관리번호

사본번호

서울제물포터널 민간투자사업 건설공사

구 조 계 산 서

R-D 가시설 변경

- 2구간 - 가시설분야 [3/4권]

2021. 04

서울터널주식회사

3. R-D 가시설 변경 구조계산서

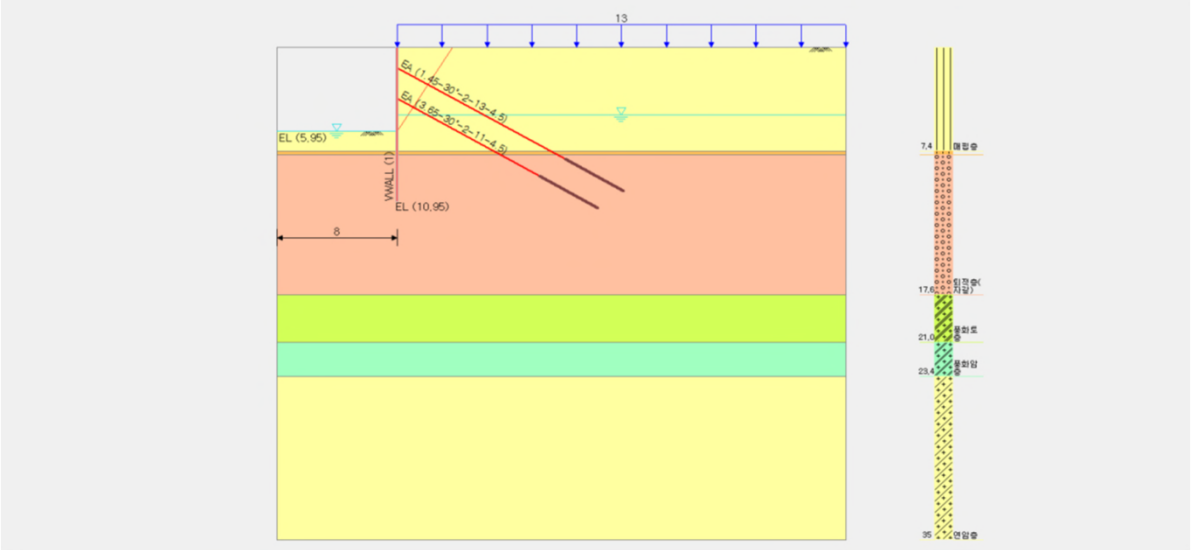
변 경

1. 램프D < 0+000 ~ 0+180(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
  5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
  5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
  6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 10.95m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면


13
EA (1.45-30°-2-13-4.5)
EA (3.65-30°-2-11-4.5)
EL (5.95)
WALL (1)
EL (10.95)
8
7.4
매립층
17.6
21.0
23.4
35
연암층

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	1.45	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	3.65	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	1.45	휨응력	26.008	177.660	O.K	
		전단응력	33.857	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	3.65	휨응력	36.845	177.660	O.K	
		전단응력	47.965	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) :SP-IIIA(SY295(SY30	0.00 ~ 10.95	휨응력	64.150	243.000	O.K	
		전단응력	9.437	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	2.00	158.1	매립층	18.00	26	200
			퇴적(모래)	18.00	28	180
			퇴적(자갈)	20.00	35	450
2단	2.00	238.5	퇴적(자갈)	20.00	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)
풍화암			400~1000

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : **12.7** mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : **183** kN
- 항 복 하 중 (Py) : **156** kN
- 단 면 적 : **98.71** ㎟
- 탄 성 계 수 : **2.0×10^5** MPa
- RELAXATION : **5%** (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = **118.95** kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = **124.80** kN/ea

적용 **118.95** kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 158.1 / 118.95 = **1.33** 가닥

적용 **4** 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 238.5 / 118.95 = **2.01** 가닥

적용 **4** 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력

Pw' : Pw − T (매립층 + 퇴적(모래))

S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

La1 : 매립층 정착길이 = 1.82 m

La2 : 퇴적(모래) 정착길이 = 0.51 m

La3 : 추가필요앵커정착부 마찰길이 m

1) 매립층

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La1}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 200 \times 1.82}{1.5} = 96.82 \text{ kN}$$

2) 퇴적(모래)

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La2}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 180 \times 0.51}{1.5} = 24.42 \text{ kN}$$

3) 퇴적(자갈)

$$La3 = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{36.8 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 450} = 0.308 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La)는 La1 + La2 + La3 = 1.82 + 0.51 + 0.31 = **2.638** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 158.1 ÷ 2 = 79.03 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m) = 0.09 m

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{79.03}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{14.0} \text{ cm} \leq \mathbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{238.5 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 450} = \mathbf{1.99}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 238.5 ÷ 2 = 119.26 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{119.2645}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{21.1}\ cm \leq \mathbf{30.00}\ cm$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. **자유장 계산**

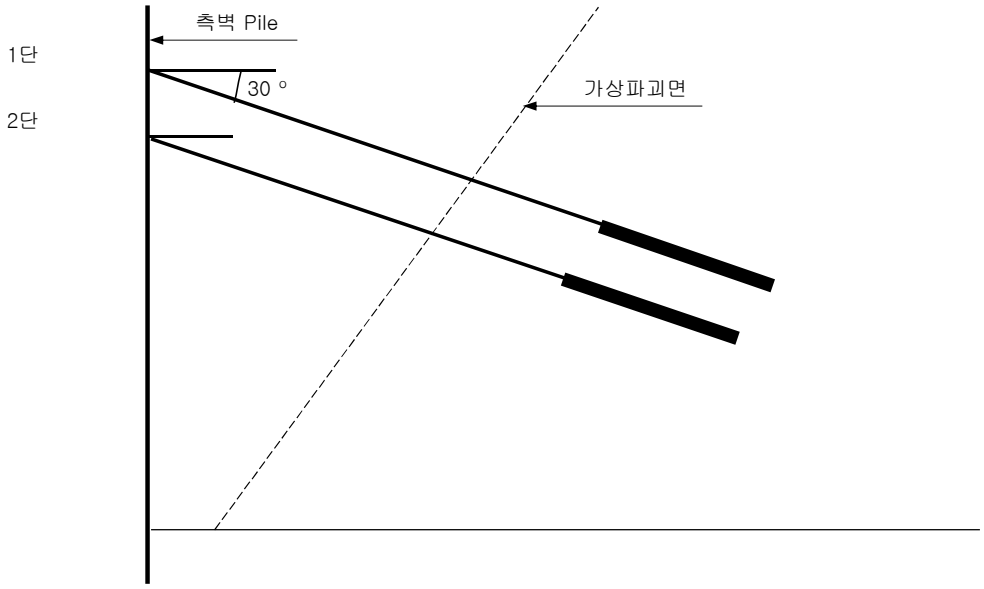
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	158.07 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	238.53 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta\ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta\ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수
E : 2.0×10^5 MPa
$\Delta\ell \leq 6.0$ mm
A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0\times10^5}{10.0 \times 1000} = \mathbf{47,381}\ N = \mathbf{47.38}\ kN$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (158.1 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{10.3\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 158.1 + 47.38 + 10.3 = \mathbf{215.7\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$
$= 0.65 \times 183 \times 4 = \mathbf{475.80}$ kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 215.7 kN < 475.8 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta\ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta\ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수
E : 2.0×10^5 MPa
$\Delta\ell \leq 6.0$ mm
A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0\times10^5}{10.0 \times 1000} = \mathbf{47,381}\ N = \mathbf{47.38}\ kN$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (238.5 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{14.3\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 238.529 + 47.38 + 14.3 = \mathbf{300.2\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$
$= 0.65 \times 183 \times 4 = \mathbf{475.80}$ kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 300.2 kN < 475.8 kN ∴ O.K

7. RESULT

위치	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	2.00	158.1	10.0	4.5	1.5	16.0	215.75
2단	2.00	238.5	10.0	4.5	1.5	16.0	300.21

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로, 앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을 득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

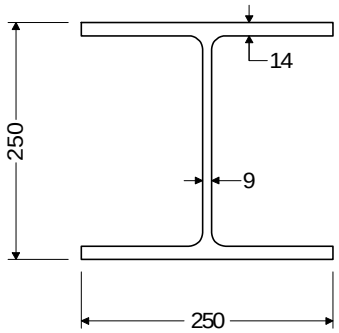
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

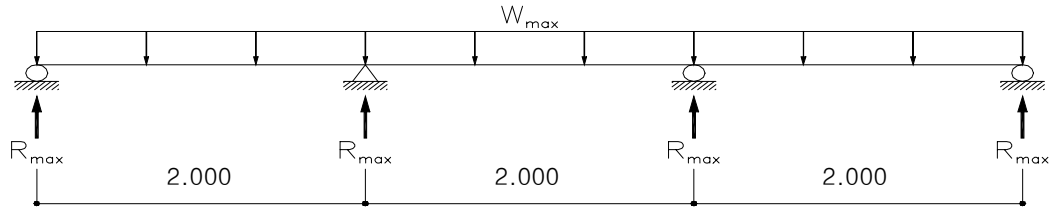
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



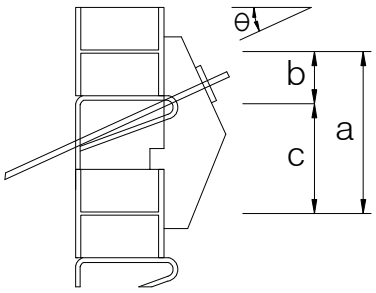
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 200.412 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 200.412 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 124.018$ kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 124.018 / (11 \times 2.000)$
$= 56.372$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 56.372 \times 2.000^2 / 10$
$= 22.549$ kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 56.372 \times 2.000 / 10$
$= 67.646$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.549 x 1000000 / 867000.0 = 26.008 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 67.646 x 1000 / 1998 = 33.857 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (26.008 + 26.008) / 26.008

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 26.008 MPa ---> O.K

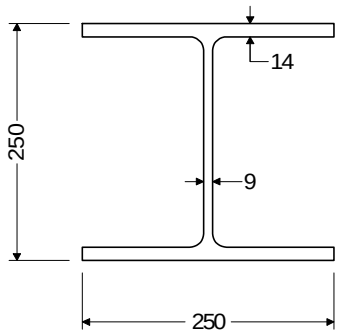
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 33.857 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

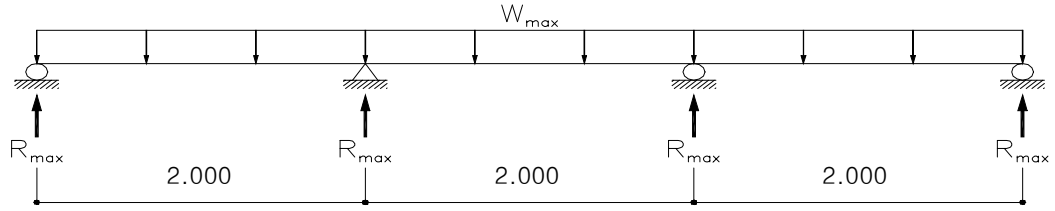
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



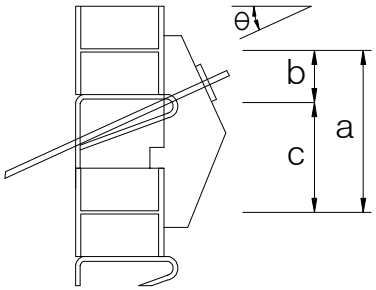
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 283.926 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 283.926 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 175.697 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 175.697 / (11 × 2.000)
= 79.862 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 79.862 × 2.000^2 / 10
= 31.945 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 79.862 × 2.000 / 10
= 95.835 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 31.945 x 1000000 / 867000.0 = 36.845 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 95.835 x 1000 / 1998 = 47.965 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (36.845 + 36.845) / 36.845$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250
= 8.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))
= 177.660 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 36.845 MPa ---> O.K

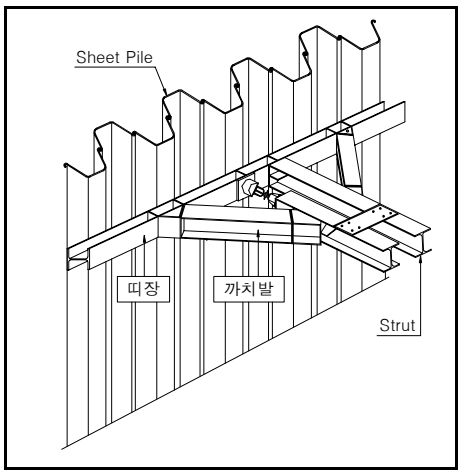
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 47.965 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 10.95m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIA
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	19100.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	9750.0
$I_x(mm^4)$	226000000.0
$Z_x(mm^3)$	1510000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 96.866 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 5.95 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 96.866 (kN·m/m) × 1.00 m = 96.866 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 92.010 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 5.95 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 92.010 (kN/m) × 1.00 m = 92.010 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{96.866 \times 10^{6}}{1510000.00} = 64.150 \text{ MPa}$$

$$f_b < f_{ba}' = 243 \text{ MPa} \quad ---> \text{O.K}$$

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{92.010 \times 10^{3}}{9750.00} = 9.437 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad ---> \text{O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 5.95 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	7.36	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	7.61	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	17.58	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	20.98	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	23.41	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIA	SY295(SY30)	10.95	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	1.45	2	30	13	150
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	3.65	2	30	11	200

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 5.95 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.95	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	4.15	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	5.95	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 1.95 m	1.95	25.12	2.8	-18.92	5.6	0.88	0.0	-46.87	3.7
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.95	21.90	1.5	-41.42	1.5	11.62	3.7	-17.97	1.5
CS3 : 굴착 4.15 m	4.15	28.50	5.6	-55.68	1.5	55.62	3.7	-24.34	8.1
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.15	29.36	3.7	-57.73	3.7	20.86	6.0	-18.83	1.5
CS5 : 굴착 5.95 m	5.95	62.27	7.6	-92.01	3.7	96.87	6.0	-34.89	9.0
TOTAL		62.27	7.6	-92.01	3.7	96.87	6.0	-46.87	3.7

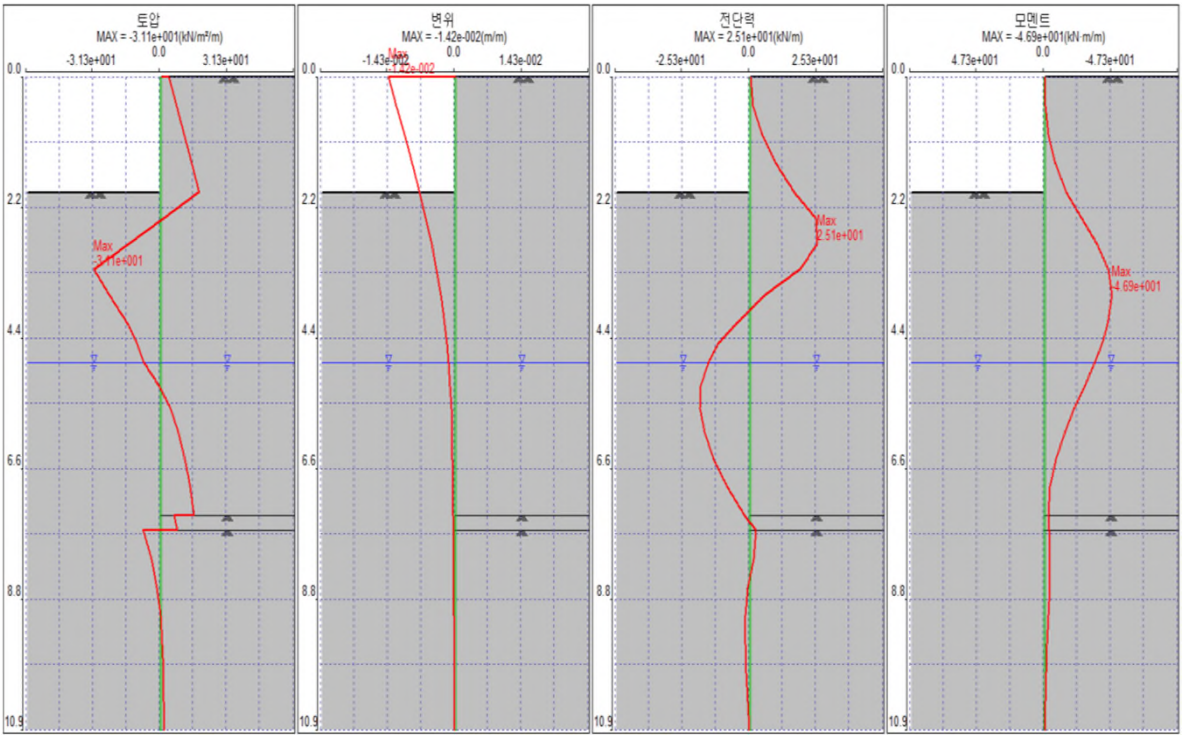
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

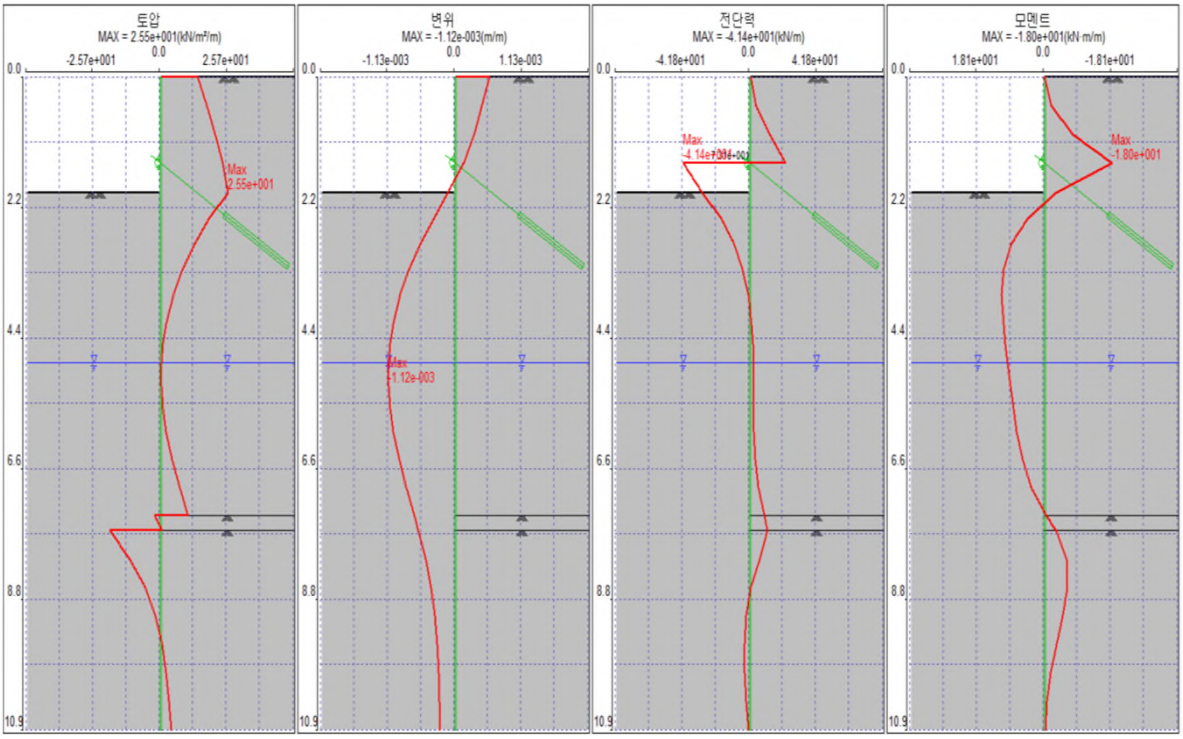
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		1.45 (m)	3.65 (m)			
CS1 : 굴착 1.95 m	1.95	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.95	73.12	-			
CS3 : 굴착 4.15 m	4.15	79.03	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.15	72.58	100.57			
CS5 : 굴착 5.95 m	5.95	75.81	119.27			
TOTAL		79.03	119.27			

8.2 시공단계별 단면력도

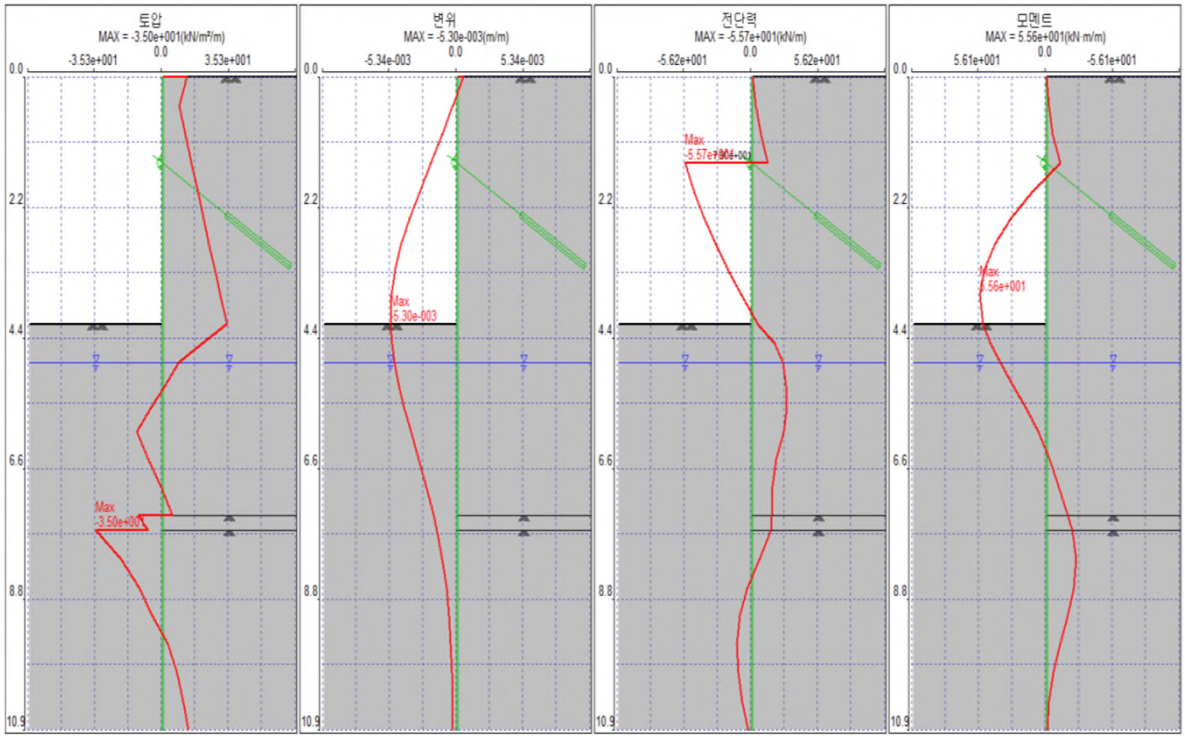
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.95 m]



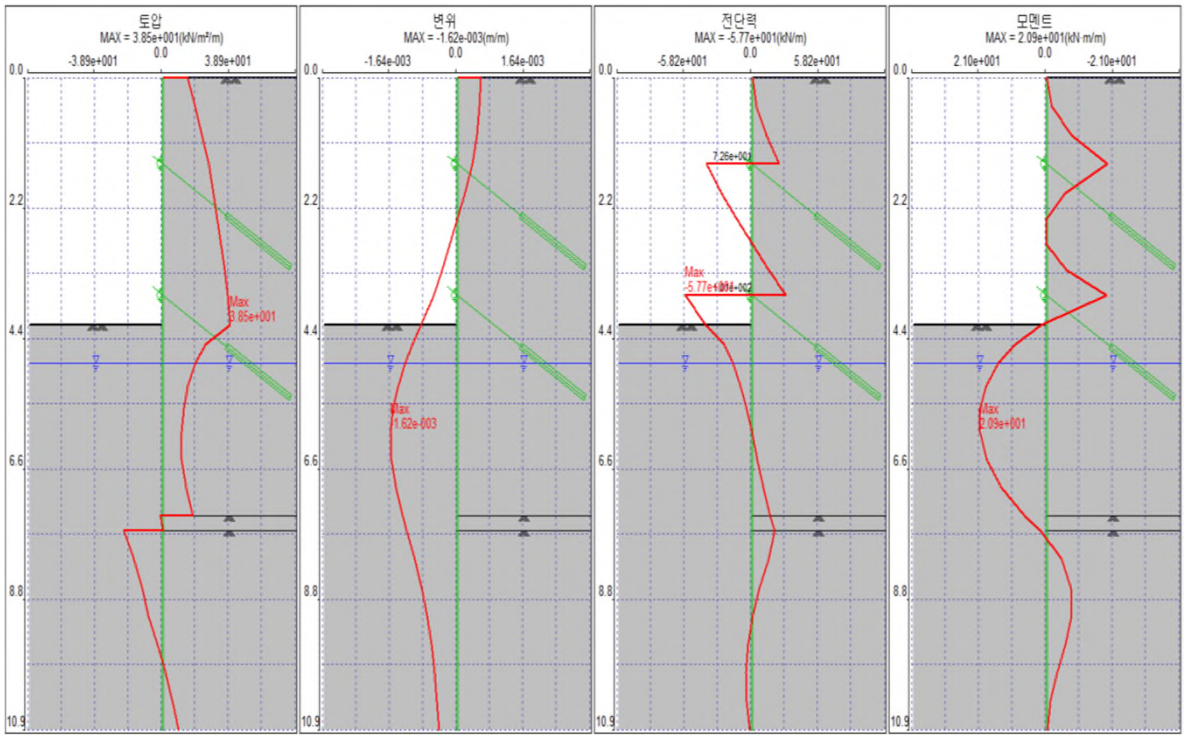
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



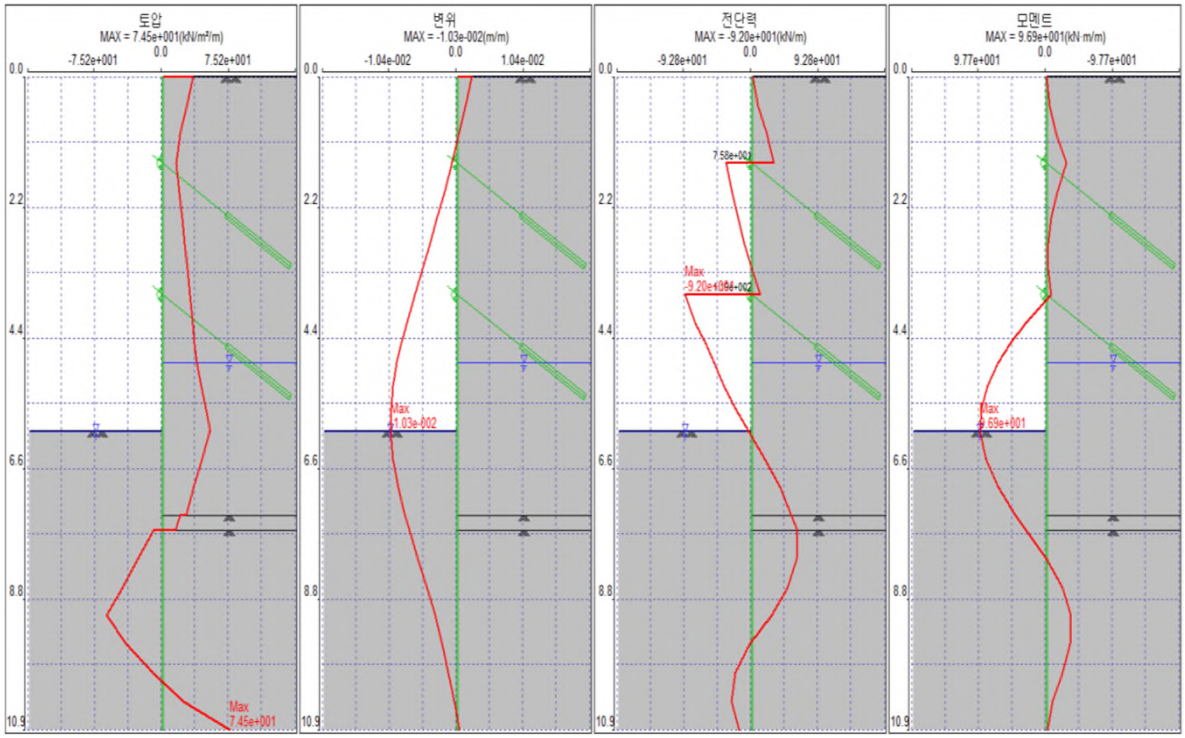
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.15 m]



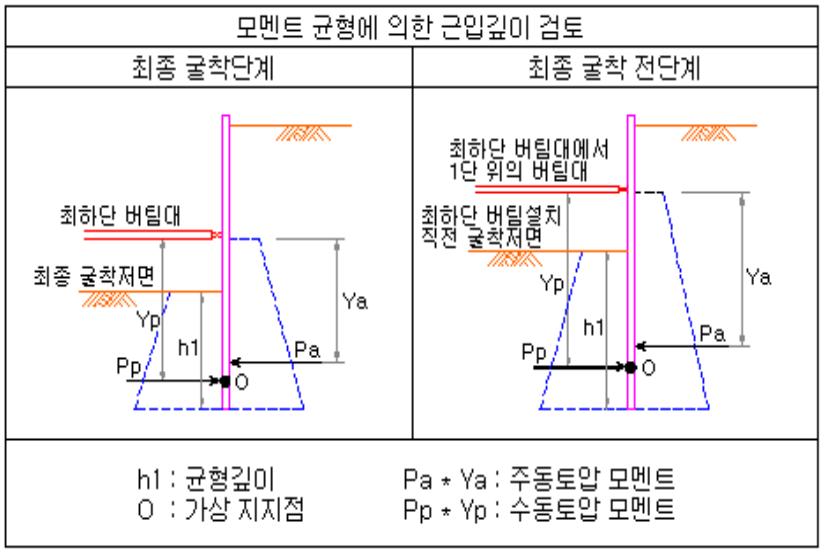
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.95 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	3.217	5.000	2056.806	3211.481	1.561	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.846	6.800	3167.413	7695.692	2.430	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.65 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 92.752 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.262 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 384.174 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.049 m

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

Ma = (92.752 x 1.262) + (384.174 x 5.049) = 2056.806 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 560.841 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.726 m

Mp = (Pp x Yp) = (560.841 x 5.726) = 3211.481 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 3211.481 / 2056.806 = 1.561

S.F. = 1.561 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -1.45 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 66.221 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.523 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 460.833 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.654 m

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

Ma = (66.221 x 1.523) + (460.833 x 6.654) = 3167.413 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1045.055 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.364 m

Mp = (Pp x Yp) = (1045.055 x 7.364) = 7695.692 kN · m

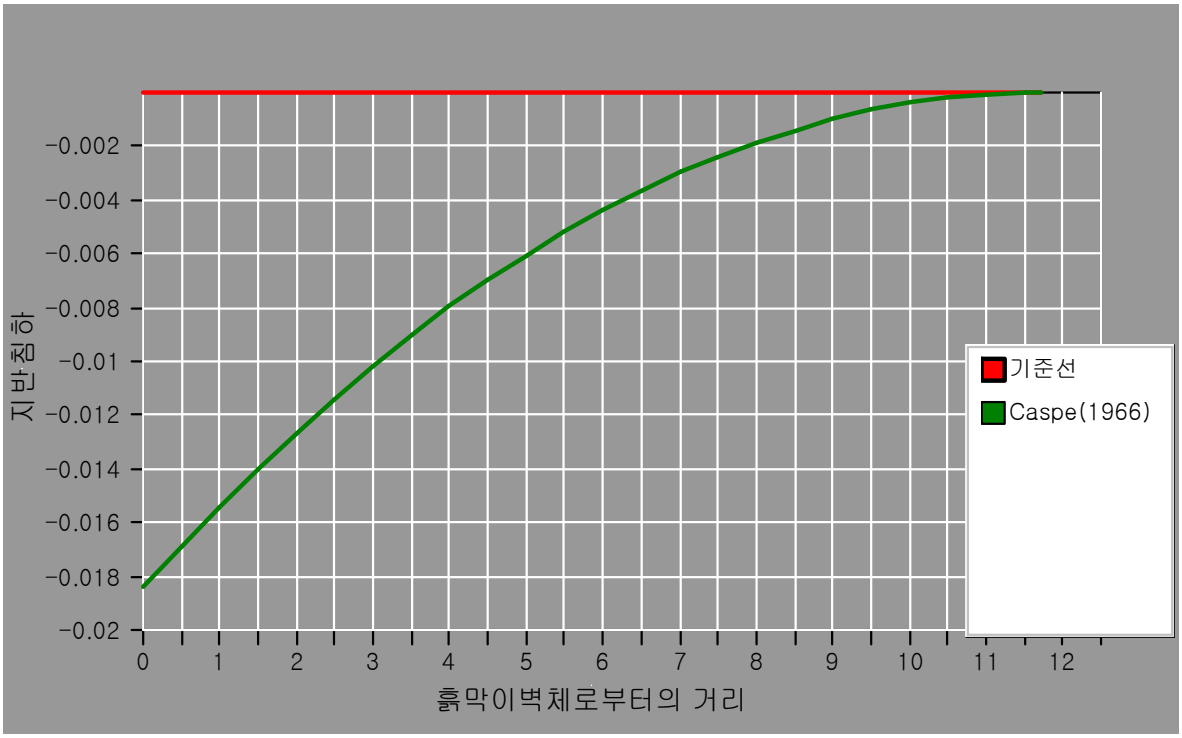
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7695.692 / 3167.413 = 2.43

S.F. = 2.43 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.054 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 5.95 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 5.95 = 18.753 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 18.753 x tan(45-26/2) = 11.718 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.054 / 11.718 = -0.018 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.018 x ((11.718 - Xi) / 11.718)^2

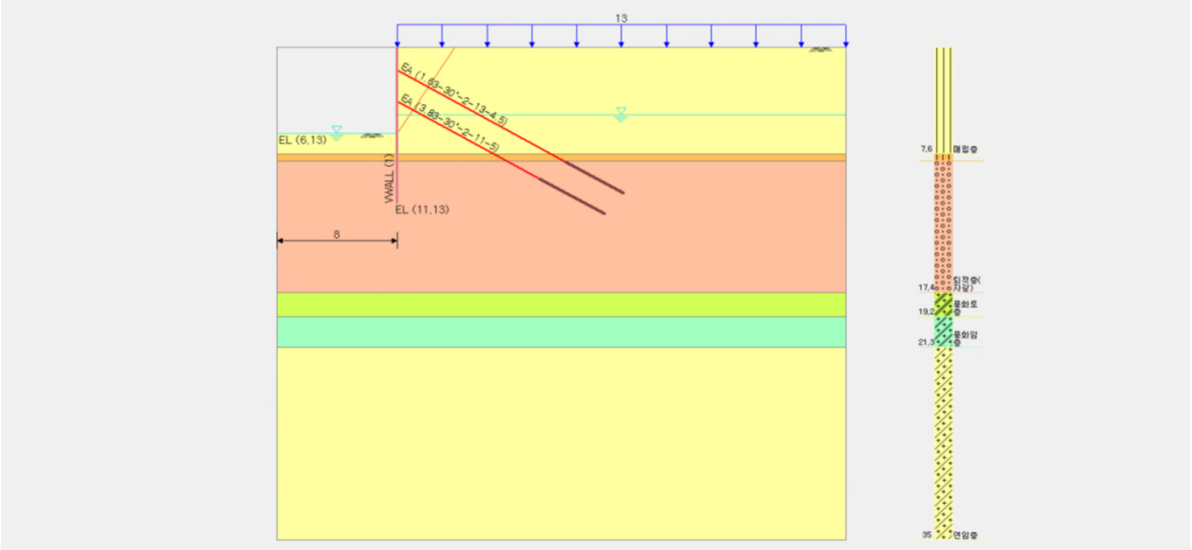
변 경

2. < 0+180 ~ 0+200(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 11.13m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	1.63	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	3.83	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	1.63	휨응력	27.130	177.660	O.K	
		전단응력	35.318	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	3.83	휨응력	38.552	177.660	O.K	
		전단응력	50.187	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) :SP-IIIA(SY295(SY30	0.00 ~ 11.13	휨응력	73.881	243.000	O.K	
		전단응력	10.147	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	2.00	166.72	매립층	18	26	200
			퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450
2단	2.00	251.68	퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = **118.95** kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = **124.80** kN/ea

적용 **118.95** kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 166.72 / 118.95 = **1.40** 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 251.68 / 118.95 = **2.12** 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력

Pw' : Pw − T (매립층 + 퇴적(모래))

S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

La1 : 매립층 정착길이 = 1.91 m

La2 : 퇴적(모래) 정착길이 = 0.94 m

La3 : 추가필요앵커정착부 마찰길이 m

1) 매립층

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La1}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 200 \times 1.91}{1.5} = 101.61 \text{ kN}$$

2) 퇴적(모래)

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La2}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 180 \times 0.94}{1.5} = 45.01 \text{ kN}$$

3) 퇴적(자갈)

$$La3 = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{20.1 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 450} = 0.17 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La)는 La1 + La2 + La3 = 1.91 + 0.94 + 0.17 = **3.018** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 166.72 ÷ 2 = 83.359 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{83.36}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{14.7} \text{ cm} \leq \mathbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{251.68 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 450} = \mathbf{2.10}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 251.7 ÷ 2 = 125.84 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{125.84}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{22.3}\ cm \leq \mathbf{30.00}\ cm$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. 자유장 계산

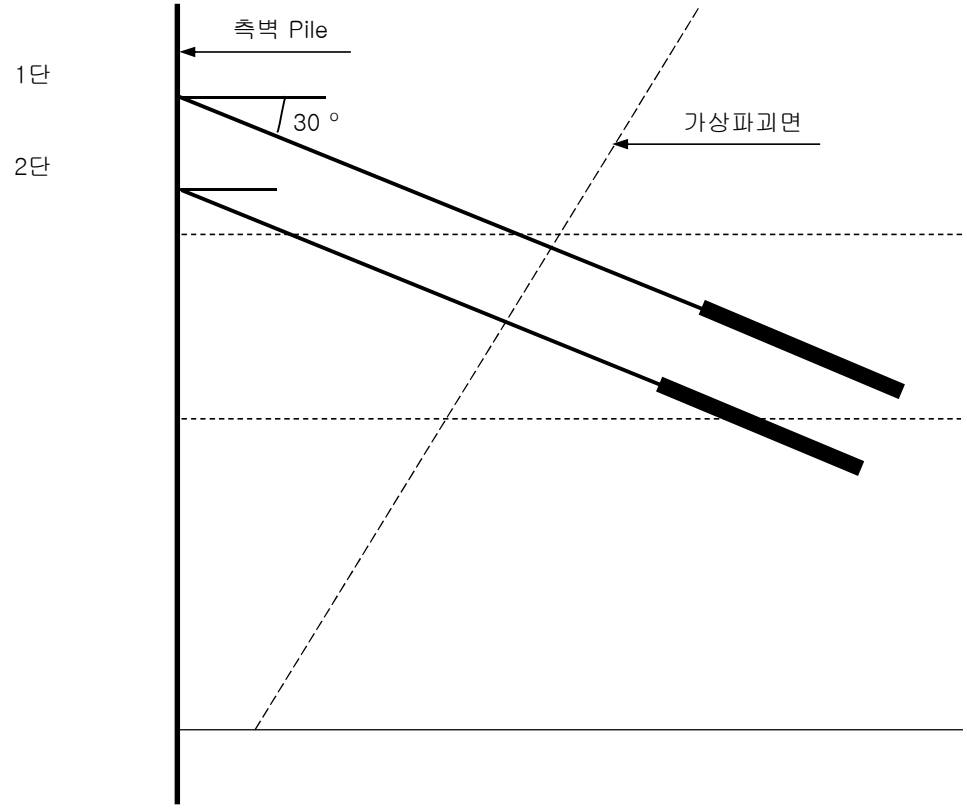
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	166.72 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	251.68 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (166.7 + 47.38) \times 5\% =$ **10.7 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∴2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 166.7 + 47.38 + 10.7 =$ **224.8 kN**

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 =$ **475.80** kN

$P_j < T_{at}$ 이어야 하므로, 224.8 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (251.7 + 47.38) x 5% = **15 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 251.68 + 47.38 + 15.0 = **314.1 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 314.1 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	2.00	166.718	10.0	4.5	1.5	16.0	224.80
2단	2.00	251.68	10.0	4.5	1.5	16.0	314.06

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로,
앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을
득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

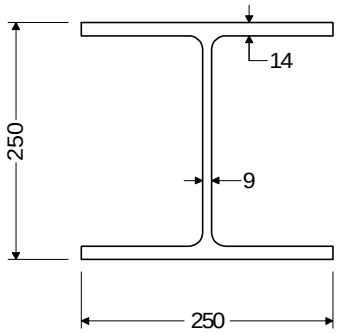
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

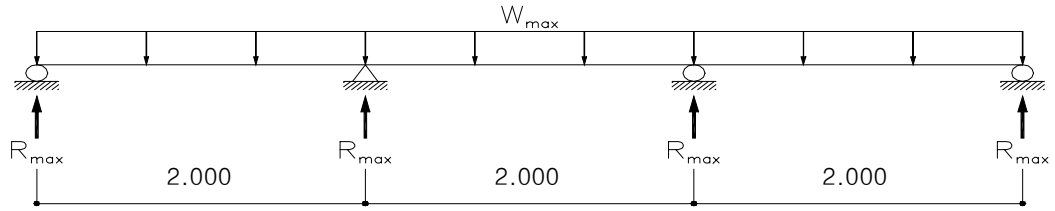
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



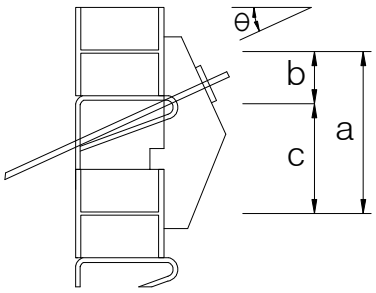
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 209.062 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 209.062 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 129.371$ kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 129.371 / (11 \times 2.000)$
$= 58.805$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 58.805 \times 2.000^2 / 10$
$= 23.522$ kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 58.805 \times 2.000 / 10$
$= 70.566$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 23.522 x 1000000 / 867000.0 = 27.130 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 70.566 x 1000 / 1998 = 35.318 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (27.130 + 27.130) / 27.130

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 27.130 MPa ---> O.K

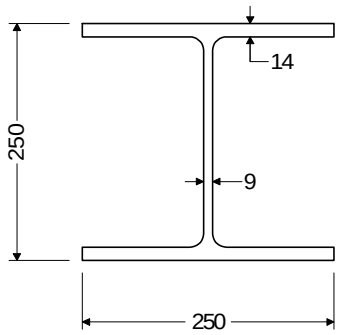
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 35.318 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

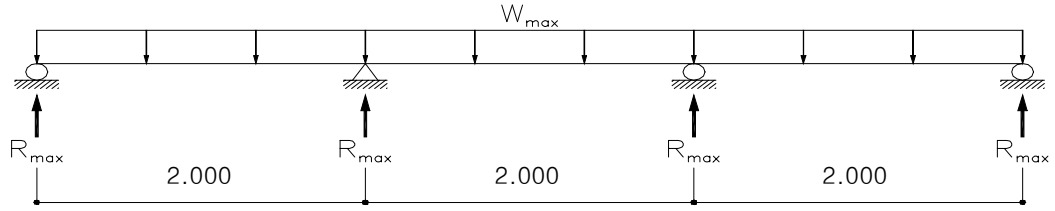
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



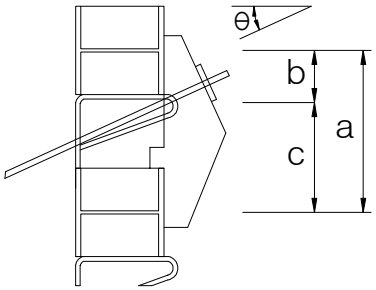
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 297.076 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 297.076 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 183.835 kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 183.835 / (11 × 2.000)
= 83.561 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 83.561 × 2.000 ² / 10
= 33.425 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 83.561 × 2.000 / 10
= 100.274 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 33.425 x 1000000 / 867000.0 = 38.552 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 100.274 x 1000 / 1998 = 50.187 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (38.552 + 38.552) / 38.552$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 38.552 MPa ---> O.K

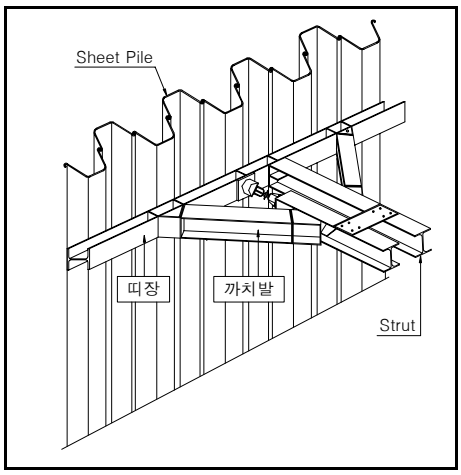
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 50.187 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 11.13m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIA
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	19100.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	9750.0
$I_x(mm^4)$	226000000.0
$Z_x(mm^3)$	1510000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 111.560 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 6.13 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 111.560 (kN·m/m) × 1.00 m = 111.560 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 98.931 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 6.13 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 98.931 (kN/m) × 1.00 m = 98.931 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{111.560 \times 10^6}{1510000.00} = 73.881 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{98.931 \times 10^{3}}{9750.00} = 10.147 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 6.13 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	7.59	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	8.06	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	17.41	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	19.17	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	21.32	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIA	SY295(SY30)	11.13	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	1.63	2	30	13	150
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	3.83	2	30	11	200

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 6.13 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	2.13	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	4.33	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	6.13	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 2.13 m	2.13	28.41	3.0	-22.39	5.7	0.66	0.0	-56.27	3.8
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	2.13	22.93	1.6	-39.83	1.6	10.30	3.8	-19.31	1.6
CS3 : 굴착 4.33 m	4.33	31.69	5.7	-58.41	1.6	59.79	3.8	-29.97	8.5
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.33	28.95	3.8	-58.06	3.8	20.52	6.1	-20.17	1.6
CS5 : 굴착 6.13 m	6.13	65.55	8.1	-98.93	3.8	111.56	6.1	-33.94	9.8
TOTAL		65.55	8.1	-98.93	3.8	111.56	6.1	-56.27	3.8

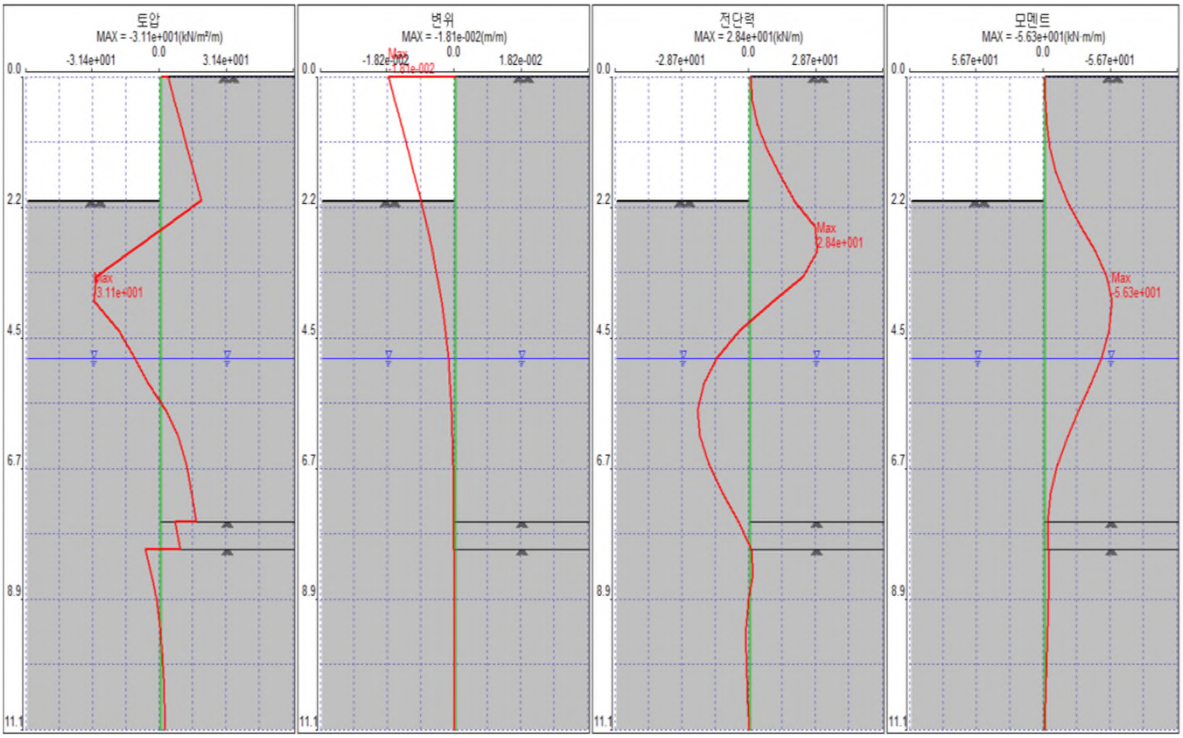
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

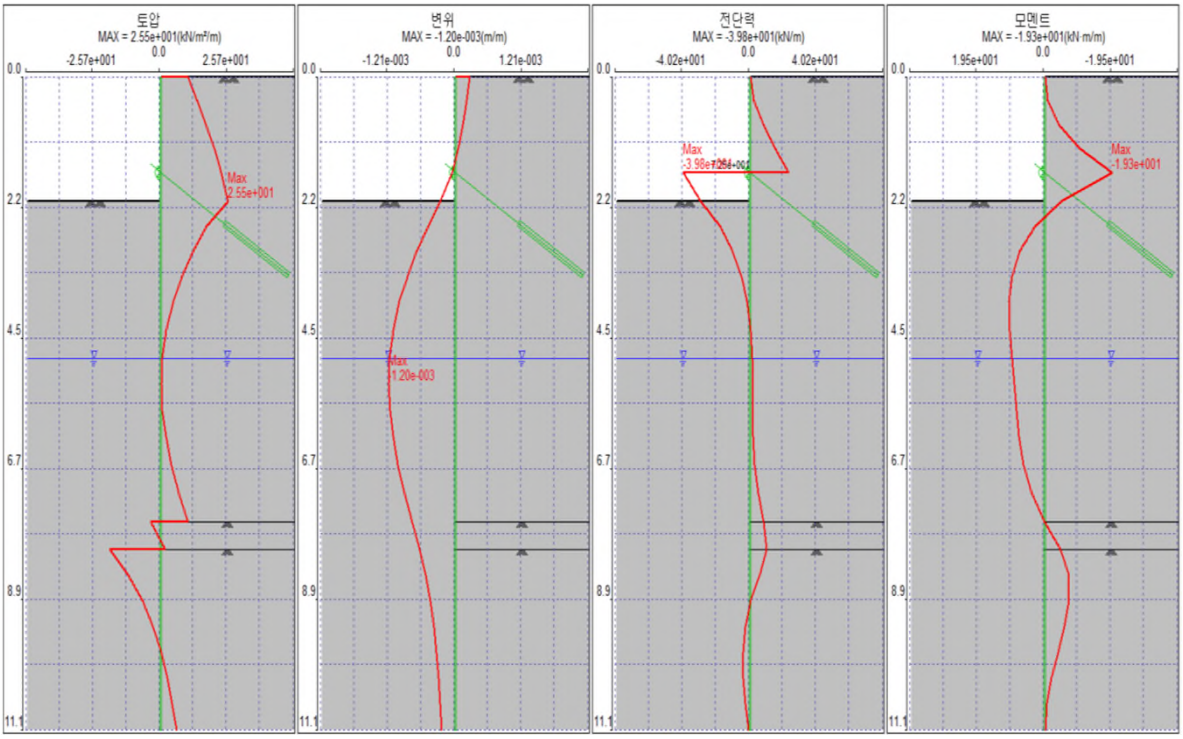
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		1.63 (m)	3.83 (m)			
CS1 : 굴착 2.13 m	2.13	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	2.13	72.47	-			
CS3 : 굴착 4.33 m	4.33	83.36	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.33	72.02	100.46			
CS5 : 굴착 6.13 m	6.13	77.79	125.84			
TOTAL		83.36	125.84			

8.2 시공단계별 단면력도

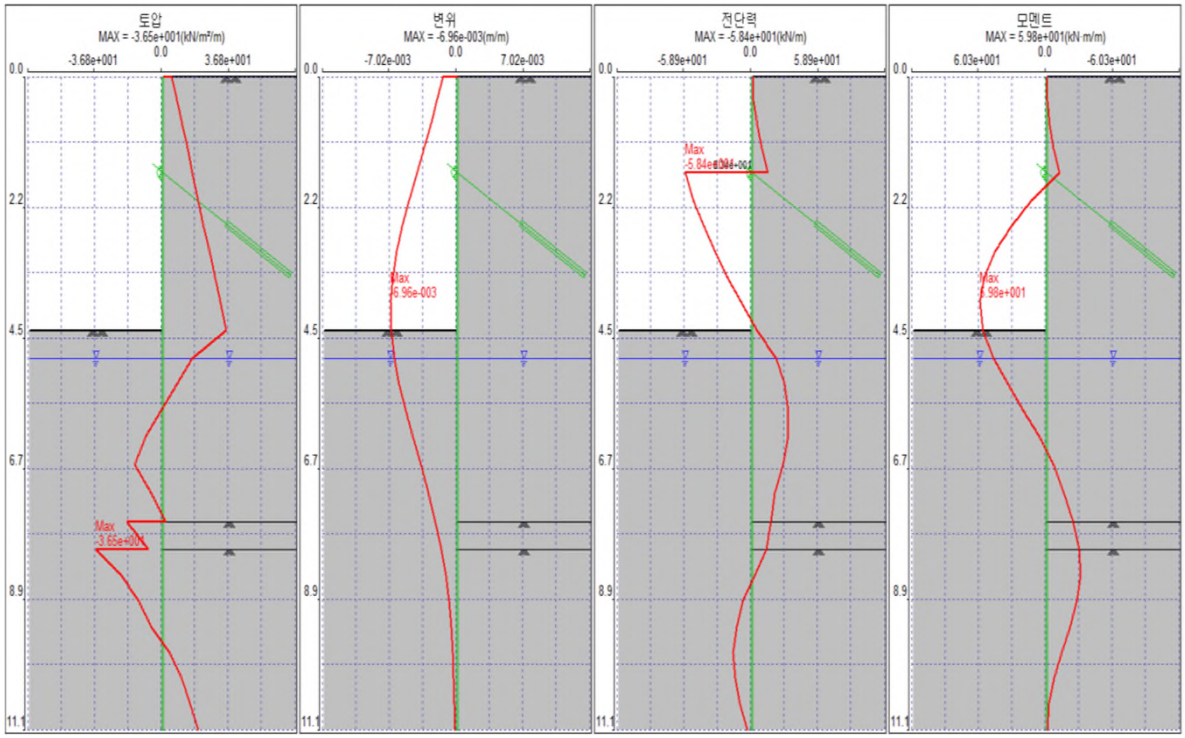
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 2.13 m]



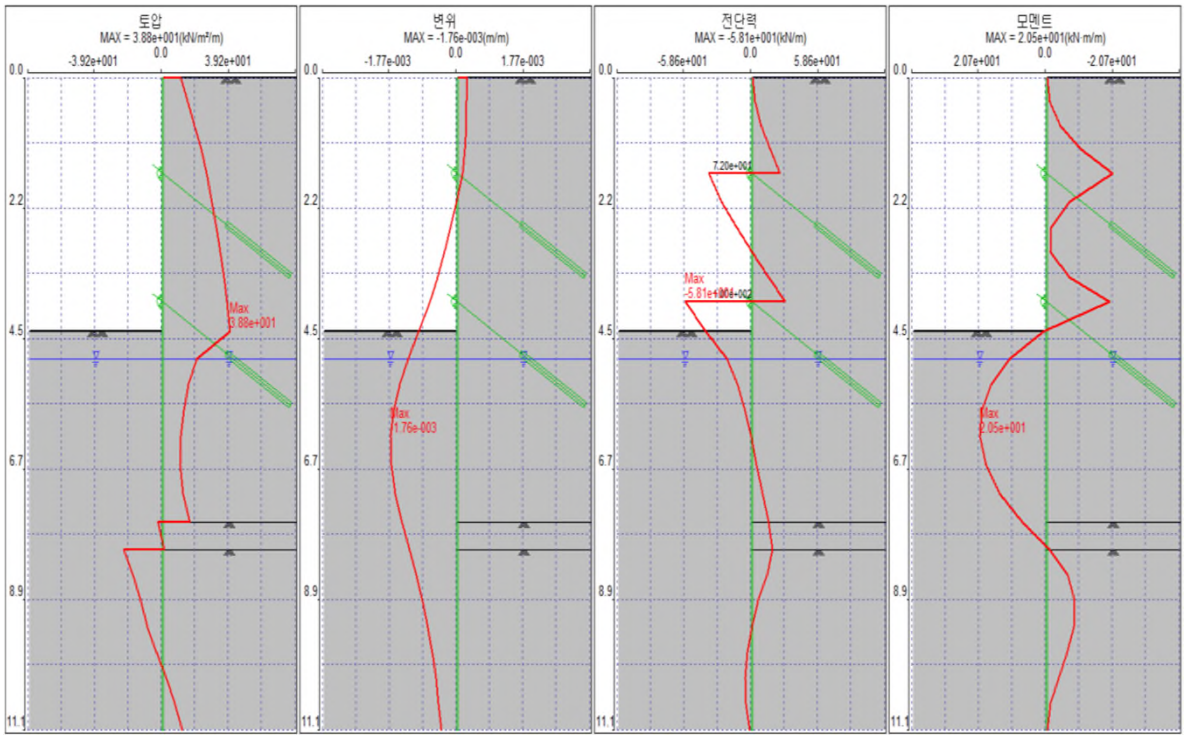
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



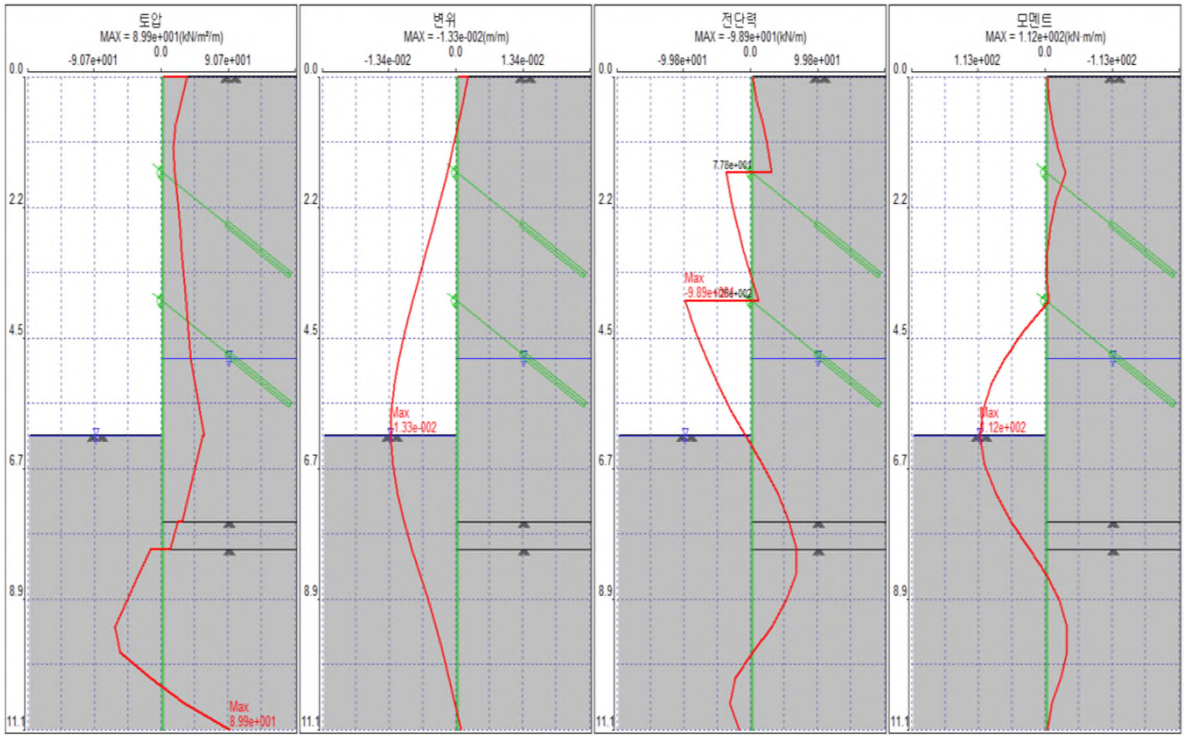
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.33 m]



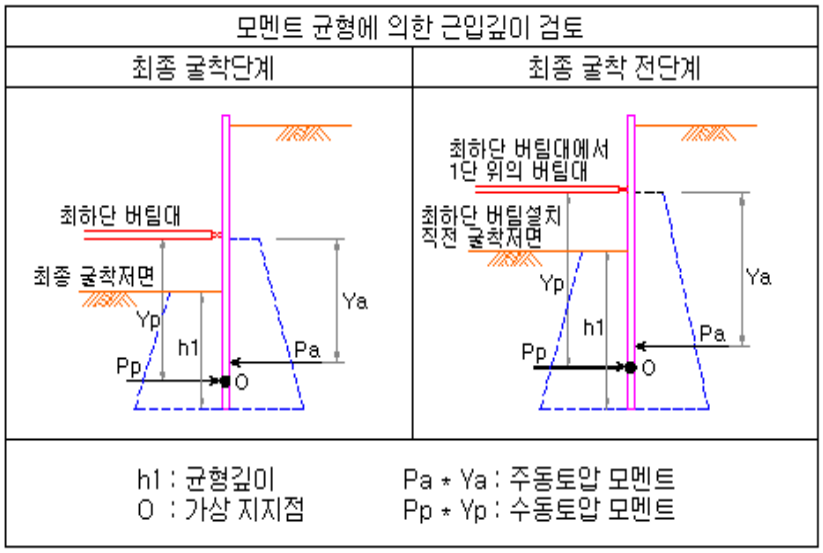
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.13 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	3.421	5.000	2127.959	3159.269	1.485	1.200	OK
최종 굴착 전단계	3.143	6.800	3282.639	7450.157	2.270	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.83 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 97.089 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.266 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 398.491 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.032 m

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

Ma = (97.089 x 1.266) + (398.491 x 5.032) = 2127.959 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 550.556 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.738 m

Mp = (Pp x Yp) = (550.556 x 5.738) = 3159.269 kN·m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 3159.269 / 2127.959 = 1.485

S.F. = 1.485 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -1.63 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 69.605 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.515 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 478.861 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.635 m

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

Ma = (69.605 x 1.515) + (478.861 x 6.635) = 3282.639 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1009.26 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.382 m

Mp = (Pp x Yp) = (1009.26 x 7.382) = 7450.157 kN·m

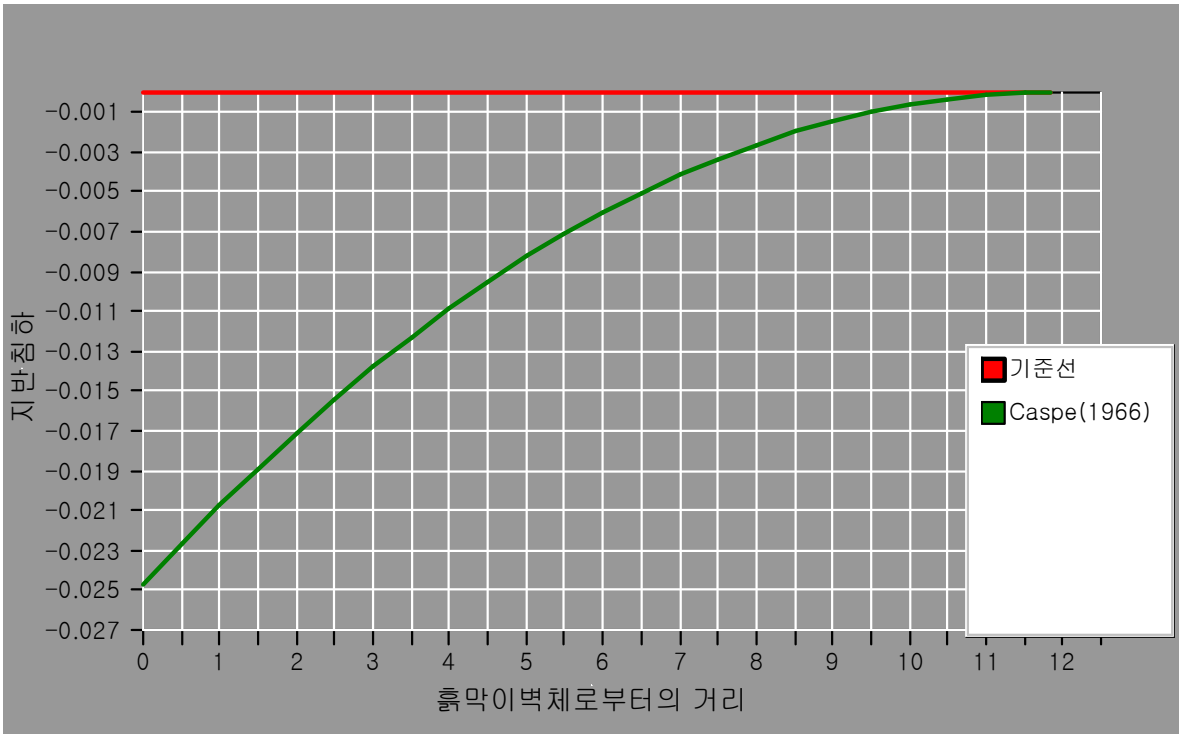
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7450.157 / 3282.639 = 2.27

S.F. = 2.27 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 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 = 16 m, Hw = 6.13 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 6.13 = 18.933 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 18.933 x tan(45-26/2) = 11.83 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.073 / 11.83 = -0.025 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.025 x ((11.83 - Xi) / 11.83)^2

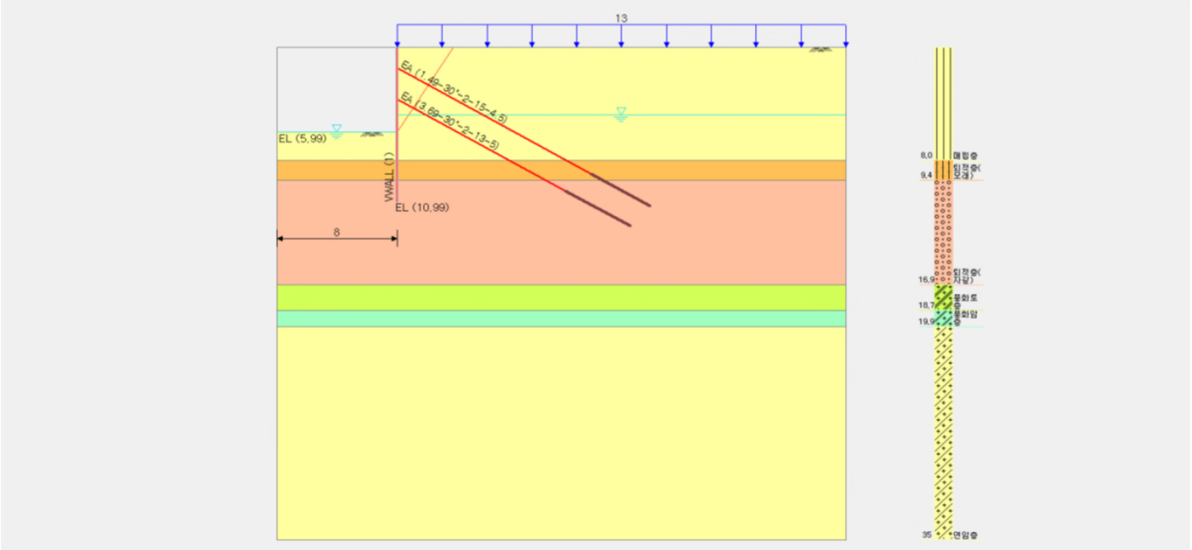
변 경

3. < 0+200 ~ 0+240(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 10.99m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	1.49	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	3.69	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	1.49	휨응력	25.894	177.660	O.K	
		전단응력	33.709	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	3.69	휨응력	39.354	177.660	O.K	
		전단응력	51.232	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) :SP-IIIA(SY295(SY30	0.00 ~ 10.99	휨응력	88.567	243.000	O.K	
		전단응력	10.788	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	2.00	159.46	매립층	18	26	200
2단	2.00	260.92	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = **118.95** kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = **124.80** kN/ea

적용 **118.95** kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 159.46 / 118.95 = **1.34** 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 260.92 / 118.95 = **2.19** 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load

S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{159.5 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 200} = 3.00 \text{ m}$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 159.46 ÷ 2 = 79.73 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{79.73}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{14.1}\ cm \leq \mathbf{30.00}\ cm$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력

Pw' : Pw − T (퇴적(모래))

S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

La1 : 퇴적(모래) 정착길이 = 1.49 m

La2 : 추가필요앵커정착부 마찰길이 m

1) 퇴적(모래)

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La1}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 180 \times 1.49}{1.5} = 71.34\ kN$$

2) 퇴적(자갈)

$$La2 = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{189.6 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 450} = 1.58\ m$$

따라서, 총 정착길이 (La)는 La1 + La2 = 1.49 + 1.58 = **3.074** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 260.9 ÷ 2 = 130.46 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{130.46}{\pi \times 0.09 \times 2000} = 23.1 \text{ cm} \leq 30.00 \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. 자유장 계산

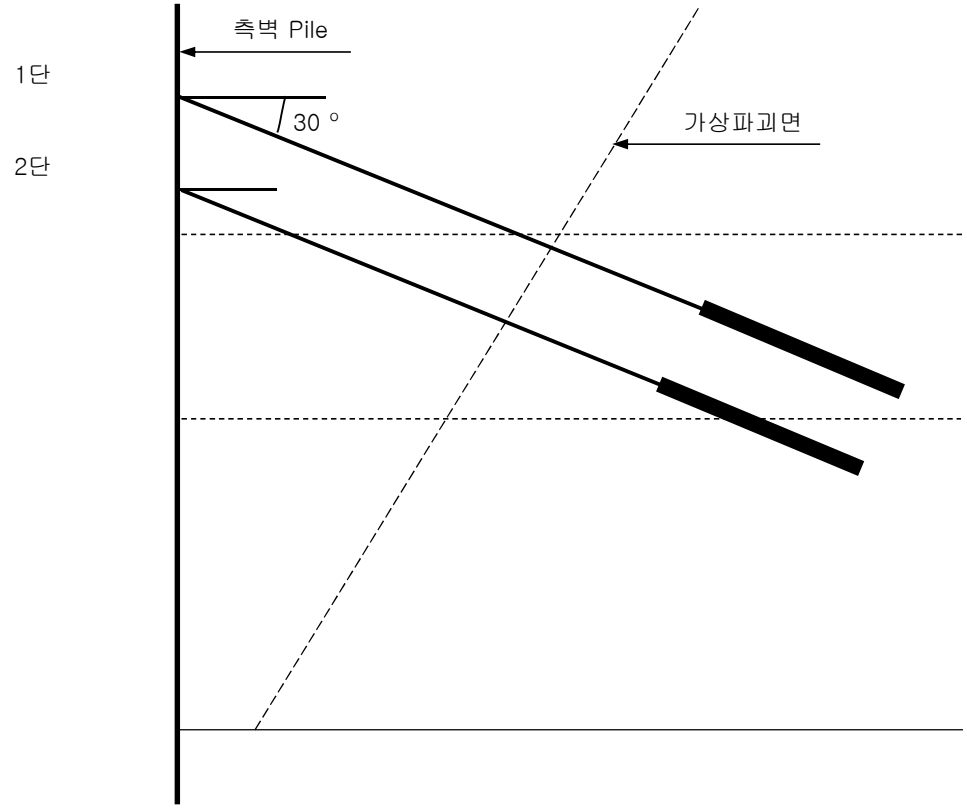
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	159.46 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	260.92 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (159.5 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{10.3\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∴2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 159.5 + 47.38 + 10.3 = \mathbf{217.14\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 = 475.80$ kN

$P_j < T_{at}$ 이어야 하므로, 217.1 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (260.9 + 47.38) x 5% = **15.4 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 260.92 + 47.38 + 15.4 = **323.70 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 323.7 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	2.00	159.456	10.0	4.5	1.5	16.0	217.14
2단	2.00	260.915	10.0	4.5	1.5	16.0	323.70

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로,
앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을
득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

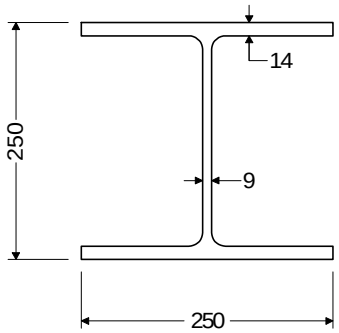
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

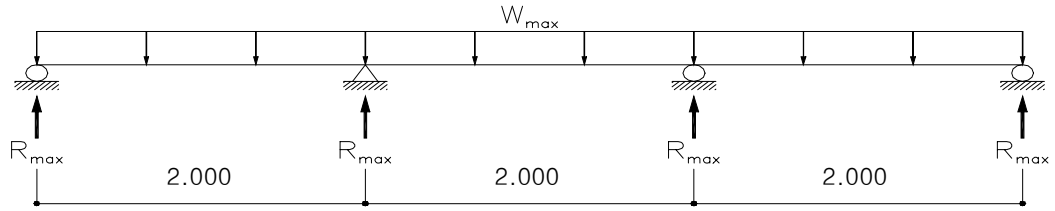
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



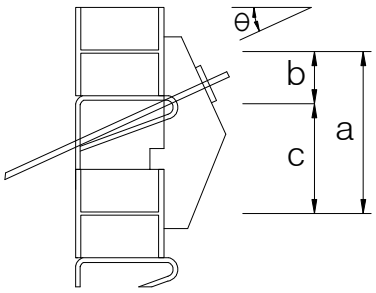
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 199.537 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 199.537 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 123.476$ kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 123.476 / (11 \times 2.000)$
$= 56.126$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 56.126 \times 2.000^2 / 10$
$= 22.450$ kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 56.126 \times 2.000 / 10$
$= 67.351$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.450 x 1000000 / 867000.0 = 25.894 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 67.351 x 1000 / 1998 = 33.709 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (25.894 + 25.894) / 25.894

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 25.894 MPa ---> O.K

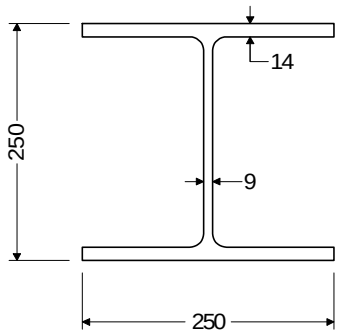
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 33.709 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

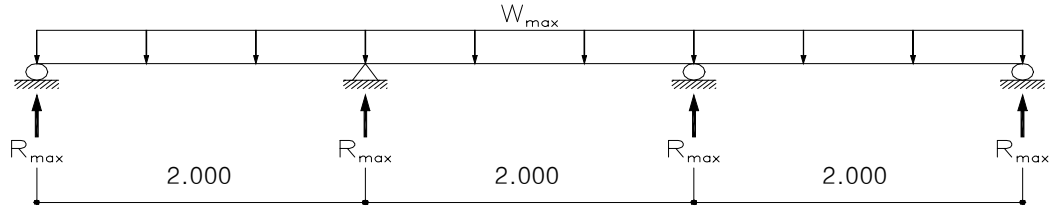
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



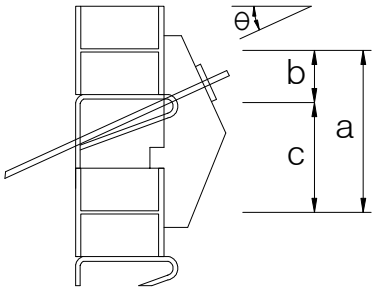
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 303.259 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 303.259 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 187.661 kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 187.661 / (11 × 2.000)
= 85.300 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 85.300 × 2.000 ² / 10
= 34.120 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 85.300 × 2.000 / 10
= 102.361 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 34.120 x 1000000 / 867000.0 = 39.354 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 102.361 x 1000 / 1998 = 51.232 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (39.354 + 39.354) / 39.354$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (8.000 - 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 39.354 MPa ---> O.K

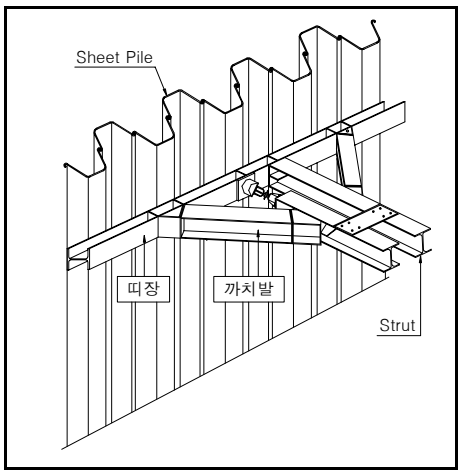
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 51.232 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 10.99m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIA
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	19100.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	9750.0
$I_x(mm^4)$	226000000.0
$Z_x(mm^3)$	1510000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 133.736 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 5.99 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 133.736 (kN·m/m) × 1.00 m = 133.736 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 105.186 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 5.99 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 105.186 (kN/m) × 1.00 m = 105.186 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{133.736 \times 10^6}{1510000.00} = 88.567 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{105.186 \times 10^{3}}{9750.00} = 10.788 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 5.99 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	8.03	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	9.44	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.87	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	18.69	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	19.86	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIA	SY295(SY30)	10.99	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	1.49	2	30	15	150
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	3.69	2	30	13	200

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 5.99 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.99	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	4.19	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	5.99	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 1.99 m	1.99	25.90	2.8	-19.36	5.6	2.50	8.0	-49.03	3.7
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.99	22.13	1.5	-41.51	1.5	10.24	3.7	-18.55	1.5
CS3 : 굴착 4.19 m	4.19	29.03	5.6	-56.53	1.5	56.98	3.7	-14.46	8.5
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.19	30.33	3.7	-56.73	3.7	18.97	6.0	-20.83	3.7
CS5 : 굴착 5.99 m	5.99	57.11	8.5	-105.19	3.7	133.74	6.0	-30.29	1.5
TOTAL		57.11	8.5	-105.19	3.7	133.74	6.0	-49.03	3.7

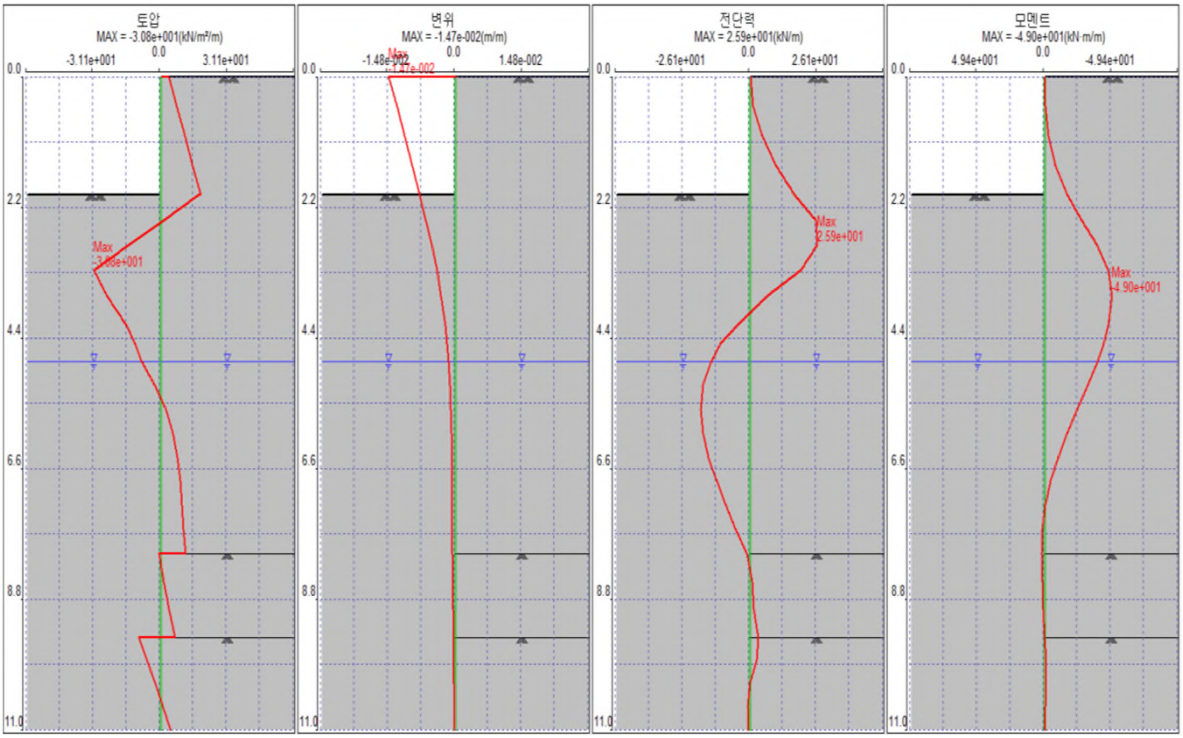
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

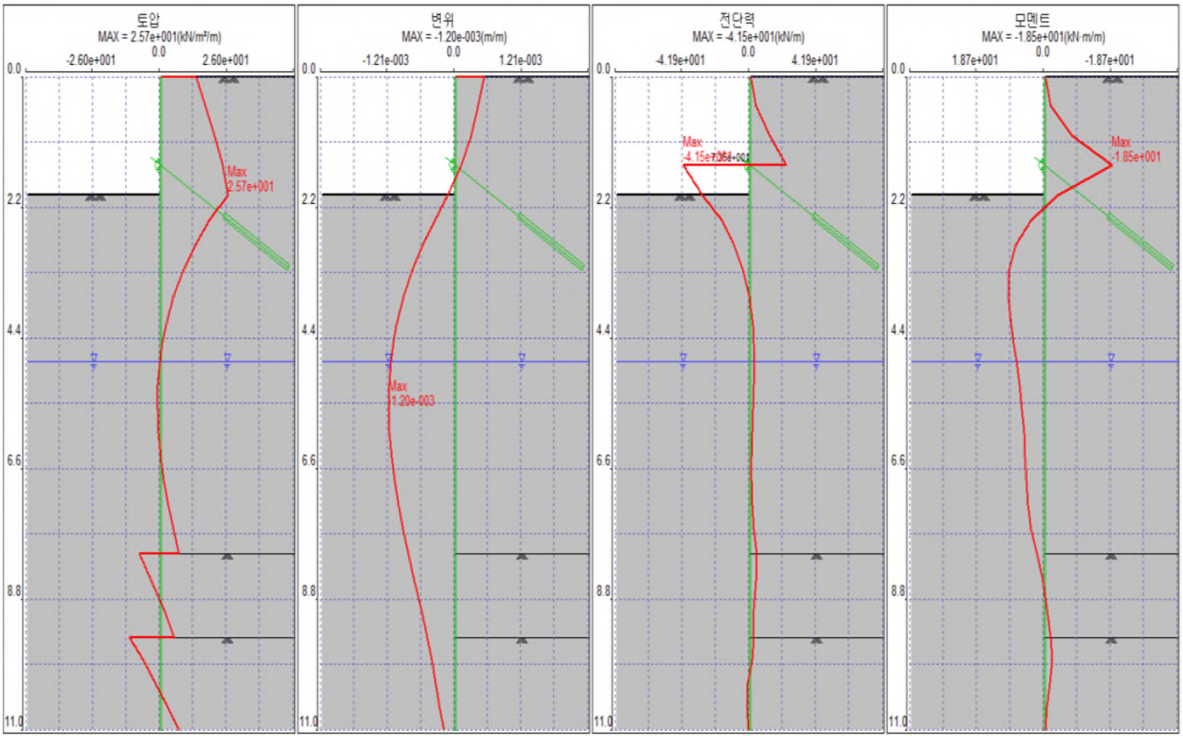
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		1.49 (m)	3.69 (m)			
CS1 : 굴착 1.99 m	1.99	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.99	73.49	-			
CS3 : 굴착 4.19 m	4.19	79.73	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.19	72.98	100.54			
CS5 : 굴착 5.99 m	5.99	79.18	130.46			
TOTAL		79.73	130.46			

8.2 시공단계별 단면력도

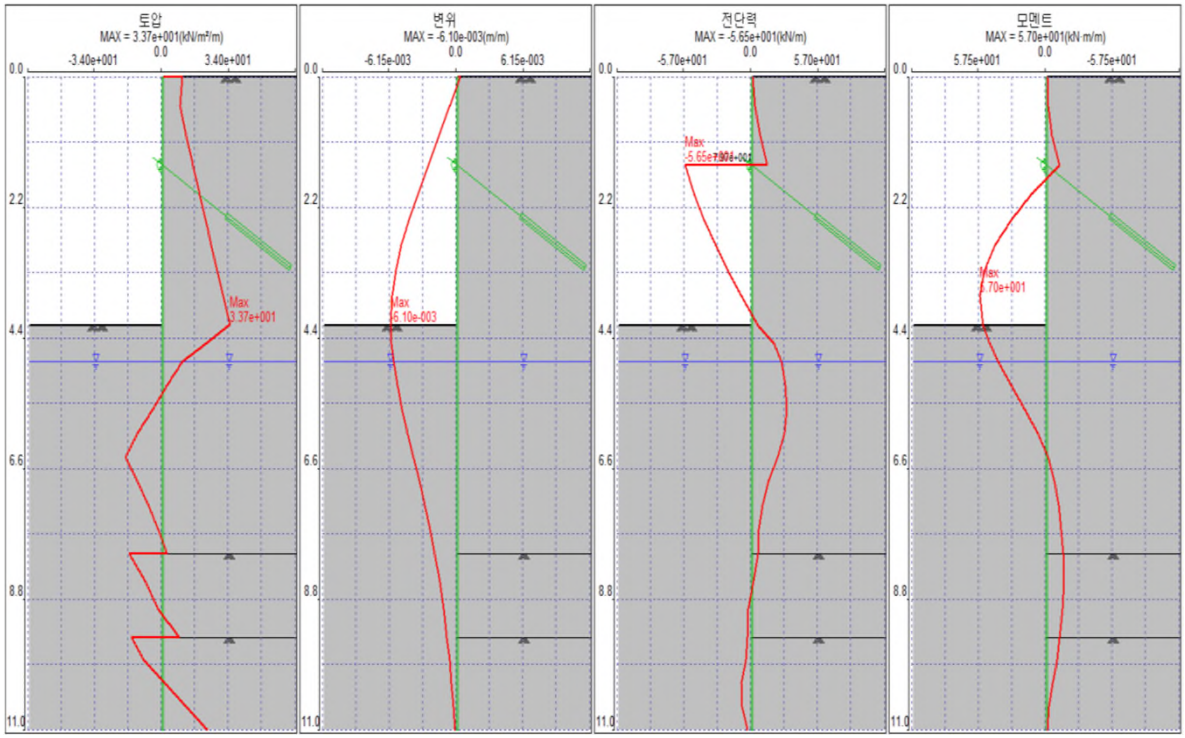
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.99 m]



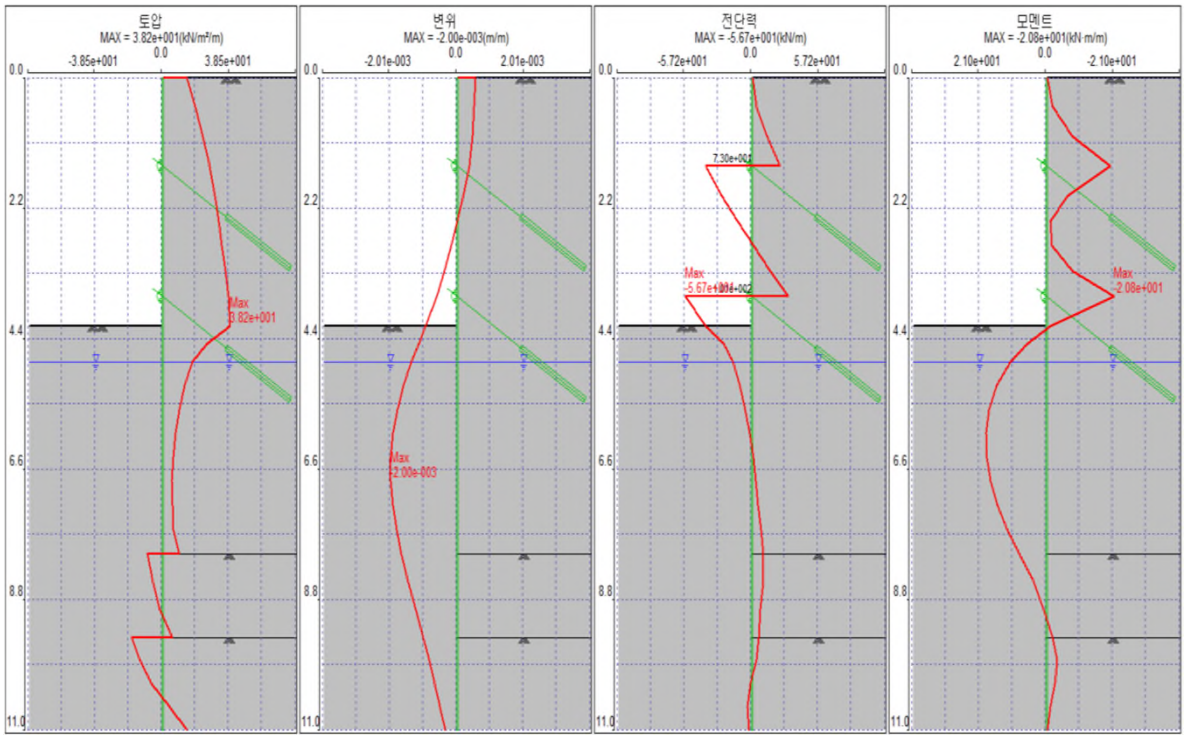
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



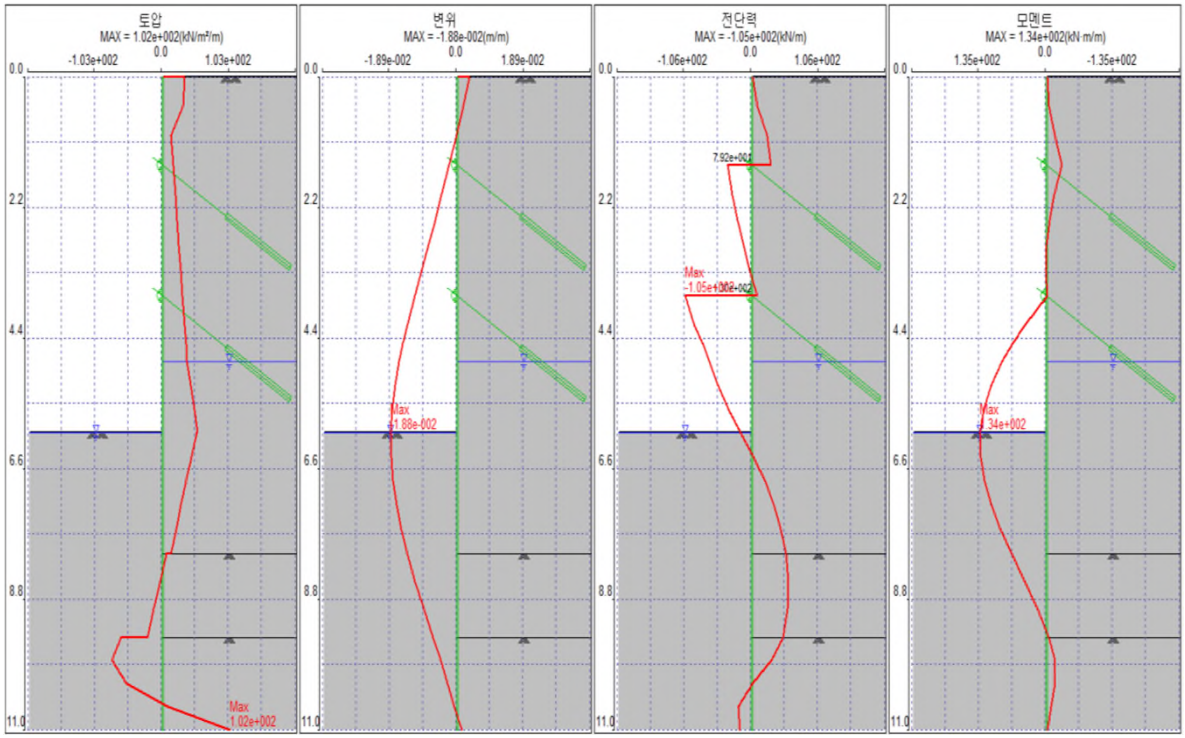
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.19 m]



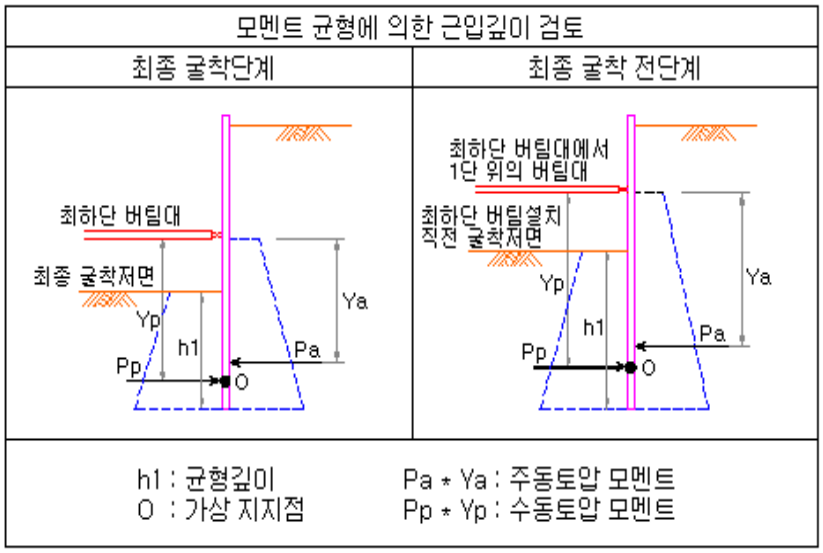
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 5.99 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	4.058	5.000	2170.876	2830.595	1.304	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.912	6.800	3337.430	6868.881	2.058	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.69 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 93.697 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.263 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 408.353 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.026 m

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

Ma = (93.697 x 1.263) + (408.353 x 5.026) = 2170.876 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 490.537 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.77 m

Mp = (Pp x Yp) = (490.537 x 5.77) = 2830.595 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2830.595 / 2170.876 = 1.304

S.F. = 1.304 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -1.49 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 66.973 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.522 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 485.818 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.66 m

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

Ma = (66.973 x 1.522) + (485.818 x 6.66) = 3337.43 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 932.995 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.362 m

Mp = (Pp x Yp) = (932.995 x 7.362) = 6868.881 kN · m

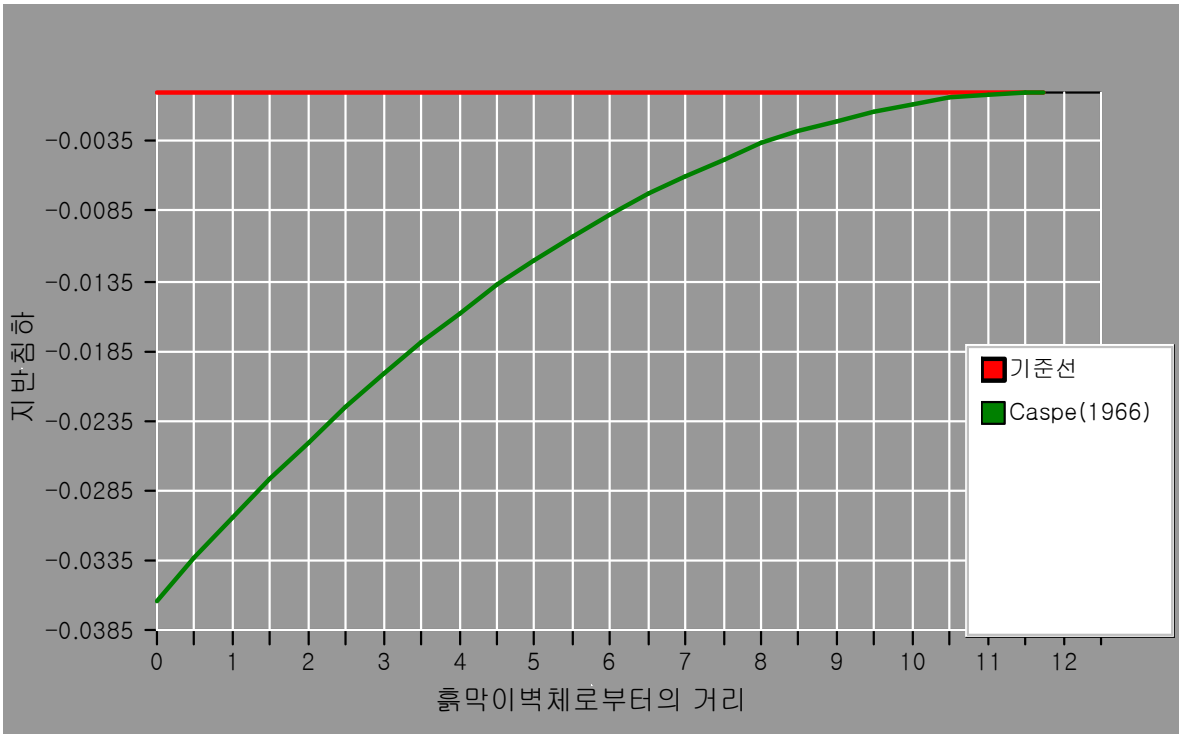
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 6868.881 / 3337.43 = 2.058

S.F. = 2.058 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.107 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 5.99 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 5.99 = 18.793 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 18.793 x tan(45-26/2) = 11.743 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.107 / 11.743 = -0.036 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.036 x ((11.743 - Xi) / 11.743)^2

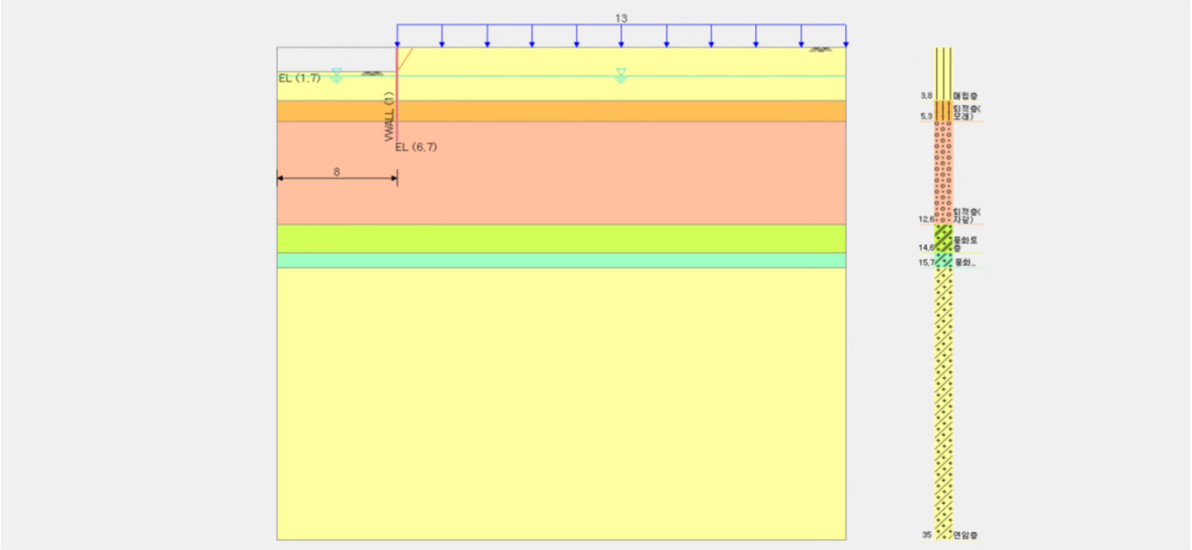
변 경

4. < 0+242(우) 검토결과>

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4. Sheet 설계
4.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 6.70m)
5.전산 입력 정보
6.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 6.70	휨응력	19.357	243.000	O.K	
		전단응력	1.655	135.000	O.K	

2.2 근입장 검토

구분	균형깊이 (m)	적용근입깊이 (m)	주동토압 모멘트(kN·m)	수동토압 모멘트(kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착단계	2.54	5.00	557.547	794.494	1.43	1.20	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고

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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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

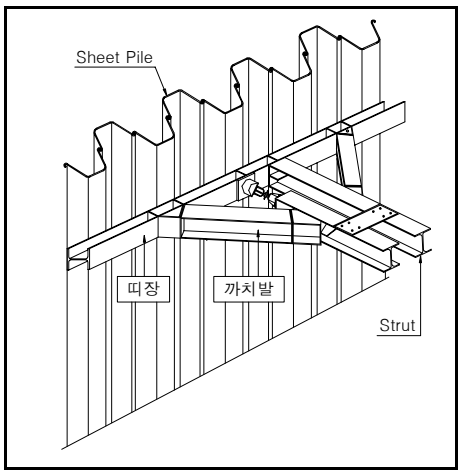
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4. Sheet 설계

4.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 6.70m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 43.941 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS1 : 굴착 1.7 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 43.941 (kN·m/m) × 1.00 m = 43.941 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 21.806 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS1 : 굴착 1.7 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 21.806 (kN/m) × 1.00 m = 21.806 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{43.941 \times 10^6}{2270000.00} = 19.357 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{21.806 \times 10^{3}}{13180.00} = 1.655 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

5. 탄소성 입력 데이터

5.1 해석종류 : 탄소성보법

5.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

5.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 1.7 m, 전모델높이 = 35 m

5.4 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	3.77	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	5.26	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	12.56	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	14.58	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	15.68	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

5.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	6.7	1

5.6 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

5.7 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 2 m, 수위차 = 1.7 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.70	-	-	-	-	-	-	X	X

6. 해석 결과
6.1 전산 해석결과 집계

6.1.1 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	21.30	2.4	-21.81	5.7	0.86	0.0	-43.94	3.8
TOTAL		21.30	2.4	-21.81	5.7	0.86	0.0	-43.94	3.8

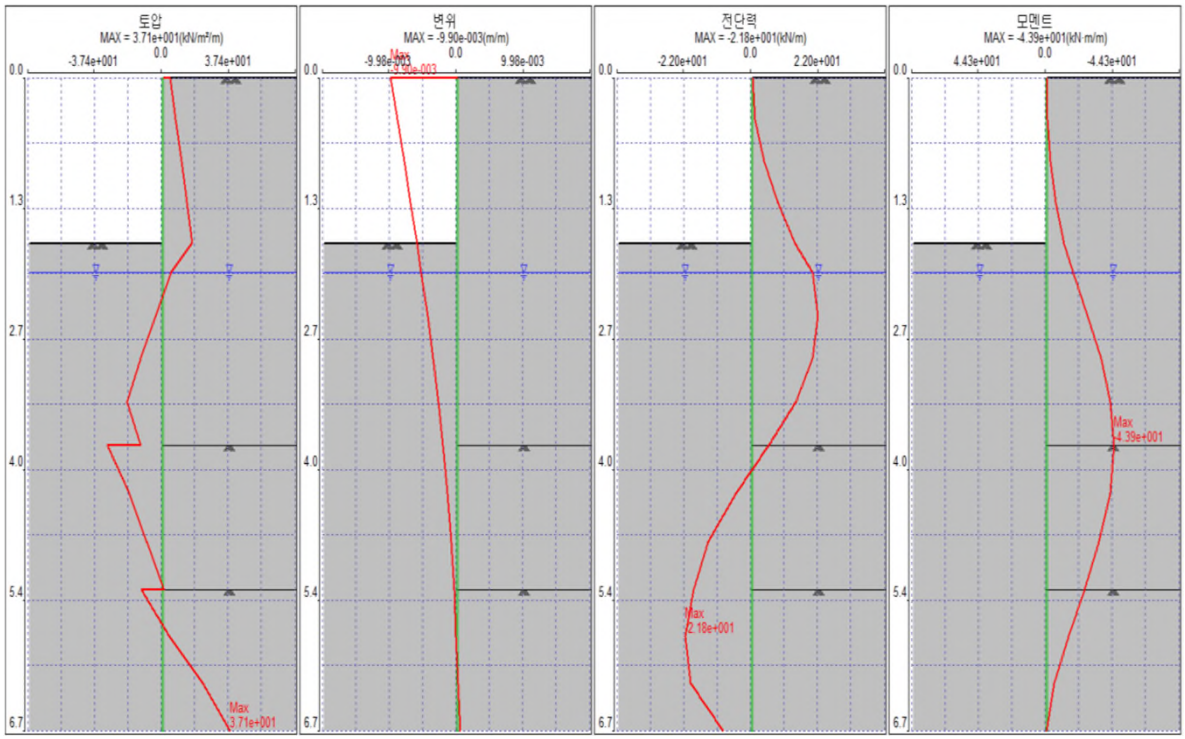
6.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

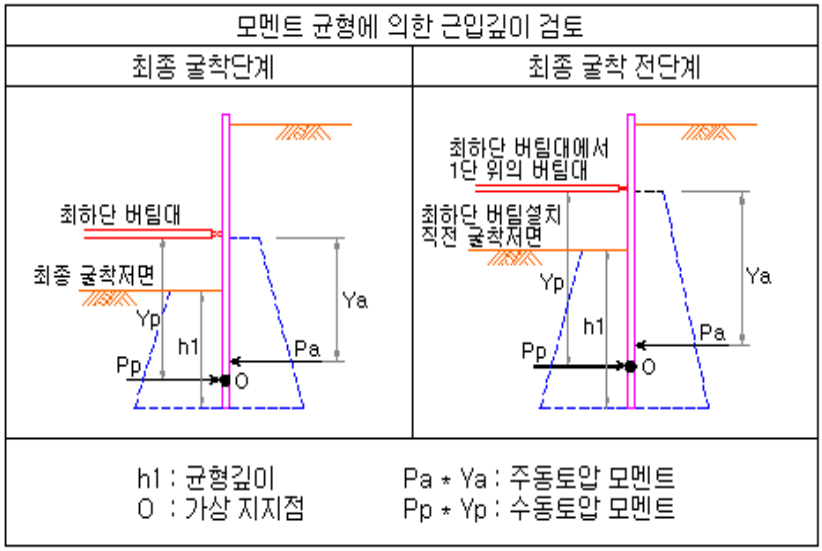
시공단계	굴착 깊이					
CS1 : 굴착 1.7 m	1.70					
TOTAL						

6.2 시공단계별 단면력도

1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.7 m]



6.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.541	5.000	557.547	794.494	1.425	1.200	OK

6.3.1 최종 굴착 단계의 경우

가상지지점을 중심으로 하는 주동측압과 수동측압의 모멘트 균형으로 결정한다.

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -6.7 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 18.611 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 5.695 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 226.048 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 1.998 m

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

Ma = (18.611 x 5.695) + (226.048 x 1.998) = 557.547 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 509.883 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 1.558 m

Mp = (Pp x Yp) = (509.883 x 1.558) = 794.494 kN · m

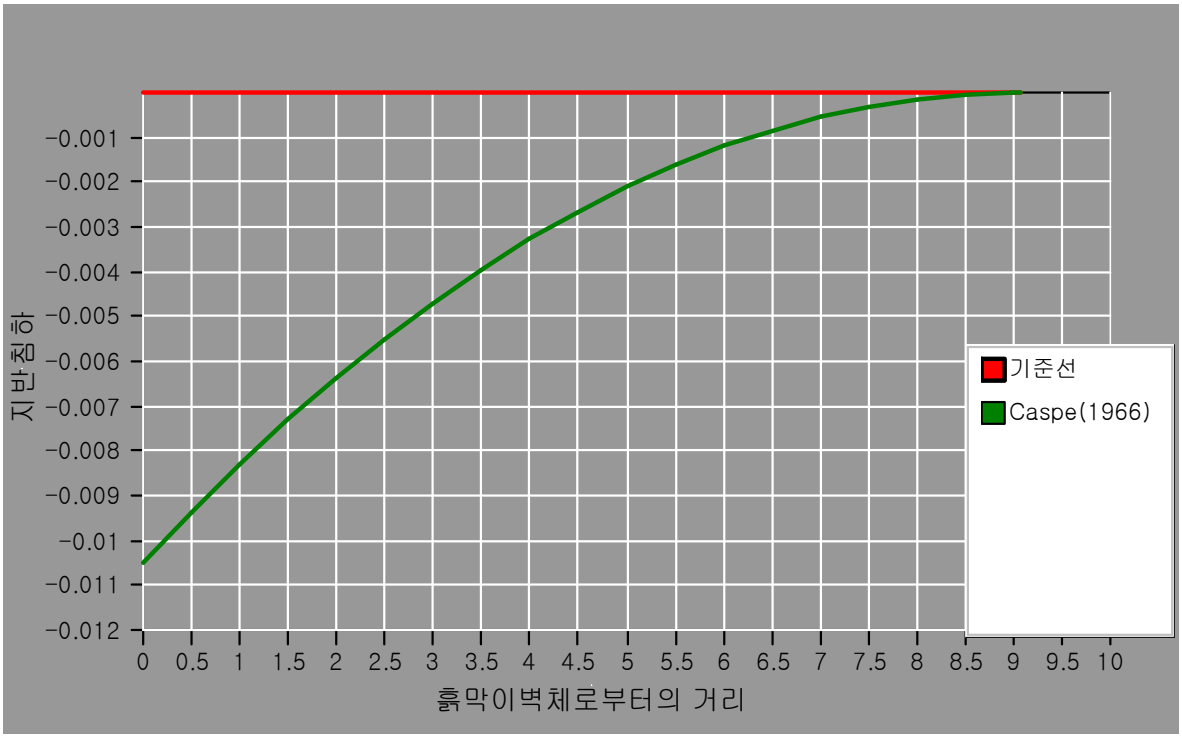
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 794.494 / 557.547 = 1.425

S.F. = 1.425 > 1.2 ... OK

6.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



6.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.024 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 1.7 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 1.7 = 14.503 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 14.503 x tan(45-26/2) = 9.062 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.024 / 9.062 = -0.010 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.010 x ((9.062 - Xi) / 9.062)^2

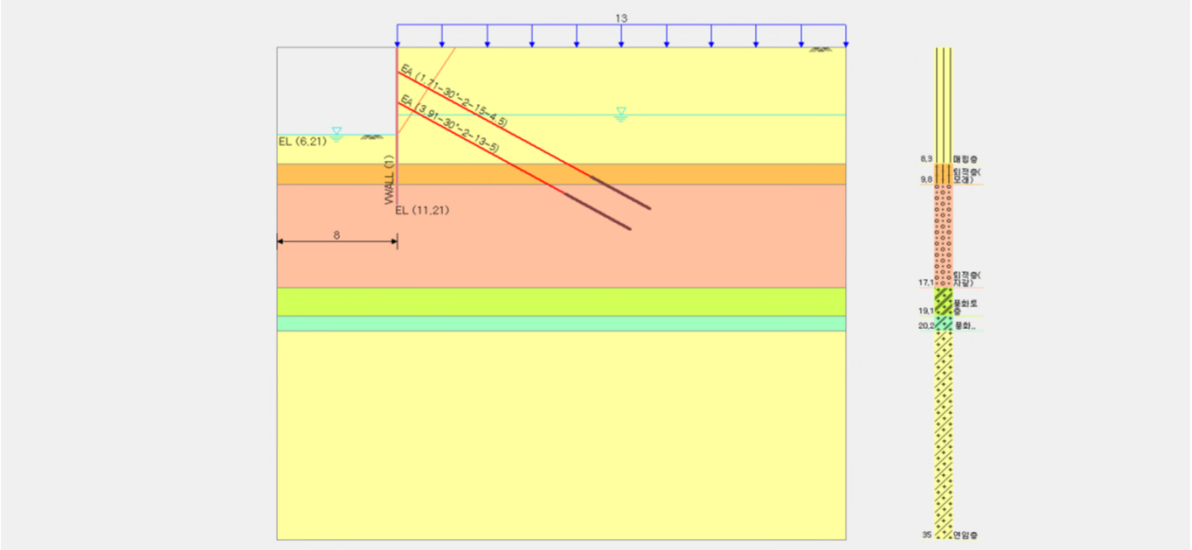
변 경

5. < 0+242(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 11.21m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	1.71	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	3.91	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	1.71	휨응력	27.941	177.660	O.K	
		전단응력	36.374	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	3.91	휨응력	39.150	177.660	O.K	
		전단응력	50.966	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 11.21	휨응력	73.825	243.000	O.K	
		전단응력	8.493	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	2.00	175.23	매립층	18	26	200
			퇴적(모래)	18	28	180
2단	2.00	259.34	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = **118.95** kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = **124.80** kN/ea

적용 **118.95** kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 175.23 / 118.95 = **1.47** 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 259.34 / 118.95 = **2.18** 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력

Pw' : Pw − T (매립층)

S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

La1 : 매립층 정착길이 = 3.14 m

La2 : 추가필요앵커정착부 마찰길이 m

1) 매립층

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La1}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 200 \times 3.14}{1.5} = 167.04 \text{ kN}$$

2) 퇴적(모래)

$$La2 = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{8.2 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = 0.17 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La)는 La1 + La2 = 3.14 + 0.17 = **3.31** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 175.23 ÷ 2 = 87.616 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{87.62}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{15.5} \text{ cm} \leq \mathbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력

Pw' : Pw − T (퇴적(모래))

S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

La1 : 퇴적(모래) 정착길이 = 1.72 m

La2 : 추가필요앵커정착부 마찰길이 m

1) 퇴적(모래)

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La1}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 180 \times 1.72}{1.5} = 82.35 \text{ kN}$$

2) 퇴적(자갈)

$$La2 = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{176.99 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 450} = 1.48 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La)는 La1 + La2 = 1.72 + 1.48 = **3.199** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 259.3 ÷ 2 = 129.67 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{129.67}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{22.9} \text{ cm} \leq \mathbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. 자유장 계산

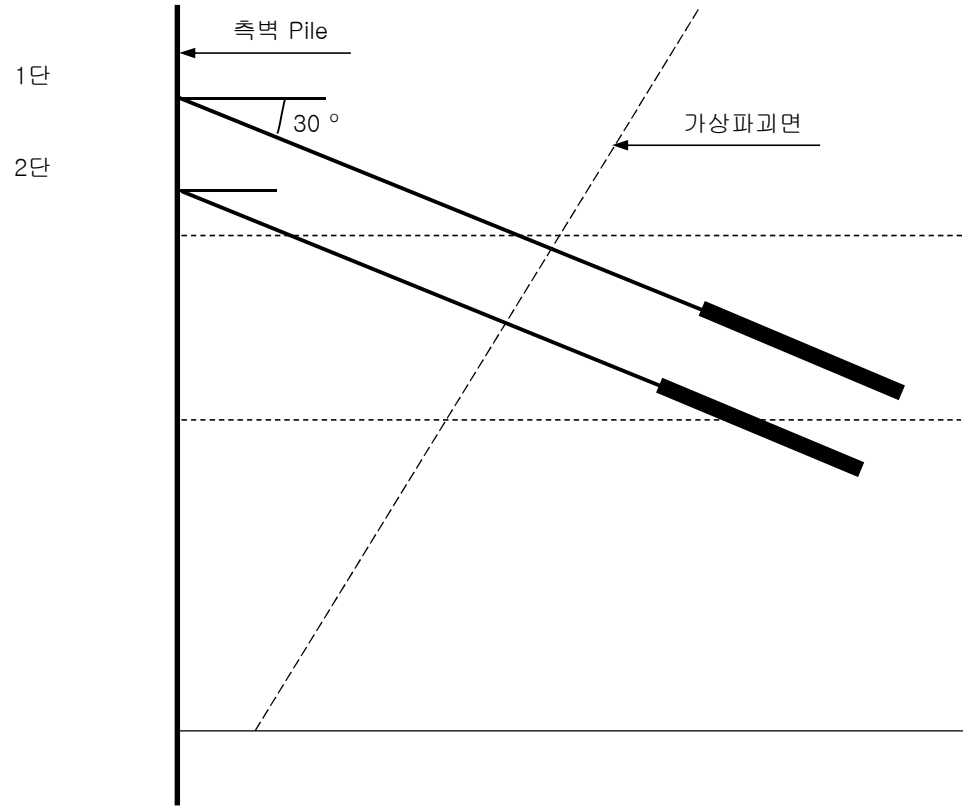
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	175.23 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	259.34 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (175.2 + 47.38) \times 5\% =$ **11.1 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∴2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 175.2 + 47.38 + 11.1 =$ **233.7 kN**

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 =$ **475.80** kN

$P_j < T_{at}$ 이어야 하므로, 233.7 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (259.3 + 47.38) x 5% = **15.3 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 259.34 + 47.38 + 15.3 = **322.0 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 322.0 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	2.00	175.232	10.0	4.5	1.5	16.0	233.71
2단	2.00	259.342	10.0	4.5	1.5	16.0	322.02

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로,
앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을
득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

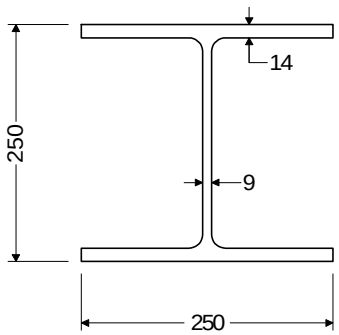
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

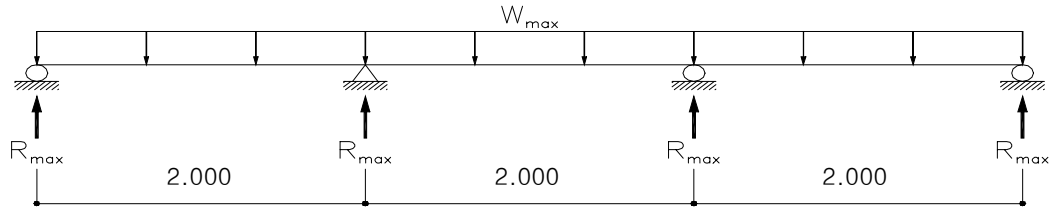
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



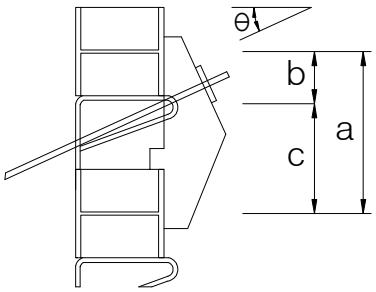
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 215.312 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 215.312 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 133.238 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 133.238 / (11 × 2.000)
= 60.563 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 60.563 × 2.000^2 / 10
= 24.225 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 60.563 × 2.000 / 10
= 72.675 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 24.225 x 1000000 / 867000.0 = 27.941 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 72.675 x 1000 / 1998 = 36.374 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (27.941 + 27.941) / 27.941

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 27.941 MPa ---> O.K

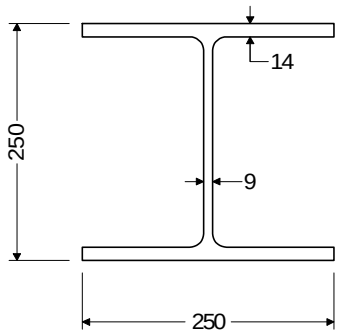
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 36.374 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

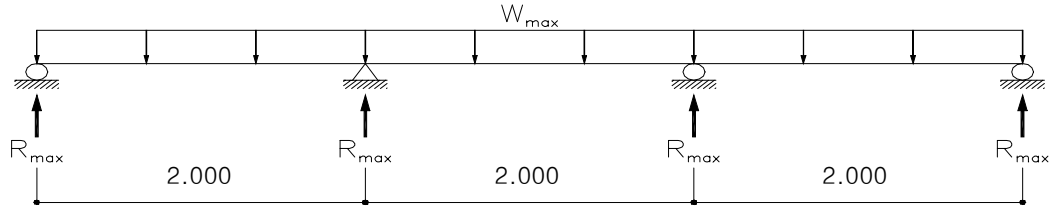
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



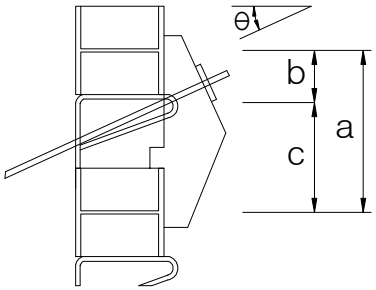
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 301.686 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 301.686 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 186.688 kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 186.688 / (11 × 2.000)
= 84.858 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 84.858 × 2.000 ² / 10
= 33.943 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 84.858 × 2.000 / 10
= 101.830 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 33.943 x 1000000 / 867000.0 = 39.150 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 101.830 x 1000 / 1998 = 50.966 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (39.150 + 39.150) / 39.150$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (8.000 - 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 39.150 MPa ---> O.K

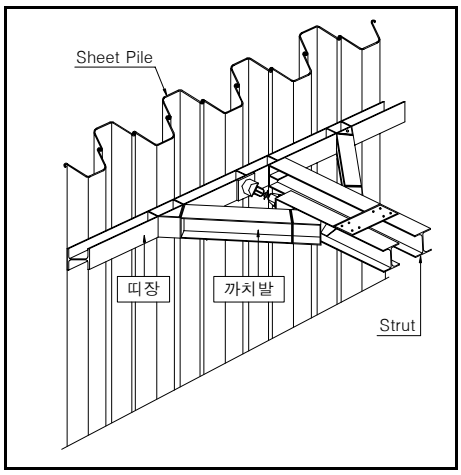
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 50.966 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 11.21m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 167.582 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 6.21 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 167.582 (kN·m/m) × 1.00 m = 167.582 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 111.934 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 6.21 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 111.934 (kN/m) × 1.00 m = 111.934 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{167.582 \times 10^6}{2270000.00} = 73.825 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{111.934 \times 10^{3}}{13180.00} = 8.493 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 6.21 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	8.27	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	9.76	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	17.06	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	19.08	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	20.18	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	11.21	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	1.71	2	30	15	150
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	3.91	2	30	13	200

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 6.21 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	2.21	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	4.41	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	6.21	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 2.21 m	2.21	30.97	3.1	-22.65	6.2	1.07	9.3	-63.40	3.9
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	2.21	23.47	1.7	-40.76	1.7	11.54	4.4	-20.79	1.7
CS3 : 굴착 4.41 m	4.41	32.42	6.2	-61.45	1.7	63.95	3.9	-23.04	8.8
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.41	27.57	3.9	-59.42	3.9	25.02	6.6	-23.26	1.7
CS5 : 굴착 6.21 m	6.21	64.28	8.8	-111.93	3.9	167.58	6.2	-25.18	1.7
TOTAL		64.28	8.8	-111.93	3.9	167.58	6.2	-63.40	3.9

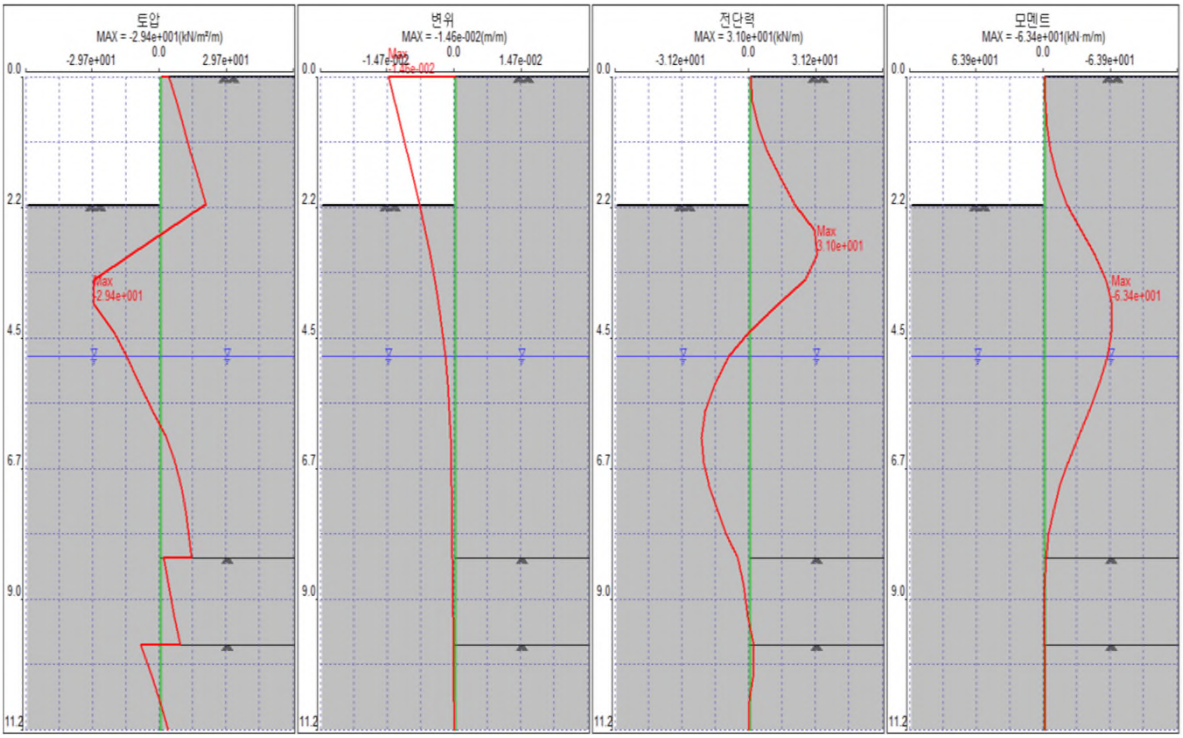
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

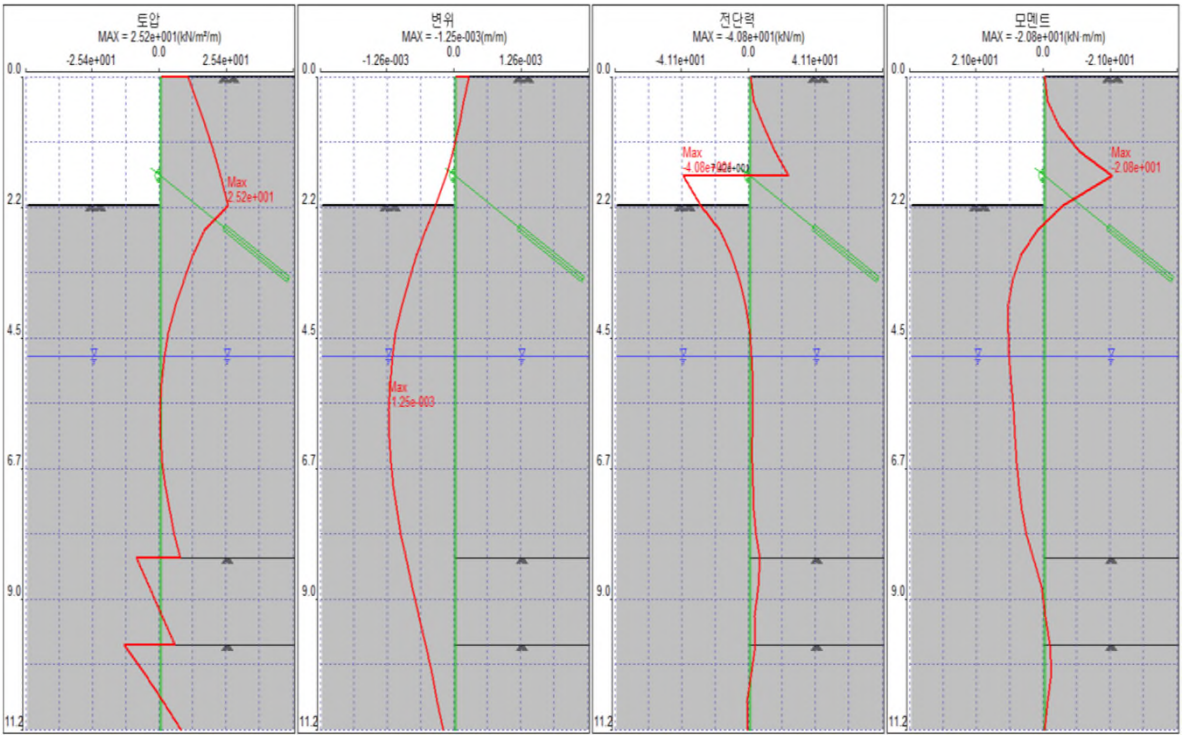
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		1.71 (m)	3.91 (m)			
CS1 : 굴착 2.21 m	2.21	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	2.21	74.16	-			
CS3 : 굴착 4.41 m	4.41	87.62	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.41	73.77	100.45			
CS5 : 굴착 6.21 m	6.21	83.32	129.67			
TOTAL		87.62	129.67			

8.2 시공단계별 단면력도

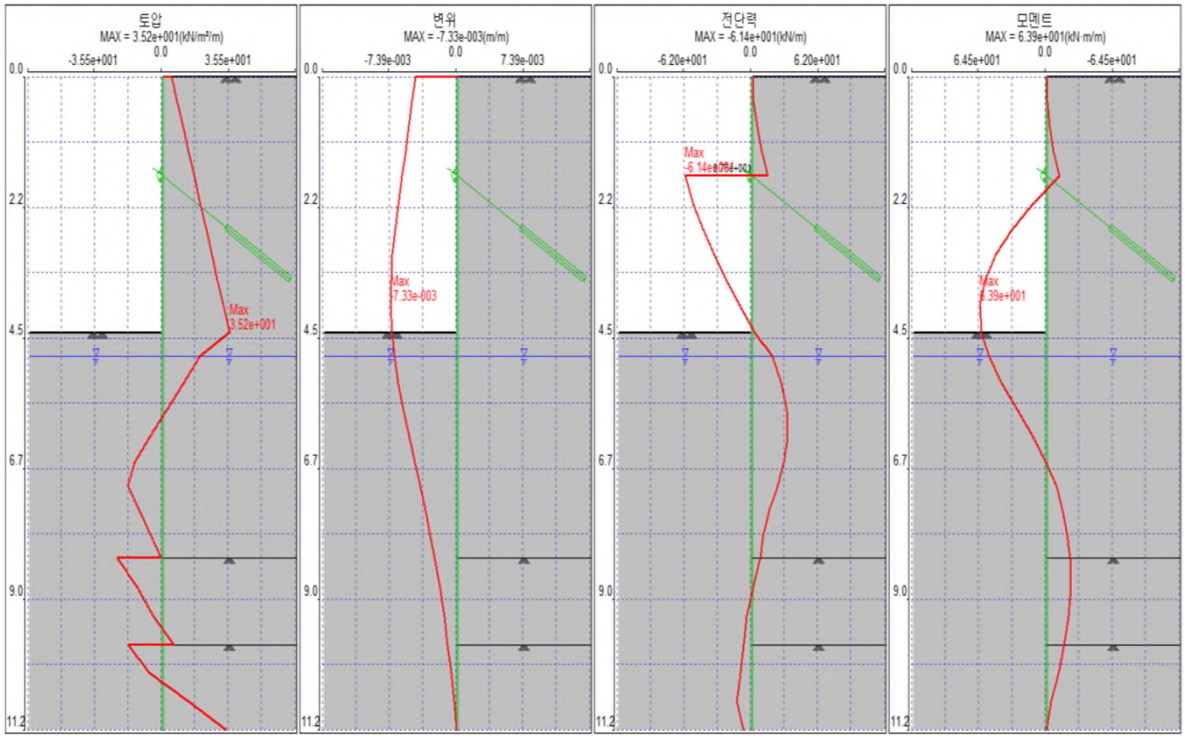
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 2.21 m]



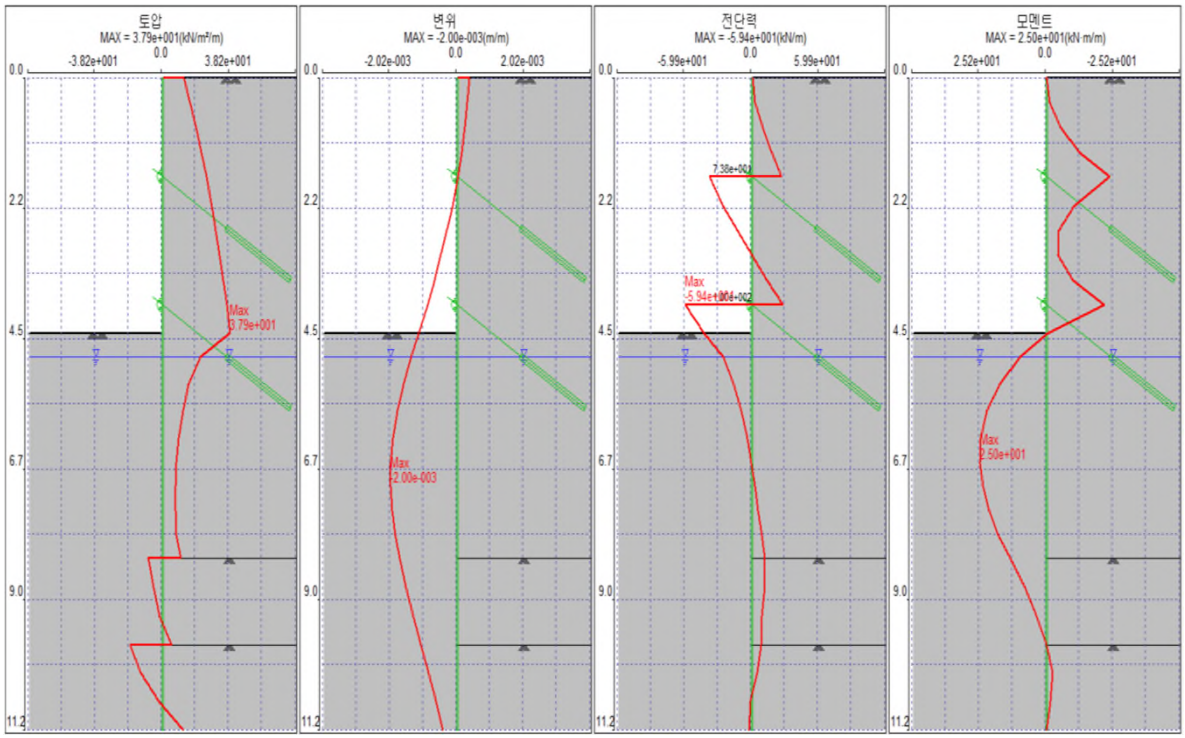
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



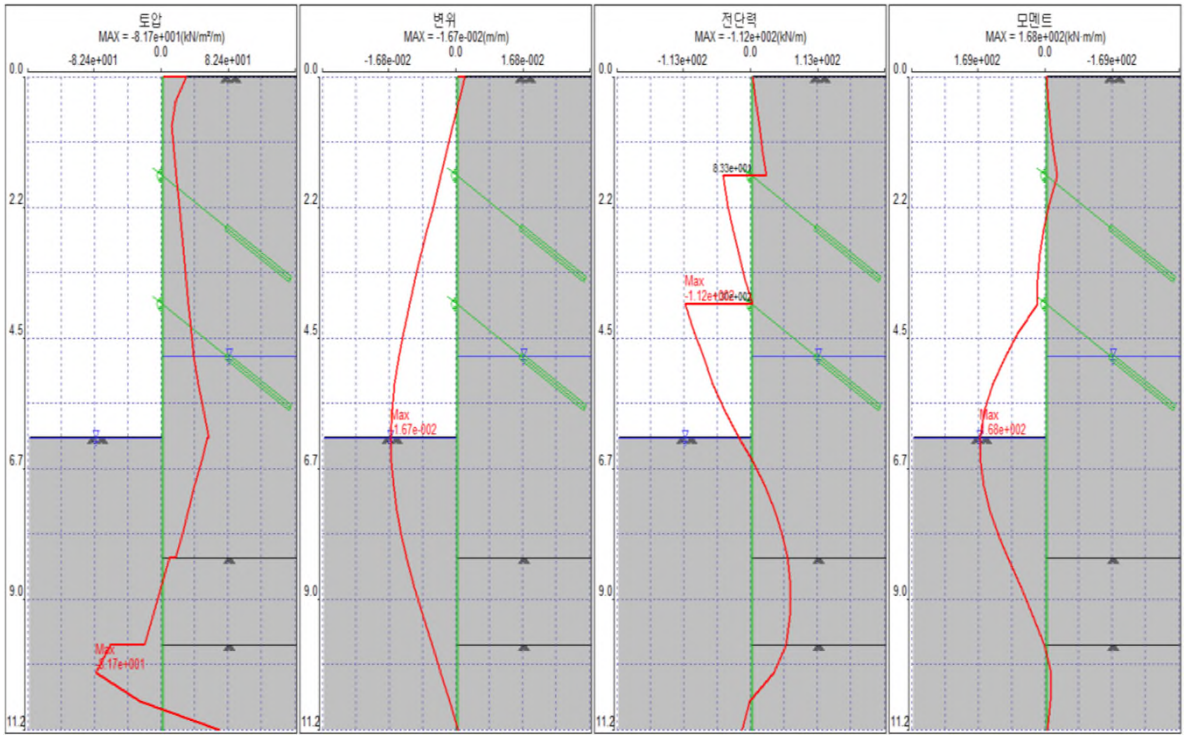
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.41 m]



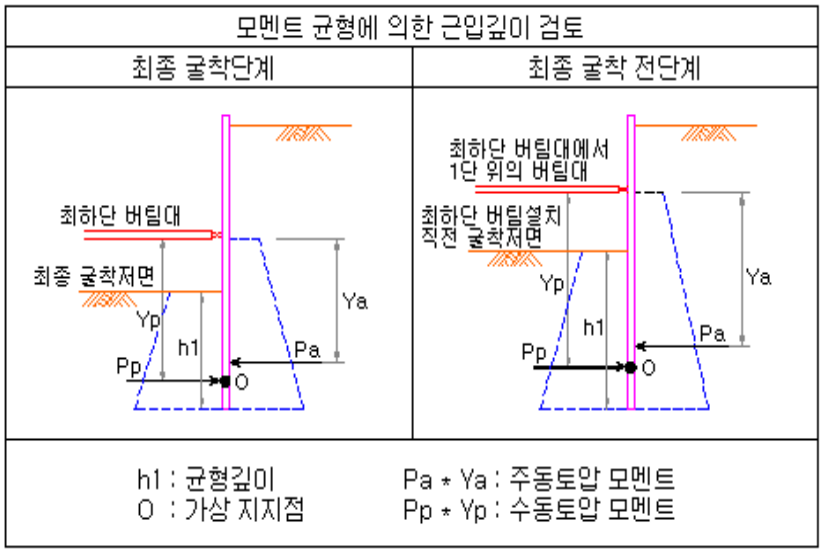
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.21 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	4.207	5.000	2253.789	2807.037	1.245	1.200	OK
최종 굴착 전단계	3.284	6.800	3470.393	6675.865	1.924	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.91 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 99.085 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.267 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 424.03 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.019 m

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

Ma = (99.085 x 1.267) + (424.03 x 5.019) = 2253.789 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 486.575 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.769 m

Mp = (Pp x Yp) = (486.575 x 5.769) = 2807.037 kN·m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2807.037 / 2253.789 = 1.245

S.F. = 1.245 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -1.71 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 71.109 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.512 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 506.117 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.645 m

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

Ma = (71.109 x 1.512) + (506.117 x 6.645) = 3470.393 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 905.498 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.373 m

Mp = (Pp x Yp) = (905.498 x 7.373) = 6675.865 kN·m

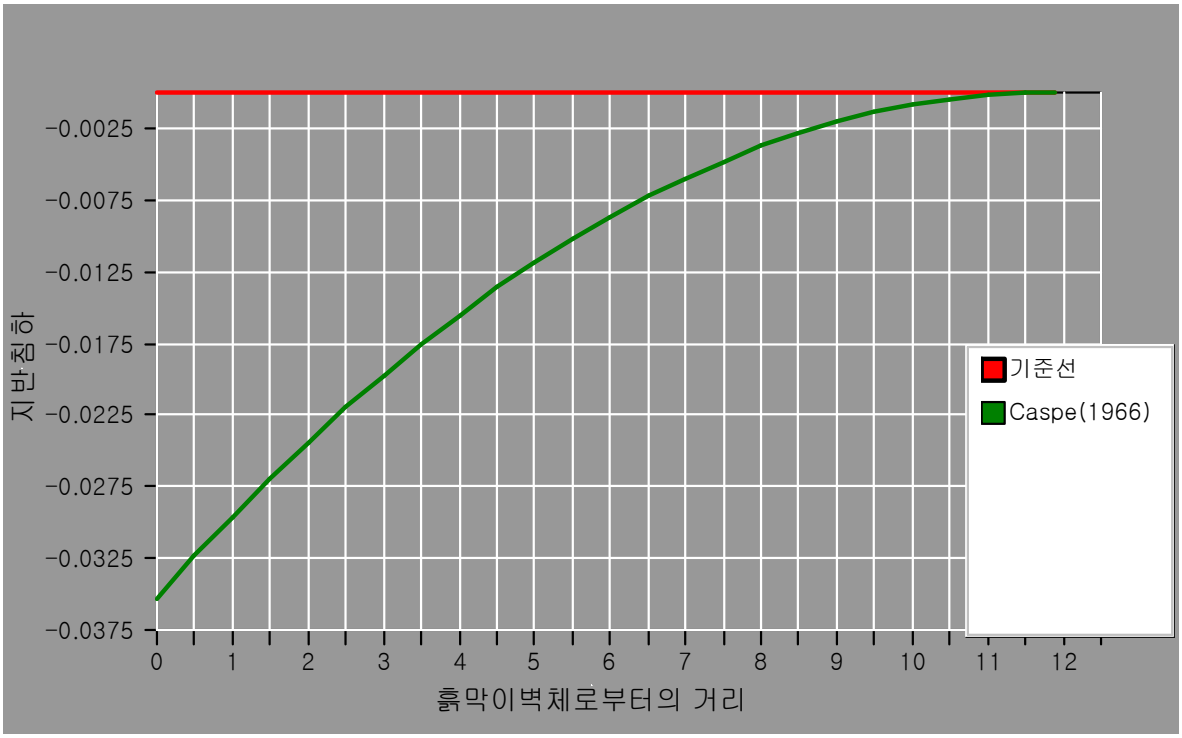
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 6675.865 / 3470.393 = 1.924

S.F. = 1.924 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.105 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 6.21 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 6.21 = 19.013 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 19.013 x tan(45-26/2) = 11.88 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.105 / 11.88 = -0.035 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.035 x ((11.88 - Xi) / 11.88)^2

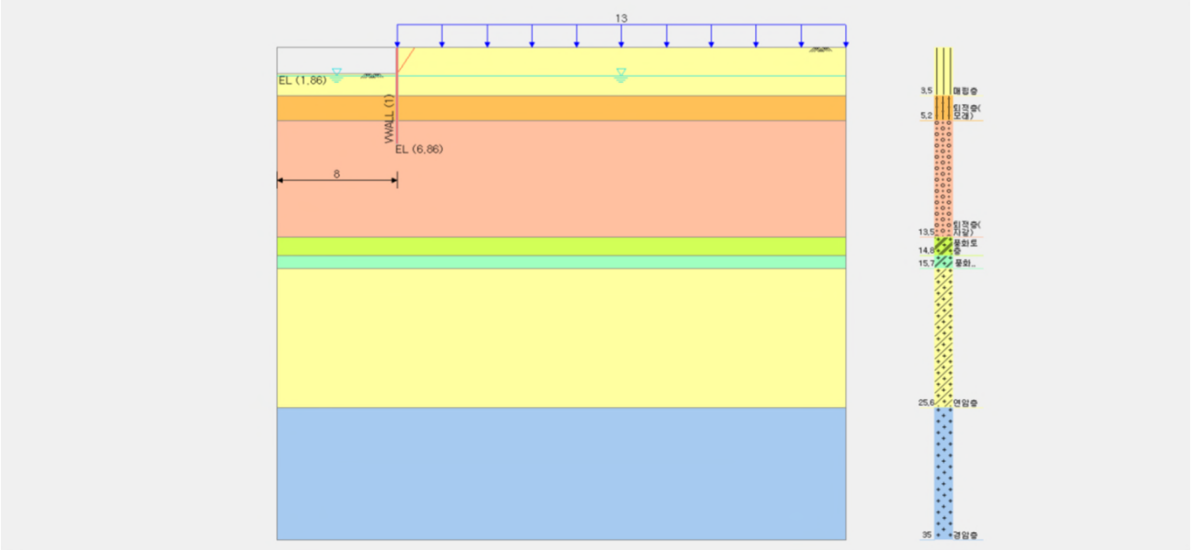
변 경

6. < 0+260(우) 검토결과>

목 차

1.표준단면
2.설계요약
3.설계조건
3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
3.2 재료의 허용응력
3.3 적용 프로그램
4. Sheet 설계
4.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 6.86m)
5.전산 입력 정보
6.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 6.86	휨응력	25.117	243.000	O.K	
		전단응력	2.484	135.000	O.K	

2.2 근입장 검토

구분	균형깊이 (m)	적용근입깊이 (m)	주동토압 모멘트(kN·m)	수동토압 모멘트(kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착단계	2.99	5.00	599.041	794.136	1.33	1.20	OK

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고

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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

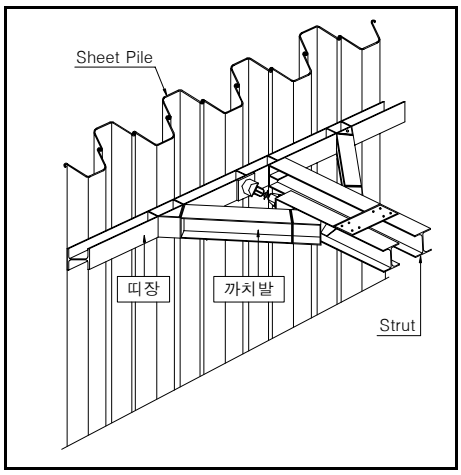
다. Rankine 토압

4. Sheet 설계

4.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 6.86m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 57.015 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS1 : 굴착 1.86 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 57.015 (kN·m/m) × 1.00 m = 57.015 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 32.734 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS1 : 굴착 1.86 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 32.734 (kN/m) × 1.00 m = 32.734 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{57.015 \times 10^6}{2270000.00} = 25.117 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{32.734 \times 10^{3}}{13180.00} = 2.484 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

5. 탄소성 입력 데이터

5.1 해석종류 : 탄소성보법

5.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

5.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 1.86 m, 전모델높이 = 35 m

5.4 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	3.46	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	5.18	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	13.47	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	14.79	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	15.71	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	25.60	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	경암층	35.00	26.00	27.00	1300.00	40.00	50	-	80000.00

5.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	6.86	1

5.6 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

5.7 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 2 m, 수위차 = 1.86 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.86	-	-	-	-	-	-	X	X

6. 해석 결과
6.1 전산 해석결과 집계

6.1.1 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 1.86 m	1.86	25.23	3.0	-32.73	6.0	0.86	0.0	-57.01	4.3
TOTAL		25.23	3.0	-32.73	6.0	0.86	0.0	-57.01	4.3

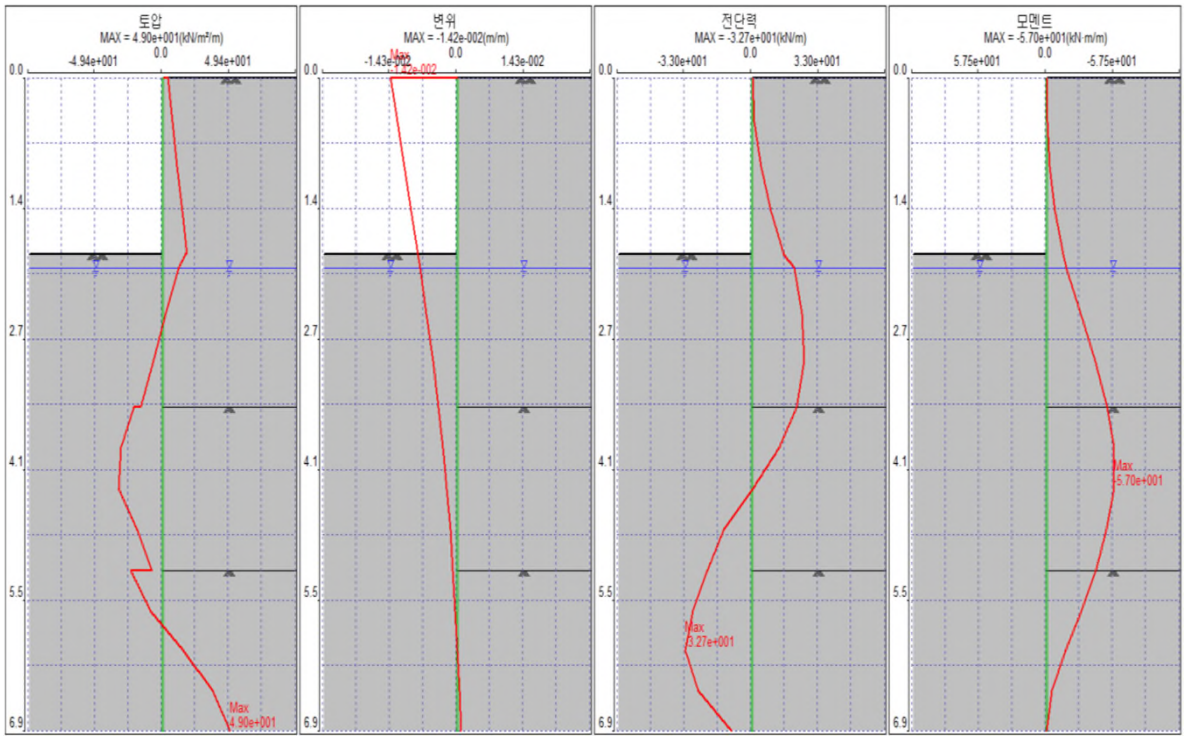
6.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

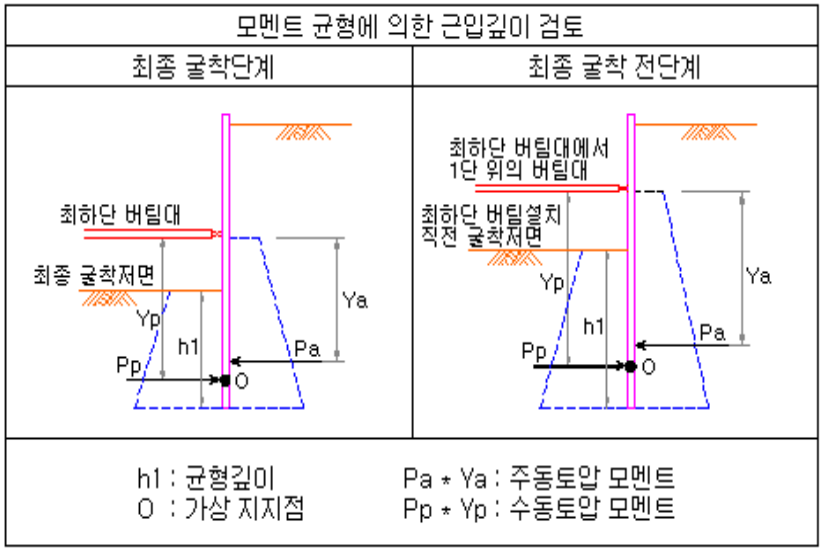
시공단계	굴착 깊이					
CS1 : 굴착 1.86 m	1.86					
TOTAL						

6.2 시공단계별 단면력도

1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.86 m]



6.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.993	5.000	599.041	794.136	1.326	1.200	OK

6.3.1 최종 굴착 단계의 경우

가상지지점을 중심으로 하는 주동측압과 수동측압의 모멘트 균형으로 결정한다.

