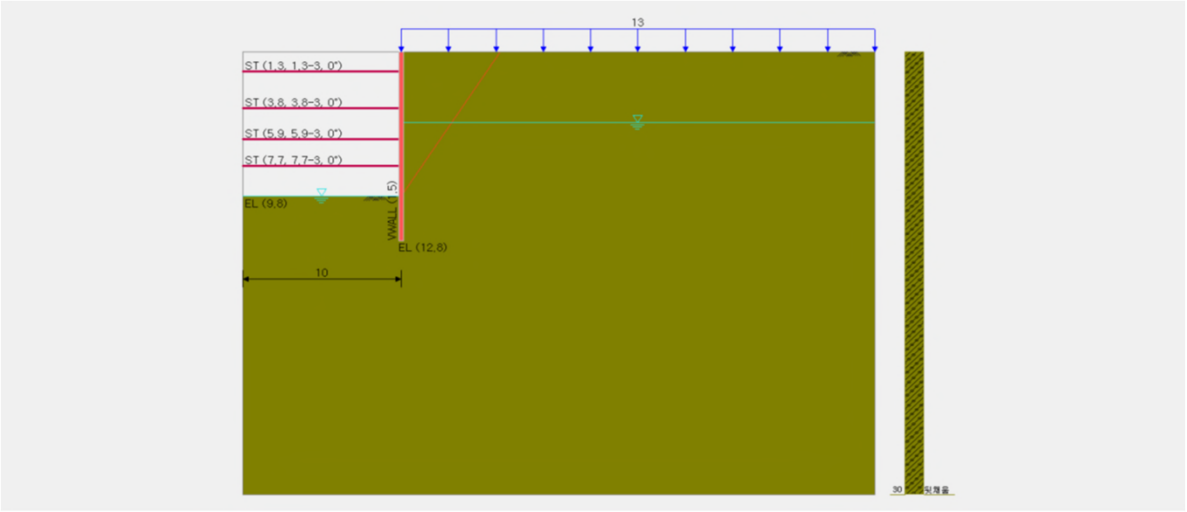
(STA.0+720.00~0+737.7)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
  3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
  3.2 재료의 허용응력
  3.3 적용 프로그램
4.지보재 설계
  4.1 Strut 설계 (Strut-1)
  4.2 Strut 설계 (Strut-2)
  4.3 Strut 설계 (Strut-3)
  4.4 Strut 설계 (Strut-4)
5.띠장 설계
  5.1 Strut-1 띠장 설계
  5.2 Strut-2 띠장 설계
  5.3 Strut-3 띠장 설계
  5.4 Strut-4 띠장 설계
6.측면말뚝 설계
  6.1 흙막이벽(우)
7.중간말뚝 설계
8. 흙막이 벽체 설계
  8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.80m)
9.전산 입력 정보
10.해석결과

1.표준단면


13
ST (1.3, 1.3~3, 0°)
ST (3.8, 3.8~3, 0°)
ST (5.9, 5.9~3, 0°)
ST (7.7, 7.7~3, 0°)
EL (9.8)
WALL (5)
EL (12.8)
10
30

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 P 406.4x9	1.30	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	43.349	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.80	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	35.062	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.90	휨응력	44.322	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.736	116.879	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.915	88.910	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	7.70	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.937	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.30	휨응력	88.241	142.832	O.K	
		전단응력	41.833	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.80	휨응력	65.857	142.832	O.K	
		전단응력	31.221	90.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.90	휨응력	94.688	142.832	O.K	
		전단응력	44.889	90.000	O.K	
Strut-4 H 300x305x15/15	7.70	휨응력	116.839	142.832	O.K	
		전단응력	55.391	90.000	O.K	

2.3 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	70.259	192.405	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.856	205.872	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	46.839	123.750	O.K	지지력	O.K

2.4 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	압축응력	3.963	127.027	O.K	지지력	O.K

2.5 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 9.80	휨응력	124.660	303.750	O.K		
		압축응력	120.740	281.667	O.K		
		전단응력	45.427	174.375	O.K		

2.6 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS9 : 굴착 9.8 m	13.492	19.600	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut – P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	–	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

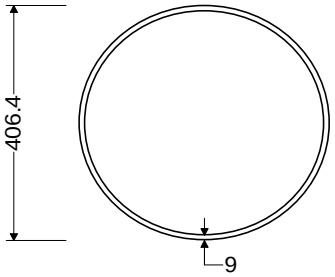
4.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 122.361 kN/m ---> Strut-1 (CS10 : Peck)
= 122.361 x 3.00 / 1 단
= 367.082 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 367.082 + 120.0 = 487.082 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 487.082 \times 1000 / 11236.2 = 43.349$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.098 x 9)
= 20.569 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.098

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (84.701 - 1.997) / 84.701
= 0.976 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 43.349 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{43.349}{118.849} + \frac{41.352}{157.500 \times (1 - (43.349 / 368.849))}$

= 0.662 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 43.349 + \frac{41.352}{1 - (43.349 / 368.849)}$

= 90.208 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.662 , 0.573)

= 0.662 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{84.701}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$

$= 0.714 < 1.0$ ---> O.K

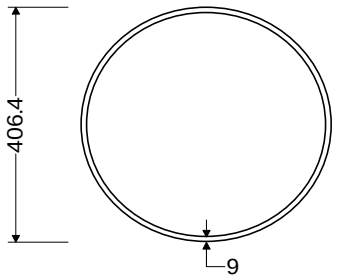
4.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 91.322 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : Peck)
= 91.322 x 3.00 / 1 단
= 273.966 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 273.966 + 120.0 = 393.966 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 393.966 \times 1000 / 11236.2 = 35.062$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.108 x 9)

= 20.373 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.108

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (76.414 − −6.290) / 76.414

= 1.082 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 35.062 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{35.062}{118.849} + \dfrac{41.352}{157.500 \times (1 - (35.062 / 368.849))}$

= 0.585 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$$= 35.062 + \frac{41.352}{1 - (35.062 / 368.849)}$$

$$= 80.758 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.585 , 0.513)
= 0.585 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{76.414}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.645 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

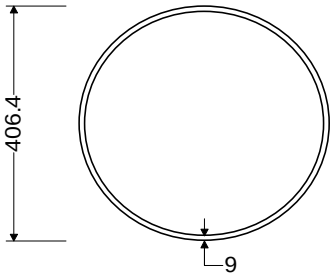
4.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.800 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 131.300 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.2 m)
= 131.300 x 3.00 / 1 단
= 393.900 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 393.900 + 120.0 = 513.900 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.800 x 8.800 / 8 / 1 단
= 48.400 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.800 / 2 / 1 단
= 22.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 48.400 \times 1000000 / 1092000.0 = 44.322$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 513.900 \times 1000 / 11236.2 = 45.736$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{22.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.915$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t) = 203.2 / (1.098 \times 9)$

$= 20.555$ ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.098$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (90.058 - 1.414) / 90.058$

$= 0.984$ ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8800 / 140.5$

62.633 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (62.633 - 18.6))$

$= 116.879$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 116.879$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (62.633)^2$

$= 344.129$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> $r/t \leq 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 88.910$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 116.879 MPa > f_c = 45.736 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 44.322 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.915 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{45.736}{116.879} + \frac{44.322}{157.500 \times (1 - (45.736 / 344.129))}$$

$$= 0.716 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 45.736 + \frac{44.322}{1 - (45.736 / 344.129)}$$

$$= 96.852 < f_{cal} = 157.500 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.716 , 0.615)

= 0.716 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{90.058}{116.879} + \left\{ \frac{3.915}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.772 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

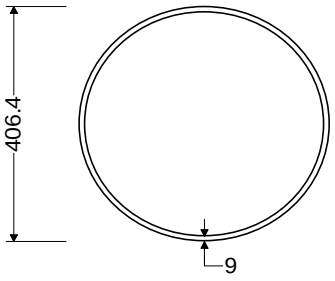
4.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 162.017 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.8 m)
= 162.017 x 3.00 / 1 단
= 486.052 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 486.052 + 120.0 = 606.052 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 x 1000000 / 1092000.0 = 41.352 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 606.052 x 1000 / 11236.2 = 53.937 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.781 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.087 x 9)
= 20.775 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.087

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (95.289 − 12.586) / 95.289
= 0.868 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000
= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5
60.498 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))
= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578²)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 53.937 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{53.937}{118.849} + \dfrac{41.352}{157.500 \times (1 - (53.937 / 368.849))}$

= 0.761 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 53.937 + \dfrac{41.352}{1 - (53.937 / 368.849)}$

= 102.372 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.761 , 0.650)

= 0.761 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{95.289}{118.849} + \left\{ \dfrac{3.781}{88.910} \right\}^2$

= 0.804 < 1.0 ---> O.K

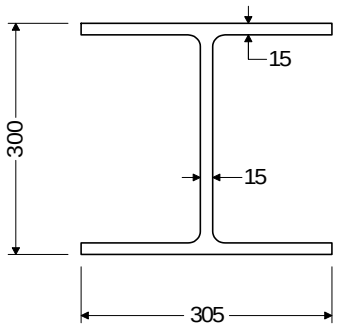
5.띠장 설계

5.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

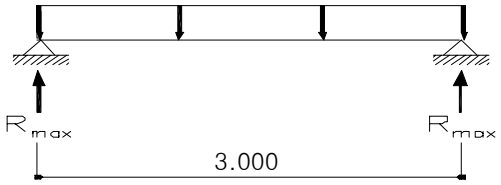
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 122.361 kN/m ---> Strut-1 (CS10 : Peck)

P = 122.361 × 3.00 m / 1 ea = 367.082 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 367.082 / (13 × 3.000)
= 112.948 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 112.948 × 3.000^2 / 8
= 127.067 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 112.948 × 3.000 / 2
= 169.422 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 127.067 x 1000000 / 1440000.0 = 88.241 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 169.422 x 1000 / 4050 = 41.833 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (88.241 + 88.241) / 88.241

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 88.241 MPa ---> O.K

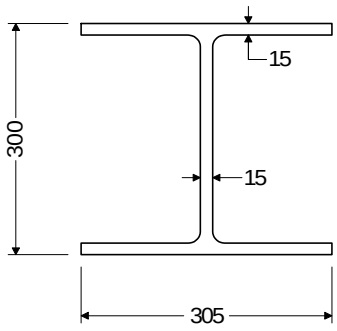
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 41.833 MPa ---> O.K

5.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

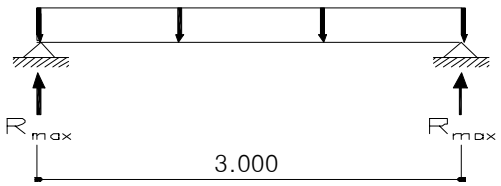
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 91.322 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : Peck)

P = 91.322 × 3.00 m / 1 ea = 273.966 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 273.966 / (13 × 3.000)
= 84.297 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 84.297 × 3.000 ^{2} / 8
= 94.834 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 84.297 × 3.000 / 2
= 126.446 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 94.834 x 1000000 / 1440000.0 = 65.857 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 126.446 x 1000 / 4050 = 31.221 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (65.857 + 65.857) / 65.857
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 65.857 MPa ---> O.K

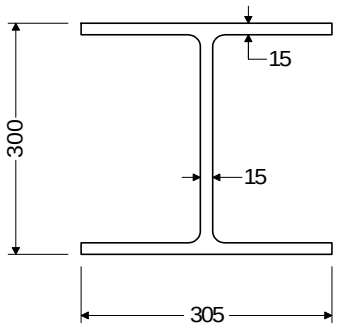
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 31.221 MPa ---> O.K

5.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

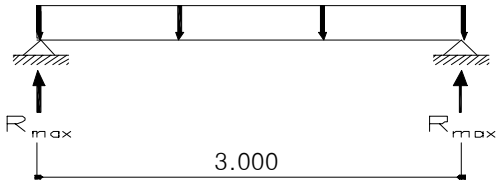
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 131.300 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.2 m)

P = 131.300 × 3.00 m / 1 ea = 393.900 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 393.900 / (13 × 3.000)
= 121.200 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 121.200 × 3.000^2 / 8
= 136.350 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 121.200 × 3.000 / 2
= 181.800 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 136.350 x 1000000 / 1440000.0 = 94.688 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 181.800 x 1000 / 4050 = 44.889 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (94.688 + 94.688) / 94.688

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 94.688 MPa ---> O.K

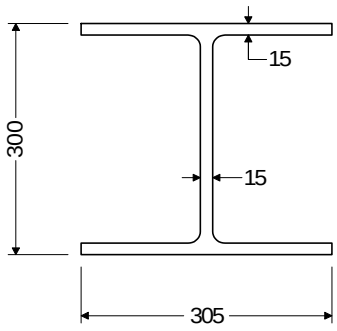
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 44.889 MPa ---> O.K

5.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

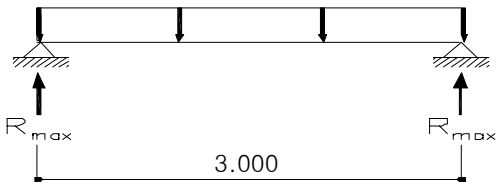
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 162.017 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.8 m)

P = 162.017 × 3.00 m / 1 ea = 486.052 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 486.052 / (13 × 3.000)
= 149.554 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 149.554 × 3.000 ^{2} / 8
= 168.249 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 149.554 × 3.000 / 2
= 224.332 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 168.249 x 1000000 / 1440000.0 = 116.839 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 224.332 x 1000 / 4050 = 55.391 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.839 + 116.839) / 116.839
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 116.839 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 55.391 MPa ---> O.K

6.측면말뚝 설계

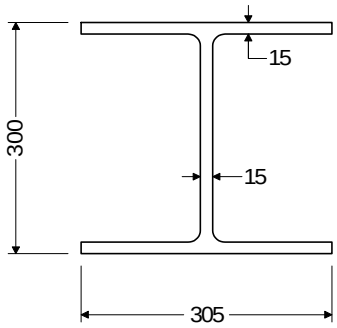
6.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 0.000 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 0.000 kN

다. 측면말뚝 자중 = 13.500 kN

라. 버팀보 자중 = 30.000 kN

마. 띠장 자중 = 12.400 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 1.500 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 105.900 kN

최대모멘트, M_{max} = 67.448 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS10 : Peck)

최대전단력, S_{max} = 126.465 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.8 m)

▶ Pmax = 105.900 kN

▶ Mmax = 67.448 × 1.500 = 101.172 kN·m

▶ Smax = 126.465 × 1.500 = 189.697 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 101.172 x 1000000 / 1440000.0 = 70.259 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 105.900 x 1000 / 13480 = 7.856 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 189.697 x 1000 / 4050 = 46.839 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.337

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.115 − −62.403) / 78.115

= 1.799

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2700 / 126

21.429 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (21.429 − 16))

= 205.872 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 205.872 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2700 / 305

= 8.852 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (8.852 − 4))

= 192.405 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 192.405 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (21.429)^2

= 2940.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 205.872 MPa > f_c = 7.856 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 192.405 MPa > f_b = 70.259 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 46.839 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{7.856}{205.872} + \frac{70.259}{192.405 \times (1 - (7.856 / 2940.000))}$

= 0.404 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 7.856 + \frac{70.259}{1 - (7.856 / 2940.000)}$

= 78.303 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.404 , 0.366)

= 0.404 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 13.5 mm ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.8 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 9.800 x 1000 x 0.002 = 19.600 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 105.90 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,			
	N(선단의 N치)	=	7
	N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	7
	N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	7
	L_s(모래층 중의 길이)	=	2.900 m
	L_c(점토층 중의 길이)	=	4.900 m
	A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915 m^2
	U(파일의 둘레길이)	=	1.210 m

= 25 x 7 x 0.0915 + 0.2 x 7 x 1.210 x 2.900

+ 0.5 x 7 x 1.210 x 4.900

= 41.677 tonf

= 408.71 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 408.71 / 2.0

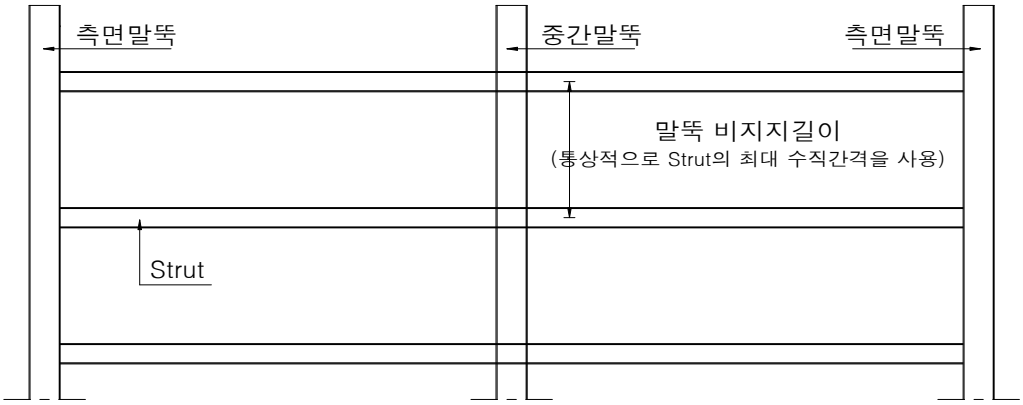
= 204.354 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7.중간말뚝 설계

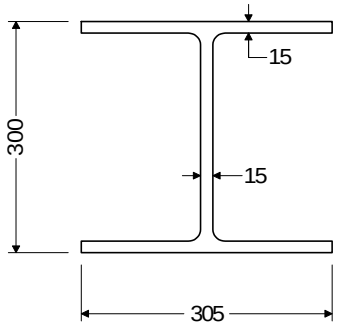
7.1 설계제원

가. PILE 설치간격 : 3.00 m



나. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



7.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 17.000 kN

(2) 버팀보 자중 = 30.000 kN

(3) ㄷ형강 자중 = 6.420 kN

$\sum P_s$ = 53.420 kN

나. 단면력 산정

(1) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_s$ = 53.420 kN

7.3 작용응력 및 허용응력 검토

가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A$ = 53.420 x 1000 / 13480 = 3.963 MPa

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 1.000$
$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (3.963 - 3.963) / 3.963$
$= 0.000$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 190.000$
$= 213.750$ MPa

$L_x / R_x = 5500 / 126$
43.651 ---> $16 < Lx/Rx \leq 80.1$ 이므로
$f_{cagx} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (43.651 - 16))$
$= 173.622$ MPa
$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 173.622$ MPa

$L_y / R_y = 5500 / 72.6$
75.758 ---> $16 < Ly/Ry \leq 80.1$ 이므로
$f_{cagy} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (75.758 - 16))$
$= 127.027$ MPa
$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 127.027$ MPa

∴ $f_{cag} = Min.(f_{cax}, f_{cay}) = 127.027$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 127.027$ MPa > $f_c = 3.963$ MPa ---> O.K

7.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , $P_{max} = 53.42$ kN

▶ 안전율 , $Fs = 2.0$

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 7
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 7
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 7
- L_s(모래층 중의 길이) = 2.000 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 0.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

$= 25 \times 7 \times 0.0915 + 0.2 \times 7 \times 1.210 \times 2.000$
$+ 0.5 \times 7 \times 1.210 \times 0.000$
$= 19.401$ tonf
$= 190.25$ kN

▶ 허용지지력 , $Q_{ua} = 190.25 / 2.0$
$= 95.127$ kN

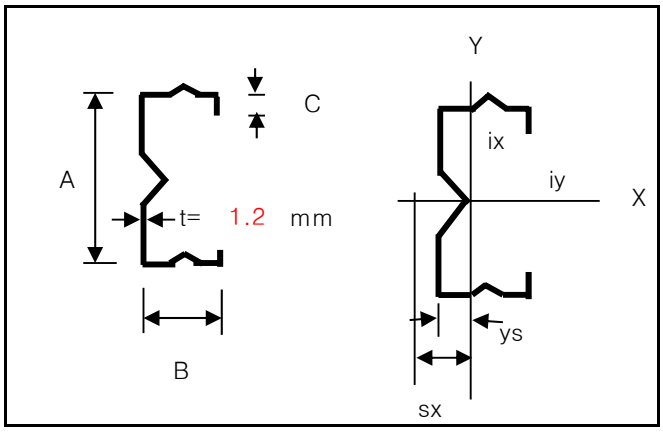
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

8. 흙막이 벽체 설계

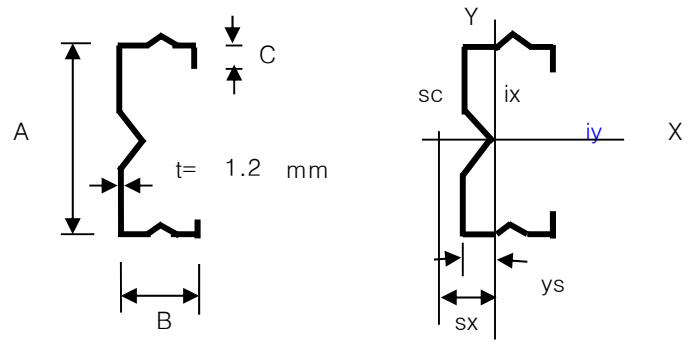
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.80m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

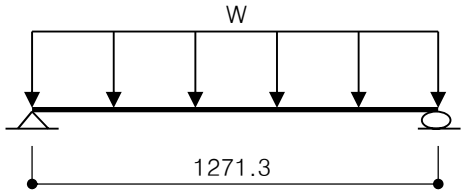
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0836 MPa ---> (CS9 : 굴착 9.8 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 83.6 kN/m^2 x 0.2000 m = 16.7 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 16.7 x 1.27^2 / 8 = 3.4 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 16.7 x 1.27 / 2 = 10.6 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3378298 / 27,100 = 124.66 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3378298 / 27,980 = 120.74 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 10630 / 234 = 45.43 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 124.66 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 120.74 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 45.43 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

9. 탄소성 입력 데이터

9.1 해석종류 : 탄소성보법

9.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

9.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 9.8 m, 전모델높이 = 30 m

9.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	뒷채움	30.00	19.00	20.00	15.00	25.00	7	-	12000.00

9.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	12.8	1.5

9.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.3	3	8.5	100	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.8	3	8.5	100	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.9	3	8.8	100	1
4	Strut-4	P 406.4x9	SS400	7.7	3	8.5	100	1

9.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

9.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 9.8 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.80	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	4.30	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.40	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.20	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	9.80	-	-	-	-	-	-	X	X
10	9.80	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

10. 해석 결과
10.1 전산 해석결과 집계

10.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.8 m	1.80	7.50	1.8	-3.66	5.2	1.01	0.0	-12.72	2.8
CS2 : 생성 Strut-1	1.80	11.44	1.3	-19.02	1.3	2.12	4.3	-7.78	1.3
CS3 : 굴착 4.3 m	4.30	17.79	1.3	-32.39	1.3	18.03	3.8	-13.93	1.3
CS4 : 생성 Strut-2	4.30	14.71	1.3	-30.73	1.3	10.88	2.8	-11.04	1.3
CS5 : 굴착 6.4 m	6.40	28.42	3.8	-58.02	3.8	33.18	5.9	-31.21	3.8
CS6 : 생성 Strut-3	6.40	20.71	3.8	-40.57	3.8	14.15	5.2	-13.42	3.8
CS7 : 굴착 8.2 m	8.20	35.40	5.9	-95.90	5.9	49.93	7.7	-40.52	5.9
CS8 : 생성 Strut-4	8.20	27.29	5.9	-73.53	5.9	29.61	7.3	-23.02	5.9
CS9 : 굴착 9.8 m	9.80	35.55	7.7	-126.46	7.7	64.05	9.4	-36.06	7.7
CS10 : Peck	9.80	49.16	1.3	-123.61	7.7	67.45	9.4	-38.34	1.3
TOTAL		49.16	1.3	-126.46	7.7	67.45	9.4	-40.52	5.9

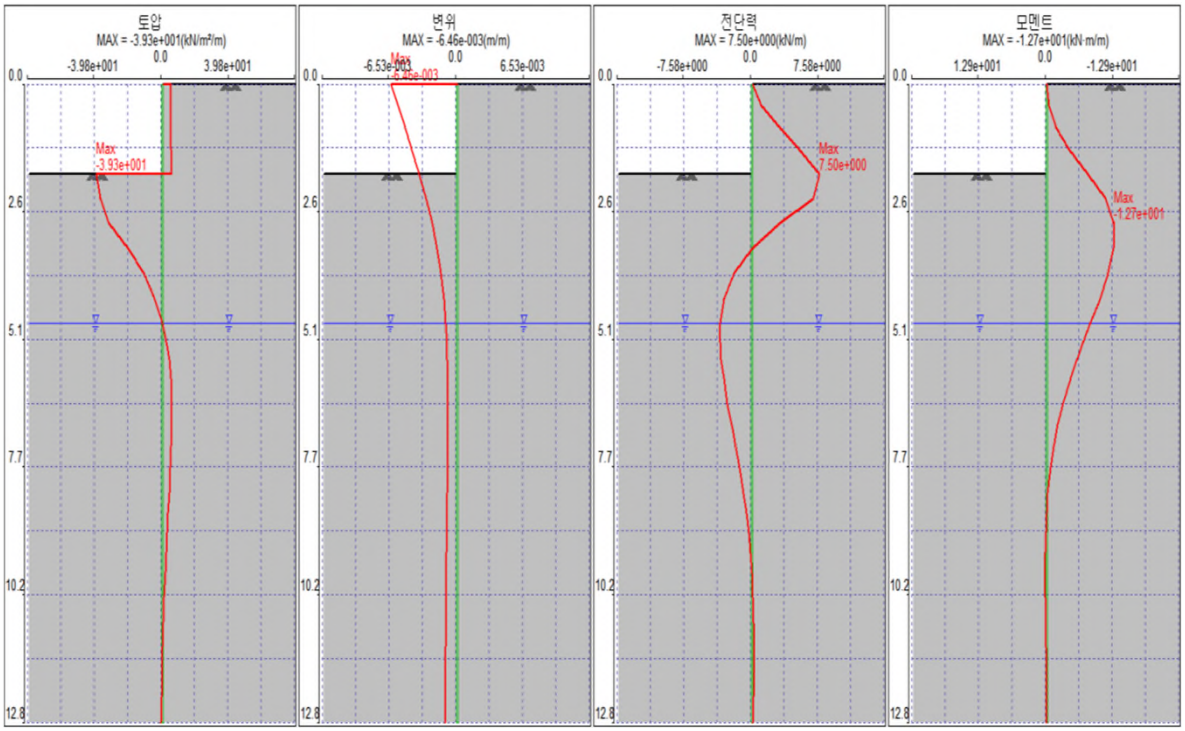
10.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

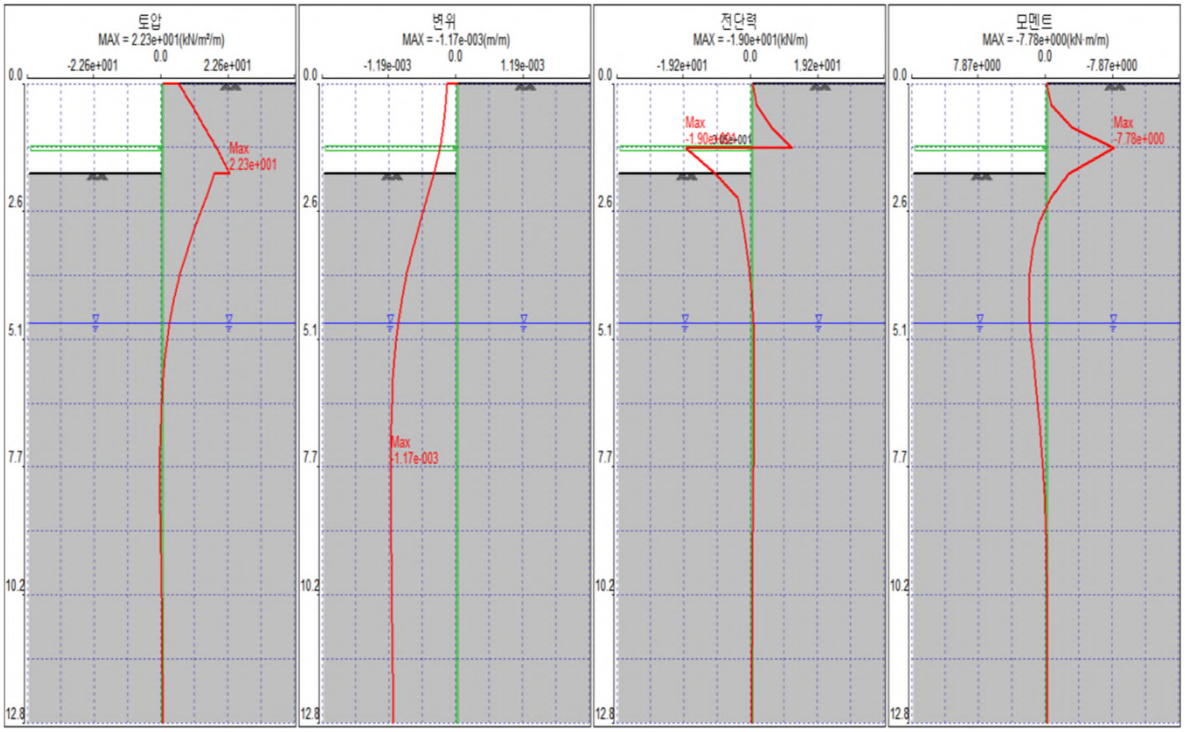
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	
		1.3 (m)	3.8 (m)	5.9 (m)	7.7 (m)	
CS1 : 굴착 1.8 m	1.80	-	-	-	-	
CS2 : 생성 Strut-1	1.80	30.45	-	-	-	
CS3 : 굴착 4.3 m	4.30	50.18	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-2	4.30	45.44	33.33	-	-	
CS5 : 굴착 6.4 m	6.40	34.67	86.45	-	-	
CS6 : 생성 Strut-3	6.40	40.48	61.28	33.33	-	
CS7 : 굴착 8.2 m	8.20	39.63	43.97	131.30	-	
CS8 : 생성 Strut-4	8.20	39.81	50.40	100.82	33.46	
CS9 : 굴착 9.8 m	9.80	40.86	44.22	77.83	162.02	
CS10 : Peck	9.80	122.36	91.32	117.70	155.55	
TOTAL		122.36	91.32	131.30	162.02	

10.2 시공단계별 단면력도

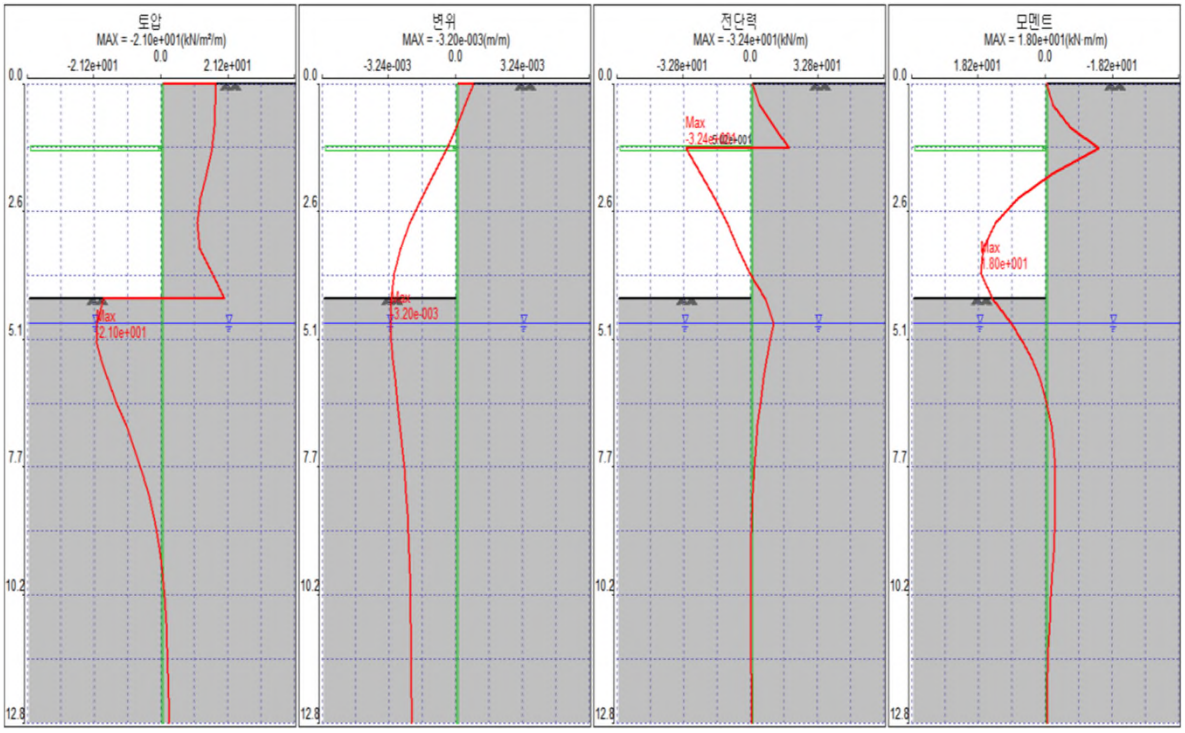
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.8 m]



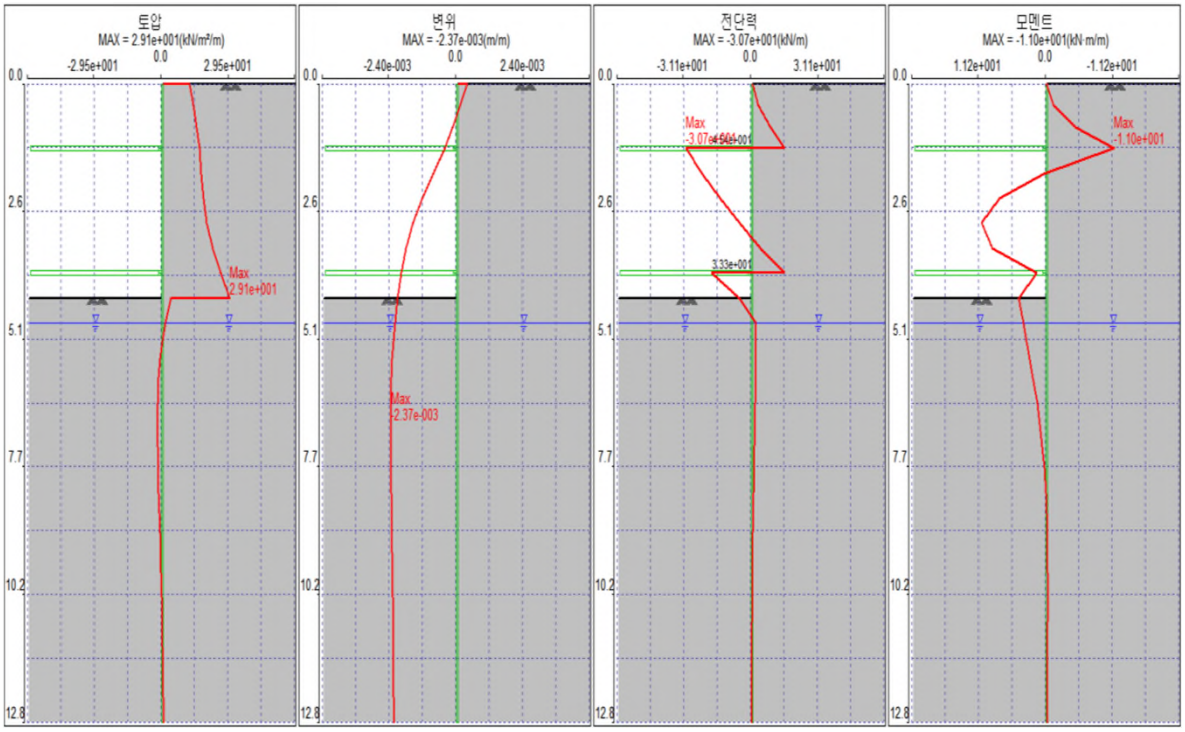
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



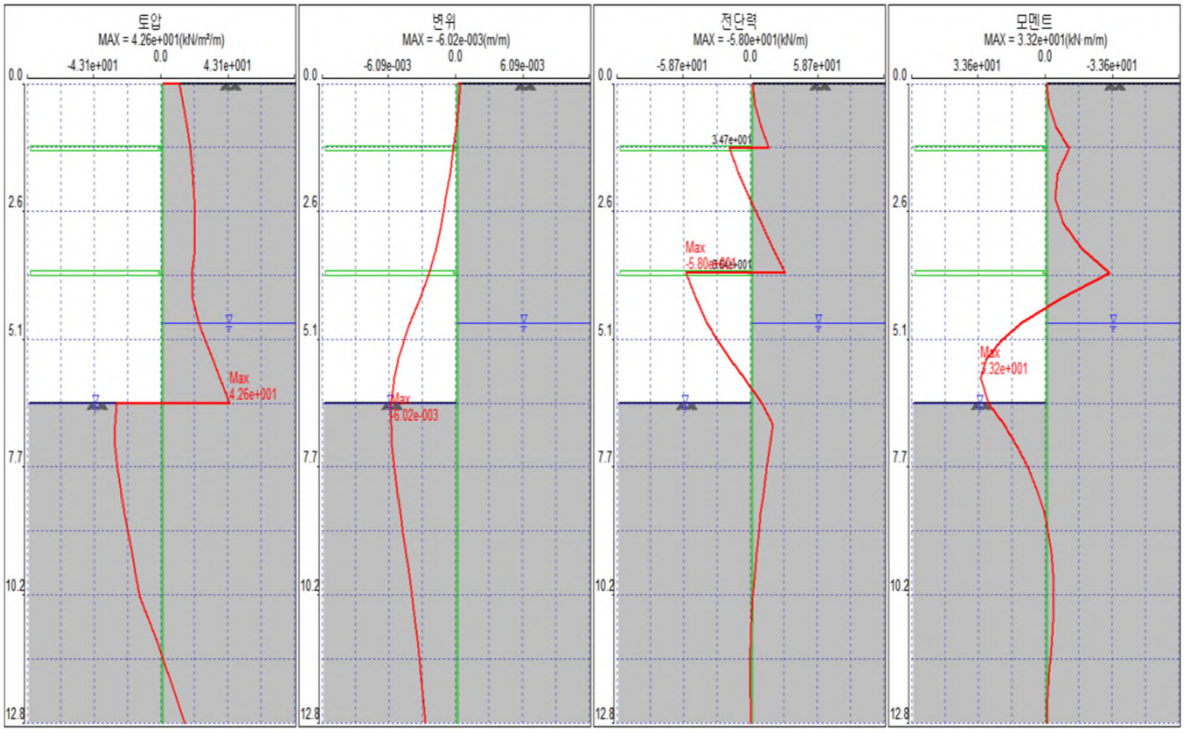
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.3 m]