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -6.86 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 21.599 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 5.753 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 235.325 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 2.018 m

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

Ma = (21.599 x 5.753) + (235.325 x 2.018) = 599.041 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 514.354 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 1.544 m

Mp = (Pp x Yp) = (514.354 x 1.544) = 794.136 kN · m

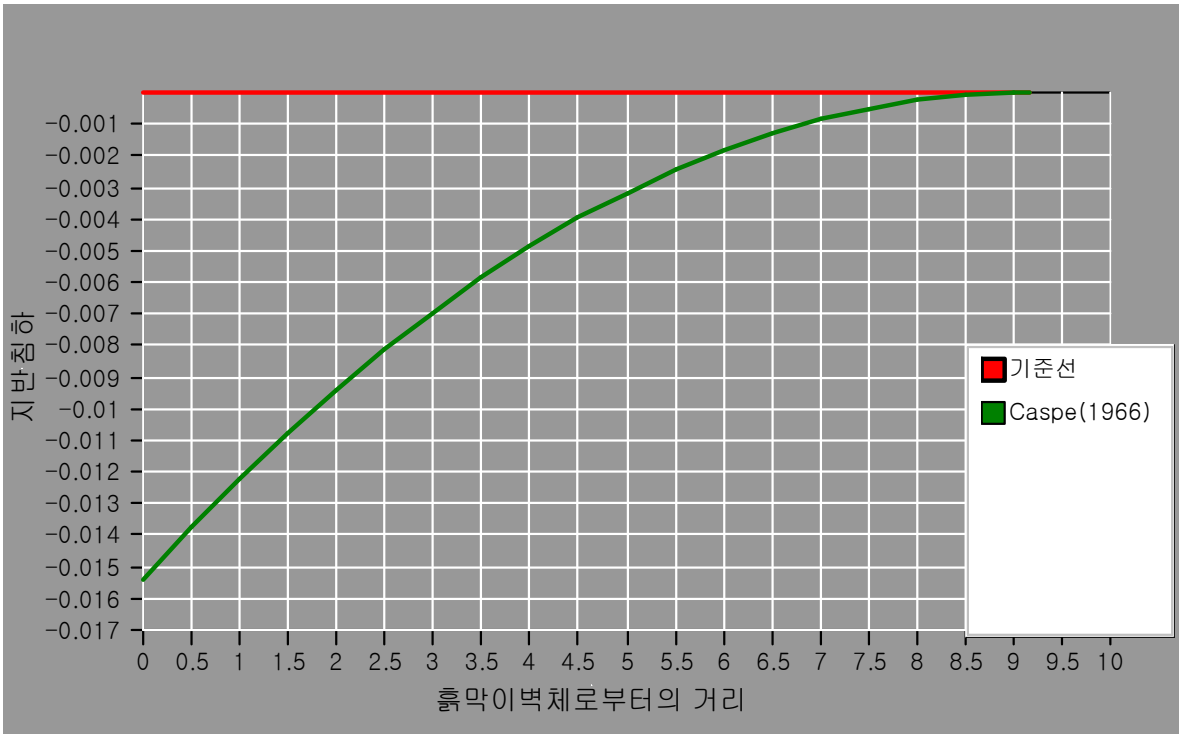
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 794.136 / 599.041 = 1.326

S.F. = 1.326 > 1.2 ... OK

6.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



6.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.035 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 1.86 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 1.86 = 14.663 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 14.663 x tan(45-26/2) = 9.162 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.035 / 9.162 = -0.015 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.015 x ((9.162 - Xi) / 9.162)^2

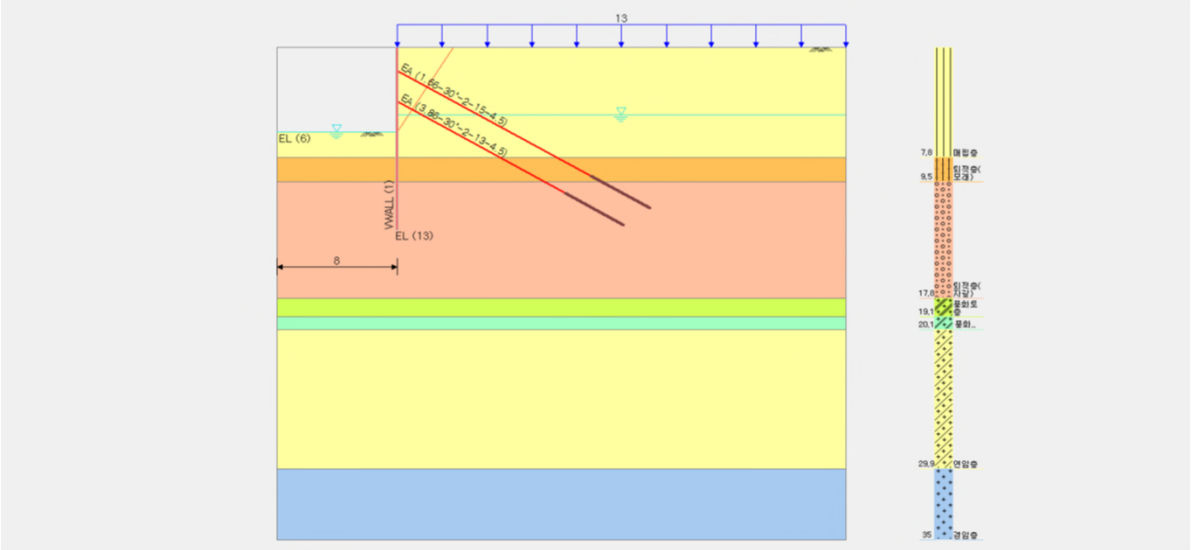
변 경

7. < 0+260(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 13.00m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	1.66	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	3.86	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	1.66	휨응력	27.361	177.660	O.K	
		전단응력	35.619	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	3.86	휨응력	36.089	177.660	O.K	
		전단응력	46.981	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 13.00	휨응력	53.682	243.000	O.K	
		전단응력	7.355	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	2.00	170.76	매립층	18	26	200
			퇴적(모래)	18	28	180
2단	2.00	235.75	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = **118.95** kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = **124.80** kN/ea

적용 **118.95** kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 170.76 / 118.95 = **1.44** 가닥

적용 **4** 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 235.75 / 118.95 = **1.98** 가닥

적용 **4** 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력

Pw' : Pw − T (매립층)

S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

La1 : 매립층 정착길이 = 3.14 m

La2 : 추가필요앵커정착부 마찰길이 m

1) 매립층

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La1}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 200 \times 3.14}{1.5} = 167.04 \text{ kN}$$

2) 퇴적(모래)

$$La2 = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{3.7 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = 0.08 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La)는 La1 + La2 = 3.14 + 0.08 = **3.22** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 170.76 ÷ 2 = 85.38 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{85.38}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \textbf{15.1} \text{ cm} \leq \textbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력
Pw' : Pw - T (퇴적(모래))
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항
La1 : 퇴적(모래) 정착길이 = 1.72 m
La2 : 추가필요앵커정착부 마찰길이 m

1) 퇴적(모래)

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La1}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 180 \times 1.72}{1.5} = 82.35 \text{ kN}$$

2) 퇴적(자갈)

$$La2 = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{153.40 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 450} = 1.28 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La)는 La1 + La2 = 1.72 + 1.28 = **3.002** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 235.8 ÷ 2 = 117.88 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{117.88}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{20.8} \text{ cm} \leq \mathbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. **자유장 계산**

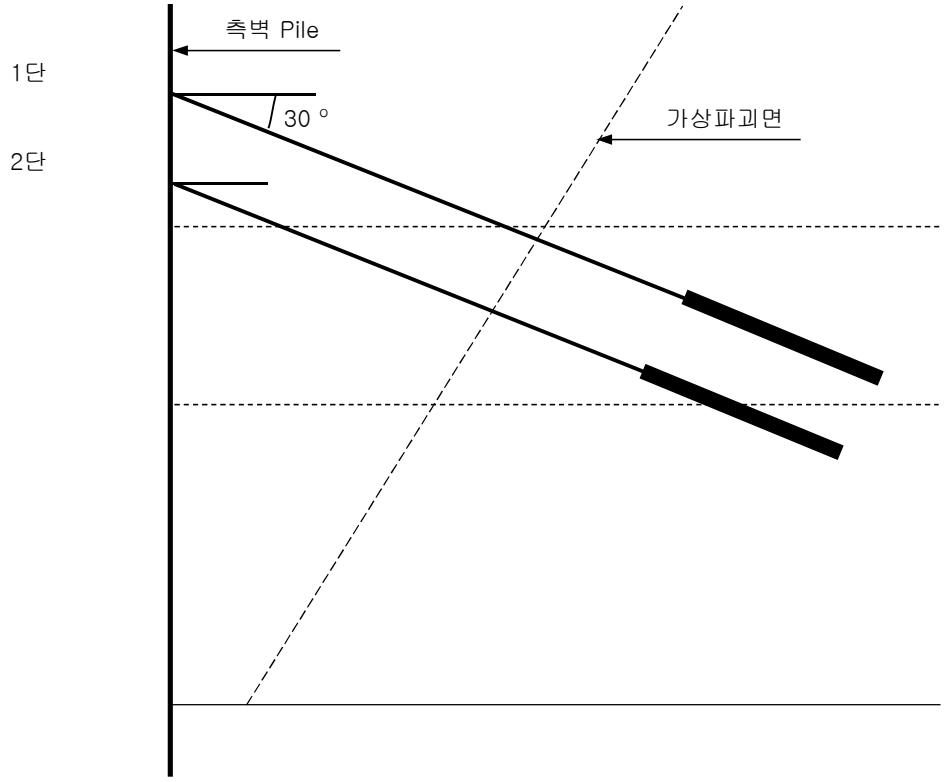
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	170.76 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	235.75 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta\ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta\ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta\ell \leq 6.0$ ㎜

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = \mathbf{47,381}\ N = \mathbf{47.38}\ kN$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (170.8 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{10.9\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 170.8 + 47.38 + 10.9 = \mathbf{229.0\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 = \mathbf{475.80}$ kN

$P_j < T_{at}$ 이어야 하므로, 229.0 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta\ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta\ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta\ell \leq 6.0$ ㎜

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = \mathbf{47,381}\ N = \mathbf{47.38}\ kN$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (235.8 + 47.38) x 5% = **14.2 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 235.75 + 47.38 + 14.2 = **297.3 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 297.3 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	2.00	170.76	10.0	4.5	1.5	16.0	229.04
2단	2.00	235.753	10.0	4.5	1.5	16.0	297.33

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로,
앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을
득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

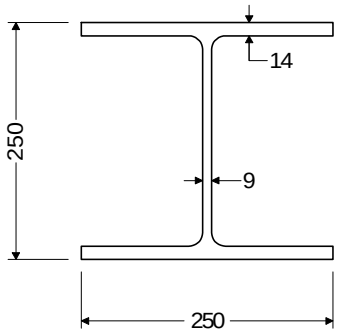
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

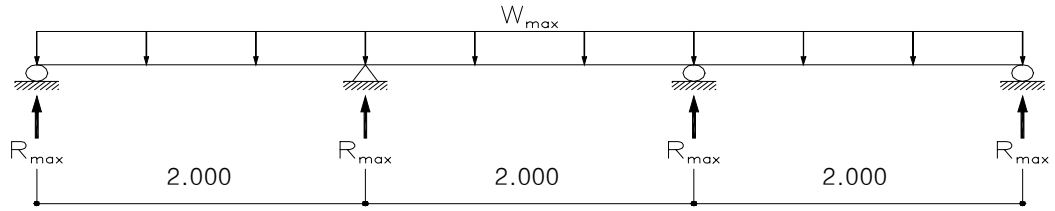
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



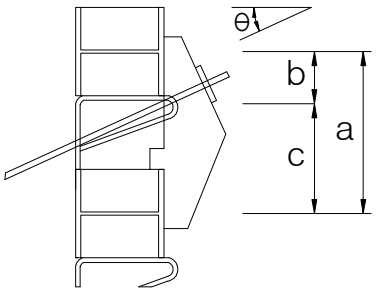
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 210.841 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 210.841 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 130.471 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 130.471 / (11 × 2.000)
= 59.305 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 59.305 × 2.000^2 / 10
= 23.722 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 59.305 × 2.000 / 10
= 71.166 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 23.722 x 1000000 / 867000.0 = 27.361 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 71.166 x 1000 / 1998 = 35.619 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (27.361 + 27.361) / 27.361

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 27.361 MPa ---> O.K

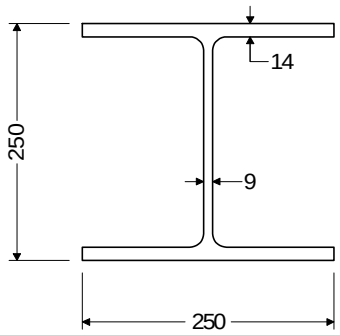
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 35.619 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

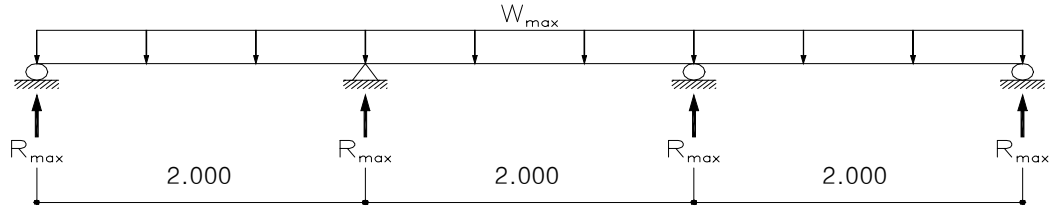
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



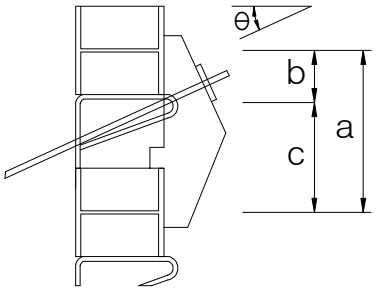
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 278.097 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 278.097 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 172.090 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 172.090 / (11 × 2.000)
= 78.223 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 78.223 × 2.000 ² / 10
= 31.289 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 78.223 × 2.000 / 10
= 93.868 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 31.289 x 1000000 / 867000.0 = 36.089 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 93.868 x 1000 / 1998 = 46.981 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (36.089 + 36.089) / 36.089$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (8.000 - 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 36.089 MPa ---> O.K

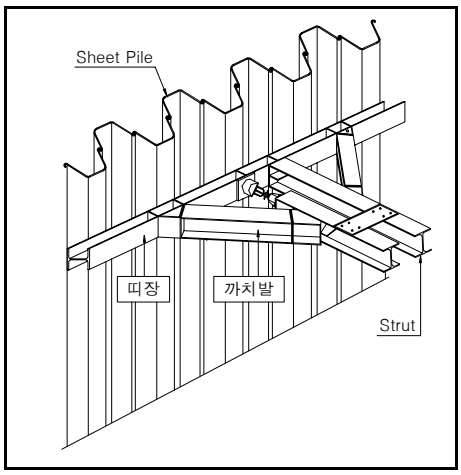
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 46.981 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 13.00m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 121.858 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 6 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 121.858 (kN·m/m) × 1.00 m = 121.858 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 96.944 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 6 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 96.944 (kN/m) × 1.00 m = 96.944 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{121.858 \times 10^6}{2270000.00} = 53.682 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{96.944 \times 10^{3}}{13180.00} = 7.355 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 6 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	7.81	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	9.53	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	17.82	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	19.15	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	20.06	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	29.95	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	경암층	35.00	26.00	27.00	1300.00	40.00	50	-	80000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	13	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	1.66	2	30	15	150
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	3.86	2	30	13	200

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 6 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	2.16	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	4.36	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	6.00	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 2.16 m	2.16	29.95	3.0	-21.41	6.0	0.76	0.0	-60.49	3.9
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	2.16	23.40	1.7	-40.93	1.7	12.61	4.4	-20.31	1.7
CS3 : 굴착 4.36 m	4.36	31.87	6.0	-59.99	1.7	62.37	3.9	-27.86	8.7
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.36	27.42	3.9	-59.51	3.9	24.71	6.5	-22.61	1.7
CS5 : 굴착 6 m	6.00	64.47	8.7	-96.94	3.9	121.86	6.0	-62.72	10.0
TOTAL		64.47	8.7	-96.94	3.9	121.86	6.0	-62.72	10.0

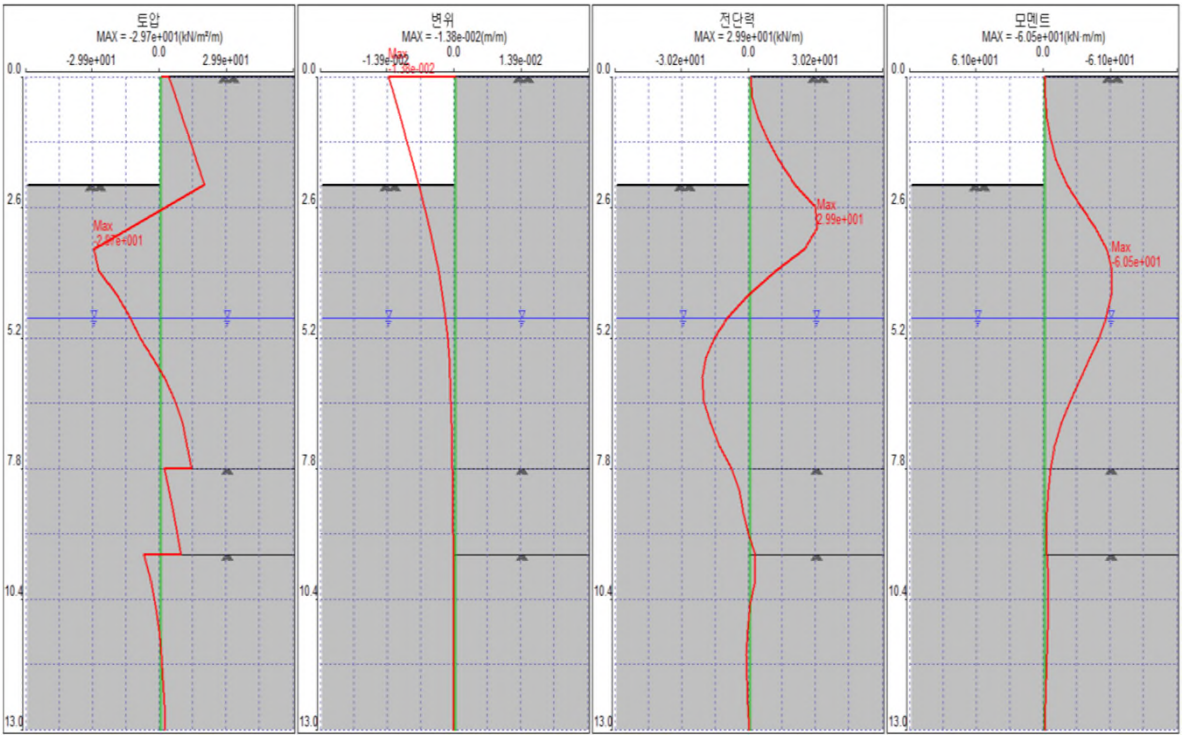
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

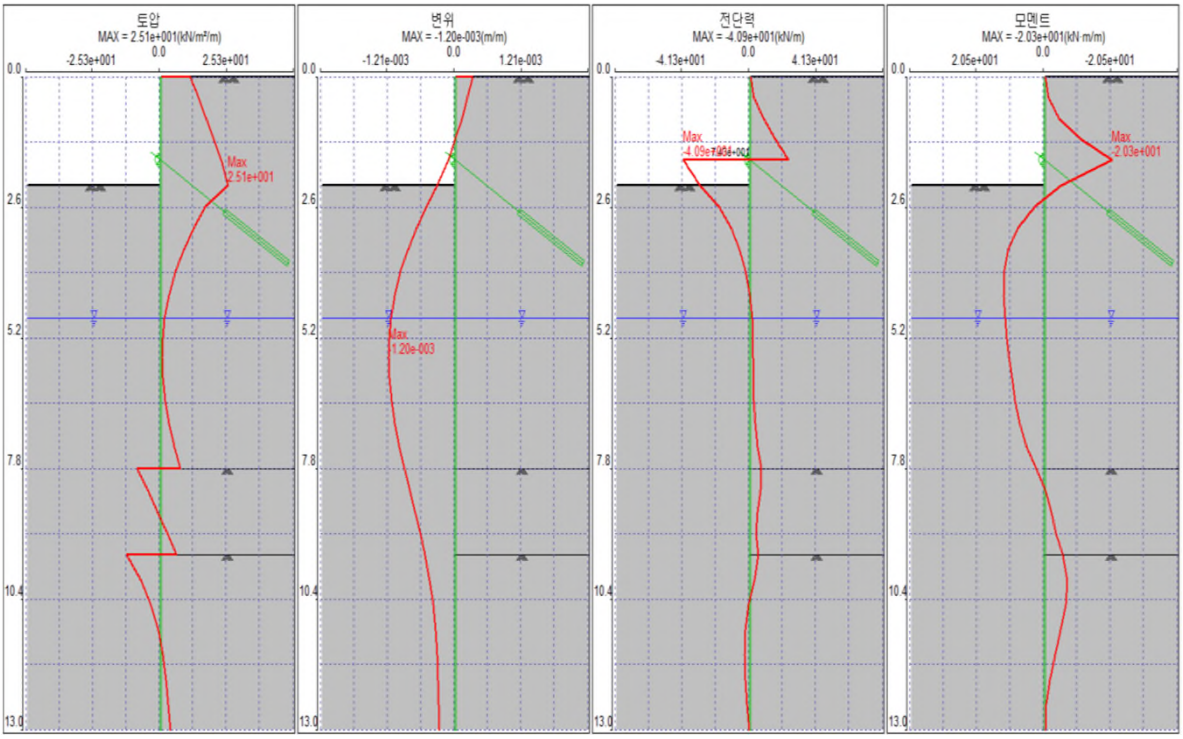
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		1.66 (m)	3.86 (m)			
CS1 : 굴착 2.16 m	2.16	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	2.16	74.28	-			
CS3 : 굴착 4.36 m	4.36	85.38	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.36	73.89	100.37			
CS5 : 굴착 6 m	6.00	79.02	117.88			
TOTAL		85.38	117.88			

8.2 시공단계별 단면력도

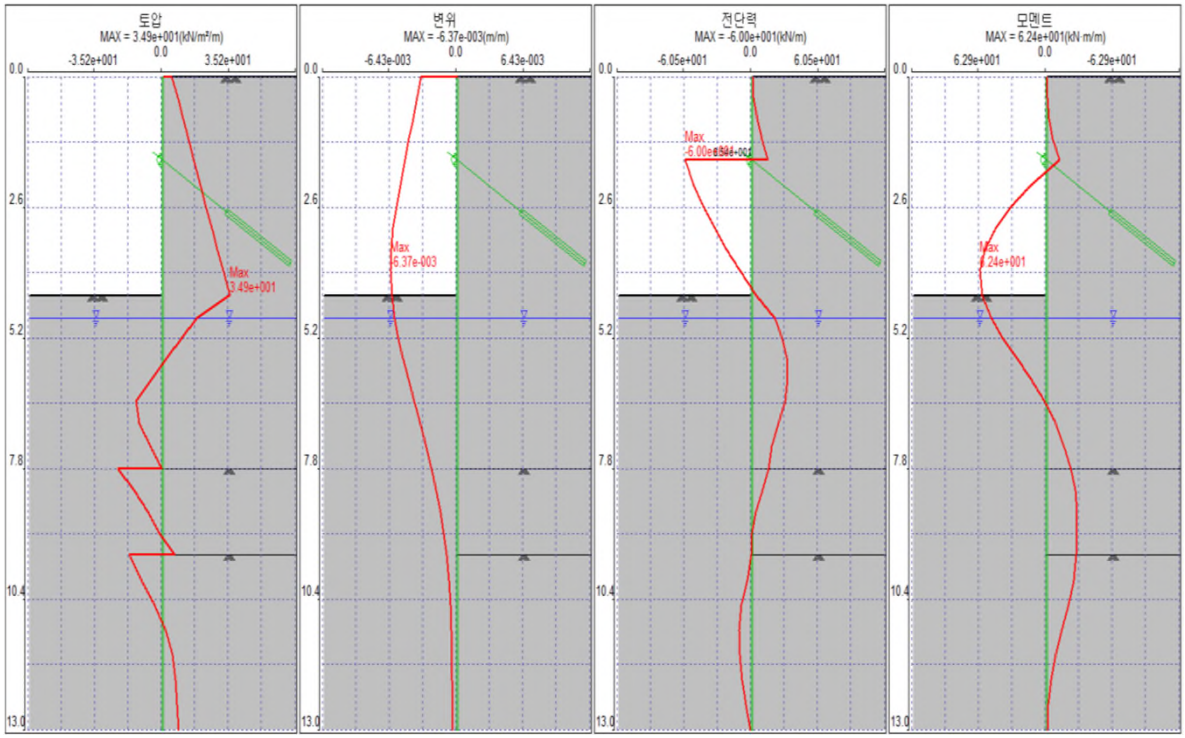
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 2.16 m]



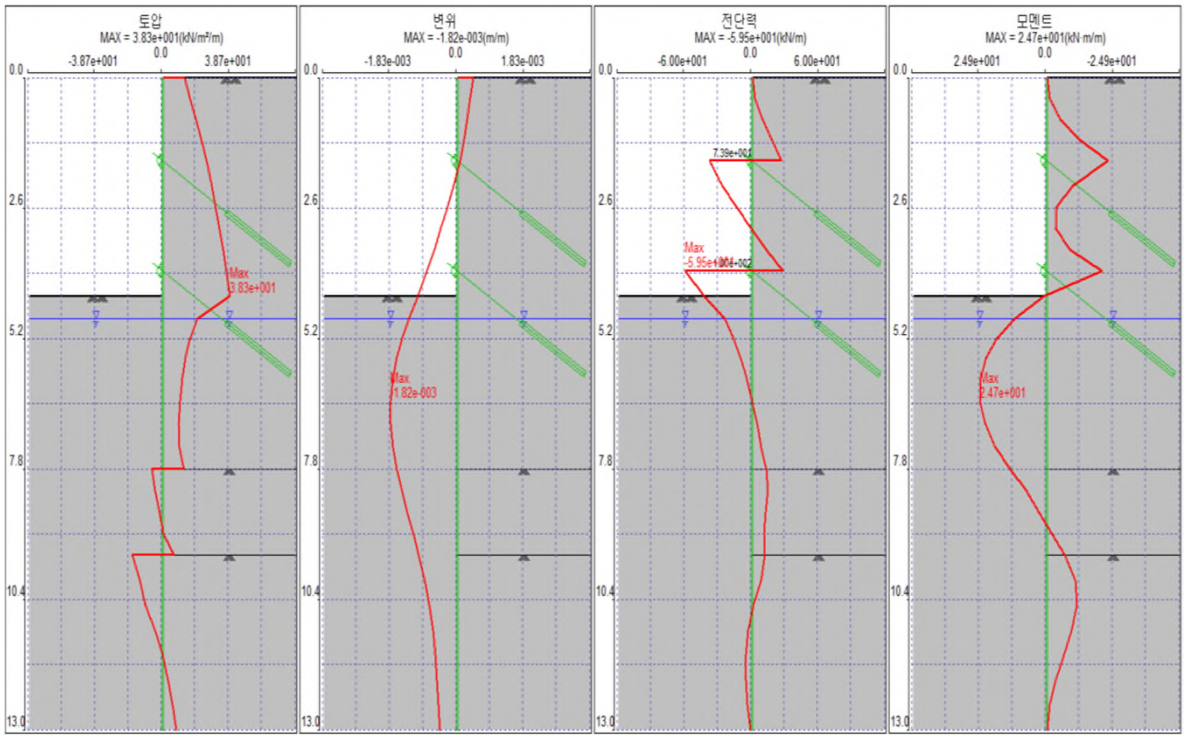
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



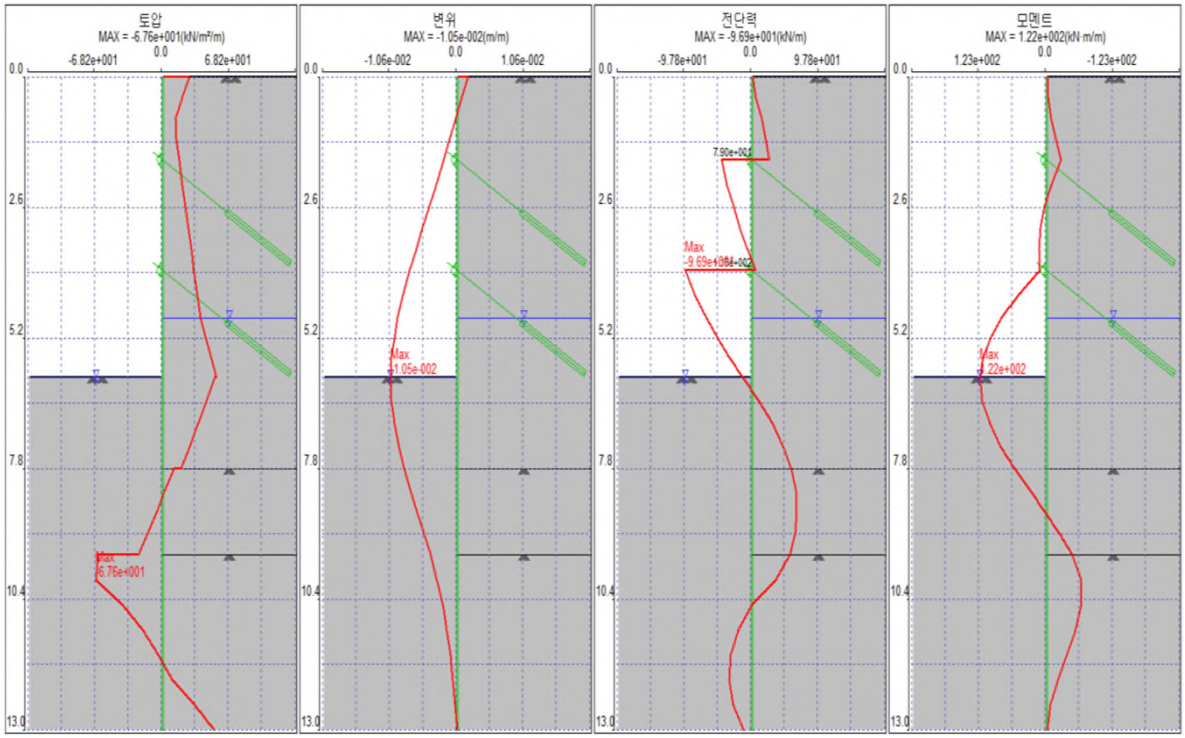
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.36 m]



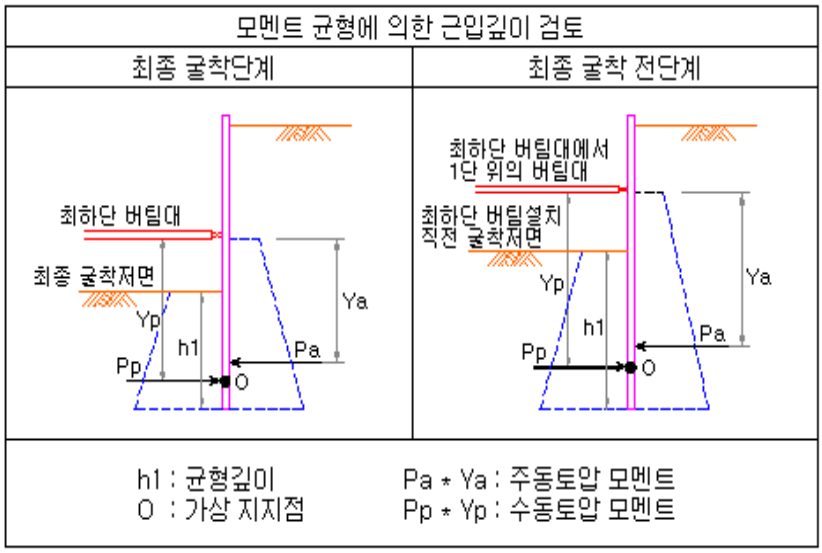
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	4.062	7.000	4010.693	7229.430	1.803	1.200	OK
최종 굴착 전단계	3.192	8.640	5686.339	13697.070	2.409	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.86 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 88.919 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.17 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 643.234 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.073 m

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

Ma = (88.919 x 1.17) + (643.234 x 6.073) = 4010.693 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1035.949 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.979 m

Mp = (Pp x Yp) = (1035.949 x 6.979) = 7229.43 kN·m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7229.43 / 4010.693 = 1.803

S.F. = 1.803 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -1.66 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 70.169 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.514 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 715.33 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.801 m

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

Ma = (70.169 x 1.514) + (715.33 x 7.801) = 5686.339 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1582.023 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.658 m

Mp = (Pp x Yp) = (1582.023 x 8.658) = 13697.07 kN·m

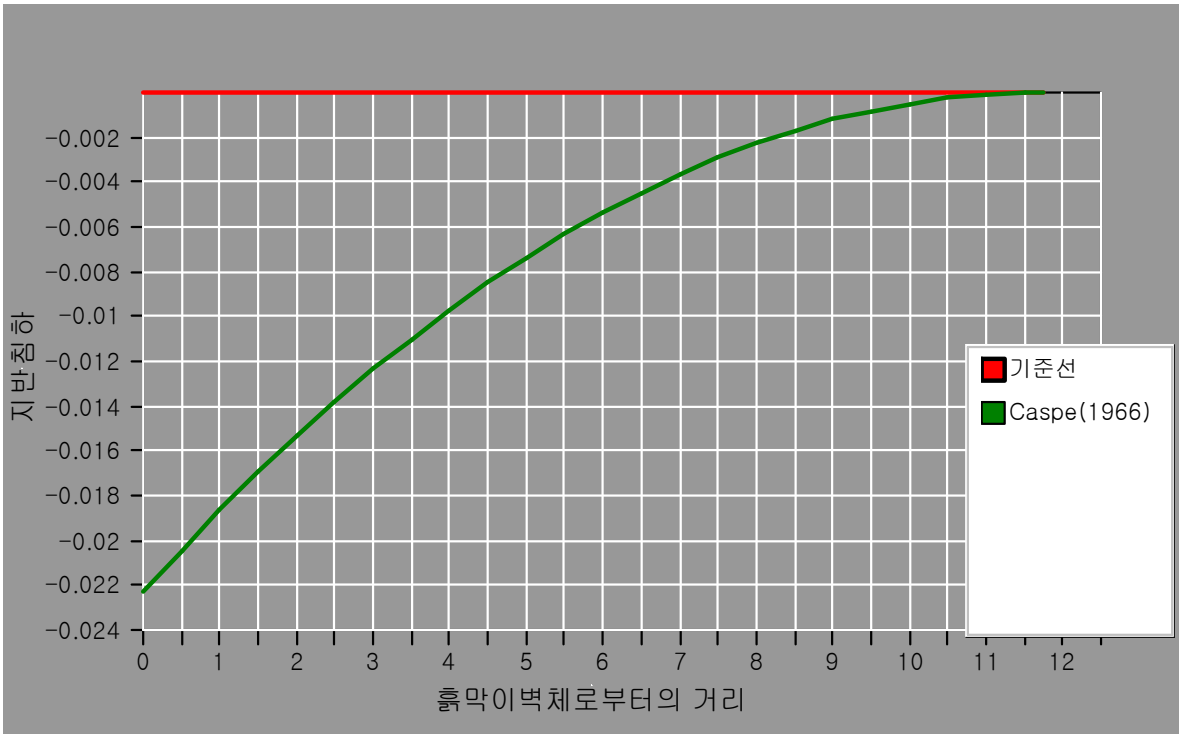
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 13697.07 / 5686.339 = 2.409

S.F. = 2.409 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.066 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 6 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 6 = 18.803 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 18.803 x tan(45-26/2) = 11.749 m

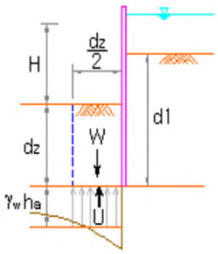
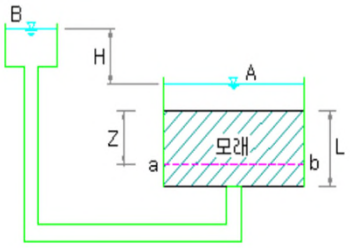
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.066 / 11.749 = -0.022 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.022 x ((11.749 - Xi) / 11.749)^2

8.5 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	21.000	244.790	11.657	0.079	0.991	12.557	2.000	OK

8.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 0.600 x 7 / 2 = 21

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 9.991 x 7^2 / 2 = 244.79

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 244.79 / 21 = 11.657

S.F. = 11.657 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

8.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 1.2 / 15.2 = 0.079

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 9.913 / 10 = 0.991

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 0.991 / 0.079 = 12.557

S.F. = 12.557 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

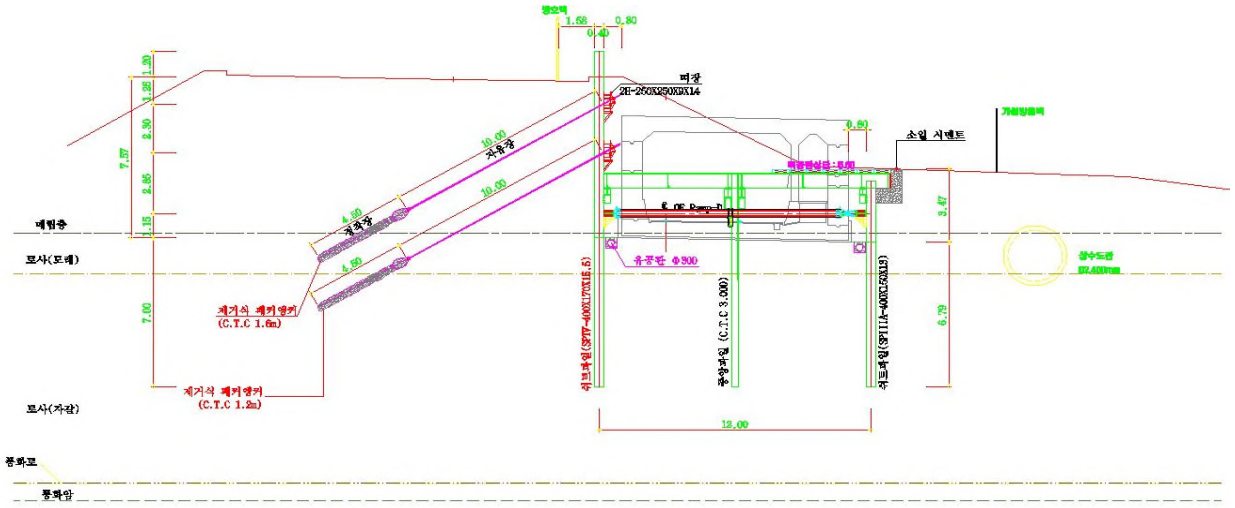
변 경

8. Ramp-D. 0+260~0+280(좌)

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (Strut-3)
7.2 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
8.띠장 설계
8.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
8.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
8.3 Strut-3 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 14.57m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


1.68
0.80
0.40
1.20
1.20
2.30
7.57
2.85
1.15
7.00
10.00
10.00
4.50
4.50
0.80
3.47
6.79
12.00
매립층
모사(모래)
모사(자갈)
풍화토
풍화암
소일 시멘트
유공관 Φ300
제기식 제키앵커
(C.T.C 1.6m)
제기식 제키앵커
(C.T.C 1.2m)
중앙부재 (C.T.C 3.000)

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	85.545	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	37.795	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	94.756	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	77.371	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	111.594	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	79.356	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-3 P 406.4x9	6.41	휨응력	20.604	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.994	163.253	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.669	106.692	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	1.26	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	3.56	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	1.26	휨응력	25.670	182.844	O.K	
		전단응력	32.489	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	3.56	휨응력	29.670	188.028	O.K	
		전단응력	50.069	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	6.41	휨응력	54.869	171.711	O.K	
		전단응력	30.347	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	70.511	177.023	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	49.574	172.630	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우)	0.00 ~	휨응력	112.960	243.000	O.K	
J:SP-IV(SY295(SY30)	14.57	전단응력	11.714	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor, Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut – P 406.4x9 수평간격 : 3.00 m

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.60 m

Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.20 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 250x250x9/14(SS400)	-	
	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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 압 축 응 력	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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

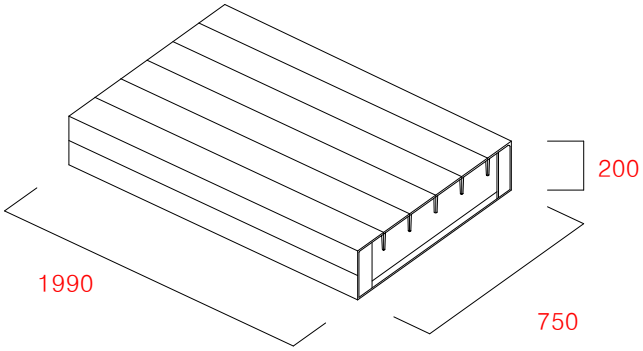
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

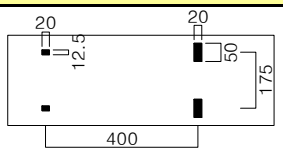
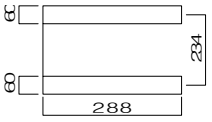
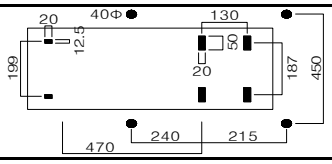
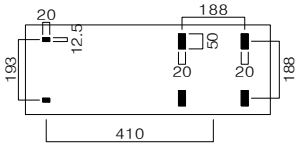
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

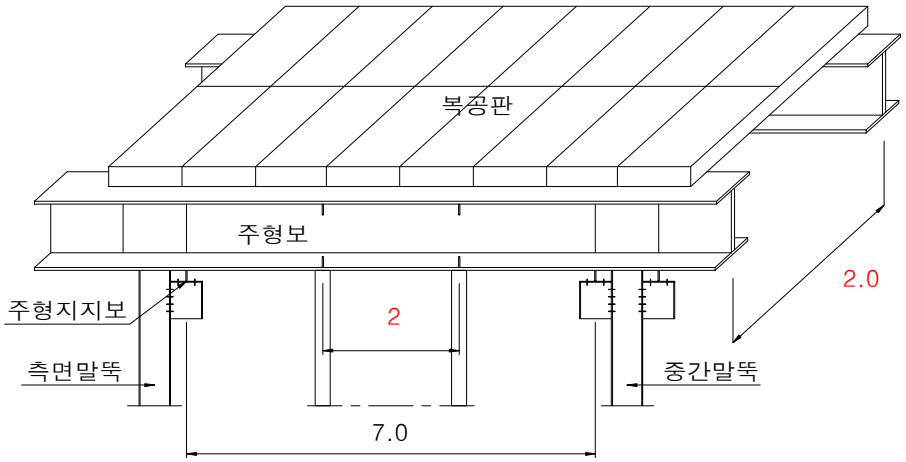
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

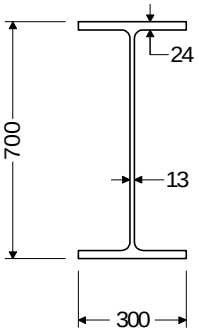
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

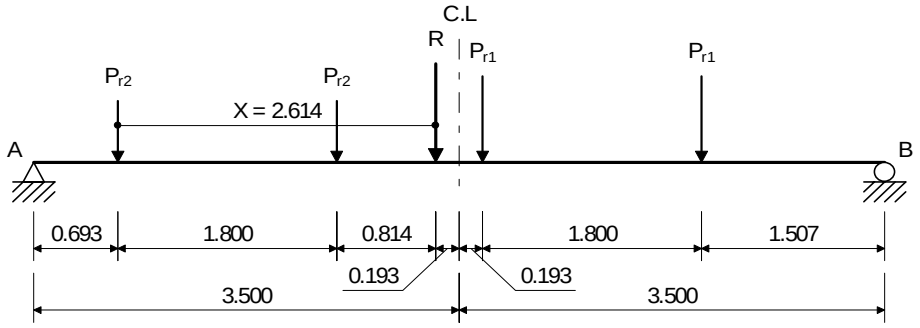
(3) 전륜하중

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

(4) 차선별 최대 휨모멘트 산정

① 2 차선 재하시 (후륜하중)

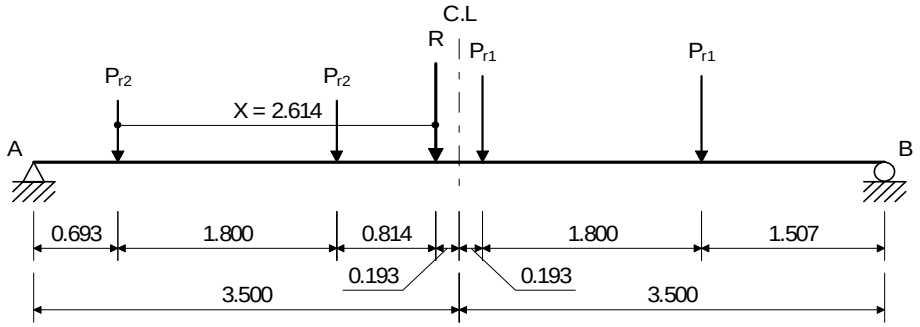


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

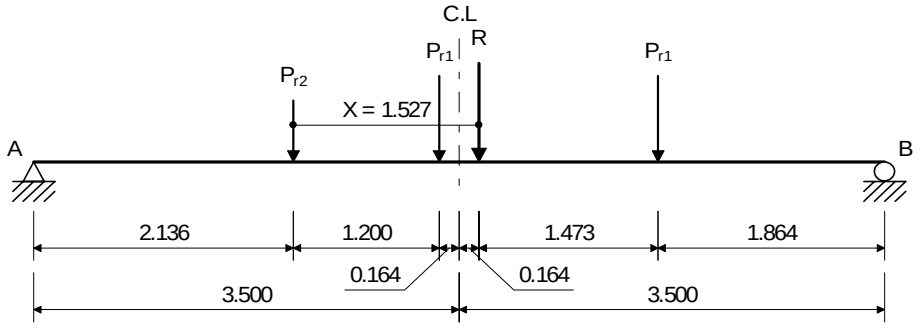
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

② 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

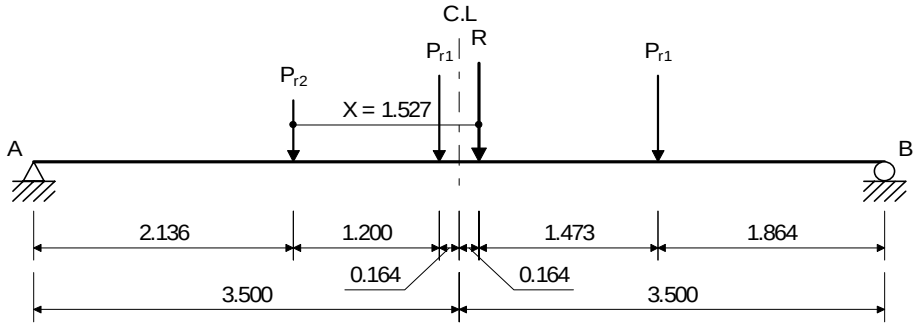


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

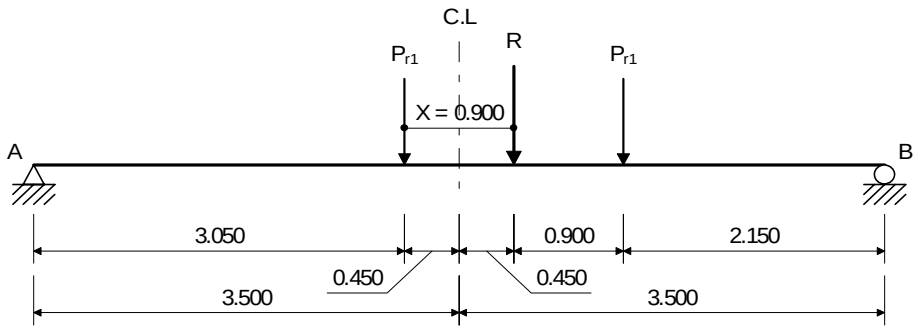
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

③ 1 차선 재하시 (후륜하중)

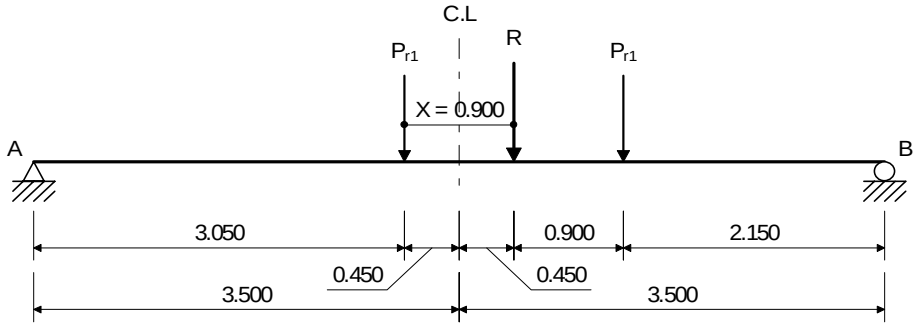


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = Pr1 x 2 = 124.800 x 2
= 249.600 kN

X = (Pr1 x 1.800) / R
= (124.800 x 1.800) / 249.600
= 0.900 m

b. 최대 휨모멘트

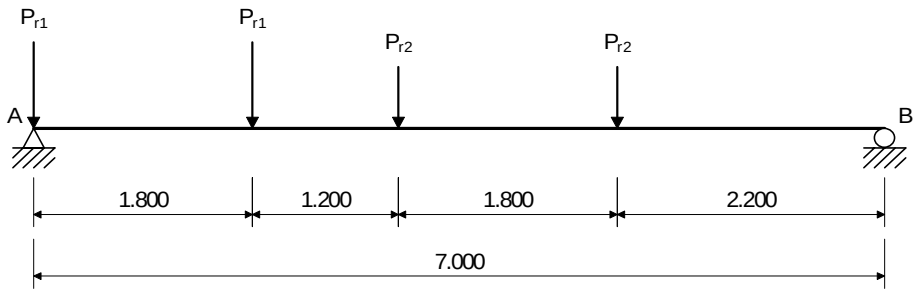


R_a = (Pr1 x 3.950 + Pr1 x 2.150) / L
= (124.800 x 3.950 + 124.800 x 2.150) / 7.000
= 108.754 kN

M_l = (Ra x 3.050) x 1.00
= (108.754 x 3.050) x 1.00
= 331.701 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200) / 7.000

= 300.411 kN

S_l = 300.411 x 1.00 = 300.411 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 457.841 = 492.738 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 300.411 = 320.353 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 492.738 x 1000000 / 5760000.0 = 85.545 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 320.353 x 1000 / 8476 = 37.795 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (85.545 + 85.545) / 85.545

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 85.545 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 37.795 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 457.841 / 1.300 = 352.185$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 352.185 / (7.00 \times 7.00) = 57.500$ kN/m

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

$= 5 \times 57.500 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.259$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

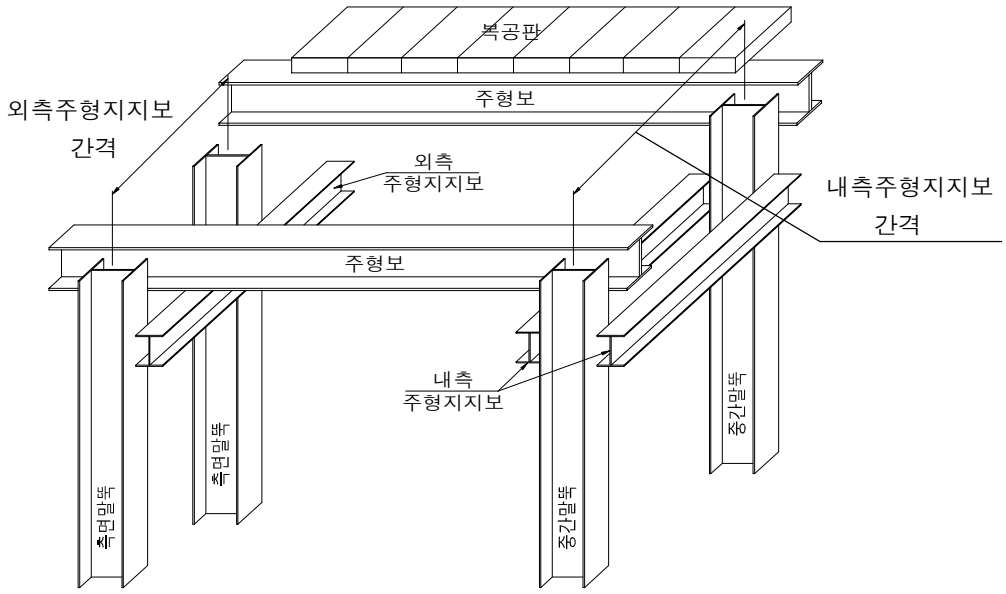
= 17.500 mm > δ_l = 4.259 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

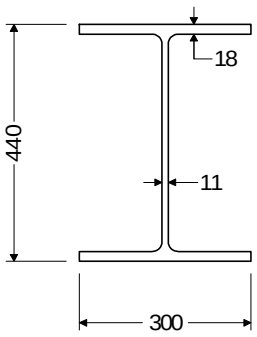
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

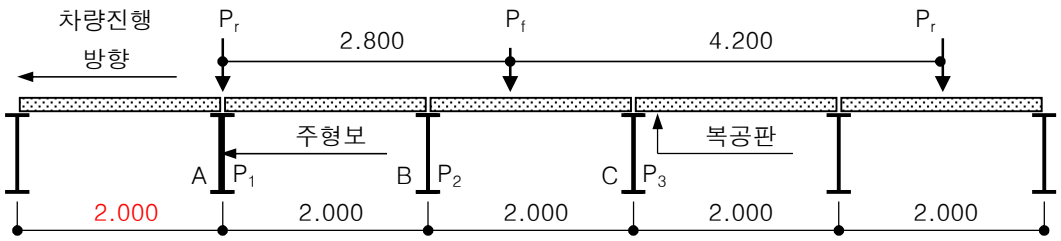


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



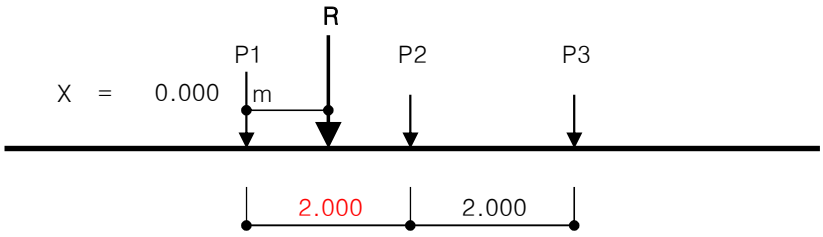
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 300.411 = 320.353 kN

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

= 19.941 + 75.103 x 1.200 / 2.000 = 65.003 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

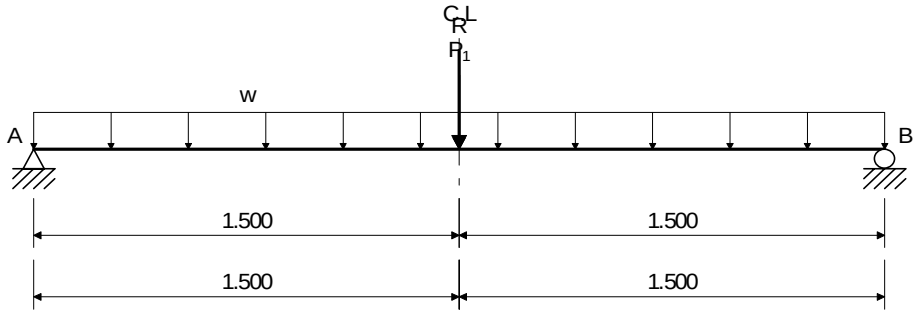


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 320.353$
$= 320.353$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 320.353$
$= 0.000$ m

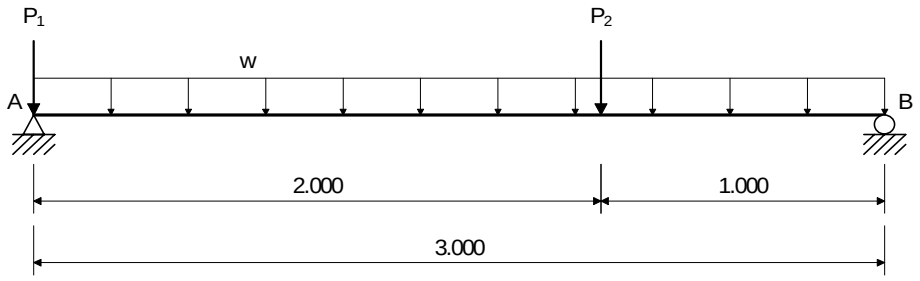
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (320.353 \times 1.500) / 3.000$
$= 160.176$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (160.176 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 241.628$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (320.353 x 3.000 + 65.003 x 1.000) / 3.000
= 342.020 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 342.020 + 1.212 x 3.00 / 2
= 343.838 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 241.628 x 1000000 / 2550000.0 = 94.756 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 343.838 x 1000 / 4444 = 77.371 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (94.756 + 94.756) / 94.756
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 94.756 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 77.371 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

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

= 343838 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

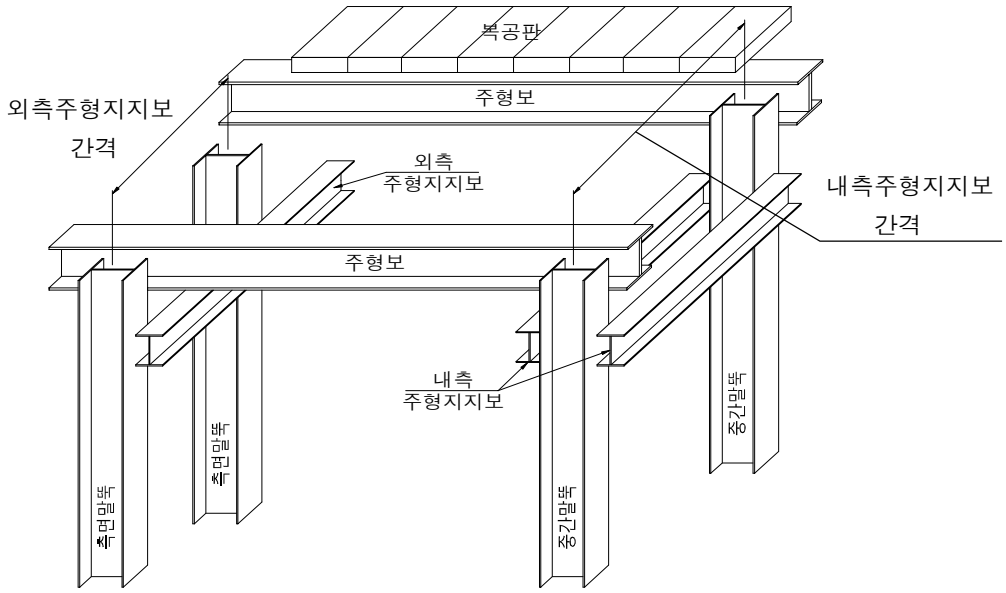
= 4.50 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.50 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

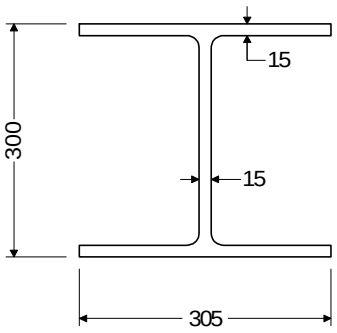
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

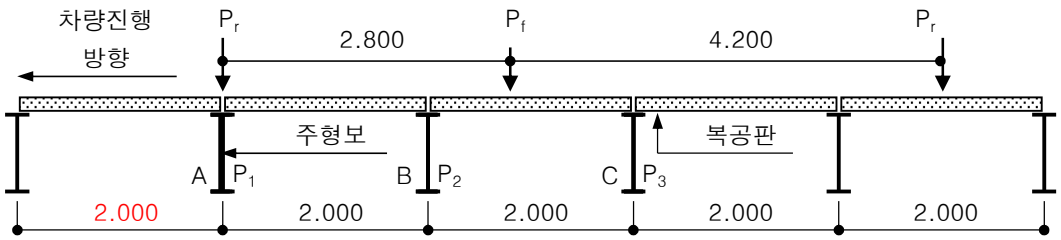


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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**



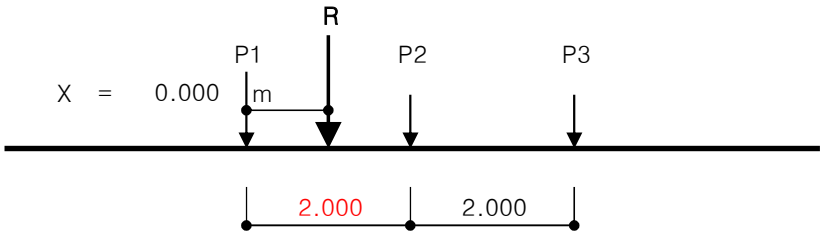
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 300.411 = 320.353 kN

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

= 19.941 + 75.103 x 1.200 / 2.000 = 65.003 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

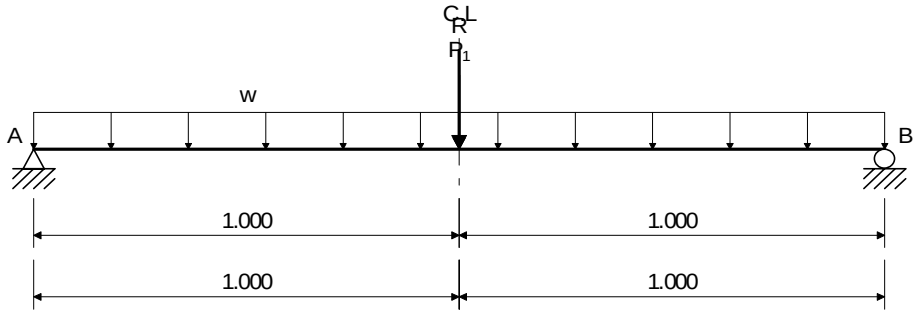


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 320.353$
$= 320.353$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 320.353$
$= 0.000$ m

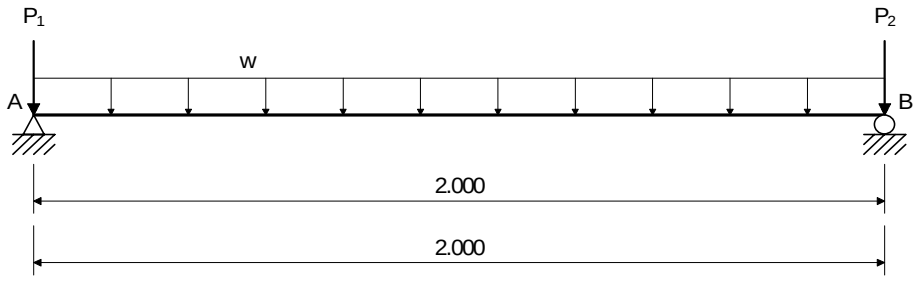
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.000) / L$
$= (320.353 \times 1.000) / 2.000$
$= 160.176$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.000) + w \times L^2 / 8$
$= (160.176 \times 1.000) + 1.038 \times 2.00^2 / 8$
$= 160.695$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (320.353 x 2.000 + 65.003 x 0.000) / 2.000
= 320.353 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 320.353 + 1.038 x 2.00 / 2
= 321.390 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 160.695 x 1000000 / 1440000.0 = 111.594 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 321.390 x 1000 / 4050 = 79.356 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (111.594 + 111.594) / 111.594
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 111.594 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 79.356 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

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

= 321390 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.21 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.21 ea ---> O.K

7.지보재 설계

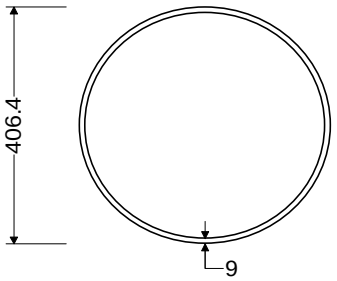
7.1 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.000 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} = 76.085 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 7.57 m)
= 76.085 x 3.00 / 1 단
= 228.256 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 228.256 + 120.0 = 348.256 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.000 x 6.000 / 8 / 1 단
= 22.500 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.000 / 2 / 1 단
= 15.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.500 x 1000000 / 1092000.0 = 20.604 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 348.256 x 1000 / 11236.2 = 30.994 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{15.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.669 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.080 x 9)

= 20.908 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.080

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (51.599 − 10.390) / 51.599

= 0.799 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6000 / 140.5

42.705 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (42.705 − 20))

= 163.253 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 163.253 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (42.705)^2

= 888.311 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 163.253 MPa > f_c = 30.994 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 20.604 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.669 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{30.994}{163.253} + \frac{20.604}{189.000 \times (1 - (30.994 / 888.311))}$$

$$= 0.303 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 30.994 + \frac{20.604}{1 - (30.994 / 888.311)}$$

$$= 52.343 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.303 , 0.277)

= 0.303 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{51.599}{163.253} + \left\{ \frac{2.669}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.317 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

7.2 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	1.60	152.30	매립층	18	26	200
			퇴적(모래)	18	28	180
2단	1.20	236.30	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서 시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tend	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극한하중(Pu) : 183 kN
- 항복하중(Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = **118.95** kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = **124.80** kN/ea

적용 118.95 kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요강선수(n) = Pw / 118.95 = 152 / 118.95 = **1.28** 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요강선수(n) = Pw / 118.95 = 236 / 118.95 = **1.99** 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력

Pw : Pw − T (매립층)

S.F : 안전율 2 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

La1 : 매립층 정착길이 = 2.15 m

La2 : 추가필요앵커정착부 마찰 m

1) 매립층

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.13 \times 200 \times 2.15}{2} = 114.53 \text{ kN}$$

2) 퇴적(모래)

$$La = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{37.8 \times 2}{\pi \times 0.13 \times 180} = 0.79 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La La1 + La2 = 2.15 + 0.79 = **2.94** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 152 ÷ 2 = 76.1 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{76.1}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{13.5} \text{ cm} \leq \mathbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력
Pw : Pw - T (퇴적(모래))
S.F : 안전율 2 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항
La1 : 퇴적(모래) 정착길 = 1.34 m
La2 : 추가필요앵커정착부 마찰 m

1) 퇴적(모래)

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.13 \times 180 \times 1.34}{2} = 64.16 \text{ kN}$$

2) 퇴적(자갈)

$$La = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{172 \times 2}{\pi \times 0.13 \times 450} = 1.44 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La La1 + La2 = 1.34 + 1.44 = **2.78** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 236 ÷ 2 = 118.1 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{118.1}{\pi \times 0.09 \times 2000} = 20.9 \text{ cm} \leq 30.00 \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. 자유장 계산

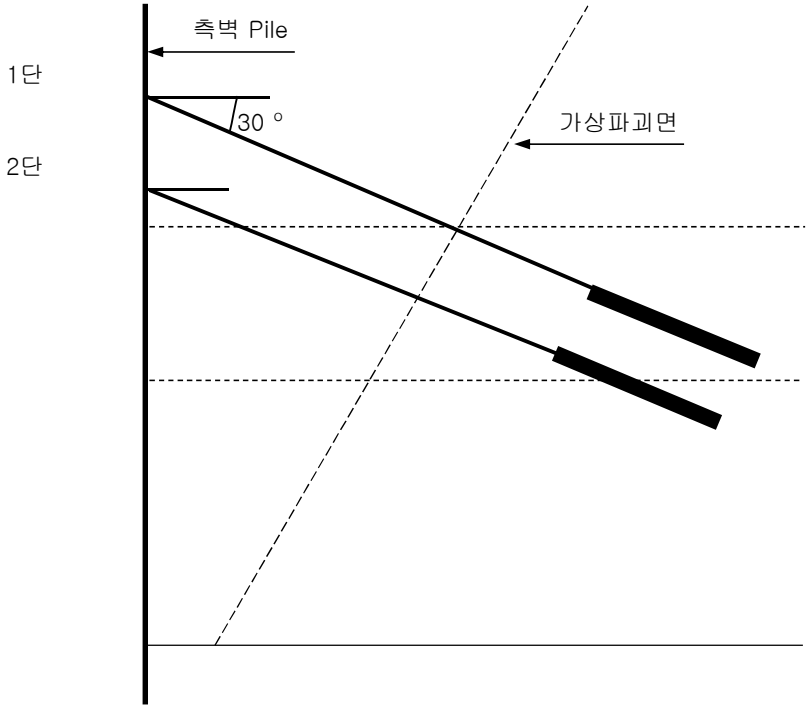
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	152.30 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	236.30 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47,381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (152.3 + 47.38) x 5% = **10 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L$ = 152.3 + 47.38 + 10.0 = **209.7 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 0 × 4 = **0.00** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 209.7 kN < 0.00 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47,381 \text{ N} = \mathbf{47.38} \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (236.3 + 47.38) x 5% = **14.2 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L$ = 236.3 + 47.38 + 14.2 = **297.9 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 0 × 4 = **0.00** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 297.9 kN < 0.00 kN ∴ O.K

7. RESULT

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	1.60	152.2992	10.0	4.5	1.5	16.0	209.68
2단	1.20	236.2992	10.0	4.5	1.5	16.0	297.88

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.
* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로,
앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을
득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

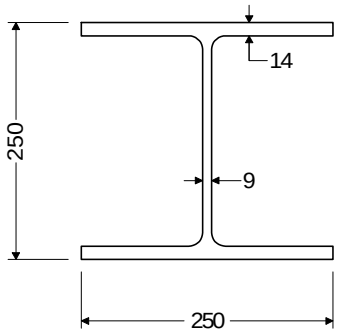
8.띠장 설계

8.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

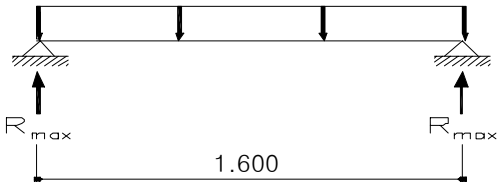
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



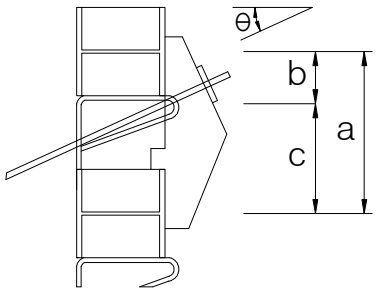
(2) 띠장 계산지간 : 1.600 m

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} = 194.812 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 194.812 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 120.552$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 120.552 / (13 \times 1.600)$
$= 69.549$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 69.549 \times 1.600^2 / 8$
$= 22.256$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 69.549 \times 1.600 / 12$
$= 64.913$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.256 x 1000000 / 867000.0 = 25.670 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 64.913 x 1000 / 1998 = 32.489 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (25.670 + 25.670) / 25.670

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1600 / 250

= 6.400 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.400 − 4.5))

= 182.844 MPa

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

= 182.844 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.844 MPa > f_b = 25.670 MPa ---> O.K

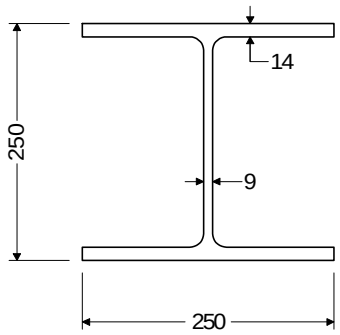
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 32.489 MPa ---> O.K

8.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

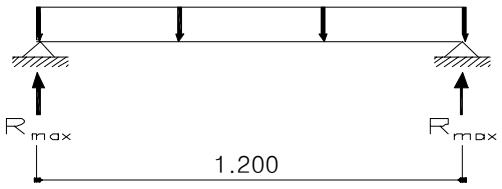
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



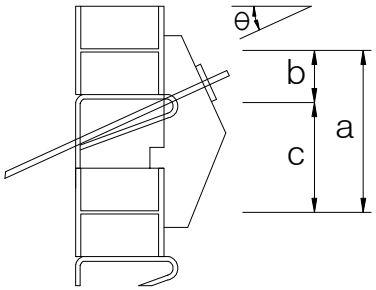
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 300.225 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 300.225 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 185.784 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 185.784 / (13 × 1.200)
= 142.911 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 142.911 × 1.200 ² / 8
= 25.724 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 142.911 × 1.200 / 12
= 100.037 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 25.724 x 1000000 / 867000.0 = 29.670 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 100.037 x 1000 / 1998 = 50.069 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (29.670 + 29.670) / 29.670$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (4.800 − 4.5))

= 188.028 MPa

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

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 29.670 MPa ---> O.K

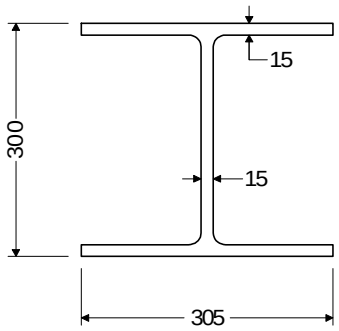
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 50.069 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

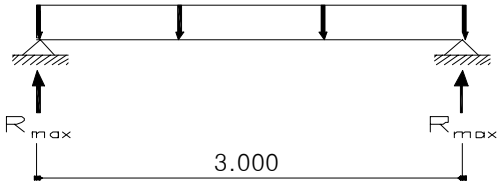
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 76.085 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 7.57 m)

$P = 76.085 \times 3.00\ m / 1\ ea = 228.256\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 228.256 / (13 \times 3.000)$
$= 70.233\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 70.233 \times 3.000^{2} / 8$
$= 79.012\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 70.233 \times 3.000 / 12$
$= 122.907\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 79.012 \times 1000000 / 1440000.0 = 54.869$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 122.907 \times 1000 / 4050 = 30.347$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (54.869 + 54.869) / 54.869$
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 54.869$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 30.347$ MPa ---> O.K

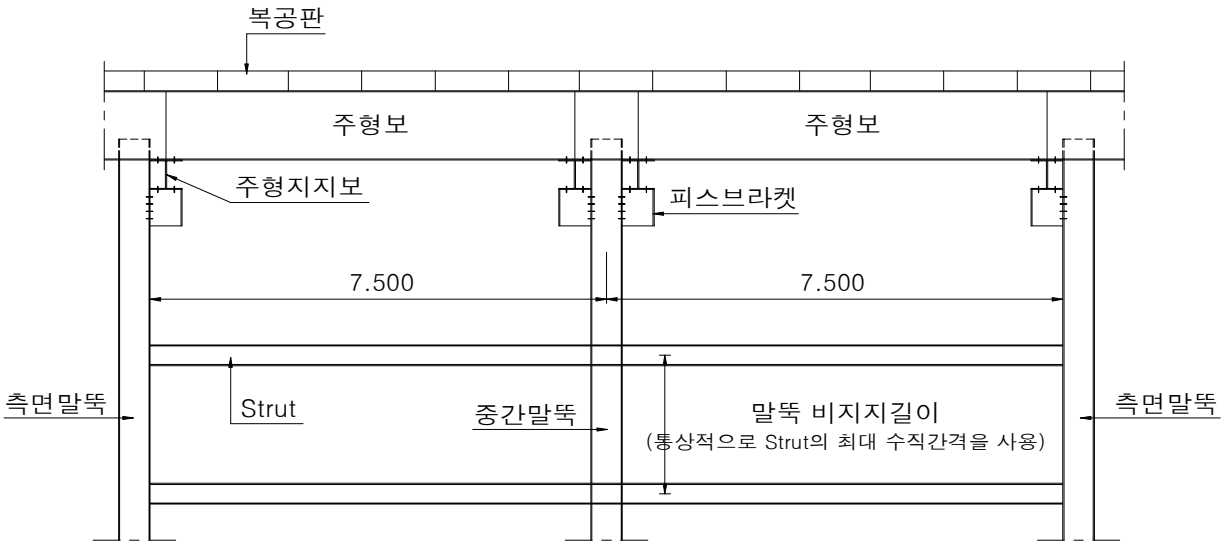
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.500 + 7.500 = 15.000 m

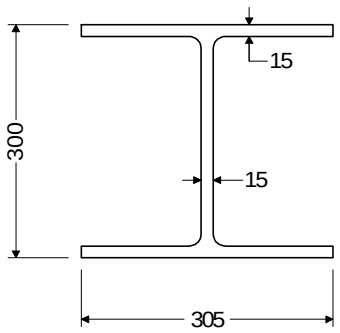
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

다. 주형보 간격 : 2.00 m



라. 사용강재 : H 300x305x15/15(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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 15.440 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 15.876 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 1.635 kN

ΣP_s = 37.731 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 7.500) / 2 = 21.366 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 7.500) / 2 = 21.366 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

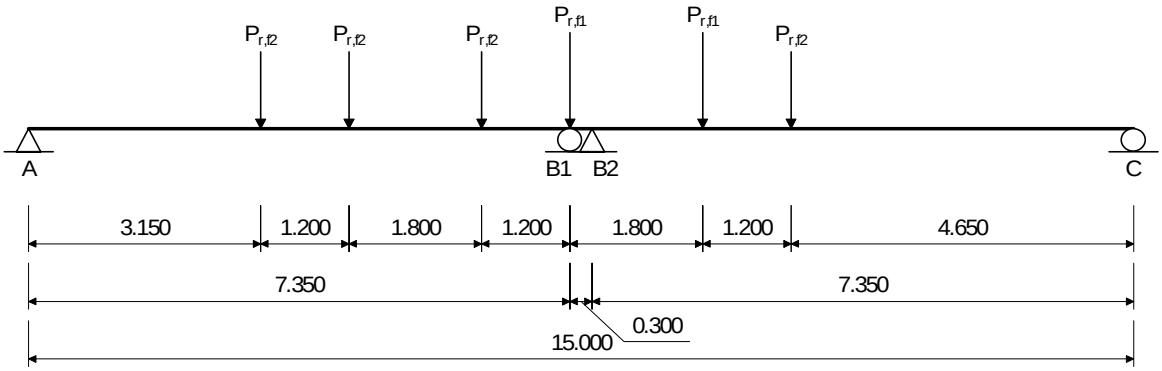
(2) 전륜하중

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 1.5 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) / 7.350

= 298.629 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650) / 7.350

= 158.547 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 298.629 x 1.00 = 298.629 kN

P_{r2} = 158.547 x 1.00 = 158.547 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) / 7.350

= 74.657 kN

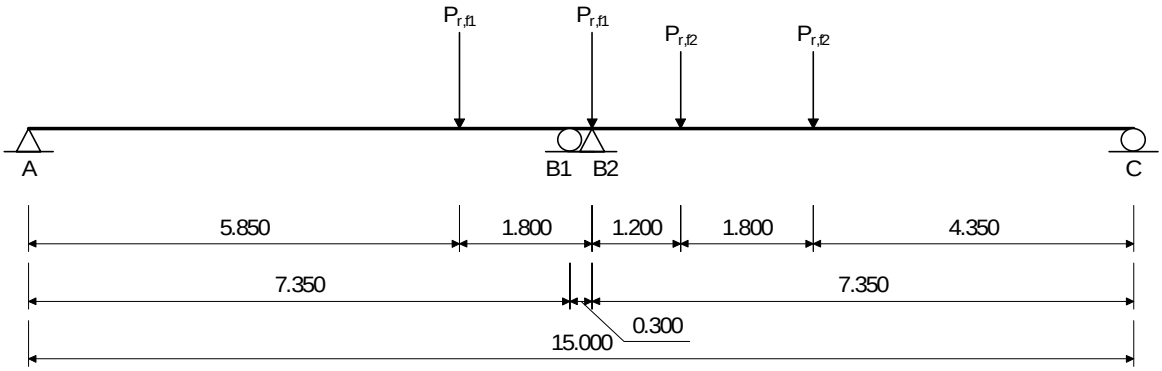
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650) / 7.350

= 39.637 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 74.657 x 1.00 = 74.657 kN

P_{f2} = 39.637 x 1.00 = 39.637 kN

② 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

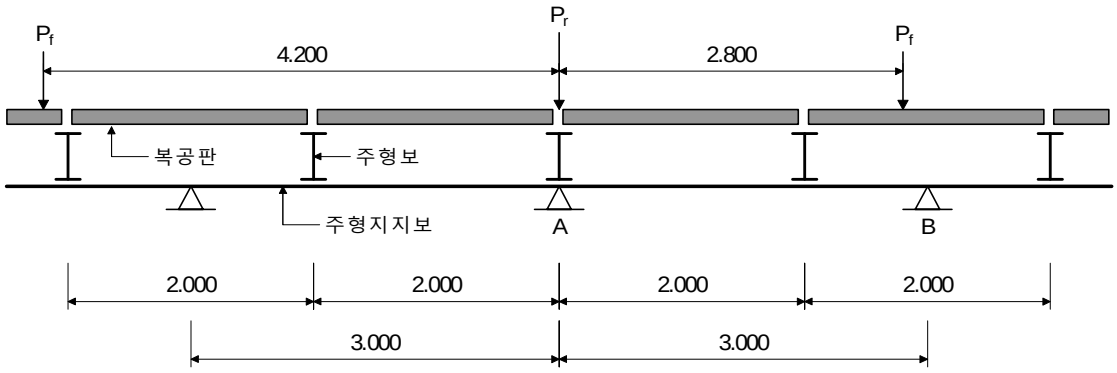
R_{B2} = (31.200 x 7.350 + 23.400 x 6.150 + 23.400 x 4.350) / 7.350

= 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 = (298.629 x 3.000 + 74.657 x 0.200) / 3.000

= 303.606 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

= 303.606 + 21.366 x 3.00 / 2.00 = 335.654 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

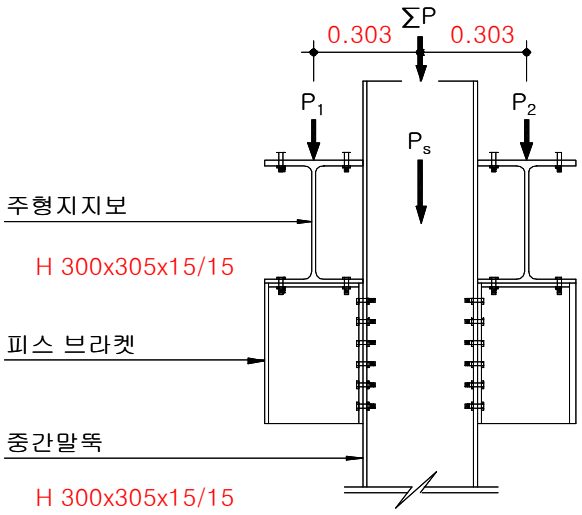
= 262.823 + 21.366 x 3.00 / 2.00 = 294.871 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 335.654 + 294.871 + 37.731 = 668.257 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 668.257 x 1000 / 13480 = 49.574 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 101.535 x 1000000 / 1440000 = 70.511 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 335.654 x 0.303 = 101.535 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.049

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (120.085 − −20.937) / 120.085

= 1.174

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 2500 / 126

19.841 ---> Lx/Rx ≤ 20 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

L_y / R_y = 2500 / 72.6

34.435 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (34.435 − 20))

= 172.630 MPa

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

= 172.630 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 172.630 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 305

= 8.197 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.197 − 4.5))

= 177.023 MPa

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

= 177.023 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (19.841)^2

= 4115.059 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 172.630 MPa > f_c = 49.574 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.023 MPa > f_b = 70.511 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{49.574}{172.630} + \frac{70.511}{177.023 \times (1 - (49.574 / 4115.059))}$$

$$= 0.690 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 49.574 + \frac{70.511}{1 - (49.574 / 4115.059)}$$

$$= 120.944 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.690 , 0.640)

= 0.690 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 668.26 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)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	33.15	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	14.570	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 33 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 231.260 tonf

= 2267.89 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2267.89 / 2.0

= 1133.943 kN

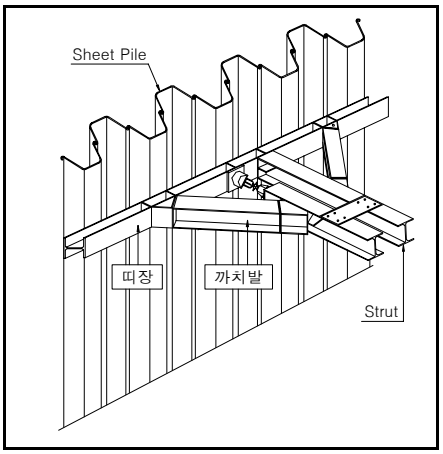
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 14.57m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 256.420 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS8 : 해체1)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 256.420 (kN·m/m) × 1.00 m = 256.420 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 154.395 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS8 : 해체1)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 154.395 (kN/m) × 1.00 m = 154.395 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{256.420 \times 10^6}{2270000.00} = 112.960 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{154.395 \times 10^3}{13180.00} = 11.714 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 7.57 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	7.34	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	9.24	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	19.10	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	19.20	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	19.93	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	25.15	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	경암층	35.00	26.00	27.00	1300.00	40.00	50	-	80000.00
8	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	14.57	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-3	P 406.4x9	SS400	6.41	3	6	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	1.26	1.6	30	16	150
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	3.56	1.2	30	13	200

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	2.178	0	7	C27	0.7	-
2	기초	7.12	0	7	C27	0.9	-
3	벽체	7	1.828	7.57	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 7.57 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.76	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	4.06	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	6.91	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	7.57	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
9	-	-	-	6.57	-	-	-	X	X
10	-	-	-	4.4	-	-	-	X	X
11	-		Earth Anchor-2	-	-	-	-	X	X
12	-	-	-	1.828	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 1.76 m	1.76	14.85	2.3	-9.14	5.2	0.04	0.4	-22.07	3.6
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.76	22.00	1.3	-57.77	1.3	30.29	3.1	-12.84	1.3
CS3 : 굴착 4.06 m	4.06	23.22	5.2	-60.88	1.3	60.23	3.6	-16.73	9.7
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.06	53.71	3.6	-90.62	3.6	36.58	6.0	-36.74	3.6
CS5 : 굴착 6.91 m	6.91	99.34	9.2	-133.97	3.6	185.76	6.6	-98.94	11.2
CS6 : 생성 Strut-3	6.91	91.53	9.2	-126.50	3.6	162.03	6.9	-86.73	11.2
CS7 : 굴착 7.57 m	7.57	91.24	9.7	-117.12	3.6	159.96	7.6	-84.14	11.7
CS8 : 해체1	7.57	121.75	9.7	-154.39	3.6	256.42	6.9	-128.63	12.1
CS9 : 해체2	7.57	121.77	9.7	-154.38	3.6	256.37	6.9	-128.63	12.1
CS10 : 해체3	7.57	121.77	9.7	-154.38	3.6	256.37	6.9	-128.63	12.1
CS11 : 해체4	7.57	118.80	9.7	-77.81	6.0	237.88	7.3	-129.24	12.1
CS12 : 해체5	7.57	118.80	9.7	-77.82	6.0	237.86	7.3	-129.24	12.1
TOTAL		121.77	9.7	-154.39	3.6	256.42	6.9	-129.24	12.1

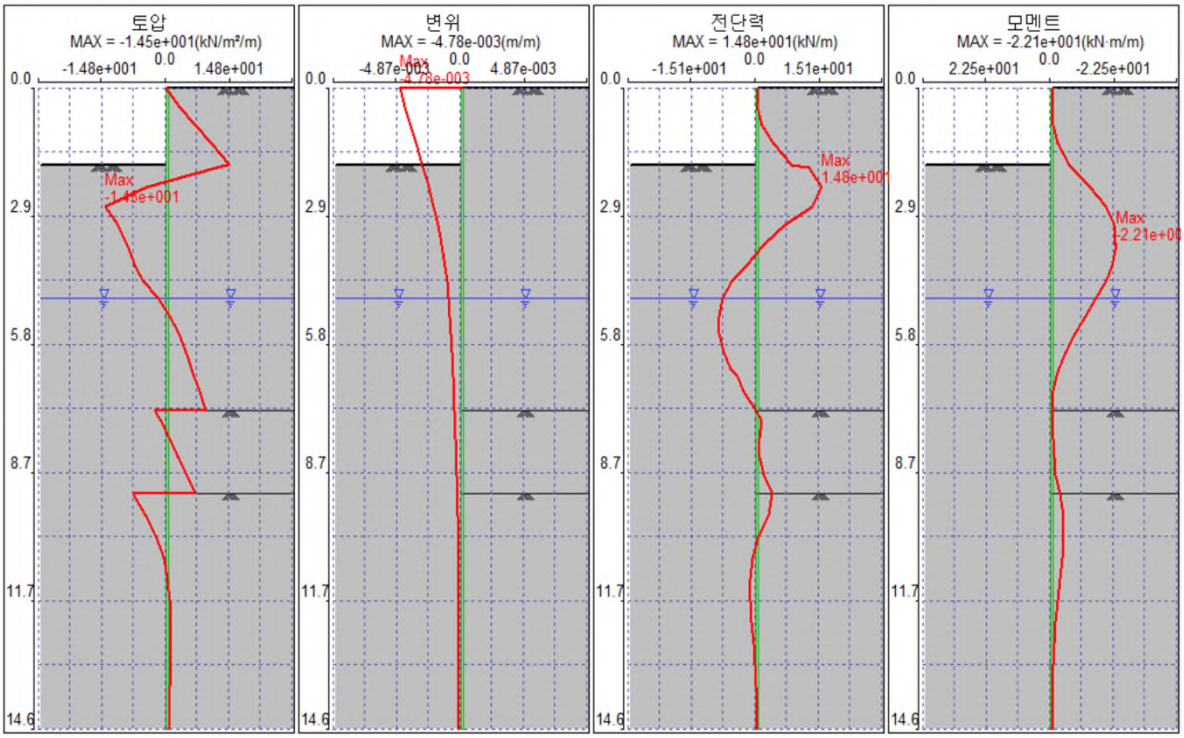
12.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

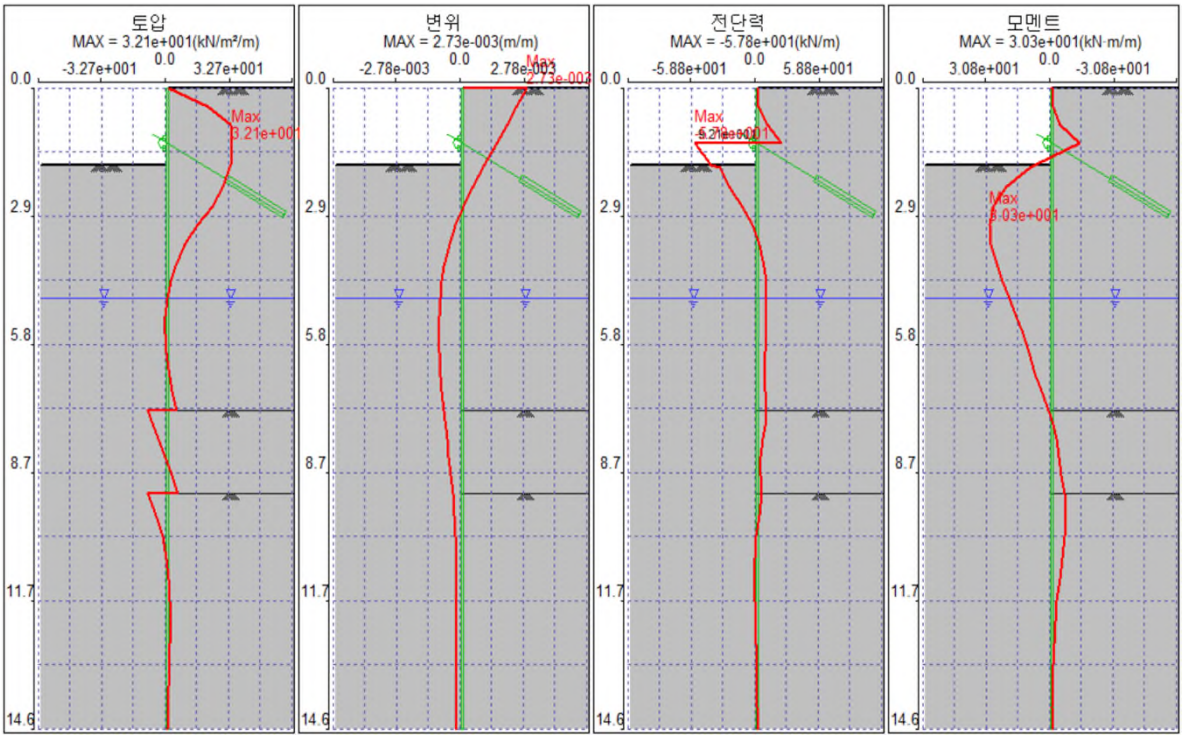
시공단계	굴착 깊이	Strut-3	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2		
		6.41 (m)	1.26 (m)	3.56 (m)		
CS1 : 굴착 1.76 m	1.76	-	-	-		
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.76	-	92.11	-		
CS3 : 굴착 4.06 m	4.06	-	93.78	-		
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	4.06	-	89.64	166.65		
CS5 : 굴착 6.91 m	6.91	-	85.62	194.12		
CS6 : 생성 Strut-3	6.91	16.67	85.85	189.00		
CS7 : 굴착 7.57 m	7.57	76.09	85.12	186.54		
CS8 : 해체1	7.57	-	83.73	214.90		
CS9 : 해체2	7.57	-	83.73	214.90		
CS10 : 해체3	7.57	-	83.73	214.90		
CS11 : 해체4	7.57	-	97.29	-		
CS12 : 해체5	7.57	-	97.29	-		
TOTAL		76.09	97.29	214.90		

12.2 시공단계별 단면력도

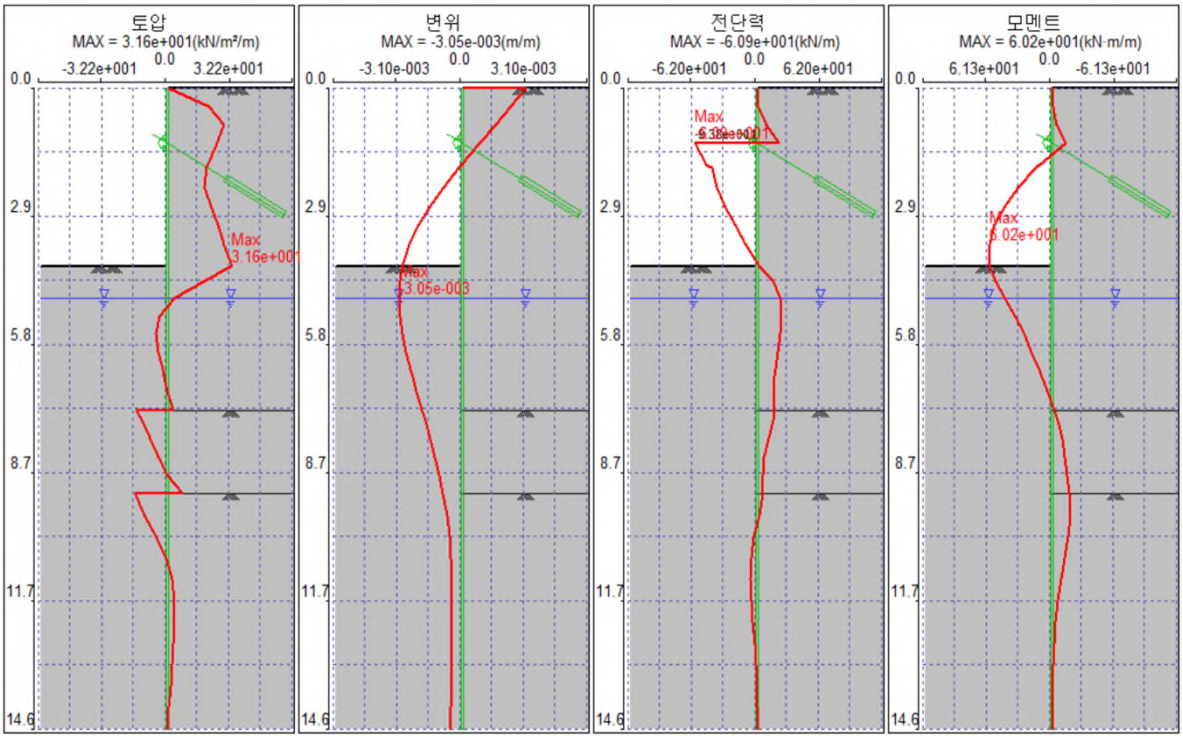
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.76 m]



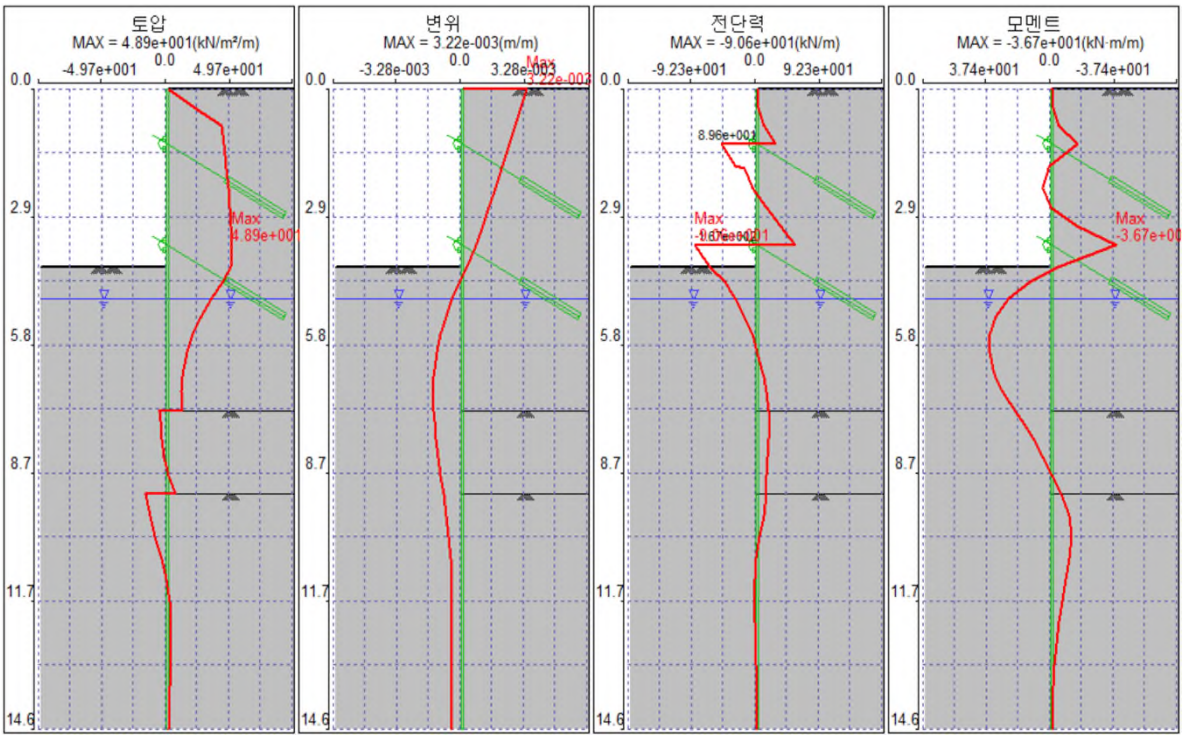
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



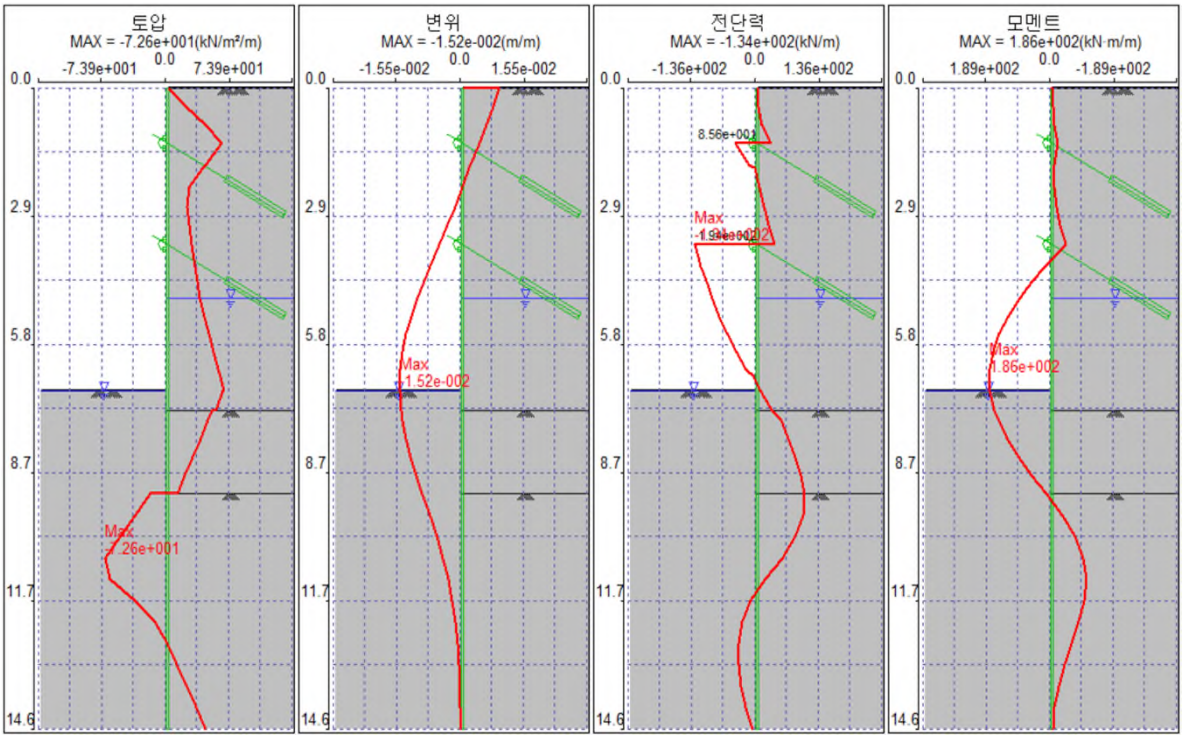
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 4.06 m]



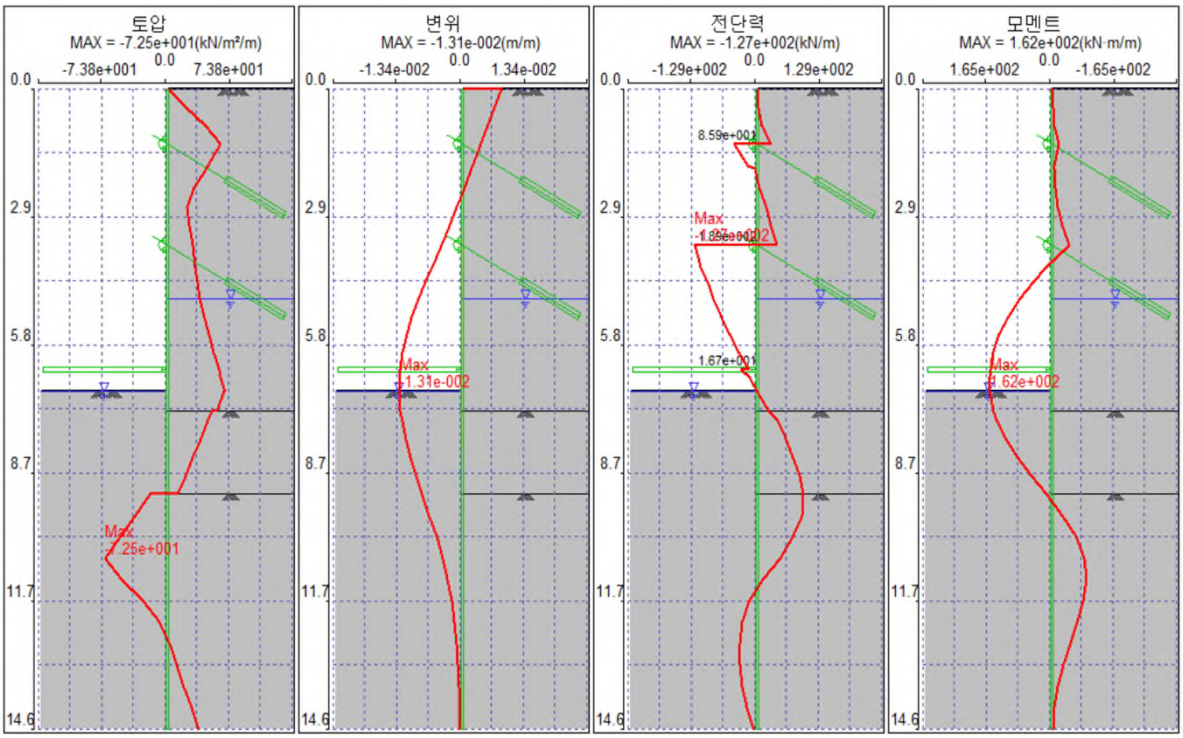
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



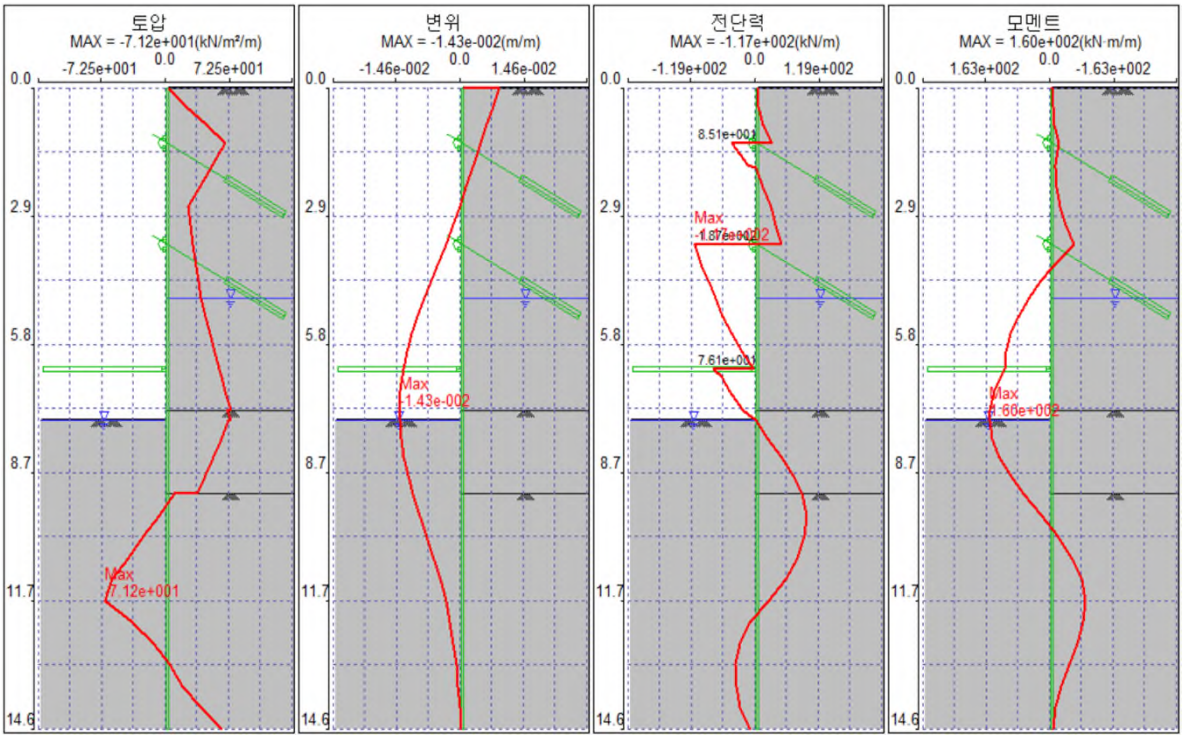
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 6.91 m]



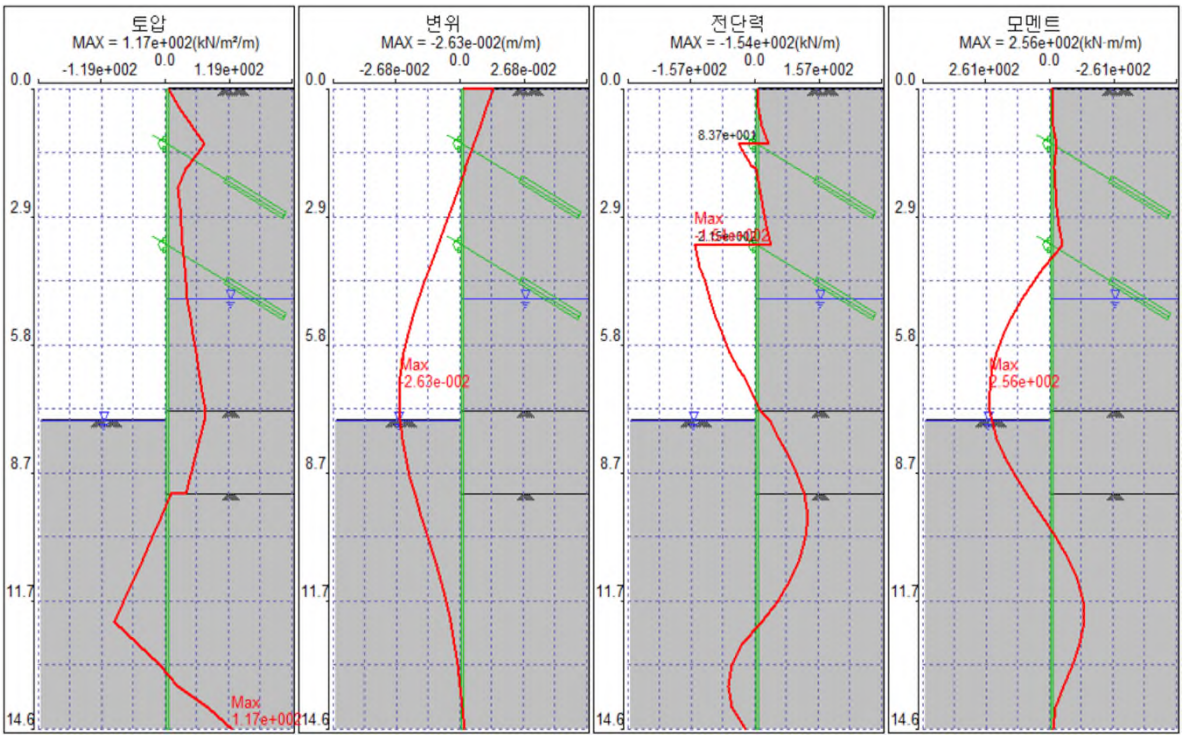
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



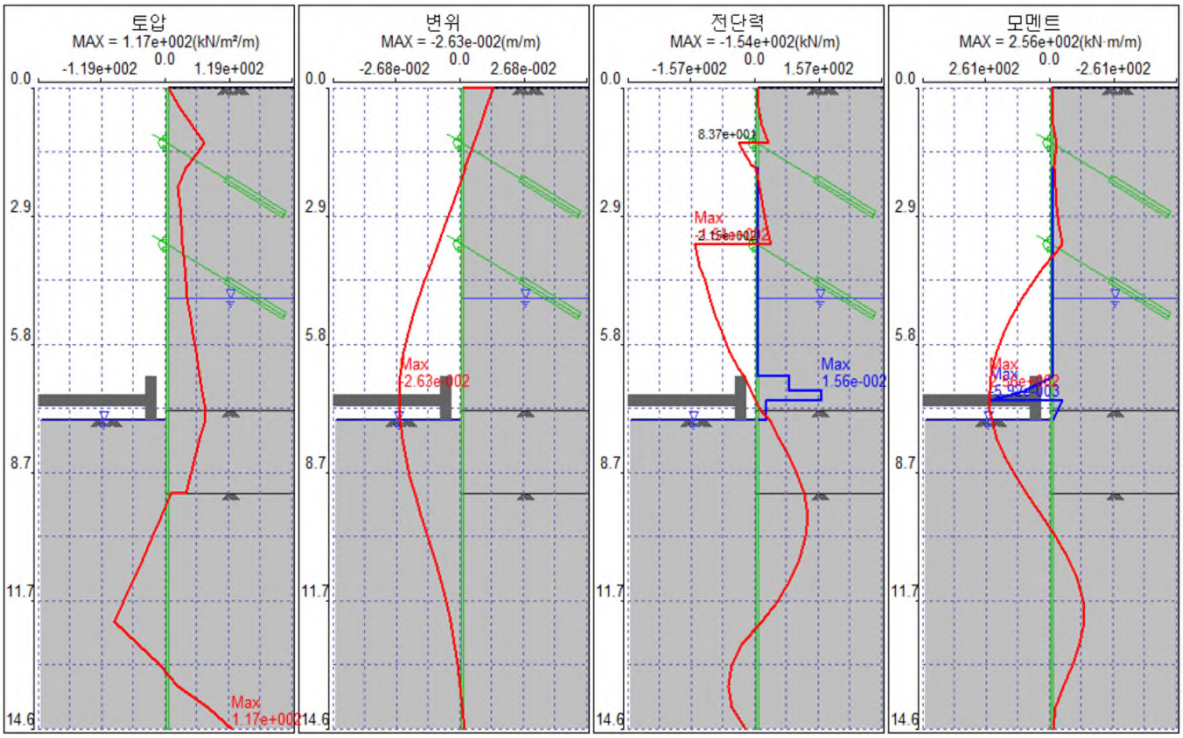
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 7.57 m]



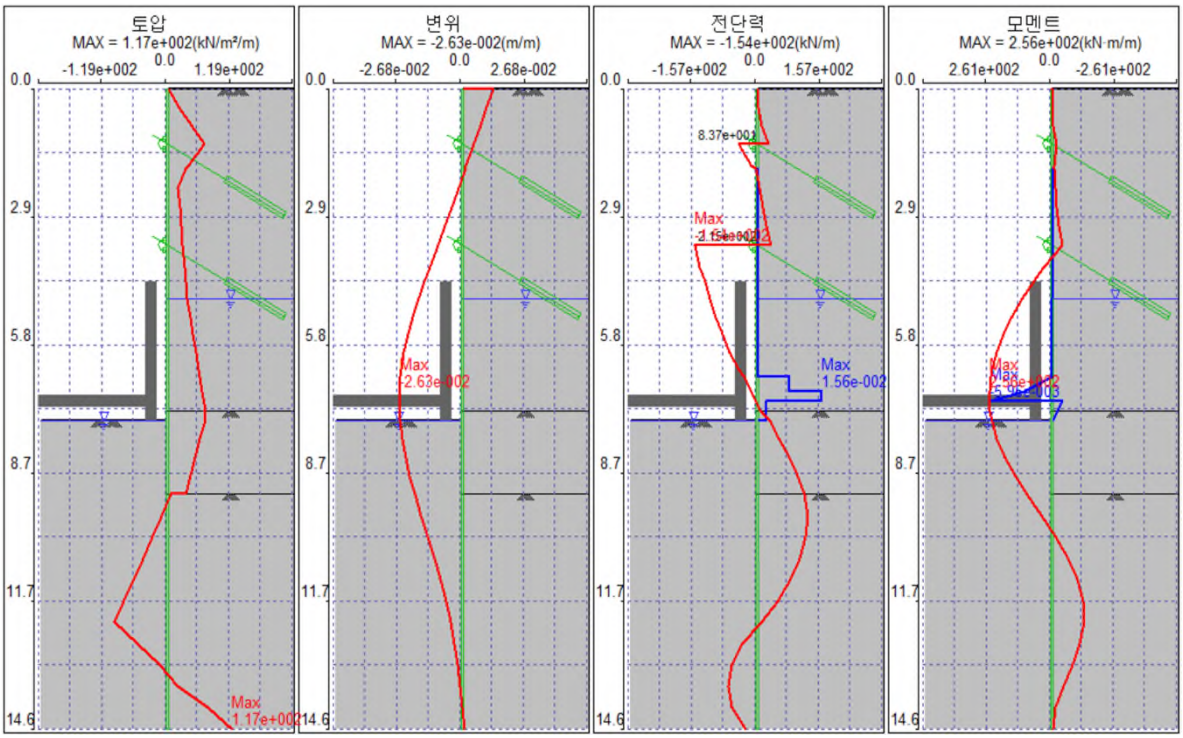
8) 시공 8 단계 [CS8 : 해체1]



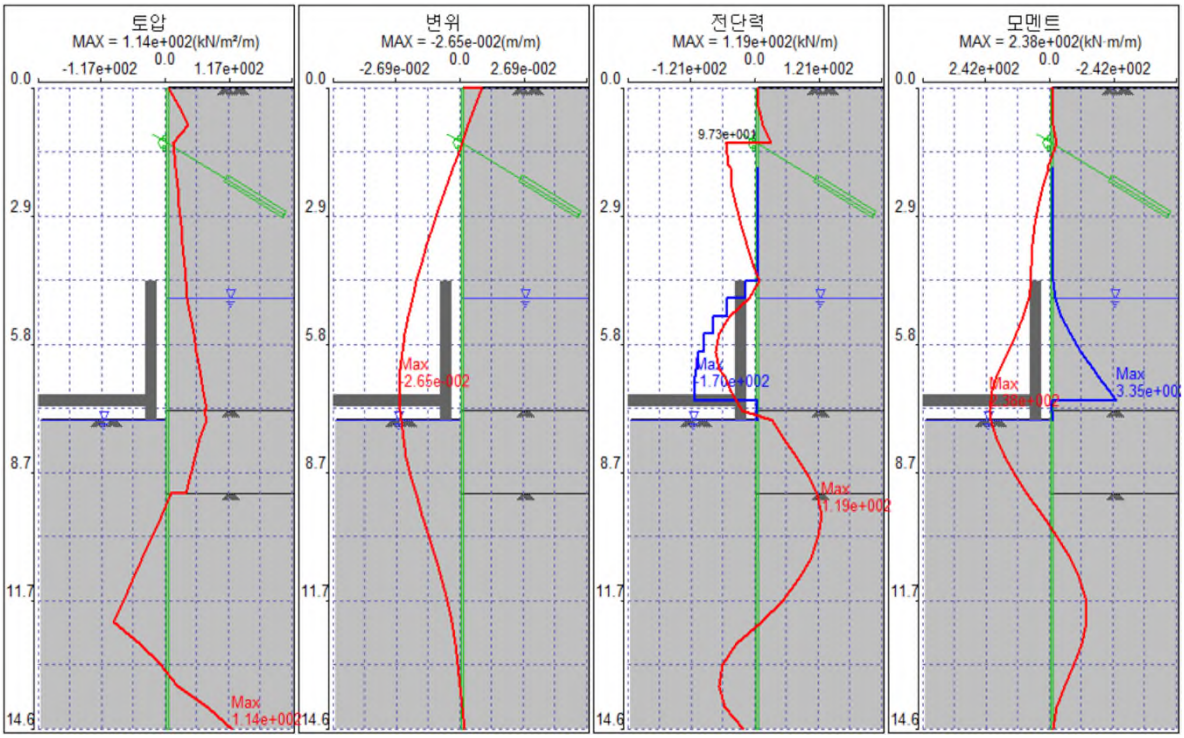
9) 시공 9 단계 [CS9 : 해체2]



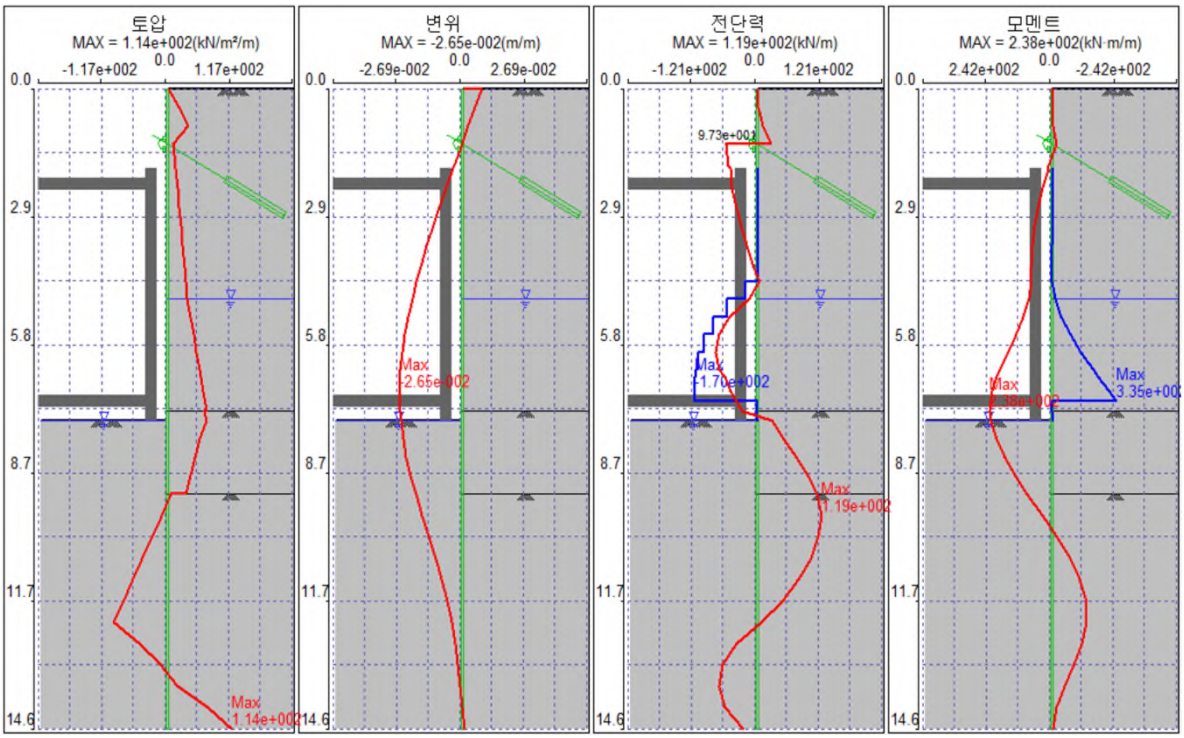
10) 시공 10 단계 [CS10 : 해체3]



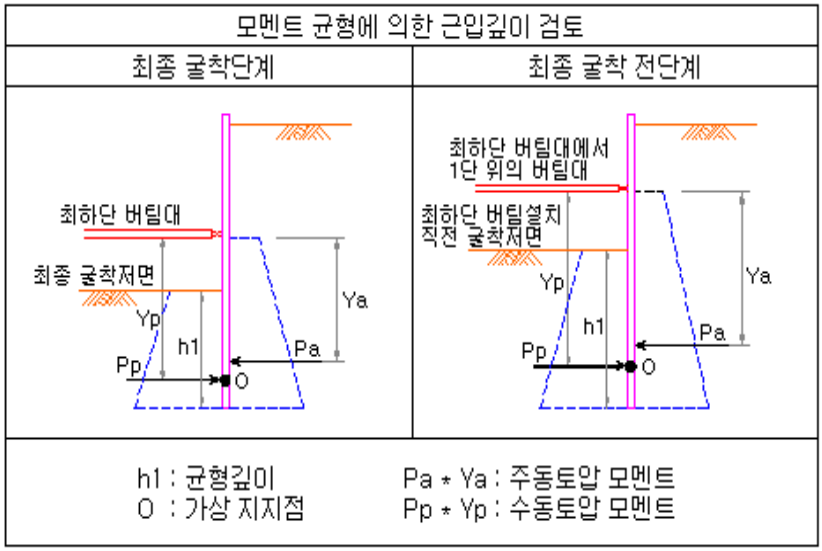
11) 시공 11 단계 [CS11 : 해체4]



12) 시공 12 단계 [CS12 : 해체5]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	3.612	7.000	3873.366	6723.053	1.736	1.200	OK
최종 굴착 전단계	4.177	7.660	6429.626	11428.808	1.778	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -6.41 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 76.947 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.598 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 753.433 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.08 m

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

Ma = (76.947 x 0.598) + (753.433 x 5.08) = 3873.366 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1136.988 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.913 m

Mp = (Pp x Yp) = (1136.988 x 5.913) = 6723.053 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 6723.053 / 3873.366 = 1.736

S.F. = 1.736 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.56 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 149.301 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.921 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 799.101 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.687 m

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

Ma = (149.301 x 1.921) + (799.101 x 7.687) = 6429.626 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1332.625 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.576 m

Mp = (Pp x Yp) = (1332.625 x 8.576) = 11428.808 kN·m

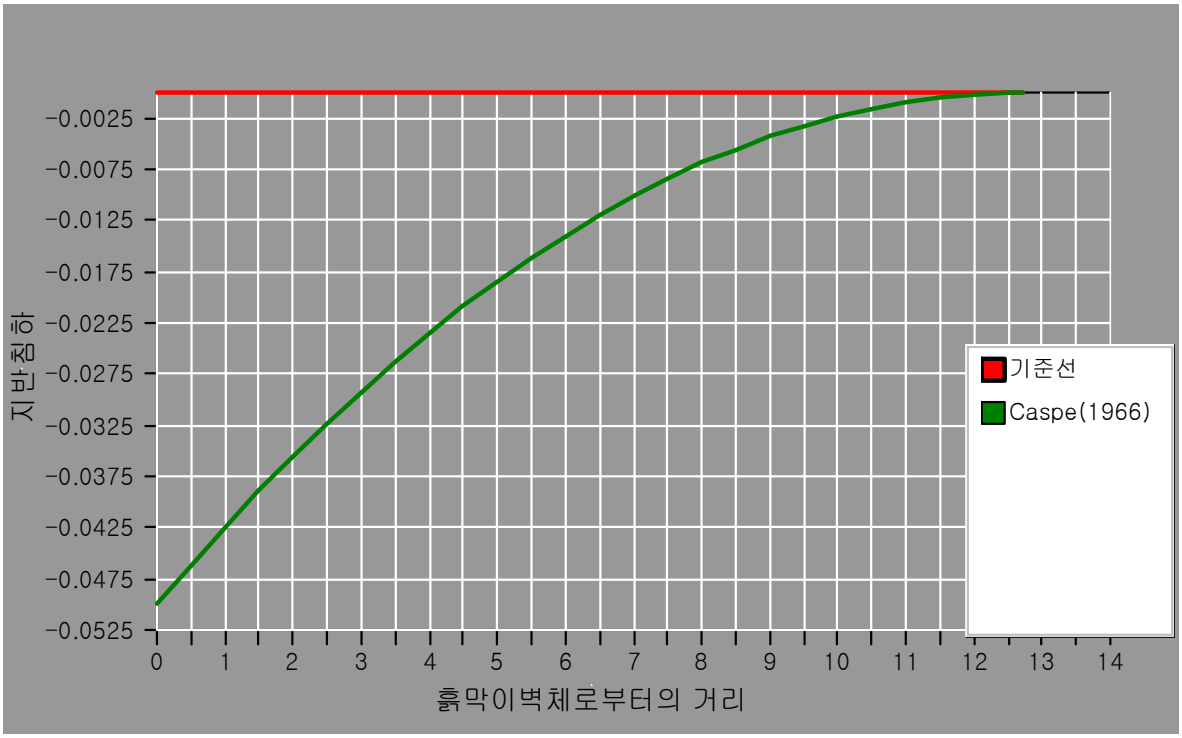
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11428.808 / 6429.626 = 1.778

S.F. = 1.778 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.159 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 7.57 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 26.061 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 26.061/2) = 12.818 m

Ht = Hp + Hw = 12.818 + 7.57 = 20.388 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 20.388 x tan(45-26.061/2) = 12.725 m

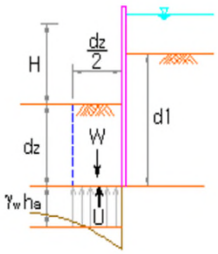
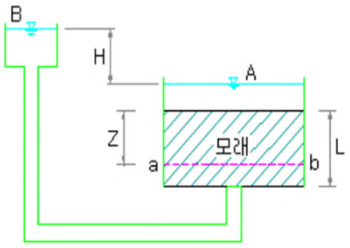
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.159 / 12.725 = -0.050 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.050 x ((12.725 - Xi) / 12.725)^2

12.5 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	48.475	257.810	5.318	0.165	1.027	6.218	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 1.385 x 7 / 2 = 48.475

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 10.523 x 7^2 / 2 = 257.81

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 257.81 / 48.475 = 5.318

S.F. = 5.318 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 2.77 / 16.77 = 0.165

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 10.271 / 10 = 1.027

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.027 / 0.165 = 6.218

S.F. = 6.218 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

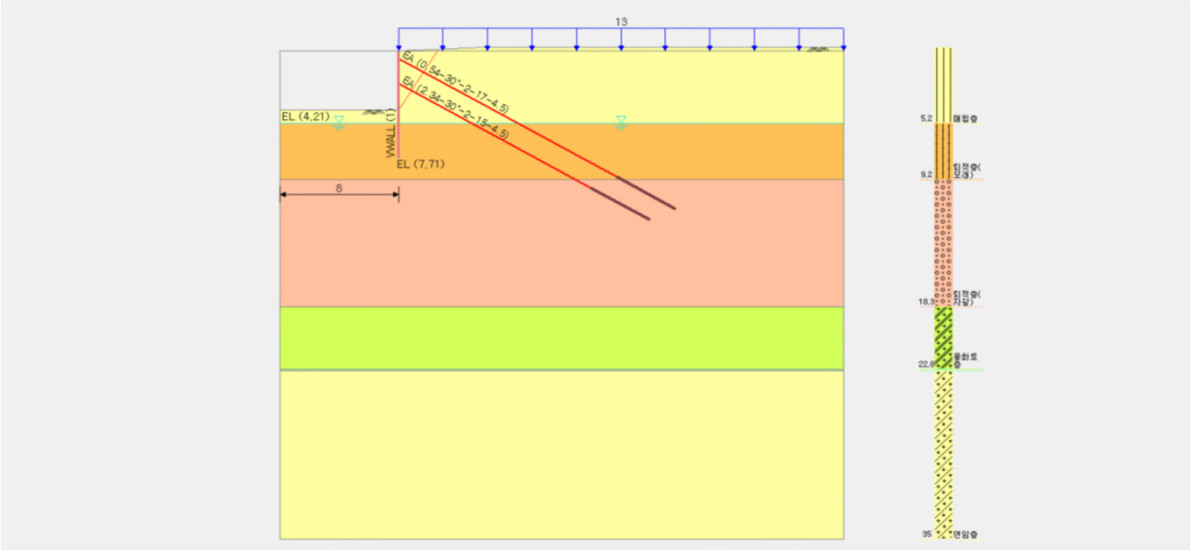
변 경

9. < 0+320(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
  5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
  5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
  6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 7.71m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면