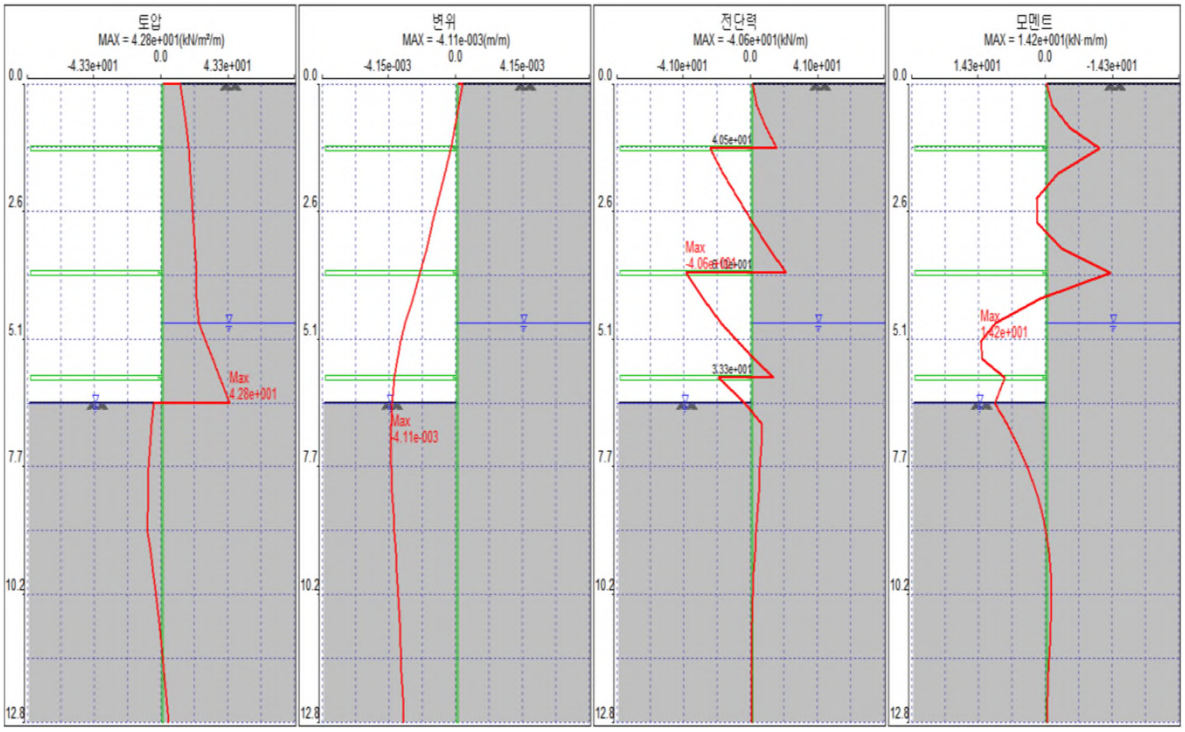
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



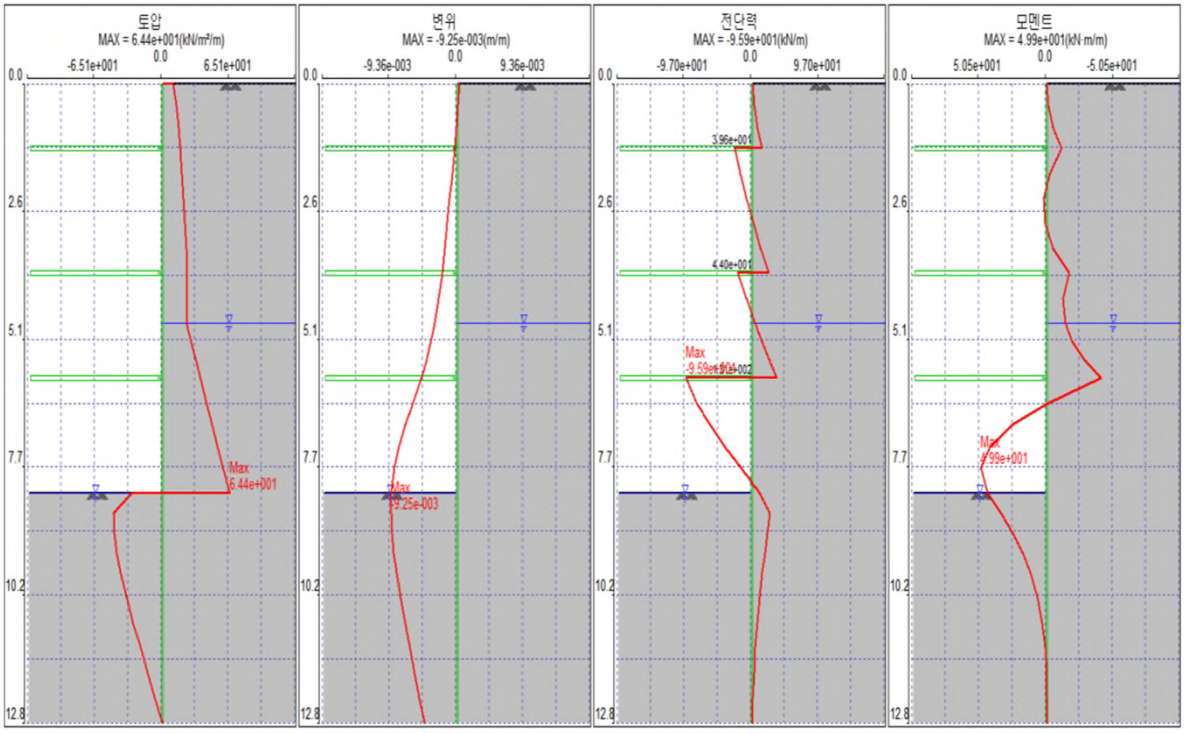
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.4 m]



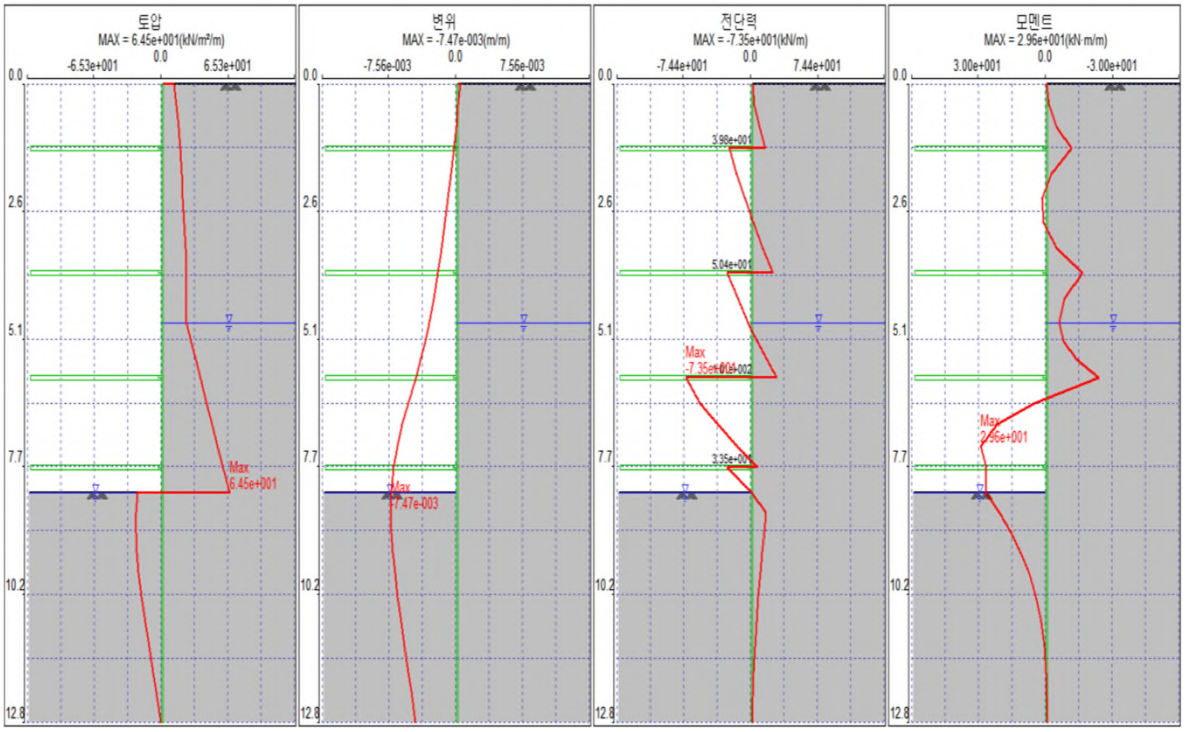
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



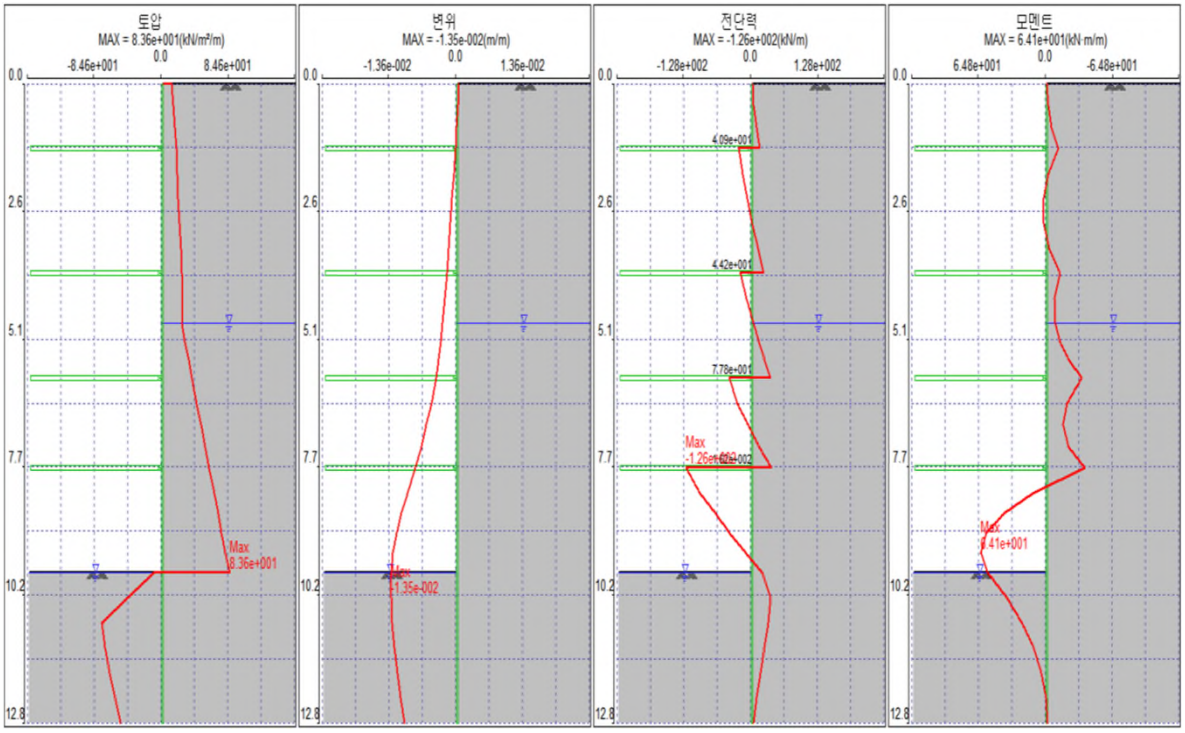
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.2 m]



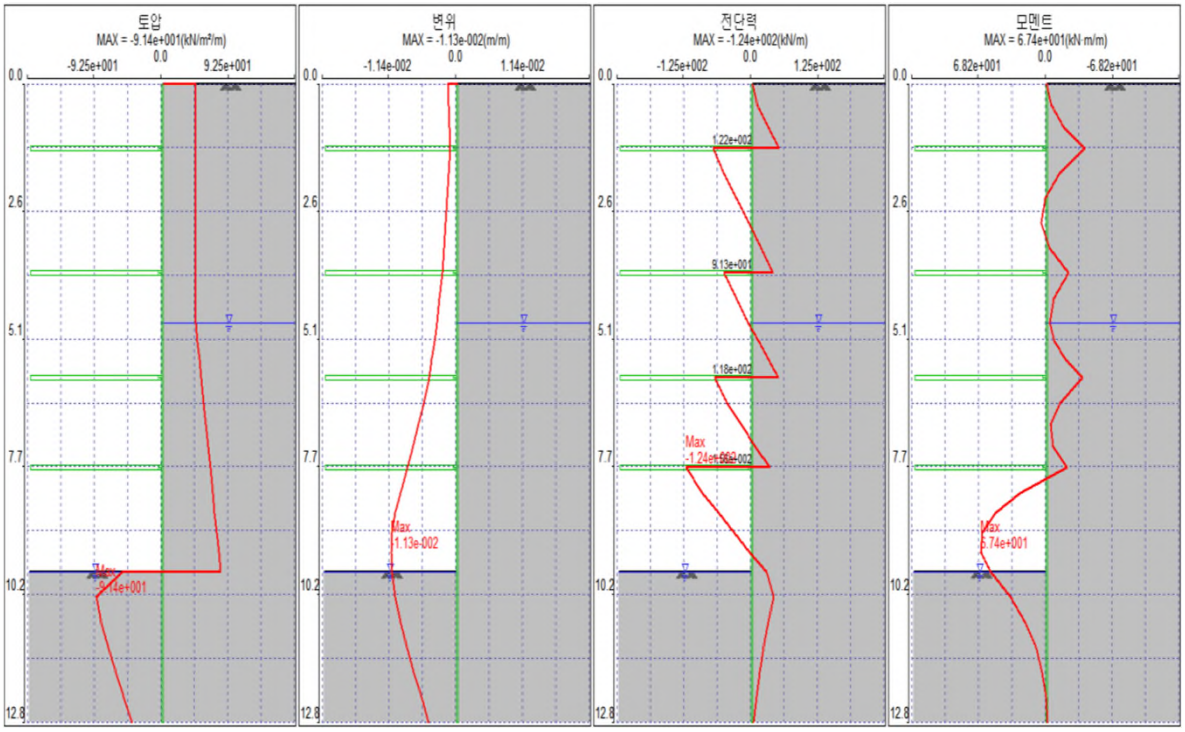
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



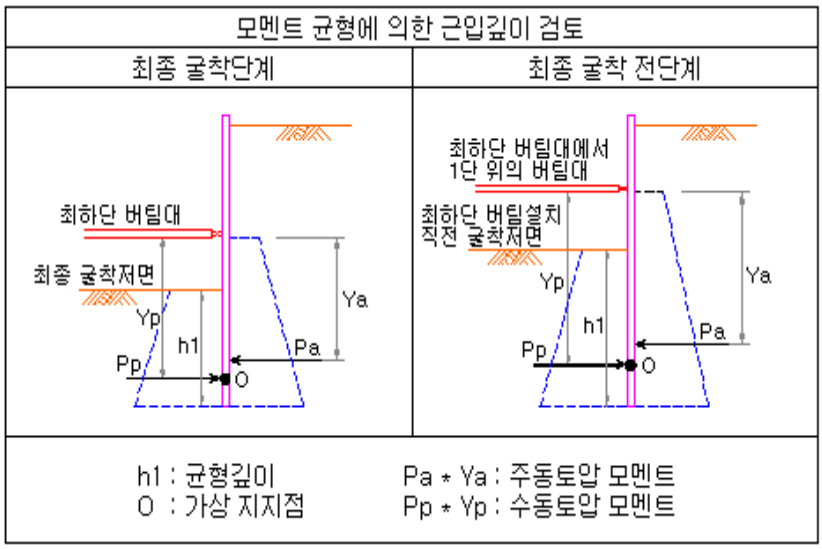
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.8 m]



10) 시공 10 단계 [CS10 : Peck]



10.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.005	3.000	416.210	737.511	1.772	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.087	4.600	841.636	1927.942	2.291	1.200	OK

10.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -7.7 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 230.43 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.085 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 44.816 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.706 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (230.43 x 1.085) + (44.816 x 3.706) = 416.21 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 190.146 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.879 m

Mp = (Pp x Yp) = (190.146 x 3.879) = 737.511 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 737.511 / 416.21 = 1.772

S.F. = 1.772 > 1.2 ... OK

10.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.9 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 175.259 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.257 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 128.55 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.833 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (175.259 x 1.257) + (128.55 x 4.833) = 841.636 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 377.738 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.104 m

Mp = (Pp x Yp) = (377.738 x 5.104) = 1927.942 kN·m

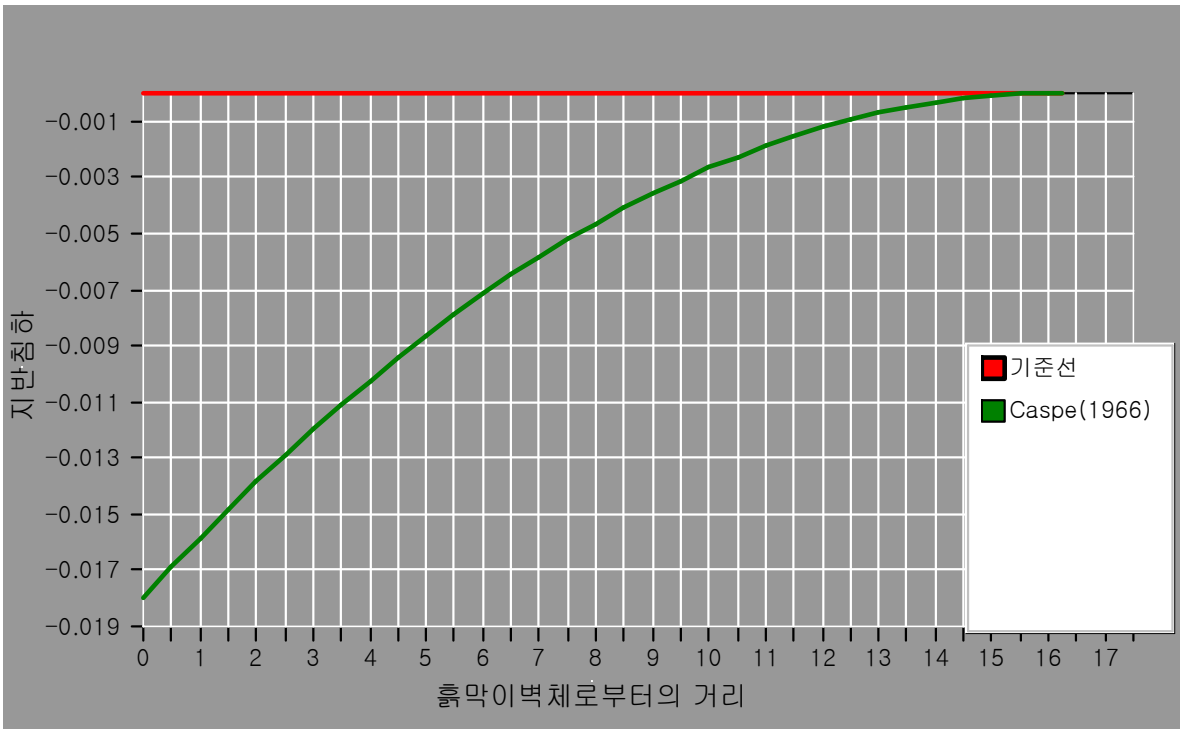
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1927.942 / 841.636 = 2.291

S.F. = 2.291 > 1.2 ... OK

10.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



10.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.073 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 9.8 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 25 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 25/2) = 15.697 m

Ht = Hp + Hw = 15.697 + 9.8 = 25.497 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 25.497 x tan(45-25/2) = 16.243 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.073 / 16.243 = -0.018 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.018 x ((16.243 - Xi) / 16.243)^2

3-2.4 TYPE-19(2차)

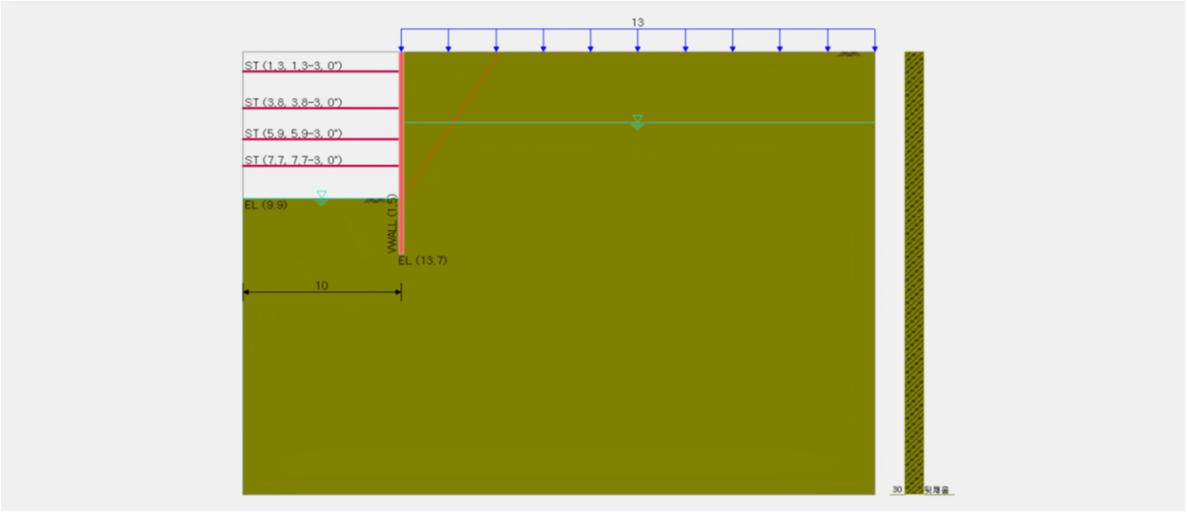
(STA.0+737.70~0+751.5)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
  3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
  3.2 재료의 허용응력
  3.3 적용 프로그램
4.지보재 설계
  4.1 Strut 설계 (Strut-1)
  4.2 Strut 설계 (Strut-2)
  4.3 Strut 설계 (Strut-3)
  4.4 Strut 설계 (Strut-4)
5.띠장 설계
  5.1 Strut-1 띠장 설계
  5.2 Strut-2 띠장 설계
  5.3 Strut-3 띠장 설계
  5.4 Strut-4 띠장 설계
6.측면말뚝 설계
  6.1 흙막이벽(우)
7.중간말뚝 설계
8. 흙막이 벽체 설계
  8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.90m)
9.전산 입력 정보
10.해석결과

1.표준단면


13
ST (1.3, 1.3~3, 0°)
ST (3.8, 3.8~3, 0°)
ST (5.9, 5.9~3, 0°)
ST (7.7, 7.7~3, 0°)
EL (9.9)
WALL (0.5)
EL (13.7)
10
30

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 P 406.4x9	1.30	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	43.631	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.80	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	35.109	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.90	휨응력	44.322	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.672	116.879	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.915	88.910	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	7.70	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	56.381	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.30	휨응력	89.001	142.832	O.K	
		전단응력	42.193	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.80	휨응력	65.985	142.832	O.K	
		전단응력	31.282	90.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.90	휨응력	94.514	142.832	O.K	
		전단응력	44.807	90.000	O.K	
Strut-4 H 300x305x15/15	7.70	휨응력	123.440	142.832	O.K	
		전단응력	58.520	90.000	O.K	

2.3 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	77.057	192.405	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.856	205.872	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	49.450	123.750	O.K	지지력	O.K

2.4 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	압축응력	3.963	127.027	O.K	지지력	O.K

2.5 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 9.90	휨응력	126.431	303.750	O.K		
		압축응력	122.454	281.667	O.K		
		전단응력	46.072	174.375	O.K		

2.6 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS9 : 굴착 9.9 m	13.888	19.800	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut – P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	–	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		0 < ℓ/r ≤ 14.6 345	0 < ℓ/r ≤ 13.4 405	0 < ℓ/r ≤ 18.0 570	
		14.6<ℓ/r≤73.0 345−2.58(ℓ/r−14.6)	13.4<ℓ/r≤67.1 405−3.29(ℓ/r−13.4)	18.0<ℓ/r≤54.2 570−6.27(ℓ/r−18)	
		73 < ℓ/r $\frac{1{,}800{,}000}{4{,}100+(\ell/r)^2}$	67.1 < ℓ/r $\frac{1{,}800{,}000}{3{,}500+(\ell/r)^2}$	54.2 < ℓ/r $\frac{1{,}800{,}000}{2{,}300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	ℓ/b ≤ 3.6 345	ℓ/b ≤ 3.4 405	ℓ/b ≤ 5.4 570	
		3.6 < ℓ/b ≤ 27 345−7.79(ℓ/b−3.6)	3.4 < ℓ/b ≤ 25 405 − 9.96(ℓ/b−3.4)	5.4 < ℓ/b ≤ 19 570 − 18.9(ℓ/b−5.4)	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \le 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

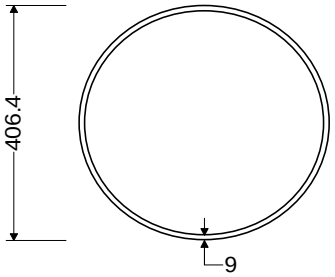
4.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 123.415 kN/m ---> Strut-1 (CS10 : Peck)
= 123.415 x 3.00 / 1 단
= 370.244 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 370.244 + 120.0 = 490.244 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 490.244 \times 1000 / 11236.2 = 43.631$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.097 x 9)
= 20.575 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.097

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (84.983 - 2.279) / 84.983
= 0.973 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 43.631 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{43.631}{118.849} + \frac{41.352}{157.500 \times (1 - (43.631 / 368.849))}$

= 0.665 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 43.631 + \frac{41.352}{1 - (43.631 / 368.849)}$

= 90.530 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.665 , 0.575)

= 0.665 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{84.983}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$

$= 0.717 < 1.0$ ---> O.K

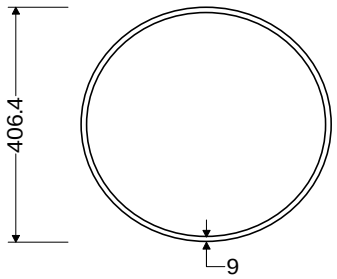
4.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 91.499 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : Peck)
= 91.499 x 3.00 / 1 단
= 274.496 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 274.496 + 120.0 = 394.496 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 394.496 \times 1000 / 11236.2 = 35.109$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.108 x 9)

= 20.374 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.108

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (76.461 − −6.243) / 76.461

= 1.082 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 35.109 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{35.109}{118.849} + \dfrac{41.352}{157.500 \times (1 - (35.109 / 368.849))}$

= 0.586 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$$= 35.109 + \frac{41.352}{1 - (35.109 / 368.849)}$$

$$= 80.811 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.586 , 0.513)
= 0.586 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{76.461}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.645 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

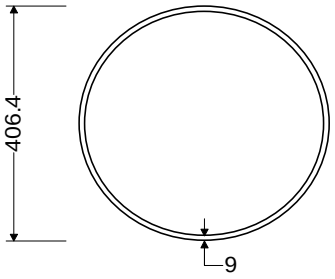
4.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.800 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 131.060 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.2 m)
= 131.060 x 3.00 / 1 단
= 393.180 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 393.180 + 120.0 = 513.180 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.800 x 8.800 / 8 / 1 단
= 48.400 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.800 / 2 / 1 단
= 22.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 48.400 x 1000000 / 1092000.0 = 44.322 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 513.180 x 1000 / 11236.2 = 45.672 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{22.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.915 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.099 x 9)

= 20.553 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.099

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.994 − 1.350) / 89.994

= 0.985 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8800 / 140.5

62.633 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (62.633 − 18.6))

= 116.879 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 116.879 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (62.633)^2

= 344.129 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 116.879 MPa > f_c = 45.672 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 44.322 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.915 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{45.672}{116.879} + \dfrac{44.322}{157.500 \times (1 - (45.672 / 344.129))}$

$= \quad 0.715 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 45.672 + \frac{44.322}{1 - (45.672 / 344.129)}$$

$= 96.777 < f_{cal} = 157.500$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.715 , 0.614)
= 0.715 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{89.994}{116.879} + \left\{ \frac{3.915}{88.910} \right\}^2$$

$= 0.772 < 1.0$ ---> O.K

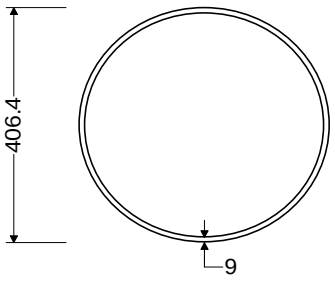
4.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 171.170 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.9 m)
= 171.170 x 3.00 / 1 단
= 513.509 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 513.509 + 120.0 = 633.509 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 633.509 \times 1000 / 11236.2 = 56.381$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t) = 203.2 / (1.085 \times 9)$

$= 20.816$ ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.085$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (97.733 - 15.029) / 97.733$

$= 0.846$ ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8500 / 140.5$

60.498 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (60.498 - 18.6))$

$= 118.849$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 118.849$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (60.498)^2$

$= 368.849$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> $r/t \leq 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 88.910$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 118.849$ MPa > $f_c = 56.381$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa > $f_b = 41.352$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 88.910$ MPa > $\tau = 3.781$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{56.381}{118.849} + \frac{41.352}{157.500 \times (1 - (56.381 / 368.849))}$

$= 0.784 < 1.0$ ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 56.381 + \frac{41.352}{1 - (56.381 / 368.849)}$

$= 105.194 < f_{cal} = 157.500$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.784 , 0.668)
= 0.784 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{97.733}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$

$= 0.824 < 1.0$ ---> O.K

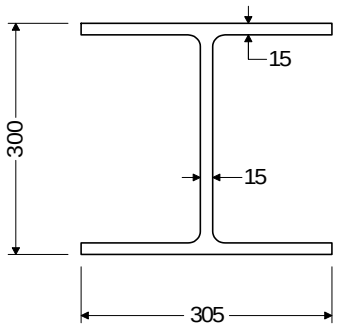
5.띠장 설계

5.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

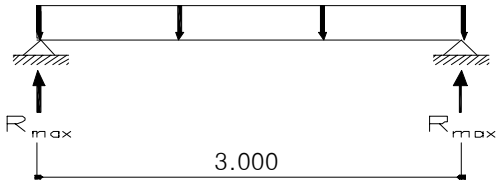
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 123.415 kN/m ---> Strut-1 (CS10 : Peck)

P = 123.415 × 3.00 m / 1 ea = 370.244 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 370.244 / (13 × 3.000)
= 113.921 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 113.921 × 3.000^2 / 8
= 128.161 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 113.921 × 3.000 / 2
= 170.882 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 128.161 x 1000000 / 1440000.0 = 89.001 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 170.882 x 1000 / 4050 = 42.193 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.001 + 89.001) / 89.001

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 89.001 MPa ---> O.K

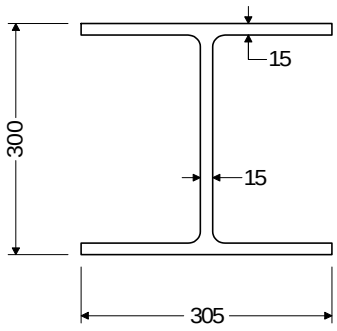
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.193 MPa ---> O.K

5.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

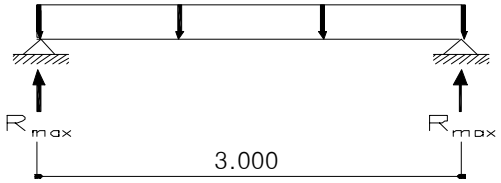
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 91.499 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : Peck)

P = 91.499 × 3.00 m / 1 ea = 274.496 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

$\therefore\ W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 274.496 / (13 \times 3.000)$
$= 84.460$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 84.460 \times 3.000^{2} / 8$
$= 95.018$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 84.460 \times 3.000 / 2$
$= 126.690$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x =$ 95.018 x 1000000 / 1440000.0 = 65.985 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w =$ 126.690 x 1000 / 4050 = 31.282 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = $0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (65.985 + 65.985) / 65.985$
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times 80$
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 65.985 MPa ---> O.K

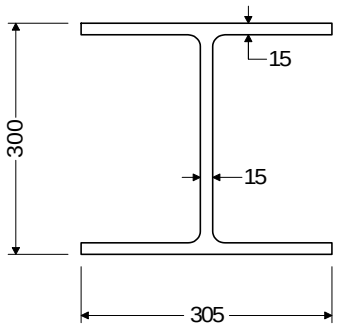
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 31.282 MPa ---> O.K

5.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

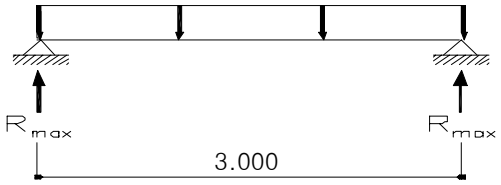
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 131.060 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.2 m)

P = 131.060 × 3.00 m / 1 ea = 393.180 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 393.180 / (13 × 3.000)
= 120.979 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 120.979 × 3.000^2 / 8
= 136.101 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 120.979 × 3.000 / 2
= 181.468 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 136.101 x 1000000 / 1440000.0 = 94.514 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 181.468 x 1000 / 4050 = 44.807 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (94.514 + 94.514) / 94.514

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 94.514 MPa ---> O.K

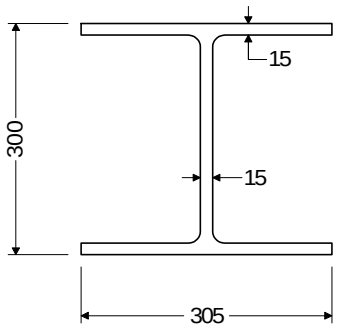
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 44.807 MPa ---> O.K

5.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

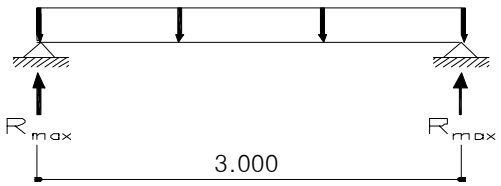
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 171.170 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.9 m)

P = 171.170 × 3.00 m / 1 ea = 513.509 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 513.509 / (13 × 3.000)
= 158.003 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 158.003 × 3.000 ^{2} / 8
= 177.753 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 158.003 × 3.000 / 2
= 237.004 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 177.753 x 1000000 / 1440000.0 = 123.440 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 237.004 x 1000 / 4050 = 58.520 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (123.440 + 123.440) / 123.440
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 123.440 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 58.520 MPa ---> O.K

6.측면말뚝 설계

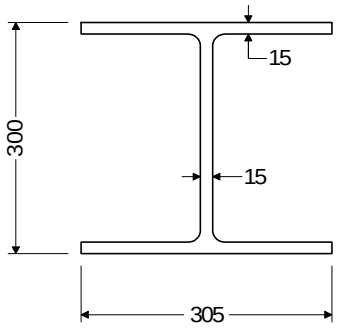
6.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 0.000 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 0.000 kN

다. 측면말뚝 자중 = 13.500 kN

라. 버팀보 자중 = 30.000 kN

마. 띠장 자중 = 12.400 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 1.500 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 105.900 kN

최대모멘트, M_{max} = 73.975 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS10 : Peck)

최대전단력, S_{max} = 133.515 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.9 m)

▶ Pmax = 105.900 kN

▶ Mmax = 73.975 × 1.500 = 110.962 kN·m

▶ Smax = 133.515 × 1.500 = 200.273 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 110.962 x 1000000 / 1440000.0 = 77.057 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 105.900 x 1000 / 13480 = 7.856 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 200.273 x 1000 / 4050 = 49.450 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.377

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (84.913 − −69.201) / 84.913

= 1.815

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2700 / 126

21.429 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (21.429 − 16))

= 205.872 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 205.872 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2700 / 305

= 8.852 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (8.852 − 4))

= 192.405 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 192.405 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (21.429)^2

= 2940.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 205.872 MPa > f_c = 7.856 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 192.405 MPa > f_b = 77.057 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 49.450 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{7.856}{205.872} + \frac{77.057}{192.405 \times (1 - (7.856 / 2940.000))}$

= 0.440 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 7.856 + \frac{77.057}{1 - (7.856 / 2940.000)}$

= 85.120 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.440 , 0.398)

= 0.440 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 13.9 mm ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.9 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 9.900 x 1000 x 0.002 = 19.800 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 105.90 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	= 7	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	= 7	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	= 7	
L_s(모래층 중의 길이)	= 3.800	m
L_c(점토층 중의 길이)	= 4.900	m
A_p(H-Pile 단면적)	= 0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	= 1.210	m

= 25 x 7 x 0.0915 + 0.2 x 7 x 1.210 x 3.800

+ 0.5 x 7 x 1.210 x 4.900

= 43.201 tonf

= 423.66 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 423.66 / 2.0

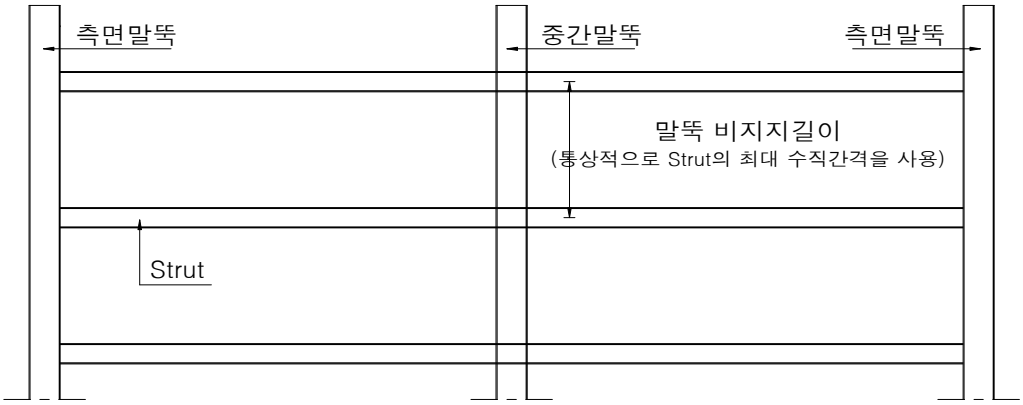
= 211.830 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7.중간말뚝 설계

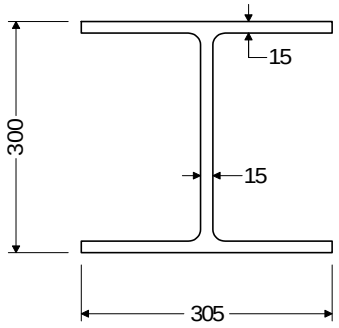
7.1 설계제원

가. PILE 설치간격 : 3.00 m



나. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



7.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 17.000 kN

(2) 버팀보 자중 = 30.000 kN

(3) ㄷ형강 자중 = 6.420 kN

$\sum P_s$ = 53.420 kN

나. 단면력 산정

(1) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_s$ = 53.420 kN

7.3 작용응력 및 허용응력 검토

가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A$ = 53.420 x 1000 / 13480 = 3.963 MPa

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 1.000$
$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (3.963 - 3.963) / 3.963$
$= 0.000$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 190.000$
$= 213.750$ MPa

$L_x / R_x = 5500 / 126$
43.651 ---> $16 < Lx/Rx \leq 80.1$ 이므로
$f_{cagx} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (43.651 - 16))$
$= 173.622$ MPa
$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 173.622$ MPa

$L_y / R_y = 5500 / 72.6$
75.758 ---> $16 < Ly/Ry \leq 80.1$ 이므로
$f_{cagy} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (75.758 - 16))$
$= 127.027$ MPa
$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 127.027$ MPa

∴ $f_{cag} = Min.(f_{cax}, f_{cay}) = 127.027$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 127.027$ MPa > $f_c = 3.963$ MPa ---> O.K

7.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , $P_{max} = 53.42$ kN

▶ 안전율 , $Fs = 2.0$

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 7
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 7
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 7
- L_s(모래층 중의 길이) = 2.000 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 0.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

$= 25 \times 7 \times 0.0915 + 0.2 \times 7 \times 1.210 \times 2.000$
$+ 0.5 \times 7 \times 1.210 \times 0.000$
$= 19.401$ tonf
$= 190.25$ kN

▶ 허용지지력 , $Q_{ua} = 190.25 / 2.0$
$= 95.127$ kN

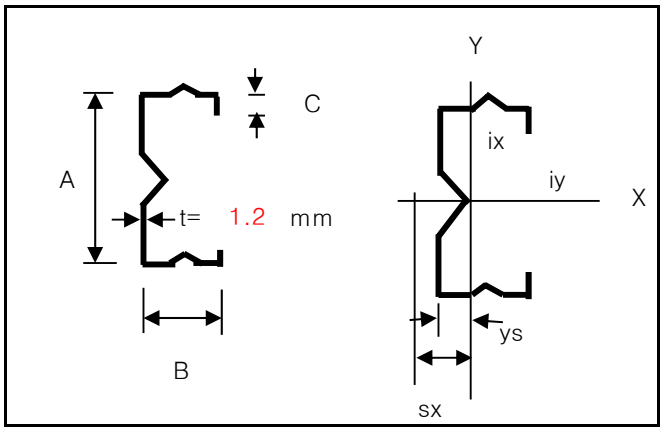
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

8. 흙막이 벽체 설계

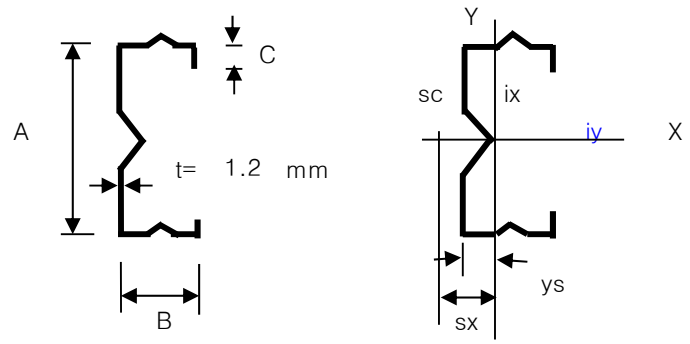
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.90m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

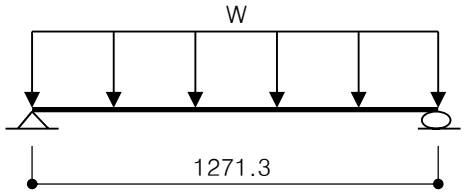
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0848 MPa ---> (CS9 : 굴착 9.9 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 84.8 kN/m^2 x 0.2000 m = 17.0 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 17.0 x 1.27^2 / 8 = 3.4 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 17.0 x 1.27 / 2 = 10.8 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3426270 / 27,100 = 126.43 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3426270 / 27,980 = 122.45 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 10781 / 234 = 46.07 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 126.43 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 122.45 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 46.07 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

9. 탄소성 입력 데이터

9.1 해석종류 : 탄소성보법

9.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

9.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 9.9 m, 전모델높이 = 30 m

9.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	뒷채움	30.00	19.00	20.00	15.00	25.00	7	-	12000.00

9.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	13.7	1.5

9.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.3	3	8.5	100	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.8	3	8.5	100	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.9	3	8.8	100	1
4	Strut-4	P 406.4x9	SS400	7.7	3	8.5	100	1

9.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

9.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 9.9 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.80	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	4.30	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.40	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.20	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	9.90	-	-	-	-	-	-	X	X
10	9.90	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

10. 해석 결과
10.1 전산 해석결과 집계

10.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.8 m	1.80	7.50	1.8	-3.66	5.2	1.01	0.0	-12.72	2.8
CS2 : 생성 Strut-1	1.80	11.43	1.3	-19.01	1.3	2.12	4.3	-7.78	1.3
CS3 : 굴착 4.3 m	4.30	17.79	1.3	-32.39	1.3	18.03	3.8	-13.92	1.3
CS4 : 생성 Strut-2	4.30	14.71	1.3	-30.73	1.3	10.88	2.8	-11.04	1.3
CS5 : 굴착 6.4 m	6.40	28.32	3.8	-57.91	3.8	33.13	5.9	-31.00	3.8
CS6 : 생성 Strut-3	6.40	20.68	3.8	-40.55	3.8	14.17	5.2	-13.36	3.8
CS7 : 굴착 8.2 m	8.20	35.38	5.9	-95.68	5.9	49.62	7.7	-40.42	5.9
CS8 : 생성 Strut-4	8.20	27.28	5.9	-73.42	5.9	29.52	7.3	-22.95	5.9
CS9 : 굴착 9.9 m	9.90	37.65	7.7	-133.52	7.7	71.83	9.5	-40.50	7.7
CS10 : Peck	9.90	49.53	1.3	-131.10	7.7	73.97	9.5	-38.63	1.3
TOTAL		49.53	1.3	-133.52	7.7	73.97	9.5	-40.50	7.7

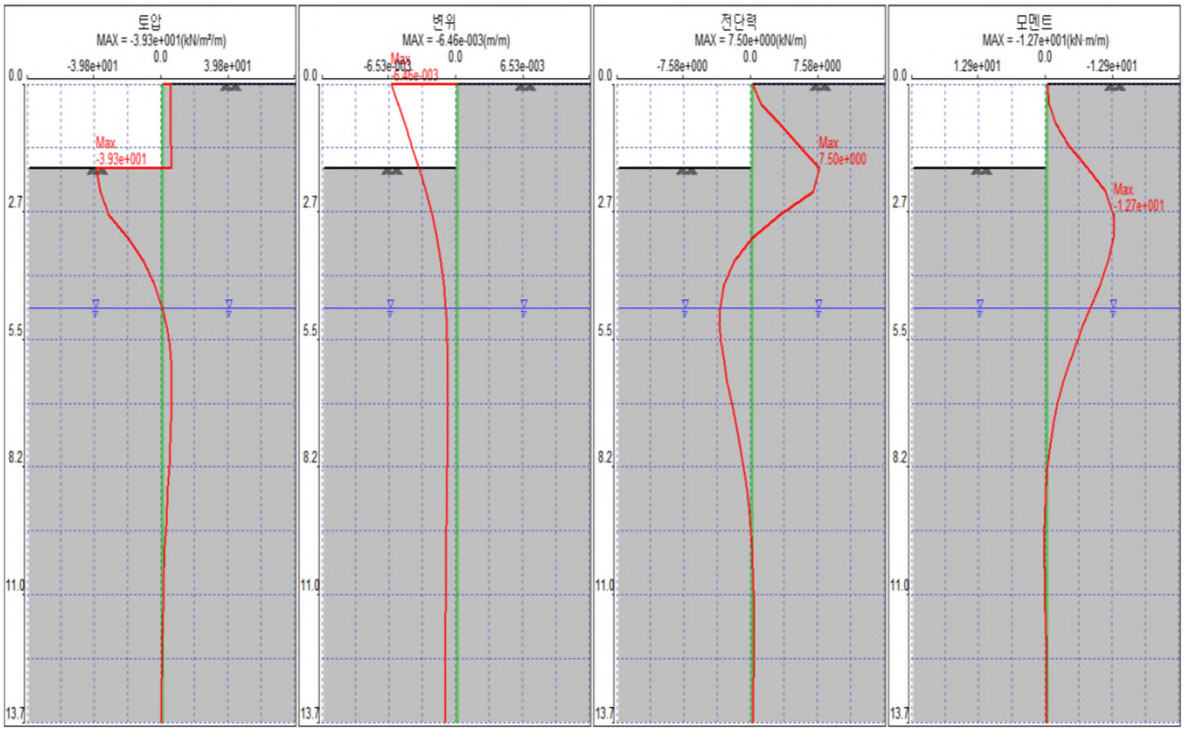
10.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

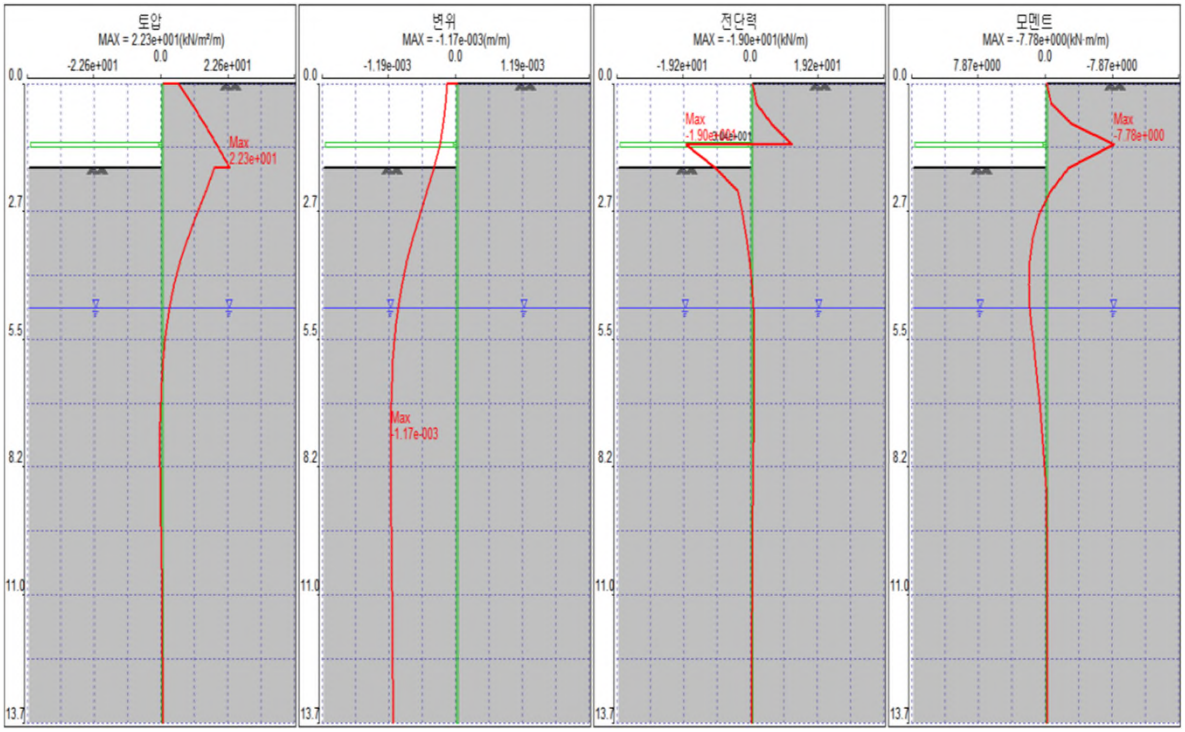
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	
		1.3 (m)	3.8 (m)	5.9 (m)	7.7 (m)	
CS1 : 굴착 1.8 m	1.80	-	-	-	-	
CS2 : 생성 Strut-1	1.80	30.45	-	-	-	
CS3 : 굴착 4.3 m	4.30	50.18	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-2	4.30	45.44	33.33	-	-	
CS5 : 굴착 6.4 m	6.40	34.74	86.23	-	-	
CS6 : 생성 Strut-3	6.40	40.49	61.23	33.33	-	
CS7 : 굴착 8.2 m	8.20	39.64	43.96	131.06	-	
CS8 : 생성 Strut-4	8.20	39.82	50.39	100.71	33.46	
CS9 : 굴착 9.9 m	9.90	40.95	43.80	76.22	171.17	
CS10 : Peck	9.90	123.42	91.50	116.35	165.72	
TOTAL		123.42	91.50	131.06	171.17	

10.2 시공단계별 단면력도

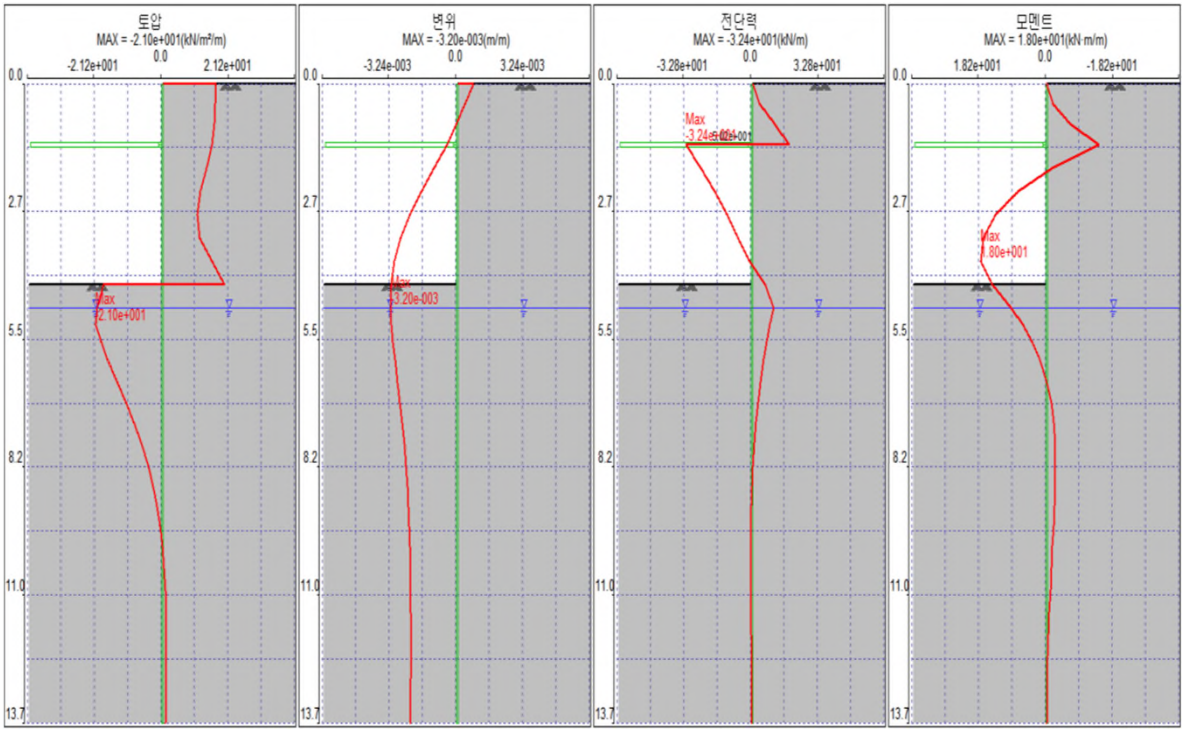
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.8 m]



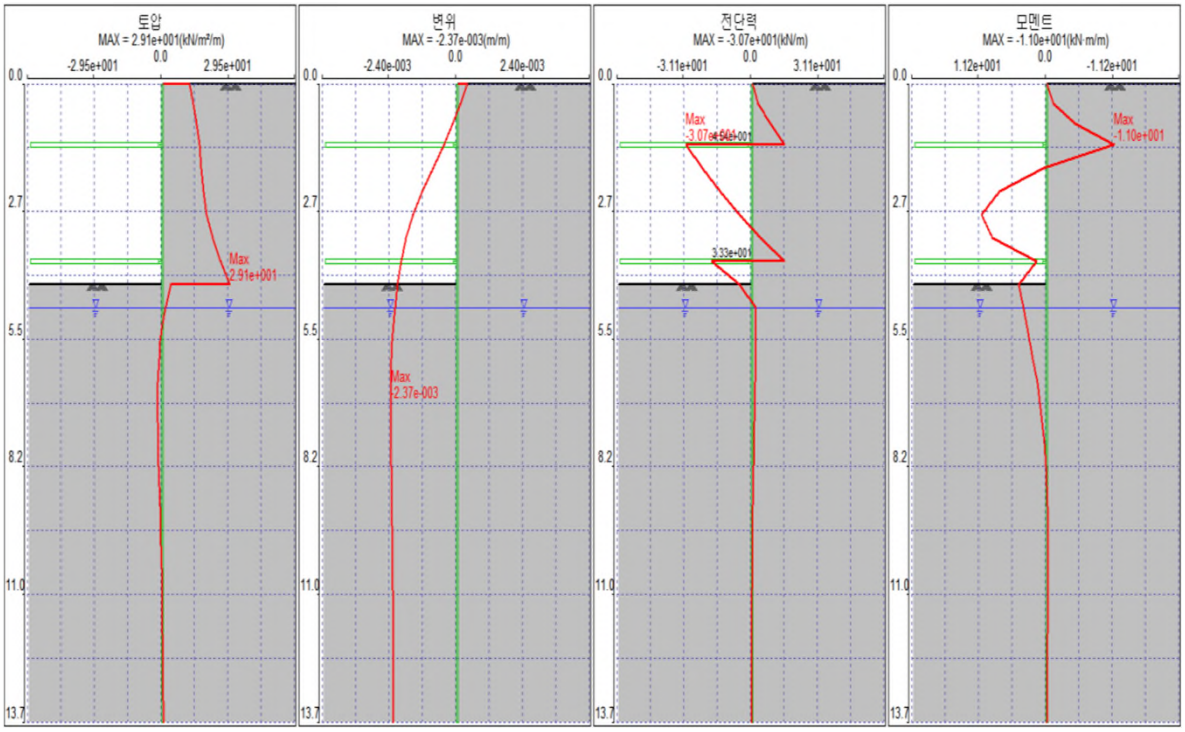
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



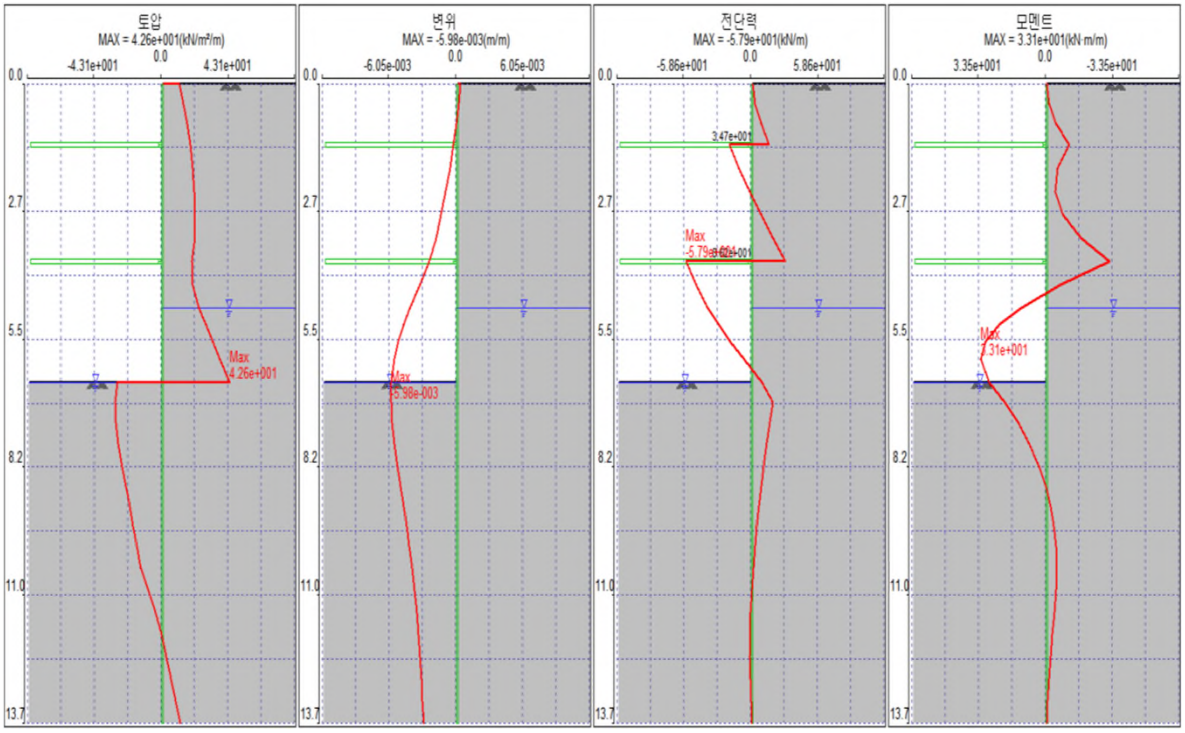
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.3 m]



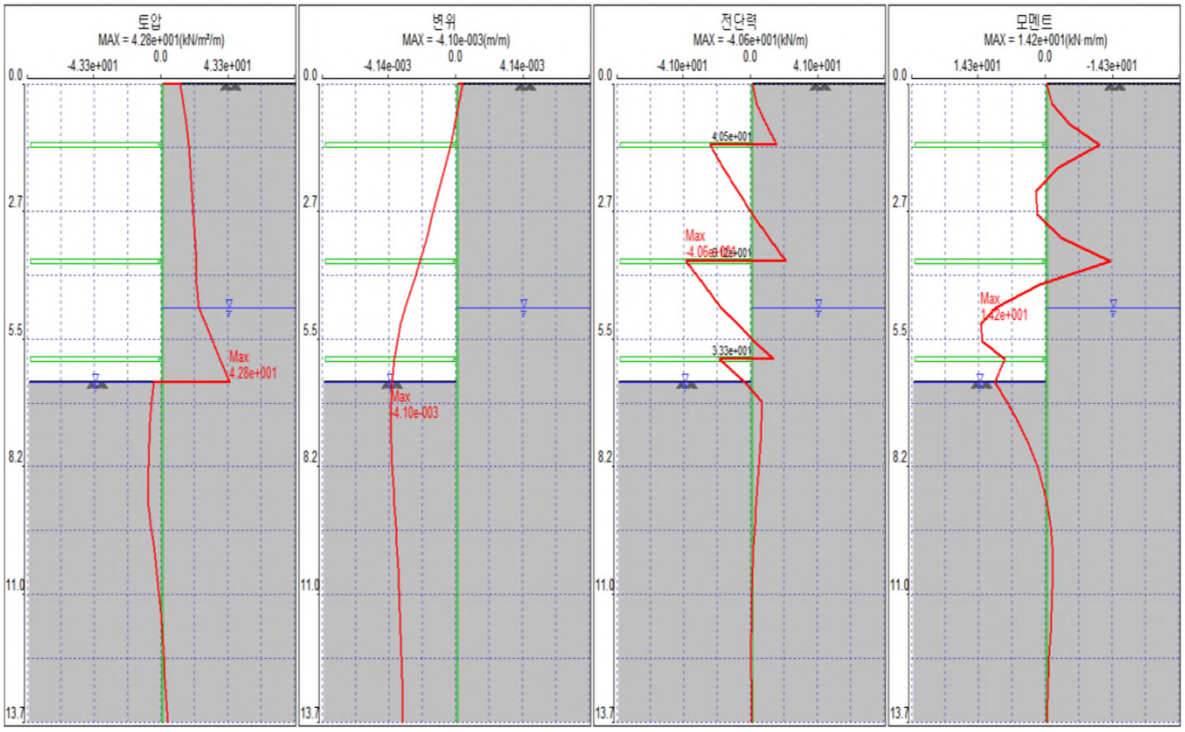
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



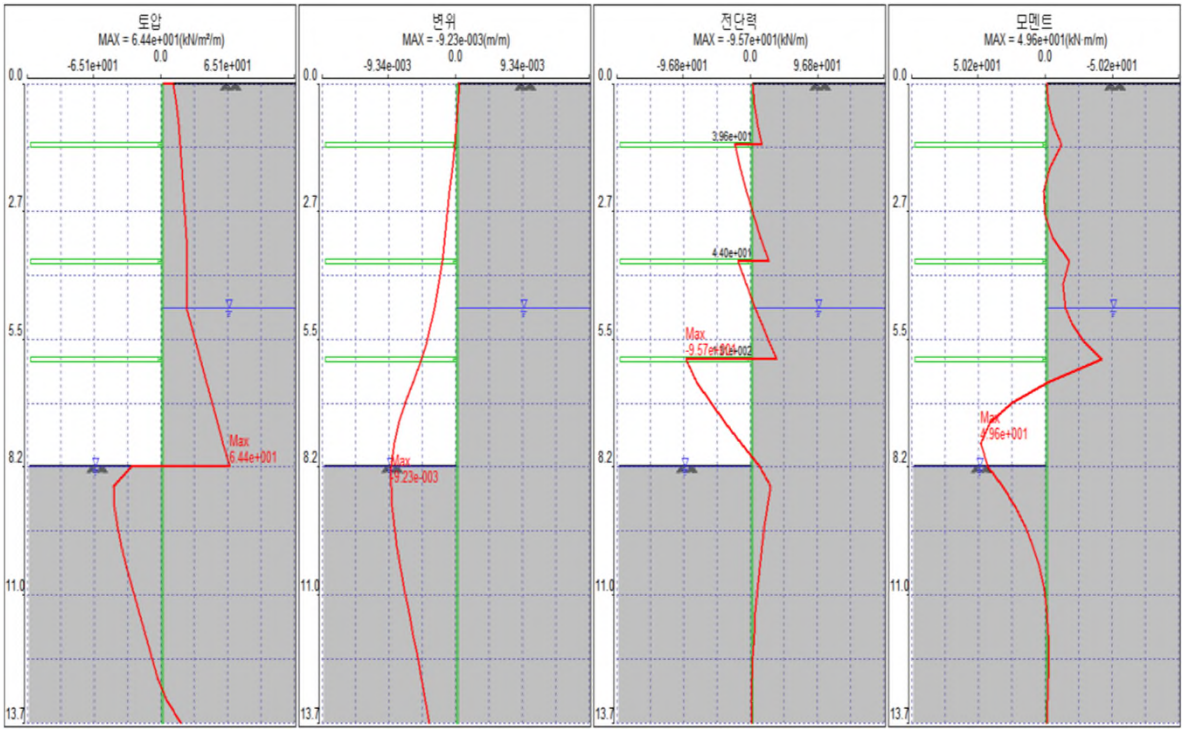
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.4 m]



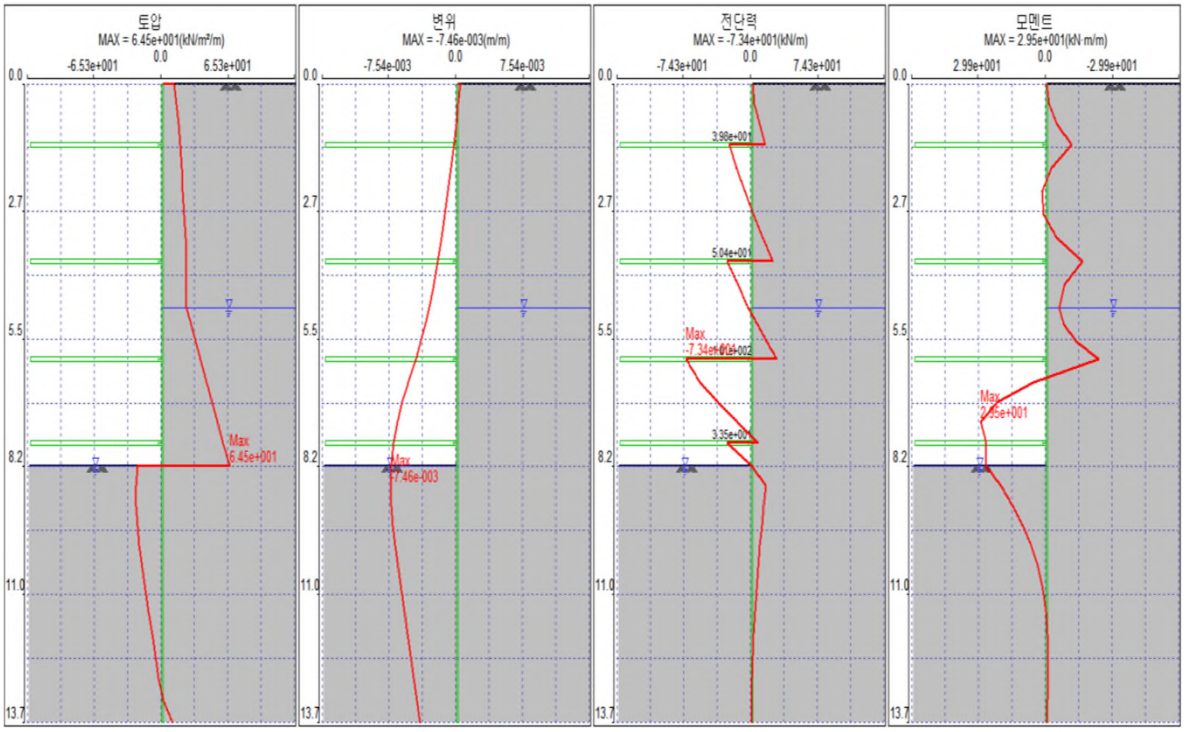
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



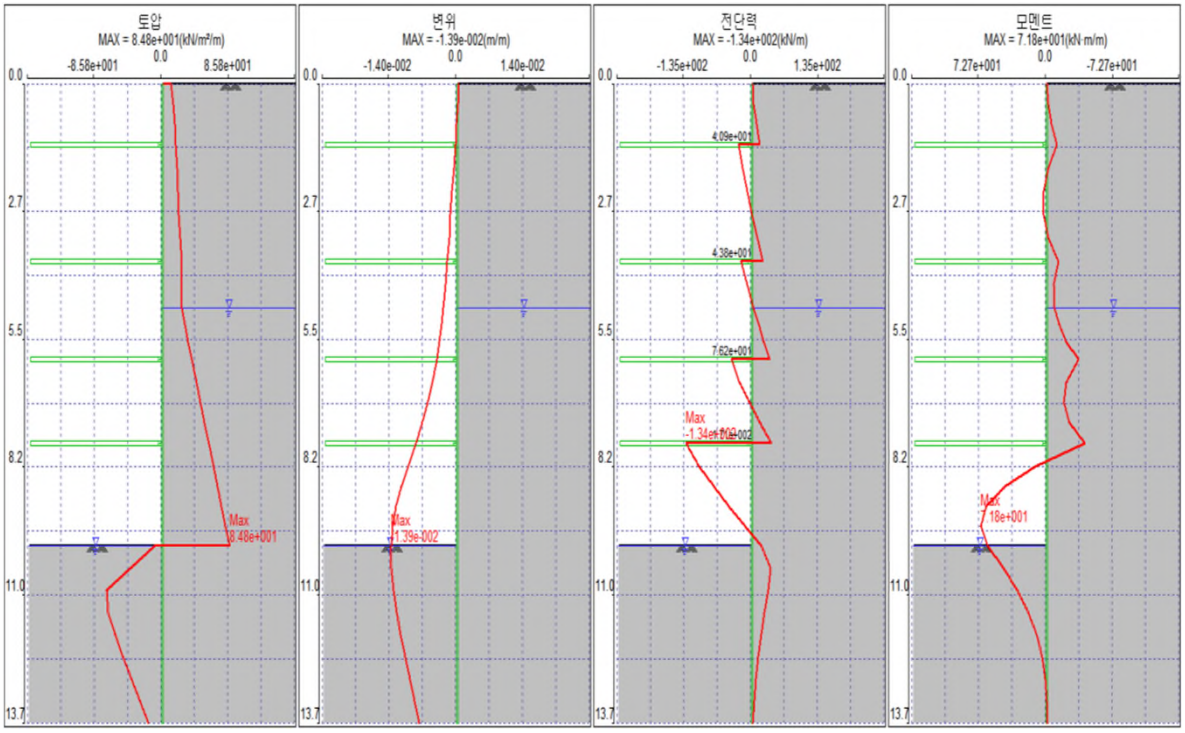
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.2 m]



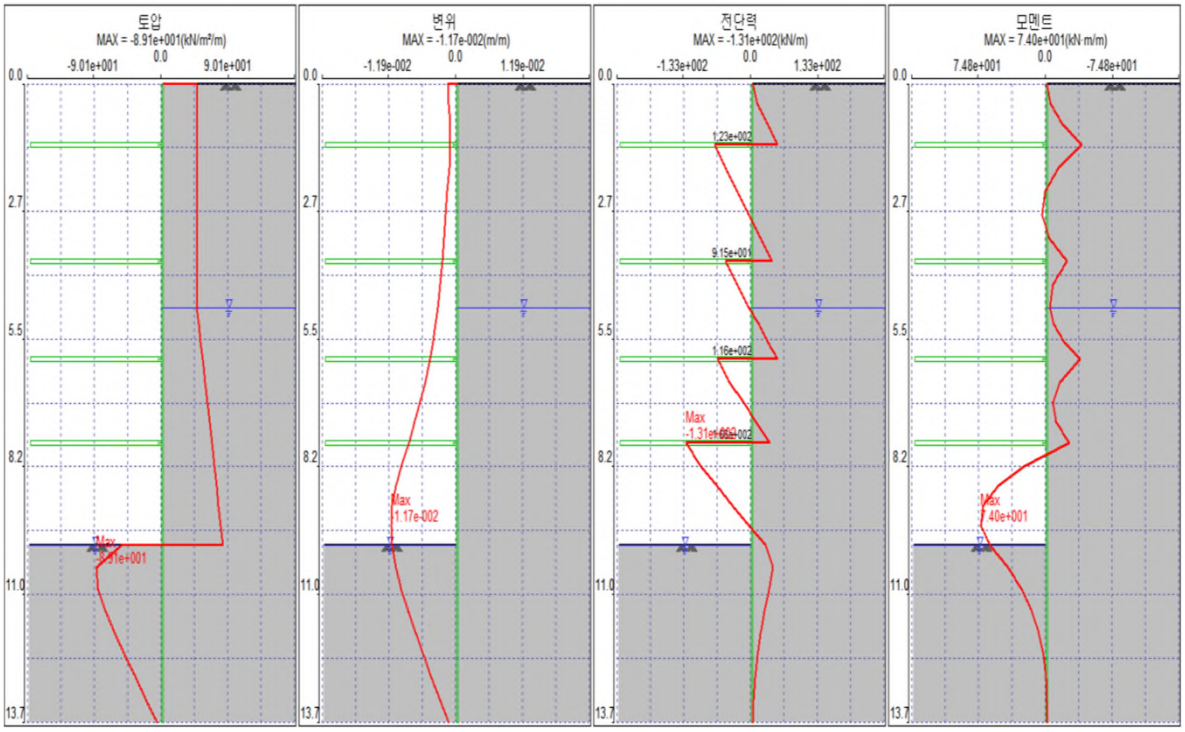
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



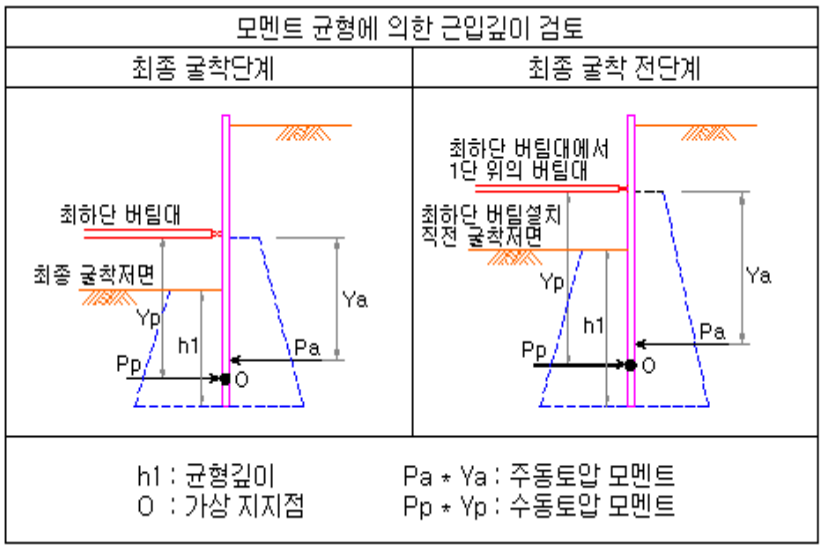
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.9 m]