13
EA (10.54-30°-c-17-4.5)
EA (2.34-30°-c-15-4.5)
EL (4.21)
(1)
WALL
EL (7.71)
8
5.2
9.2
18.9
22.6
35

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	0.54	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	2.34	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	0.54	휨응력	24.307	177.660	O.K	
		전단응력	31.642	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	2.34	휨응력	31.481	177.660	O.K	
		전단응력	40.982	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) :SP-IIIA(SY295(SY30	0.00 ~ 7.71	휨응력	26.125	243.000	O.K	
		전단응력	6.202	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

Strand12.7x4EA 수평간격 : 2.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b - 4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b - 4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b - 3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b - 4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	2.00	148.97	퇴적(모래)	18	28	180
2단	2.00	202.51	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = **118.95** kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = **124.80** kN/ea

적용 **118.95** kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 149.0 / 118.95 = **1.25** 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 202.5 / 118.95 = **1.70** 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{149.0 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = \mathbf{3.11}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 149.0 ÷ 2 = 74.5 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{74.5}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{13.2}\ cm \leq \mathbf{30.00}\ cm$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{202.5 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = \mathbf{4.23}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 202.5 ÷ 2 = 101.3 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{101.3}{\pi \times 0.09 \times 2000} = 17.9 \text{ cm} \leq 30.00 \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. 자유장 계산

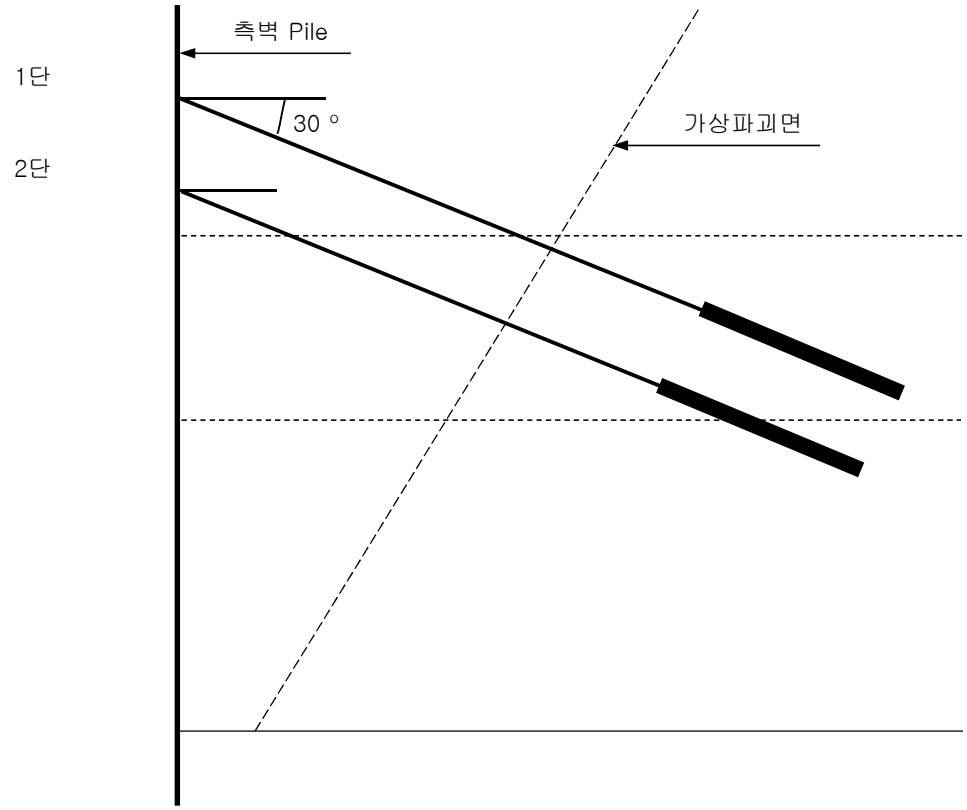
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	148.97 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	202.51 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (149.0 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{9.8\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∴2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 149.0 + 47.38 + 9.8 = \mathbf{206.2\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 = \mathbf{475.80}$ kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 206.2 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (202.5 + 47.38) x 5% = **12.5 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 202.51 + 47.38 + 12.5 = **262.4 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 262.4 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	2.00	148.97	10.0	4.5	1.5	16.0	206.15
2단	2.00	202.51	10.0	4.5	1.5	16.0	262.39

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로,
앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을
득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

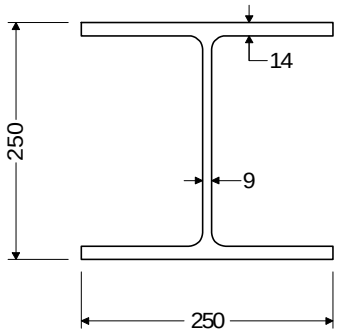
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

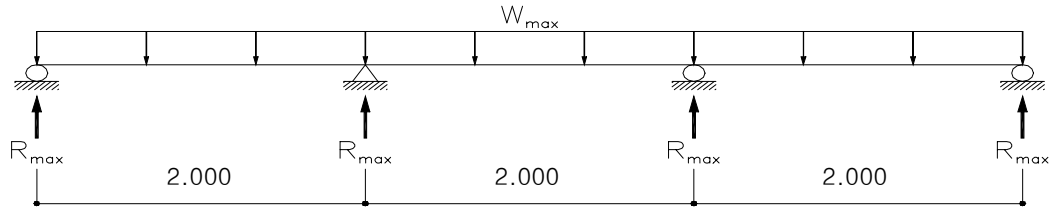
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



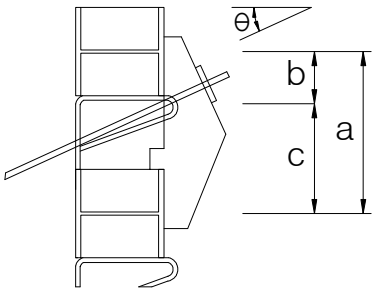
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 187.304 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 187.304 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 115.906$ kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 115.906 / (11 \times 2.000)$
$= 52.685$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 52.685 \times 2.000^2 / 10$
$= 21.074$ kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 52.685 \times 2.000 / 10$
$= 63.222$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 21.074 x 1000000 / 867000.0 = 24.307 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 63.222 x 1000 / 1998 = 31.642 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (24.307 + 24.307) / 24.307

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 24.307 MPa ---> O.K

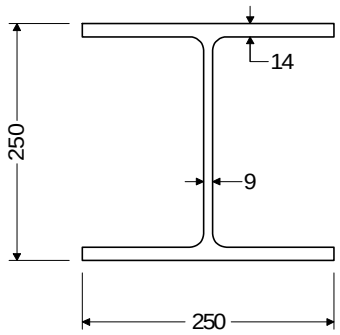
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 31.642 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

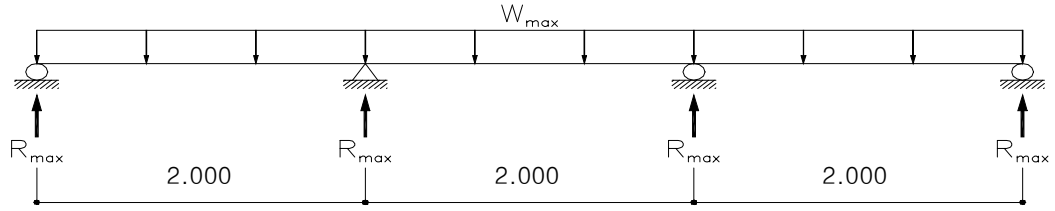
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



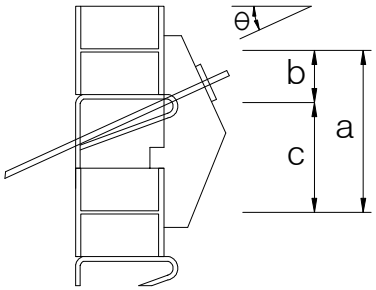
(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

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} = 242.588 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 242.588 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 150.117 kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 150.117 / (11 × 2.000)
= 68.235 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 68.235 × 2.000 ² / 10
= 27.294 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 68.235 × 2.000 / 10
= 81.882 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 27.294 x 1000000 / 867000.0 = 31.481 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 81.882 x 1000 / 1998 = 40.982 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \leq t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (31.481 + 31.481) / 31.481$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 250

= 8.000 ---> $4.5 < L/B \leq 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.000 − 4.5))

= 177.660 MPa

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

= 177.660 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.660 MPa > f_b = 31.481 MPa ---> O.K

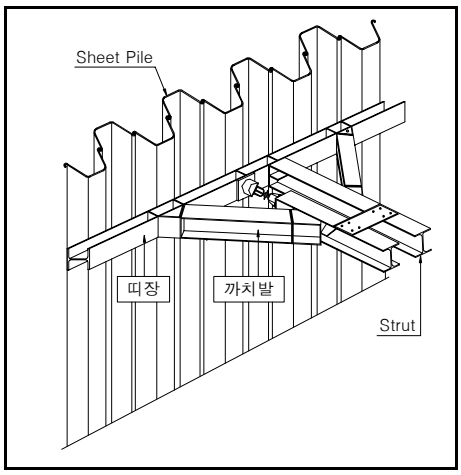
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 40.982 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 7.71m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIA
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	19100.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	9750.0
$I_x(mm^4)$	226000000.0
$Z_x(mm^3)$	1510000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 39.449 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.21 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 39.449 (kN·m/m) × 1.00 m = 39.449 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 60.474 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.21 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 60.474 (kN/m) × 1.00 m = 60.474 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{39.449 \times 10^6}{1510000.00} = 26.125 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{60.474 \times 10^{3}}{9750.00} = 6.202 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 4.21 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	5.22	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	9.24	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	18.32	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	22.80	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	22.95	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIA	SY295(SY30)	7.71	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	0.54	2	30	17	150
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	2.34	2	30	15	200

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 5.2 m, 수위차 = 4.21 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.04	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	2.84	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	4.21	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 1.04 m	1.04	11.54	1.5	-6.07	4.2	0.64	0.0	-14.74	2.3
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.04	14.44	0.5	-49.48	0.5	25.98	1.9	-5.11	0.5
CS3 : 굴착 2.84 m	2.84	16.21	3.8	-50.74	0.5	38.16	2.3	-4.93	0.5
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	2.84	29.38	2.3	-57.22	2.3	25.07	3.8	-7.04	2.3
CS5 : 굴착 4.21 m	4.21	27.21	2.3	-60.47	2.3	39.45	4.2	-6.89	2.3
TOTAL		29.38	2.3	-60.47	2.3	39.45	4.2	-14.74	2.3

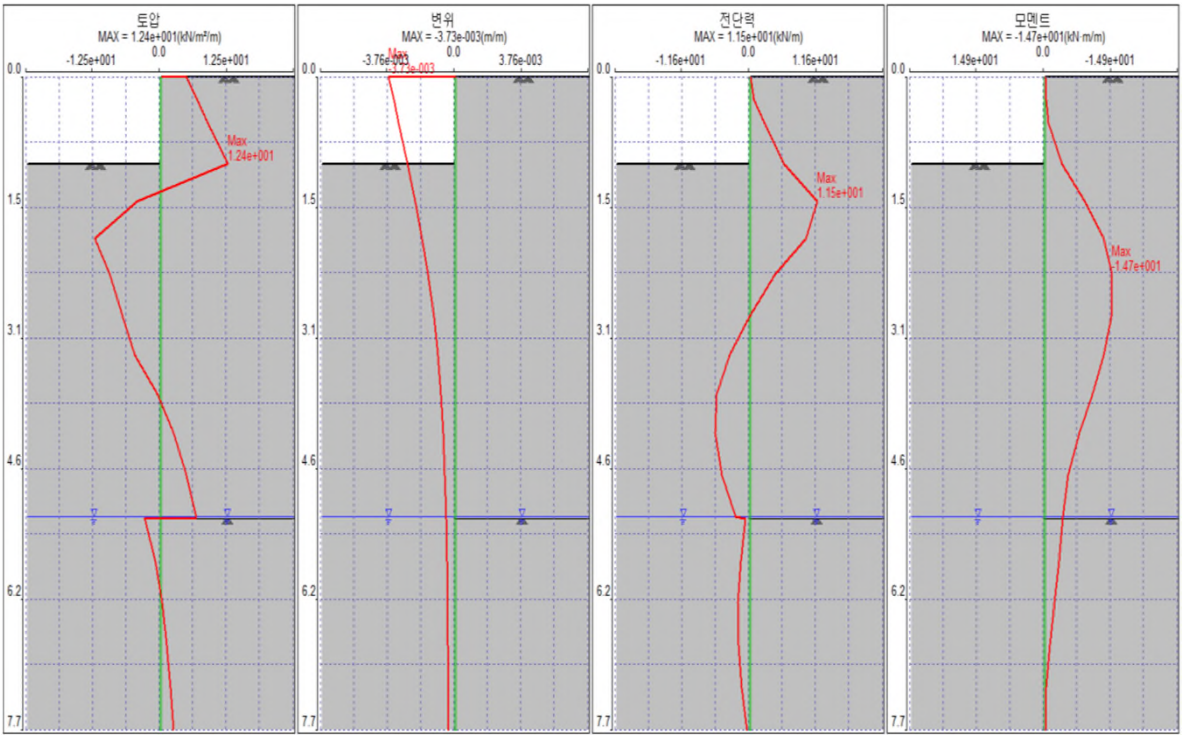
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

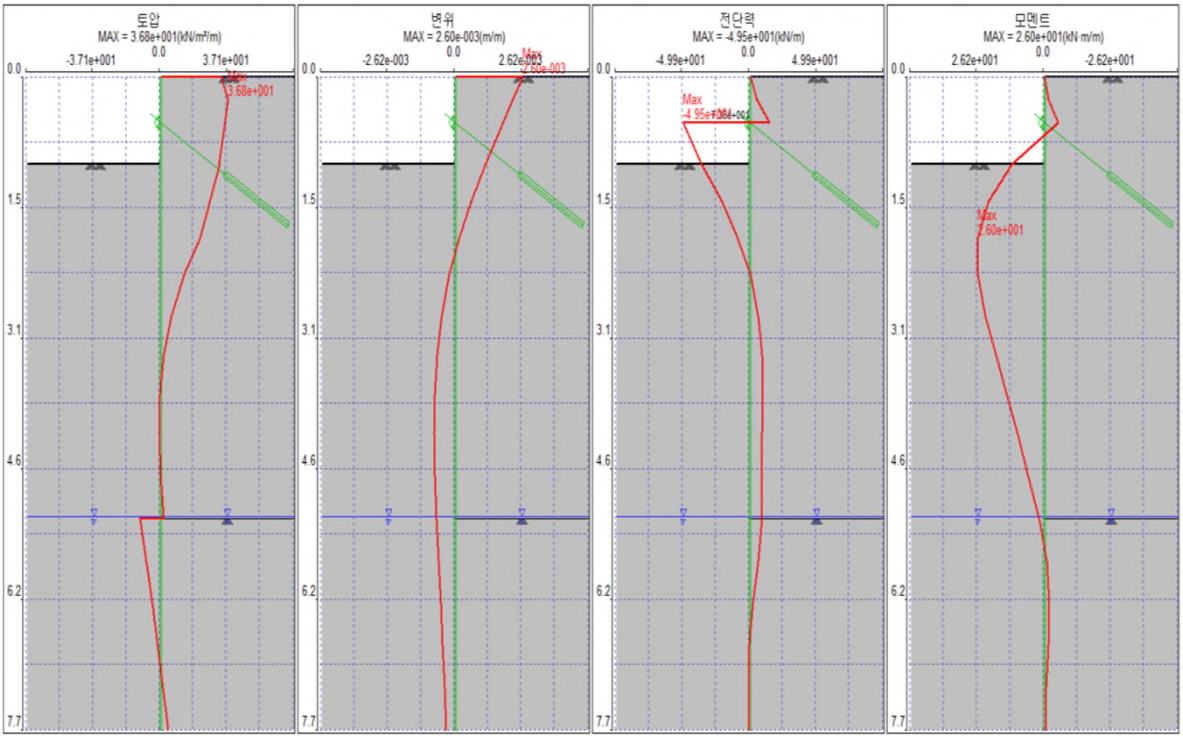
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		0.54 (m)	2.34 (m)			
CS1 : 굴착 1.04 m	1.04	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.04	73.81	-			
CS3 : 굴착 2.84 m	2.84	74.49	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	2.84	71.88	100.00			
CS5 : 굴착 4.21 m	4.21	71.56	101.25			
TOTAL		74.49	101.25			

8.2 시공단계별 단면력도

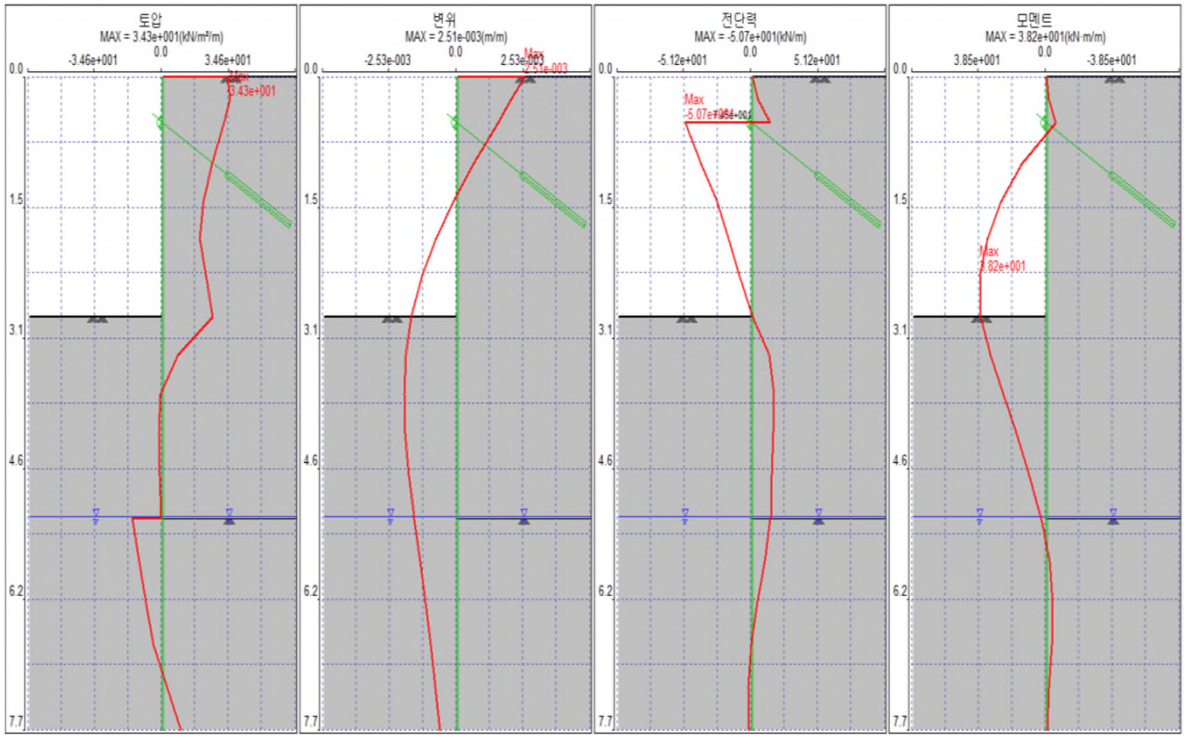
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.04 m]



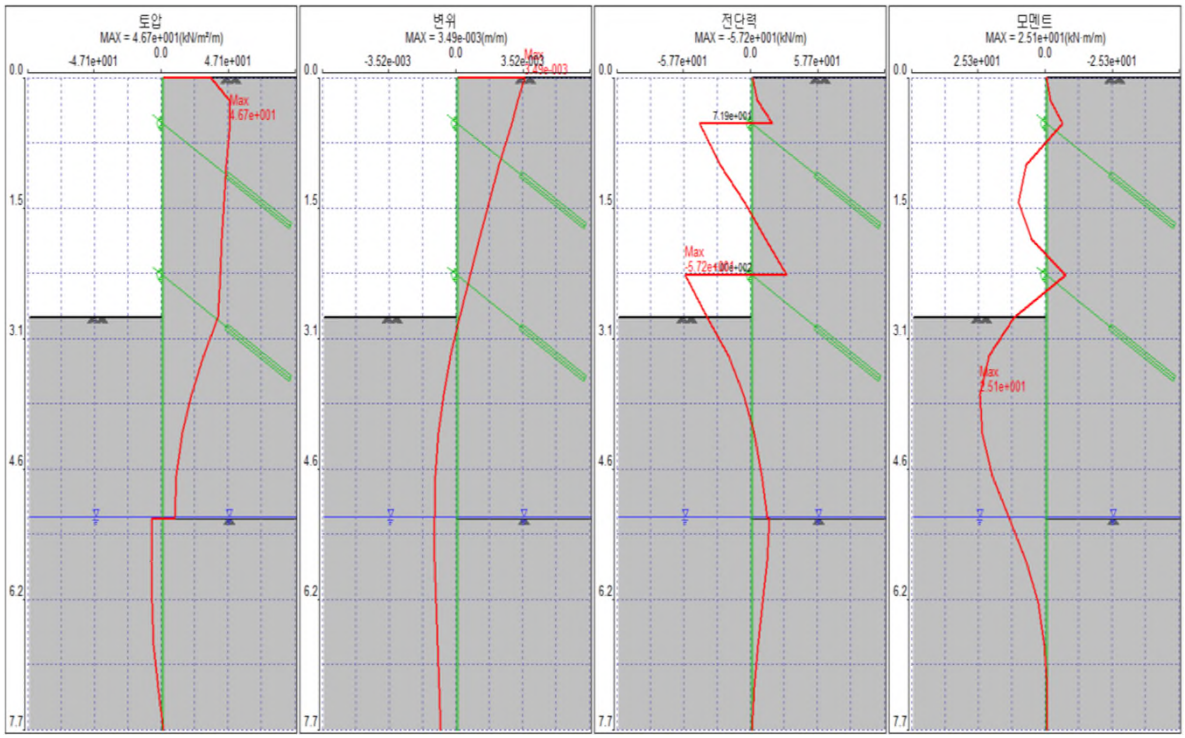
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



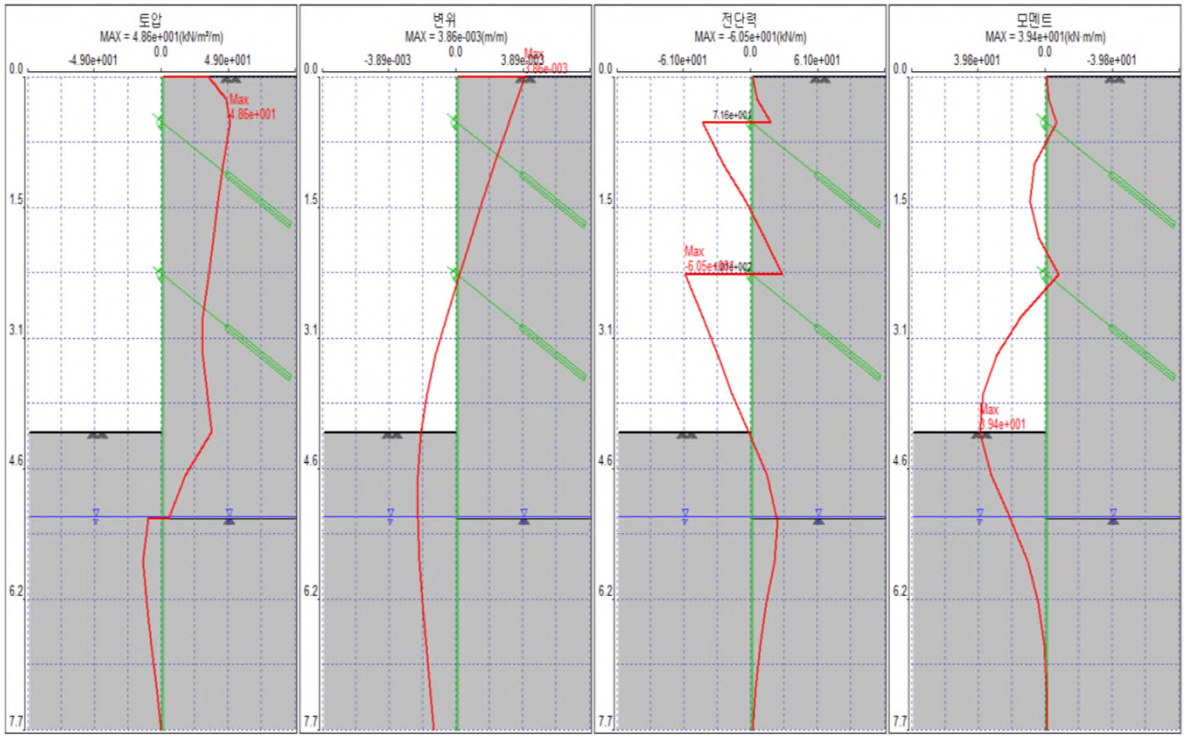
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.84 m]



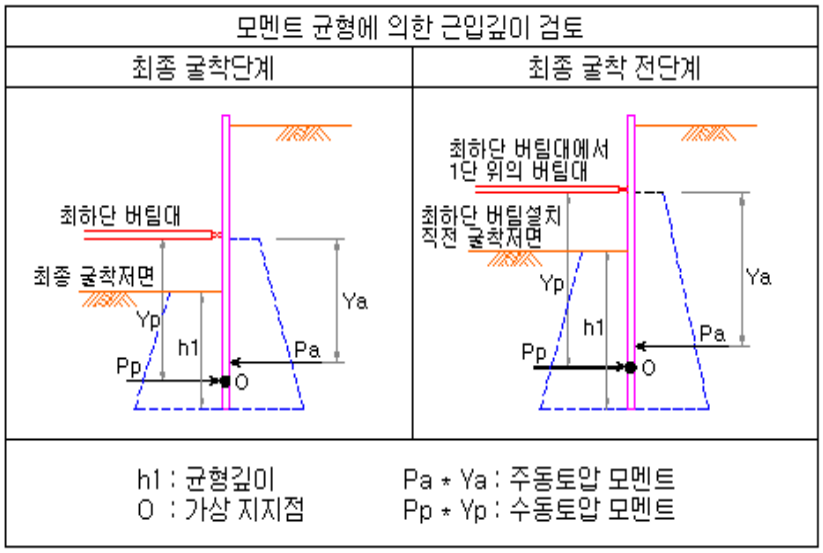
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.21 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.109	3.500	744.235	1066.077	1.432	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.647	4.870	1193.259	2940.906	2.465	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.34 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 53.829 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.009 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 179.674 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.84 m

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

Ma = (53.829 x 1.009) + (179.674 x 3.84) = 744.235 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 256.432 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.157 m

Mp = (Pp x Yp) = (256.432 x 4.157) = 1066.077 kN·m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1066.077 / 744.235 = 1.432

S.F. = 1.432 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.54 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 39.869 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.336 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 221.579 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.145 m

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

Ma = (39.869 x 1.336) + (221.579 x 5.145) = 1193.259 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 533.558 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.512 m

Mp = (Pp x Yp) = (533.558 x 5.512) = 2940.906 kN·m

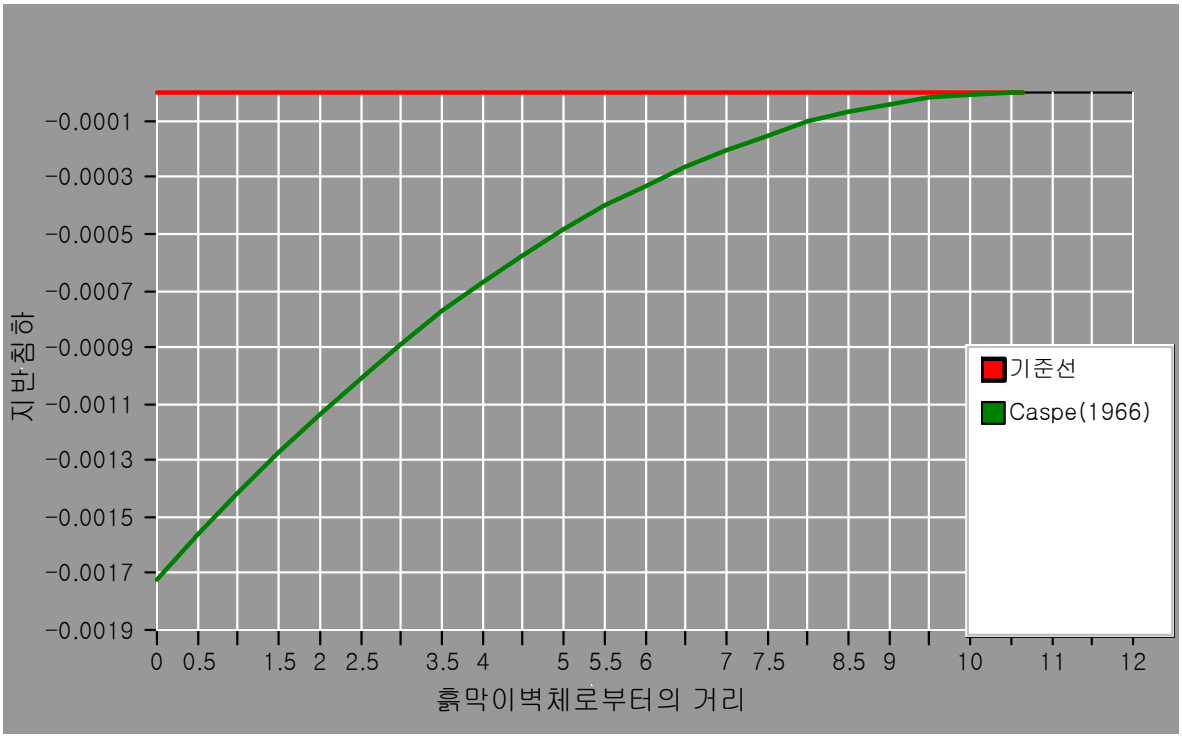
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2940.906 / 1193.259 = 2.465

S.F. = 2.465 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.005 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 4.21 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 4.21 = 17.013 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 17.013 x tan(45-26/2) = 10.631 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.005 / 10.631 = -0.002 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.002 x ((10.631 - Xi) / 10.631)^2

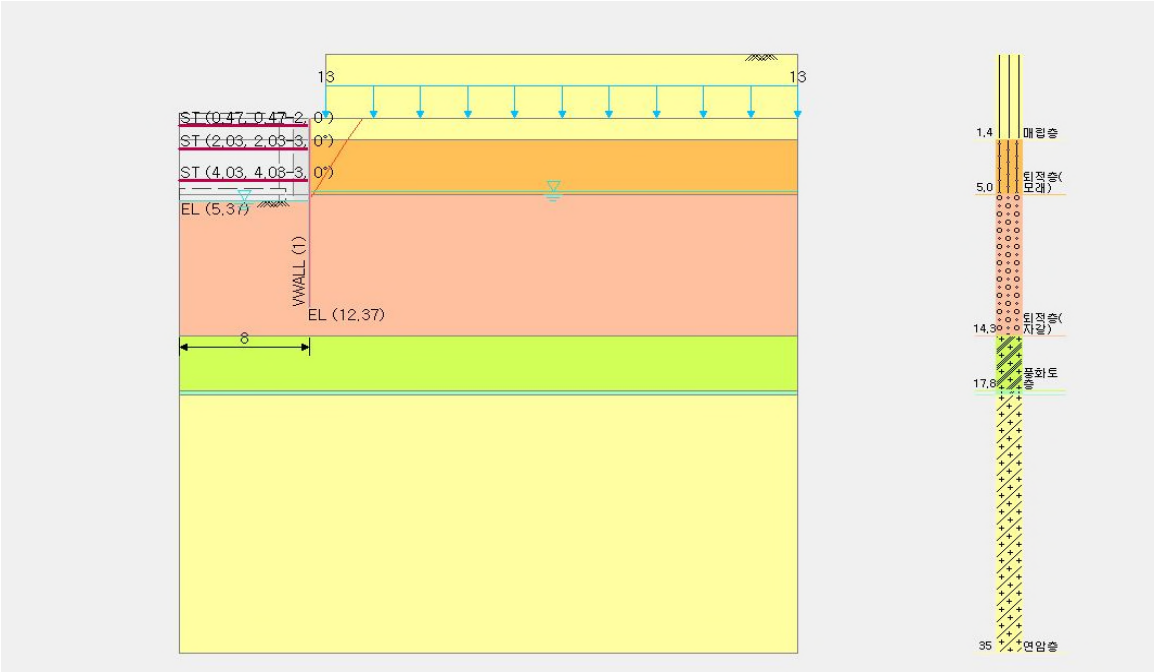
변 경

10. Ramp-D. 0+300~0+311.9(좌)--02단

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 외측주형지지보
6.2 내측주형지지보
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.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 12.37m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.47, 0.47-2, 0°)
ST (2.03, 2.03-3, 0°)
ST (4.03, 4.03-3, 0°)
EL (5.37)
WWALL (1)
EL (12.37)
8
1.4
매립층
5.0
퇴적층(모래)
14.30
퇴적층(자갈)
17.8
풍화토층
35
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.531	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.47	휨응력	3.906	138.780	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	10.589	111.326	O.K		
		전단응력	1.770	108.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	2.03	휨응력	20.604	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	58.172	163.253	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.669	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	4.03	휨응력	20.604	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.366	163.253	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.669	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.47	휨응력	20.731	182.334	O.K	
		전단응력	17.199	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	2.03	휨응력	128.277	171.711	O.K	
		전단응력	70.948	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	4.03	휨응력	55.873	171.711	O.K	
		전단응력	30.902	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	63.306	183.290	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.646	181.846	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우)	0.00 ~	휨응력	47.681	243.000	O.K	
J:SP-IV(SY295(SY30)	12.37	전단응력	8.987	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

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-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

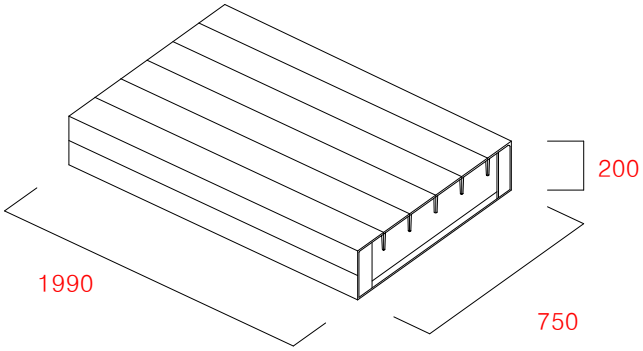
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

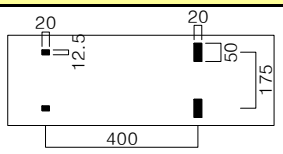
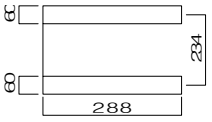
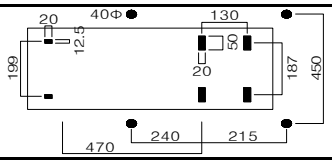
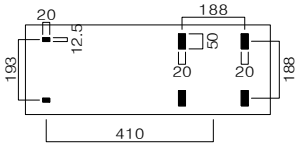
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

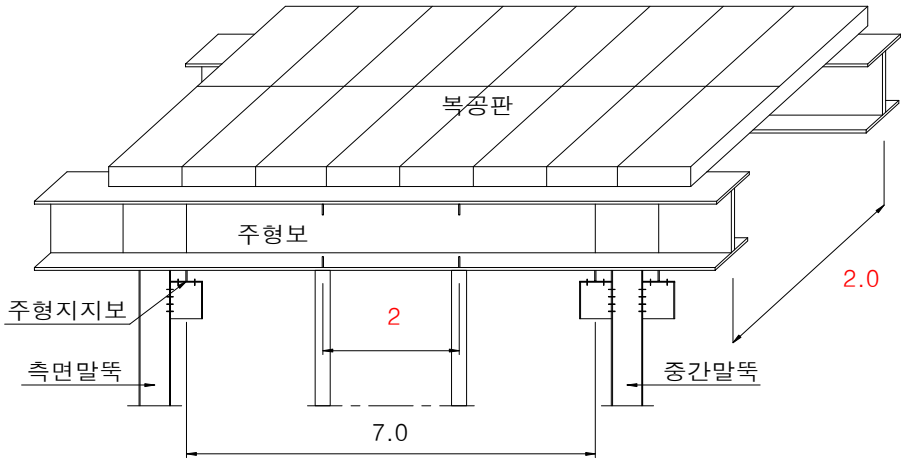
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

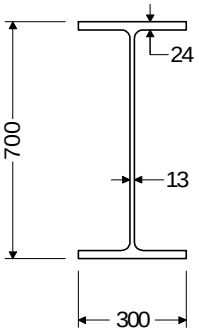
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

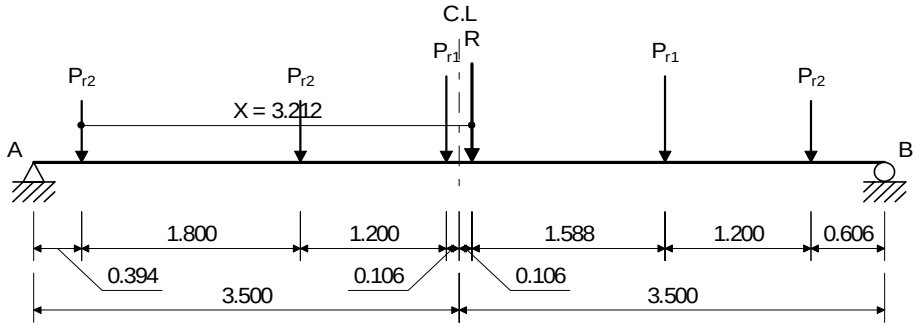
(3) 전륜하중

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

(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

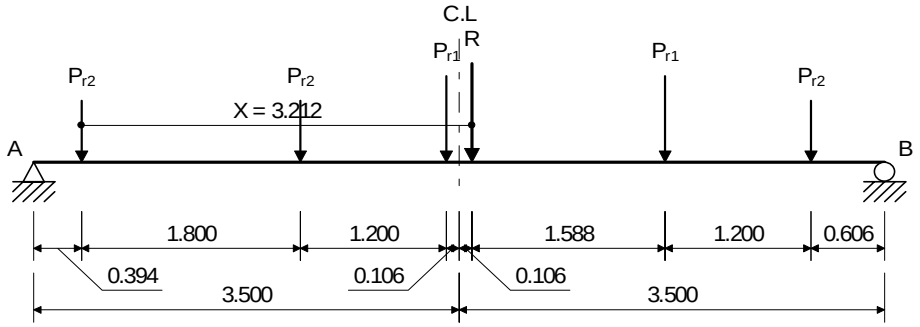
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

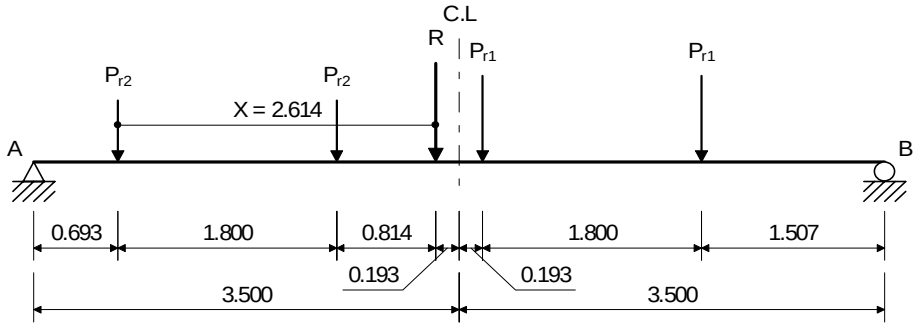
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

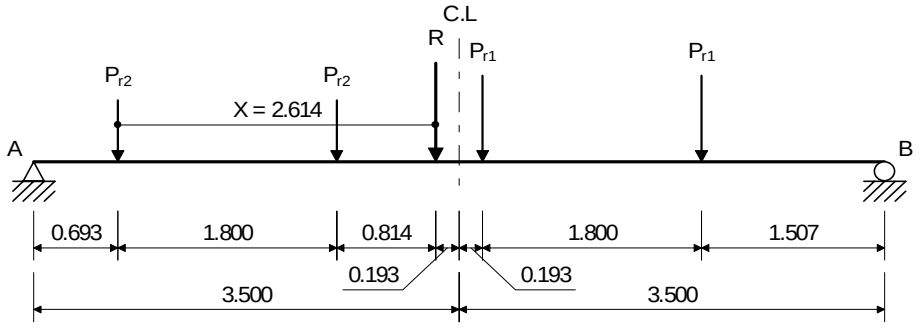


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

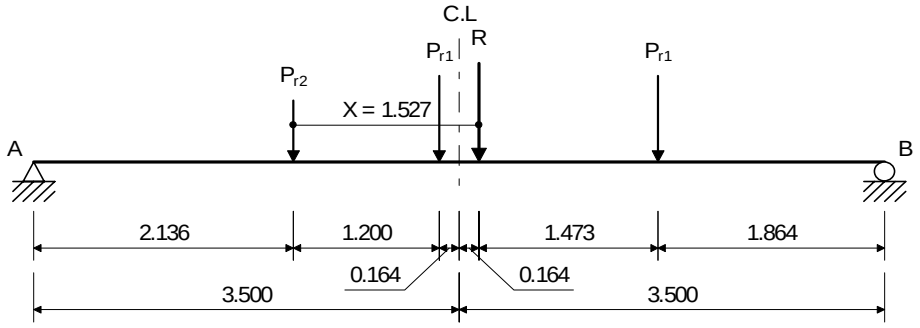
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

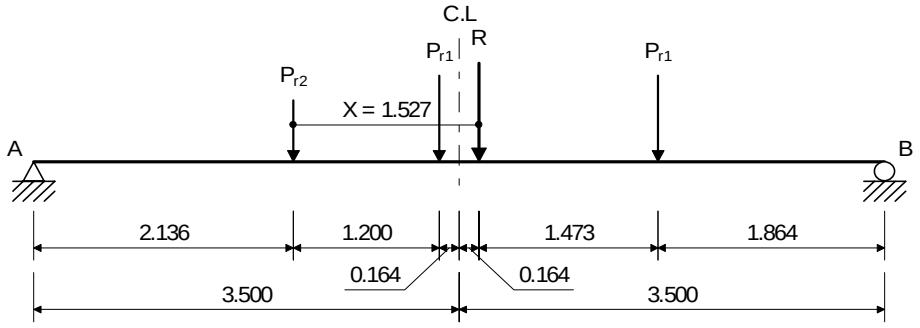


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

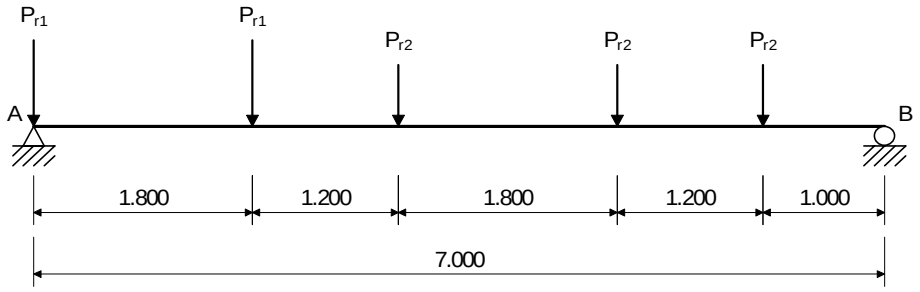


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 479.769 = 514.667 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.667 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

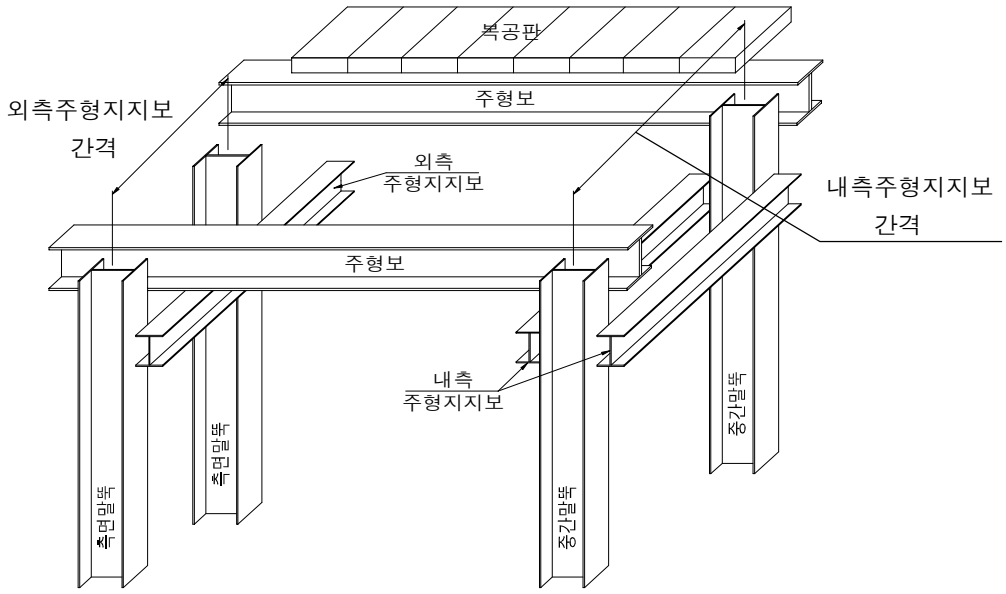
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 외측주형지지보

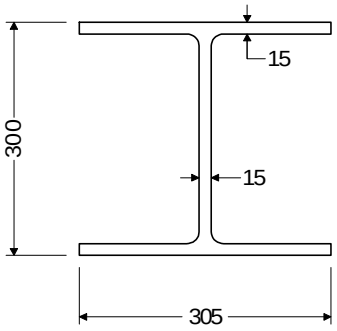
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

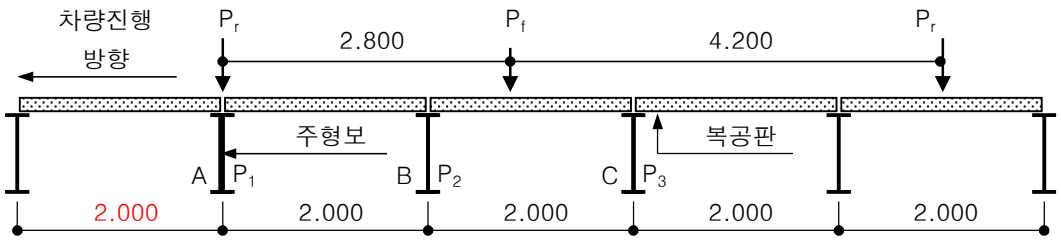


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



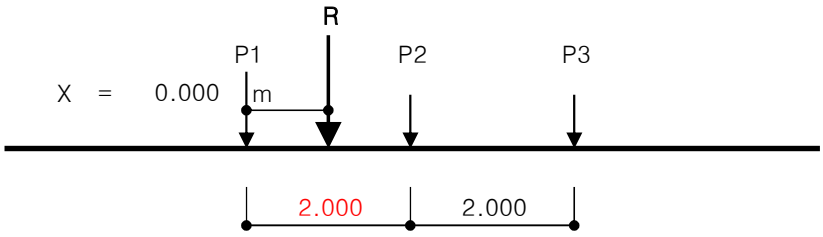
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

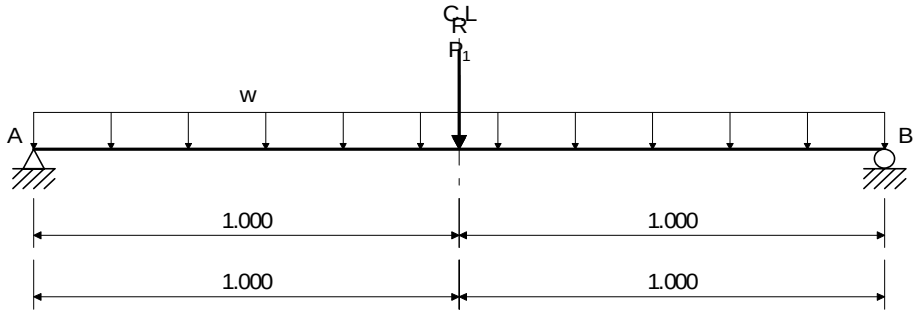


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

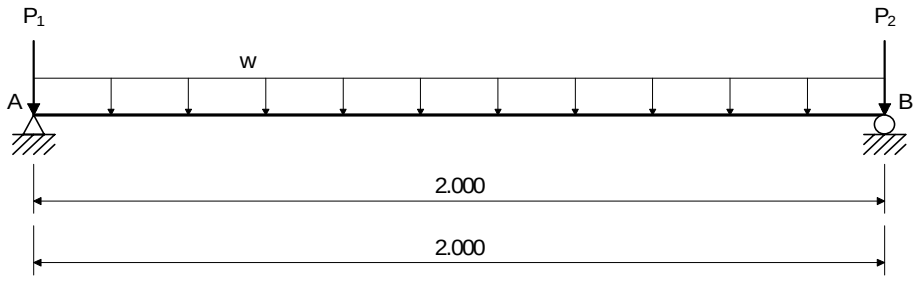
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.000) / L$
$= (333.724 \times 1.000) / 2.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.000) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.000) + 1.038 \times 2.00^2 / 8$
$= 167.381$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.009 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.762 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.762 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (334762 + 15000)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

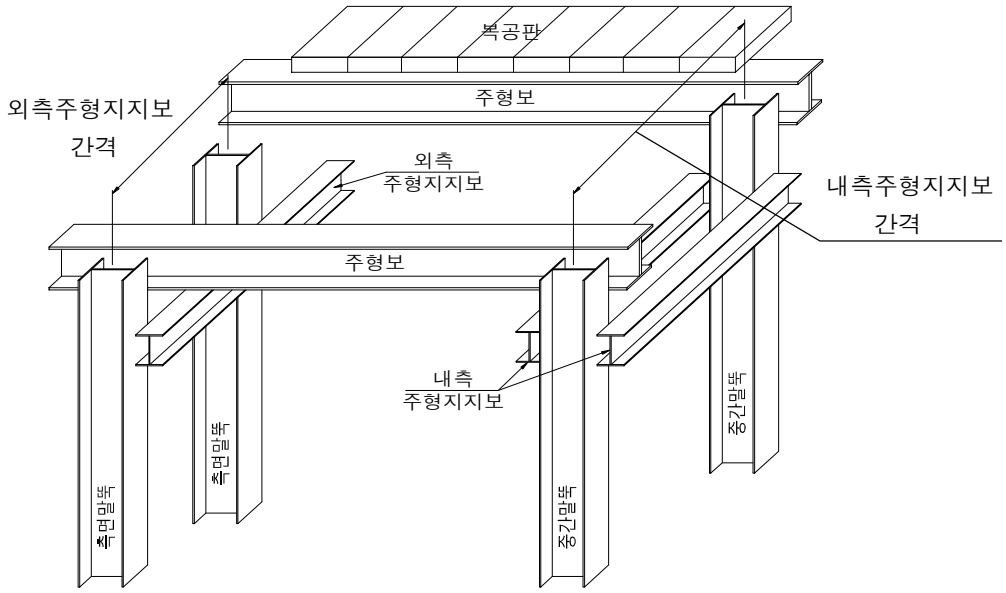
= 4.58 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.58 ea ---> O.K

6.2 내측주형지지보

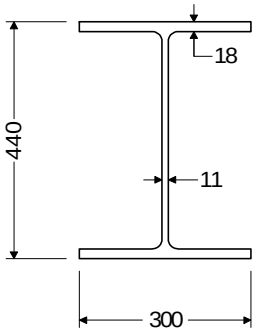
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

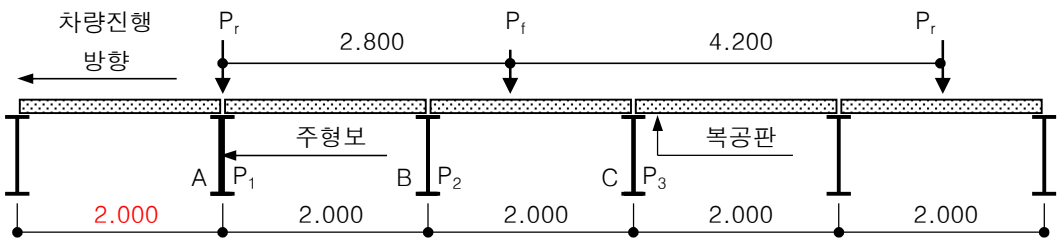


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



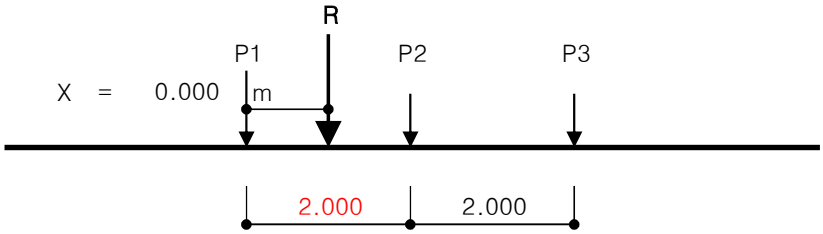
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

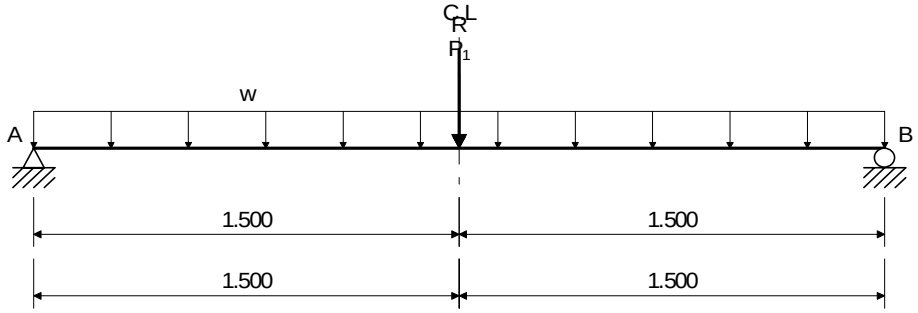


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

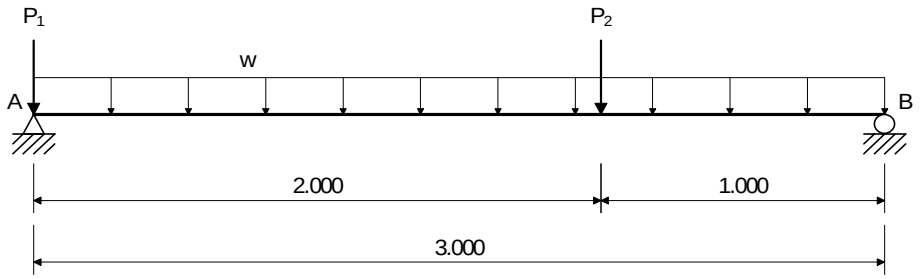
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (333.724 x 1.500) / 3.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 251.656 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.009 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.878 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.878 x 1000 / 4444 = 80.531 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.531 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357878 + 15000)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.88 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.88 ea ---> O.K

7.지보재 설계

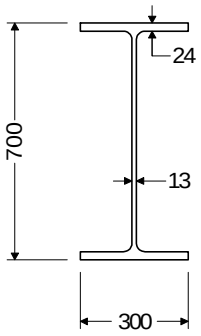
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.000 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} = 64.682 kN/m ---> Strut-1 (CS11 : 해체4)
= 64.682 x 2.00 / 1 단
= 129.364 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 129.364 + 120.0 = 249.364 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.000 x 6.000 / 8 / 1 단
= 22.500 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.000 / 2 / 1 단
= 15.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.500 x 1000000 / 5760000.0 = 3.906 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 249.364 x 1000 / 23550 = 10.589 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 15.000 x 1000 / 8476 = 1.770 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.259

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (14.495 - 6.682) / 14.495$

= 0.539

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6000 / 293

20.478 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (20.478 − 20))

= 188.458 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 188.458 MPa

L_y / R_y = 6000 / 67.8

88.496 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.496 − 20))

= 111.326 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 111.326 MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay})$ = 111.326 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6000 / 300

= 20.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.000 − 4.5))

= 138.780 MPa

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

= 138.780 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (20.478)^2

= 3863.205 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.326 MPa > f_c = 10.589 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 138.780 MPa > f_b = 3.906 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.770 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{10.589}{111.326} + \frac{3.906}{138.780 \times (1 - (10.589 / 3863.205))}$$

$$= 0.123 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 10.589 + \frac{3.906}{1 - (10.589 / 3863.205)}$$

$$= 14.506 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.123 , 0.077)

= 0.123 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{14.495}{111.326} + \left\{ \frac{1.770}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.130 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

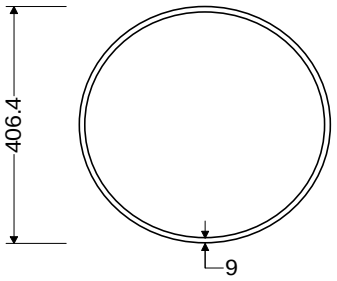
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.000 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} = 177.878 kN/m ---> Strut-2 (CS8 : 해체1)
= 177.878 x 3.00 / 1 단
= 533.633 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 533.633 + 120.0 = 653.633 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.000 x 6.000 / 8 / 1 단
= 22.500 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.000 / 2 / 1 단
= 15.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.500 x 1000000 / 1092000.0 = 20.604 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 653.633 x 1000 / 11236.2 = 58.172 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{15.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.669 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.052 x 9)

= 21.455 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.052

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.776 − 37.568) / 78.776

= 0.523 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6000 / 140.5

42.705 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (42.705 − 20))

= 163.253 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 163.253 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (42.705)^2

= 888.311 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 163.253 MPa > f_c = 58.172 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 20.604 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.669 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{58.172}{163.253} + \frac{20.604}{189.000 \times (1 - (58.172 / 888.311))}$$

$$= 0.473 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 58.172 + \frac{20.604}{1 - (58.172 / 888.311)}$$

$$= 80.220 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.473 , 0.424)

= 0.473 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{78.776}{163.253} + \left\{ \frac{2.669}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.483 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

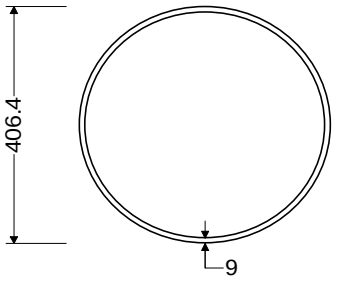
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.000 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} = 77.477 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.37 m)
= 77.477 x 3.00 / 1 단
= 232.430 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 232.430 + 120.0 = 352.430 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.000 x 6.000 / 8 / 1 단
= 22.500 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.000 / 2 / 1 단
= 15.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.500 x 1000000 / 1092000.0 = 20.604 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 352.430 x 1000 / 11236.2 = 31.366 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{15.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.669 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.079 x 9)

= 20.919 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.079

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (51.970 − 10.761) / 51.970

= 0.793 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6000 / 140.5

42.705 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (42.705 − 20))

= 163.253 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 163.253 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (42.705)^2

= 888.311 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 163.253$ MPa $> f_c = 31.366$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa $> f_b = 20.604$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa $> \tau = 2.669$ MPa ---> O.K

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

$$= \frac{31.366}{163.253} + \frac{20.604}{189.000 \times (1 - (31.366 / 888.311))}$$

$$= 0.305 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 31.366 + \frac{20.604}{1 - (31.366 / 888.311)}$$

$$= 52.724 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.305 , 0.279)

= 0.305 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{51.970}{163.253} + \left\{ \frac{2.669}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.319 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

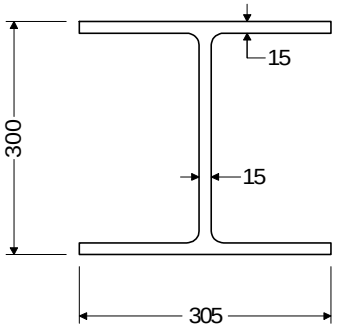
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

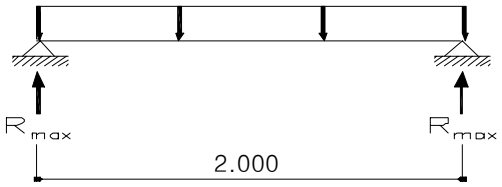
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 64.682 kN/m ---> Strut-1 (CS11 : 해체4)

P = 64.682 × 2.00 m / 1 ea = 129.364 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 129.364 / (13 × 2.000)
= 59.707 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 59.707 × 2.000 ^{2} / 8
= 29.853 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 59.707 × 2.000 / 12
= 69.658 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 29.853 x 1000000 / 1440000.0 = 20.731 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 69.658 x 1000 / 4050 = 17.199 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (20.731 + 20.731) / 20.731$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 20.731 MPa ---> O.K

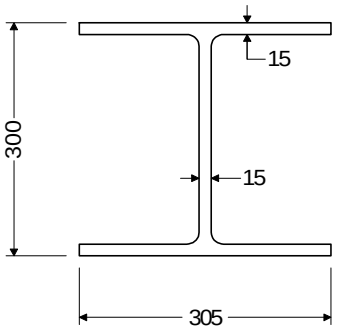
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 17.199 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

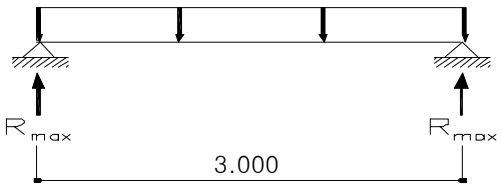
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 177.878 kN/m ---> Strut-2 (CS8 : 해체1)

$P = 177.878 \times 3.00\ m / 1\ ea = 533.633\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 533.633 / (13 \times 3.000)$
$= 164.195\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 164.195 \times 3.000^{2} / 8$
$= 184.719\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 164.195 \times 3.000 / 12$
$= 287.341\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 184.719 \times 1000000 / 1440000.0 = 128.277$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 287.341 \times 1000 / 4050 = 70.948$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (128.277 + 128.277) / 128.277$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 128.277$ MPa ---> O.K

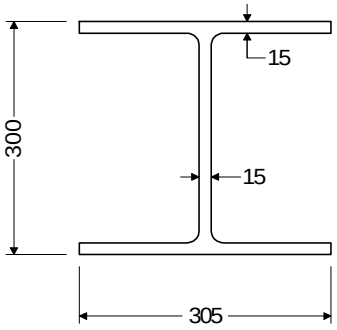
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 70.948$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

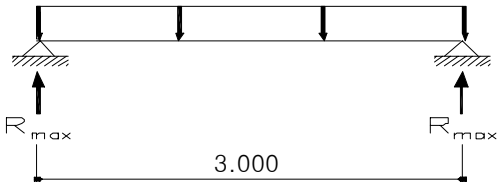
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 77.477 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.37 m)

P = 77.477 × 3.00 m / 1 ea = 232.430 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 232.430 / (13 × 3.000)
= 71.517 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 71.517 × 3.000^2 / 8
= 80.457 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 71.517 × 3.000 / 12
= 125.155 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 80.457 x 1000000 / 1440000.0 = 55.873 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 125.155 x 1000 / 4050 = 30.902 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (55.873 + 55.873) / 55.873

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

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

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 55.873 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 30.902 MPa ---> O.K

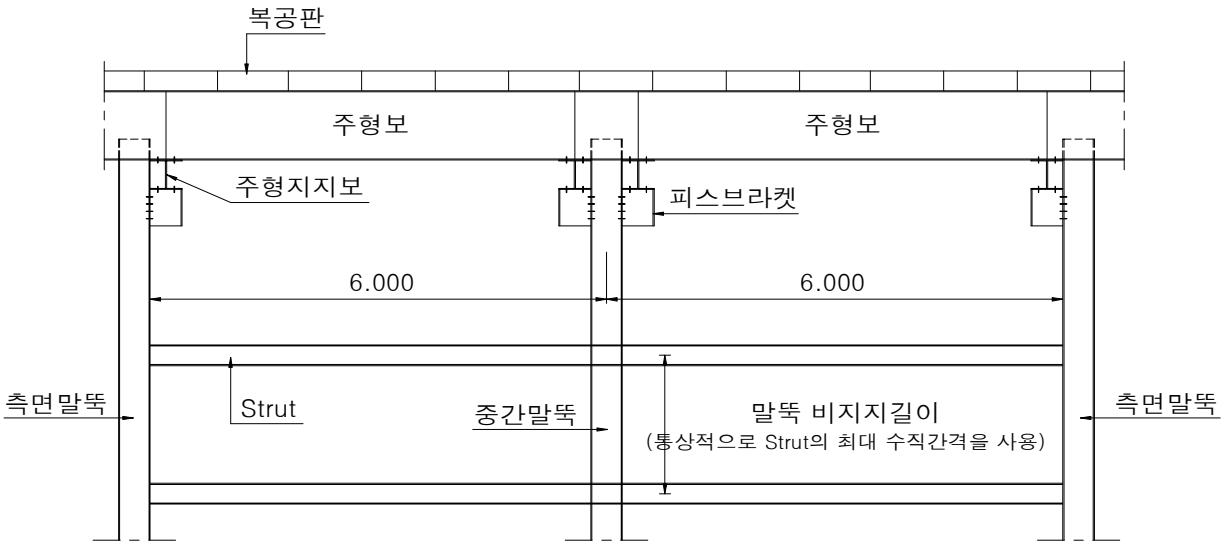
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.000 + 6.000 = 12.000 m

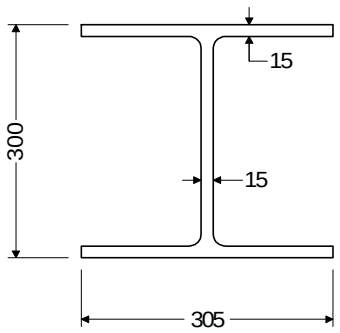
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 13.110 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 31.750 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.270 kN

ΣP_s = 52.910 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 6.000) / 2 = 17.093 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 6.000) / 2 = 17.093 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.000)

= 0.326 > 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

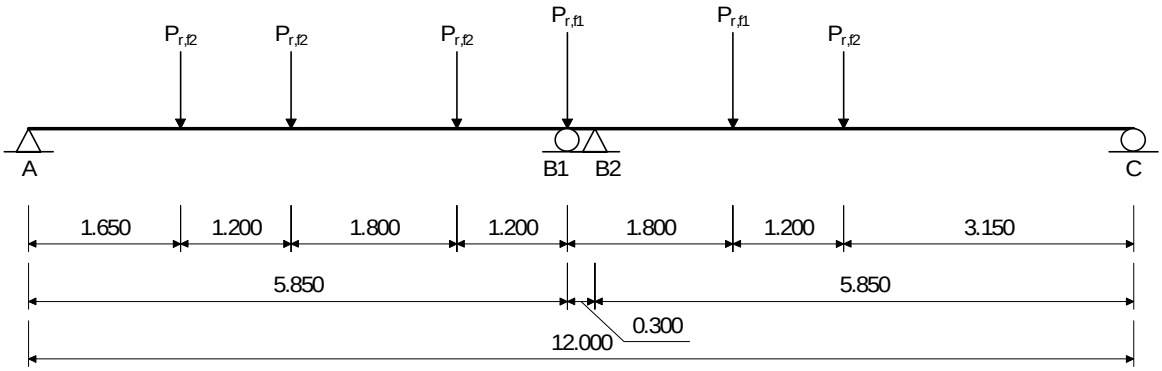
(2) 전륜하중

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 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 + 93.600 x 1.650) / 5.850

= 271.200 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.350 + 93.600 x 3.150) / 5.850

= 143.200 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 271.200 x 1.00 = 271.200 kN

P_{r2} = 143.200 x 1.00 = 143.200 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 23.400 x 1.650) / 5.850

= 67.800 kN

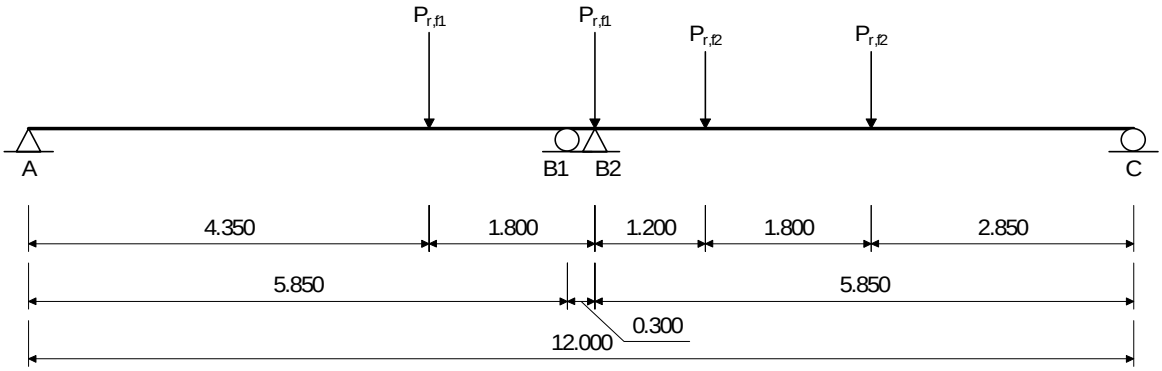
R_{B2} = (31.200 x 4.350 + 23.400 x 3.150) / 5.850

= 35.800 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 67.800 x 1.00 = 67.800 kN

P_{f2} = 35.800 x 1.00 = 35.800 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.350) / 5.850

= 92.800 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 5.850

= 244.800 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 92.800 x 1.00 = 92.800 kN

P_{r2} = 244.800 x 1.00 = 244.800 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.350) / 5.850

= 23.200 kN

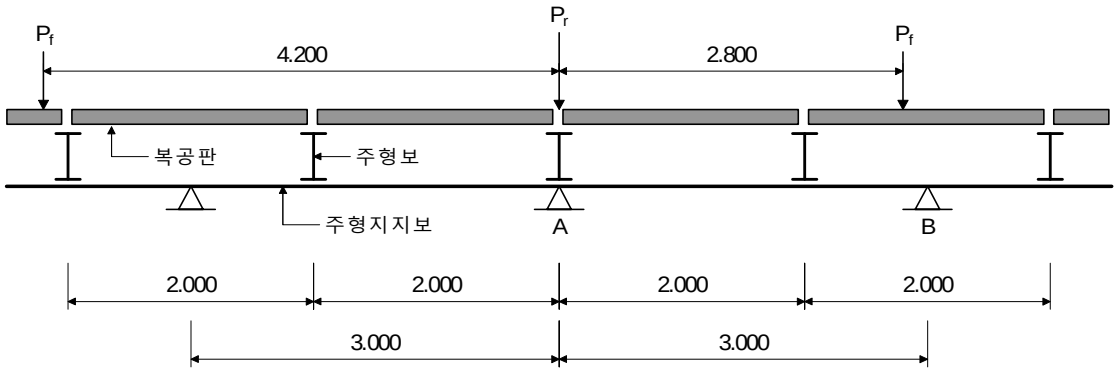
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 5.850

= 61.200 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.200 x 1.00 = 23.200 kN

P_{f2} = 61.200 x 1.00 = 61.200 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (271.200 x 3.000 + 67.800 x 0.200) / 3.000

= 275.720 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} \times 3.00 / 2.00$

$= 275.720 + 17.093 \times 3.00 / 2.00 = 301.359$ kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

$R_2 = (244.800 \times 3.000 + 61.200 \times 0.200) / 3.000$

$= 248.880$ kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} \times 3.00 / 2.00$

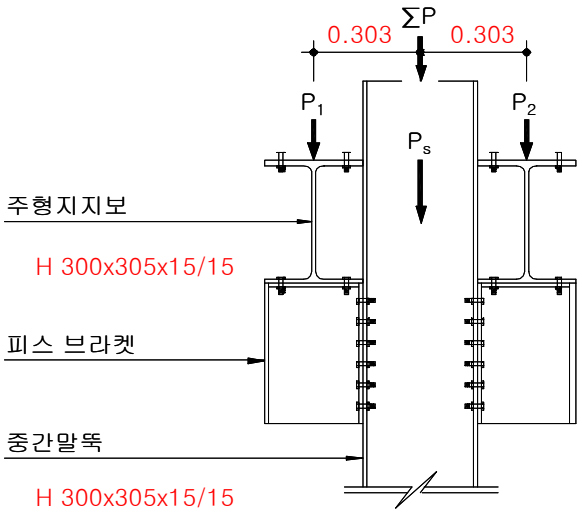
$= 248.880 + 17.093 \times 3.00 / 2.00 = 274.519$ kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_1 + P_2 + P_s$

$= 301.359 + 274.519 + 52.910 = 628.788$ kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A = 628.788 \times 1000 / 13480 = 46.646$ MPa

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 91.161 \times 1000000 / 1440000 = 63.306$ MPa

여기서, $M_{max} = P_1 \times e = 301.359 \times 0.303 = 91.161$ kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$

$= 189.000$ MPa

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

$= 2.012$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (109.952 - -16.660) / 109.952$
$= 1.152$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$
$= 189.000$ MPa

$L_x / R_x = 1910 / 126$
15.159 ---> Lx/Rx ≤ 20 이므로
$f_{cagx} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa
$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 189.000$ MPa

$L_y / R_y = 1910 / 72.6$
26.309 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로
$f_{cagy} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (26.309 - 20))$
$= 181.846$ MPa
$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 181.846$ MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 181.846$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1910 / 305$
$= 6.262$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (6.262 - 4.5))$
$= 183.290$ MPa
$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag}, f_{cal})$
$= 183.290$ MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (15.159)^2$
$= 7050.004$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 181.846$ MPa > $f_c = 46.646$ MPa ---> O.K
▶ 휨응력 , $f_{ba} = 183.290$ MPa > $f_b = 63.306$ MPa ---> O.K
▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{46.646}{181.846} + \dfrac{63.306}{183.290 \times (1 - (46.646 / 7050.004))}$

$= 0.604 < 1.0$ ---> O.K

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

$$= 46.646 + \frac{63.306}{1 - (46.646 / 7050.004)}$$

$$= 110.374 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.604 , 0.584)
= 0.604 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 628.79 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) = 31
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 27.92
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0
- L_s(모래층 중의 길이) = 12.370 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 31 x 0.0915 + 0.2 x 28 x 1.210 x ###
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000
= 154.492 tonf
= 1515.05 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1515.05 / 2.0
= 757.525 kN

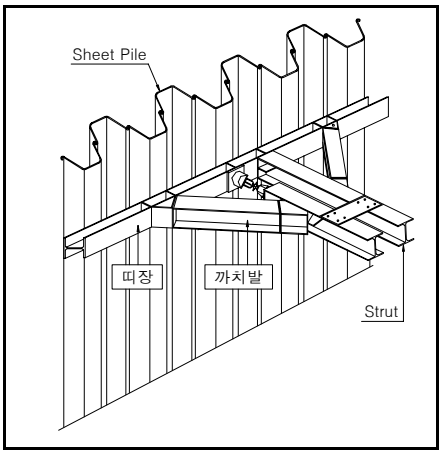
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 12.37m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 108.236 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 해체4)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 108.236 (kN·m/m) × 1.00 m = 108.236 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 118.454 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS8 : 해체1)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 118.454 (kN/m) × 1.00 m = 118.454 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{108.236 \times 10^6}{2270000.00} = 47.681 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{118.454 \times 10^3}{13180.00} = 8.987 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 5.37 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	1.42	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	5.00	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	14.26	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	17.82	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	18.10	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	12.37	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.47	2	6	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	2.015	3	6	50	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	4.03	3	6	50	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	0	0	6.55	C27	0.7	-
2	기초	4.98	0	6.55	C27	0.78	-
3	벽체	6.55	0	5.37	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 5.37 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.97	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.52	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	4.53	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	5.37	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
9	-	-	-	4.51	-	-	-	X	X
10	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
11	-	-	-	2.14	-	-	-	X	X
12	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
13	-	-	-	0	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.97 m	0.97	7.97	1.4	-4.63	3.7	0.30	10.4	-8.06	2.1
CS2 : 생성 Strut-1	0.97	7.97	1.4	-4.63	3.7	0.30	10.4	-8.06	2.1
CS3 : 굴착 2.515 m	2.52	22.70	3.7	-33.20	0.5	36.13	2.1	-17.03	5.9
CS4 : 생성 Strut-2	2.52	15.44	3.7	-23.88	0.5	24.63	2.5	-14.08	5.9
CS5 : 굴착 4.53 m	4.53	46.61	5.9	-83.54	2.0	65.90	4.0	-29.00	7.4
CS6 : 생성 Strut-3	4.53	40.88	5.9	-72.77	2.0	52.11	4.0	-25.15	7.4
CS7 : 굴착 5.37 m	5.37	40.51	6.9	-68.20	4.0	56.17	5.4	-26.96	8.4
CS8 : 해체1	5.37	60.62	6.9	-118.45	2.0	102.63	4.8	-73.23	2.0
CS9 : 해체2	5.37	60.63	6.9	-118.44	2.0	102.60	4.8	-73.23	2.0
CS10 : 해체3	5.37	74.78	5.0	-64.69	0.5	108.21	3.3	-46.64	8.4
CS11 : 해체4	5.37	75.68	5.0	-64.70	0.5	108.24	3.3	-46.63	8.4
CS12 : 해체5	5.37	37.41	6.9	-32.47	3.7	26.93	4.5	-46.60	8.4
CS13 : 해체6	5.37	37.11	6.9	-32.39	3.7	26.76	4.5	-46.45	8.4
TOTAL		75.68	5.0	-118.45	2.0	108.24	3.3	-73.23	2.0

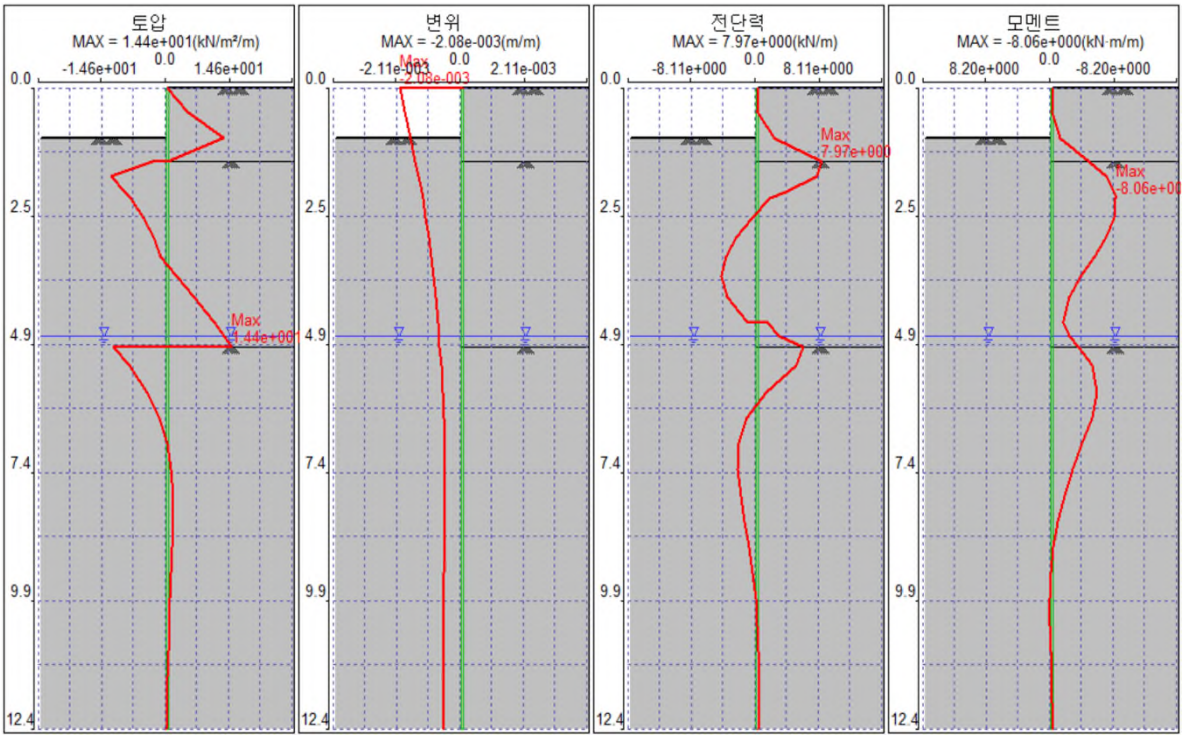
12.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

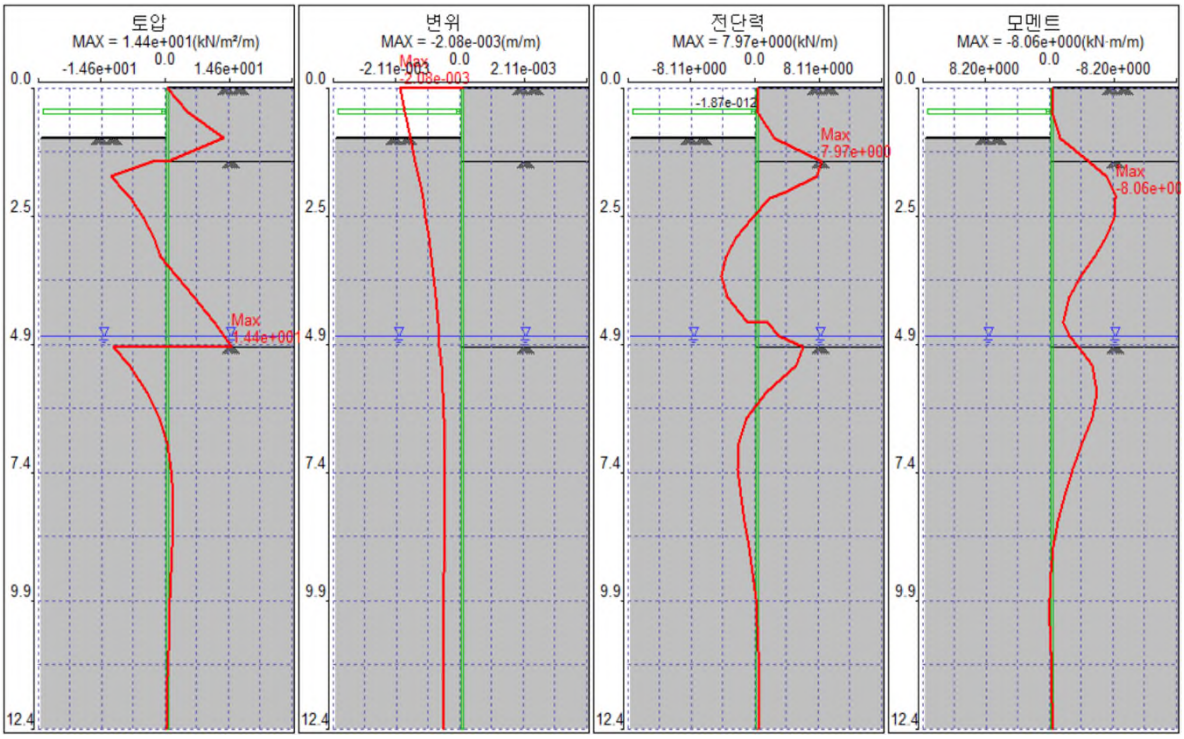
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3		
		0.47 (m)	2.015 (m)	4.03 (m)		
CS1 : 굴착 0.97 m	0.97	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	0.97	0.00	-	-		
CS3 : 굴착 2.515 m	2.52	33.16	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	2.52	23.84	16.67	-		
CS5 : 굴착 4.53 m	4.53	-5.67	111.46	-		
CS6 : 생성 Strut-3	4.53	-0.51	95.53	16.67		
CS7 : 굴착 5.37 m	5.37	-6.47	91.07	77.48		
CS8 : 해체1	5.37	-37.19	177.88	-		
CS9 : 해체2	5.37	-37.19	177.86	-		
CS10 : 해체3	5.37	64.68	-	-		
CS11 : 해체4	5.37	64.68	-	-		
CS12 : 해체5	5.37	-	-	-		
CS13 : 해체6	5.37	-	-	-		
TOTAL		64.68	177.88	77.48		

12.2 시공단계별 단면력도

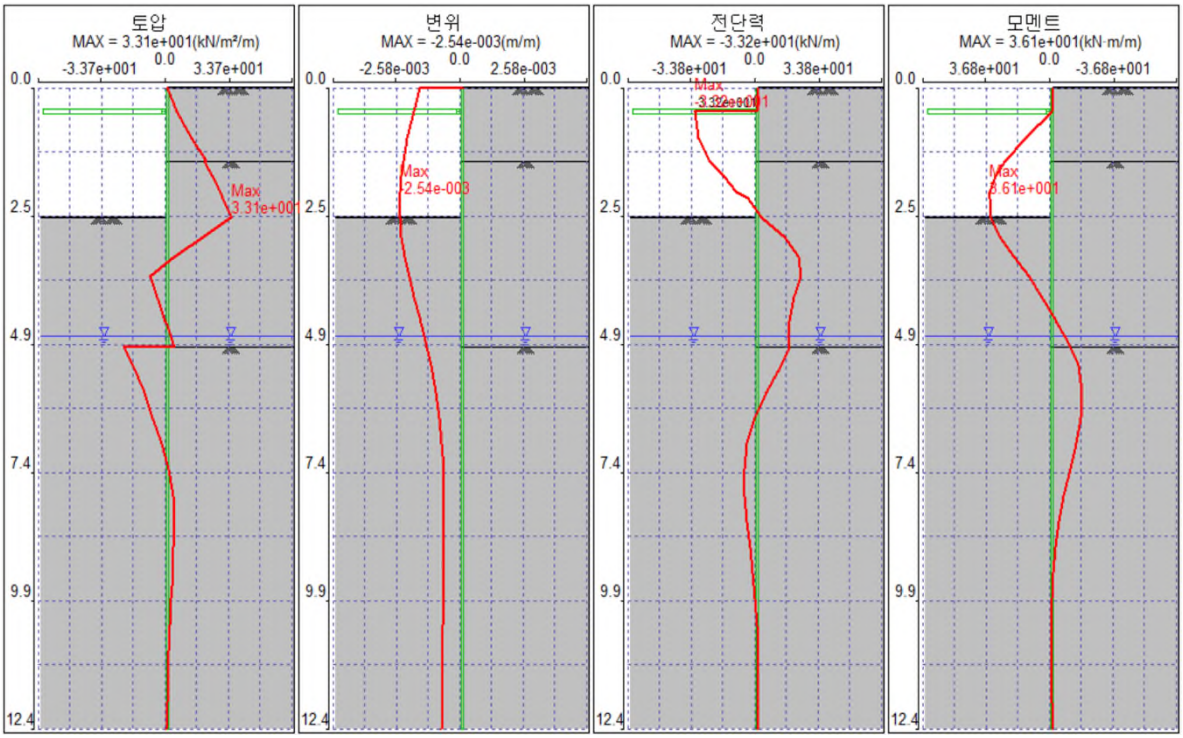
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.97 m]



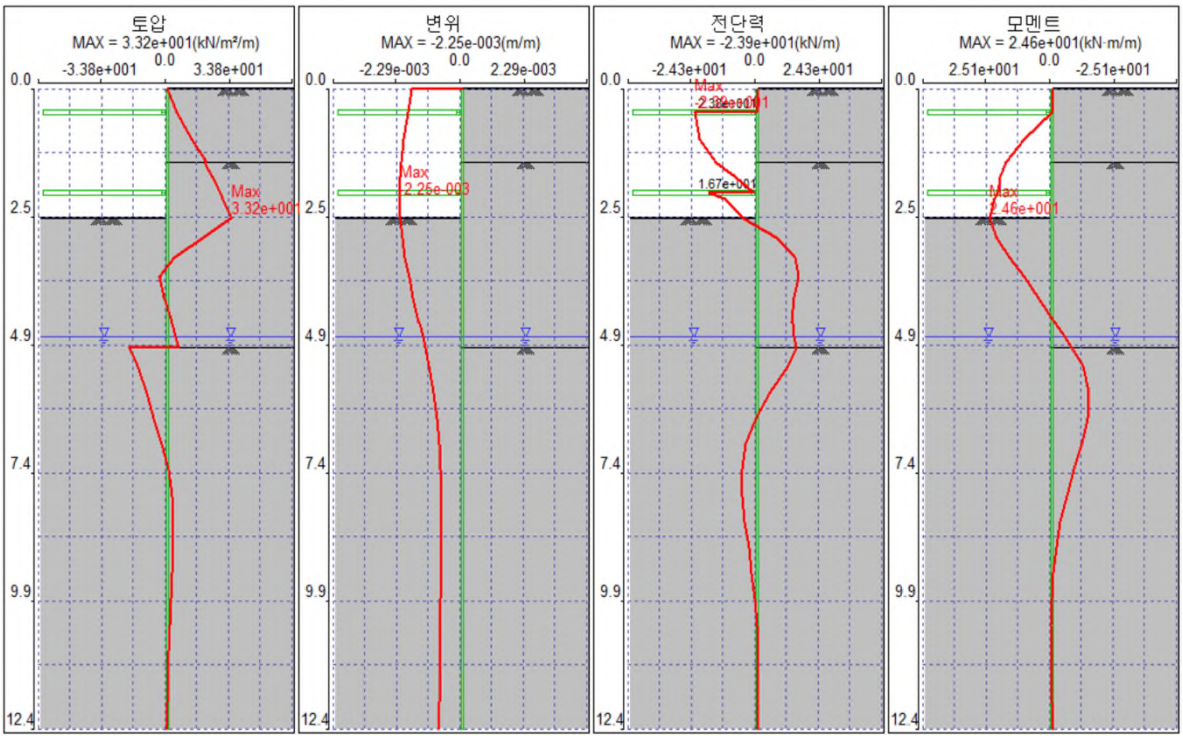
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



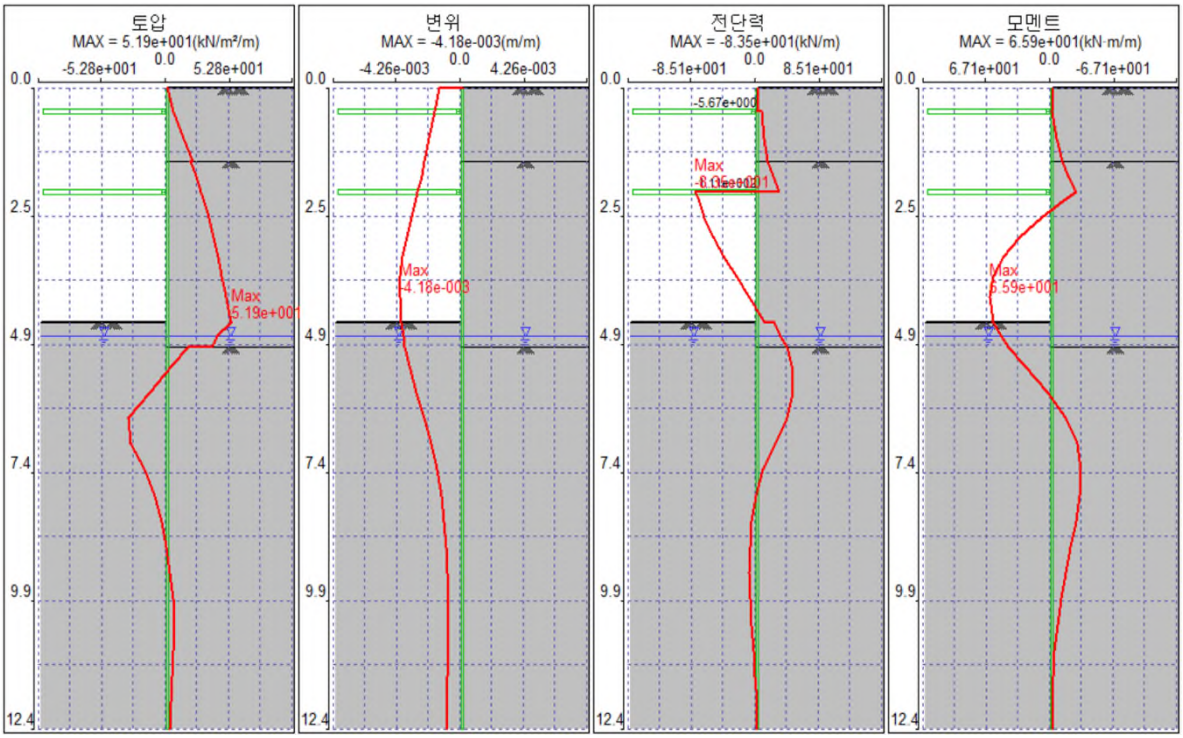
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.515 m]



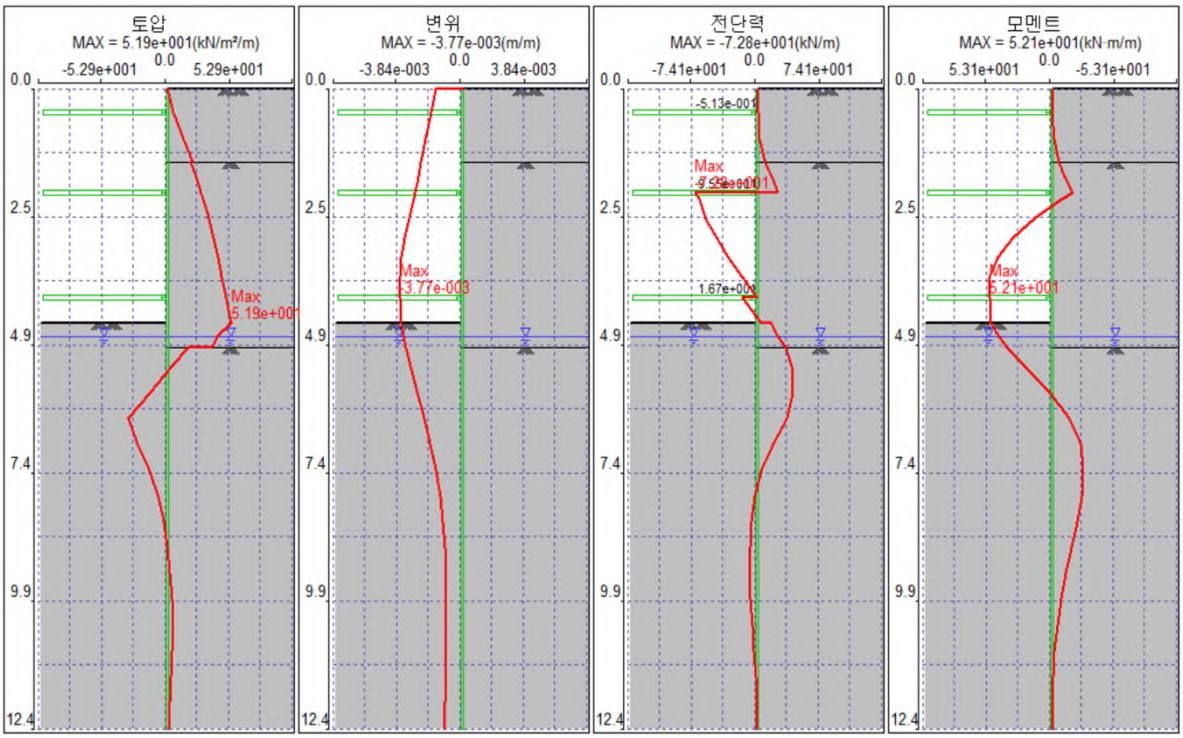
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



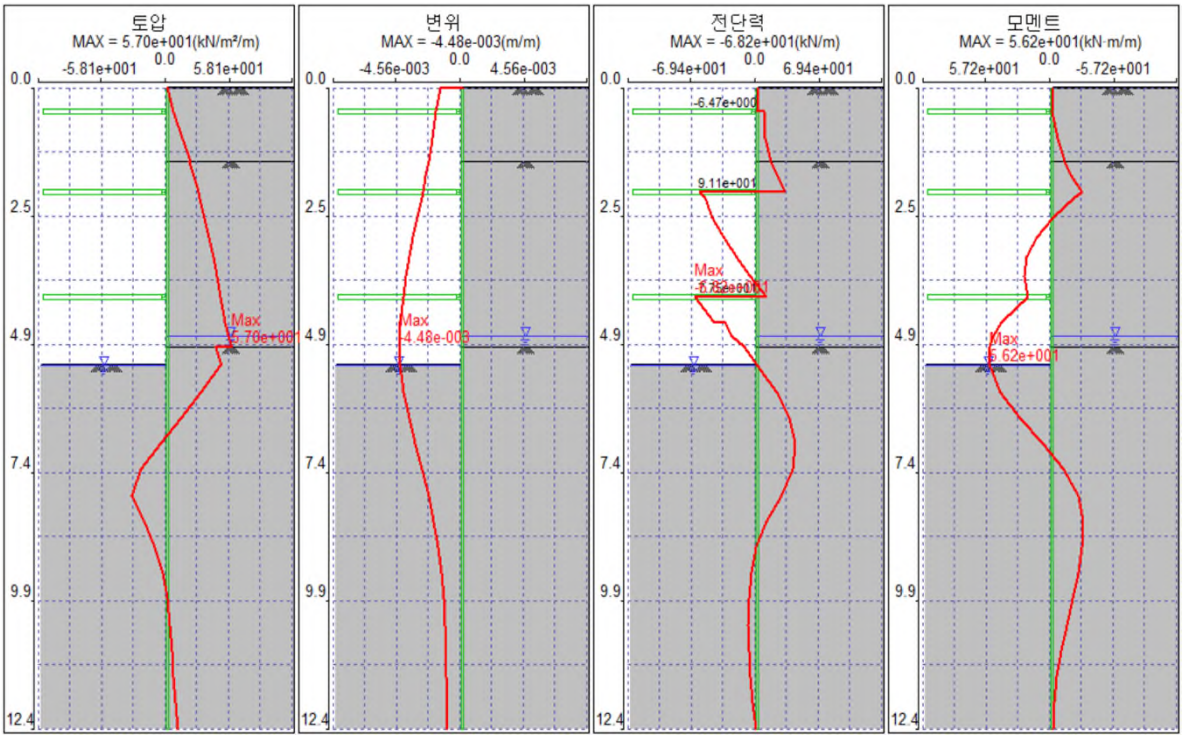
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.53 m]



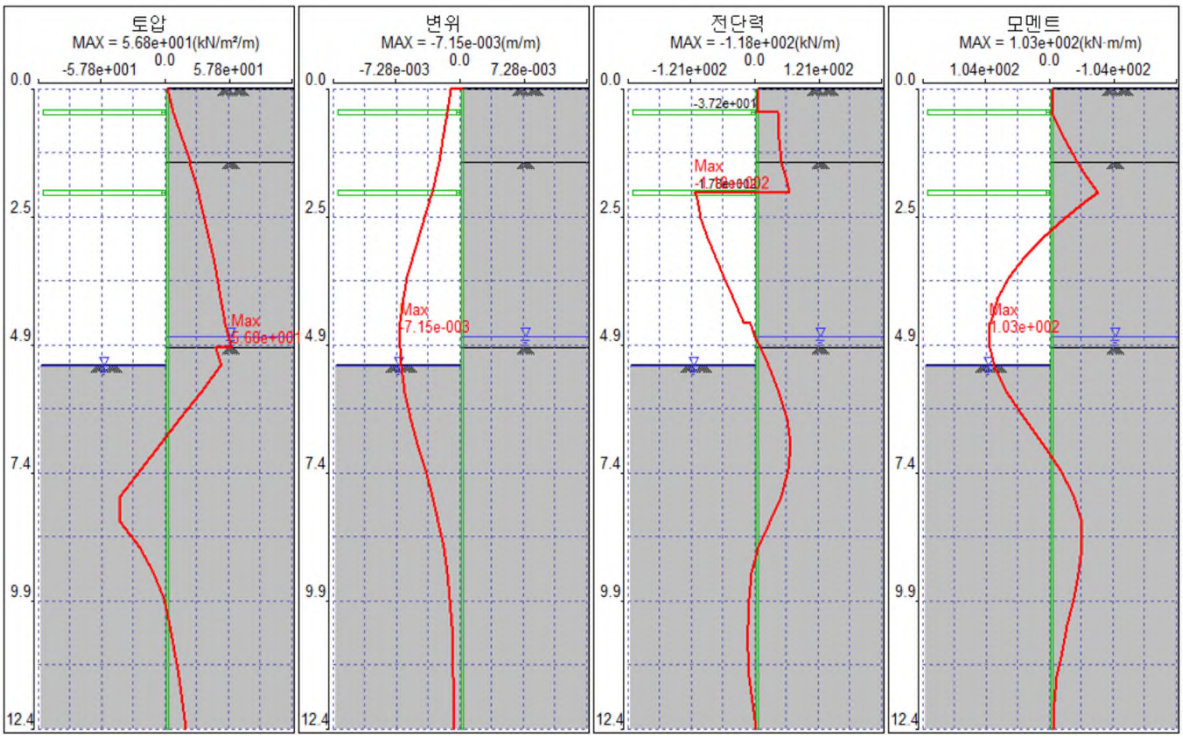
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



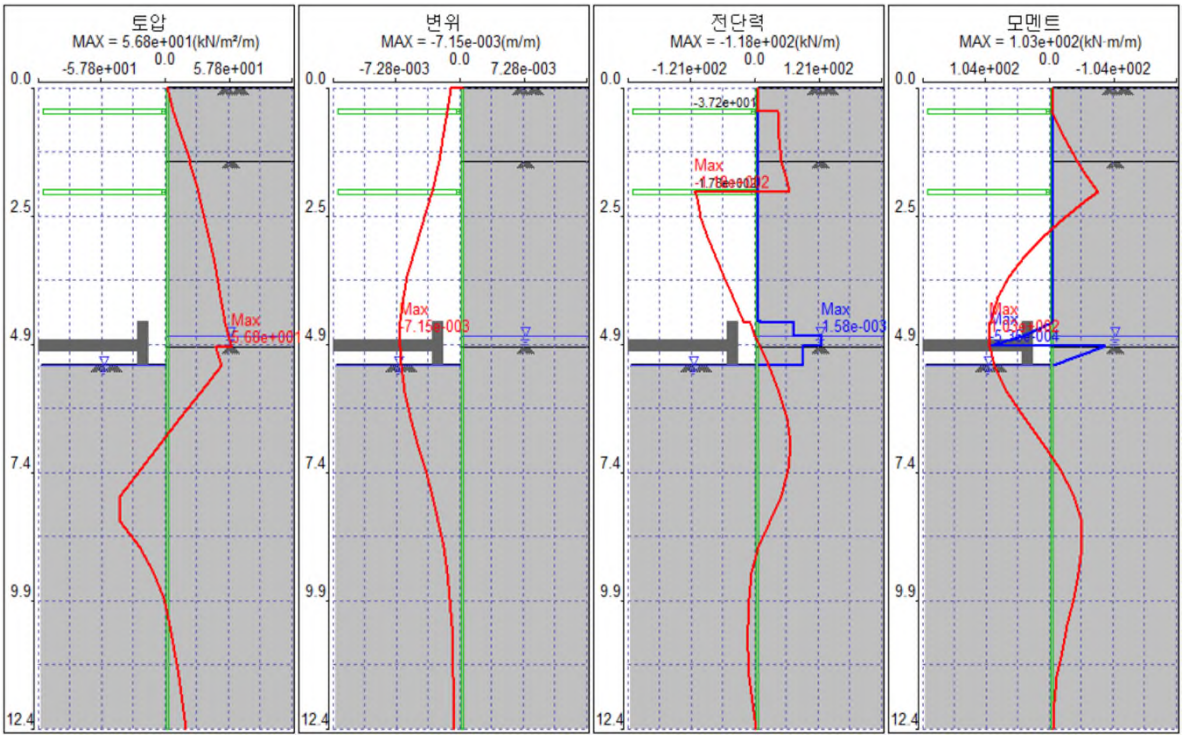
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.37 m]



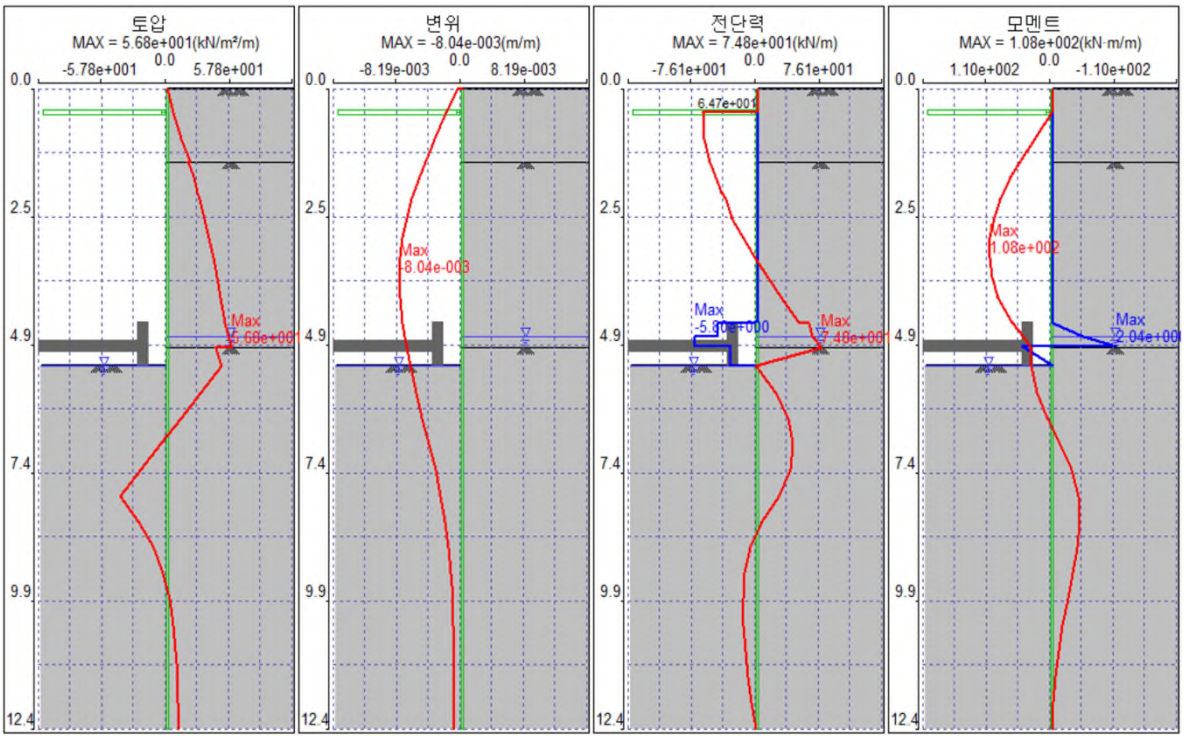
8) 시공 8 단계 [CS8 : 해체1]



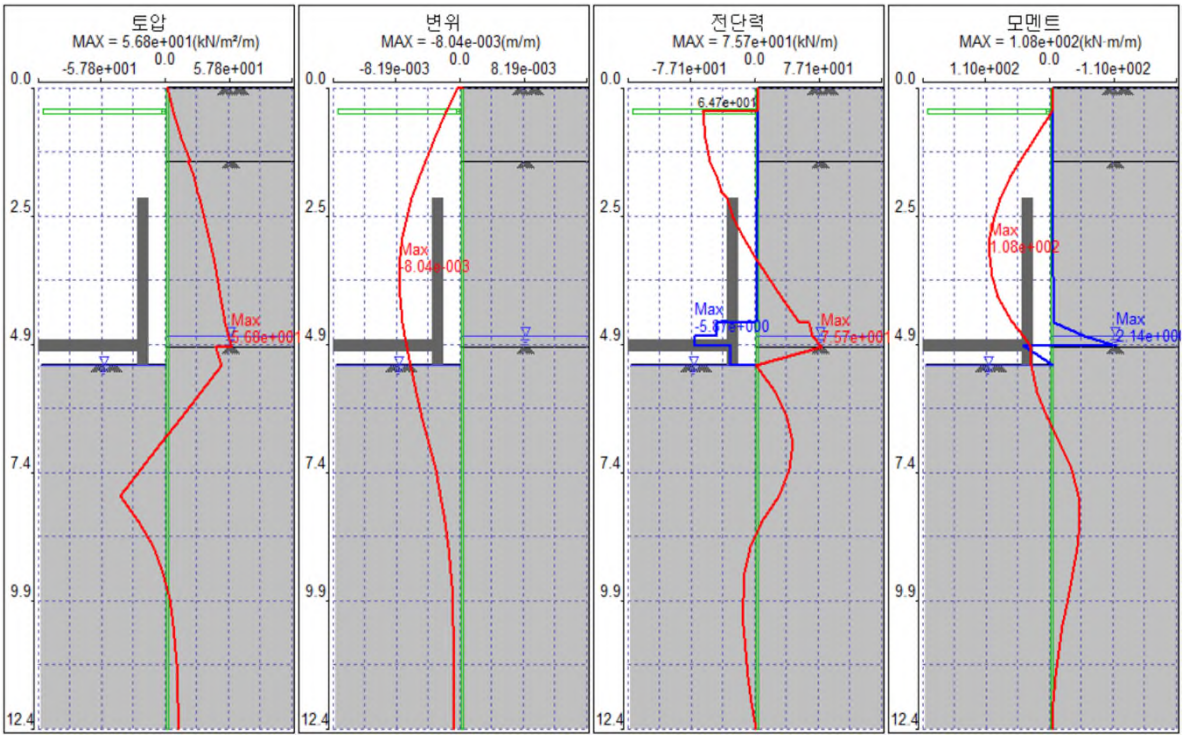
9) 시공 9 단계 [CS9 : 해체2]



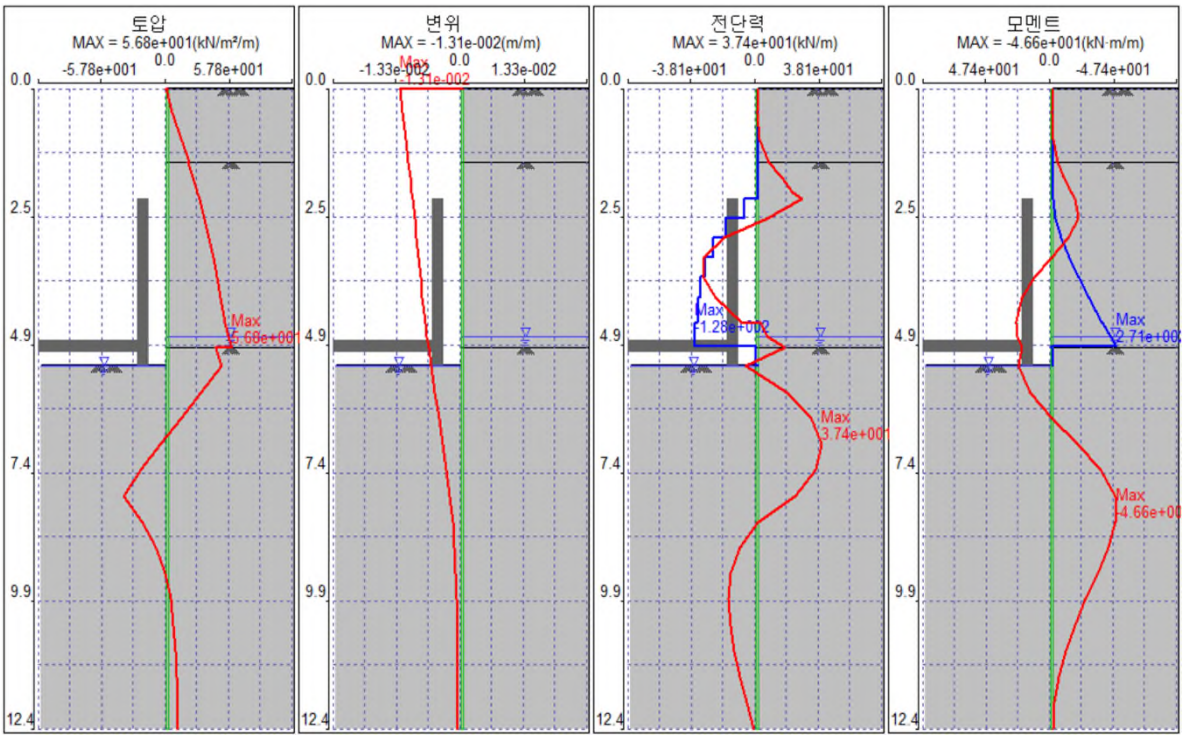
10) 시공 10 단계 [CS10 : 해체3]



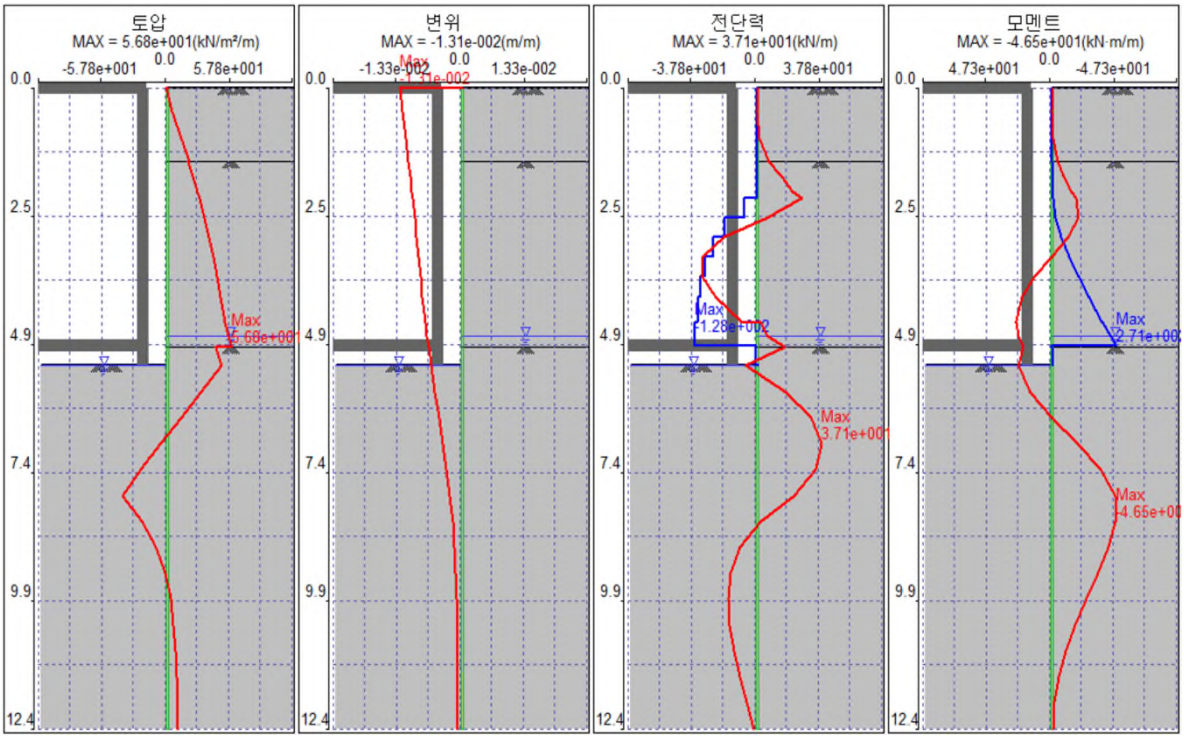
11) 시공 11 단계 [CS11 : 해체4]



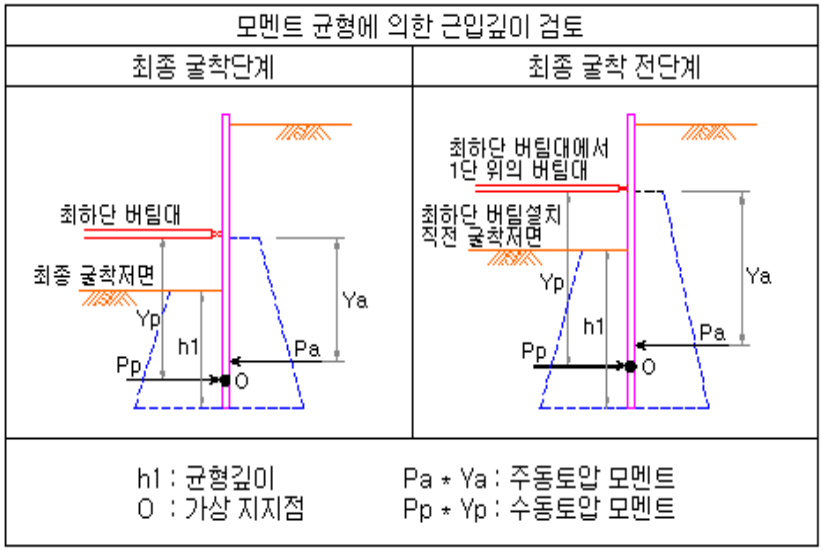
12) 시공 12 단계 [CS12 : 해체5]



13) 시공 13 단계 [CS13 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.581	7.000	3656.040	7346.699	2.009	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.521	7.840	5222.282	12007.276	2.299	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -4.03 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 67.576 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.665 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 667.668 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.409 m

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

Ma = (67.576 x 0.665) + (667.668 x 5.409) = 3656.04 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1222.848 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.008 m

Mp = (Pp x Yp) = (1222.848 x 6.008) = 7346.699 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7346.699 / 3656.04 = 2.009

S.F. = 2.009 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.015 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 102.205 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.385 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 710.216 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.154 m

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

Ma = (102.205 x 1.385) + (710.216 x 7.154) = 5222.282 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1553.29 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.73 m

Mp = (Pp x Yp) = (1553.29 x 7.73) = 12007.276 kN·m

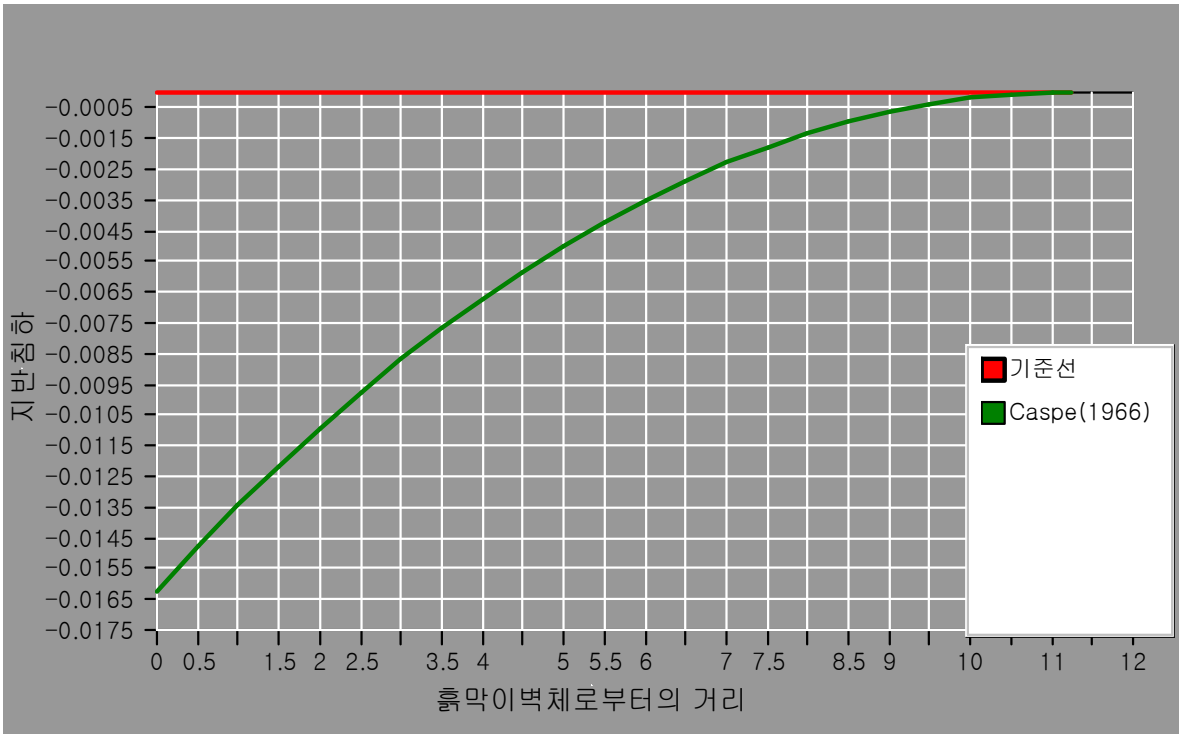
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 12007.276 / 5222.282 = 2.299

S.F. = 2.299 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.046 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 5.37 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 27.947 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 27.947/2) = 13.3 m

Ht = Hp + Hw = 13.3 + 5.37 = 18.67 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 18.67 x tan(45-27.947/2) = 11.23 m

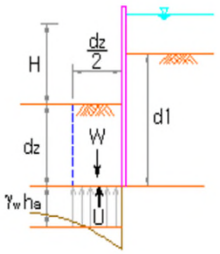
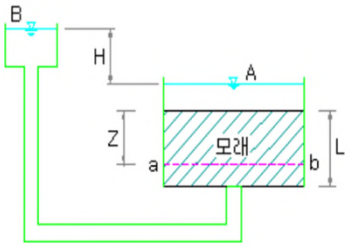
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.046 / 11.23 = -0.016 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.016 x ((11.23 - Xi) / 11.23)^2

12.5 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	9.975	269.500	27.018	0.039	1.097	28.046	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 0.285 x 7 / 2 = 9.975

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 9.975 = 27.018

S.F. = 27.018 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 0.570 / 14.57 = 0.039

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 10.972 / 10 = 1.097

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.097 / 0.039 = 28.046

S.F. = 28.046 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

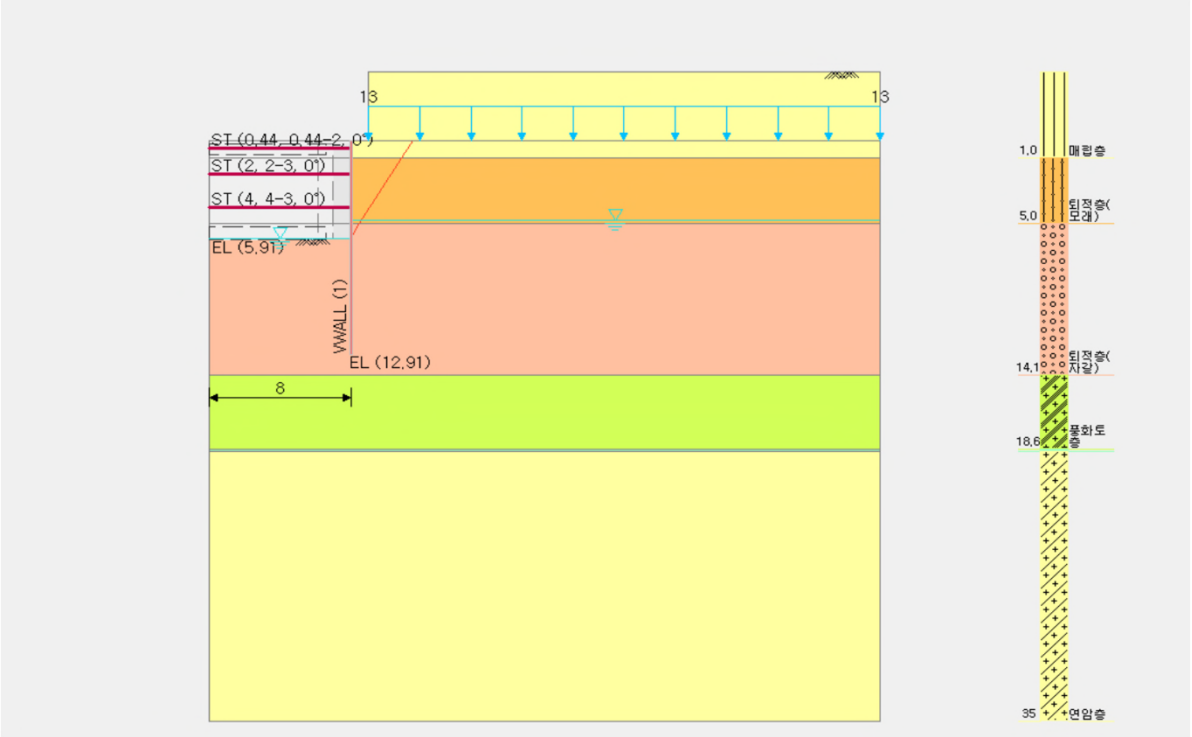
변 경

11. Ramp-D. 0+311.9~0+320(좌)--02단

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 외측주형지지보
6.2 내측주형지지보
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.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 12.91m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.44, 0.44-2, 0°)
ST (2, 2-3, 0°)
ST (4, 4-3, 0°)
EL (5.91)
VWALL (1)
EL (12.91)
8
1.0
매립층
5.0
퇴적층(모래)
14.1
퇴적층(자갈)
18.6
풍화토층
35
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.531	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.44	휨응력	3.906	138.780	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	8.811	111.326	O.K		
		전단응력	1.770	108.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	2.00	휨응력	20.604	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.686	163.253	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.669	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	4.00	휨응력	20.604	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	42.919	163.253	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.669	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.44	휨응력	14.023	182.334	O.K	
		전단응력	11.634	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	2.00	휨응력	108.058	171.711	O.K	
		전단응력	59.765	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	4.00	휨응력	87.079	171.711	O.K	
		전단응력	48.162	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	63.306	182.334	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.688	180.440	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우)	0.00 ~	휨응력	35.013	243.000	O.K	
J:SP-IV(SY295(SY30)	12.91	전단응력	7.983	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

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-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 압 축 응 력	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 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

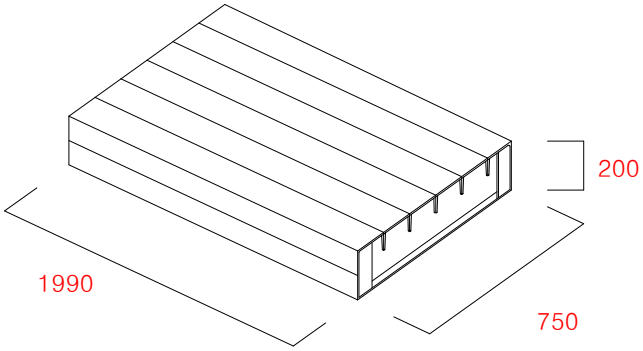
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

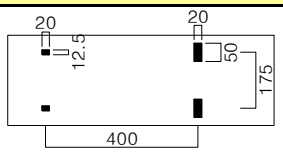
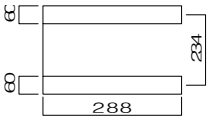
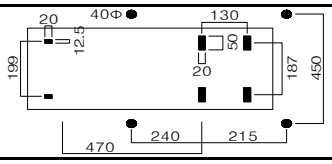
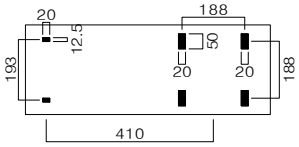
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

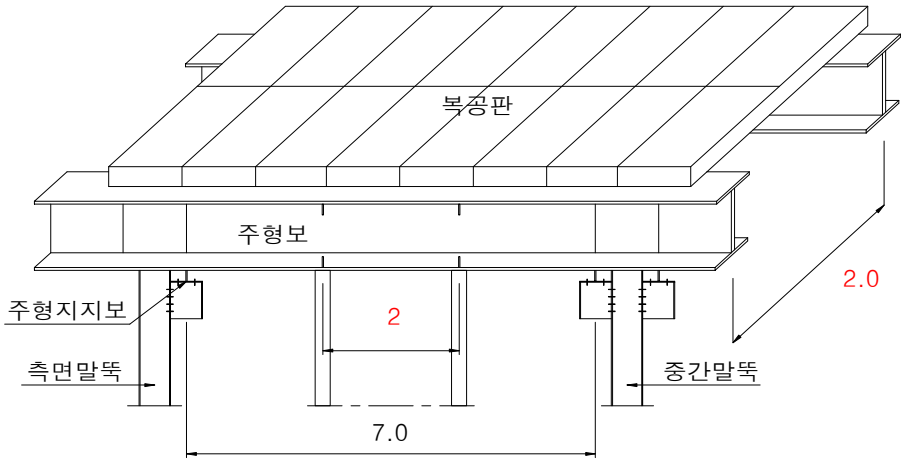
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

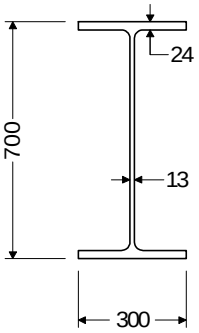
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

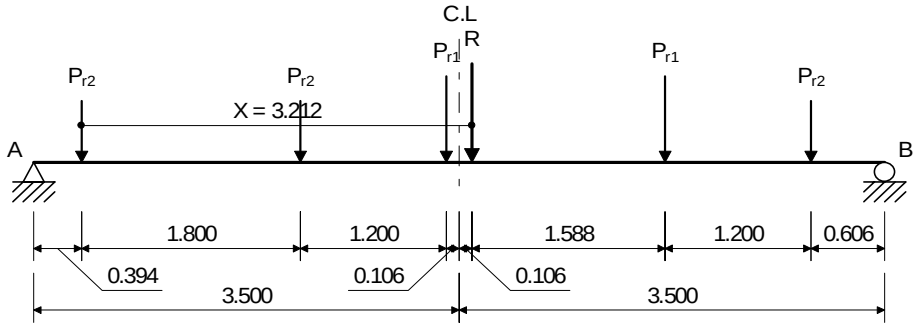
(3) 전륜하중

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

(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

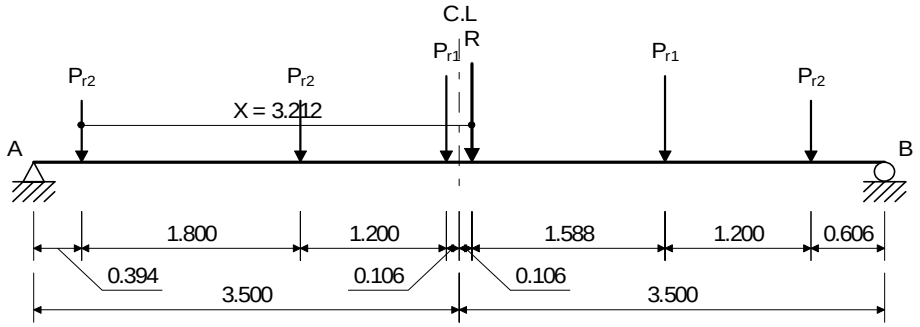
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

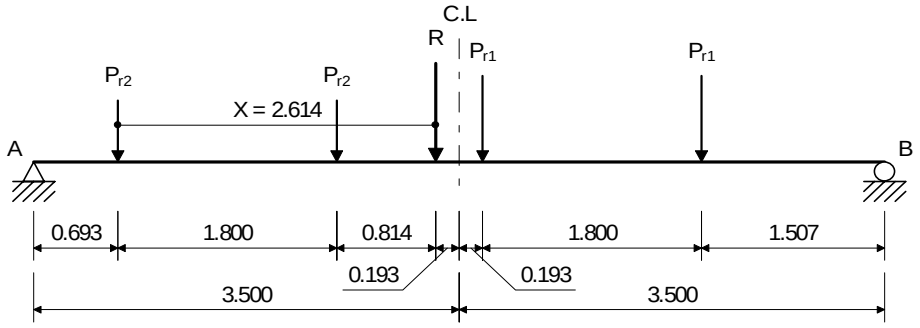
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

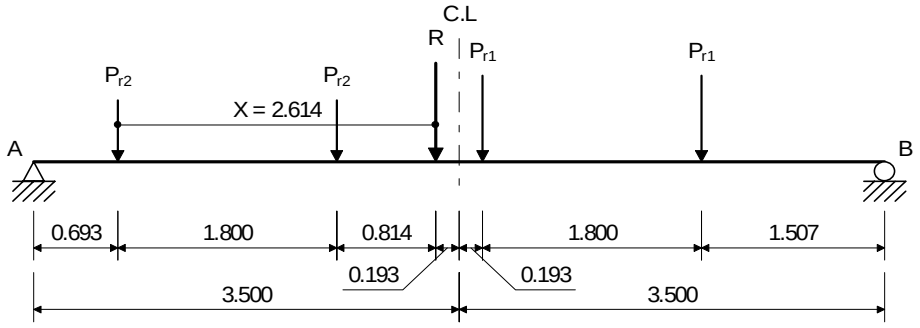


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

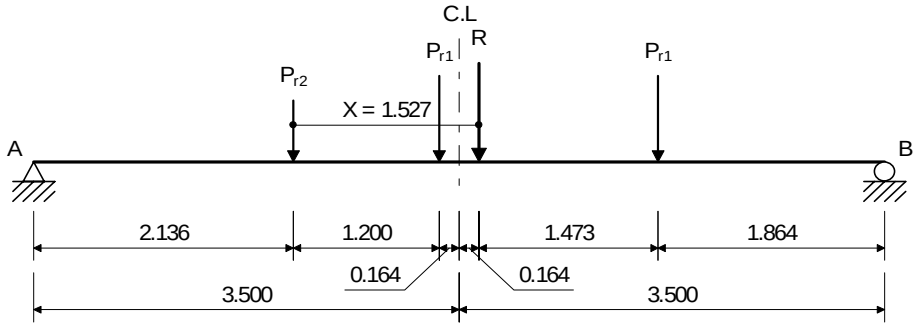
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

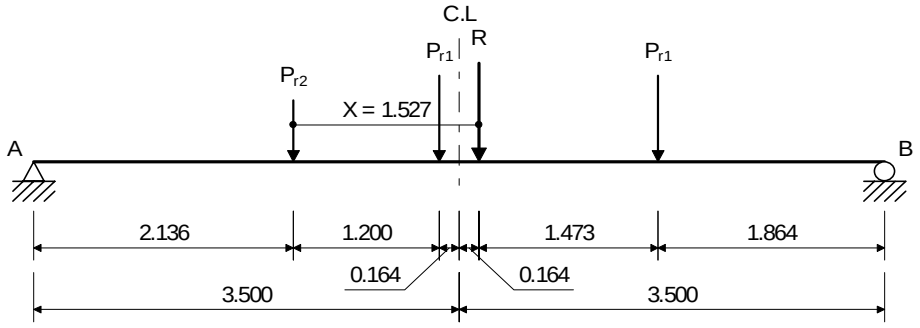


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

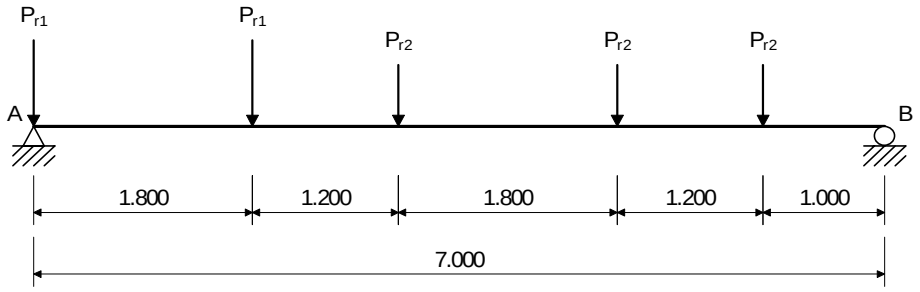


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 - Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 - 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 479.769 = 514.667 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.667 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

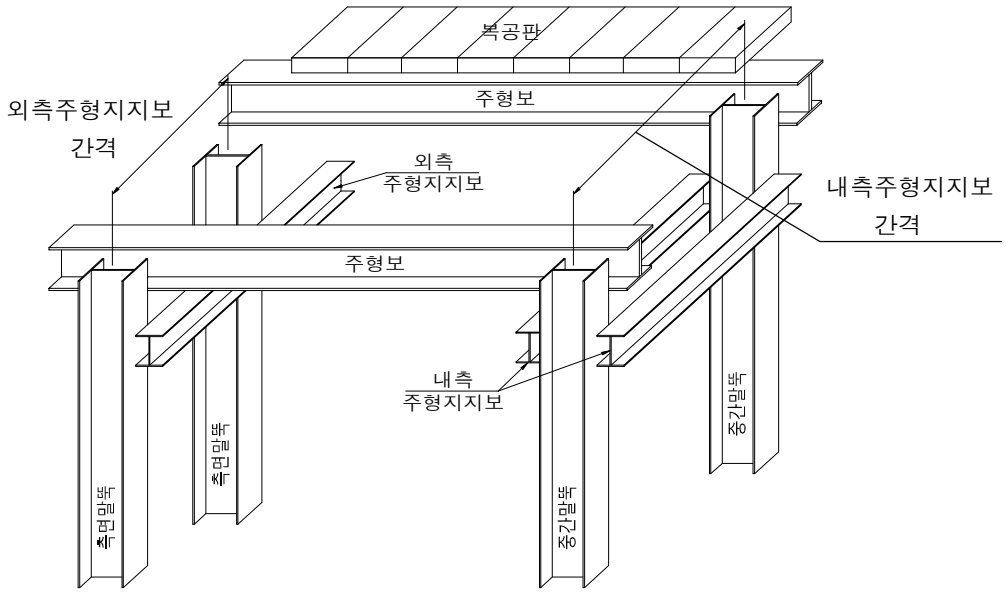
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 외측주형지지보

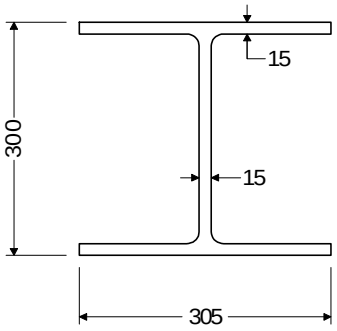
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

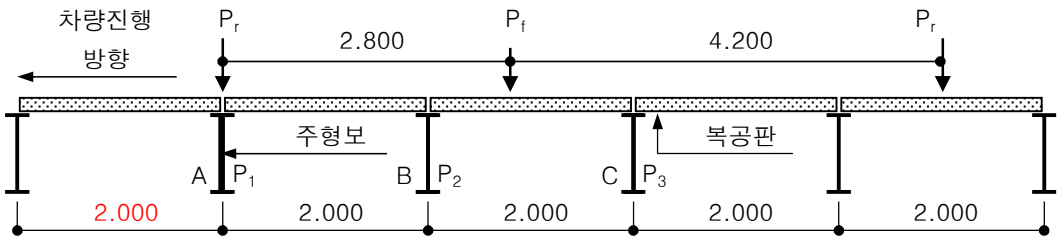


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



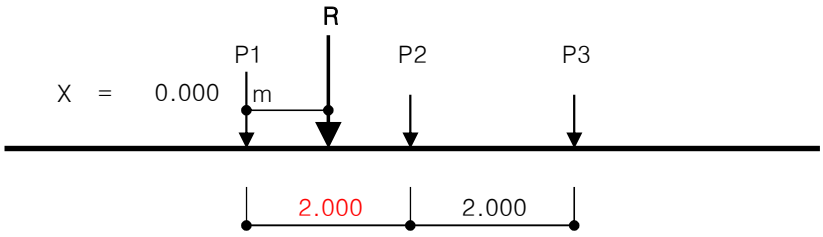
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

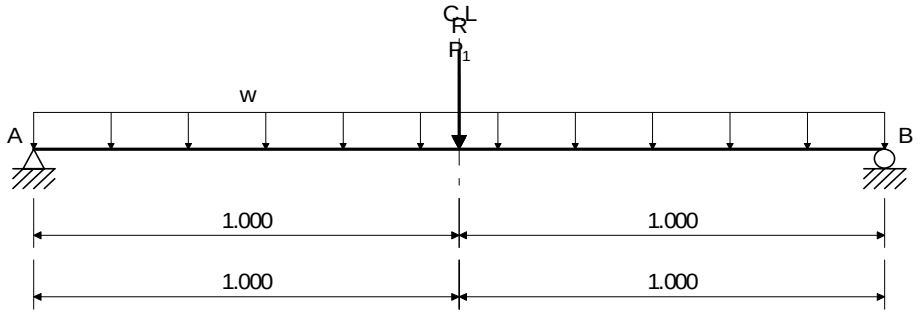


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

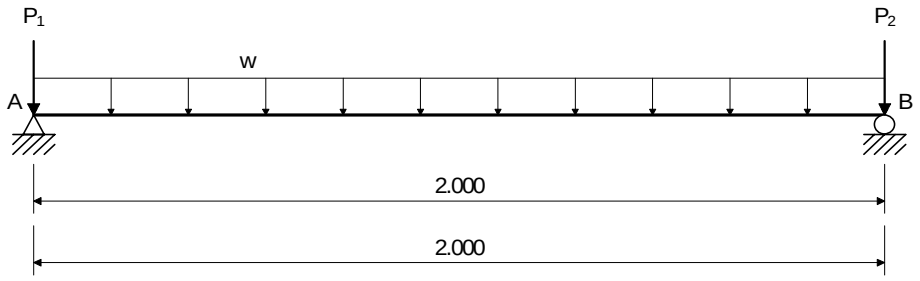
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.000) / L$
$= (333.724 \times 1.000) / 2.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.000) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.000) + 1.038 \times 2.00^2 / 8$
$= 167.381$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.009 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.762 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.762 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (334762 + 15000)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