10) 시공 10 단계 [CS10 : Peck]



10.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.074	3.800	536.187	1240.857	2.314	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.077	5.500	1093.727	2898.643	2.650	1.200	OK

10.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -7.7 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 243.689 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.139 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 60.757 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.259 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (243.689 x 1.139) + (60.757 x 4.259) = 536.187 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 276.448 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.489 m

Mp = (Pp x Yp) = (276.448 x 4.489) = 1240.857 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1240.857 / 536.187 = 2.314

S.F. = 2.314 > 1.2 ... OK

10.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.9 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 175.259 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.257 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 162.817 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.364 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (175.259 x 1.257) + (162.817 x 5.364) = 1093.727 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 509.604 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.688 m

Mp = (Pp x Yp) = (509.604 x 5.688) = 2898.643 kN·m

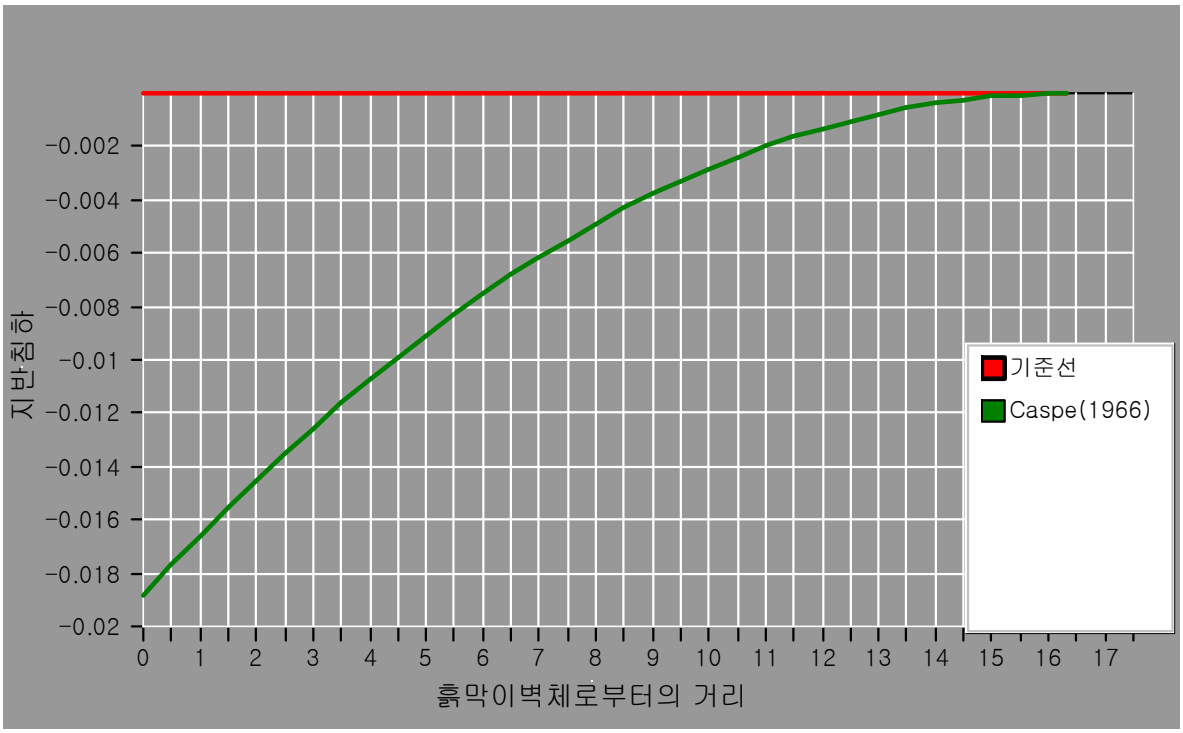
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2898.643 / 1093.727 = 2.65

S.F. = 2.65 > 1.2 ... OK

10.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



10.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.077 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 9.9 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 25 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 25/2) = 15.697 m

Ht = Hp + Hw = 15.697 + 9.9 = 25.597 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 25.597 x tan(45-25/2) = 16.307 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.077 / 16.307 = -0.019 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.019 x ((16.307 - Xi) / 16.307)^2

3-2.5 TYPE-20(2차)

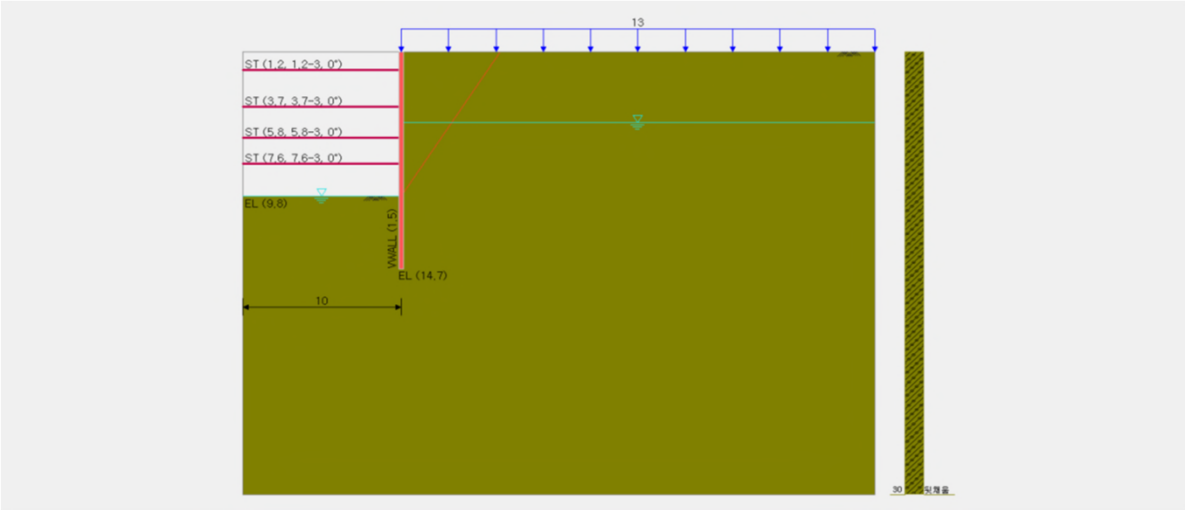
(STA.0+751.5~0+769.5)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
  3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
  3.2 재료의 허용응력
  3.3 적용 프로그램
4.지보재 설계
  4.1 Strut 설계 (Strut-1)
  4.2 Strut 설계 (Strut-2)
  4.3 Strut 설계 (Strut-3)
  4.4 Strut 설계 (Strut-4)
5.띠장 설계
  5.1 Strut-1 띠장 설계
  5.2 Strut-2 띠장 설계
  5.3 Strut-3 띠장 설계
  5.4 Strut-4 띠장 설계
6.측면말뚝 설계
  6.1 흙막이벽(우)
7.중간말뚝 설계
8. 흙막이 벽체 설계
  8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.80m)
9.전산 입력 정보
10.해석결과

1.표준단면


13
ST (1.2, 1.2~3, 0°)
ST (3.7, 3.7~3, 0°)
ST (5.8, 5.8~3, 0°)
ST (7.6, 7.6~3, 0°)
EL (9.8)
WALL (1.5)
EL (14.7)
10
30

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 P 406.4x9	1.20	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	41.419	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.70	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	35.696	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.80	휨응력	44.322	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.697	116.879	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.915	88.910	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	7.60	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	55.688	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.20	휨응력	83.026	142.832	O.K	
		전단응력	39.361	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.70	휨응력	67.570	142.832	O.K	
		전단응력	32.033	90.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.80	휨응력	91.880	142.832	O.K	
		전단응력	43.558	90.000	O.K	
Strut-4 H 300x305x15/15	7.60	휨응력	121.569	142.832	O.K	
		전단응력	57.633	90.000	O.K	

2.3 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	74.578	192.405	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.856	205.872	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	48.730	123.750	O.K	지지력	O.K

2.4 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	압축응력	3.963	127.027	O.K	지지력	O.K

2.5 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 9.80	휨응력	124.656	303.750	O.K		
		압축응력	120.736	281.667	O.K		
		전단응력	45.425	174.375	O.K		

2.6 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS9 : 굴착 9.8 m	13.457	19.600	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut – P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	–	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

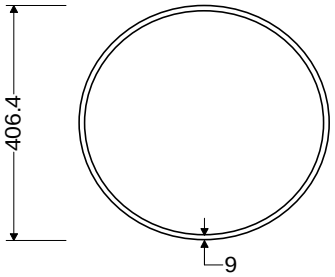
4.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 115.130 kN/m ---> Strut-1 (CS10 : Peck)
= 115.130 x 3.00 / 1 단
= 345.390 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 345.390 + 120.0 = 465.390 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 45.156 x 1000000 / 1092000.0 = 41.352 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 465.390 x 1000 / 11236.2 = 41.419 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.781 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.100 x 9)
= 20.527 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.100

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (82.771 - 0.067) / 82.771
= 0.999 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 41.419 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{41.419}{118.849} + \dfrac{41.352}{157.500 \times (1 - (41.419 / 368.849))}$

= 0.644 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 41.419 + \dfrac{41.352}{1 - (41.419 / 368.849)}$

= 88.002 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.644 , 0.559)

= 0.644 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{82.771}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$

$= 0.698 < 1.0$ ---> O.K

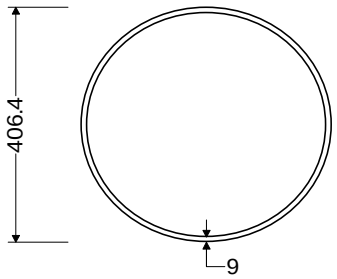
4.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 93.697 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : Peck)
= 93.697 x 3.00 / 1 단
= 281.092 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 281.092 + 120.0 = 401.092 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 401.092 \times 1000 / 11236.2 = 35.696$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.107 x 9)

= 20.389 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.107

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.048 − −5.655) / 77.048

= 1.073 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 35.696 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{35.696}{118.849} + \frac{41.352}{157.500 \times (1 - (35.696 / 368.849))}$

= 0.591 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$$= 35.696 + \frac{41.352}{1 - (35.696 / 368.849)}$$

$$= 81.479 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.591 , 0.517)
= 0.591 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{77.048}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.650 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

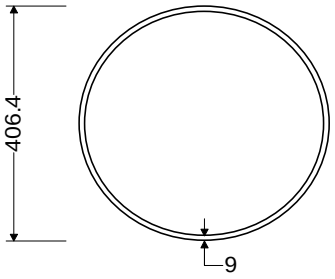
4.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.800 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 127.408 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.1 m)
= 127.408 x 3.00 / 1 단
= 382.223 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 382.223 + 120.0 = 502.223 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.800 x 8.800 / 8 / 1 단
= 48.400 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.800 / 2 / 1 단
= 22.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 48.400 \times 1000000 / 1092000.0 = 44.322$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 502.223 \times 1000 / 11236.2 = 44.697$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{22.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.915$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.100 x 9)

= 20.533 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.100

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.019 − 0.374) / 89.019

= 0.996 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8800 / 140.5

62.633 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (62.633 − 18.6))

= 116.879 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 116.879 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (62.633)^2

= 344.129 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 116.879 MPa > f_c = 44.697 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 44.322 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.915 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{44.697}{116.879} + \dfrac{44.322}{157.500 \times (1 - (44.697 / 344.129))}$

$= \quad 0.706 \quad < \quad 1.0 \quad ---> \quad O.K$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.697 + \frac{44.322}{1 - (44.697 / 344.129)}$$

$= 95.635 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K$

$\therefore$ 안전율 $= Max.(0.706 , 0.607)$

$= 0.706 < 1.0 ---> O.K$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{89.019}{116.879} + \left\{ \frac{3.915}{88.910} \right\}^2$$

$= 0.764 < 1.0 ---> O.K$

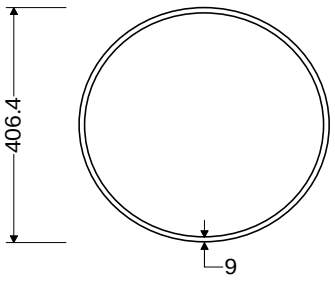
4.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , $R_{max} = 168.575$ kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.8 m)

$= 168.575 \times 3.00 / 1$ 단

$= 505.726$ kN

(2) 온도차에 의한 축력 , $T = 120.000$ kN / 1 단

$= 120.0$ kN

(3) 설계축력 , $P_{max} = Rmax + T = 505.726 + 120.0 = 625.726$ kN

(4) 설계휨모멘트 , $M_{max} = W \times L^2 / 8 / 1$ 단

$= 5.0 \times 8.500 \times 8.500 / 8 / 1$ 단

$= 45.156$ kN·m

(5) 설계전단력 , $S_{max} = W \times L / 2 / 1$ 단

$= 5.0 \times 8.500 / 2 / 1$ 단

$= 21.250$ kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 625.726 \times 1000 / 11236.2 = 55.688$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t) = 203.2 / (1.085 \times 9)$

$= 20.805$ ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.085$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (97.040 - 14.336) / 97.040$

$= 0.852$ ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8500 / 140.5$

60.498 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (60.498 - 18.6))$

$= 118.849$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 118.849$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (60.498)^2$

$= 368.849$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> $r/t \leq 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 88.910$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 118.849$ MPa > $f_c = 55.688$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa > $f_b = 41.352$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 88.910$ MPa > $\tau = 3.781$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{55.688}{118.849} + \frac{41.352}{157.500 \times (1 - (55.688 / 368.849))}$

$= 0.778 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 55.688 + \frac{41.352}{1 - (55.688 / 368.849)}$

$= 104.394 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$

∴ 안전율 = Max.(0.778 , 0.663)
= 0.778 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{97.040}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$

$= 0.818 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

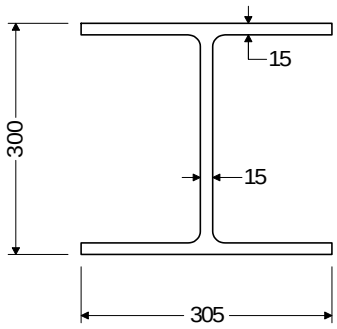
5.띠장 설계

5.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

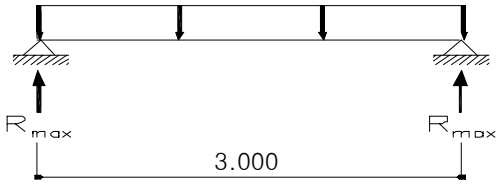
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 115.130 kN/m ---> Strut-1 (CS10 : Peck)

P = 115.130 × 3.00 m / 1 ea = 345.390 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 345.390 / (13 × 3.000)
= 106.274 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 106.274 × 3.000^2 / 8
= 119.558 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 106.274 × 3.000 / 2
= 159.411 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 119.558 x 1000000 / 1440000.0 = 83.026 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 159.411 x 1000 / 4050 = 39.361 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (83.026 + 83.026) / 83.026

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 83.026 MPa ---> O.K

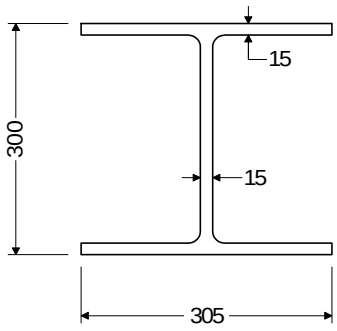
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 39.361 MPa ---> O.K

5.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

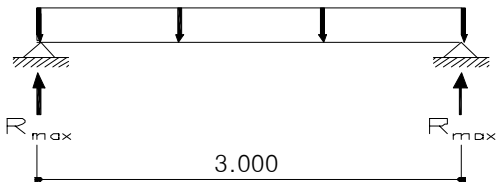
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 93.697 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : Peck)

P = 93.697 × 3.00 m / 1 ea = 281.092 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 281.092 / (13 × 3.000)
= 86.490 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 86.490 × 3.000 ^{2} / 8
= 97.301 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 86.490 × 3.000 / 2
= 129.735 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 97.301 x 1000000 / 1440000.0 = 67.570 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 129.735 x 1000 / 4050 = 32.033 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (67.570 + 67.570) / 67.570
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 67.570 MPa ---> O.K

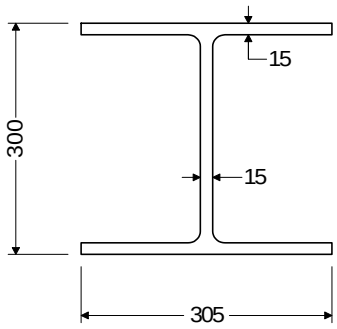
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 32.033 MPa ---> O.K

5.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

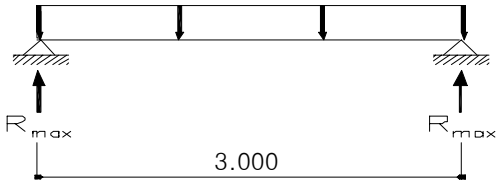
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 127.408 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8.1 m)

P = 127.408 × 3.00 m / 1 ea = 382.223 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 382.223 / (13 × 3.000)
= 117.607 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 117.607 × 3.000^2 / 8
= 132.308 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 117.607 × 3.000 / 2
= 176.410 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 132.308 x 1000000 / 1440000.0 = 91.880 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 176.410 x 1000 / 4050 = 43.558 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.880 + 91.880) / 91.880

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 91.880 MPa ---> O.K

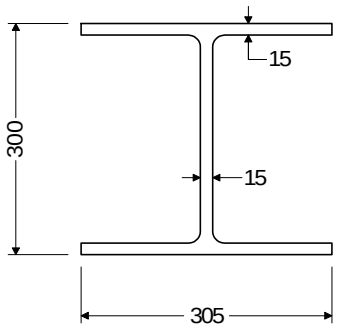
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 43.558 MPa ---> O.K

5.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

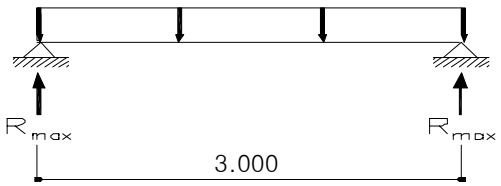
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 168.575 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.8 m)

P = 168.575 × 3.00 m / 1 ea = 505.726 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 505.726 / (13 × 3.000)
= 155.608 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 155.608 × 3.000 ^{2} / 8
= 175.059 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 155.608 × 3.000 / 2
= 233.412 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 175.059 x 1000000 / 1440000.0 = 121.569 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 233.412 x 1000 / 4050 = 57.633 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (121.569 + 121.569) / 121.569
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 121.569 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 57.633 MPa ---> O.K

6.측면말뚝 설계

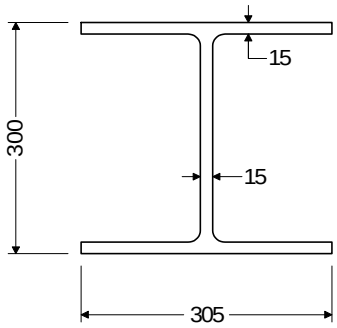
6.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 0.000 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 0.000 kN

다. 측면말뚝 자중 = 13.500 kN

라. 버팀보 자중 = 30.000 kN

마. 띠장 자중 = 12.400 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 1.500 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 105.900 kN

최대모멘트, M_{max} = 71.595 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS10 : Peck)

최대전단력, S_{max} = 131.571 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.8 m)

▶ Pmax = 105.900 kN

▶ Mmax = 71.595 × 1.500 = 107.392 kN·m

▶ Smax = 131.571 × 1.500 = 197.357 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 107.392 x 1000000 / 1440000.0 = 74.578 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 105.900 x 1000 / 13480 = 7.856 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 197.357 x 1000 / 4050 = 48.730 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.363

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (82.434 − −66.722) / 82.434

= 1.809

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2700 / 126

21.429 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (21.429 − 16))

= 205.872 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 205.872 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2700 / 305

= 8.852 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (8.852 − 4))

= 192.405 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 192.405 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (21.429)^2

= 2940.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 205.872 MPa > f_c = 7.856 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 192.405 MPa > f_b = 74.578 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 48.730 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{7.856}{205.872} + \frac{74.578}{192.405 \times (1 - (7.856 / 2940.000))}$

= 0.427 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 7.856 + \frac{74.578}{1 - (7.856 / 2940.000)}$

= 82.634 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.427 , 0.387)

= 0.427 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 13.5 mm ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.8 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 9.800 x 1000 x 0.002 = 19.600 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 105.90 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , Q_u = $25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	= 7	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	= 7	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	= 7	
L_s(모래층 중의 길이)	= 4.800	m
L_c(점토층 중의 길이)	= 4.900	m
A_p(H-Pile 단면적)	= 0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	= 1.210	m

= 25 x 7 x 0.0915 + 0.2 x 7 x 1.210 x 4.800

+ 0.5 x 7 x 1.210 x 4.900

= 44.895 tonf

= 440.27 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 440.27 / 2.0

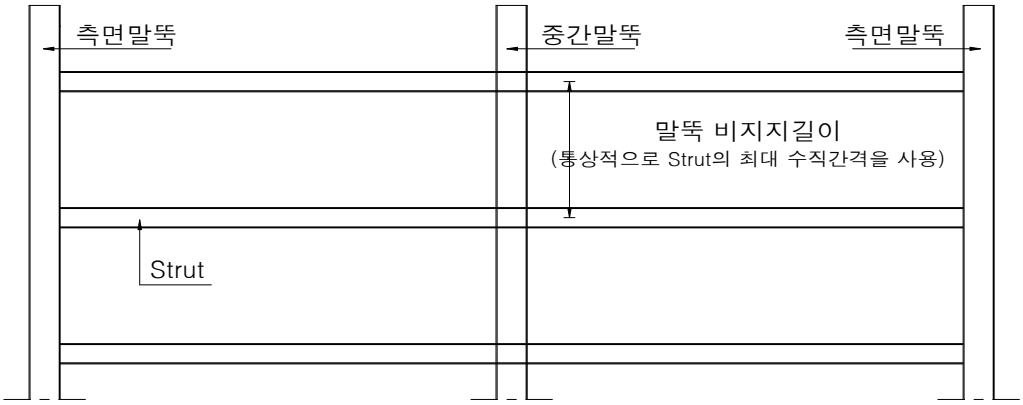
= 220.136 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7.중간말뚝 설계

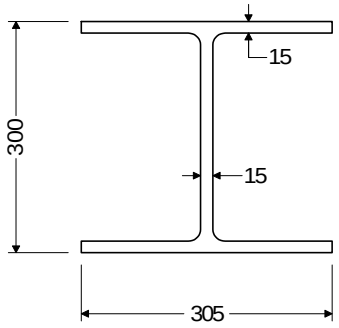
7.1 설계제원

가. PILE 설치간격 : 3.00 m



나. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



7.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 17.000 kN

(2) 버팀보 자중 = 30.000 kN

(3) ㄷ형강 자중 = 6.420 kN

$\sum P_s$ = 53.420 kN

나. 단면력 산정

(1) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_s$ = 53.420 kN

7.3 작용응력 및 허용응력 검토

가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A$ = 53.420 x 1000 / 13480 = 3.963 MPa

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 1.000$
$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (3.963 - 3.963) / 3.963$
$= 0.000$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 190.000$
$= 213.750$ MPa

$L_x / R_x = 5500 / 126$
43.651 ---> $16 < Lx/Rx \leq 80.1$ 이므로
$f_{cagx} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (43.651 - 16))$
$= 173.622$ MPa
$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 173.622$ MPa

$L_y / R_y = 5500 / 72.6$
75.758 ---> $16 < Ly/Ry \leq 80.1$ 이므로
$f_{cagy} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (75.758 - 16))$
$= 127.027$ MPa
$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 127.027$ MPa

∴ $f_{cag} = Min.(f_{cax}, f_{cay}) = 127.027$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 127.027$ MPa > $f_c = 3.963$ MPa ---> O.K

7.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , $P_{max} = 53.42$ kN

▶ 안전율 , $Fs = 2.0$

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,
- N(선단의 N치) = 7
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 7
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 7
- L_s(모래층 중의 길이) = 4.800 m
- L_c(점토층 중의 길이) = 0.000 m
- A_p(H-Pile 단면적) = 0.0915 m^2
- U(파일의 둘레길이) = 1.210 m

$= 25 \times 7 \times 0.0915 + 0.2 \times 7 \times 1.210 \times 4.800$
$+ 0.5 \times 7 \times 1.210 \times 0.000$
$= 24.144$ tonf
$= 236.77$ kN

▶ 허용지지력 , $Q_{ua} = 236.77 / 2.0$
$= 118.384$ kN

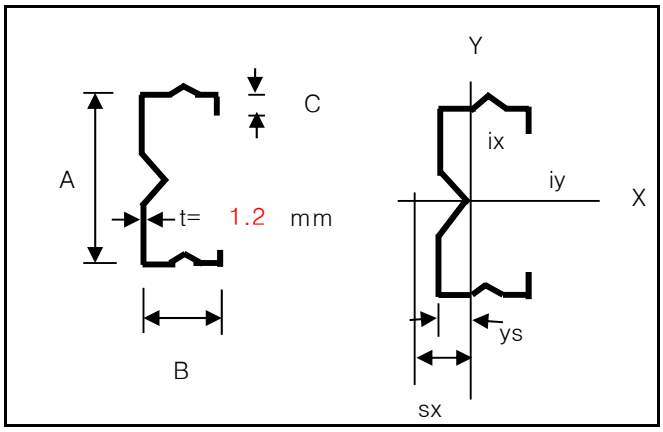
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

8. 흙막이 벽체 설계

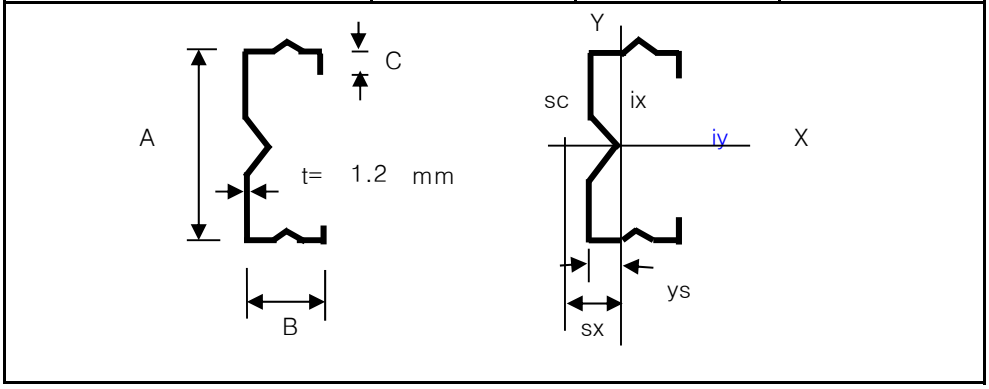
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.80m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

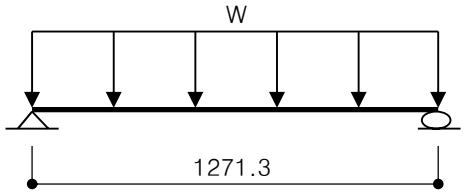
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0836 MPa ---> (CS9 : 굴착 9.8 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 83.6 kN/m^2 x 0.2000 m = 16.7 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 16.7 x 1.27^2 / 8 = 3.4 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 16.7 x 1.27 / 2 = 10.6 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3378188 / 27,100 = 124.66 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3378188 / 27,980 = 120.74 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 10629 / 234 = 45.43 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 124.66 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 120.74 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 45.43 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

9. 탄소성 입력 데이터

9.1 해석종류 : 탄소성보법

9.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

9.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 9.8 m, 전모델높이 = 30 m

9.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	뒷채움	30.00	19.00	20.00	15.00	25.00	7	-	12000.00

9.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	14.7	1.5

9.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.2	3	8.5	100	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.7	3	8.5	100	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.8	3	8.8	100	1
4	Strut-4	P 406.4x9	SS400	7.6	3	8.5	100	1

9.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

9.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 9.8 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.70	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	4.20	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.30	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.10	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	9.80	-	-	-	-	-	-	X	X
10	9.80	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

10. 해석 결과
10.1 전산 해석결과 집계

10.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.7 m	1.70	7.06	1.7	-3.39	4.8	0.94	0.0	-11.78	3.2
CS2 : 생성 Strut-1	1.70	6.70	1.2	-12.91	1.2	1.35	3.7	-4.32	1.2
CS3 : 굴착 4.2 m	4.20	11.83	1.2	-24.32	1.2	17.18	3.7	-8.58	1.2
CS4 : 생성 Strut-2	4.20	14.84	3.7	-22.74	1.2	10.15	2.7	-6.03	1.2
CS5 : 굴착 6.3 m	6.30	27.82	3.7	-55.90	3.7	31.55	5.8	-30.75	3.7
CS6 : 생성 Strut-3	6.30	20.31	3.7	-38.88	3.7	12.70	5.3	-13.38	3.7
CS7 : 굴착 8.1 m	8.10	32.18	5.8	-95.22	5.8	47.36	7.6	-39.96	5.8
CS8 : 생성 Strut-4	8.10	24.31	5.8	-73.59	5.8	27.84	7.2	-23.06	5.8
CS9 : 굴착 9.8 m	9.80	37.00	7.6	-131.57	7.6	70.42	9.4	-40.79	7.6
CS10 : Peck	9.80	45.35	1.2	-128.96	7.6	71.59	9.4	-36.78	5.8
TOTAL		45.35	1.2	-131.57	7.6	71.59	9.4	-40.79	7.6

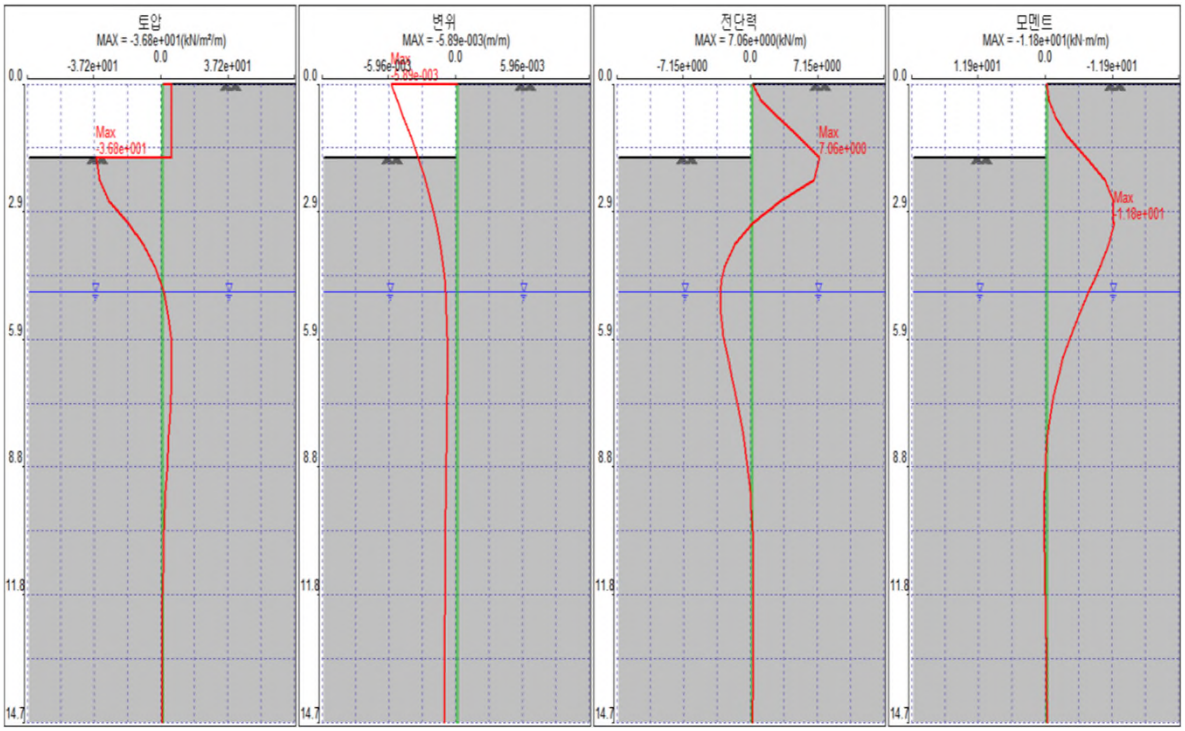
10.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

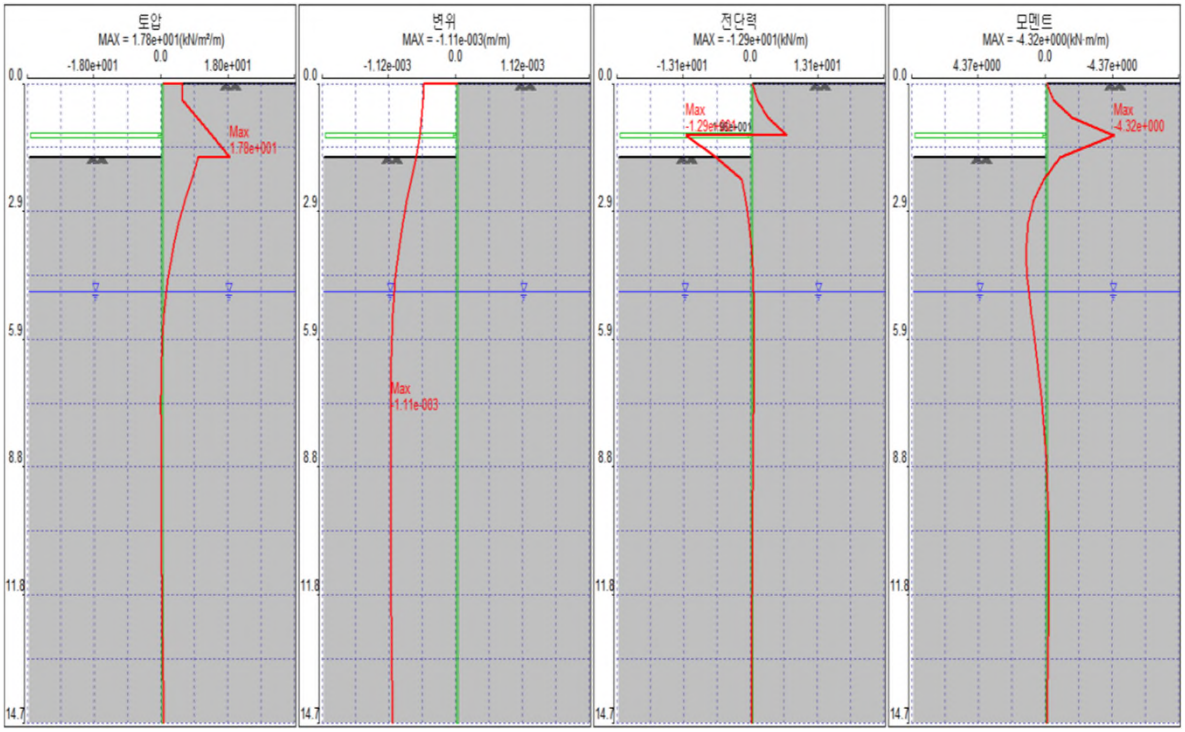
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	
		1.2 (m)	3.7 (m)	5.8 (m)	7.6 (m)	
CS1 : 굴착 1.7 m	1.70	-	-	-	-	
CS2 : 생성 Strut-1	1.70	19.62	-	-	-	
CS3 : 굴착 4.2 m	4.20	36.14	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-2	4.20	31.62	33.33	-	-	
CS5 : 굴착 6.3 m	6.30	21.49	83.73	-	-	
CS6 : 생성 Strut-3	6.30	27.11	59.19	33.33	-	
CS7 : 굴착 8.1 m	8.10	26.36	42.71	127.41	-	
CS8 : 생성 Strut-4	8.10	26.52	48.88	97.90	33.33	
CS9 : 굴착 9.8 m	9.80	27.59	42.71	74.30	168.58	
CS10 : Peck	9.80	115.13	93.70	113.91	163.13	
TOTAL		115.13	93.70	127.41	168.58	

10.2 시공단계별 단면력도

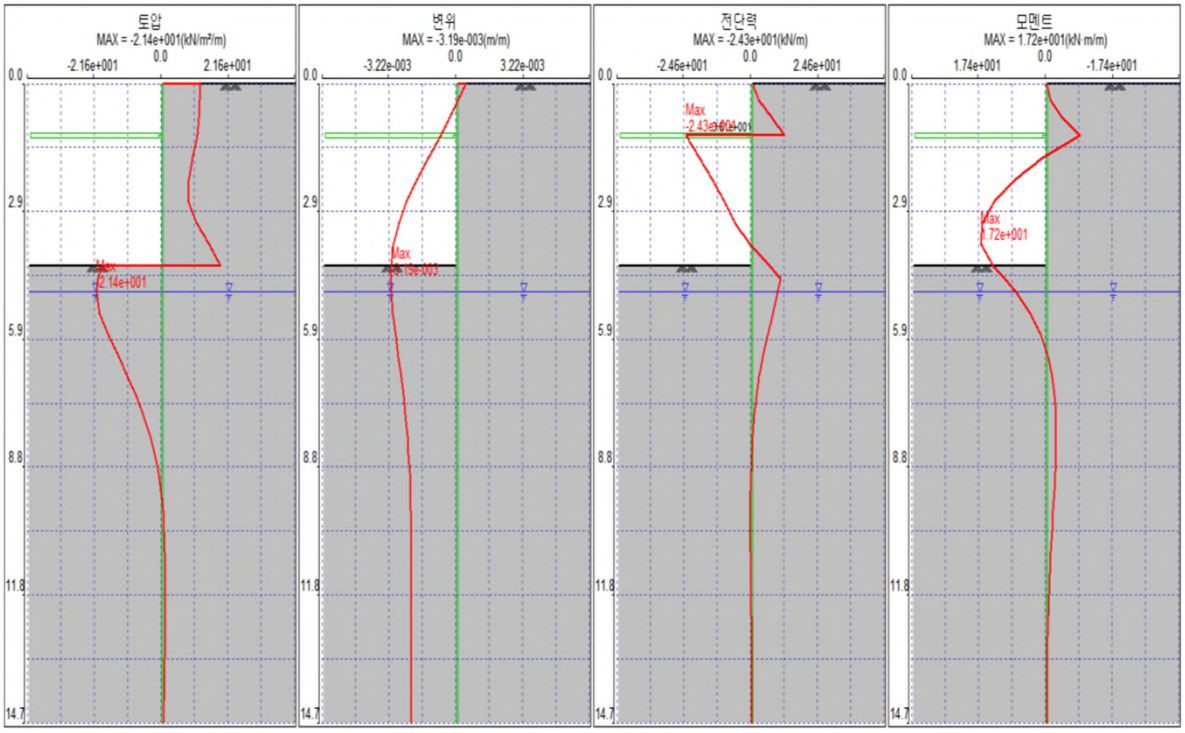
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.7 m]



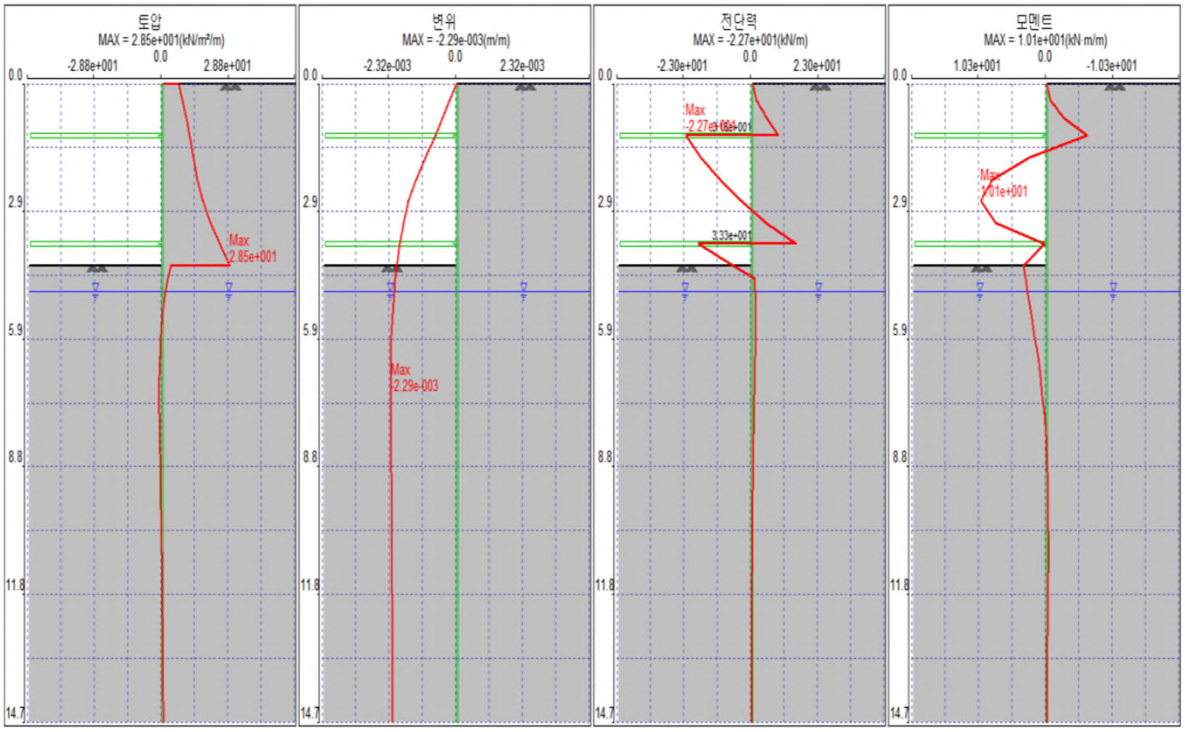
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



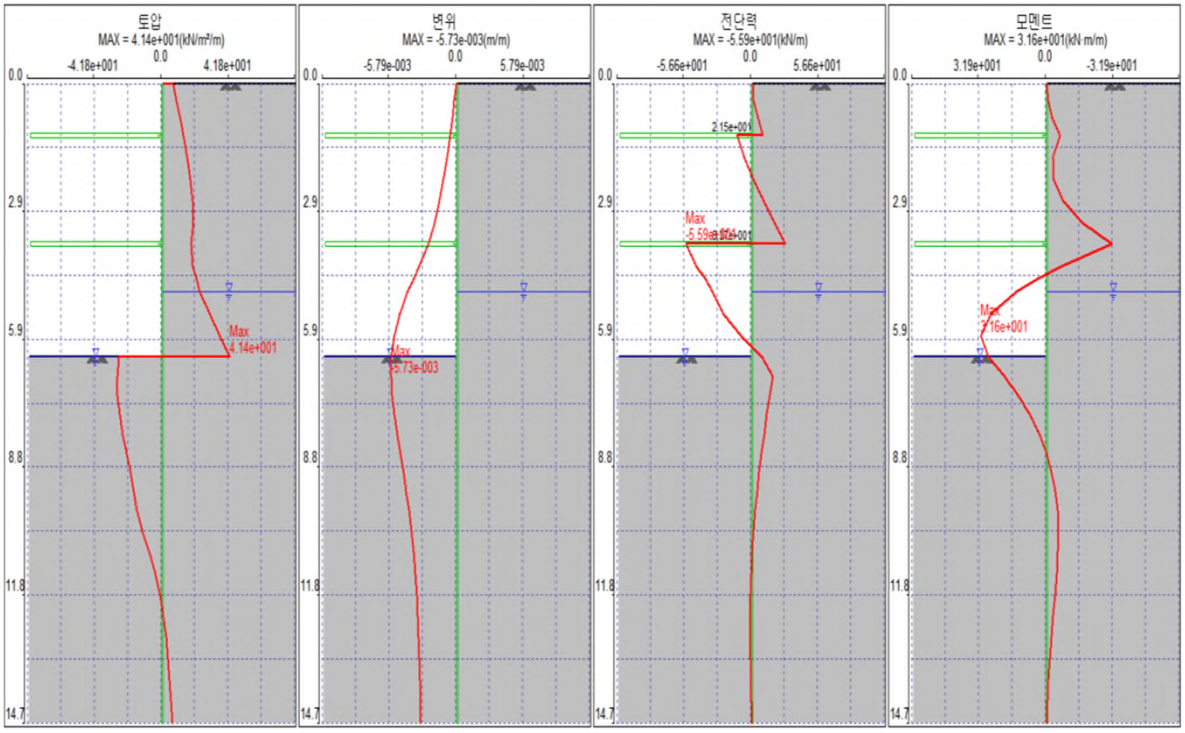
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.2 m]



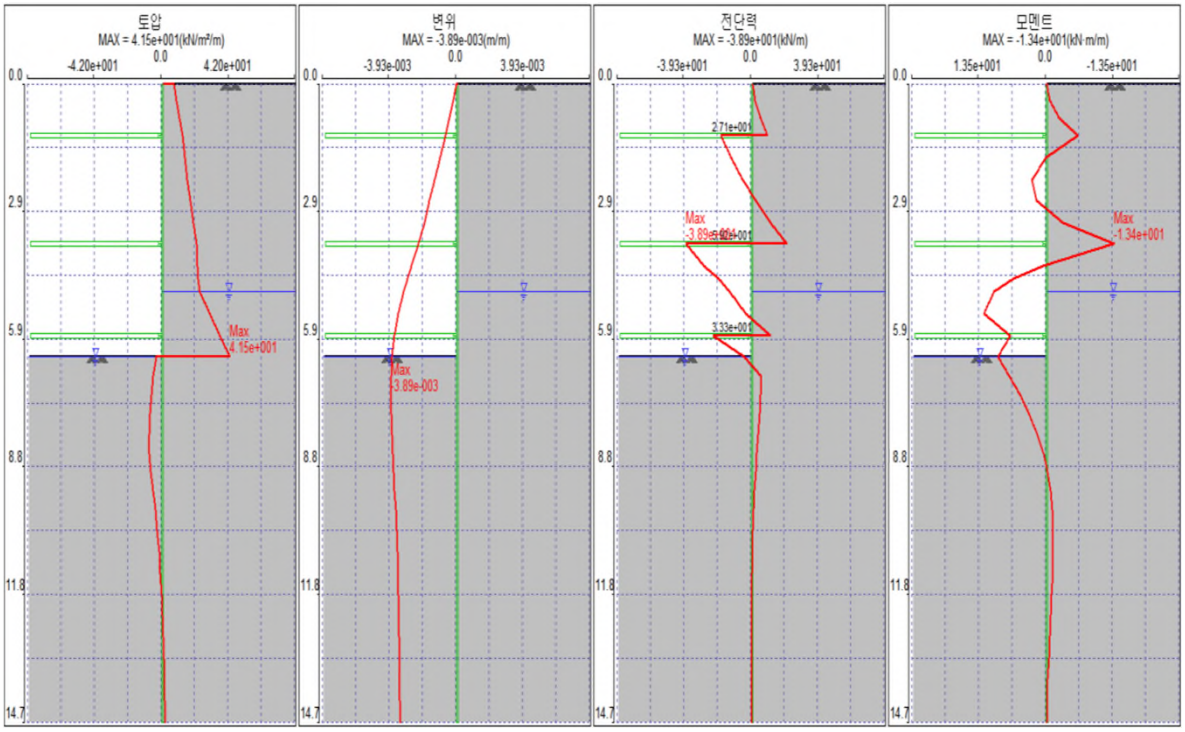
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



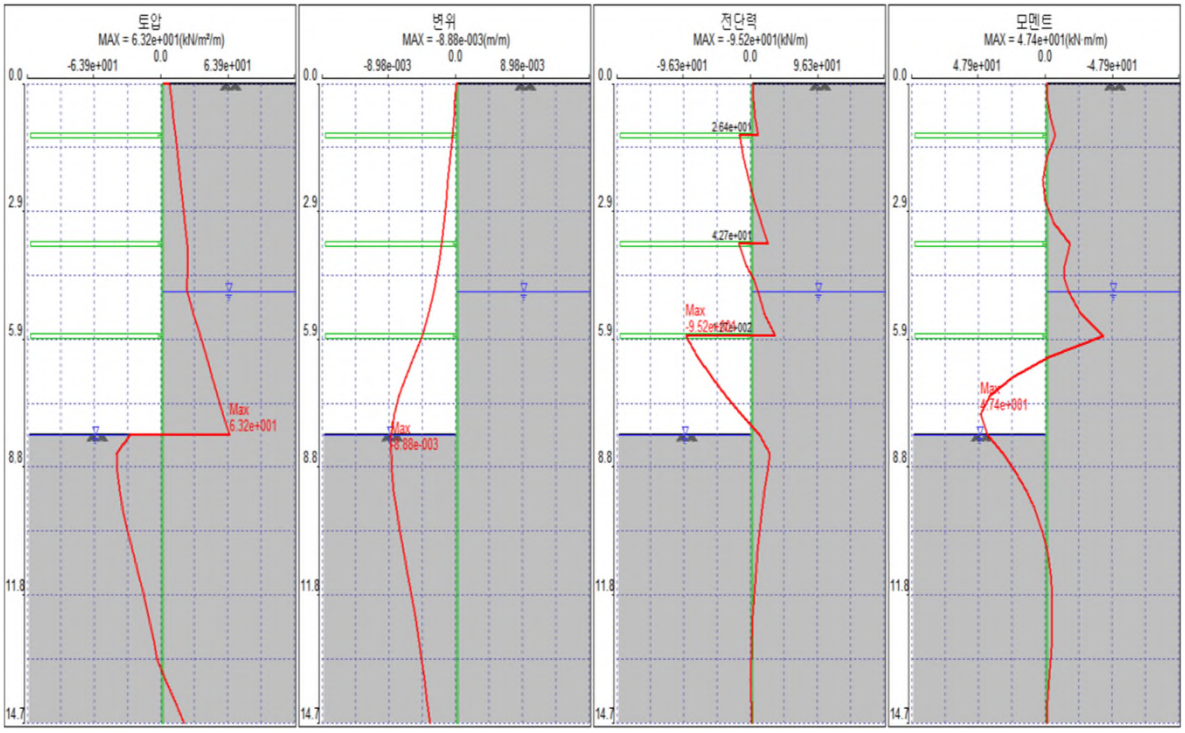
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.3 m]



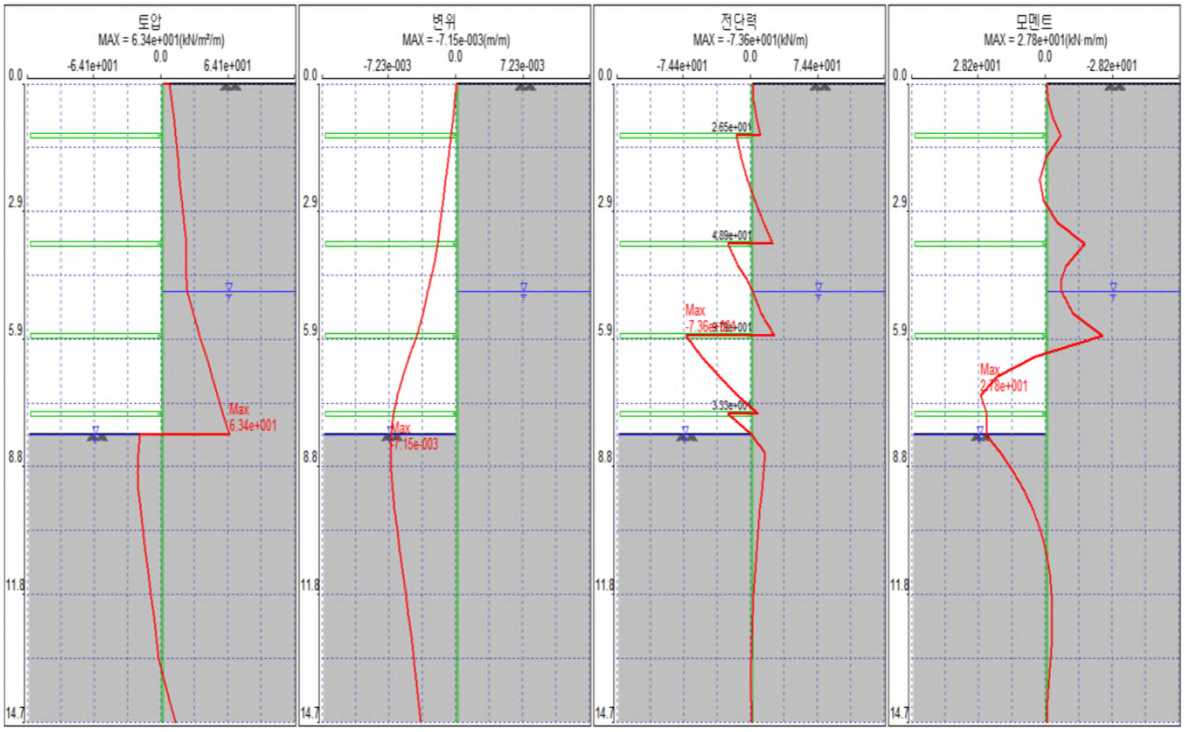
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



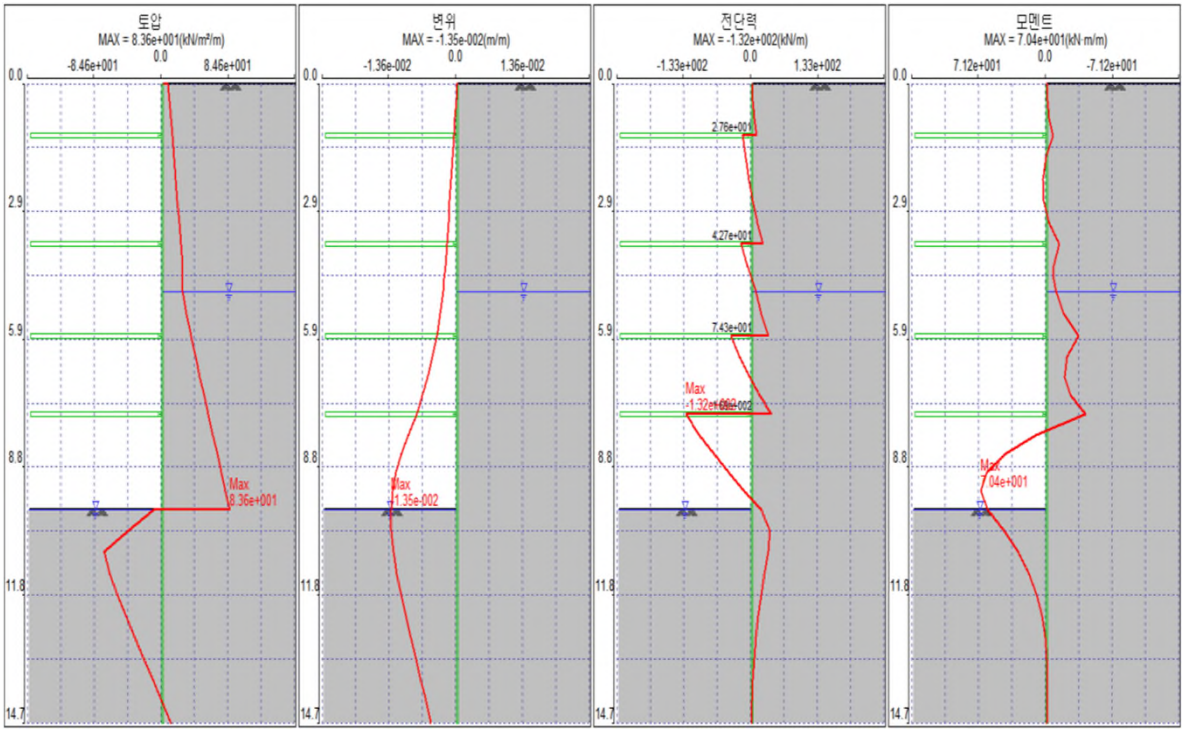
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8.1 m]



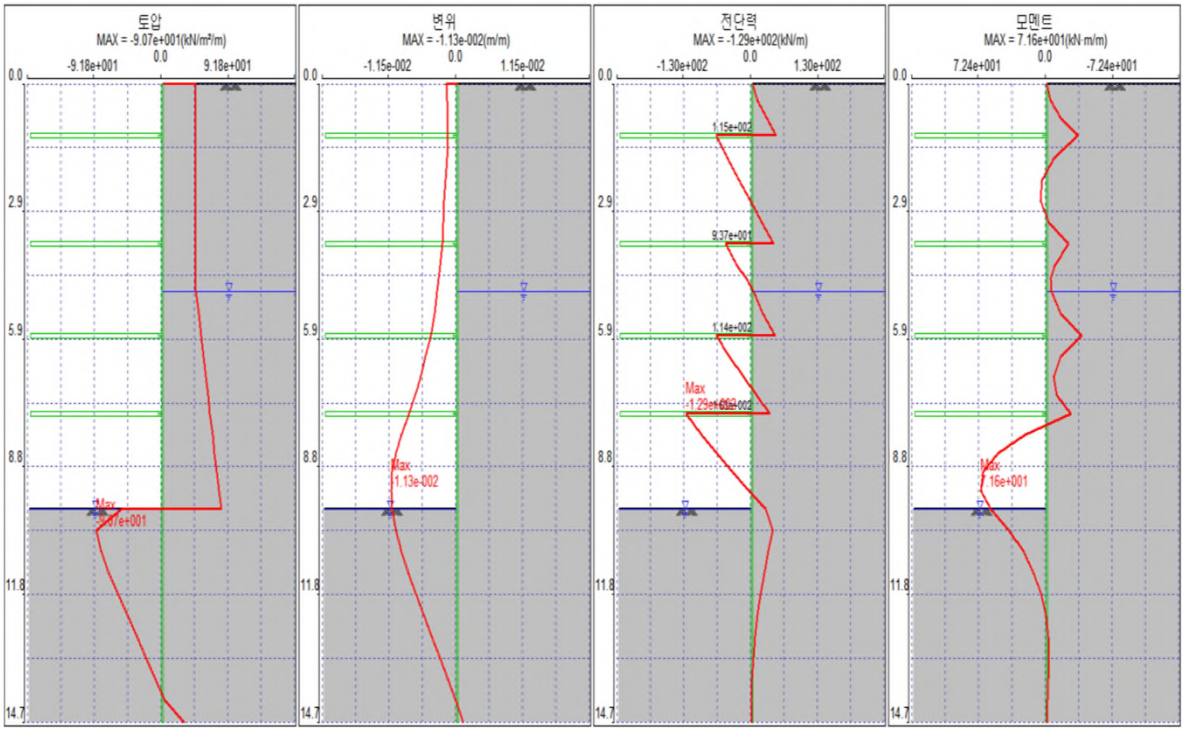
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



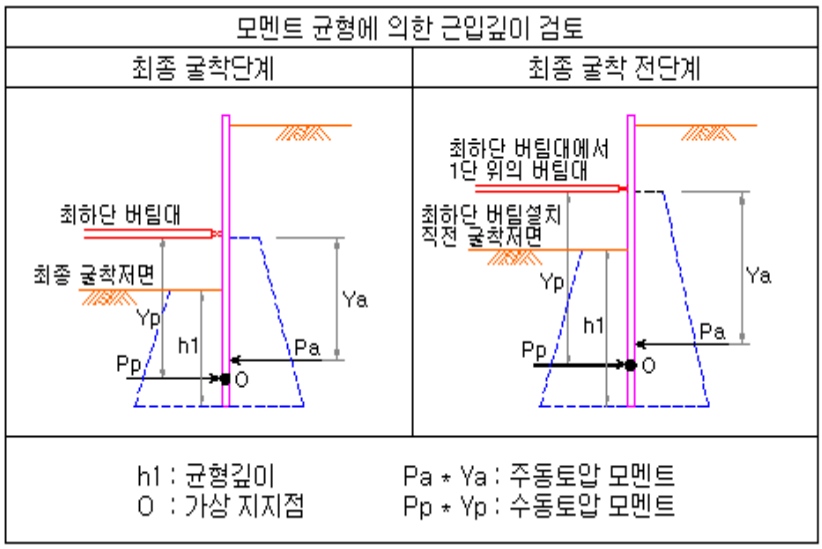
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.8 m]



10) 시공 10 단계 [CS10 : Peck]



10.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.057	4.900	680.128	2181.129	3.207	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.039	6.600	1459.205	4462.230	3.058	1.200	OK

10.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -7.6 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 240.248 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.139 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 82.975 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.899 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (240.248 x 1.139) + (82.975 x 4.899) = 680.128 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 419.586 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.198 m

Mp = (Pp x Yp) = (419.586 x 5.198) = 2181.129 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2181.129 / 680.128 = 3.207

S.F. = 3.207 > 1.2 ... OK

10.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.8 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 171.024 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.26 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 206.318 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.028 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (171.024 x 1.26) + (206.318 x 6.028) = 1459.205 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 696.534 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.406 m

Mp = (Pp x Yp) = (696.534 x 6.406) = 4462.23 kN·m

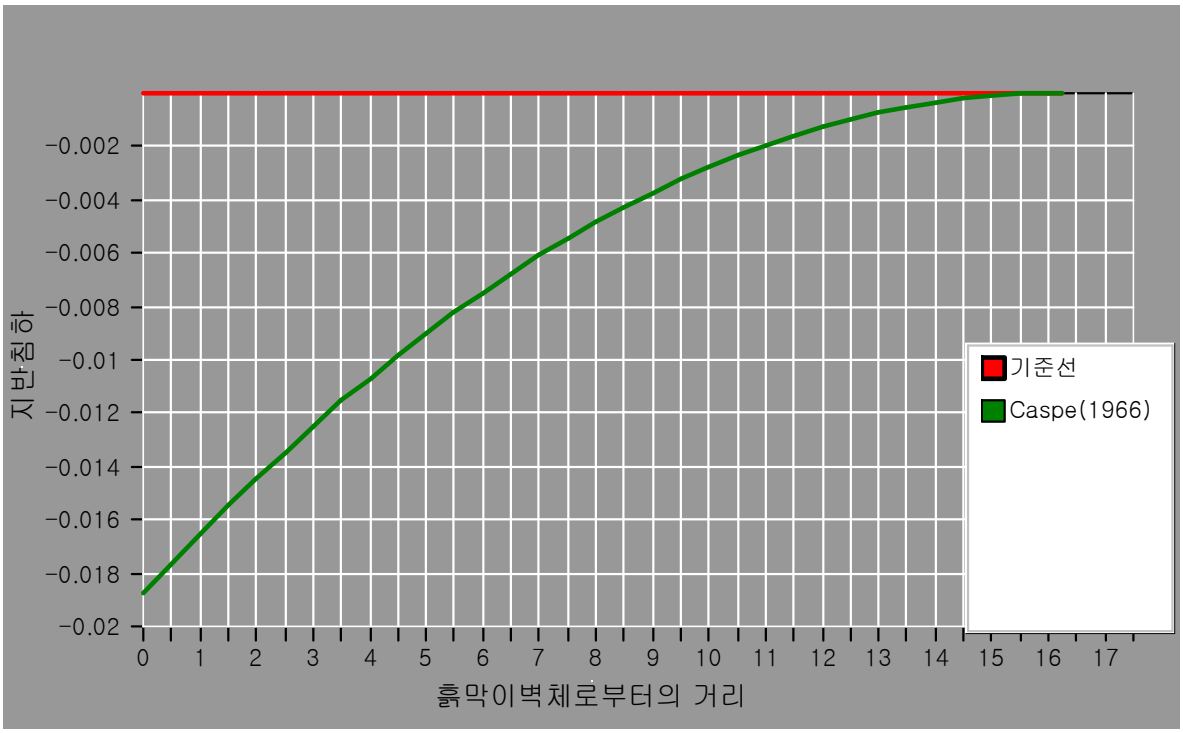
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 4462.23 / 1459.205 = 3.058

S.F. = 3.058 > 1.2 ... OK

10.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



10.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.076 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 9.8 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 25 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 25/2) = 15.697 m

Ht = Hp + Hw = 15.697 + 9.8 = 25.497 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 25.497 x tan(45-25/2) = 16.243 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.076 / 16.243 = -0.019 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.019 x ((16.243 - Xi) / 16.243)^2

3-2.6 TYPE-21(2차)

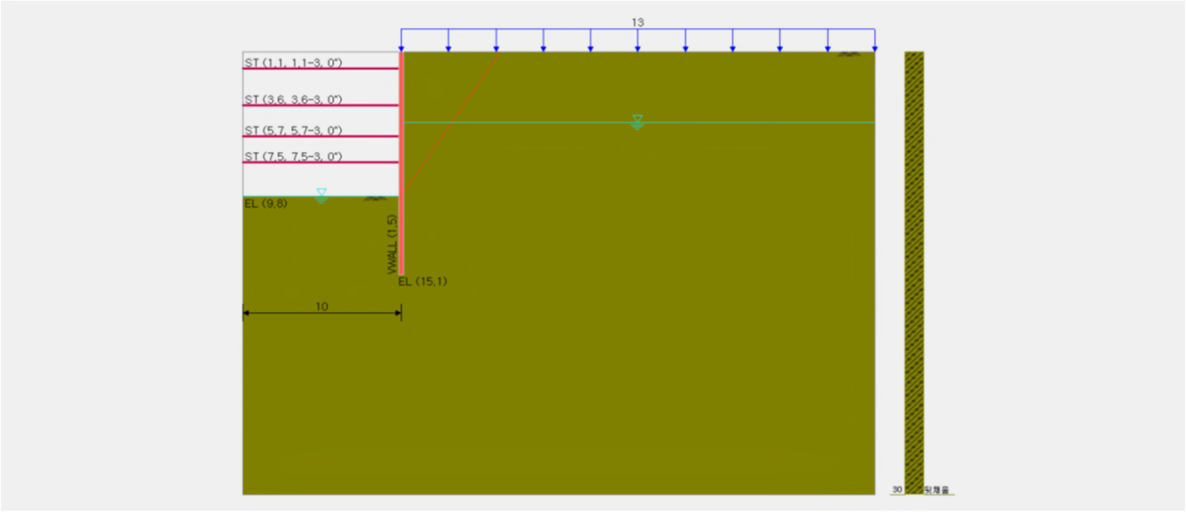
(STA.0+769.5~0+780.15)

GeoX 구조계산서

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
  3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
  3.2 재료의 허용응력
  3.3 적용 프로그램
4.지보재 설계
  4.1 Strut 설계 (Strut-1)
  4.2 Strut 설계 (Strut-2)
  4.3 Strut 설계 (Strut-3)
  4.4 Strut 설계 (Strut-4)
5.띠장 설계
  5.1 Strut-1 띠장 설계
  5.2 Strut-2 띠장 설계
  5.3 Strut-3 띠장 설계
  5.4 Strut-4 띠장 설계
6.측면말뚝 설계
  6.1 흙막이벽(우)
7.중간말뚝 설계
8. 흙막이 벽체 설계
  8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.80m)
9.전산 입력 정보
10.해석결과

1.표준단면


13
ST (1.1, 1.1-3, 0")
ST (3.6, 3.6-3, 0")
ST (5.7, 5.7-3, 0")
ST (7.5, 7.5-3, 0")
EL (9.8)
WALL (1.5)
EL (15.1)
10
30

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 P 406.4x9	1.10	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	39.941	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.60	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	35.683	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.70	휨응력	44.322	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.052	116.879	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.915	88.910	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	7.50	휨응력	41.352	157.500	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	57.333	118.849	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.781	88.910	O.K		

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.10	휨응력	79.036	142.832	O.K	
		전단응력	37.469	90.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.60	휨응력	67.534	142.832	O.K	
		전단응력	32.016	90.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.70	휨응력	90.139	142.832	O.K	
		전단응력	42.732	90.000	O.K	
Strut-4 H 300x305x15/15	7.50	휨응력	126.010	142.832	O.K	
		전단응력	59.738	90.000	O.K	

2.3 측면말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) H 300x305x15/15	-	휨응력	77.081	192.405	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.967	205.872	O.K	수평변위	O.K
		전단응력	50.036	123.750	O.K	지지력	O.K

2.4 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	압축응력	3.963	127.027	O.K	지지력	O.K

2.5 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우)	0.00 ~ 9.80	휨응력	124.601	303.750	O.K		
		압축응력	120.682	281.667	O.K		
		전단응력	45.405	174.375	O.K		

2.6 흙막이벽체 수평변위

부 재	시공단계	최대수평변위(mm)	허용수평변위(mm)	비 고
흙막이벽(우)	CS9 : 굴착 9.8 m	13.857	19.600	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.50m

다. 지보재

Strut – P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 300x305x15/15(SM490)	1.50m	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SM490)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(SS400)	–	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 18.6$ 210	$0 < \ell/r \le 16$ 285	$0 < \ell/r \le 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \le 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \le 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \le 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \le 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \le 67.1$ $405 - 3.285(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.6$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.8$ 322.5	$\ell/b \le 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \le 27$ $322.5 - 7.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \le 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류		HSB500	HSB600	HSB800	비고
축방향 인장 (순단면)		345	405	570	230x1.5=345 270x1.5=405 380x1.5=570
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 14.6$ 345	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405	$0 < \ell/r \leq 18.0$ 570	
		$14.6 < \ell/r \leq 73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0 < \ell/r \leq 54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
휨압축응력	인장연 (순단면)	345	405	570	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 345	$\ell/b \leq 3.4$ 405	$\ell/b \leq 5.4$ 570	
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $345-7.79(\ell/b-3.6)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b-3.4)$	$5.4 < \ell/b \leq 19$ $570 - 18.9(\ell/b-5.4)$	
전단응력 (총단면)		203	233	330	135x1.5=203 155x1.5=233 220x1.5=330

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 215x1.5=322.5 270x1.5=405	ℓ(mm) : 유효좌굴장 r(mm): 단면회전 반지름	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축플랜지의 폭	강판과 강판
판두께	40mm이하	40mm이하	40mm이하 $A_w/A_c \leq 2$	40mm이하

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨응력	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응력의 종류	허 용 응 력	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고장력 볼트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고장력 볼트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.6.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

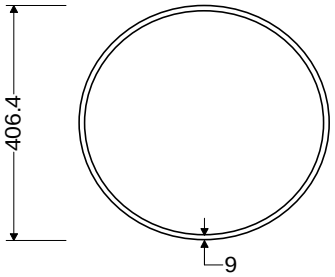
4.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 109.596 kN/m ---> Strut-1 (CS10 : Peck)
= 109.596 x 3.00 / 1 단
= 328.789 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 328.789 + 120.0 = 448.789 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 448.789 \times 1000 / 11236.2 = 39.941$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.102 x 9)
= 20.493 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.102

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (81.293 - -1.411) / 81.293
= 1.017 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> 18.6 < L/R ≤ 92.8 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 39.941 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{39.941}{118.849} + \frac{41.352}{157.500 \times (1 - (39.941 / 368.849))}$

= 0.631 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 39.941 + \frac{41.352}{1 - (39.941 / 368.849)}$

= 86.315 < f_{cal} = 157.500 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.631 , 0.548)

= 0.631 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{81.293}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$

$= 0.686 < 1.0$ ---> O.K

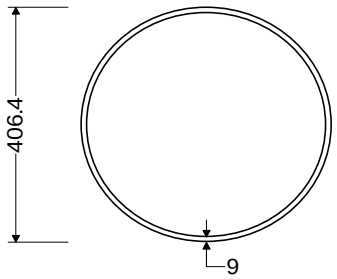
4.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 93.647 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : Peck)
= 93.647 x 3.00 / 1 단
= 280.940 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 280.940 + 120.0 = 400.940 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 400.940 \times 1000 / 11236.2 = 35.683$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.107 x 9)

= 20.389 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.107

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.035 − −5.669) / 77.035

= 1.074 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8500 / 140.5

60.498 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (60.498 − 18.6))

= 118.849 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 118.849 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (60.498)^2

= 368.849 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 118.849 MPa > f_c = 35.683 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 41.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.781 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{35.683}{118.849} + \dfrac{41.352}{157.500 \times (1 - (35.683 / 368.849))}$

= 0.591 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$$= 35.683 + \frac{41.352}{1 - (35.683 / 368.849)}$$

$$= 81.464 < f_{cal} = 157.500 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.591 , 0.517)
= 0.591 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{77.035}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$$

$$= 0.650 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

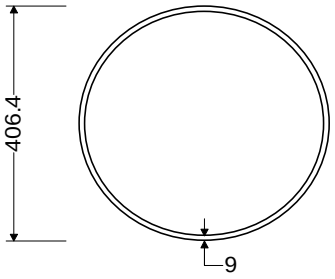
4.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.800 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 124.992 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8 m)
= 124.992 x 3.00 / 1 단
= 374.977 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 374.977 + 120.0 = 494.977 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.800 x 8.800 / 8 / 1 단
= 48.400 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.800 / 2 / 1 단
= 22.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 48.400 \times 1000000 / 1092000.0 = 44.322$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 494.977 \times 1000 / 11236.2 = 44.052$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{22.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.915$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.100 x 9)

= 20.520 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.100

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (88.374 − −0.270) / 88.374

= 1.003 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 140.000

= 157.500 MPa

L / R = 8800 / 140.5

62.633 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 0.82 x (62.633 − 18.6))

= 116.879 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 116.879 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 157.500 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 157.500 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (62.633)^2

= 344.129 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.25 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 88.910 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 116.879 MPa > f_c = 44.052 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 157.500 MPa > f_b = 44.322 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 88.910 MPa > τ = 3.915 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{44.052}{116.879} + \dfrac{44.322}{157.500 \times (1 - (44.052 / 344.129))}$

$= \quad 0.700 \quad < \quad 1.0 \quad \text{---> O.K}$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.052 + \frac{44.322}{1 - (44.052 / 344.129)}$$

$= 94.881 < f_{cal} = 157.500$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.700 , 0.602)
= 0.700 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{88.374}{116.879} + \left\{ \frac{3.915}{88.910} \right\}^2$$

$= 0.758 < 1.0$ ---> O.K

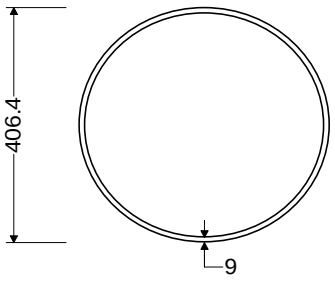
4.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 8.500 m

(2) 사용강재 : P 406.4x9(SS400)

w (N/m)	864.984
A (mm^2)	11236
I (mm^4)	221930000
Z (mm^3)	1092000
R (mm)	140.5
Q (mm^3)	710791.9



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 174.734 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.8 m)
= 174.734 x 3.00 / 1 단
= 524.203 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 524.203 + 120.0 = 644.203 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 8.500 x 8.500 / 8 / 1 단
= 45.156 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 8.500 / 2 / 1 단
= 21.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.156 \times 1000000 / 1092000.0 = 41.352$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 644.203 \times 1000 / 11236.2 = 57.333$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{21.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.781$ MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t) = 203.2 / (1.084 \times 9)$

$= 20.832$ ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

$f_{cal} = 1.25 \times 0.9 \times 140$

$= 157.500$ MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.084$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (98.685 - 15.981) / 98.685$

$= 0.838$ ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 140.000$

$= 157.500$ MPa

$L / R = 8500 / 140.5$

60.498 ---> $18.6 < L/R \leq 92.8$ 이므로

$f_{cag} = 1.25 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (60.498 - 18.6))$