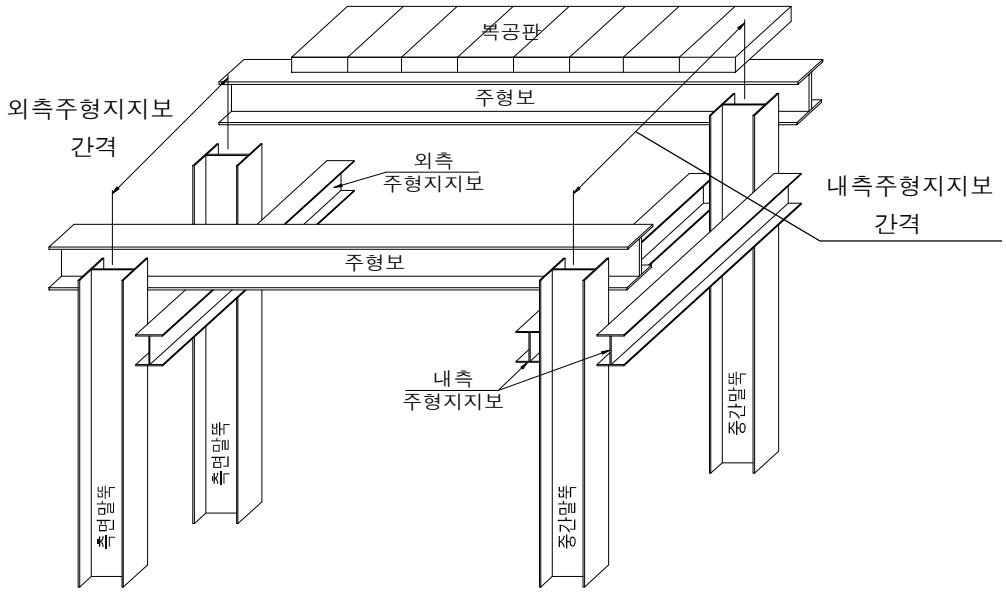
= 4.58 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.58 ea ---> O.K

6.2 내측주형지지보

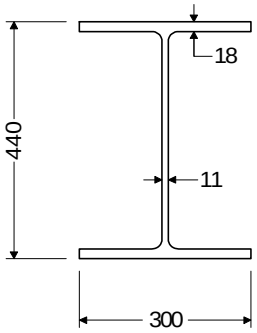
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

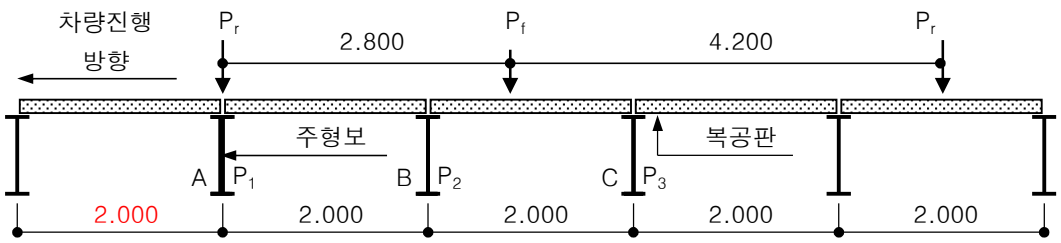


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



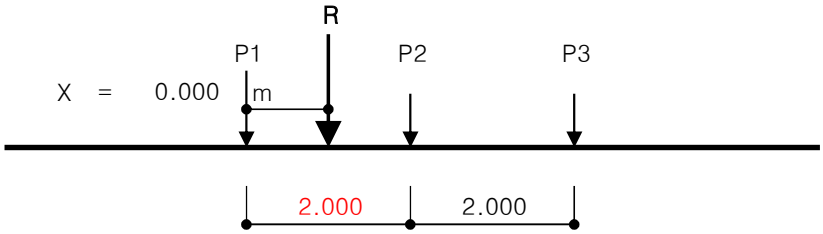
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

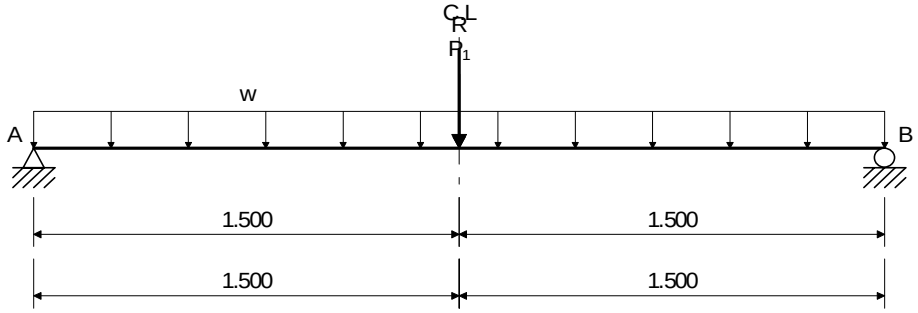


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

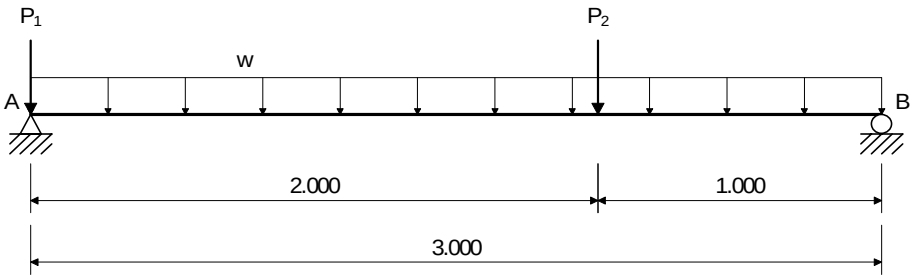
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (333.724 x 1.500) / 3.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 251.656 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.009 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.878 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.878 x 1000 / 4444 = 80.531 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.531 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (357878 + 15000)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.88 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.88 ea ---> O.K

7.지보재 설계

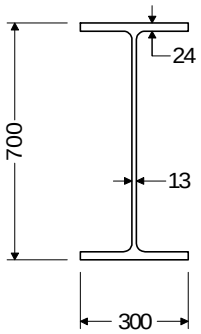
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.000 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} = 43.752 kN/m ---> Strut-1 (CS12 : 해체5)
= 43.752 x 2.00 / 1 단
= 87.504 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 87.504 + 120.0 = 207.504 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.000 x 6.000 / 8 / 1 단
= 22.500 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.000 / 2 / 1 단
= 15.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.500 x 1000000 / 5760000.0 = 3.906 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 207.504 x 1000 / 23550 = 8.811 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 15.000 x 1000 / 8476 = 1.770 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

$= \quad 1.325$

$\Phi \quad = \quad (\quad f_1 \quad - \quad f_2 \quad) \quad / \quad f_1 \quad = \quad (\quad 12.717 \quad - \quad 4.905 \quad) \quad / \quad 12.717$

$= \quad 0.614$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} \quad = \quad 1.50 \quad x \quad 0.9 \quad x \quad 140.000$

$= \quad 189.000 \quad MPa$

$L_x / R_x \quad = \quad 6000 / 293$

$20.478 \quad ---> 20 < Lx/Rx \leq 93$ 이므로

$f_{cagx} \quad = \quad 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (20.478 - 20))$

$= \quad 188.458 \quad MPa$

$f_{cax} \quad = \quad f_{cagx} \quad \cdot \quad f_{cal} \quad / \quad f_{cao}$

$= \quad 188.458 \quad MPa$

$L_y / R_y \quad = \quad 6000 / 67.8$

$88.496 \quad ---> 20 < Ly/Ry \leq 93$ 이므로

$f_{cagy} \quad = \quad 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (88.496 - 20))$

$= \quad 111.326 \quad MPa$

$f_{cay} \quad = \quad f_{cagy} \quad \cdot \quad f_{cal} \quad / \quad f_{cao}$

$= \quad 111.326 \quad MPa$

$\therefore \ f_{ca} \quad = \quad Min.(f_{cax} , \ f_{cay}) \quad = \quad 111.326 \quad MPa$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B \quad = \quad 6000 / 300$

$= \quad 20.000 \quad ---> 4.5 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} \quad = \quad 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (20.000 - 4.5))$

$= \quad 138.780 \quad MPa$

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

$= \quad 138.780 \quad MPa$

$f_{eax} \quad = \quad 1.50 \quad x \quad 0.9 \quad x \quad 1200000 \quad / (\quad 20.478 \quad)^2$

$= \quad 3863.205 \quad MPa$

▶ 허용전단응력

$\tau_a \quad = \quad 1.50 \quad x \quad 0.9 \quad x \quad 80$

$= \quad 108.000 \quad MPa$

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.326 MPa > f_c = 8.811 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 138.780 MPa > f_b = 3.906 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.770 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{8.811}{111.326} + \frac{3.906}{138.780 \times (1 - (8.811 / 3863.205))}$$

$$= 0.107 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 8.811 + \frac{3.906}{1 - (8.811 / 3863.205)}$$

$$= 12.726 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.107 , 0.067)

= 0.107 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{12.717}{111.326} + \left\{ \frac{1.770}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.115 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

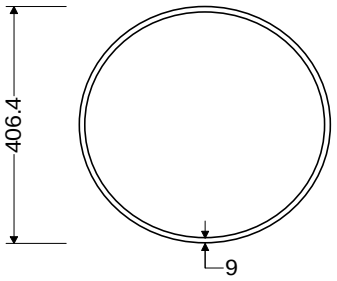
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.000 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} = 149.840 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : 해체3)
= 149.840 x 3.00 / 1 단
= 449.521 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 449.521 + 120.0 = 569.521 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.000 x 6.000 / 8 / 1 단
= 22.500 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.000 / 2 / 1 단
= 15.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.500 x 1000000 / 1092000.0 = 20.604 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 569.521 x 1000 / 11236.2 = 50.686 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{15.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.669 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.058 x 9)

= 21.344 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.058

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (71.291 − 30.082) / 71.291

= 0.578 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6000 / 140.5

42.705 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (42.705 − 20))

= 163.253 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 163.253 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (42.705)^2

= 888.311 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 163.253 MPa > f_c = 50.686 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 20.604 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.669 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{50.686}{163.253} + \frac{20.604}{189.000 \times (1 - (50.686 / 888.311))}$$

$$= 0.426 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 50.686 + \frac{20.604}{1 - (50.686 / 888.311)}$$

$$= 72.537 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.426 , 0.384)

= 0.426 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{71.291}{163.253} + \left\{ \frac{2.669}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.437 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

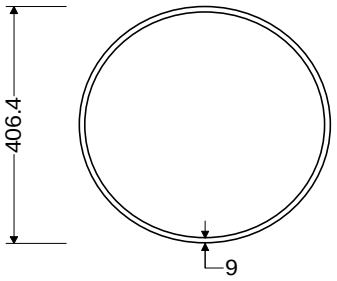
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.000 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} = 120.749 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.91 m)
= 120.749 x 3.00 / 1 단
= 362.248 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 362.248 + 120.0 = 482.248 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.000 x 6.000 / 8 / 1 단
= 22.500 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.000 / 2 / 1 단
= 15.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 22.500 x 1000000 / 1092000.0 = 20.604 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 482.248 x 1000 / 11236.2 = 42.919 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{15.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.669 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.065 x 9)

= 21.202 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.065

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (63.524 − 22.315) / 63.524

= 0.649 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6000 / 140.5

42.705 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (42.705 − 20))

= 163.253 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 163.253 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (42.705)^2

= 888.311 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 163.253 MPa > f_c = 42.919 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 20.604 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.669 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{42.919}{163.253} + \frac{20.604}{189.000 \times (1 - (42.919 / 888.311))}$$

$$= 0.377 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 42.919 + \frac{20.604}{1 - (42.919 / 888.311)}$$

$$= 64.570 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.377 , 0.342)

= 0.377 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{63.524}{163.253} + \left\{ \frac{2.669}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.390 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

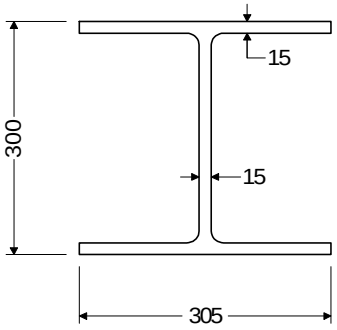
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

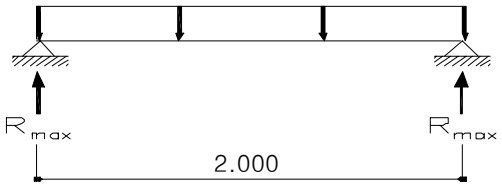
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 43.752 kN/m ---> Strut-1 (CS12 : 해체5)

P = 43.752 × 2.00 m / 1 ea = 87.504 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 87.504 / (13 \times 2.000)$

$= 40.386$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 40.386 \times 2.000^2 / 8$

$= 20.193$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$

$= 7 \times 40.386 \times 2.000 / 12$

$= 47.117$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 20.193 \times 1000000 / 1440000.0 = 14.023$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 47.117 \times 1000 / 4050 = 11.634$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (14.023 + 14.023) / 14.023$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 14.023 MPa ---> O.K

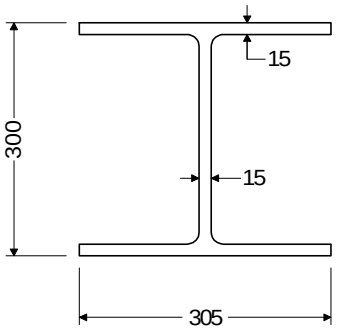
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 11.634 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

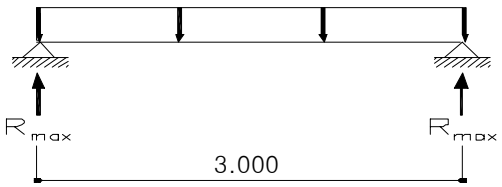
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 149.840 kN/m ---> Strut-2 (CS10 : 해체3)

$P = 149.840 \times 3.00\ m / 1\ ea = 449.521\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 449.521 / (13 \times 3.000)$
$= 138.314\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 138.314 \times 3.000^{2} / 8$
$= 155.603\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 138.314 \times 3.000 / 12$
$= 242.050\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 155.603 \times 1000000 / 1440000.0 = 108.058$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 242.050 \times 1000 / 4050 = 59.765$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (108.058 + 108.058) / 108.058$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 108.058$ MPa ---> O.K

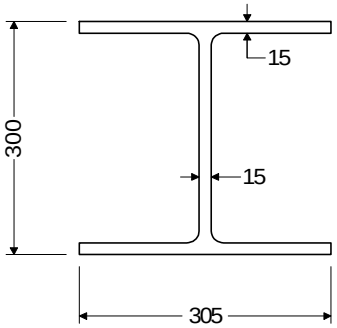
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 59.765$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

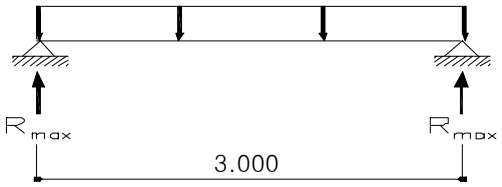
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 120.749 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.91 m)

P = 120.749 × 3.00 m / 1 ea = 362.248 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 362.248 / (13 \times 3.000)$
$= 111.461$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 111.461 \times 3.000^2 / 8$
$= 125.394$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 111.461 \times 3.000 / 12$
$= 195.057$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 125.394 \times 1000000 / 1440000.0 = 87.079$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 195.057 \times 1000 / 4050 = 48.162$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (87.079 + 87.079) / 87.079$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

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

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 87.079 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 48.162 MPa ---> O.K

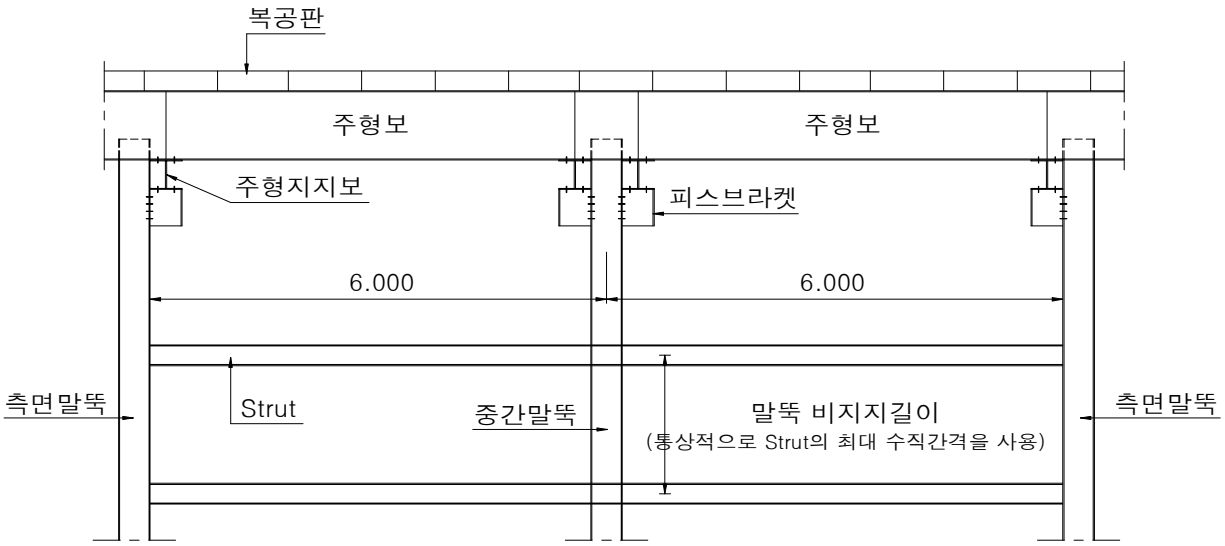
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.000 + 6.000 = 12.000 m

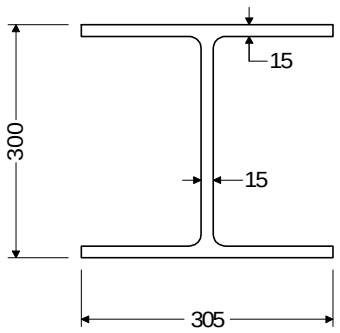
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 13.680 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 31.750 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 3.270 kN

ΣP_s = 53.480 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 6.000) / 2 = 17.093 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 6.000) / 2 = 17.093 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.000)

= 0.326 > 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

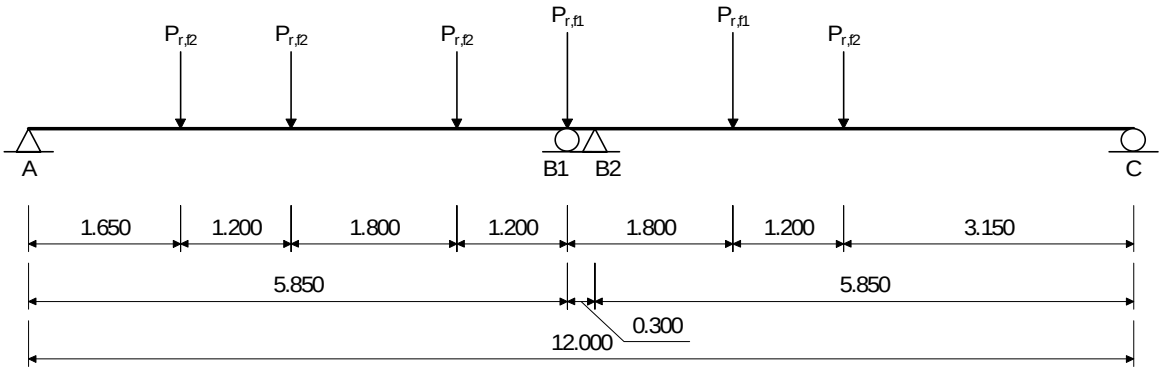
(2) 전륜하중

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 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 + 93.600 x 1.650) / 5.850

= 271.200 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.350 + 93.600 x 3.150) / 5.850

= 143.200 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 271.200 x 1.00 = 271.200 kN

P_{r2} = 143.200 x 1.00 = 143.200 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850 + 23.400 x 1.650) / 5.850

= 67.800 kN

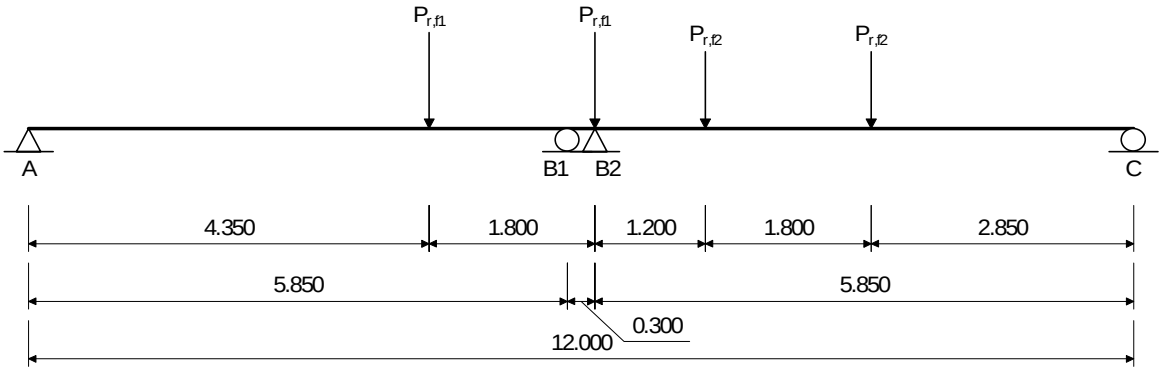
R_{B2} = (31.200 x 4.350 + 23.400 x 3.150) / 5.850

= 35.800 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 67.800 x 1.00 = 67.800 kN

P_{f2} = 35.800 x 1.00 = 35.800 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.350) / 5.850

= 92.800 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.850 + 93.600 x 4.650 + 93.600 x 2.850) / 5.850

= 244.800 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 92.800 x 1.00 = 92.800 kN

P_{r2} = 244.800 x 1.00 = 244.800 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.350) / 5.850

= 23.200 kN

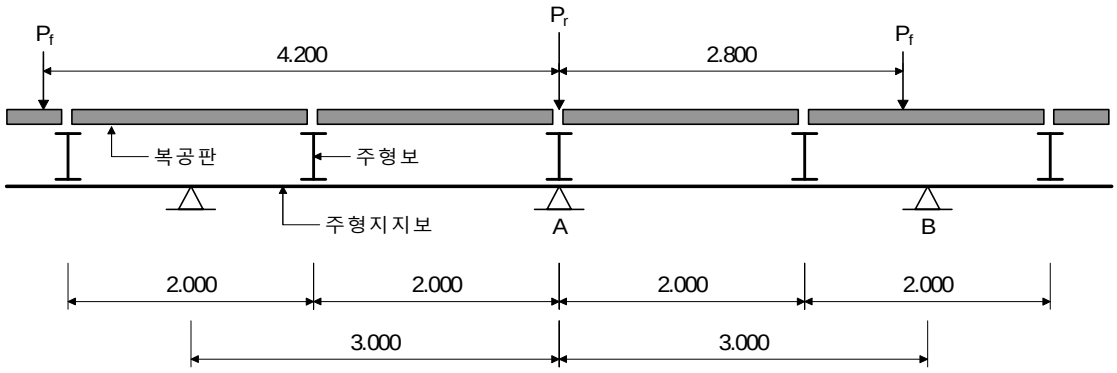
R_{B2} = (31.200 x 5.850 + 23.400 x 4.650 + 23.400 x 2.850) / 5.850

= 61.200 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.200 x 1.00 = 23.200 kN

P_{f2} = 61.200 x 1.00 = 61.200 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (271.200 x 3.000 + 67.800 x 0.200) / 3.000

= 275.720 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} \times 3.00 / 2.00$

$= 275.720 + 17.093 \times 3.00 / 2.00 = 301.359$ kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

$R_2 = (244.800 \times 3.000 + 61.200 \times 0.200) / 3.000$

$= 248.880$ kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} \times 3.00 / 2.00$

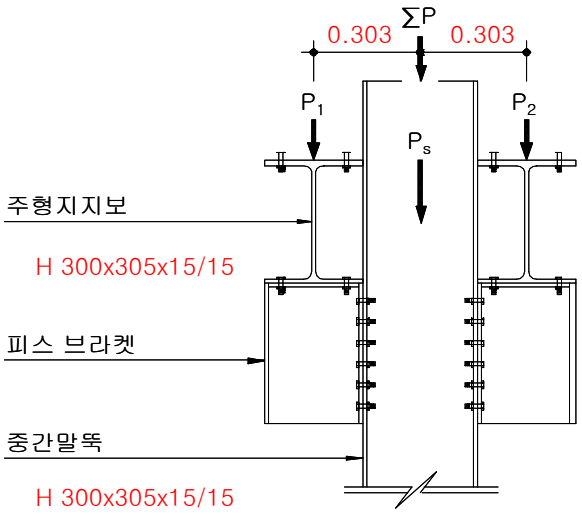
$= 248.880 + 17.093 \times 3.00 / 2.00 = 274.519$ kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_1 + P_2 + P_s$

$= 301.359 + 274.519 + 53.480 = 629.358$ kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A = 629.358 \times 1000 / 13480 = 46.688$ MPa

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 91.161 \times 1000000 / 1440000 = 63.306$ MPa

여기서, $M_{max} = P_1 \times e = 301.359 \times 0.303 = 91.161$ kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 2.011

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (109.995 - -16.618) / 109.995$

= 1.151

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 2000 / 126

15.873 ---> Lx/Rx ≤ 20 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 189.000 MPa

L_y / R_y = 2000 / 72.6

27.548 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (27.548 - 20))

= 180.440 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 180.440 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 180.440 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (6.557 - 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (15.873)^2

= 6429.780 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 180.440 MPa > f_c = 46.688 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 63.306 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{46.688}{180.440} + \frac{63.306}{182.334 \times (1 - (46.688 / 6429.780))}$$

$$= 0.608 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 46.688 + \frac{63.306}{1 - (46.688 / 6429.780)}$$

$$= 110.458 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.608 , 0.584)

= 0.608 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 629.36 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)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	31.25	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	12.910	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 31 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 212.007 tonf

= 2079.08 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2079.08 / 2.0

= 1039.539 kN

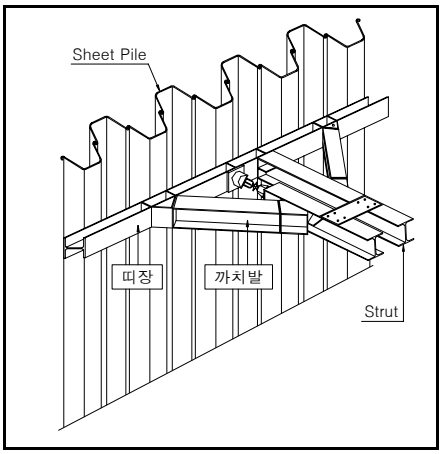
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 12.91m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 79.480 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS10 : 해체3)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 79.480 (kN·m/m) × 1.00 m = 79.480 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 105.222 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS10 : 해체3)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 105.222 (kN/m) × 1.00 m = 105.222 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{79.480 \times 10^6}{2270000.00} = 35.013 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{105.222 \times 10^3}{13180.00} = 7.983 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 5.91 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	5.02	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	14.11	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	18.59	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	18.74	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	12.91	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.44	2	6	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	2	3	6	50	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	4	3	6	50	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	0.52	0	6.55	C27	0.7	-
2	기초	5.56	0	6.55	C27	0.78	-
3	벽체	6.55	0.17	5.91	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 5.91 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.94	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.50	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	4.50	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	5.91	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	-	-	5.1	-	-	-	X	X
9	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
10	-	-	-	2.74	-	-	-	X	X
11	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
12	-	-	-	0.17	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.94 m	0.94	7.63	1.5	-4.44	3.6	0.34	10.4	-6.93	2.0
CS2 : 생성 Strut-1	0.94	7.63	1.5	-4.44	3.6	0.34	10.4	-6.93	2.0
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	22.74	3.6	-31.96	0.4	35.61	2.5	-16.51	5.9
CS4 : 생성 Strut-2	2.50	15.35	3.6	-22.77	0.4	24.99	2.5	-13.64	5.9
CS5 : 굴착 4.5 m	4.50	46.79	5.5	-85.09	2.0	65.55	4.0	-28.45	7.4
CS6 : 생성 Strut-3	4.50	40.97	5.5	-74.39	2.0	51.89	4.0	-24.58	7.4
CS7 : 굴착 5.91 m	5.91	47.47	7.9	-100.85	4.0	74.26	5.9	-33.42	9.4
CS8 : 해체1	5.91	47.47	7.9	-100.85	4.0	74.26	5.9	-33.42	9.4
CS9 : 해체2	5.91	51.84	5.9	-105.17	2.0	79.29	4.5	-55.36	2.0
CS10 : 해체3	5.91	53.90	5.9	-105.22	2.0	79.48	4.5	-55.42	2.0
CS11 : 해체4	5.91	49.85	5.9	-43.51	0.4	63.92	4.0	-33.87	8.9
CS12 : 해체5	5.91	50.89	5.9	-43.51	0.4	63.91	4.0	-33.65	8.9
TOTAL		53.90	5.9	-105.22	2.0	79.48	4.5	-55.42	2.0

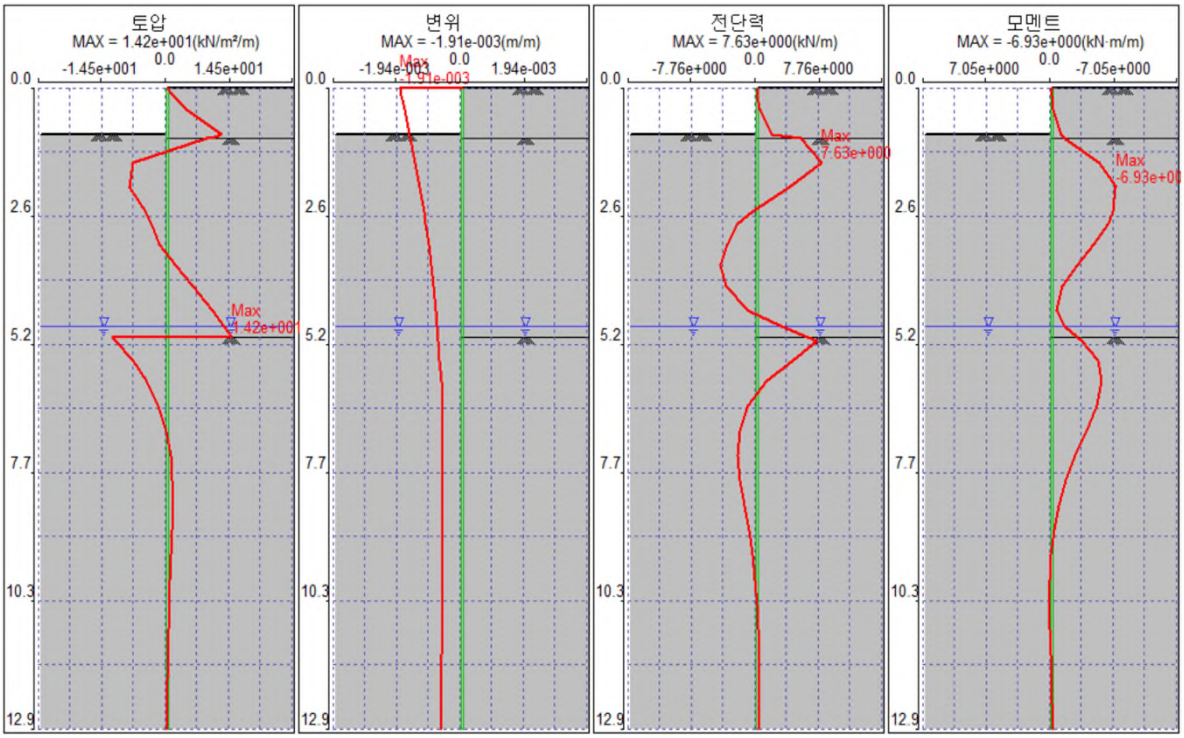
12.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

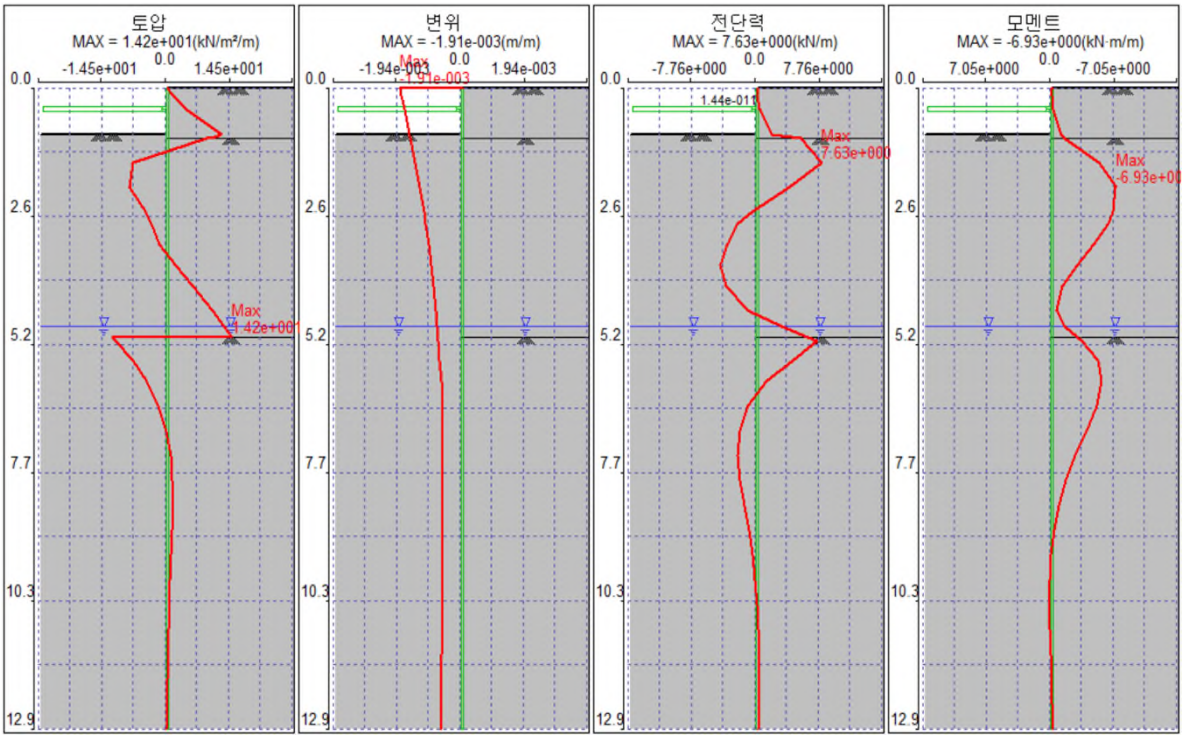
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3		
		0.44 (m)	2 (m)	4 (m)		
CS1 : 굴착 0.94 m	0.94	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	0.94	0.00	-	-		
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	32.19	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	2.50	23.00	16.67	-		
CS5 : 굴착 4.5 m	4.50	-5.39	109.02	-		
CS6 : 생성 Strut-3	4.50	-0.39	93.32	16.67		
CS7 : 굴착 5.91 m	5.91	-10.70	81.67	120.75		
CS8 : 해체1	5.91	-10.70	81.67	120.75		
CS9 : 해체2	5.91	-26.04	149.75	-		
CS10 : 해체3	5.91	-26.08	149.84	-		
CS11 : 해체4	5.91	43.75	-	-		
CS12 : 해체5	5.91	43.75	-	-		
TOTAL		43.75	149.84	120.75		

12.2 시공단계별 단면력도

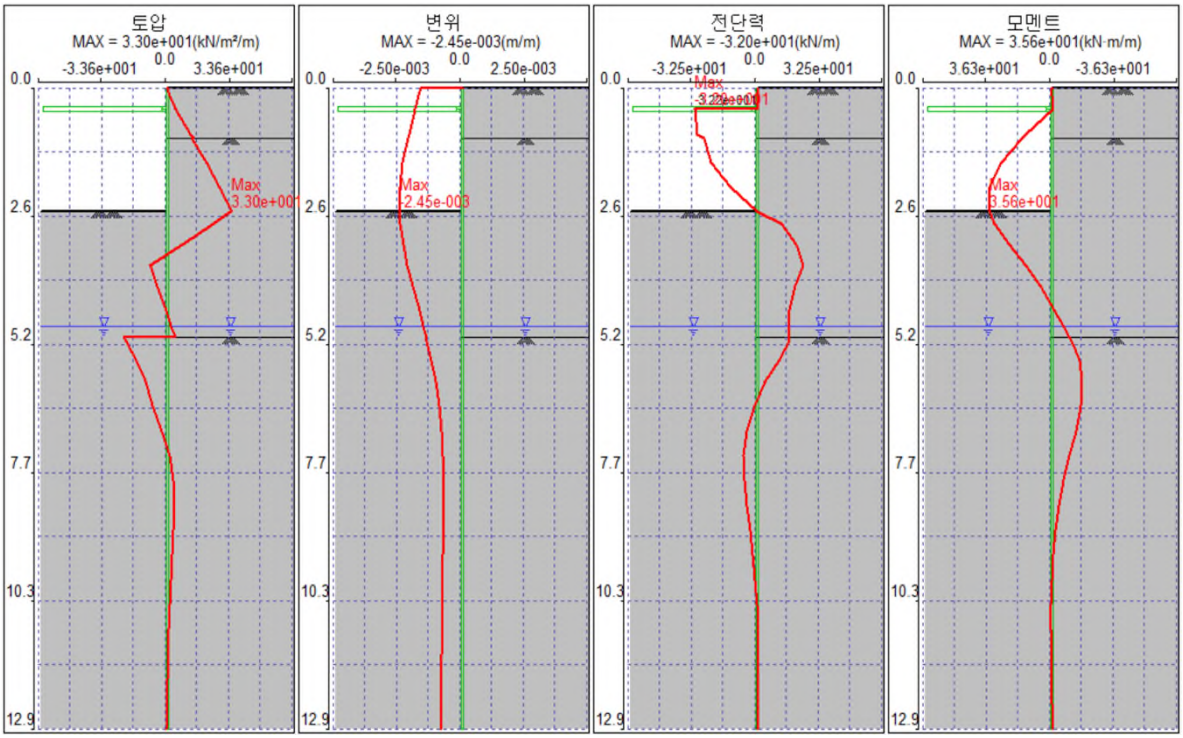
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.94 m]



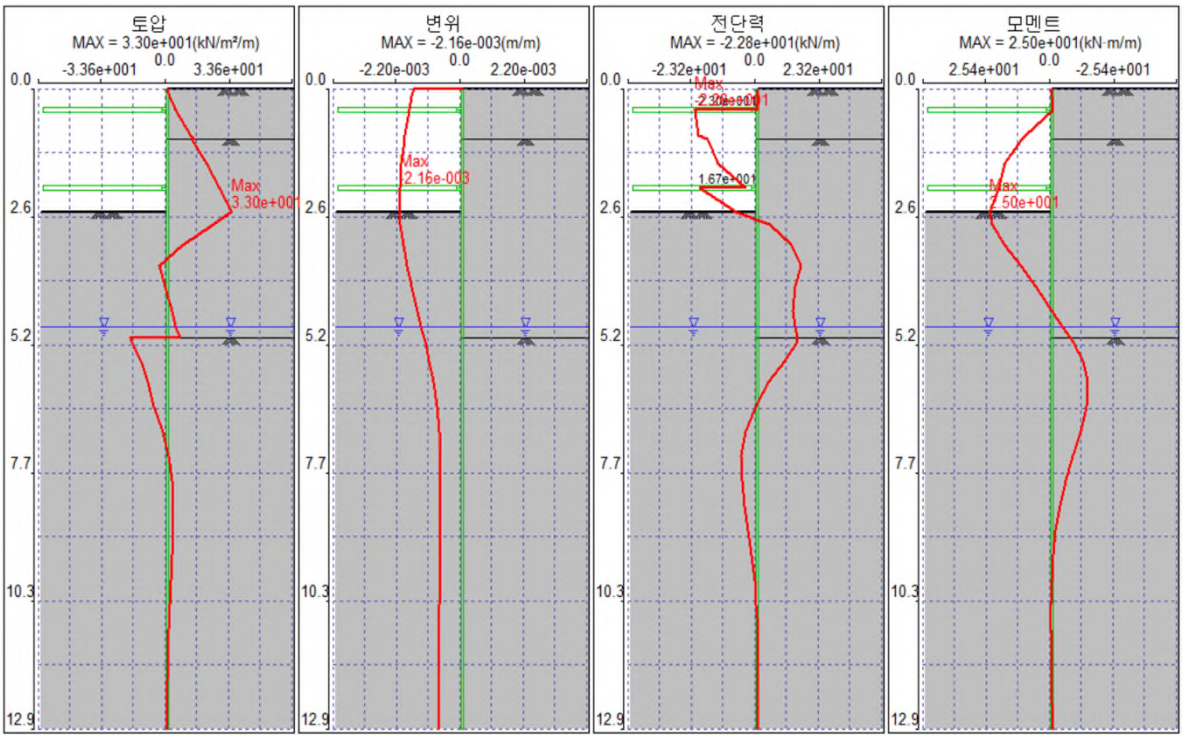
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



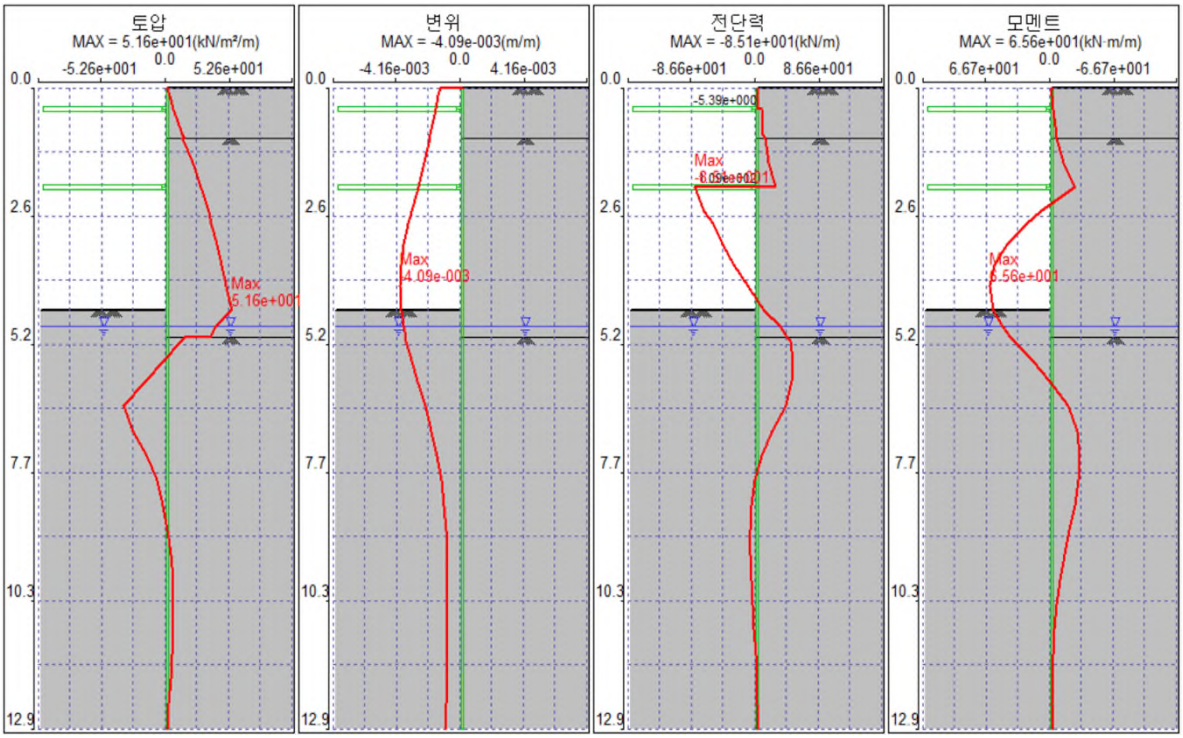
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.5 m]



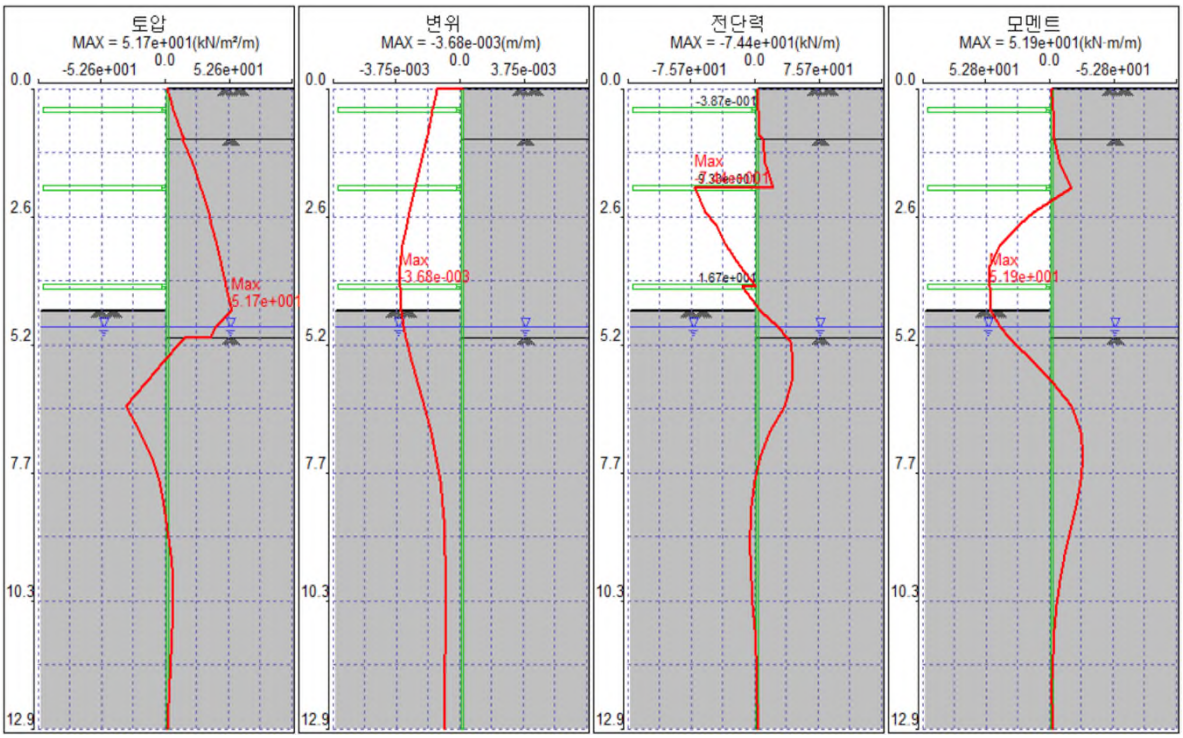
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



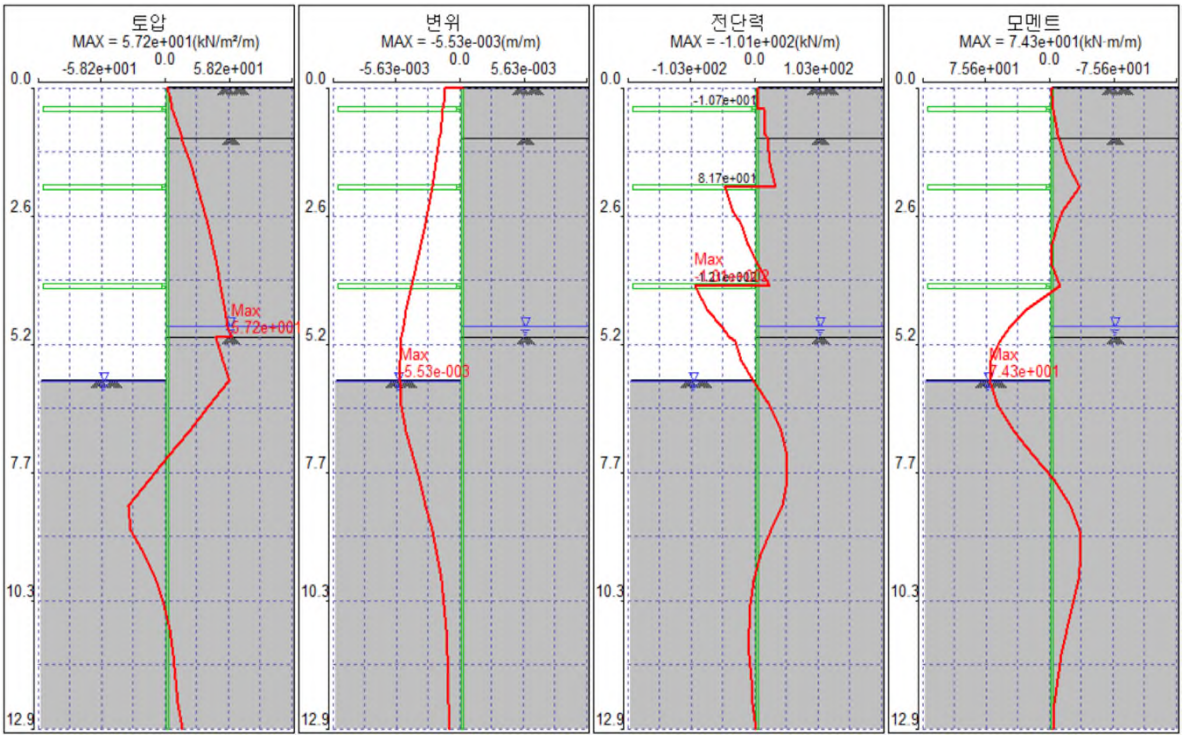
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.5 m]



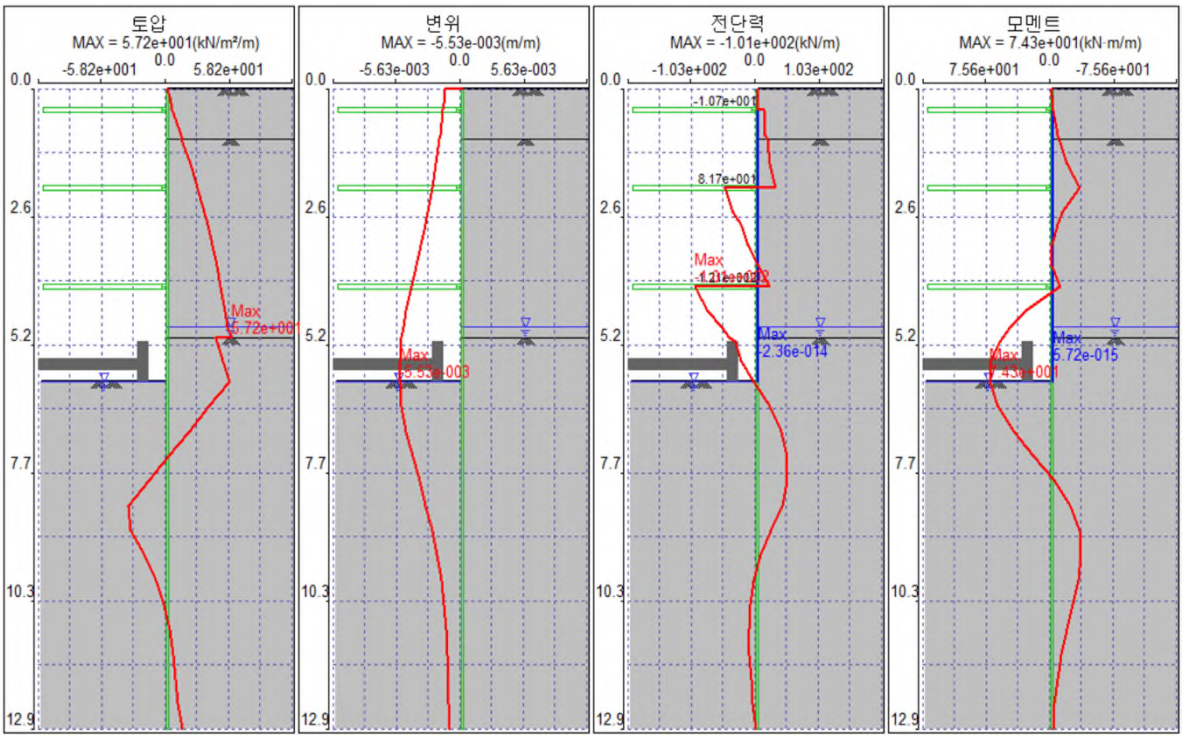
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



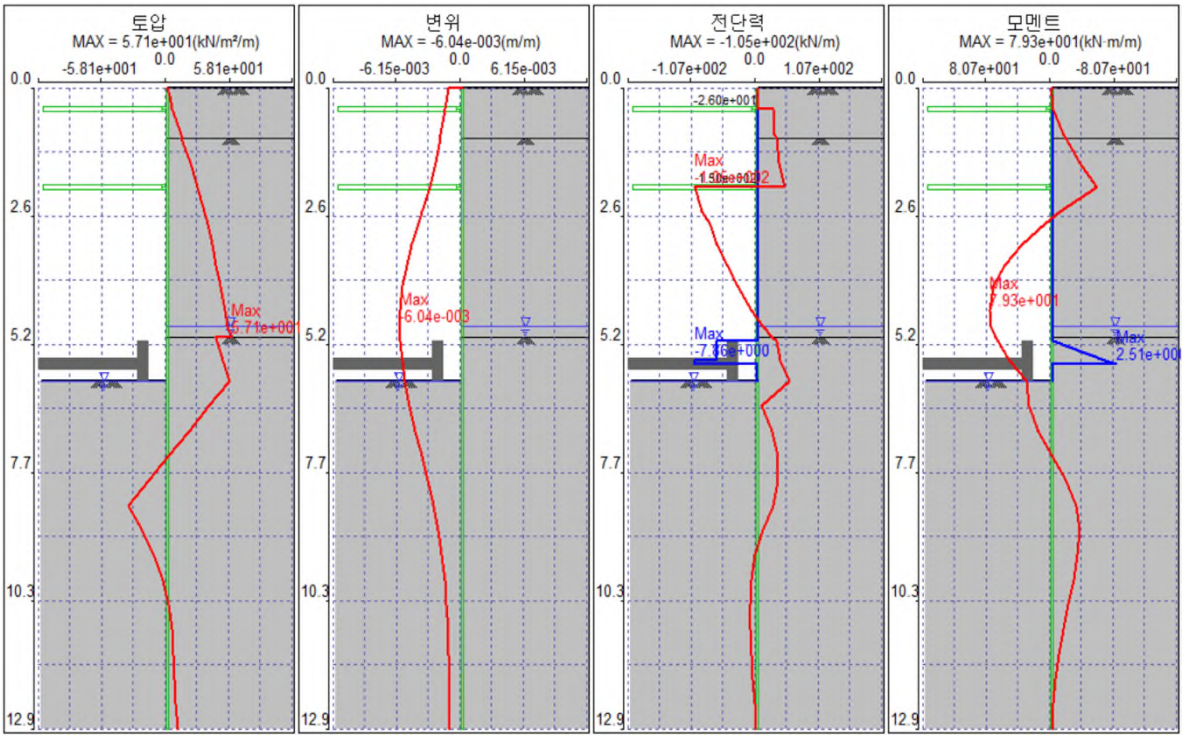
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.91 m]



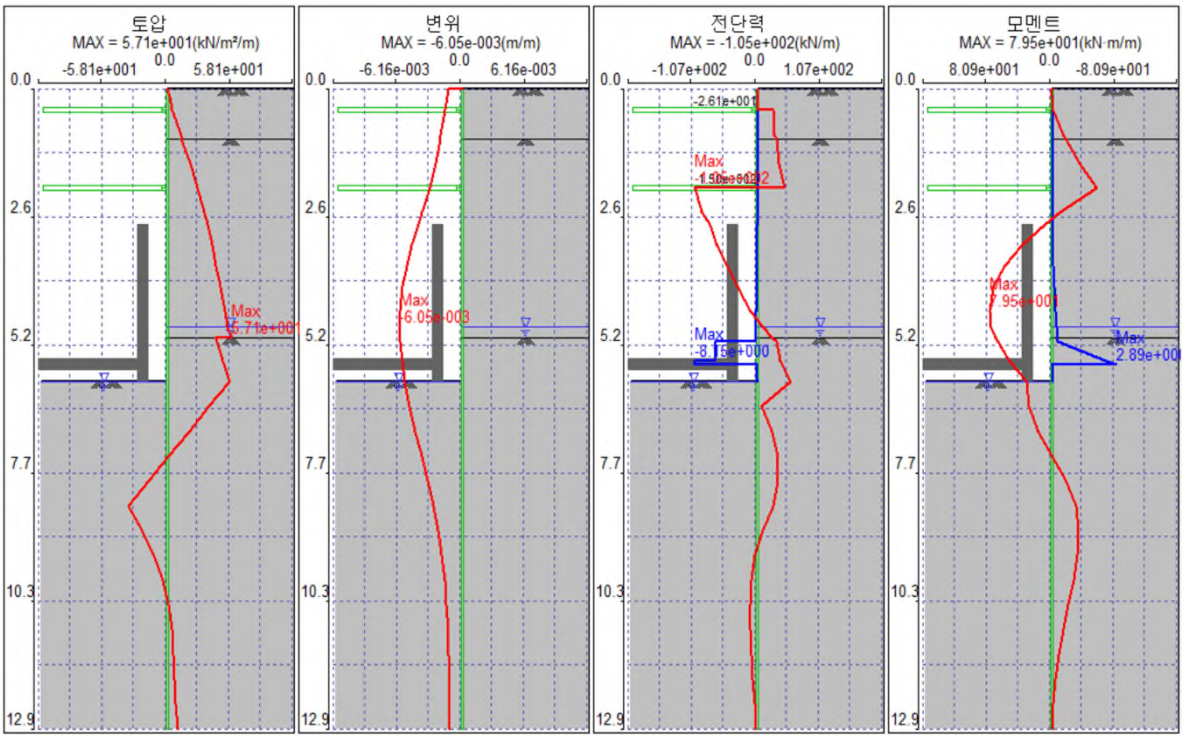
8) 시공 8 단계 [CS8 : 해체1]



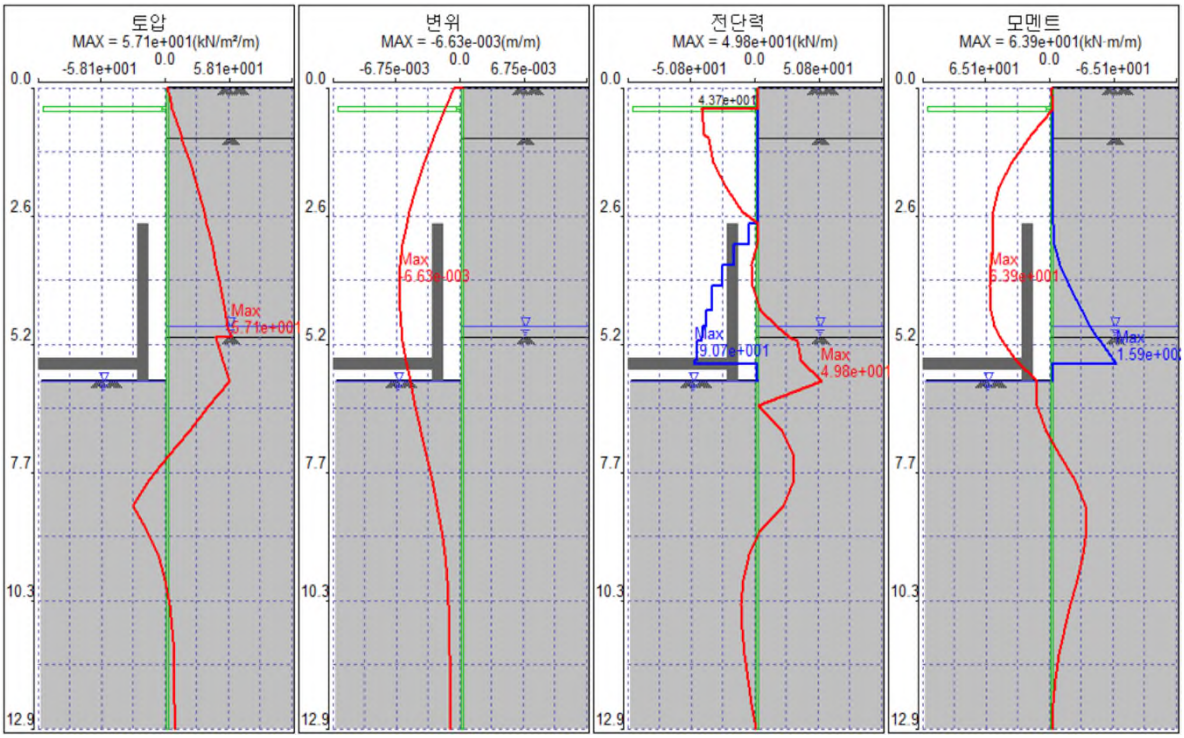
9) 시공 9 단계 [CS9 : 해체2]



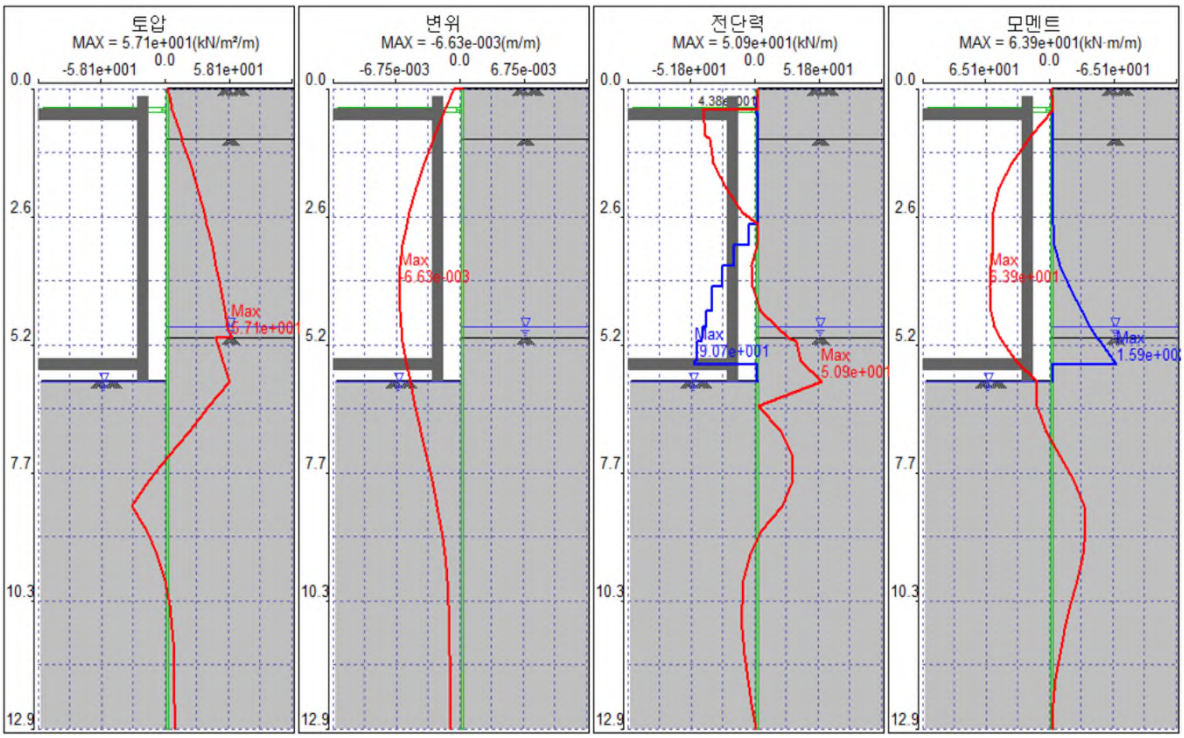
10) 시공 10 단계 [CS10 : 해체3]



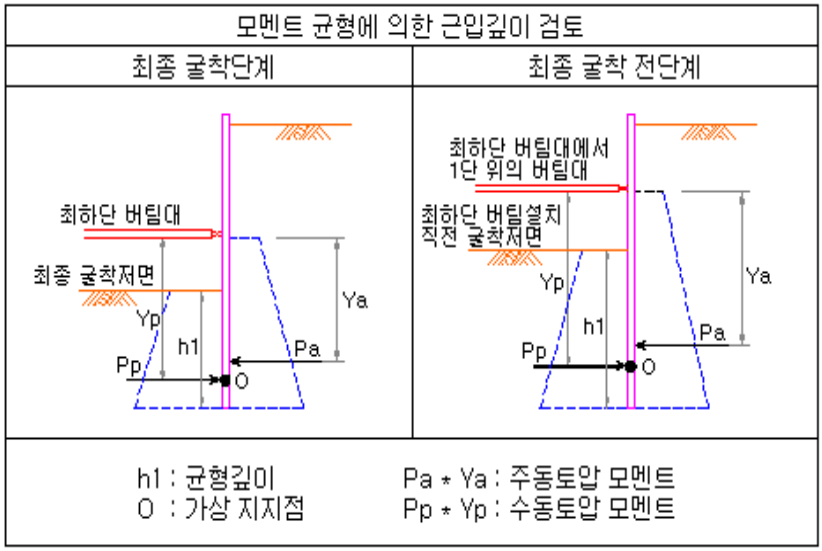
11) 시공 11 단계 [CS11 : 해체4]



12) 시공 12 단계 [CS12 : 해체5]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	3.072	7.000	4354.514	8043.722	1.847	1.200	OK
최종 굴착 전단계	2.508	8.410	6067.742	14475.506	2.386	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -4 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 97.375 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.961 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 717.737 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.937 m

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

Ma = (97.375 x 0.961) + (717.737 x 5.937) = 4354.514 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1222.848 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.578 m

Mp = (Pp x Yp) = (1222.848 x 6.578) = 8043.722 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8043.722 / 4354.514 = 1.847

S.F. = 1.847 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 101.03 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.377 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 790.211 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.503 m

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

Ma = (101.03 x 1.377) + (790.211 x 7.503) = 6067.742 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1788.515 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.094 m

Mp = (Pp x Yp) = (1788.515 x 8.094) = 14475.506 kN·m

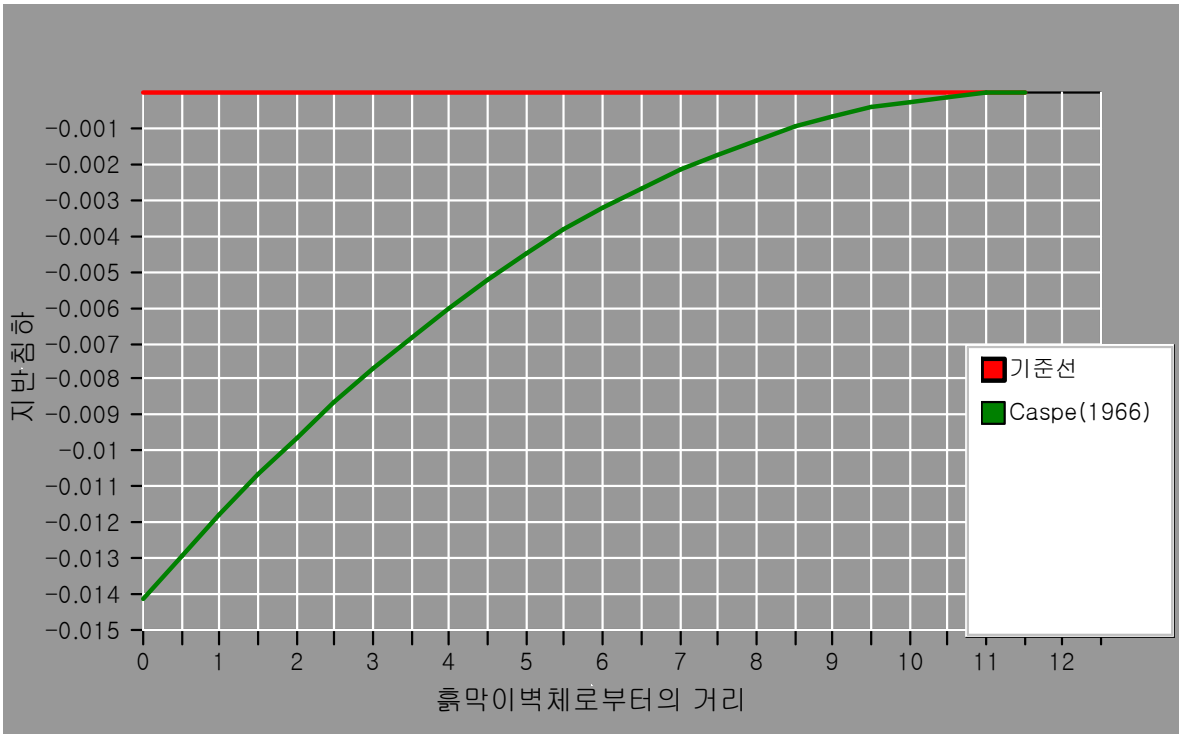
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 14475.506 / 6067.742 = 2.386

S.F. = 2.386 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 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 = 16 m, Hw = 5.91 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 28.712 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 28.712/2) = 13.504 m

Ht = Hp + Hw = 13.504 + 5.91 = 19.414 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 19.414 x tan(45-28.712/2) = 11.501 m

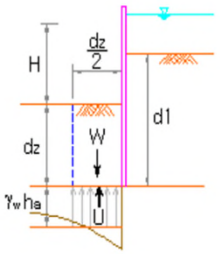
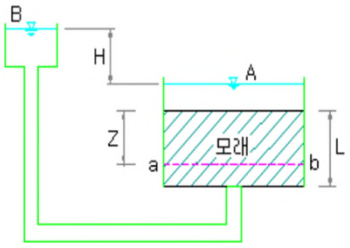
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.041 / 11.501 = -0.014 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.014 x ((11.501 - Xi) / 11.501)^2

12.5 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	19.425	269.500	13.874	0.073	1.097	14.934	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 0.555 x 7 / 2 = 19.425

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 19.425 = 13.874

S.F. = 13.874 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 1.11 / 15.11 = 0.073

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 10.971 / 10 = 1.097

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.097 / 0.073 = 14.934

S.F. = 14.934 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

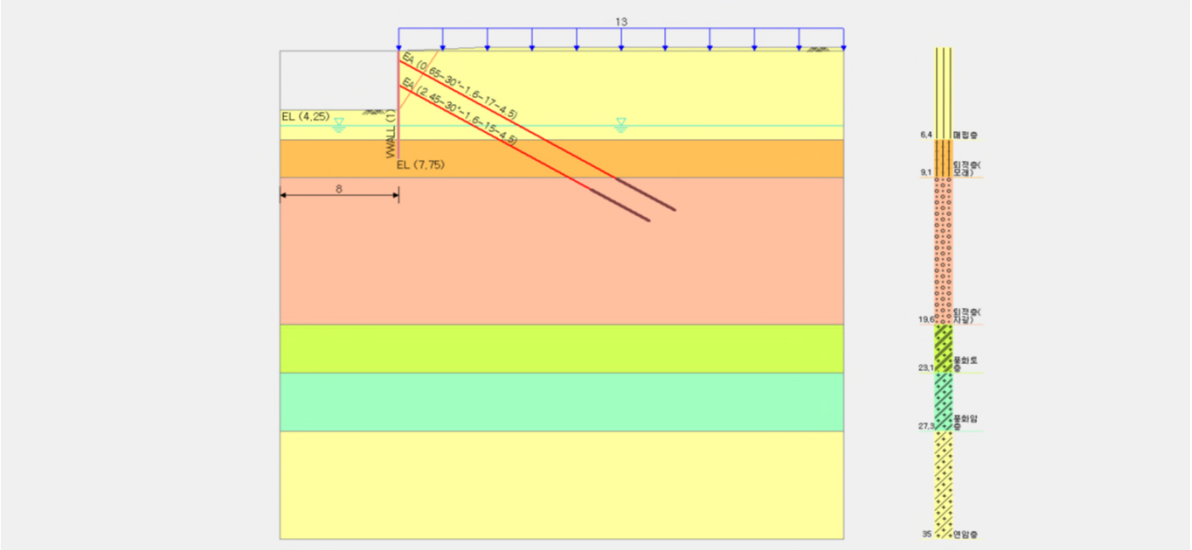
변 경

12. < 0+360(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 7.75m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면


13
EA (10.65-30°-1.6-17-4.5)
EA (12.45-30°-1.6-15-4.5)
EL (4.25)
WALL (1)
EL (7.75)
8
6.4
9.1
19.6
23.1
27.3
35

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	0.65	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	2.45	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	0.65	휨응력	19.561	182.844	O.K	
		전단응력	31.831	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	2.45	휨응력	25.144	182.844	O.K	
		전단응력	40.915	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) :SP-IIIA(SY295(SY30	0.00 ~ 7.75	휨응력	27.799	243.000	O.K	
		전단응력	7.466	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Earth Anchor – Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.60 m

Strand12.7x4EA 수평간격 : 1.60 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b - 4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b - 4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b - 3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b - 4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	1.60	150.08	매립층	18	26	200
			퇴적(모래)	18	28	180
2단	1.60	202.11	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = 118.95 kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = 124.80 kN/ea

적용 118.95 kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 150.1 / 118.95 = 1.26 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 202.1 / 118.95 = 1.70 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{T \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : 총 설계축력

Pw' : Pw − T (매립층)

S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)

D : 천공직경

τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

La1 : 매립층 정착길이 = 1.48 m

La2 : 추가필요앵커정착부 마찰길이 m

1) 매립층

$$T = \frac{\pi \times D \times \tau_u \times La}{S.F}$$

$$= \frac{\pi \times 0.127 \times 200 \times 1.48}{1.5} = 78.89 \text{ kN}$$

2) 퇴적(모래)

$$La = \frac{Pw' \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

$$= \frac{71.2 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = 1.49 \text{ m}$$

따라서, 총 정착길이 (La)는 La1 + La2 = 1.48 + 1.49 = **2.97** m

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 150.1 ÷ 2 = 75.0 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{75.0}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{13.3} \text{ cm} \leq \mathbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{202.1 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = \mathbf{4.22} \text{ m}$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 202.1 ÷ 2 = 101.1 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{101.1}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{17.9} \text{ cm} \leq \mathbf{30.00} \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. 자유장 계산

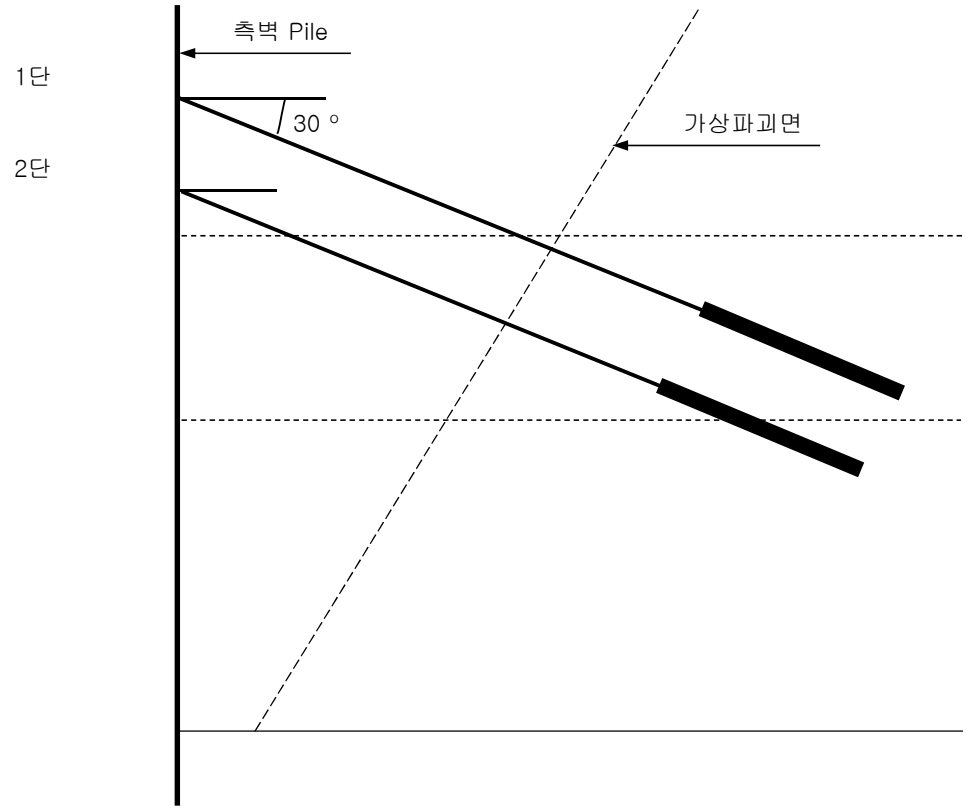
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	150.08 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	202.11 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (150.1 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{9.9\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 150.1 + 47.38 + 9.9 = \mathbf{207.4\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 = \mathbf{475.80}$ kN

$P_j < T_{at}$ 이어야 하므로, 207.4 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (202.1 + 47.38) x 5% = **12.5 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 202.11 + 47.38 + 12.5 = **262.0 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 262.0 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	1.60	150.084	10.0	4.5	1.5	16.0	207.36
2단	1.60	202.114	10.0	4.5	1.5	16.0	261.99

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로,
앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을
득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

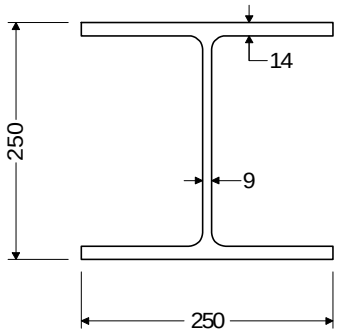
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

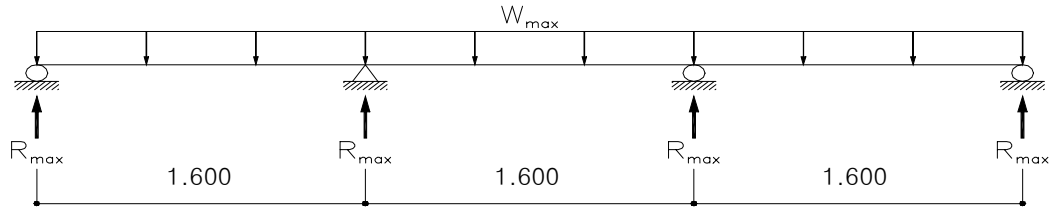
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



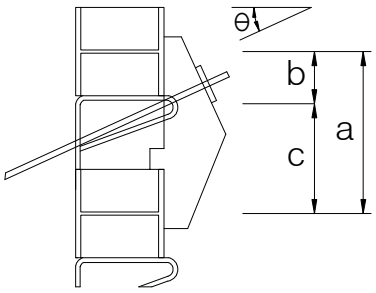
(2) 띠장 계산지간 : 1.600 m

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} = 188.418 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 188.418 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 116.596$ kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 116.596 / (11 \times 1.600)$
$= 66.248$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 66.248 \times 1.600^{2} / 10$
$= 16.959$ kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 66.248 \times 1.600 / 10$
$= 63.598$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 16.959 x 1000000 / 867000.0 = 19.561 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 63.598 x 1000 / 1998 = 31.831 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (19.561 + 19.561) / 19.561

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1600 / 250

= 6.400 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.400 − 4.5))

= 182.844 MPa

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

= 182.844 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.844 MPa > f_b = 19.561 MPa ---> O.K

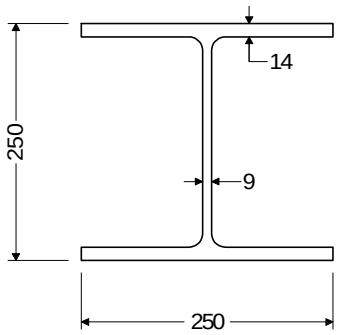
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 31.831 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

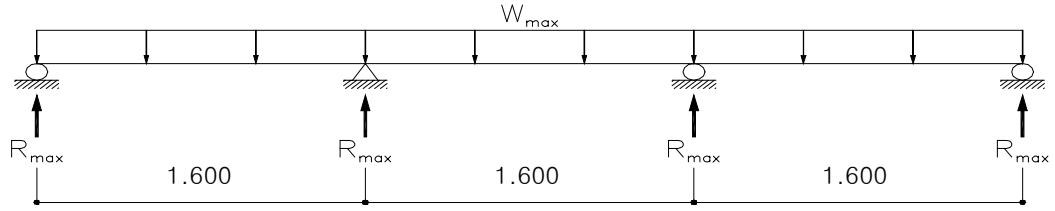
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



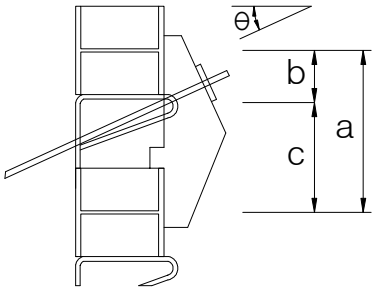
(2) 띠장 계산지간 : 1.600 m

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} = 242.194 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 242.194 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 149.873 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 149.873 / (11 × 1.600)
= 85.155 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 85.155 × 1.600 ^{2} / 10
= 21.800 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 85.155 × 1.600 / 10
= 81.749 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 21.800 x 1000000 / 867000.0 = 25.144 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 81.749 x 1000 / 1998 = 40.915 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \leq t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (25.144 + 25.144) / 25.144$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1600 / 250

= 6.400 ---> $4.5 < L/B \leq 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.400 − 4.5))

= 182.844 MPa

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

= 182.844 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.844 MPa > f_b = 25.144 MPa ---> O.K

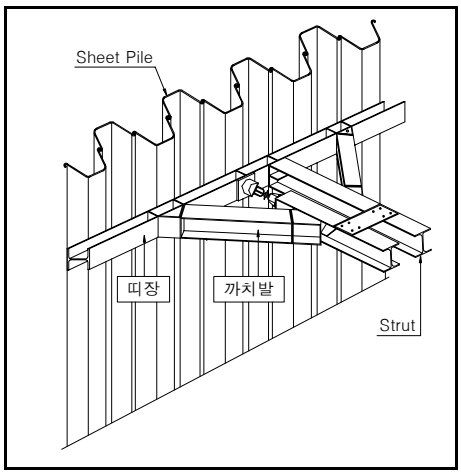
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 40.915 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 7.75m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIA
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	19100.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	9750.0
$I_x(mm^4)$	226000000.0
$Z_x(mm^3)$	1510000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 41.976 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.25 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 41.976 (kN·m/m) × 1.00 m = 41.976 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 72.792 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.25 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 72.792 (kN/m) × 1.00 m = 72.792 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{41.976 \times 10^6}{1510000.00} = 27.799 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{72.792 \times 10^{3}}{9750.00} = 7.466 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 4.25 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	6.39	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	9.05	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	19.60	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	23.07	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	27.26	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIA	SY295(SY30)	7.75	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	0.65	1.6	30	17	150
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	2.45	1.6	30	15	200

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 5.34 m, 수위차 = 4.25 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.15	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	2.95	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	4.25	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 1.15 m	1.15	13.04	1.6	-7.88	4.3	0.76	0.0	-17.61	3.0
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.15	20.09	0.7	-60.56	0.7	29.95	2.5	-8.29	0.7
CS3 : 굴착 2.95 m	2.95	19.66	0.7	-61.58	0.7	41.33	3.0	-8.15	0.7
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	2.95	37.73	2.5	-70.52	2.5	29.33	4.3	-13.28	2.5
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	36.61	2.5	-72.79	2.5	41.98	4.3	-14.15	2.5
TOTAL		37.73	2.5	-72.79	2.5	41.98	4.3	-17.61	3.0

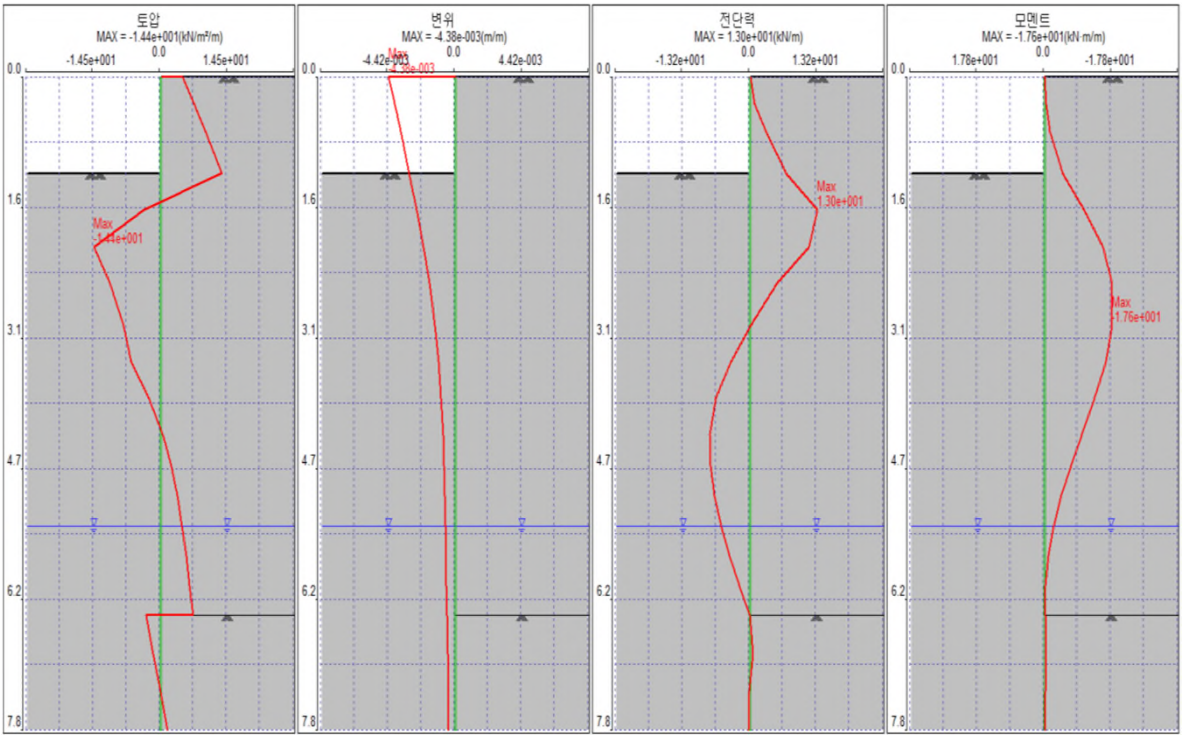
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

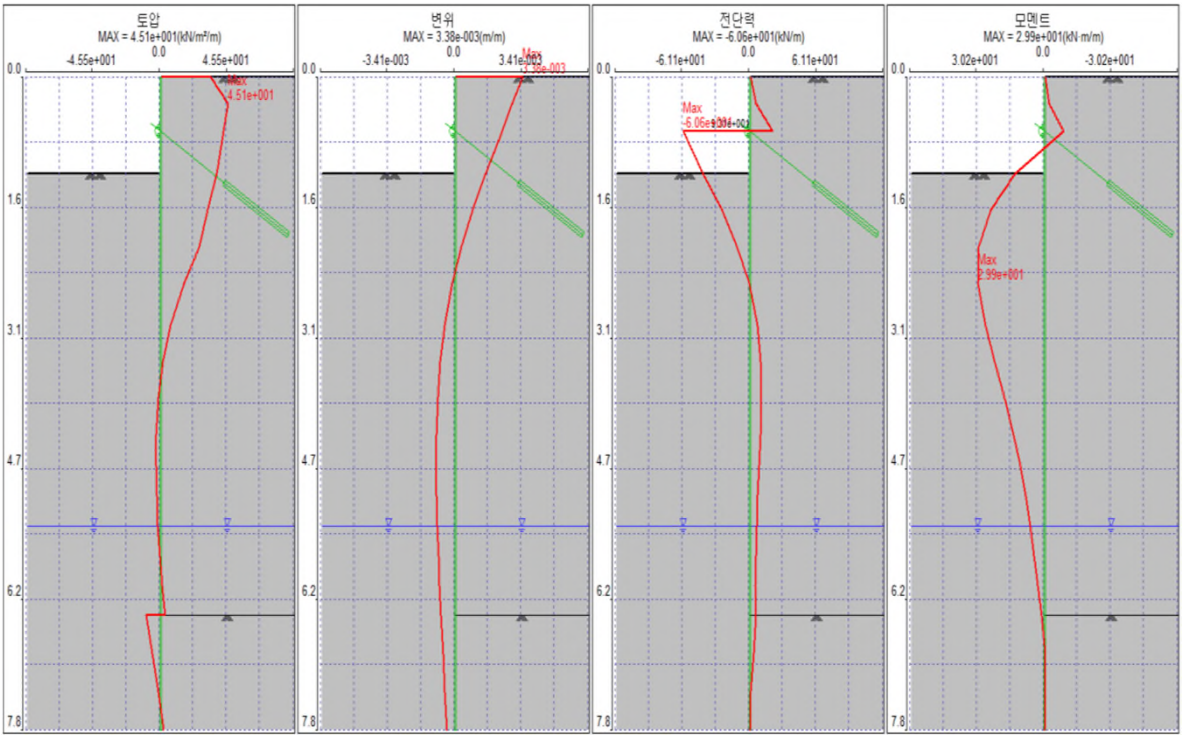
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		0.65 (m)	2.45 (m)			
CS1 : 굴착 1.15 m	1.15	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.15	93.12	-			
CS3 : 굴착 2.95 m	2.95	93.80	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	2.95	89.66	125.00			
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	89.23	126.32			
TOTAL		93.80	126.32			

8.2 시공단계별 단면력도

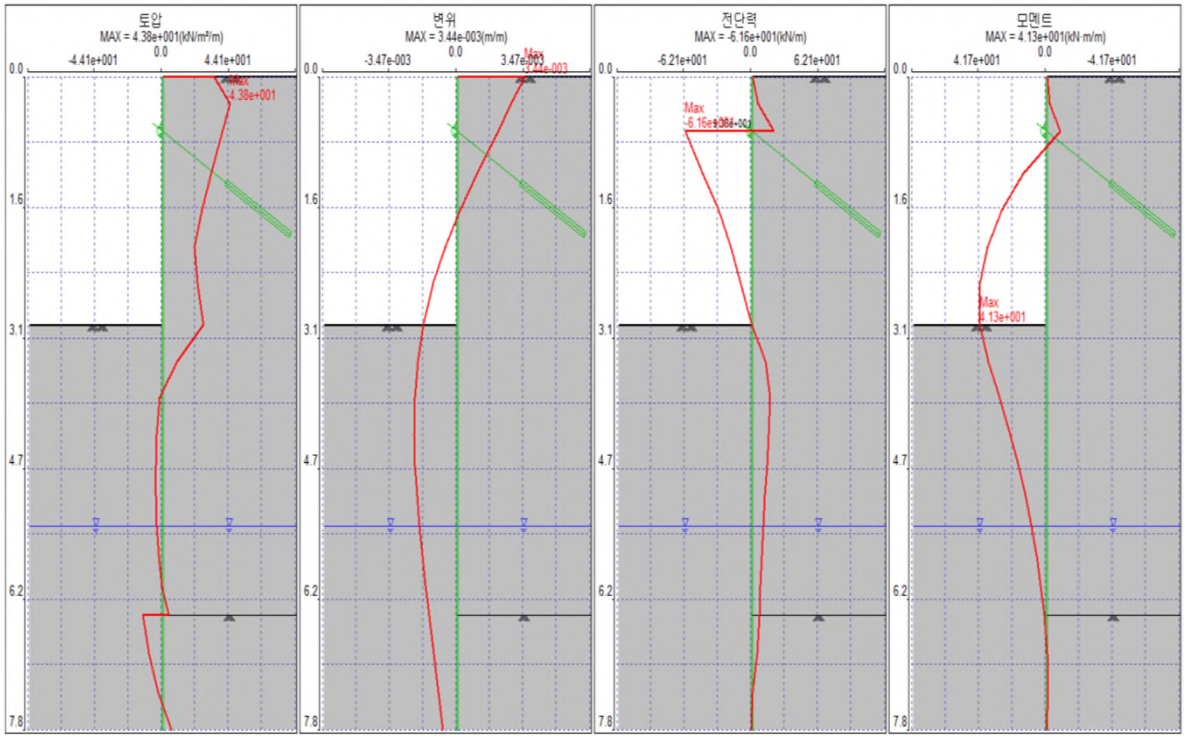
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.15 m]



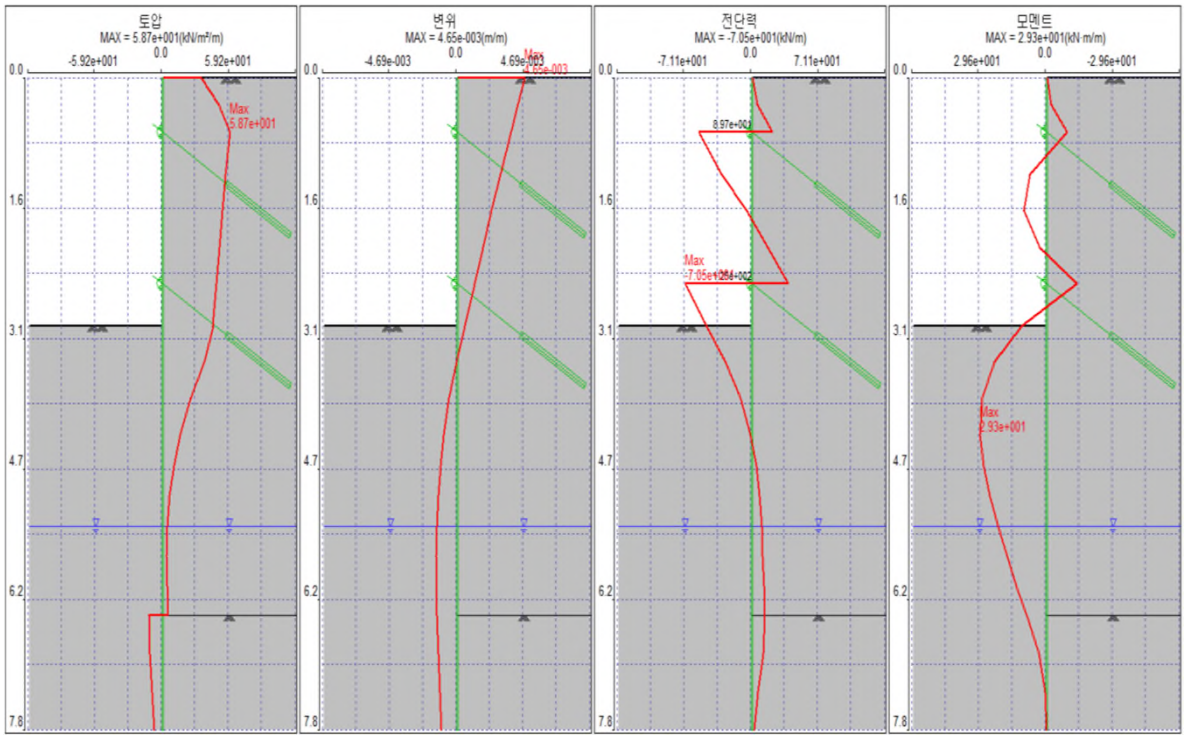
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



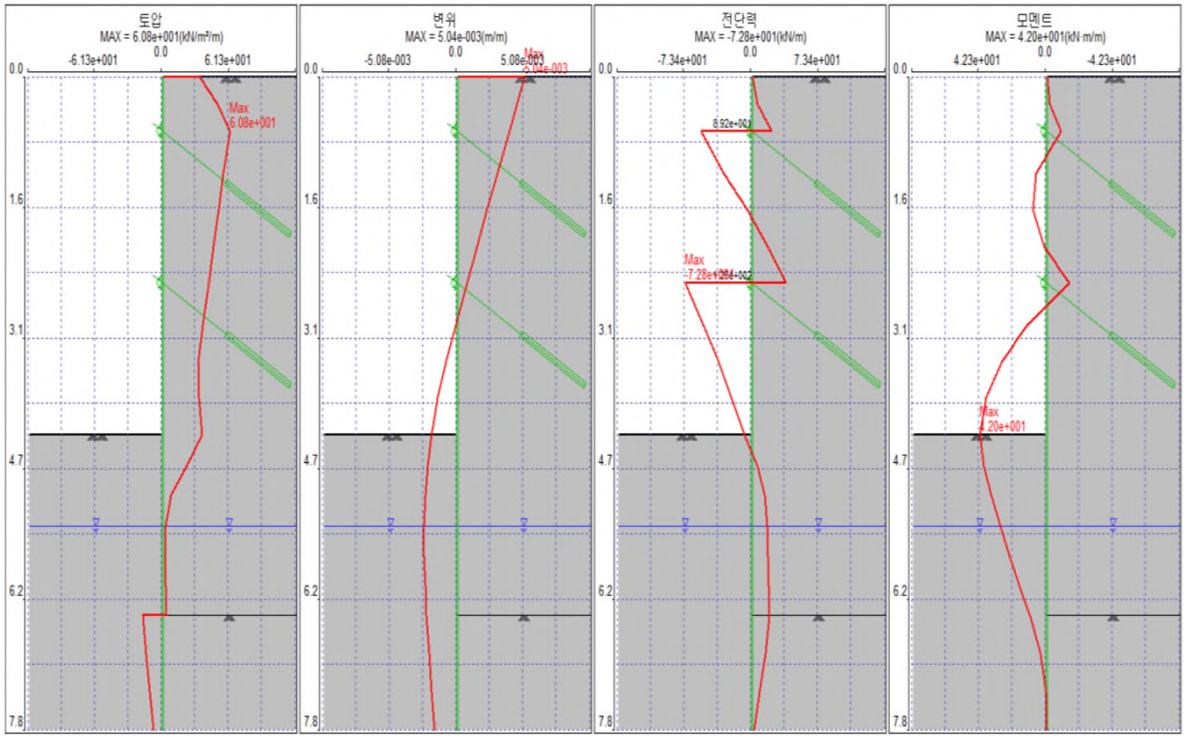
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.95 m]



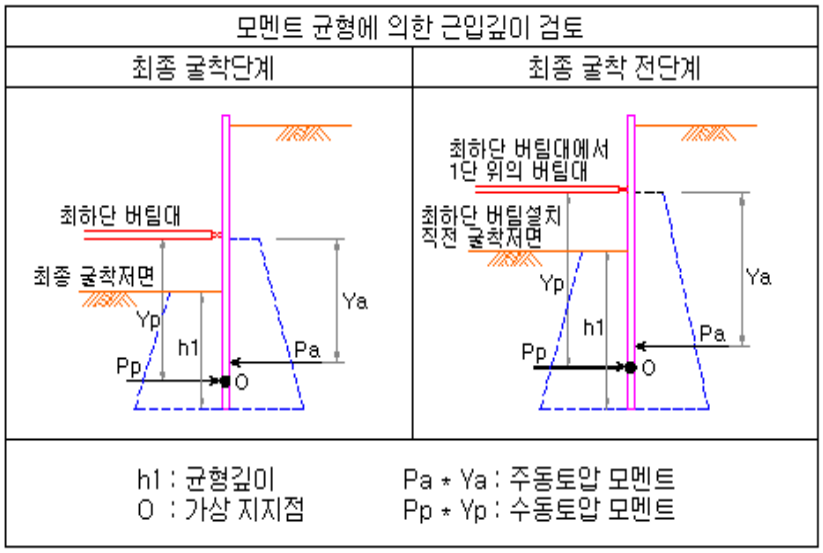
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.25 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.265	3.500	737.991	1043.566	1.414	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.714	4.800	1192.097	2789.943	2.340	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.45 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 52.787 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.967 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 182.823 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.757 m

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

Ma = (52.787 x 0.967) + (182.823 x 3.757) = 737.991 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 254.452 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.101 m

Mp = (Pp x Yp) = (254.452 x 4.101) = 1043.566 kN·m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1043.566 / 737.991 = 1.414

S.F. = 1.414 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.65 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 41.701 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.327 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 223.289 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.091 m

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

Ma = (41.701 x 1.327) + (223.289 x 5.091) = 1192.097 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 509.801 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.473 m

Mp = (Pp x Yp) = (509.801 x 5.473) = 2789.943 kN·m

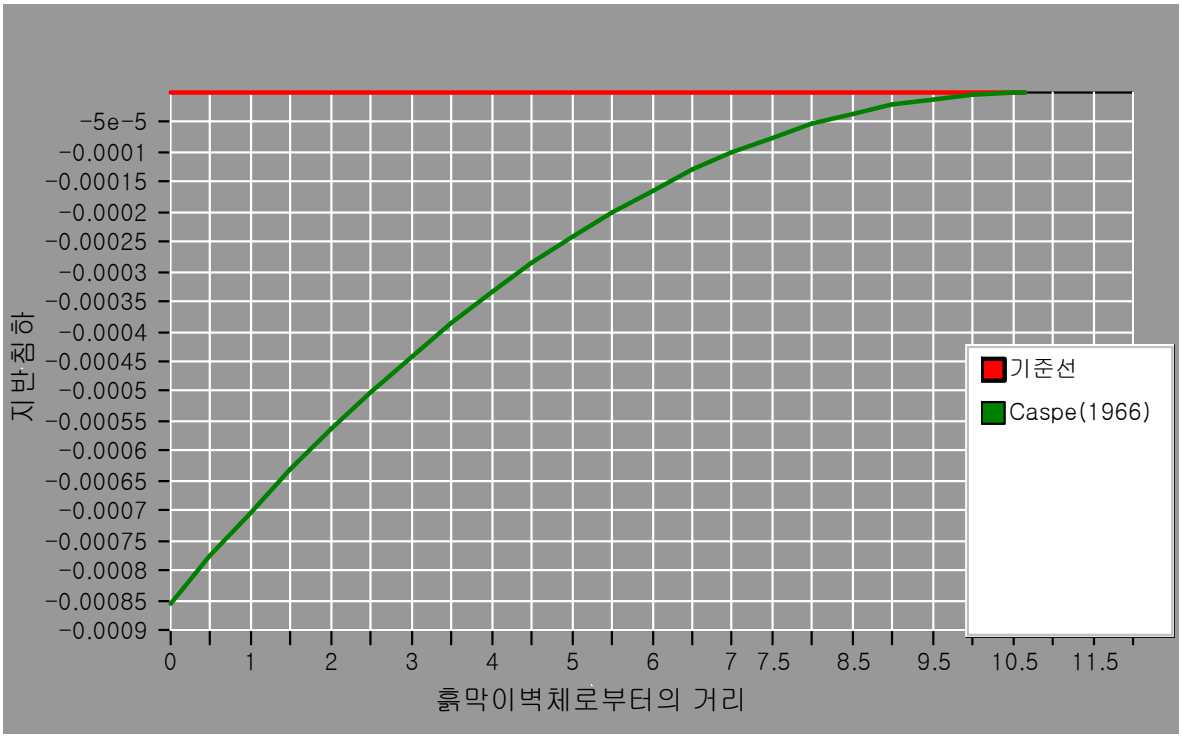
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2789.943 / 1192.097 = 2.34

S.F. = 2.34 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.002 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 4.25 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 4.25 = 17.053 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 17.053 x tan(45-26/2) = 10.656 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.002 / 10.656 = -8.546e-004 m

6) 거리별 침하량 (Si)

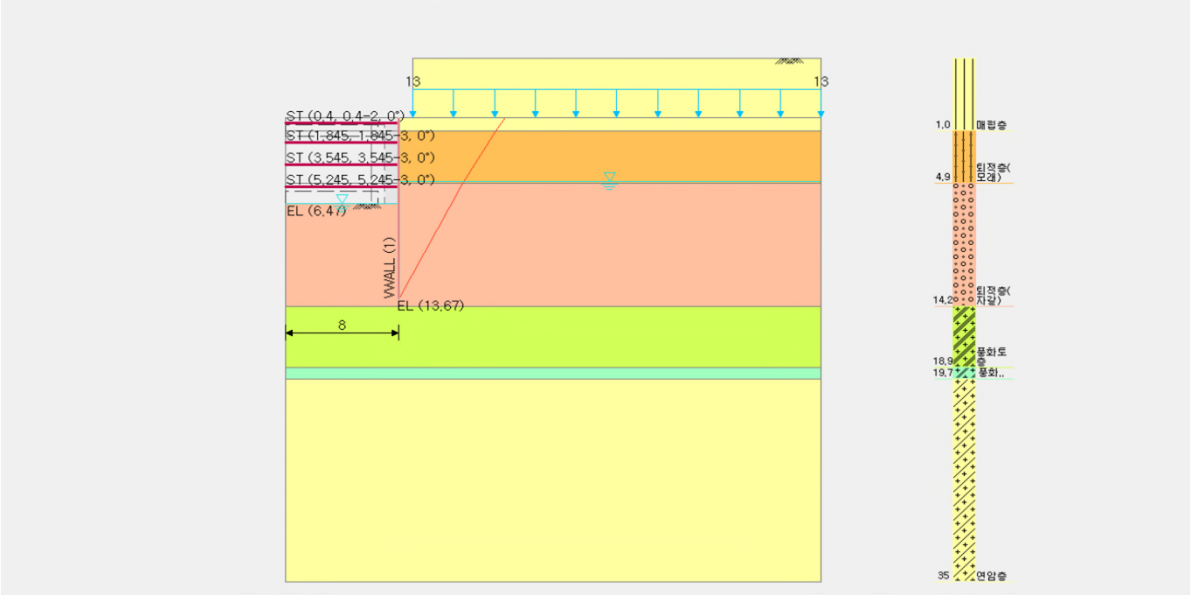
Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -8.546e-004 x ((10.656 - Xi) / 10.656)^2

13. Ramp-D. 0+320~0+330(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 13.67m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.4, 0.4-2, 0°)
ST (1.845, 1.845-3, 0°)
ST (3.545, 3.545-3, 0°)
ST (5.245, 5.245-3, 0°)
EL (6.47)
WALL (1)
EL (13.67)
8
1.0
4.9
14.2
18.9
19.7
35
매립층
퇴적층(모래)
퇴적층(자갈)
풍화토
풍화..
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.531	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.40	휨응력	4.584	133.380	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	9.577	101.944	O.K		
		전단응력	1.917	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	1.85	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.120	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.55	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.122	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.25	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	32.883	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.40	휨응력	16.915	182.334	O.K	
		전단응력	12.028	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.85	휨응력	114.630	171.711	O.K	
		전단응력	54.343	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.55	휨응력	95.729	171.711	O.K	
		전단응력	45.383	108.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.25	휨응력	33.866	171.180	O.K	
		전단응력	25.910	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝	-	휨응력	66.015	183.928	O.K	합성응력	O.K
H 300x305x15/15		압축응력	49.857	182.783	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우)	0.00 ~	휨응력	36.572	243.000	O.K	
J:SP-IV(SY295(SY30)	13.67	전단응력	8.135	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	–	H 700x300x13/24	수평간격 : 2.00	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
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
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)	-	
	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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

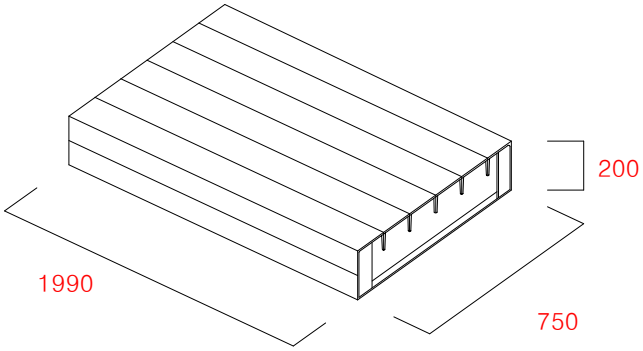
가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

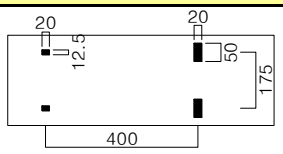
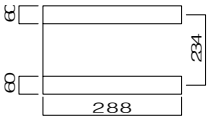
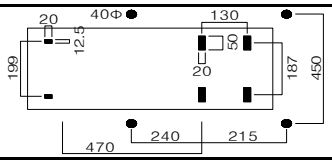
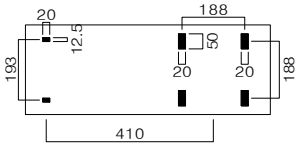
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

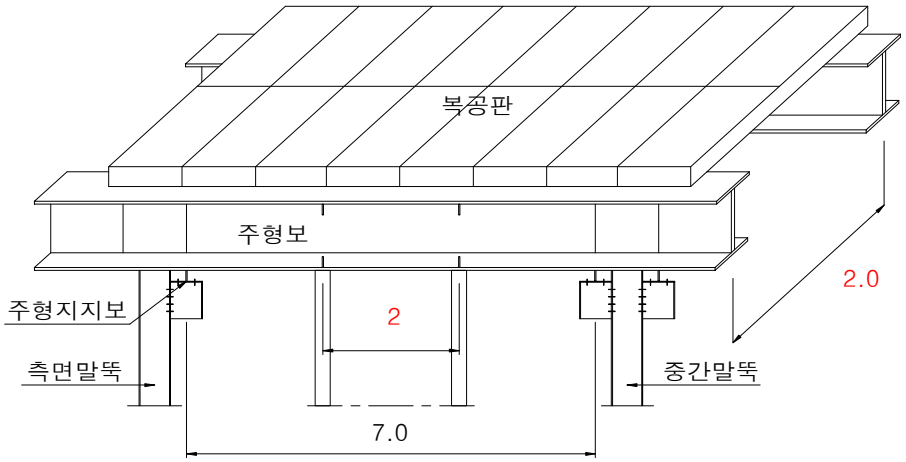
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

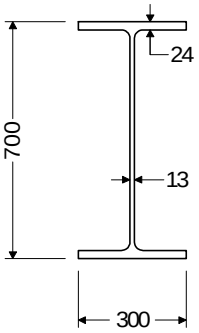
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

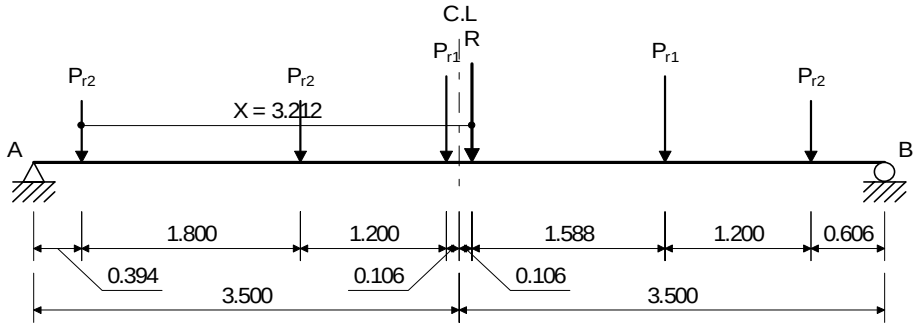
(3) 전륜하중

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

(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

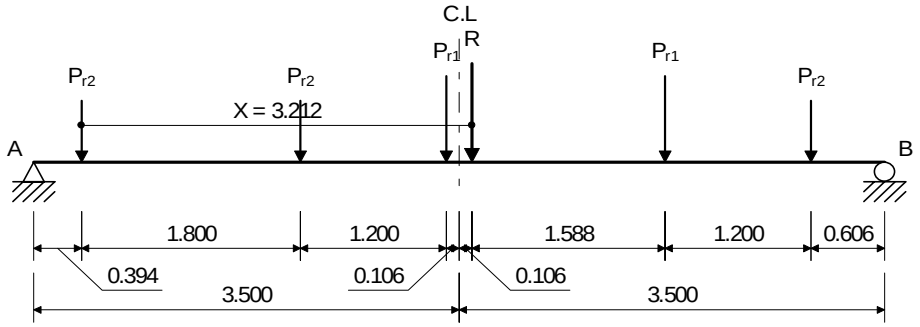
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

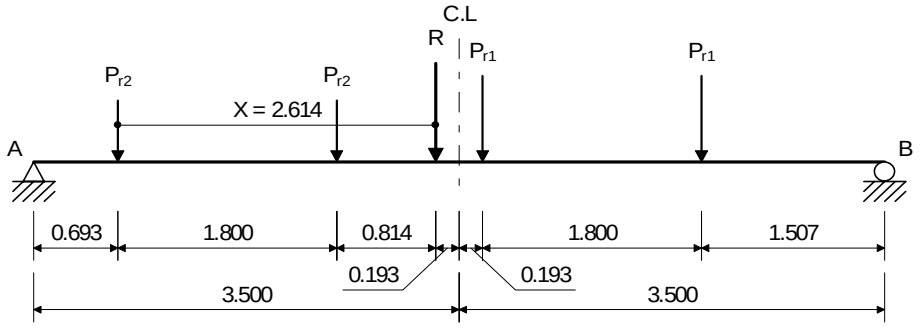
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

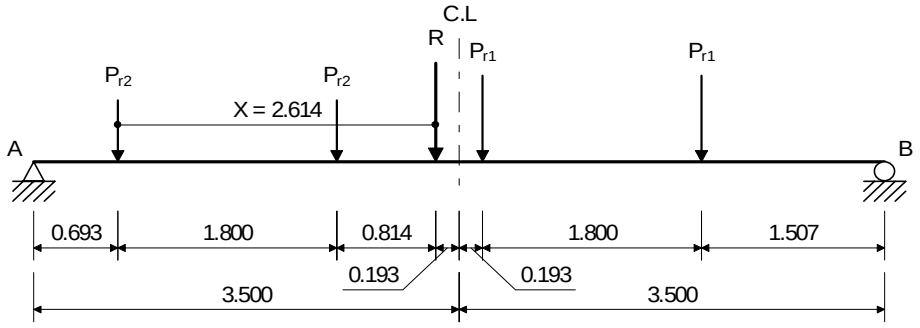


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

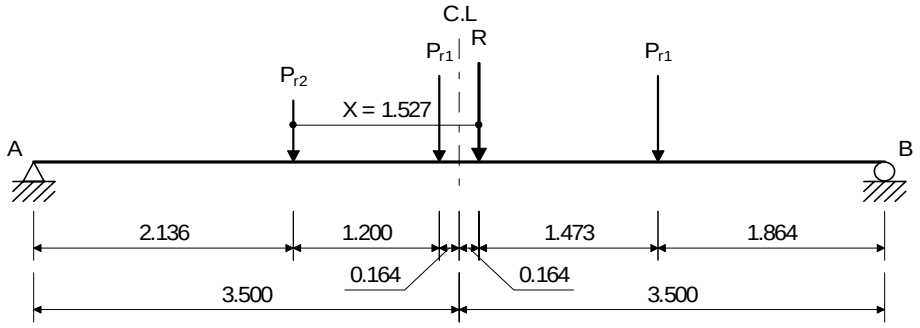
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

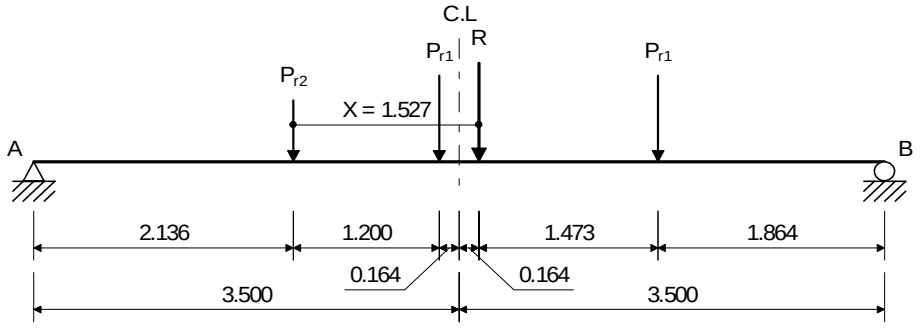


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

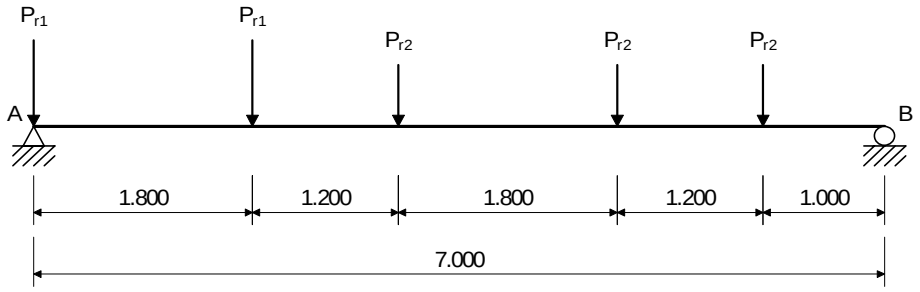


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 479.769 = 514.667 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.667 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

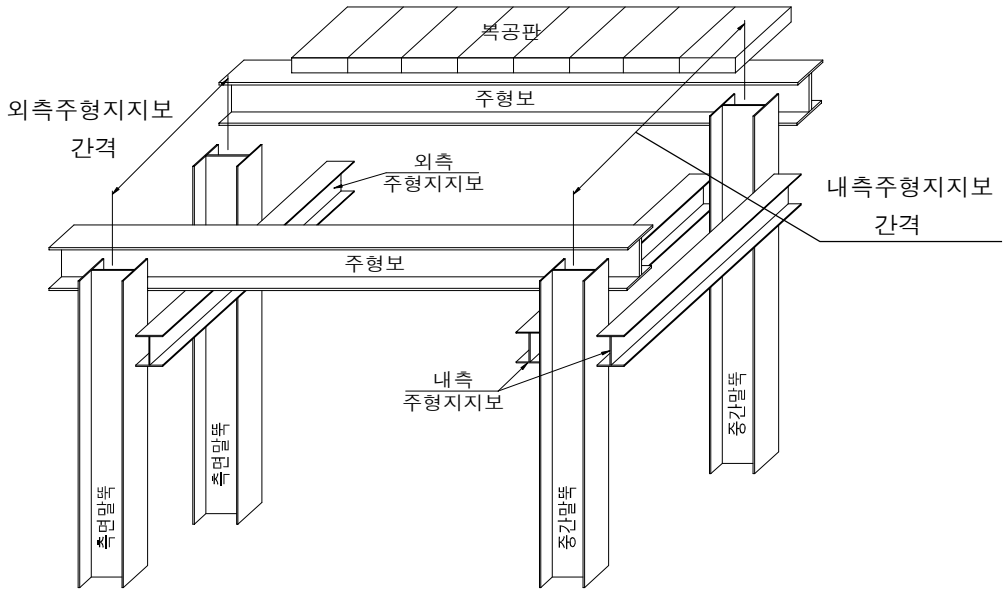
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

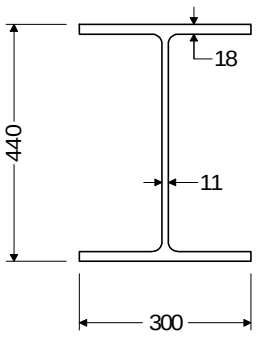
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

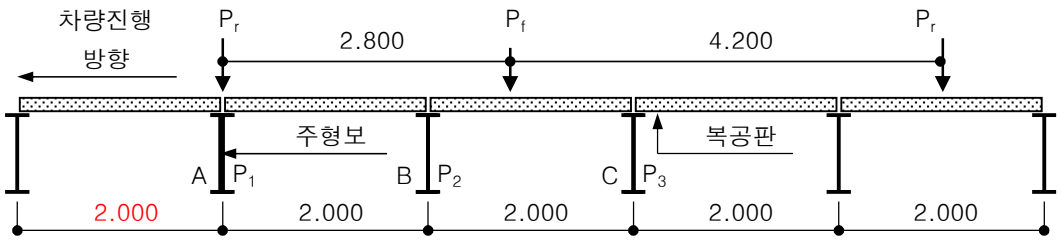


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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**



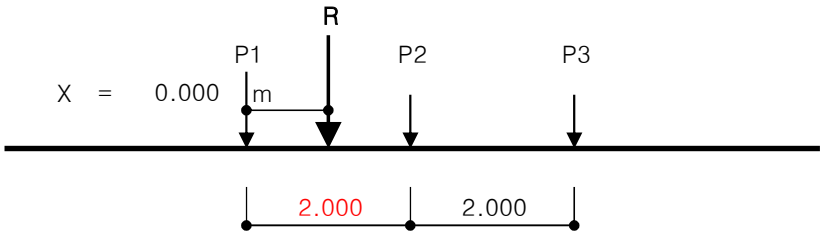
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

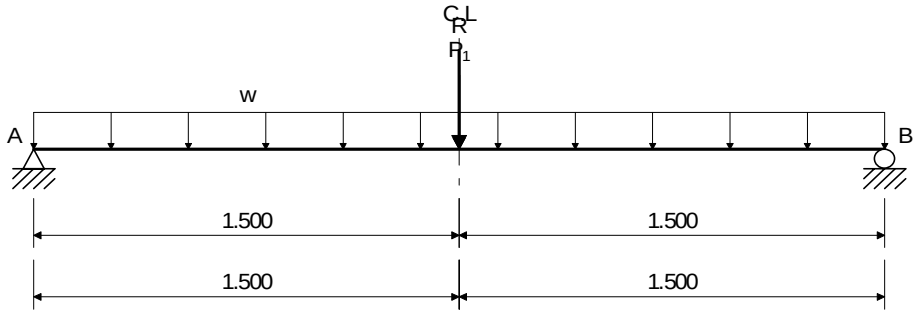


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

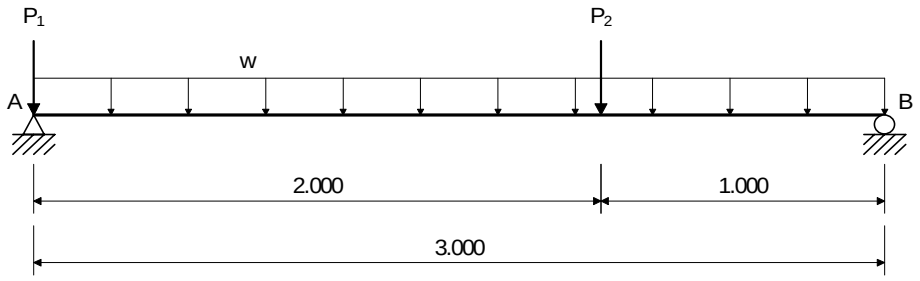
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.009 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.878 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.878 x 1000 / 4444 = 80.531 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.531 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

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

= 357878 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

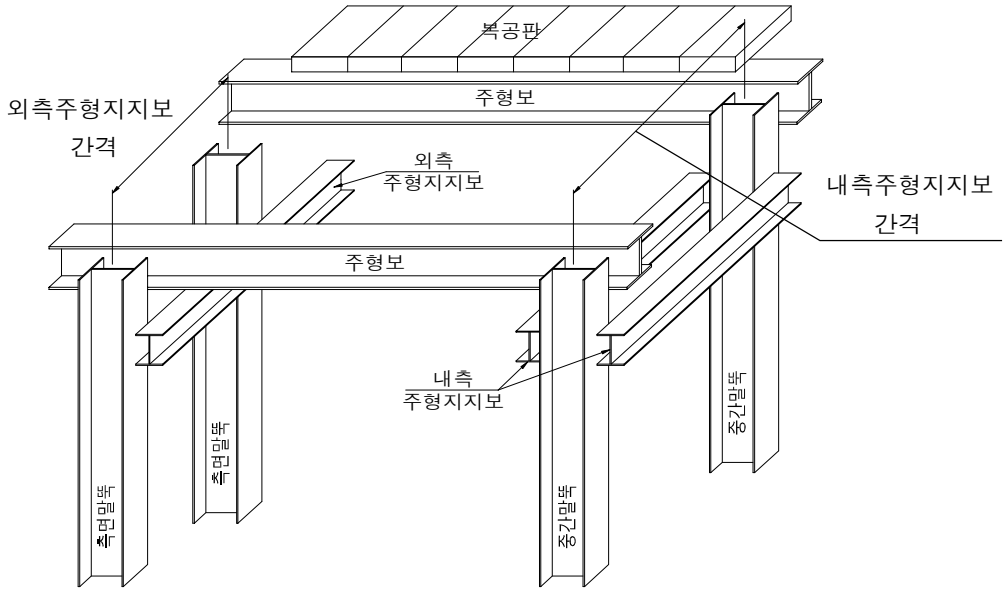
= 4.69 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.69 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

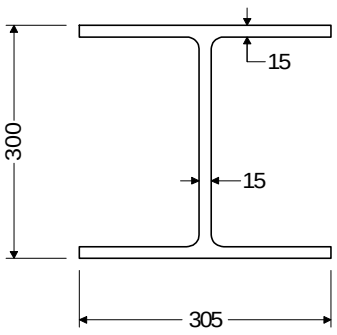
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

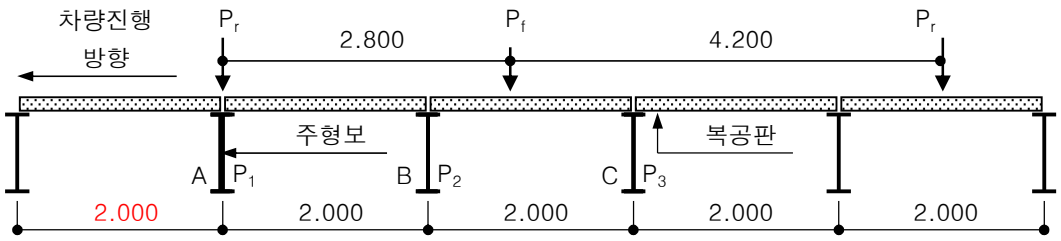


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



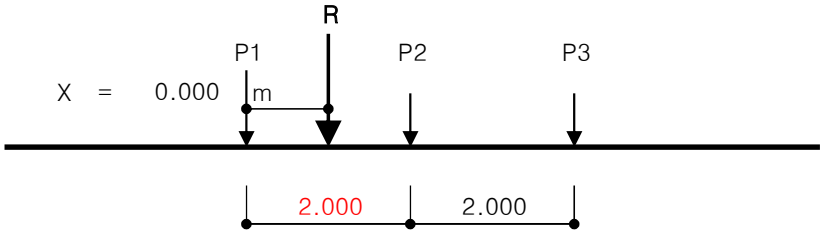
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

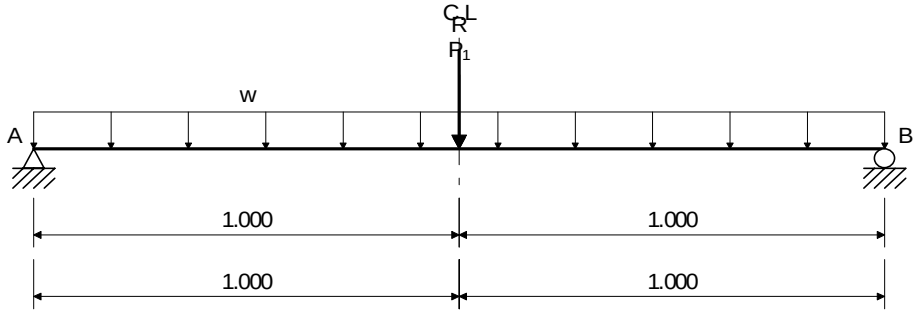


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

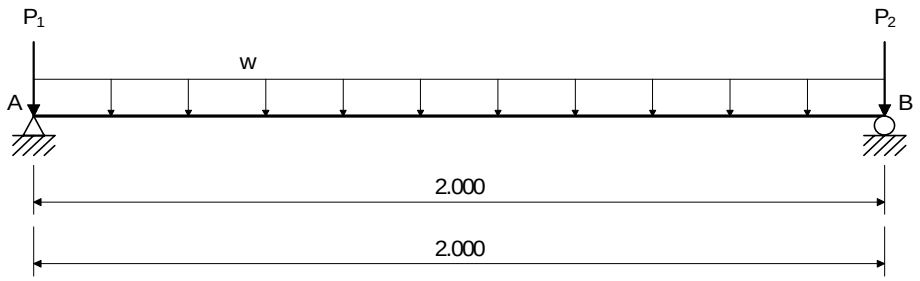
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L² / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00² / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.009 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.762 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.762 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ² + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

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

= 334762 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.39 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.39 ea ---> O.K

7.지보재 설계

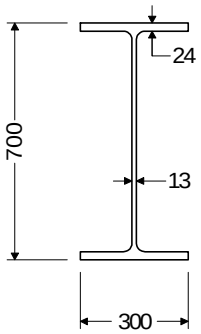
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 52.774 kN/m ---> 주형보 (CS14 : 해체5)
= 52.774 x 2.00 / 1 단
= 105.547 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 105.547 + 120.0 = 225.547 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 5760000.0 = 4.584 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 225.547 x 1000 / 23550 = 9.577 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.250 x 1000 / 8476 = 1.917 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.357

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (14.162 − 4.993) / 14.162

= 0.647

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6500 / 293

22.184 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (22.184 − 20))

= 186.523 MPa

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

= 186.523 MPa

L_y / R_y = 6500 / 67.8

95.870 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 95.870²)

= 101.944 MPa

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

= 101.944 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 101.944 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6500 / 300

= 21.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.667 − 4.5))

= 133.380 MPa

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

= 133.380 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (22.184)²

= 3291.725 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 101.944 MPa > f_c = 9.577 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 133.380 MPa > f_b = 4.584 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.917 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{9.577}{101.944} + \frac{4.584}{133.380 \times (1 - (9.577 / 3291.725))}$$

$$= 0.128 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 9.577 + \frac{4.584}{1 - (9.577 / 3291.725)}$$

$$= 14.175 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.128 , 0.075)

= 0.128 < 1.0 ---> O.K

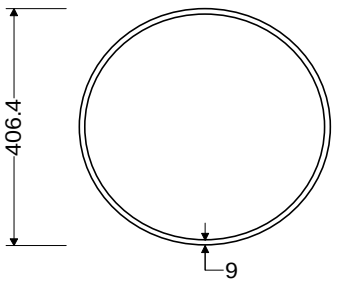
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 158.954 kN/m ---> Strut-1 (CS12 : 해체3)

= 158.954 x 3.00 / 1 단

= 476.862 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 476.862 + 120.0 = 596.862 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 596.862 x 1000 / 11236.2 = 53.120 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.063 x 9)
= 21.248 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.063

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.301 − 28.938) / 77.301
= 0.626 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5
46.263 ---> 20 < L/R ≤ 93 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))
= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2
= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> r/t ≤ 125 이므로

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 106.692$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 159.217$ MPa > $f_c = 53.120$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa > $f_b = 24.182$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa > $\tau = 2.891$ MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{53.120}{159.217} + \dfrac{24.182}{189.000 \times (1 - (53.120 / 756.904))}$

$= 0.471 < 1.0$ ---> O.K

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

$= 53.120 + \dfrac{24.182}{1 - (53.120 / 756.904)}$

$= 79.126 < f_{cal} = 189.000$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.471 , 0.419)

= 0.471 < 1.0 ---> O.K

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

$= \dfrac{77.301}{159.217} + \left\{ \dfrac{2.891}{106.692} \right\}^2$

$= 0.486 < 1.0$ ---> O.K

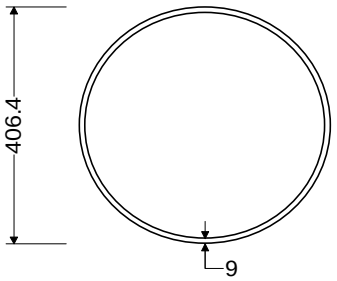
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 132.745 kN/m ---> Strut-2 (CS11 : 해체2)
= 132.745 x 3.00 / 1 단
= 398.234 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 398.234 + 120.0 = 518.234 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 518.234 x 1000 / 11236.2 = 46.122 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.069 x 9)

= 21.125 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.069

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (70.303 − 21.940) / 70.303

= 0.688 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 46.122 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.182 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.891 MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{46.122}{159.217} + \dfrac{24.182}{189.000 \times (1 - (46.122 / 756.904))}$

= 0.426 < 1.0 ---> O.K

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

$$= 46.122 + \frac{24.182}{1 - (46.122 / 756.904)}$$

$$= 71.872 < f_{cal} = 189.000 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.426 , 0.380)
= 0.426 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{70.303}{159.217} + \left\{ \frac{2.891}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.442 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

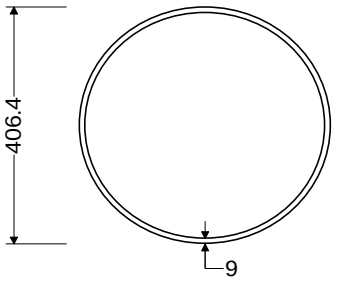
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 83.159 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 6.47 m)
= 83.159 x 3.00 / 1 단
= 249.477 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 249.477 + 120.0 = 369.477 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN
(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 369.477 x 1000 / 11236.2 = 32.883 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.085 x 9)
= 20.814 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.085

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (57.064 − 8.701) / 57.064
= 0.848 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5
46.263 ---> 20 < L/R ≤ 93 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))
= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2
= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> r/t ≤ 125 이므로

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 106.692$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 159.217$ MPa > $f_c = 32.883$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa > $f_b = 24.182$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa > $\tau = 2.891$ MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{32.883}{159.217} + \dfrac{24.182}{189.000 \times (1 - (32.883 / 756.904))}$

$= 0.340 < 1.0$ ---> O.K

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

$= 32.883 + \dfrac{24.182}{1 - (32.883 / 756.904)}$

$= 58.163 < f_{cal} = 189.000$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.340 , 0.308)

$= 0.340 < 1.0$ ---> O.K

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

$= \dfrac{57.064}{159.217} + \left\{ \dfrac{2.891}{106.692} \right\}^2$

$= 0.359 < 1.0$ ---> O.K

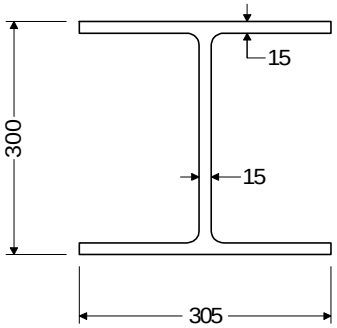
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

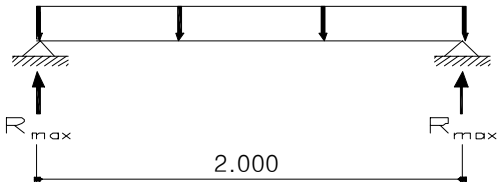
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 52.774 kN/m ---> 주형보 (CS14 : 해체5)

P = 52.774 × 2.00 m / 1 ea = 105.547 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 105.547 / (13 × 2.000)
= 48.714 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 48.714 × 2.000^2 / 8
= 24.357 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 48.714 × 2.000 / 2
= 48.714 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 24.357 x 1000000 / 1440000.0 = 16.915 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 48.714 x 1000 / 4050 = 12.028 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (16.915 + 16.915) / 16.915$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 16.915 MPa ---> O.K

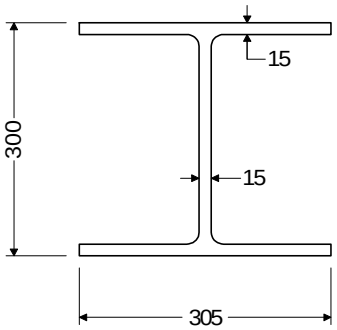
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 12.028 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

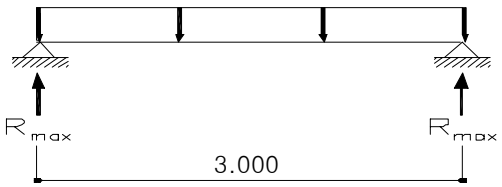
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 158.954 kN/m ---> Strut-1 (CS12 : 해체3)

$P = 158.954 \times 3.00\ m / 1\ ea = 476.862\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 476.862 / (13 \times 3.000)$
$= 146.727\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 146.727 \times 3.000^2 / 8$
$= 165.068\ kN\cdot m$

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 146.727 \times 3.000 / 2$
$= 220.090\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 165.068 \times 1000000 / 1440000.0 = 114.630$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 220.090 \times 1000 / 4050 = 54.343$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (114.630 + 114.630) / 114.630$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 114.630$ MPa ---> O.K

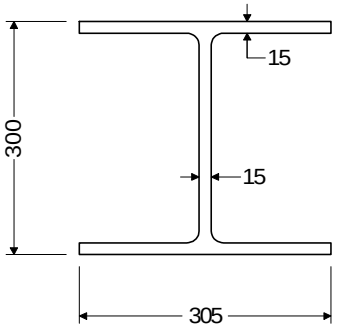
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 54.343$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

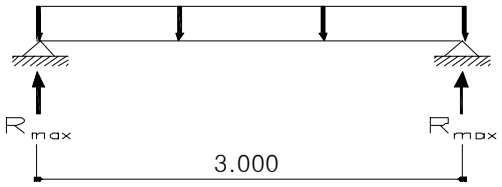
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 132.745 kN/m ---> Strut-2 (CS11 : 해체2)

P = 132.745 × 3.00 m / 1 ea = 398.234 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 398.234 / (13 × 3.000)
= 122.534 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 122.534 × 3.000^2 / 8
= 137.850 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 122.534 × 3.000 / 2
= 183.800 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 137.850 x 1000000 / 1440000.0 = 95.729 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 183.800 x 1000 / 4050 = 45.383 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (95.729 + 95.729) / 95.729

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

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

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 95.729 MPa ---> O.K

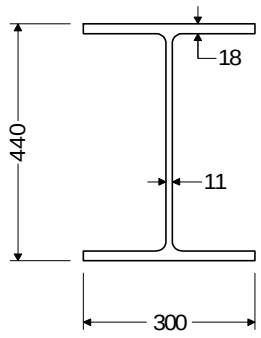
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 45.383 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

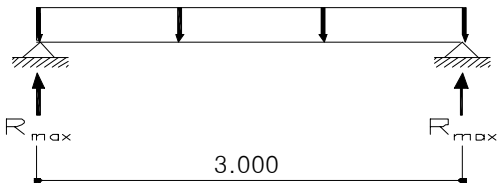
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 83.159 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 6.47 m)

P = 83.159 × 3.00 m / 1 ea = 249.477 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 249.477 / (13 × 3.000)
= 76.762 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 76.762 × 3.000 ^{2} / 8
= 86.358 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 76.762 × 3.000 / 2
= 115.143 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 86.358 x 1000000 / 2550000.0 = 33.866 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 115.143 x 1000 / 4444 = 25.910 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (33.866 + 33.866) / 33.866
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 33.866 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 25.910 MPa ---> O.K

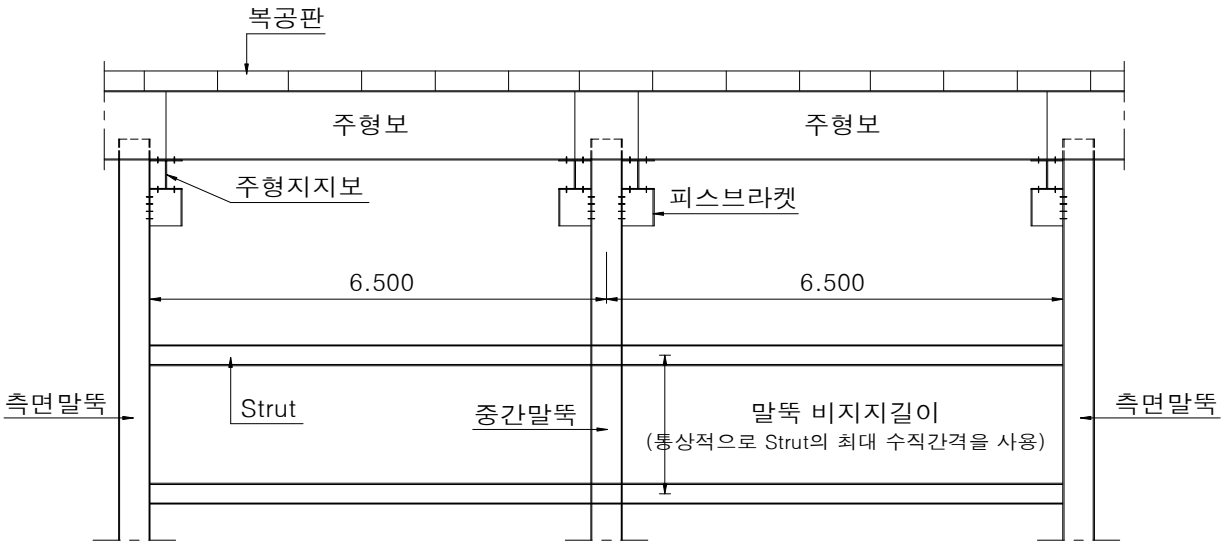
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.500 + 6.500 = 13.000 m

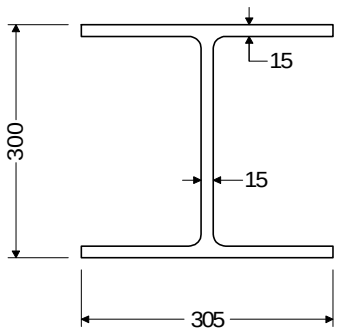
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 14.500 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 51.597 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 4.905 kN

ΣP_s = 75.782 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 6.500) / 2 = 18.517 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 6.500) / 2 = 18.517 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.500)

= 0.323 > 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

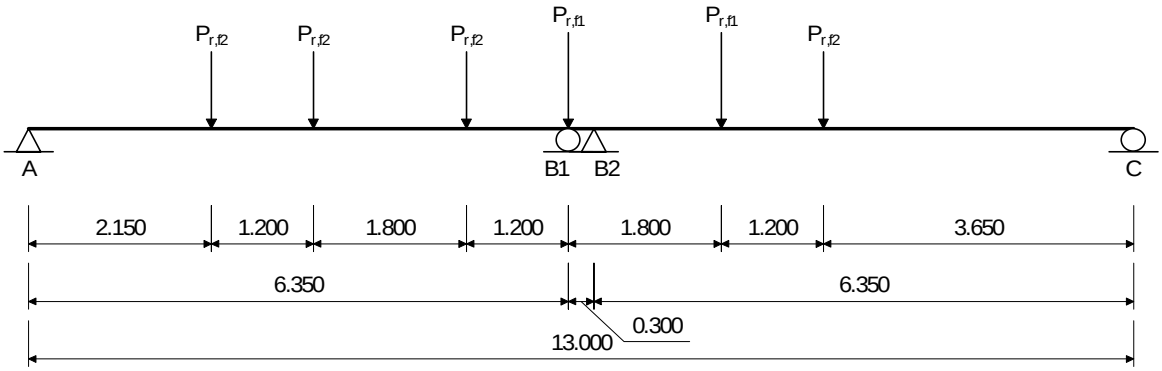
(2) 전륜하중

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 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 + 93.600 x 2.150) / 6.350

= 281.783 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.850 + 93.600 x 3.650) / 6.350

= 149.121 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 281.783 x 1.00 = 281.783 kN

P_{r2} = 149.121 x 1.00 = 149.121 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 23.400 x 2.150) / 6.350

= 70.446 kN

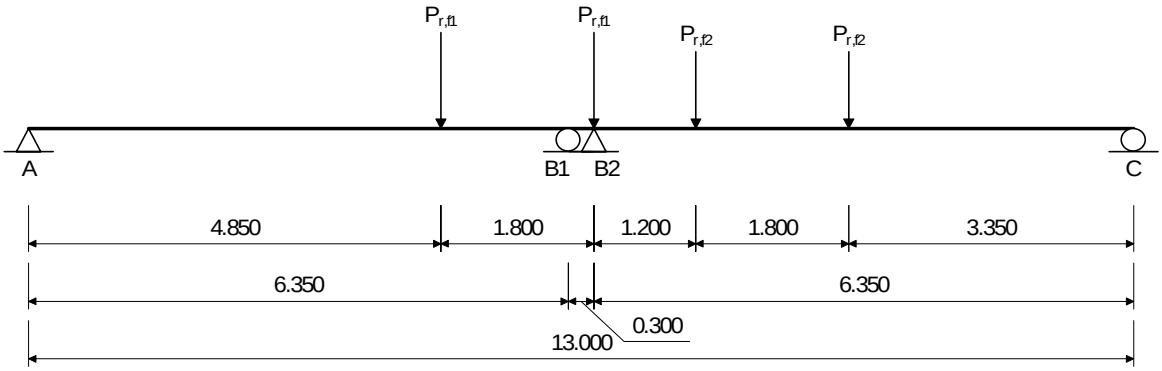
R_{B2} = (31.200 x 4.850 + 23.400 x 3.650) / 6.350

= 37.280 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 70.446 x 1.00 = 70.446 kN

P_{f2} = 37.280 x 1.00 = 37.280 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.850) / 6.350

= 95.320 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 6.350

= 250.091 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 95.320 x 1.00 = 95.320 kN

P_{r2} = 250.091 x 1.00 = 250.091 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.850) / 6.350

= 23.830 kN

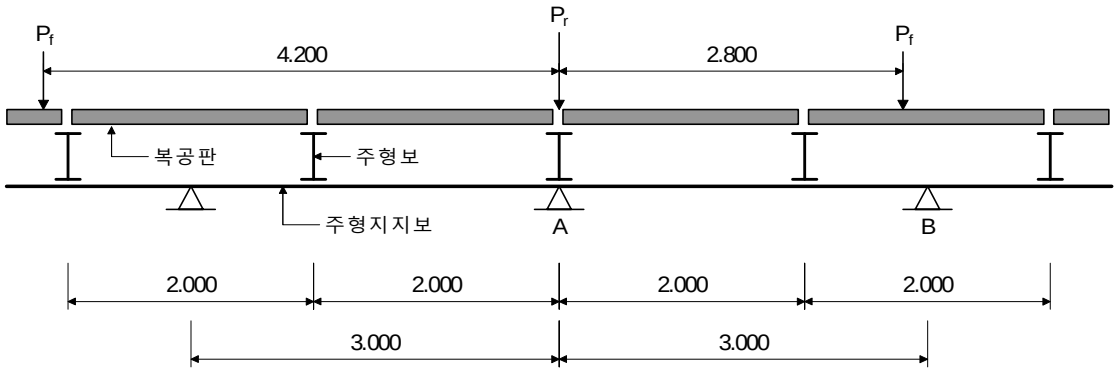
R_{B2} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 6.350

= 62.523 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.830 x 1.00 = 23.830 kN

P_{f2} = 62.523 x 1.00 = 62.523 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (281.783 x 3.000 + 70.446 x 0.200) / 3.000

= 286.479 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

= 286.479 + 18.517 x 3.00 / 2.00 = 314.255 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (250.091 x 3.000 + 62.523 x 0.200) / 3.000

= 254.260 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

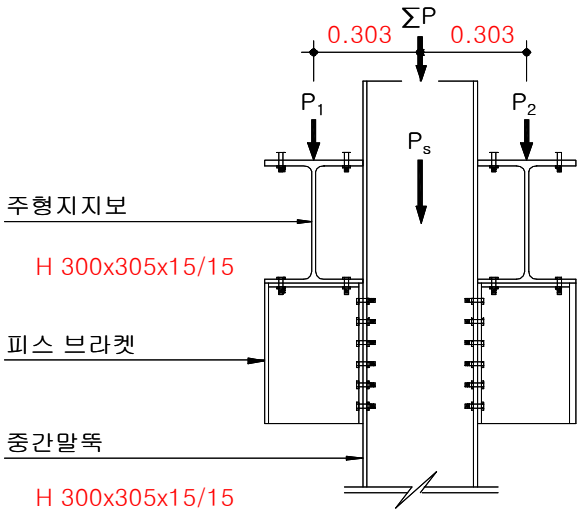
= 254.260 + 18.517 x 3.00 / 2.00 = 282.035 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 314.255 + 282.035 + 75.782 = 672.072 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 672.072 x 1000 / 13480 = 49.857 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 95.062 x 1000000 / 1440000 = 66.015 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 314.255 x 0.303 = 95.062 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.992

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (115.872 - -16.158) / 115.872$

= 1.139

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 1850 / 126

14.683 ---> Lx/Rx ≤ 20 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 189.000 MPa

L_y / R_y = 1850 / 72.6

25.482 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (25.482 - 20))

= 182.783 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 182.783 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 182.783 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1850 / 305

= 6.066 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (6.066 - 4.5))

= 183.928 MPa

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

= 183.928 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (14.683)^2

= 7514.717 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 182.783 MPa > f_c = 49.857 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 183.928 MPa > f_b = 66.015 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{49.857}{182.783} + \frac{66.015}{183.928 \times (1 - (49.857 / 7514.717))}$$

$$= 0.634 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 49.857 + \frac{66.015}{1 - (49.857 / 7514.717)}$$

$$= 116.313 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.634 , 0.615)

= 0.634 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 672.07 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)	=	27
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	27.85
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0
L_s(모래층 중의 길이)	=	13.670 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 27 x 0.0915 + 0.2 x 28 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 153.894 tonf

= 1509.19 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 1509.19 / 2.0

= 754.593 kN

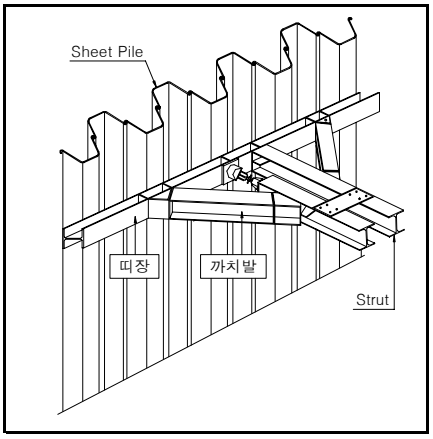
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 13.67m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
I_x(mm^4)	386000000.0
Z_x(mm^3)	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 83.019 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS12 : 해체3)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 83.019 (kN·m/m) × 1.00 m = 83.019 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 107.215 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS12 : 해체3)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 107.215 (kN/m) × 1.00 m = 107.215 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{83.019 \times 10^6}{2270000.00} = 36.572 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{107.215 \times 10^3}{13180.00} = 8.135 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 6.47 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	1.02	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.95	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	14.23	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	18.87	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	19.68	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	13.67	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.4	2	6.5	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.845	3	6.5	50	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.545	3	6.5	50	1
4	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.245	3	6.5	50	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	0.98	0	6.55	C27	0.9	-
2	기초	6.02	0	6.55	C27	0.9	-
3	벽체	6.55	0.53	6.47	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 6.47 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.90	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.35	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.05	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	5.75	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	6.47	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	-	-	5.77	-	-	-	X	X
11	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
12	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
13	-	-	-	3.3	-	-	-	X	X
14	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
15	-	-	-	0.53	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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	7.11	4.9	-4.14	3.5	0.39	10.3	-6.06	1.8
CS2 : 생성 주형보	0.90	7.11	4.9	-4.14	3.5	0.39	10.3	-6.06	1.8
CS3 : 굴착 2.345 m	2.35	20.09	3.3	-30.43	0.4	33.20	2.3	-15.17	6.1
CS4 : 생성 Strut-1	2.35	13.80	4.9	-20.81	1.8	22.62	2.3	-12.54	6.1
CS5 : 굴착 4.045 m	4.05	45.18	4.9	-70.85	1.8	55.24	3.5	-23.31	7.0
CS6 : 생성 Strut-2	4.05	39.13	4.9	-60.34	1.8	42.81	3.3	-19.98	7.0
CS7 : 굴착 5.745 m	5.75	50.76	7.4	-105.54	3.5	77.97	5.7	-34.60	9.4
CS8 : 생성 Strut-3	5.75	46.13	7.4	-93.66	3.5	67.80	5.7	-31.35	8.9
CS9 : 굴착 6.47 m	6.47	50.72	8.4	-81.01	5.2	78.77	6.5	-35.85	10.3
CS10 : 해체1	6.47	50.73	8.4	-80.98	5.2	78.79	6.5	-35.85	10.3
CS11 : 해체2	6.47	46.04	8.4	-103.79	3.5	63.59	5.7	-35.07	9.8
CS12 : 해체3	6.47	76.86	6.1	-107.21	1.8	83.02	4.4	-62.72	1.8
CS13 : 해체4	6.47	76.83	6.1	-107.21	1.8	83.02	4.4	-62.72	1.8
CS14 : 해체5	6.47	69.26	6.1	-52.79	0.4	81.39	2.8	-31.26	9.4
CS15 : 해체6	6.47	70.00	6.1	-52.77	0.4	81.38	2.8	-31.25	9.4
TOTAL		76.86	6.1	-107.21	1.8	83.02	4.4	-62.72	1.8

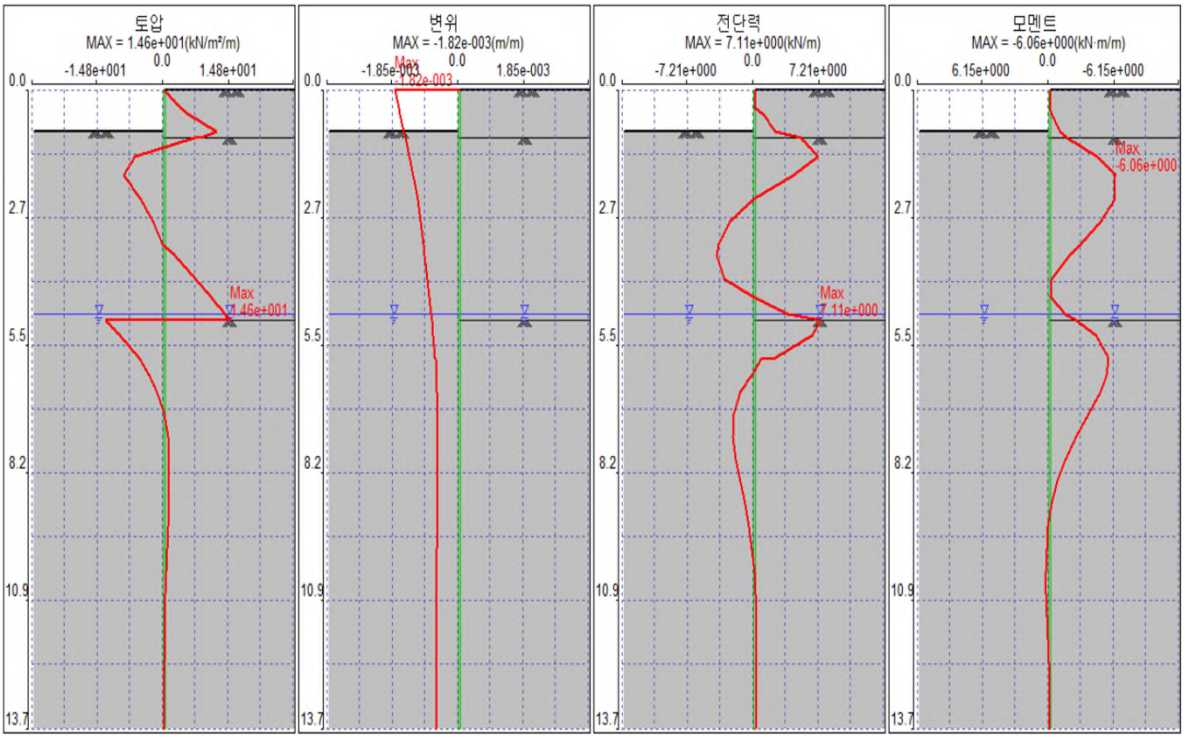
12.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

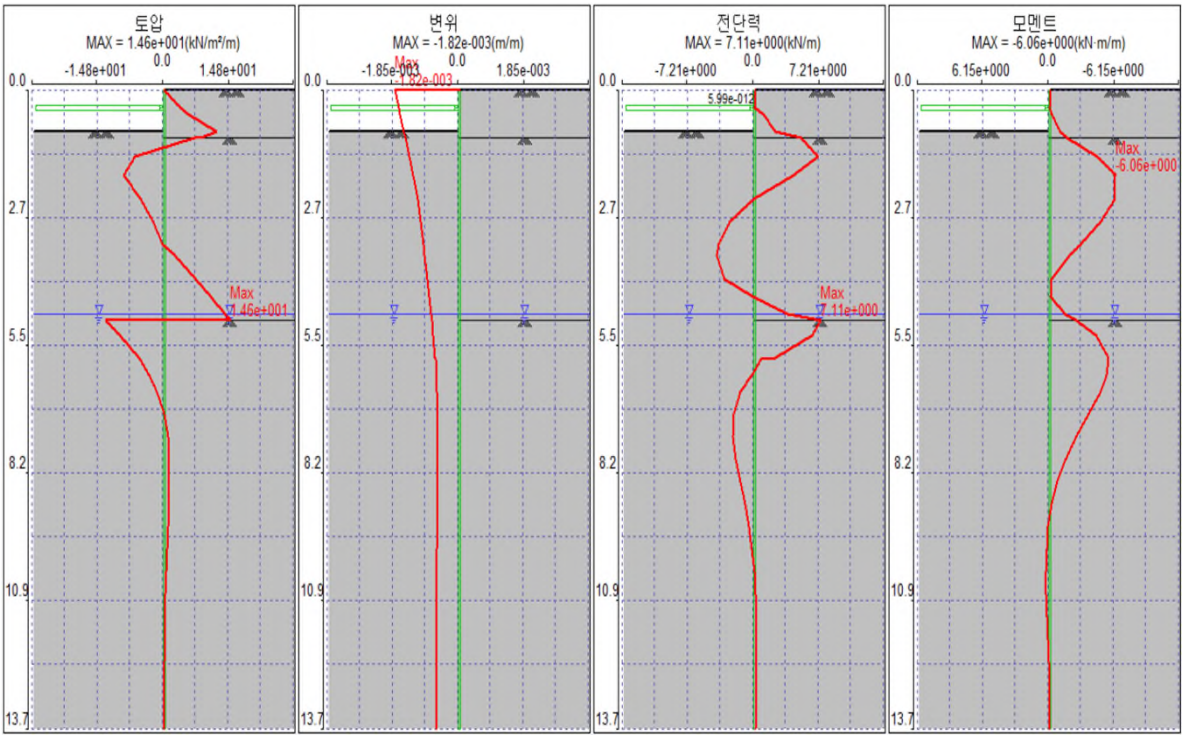
시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	
		0.4 (m)	1.845 (m)	3.545 (m)	5.245 (m)	
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	-	-	-	-	
CS2 : 생성 주형보	0.90	0.00	-	-	-	
CS3 : 굴착 2.345 m	2.35	30.40	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-1	2.35	20.69	16.67	-	-	
CS5 : 굴착 4.045 m	4.05	1.34	86.04	-	-	
CS6 : 생성 Strut-2	4.05	5.10	71.77	16.67	-	
CS7 : 굴착 5.745 m	5.75	-13.06	66.40	129.24	-	
CS8 : 생성 Strut-3	5.75	-10.78	66.71	114.78	16.67	
CS9 : 굴착 6.47 m	6.47	-11.19	58.98	110.11	83.16	
CS10 : 해체1	6.47	-11.19	58.98	110.10	83.14	
CS11 : 해체2	6.47	-14.20	62.30	132.75	-	
CS12 : 해체3	6.47	-35.22	158.95	-	-	
CS13 : 해체4	6.47	-35.22	158.95	-	-	
CS14 : 해체5	6.47	52.77	-	-	-	
CS15 : 해체6	6.47	52.75	-	-	-	
TOTAL		52.77	158.95	132.75	83.16	

12.2 시공단계별 단면력도

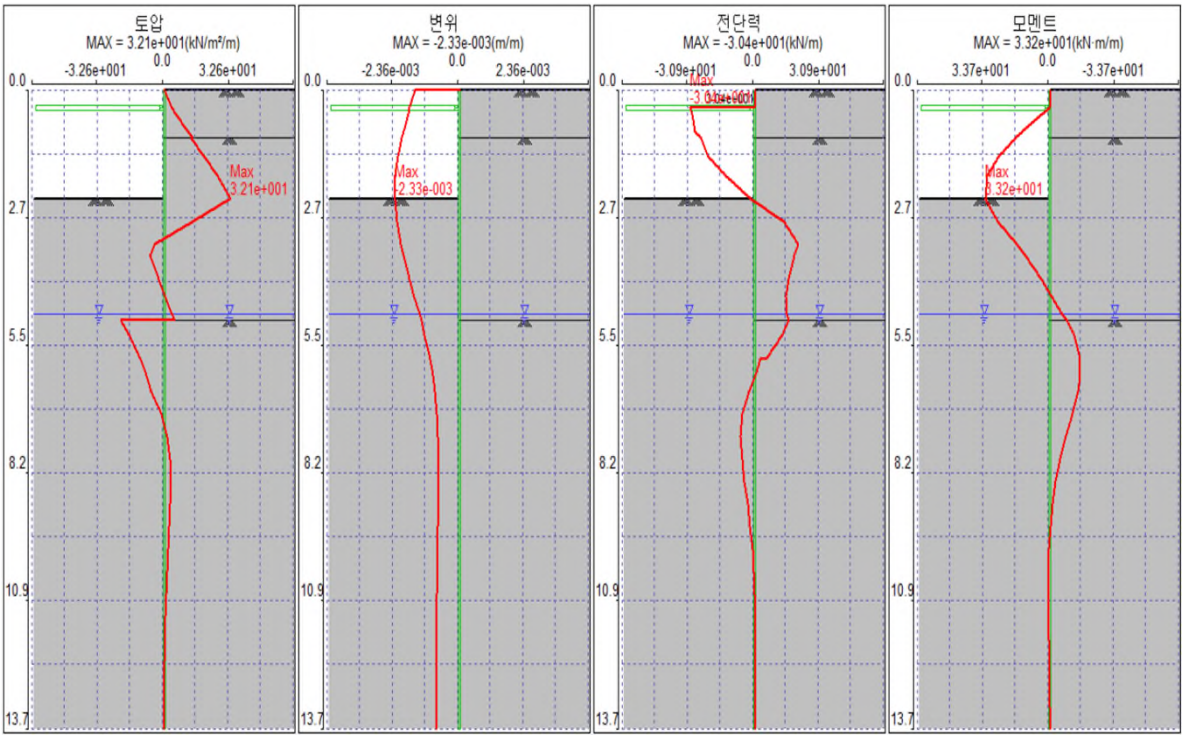
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.9 m]



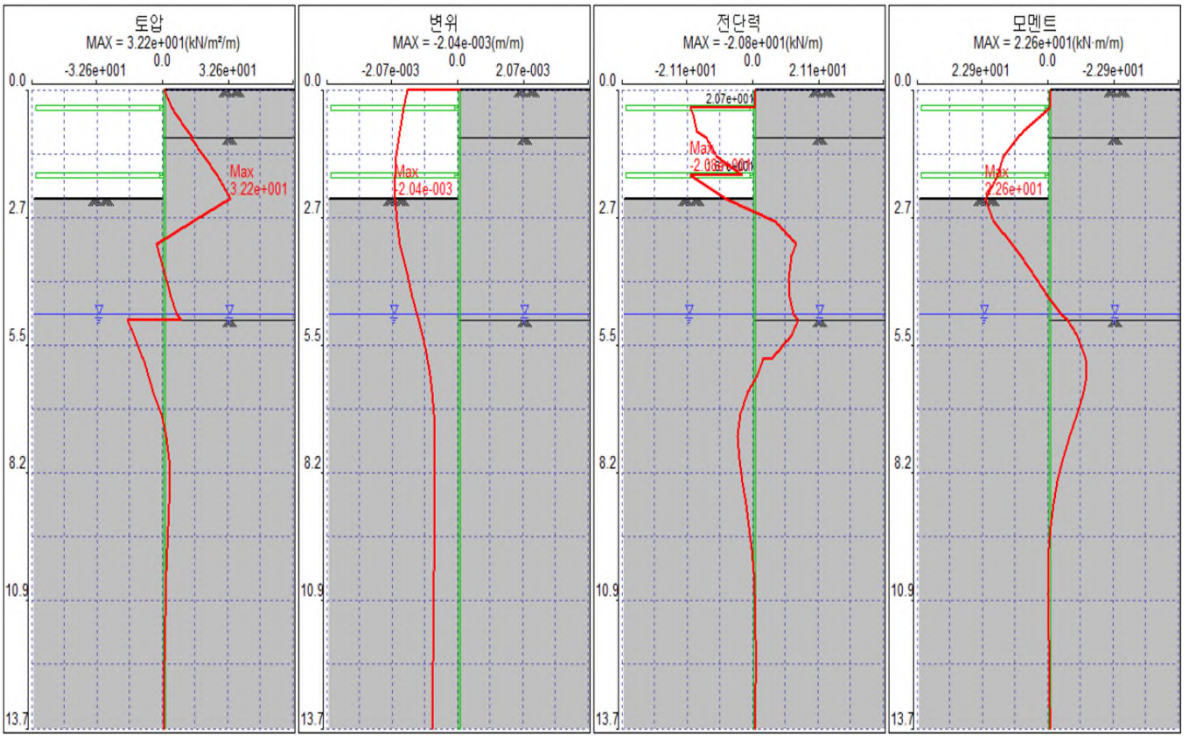
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



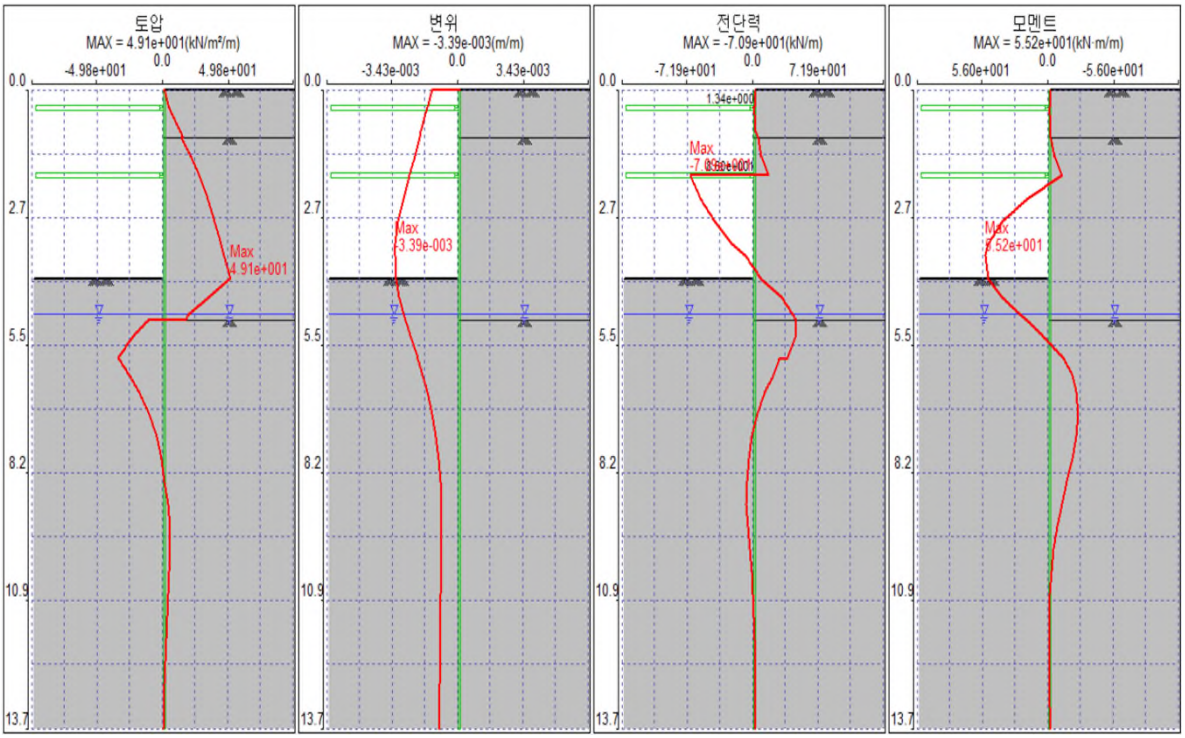
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.345 m]



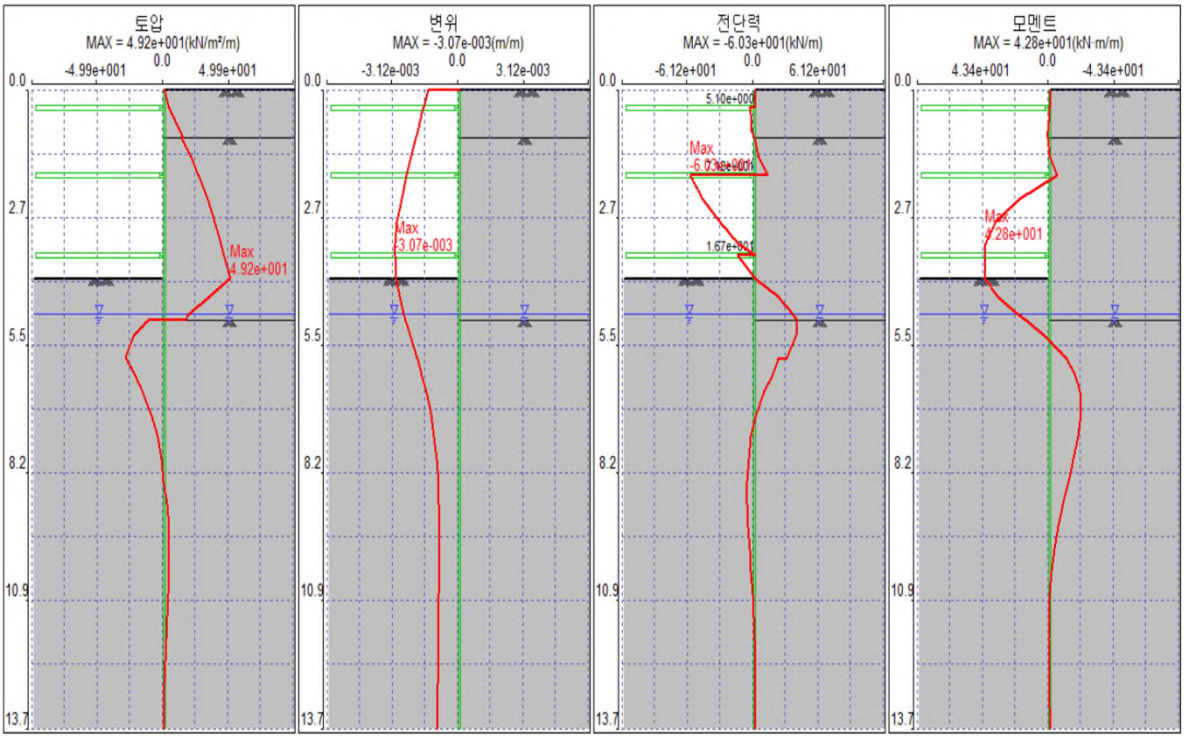
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



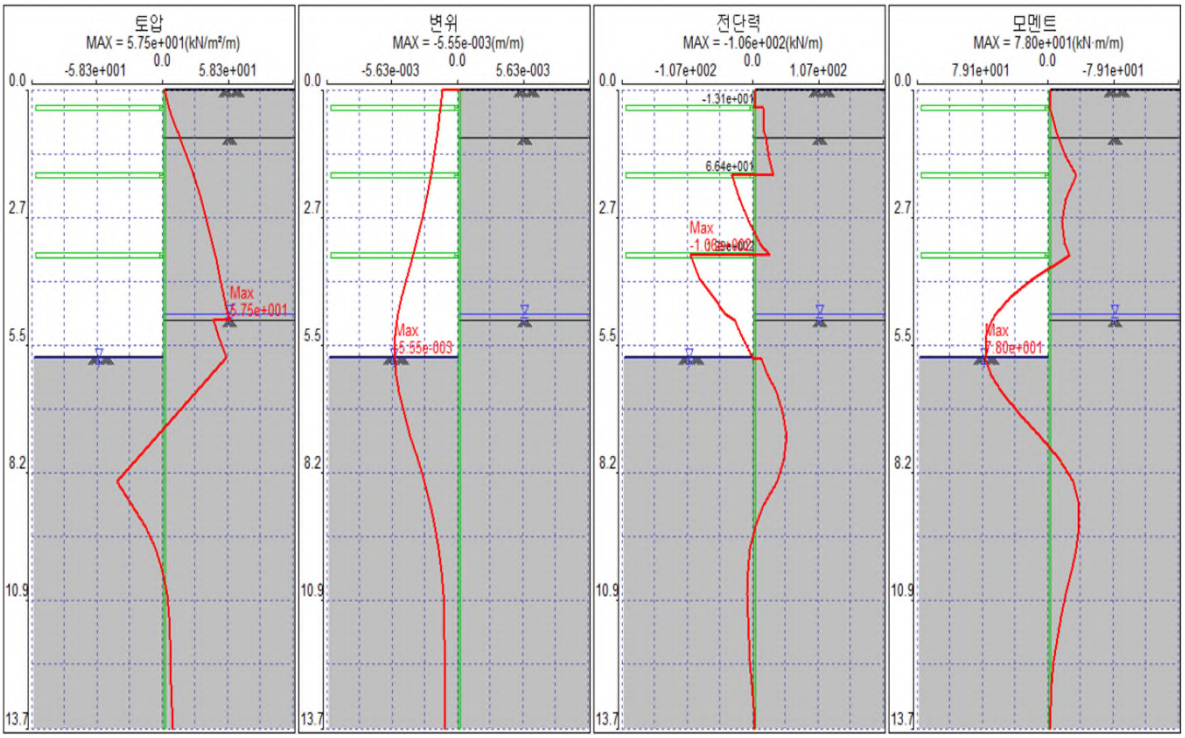
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.045 m]



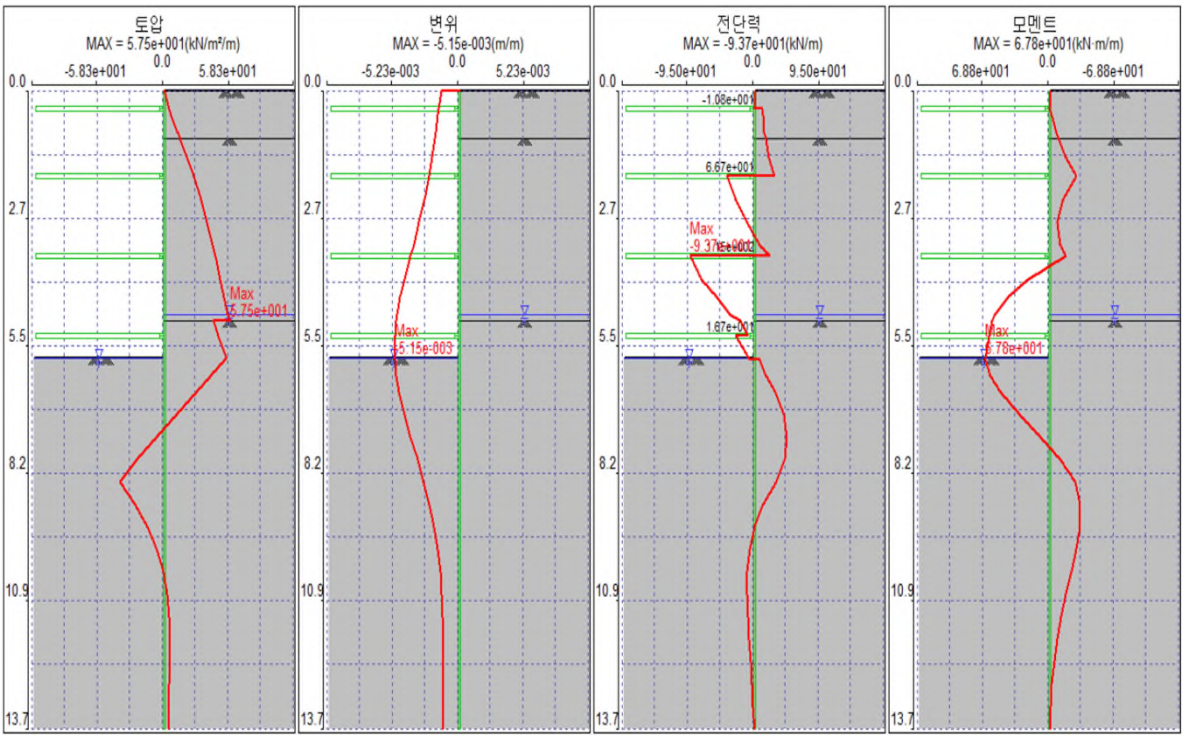
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



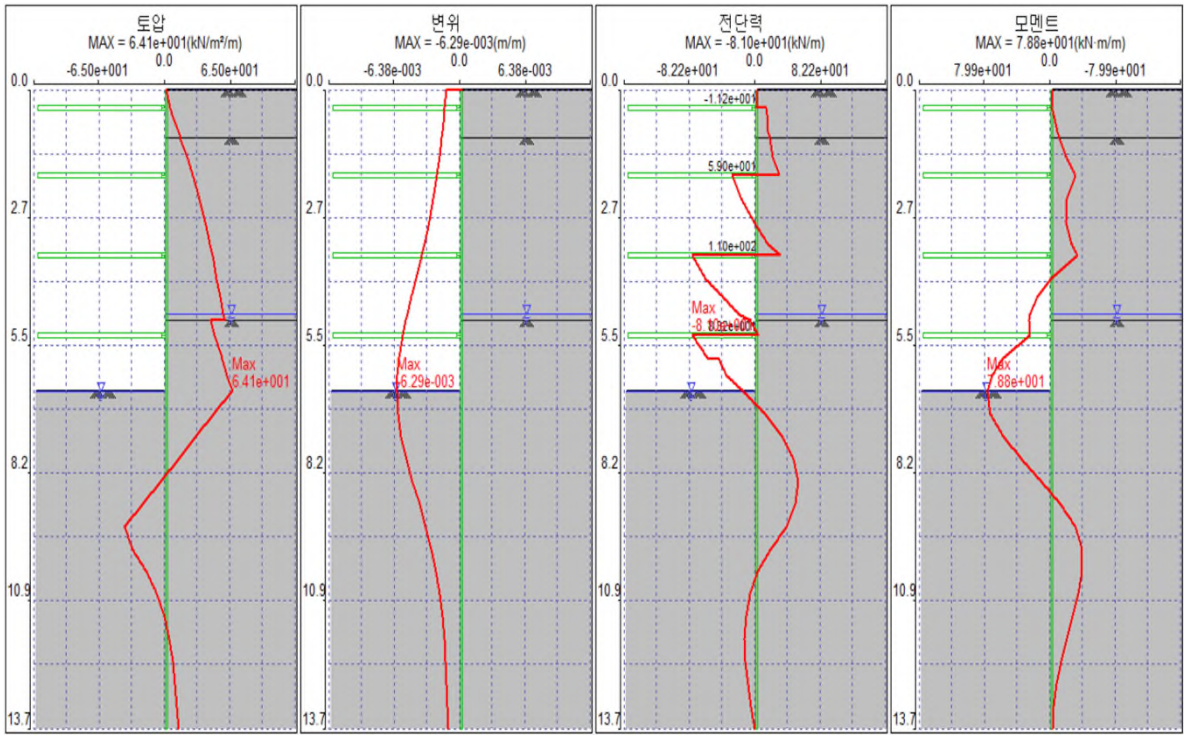
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.745 m]



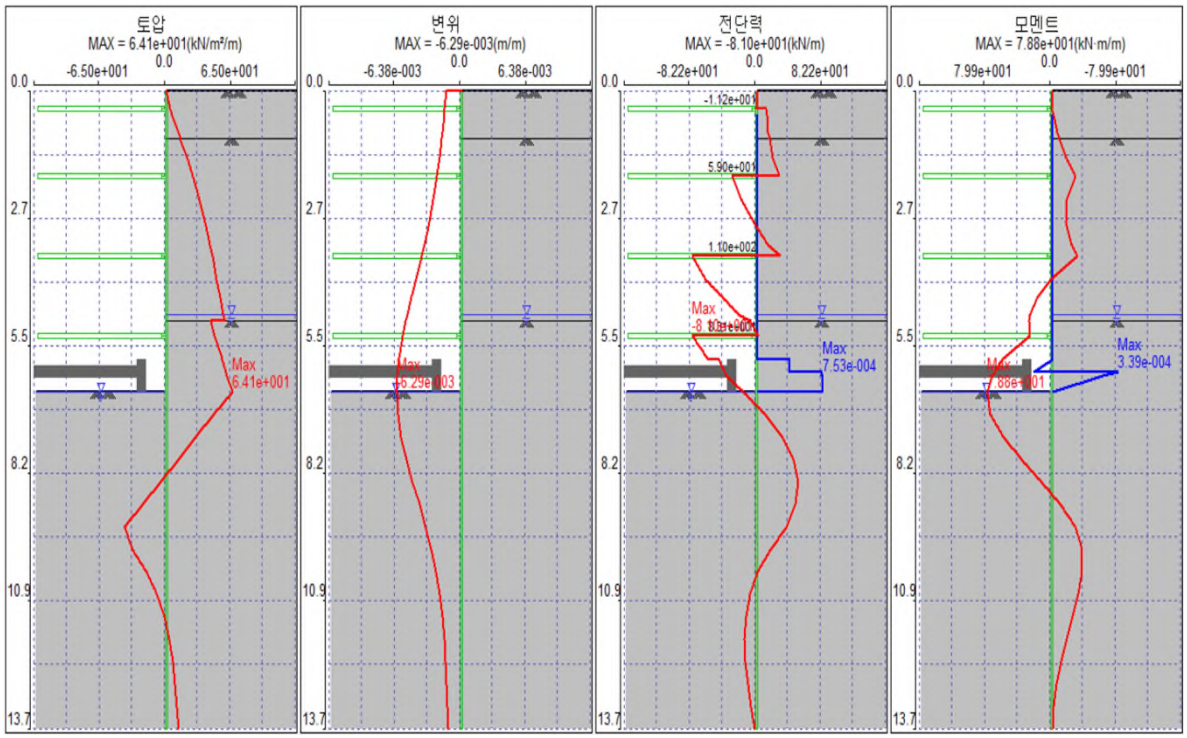
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



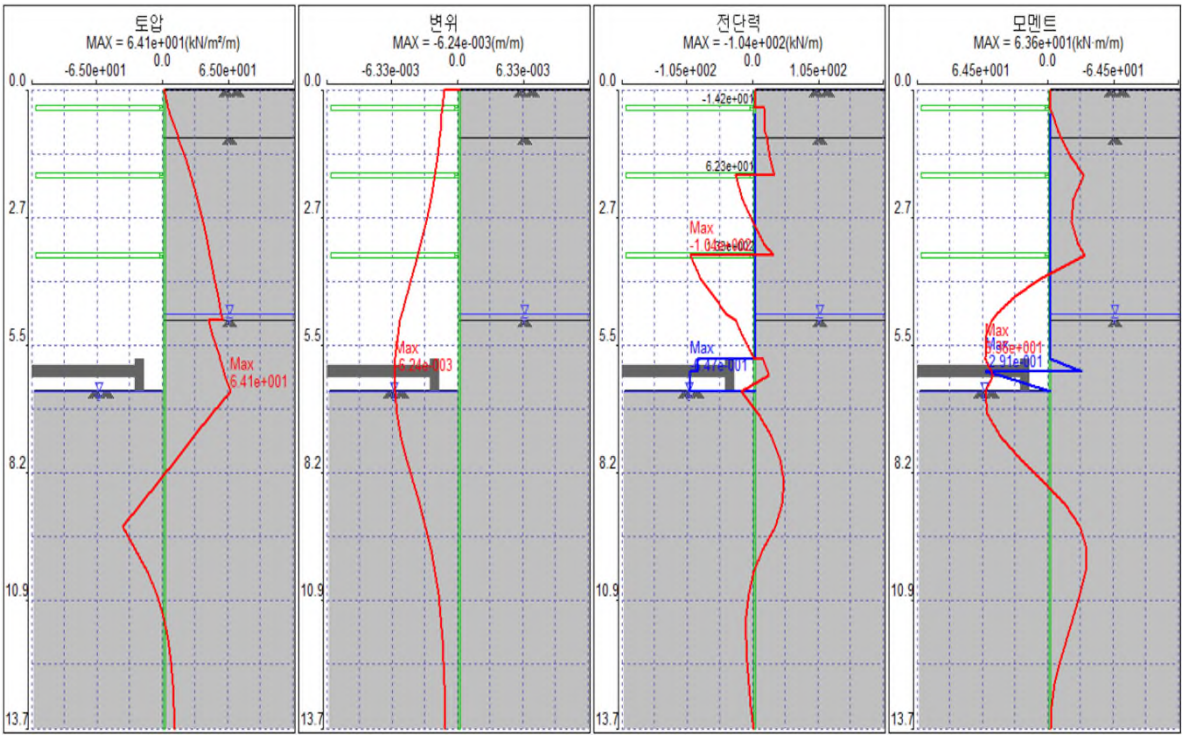
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 6.47 m]



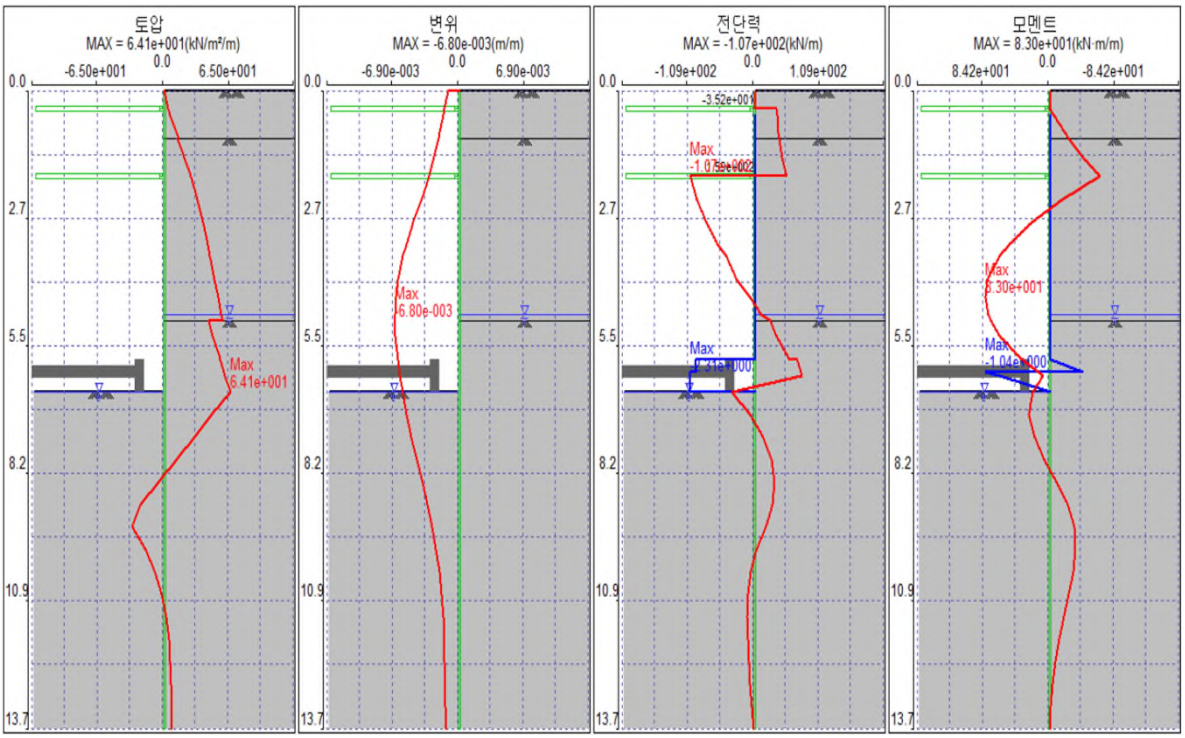
10) 시공 10 단계 [CS10 : 해체1]



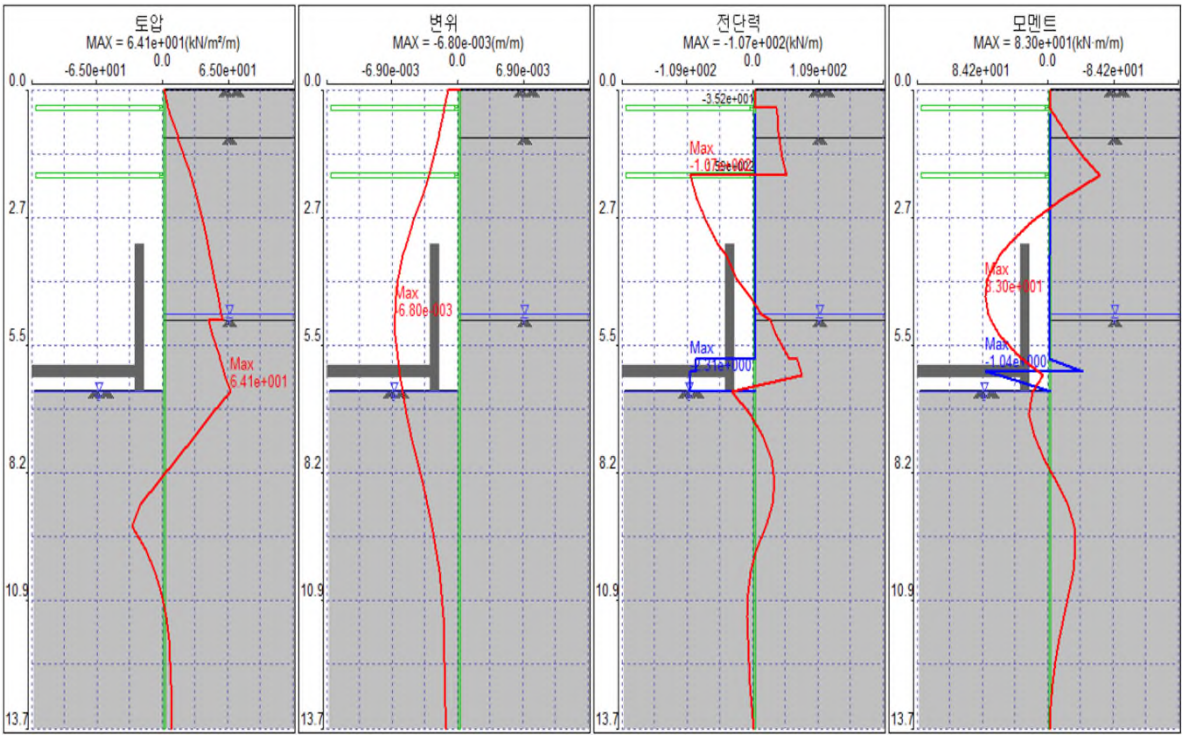
11) 시공 11 단계 [CS11 : 해체2]



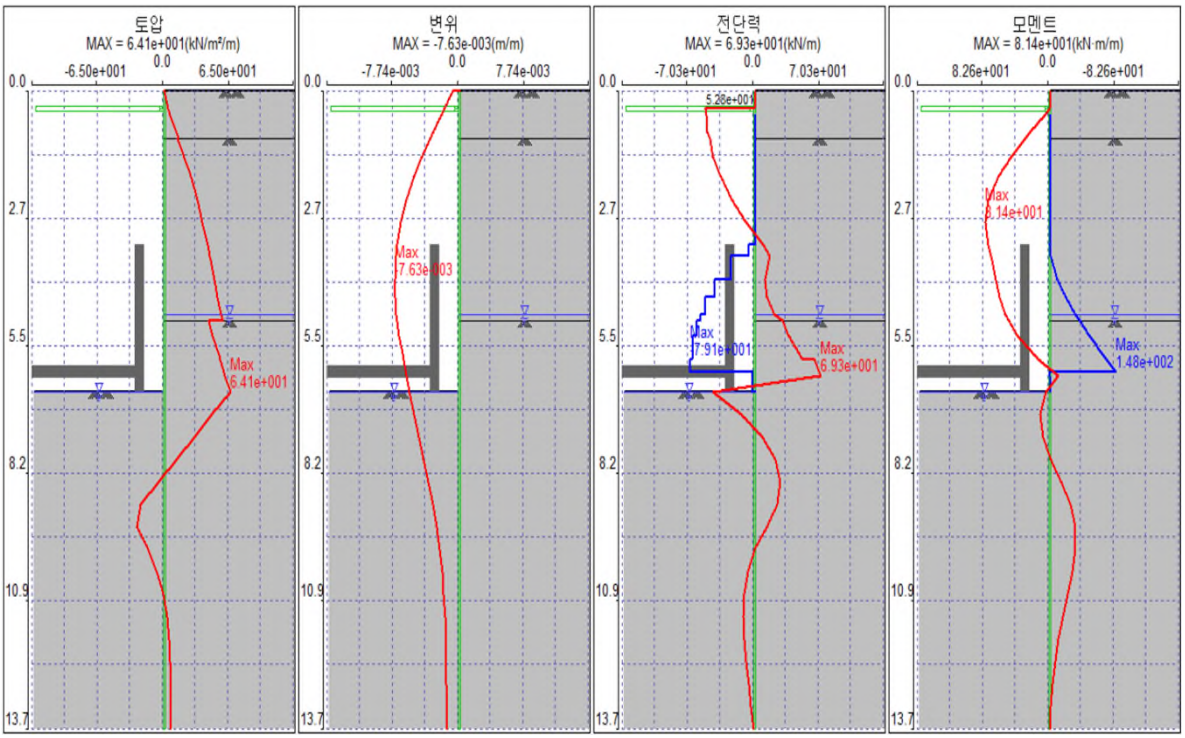
12) 시공 12 단계 [CS12 : 해체3]



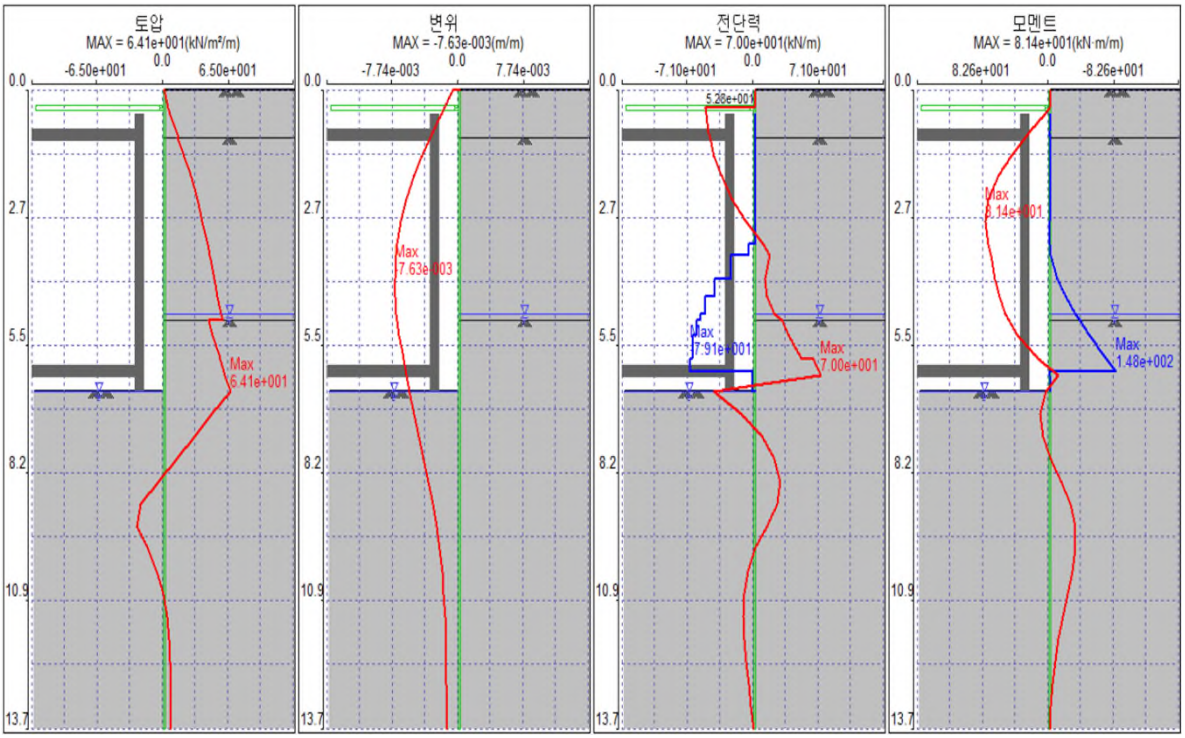
13) 시공 13 단계 [CS13 : 해체4]



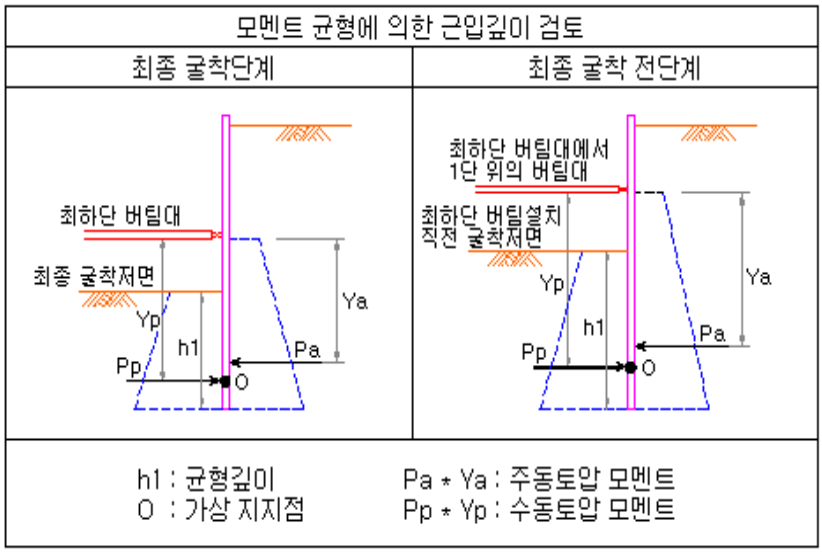
14) 시공 14 단계 [CS14 : 해체5]



15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	3.176	7.200	4359.706	7796.065	1.788	1.200	OK
최종 굴착 전단계	3.139	7.925	5926.090	11730.700	1.980	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.245 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 68.828 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.644 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 809.426 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.331 m

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

Ma = (68.828 x 0.644) + (809.426 x 5.331) = 4359.706 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1293.724 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.026 m

Mp = (Pp x Yp) = (1293.724 x 6.026) = 7796.065 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7796.065 / 4359.706 = 1.788

S.F. = 1.788 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.545 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 110.754 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.114 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 852.661 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.805 m

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

Ma = (110.754 x 1.114) + (852.661 x 6.805) = 5926.09 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1567.383 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.484 m

Mp = (Pp x Yp) = (1567.383 x 7.484) = 11730.7 kN · m

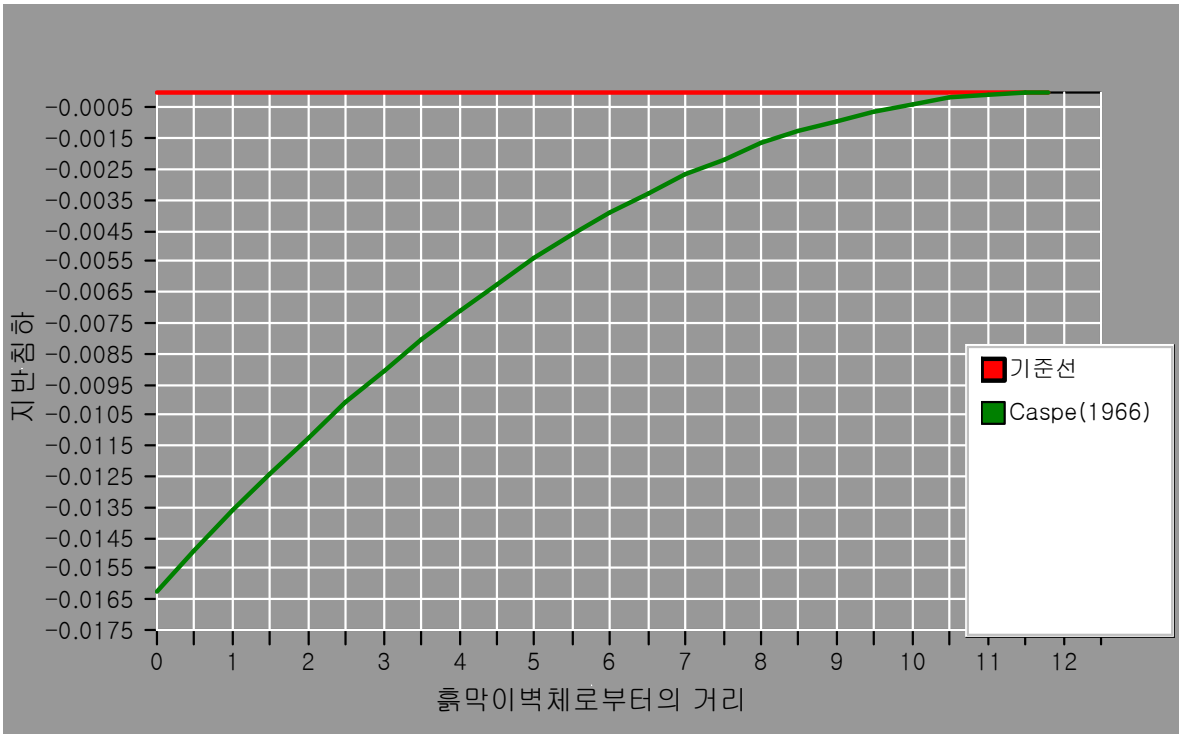
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11730.7 / 5926.09 = 1.98

S.F. = 1.98 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.048 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 6.47 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 29.331 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 29.331/2) = 13.671 m

Ht = Hp + Hw = 13.671 + 6.47 = 20.141 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 20.141 x tan(45-29.331/2) = 11.786 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.048 / 11.786 = -0.016 m

6) 거리별 침하량 (Si)

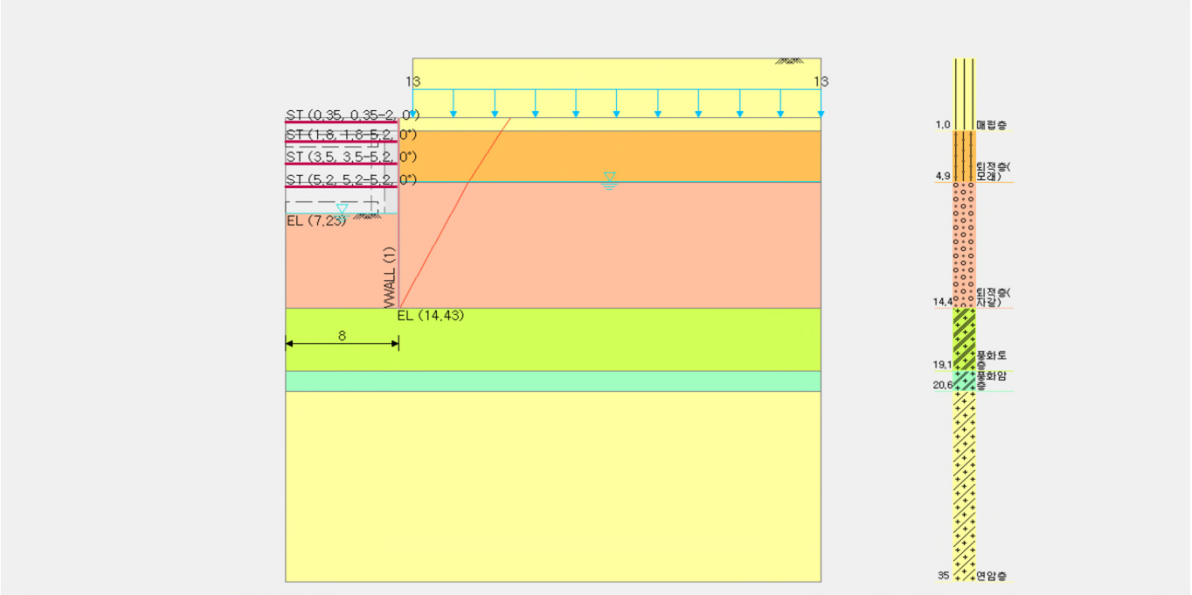
Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.016 x ((11.786 - Xi) / 11.786)^2

14. Ramp-D. 0+330~0+340(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 14.43m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.35, 0.35-2, 0°)
ST (1.8, 1.8-5.2, 0°)
ST (3.5, 3.5-5.2, 0°)
ST (5.2, 5.2-5.2, 0°)
EL (7.23)
WALL (1)
EL (14.43)
8
1.0
매립층
4.9
점토층(모래)
14.4
점토층(자갈)
19.1
풍화토
20.6
풍화암
35
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.531	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.35	휨응력	4.584	133.380	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	9.558	101.944	O.K		
		전단응력	1.917	108.000	O.K		
Strut-1 2P 406.4x9	1.80	휨응력	12.091	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	42.114	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.446	106.692	O.K		
Strut-2 2P 406.4x9	3.50	휨응력	12.091	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.886	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.446	106.692	O.K		
Strut-3 2P 406.4x9	5.20	휨응력	12.091	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	43.542	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.446	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.35	휨응력	16.843	182.334	O.K	
		전단응력	11.977	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.80	휨응력	132.437	182.334	O.K	
		전단응력	94.177	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.50	휨응력	146.021	182.334	O.K	
		전단응력	103.837	108.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.20	휨응력	77.691	181.980	O.K	
		전단응력	89.159	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	66.015	179.891	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	49.916	176.848	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 14.43	휨응력	52.055	243.000	O.K	
		전단응력	10.507	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	–	H 700x300x13/24	수평간격 : 2.00	m
		P 406.4x9	수평간격 : 5.20	m
		P 406.4x9	수평간격 : 5.20	m
		P 406.4x9	수평간격 : 5.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	5.20m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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	
		$14.6<\ell/r\le73.0$ $345-2.58(\ell/r-14.6)$	$13.4<\ell/r\le67.1$ $405-3.29(\ell/r-13.4)$	$18.0<\ell/r\le54.2$ $570-6.27(\ell/r-18)$	
		$73 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,100+(\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$	$54.2 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{2,300+(\ell/r)^2}$	
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

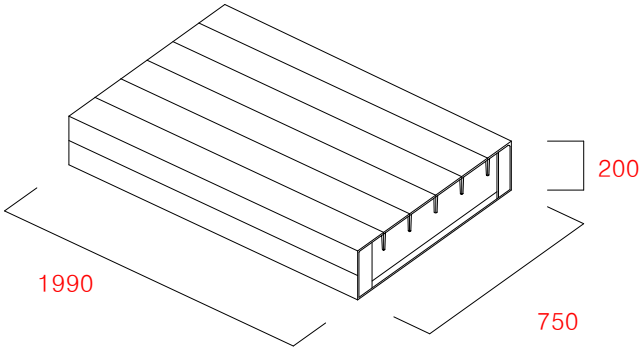
가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

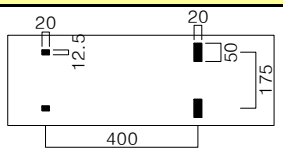
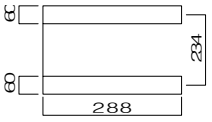
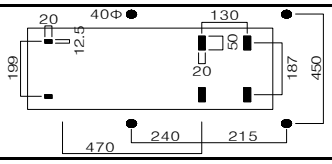
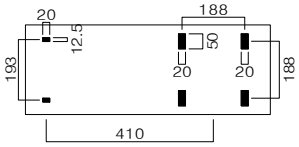
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

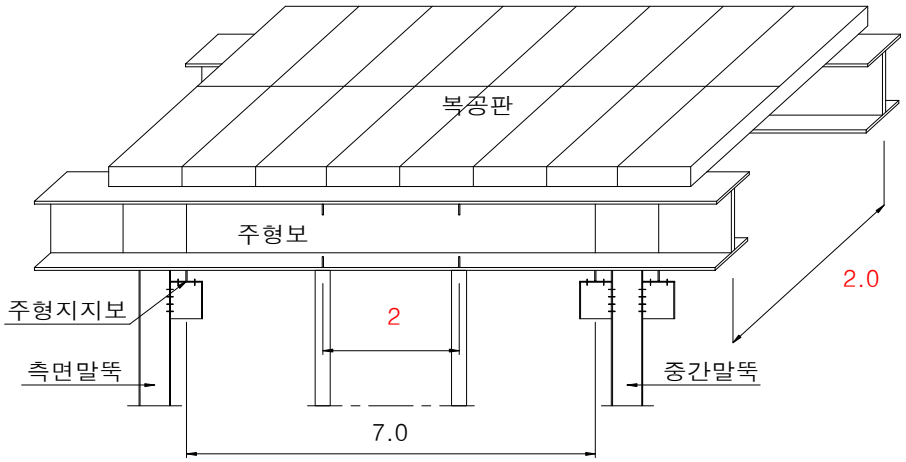
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

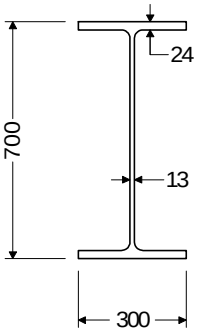
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

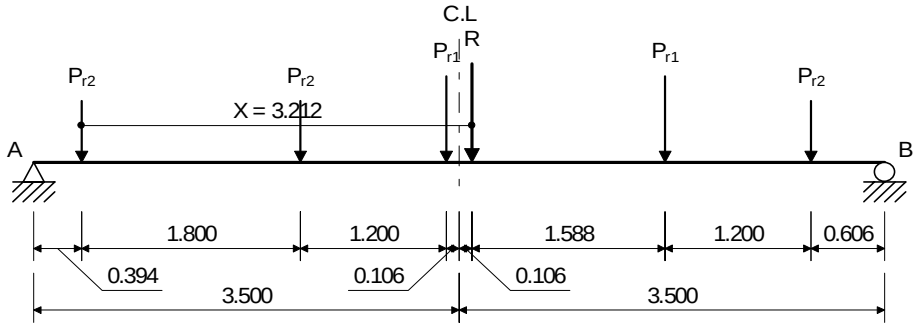
(3) 전륜하중

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

(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

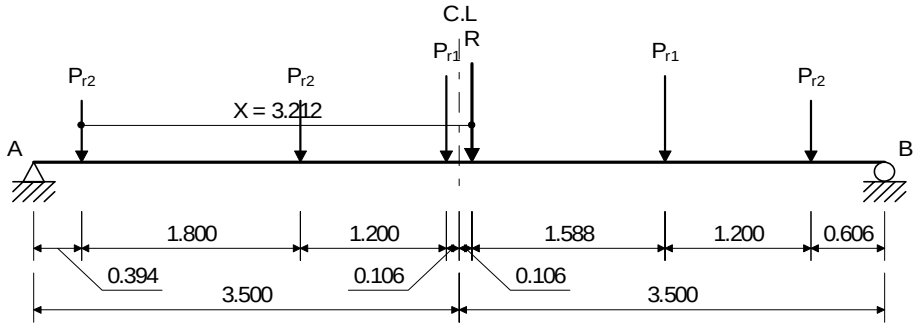
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

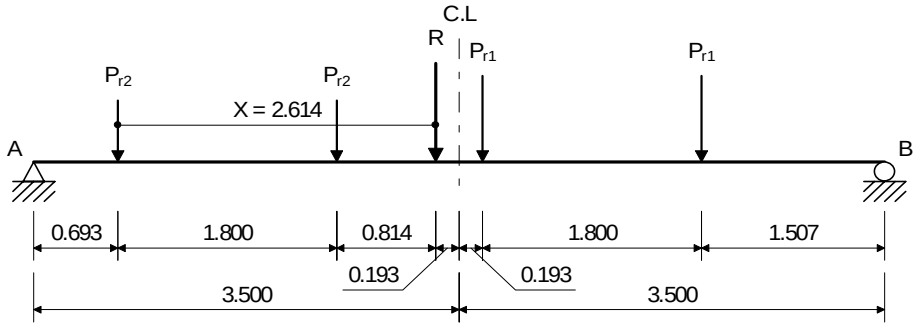
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

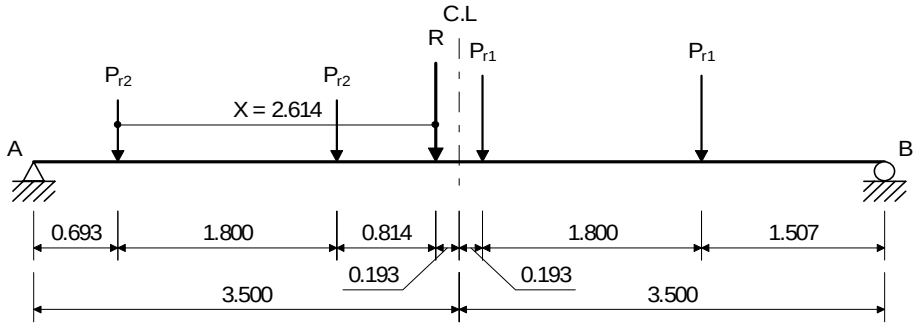


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

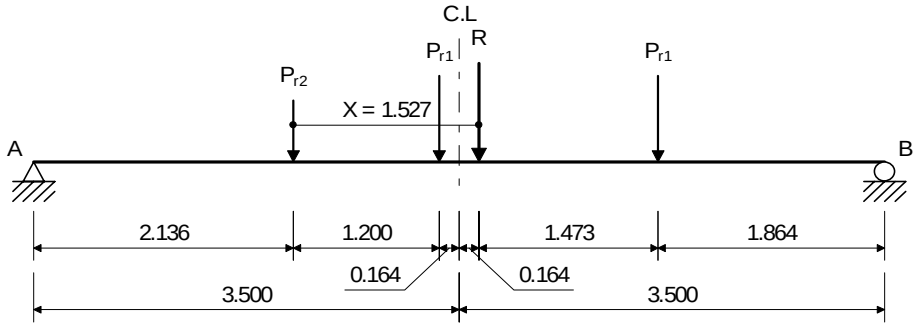
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

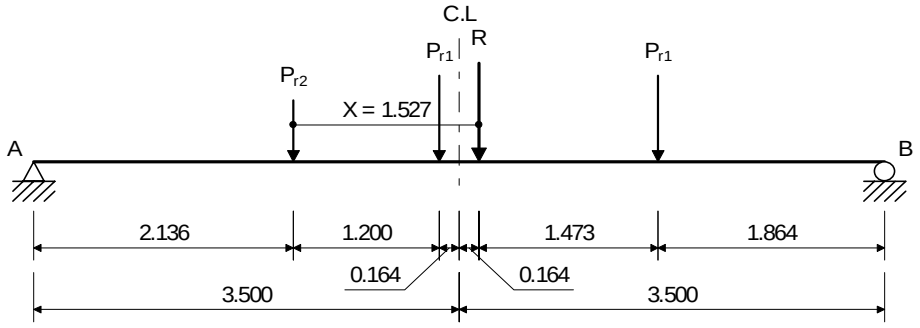


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

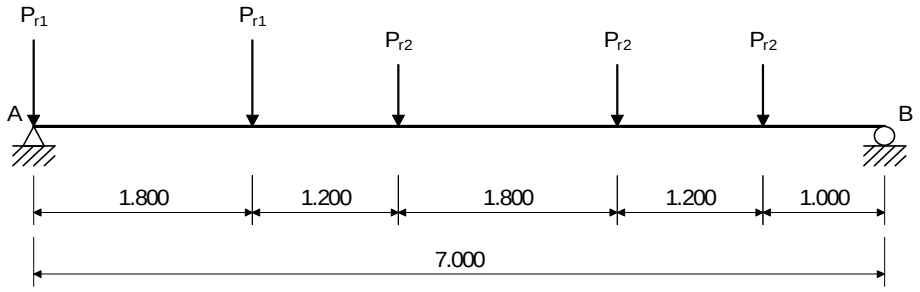


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 479.769 = 514.667 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.667 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

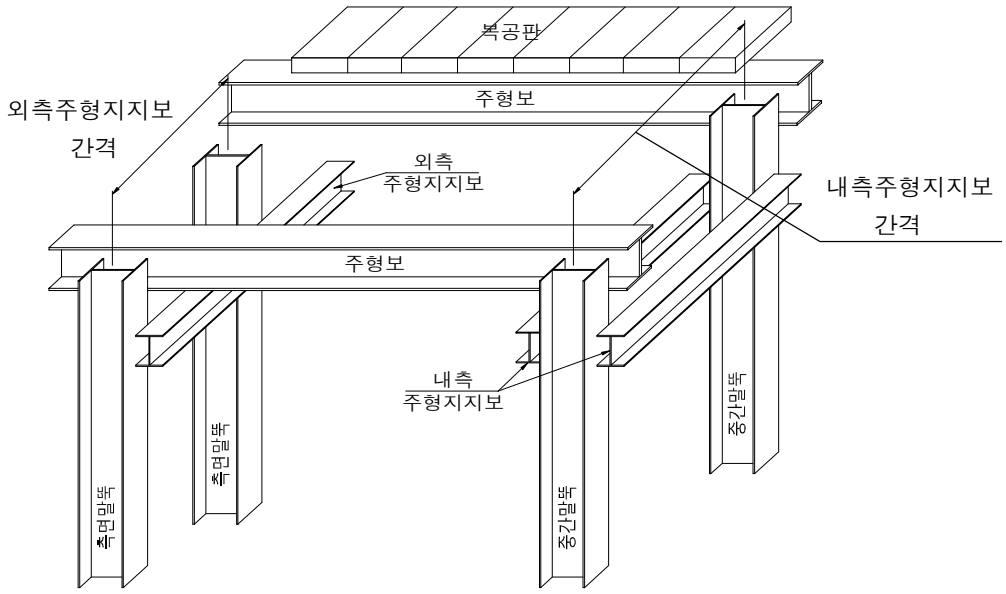
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

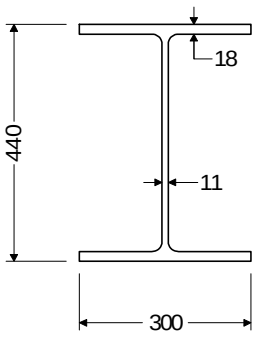
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

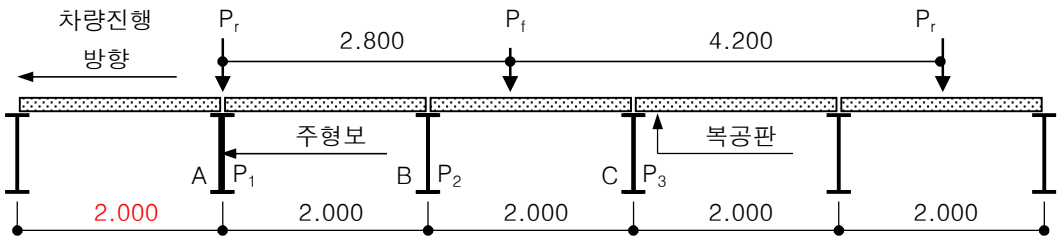


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



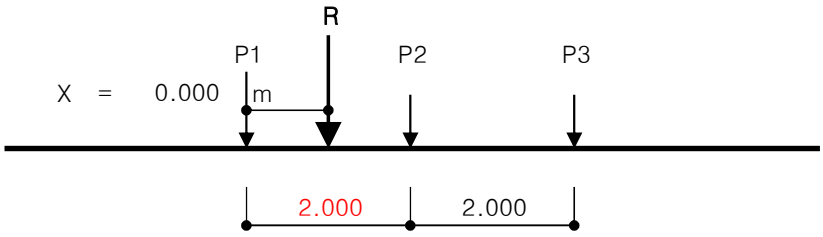
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

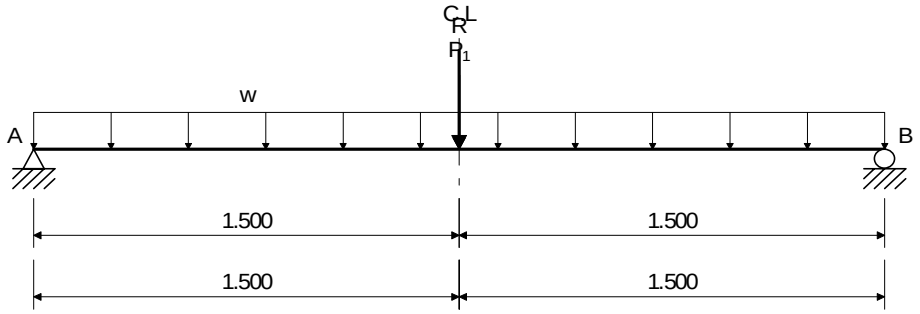


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

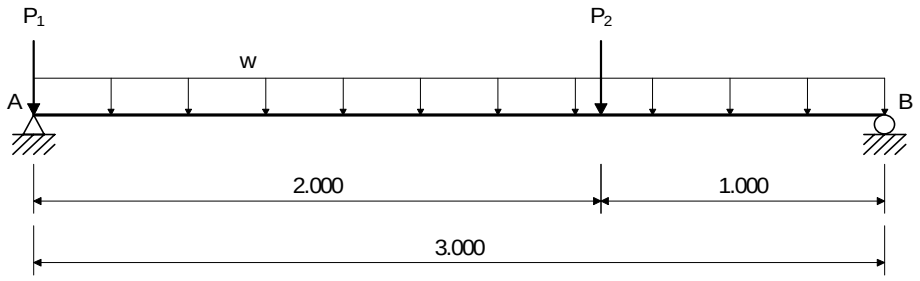
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.009 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.878 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.878 x 1000 / 4444 = 80.531 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.531 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

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

= 357878 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

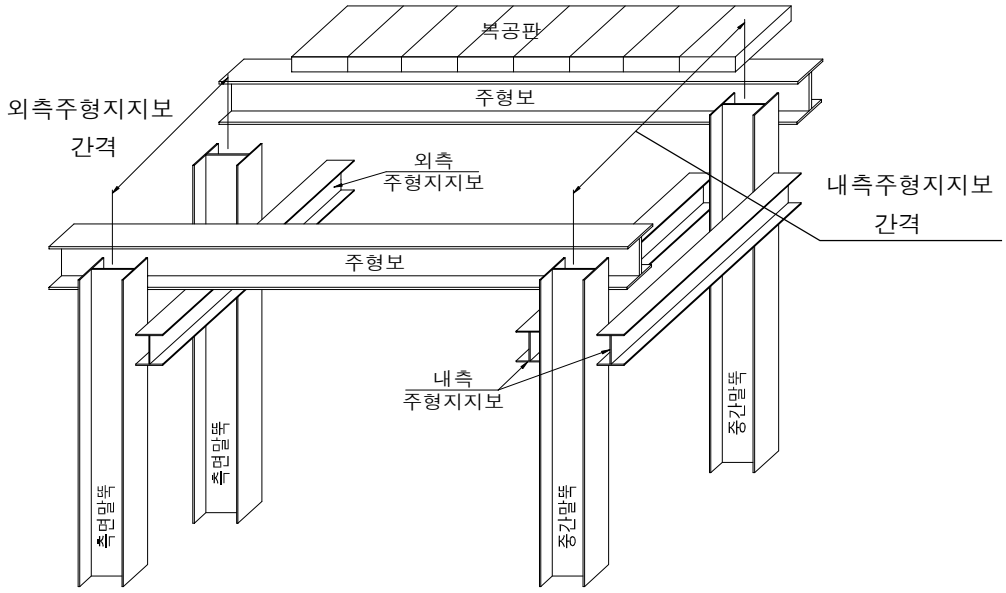
= 4.69 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.69 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

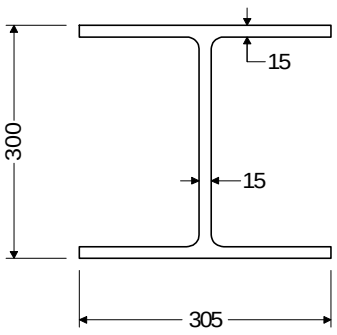
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

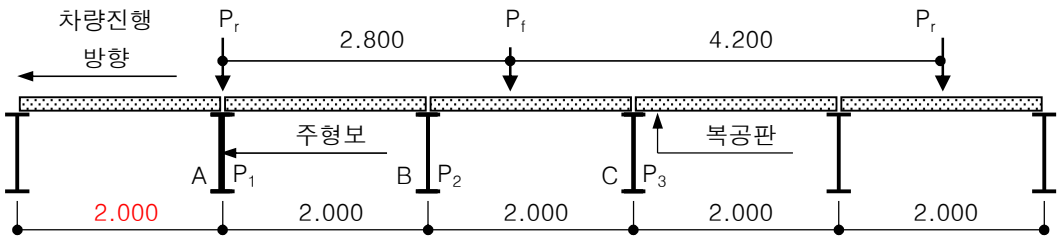


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



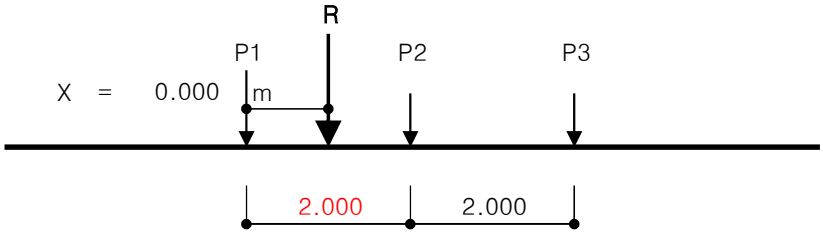
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

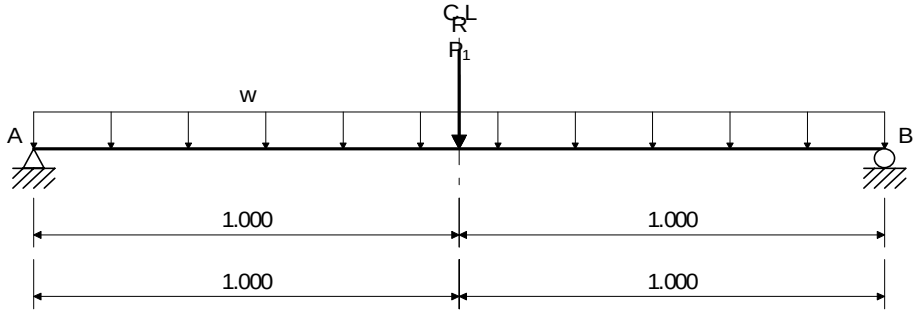


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

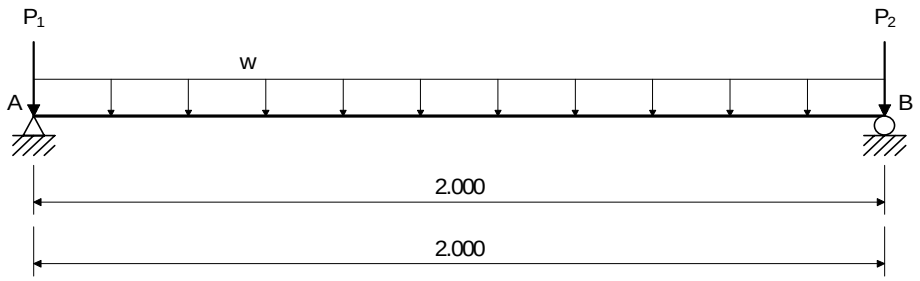
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.009 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.762 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.762 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 334762 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.39 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.39 ea ---> O.K

7.지보재 설계

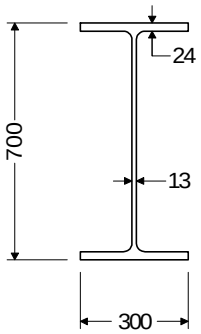
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 52.550 kN/m ---> 주형보 (CS14 : 해체5)
= 52.550 x 2.00 / 1 단
= 105.100 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 105.100 + 120.0 = 225.100 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 5760000.0 = 4.584 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 225.100 x 1000 / 23550 = 9.558 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.250 x 1000 / 8476 = 1.917 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.357

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (14.143 − 4.974) / 14.143

= 0.648

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6500 / 293

22.184 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (22.184 − 20))

= 186.523 MPa

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

= 186.523 MPa

L_y / R_y = 6500 / 67.8

95.870 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 95.870^2)

= 101.944 MPa

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

= 101.944 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 101.944 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6500 / 300

= 21.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.667 − 4.5))

= 133.380 MPa

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

= 133.380 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (22.184)^2

= 3291.725 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 101.944 MPa > f_c = 9.558 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 133.380 MPa > f_b = 4.584 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.917 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{9.558}{101.944} + \frac{4.584}{133.380 \times (1 - (9.558 / 3291.725))}$$

$$= 0.128 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 9.558 + \frac{4.584}{1 - (9.558 / 3291.725)}$$

$$= 14.156 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.128 , 0.075)

= 0.128 < 1.0 ---> O.K

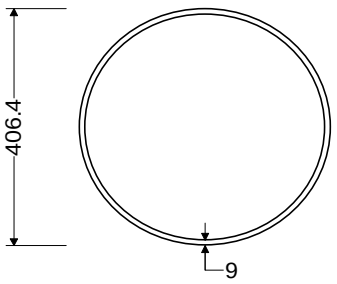
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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 : 5.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 158.924 kN/m ---> Strut-1 (CS13 : 해체4)

= 158.924 x 5.20 / 2 단

= 413.202 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단

= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 413.202 + 60.0 = 473.202 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 2 단
= 13.203 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 2 단
= 8.125 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 13.203 x 1000000 / 1092000.0 = 12.091 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 473.202 x 1000 / 11236.2 = 42.114 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{8.125 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.446 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.045 x 9)
= 21.614 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.045

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (54.205 − 30.023) / 54.205
= 0.446 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5
46.263 ---> 20 < L/R ≤ 93 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))
= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2
= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> r/t ≤ 125 이므로

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 106.692$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 159.217$ MPa > $f_c = 42.114$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa > $f_b = 12.091$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa > $\tau = 1.446$ MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{42.114}{159.217} + \dfrac{12.091}{189.000 \times (1 - (42.114 / 756.904))}$

$= 0.332 < 1.0$ ---> O.K

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

$= 42.114 + \dfrac{12.091}{1 - (42.114 / 756.904)}$

$= 54.917 < f_{cal} = 189.000$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.332 , 0.291)

= 0.332 < 1.0 ---> O.K

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

$= \dfrac{54.205}{159.217} + \left\{ \dfrac{1.446}{106.692} \right\}^2$

$= 0.341 < 1.0$ ---> O.K

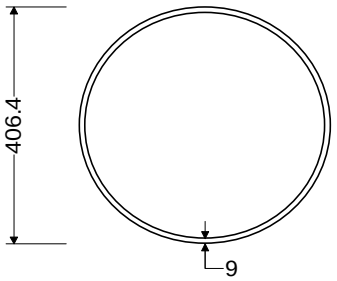
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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 : 5.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 175.225 kN/m ---> Strut-2 (CS12 : 해체3)
= 175.225 x 5.20 / 2 단
= 455.586 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 455.586 + 60.0 = 515.586 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 2 단
= 13.203 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 2 단
= 8.125 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 13.203 x 1000000 / 1092000.0 = 12.091 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 515.586 x 1000 / 11236.2 = 45.886 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.125 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.446 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.042 x 9)

= 21.674 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.042

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (57.977 − 33.795) / 57.977

= 0.417 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 45.886 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 12.091 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 1.446 MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{45.886}{159.217} + \dfrac{12.091}{189.000 \times (1 - (45.886 / 756.904))}$

= 0.356 < 1.0 ---> O.K

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

$$= 45.886 + \frac{12.091}{1 - (45.886 / 756.904)}$$

$$= 58.757 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.356 , 0.311)
= 0.356 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{57.977}{159.217} + \left\{ \frac{1.446}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.364 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

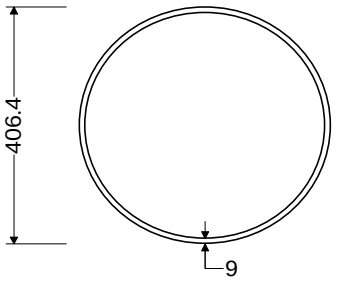
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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 : 5.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 165.093 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.23 m)
= 165.093 x 5.20 / 2 단
= 429.242 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 429.242 + 60.0 = 489.242 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 2 단
= 13.203 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단

= 5.0 x 6.500 / 2 / 2 단

= 8.125 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 13.203 x 1000000 / 1092000.0 = 12.091 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 489.242 x 1000 / 11236.2 = 43.542 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{8.125 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.446 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.043 x 9)

= 21.637 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.043

Φ = (f_1 - f_2) / f_1 = (55.632 - 31.451) / 55.632

= 0.435 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (46.263 - 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> r/t ≤ 125 이므로

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 106.692$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 159.217$ MPa > $f_c = 43.542$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa > $f_b = 12.091$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa > $\tau = 1.446$ MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{43.542}{159.217} + \dfrac{12.091}{189.000 \times (1 - (43.542 / 756.904))}$

$= 0.341 < 1.0$ ---> O.K

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

$= 43.542 + \dfrac{12.091}{1 - (43.542 / 756.904)}$

$= 56.370 < f_{cal} = 189.000$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.341 , 0.298)

$= 0.341 < 1.0$ ---> O.K

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

$= \dfrac{55.632}{159.217} + \left\{ \dfrac{1.446}{106.692} \right\}^2$

$= 0.350 < 1.0$ ---> O.K

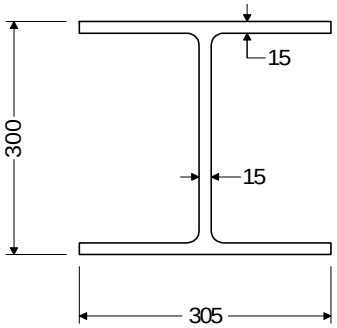
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

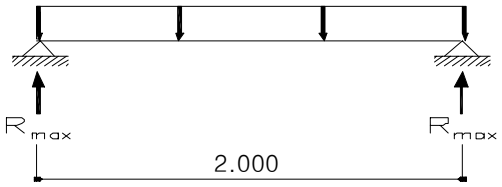
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 52.550 kN/m ---> 주형보 (CS14 : 해체5)

P = 52.550 × 2.00 m / 1 ea = 105.100 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 105.100 / (13 × 2.000)
= 48.508 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 48.508 × 2.000^2 / 8
= 24.254 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 48.508 × 2.000 / 2
= 48.508 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 24.254 x 1000000 / 1440000.0 = 16.843 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 48.508 x 1000 / 4050 = 11.977 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (16.843 + 16.843) / 16.843

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 16.843 MPa ---> O.K

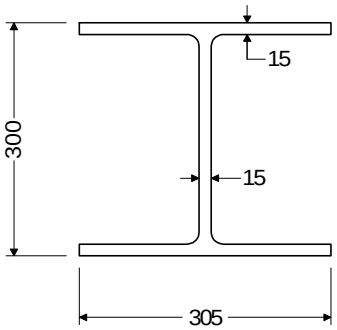
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 11.977 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

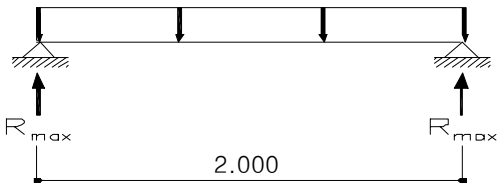
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 158.924 kN/m ---> Strut-1 (CS13 : 해체4)

$P = 158.924 \times 5.20\ m / 1\ ea = 826.404\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 826.404 / (13 \times 2.000)$
$= 381.417\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 381.417 \times 2.000^2 / 8$
$= 190.709\ kN\cdot m$

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 381.417 \times 2.000 / 2$
$= 381.417\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 190.709 \times 1000000 / 1440000.0 = 132.437$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 381.417 \times 1000 / 4050 = 94.177$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (132.437 + 132.437) / 132.437$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 182.334$ MPa > $f_b = 132.437$ MPa ---> O.K

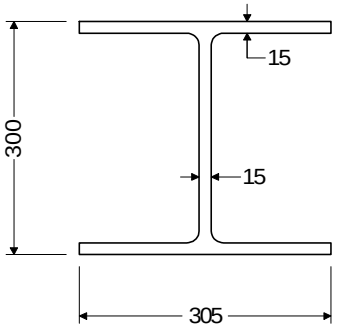
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 94.177$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

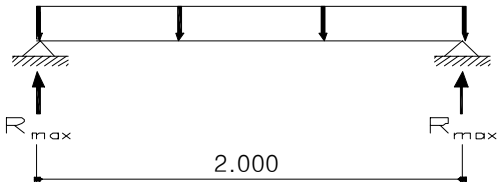
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 175.225 kN/m ---> Strut-2 (CS12 : 해체3)

P = 175.225 × 5.20 m / 1 ea = 911.172 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 911.172 / (13 × 2.000)
= 420.541 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 420.541 × 2.000^2 / 8
= 210.270 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 420.541 × 2.000 / 2
= 420.541 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 210.270 x 1000000 / 1440000.0 = 146.021 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 420.541 x 1000 / 4050 = 103.837 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (146.021 + 146.021) / 146.021

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 146.021 MPa ---> O.K

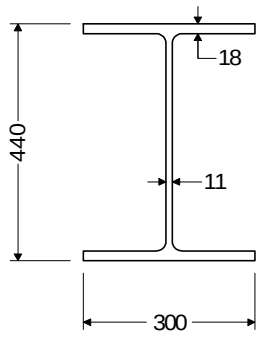
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 103.837 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

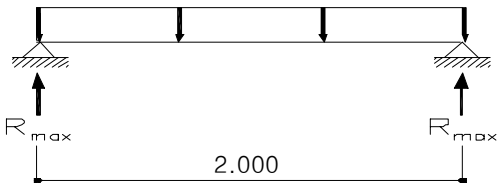
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 165.093 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.23 m)

P = 165.093 × 5.20 m / 1 ea = 858.485 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 858.485 / (13 × 2.000)
= 396.224 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 396.224 × 2.000 ^{2} / 8
= 198.112 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 396.224 × 2.000 / 2
= 396.224 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 198.112 x 1000000 / 2550000.0 = 77.691 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 396.224 x 1000 / 4444 = 89.159 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (77.691 + 77.691) / 77.691
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300
= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))
= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 77.691 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 89.159 MPa ---> O.K

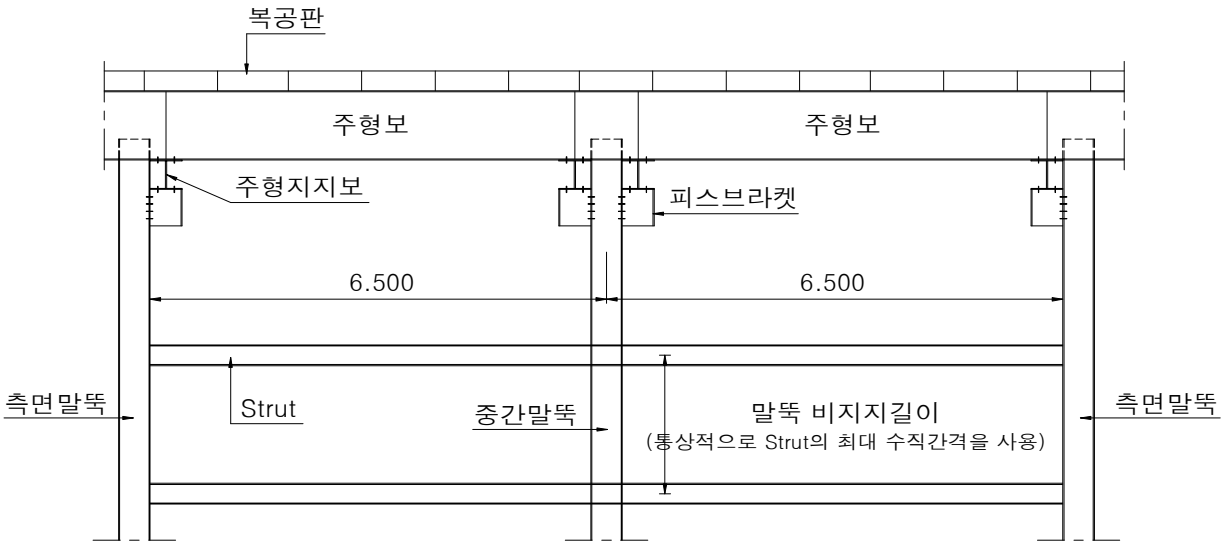
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.500 + 6.500 = 13.000 m

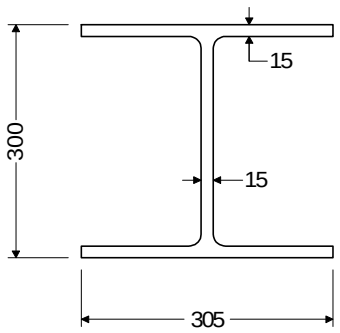
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 15.300 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 51.597 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 4.905 kN

ΣP_s = 76.582 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 6.500) / 2 = 18.517 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 6.500) / 2 = 18.517 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.500)

= 0.323 > 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

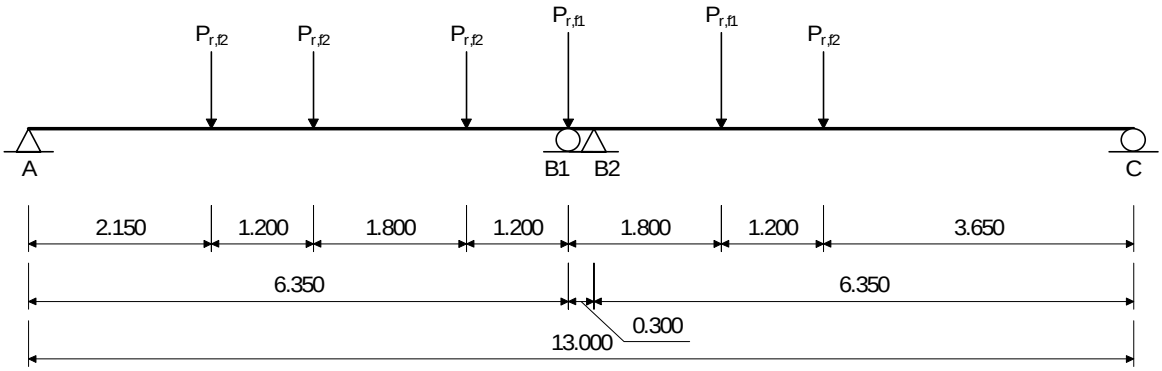
(2) 전륜하중

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 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 + 93.600 x 2.150) / 6.350

= 281.783 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.850 + 93.600 x 3.650) / 6.350

= 149.121 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 281.783 x 1.00 = 281.783 kN

P_{r2} = 149.121 x 1.00 = 149.121 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 23.400 x 2.150) / 6.350

= 70.446 kN

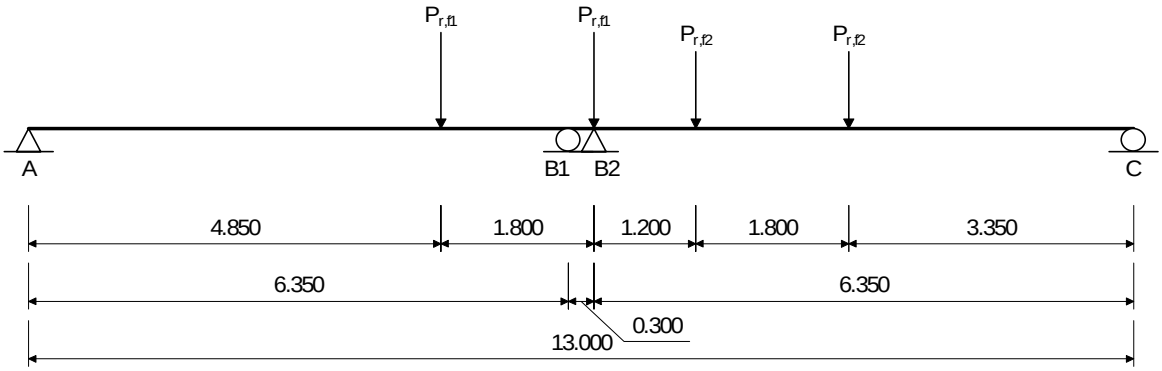
R_{B2} = (31.200 x 4.850 + 23.400 x 3.650) / 6.350

= 37.280 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 70.446 x 1.00 = 70.446 kN

P_{f2} = 37.280 x 1.00 = 37.280 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.850) / 6.350

= 95.320 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 6.350

= 250.091 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 95.320 x 1.00 = 95.320 kN

P_{r2} = 250.091 x 1.00 = 250.091 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.850) / 6.350

= 23.830 kN

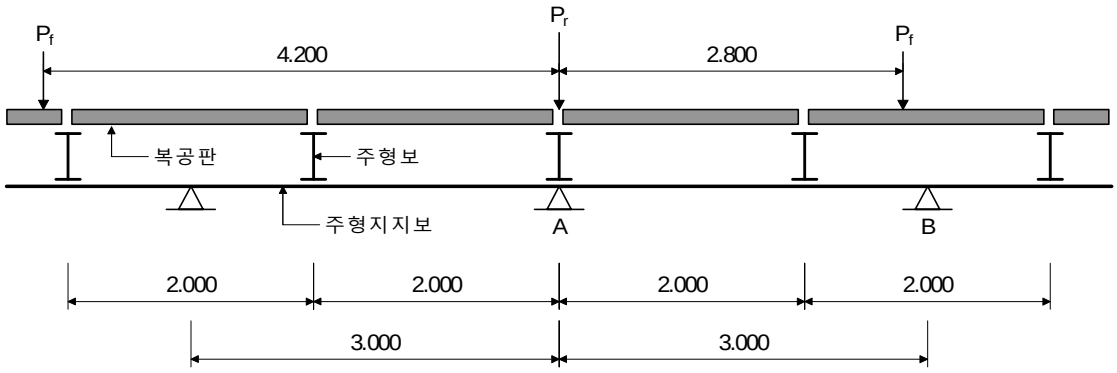
R_{B2} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 6.350

= 62.523 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.830 x 1.00 = 23.830 kN

P_{f2} = 62.523 x 1.00 = 62.523 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (281.783 x 3.000 + 70.446 x 0.200) / 3.000

= 286.479 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

= 286.479 + 18.517 x 3.00 / 2.00 = 314.255 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (250.091 x 3.000 + 62.523 x 0.200) / 3.000

= 254.260 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

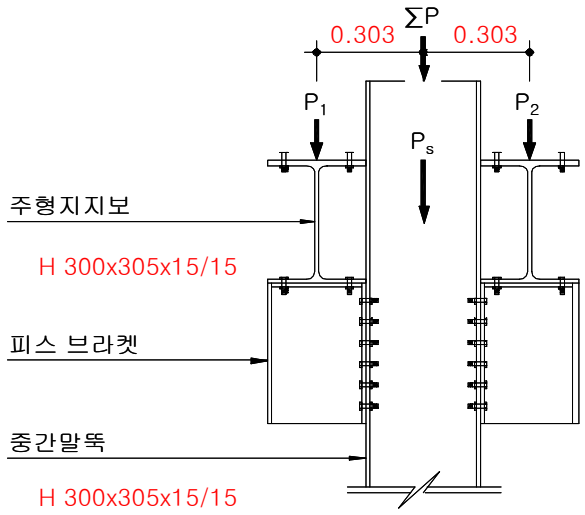
= 254.260 + 18.517 x 3.00 / 2.00 = 282.035 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 314.255 + 282.035 + 76.582 = 672.872 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 672.872 x 1000 / 13480 = 49.916 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 95.062 x 1000000 / 1440000 = 66.015 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 314.255 x 0.303 = 95.062 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.991

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (115.932 − −16.099) / 115.932

= 1.139

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 2230 / 126

17.698 ---> Lx/Rx ≤ 20 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

L_y / R_y = 2230 / 72.6

30.716 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (30.716 − 20))

= 176.848 MPa

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

= 176.848 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 176.848 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2230 / 305

= 7.311 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (7.311 − 4.5))

= 179.891 MPa

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

= 179.891 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (17.698)^2

= 5171.855 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 176.848 MPa > f_c = 49.916 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 179.891 MPa > f_b = 66.015 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{49.916}{176.848} + \frac{66.015}{179.891 \times (1 - (49.916 / 5171.855))}$$

$$= 0.653 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 49.916 + \frac{66.015}{1 - (49.916 / 5171.855)}$$

$$= 116.575 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.653 , 0.617)

= 0.653 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 672.87 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)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	33.15	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	14.420	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 33 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 230.057 tonf

= 2256.08 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2256.08 / 2.0

= 1128.042 kN

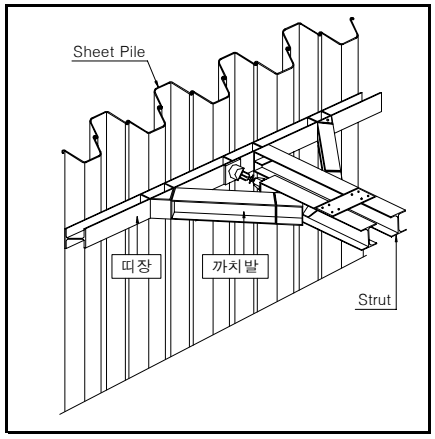
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 14.43m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
I_x(mm^4)	386000000.0
Z_x(mm^3)	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 118.164 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS10 : 해체1)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 118.164 (kN·m/m) × 1.00 m = 118.164 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 138.480 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS9 : 굴착 7.23 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 138.480 (kN/m) × 1.00 m = 138.480 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{118.164 \times 10^6}{2270000.00} = 52.055 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{138.480 \times 10^3}{13180.00} = 10.507 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 7.23 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	1.03	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.87	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	14.35	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	19.13	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	20.62	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	14.43	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.35	2	6.5	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.8	5.2	6.5	50	2
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.5	5.2	6.5	50	2
4	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.2	5.2	6.5	50	2

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	1.74	0	6.55	C27	0.9	-
2	기초	6.78	0	6.55	C27	0.9	-
3	벽체	6.55	1.28	7.23	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 7.23 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.85	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.30	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.00	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	5.70	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.23	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	-	-	6.36	-	-	-	X	X
11	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
12	-	-	-	4.1	-	-	-	X	X
13	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
14	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
15	-	-	-	1.28	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.85 m	0.85	8.10	4.9	-3.99	3.5	1.17	4.1	-4.99	5.7
CS2 : 생성 주형보	0.85	8.10	4.9	-3.96	3.5	1.17	4.1	-5.00	5.7
CS3 : 굴착 2.3 m	2.30	18.56	3.5	-29.62	0.4	33.11	2.3	-14.59	6.0
CS4 : 생성 Strut-1	2.30	15.20	4.9	-24.03	0.4	26.99	2.3	-13.08	6.0
CS5 : 굴착 4 m	4.00	46.06	4.9	-66.59	1.8	55.73	3.5	-22.90	6.8
CS6 : 생성 Strut-2	4.00	42.65	4.9	-60.45	1.8	48.68	3.5	-21.09	6.8
CS7 : 굴착 5.7 m	5.70	49.56	7.2	-107.13	3.5	77.56	5.7	-34.96	9.1
CS8 : 생성 Strut-3	5.70	47.06	7.2	-100.10	3.5	71.68	5.7	-32.97	9.1
CS9 : 굴착 7.23 m	7.23	66.34	9.6	-138.48	5.2	118.13	7.2	-52.42	11.0
CS10 : 해체1	7.23	66.35	9.6	-138.45	5.2	118.16	7.2	-52.42	11.0
CS11 : 해체2	7.23	55.78	9.6	-131.57	3.5	83.15	6.0	-71.78	3.5
CS12 : 해체3	7.23	55.78	9.6	-131.57	3.5	83.15	6.0	-71.78	3.5
CS13 : 해체4	7.23	62.35	1.8	-96.58	1.8	63.96	5.7	-76.05	1.8
CS14 : 해체5	7.23	52.41	4.1	-52.56	0.4	82.89	2.7	-47.06	11.0
CS15 : 해체6	7.23	52.37	4.1	-52.54	0.4	82.86	2.7	-47.01	11.0
TOTAL		66.35	9.6	-138.48	5.2	118.16	7.2	-76.05	1.8

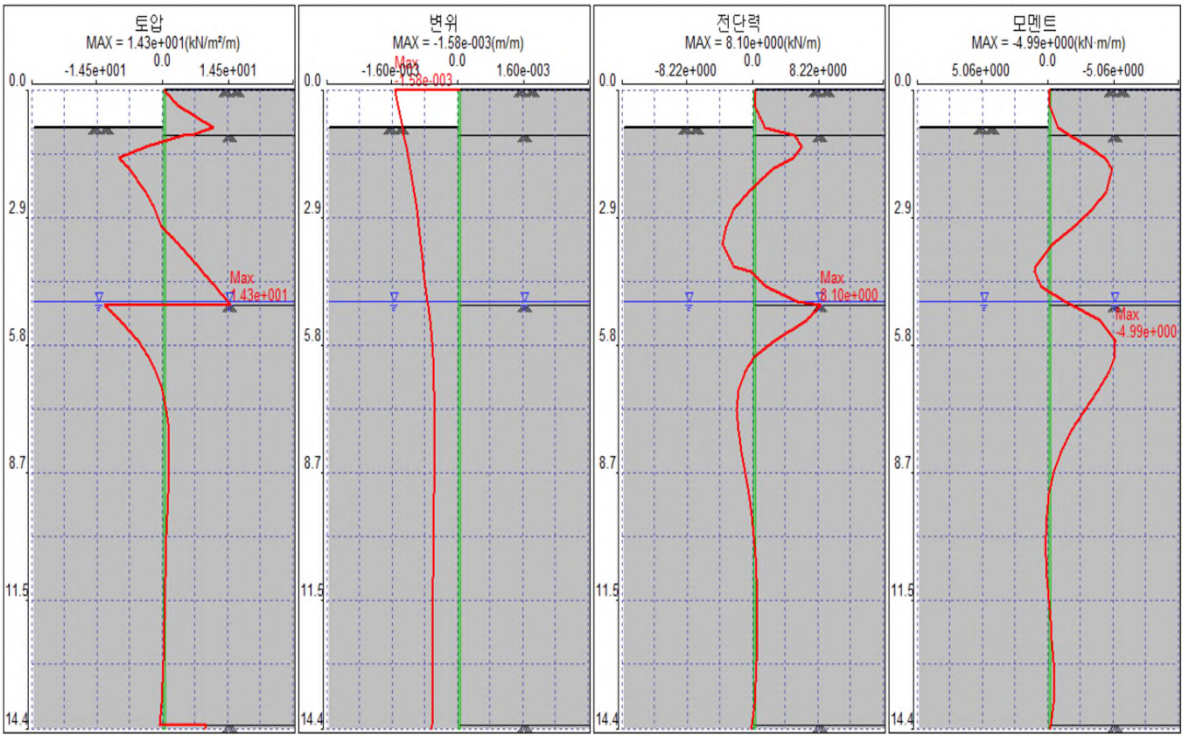
12.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

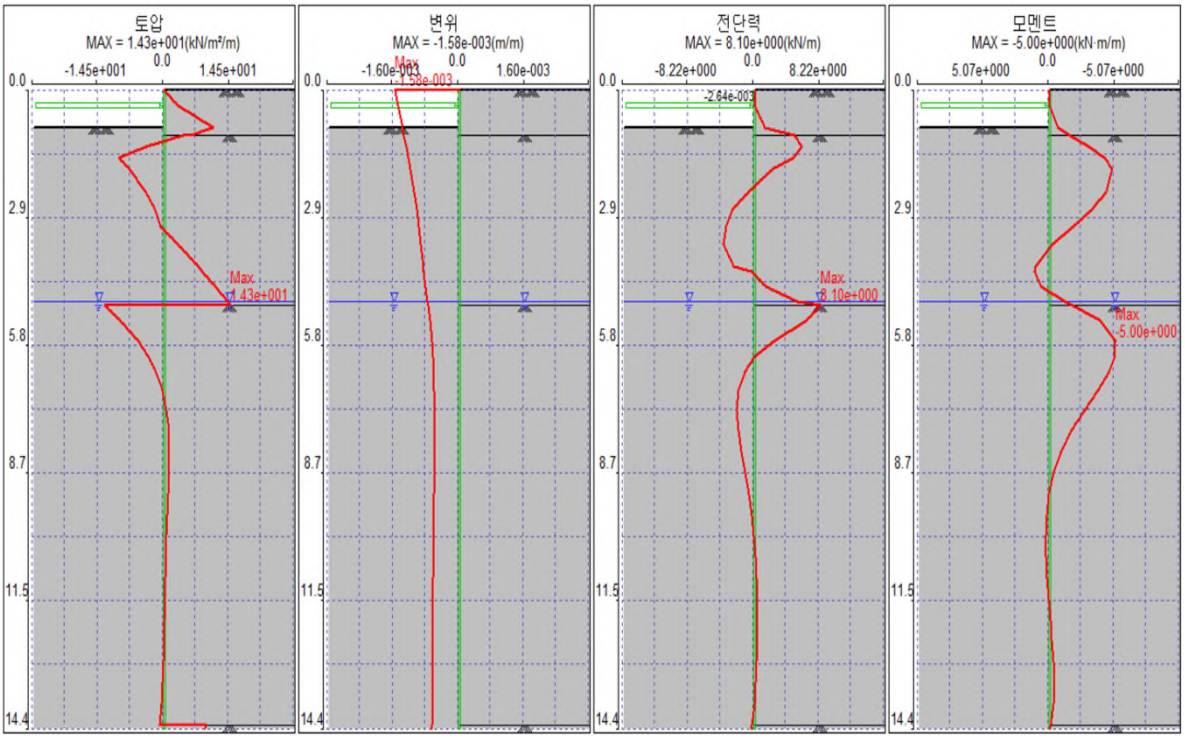
시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	
		0.35 (m)	1.8 (m)	3.5 (m)	5.2 (m)	
CS1 : 굴착 0.85 m	0.85	-	-	-	-	
CS2 : 생성 주형보	0.85	0.00	-	-	-	
CS3 : 굴착 2.3 m	2.30	29.60	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-1	2.30	24.00	9.62	-	-	
CS5 : 굴착 4 m	4.00	3.30	80.84	-	-	
CS6 : 생성 Strut-2	4.00	5.65	72.36	9.62	-	
CS7 : 굴착 5.7 m	5.70	-11.13	62.24	127.84	-	
CS8 : 생성 Strut-3	5.70	-9.91	62.79	119.04	9.62	
CS9 : 굴착 7.23 m	7.23	-8.76	43.02	95.41	165.09	
CS10 : 해체1	7.23	-8.76	43.02	95.41	165.07	
CS11 : 해체2	7.23	-18.98	47.16	175.22	-	
CS12 : 해체3	7.23	-18.98	47.16	175.23	-	
CS13 : 해체4	7.23	-44.81	158.92	-	-	
CS14 : 해체5	7.23	52.55	-	-	-	
CS15 : 해체6	7.23	52.53	-	-	-	
TOTAL		52.55	158.92	175.23	165.09	

12.2 시공단계별 단면력도

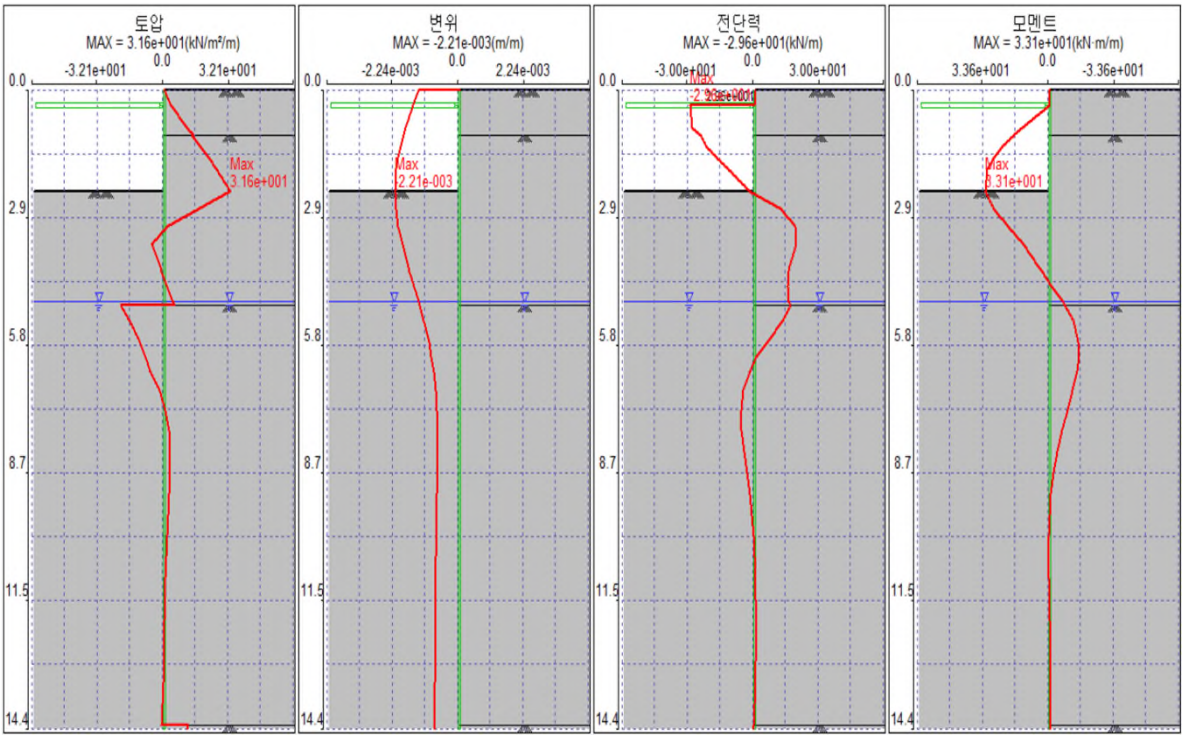
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.85 m]



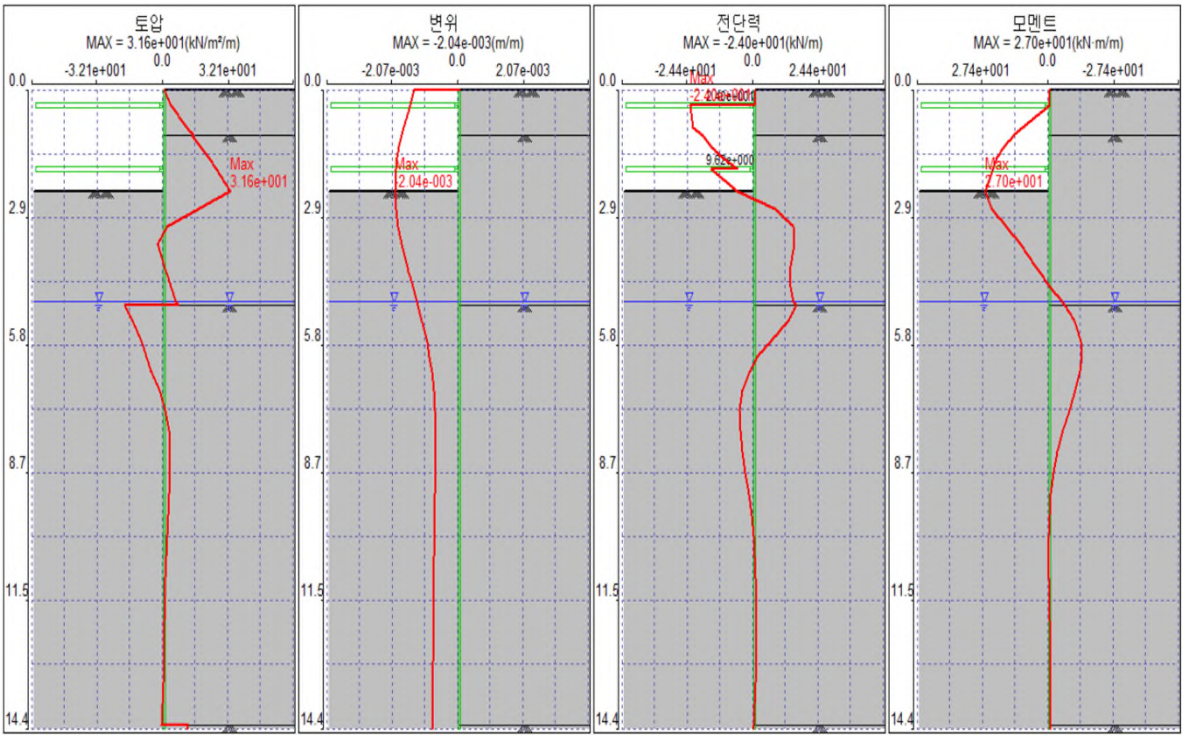
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



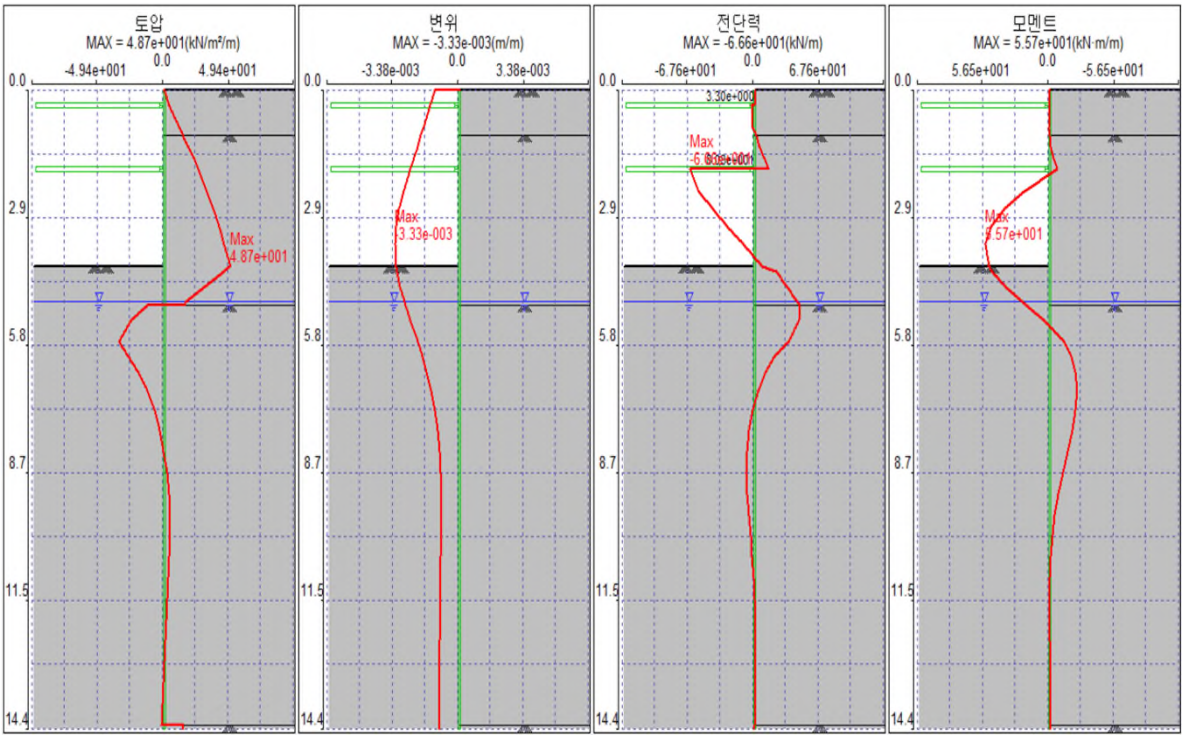
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.3 m]



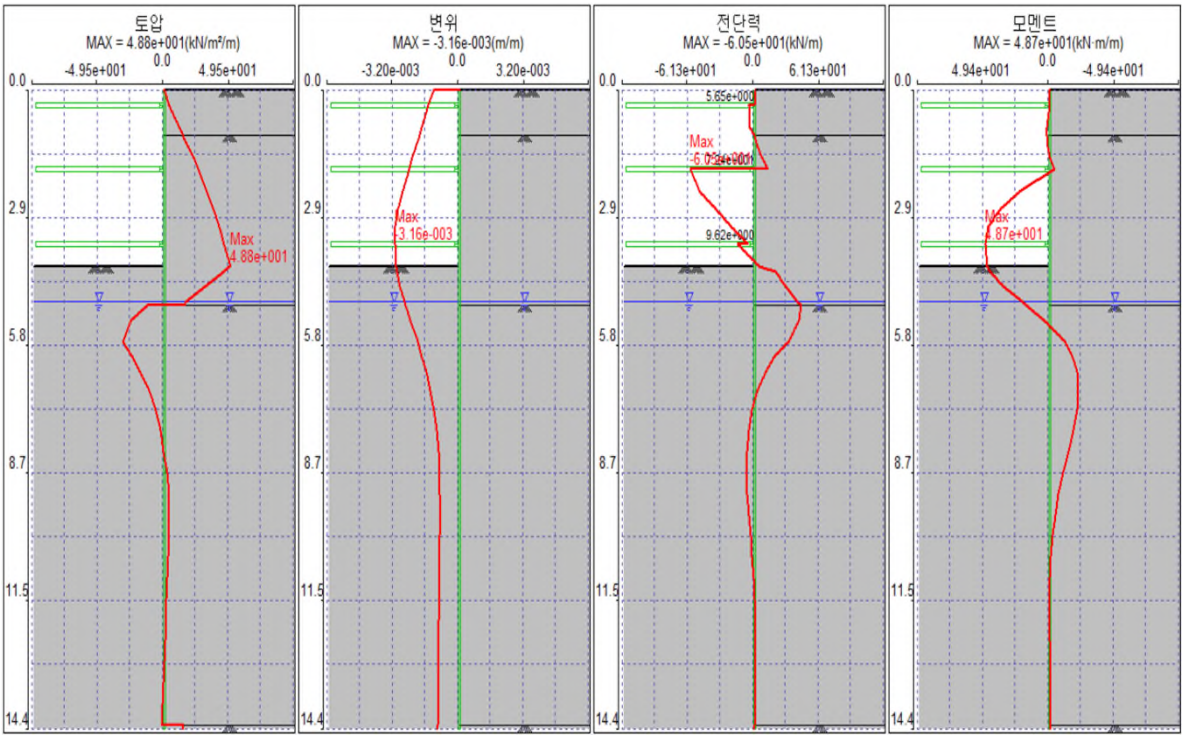
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



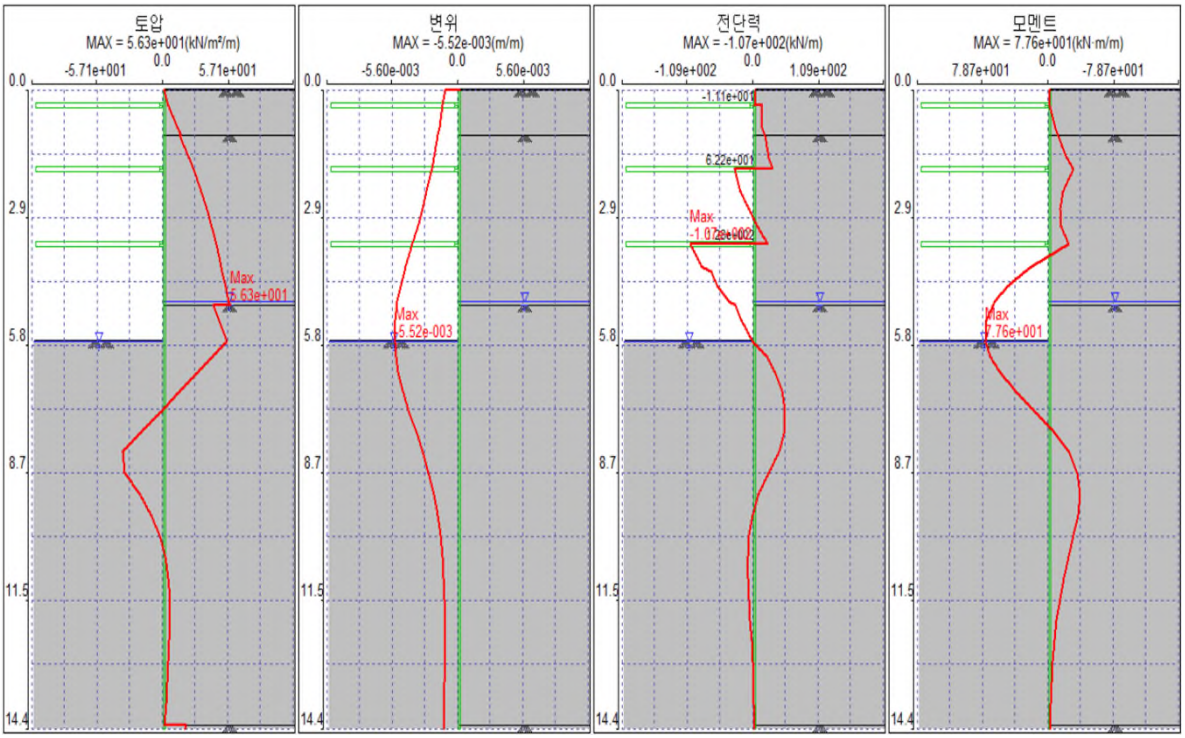
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4 m]



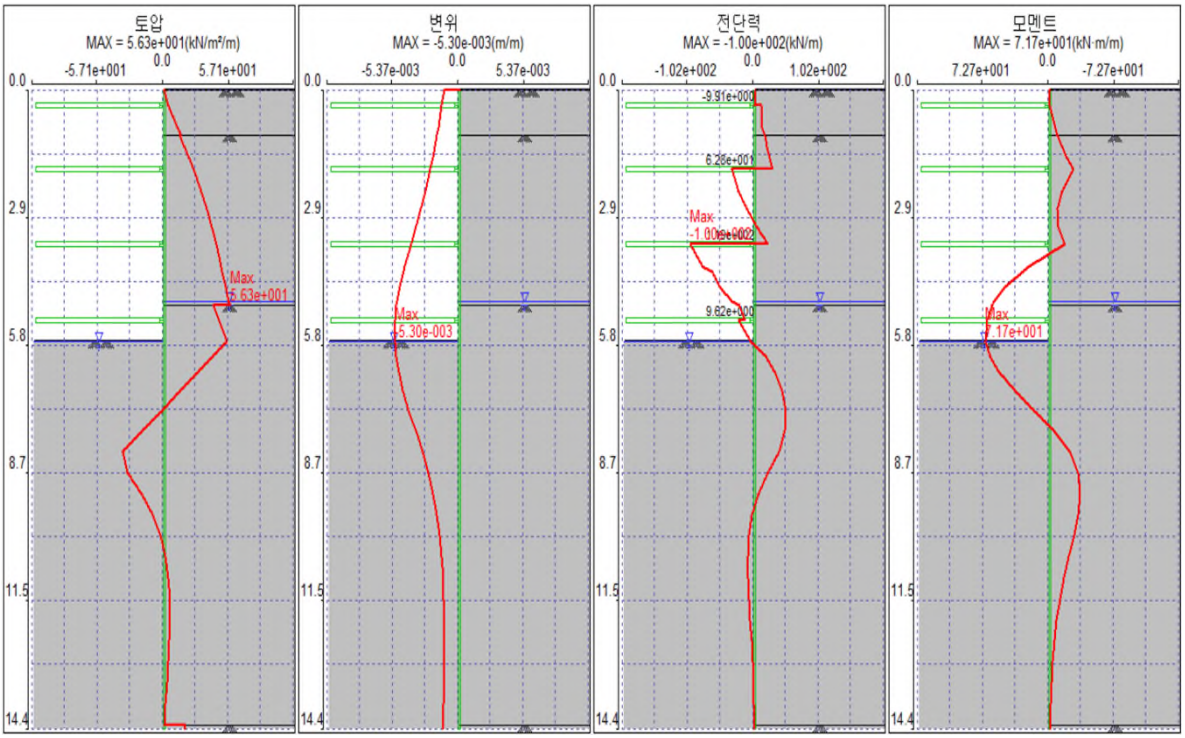
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



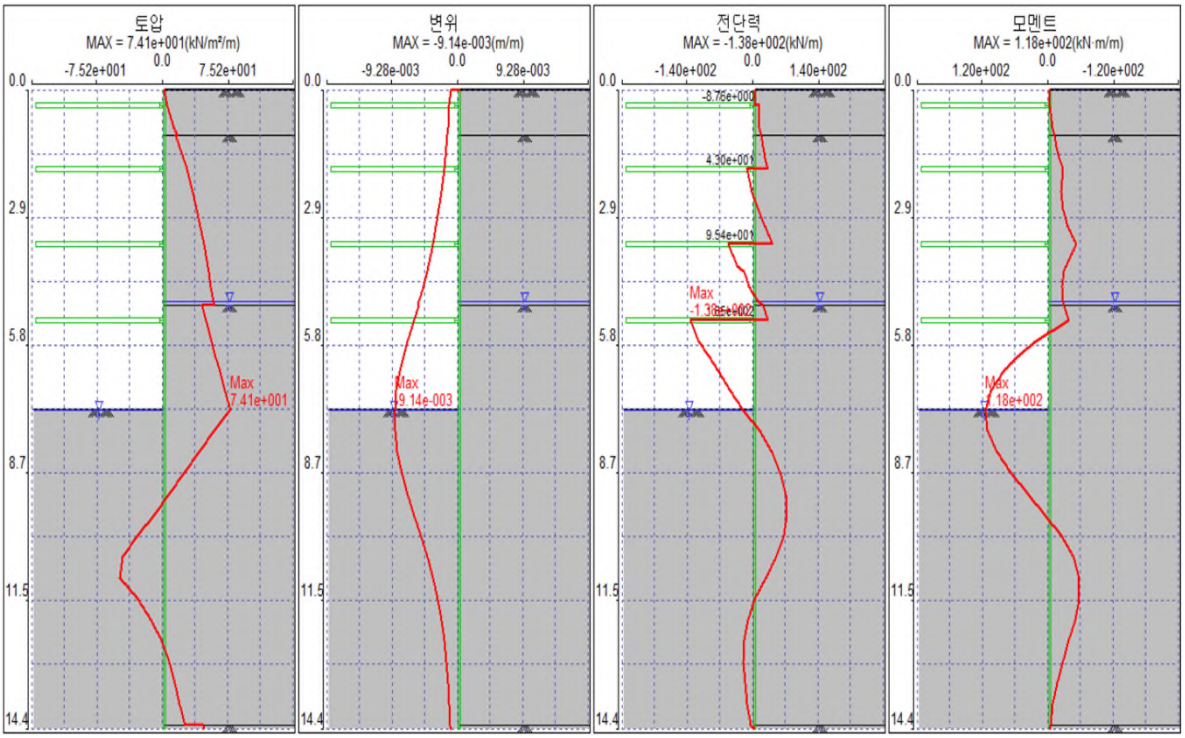
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.7 m]



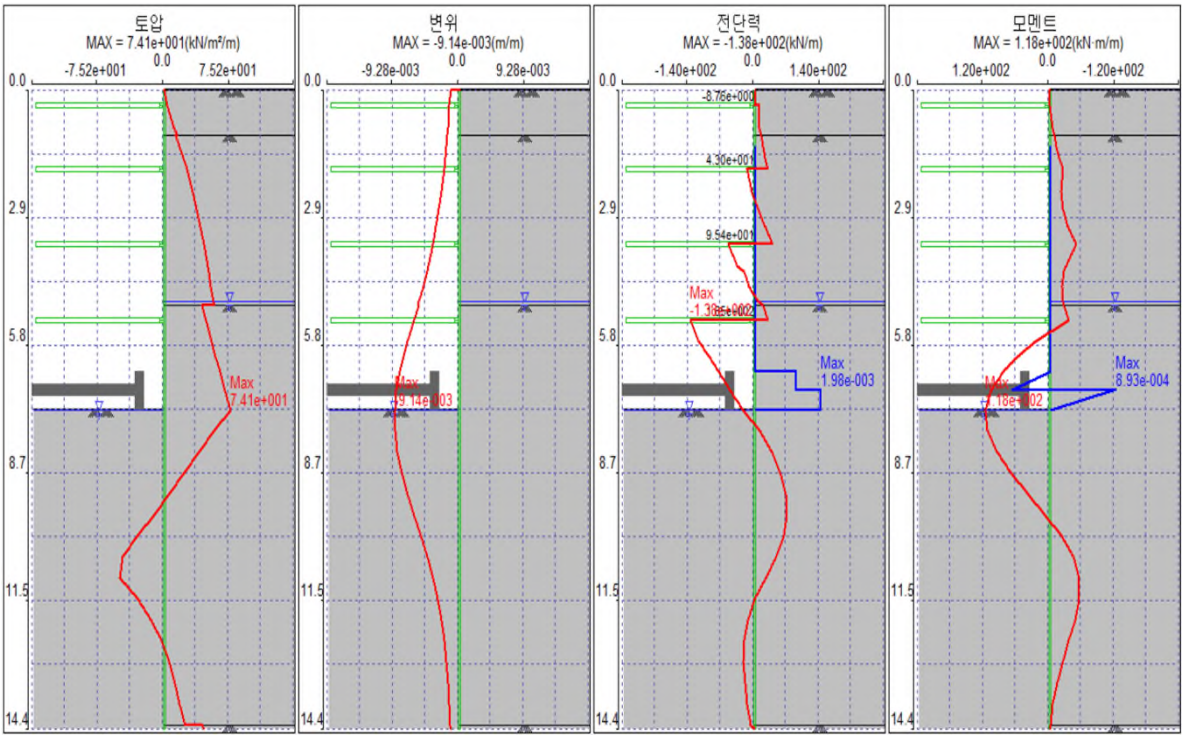
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