$= 118.849$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 118.849$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 157.500$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 157.500$ MPa

$f_{eax} = 1.25 \times 0.9 \times 1200000 / (60.498)^2$

$= 368.849$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> $r/t \leq 125$ 이므로

$\tau_a = 1.25 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 88.910$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 118.849$ MPa > $f_c = 57.333$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 157.500$ MPa > $f_b = 41.352$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 88.910$ MPa > $\tau = 3.781$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{57.333}{118.849} + \frac{41.352}{157.500 \times (1 - (57.333 / 368.849))}$

$= 0.793 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 57.333 + \frac{41.352}{1 - (57.333 / 368.849)}$

$= 106.295 < f_{cal} = 157.500 \quad ---> \quad O.K$

∴ 안전율 = Max.(0.793 , 0.675)
= 0.793 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{98.685}{118.849} + \left\{ \frac{3.781}{88.910} \right\}^2$

$= 0.832 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$

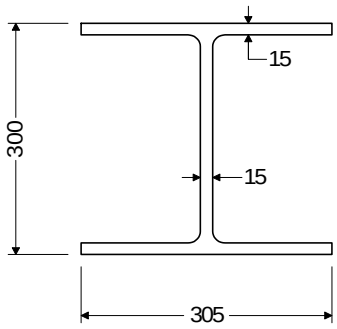
5.띠장 설계

5.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

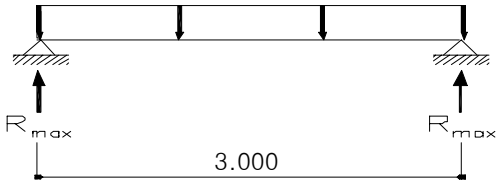
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 109.596 kN/m ---> Strut-1 (CS10 : Peck)

P = 109.596 × 3.00 m / 1 ea = 328.789 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 328.789 / (13 \times 3.000)$

$= 101.166$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 101.166 \times 3.000^2 / 8$

$= 113.812$ kN·m

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$

$= 1 \times 101.166 \times 3.000 / 2$

$= 151.749$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 113.812 x 1000000 / 1440000.0 = 79.036 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 151.749 x 1000 / 4050 = 37.469 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (79.036 + 79.036) / 79.036

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 79.036 MPa ---> O.K

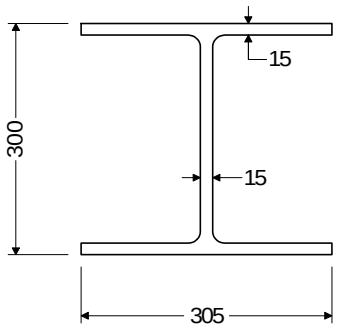
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 37.469 MPa ---> O.K

5.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

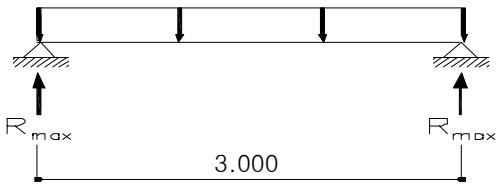
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 93.647 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : Peck)

P = 93.647 × 3.00 m / 1 ea = 280.940 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 280.940 / (13 × 3.000)
= 86.443 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 86.443 × 3.000 ^{2} / 8
= 97.248 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 86.443 × 3.000 / 2
= 129.664 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 97.248 x 1000000 / 1440000.0 = 67.534 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 129.664 x 1000 / 4050 = 32.016 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (67.534 + 67.534) / 67.534
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 67.534 MPa ---> O.K

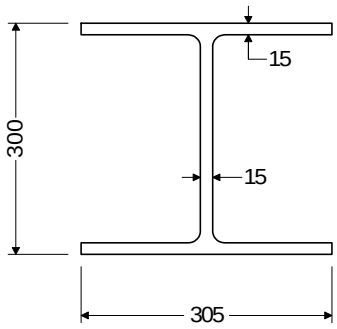
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 32.016 MPa ---> O.K

5.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

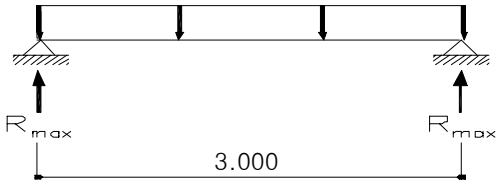
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 124.992 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 8 m)

P = 124.992 × 3.00 m / 1 ea = 374.977 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 374.977 / (13 × 3.000)
= 115.378 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 115.378 × 3.000^2 / 8
= 129.800 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 115.378 × 3.000 / 2
= 173.066 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 129.800 x 1000000 / 1440000.0 = 90.139 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 173.066 x 1000 / 4050 = 42.732 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140

= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (90.139 + 90.139) / 90.139

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))

= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80

= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 90.139 MPa ---> O.K

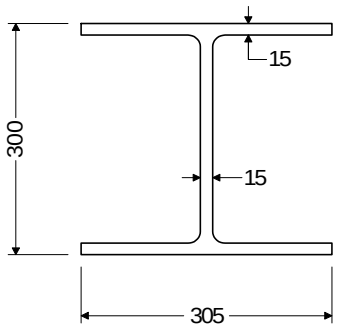
▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 42.732 MPa ---> O.K

5.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

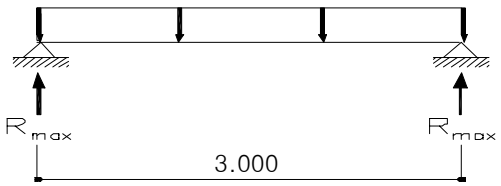
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 174.734 kN/m ---> Strut-4 (CS9 : 굴착 9.8 m)

P = 174.734 × 3.00 m / 1 ea = 524.203 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 524.203 / (13 × 3.000)
= 161.293 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 161.293 × 3.000 ^{2} / 8
= 181.455 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 161.293 × 3.000 / 2
= 241.940 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 181.455 x 1000000 / 1440000.0 = 126.010 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 241.940 x 1000 / 4050 = 59.738 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.3i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 140
= 157.500 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (126.010 + 126.010) / 126.010
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.6 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (140 − 2.49 x (9.836 − 4.6))
= 142.832 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 142.832 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 80
= 90.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 142.832 MPa > f_b = 126.010 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 90.000 MPa > τ = 59.738 MPa ---> O.K

6.측면말뚝 설계

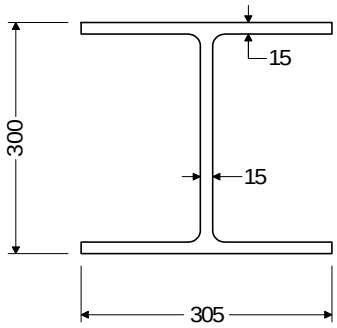
6.1 흙막이벽(우)

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.500 m

(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.716
A (mm^2)	13480
I_x (mm^4)	215000000
Z_x (mm^3)	1440000
A_w (mm^2)	4050
R_x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 0.000 kN

나. 주형 지지보의 자중 = 0.000 kN

다. 측면말뚝 자중 = 15.000 kN

라. 버팀보 자중 = 30.000 kN

마. 띠장 자중 = 12.400 kN

바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 1.500 = 0.000 kN

사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$\sum P_s$ = 107.400 kN

최대모멘트, M_{max} = 73.997 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS10 : Peck)

최대전단력, S_{max} = 135.096 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.8 m)

▶ Pmax = 107.400 kN

▶ Mmax = 73.997 × 1.500 = 110.996 kN·m

▶ Smax = 135.096 × 1.500 = 202.645 kN

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 110.996 x 1000000 / 1440000.0 = 77.081 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 107.400 x 1000 / 13480 = 7.967 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 202.645 x 1000 / 4050 = 50.036 MPa

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.371

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (85.048 − −69.113) / 85.048

= 1.813

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.25 x 0.9 x 190.000

= 213.750 MPa

L / R = 2700 / 126

21.429 ---> 16 < Lx/Rx ≤ 80.1 이므로

f_{cag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 1.29 x (21.429 − 16))

= 205.872 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 205.872 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2700 / 305

= 8.852 ---> 4 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.25 x 0.9 x (190 − 3.91 x (8.852 − 4))

= 192.405 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 192.405 MPa

f_{eax} = 1.25 x 0.9 x 1200000 / (21.429)^2

= 2940.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.25 x 0.9 x 110

= 123.750 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 205.872 MPa > f_c = 7.967 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 192.405 MPa > f_b = 77.081 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 123.750 MPa > τ = 50.036 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{7.967}{205.872} + \frac{77.081}{192.405 \times (1 - (7.967 / 2940.000))}$

= 0.440 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 7.967 + \frac{77.081}{1 - (7.967 / 2940.000)}$

= 85.257 < f_{cal} = 213.750 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.440 , 0.399)

= 0.440 < 1.0 ---> O.K

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 13.9 mm ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 9.8 m)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.2 %

= 9.800 x 1000 x 0.002 = 19.600 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 107.40 kN

▶ 안전율 , Fs = 2.0

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	= 7	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	= 7	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	= 7	
L_s(모래층 중의 길이)	= 5.300	m
L_c(점토층 중의 길이)	= 4.900	m
A_p(H-Pile 단면적)	= 0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	= 1.210	m

= 25 x 7 x 0.0915 + 0.2 x 7 x 1.210 x 5.300

+ 0.5 x 7 x 1.210 x 4.900

= 45.742 tonf

= 448.58 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 448.58 / 2.0

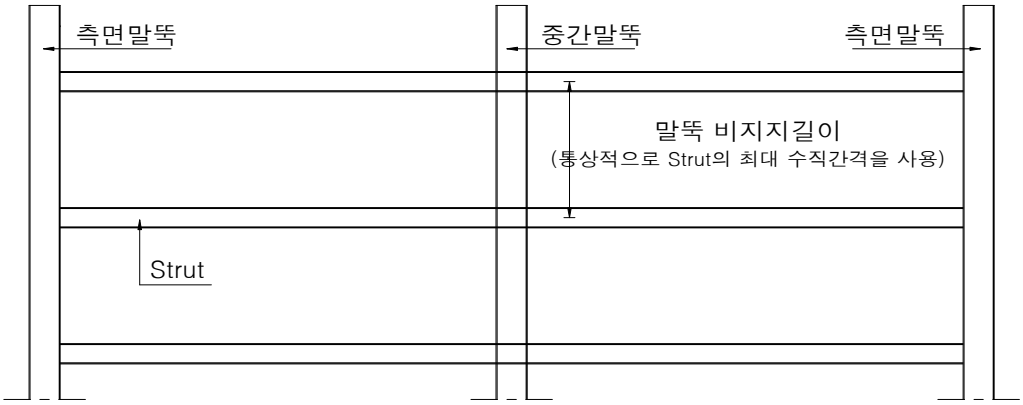
= 224.289 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7.중간말뚝 설계

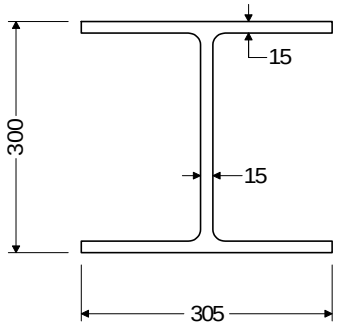
7.1 설계제원

가. PILE 설치간격 : 3.00 m



나. 사용강재 : H 300x305x15/15(SM490)

w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



7.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 17.000 kN

(2) 버팀보 자중 = 30.000 kN

(3) ㄷ형강 자중 = 6.420 kN

$\sum P_s$ = 53.420 kN

나. 단면력 산정

(1) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_s$ = 53.420 kN

7.3 작용응력 및 허용응력 검토

가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A$ = 53.420 x 1000 / 13480 = 3.963 MPa

나. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
영구 구조물	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(34i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.25 x 0.9 x 190

= 213.750 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 1.000$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (3.963 - 3.963) / 3.963$

$= 0.000$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.25 \times 0.9 \times 190.000$

$= 213.750$ MPa

$L_x / R_x = 5500 / 126$

43.651 ---> $16 < Lx/Rx \leq 80.1$ 이므로

$f_{cagx} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (43.651 - 16))$

$= 173.622$ MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 173.622$ MPa

$L_y / R_y = 5500 / 72.6$

75.758 ---> $16 < Ly/Ry \leq 80.1$ 이므로

$f_{cagy} = 1.25 \times 0.9 \times (190 - 1.29 \times (75.758 - 16))$

$= 127.027$ MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 127.027$ MPa

$\therefore f_{cag} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 127.027$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 127.027$ MPa > $f_c = 3.963$ MPa ---> O.K

7.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , $P_{max} = 53.42$ kN

▶ 안전율 , $Fs = 2.0$

▶ 극한지지력 , $Q_u = 25 \cdot N \cdot A_p + 0.2 \cdot N_s \cdot U \cdot L_s + 0.5 \cdot N_c \cdot U \cdot L_c$(선굴착 최종경타 공법)

여기서,

N(선단의 N치)	=	7	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	7	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	7	
L_s(모래층 중의 길이)	=	4.800	m
L_c(점토층 중의 길이)	=	0.000	m
A_p(H-Pile 단면적)	=	0.0915	m^2
U(파일의 둘레길이)	=	1.210	m

$= 25 \times 7 \times 0.0915 + 0.2 \times 7 \times 1.210 \times 4.800$

$+ 0.5 \times 7 \times 1.210 \times 0.000$

$= 24.144$ tonf

$= 236.77$ kN

▶ 허용지지력 , $Q_{ua} = 236.77 / 2.0$

$= 118.384$ kN

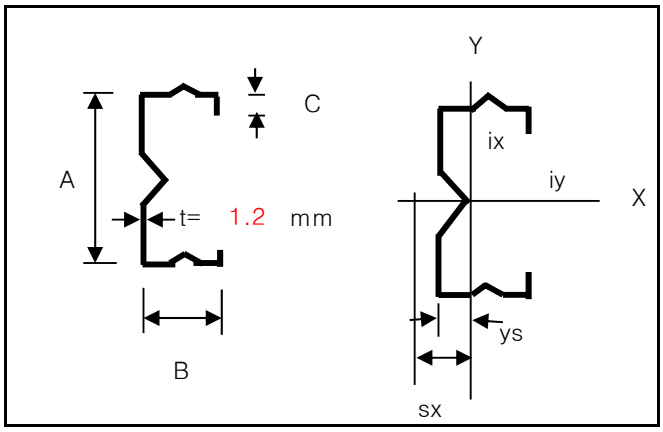
$\therefore$ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

8. 흙막이 벽체 설계

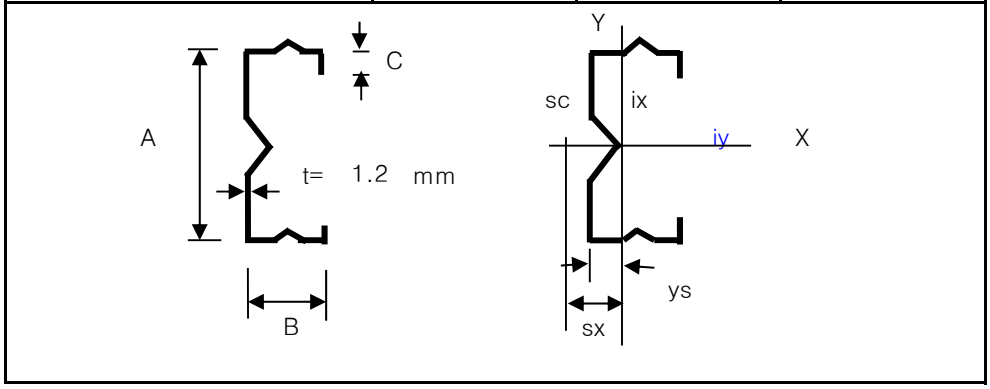
8.1 흙막이벽(우) 설계 (0.00m ~ 9.80m)

가. 설계제원

폭 (B, mm)	200.0
두께 (t, mm)	1.2
H-Pile 수평간격(mm)	1500.0
H-Pile 폭(mm)	305.0
강재 재질	SMA570
강재의 허용 휨압축응력(MPa)	281.7
강재의 허용 전단응력(MPa)	174.4



종 류	단면계수 Zyi(mm^3)		WEB 단면적 Aw(mm^2)
	인장측	압축축	
D2:200×100×50×1.2t	27100	27980	234.00



나. 설계지간

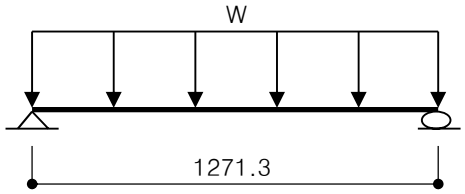
설계지간 (L) = 1500.0 - 3 x 305.0 / 4 = 1271.3 mm

다. 단면력 산정

p_{max} = 0.0836 MPa ---> (CS9 : 굴착 9.8 m:최대토압)

W_{max} = 토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

= 83.6 kN/m^2 x 0.2000 m = 16.7 kN/m



M_{max} = W_{max} x L^2 / 8 = 16.7 x 1.27^2 / 8 = 3.4 kN·m

S_{max} = W_{max} x L / 2 = 16.7 x 1.27 / 2 = 10.6 kN

라. 강재토류판에 작용하는 응력 산정

휨응력 (f_{b1}) = M_{max} / Z_{yi} = 3376685 / 27,100 = 124.60 MPa (인장연)

휨응력 (f_{b2}) = M_{max} / Z_{yi} = 3376685 / 27,980 = 120.68 MPa (압축연)

전단응력(τ) = S_{max} / A_w = 10625 / 234 = 45.41 MPa

마. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 영구 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	×
사용자 정의	1.25	O

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9

▶ 허용 휨 압축응력

f_{ba1} = 1.25 × 0.90 × 270 = 303.750 MPa

f_{ba2} = 보정계수 × 저감계수 × { 270 − 6.64 (ℓ / b − 3.4) }

= 1.25 × 0.90 × { 270 − 6.6 × (1,271 / 200 − 3.4) }

= 281.667 MPa

여기서, ℓ = 1,271 mm [설계지간]

b = 200 mm [압축플랜지폭]

ℓ/b = 6.356 이므로,

∴ f_{ba} = 281.667 MPa

▶ 허용 휨 인장응력

f_{ba} = 303.750 MPa

▶ 허용 전단 응력

τ_a = 1.25 × 0.90 × 155 = 174.375 MPa

바. 응력검토

- 휨 인장응력 f_b = 124.60 MPa < f_{ba} = 303.75 MPa ····· O.K
- 휨 압축응력 f_b = 120.68 MPa < f_{ba} = 281.67 MPa ····· O.K
- 전단응력 τ = 45.41 MPa < τ_a = 174.38 MPa ····· O.K

9. 탄소성 입력 데이터

9.1 해석종류 : 탄소성보법

9.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

9.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 10 m, 최대굴착깊이 = 9.8 m, 전모델높이 = 30 m

9.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γt (kN/m³)	γsat (kN/m³)	C (kN/m²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m²)	수평지반 반력계수 (kN/m³)
1	뒷채움	30.00	19.00	20.00	15.00	25.00	7	-	12000.00

9.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	H-Pile	H 300x305x15/15	SM490	15.1	1.5

9.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.1	3	8.5	100	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.6	3	8.5	100	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.7	3	8.8	100	1
4	Strut-4	P 406.4x9	SS400	7.5	3	8.5	100	1

9.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

9.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 7 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 9.8 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.60	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	4.10	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	6.20	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	8.00	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	9.80	-	-	-	-	-	-	X	X
10	9.80	-	-	-	-	-	경험토압	X	X

10. 해석 결과
10.1 전산 해석결과 집계

10.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.6 m	1.60	6.62	1.6	-3.13	4.8	0.87	0.0	-10.86	3.1
CS2 : 생성 Strut-1	1.60	10.28	1.1	-17.01	1.1	2.29	3.6	-6.16	1.1
CS3 : 굴착 4.1 m	4.10	15.17	1.1	-28.89	1.1	17.50	3.6	-10.16	1.1
CS4 : 생성 Strut-2	4.10	15.00	3.6	-27.63	1.1	11.15	2.6	-8.19	1.1
CS5 : 굴착 6.2 m	6.20	27.48	3.6	-54.11	3.6	30.84	5.7	-28.53	3.6
CS6 : 생성 Strut-3	6.20	20.06	3.6	-37.75	3.6	12.19	5.3	-11.41	3.6
CS7 : 굴착 8 m	8.00	33.07	5.7	-91.92	5.7	46.12	7.5	-39.30	5.7
CS8 : 생성 Strut-4	8.00	25.23	5.7	-70.34	5.7	26.70	7.1	-22.48	5.7
CS9 : 굴착 9.8 m	9.80	39.64	7.5	-135.10	7.5	73.28	9.4	-46.82	7.5
CS10 : Peck	9.80	46.27	5.7	-133.42	7.5	74.00	9.4	-36.76	5.7
TOTAL		46.27	5.7	-135.10	7.5	74.00	9.4	-46.82	7.5

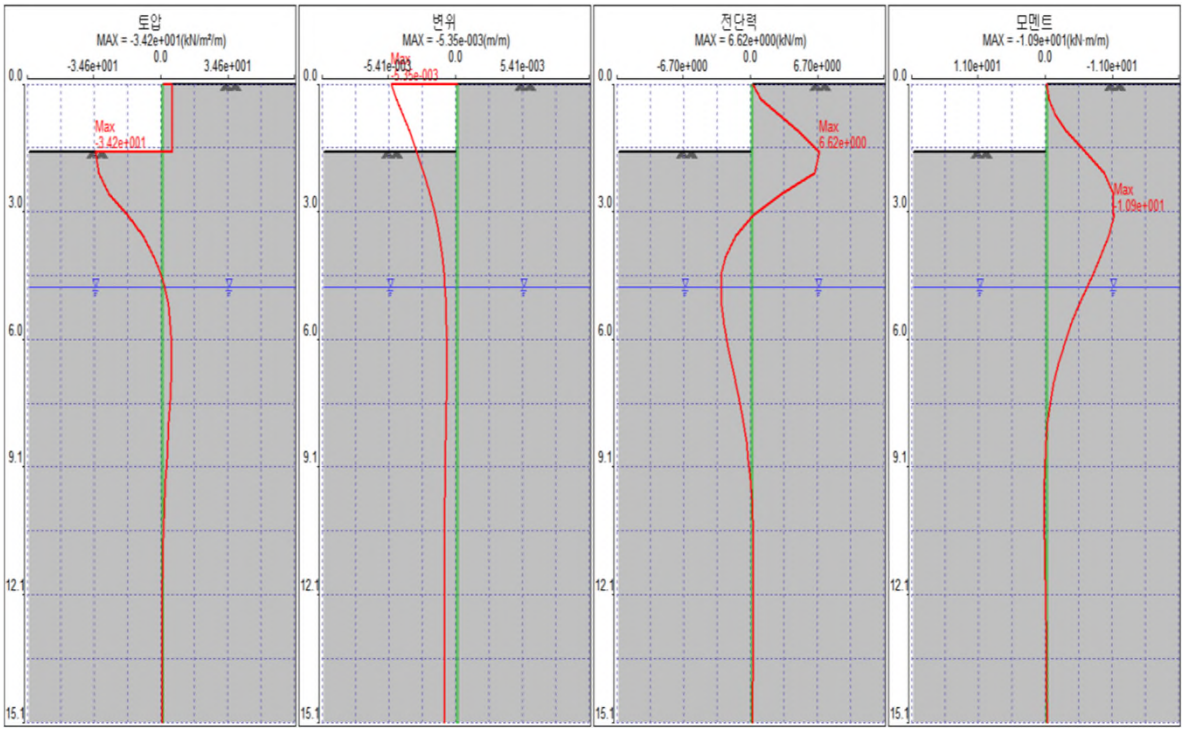
10.1.2 지보재 반력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

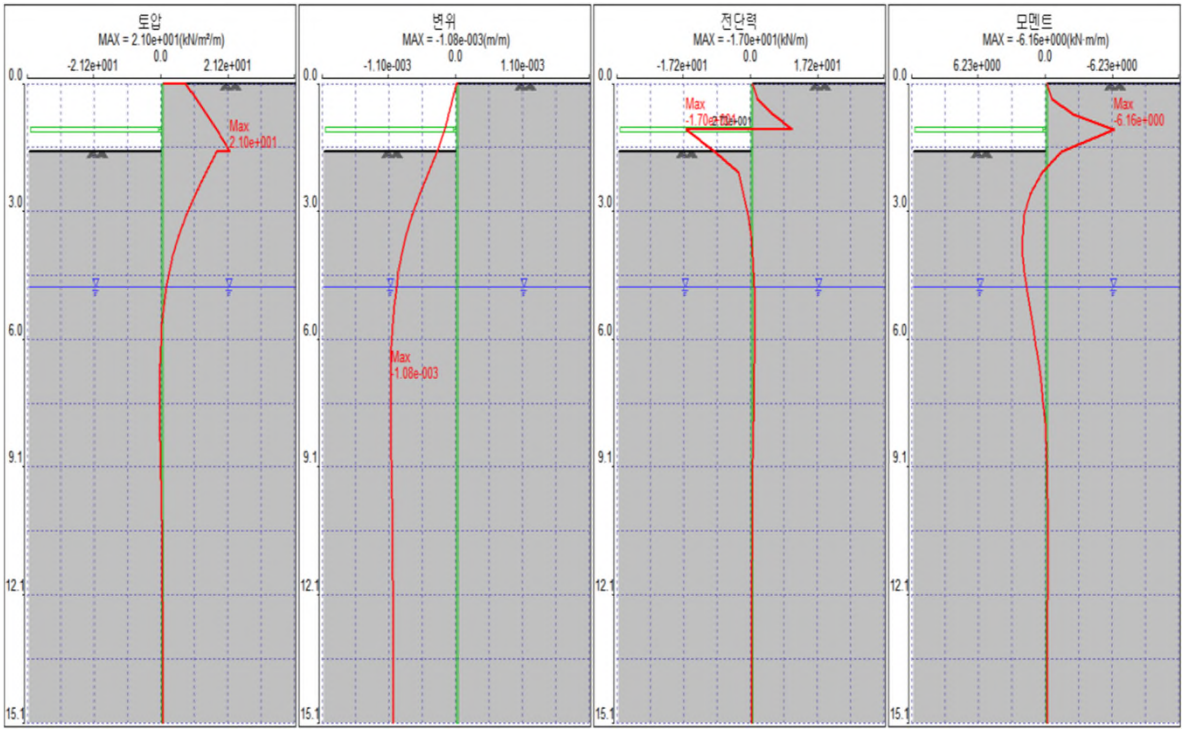
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	
		1.1 (m)	3.6 (m)	5.7 (m)	7.5 (m)	
CS1 : 굴착 1.6 m	1.60	-	-	-	-	
CS2 : 생성 Strut-1	1.60	27.29	-	-	-	
CS3 : 굴착 4.1 m	4.10	44.06	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-2	4.10	40.31	33.33	-	-	
CS5 : 굴착 6.2 m	6.20	30.63	81.59	-	-	
CS6 : 생성 Strut-3	6.20	36.12	57.82	33.36	-	
CS7 : 굴착 8 m	8.00	35.47	41.79	124.99	-	
CS8 : 생성 Strut-4	8.00	35.59	47.91	95.57	33.33	
CS9 : 굴착 9.8 m	9.80	36.73	41.57	70.02	174.73	
CS10 : Peck	9.80	109.60	93.65	110.29	170.71	
TOTAL		109.60	93.65	124.99	174.73	

10.2 시공단계별 단면력도

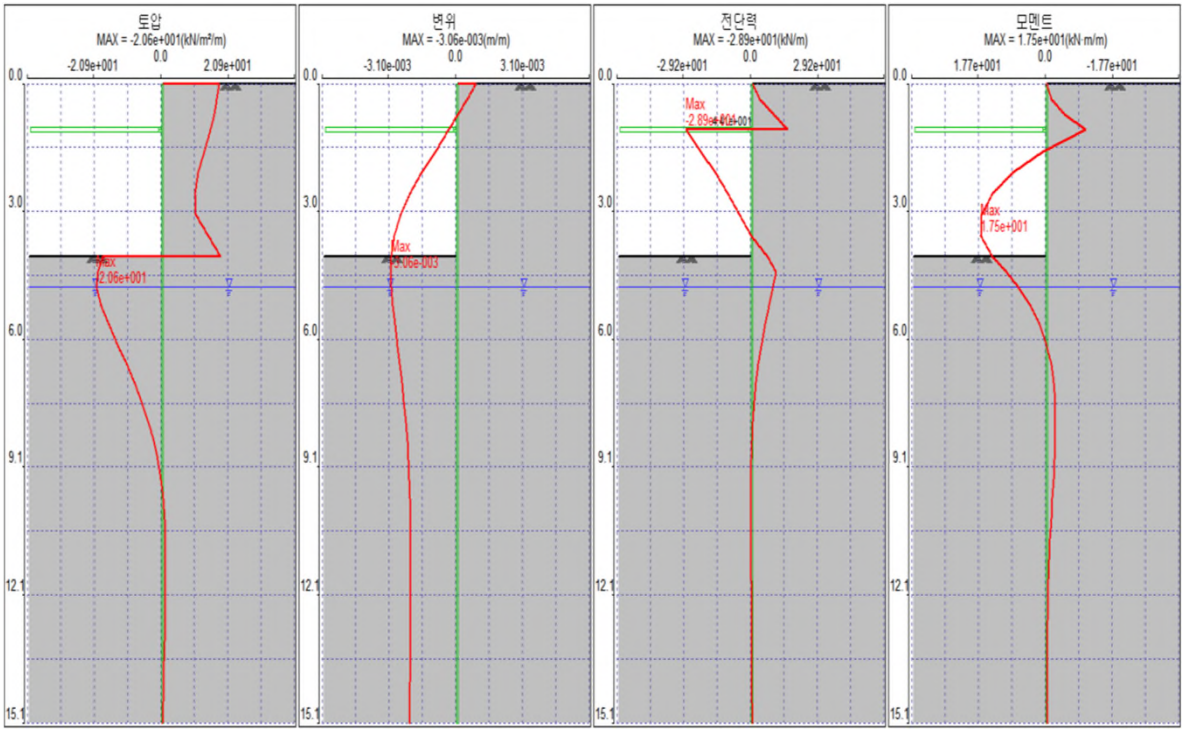
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.6 m]



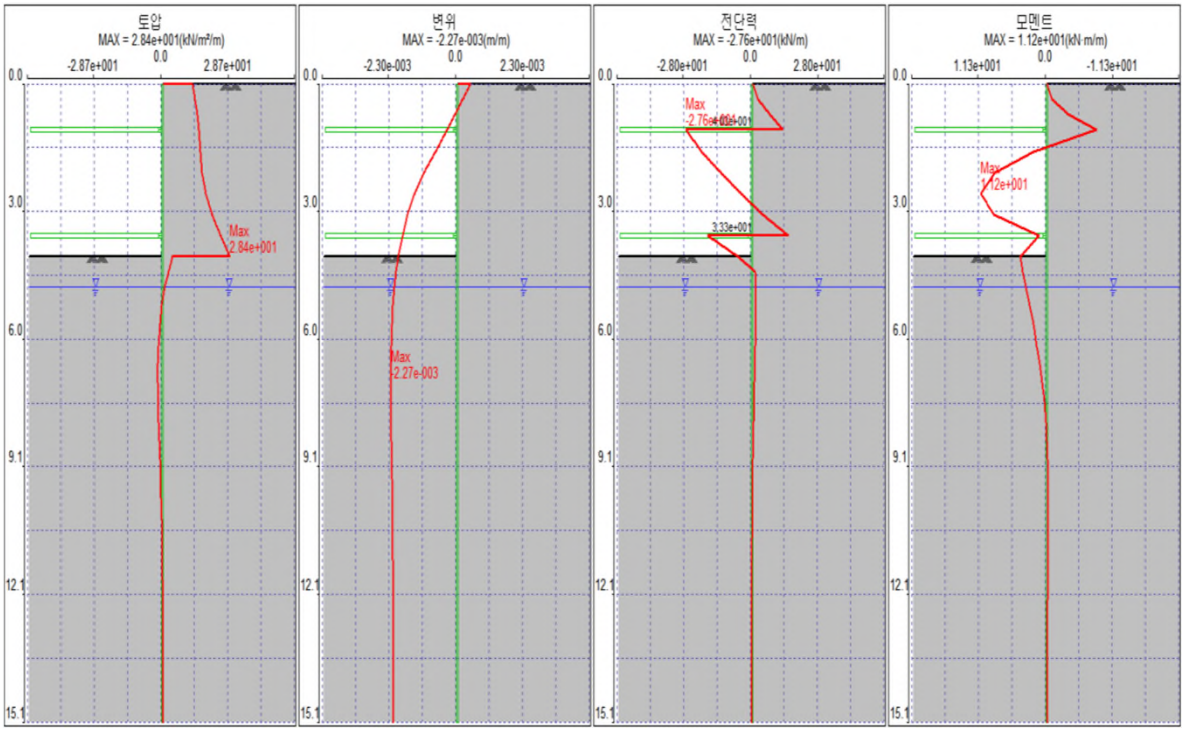
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



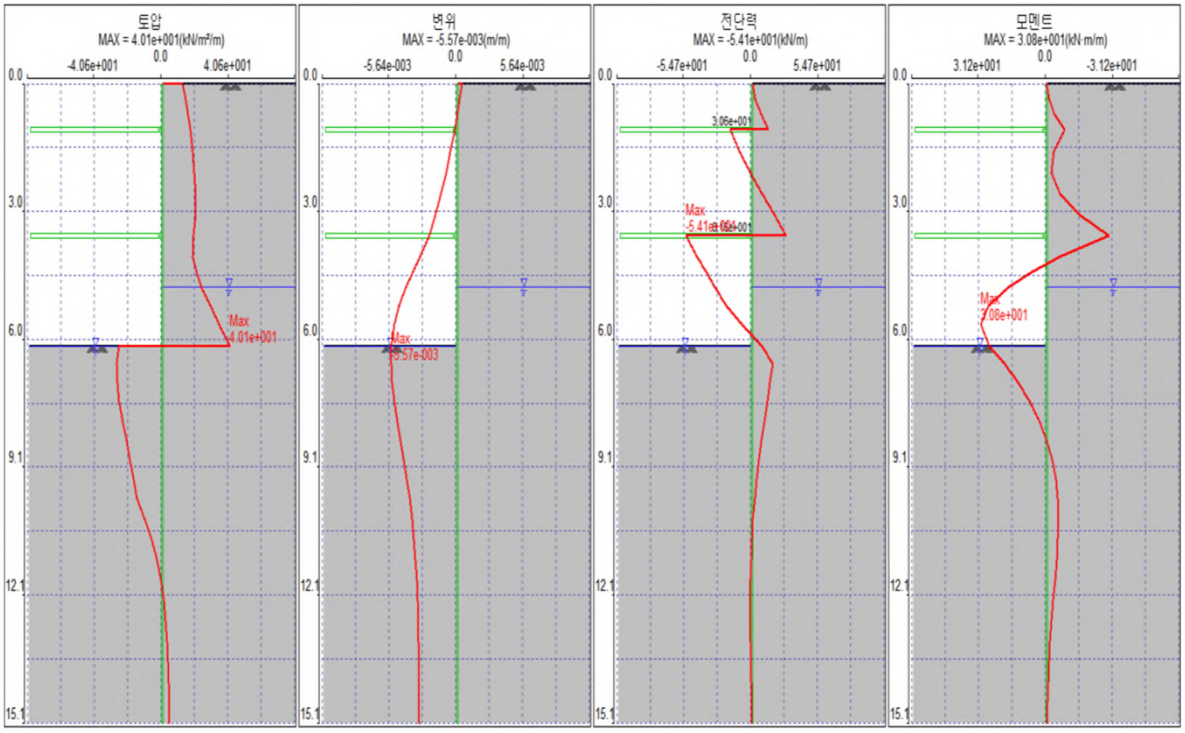
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.1 m]



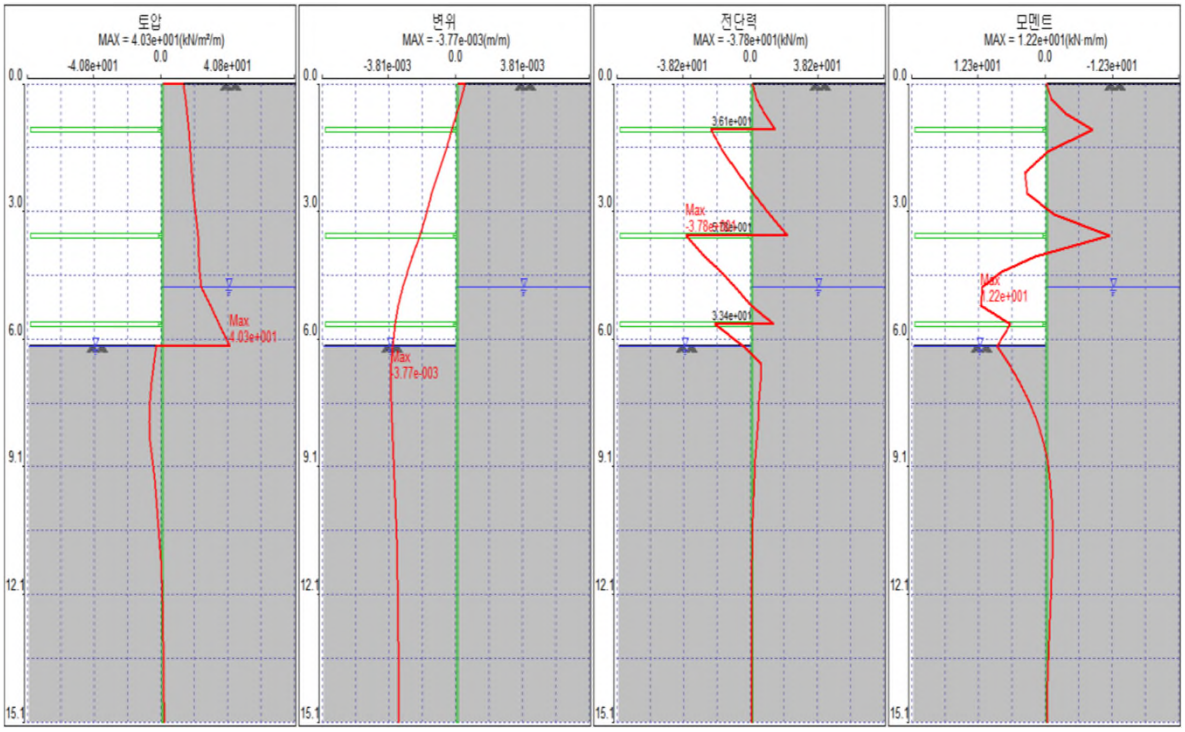
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