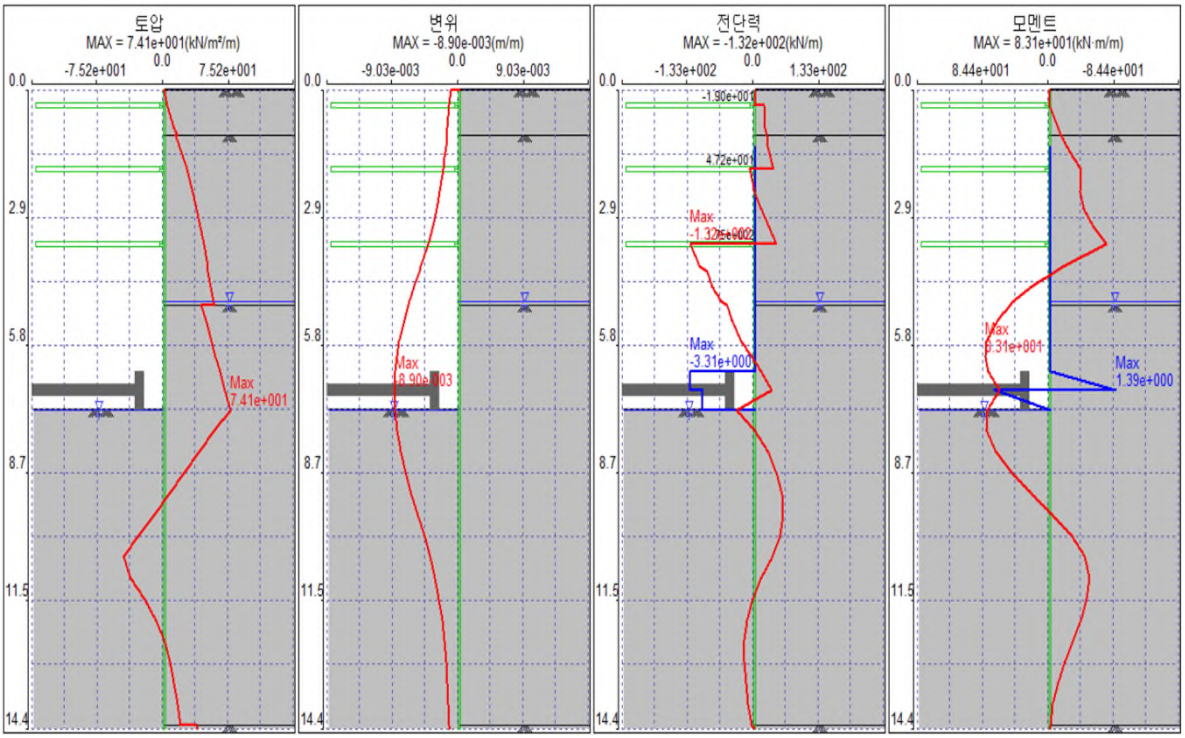
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.23 m]



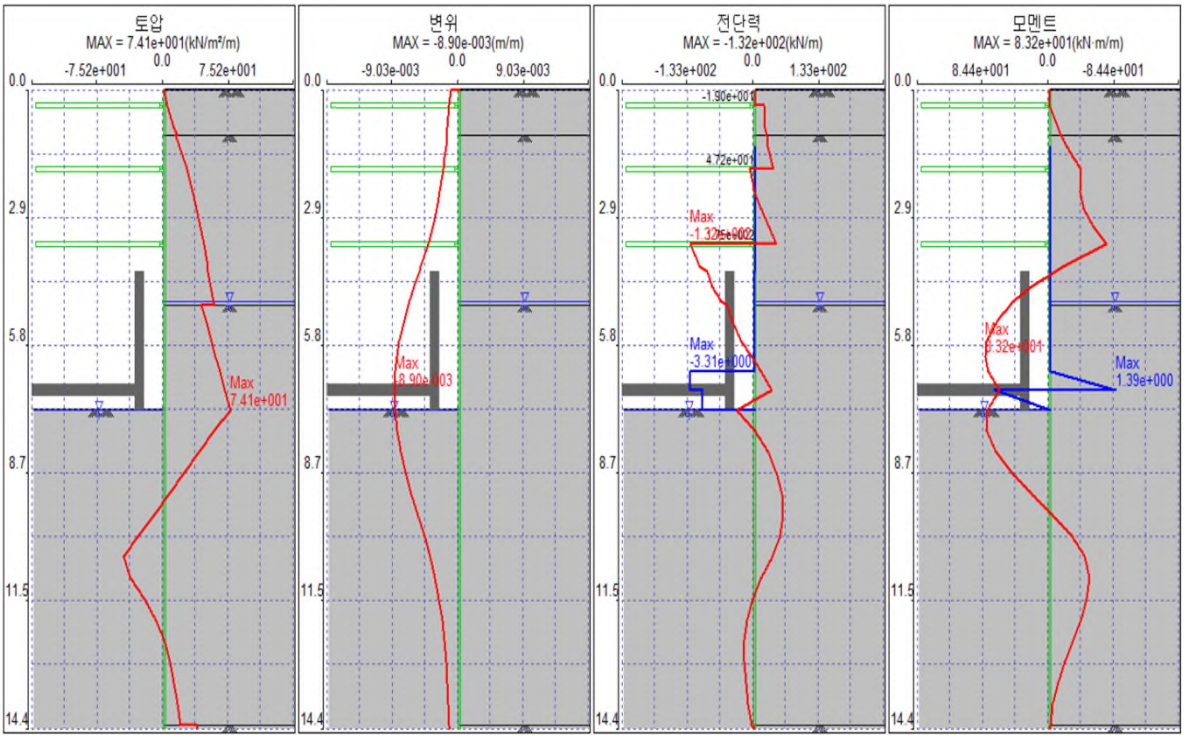
10) 시공 10 단계 [CS10 : 해체1]



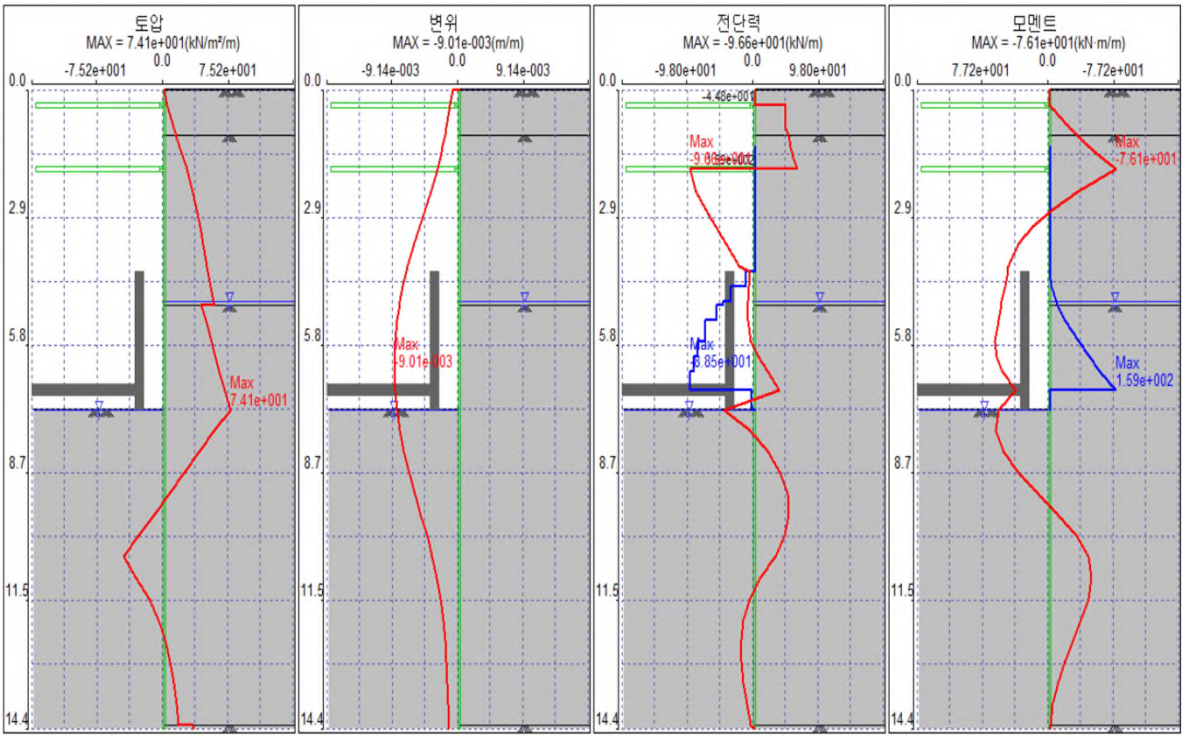
11) 시공 11 단계 [CS11 : 해체2]



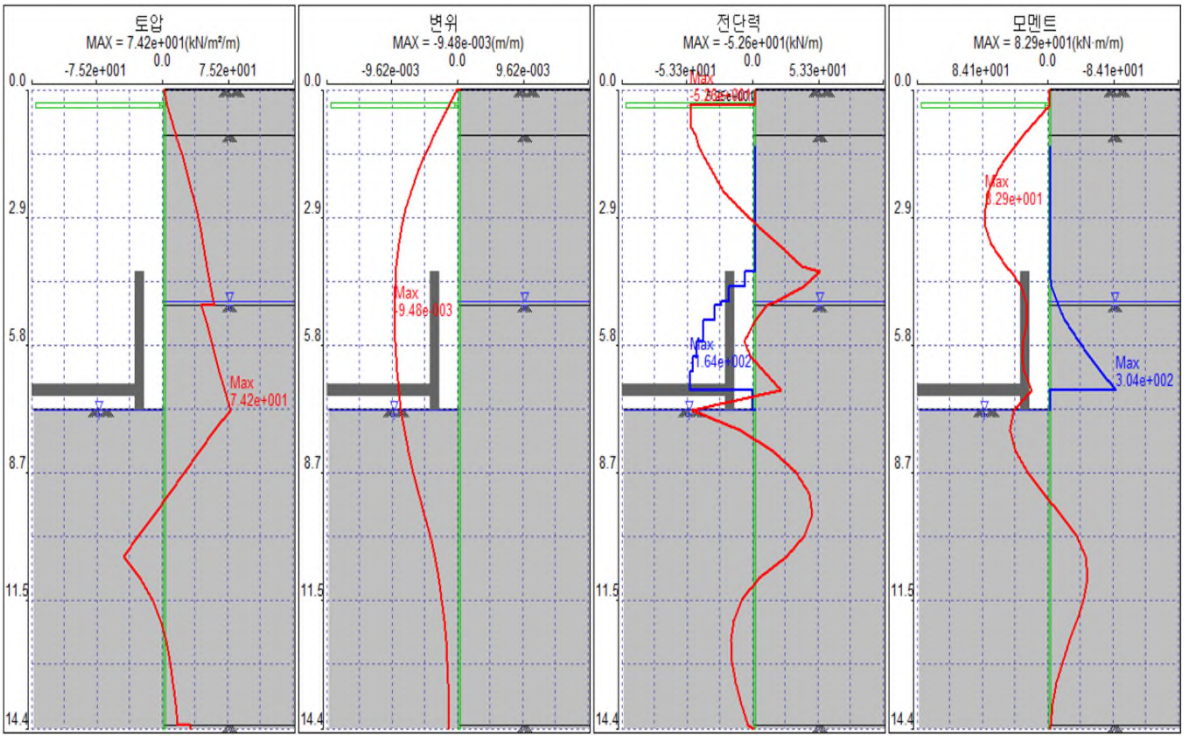
12) 시공 12 단계 [CS12 : 해체3]



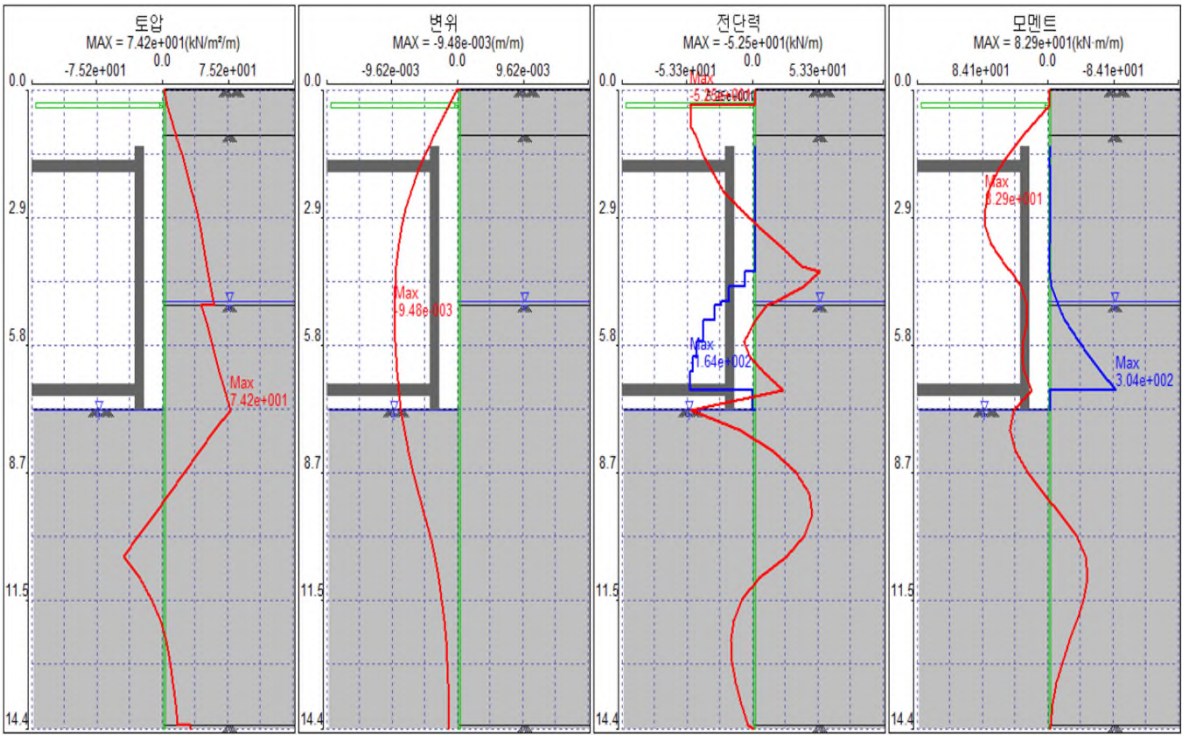
13) 시공 13 단계 [CS13 : 해체4]



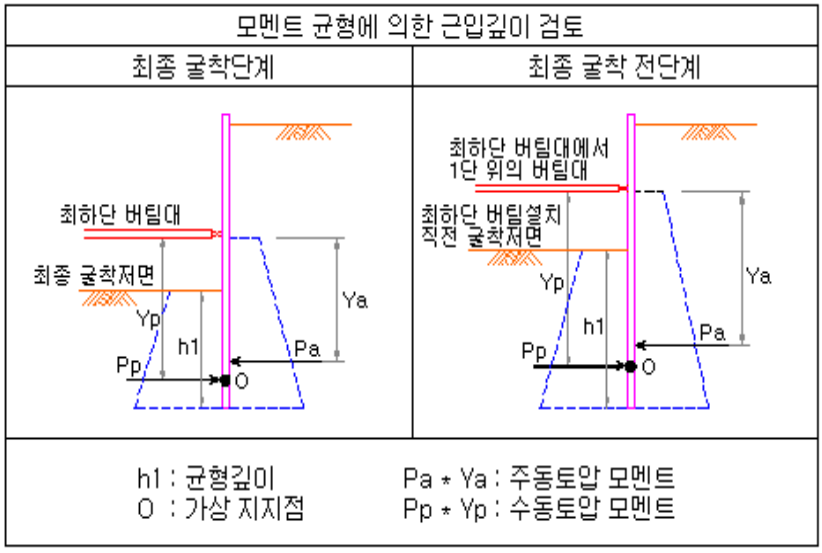
14) 시공 14 단계 [CS14 : 해체5]



15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	3.906	7.200	5504.860	8844.451	1.607	1.200	OK
최종 굴착 전단계	3.095	8.730	7286.133	15252.225	2.093	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.2 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 124.049 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.093 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 881.402 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.092 m

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

Ma = (124.049 x 1.093) + (881.402 x 6.092) = 5504.86 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1294.484 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.832 m

Mp = (Pp x Yp) = (1294.484 x 6.832) = 8844.451 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8844.451 / 5504.86 = 1.607

S.F. = 1.607 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -3.5 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 109.237 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.112 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 980.15 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.31 m

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

Ma = (109.237 x 1.112) + (980.15 x 7.31) = 7286.133 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1901.686 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.02 m

Mp = (Pp x Yp) = (1901.686 x 8.02) = 15252.225 kN · m

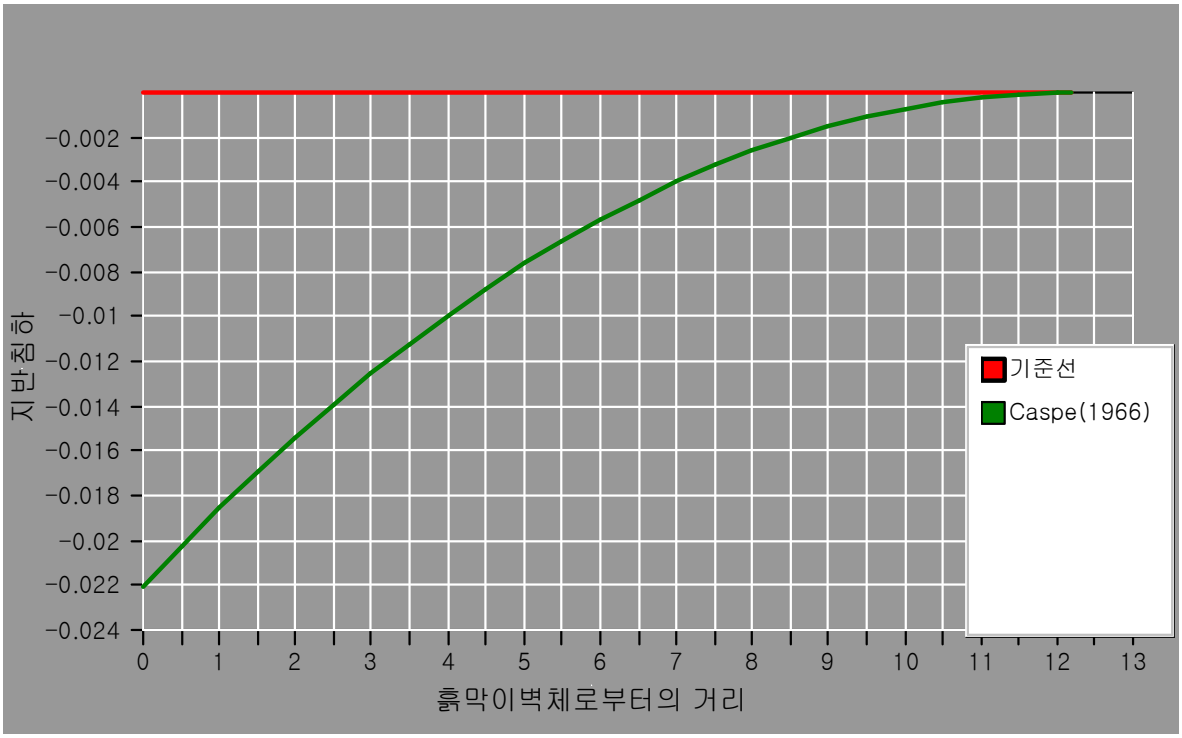
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 15252.225 / 7286.133 = 2.093

S.F. = 2.093 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.067 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 7.23 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 30 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 30/2) = 13.856 m

Ht = Hp + Hw = 13.856 + 7.23 = 21.086 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 21.086 x tan(45-30/2) = 12.174 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.067 / 12.174 = -0.022 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.022 x ((12.174 - Xi) / 12.174)^2

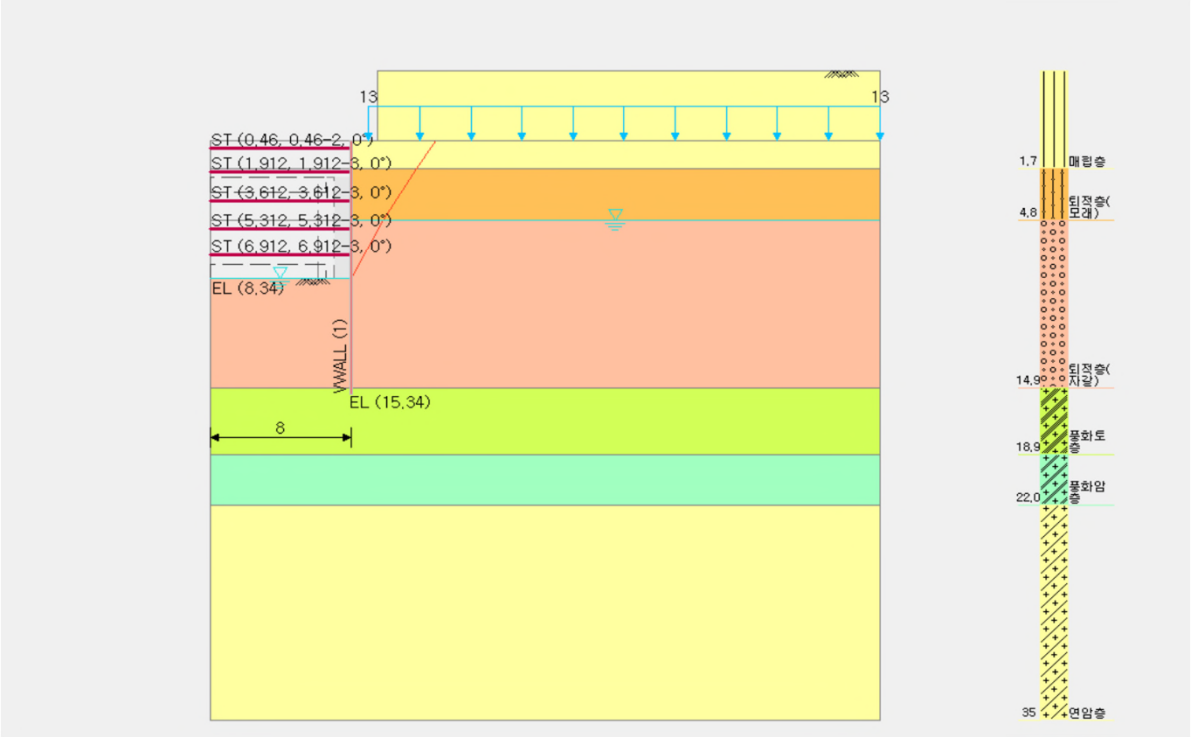
변 경

15. Ramp-D. 0+340~0+351.7(좌)--02단

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 내측주형지지보
  6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
  7.1 Strut 설계 (주형보)
  7.2 Strut 설계 (Strut-1)
  7.3 Strut 설계 (Strut-2)
  7.4 Strut 설계 (Strut-3)
  7.5 Strut 설계 (Strut-4)
8.띠장 설계
  8.1 주형보 띠장 설계
  8.2 Strut-1 띠장 설계
  8.3 Strut-2 띠장 설계
  8.4 Strut-3 띠장 설계
  8.5 Strut-4 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
  10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 15.34m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.46, 0.46-2, 0°)
ST (1.912, 1.912-3, 0°)
ST (3.612, 3.612-3, 0°)
ST (5.312, 5.312-3, 0°)
ST (6.912, 6.912-3, 0°)
EL (8.34)
VWALL (1)
EL (15.34)
8
1.7
매립층
4.8
퇴적층(
모래)
14.9
퇴적층(
자갈)
18.9
풍화토
층
22.0
풍화암
층
35
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.46	휨응력	4.584	133.380	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	9.675	101.944	O.K		
		전단응력	1.917	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	1.91	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.603	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.61	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	80.981	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.31	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	87.547	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	6.91	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	48.002	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.46	휨응력	17.284	182.334	O.K	
		전단응력	14.340	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.91	휨응력	56.514	171.711	O.K	
		전단응력	31.257	108.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	3.61	휨응력	107.229	171.180	O.K	
		전단응력	95.711	108.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.31	휨응력	117.244	171.180	O.K	
		전단응력	104.650	108.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	6.91	휨응력	56.926	171.180	O.K	
		전단응력	50.812	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	66.015	183.290	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	49.159	181.846	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 15.34	휨응력	87.134	243.000	O.K	
		전단응력	16.274	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 : 2.00	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
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
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)	-	
	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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

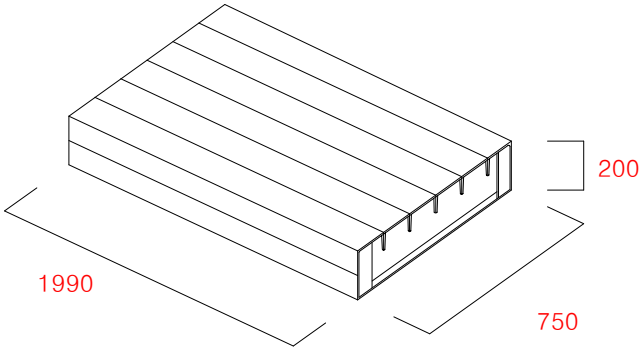
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

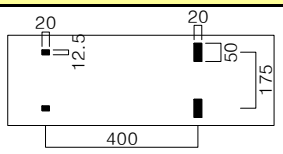
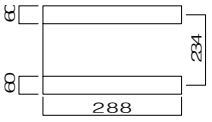
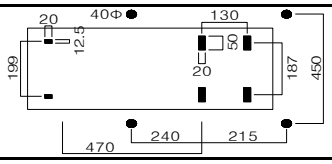
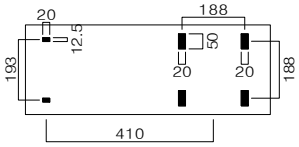
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

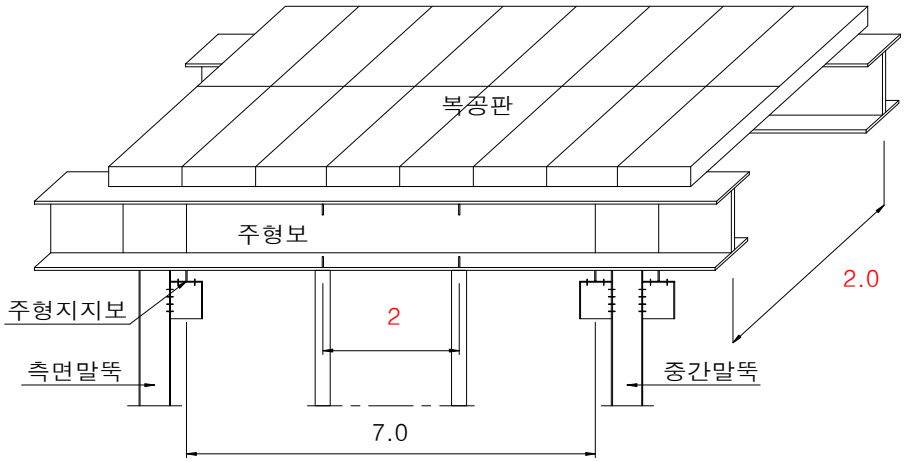
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

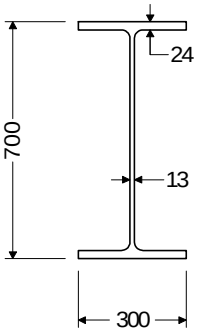
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

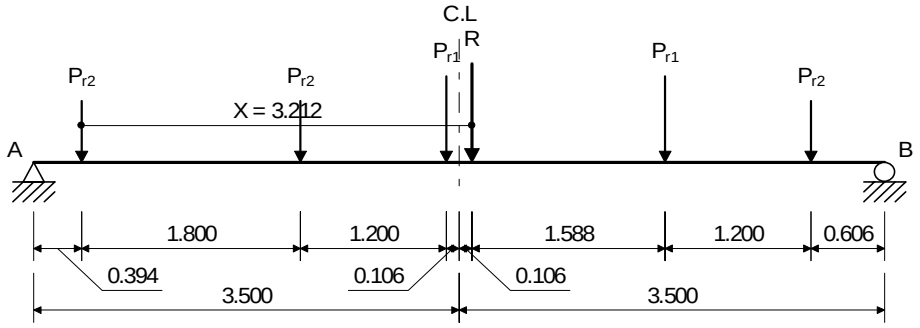
(3) 전륜하중

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

(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

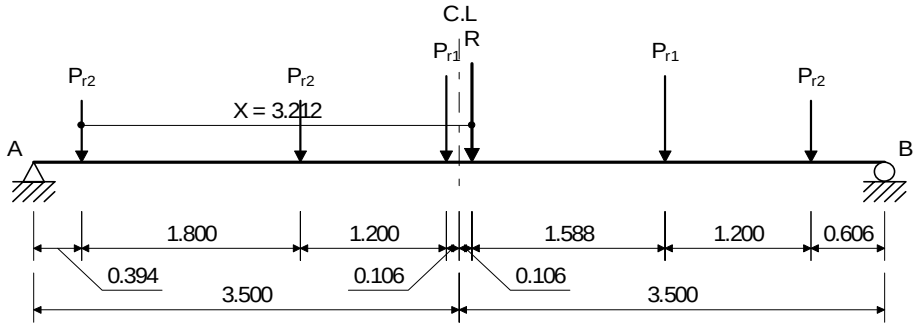
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

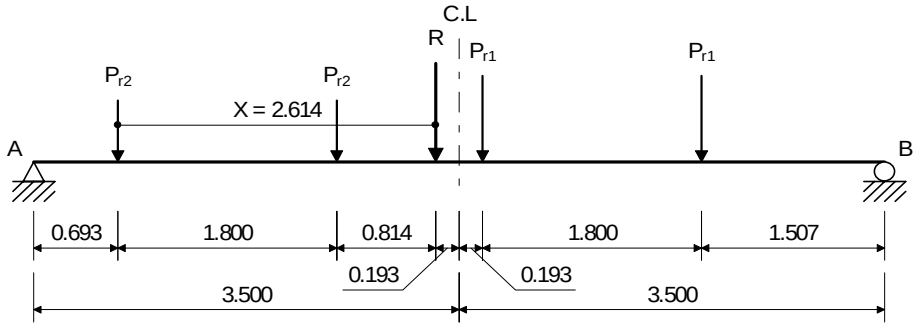
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

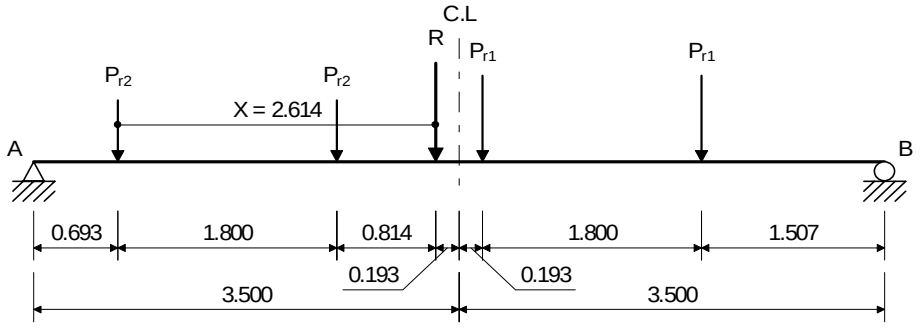


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

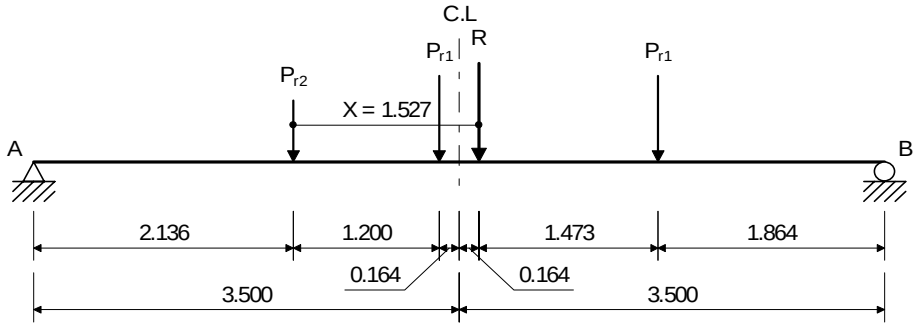
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

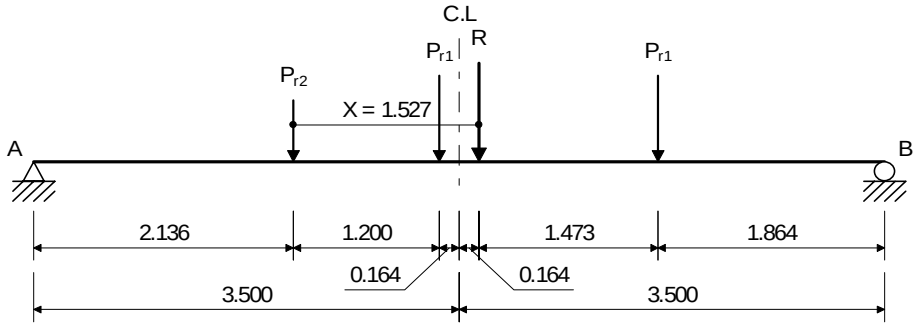


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

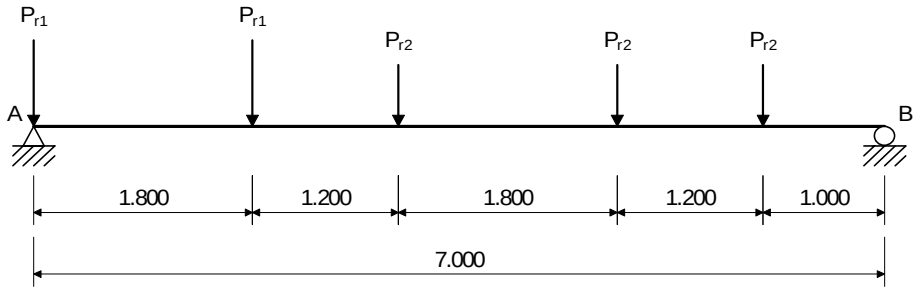


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

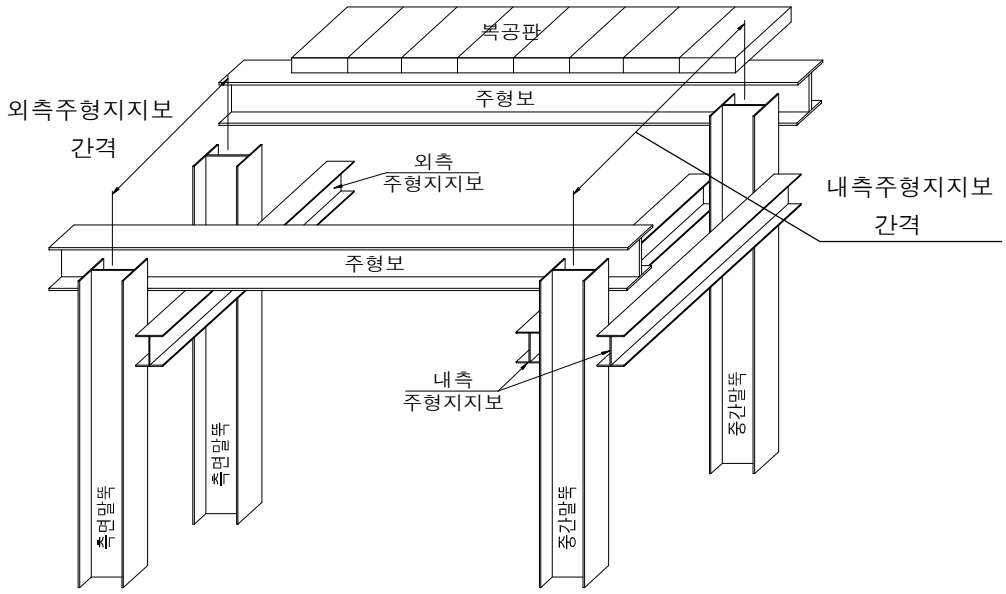
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

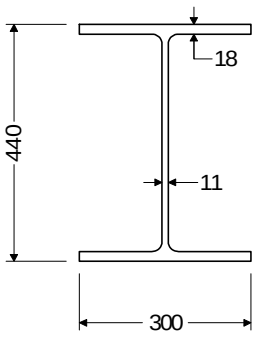
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

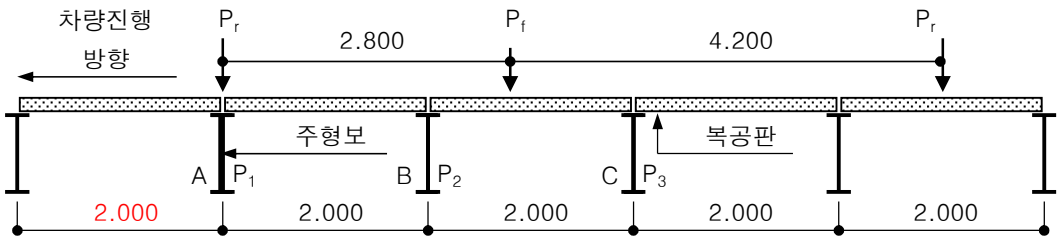


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



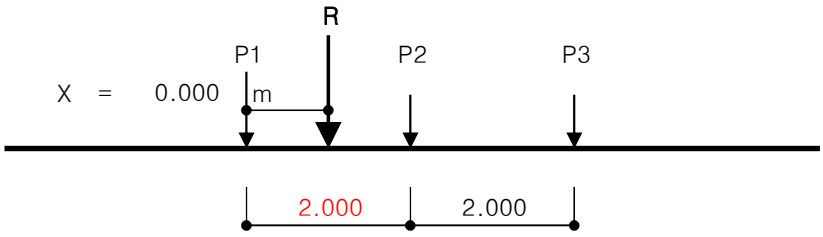
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

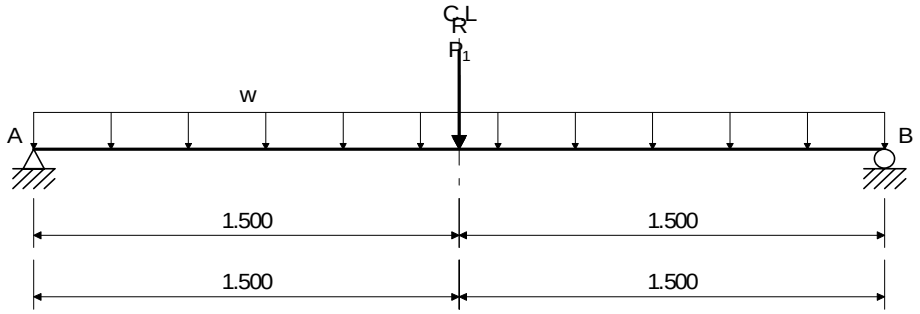


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

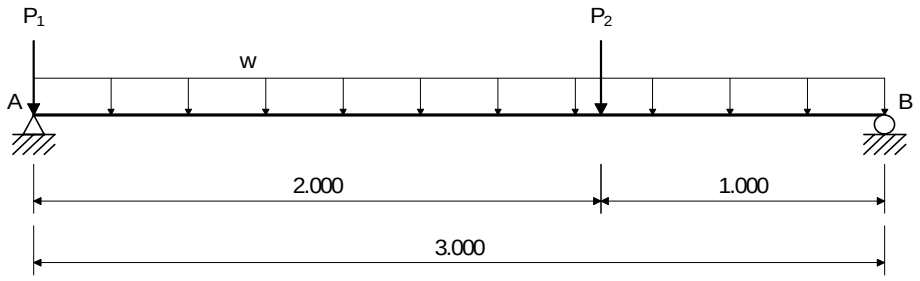
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357877 + 16250)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

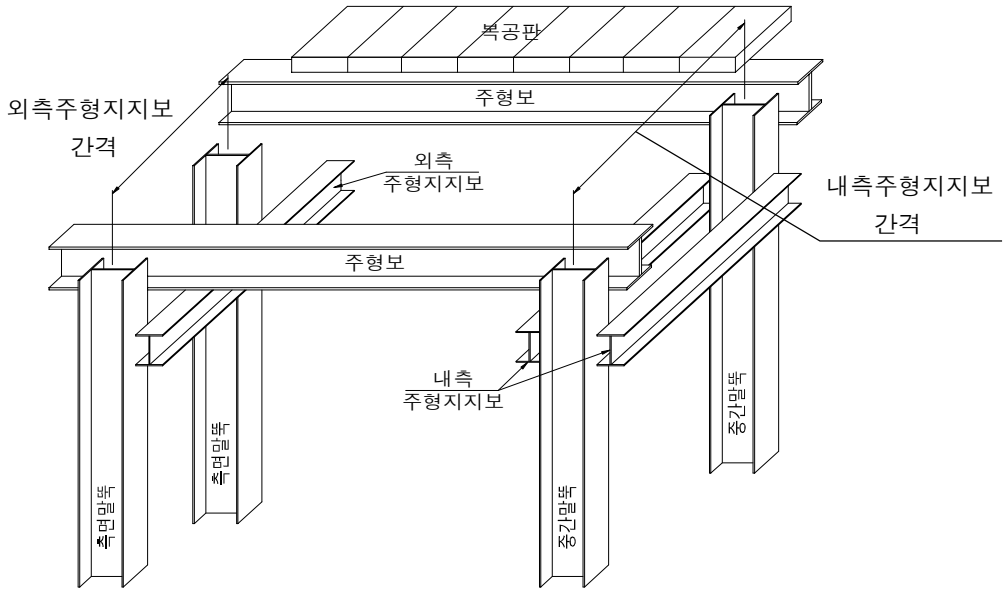
= 4.90 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.90 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

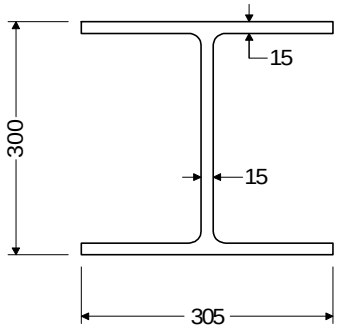
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

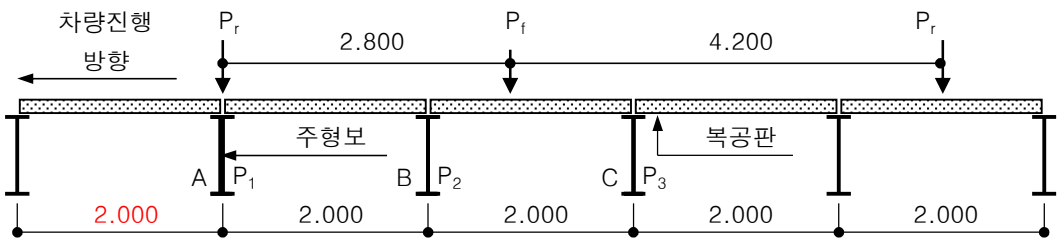


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



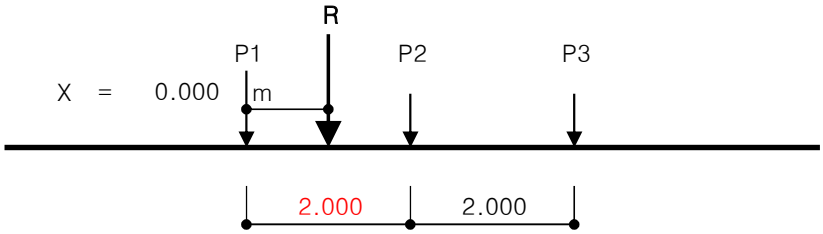
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

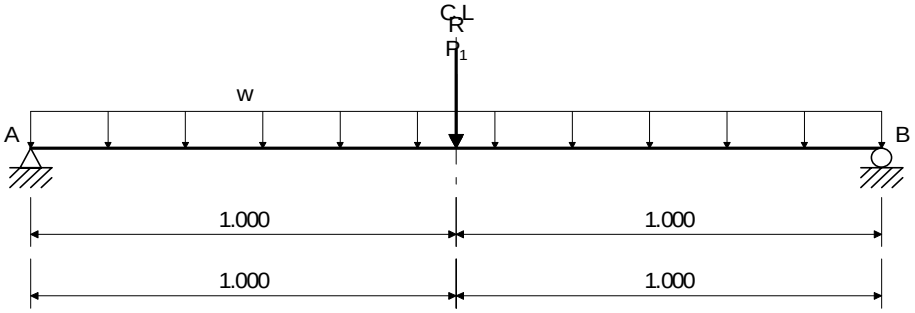


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

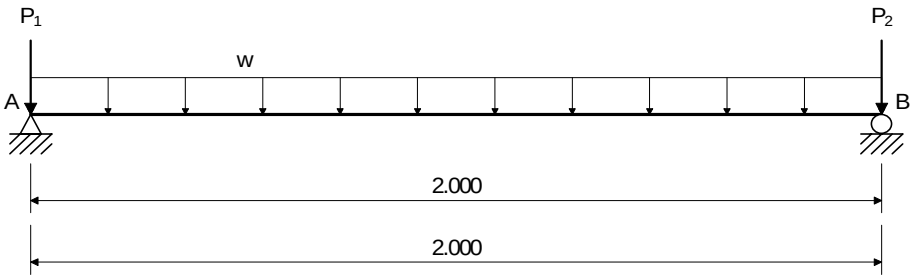
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (334761 + 16250)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.60 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.60 ea ---> O.K

7.지보재 설계

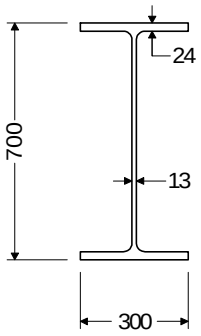
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 53.928 kN/m ---> 주형보 (CS16 : 해체5)
= 53.928 x 2.00 / 1 단
= 107.855 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 107.855 + 120.0 = 227.855 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 5760000.0 = 4.584 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 227.855 x 1000 / 23550 = 9.675 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.250 x 1000 / 8476 = 1.917 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.352

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (14.260 − 5.091) / 14.260

= 0.643

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6500 / 293

22.184 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (22.184 − 20))

= 186.523 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 186.523 MPa

L_y / R_y = 6500 / 67.8

95.870 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 95.870²)

= 101.944 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 101.944 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 101.944 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6500 / 300

= 21.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.667 − 4.5))

= 133.380 MPa

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

= 133.380 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (22.184)²

= 3291.725 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 101.944 MPa > f_c = 9.675 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 133.380 MPa > f_b = 4.584 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.917 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{9.675}{101.944} + \frac{4.584}{133.380 \times (1 - (9.675 / 3291.725))}$$

$$= 0.129 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 9.675 + \frac{4.584}{1 - (9.675 / 3291.725)}$$

$$= 14.273 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.129 , 0.076)

= 0.129 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{14.260}{101.944} + \left\{ \frac{1.917}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.140 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

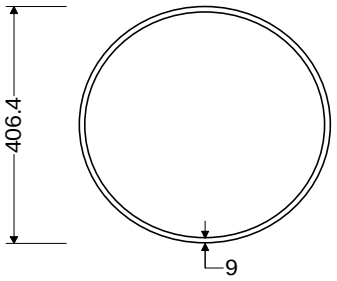
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 78.367 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.112 m)
= 78.367 x 3.00 / 1 단
= 235.100 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 235.100 + 120.0 = 355.100 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 355.100 x 1000 / 11236.2 = 31.603 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.087 x 9)

= 20.777 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.087

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (55.785 − 7.422) / 55.785

= 0.867 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 159.217$ MPa $> f_c = 31.603$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa $> f_b = 24.182$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa $> \tau = 2.891$ MPa ---> O.K

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

$$= \frac{31.603}{159.217} + \frac{24.182}{189.000 \times (1 - (31.603 / 756.904))}$$

$$= 0.332 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 31.603 + \frac{24.182}{1 - (31.603 / 756.904)}$$

$$= 56.838 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.332 , 0.301)

= 0.332 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{55.785}{159.217} + \left\{ \frac{2.891}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.351 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

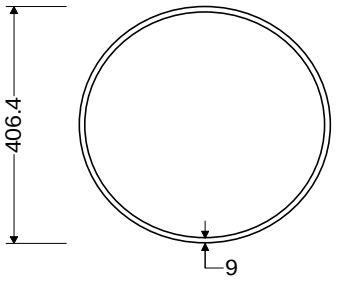
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 263.306 kN/m ---> Strut-2 (CS15 : 해체4)
= 263.306 x 3.00 / 1 단
= 789.919 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 789.919 + 120.0 = 909.919 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 909.919 x 1000 / 11236.2 = 80.981 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.046 x 9)

= 21.585 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.046

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (105.163 − 56.799) / 105.163

= 0.460 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 80.981 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.182 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.891 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{80.981}{159.217} + \frac{24.182}{189.000 \times (1 - (80.981 / 756.904))}$$

$$= 0.652 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 80.981 + \frac{24.182}{1 - (80.981 / 756.904)}$$

$$= 108.060 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.652 , 0.572)

= 0.652 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{105.163}{159.217} + \left\{ \frac{2.891}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.661 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

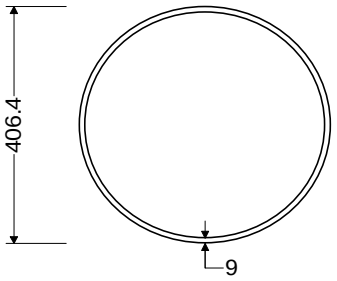
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 287.898 kN/m ---> Strut-3 (CS13 : 해체2)
= 287.898 x 3.00 / 1 단
= 863.695 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 863.695 + 120.0 = 983.695 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 983.695 x 1000 / 11236.2 = 87.547 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.043 x 9)

= 21.641 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.043

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (111.729 − 63.365) / 111.729

= 0.433 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 87.547 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.182 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.891 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{87.547}{159.217} + \frac{24.182}{189.000 \times (1 - (87.547 / 756.904))}$$

$$= 0.695 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 87.547 + \frac{24.182}{1 - (87.547 / 756.904)}$$

$$= 114.891 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.695 , 0.608)

= 0.695 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{111.729}{159.217} + \left\{ \frac{2.891}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.702 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

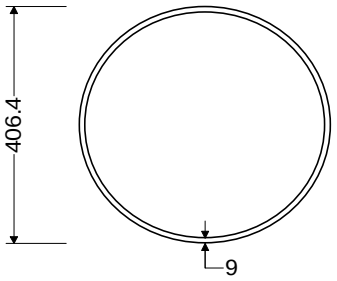
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 139.786 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 8.34 m)
= 139.786 x 3.00 / 1 단
= 419.358 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 419.358 + 120.0 = 539.358 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 539.358 x 1000 / 11236.2 = 48.002 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.067 x 9)

= 21.160 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.067

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (72.183 − 23.820) / 72.183

= 0.670 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 48.002 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.182 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.891 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{48.002}{159.217} + \frac{24.182}{189.000 \times \left(1 - \left(48.002 / 756.904\right)\right)}$$

$$= 0.438 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 48.002 + \frac{24.182}{1 - \left(48.002 / 756.904\right)}$$

$$= 73.821 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.438 , 0.391)

= 0.438 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{72.183}{159.217} + \left\{\frac{2.891}{106.692}\right\}^2$$

$$= 0.454 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

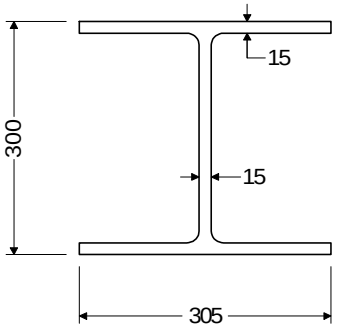
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

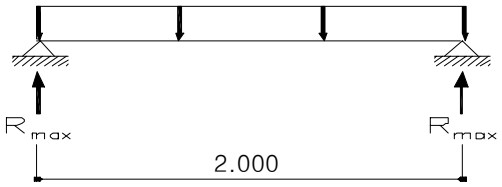
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 53.928 kN/m ---> 주형보 (CS16 : 해체5)

P = 53.928 × 2.00 m / 1 ea = 107.855 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 107.855 / (13 × 2.000)
= 49.779 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 49.779 × 2.000^2 / 8
= 24.890 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 49.779 × 2.000 / 12
= 58.076 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 24.890 x 1000000 / 1440000.0 = 17.284 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 58.076 x 1000 / 4050 = 14.340 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (17.284 + 17.284) / 17.284$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 17.284 MPa ---> O.K

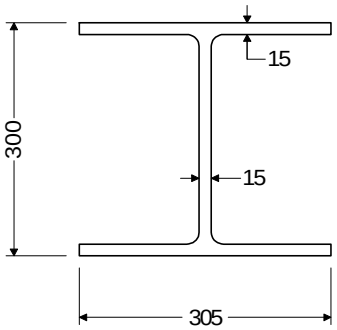
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 14.340 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

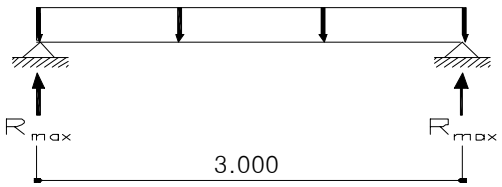
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 78.367 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.112 m)

$P = 78.367 \times 3.00\ m / 1\ ea = 235.100\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 235.100 / (13 \times 3.000)$
$= 72.339\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 72.339 \times 3.000^{2} / 8$
$= 81.381\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 72.339 \times 3.000 / 12$
$= 126.592\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 81.381 \times 1000000 / 1440000.0 = 56.514$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 126.592 \times 1000 / 4050 = 31.257$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (56.514 + 56.514) / 56.514$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 56.514$ MPa ---> O.K

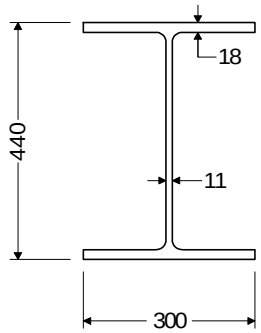
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 31.257$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

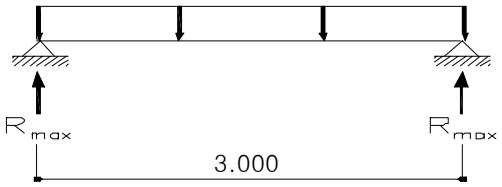
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 263.306 kN/m ---> Strut-2 (CS15 : 해체4)

P = 263.306 × 3.00 m / 1 ea = 789.919 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 789.919 / (13 × 3.000)
= 243.052 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 243.052 × 3.000 ^{2} / 8
= 273.434 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 243.052 × 3.000 / 12
= 425.341 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 273.434 x 1000000 / 2550000.0 = 107.229 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 425.341 x 1000 / 4444 = 95.711 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (107.229 + 107.229) / 107.229

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 107.229 MPa ---> O.K

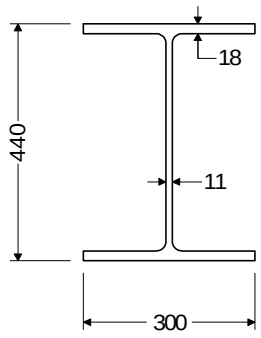
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 95.711 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

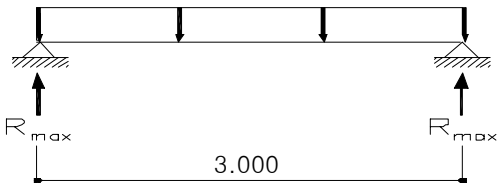
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 287.898 kN/m ---> Strut-3 (CS13 : 해체2)

$P = 287.898 \times 3.00\ m / 1\ ea = 863.695\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 863.695 / (13 \times 3.000)$
$= 265.752\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 265.752 \times 3.000^{2} / 8$
$= 298.971\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 265.752 \times 3.000 / 12$
$= 465.067\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 298.971 \times 1000000 / 2550000.0 = 117.244$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 465.067 \times 1000 / 4444 = 104.650$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (117.244 + 117.244) / 117.244$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.180$ MPa > $f_b = 117.244$ MPa ---> O.K

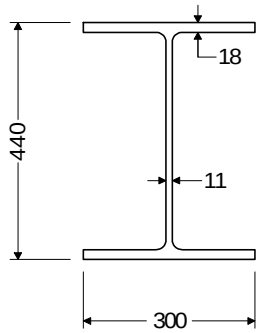
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 104.650$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

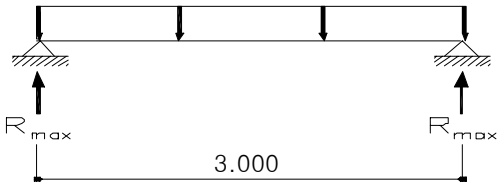
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 139.786 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 8.34 m)

P = 139.786 × 3.00 m / 1 ea = 419.358 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 419.358 / (13 × 3.000)
= 129.033 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 129.033 × 3.000 ^{2} / 8
= 145.162 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 129.033 × 3.000 / 12
= 225.808 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 145.162 x 1000000 / 2550000.0 = 56.926 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 225.808 x 1000 / 4444 = 50.812 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (56.926 + 56.926) / 56.926

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 56.926 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 50.812 MPa ---> O.K

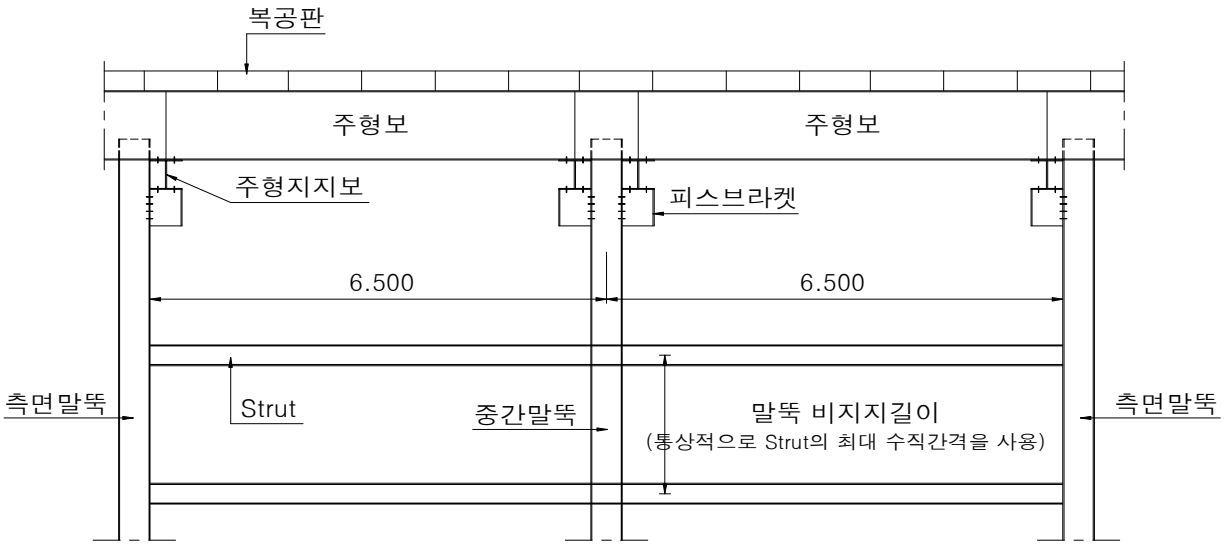
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.500 + 6.500 = 13.000 m

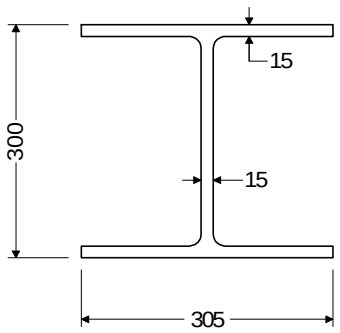
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 16.260 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 38.800 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 6.540 kN

ΣP_s = 66.380 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.500) / 2 = 18.516 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.500) / 2 = 18.516 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.500)

= 0.323 > 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

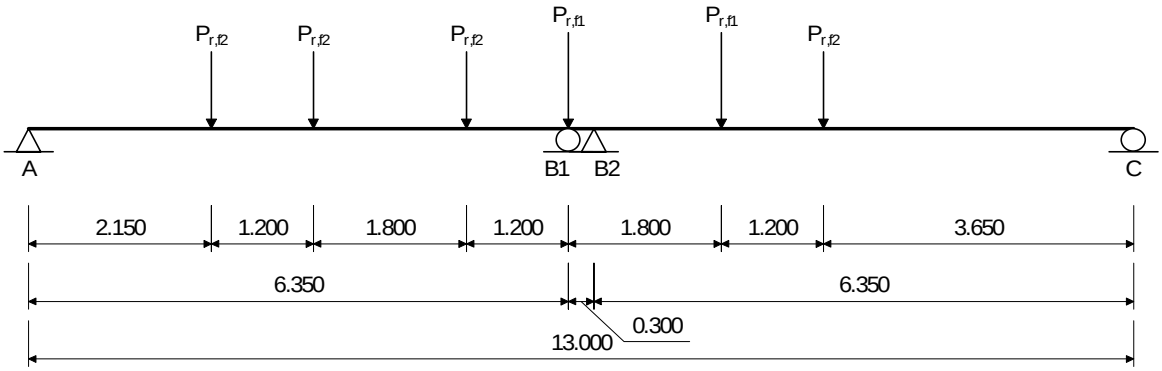
(2) 전륜하중

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 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 + 93.600 x 2.150) / 6.350

= 281.783 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.850 + 93.600 x 3.650) / 6.350

= 149.121 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 281.783 x 1.00 = 281.783 kN

P_{r2} = 149.121 x 1.00 = 149.121 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 23.400 x 2.150) / 6.350

= 70.446 kN

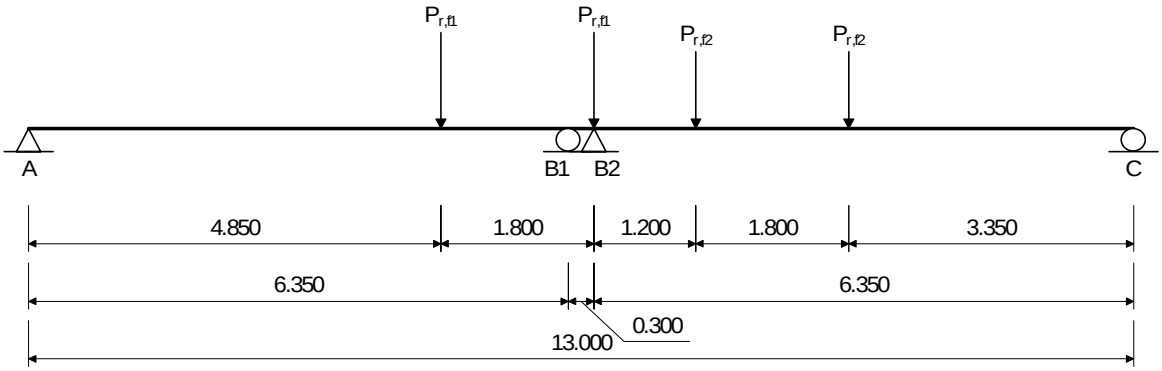
R_{B2} = (31.200 x 4.850 + 23.400 x 3.650) / 6.350

= 37.280 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 70.446 x 1.00 = 70.446 kN

P_{f2} = 37.280 x 1.00 = 37.280 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.850) / 6.350

= 95.320 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 6.350

= 250.091 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 95.320 x 1.00 = 95.320 kN

P_{r2} = 250.091 x 1.00 = 250.091 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.850) / 6.350

= 23.830 kN

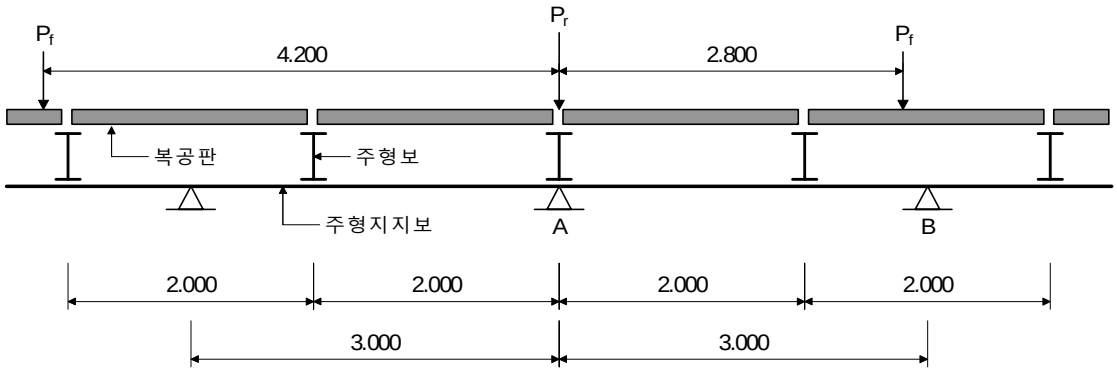
R_{B2} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 6.350

= 62.523 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.830 x 1.00 = 23.830 kN

P_{f2} = 62.523 x 1.00 = 62.523 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (281.783 x 3.000 + 70.446 x 0.200) / 3.000

= 286.479 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

= 286.479 + 18.516 x 3.00 / 2.00 = 314.254 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (250.091 x 3.000 + 62.523 x 0.200) / 3.000

= 254.260 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

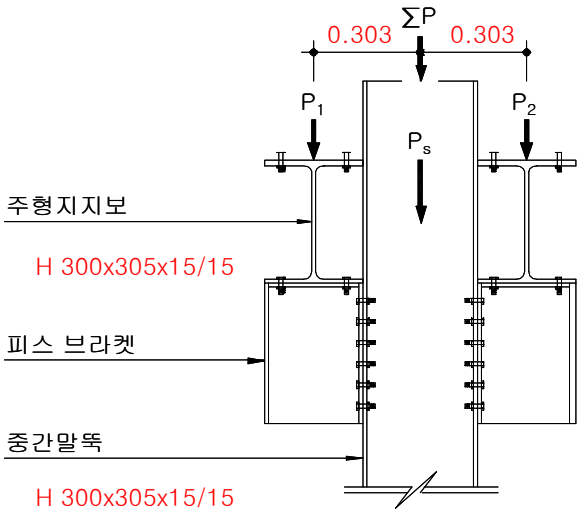
= 254.260 + 18.516 x 3.00 / 2.00 = 282.034 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 314.254 + 282.034 + 66.380 = 662.668 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 662.668 x 1000 / 13480 = 49.159 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 95.062 x 1000000 / 1440000 = 66.015 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 314.254 x 0.303 = 95.062 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

$= 2.003$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (115.174 - -16.856) / 115.174$

$= 1.146$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$

$= 189.000$ MPa

$L_x / R_x = 1910 / 126$

15.159 ---> Lx/Rx ≤ 20 이므로

$f_{cagx} = 1.50 \times 0.9 \times 140$

$= 189.000$ MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 189.000$ MPa

$L_y / R_y = 1910 / 72.6$

26.309 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

$f_{cagy} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (26.309 - 20))$

$= 181.846$ MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 181.846$ MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 181.846$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 1910 / 305$

$= 6.262$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (6.262 - 4.5))$

$= 183.290$ MPa

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

$= 183.290$ MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (15.159)^2$

$= 7050.004$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력, $f_{ca} = 181.846$ MPa > $f_c = 49.159$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력, $f_{ba} = 183.290$ MPa > $f_b = 66.015$ MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{49.159}{181.846} + \dfrac{66.015}{183.290 \times (1 - (49.159 / 7050.004))}$

$= 0.633 < 1.0$ ---> O.K

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

$$= 49.159 + \frac{66.015}{1 - (49.159 / 7050.004)}$$

$$= 115.638 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.633 , 0.612)
= 0.633 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 662.67 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) = 45
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 29.6
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0
- L_s(모래층 중의 길이) = 15.340 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 45 x 0.0915 + 0.2 x 30 x 1.210 x ###
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000
= 212.821 tonf
= 2087.06 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2087.06 / 2.0
= 1043.530 kN

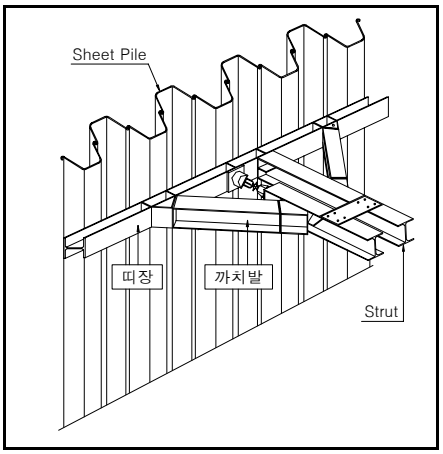
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 15.34m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 197.795 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS12 : 해체1)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 197.795 (kN·m/m) × 1.00 m = 197.795 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 214.490 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 해체2)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 214.490 (kN/m) × 1.00 m = 214.490 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{197.795 \times 10^6}{2270000.00} = 87.134 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{214.490 \times 10^3}{13180.00} = 16.274 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 8.34 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	1.68	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.83	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	14.94	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	18.95	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	22.02	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	15.34	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.46	2	6.5	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.912	3	6.5	60	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.612	3	6.5	60	1
4	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.312	3	6.5	60	1
5	Strut-4	P 406.4x9	SS400	6.912	3	6.5	60	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	2.66	0	6.55	C27	0.9	-
2	기초	7.89	0	6.55	C27	0.9	-
3	벽체	6.55	2.21	8.34	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 8.34 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.96	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.41	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.11	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	5.81	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.41	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	8.34	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
13	-	-	-	7.28	-	-	-	X	X
14	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
15	-	-	-	4.91	-	-	-	X	X
16	-		Strut-1 Strut-2	-	-	-	-	X	X
17	-	-	-	2.21	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.96 m	0.96	6.24	4.8	-4.07	3.6	0.43	9.8	-6.03	2.2
CS2 : 생성 주형보	0.96	6.24	4.8	-4.07	3.6	0.43	9.8	-6.03	2.2
CS3 : 굴착 2.412 m	2.41	16.36	3.2	-25.73	0.5	27.46	2.2	-12.89	5.8
CS4 : 생성 Strut-1	2.41	12.42	4.8	-17.48	1.9	14.55	2.4	-9.62	5.8
CS5 : 굴착 4.112 m	4.11	38.64	4.8	-60.19	1.9	44.89	3.6	-17.69	6.9
CS6 : 생성 Strut-2	4.11	31.33	4.8	-47.61	1.9	30.77	4.1	-13.76	6.9
CS7 : 굴착 5.812 m	5.81	44.86	7.3	-101.35	3.6	69.35	5.8	-29.90	1.9
CS8 : 생성 Strut-3	5.81	39.06	7.3	-87.33	3.6	57.26	5.8	-26.06	1.9
CS9 : 굴착 7.412 m	7.41	65.87	9.8	-143.39	5.3	116.79	7.4	-52.50	3.6
CS10 : 생성 Strut-4	7.41	61.66	9.8	-127.90	5.3	104.49	7.4	-48.36	3.6
CS11 : 굴착 8.34 m	8.34	71.63	10.7	-150.30	6.9	136.27	8.8	-64.65	5.3
CS12 : 해체1	8.34	91.00	10.7	-214.49	5.3	197.79	8.3	-155.92	5.3
CS13 : 해체2	8.34	91.00	10.7	-214.49	5.3	197.79	8.3	-155.92	5.3
CS14 : 해체3	8.34	82.23	3.6	-180.89	3.6	148.11	6.9	-172.06	3.6
CS15 : 해체4	8.34	82.32	3.6	-180.98	3.6	148.90	6.9	-172.27	3.6
CS16 : 해체5	8.34	72.99	4.9	-53.92	0.5	104.54	8.8	-79.63	12.6
CS17 : 해체6	8.34	72.96	4.9	-53.90	0.5	104.31	8.8	-79.61	12.6
TOTAL		91.00	10.7	-214.49	5.3	197.79	8.3	-172.27	3.6

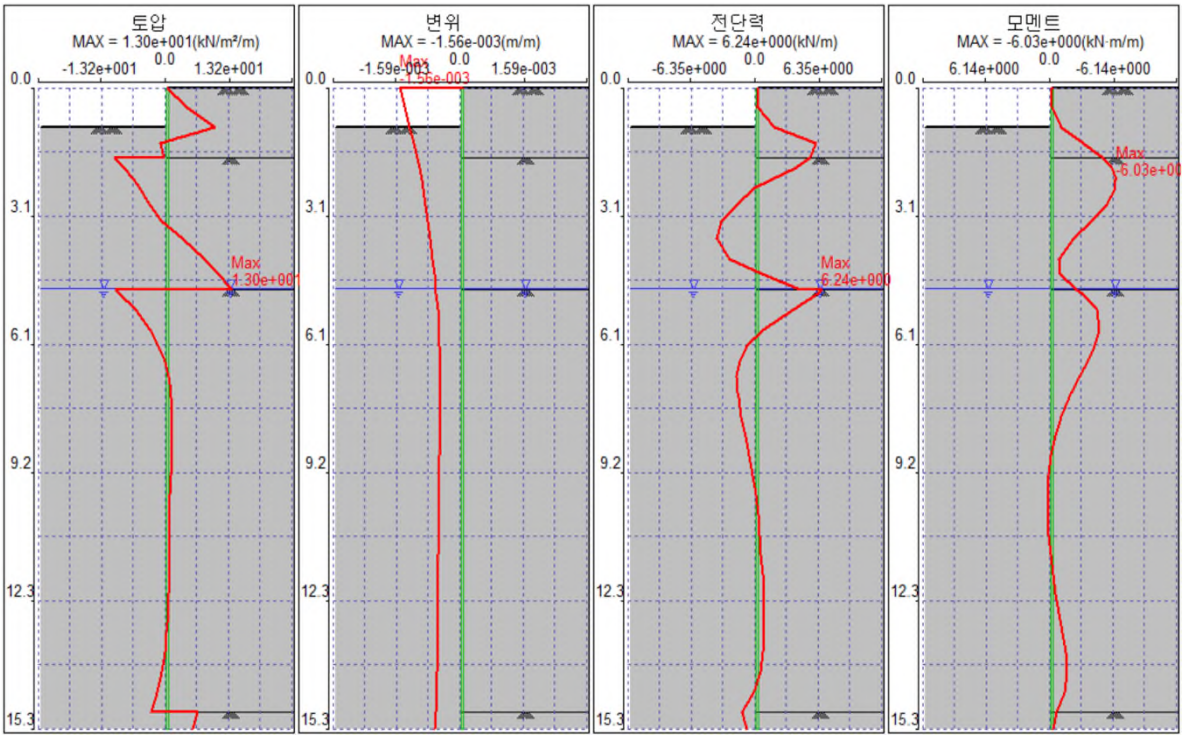
12.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

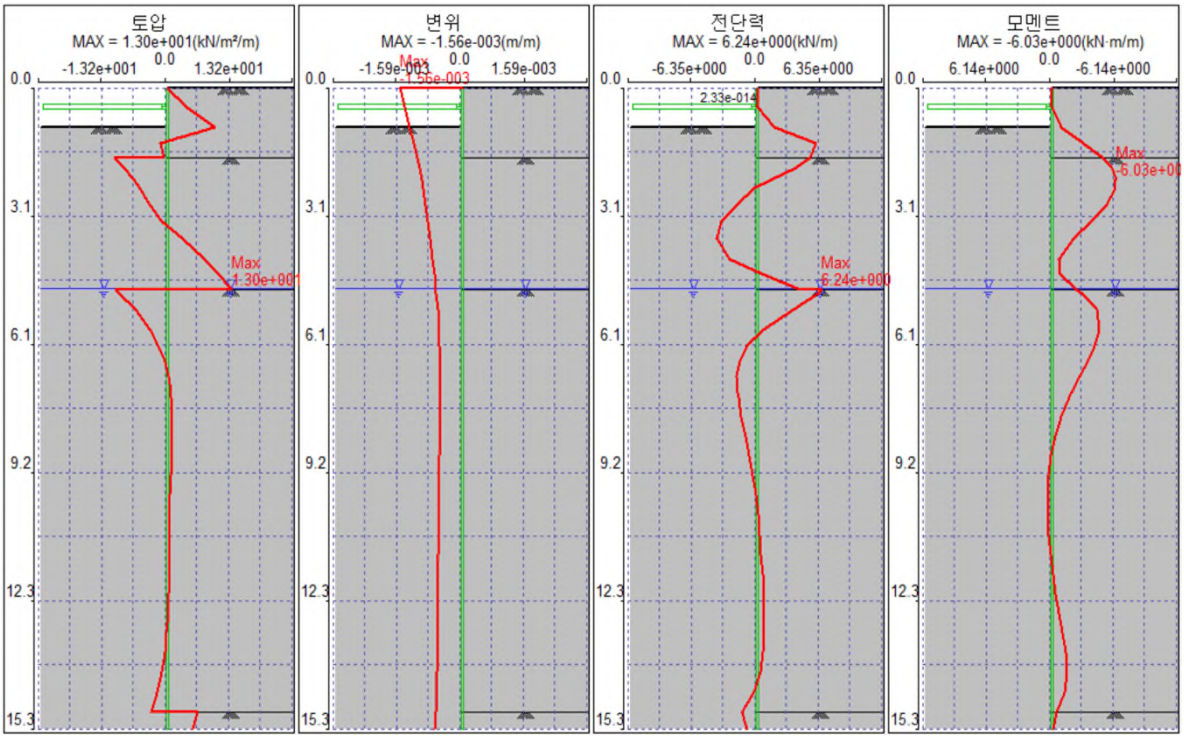
시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.46 (m)	1.912 (m)	3.612 (m)	5.312 (m)	6.912 (m)
CS1 : 굴착 0.96 m	0.96	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.96	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.412 m	2.41	25.70	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.41	14.30	20.00	-	-	-
CS5 : 굴착 4.112 m	4.11	-1.37	78.37	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.11	3.10	61.32	20.00	-	-
CS7 : 굴착 5.812 m	5.81	-13.14	57.20	121.86	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	5.81	-10.49	57.49	104.91	20.00	-
CS9 : 굴착 7.412 m	7.41	-10.57	38.19	87.12	168.34	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.41	-10.45	40.39	88.41	149.23	20.00
CS11 : 굴착 8.34 m	8.34	-8.38	36.99	71.75	136.68	139.79
CS12 : 해체1	8.34	-8.84	18.23	56.93	287.90	-
CS13 : 해체2	8.34	-8.84	18.23	56.93	287.90	-
CS14 : 해체3	8.34	-39.91	22.28	263.12	-	-
CS15 : 해체4	8.34	-39.94	22.22	263.31	-	-
CS16 : 해체5	8.34	53.93	-	-	-	-
CS17 : 해체6	8.34	53.92	-	-	-	-
TOTAL		53.93	78.37	263.31	287.90	139.79

12.2 시공단계별 단면력도

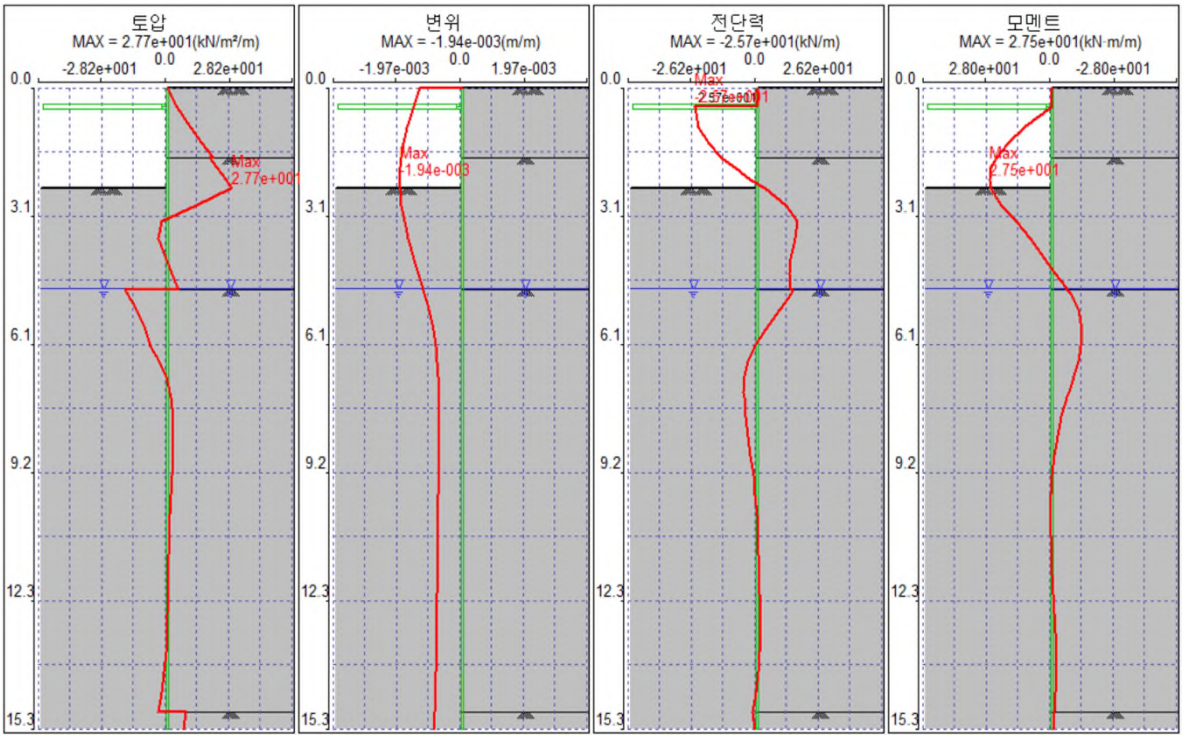
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.96 m]



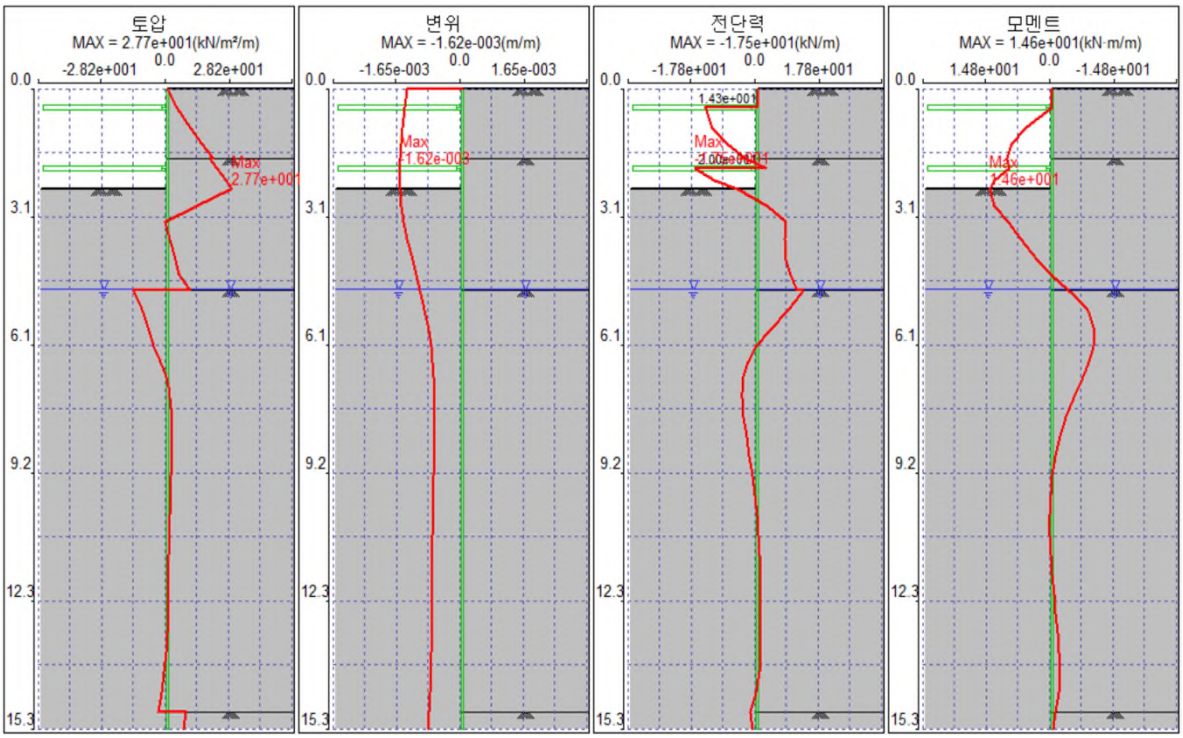
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



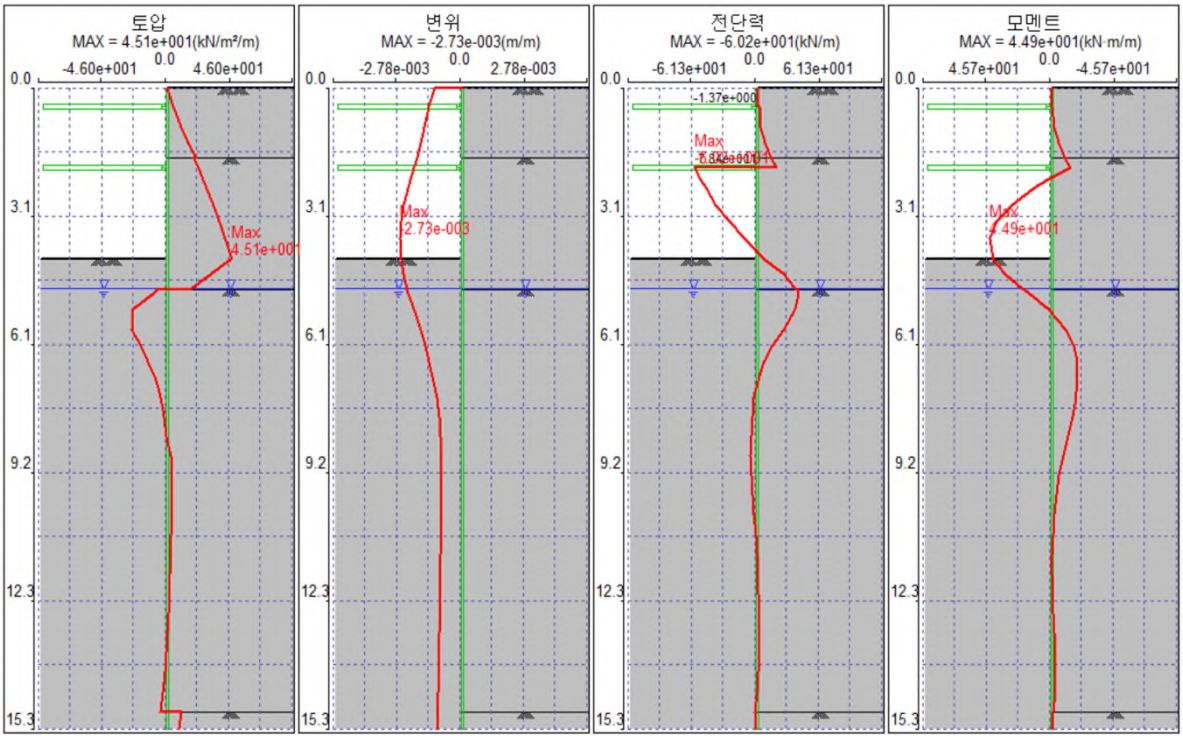
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.412 m]



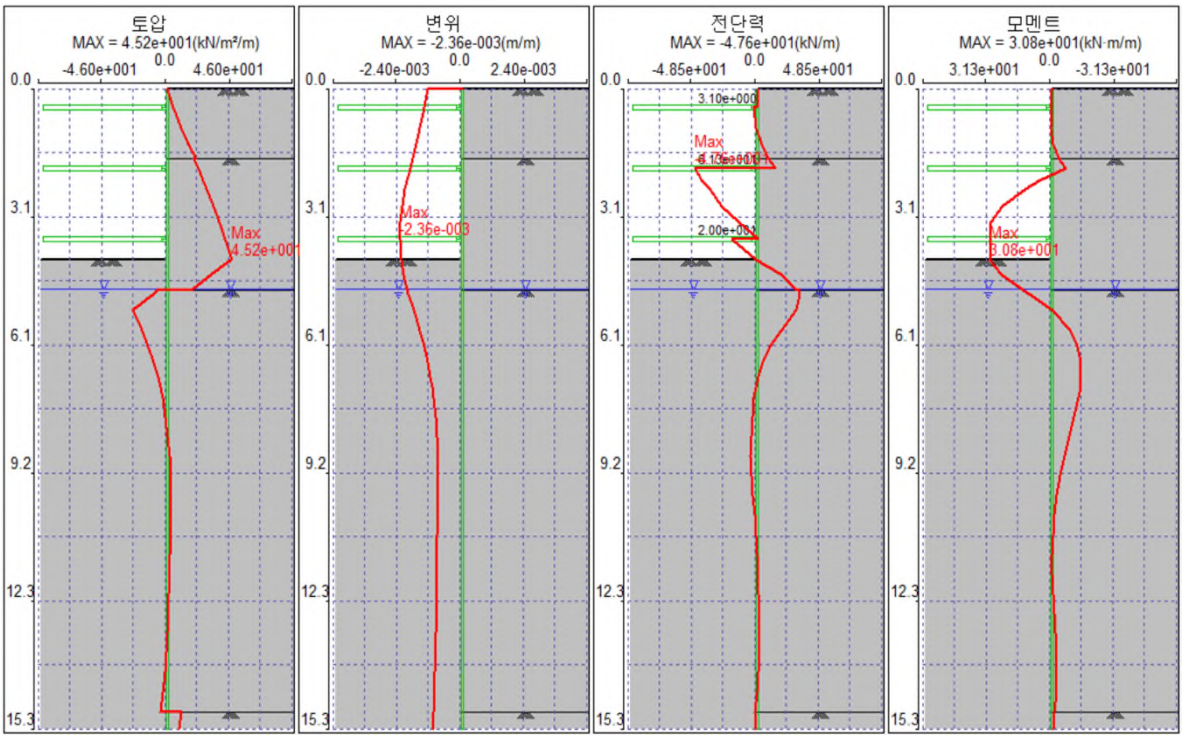
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



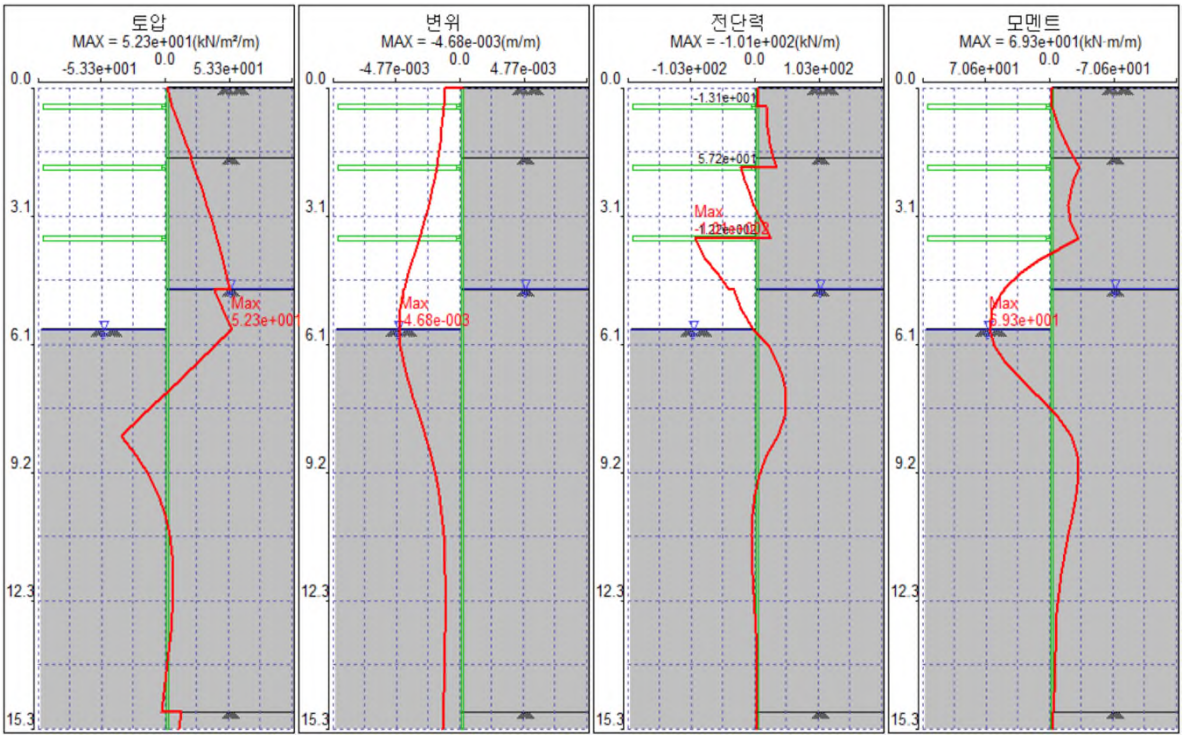
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.112 m]



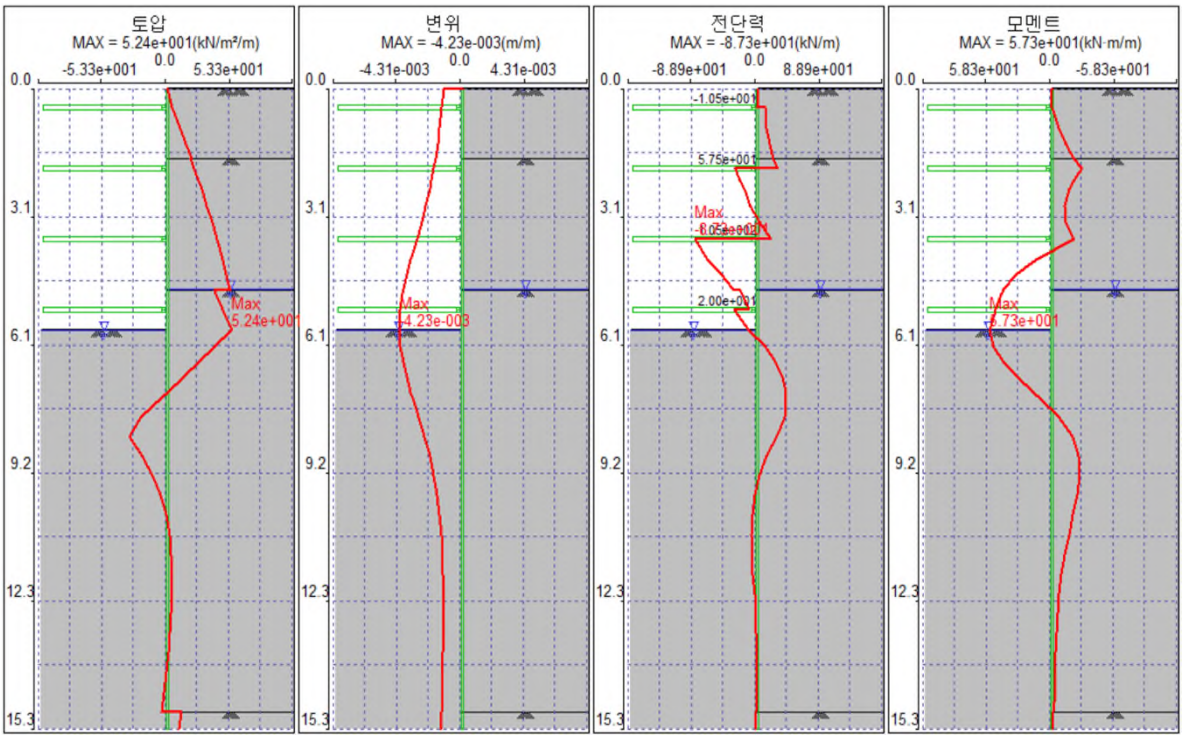
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



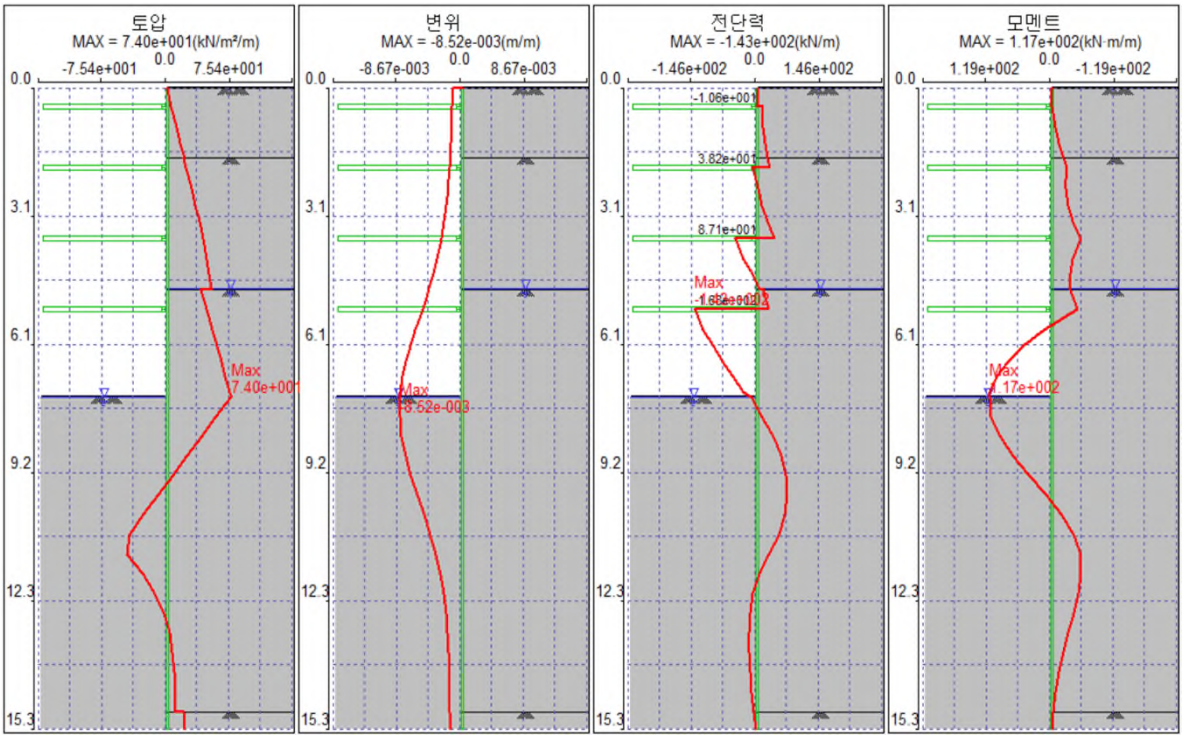
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.812 m]



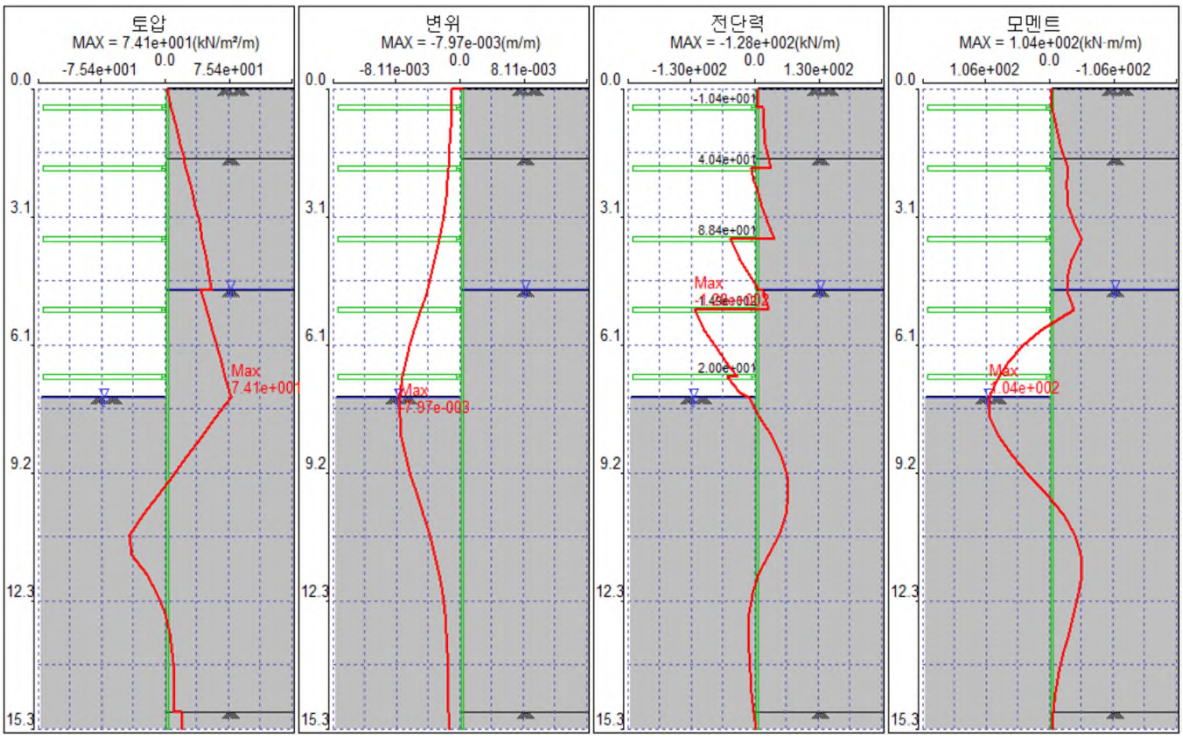
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



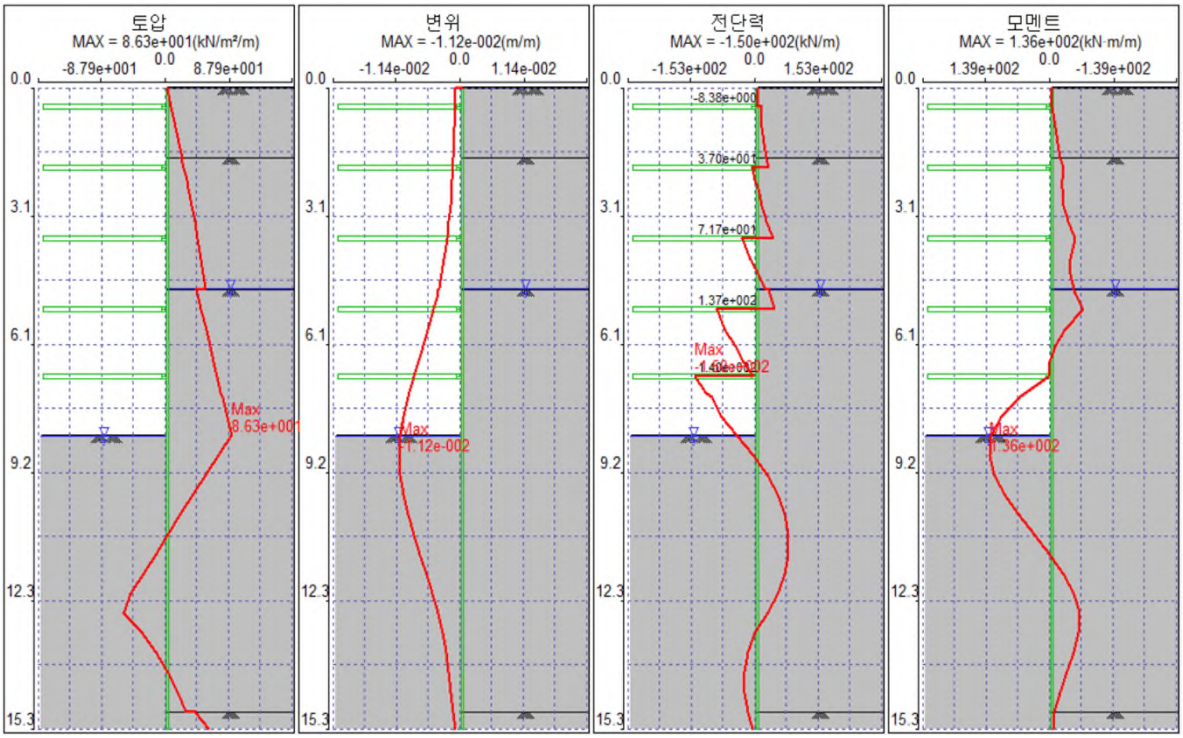
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.412 m]



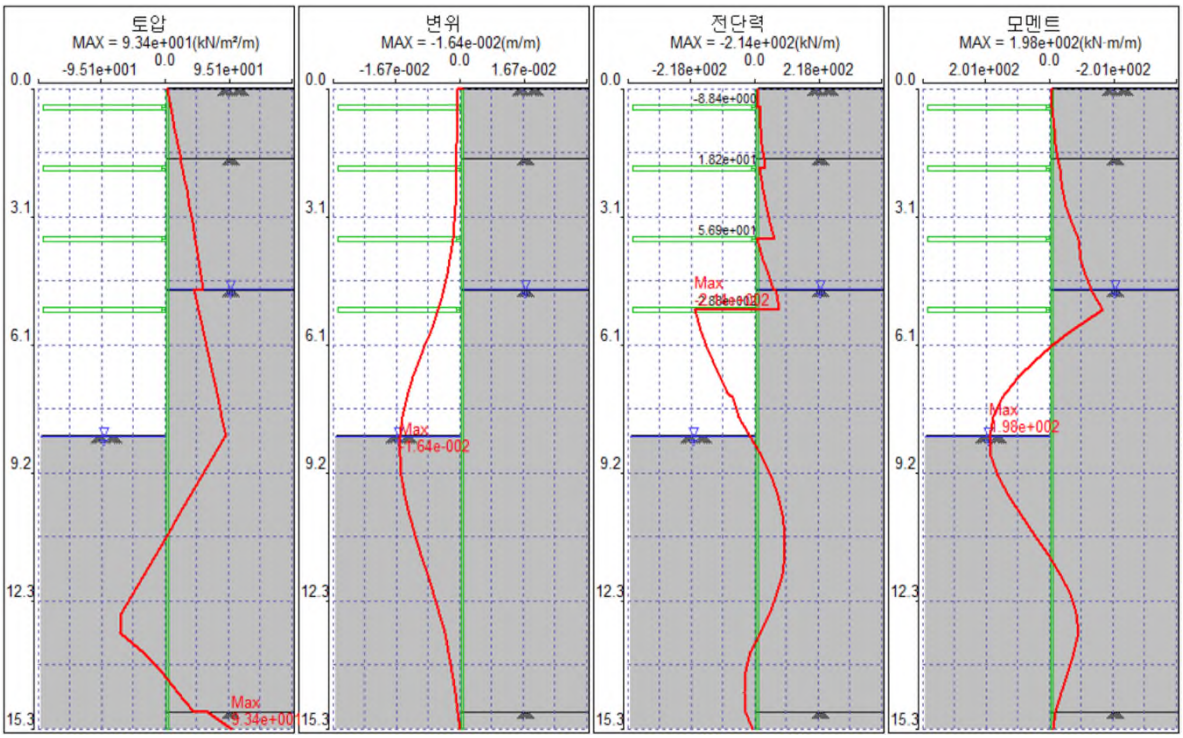
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



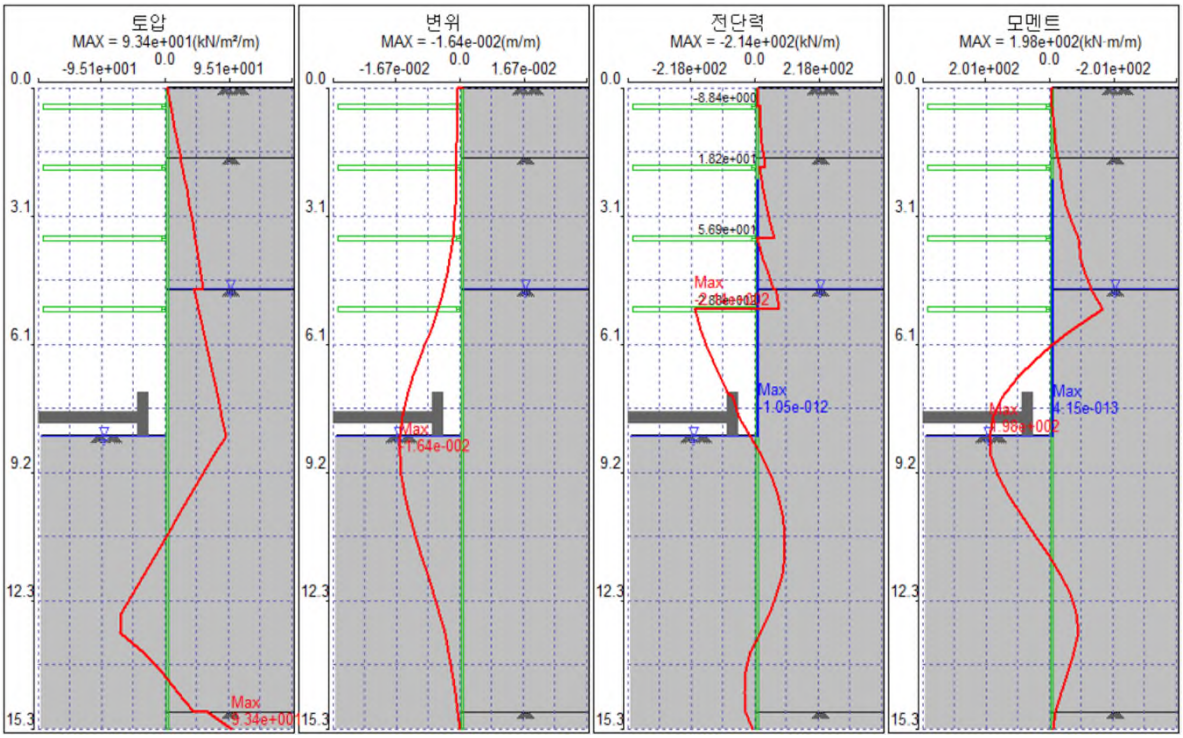
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 8.34 m]



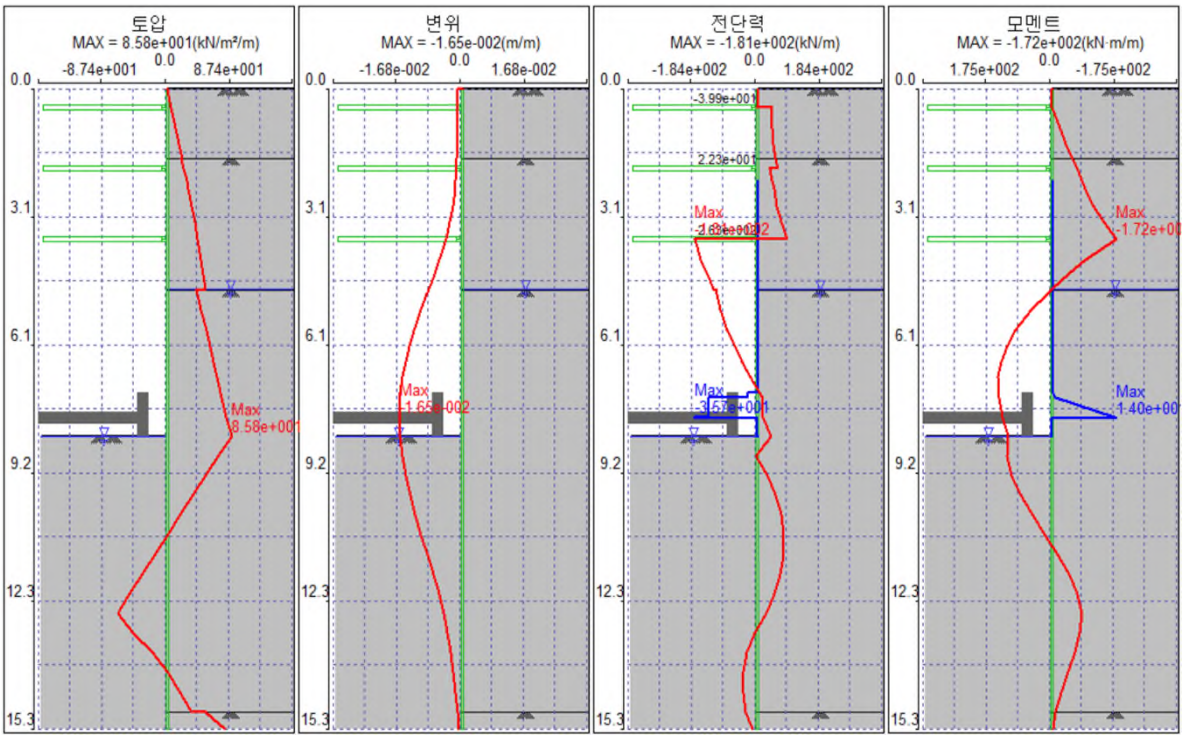
12) 시공 12 단계 [CS12 : 해체1]



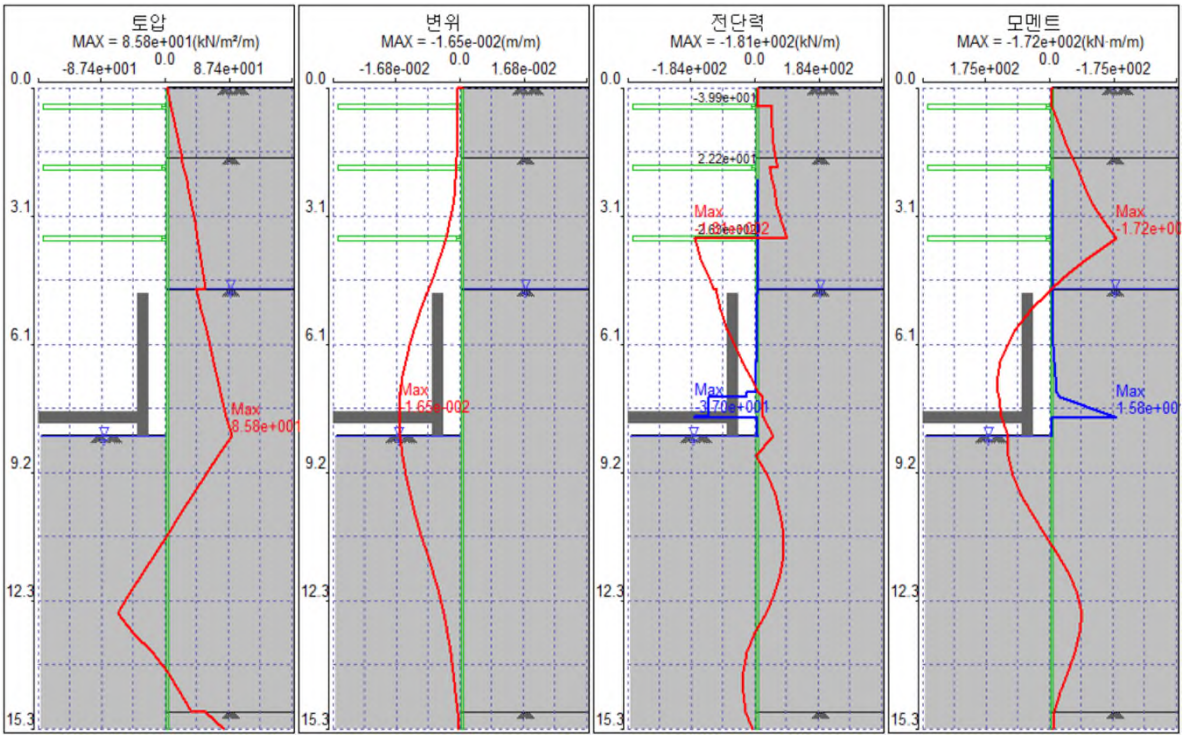
13) 시공 13 단계 [CS13 : 해체2]



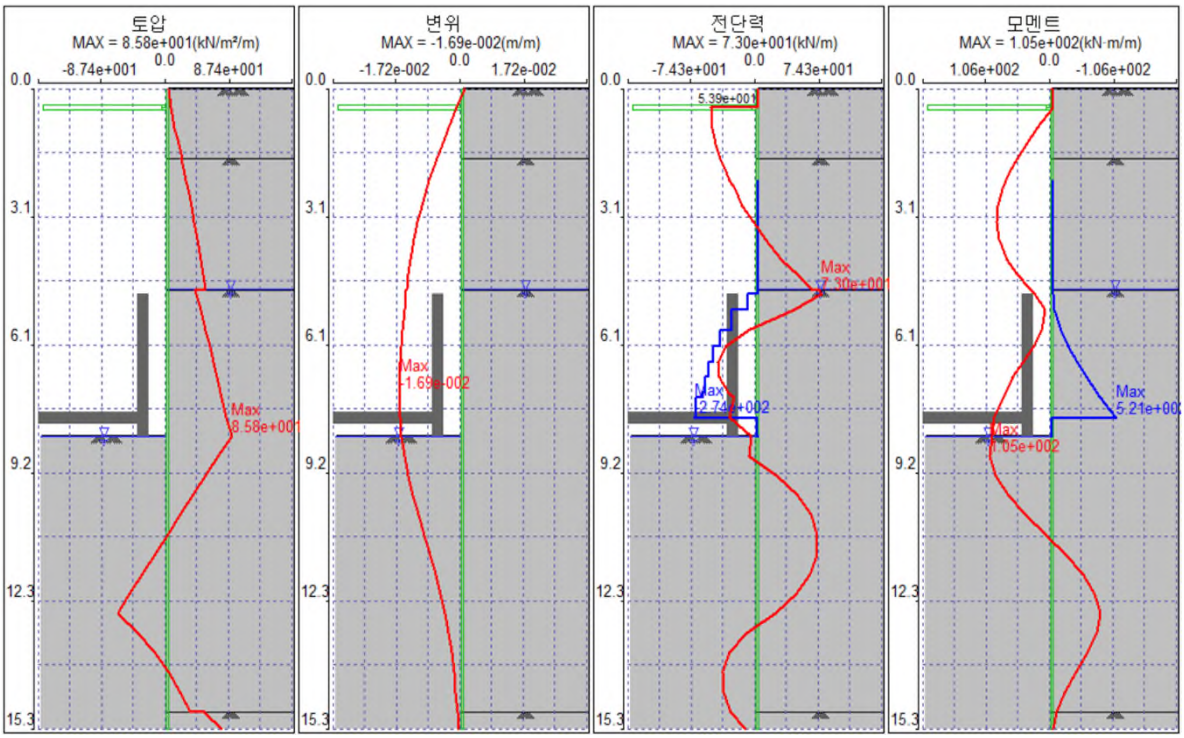
14) 시공 14 단계 [CS14 : 해체3]



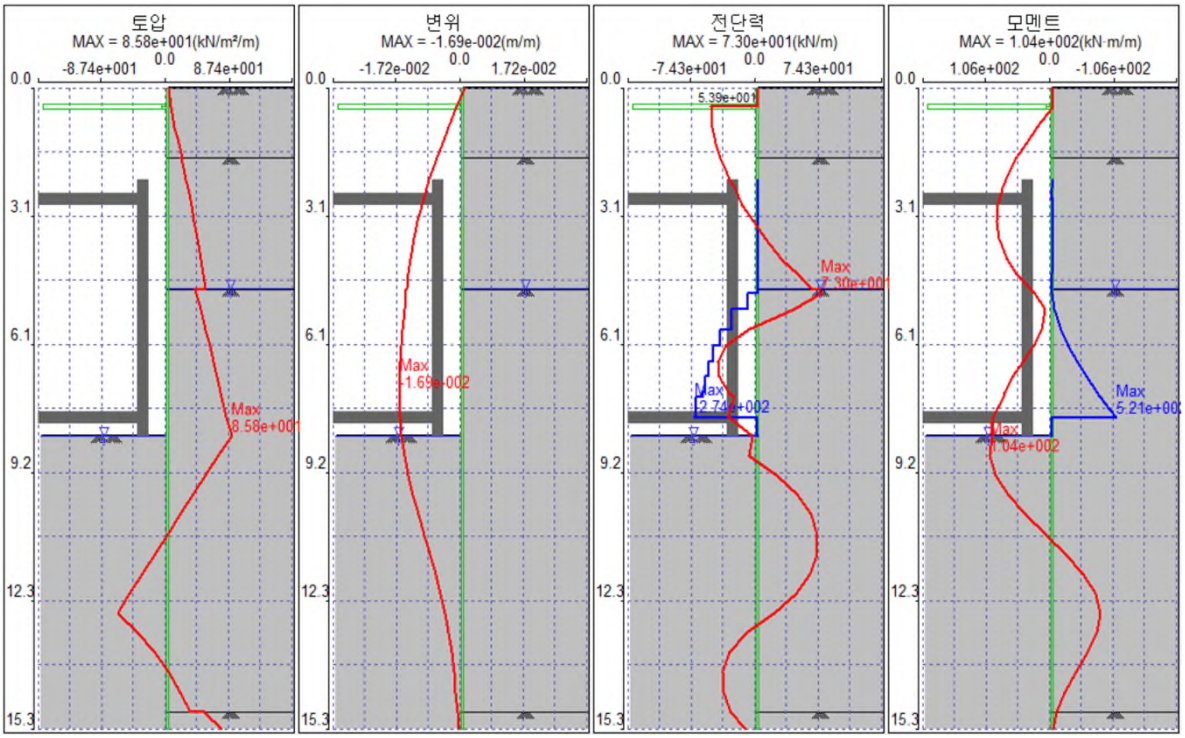
15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체4]



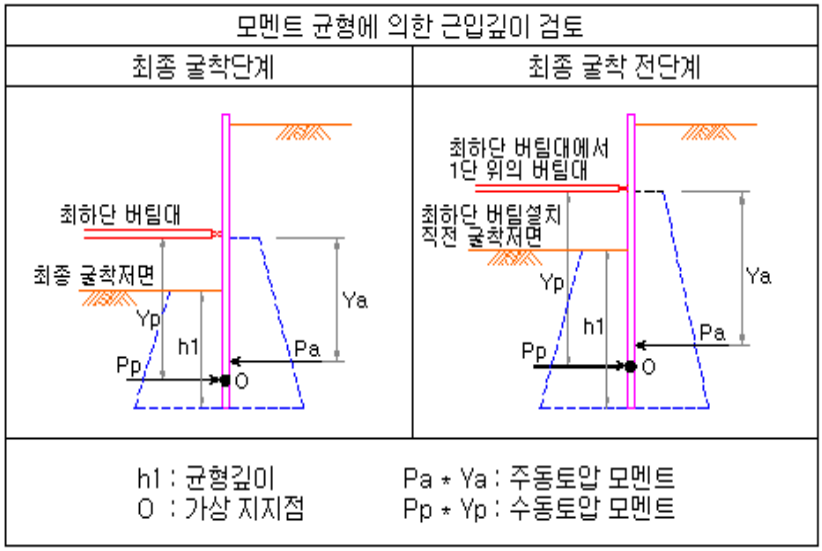
16) 시공 16 단계 [CS16 : 해체5]



17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	4.224	7.000	5055.234	7496.066	1.483	1.200	OK
최종 굴착 전단계	3.929	7.928	6804.407	11604.295	1.705	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -6.912 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 110.921 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.744 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 933.807 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.325 m

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

Ma = (110.921 x 0.744) + (933.807 x 5.325) = 5055.234 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1227.954 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.105 m

Mp = (Pp x Yp) = (1227.954 x 6.105) = 7496.066 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7496.066 / 5055.234 = 1.483

S.F. = 1.483 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.312 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 126.669 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.135 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1009.041 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.601 m

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

Ma = (126.669 x 1.135) + (1009.041 x 6.601) = 6804.407 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1570.453 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.389 m

Mp = (Pp x Yp) = (1570.453 x 7.389) = 11604.295 kN·m

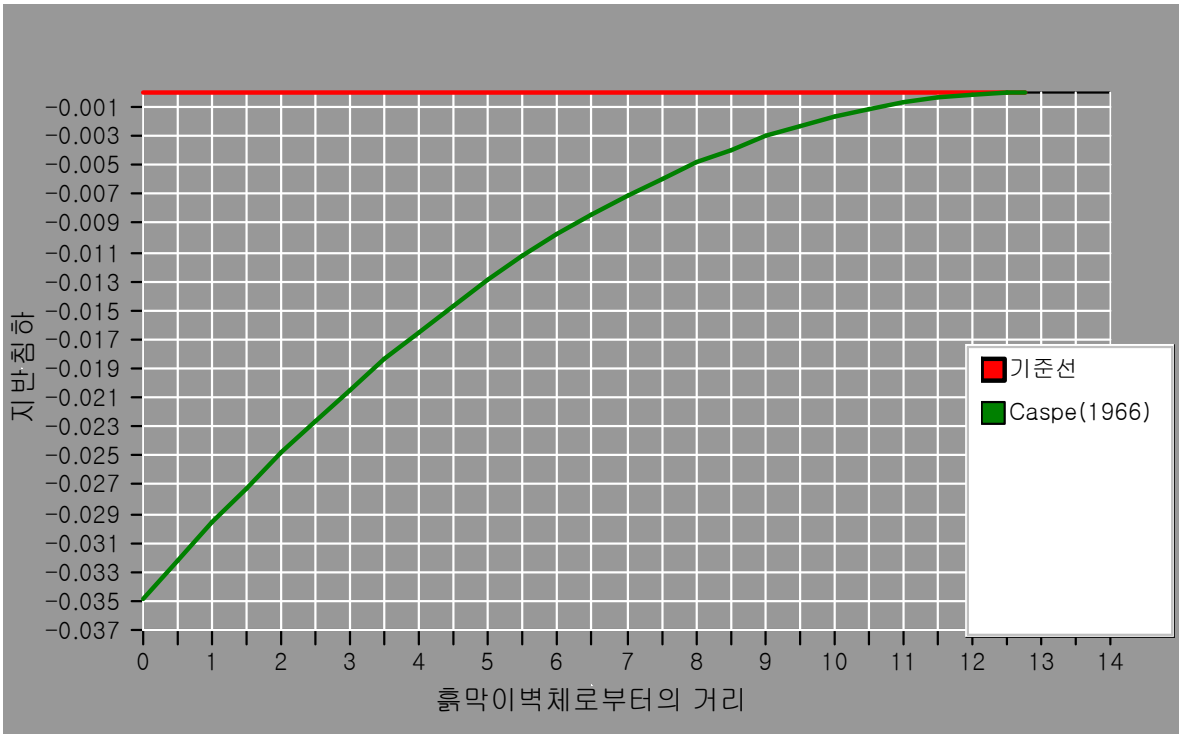
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11604.295 / 6804.407 = 1.705

S.F. = 1.705 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.111 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 8.34 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 30.546 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 30.546/2) = 14.01 m

Ht = Hp + Hw = 14.01 + 8.34 = 22.35 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 22.35 x tan(45-30.546/2) = 12.762 m

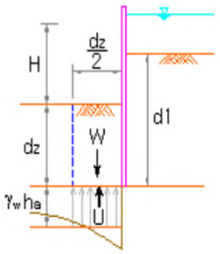
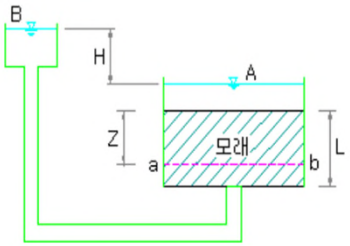
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.111 / 12.762 = -0.035 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.035 x ((12.762 - Xi) / 12.762)^2

12.5 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	61.950	269.500	4.350	0.202	1.100	5.449	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 1.77 x 7 / 2 = 61.95

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 61.95 = 4.35

S.F. = 4.35 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 3.54 / 17.54 = 0.202

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 10.997 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.202 = 5.449

S.F. = 5.449 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

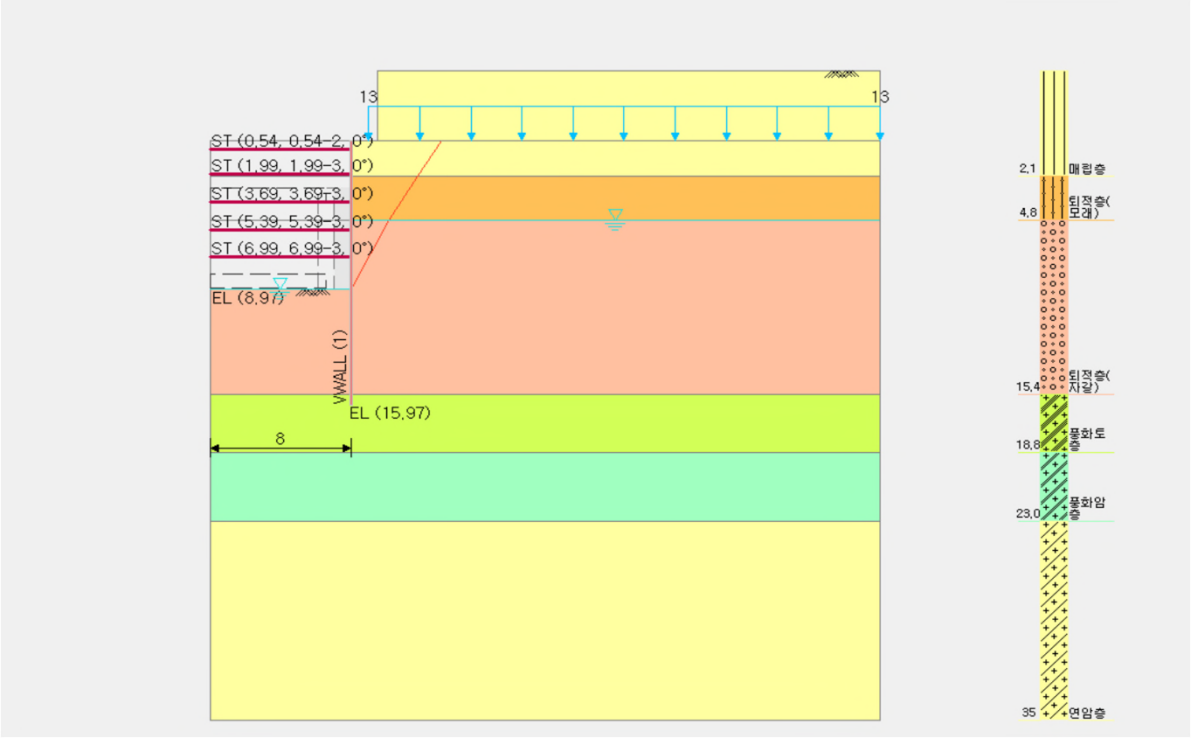
변 경

16. Ramp-D. 0+351.7~0+360(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
7.5 Strut 설계 (Strut-4)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
8.5 Strut-4 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 15.97m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.54, 0.54-2, 0°)
ST (1.99, 1.99-3, 0°)
ST (3.69, 3.69-3, 0°)
ST (5.39, 5.39-3, 0°)
ST (6.99, 6.99-3, 0°)
EL (8.97)
VWALL (1)
EL (15.97)
8
2.1
매립층
4.8
퇴적층(모래)
15.4
퇴적층(자갈)
18.8
풍화토층
23.0
풍화암층
35
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.54	휨응력	4.584	133.380	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	12.473	101.944	O.K		
		전단응력	1.917	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	1.99	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	71.890	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.69	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	75.720	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.39	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	56.279	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	6.99	휨응력	24.182	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	71.094	159.217	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.891	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.54	휨응력	27.841	182.334	O.K	
		전단응력	23.098	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.99	휨응력	165.329	171.711	O.K	
		전단응력	91.441	108.000	O.K	
Strut-2 H 440x300x11/18	3.69	휨응력	99.204	171.180	O.K	
		전단응력	88.548	108.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.39	휨응력	69.551	171.180	O.K	
		전단응력	62.080	108.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	6.99	휨응력	92.148	171.180	O.K	
		전단응력	82.251	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	66.015	182.547	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	51.435	180.753	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 15.97	휨응력	79.428	243.000	O.K	
		전단응력	15.746	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 : 2.00	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
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
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)	-	
	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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

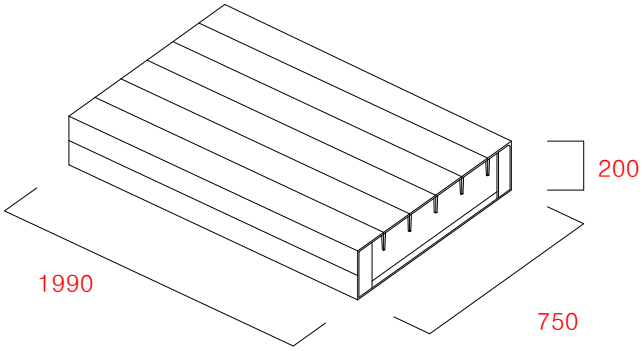
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

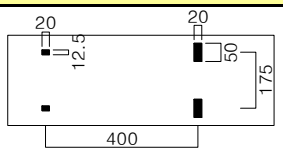
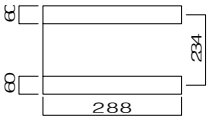
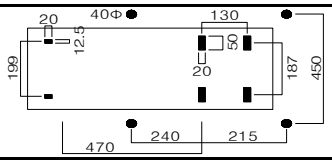
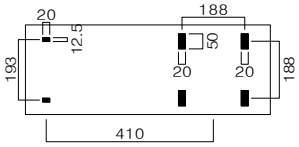
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

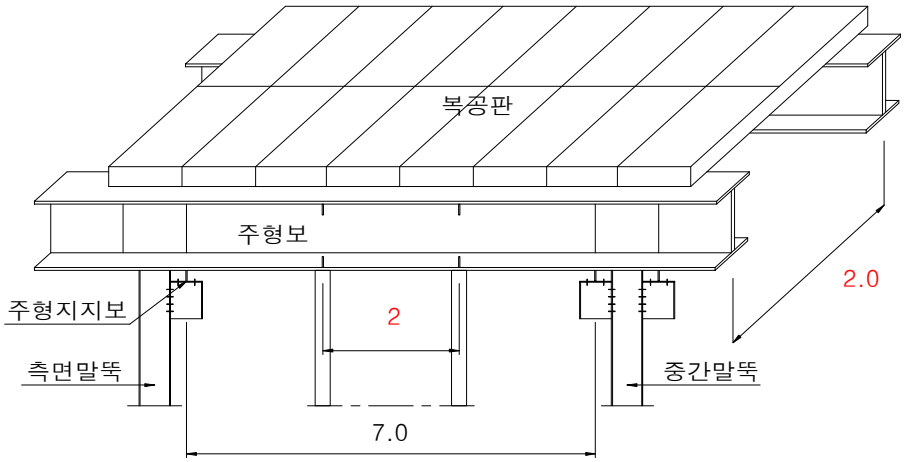
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

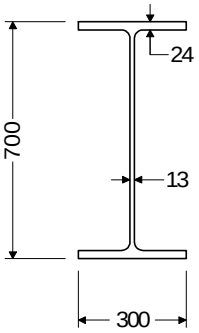
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

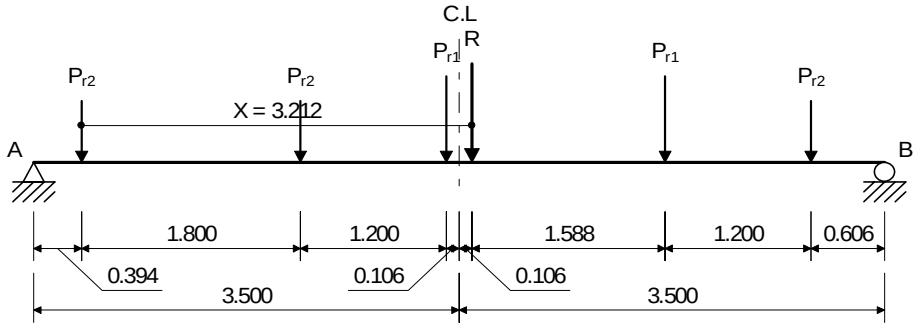
(3) 전륜하중

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

(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

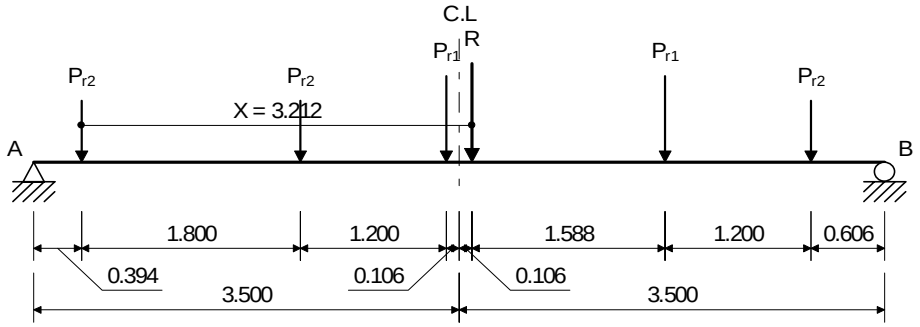
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

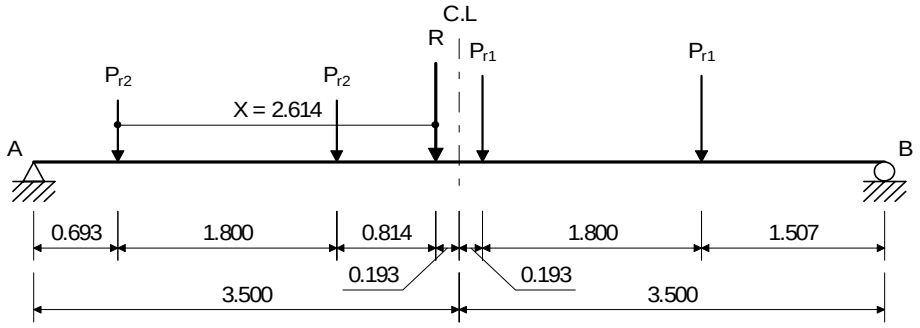
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

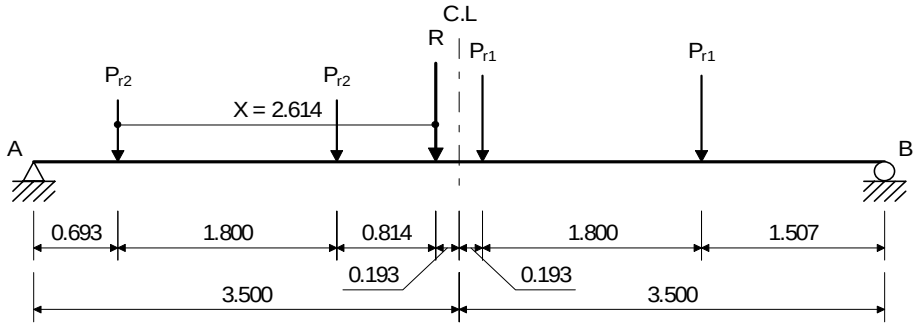


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

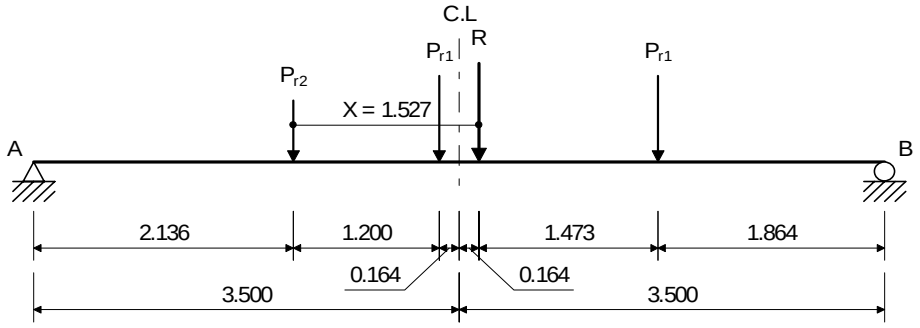
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

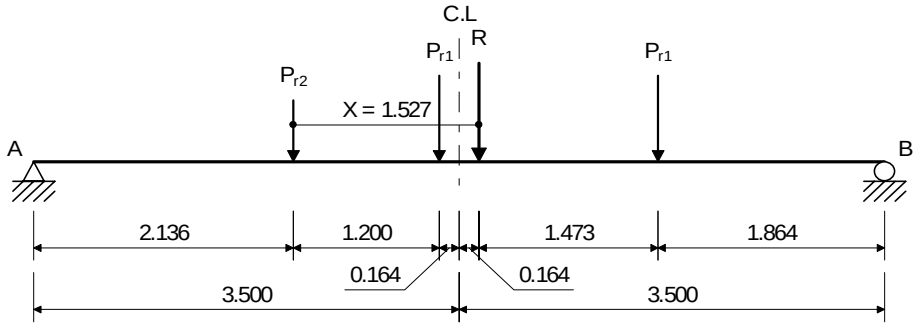


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

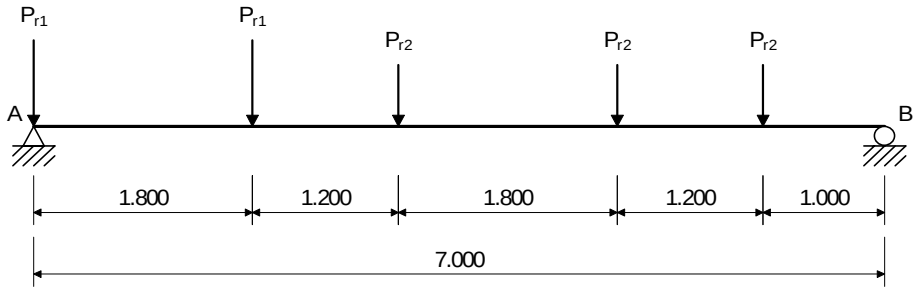


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

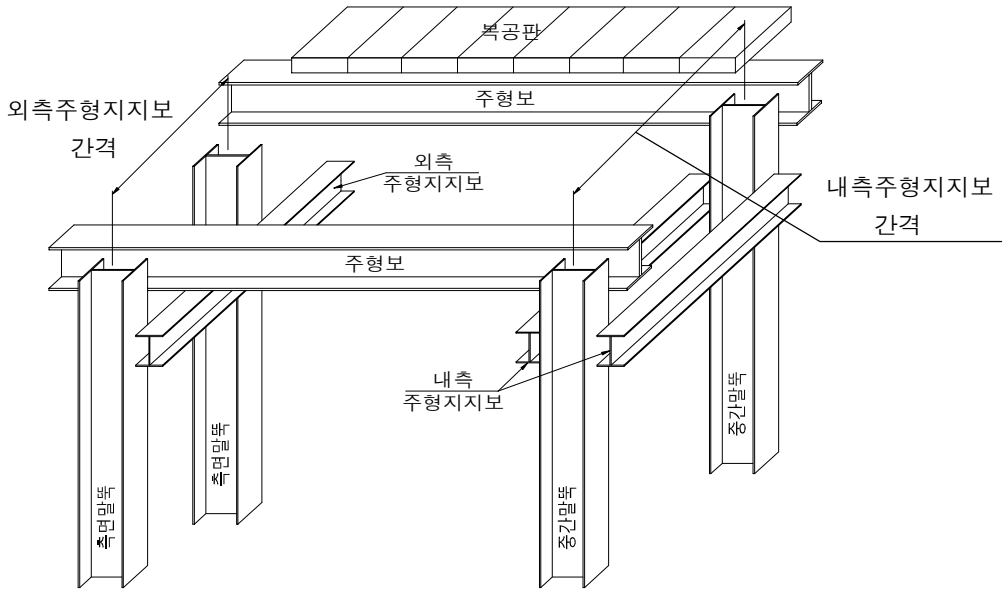
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

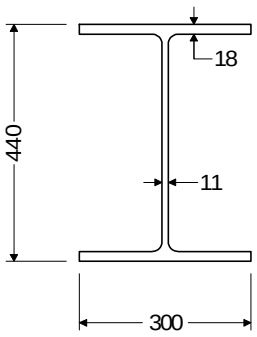
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

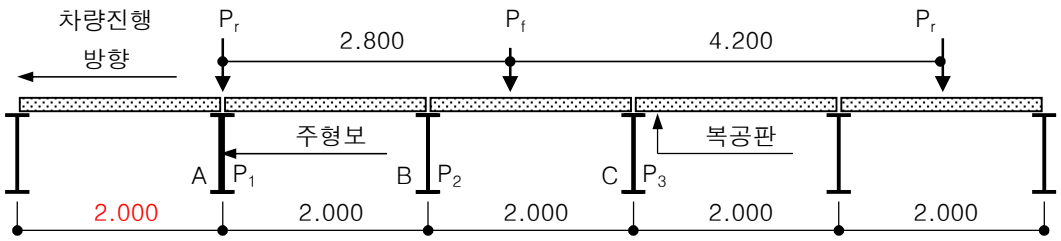


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



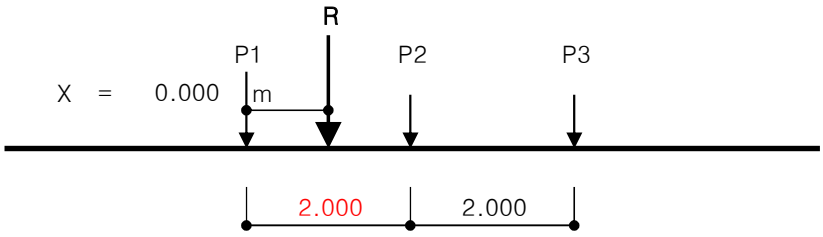
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

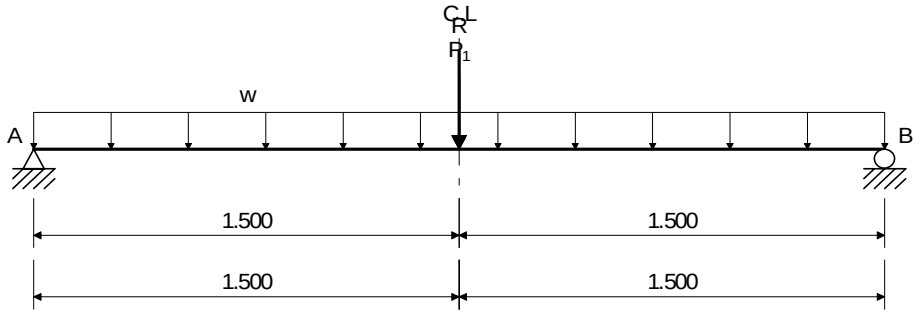


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

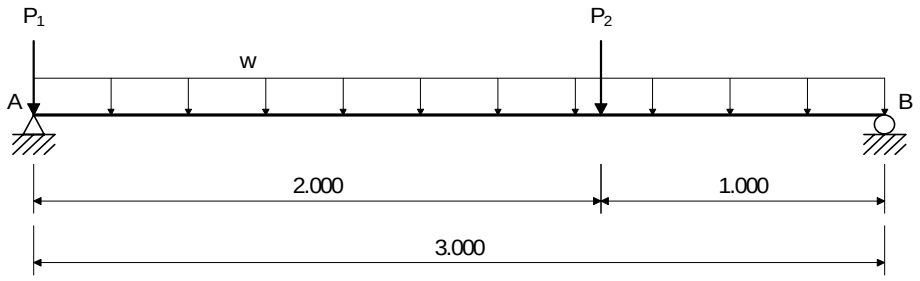
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357877 + 16250)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

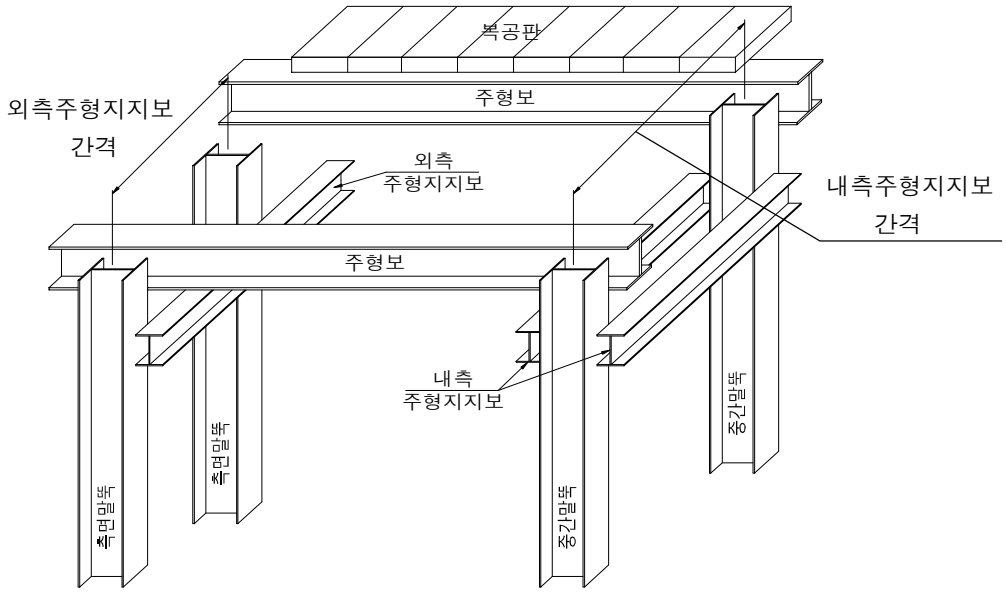
= 4.90 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.90 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

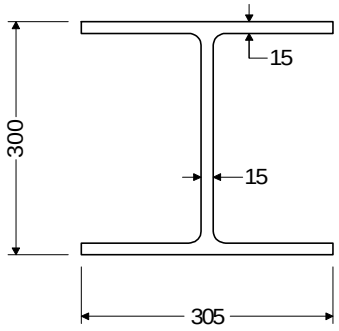
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

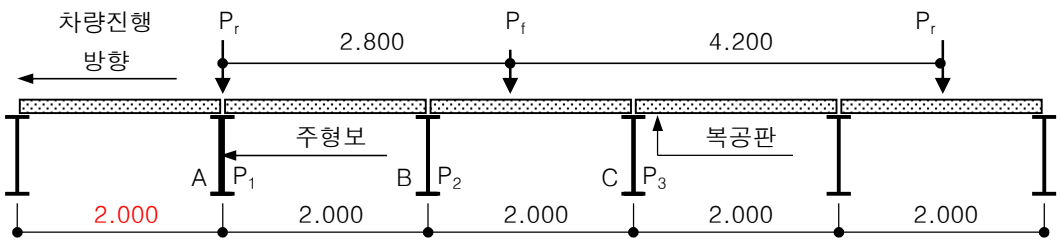


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



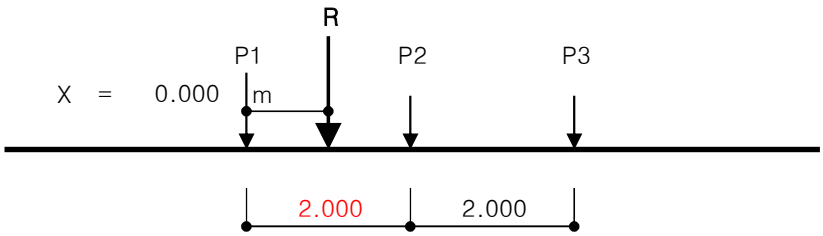
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

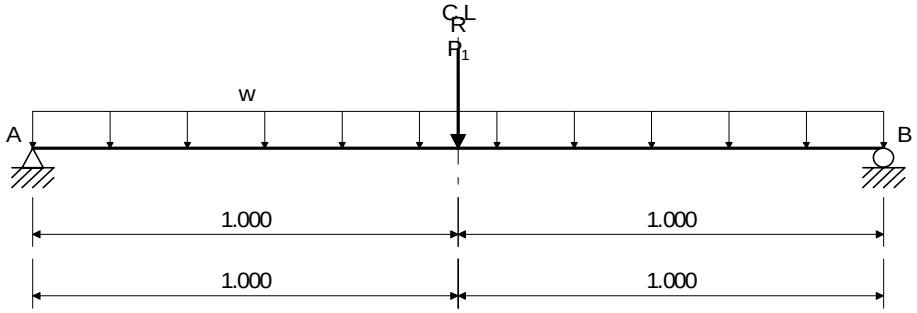


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

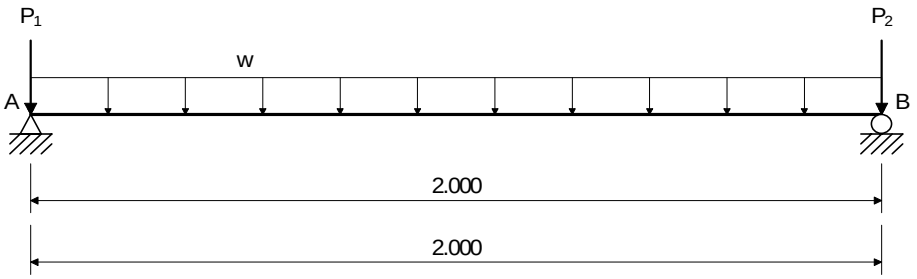
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

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

= (334761 + 16250)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.60 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.60 ea ---> O.K

7.지보재 설계

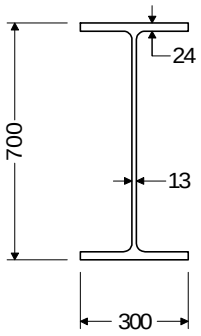
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 86.864 kN/m ---> 주형보 (CS16 : 해체5)
= 86.864 x 2.00 / 1 단
= 173.728 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 173.728 + 120.0 = 293.728 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 5760000.0 = 4.584 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 293.728 x 1000 / 23550 = 12.473 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.250 x 1000 / 8476 = 1.917 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.258

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (17.057 − 7.888) / 17.057

= 0.538

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6500 / 293

22.184 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (22.184 − 20))

= 186.523 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 186.523 MPa

L_y / R_y = 6500 / 67.8

95.870 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 95.870²)

= 101.944 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 101.944 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 101.944 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6500 / 300

= 21.667 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.667 − 4.5))

= 133.380 MPa

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

= 133.380 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (22.184)²

= 3291.725 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 101.944 MPa > f_c = 12.473 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 133.380 MPa > f_b = 4.584 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.917 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{12.473}{101.944} + \frac{4.584}{133.380 \times (1 - (12.473 / 3291.725))}$$

$$= 0.157 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 12.473 + \frac{4.584}{1 - (12.473 / 3291.725)}$$

$$= 17.074 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.157 , 0.090)

= 0.157 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{17.057}{101.944} + \left\{ \frac{1.917}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.168 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

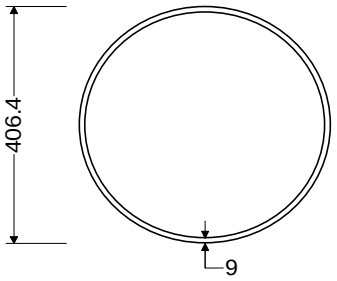
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 229.257 kN/m ---> Strut-1 (CS15 : 해체4)
= 229.257 x 3.00 / 1 단
= 687.770 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 687.770 + 120.0 = 807.770 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 807.770 x 1000 / 11236.2 = 71.890 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.050 x 9)

= 21.496 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.050

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (96.071 − 47.708) / 96.071

= 0.503 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 71.890 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.182 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.891 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{71.890}{159.217} + \frac{24.182}{189.000 \times (1 - (71.890 / 756.904))}$$

$$= 0.593 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 71.890 + \frac{24.182}{1 - (71.890 / 756.904)}$$

$$= 98.609 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.593 , 0.522)

= 0.593 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{96.071}{159.217} + \left\{ \frac{2.891}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.604 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

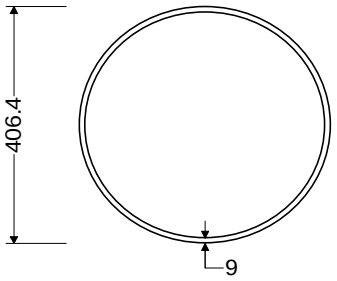
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 243.601 kN/m ---> Strut-2 (CS14 : 해체3)
= 243.601 x 3.00 / 1 단
= 730.802 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 730.802 + 120.0 = 850.802 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 850.802 x 1000 / 11236.2 = 75.720 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.048 x 9)

= 21.535 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.048

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (99.901 − 51.538) / 99.901

= 0.484 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 75.720 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.182 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.891 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{75.720}{159.217} + \frac{24.182}{189.000 \times (1 - (75.720 / 756.904))}$$

$$= 0.618 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 75.720 + \frac{24.182}{1 - (75.720 / 756.904)}$$

$$= 102.589 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.618 , 0.543)

= 0.618 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{99.901}{159.217} + \left\{ \frac{2.891}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.628 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

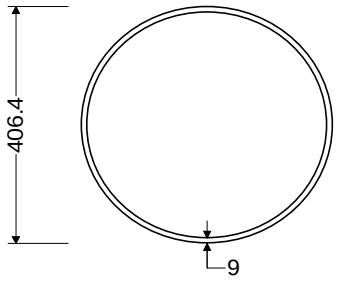
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 170.786 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.49 m)
= 170.786 x 3.00 / 1 단
= 512.357 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 512.357 + 120.0 = 632.357 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 x 1000000 / 1092000.0 = 24.182 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 632.357 x 1000 / 11236.2 = 56.279 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.891 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.060 x 9)

= 21.298 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.060

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (80.460 − 32.097) / 80.460

= 0.601 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 56.279 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.182 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.891 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{56.279}{159.217} + \frac{24.182}{189.000 \times (1 - (56.279 / 756.904))}$$

$$= 0.492 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 56.279 + \frac{24.182}{1 - (56.279 / 756.904)}$$

$$= 82.403 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.492 , 0.436)

= 0.492 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{80.460}{159.217} + \left\{ \frac{2.891}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.506 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

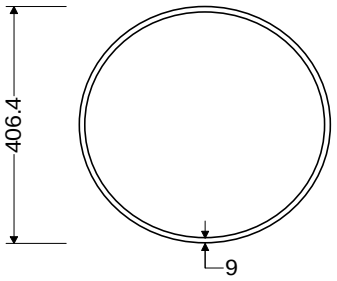
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.500 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} = 226.276 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 8.97 m)
= 226.276 x 3.00 / 1 단
= 678.827 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 678.827 + 120.0 = 798.827 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.500 x 6.500 / 8 / 1 단
= 26.406 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.500 / 2 / 1 단
= 16.250 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 26.406 \times 1000000 / 1092000.0 = 24.182$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 798.827 \times 1000 / 11236.2 = 71.094$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.250 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 2.891$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.051 x 9)

= 21.487 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.051

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (95.276 − 46.912) / 95.276

= 0.508 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6500 / 140.5

46.263 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (46.263 − 20))

= 159.217 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.217 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.263)^2

= 756.904 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.217 MPa > f_c = 71.094 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.182 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.891 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{71.094}{159.217} + \frac{24.182}{189.000 \times (1 - (71.094 / 756.904))}$$

$$= 0.588 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 71.094 + \frac{24.182}{1 - (71.094 / 756.904)}$$

$$= 97.782 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.588 , 0.517)

= 0.588 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{95.276}{159.217} + \left\{ \frac{2.891}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.599 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

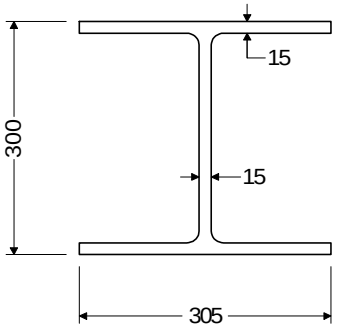
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

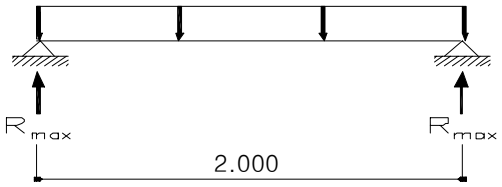
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 86.864 kN/m ---> 주형보 (CS16 : 해체5)

P = 86.864 × 2.00 m / 1 ea = 173.728 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 173.728 / (13 × 2.000)
= 80.182 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 80.182 × 2.000^2 / 8
= 40.091 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 80.182 × 2.000 / 12
= 93.546 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 40.091 x 1000000 / 1440000.0 = 27.841 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 93.546 x 1000 / 4050 = 23.098 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (27.841 + 27.841) / 27.841$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 27.841 MPa ---> O.K

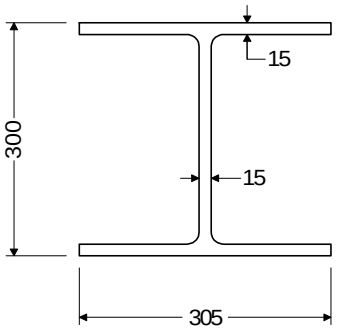
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 23.098 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

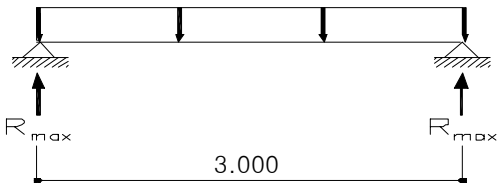
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 229.257 kN/m ---> Strut-1 (CS15 : 해체4)

$P = 229.257 \times 3.00\ m / 1\ ea = 687.770\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 687.770 / (13 \times 3.000)$
$= 211.621\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 211.621 \times 3.000^2 / 8$
$= 238.074\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 211.621 \times 3.000 / 12$
$= 370.338\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 238.074 \times 1000000 / 1440000.0 = 165.329$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 370.338 \times 1000 / 4050 = 91.441$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (165.329 + 165.329) / 165.329$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 165.329$ MPa ---> O.K

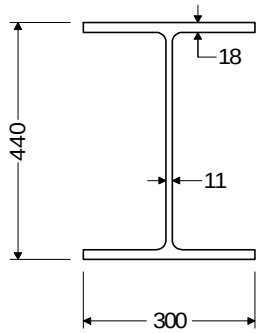
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 91.441$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

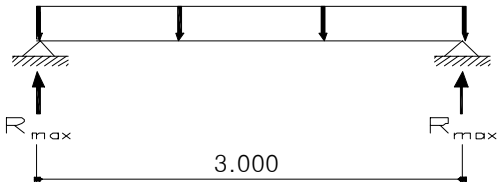
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 243.601 kN/m ---> Strut-2 (CS14 : 해체3)

P = 243.601 × 3.00 m / 1 ea = 730.802 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 730.802 / (13 × 3.000)
= 224.862 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 224.862 × 3.000 ^{2} / 8
= 252.970 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 224.862 × 3.000 / 12
= 393.509 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 252.970 x 1000000 / 2550000.0 = 99.204 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 393.509 x 1000 / 4444 = 88.548 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (99.204 + 99.204) / 99.204$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 99.204 MPa ---> O.K

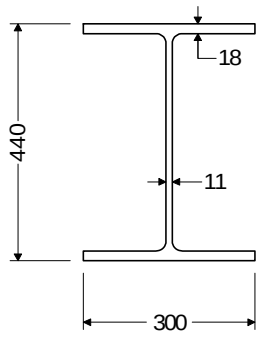
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 88.548 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

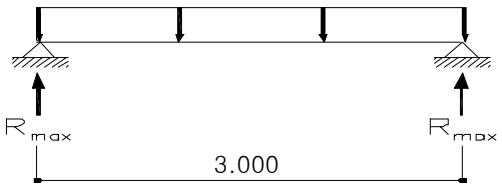
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 170.786 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.49 m)

$P = 170.786 \times 3.00\ m / 1\ ea = 512.357\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore\ W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 512.357 / (13 \times 3.000)$
$= 157.648\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 157.648 \times 3.000^{2} / 8$
$= 177.354\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 157.648 \times 3.000 / 12$
$= 275.885\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 177.354 \times 1000000 / 2550000.0 = 69.551$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 275.885 \times 1000 / 4444 = 62.080$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (69.551 + 69.551) / 69.551$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.180$ MPa > $f_b = 69.551$ MPa ---> O.K

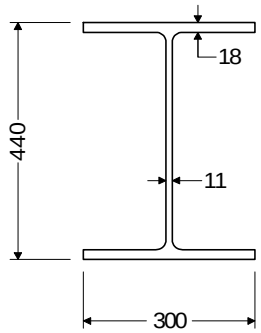
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 62.080$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

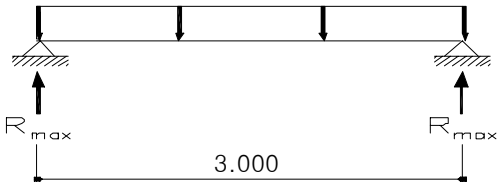
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 226.276 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 8.97 m)

P = 226.276 × 3.00 m / 1 ea = 678.827 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 678.827 / (13 × 3.000)
= 208.870 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 208.870 × 3.000^2 / 8
= 234.978 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 208.870 × 3.000 / 12
= 365.522 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 234.978 x 1000000 / 2550000.0 = 92.148 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 365.522 x 1000 / 4444 = 82.251 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (92.148 + 92.148) / 92.148$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 92.148 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.251 MPa ---> O.K

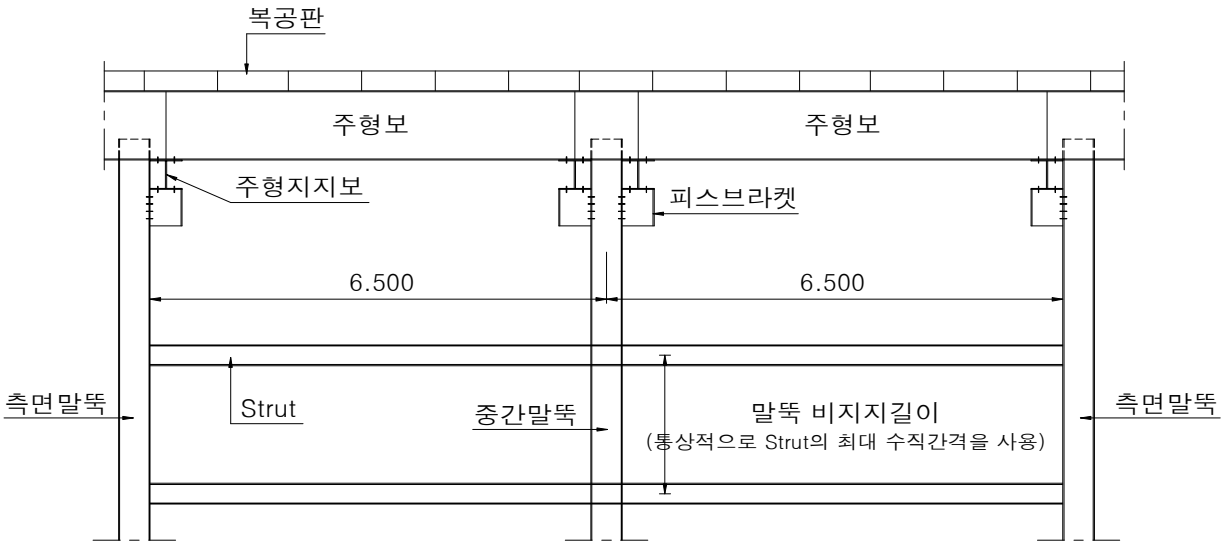
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.500 + 6.500 = 13.000 m

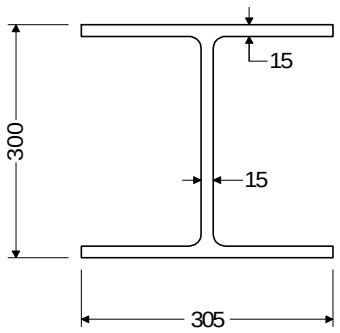
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 16.930 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 68.800 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 6.540 kN

ΣP_s = 97.050 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.500) / 2 = 18.516 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.500) / 2 = 18.516 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.500)

= 0.323 > 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

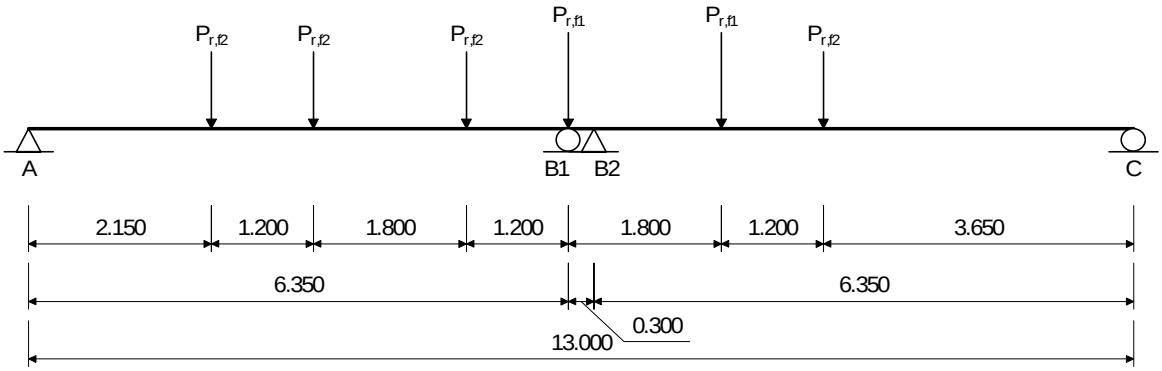
(2) 전륜하중

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 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 + 93.600 x 2.150) / 6.350

= 281.783 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.850 + 93.600 x 3.650) / 6.350

= 149.121 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 281.783 x 1.00 = 281.783 kN

P_{r2} = 149.121 x 1.00 = 149.121 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350 + 23.400 x 2.150) / 6.350

= 70.446 kN

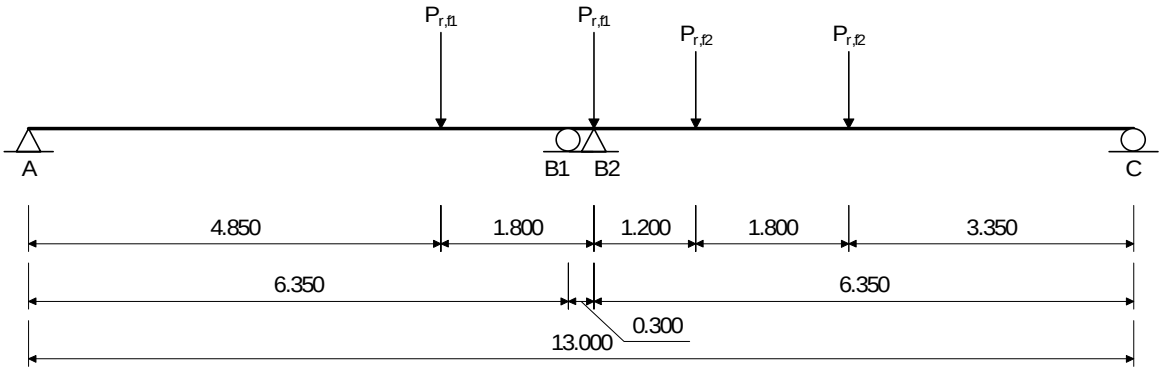
R_{B2} = (31.200 x 4.850 + 23.400 x 3.650) / 6.350

= 37.280 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 70.446 x 1.00 = 70.446 kN

P_{f2} = 37.280 x 1.00 = 37.280 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.850) / 6.350

= 95.320 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.350 + 93.600 x 5.150 + 93.600 x 3.350) / 6.350

= 250.091 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 95.320 x 1.00 = 95.320 kN

P_{r2} = 250.091 x 1.00 = 250.091 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.850) / 6.350

= 23.830 kN

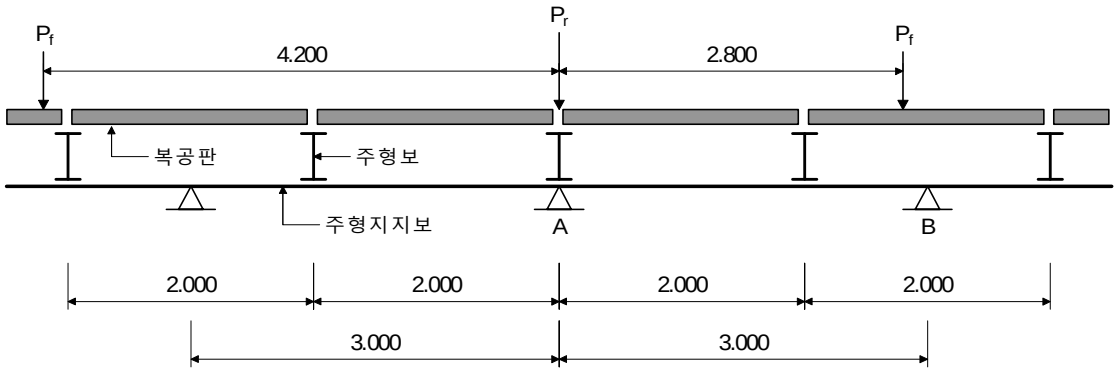
R_{B2} = (31.200 x 6.350 + 23.400 x 5.150 + 23.400 x 3.350) / 6.350

= 62.523 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.830 x 1.00 = 23.830 kN

P_{f2} = 62.523 x 1.00 = 62.523 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (281.783 x 3.000 + 70.446 x 0.200) / 3.000

= 286.479 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

= 286.479 + 18.516 x 3.00 / 2.00 = 314.254 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (250.091 x 3.000 + 62.523 x 0.200) / 3.000

= 254.260 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

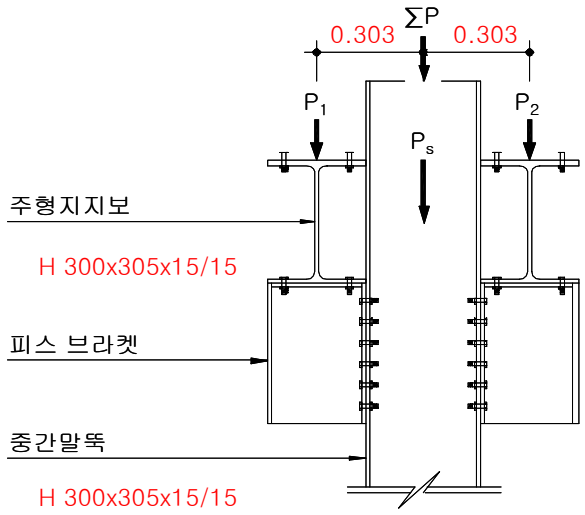
= 254.260 + 18.516 x 3.00 / 2.00 = 282.034 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 314.254 + 282.034 + 97.050 = 693.338 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 693.338 x 1000 / 13480 = 51.435 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 95.062 x 1000000 / 1440000 = 66.015 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 314.254 x 0.303 = 95.062 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.968

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (117.450 − −14.581) / 117.450

= 1.124

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 1980 / 126

15.714 ---> Lx/Rx ≤ 20 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

L_y / R_y = 1980 / 72.6

27.273 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (27.273 − 20))

= 180.753 MPa

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

= 180.753 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 180.753 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1980 / 305

= 6.492 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.492 − 4.5))

= 182.547 MPa

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

= 182.547 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (15.714)^2

= 6560.331 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 180.753 MPa > f_c = 51.435 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.547 MPa > f_b = 66.015 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{51.435}{180.753} + \frac{66.015}{182.547 \times (1 - (51.435 / 6560.331))}$$

$$= 0.649 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 51.435 + \frac{66.015}{1 - (51.435 / 6560.331)}$$

$$= 117.971 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.649 , 0.624)

= 0.649 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 693.34 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)	=	45	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	29.6	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	15.970	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 45 x 0.0915 + 0.2 x 30 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 217.334 tonf

= 2131.32 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2131.32 / 2.0

= 1065.658 kN

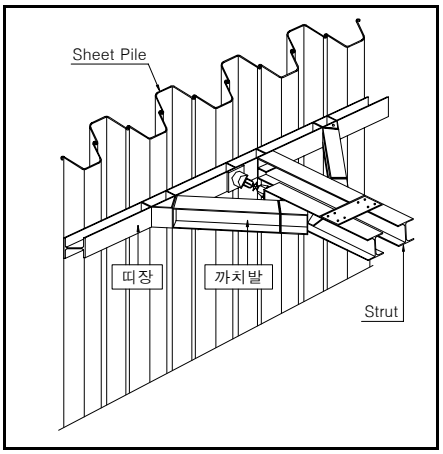
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 15.97m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 180.302 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS12 : 해체1)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 180.302 (kN·m/m) × 1.00 m = 180.302 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 207.538 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS11 : 굴착 8.97 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 207.538 (kN/m) × 1.00 m = 207.538 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{180.302 \times 10^6}{2270000.00} = 79.428 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{207.538 \times 10^3}{13180.00} = 15.746 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 8.97 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	2.14	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.80	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	15.35	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	18.82	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	23.01	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	15.97	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.54	2	6.5	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.99	3	6.5	60	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.69	3	6.5	60	1
4	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.39	3	6.5	60	1
5	Strut-4	P 406.4x9	SS400	6.99	3	6.5	60	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	3.33	0	6.55	C27	0.9	-
2	기초	8.47	0	6.55	C27	0.9	-
3	벽체	6.55	2.83	8.97	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 8.97 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.04	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.49	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.19	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	5.89	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.49	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	8.97	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	-	-	7.88	-	-	-	X	X
13	-		Strut-3 Strut-4	-	-	-	-	X	X
14	-	-	-	5.49	-	-	-	X	X
15	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
16	-	-	-	2.83	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 1.04 m	1.04	7.29	1.5	-3.95	3.7	0.57	10.0	-8.91	2.5
CS2 : 생성 주형보	1.04	7.29	1.5	-3.95	3.7	0.57	10.0	-8.91	2.5
CS3 : 굴착 2.49 m	2.49	18.22	3.3	-26.59	0.5	27.70	2.1	-15.12	5.9
CS4 : 생성 Strut-1	2.49	11.18	4.8	-19.79	2.0	14.23	2.5	-11.70	5.9
CS5 : 굴착 4.19 m	4.19	38.22	5.1	-64.40	2.0	44.00	3.7	-19.04	7.0
CS6 : 생성 Strut-2	4.19	30.96	5.1	-51.76	2.0	29.34	4.2	-15.21	6.6
CS7 : 굴착 5.89 m	5.89	45.68	7.5	-104.12	3.7	69.70	5.9	-31.59	3.7
CS8 : 생성 Strut-3	5.89	40.18	7.5	-89.82	3.7	57.43	5.9	-27.53	2.0
CS9 : 굴착 7.49 m	7.49	66.73	10.0	-144.33	5.4	118.51	7.5	-56.03	3.7
CS10 : 생성 Strut-4	7.49	62.66	10.0	-128.71	5.4	106.19	7.5	-51.83	3.7
CS11 : 굴착 8.97 m	8.97	85.09	11.9	-207.54	7.0	180.26	9.5	-89.92	5.4
CS12 : 해체1	8.97	85.10	11.9	-207.49	7.0	180.30	9.5	-89.91	5.4
CS13 : 해체2	8.97	88.00	8.6	-170.06	3.7	126.88	7.0	-152.65	3.7
CS14 : 해체3	8.97	88.02	8.6	-170.06	3.7	126.88	7.0	-152.65	3.7
CS15 : 해체4	8.97	102.52	2.0	-126.74	2.0	81.90	7.0	-138.09	2.0
CS16 : 해체5	8.97	102.52	2.0	-126.73	2.0	81.96	7.0	-138.09	2.0
TOTAL		102.52	2.0	-207.54	7.0	180.30	9.5	-152.65	3.7

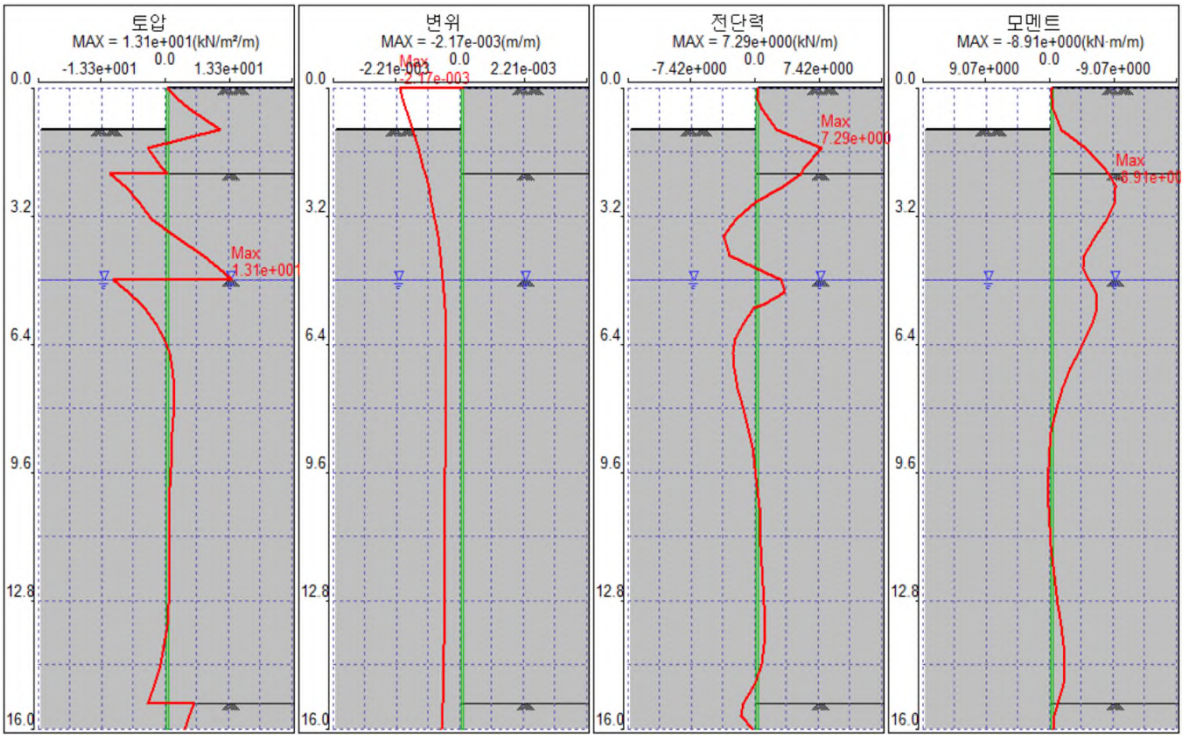
12.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

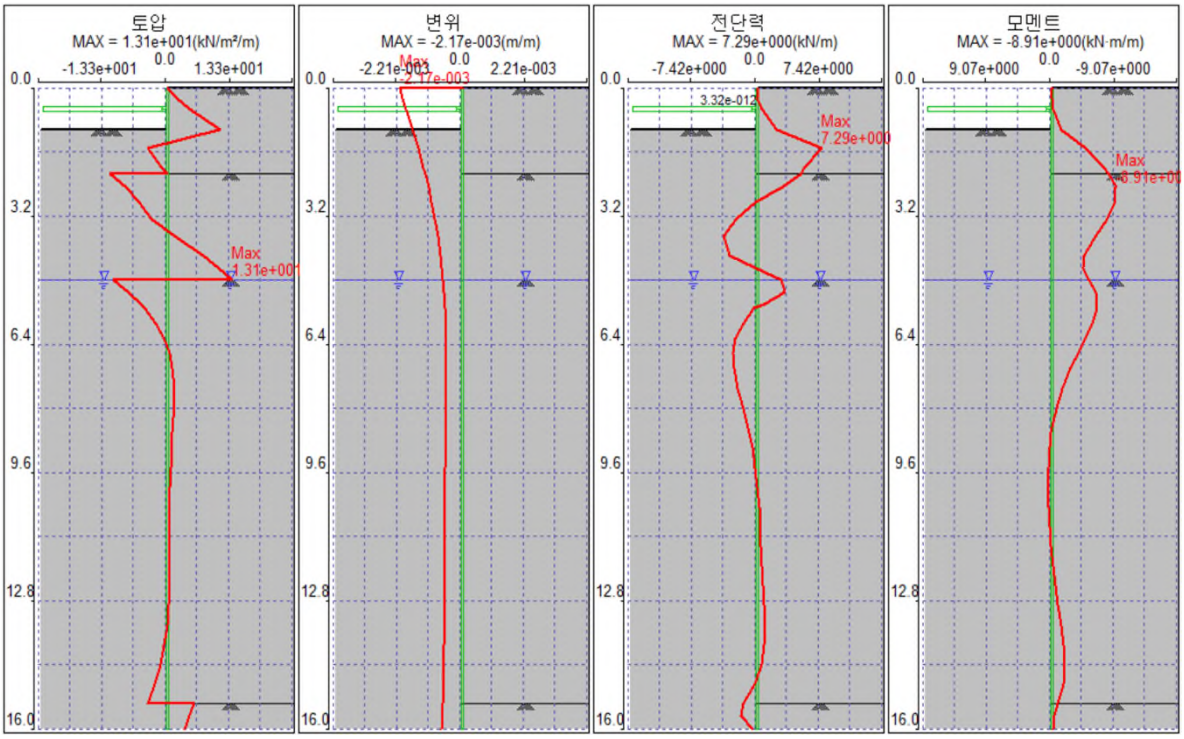
시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.54 (m)	1.99 (m)	3.69 (m)	5.39 (m)	6.99 (m)
CS1 : 굴착 1.04 m	1.04	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	1.04	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.49 m	2.49	27.05	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.49	15.47	20.00	-	-	-
CS5 : 굴착 4.19 m	4.19	-1.01	81.07	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.19	3.51	63.91	20.02	-	-
CS7 : 굴착 5.89 m	5.89	-13.36	59.52	125.62	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	5.89	-10.63	59.90	108.22	20.00	-
CS9 : 굴착 7.49 m	7.49	-10.68	40.20	89.84	170.79	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.49	-10.56	42.45	91.20	151.45	20.00
CS11 : 굴착 8.97 m	8.97	-6.68	36.73	60.54	122.63	226.28
CS12 : 해체1	8.97	-6.68	36.73	60.54	122.62	226.24
CS13 : 해체2	8.97	-35.82	29.96	243.60	-	-
CS14 : 해체3	8.97	-35.82	29.96	243.60	-	-
CS15 : 해체4	8.97	-86.86	229.26	-	-	-
CS16 : 해체5	8.97	-86.86	229.25	-	-	-
TOTAL		86.86	229.26	243.60	170.79	226.28

12.2 시공단계별 단면력도

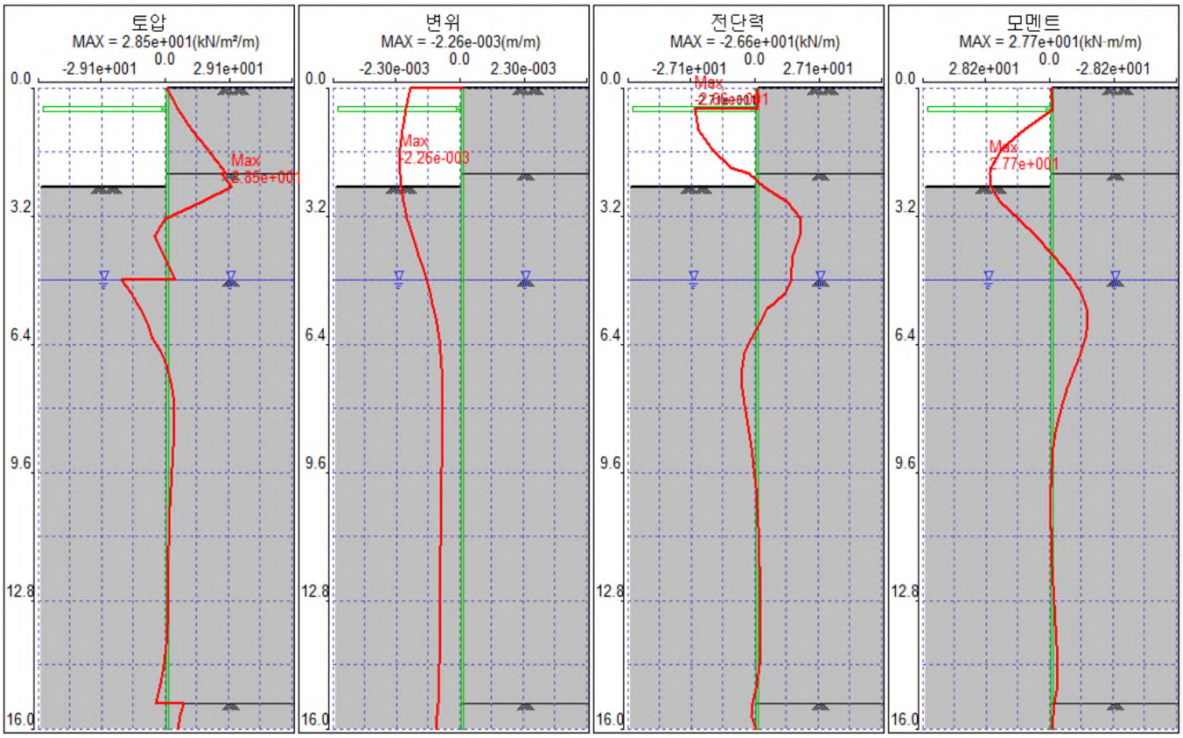
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.04 m]



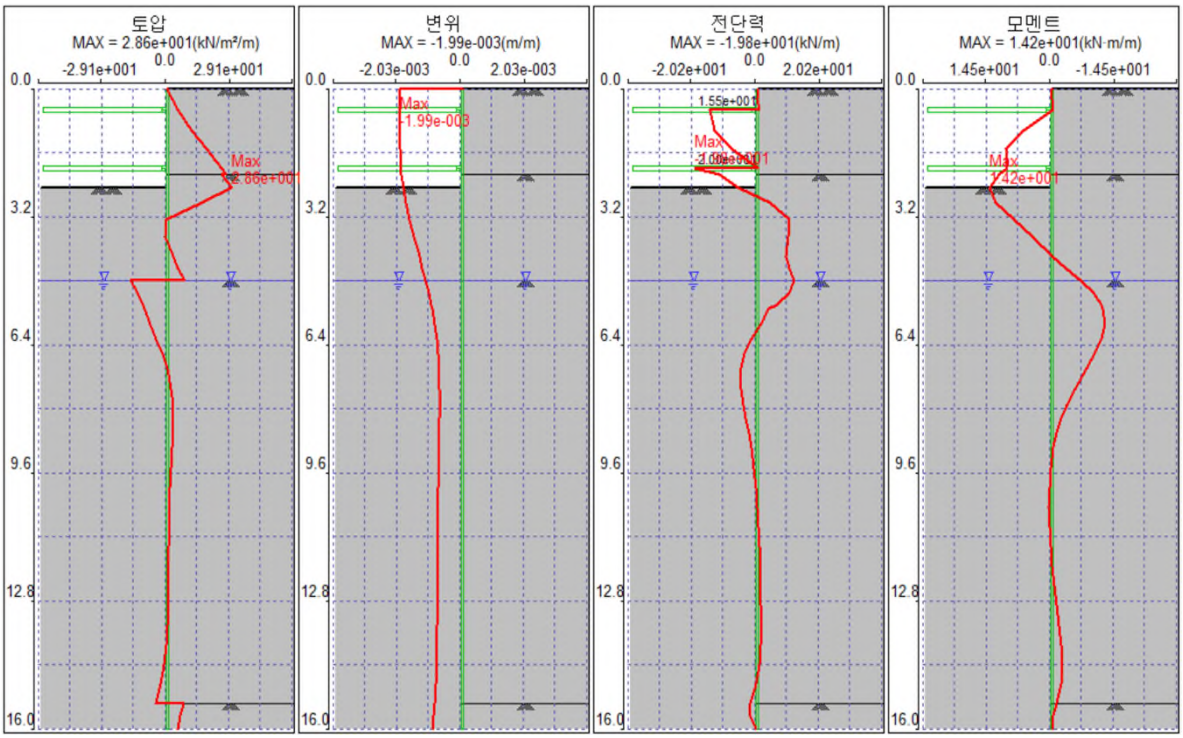
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



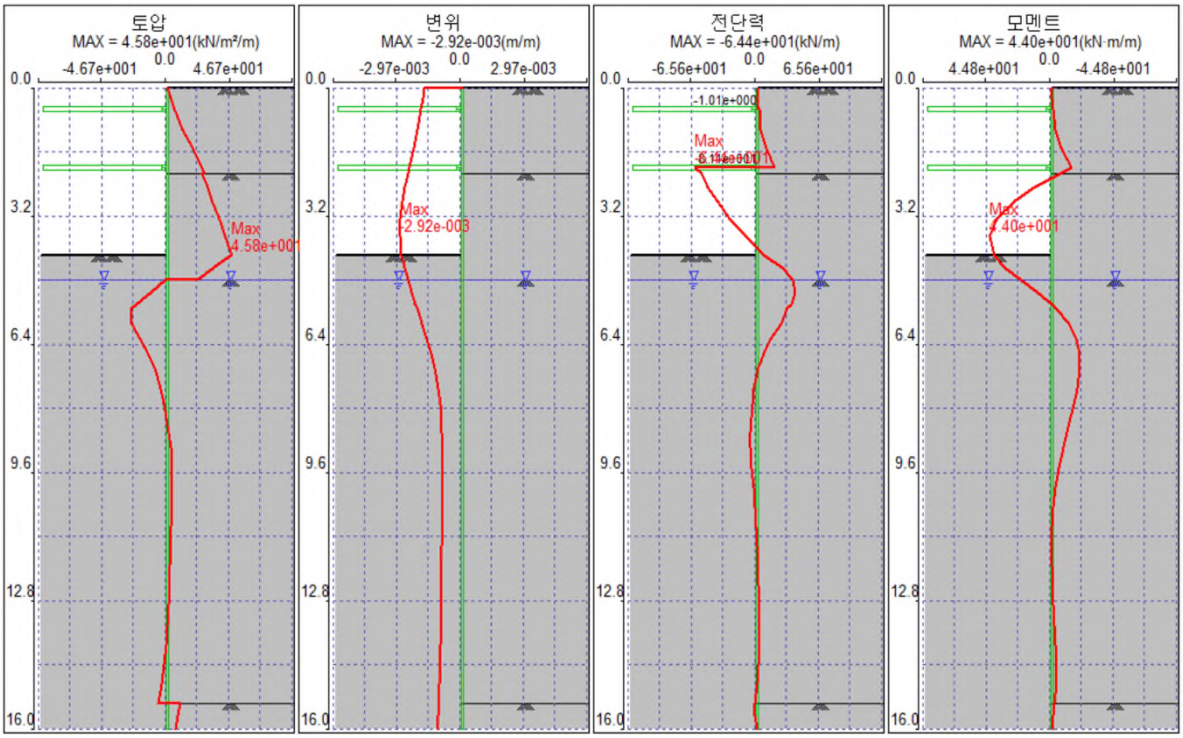
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.49 m]



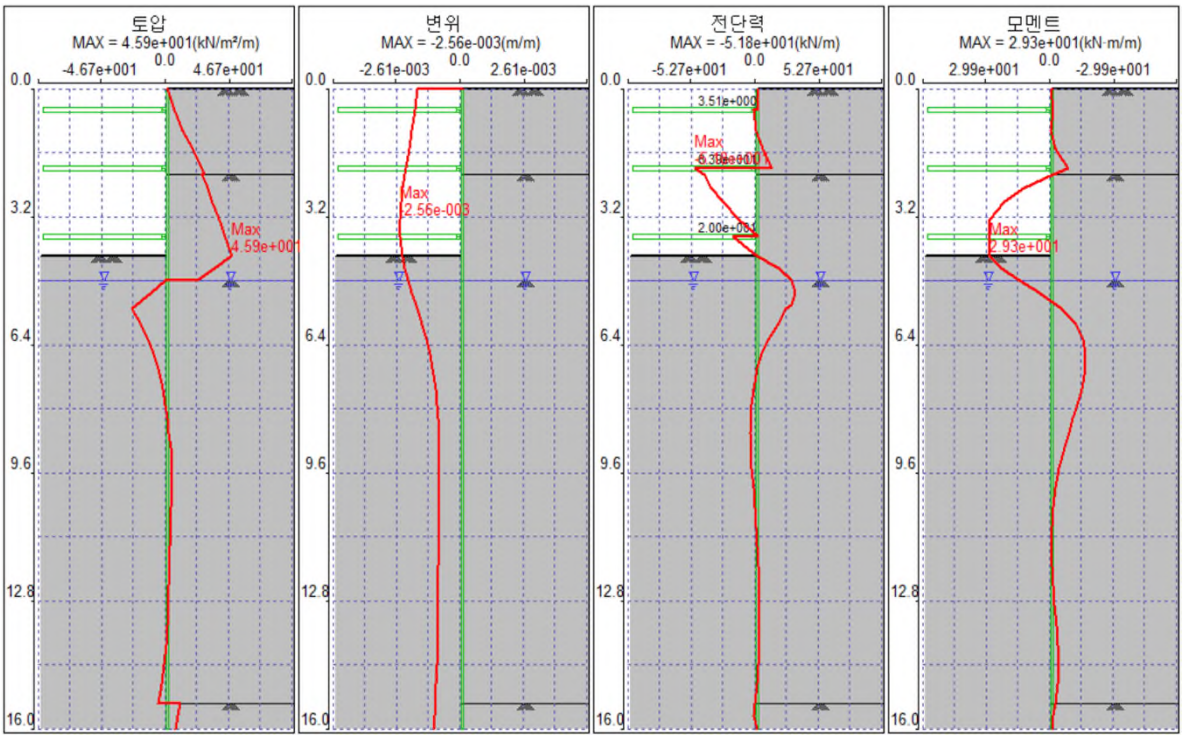
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



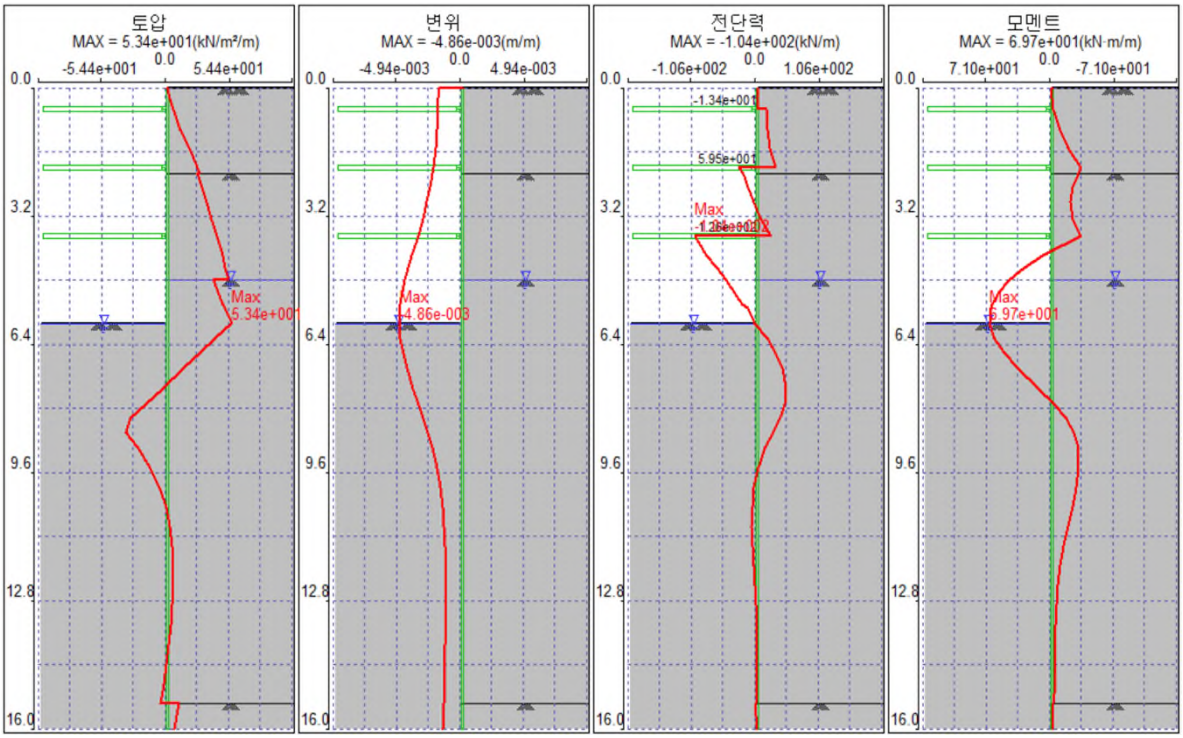
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.19 m]



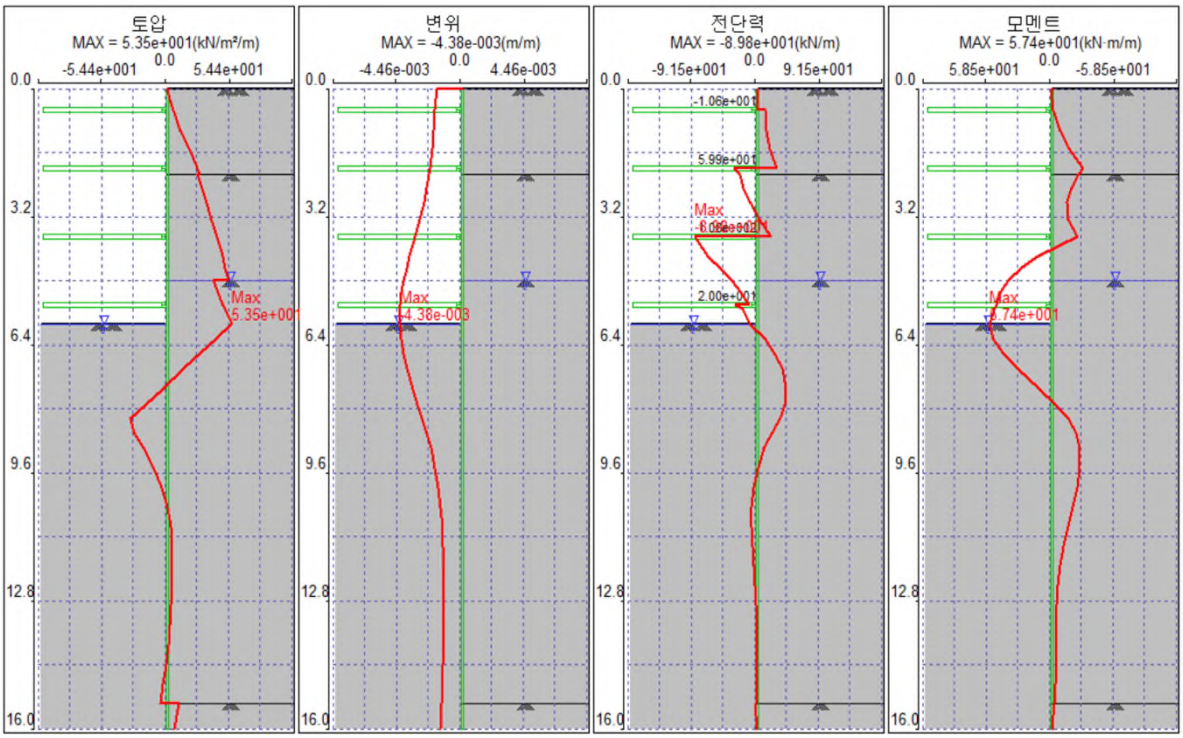
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



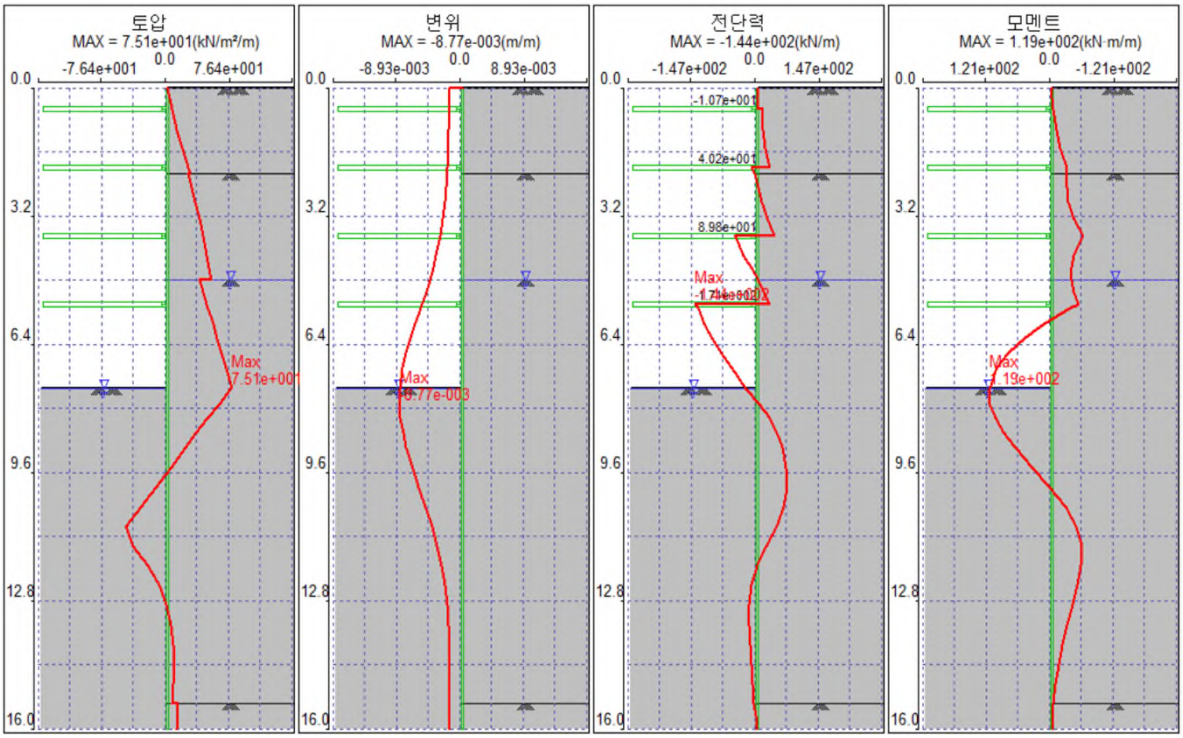
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.89 m]



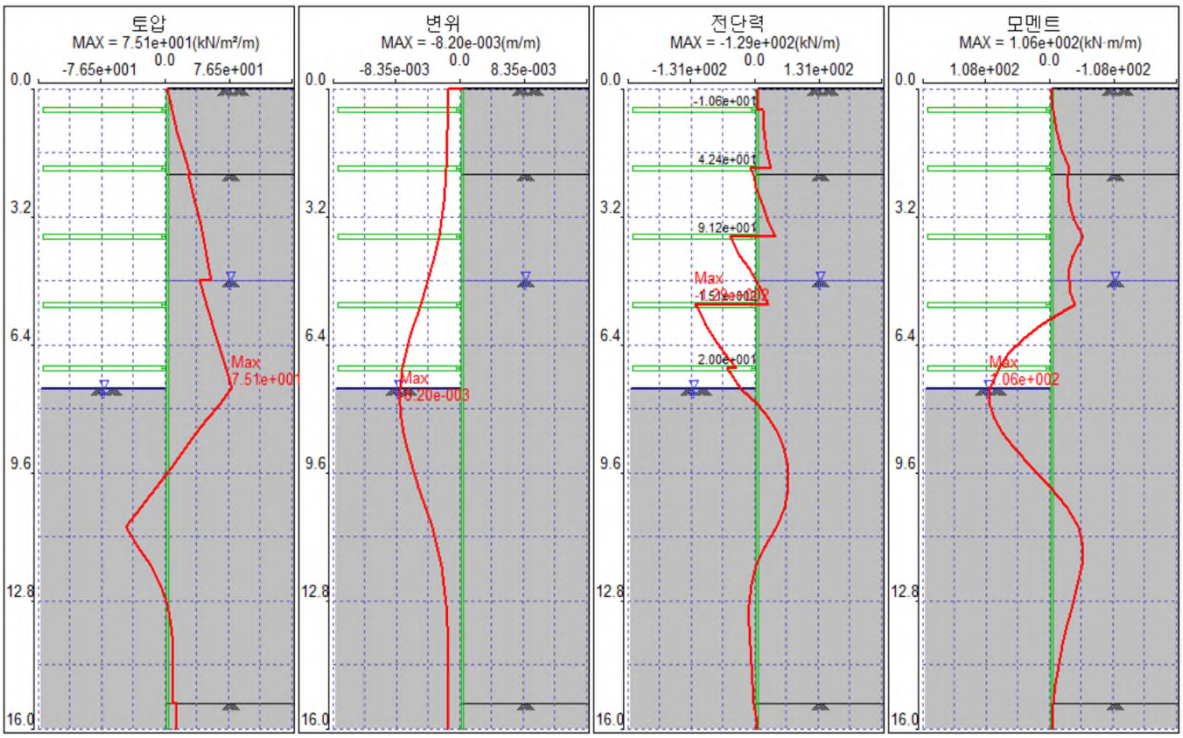
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



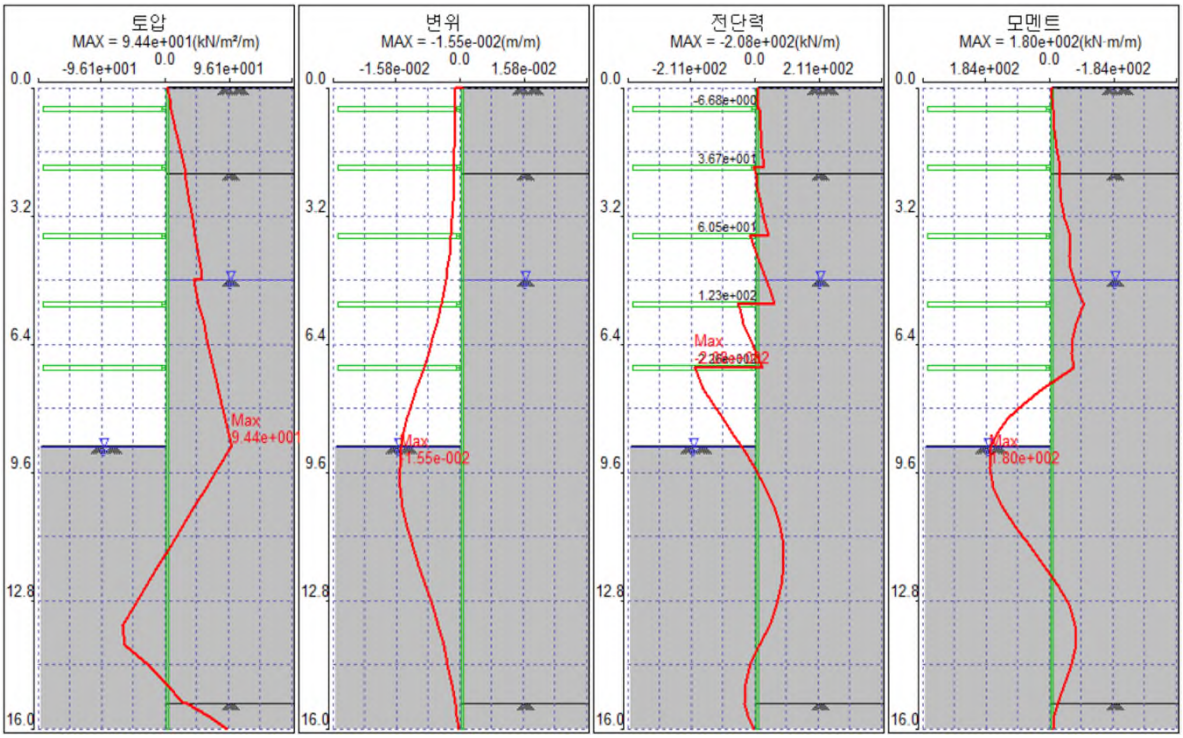
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.49 m]



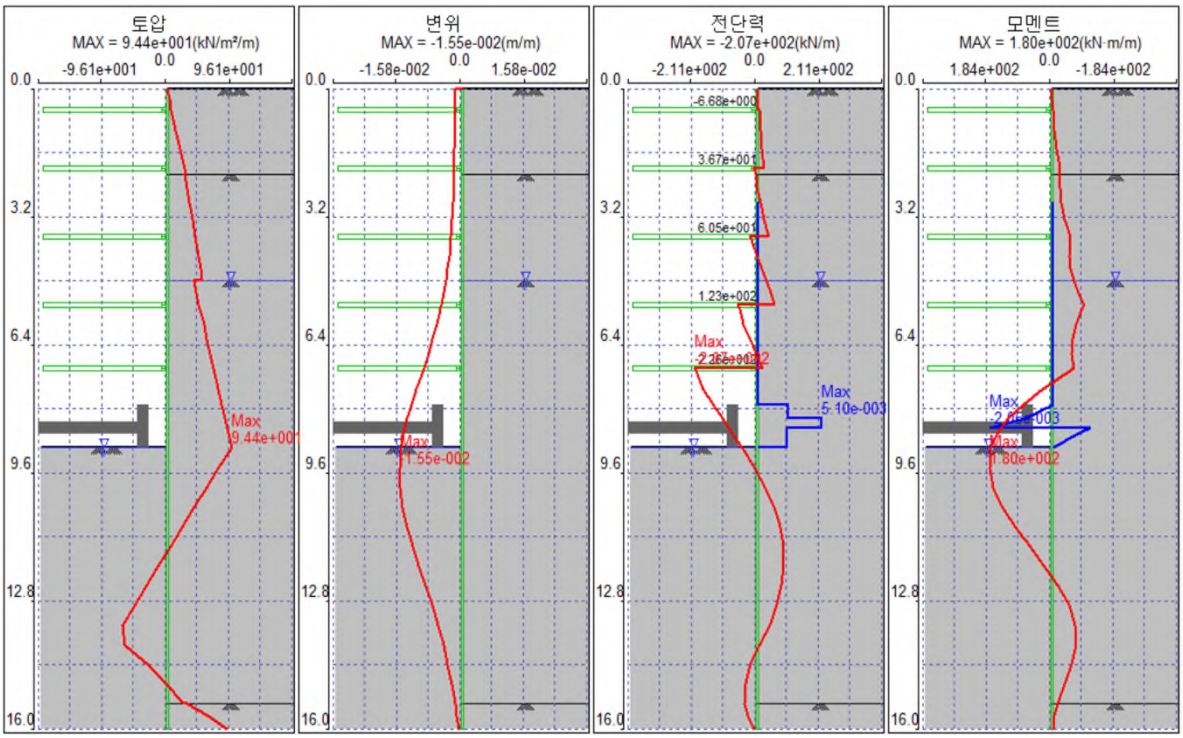
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



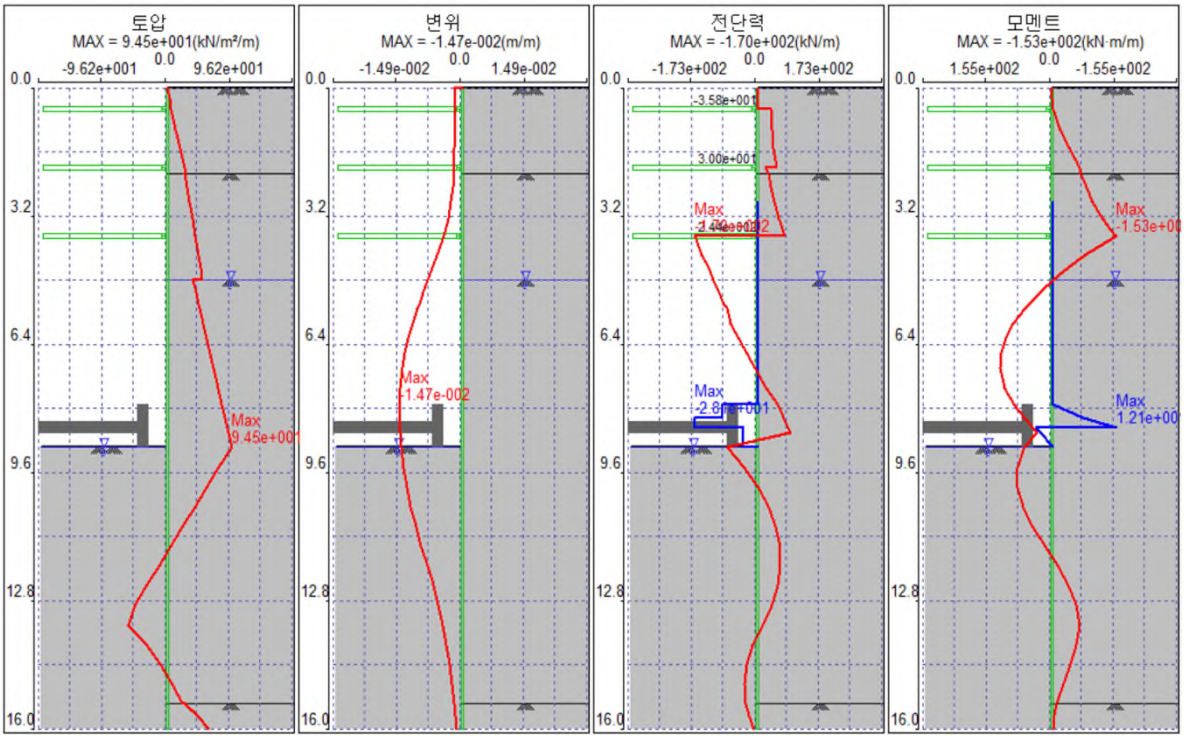
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 8.97 m]



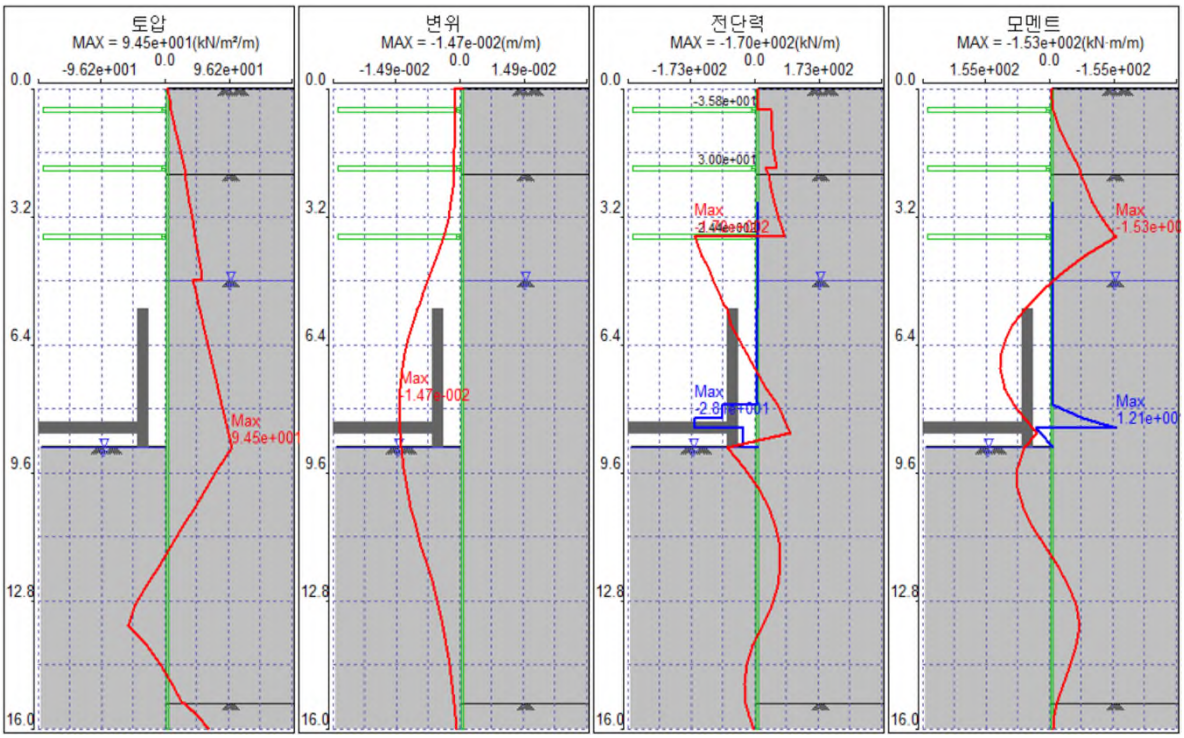
12) 시공 12 단계 [CS12 : 해체1]



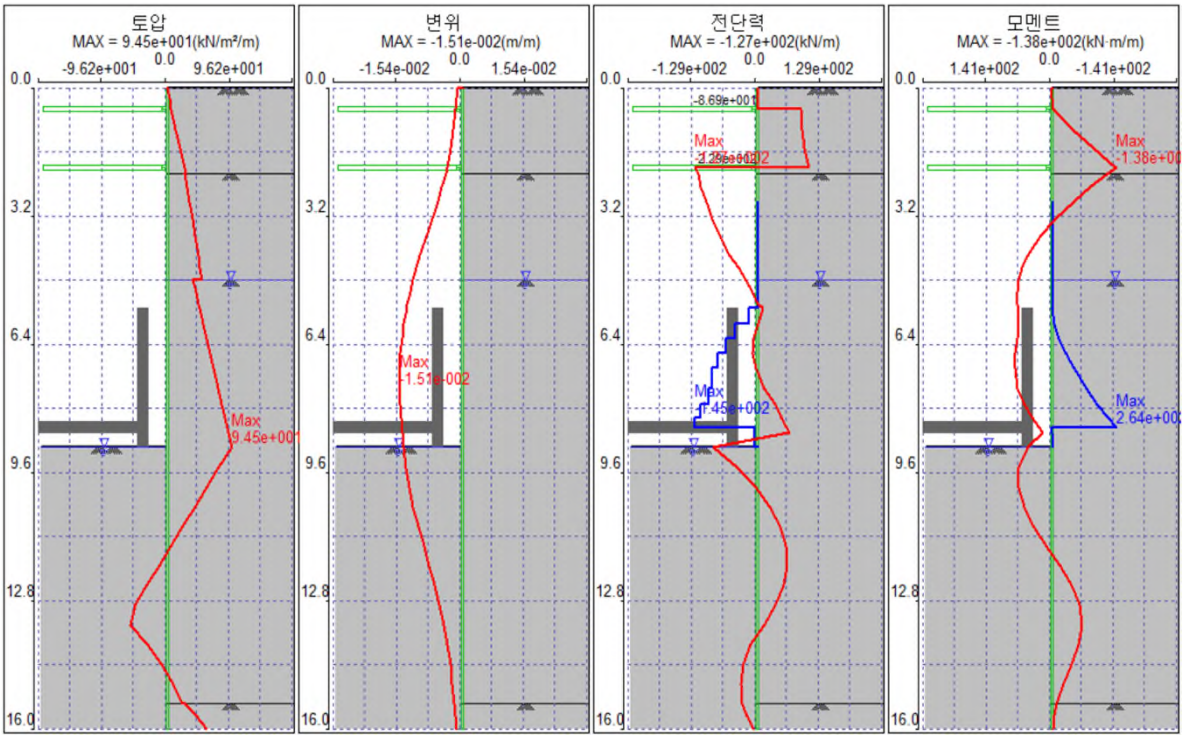
13) 시공 13 단계 [CS13 : 해체2]



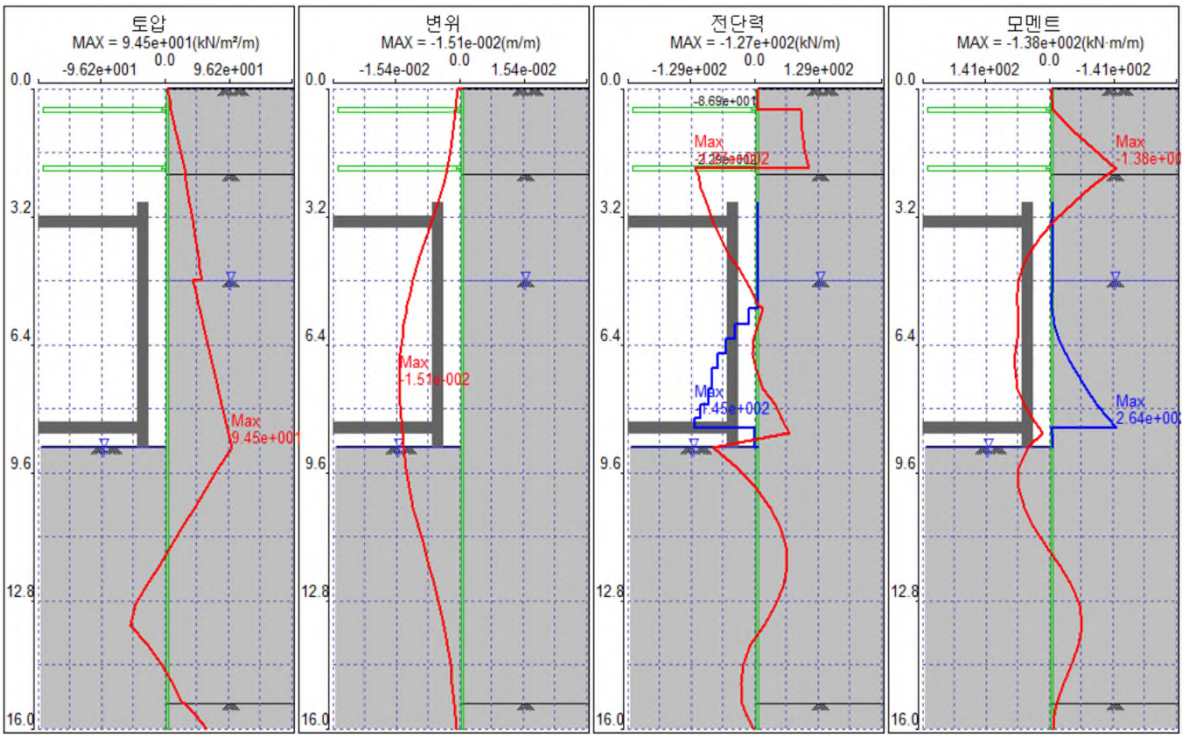
14) 시공 14 단계 [CS14 : 해체3]



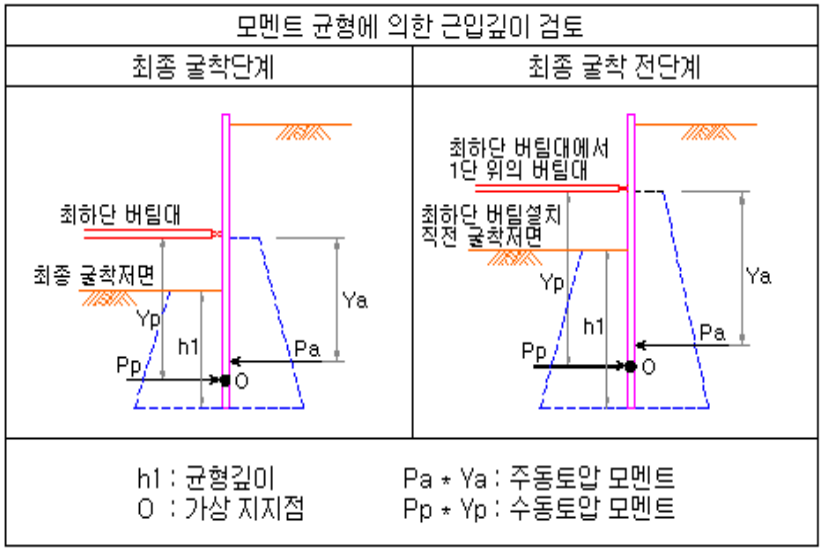
15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체4]



16) 시공 16 단계 [CS16 : 해체5]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	4.774	7.000	5971.021	8201.736	1.374	1.200	OK
최종 굴착 전단계	3.985	8.480	7897.324	13920.808	1.763	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -6.99 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 163.292 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.044 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 991.275 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.852 m

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

Ma = (163.292 x 1.044) + (991.275 x 5.852) = 5971.021 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1231.236 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.661 m

Mp = (Pp x Yp) = (1231.236 x 6.661) = 8201.736 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8201.736 / 5971.021 = 1.374

S.F. = 1.374 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -5.39 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 128.972 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.133 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1118.342 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.931 m

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

Ma = (128.972 x 1.133) + (1118.342 x 6.931) = 7897.324 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1795.122 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.755 m

Mp = (Pp x Yp) = (1795.122 x 7.755) = 13920.808 kN·m

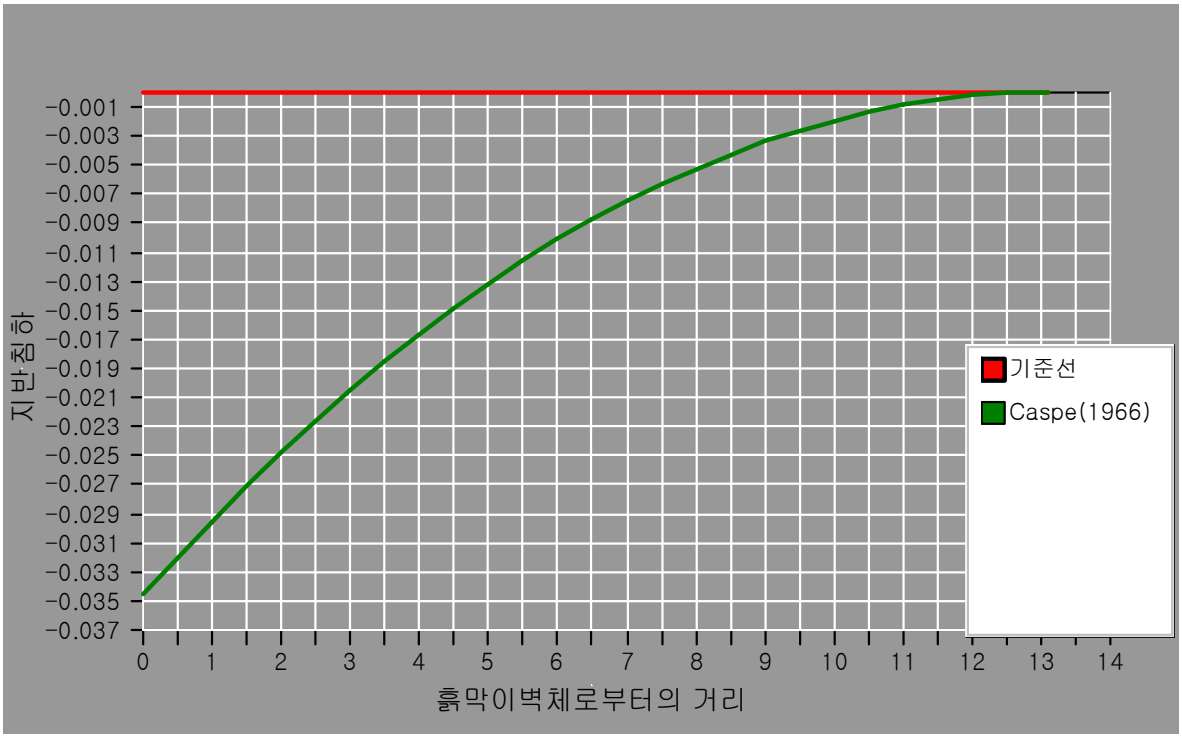
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 13920.808 / 7897.324 = 1.763

S.F. = 1.763 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.113 m³ /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 8.97 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 30.777 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 30.777/2) = 14.076 m

Ht = Hp + Hw = 14.076 + 8.97 = 23.046 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 23.046 x tan(45-30.777/2) = 13.098 m

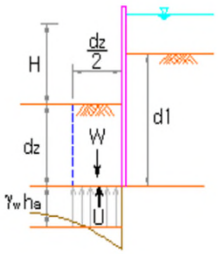
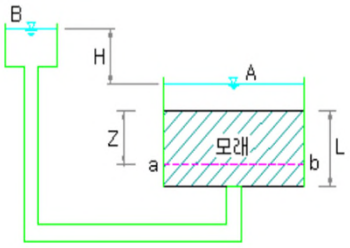
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.113 / 13.098 = -0.035 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.035 x ((13.098 - Xi) / 13.098)^2

12.5 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	72.975	269.500	3.693	0.229	1.100	4.793	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 2.085 x 7 / 2 = 72.975

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 72.975 = 3.693

S.F. = 3.693 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 4.17 / 18.17 = 0.229

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.229 = 4.793

S.F. = 4.793 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

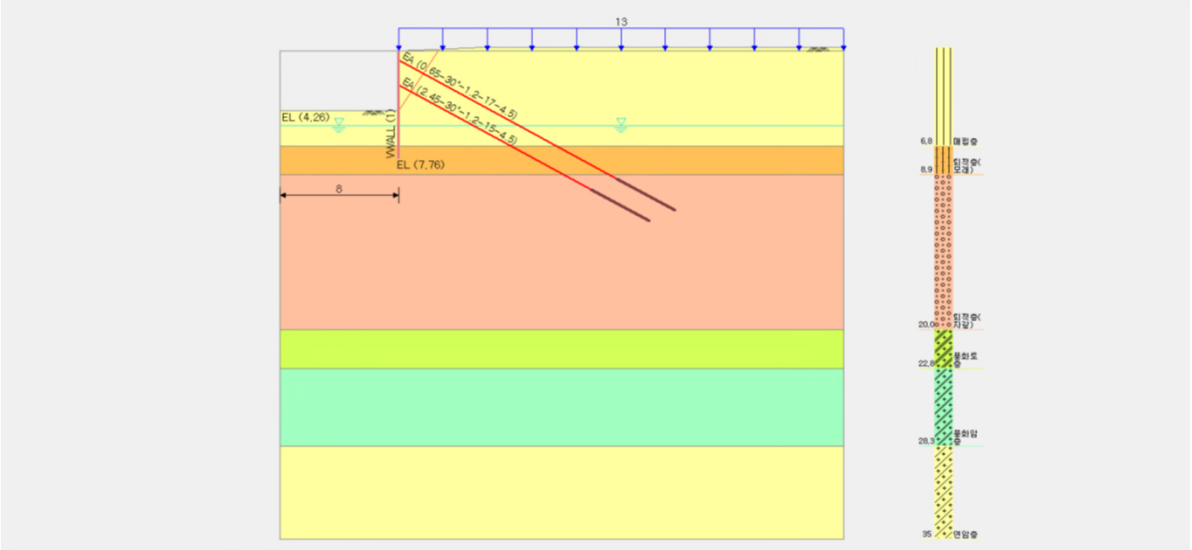
변 경

17. < 0+370(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
  5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
  5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
  6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 7.76m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면


13
EA (10.65-30°-1.2-17-4.5)
EA (2.45-30°-1.2-15-4.5)
EL (4.26)
EL (7.76)
8
6.8
8.9
20.0
22.6
28.3
35

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	0.65	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	2.45	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	0.65	휨응력	11.264	188.028	O.K	
		전단응력	24.439	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	2.45	휨응력	12.715	188.028	O.K	
		전단응력	27.588	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) :SP-IIIA(SY295(SY30	0.00 ~ 7.76	휨응력	28.499	243.000	O.K	
		전단응력	6.349	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

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
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	1.20	106.33	매립층	18	26	200
			퇴적(모래)	18	28	180
2단	1.20	123.22	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = 118.95 kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = 124.80 kN/ea

적용 118.95 kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 106.3 / 118.95 = 0.89 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 123.2 / 118.95 = 1.04 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{106.3 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 200} = \mathbf{2.00}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 106.3 ÷ 2 = 53.2 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{53.2}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{9.4}\ cm \leq \mathbf{30.00}\ cm$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{123.2 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = \mathbf{2.57}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 123.2 ÷ 2 = 61.6 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{61.6}{\pi \times 0.09 \times 2000} = 10.9 \text{ cm} \leq 30.00 \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. 자유장 계산

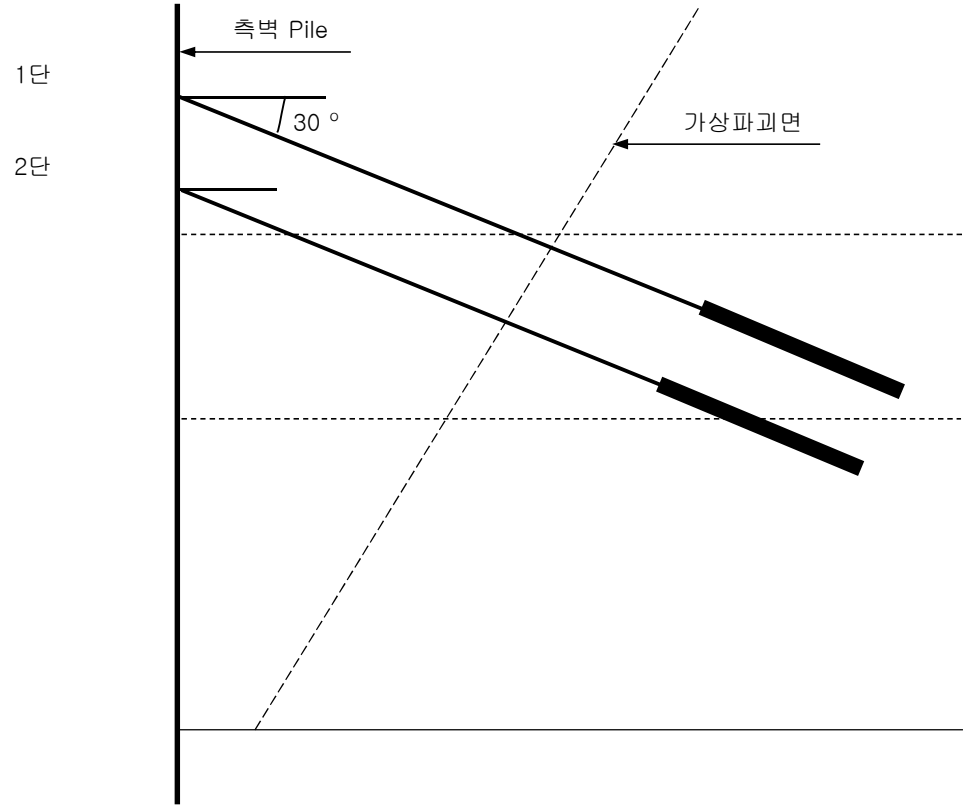
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	106.33 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	123.22 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (106.3 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{7.7\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 106.3 + 47.38 + 7.7 = \mathbf{161.4\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 = 475.80$ kN

$P_j < T_{at}$ 이어야 하므로, 161.4 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (123.2 + 47.38) x 5% = **8.5 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 123.22 + 47.38 + 8.5 = **179.1 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 179.1 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	1.20	106.33	10.0	4.5	1.5	16.0	161.41
2단	1.20	123.224	10.0	4.5	1.5	16.0	179.10

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로,
앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을
득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

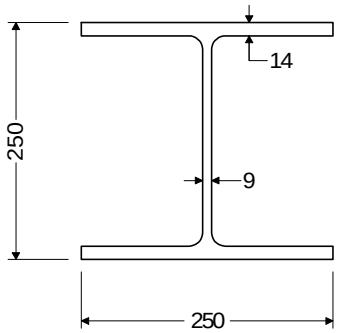
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

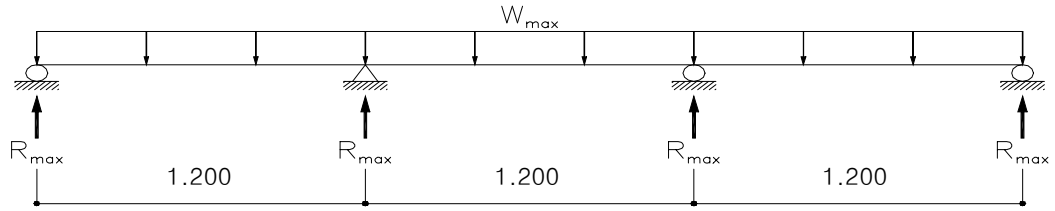
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



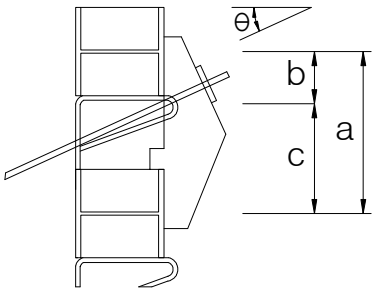
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 144.663 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 144.663 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 89.520$ kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 89.520 / (11 \times 1.200)$
$= 67.818$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 67.818 \times 1.200^2 / 10$
$= 9.766$ kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 67.818 \times 1.200 / 10$
$= 48.829$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 9.766 x 1000000 / 867000.0 = 11.264 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 48.829 x 1000 / 1998 = 24.439 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (11.264 + 11.264) / 11.264

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (4.800 − 4.5))

= 188.028 MPa

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

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 11.264 MPa ---> O.K

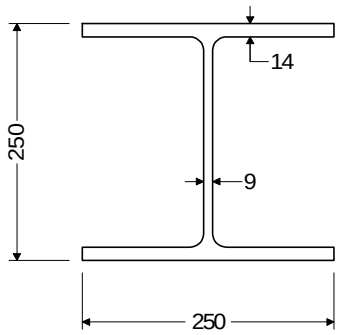
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 24.439 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

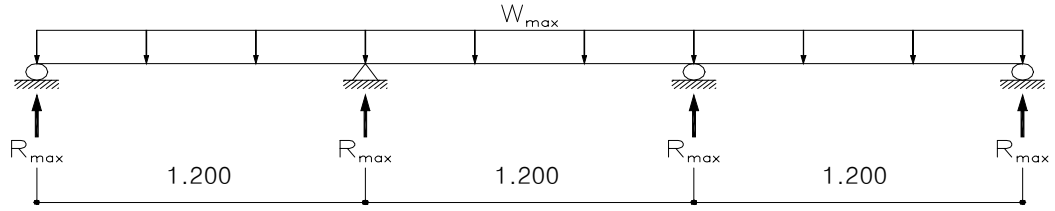
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



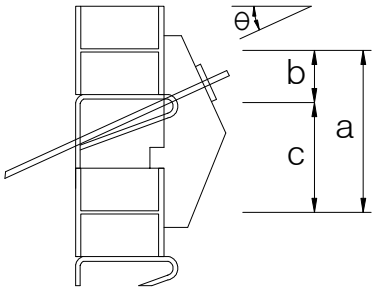
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

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} = 163.304 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 163.304 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 101.055 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 101.055 / (11 × 1.200)
= 76.557 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 76.557 × 1.200 ^{2} / 10
= 11.024 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 76.557 × 1.200 / 10
= 55.121 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 11.024 x 1000000 / 867000.0 = 12.715 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 55.121 x 1000 / 1998 = 27.588 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (12.715 + 12.715) / 12.715$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (4.800 - 4.5))

= 188.028 MPa

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

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 12.715 MPa ---> O.K

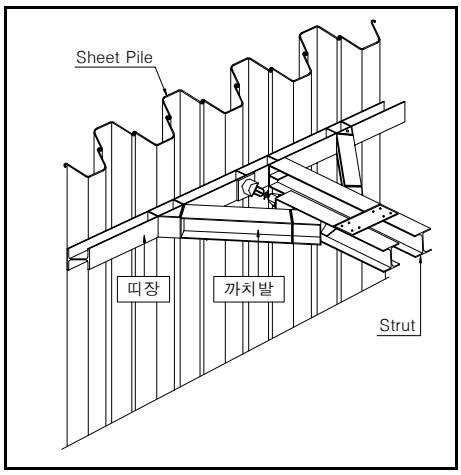
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 27.588 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 7.76m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIA
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	19100.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	9750.0
$I_x(mm^4)$	226000000.0
$Z_x(mm^3)$	1510000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 43.033 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.26 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 43.033 (kN·m/m) × 1.00 m = 43.033 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 61.906 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.26 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 61.906 (kN/m) × 1.00 m = 61.906 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{43.033 \times 10^6}{1510000.00} = 28.499 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{61.906 \times 10^{3}}{9750.00} = 6.349 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 4.26 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	6.83	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	8.89	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	19.98	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	22.79	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	28.33	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIA	SY295(SY30)	7.76	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	0.65	1.2	30	17	100
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	2.45	1.2	30	15	120

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 5.34 m, 수위차 = 4.26 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.15	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	2.95	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	4.26	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 1.15 m	1.15	13.05	1.6	-7.79	4.3	0.98	6.3	-17.72	3.0
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.15	19.12	0.7	-56.81	0.7	27.34	2.5	-7.98	0.7
CS3 : 굴착 2.95 m	2.95	18.70	0.7	-58.03	0.7	39.41	3.0	-7.84	0.7
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	2.95	29.38	2.5	-57.22	2.5	24.25	3.8	-8.69	0.7
CS5 : 굴착 4.26 m	4.26	27.02	2.5	-61.91	2.5	43.03	4.3	-8.70	0.7
TOTAL		29.38	2.5	-61.91	2.5	43.03	4.3	-17.72	3.0

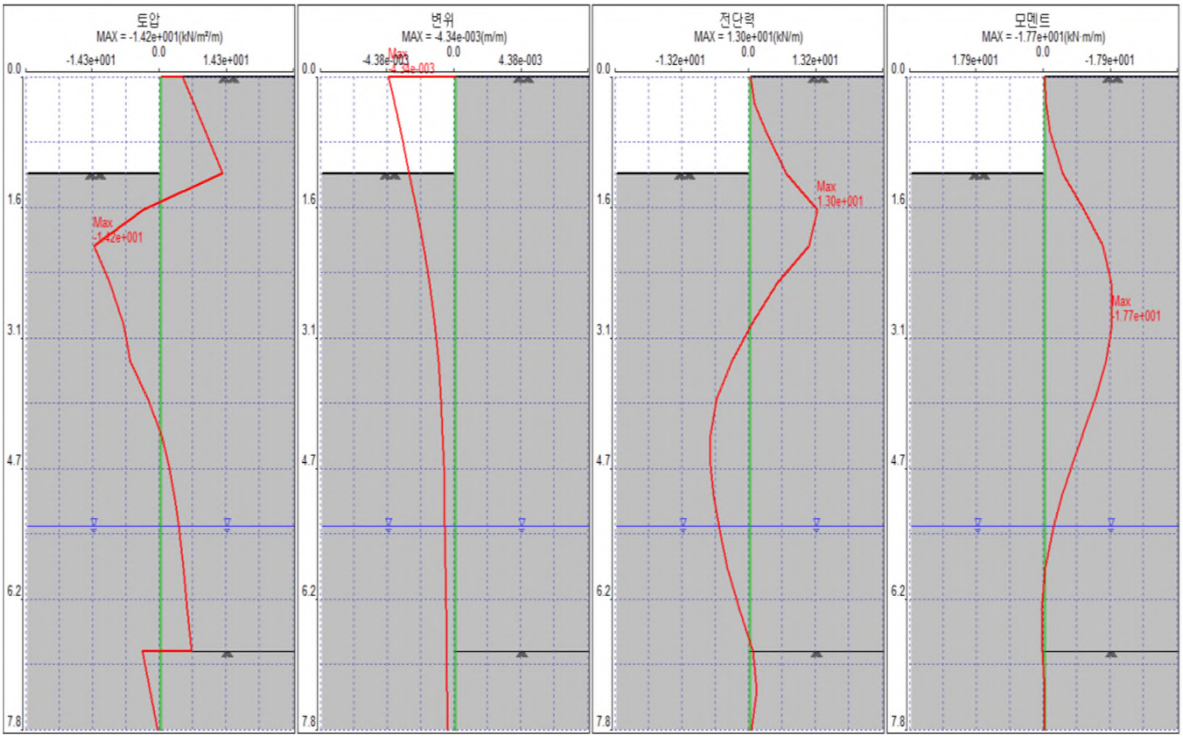
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

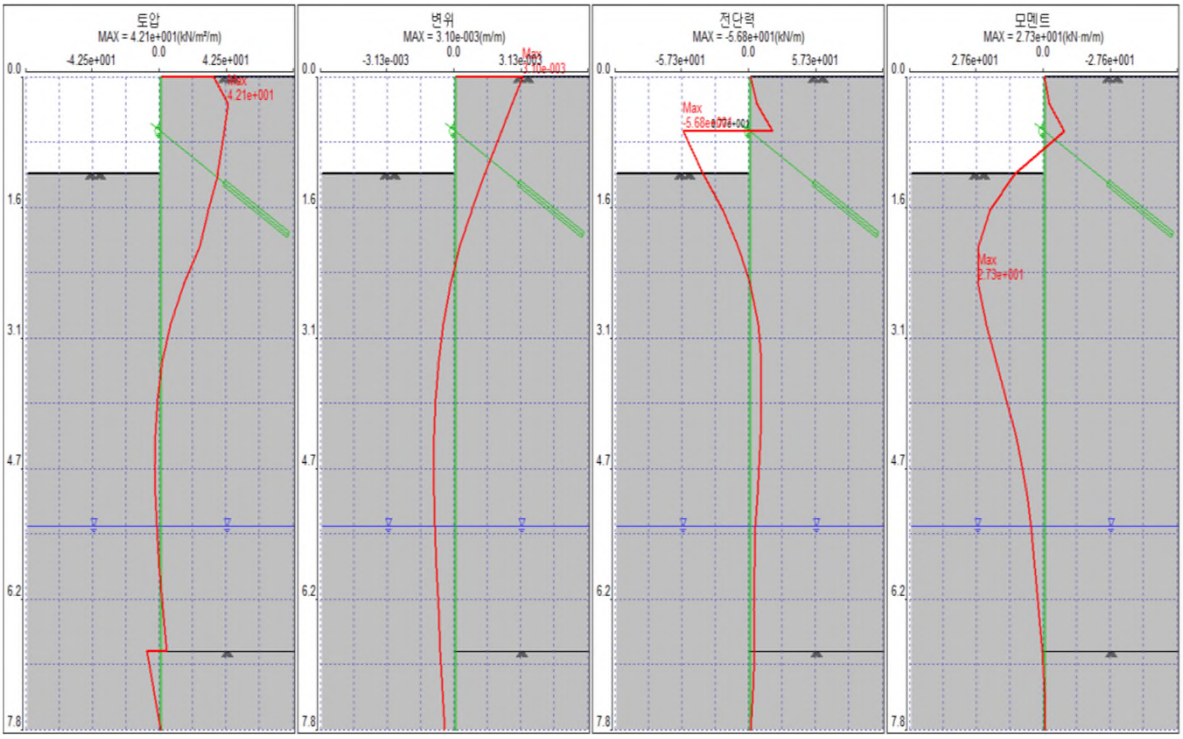
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		0.65 (m)	2.45 (m)			
CS1 : 굴착 1.15 m	1.15	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.15	87.67	-			
CS3 : 굴착 2.95 m	2.95	88.61	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	2.95	84.56	100.00			
CS5 : 굴착 4.26 m	4.26	83.86	102.69			
TOTAL		88.61	102.69			

8.2 시공단계별 단면력도

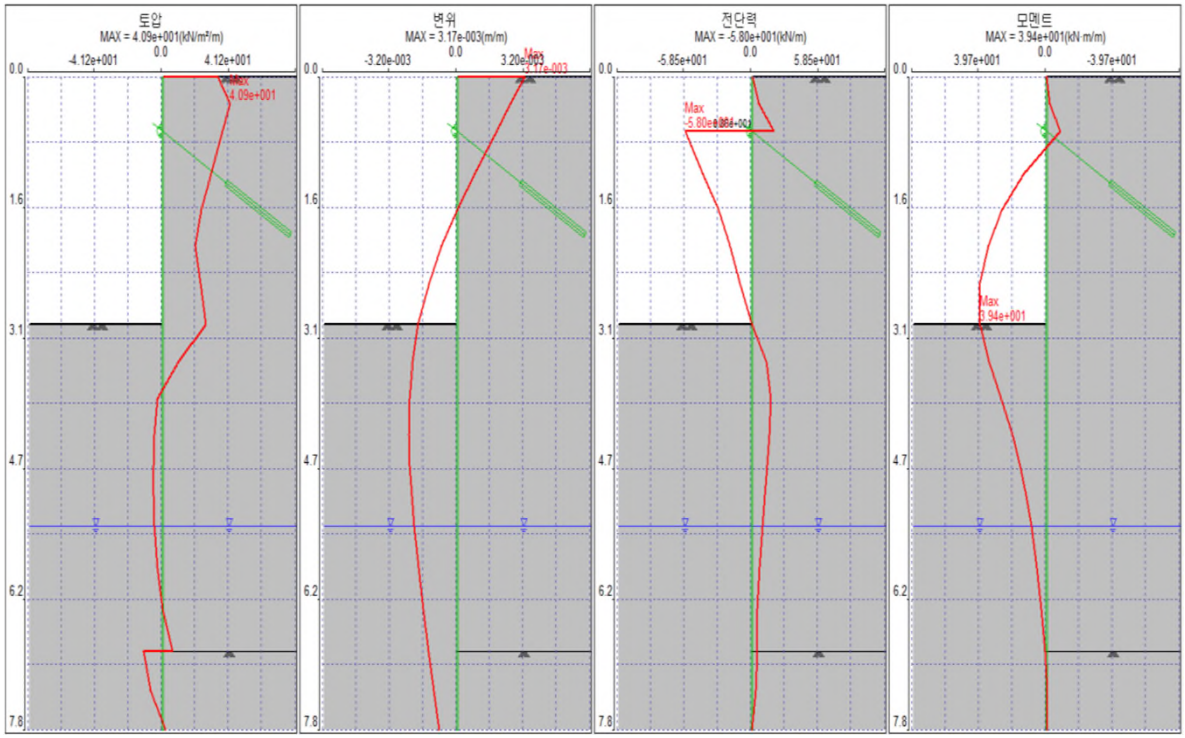
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.15 m]



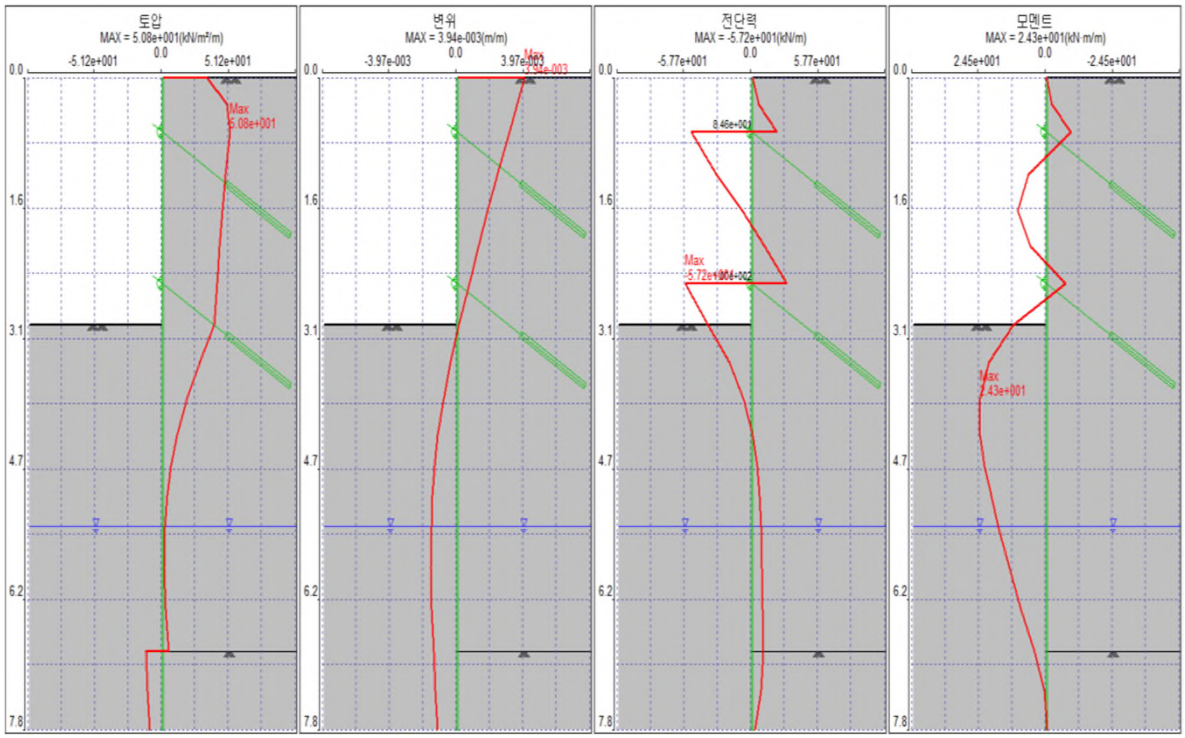
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



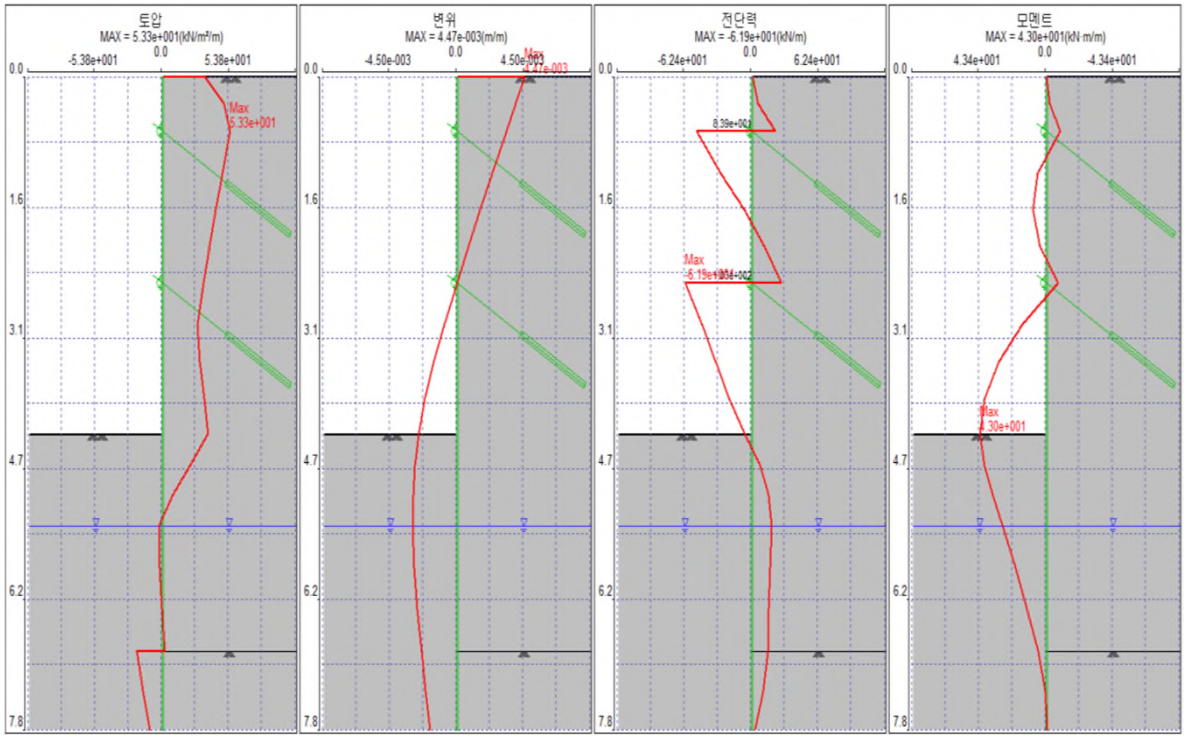
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.95 m]



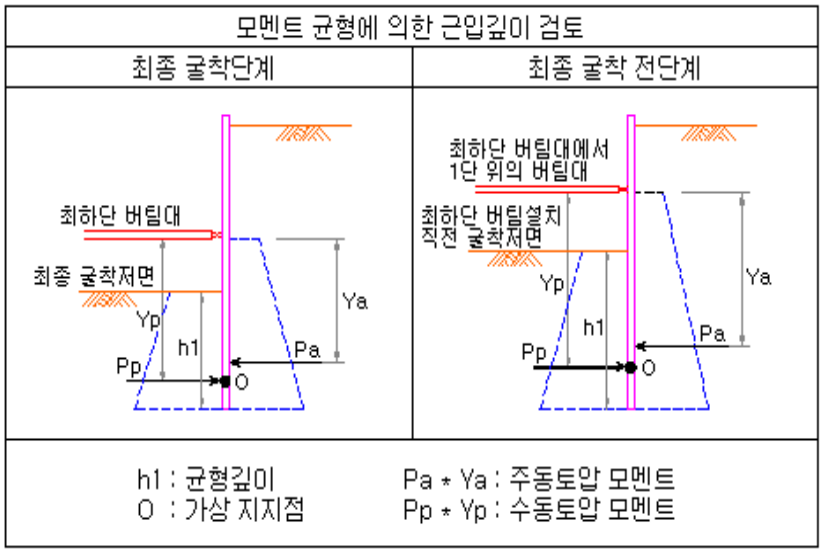
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.26 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.315	3.500	748.528	1033.211	1.380	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.715	4.810	1206.818	2774.668	2.299	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.45 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 53.146 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.973 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 184.789 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.771 m

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

Ma = (53.146 x 0.973) + (184.789 x 3.771) = 748.528 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 251.336 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.111 m

Mp = (Pp x Yp) = (251.336 x 4.111) = 1033.211 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1033.211 / 748.528 = 1.38

S.F. = 1.38 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.65 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 41.701 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.327 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 225.613 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.104 m

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

Ma = (41.701 x 1.327) + (225.613 x 5.104) = 1206.818 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 506.835 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.475 m

Mp = (Pp x Yp) = (506.835 x 5.475) = 2774.668 kN · m

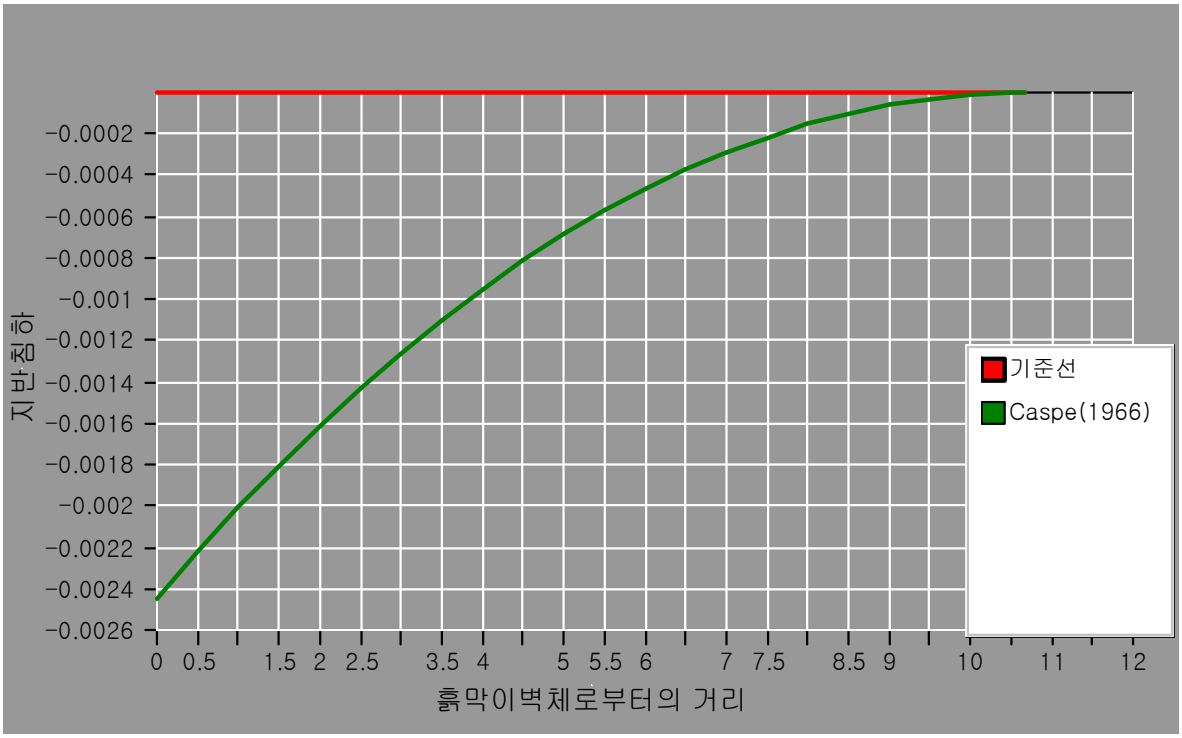
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2774.668 / 1206.818 = 2.299

S.F. = 2.299 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.007 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 4.26 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 4.26 = 17.063 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 17.063 x tan(45-26/2) = 10.662 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.007 / 10.662 = -0.002 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.002 x ((10.662 - Xi) / 10.662)^2

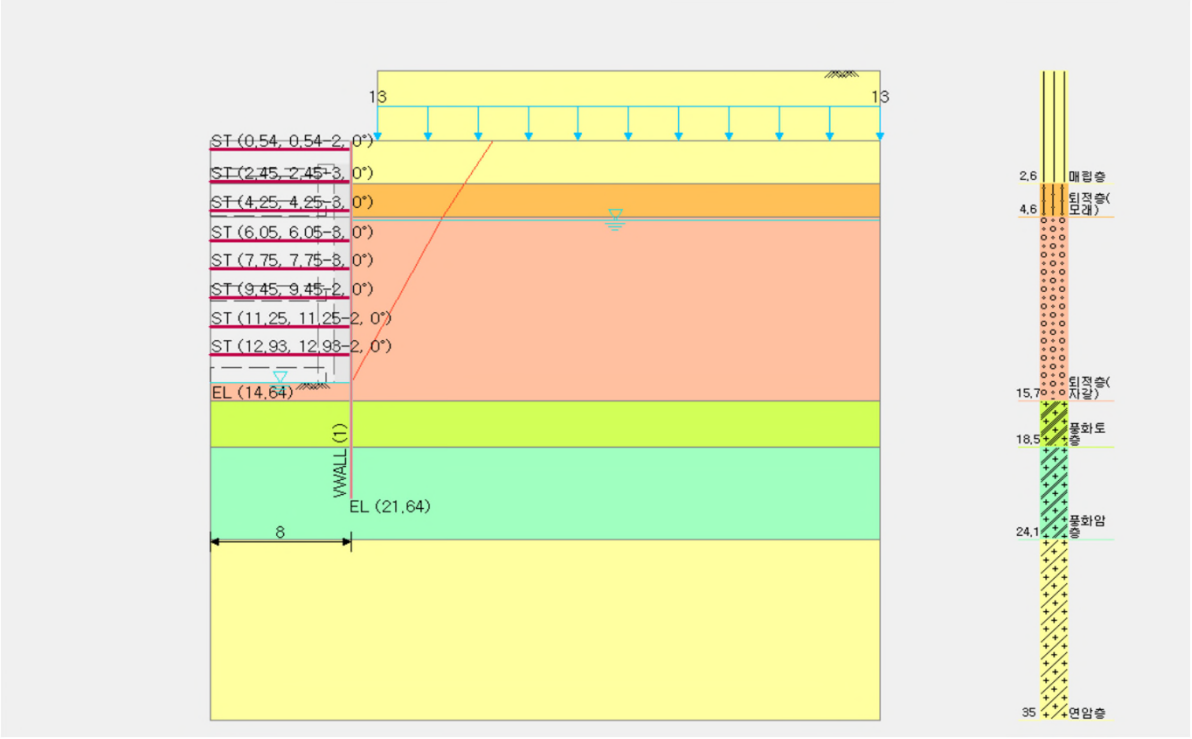
변 경

18. Ramp-D. 0+360~0+374.1(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
7.5 Strut 설계 (Strut-4)
7.6 Strut 설계 (Strut-5)
7.7 Strut 설계 (Strut-6)
7.8 Strut 설계 (Strut-7)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
8.5 Strut-4 띠장 설계
8.6 Strut-5 띠장 설계
8.7 Strut-6 띠장 설계
8.8 Strut-7 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 21.64m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.54, 0.54-2, 0°)
ST (2.45, 2.45-3, 0°)
ST (4.25, 4.25-3, 0°)
ST (6.05, 6.05-3, 0°)
ST (7.75, 7.75-3, 0°)
ST (9.45, 9.45-2, 0°)
ST (11.25, 11.25-2, 0°)
ST (12.93, 12.98-2, 0°)
EL (14.64)
VWALL (1)
EL (21.64)
8
2.6
매립층
4.6
퇴적층(모래)
15.7
퇴적층(자갈)
18.5
풍화토층
24.1
풍화암층
35
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.54	휨응력	6.104	122.580	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.932	128.052	O.K		
		전단응력	2.212	108.000	O.K		
Strut-3 H 300x305x15/15	6.05	휨응력	24.414	123.908	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	55.947	93.253	O.K		
		전단응력	4.630	108.000	O.K		
Strut-5 H 300x305x15/15	9.45	휨응력	24.414	123.908	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	68.768	93.253	O.K		
		전단응력	4.630	108.000	O.K		
Strut-6 H 300x305x15/15	11.25	휨응력	24.414	123.908	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	69.346	93.253	O.K		
		전단응력	4.630	108.000	O.K		
Strut-7 H 300x305x15/15	12.93	휨응력	24.414	123.908	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	54.335	93.253	O.K		
		전단응력	4.630	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	2.45	휨응력	32.194	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	36.215	151.146	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.336	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	4.25	휨응력	24.688	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	38.754	150.712	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	107.265	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	7.75	휨응력	24.688	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	67.400	150.712	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.521	107.265	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.54	휨응력	10.707	182.334	O.K	
		전단응력	8.883	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	2.45	휨응력	68.972	171.711	O.K	
		전단응력	38.147	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	4.25	휨응력	109.667	171.711	O.K	
		전단응력	60.655	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	6.05	휨응력	152.443	171.711	O.K	
		전단응력	84.314	108.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.75	휨응력	119.748	171.180	O.K	
		전단응력	106.886	108.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.45	휨응력	73.031	181.980	O.K	
		전단응력	97.780	108.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	11.25	휨응력	73.736	181.980	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	27.845	108.000	O.K	
Strut-7 H 440x300x11/18	12.93	휨응력	55.425	181.980	O.K	
		전단응력	74.207	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	68.617	148.447	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	61.066	130.613	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 21.64	휨응력	189.249	243.000	O.K	
		전단응력	29.104	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	3.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x9	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-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	2.00m ~ 3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 압 축 응 력	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 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

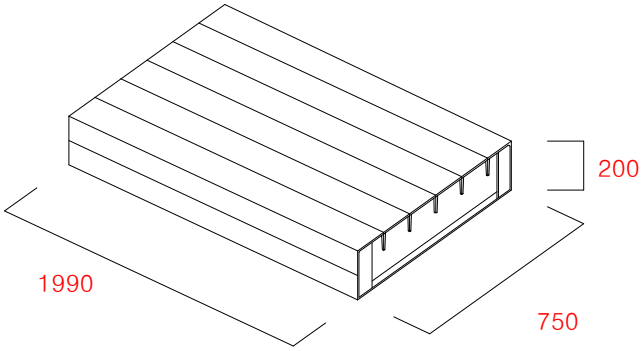
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

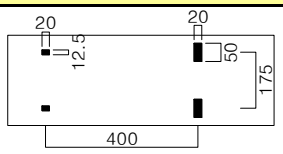
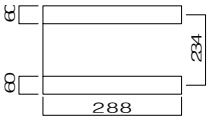
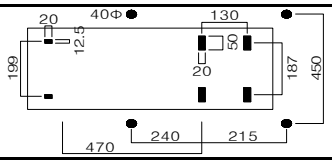
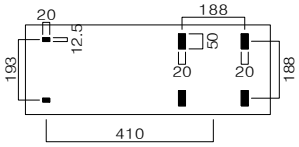
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ $\tau a = 1.50 \times 80$

$= 120.000$ MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 210.000$ MPa > $f_b = 199.674$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 120.000$ MPa > $\tau = 12.878$ MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

$= 0.0213336 + 2.150$

$= 2.172$ mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

$\delta_a = \text{Min.}(L/400, 5\text{mm})$

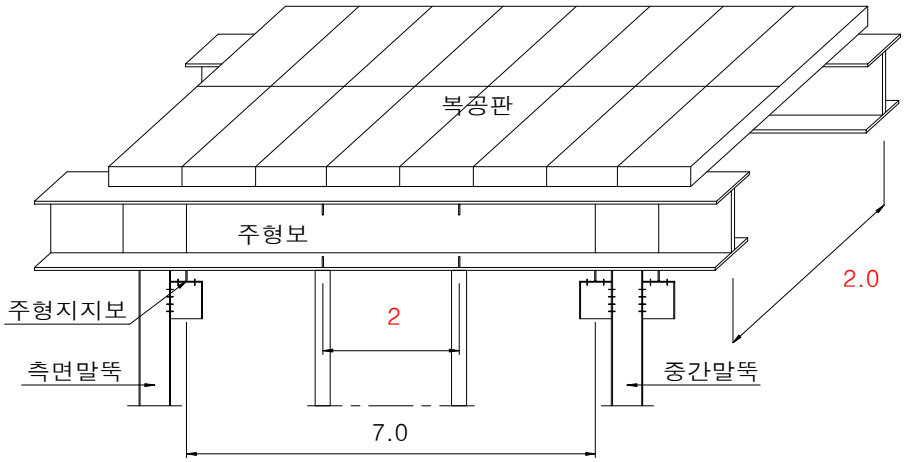
$= \text{Min.}(1990.0 / 400 , 5)$

$= 4.98$ mm > $\delta_l = 2.172$ mm ---> O.K

5.주형보 설계

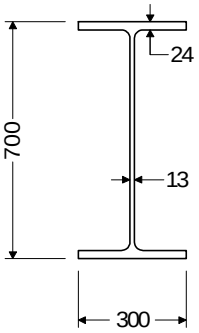
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

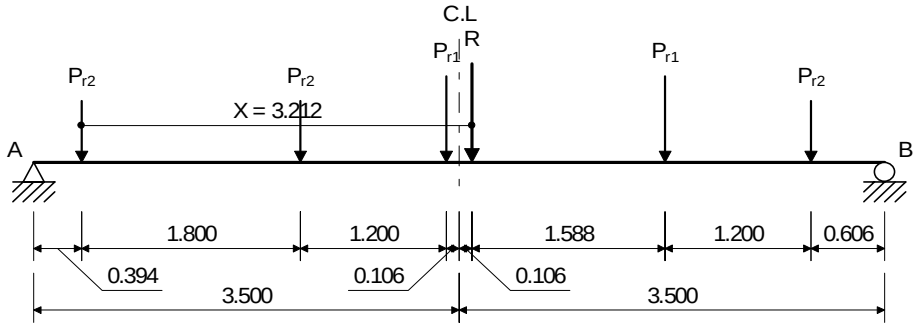
(3) 전륜하중

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

(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

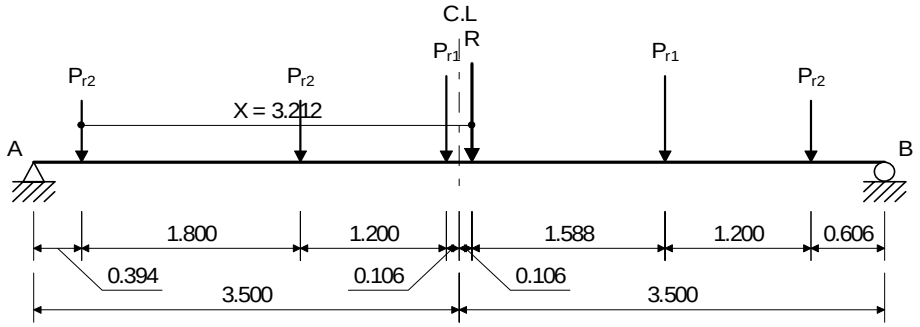
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

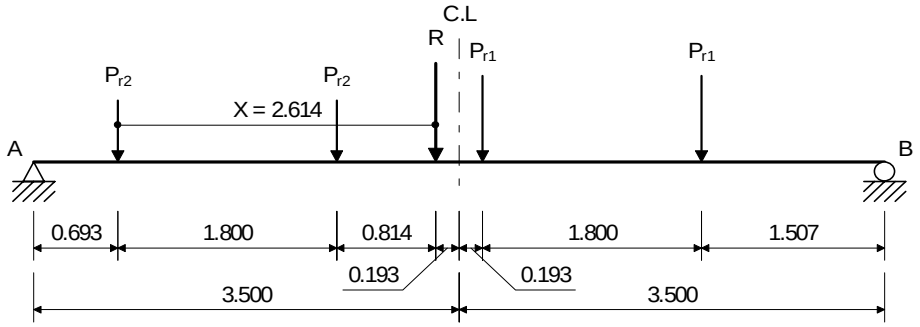
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

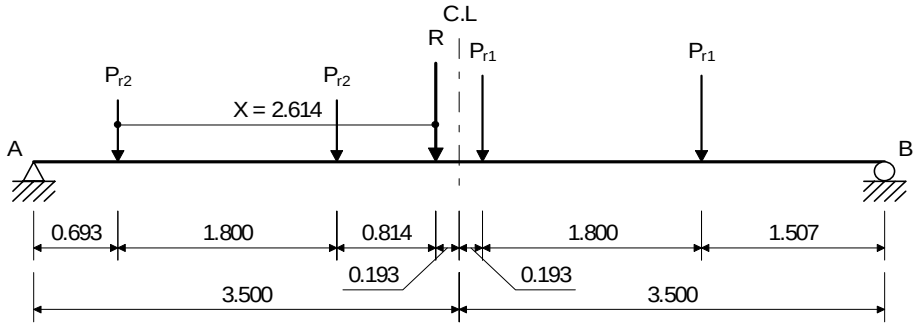


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

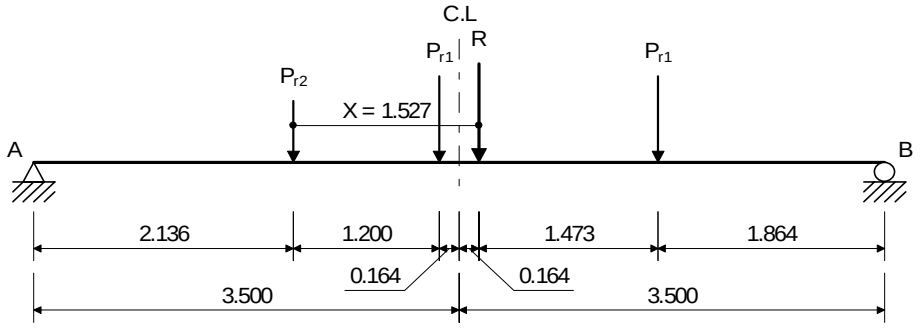
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

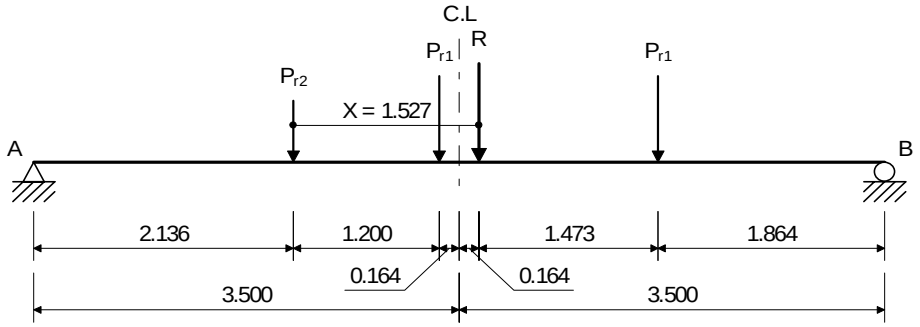


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

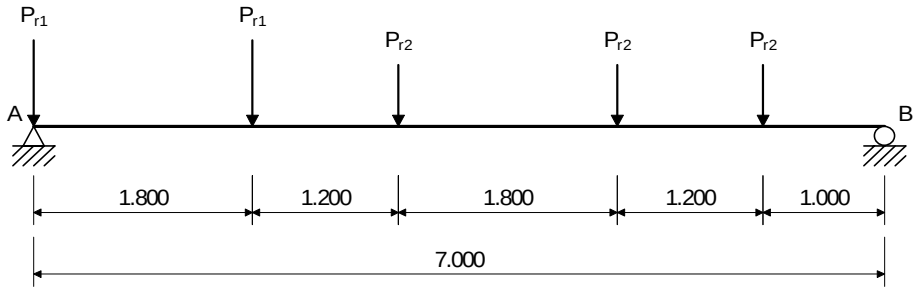


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

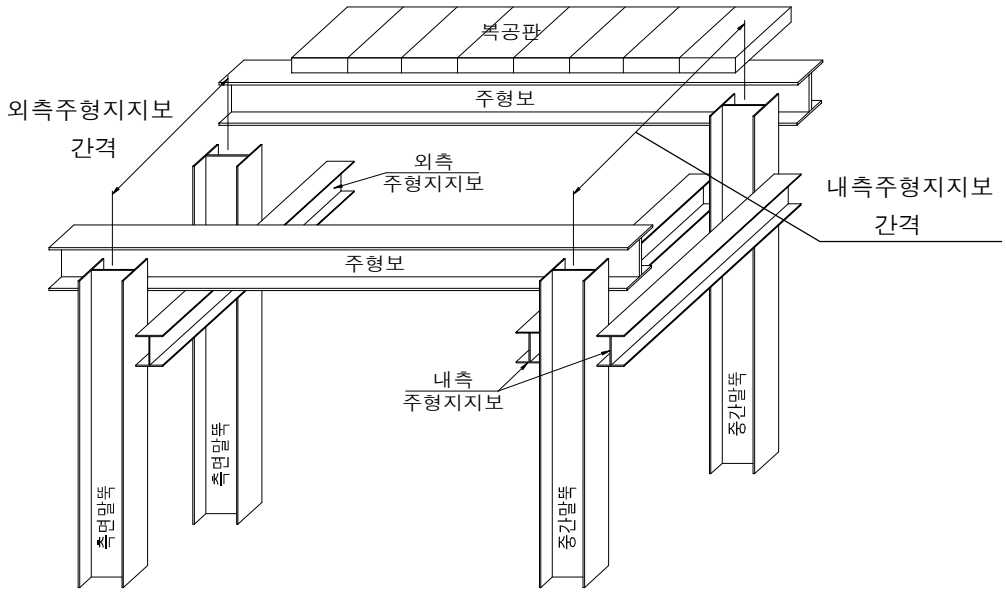
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

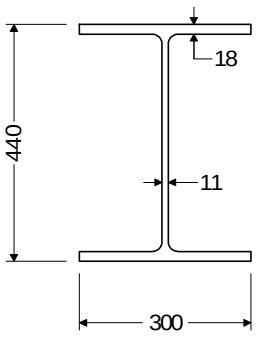
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

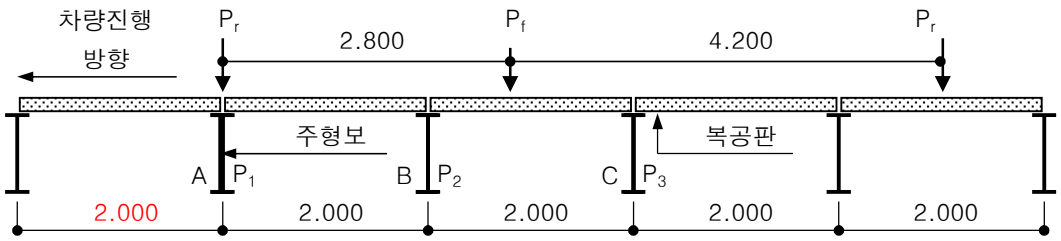


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



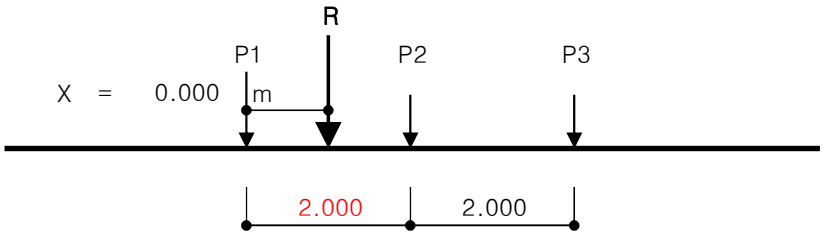
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