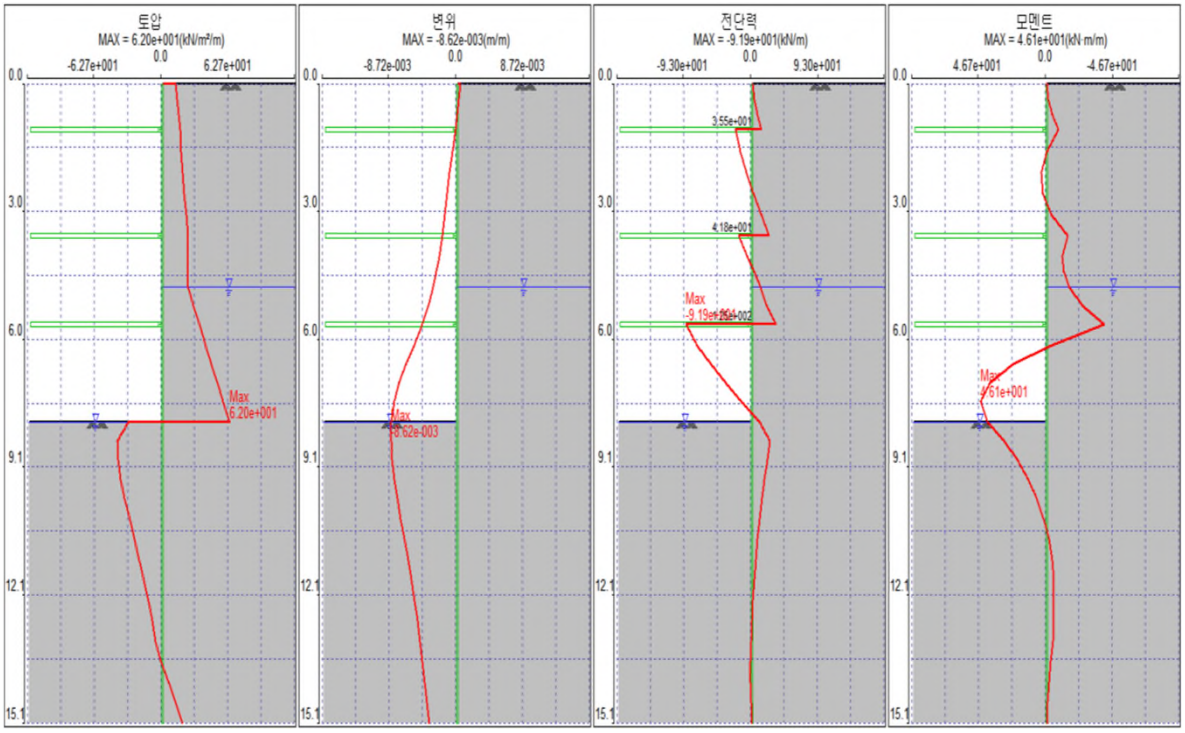
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.2 m]



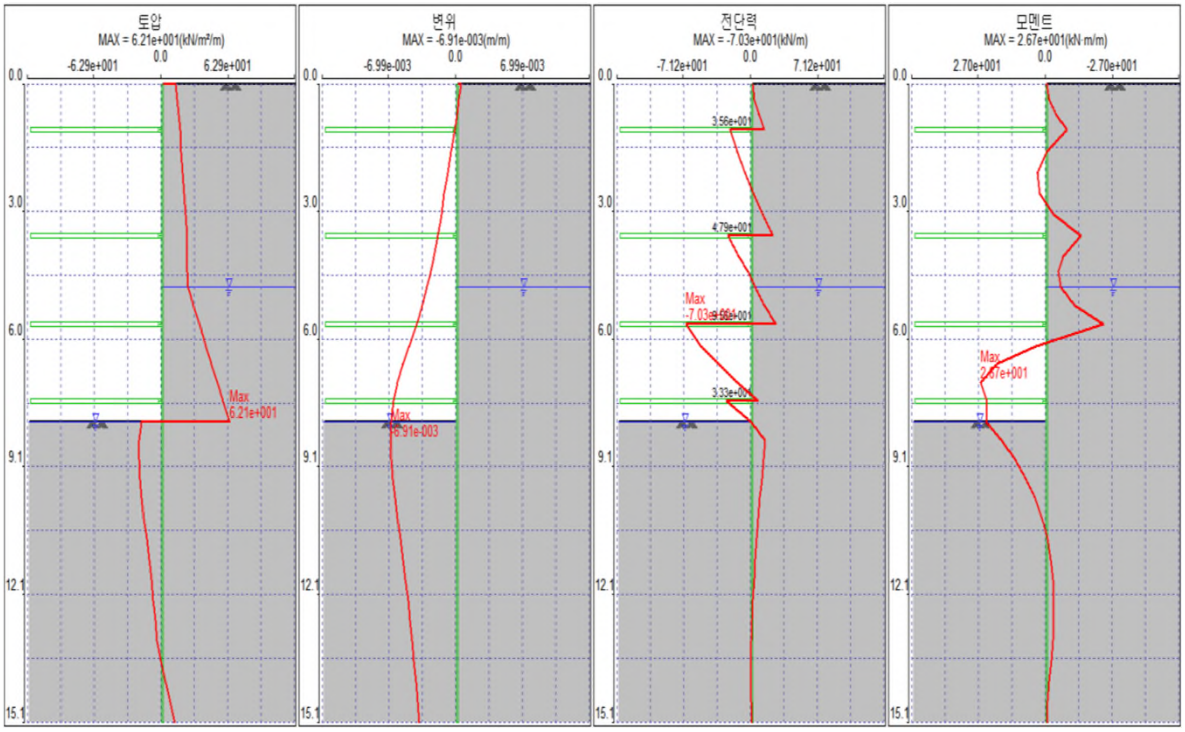
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



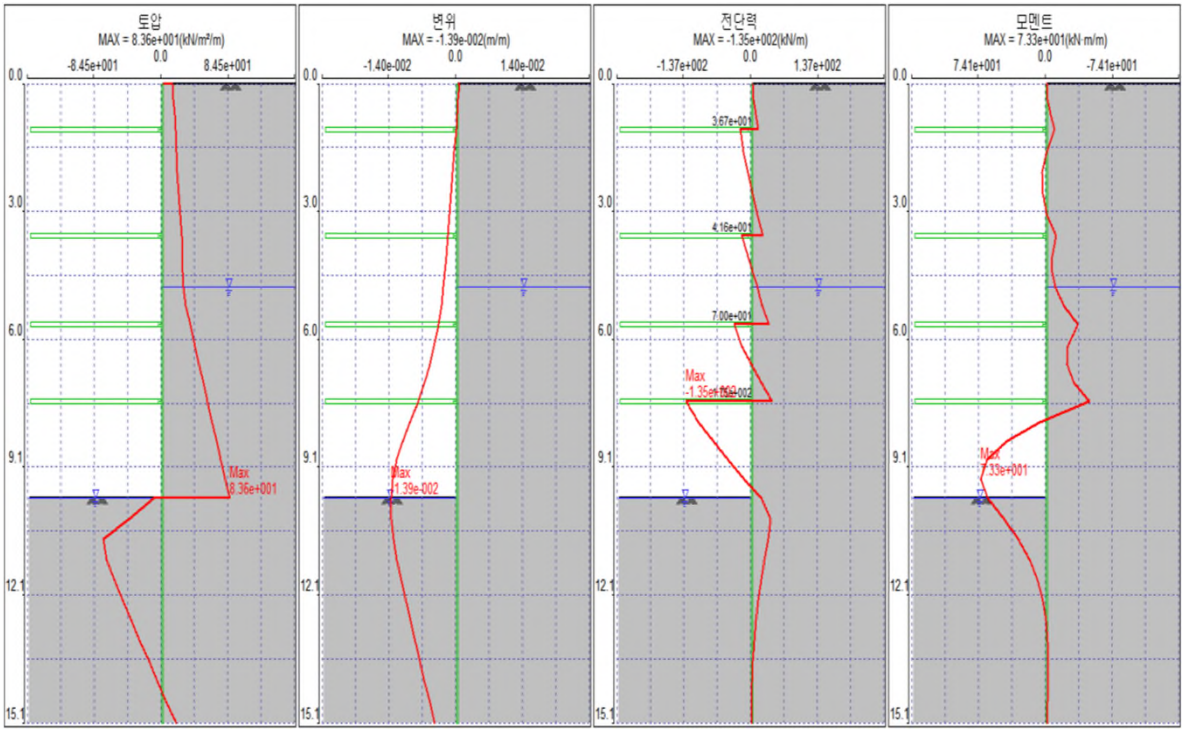
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 8 m]



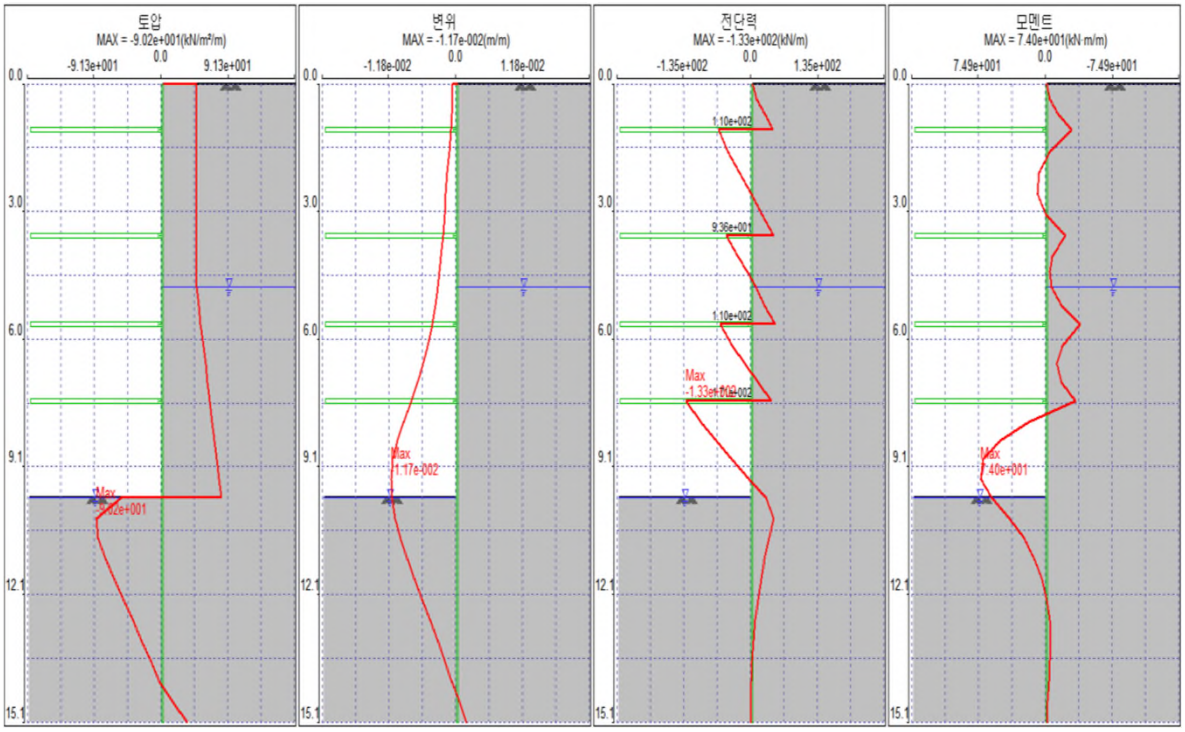
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



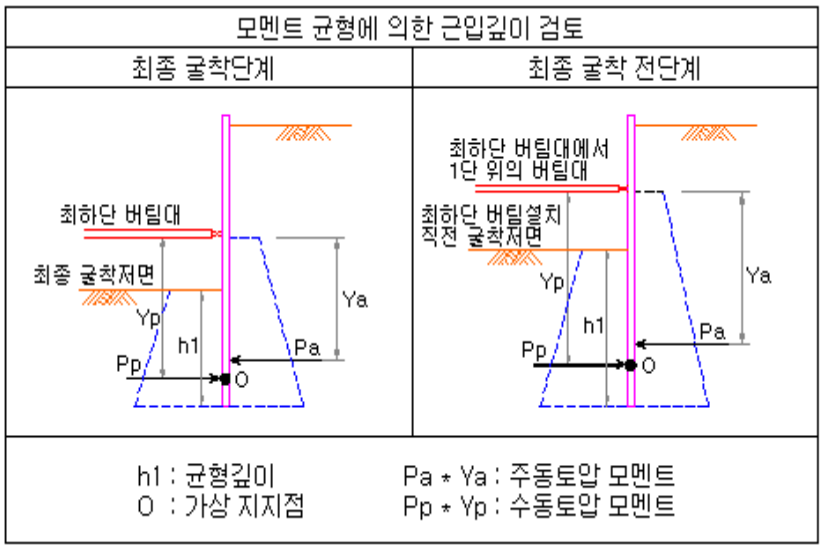
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 9.8 m]



10) 시공 10 단계 [CS10 : Peck]



10.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.114	5.300	779.556	2660.393	3.413	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.002	7.100	1641.913	5325.689	3.244	1.200	OK

10.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -7.5 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 249.96 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.193 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 91.974 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.234 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (249.96 x 1.193) + (91.974 x 5.234) = 779.556 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 478.661 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.558 m

Mp = (Pp x Yp) = (478.661 x 5.558) = 2660.393 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2660.393 / 779.556 = 3.413

S.F. = 3.413 > 1.2 ... OK

10.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.5 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.6 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.7 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 166.788 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.263 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 225.87 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.337 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (166.788 x 1.263) + (225.87 x 6.337) = 1641.913 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 790.87 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.734 m

Mp = (Pp x Yp) = (790.87 x 6.734) = 5325.689 kN·m

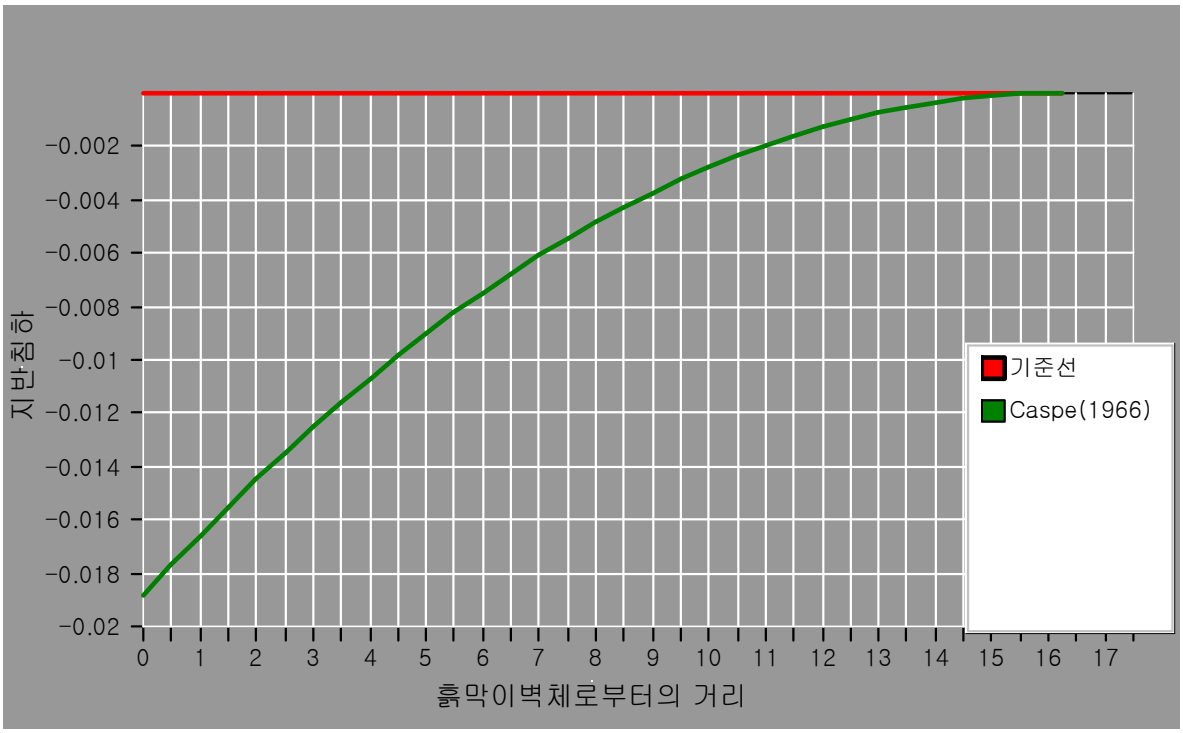
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 5325.689 / 1641.913 = 3.244

S.F. = 3.244 > 1.2 ... OK

10.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



10.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.077 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 20 m, Hw = 9.8 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 25 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ/2)

Hp = 0.5 x 20 x tan(45 + 25/2) = 15.697 m

Ht = Hp + Hw = 15.697 + 9.8 = 25.497 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ/2)

D = 25.497 x tan(45-25/2) = 16.243 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.077 / 16.243 = -0.019 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.019 x ((16.243 - Xi) / 16.243)^2

제3장 가시설공

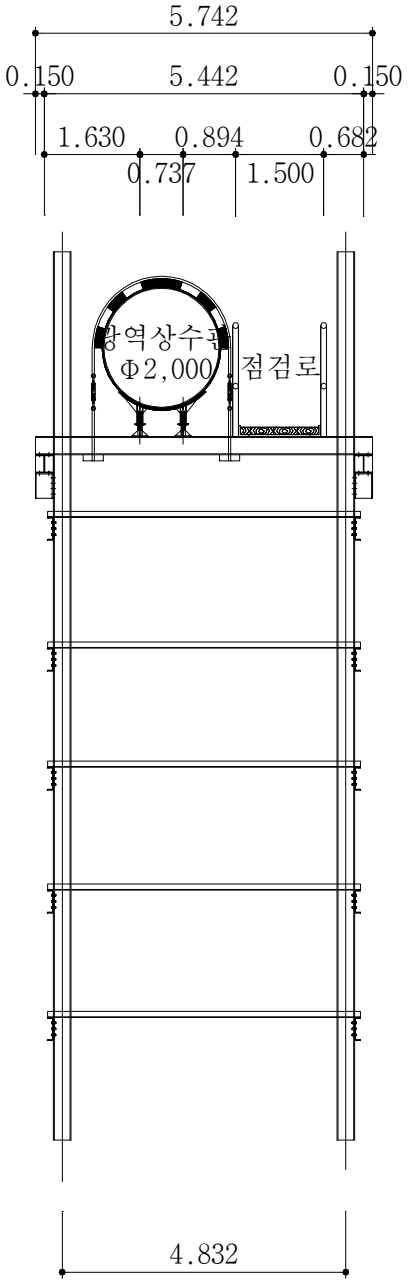
3-3 광역상수관매달기
3-3.1 A.상수관매달기(지간4.0m)
3-3.2 A.상수관매달기(지간4.5m)
3-3.3 B.상수관매달기(곡관보호공)

3-3.1 A.상수관매달기

(지간 4.0m)

A.광역상수관 매달기 (대표 TYPE - 21)

1. 검토단면



2. 구조검토 요약

▶ 강재검토 (Mpa)

부재 / 응력	받침보		받침지지보		중앙파일			
	휨	전단	휨	전단	강축	약축		
허용응력	152.86	108.000	172.695	108.000	182.133	137.529		
발생응력	82.549	16.262	48.681	24.916	18.285	18.285		

▶ 피스브라켓 검토

- 볼트종류 : M 22 (F10T)
- 볼트갯수 : 8 EA
- 피스브라켓 길이 : 400 mm

3 받침보 검토(SM490)

o강재 제원 : H-300X305X15X15	A = 134.8 cm^2	Aw = 40.50 cm^2	I = 21500 cm^4
	Zx = 1440 cm^3	W = 1.060 kN/m	E = 210000000 kN/m^2
o검토지간거리 L = 5.442 m	ℓ / b= 17.843	C.T.C = 2.00 m	

1) 하중계산(1m 당)

수로관+물 중량 : (상수관이설 참조)	260.4KN / 6.7m =	38.87	KN/m
기타 추가하중 (자중의 20 % 적용) :		7.77	KN/m
	∑ W =	46.64	KN/m

- 받침보보 자중 : Wd = 1.06 = 1.060 KN/m
- 점검로 하중:(5 KN/M2) Wp = 5.000 KN/m2

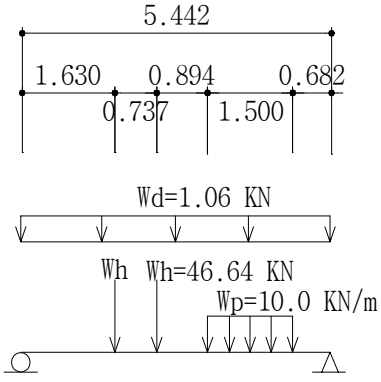
2) 받침보에 작용하는 하중

받침보 C.T.C 2.0 m

Wh = 46.64 / 2ea x 2.00m = 46.64 KN

Wd = = 1.060 KN/m

Wp = 5.000 x 2.00 = 10.000 KN/m



3) 단면력 계산

Ra = (46.64x3.812 + 46.64x3.075 + 10.0x1.50x1.432 + 1.06x5.442x2.721) / 5.442 = 65.86 KN

Rb = (46.64x2 + 10.0x1.5 + 1.06x5.442) - 65.86 = 48.19 KN

M_{MAX} = 65.86 x 2.367 - 46.64 x 0.737 - 1.06 x 2.367 x 1.184 = 118.87 kN.m

S_{MAX} = 65.86 = 65.86 kN

4) 응력검토(신강재를 사용하며 장기사용등을 고려 허용응력 보정계수를 0.9 적용)

- 휨응력 ℓ / b = 17.843 (4.0 < $\ell / b \leq 30$)

fba = {190 - 3.91 ×(ℓ / b - 4.0)} ×1.25×0.9 = 152.86 Mpa

fb = M_{MAX} / Zx = 118.87 × 10^3 / 1440 = 82.549 Mpa

∴ fba > fb ∴ O.K !

- 전단응력

Va = 110 ×1.25 ×0.9 = 123.75 Mpa

V = S_{MAX} / Aw = 65.860 × 10 / 40.5 = 16.262 Mpa

∴ Va > V ∴ O.K !

4. 와이어로프 검토 (C.T.C = 2.000 m) 6×24 지름 25mm

시공중 일부분이 와이어로프에 의해 지지되는경우

- 와이어 하나가 부담하는 무게 (주형보 검토 참조) = 46.644 x 2.00= 93.288 KN

- 와이어 장력(T)

TcosΘ + TcosΘ = W_T ∴ T = W_T / 2 cos Θ

T = 93.288 / 2 cos 0 = 46.644 kN

- 안전율

안전율 = 와이어로프 파단하중 × 단말고정효율 × 증가계수 / 작용하중

= 292.000 × 0.8 × 1.5 / 46.644

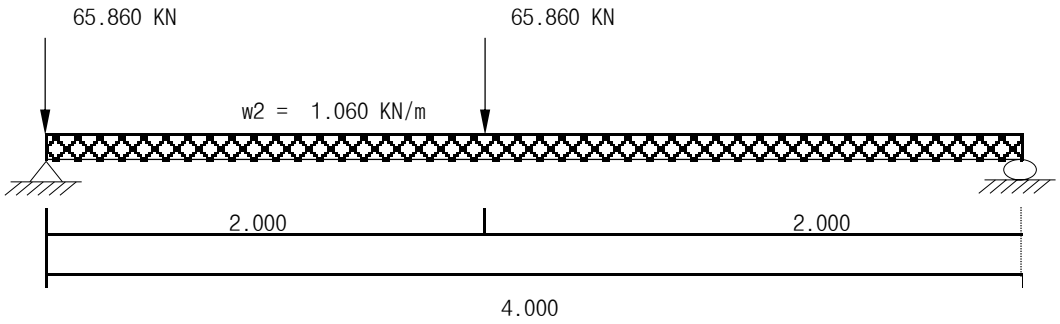
= 7.5 ≥ 5 … OK (기준안전율 : 5 [줄걸이용 와이어로프의 사용에 관한 기술지침])

5. 받침지지보 검토(SM490)

o 강재 제원 : H-300X305X15X15	A = 134.8 cm^2	Aw = 40.50 cm^2	I = 21500 cm^4
	Zx = 1440 cm^3	W = 1.060 kN/m	E = 210000000 kN/m^2
o 검토지간거리 ℓ = 4.000 m		ℓ / b= 13.115	

① 작용하중

- 집중하중 P = S_{MAX} = 65.860 kN
- 받침지지보의 자중 W = 1.060 kN/m



② 단면력 계산

$$Rb = \frac{(65.86\times 1ea) + (1.06\times 4)}{2.00} = 35.050\ KN$$

Ra = 100.910 KN

Mc = 70.1 kN.m

Sa = 100.910 kN

③ 응력검토

☞ 신강재를 사용하며 강재의 장기사용 등을 고려하여 허용응력에 보정계수 0.9 적용

- 휨응력

ℓ / b = 13.333 (4.5 < ℓ / b ≤ 30)

fba = {190 - 3.91 ×(ℓ / b - 4.0)} ×1.25×0.9 = 172.695 Mpa

fb = M_{MAX} / Zx = 48.68 48.681 Mpa

∴ fba > fb ∴ O.K !

- 전단응력

Va = 110 ×1.25×0.9 = 123.75 Mpa

V = S_{MAX} / Aw'= 100.910 × 10 / 40.5 = 24.916 Mpa

∴ Va > V ∴ O.K !

6. 피스브라켓 검토

o 브라켓 제원	: H-300X305X15X15	
o 받침지지보 최대반력 P_{MAX}	100.910	kN
o 사용볼트	: M 22 (F10T)	
o 볼트의 허용전단응력	: Va = 15 × π × 2.22 / 4 =	57 kN

① 소요볼트 갯수

N = P / Va = 100.910 / 57 = 1.8 EA

N = 8 EA ☞☞☞ 사용볼트갯수

② 피스브라켓 길이

H = (3 ×a) + (2 ×b) = 400 mm

a : 볼트 중심간 거리 = 80 mm USE

b : 볼트 중심에서 연단까지거리 = 80 mm USE

7. 중앙파일 검토(SM490)

o 강재 제원 : H-300X305X15X15 :		A = 134.80 cm^2	Zx = 1440 cm^3		W = 1.060 kN/m
o 최대좌굴 길이 :	강축방향	5.265 m	Rx = 12.600 cm	ℓ/Rx =	41.786
	약축방향	5.265 m	Ry = 7.260 cm	ℓ/Ry =	72.521
o H-PILE 길이 :	24.500 m	(TYPE-21)			
o H-PILE 간격 :	종방향 =	4.000 m			

① 최대축력 검토

1) 피스브라켓 자중 = 1.06kN/m × 0.5m × 4개 = 2.120 kN

2) ㄷ-channel 자중 = 0.545kN/m × 3.8m × 8단 = 16.568 kN

3) 중간파일 자중 = 1.06 × 24.50 = 25.970 kN

4) 상수관 최대축방향력 = 201.820 kN

∑ p= 246.48 kN

② 응력 검토

- 압축응력

. 강축방향 허용응력 ℓ/Rx = 41.786 (16 < ℓ/Rx ≤ 80.1)

fca1 = {190 - 1.29 ×(ℓ/Rx - 16)} ×1.25×0.9 = 182.133 Mpa

. 약축방향 허용응력 ℓ/Ry = 72.521 (16 < ℓ/Ry ≤ 80.1)

fca2 = {190 - 1.29 ×(ℓ/Ry - 20)} ×1.25×0.9 = 137.529 Mpa

fc = P / A = 18.285 Mpa

∴ fca1,fca2 > fc ∴ O.K !

③ 지지력 검토

최대축방향력, P_{max} = 246.48 kN

안전율 , Fs = 2.0

극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.7 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

= 140 x $1019.7^{1/2}$ x $0.0135^{2/5}$ x $0.078^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

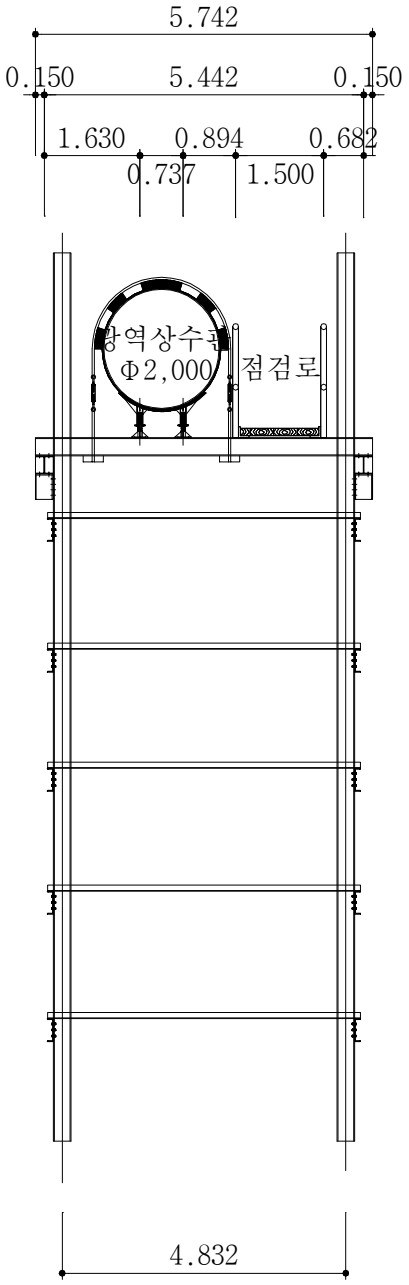
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

3-3.2 A.상수관매달기

(지간 4.5m)

A.광역상수관 매달기 (대표 TYPE - 21)

1. 검토단면



2. 구조검토 요약

▶ 강재검토 (Mpa)

부재 / 응력	받침보		받침지지보		중앙파일			
	휨	전단	휨	전단	강축	약축		
허용응력	152.86	108.000	165.364	108.000	182.133	137.529		
발생응력	82.549	16.262	101.164	28.634	20.519	20.519		

▶ 피스브라켓 검토

- 볼트종류 : M 22 (F10T)
- 볼트갯수 : 8 EA
- 피스브라켓 길이 : 400 mm

3 받침보 검토(SM490)

o강재 제원 : H-300X305X15X15	A = 134.8 cm^2	Aw = 40.50 cm^2	I = 21500 cm^4
	Zx = 1440 cm^3	W = 1.060 kN/m	E = 210000000 kN/m^2
o검토지간거리 L = 5.442 m	ℓ / b= 17.843	C.T.C = 2.00 m	

1) 하중계산(1m 당)

수로관+물 중량 : (상수관이설 참조)	260.4KN / 6.7m =	38.87	KN/m
기타 추가하중 (자중의 20 % 적용) :		7.77	KN/m
	∑ W =	46.64	KN/m

- 받침보보 자중 : Wd = 1.06 = 1.060 KN/m
- 점검로 하중:(5 KN/M2) Wp = 5.000 KN/m2

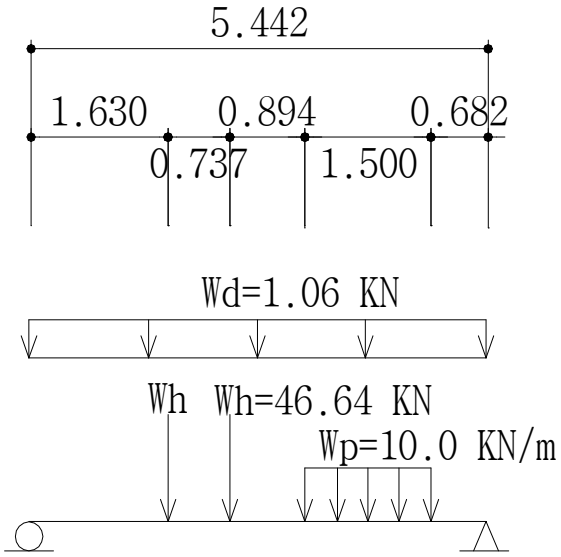
2) 받침보에 작용하는 하중

받침보 C.T.C 2.0 m

Wh = 46.64 / 2ea x 2.00m = 46.64 KN

Wd = = 1.060 KN/m

Wp = 5.000 x 2.00 = 10.000 KN/m



3) 단면력 계산

Ra = (46.64x3.812 + 46.64x3.075 + 10.0x1.50x1.432 + 1.06x5.442x2.721) / 5.442 = 65.86 KN

Rb = (46.64x2 + 10.0x1.5 + 1.06x5.442) - 65.86 = 48.19 KN

M_{MAX} = 65.86 x 2.367 - 46.64 x 0.737 - 1.06 x 2.367 x 1.184 = 118.87 kN.m

S_{MAX} = 65.86 = 65.86 kN

4) 응력검토(신강재를 사용하며 장기사용등을 고려 허용응력 보정계수를 0.9 적용)

- 휨응력 ℓ / b = 17.843 ($4.0 < \ell / b \leq 30$)

fba = {190 - 3.91 ×(ℓ / b - 4.0)} ×1.25×0.9 = 152.86 Mpa

fb = M_{MAX} / Zx = 118.87 × 10^3 / 1440 = 82.549 Mpa

∴ fba > fb ∴ O.K !

- 전단응력

Va = 110 ×1.25 ×0.9 = 123.75 Mpa

V = S_{MAX} / Aw = 65.860 × 10 / 40.5 = 16.262 Mpa

∴ Va > V ∴ O.K !

4. 와이어로프 검토 (C.T.C = 2.000 m) 6×24 지름 25mm

시공중 일부분이 와이어로프에 의해 지지되는경우

- 와이어 하나가 부담하는 무게 (주형보 검토 참조) = 46.644 x 2.00= 93.288 KN
- 와이어 장력(T)

$T\cos\Theta + T\cos\Theta = W_T$ $\therefore T = W_T / 2\cos\Theta$

T = 93.288 / 2 cos 0 = 46.644 kN

- 안전율

안전율 = 와이어로프 파단하중 × 단말고정효율 × 증가계수 / 작용하중

= 292.000 × 0.8 × 1.5 / 46.644

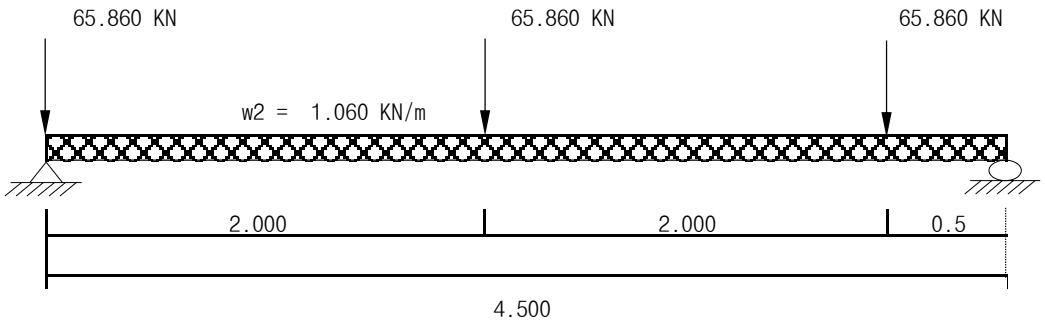
= 7.5 ≥ 5 … OK (기준안전율 : 5 [줄걸이용 와이어로프의 사용에 관한 기술지침])

5. 받침지지보 검토(SM490)

o 강재 제원 : H-300X305X15X15	A = 134.8 cm^2	Aw = 40.50 cm^2	I = 21500 cm^4
	Zx = 1440 cm^3	W = 1.060 kN/m	E = 210000000 kN/m^2
o 검토지간거리 ℓ = 4.500 m		ℓ / b= 14.754	

① 작용하중

- 집중하중 P = S_{MAX} = 65.860 kN
- 받침지지보의 자중 W = 1.060 kN/m



② 단면력 계산

Rb+Ra = 65.860 X 3EA + (1.06×4.5) = 202.350 KN

$$Rb = \frac{(202.35x4.50)-\{(65.86\times0.50)+(65.86\times2.50)+(65.86\times4.50)+(1.06\times4.5\times4.5/2)\}}{(4.50-1)} = 115.969\ KN$$

Ra = 86.381 KN

Mc = 145.676 kN.m

Sa = 115.969 kN

③ 응력검토

☞ 신강재를 사용하며 강재의 장기사용 등을 고려하여 허용응력에 보정계수 0.9 적용

- 휨응력

$\ell / b =$ 15.000 $(4.5 < \ell / b \leq 30)$

$fba = \{190 - 3.91 \times (\ell / b - 4.0)\} \times 1.25 \times 0.9 =$ 165.364 Mpa

$fb = M_{MAX} / Zx =$ 101.16 101.164 Mpa

$\therefore$ fba > fb **∴ O.K !**

- 전단응력

$Va = 110 \times 1.25 \times 0.9 =$ 123.75 Mpa

$V = S_{MAX} / Aw' =$ 115.969 × 10 / 40.5 = 28.634 Mpa

$\therefore$ Va > V **∴ O.K !**

6. 피스브라켓 검토

o 브라켓 제원	: H-300X305X15X15	
o 받침지지보 최대반력 P_{MAX}	115.969 kN	
o 사용볼트	: M 22 (F10T)	
o 볼트의 허용전단응력	: Va = 15 × π × 2.22 / 4 =	57 kN

① 소요볼트 갯수

N = P / Va = 115.969 / 57 = 2.0 EA

N = 8 EA ☞☞☞ 사용볼트갯수

② 피스브라켓 길이

H = (3 ×a) + (2 ×b) = 400 mm

a : 볼트 중심간 거리 = 80 mm USE

b : 볼트 중심에서 연단까지거리 = 80 mm USE

7. 중앙파일 검토(SM490)

o 강재 제원 : H-300X305X15X15 :	A = 134.80 cm^2	Zx = 1440 cm^3	W = 1.060 kN/m	
o 최대좌굴 길이 :	강축방향	5.265 m	Rx = 12.600 cm	ℓ /Rx = 41.786
	약축방향	5.265 m	Ry = 7.260 cm	ℓ /Ry = 72.521
o H-PILE 길이 :	24.500 m	(TYPE-21)		
o H-PILE 간격 :	종방향 =	4.500 m		

① 최대축력 검토

1) 피스브라켓 자중 = 1.06kN/m × 0.5m × 4개 = 2.120 kN

2) ㄷ-channel 자중 = 0.545kN/m × 3.8m × 8단 = 16.568 kN

3) 중간파일 자중 = 1.06 × 24.50 = 25.970 kN

4) 상수관 최대축방향력 = 231.939 kN

$\sum$ p= 276.60 kN

② 응력 검토

- 압축응력

. 강축방향 허용응력 ℓ/Rx = 41.786 (16 < ℓ/Rx ≤ 80.1)

fca1 = {190 - 1.29 ×(ℓ/Rx - 16)} ×1.25×0.9 = 182.133 Mpa

. 약축방향 허용응력 ℓ/Ry = 72.521 (16 < ℓ/Ry ≤ 80.1)

fca2 = {190 - 1.29 ×(ℓ/Ry - 20)} ×1.25×0.9 = 137.529 Mpa

fc = P / A = 20.519 Mpa

∴ fca1, fca2 > fc **∴ O.K !**

③ 지지력 검토

최대축방향력, P_{max} = 276.60 kN

안전율 , Fs = 2.0

극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.7 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

= 140 x $1019.7^{1/2}$ x $0.0135^{2/5}$ x $0.078^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

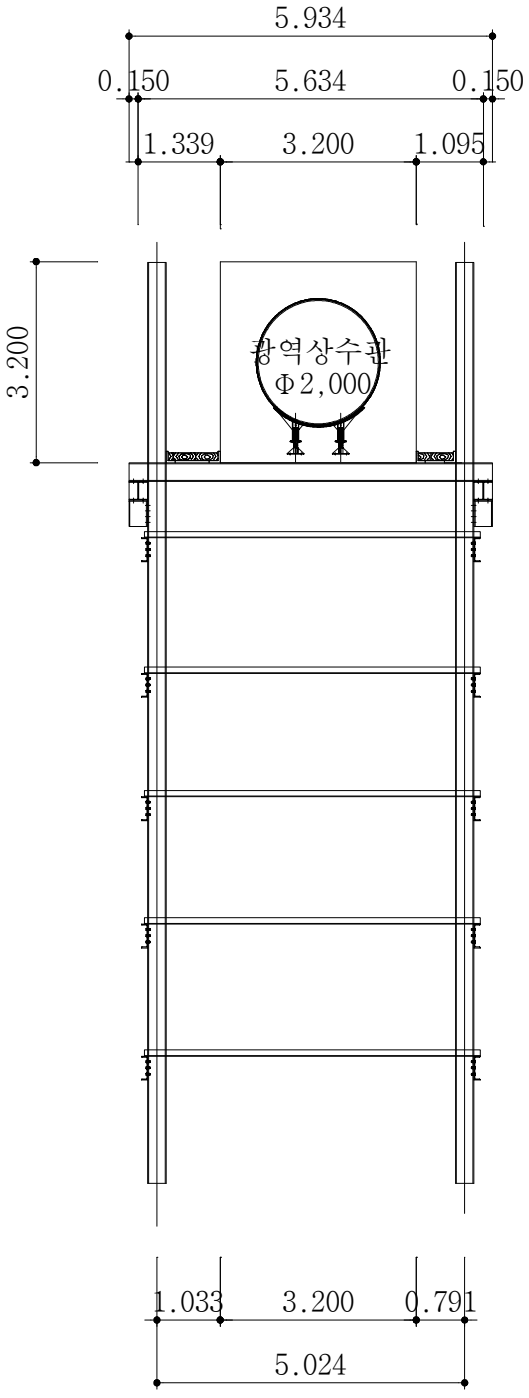
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

3-3.3 B.상수관매달기

(곡관보호공)

B.광역상수관(곡관보호) 매달기

1. 검토단면



2. 구조검토 요약

▶ 강재검토 (Mpa)

부재 / 응력	받침보		받침지지보		중앙파일			
	휨	전단	휨	전단	강축	약축		
허용응력	160.538	108.000	202.501	108.000	213.934	202.796		
발생응력	58.573	28.459	36.260	39.725	26.664	26.664		

▶ 피스브라켓 검토

- 볼트종류 : M 22 (F10T)
- 볼트갯수 : 8 EA
- 피스브라켓 길이 : 400 mm

3 받침보 검토(SM490)

o 강재 제원 : H-350X350X12X19	A = 173.9 cm^2	Aw = 37.44 cm^2	I = 40300 cm^4
	Zx = 2300 cm^3	W = 1.370 kN/m	E = 210000000 kN/m^2
o 검토지간거리 L = 5.634 m	ℓ / b= 16.097	C.T.C = 1.00 m	

1) 하중계산(1m 당)

수로관+물 중량 : (상수관이설 참조)	314.7KN / 8.1m =	38.85	KN/m
콘크리트 중량 : (상수관이설 참조)	1071KN / 8.1m =	132.22	KN/m
벨브 : (상수관이설 참조)	=	7.00	KN/m
기타 추가하중(수로관+물의 중량의 20 % 적용) :		7.77	KN/m
	∑ W =	185.84	KN/m

- 받침보 자중 : Wd = 1.370 KN/m
- 점검로 하중:(5 KN/M2) Wp = 5.000 KN/m2

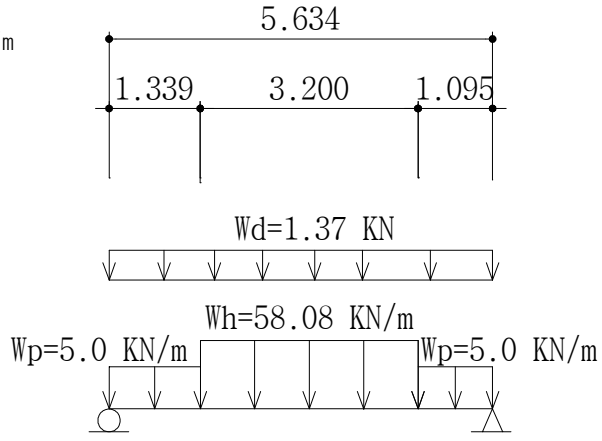
2) 받침보에 작용하는 하중

받침보 C.T.C 1.0 m

Wh = 185.84 x 1.00m / 3.2m = 58.08 KN/m

Wd = 1.37 KN/m

Wp = 5.000 x 1.00 = 5.00 KN/m



3) 단면력 계산

Ra = -(5x1.339x0.6695+58.08x3.2x2.939+5x1.095x5.0865+1.37x5.634x2.817-205.745x5.634) / 5.634 = 99.19 KN

Rb = 205.745 - 99.19 106.55 KN

최대모멘트위치 x = 99.19x5.634 / (106.55+99.19) = 2.72 m

M_{MAX} = 99.19 x 2.72 / 2 = 134.72 kN.m

S_{MAX} = 106.55 kN

4) 응력검토(신강재를 사용하며 장기사용 등을 고려 허용응력 보정계수를 0.9 적용)

- 휨응력 ℓ / b = 16.097 (4.0 < ℓ / b ≤ 30)

fba = {190 - 3.91×(ℓ / b - 4.0)} ×1.25×0.9 = 160.538 Mpa

fb = M_{MAX} / Zx = 134.717514962882 × 10^3 / 2300 58.573 Mpa

∴ fba > fb ∴ **O.K !**

- 전단응력

Va = 110 ×1.25 ×0.9 = 123.75 Mpa

V = S_{MAX} / Aw = 106.550 × 10 / 37.44 = 28.459 Mpa

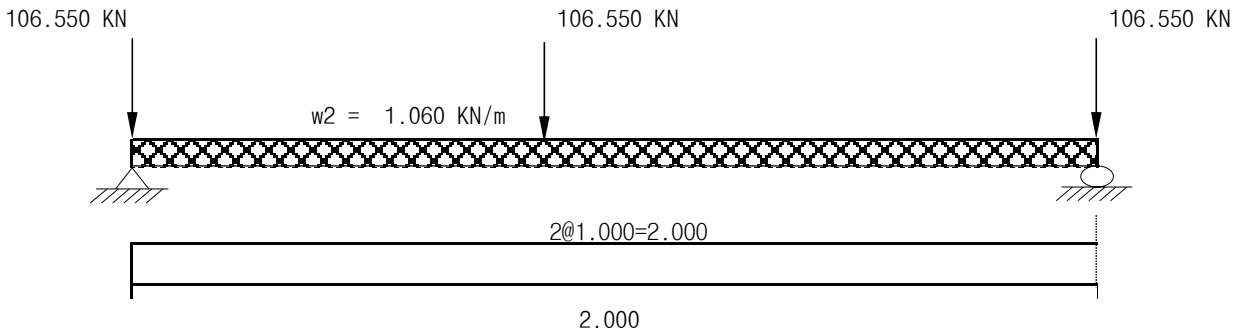
∴ Va > V ∴ **O.K !**

4. 받침지지보 검토(SM490)

o 강재 제원 : H-300X305X15X15	A = 134.8 cm^2	Aw = 40.50 cm^2	I = 21500 cm^4
	Zx = 1440 cm^3	W = 1.060 kN/m	E = 210000000 kN/m^2
o 검토지간거리 ℓ =	2.000 m	ℓ / b= 6.557	

① 작용하중

- 집중하중 P = S_{MAX} = 106.550 kN
- 받침지지보의 자중 W = 1.060 kN/m



② 단면력 계산

$$Ra = Rb = \frac{(106.55\times 3ea) + (1.06\times 2)}{2.00} = 160.885\ KN$$

Mc = 52.215 kN.m

Sa = 160.885 kN

③ 응력검토

☞ 신강재를 사용하며 장기사용 등을 고려하여 허용응력에 보정계수 0.9 적용

- 휨응력

ℓ / b = 6.557 ($4.6 < \ell / b \leq 30$)

fba = {190 - 3.91 ×(ℓ / b - 4.0)} ×1.25×0.9 = 202.501 Mpa

fb = M_{MAX} / Zx = 36.26 36.260 Mpa

∴ fba > fb ∴ **O.K !**

- 전단응력

Va = 110 ×1.25×0.9 = 123.75 Mpa

V = S_{MAX} / Aw' = 160.885 × 10 / 40.5 = 39.725 Mpa

∴ Va > V ∴ **O.K !**

5. 피스브라켓 검토

o 브라켓 제원	: H-300X305X15X15		
o 받침지지보 최대반력 P_{MAX}	160.885 kN		
o 사용볼트	: M 22 (F10T)		
o 볼트의 허용전단응력	: Va = 15 × π × 2.22 / 4 =	57	kN

① 소요볼트 갯수

N = P / Va = 160.885 / 57 = 2.8 EA

N = 8 EA ☞☞☞ 사용볼트갯수

② 피스브라켓 길이

H = (3 ×a) + (2 ×b) = 400 mm

a : 볼트 중심간 거리 = 80 mm USE

b : 볼트 중심에서 연단까지거리 = 80 mm USE

6. 중앙파일 검토(SM490)

o 강재 제원 : H-300X305X15X15 :	A = 134.80 cm^2	Zx = 1440 cm^3	W = 1.060 kN/m	
o 최대좌굴 길이 : 강축방향	2.000 m	Rx = 12.600 cm	ℓ /Rx =	15.873
약축방향	2.000 m	Ry = 7.260 cm	ℓ /Ry =	27.548
o H-PILE 길이 :	14.70 m			
o H-PILE 간격 : 종방향 =	2.000 m			

① 최대축력 검토

1) 피스브라켓 자중 = 1.06kN/m × 0.5m × 4개 =	2.120	kN
2) ㄷ-channel 자중 = 0.545kN/m × 3.8m × 5단 =	16.568	kN
3) 중간파일 자중 = 1.06 × 17.90=	18.974	kN
4) 상수관 최대축방향력 =	321.770	kN
∑ p=	359.432	kN

② 응력 검토

- 압축응력

. 강축방향 허용응력 ℓ/Rx = 15.873 (16 < ℓ/Rx ≤ 80.1)

fca1 = {190 - 1.29 ×(ℓ/Rx - 16)} ×1.25×0.9 = 213.934 Mpa

. 약축방향 허용응력 ℓ/Ry = 27.548 (16 < ℓ/Ry ≤ 80.1)

fca2 = {190 - 1.29 ×(ℓ/Ry - 16)} ×1.25 ×0.9 = 202.796 Mpa

fc = P / A = 26.664 Mpa

∴ fca1, fca2 > fc ∴ O.K !

③ 지지력 검토

최대축방향력, P_{max} = 359.43 kN

안전율 , Fs = 2.0

극한지지력 , $Q_u = 140 \cdot q_u^{(1/2)} \cdot A_t^{(2/5)} \cdot A_i^{(1/3)}$

여기서, q_u(암석의 일축압축강도) = 1019.7 $tonf/m^2$

A_t(말뚝선단부 순단면적) = 0.01350 m^2

A_i(말뚝선단부 선단 심부면적) = 0.07800 m^2

= 140 x $1019.7^{1/2}$ $0.01350^{2/5}$ $0.07800^{1/3}$

= 341.350 tonf

= 3347.50 kN

▶ 허용지지력 Q_{ua} = 3347.50 / 2.0

= 1673.748 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

제4장 수리계산서

4.1 집수정 용량 계산서

4.2 초기우수처리시설 용량 계산서

4.1 집수정 용량 계산서

서울 제물포터널 시점부 집수정 용량 설계

1) 집수면적 A

- 지하차도 폭(B) : 8.10 M
- 지하차도 연장 : 150.00 M

U-TYPE 구간 : 인천방향 = 150.0 M , 여의도방향 = M

BOX 구간 : 0.00 M

- 접속도로 유입구간 : 지하차도 쪽으로 하향종구배를 가지는 부분만 고려.

인천 = 20.0 M , 여의도 = M

I) 시점부 집수면적 (A_1)

A_1 = 8.10 x (150.0 + 20.0) = 1377.00 M^2

II) 종점부 집수면적 (A_2)

A_2 = 8.10 x (+) = 0.00 M^2

III) 전체 집수면적 (A)

$A = A_1 + A_2$ = 1377.00 + 0.00 = 1377.00 M^2

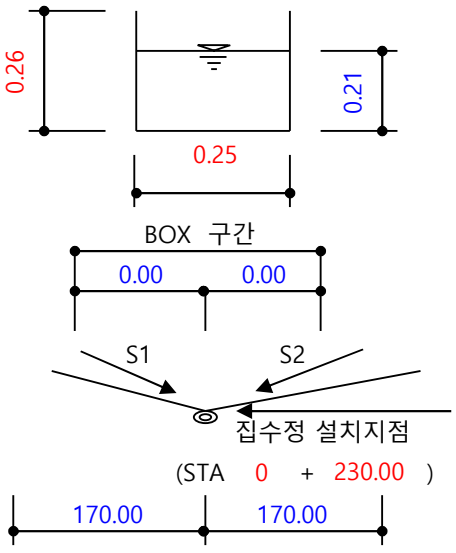
2) 강우도달시간

i) 유입 시간 (t_1) <kerby 공식> 도로설계요령 제2권 토공 및 배수 p.517

$$t_1 = 2.18 \left(\frac{L \times N}{S^{0.5}} \right)^{0.467}$$

$$= 2.18 \left(\frac{8.10 \times 0.02}{0.02^{0.5}} \right)^{0.467} = 2.32 \text{ 분}$$

ii) 유하 시간 (t_2)



- 측구 규격 : 0.26 x 0.25 M
- 측구내 수위 : 높이의 80% 적용 0.21 M

- 좌측평균 SLOPE : 1.100 %, L = 0.00 M
  1.100 %, L = 40.00 M
  5.990 %, L = 130.00 M
  5.990 %, L = 0.00 M

- 우측평균 SLOPE : 1.100 %, L = 0.00 M
  1.100 %, L = 40.00 M
  5.990 %, L = 130.00 M
  5.990 %, L = 0.00 M

유하시간 $t_2 = \frac{L}{\alpha \times V}$, $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$ n = 0.011 (콘크리트 개거수로의 조도계수 0.011~0.020)

α = 1.25 (보정계수, 이상 하수도시설기준 2011)

$$\text{좌측 } t_2 = \frac{0.015 \times 0.0}{1.25 \times \left(\frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25}\right)^{2/3} \times 0.011^{1/2}} + \frac{0.015 \times 40.0}{1.25 \times \left(\frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25}\right)^{2/3} \times 0.011^{1/2}} + \frac{0.015 \times 130.0}{1.25 \times \left(\frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25}\right)^{2/3} \times 0.060^{1/2}} + \frac{0.015 \times 0.0}{1.25 \times \left(\frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25}\right)^{2/3} \times 0.060^{1/2}} = 1.00 \text{ 분}$$

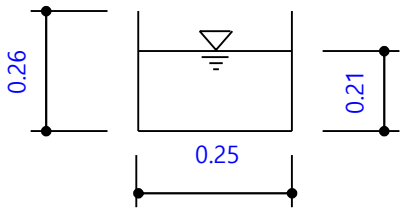
$$\text{우측 } t_2 = \frac{0.015 \times 0.0}{1.25 \times \left(\frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25}\right)^{2/3} \times 0.011^{1/2}} + \frac{0.015 \times 40.0}{1.25 \times \left(\frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25}\right)^{2/3} \times 0.011^{1/2}} + \frac{0.015 \times 130.0}{1.25 \times \left(\frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25}\right)^{2/3} \times 0.060^{1/2}} + \frac{0.015 \times 0.0}{1.25 \times \left(\frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25}\right)^{2/3} \times 0.060^{1/2}} = 1.00 \text{ 분}$$

iii) 도달시간 : $t = t_1 + t_2$

구 분	좌 측	우 측	비 고
t_1	2.32	2.32	유입시간
t_2	1.00	1.00	유하시간
계 (t)	3.32	3.32	

3) U형 측구 설계

i) 단면 가정



- 측구 규격 : 0.26 x 0.25 M
- 측구내 수위 : 높이의 80% 적용 · 0.21 M

ii) 강우강도 (서울특별시 50년 빈도 강우강도식 적용)

$$\text{좌측 } I_1 = \frac{660}{t^{0.5} + 0.05} = \frac{660}{3.320^{0.5} + 0.05} = 352.55 \text{ mm/hr}$$

$$\text{우측 } I_1 = \frac{660}{t^{0.5} + 0.05} = \frac{660}{3.320^{0.5} + 0.05} = 352.55 \text{ mm/hr}$$

iii) 유입량 산출 (합리식)

좌측 $Q_1 = \frac{1}{3.6} C \; I \; A = \frac{1}{3.6} \times 0.85 \times 352.55 \times 0.0013770 = 0.115 \; m^3/sec$

우측 $Q_1 = \frac{1}{3.6} C \; I \; A = \frac{1}{3.6} \times 0.85 \times 352.55 \times 0.0000000 = 0.000 \; m^3/sec$

C : 강우에 대해 배수유역의 특성에 따라 결정되는 유출계수

I : 설계강우강도 (㎜/hr)

A : 유역면적 (km^2)

iv) 설계 유속 결정

유속 $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$

경심 $R = \frac{A\ (단면적)}{P\ (윤변)} = \frac{0.25 \times 0.21}{0.21 \times 2 + 0.25} = \frac{0.052}{0.666} = 0.078$

좌측 $V_1 = \frac{1}{0.011} \times 0.078^{2/3} \times \{ 0.011^{1/2} \times 40.00$

$+ 0.060^{1/2} \times 130.00 + 0.060^{1/2} \times 0.00 \; \} / \; 170.00$

$= 3.518$ m/sec

우측 $V_1 = \frac{1}{0.011} \times 0.078^{2/3} \times \{ 0.011^{1/2} \times 0.00$

$+ 0.011^{1/2} \times 40.00 + 0.060^{1/2} \times 130.00 \; \} / \; 170.00$

$= 3.518$ m/sec

v) 설계 배수량 검토

배수량 $Q_2 = A \times V$

좌측 $Q_2 = 0.052 \times 3.518 \times 1$ ea $= 0.183 \; m^3/sec > Q_1 = 0.115 \; m^3/sec$ ..... **O.K**

우측 $Q_2 = 0.052 \times 3.518 \times 1$ ea $= 0.183 \; m^3/sec > Q_1 = 0.000 \; m^3/sec$ ..... **O.K**

5) 강우 분포

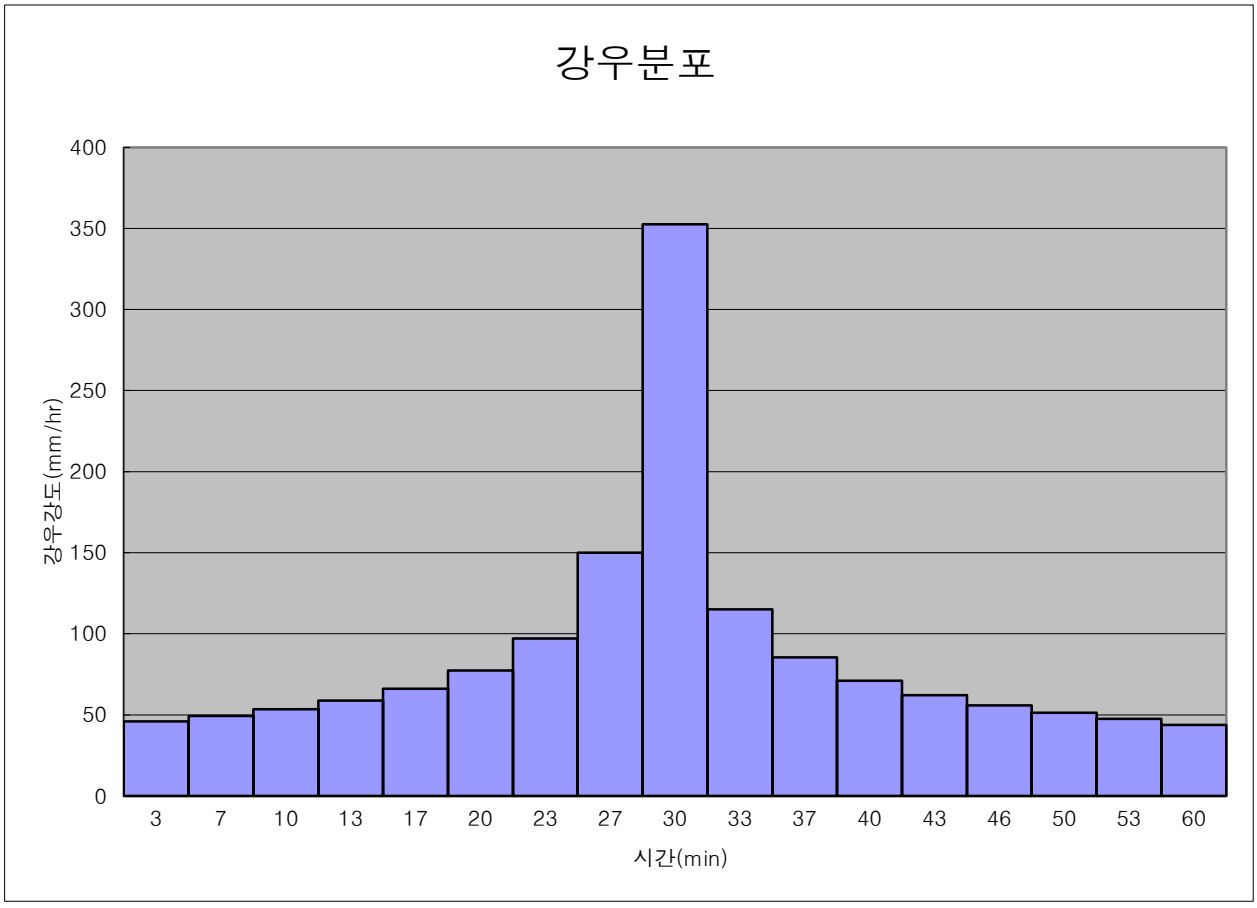
i) 적용공식 : 서울특별시 50년 빈도 강우강도식 적용.

$$I_{50} = \frac{660}{t^{0.5} + 0.05}$$

ii) 구간우량 : 3.32 분 적용

iii) 강우분포 : 중앙집중형 분포

t (분)	강 우 강 도	누가 강우량	구간 강우량	강 우 분 포	강 우 강 도
	I (mm/hr)	∑Ri (mm)	Ri (mm)	(mm)	I (mm/hr)
3.32	352.55	19.51	19.51	2.55	46.01
6.64	251.25	27.81	8.30	2.73	49.30
9.96	205.87	34.17	6.37	2.96	53.42
13.28	178.66	39.54	5.37	3.25	58.78
16.60	160.03	44.27	4.73	3.66	66.16
19.92	146.24	48.55	4.28	4.28	77.30
23.24	135.50	52.48	3.93	5.37	97.04
26.56	126.83	56.15	3.66	8.30	149.96
29.88	119.65	59.58	3.44	19.51	352.55
33.20	113.56	62.84	3.25	6.37	115.09
36.52	108.32	65.93	3.09	4.73	85.49
39.84	103.74	68.89	2.96	3.93	71.08
43.16	99.70	71.72	2.83	3.44	62.14
46.48	96.10	74.45	2.73	3.09	55.90
49.80	92.87	77.08	2.63	2.83	51.23
53.12	89.94	79.63	2.55	2.63	47.57
60.00	84.66	84.66	5.03	5.03	43.90

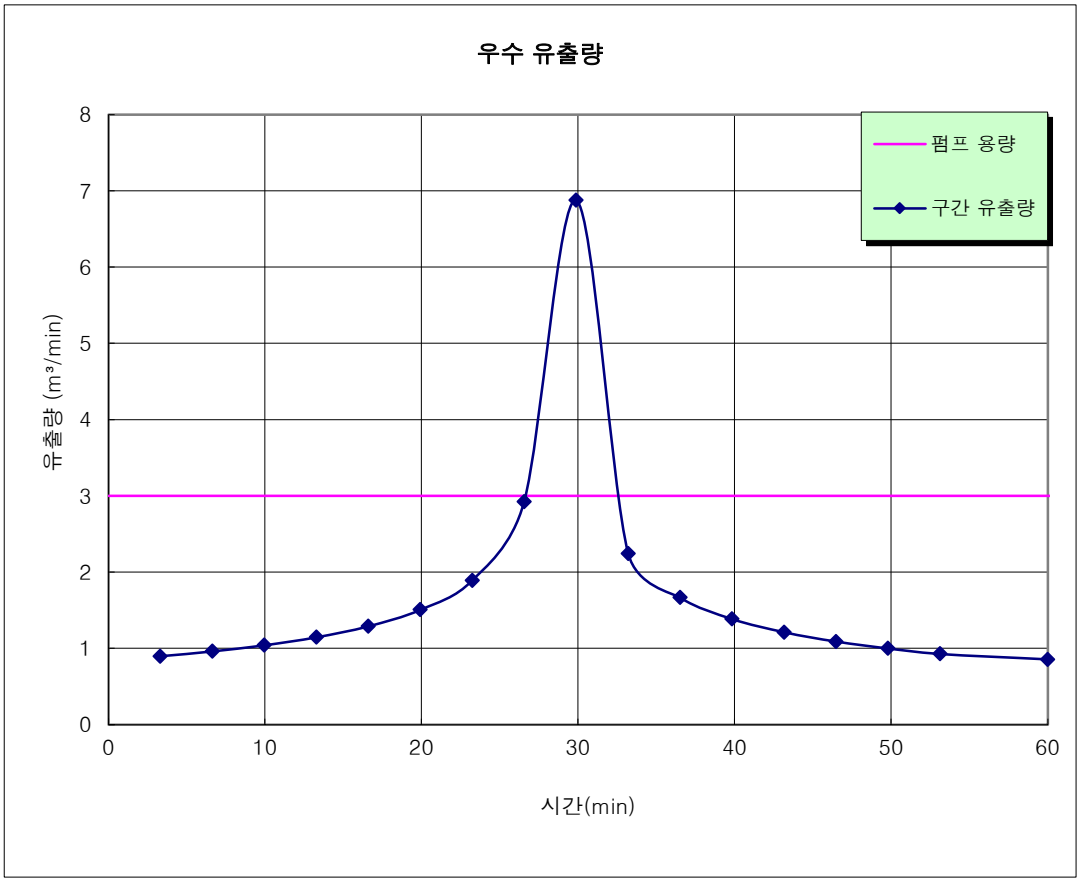


6) 우수 유출량

- $Q = \frac{1}{3.6} C \; I \; A = \frac{1}{3.6} \times 0.85 \times I \times 0.0013770$

- Qp = 0.115 m^3 / sec

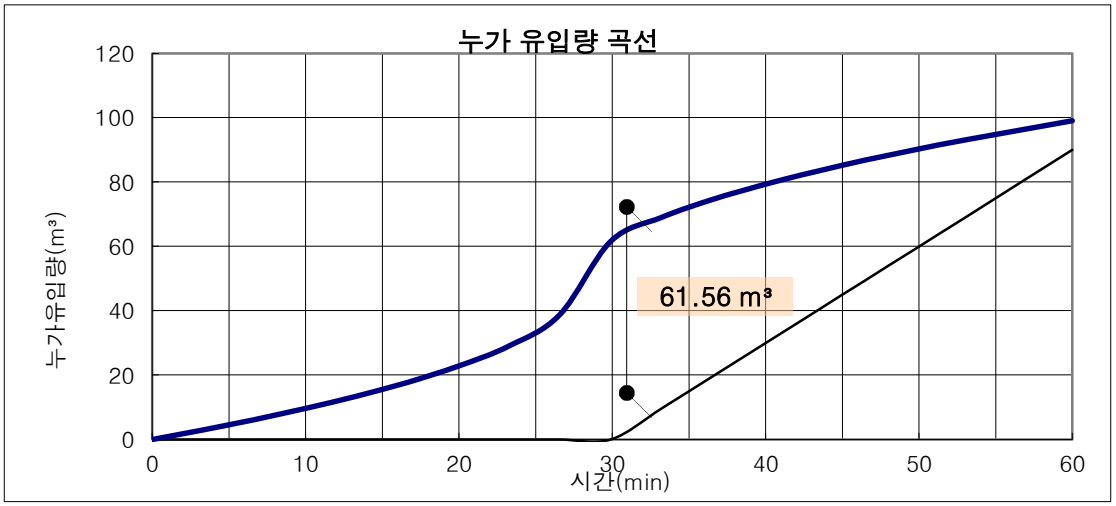
홍수추적시간 (분)	구간 유출량 (m^3/min)	누가 유출량 (m^3)	홍 수 량 (10^{-2} m^3/sec)	비 고
3.32	0.897	2.980	1.496	
6.64	0.962	6.172	1.603	
9.96	1.042	9.632	1.737	
13.28	1.147	13.438	1.911	
16.60	1.291	17.723	2.151	
19.92	1.508	22.730	2.513	
23.24	1.893	29.014	3.155	
26.56	2.925	38.726	4.876	
29.88	6.877	61.559	11.462	
33.20	2.245	69.013	3.742	
36.52	1.668	74.550	2.780	
39.84	1.387	79.154	2.311	
43.16	1.212	83.178	2.020	
46.48	1.091	86.799	1.818	
49.80	0.999	90.117	1.666	
53.12	0.928	93.198	1.547	
60.00	0.856	99.089	1.427	



7) 집수정 규격 및 펌프용량 결정(펌프가동은 30분이후부터 작동하는 것으로 가정)

펌프 용량 = 3.0 (M^3/min)× 1 ea = 3.0 (M^3/min)

지 속 시 간 (분)	누적 유입량 (m^3)	펌프 배수용량 (m^3)	누적펌핑시간 (분)	펌프누적배수량 (m^3)	집수정 크기 (m^3)
0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
3.32	2.980	9.960	0.000	0.000	2.980
6.64	6.172	19.920	0.000	0.000	6.172
9.96	9.632	29.880	0.000	0.000	9.632
13.28	13.438	39.840	0.000	0.000	13.438
16.60	17.723	49.800	0.000	0.000	17.723
19.92	22.730	59.760	0.000	0.000	22.730
23.24	29.014	69.720	0.000	0.000	29.014
26.56	38.726	79.680	0.000	0.000	38.726
29.88	61.559	89.640	0.000	0.000	61.559
33.20	69.013	99.600	3.200	9.600	59.413
36.52	74.550	109.560	6.520	19.560	54.990
39.84	79.154	119.520	9.840	29.520	49.634
43.16	83.178	129.480	13.160	39.480	43.698
46.48	86.799	139.440	16.480	49.440	37.359
49.80	90.117	149.400	19.800	59.400	30.717
53.12	93.198	159.360	23.120	69.360	23.838
60.00	99.089	180.000	30.000	90.000	9.089



i) 집수조 규격

집수조 크기는 향후 예측이 어려운 강우상황을 고려하여 1.2~1.5배 할증.

집수용량의 규모를 고려하여 할증은 1.3 배 적용.

필요 집수용량 = 61.56 M^3 × 1.3 = 80.03 M^3

□ 집수조

B = 15.9 M, H = 2.3 M(월류벽 높이), L = 2.5 M

유효집수조 용량 = 15.9 x 2.3 x 2.5 = 91.14 M^3 > 80.03 M^3 ..... **O.K**

ii) 침사조 규격 : 집수조 전용량의 20~30%

□ 침사조 (집수정 용량의 30%) 80.03 × 0.3 = 24.01 ㎥

H = 2.30m B = 11.9m L = 1.50m

Q = 2.300 × 11.9 × 1.500 = 41.06 M^3 > 24.01 M^3 ..... **O.K**

4.2 초기우수처리시설
용량 계산서

초기우수처리시설용량계산서

1. 초기우수처리시설의 용량계산

•장치형 초기우수처리시설의 용량은『비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 2014. 04, p15, 환경부』을 기준으로 산정되었으며, 그 내용은 다음과 같다.

가. 초기우수 유출량(시설용량) 산정

1) 수질처리유량 공식 『비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 2014. 04,환경부』

$$WQF = CI \times A \times 10^{-3}$$

WQF : 수질처리유량(㎥/h)

CI : 유출계수를 고려한 기준강우강도 2.5(mm/h)

A : 처리대상구역의 면적(㎡)

2) 배수면적

■ 적용배수면적

1. 비점오염방지시설의 규모 산정시 처리대상 면적은 주요 비점오염물질이 배출되는 토지이용면적을 대상으로 함
2. 녹지가 조성되어 있거나, 투수층이 조성되어 있어 비점오염물질이 다량 배출되는 것으로 볼수 없는 토지이용 면적 등은 비점오염방지시설의 규모 산정시 처리대상 면적에서 제외할 수 있음.
3. 비점오염 저감계획을 통하여 오염원이 강우에 노출되지 않고 강우가 유입되지 않도록 관리하여 별도의 비점오염방지시설의 설치가 필요치 않도록 관리계획을 수립 한 경우 해당하는 만큼 처리대상 면적에서 제외 할 수 있음.
4. 본 계획에서는『비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 2014. 04, p15, 환경부』에 제시된 기준을 바탕으로 우수관로 수리계산시 반영된 면적을 바탕으로 계획하였음.

■ 초기우수처리시설 용량 산정 결과

구 분	대상면적(㎡)	기준강우강도 (CI, mm/h)	수질처리유량 (Q, ㎥/h	시설용량 (Q, ㎥/h)	비 고 (TYPE)
시점부 인천방향	1,388	2.5	3.47	8.0	ECHO BIO
시점부 여의도방향	1,388		3.47	8.0	ECHO BIO
[합 계]	2,776	-	6.94	16	-

2. 초기우수처리시설(여과형 시설)의 제원 결정

•여과형 초기우수처리시설의 제원은『비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 2014. 04, 환경부』을 기준으로 산정되었으며, 그 내용은 다음과 같다.

가. 여과형 시설의 제원결정을 위한 검토항목

1) 수질처리유량(WQF)을 온전히 시설내로 유입시키고(용량검토), 유입된 강우유출수를 적정 효율로 처리할 수 있는지 검토(효율성 검토)를 위해 적정 여과선속도와 시설 체류시간을 산정하여 검토함.

- 『비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼, 2014. 04, 환경부』 기준
  - 여과조의 선속도는 20m/h이하
  - 시설 체류시간 5min 이상
  - 전처리조 규모는 설계유량을 기준으로 한 시설 유효체적의 25%이상

■ 여과형시설 제원 산정 및 검토

구 분		대상 면적 (㎡)	처리 유량 (㎥/h)	시설 용량 (㎥/h)	구조물 제원(m)		여과 면적 (㎡)	여과 속도 (m/hr)	유효 체적 (㎥)	체류 시간 (min)	전처리조 (%)	비고
					W×L×H	유효 수심						
1공구	시점부 인천방향	1,388	3.47	8.0	1.3×1.3×1.8	1.5	0.52	6.67	1.76	30.43	55.6	OK
	시점부 여의도방향	1,388	3.47	8.0	1.3×1.3×1.8	1.5	0.52	6.67	1.76	30.43	55.6	OK