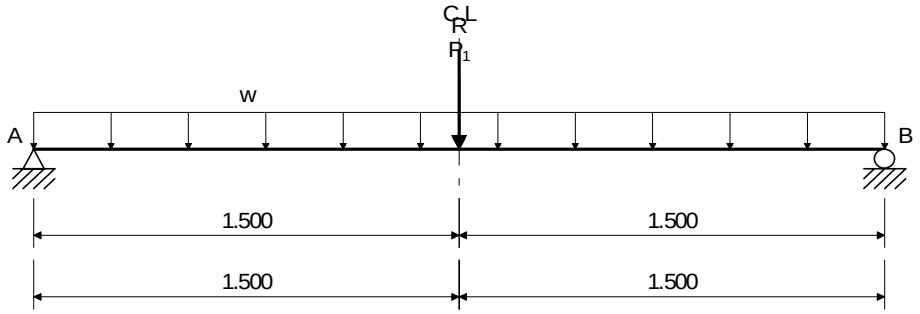


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

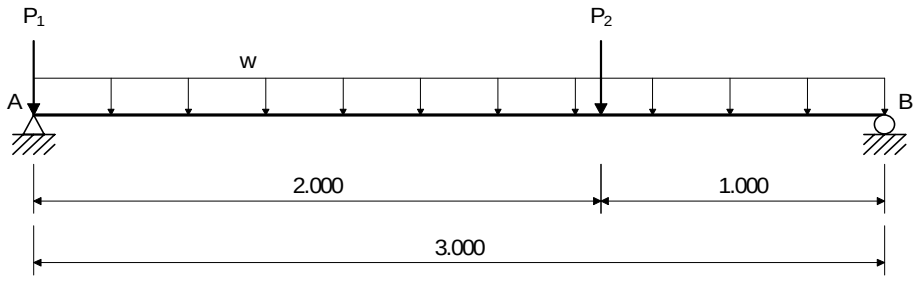
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357877 + 18750)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

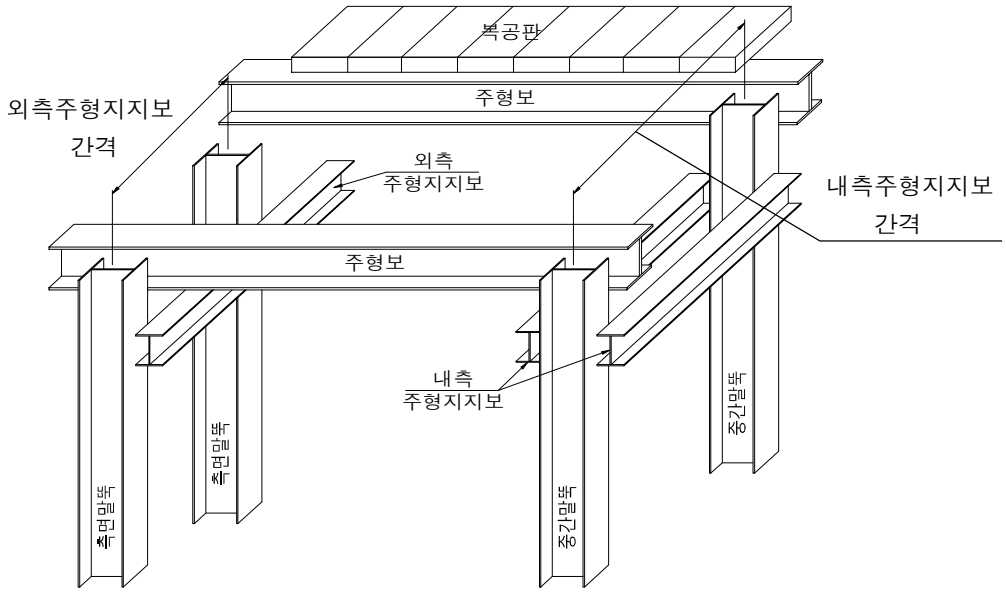
= 4.93 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.93 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

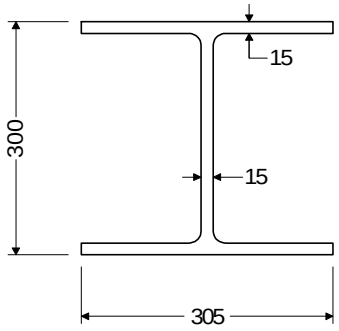
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

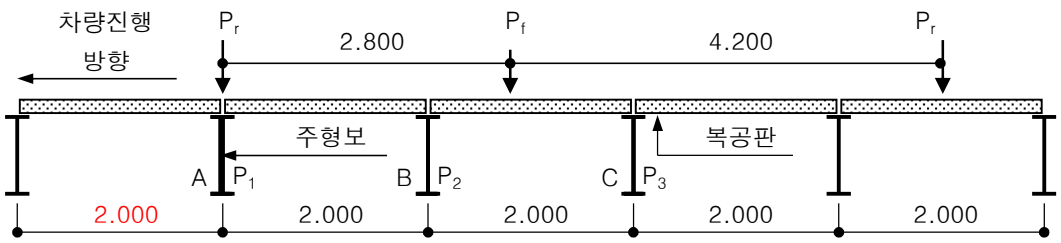


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



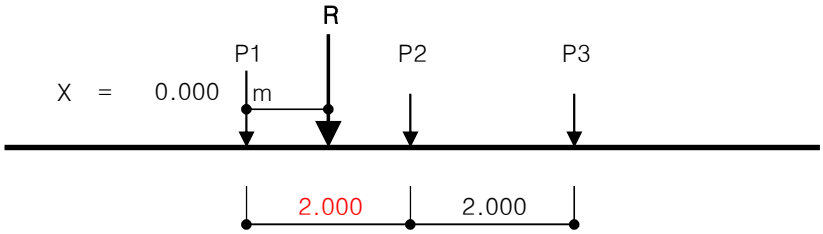
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

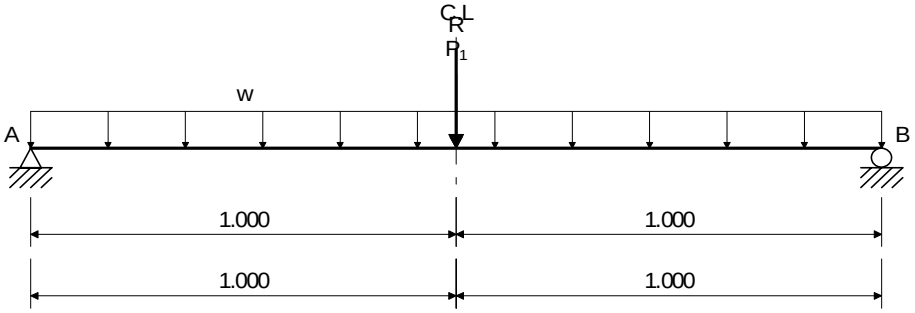


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

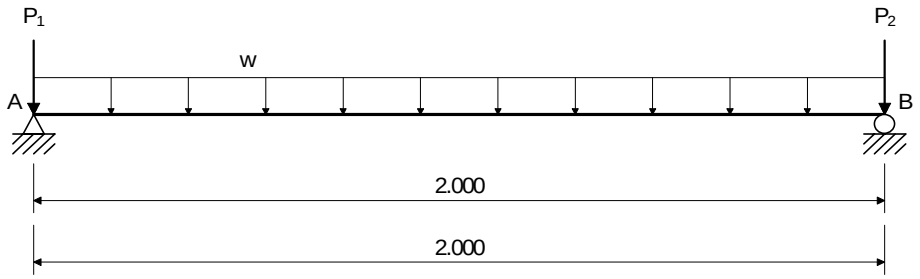
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (334761 + 18750)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.63 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.63 ea ---> O.K

7.지보재 설계

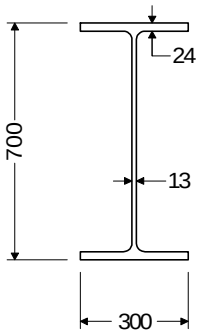
7.1 Strut 설계 (주형보)

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} = 33.405 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.95 m)
= 33.405 x 2.00 / 1 단
= 66.810 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 66.810 + 120.0 = 186.810 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 = 186.810 x 1000 / 23550 = 7.932 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.750 x 1000 / 8476 = 2.212 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.605

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (14.036 − 1.829) / 14.036

= 0.870

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7500 / 293

25.597 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (25.597 − 20))

= 182.653 MPa

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

= 182.653 MPa

L_y / R_y = 5000 / 67.8

73.746 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (73.746 − 20))

= 128.052 MPa

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

= 128.052 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 128.052 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7500 / 300

= 25.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (25.000 − 4.5))

= 122.580 MPa

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

= 122.580 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (25.597)^2

= 2472.451 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 128.052$ MPa $> f_c = 7.932$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 122.580$ MPa $> f_b = 6.104$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa $> \tau = 2.212$ MPa ---> O.K

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

$$= \frac{7.932}{128.052} + \frac{6.104}{122.580 \times (1 - (7.932 / 2472.451))}$$

$$= 0.112 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 7.932 + \frac{6.104}{1 - (7.932 / 2472.451)}$$

$$= 14.056 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.112 , 0.074)

= 0.112 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{14.036}{128.052} + \left\{ \frac{2.212}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.110 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

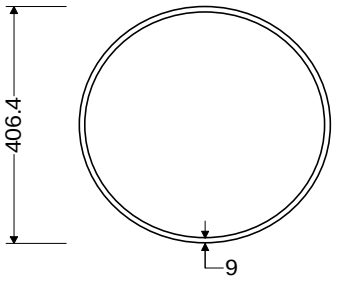
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

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} = 95.641 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.75 m)
= 95.641 x 3.00 / 1 단
= 286.922 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 286.922 + 120.0 = 406.922 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 = 406.922 x 1000 / 11236.2 = 36.215 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 : 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.094 x 9)

= 20.636 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.094

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (68.410 − 4.021) / 68.410

= 0.941 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7500 / 140.5

53.381 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (53.381 − 20))

= 151.146 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 151.146 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (53.381)^2

= 568.519 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 151.146 MPa > f_c = 36.215 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 32.194 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 3.336 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{36.215}{151.146} + \frac{32.194}{189.000 \times (1 - (36.215 / 568.519))}$$

$$= 0.422 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 36.215 + \frac{32.194}{1 - (36.215 / 568.519)}$$

$$= 70.600 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.422 , 0.374)

= 0.422 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{68.410}{151.146} + \left\{ \frac{3.336}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.454 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

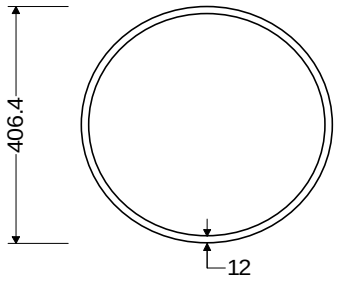
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

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} = 152.072 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.55 m)
= 152.072 x 3.00 / 1 단
= 456.215 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 456.215 + 120.0 = 576.215 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 = 576.215 x 1000 / 14868.5 = 38.754 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 : 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.078 x 12)

= 15.711 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.078

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (63.442 − 14.066) / 63.442

= 0.778 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (53.763 − 20))

= 150.712 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 150.712 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 560.455 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 150.712 MPa > f_c = 38.754 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{38.754}{150.712} + \frac{24.688}{189.000 \times (1 - (38.754 / 560.455))}$$

$$= 0.397 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 38.754 + \frac{24.688}{1 - (38.754 / 560.455)}$$

$$= 65.276 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.397 , 0.345)

= 0.397 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{63.442}{150.712} + \left\{ \frac{2.521}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.422 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

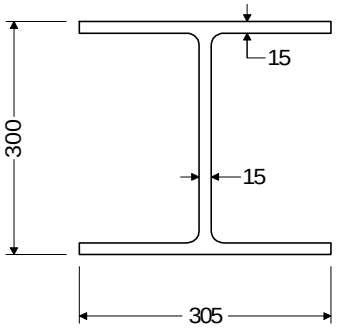
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 211.388 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 8.25 m)
= 211.388 x 3.00 / 1 단
= 634.163 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 634.163 + 120.0 = 754.163 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 / 1440000.0 = 24.414 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 754.163 x 1000 / 13480 = 55.947 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.750 x 1000 / 4050 = 4.630 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.319

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (80.361 − 31.533) / 80.361

= 0.608

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7500 / 126

59.524 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (59.524 − 20))

= 144.180 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 144.180 MPa

L_y / R_y = 7500 / 72.6

103.306 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 103.306^2)

= 93.253 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 93.253 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 93.253 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7500 / 305

= 24.590 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (24.590 − 4.5))

= 123.908 MPa

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

= 123.908 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (59.524)^2

= 457.229 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 93.253 MPa > f_c = 55.947 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 123.908 MPa > f_b = 24.414 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 4.630 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{55.947}{93.253} + \frac{24.414}{123.908 \times (1 - (55.947 / 457.229))}$$

$$= 0.824 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 55.947 + \frac{24.414}{1 - (55.947 / 457.229)}$$

$$= 83.765 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.824 , 0.443)

= 0.824 < 1.0 ---> O.K

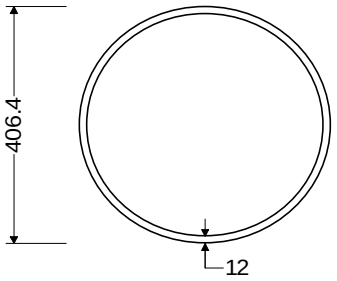
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

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} = 294.047 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.95 m)
= 294.047 x 3.00 / 1 단
= 882.142 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 882.142 + 120.0 = 1002.142 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 , $f_c = P_{max} / A = 1002.142 \times 1000 / 14868.5 = 67.400$ 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 : 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.054 x 12)

= 16.072 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.054

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (92.089 − 42.712) / 92.089

= 0.536 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7500 / 139.5

53.763 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (53.763 − 20))

= 150.712 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 150.712 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (53.763)^2

= 560.455 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 150.712 MPa > f_c = 67.400 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 24.688 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 2.521 MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{67.400}{150.712} + \dfrac{24.688}{189.000 \times (1 - (67.400 / 560.455))}$

= 0.596 < 1.0 ---> O.K

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

$$= 67.400 + \frac{24.688}{1 - (67.400 / 560.455)}$$

$$= 95.464 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.596 , 0.505)
= 0.596 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{92.089}{150.712} + \left\{ \frac{2.521}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.612 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

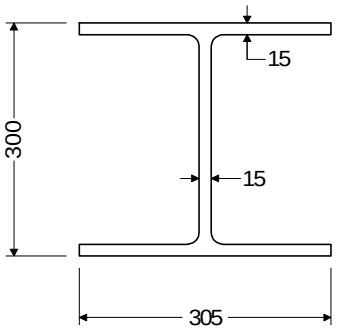
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 403.496 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 11.75 m)
= 403.496 x 2.00 / 1 단
= 806.992 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 806.992 + 120.0 = 926.992 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 / 1440000.0 = 24.414 MPa
▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 926.992 x 1000 / 13480 = 68.768 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.750 x 1000 / 4050 = 4.630 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.247
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (93.182 − 44.354) / 93.182
= 0.524

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7500 / 126
59.524 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로
f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (59.524 − 20))
= 144.180 MPa
f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}
= 144.180 MPa

L_y / R_y = 7500 / 72.6
103.306 ---> 93 < Ly/Ry 이므로
f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 103.306²)
= 93.253 MPa
f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}
= 93.253 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 93.253 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7500 / 305

= 24.590 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (24.590 − 4.5))

= 123.908 MPa

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

= 123.908 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (59.524)^2

= 457.229 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 93.253 MPa > f_c = 68.768 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 123.908 MPa > f_b = 24.414 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 4.630 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{68.768}{93.253} + \frac{24.414}{123.908 \times (1 - (68.768 / 457.229))}$$

= 0.969 < 1.0 ---> O.K

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

$$= 68.768 + \frac{24.414}{1 - (68.768 / 457.229)}$$

= 97.504 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.969 , 0.516)

= 0.969 < 1.0 ---> O.K

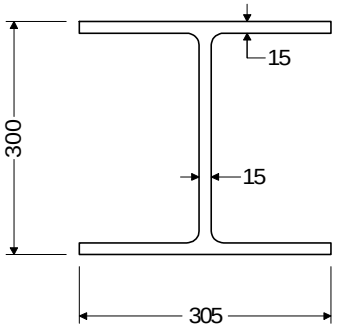
7.7 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 407.394 kN/m ---> Strut-6 (CS15 : 굴착 13.43 m)
= 407.394 x 2.00 / 1 단
= 814.788 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 814.788 + 120.0 = 934.788 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 / 1440000.0 = 24.414 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 934.788 x 1000 / 13480 = 69.346 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.750 x 1000 / 4050 = 4.630 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.244

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (93.760 − 44.932) / 93.760

= 0.521

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7500 / 126

59.524 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (59.524 − 20))

= 144.180 MPa

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

= 144.180 MPa

L_y / R_y = 7500 / 72.6

103.306 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 103.306²)

= 93.253 MPa

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

= 93.253 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 93.253 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7500 / 305

= 24.590 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (24.590 − 4.5))

= 123.908 MPa

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

= 123.908 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (59.524)²

= 457.229 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 93.253 MPa > f_c = 69.346 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 123.908 MPa > f_b = 24.414 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 4.630 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{69.346}{93.253} + \frac{24.414}{123.908 \times (1 - (69.346 / 457.229))}$$

$$= 0.976 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 69.346 + \frac{24.414}{1 - (69.346 / 457.229)}$$

$$= 98.125 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.976 , 0.519)

= 0.976 < 1.0 ---> O.K

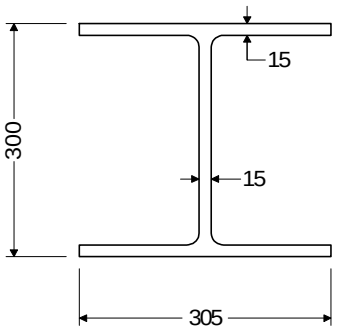
7.8 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.500 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 306.221 kN/m ---> Strut-7 (CS17 : 굴착 14.64 m)

= 306.221 x 2.00 / 1 단

= 612.442 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 612.442 + 120.0 = 732.442 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 / 1440000.0 = 24.414 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 732.442 x 1000 / 13480 = 54.335 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 18.750 x 1000 / 4050 = 4.630 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.331

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (78.750 − 29.921) / 78.750
= 0.620

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7500 / 126
59.524 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (59.524 − 20))
= 144.180 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}
= 144.180 MPa

L_y / R_y = 7500 / 72.6
103.306 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 103.306²)
= 93.253 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}
= 93.253 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 93.253 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7500 / 305

= 24.590 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (24.590 − 4.5))

= 123.908 MPa

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

= 123.908 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (59.524)^2

= 457.229 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 93.253 MPa > f_c = 54.335 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 123.908 MPa > f_b = 24.414 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 4.630 MPa ---> O.K

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

$= \frac{54.335}{93.253} + \frac{24.414}{123.908 \times (1 - (54.335 / 457.229))}$

= 0.806 < 1.0 ---> O.K

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

$= 54.335 + \frac{24.414}{1 - (54.335 / 457.229)}$

= 82.042 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.806 , 0.434)

= 0.806 < 1.0 ---> O.K

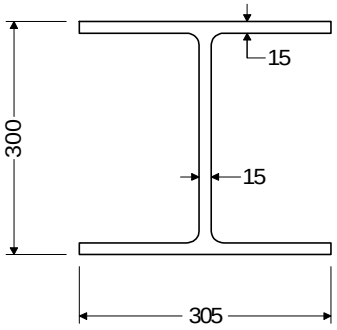
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

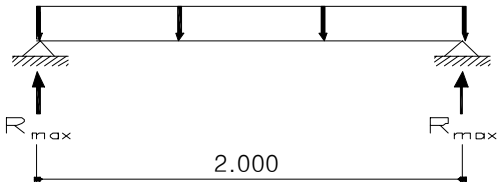
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 33.405 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.95 m)

P = 33.405 × 2.00 m / 1 ea = 66.810 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 66.810 / (13 × 2.000)
= 30.835 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 30.835 × 2.000^2 / 8
= 15.418 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 30.835 × 2.000 / 12
= 35.974 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.418 x 1000000 / 1440000.0 = 10.707 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 35.974 x 1000 / 4050 = 8.883 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (10.707 + 10.707) / 10.707$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 10.707 MPa ---> O.K

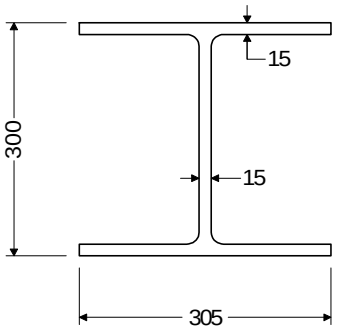
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 8.883 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

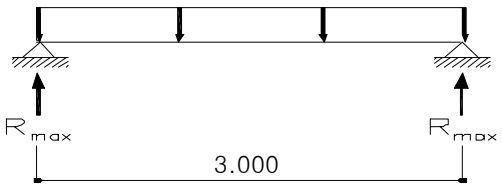
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 95.641 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.75 m)

$P = 95.641 \times 3.00\ m / 1\ ea = 286.922\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 286.922 / (13 \times 3.000)$
$= 88.284\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 88.284 \times 3.000^{2} / 8$
$= 99.319\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 88.284 \times 3.000 / 12$
$= 154.496\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 99.319 \times 1000000 / 1440000.0 = 68.972$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 154.496 \times 1000 / 4050 = 38.147$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (68.972 + 68.972) / 68.972$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 68.972$ MPa ---> O.K

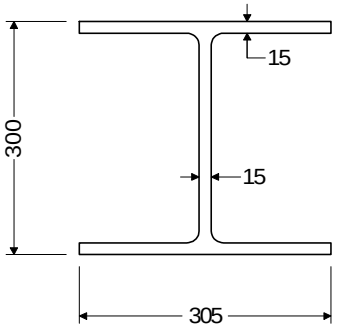
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 38.147$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

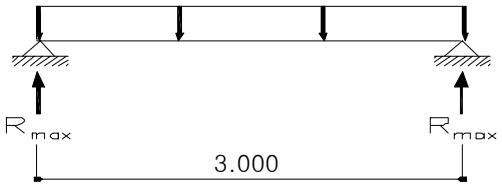
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 152.072 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.55 m)

P = 152.072 × 3.00 m / 1 ea = 456.215 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 456.215 / (13 \times 3.000)$

$= 140.374$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 140.374 \times 3.000^2 / 8$

$= 157.920$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$

$= 7 \times 140.374 \times 3.000 / 12$

$= 245.654$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 157.920 \times 1000000 / 1440000.0 = 109.667$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 245.654 \times 1000 / 4050 = 60.655$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (109.667 + 109.667) / 109.667$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

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

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 109.667 MPa ---> O.K

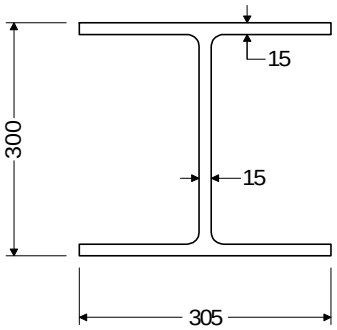
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 60.655 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

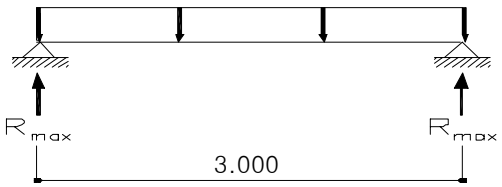
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 211.388 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 8.25 m)

$P = 211.388 \times 3.00\ m / 1\ ea = 634.163\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 634.163 / (13 \times 3.000)$
$= 195.127\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 195.127 \times 3.000^{2} / 8$
$= 219.518\ kN·m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 195.127 \times 3.000 / 12$
$= 341.472\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 219.518 \times 1000000 / 1440000.0 = 152.443$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 341.472 \times 1000 / 4050 = 84.314$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (152.443 + 152.443) / 152.443$
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 152.443$ MPa ---> O.K

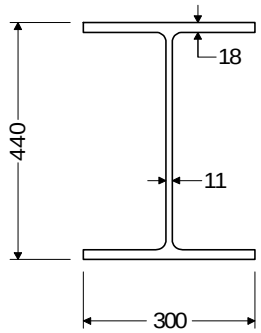
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 84.314$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

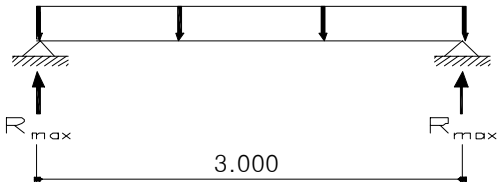
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 294.047 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.95 m)

P = 294.047 × 3.00 m / 1 ea = 882.142 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 882.142 / (13 × 3.000)
= 271.428 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 271.428 × 3.000^2 / 8
= 305.357 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 271.428 × 3.000 / 12
= 475.000 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 305.357 x 1000000 / 2550000.0 = 119.748 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 475.000 x 1000 / 4444 = 106.886 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (119.748 + 119.748) / 119.748$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 119.748 MPa ---> O.K

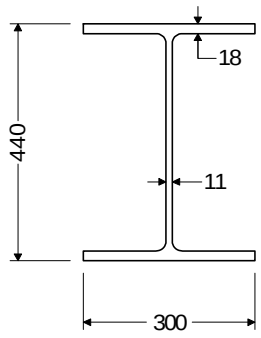
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 106.886 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

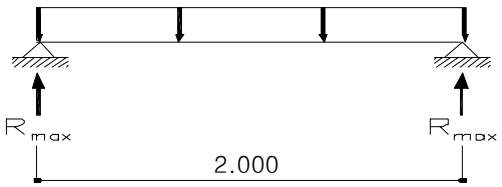
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 403.496 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 11.75 m)

$P = 403.496 \times 2.00\ m / 1\ ea = 806.992\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 806.992 / (13 \times 2.000)$
$= 372.458\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 372.458 \times 2.000^2 / 8$
$= 186.229\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 372.458 \times 2.000 / 12$
$= 434.534\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 186.229 \times 1000000 / 2550000.0 = 73.031$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 434.534 \times 1000 / 4444 = 97.780$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (73.031 + 73.031) / 73.031$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300
= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))
= 181.980 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$
= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 181.980$ MPa > $f_b = 73.031$ MPa ---> O.K

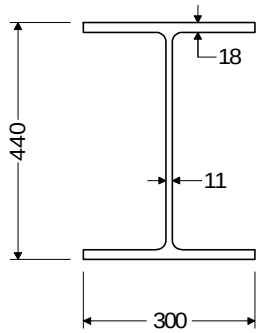
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 97.780$ MPa ---> O.K

8.7 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

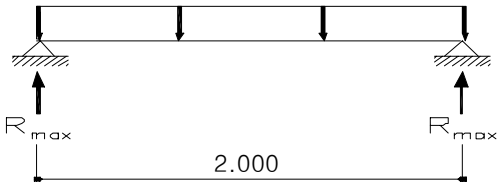
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 407.394 kN/m ---> Strut-6 (CS15 : 굴착 13.43 m)

P = 407.394 × 2.00 m / 1 ea = 814.788 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 814.788 / (13 × 2.000)
= 376.056 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 376.056 × 2.000^2 / 8
= 188.028 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 376.056 × 2.000 / 12
= 438.732 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 188.028 x 1000000 / 2550000.0 = 73.736 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 438.732 x 1000 / 4444 = 98.725 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (73.736 + 73.736) / 73.736

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 73.736 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 98.725 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 14 x 2 = ####### mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 438732.010 / 15756.000 = 27.845 MPa

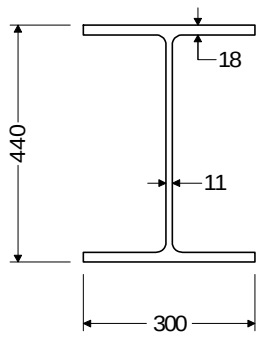
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 27.845 MPa ---> O.K

8.8 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

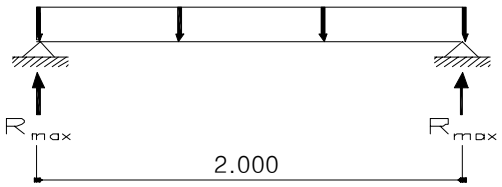
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 306.221 kN/m ---> Strut-7 (CS17 : 굴착 14.64 m)

P = 306.221 × 2.00 m / 1 ea = 612.442 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 612.442 / (13 × 2.000)
= 282.666 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 282.666 × 2.000 ^{2} / 8
= 141.333 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 282.666 × 2.000 / 12
= 329.776 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 141.333 x 1000000 / 2550000.0 = 55.425 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 329.776 x 1000 / 4444 = 74.207 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (55.425 + 55.425) / 55.425
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 55.425 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 74.207 MPa ---> O.K

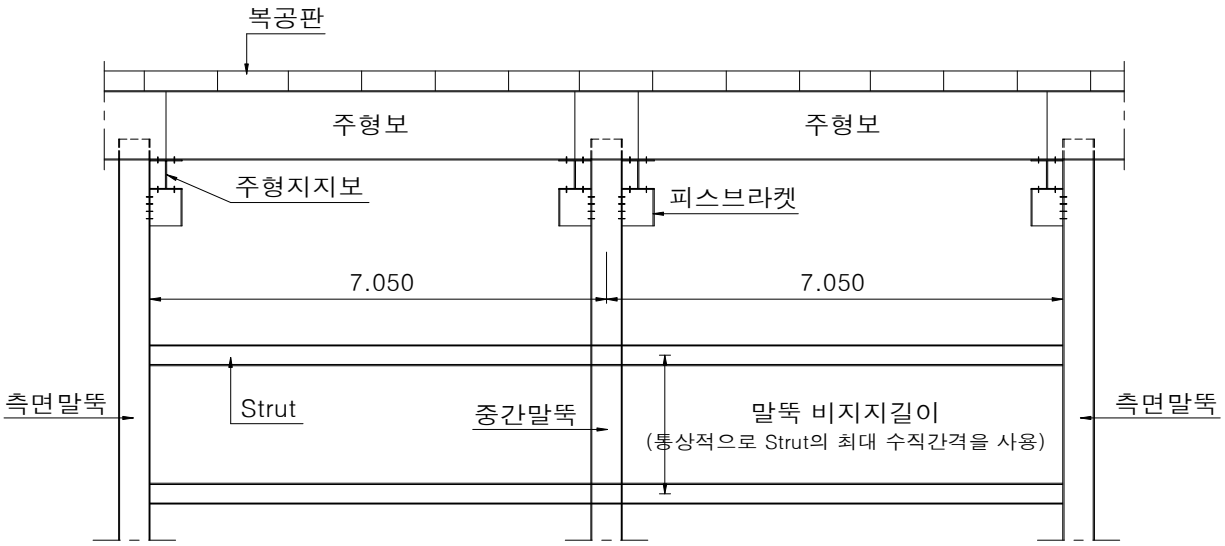
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.050 + 7.050 = 14.100 m

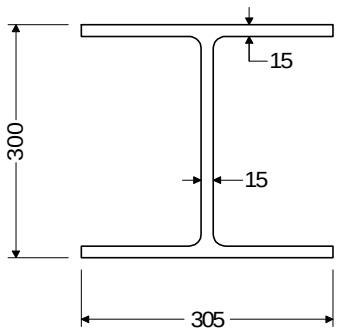
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 23.000 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 167.900 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 11.450 kN

ΣP_s = 207.130 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 7.050) / 2 = 20.083 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 7.050) / 2 = 20.083 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.050)

= 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

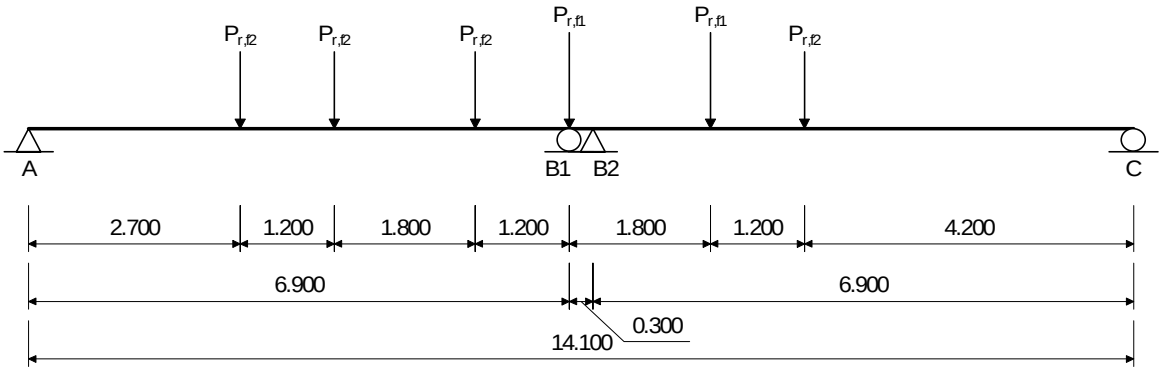
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.900 + 93.600 x 5.700 + 93.600 x 3.900 + 93.600 x 2.700) / 6.900

= 291.652 kN

R_{B2} = (124.800 x 5.400 + 93.600 x 4.200) / 6.900

= 154.643 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 291.652 x 1.00 = 291.652 kN

P_{r2} = 154.643 x 1.00 = 154.643 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.900 + 23.400 x 5.700 + 23.400 x 3.900 + 23.400 x 2.700) / 6.900

= 72.913 kN

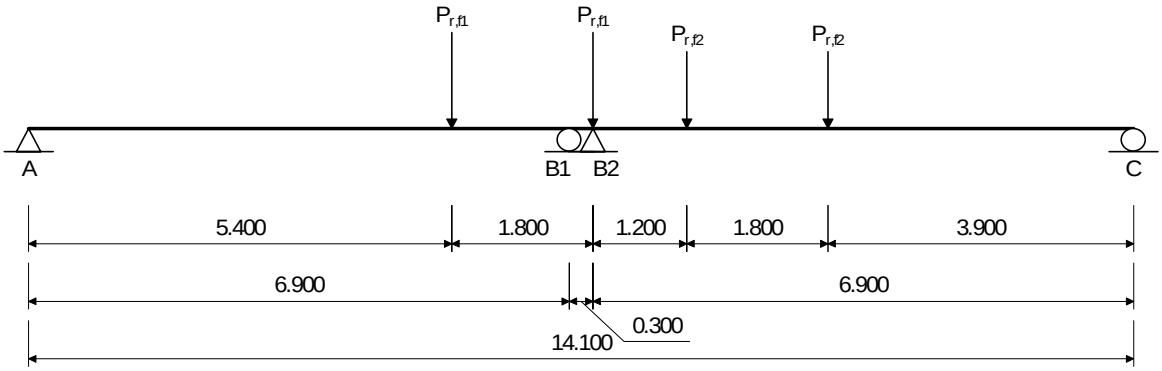
R_{B2} = (31.200 x 5.400 + 23.400 x 4.200) / 6.900

= 38.661 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 72.913 x 1.00 = 72.913 kN

P_{f2} = 38.661 x 1.00 = 38.661 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.400) / 6.900

= 97.670 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.900 + 93.600 x 5.700 + 93.600 x 3.900) / 6.900

= 255.026 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 97.670 x 1.00 = 97.670 kN

P_{r2} = 255.026 x 1.00 = 255.026 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.400) / 6.900

= 24.417 kN

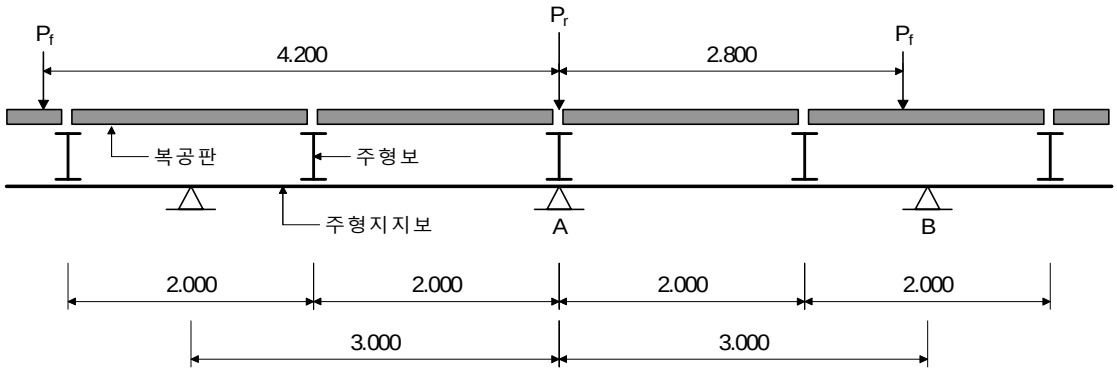
R_{B2} = (31.200 x 6.900 + 23.400 x 5.700 + 23.400 x 3.900) / 6.900

= 63.757 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.417 x 1.00 = 24.417 kN

P_{f2} = 63.757 x 1.00 = 63.757 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (291.652 x 3.000 + 72.913 x 0.200) / 3.000

= 296.513 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} \times 3.00 / 2.00$

$= 296.513 + 20.083 \times 3.00 / 2.00 = 326.638$ kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

$R_2 = (255.026 \times 3.000 + 63.757 \times 0.200) / 3.000$

$= 259.277$ kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} \times 3.00 / 2.00$

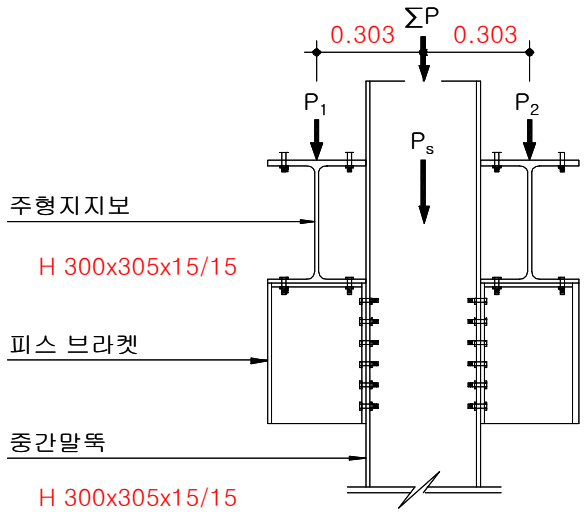
$= 259.277 + 20.083 \times 3.00 / 2.00 = 289.401$ kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_1 + P_2 + P_s$

$= 326.638 + 289.401 + 207.130 = 823.169$ kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A = 823.169 \times 1000 / 13480 = 61.066$ MPa

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 98.808 \times 1000000 / 1440000 = 68.617$ MPa

여기서, $M_{max} = P_1 \times e = 326.638 \times 0.303 = 98.808$ kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.865

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (129.683 − −7.551) / 129.683

= 1.058

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 5190 / 126

41.190 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (41.190 − 20))

= 164.970 MPa

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

= 164.970 MPa

L_y / R_y = 5190 / 72.6

71.488 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (71.488 − 20))

= 130.613 MPa

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

= 130.613 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 130.613 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5190 / 305

= 17.016 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (17.016 − 4.5))

= 148.447 MPa

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

= 148.447 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (41.190)^2

= 954.820 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 130.613 MPa > f_c = 61.066 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 148.447 MPa > f_b = 68.617 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{61.066}{130.613} + \frac{68.617}{148.447 \times (1 - (61.066 / 954.820))}$$

$$= 0.961 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 61.066 + \frac{68.617}{1 - (61.066 / 954.820)}$$

$$= 134.371 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.961 , 0.711)

= 0.961 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 823.17 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)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	35.43	
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 50 x 0.0915 + 0.2 x 35 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 272.995 tonf

= 2677.17 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2677.17 / 2.0

= 1338.584 kN

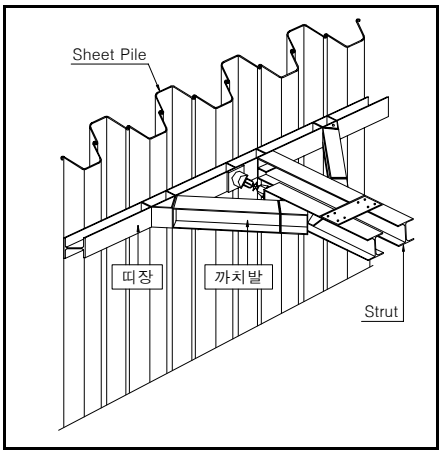
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 21.64m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
I_x(mm^4)	386000000.0
Z_x(mm^3)	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 429.595 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS19 : 해체2)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 429.595 (kN·m/m) × 1.00 m = 429.595 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 383.595 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS15 : 굴착 13.43 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 383.595 (kN/m) × 1.00 m = 383.595 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{429.595 \times 10^6}{2270000.00} = 189.249 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{383.595 \times 10^3}{13180.00} = 29.104 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 14.64 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	2.57	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.63	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	15.72	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	18.53	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	24.07	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	21.64	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.54	2	7.5	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2.45	3	7.5	50	1
3	Strut-2	P 406.4x12	SS400	4.25	3	7.5	50	1
4	Strut-3	H 300x305x15/15	SS400	6.05	3	7.5	50	1
5	Strut-4	P 406.4x12	SS400	7.75	3	7.5	50	1
6	Strut-5	H 300x305x15/15	SS400	9.45	2	7.5	50	1
7	Strut-6	H 300x305x15/15	SS400	11.25	2	7.5	50	1
8	Strut-7	H 300x305x15/15	SS400	12.93	2	7.5	50	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브3	1.92	0	6.55	C27	0.5	-
2	슬래브2	4.08	0	6.55	C27	0.9	-
3	슬래브1	9.21	0	6.55	C27	0.9	-
4	기초	14.14	0	6.55	C27	0.9	-
5	벽체	6.55	1.42	14.64	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 14.64 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.04	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.95	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.75	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	6.55	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	8.25	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.95	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	11.75	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
15	13.43	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
17	14.64	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	-	-	13.24	-	-	-	X	X
19	-	-	-	8.56	-	-	-	X	X
20	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
21	-	-	-	6.2	-	-	-	X	X
22	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
23	-	-	-	3.26	-	-	-	X	X
24	-		Strut-1	-	-	-	-	X	X
25	-	-	-	1.42	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 1.04 m	1.04	6.47	1.4	-3.56	6.2	3.49	17.1	-9.05	3.0
CS2 : 생성 주형보	1.04	6.47	1.4	-3.56	6.2	3.49	17.1	-9.05	3.0
CS3 : 굴착 2.95 m	2.95	28.84	4.3	-32.95	0.5	40.04	2.5	-20.35	6.1
CS4 : 생성 Strut-1	2.95	20.62	4.3	-24.64	0.5	25.02	2.1	-16.28	5.6
CS5 : 굴착 4.75 m	4.75	39.29	6.1	-73.41	2.5	54.86	4.3	-25.45	7.8
CS6 : 생성 Strut-2	4.75	33.76	6.1	-62.43	2.5	41.81	4.3	-21.71	7.8
CS7 : 굴착 6.55 m	6.55	54.56	8.6	-121.25	4.3	90.35	6.6	-43.53	4.3
CS8 : 생성 Strut-3	6.55	50.46	8.6	-108.92	4.3	79.49	6.6	-36.84	10.4
CS9 : 굴착 8.25 m	8.25	80.95	10.8	-182.07	6.1	153.80	8.6	-75.18	12.9
CS10 : 생성 Strut-4	8.25	77.68	10.8	-168.98	6.1	144.19	8.6	-71.60	12.5
CS11 : 굴착 9.95 m	9.95	109.64	12.9	-259.64	7.8	238.42	10.4	-125.07	15.4
CS12 : 생성 Strut-5	9.95	105.78	12.9	-239.11	7.8	224.51	10.4	-119.66	15.4
CS13 : 굴착 11.75 m	11.75	154.96	15.4	-347.98	9.5	340.30	12.1	-194.58	17.6
CS14 : 생성 Strut-6	11.75	151.46	15.4	-327.21	9.5	326.06	12.1	-189.27	17.6
CS15 : 굴착 13.43 m	13.43	177.79	16.2	-383.59	11.3	420.01	13.8	-225.29	19.0
CS16 : 생성 Strut-7	13.43	174.60	16.2	-362.36	11.3	406.67	13.8	-222.46	19.0
CS17 : 굴착 14.64 m	14.64	166.53	18.1	-336.03	12.9	429.54	15.0	-151.75	19.9
CS18 : 해체1	14.64	166.51	18.1	-335.80	12.9	429.59	15.0	-151.57	19.9
CS19 : 해체2	14.64	166.51	18.1	-335.80	12.9	429.59	15.0	-151.57	19.9
CS20 : 해체3	14.64	166.50	18.1	-333.37	12.9	429.58	15.0	-192.32	9.5
CS21 : 해체4	14.64	166.50	18.1	-333.35	12.9	429.58	15.0	-192.72	9.5
CS22 : 해체5	14.64	166.50	18.1	-333.46	12.9	429.58	15.0	-190.57	9.5
CS23 : 해체6	14.64	166.50	18.1	-333.46	12.9	429.58	15.0	-190.55	9.5
CS24 : 해체7	14.64	166.50	18.1	-333.47	12.9	429.58	15.0	-190.16	9.5
CS25 : 해체8	14.64	166.50	18.1	-333.47	12.9	429.58	15.0	-190.15	9.5
TOTAL		177.79	16.2	-383.59	11.3	429.59	15.0	-225.29	19.0

12.1.2 지보재 반력 집계

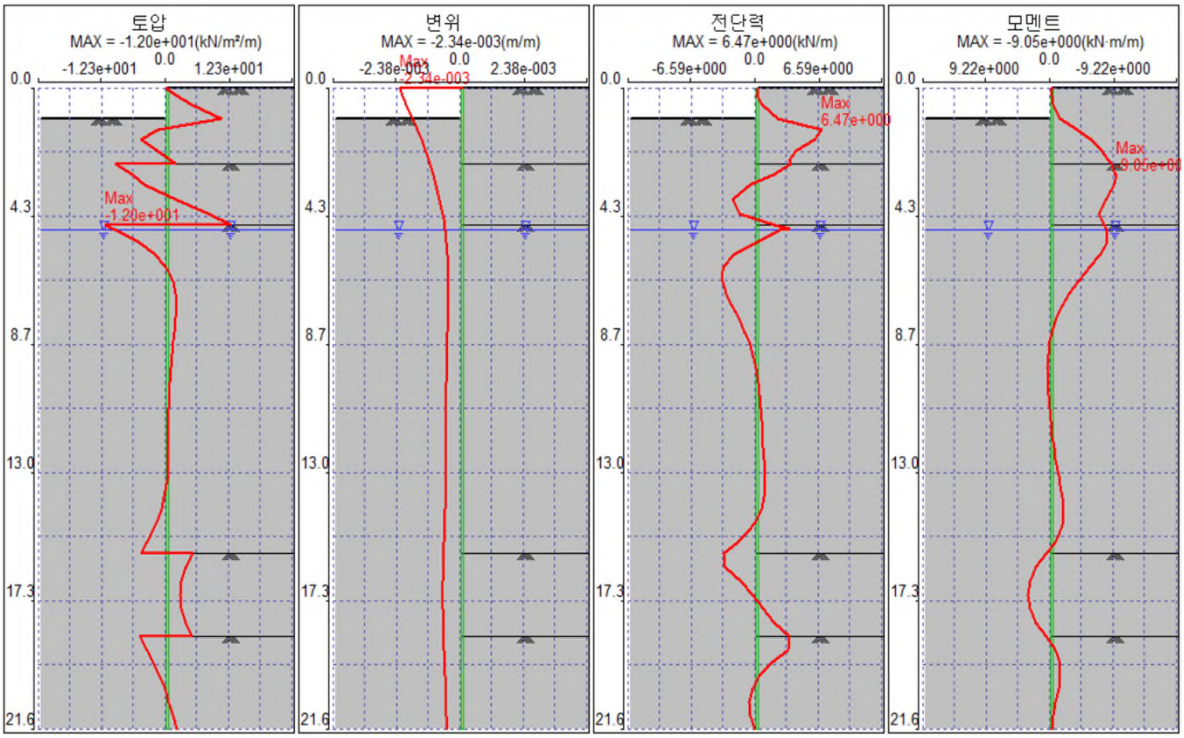
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.54 (m)	2.45 (m)	4.25 (m)	6.05 (m)	7.75 (m)
CS1 : 굴착 1.04 m	1.04	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	1.04	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.95 m	2.95	33.40	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.95	25.09	16.67	-	-	-
CS5 : 굴착 4.75 m	4.75	5.41	95.64	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.75	8.95	81.12	16.67	-	-
CS7 : 굴착 6.55 m	6.55	-4.78	62.06	152.07	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	6.55	-3.21	63.95	136.28	16.67	-
CS9 : 굴착 8.25 m	8.25	-1.89	41.55	101.35	211.39	-
CS10 : 생성 Strut-4	8.25	-1.92	43.33	103.39	194.52	16.67
CS11 : 굴착 9.95 m	9.95	1.41	41.70	64.89	137.31	294.05
CS12 : 생성 Strut-5	9.95	1.13	41.96	68.20	140.84	266.68
CS13 : 굴착 11.75 m	11.75	1.51	45.77	67.43	94.43	160.07
CS14 : 생성 Strut-6	11.75	1.48	45.54	67.61	97.55	165.93
CS15 : 굴착 13.43 m	13.43	1.21	46.07	71.04	98.04	129.82
CS16 : 생성 Strut-7	13.43	1.22	46.03	70.83	98.14	132.31
CS17 : 굴착 14.64 m	14.64	1.18	45.89	71.23	100.57	133.91
CS18 : 해체1	14.64	1.18	45.89	71.23	100.57	133.91
CS19 : 해체2	14.64	1.18	45.89	71.23	100.57	133.91
CS20 : 해체3	14.64	0.66	41.22	72.81	158.75	-
CS21 : 해체4	14.64	0.66	41.21	72.80	158.85	-
CS22 : 해체5	14.64	-7.05	83.98	-	198.47	-
CS23 : 해체6	14.64	-7.05	83.98	-	198.47	-
CS24 : 해체7	14.64	22.14	-	-	185.94	-
CS25 : 해체8	14.64	22.04	-	-	185.83	-
TOTAL		33.40	95.64	152.07	211.39	294.05

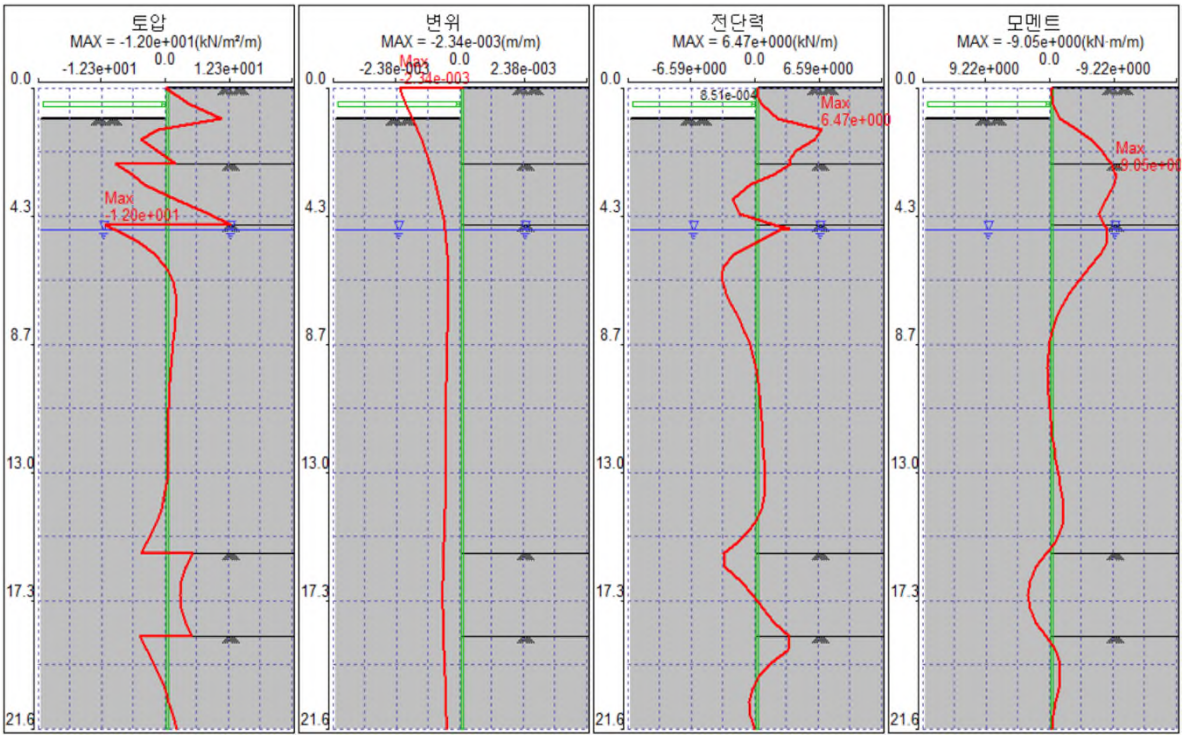
시공단계	굴착 깊이	Strut-5	Strut-6	Strut-7		
		9.45 (m)	11.25 (m)	12.93 (m)		
CS1 : 굴착 1.04 m	1.04	-	-	-		
CS2 : 생성 주형보	1.04	-	-	-		
CS3 : 굴착 2.95 m	2.95	-	-	-		
CS4 : 생성 Strut-1	2.95	-	-	-		
CS5 : 굴착 4.75 m	4.75	-	-	-		
CS6 : 생성 Strut-2	4.75	-	-	-		
CS7 : 굴착 6.55 m	6.55	-	-	-		
CS8 : 생성 Strut-3	6.55	-	-	-		
CS9 : 굴착 8.25 m	8.25	-	-	-		
CS10 : 생성 Strut-4	8.25	-	-	-		
CS11 : 굴착 9.95 m	9.95	-	-	-		
CS12 : 생성 Strut-5	9.95	25.00	-	-		
CS13 : 굴착 11.75 m	11.75	403.50	-	-		
CS14 : 생성 Strut-6	11.75	373.84	25.00	-		
CS15 : 굴착 13.43 m	13.43	251.05	407.39	-		
CS16 : 생성 Strut-7	13.43	257.43	377.41	25.00		
CS17 : 굴착 14.64 m	14.64	224.98	294.94	306.22		
CS18 : 해체1	14.64	224.99	294.89	306.03		
CS19 : 해체2	14.64	224.99	294.89	306.03		
CS20 : 해체3	14.64	224.99	273.31	303.95		
CS21 : 해체4	14.64	224.99	273.14	303.94		
CS22 : 해체5	14.64	224.99	274.09	304.05		
CS23 : 해체6	14.64	224.99	274.09	304.05		
CS24 : 해체7	14.64	224.99	274.23	304.05		
CS25 : 해체8	14.64	224.99	274.23	304.05		
TOTAL		403.50	407.39	306.22		

12.2 시공단계별 단면력도

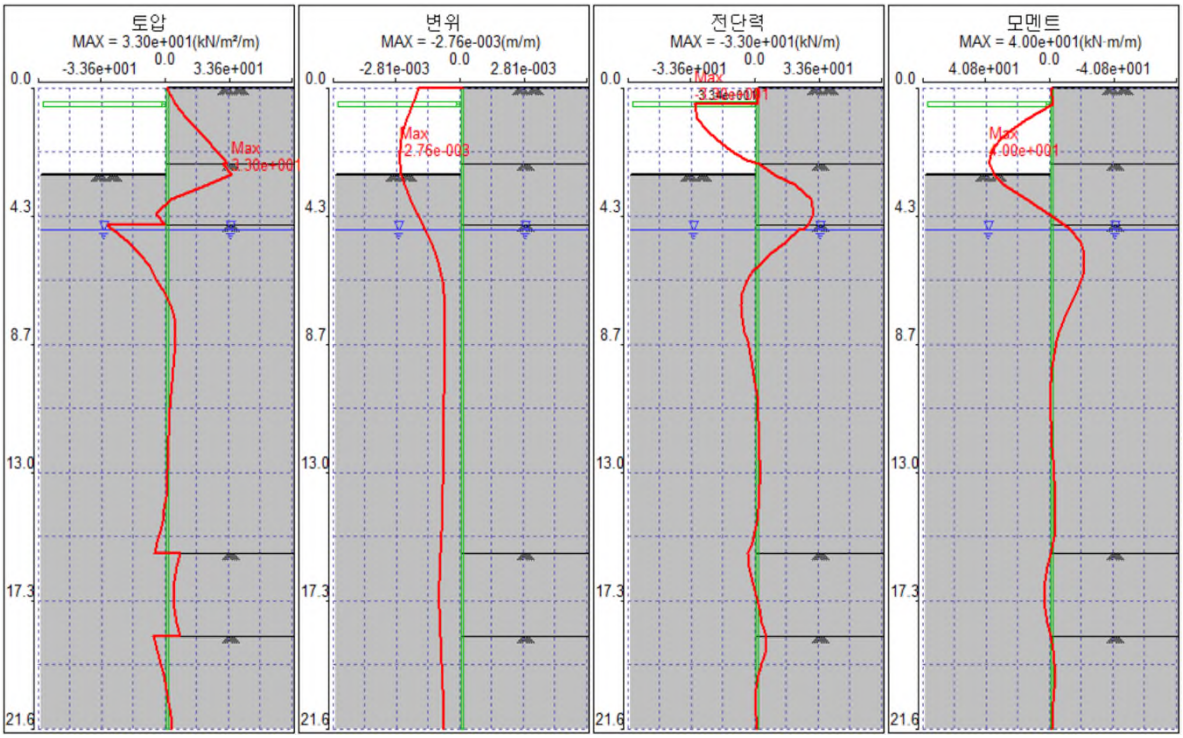
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.04 m]



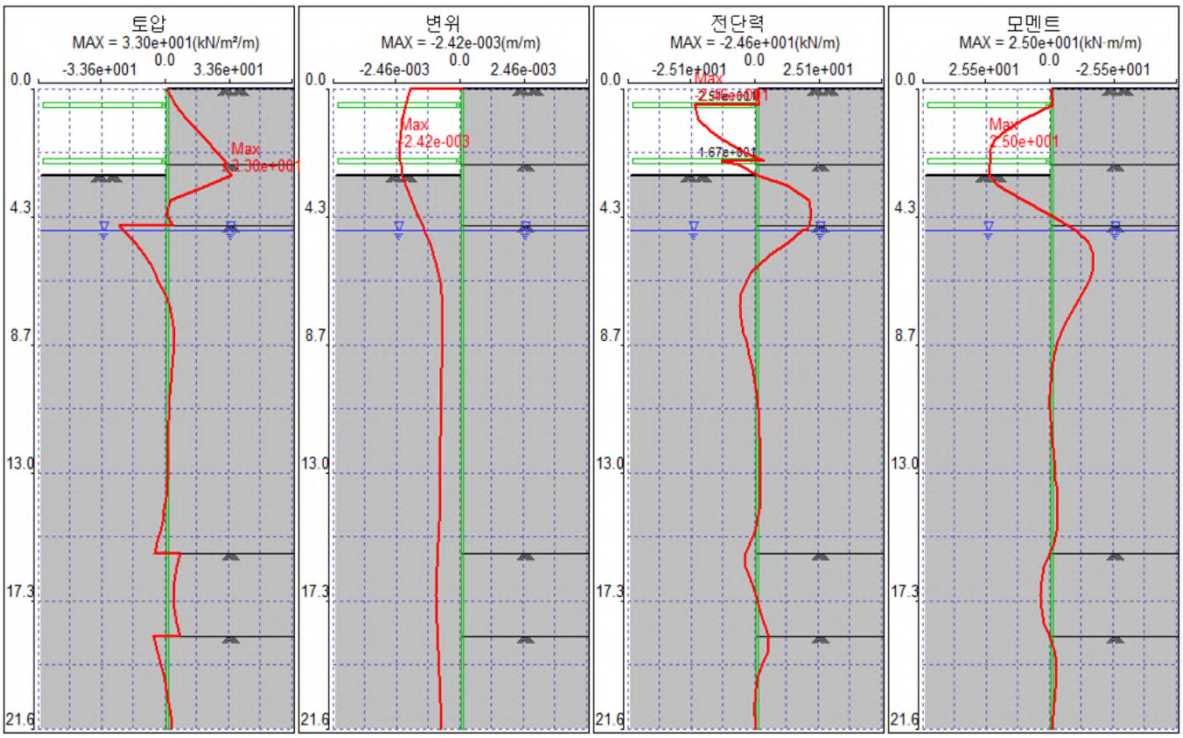
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



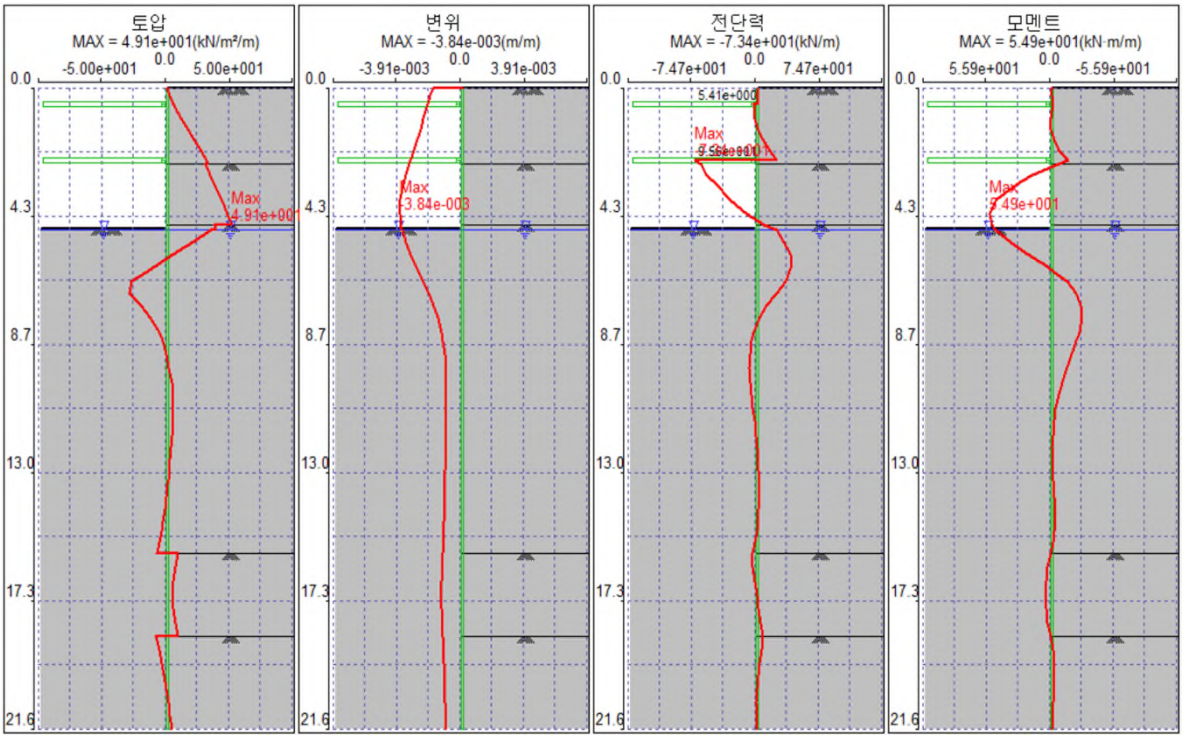
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.95 m]



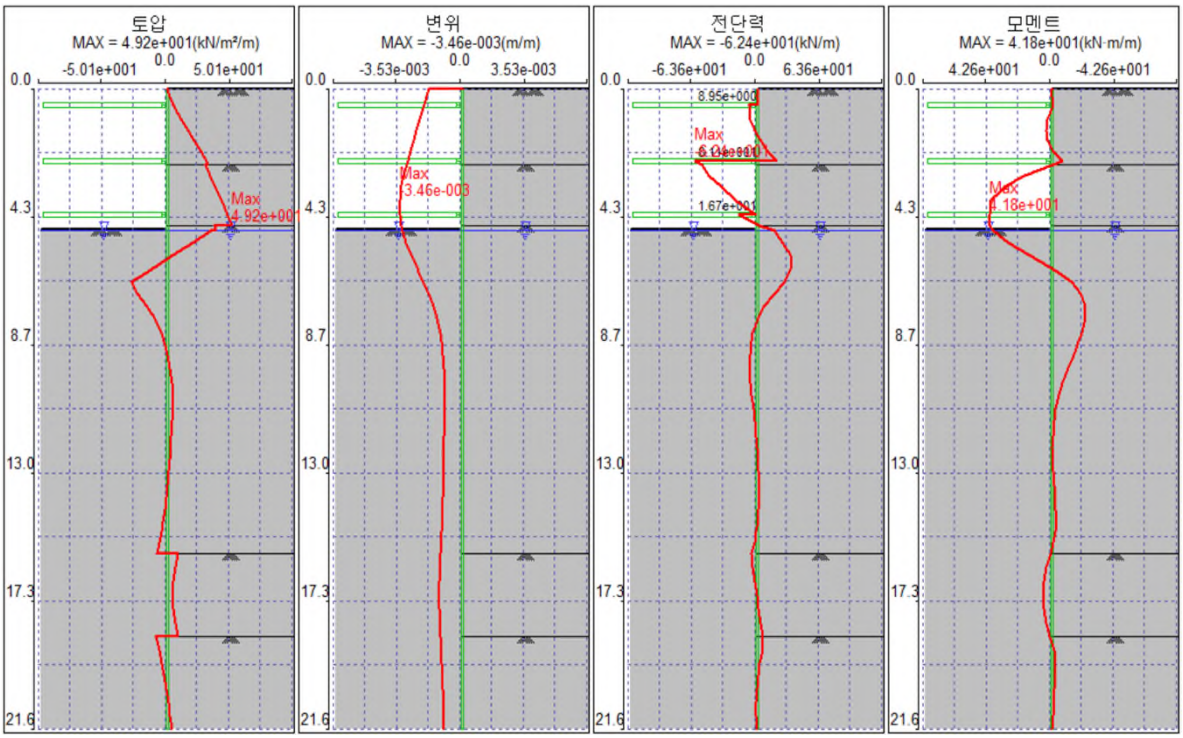
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



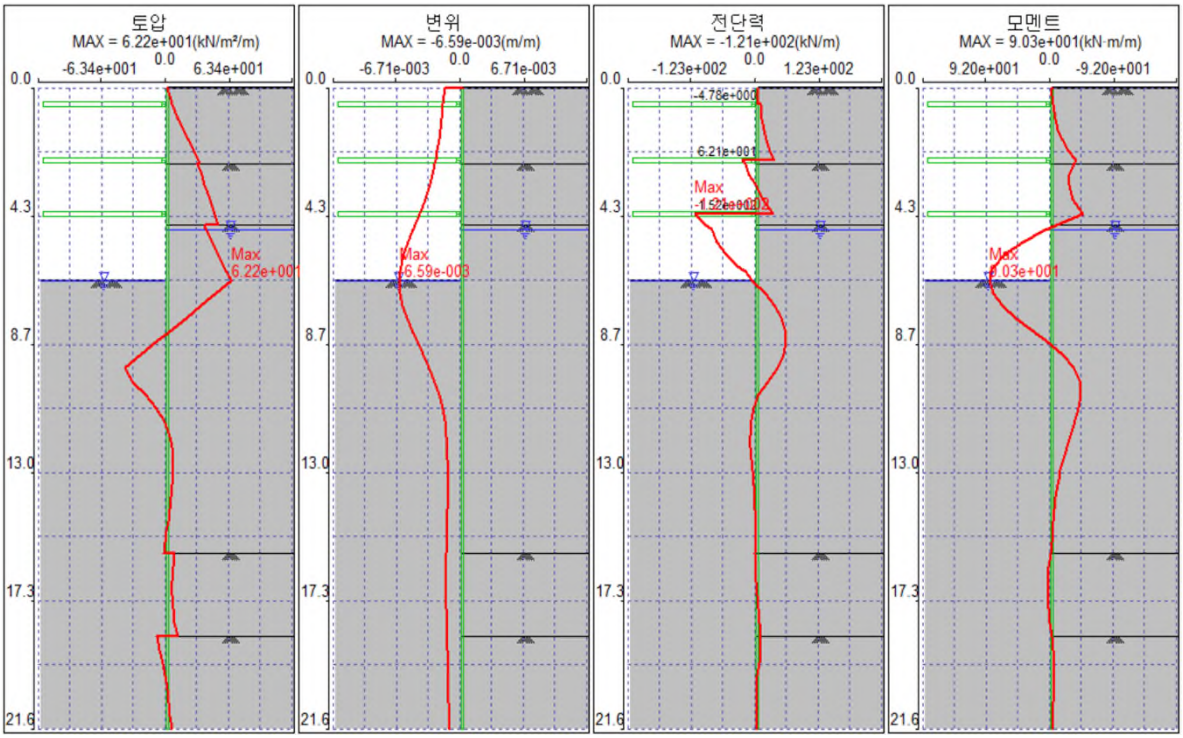
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.75 m]



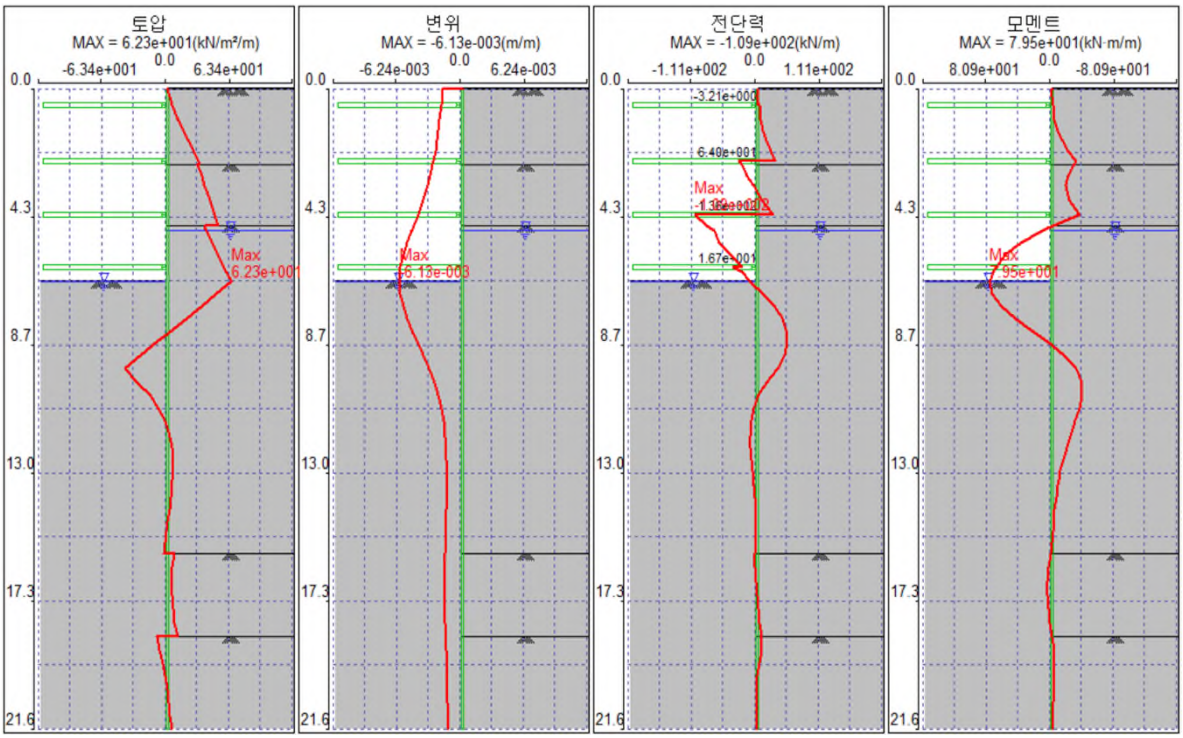
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



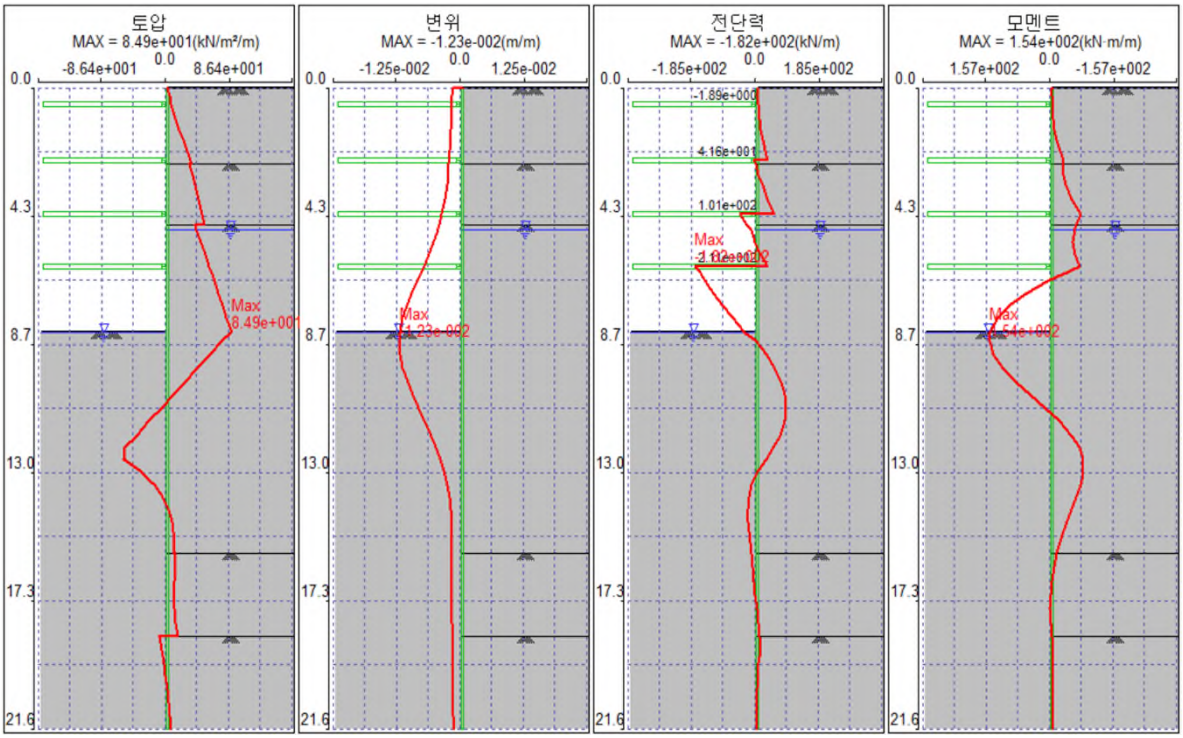
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.55 m]



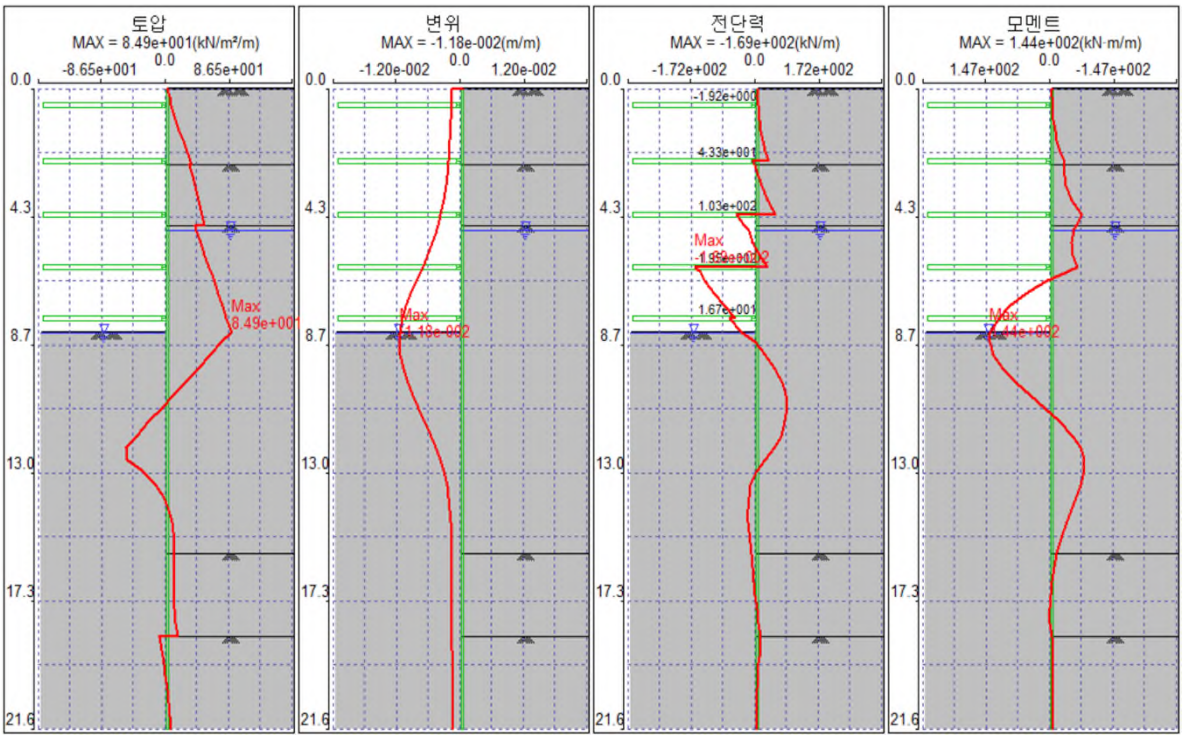
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



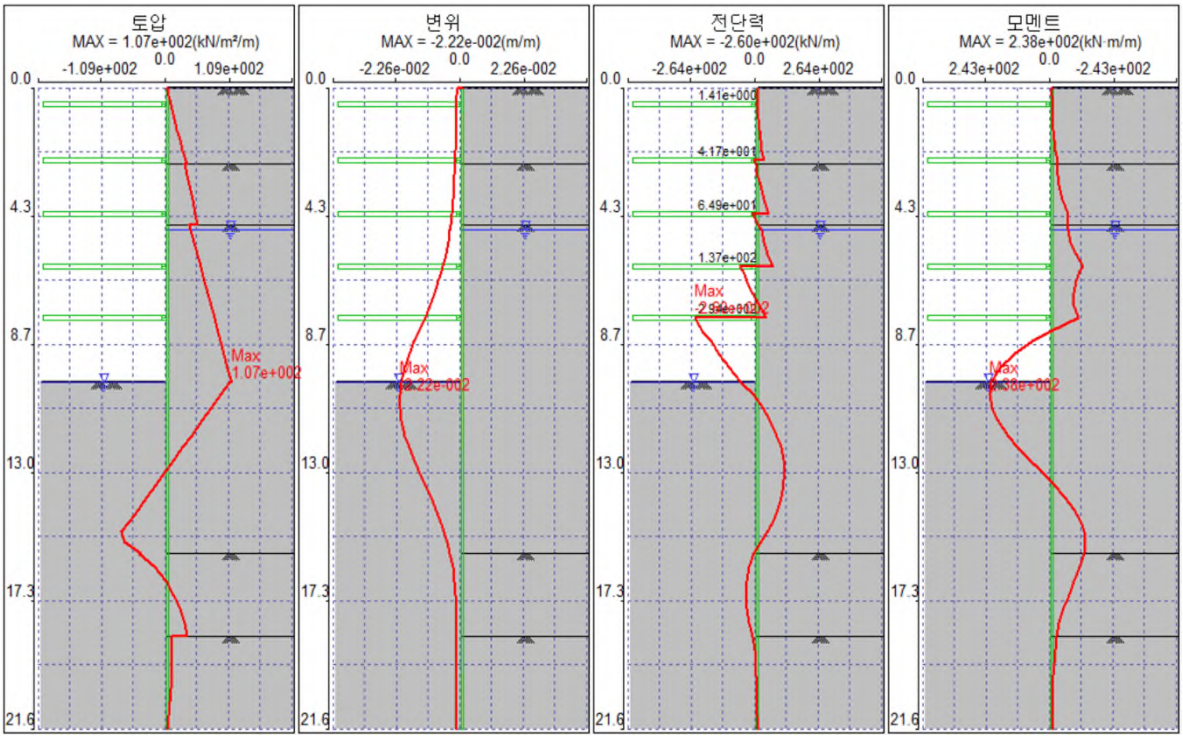
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 8.25 m]



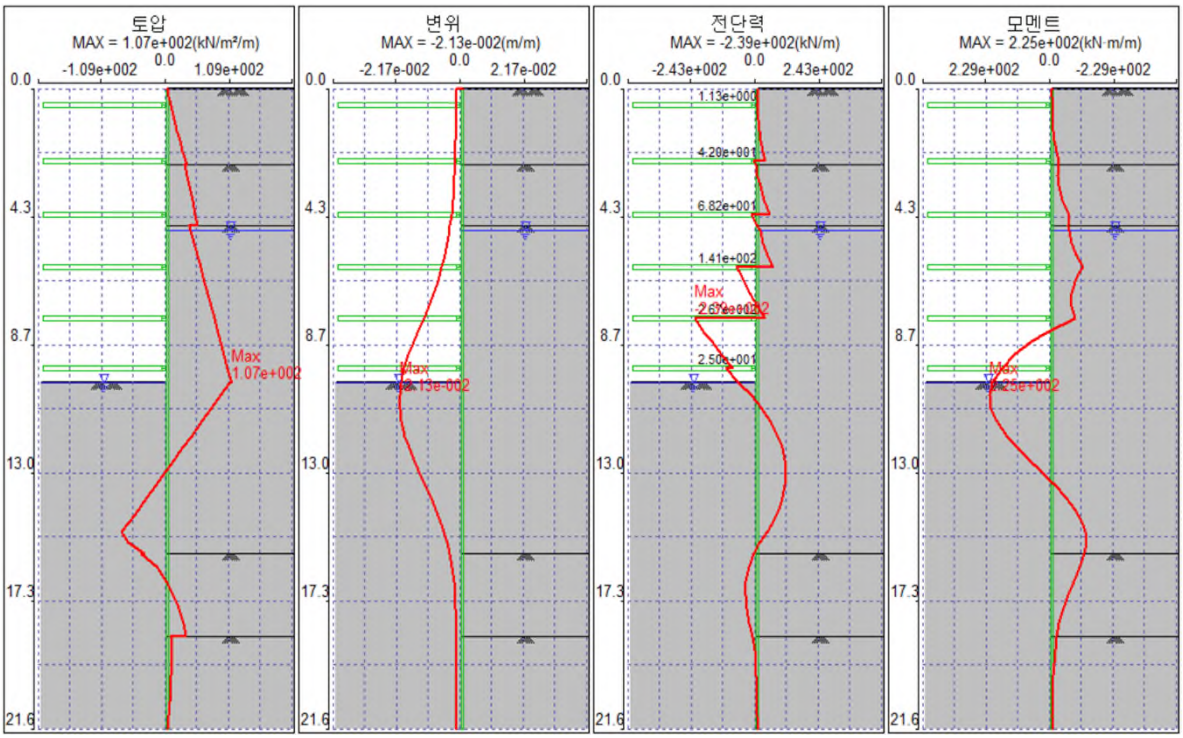
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



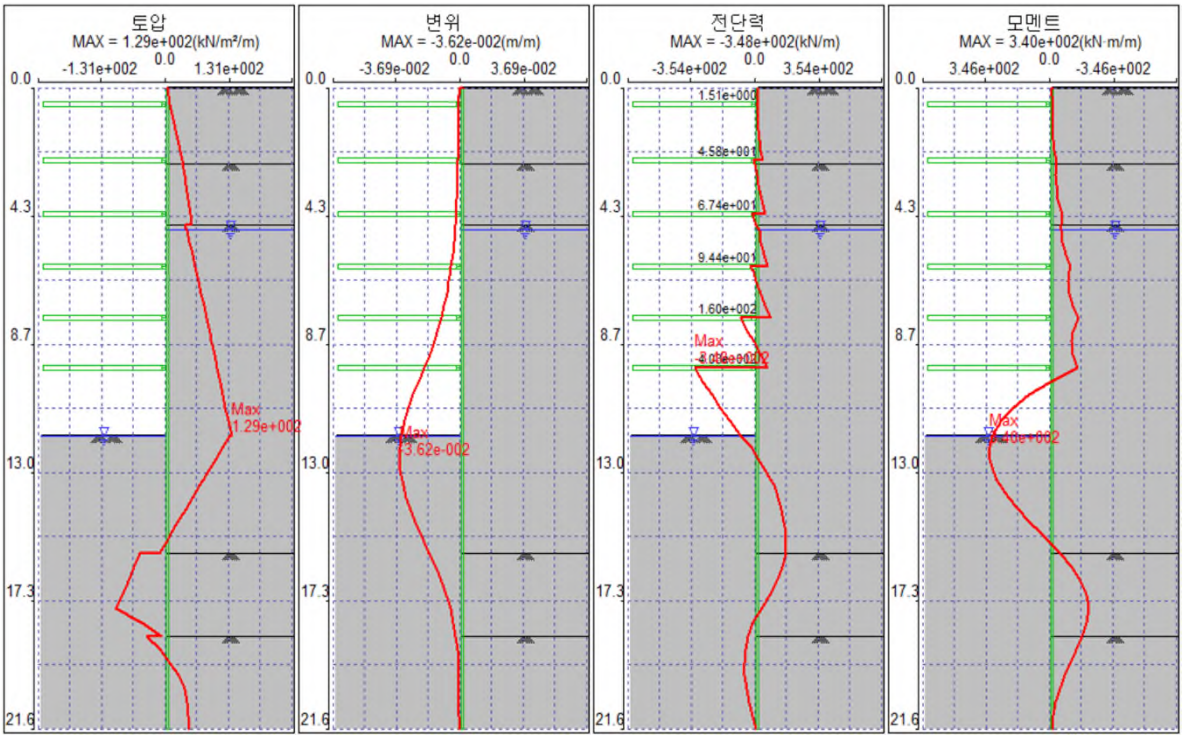
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.95 m]



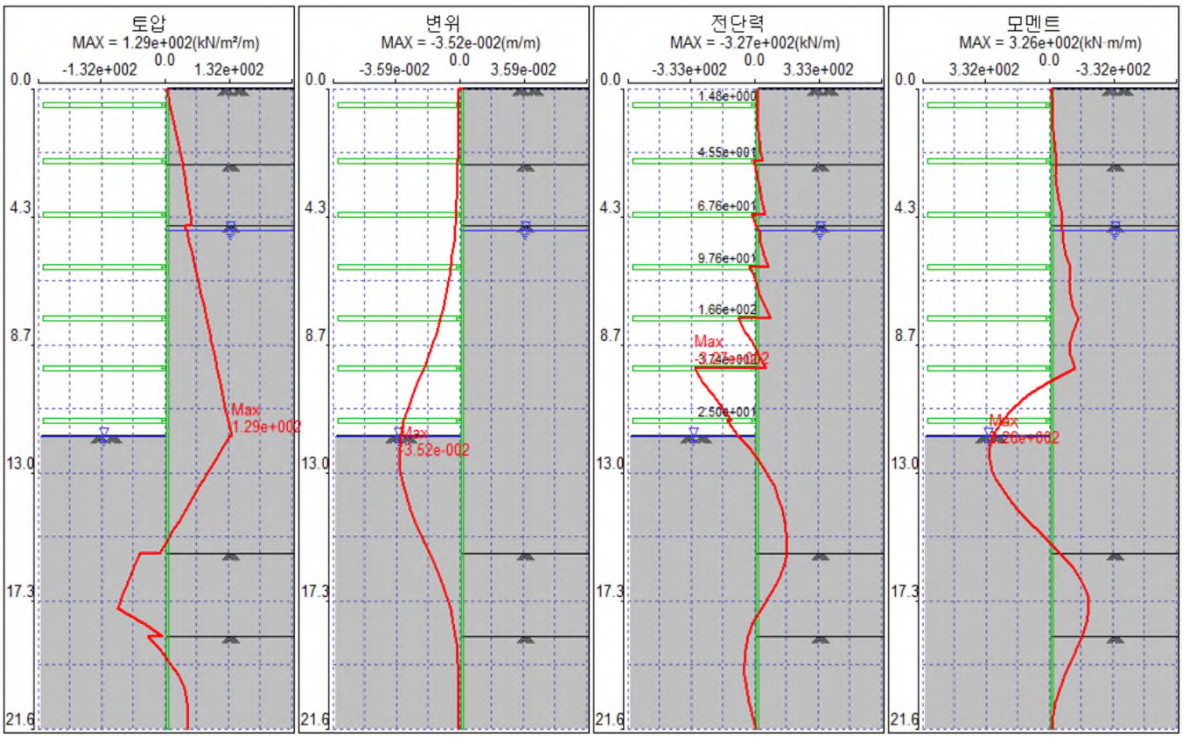
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



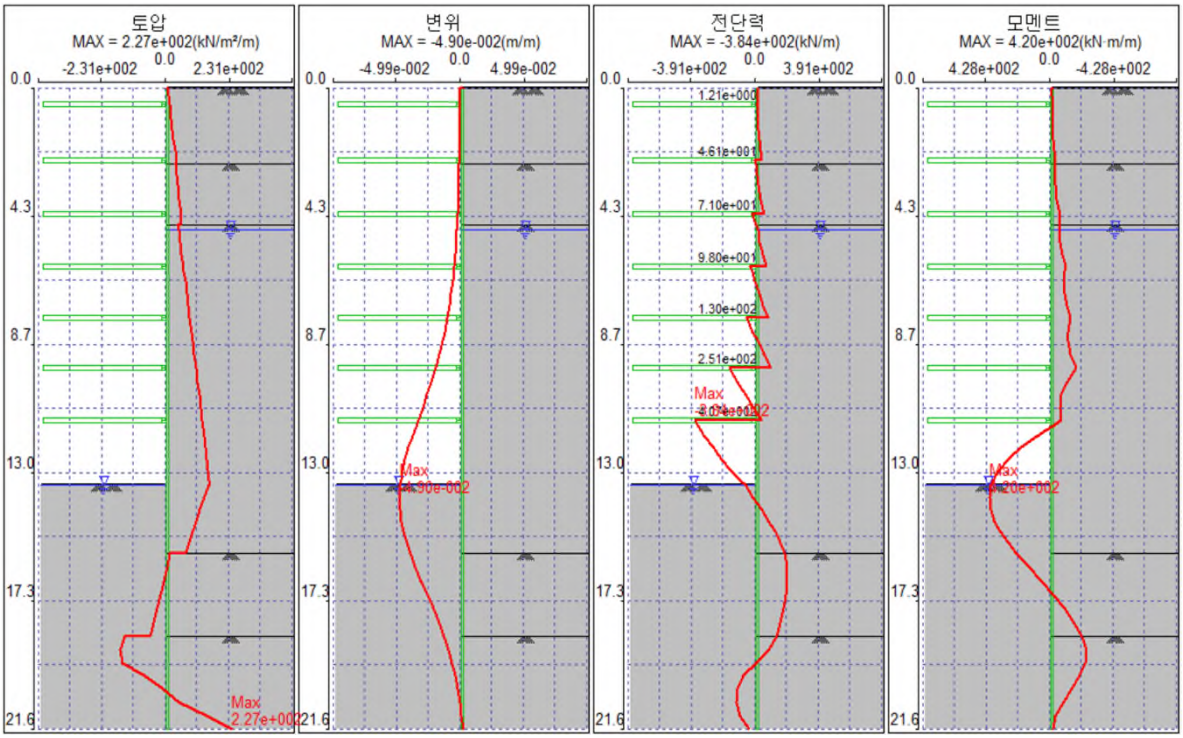
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.75 m]



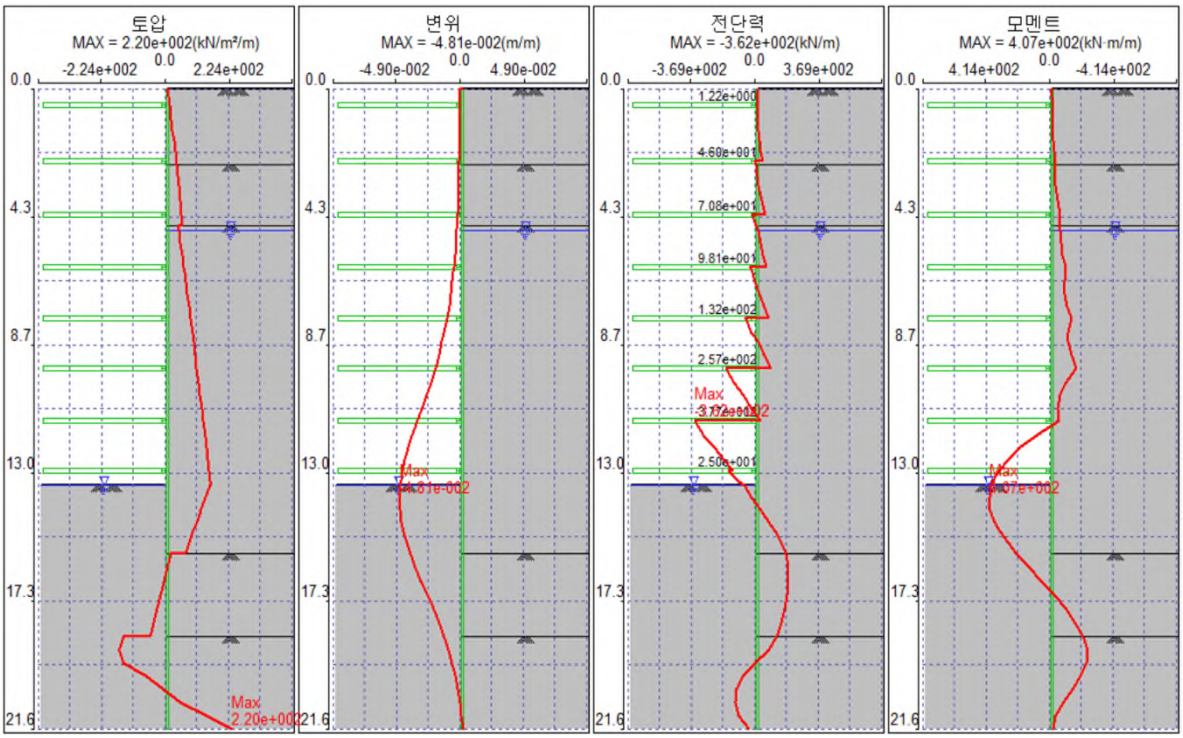
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-6]



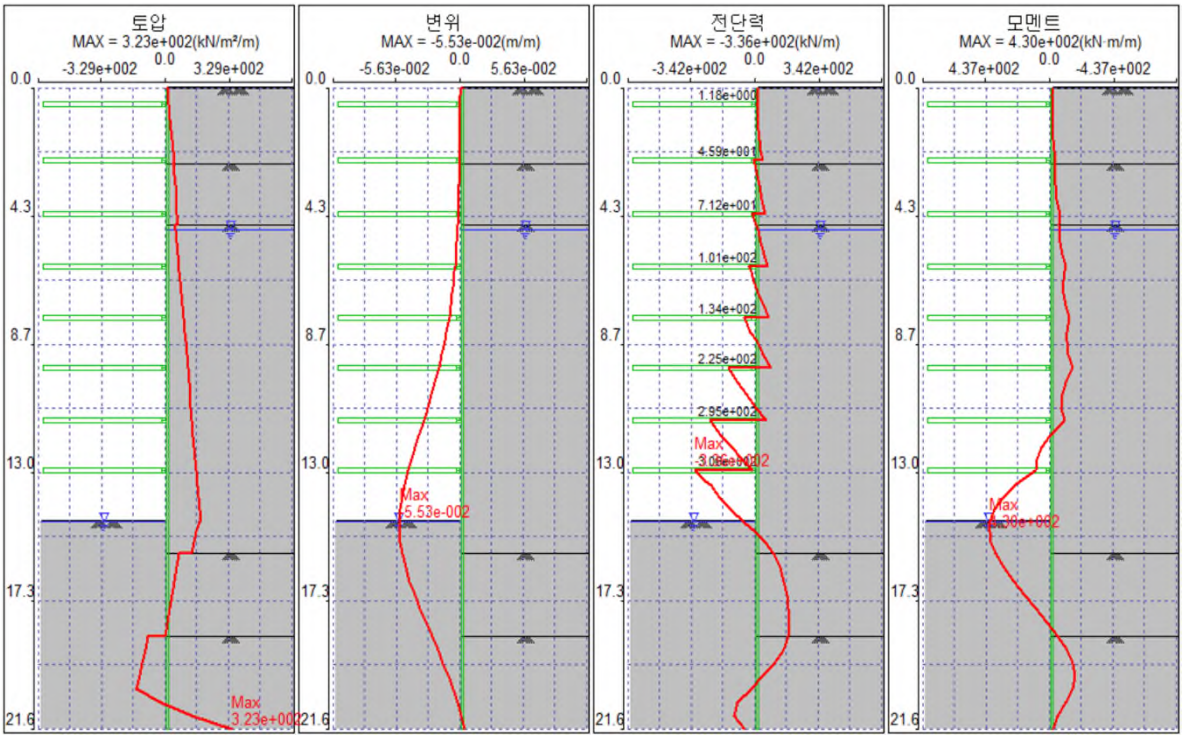
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 13.43 m]



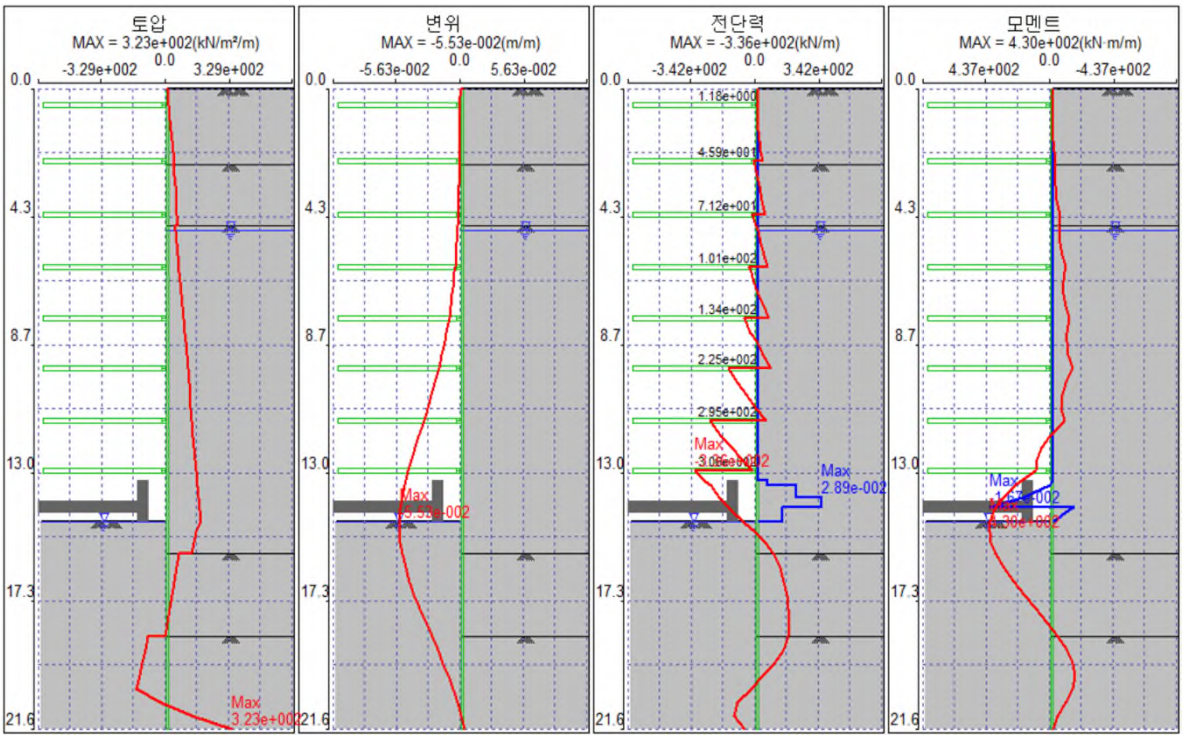
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-7]



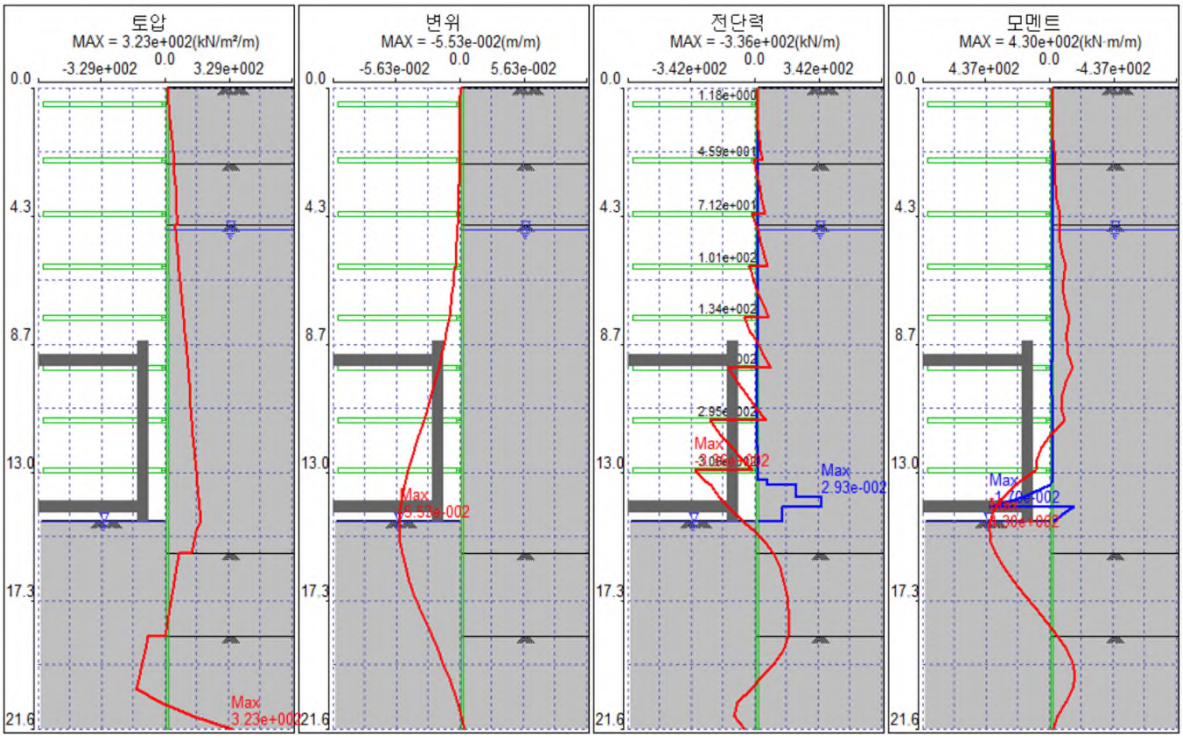
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 14.64 m]



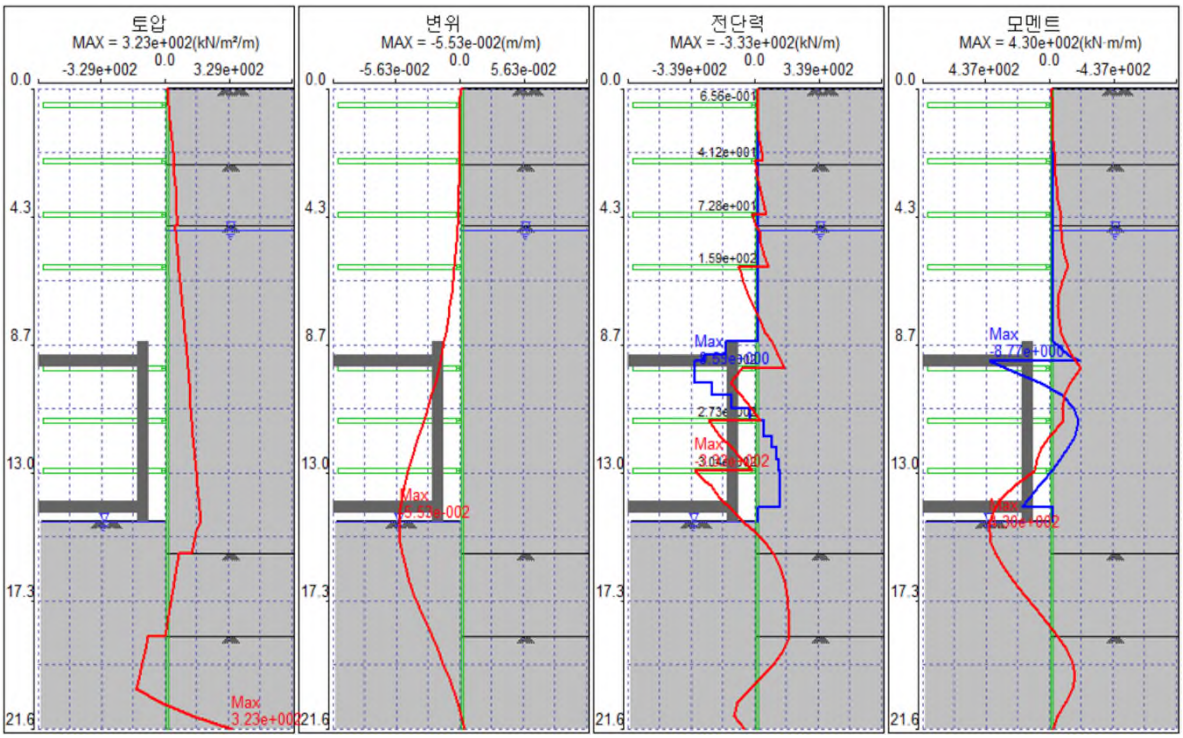
18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체1]



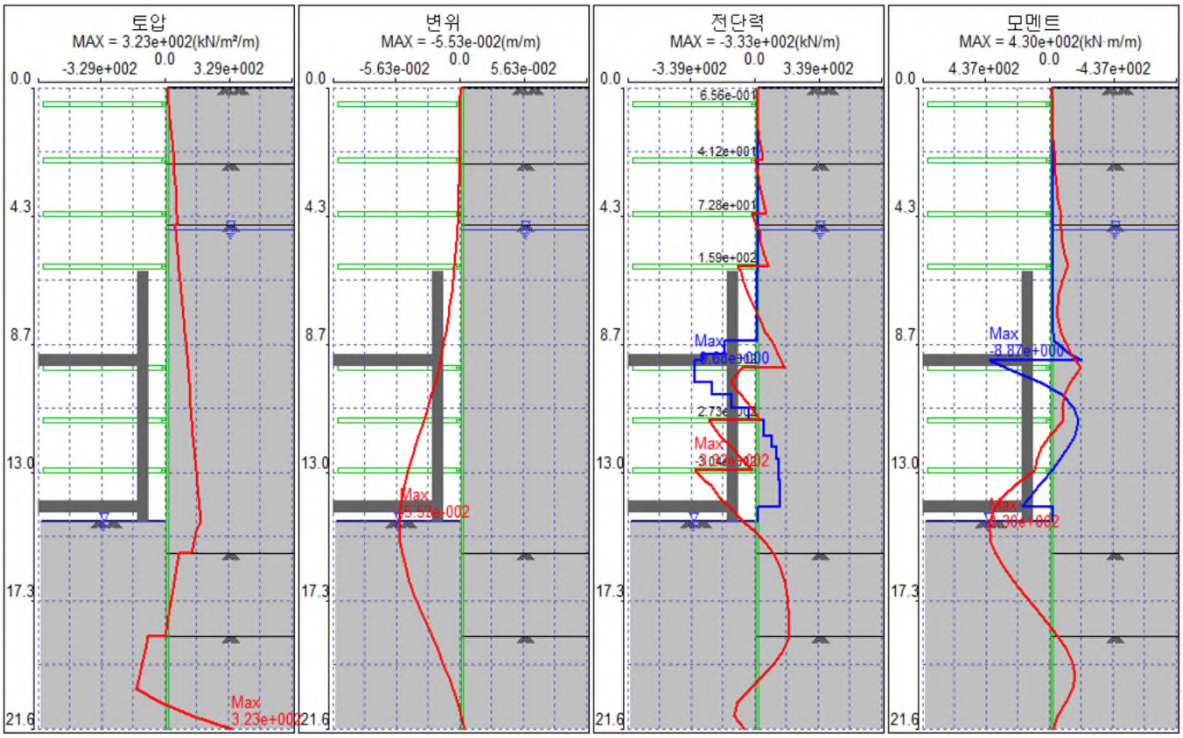
19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체2]



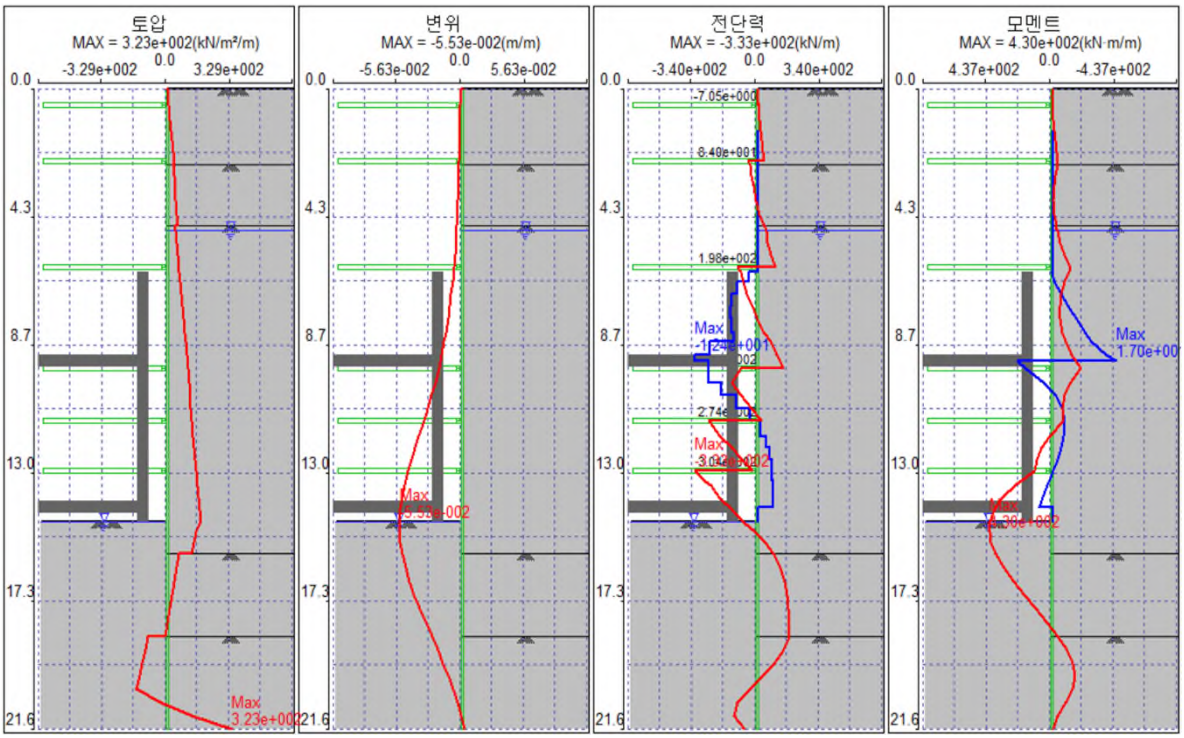
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체3]



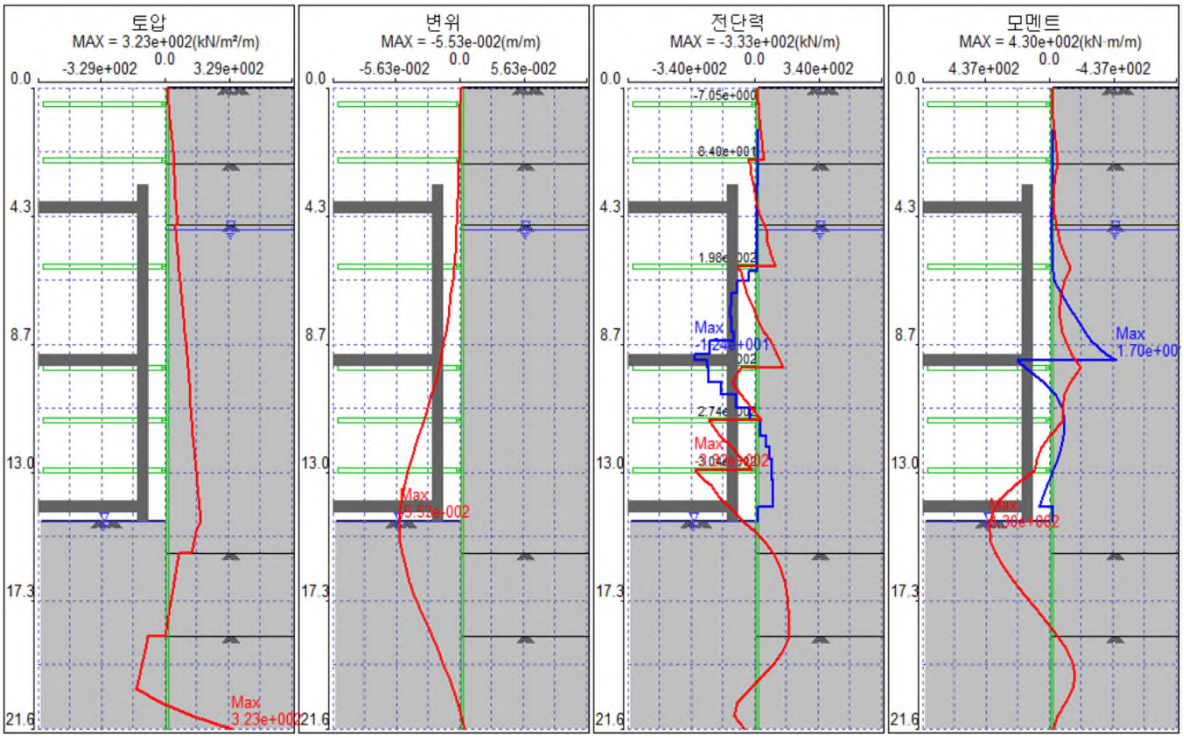
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체4]



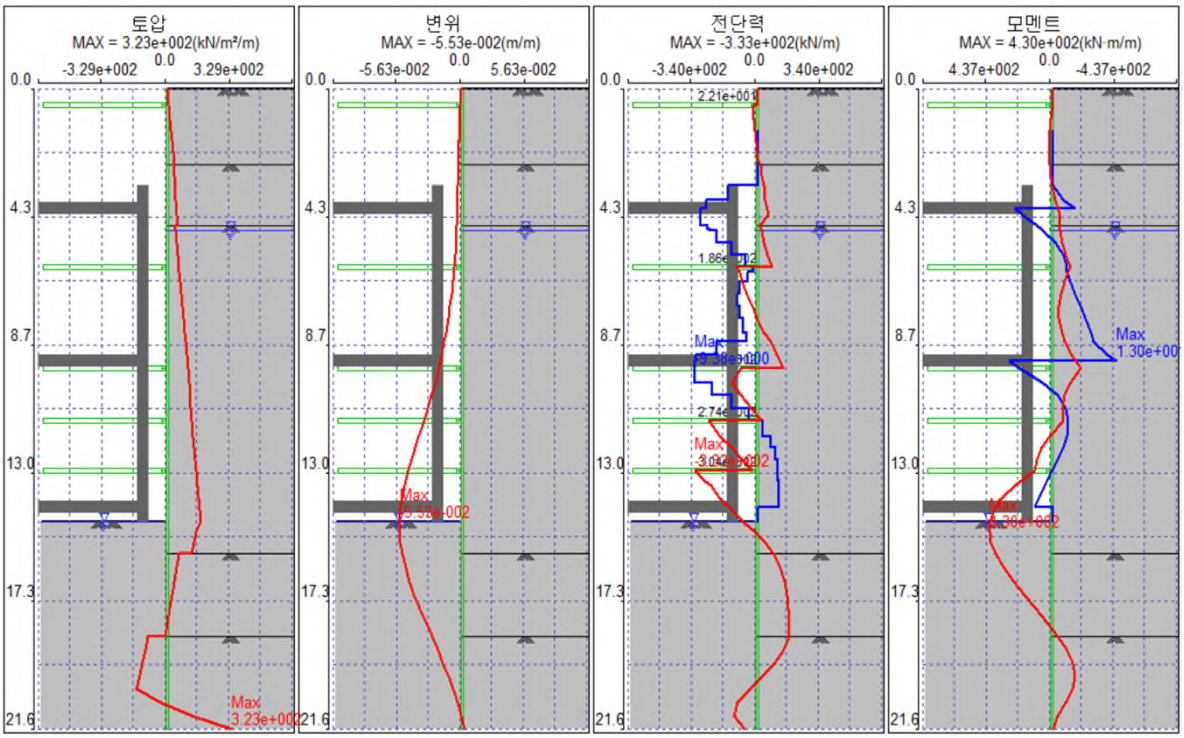
22) 시공 22 단계 [CS22 : 해체5]



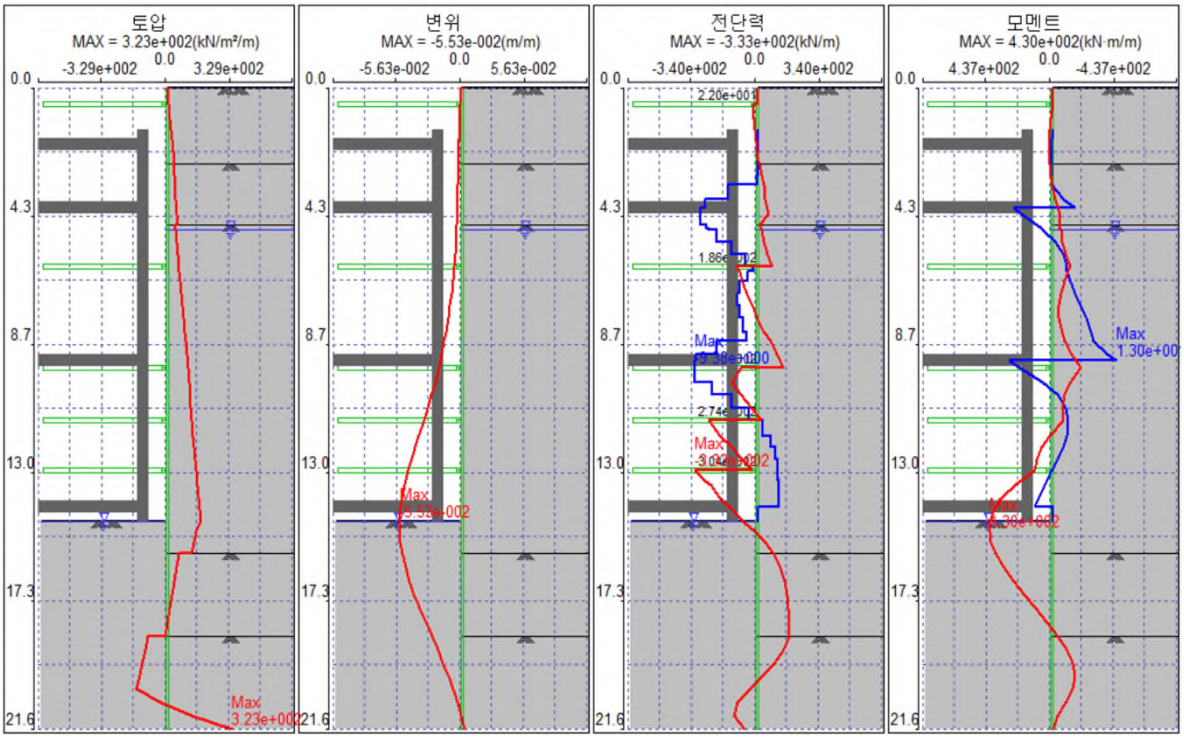
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체6]



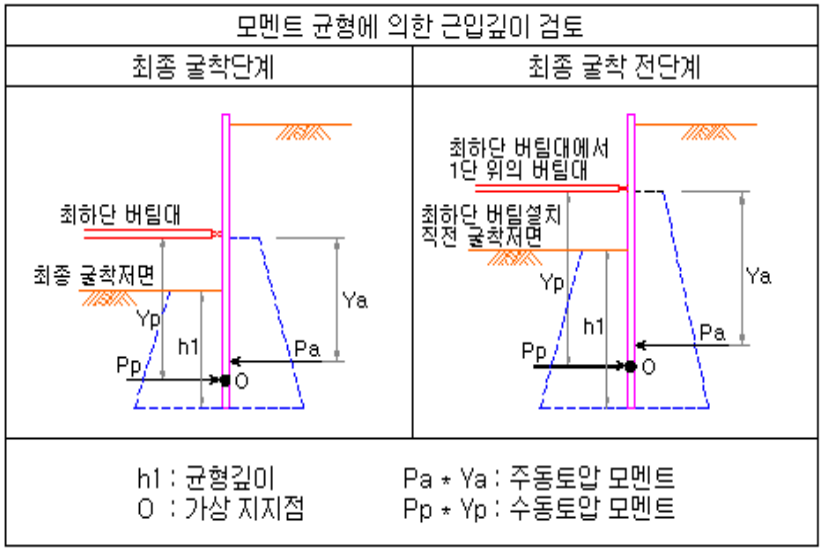
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체7]



25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체8]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.062	7.000	7909.162	10541.887	1.333	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.682	8.210	10963.830	16086.739	1.467	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -12.93 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 272.096 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.875 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1427.975 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.372 m

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

Ma = (272.096 x 0.875) + (1427.975 x 5.372) = 7909.162 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1666.026 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.328 m

Mp = (Pp x Yp) = (1666.026 x 6.328) = 10541.887 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 10541.887 / 7909.162 = 1.333

S.F. = 1.333 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -11.25 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 305.739 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.127 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1624.451 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.537 m

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

Ma = (305.739 x 1.127) + (1624.451 x 6.537) = 10963.83 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2084.296 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.718 m

Mp = (Pp x Yp) = (2084.296 x 7.718) = 16086.739 kN·m

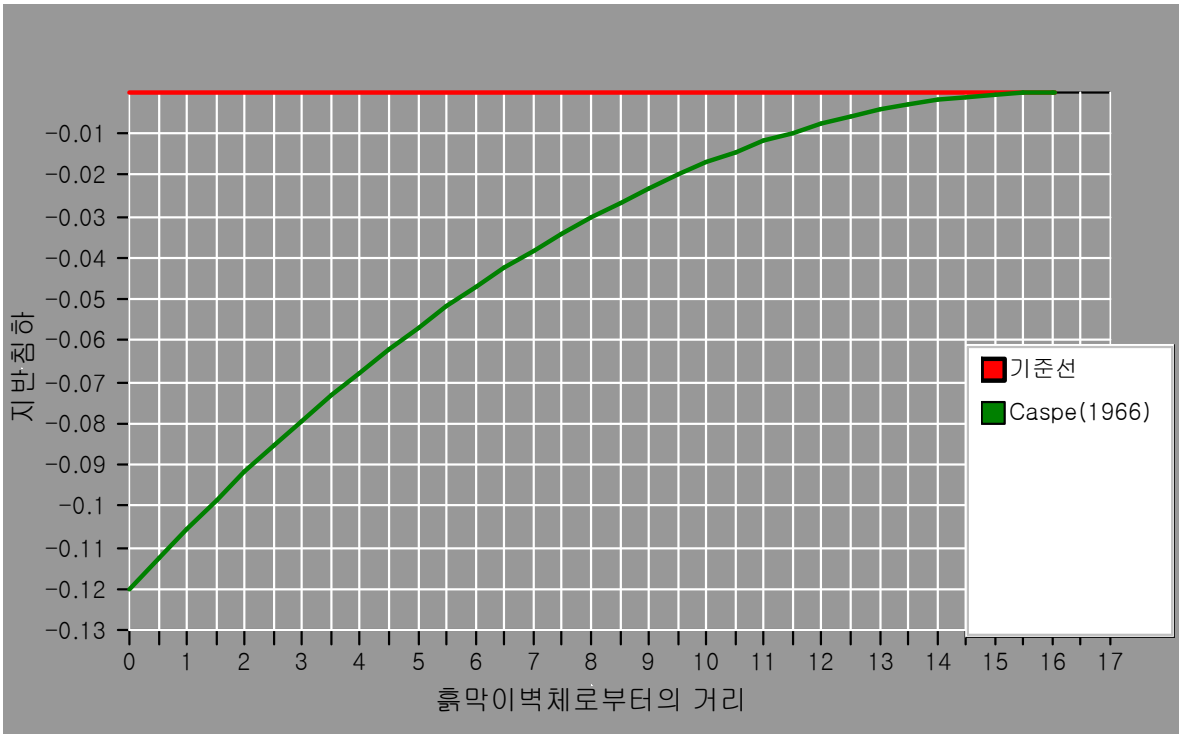
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 16086.739 / 10963.83 = 1.467

S.F. = 1.467 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.481 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 14.64 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.435 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.435/2) = 14.563 m

Ht = Hp + Hw = 14.563 + 14.64 = 29.203 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 29.203 x tan(45-32.435/2) = 16.043 m

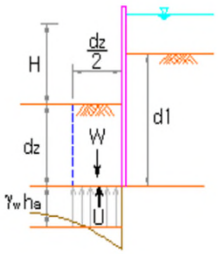
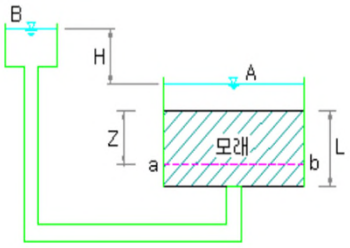
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.481 / 16.043 = -0.120 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.120 x ((16.043 - Xi) / 16.043)^2

12.5 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	172.200	280.385	1.628	0.413	1.126	2.728	2.000	NG

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 4.92 x 7 / 2 = 172.2

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11.444 x 7^2 / 2 = 280.385

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 280.385 / 172.2 = 1.628

S.F. = 1.628 < 2 ... NG

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 9.84 / 23.84 = 0.413

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11.261 / 10 = 1.126

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.126 / 0.413 = 2.728

S.F. = 2.728 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

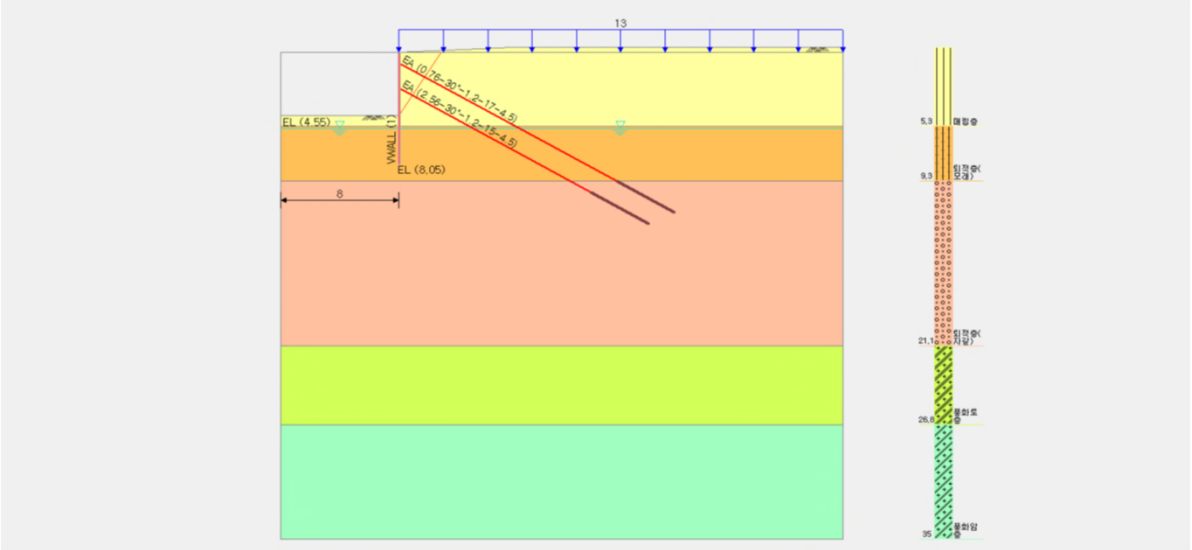
변 경

19. < 0+440(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
  5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
  5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
  6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 8.05m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	0.76	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	2.56	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	0.76	휨응력	10.781	188.028	O.K	
		전단응력	23.392	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	2.56	휨응력	12.708	188.028	O.K	
		전단응력	27.573	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) :SP-IIIA(SY295(SY30	0.00 ~ 8.05	휨응력	27.609	243.000	O.K	
		전단응력	6.542	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

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
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b - 4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b - 4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b - 3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b - 4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	1.20	100.13	퇴적(모래)	18	28	180
2단	1.20	123.13	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = 118.95 kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = 124.80 kN/ea

적용 118.95 kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 100.1 / 118.95 = 0.84 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 123.1 / 118.95 = 1.04 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{100.13 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = \mathbf{2.09}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 100.13 ÷ 2 = 50.07 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{50.07}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{8.9}\ cm \leq \mathbf{30.00}\ cm$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{123.13 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = \mathbf{2.57}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 123.13 ÷ 2 = 61.5665 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{61.5665}{\pi \times 0.09 \times 2000} = 10.9 \text{ cm} \leq 30.00 \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. **자유장 계산**

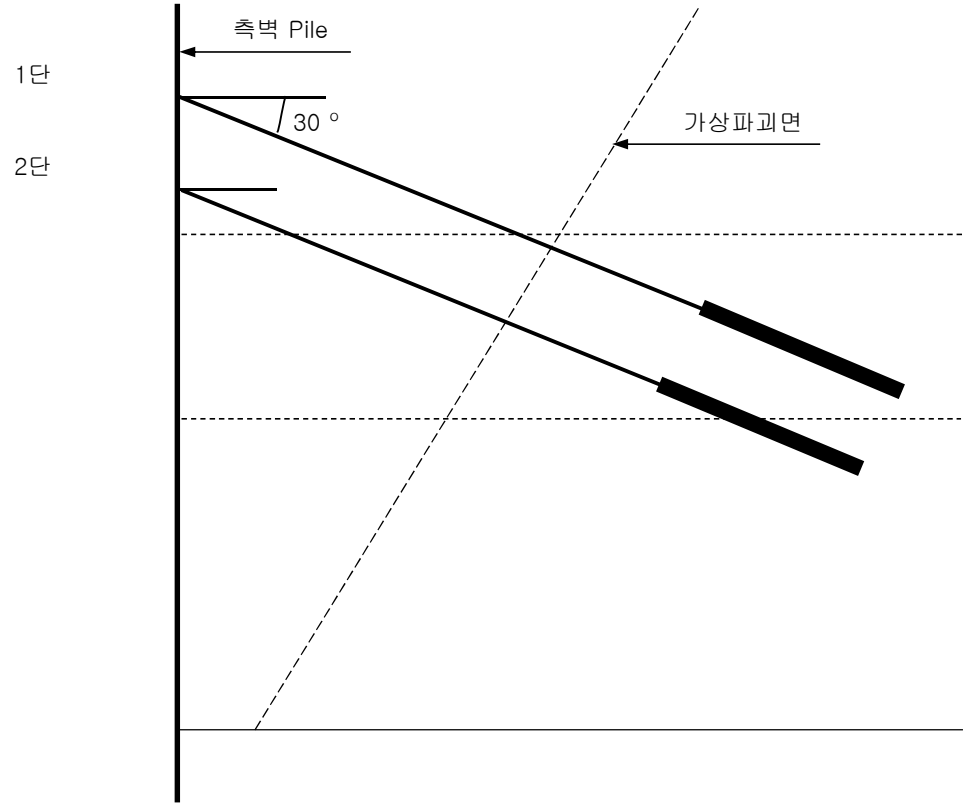
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	100.13 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	123.13 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (100.1 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{7.4\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∴2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 100.1 + 47.38 + 7.4 = \mathbf{154.9\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 = \mathbf{475.80}$ kN

$P_j < T_{at}$ 이어야 하므로, 154.9 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (123.1 + 47.38) x 5% = **8.5 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 123.13 + 47.38 + 8.5 = **179.0 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 179.0 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	1.20	100.132	10.0	4.5	1.5	16.0	154.91
2단	1.20	123.133	10.0	4.5	1.5	16.0	179.01

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로, 앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을 득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

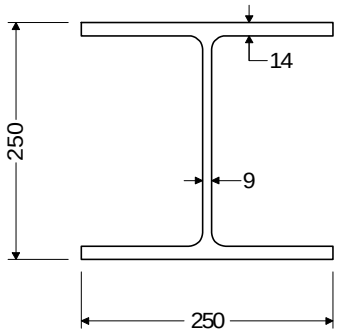
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

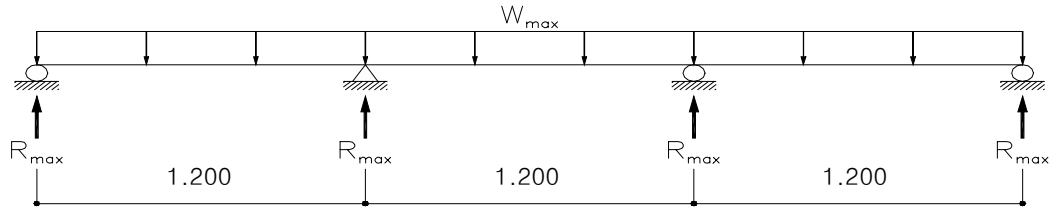
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



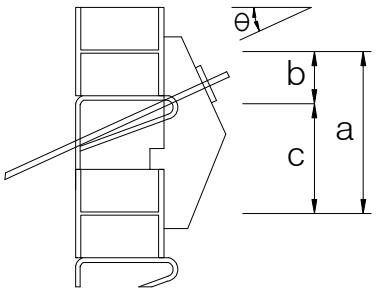
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 138.466 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 138.466 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 85.684$ kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
$= 10 \times 85.684 / (11 \times 1.200)$
$= 64.912$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
$= 64.912 \times 1.200^2 / 10$
$= 9.347$ kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
$= 6 \times 64.912 \times 1.200 / 10$
$= 46.737$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 9.347 x 1000000 / 867000.0 = 10.781 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 46.737 x 1000 / 1998 = 23.392 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (10.781 + 10.781) / 10.781

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (4.800 − 4.5))

= 188.028 MPa

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

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 10.781 MPa ---> O.K

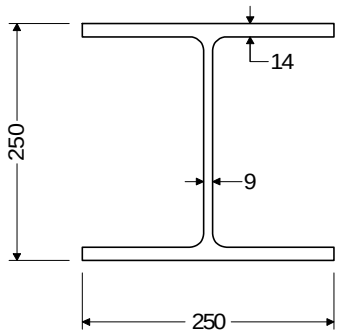
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 23.392 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

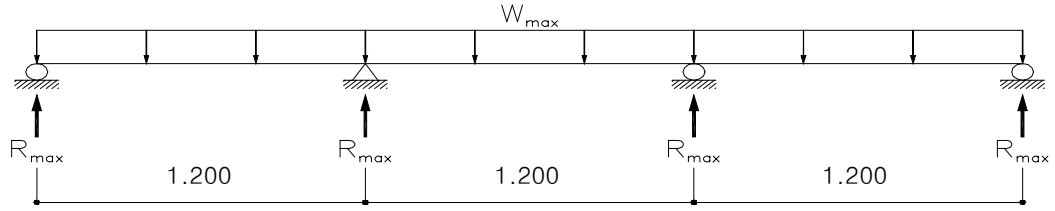
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



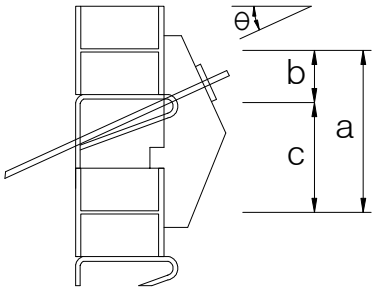
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

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} = 163.213 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 163.213 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 100.999 kN

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

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 100.999 / (11 × 1.200)
= 76.514 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 76.514 × 1.200 ² / 10
= 11.018 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 76.514 × 1.200 / 10
= 55.090 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 11.018 x 1000000 / 867000.0 = 12.708 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 55.090 x 1000 / 1998 = 27.573 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (12.708 + 12.708) / 12.708$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (4.800 - 4.5))

= 188.028 MPa

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

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 12.708 MPa ---> O.K

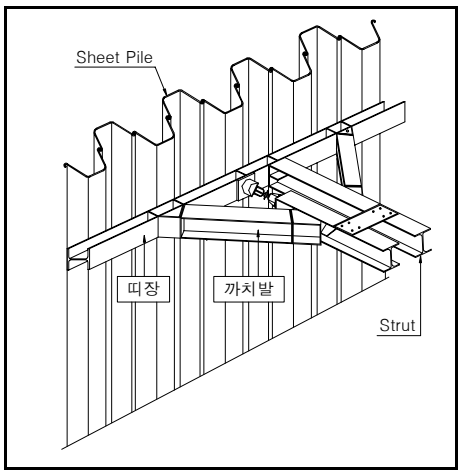
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 27.573 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 8.05m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIA
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	19100.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	9750.0
$I_x(mm^4)$	226000000.0
$Z_x(mm^3)$	1510000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 41.690 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.55 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 41.690 (kN·m/m) × 1.00 m = 41.690 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 63.785 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.55 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 63.785 (kN/m) × 1.00 m = 63.785 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{41.690 \times 10^6}{1510000.00} = 27.609 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{63.785 \times 10^{3}}{9750.00} = 6.542 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 4.55 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	5.29	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	9.26	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	21.12	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	26.79	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIA	SY295(SY30)	8.05	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	0.76	1.2	30	17	100
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	2.56	1.2	30	15	120

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 5.49 m, 수위차 = 4.55 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.26	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	3.06	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	4.55	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 1.26 m	1.26	14.59	1.7	-7.89	4.6	0.87	0.0	-20.42	2.6
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.26	19.54	0.8	-51.68	0.8	23.66	2.6	-9.83	0.8
CS3 : 굴착 3.06 m	3.06	18.79	0.8	-53.47	0.8	38.07	3.1	-9.55	0.8
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	3.06	27.41	2.6	-59.20	2.6	24.28	4.1	-11.05	0.8
CS5 : 굴착 4.55 m	4.55	25.08	2.6	-63.79	2.6	41.69	4.6	-11.53	0.8
TOTAL		27.41	2.6	-63.79	2.6	41.69	4.6	-20.42	2.6

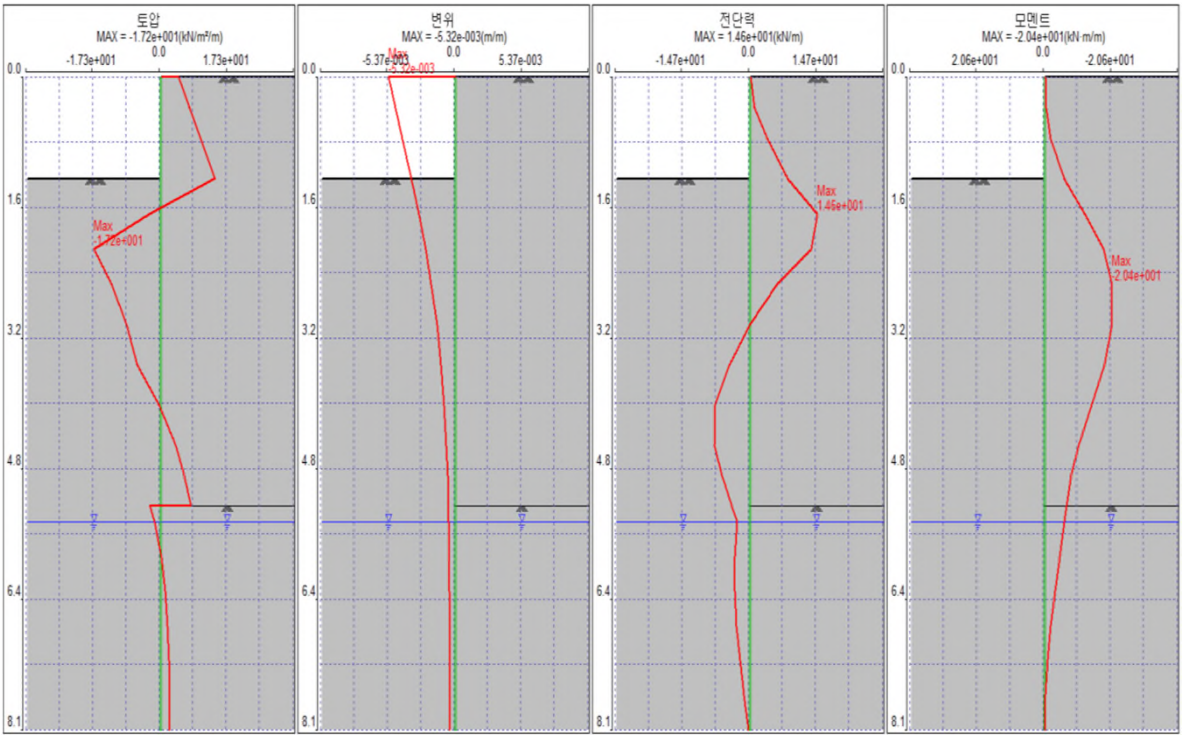
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

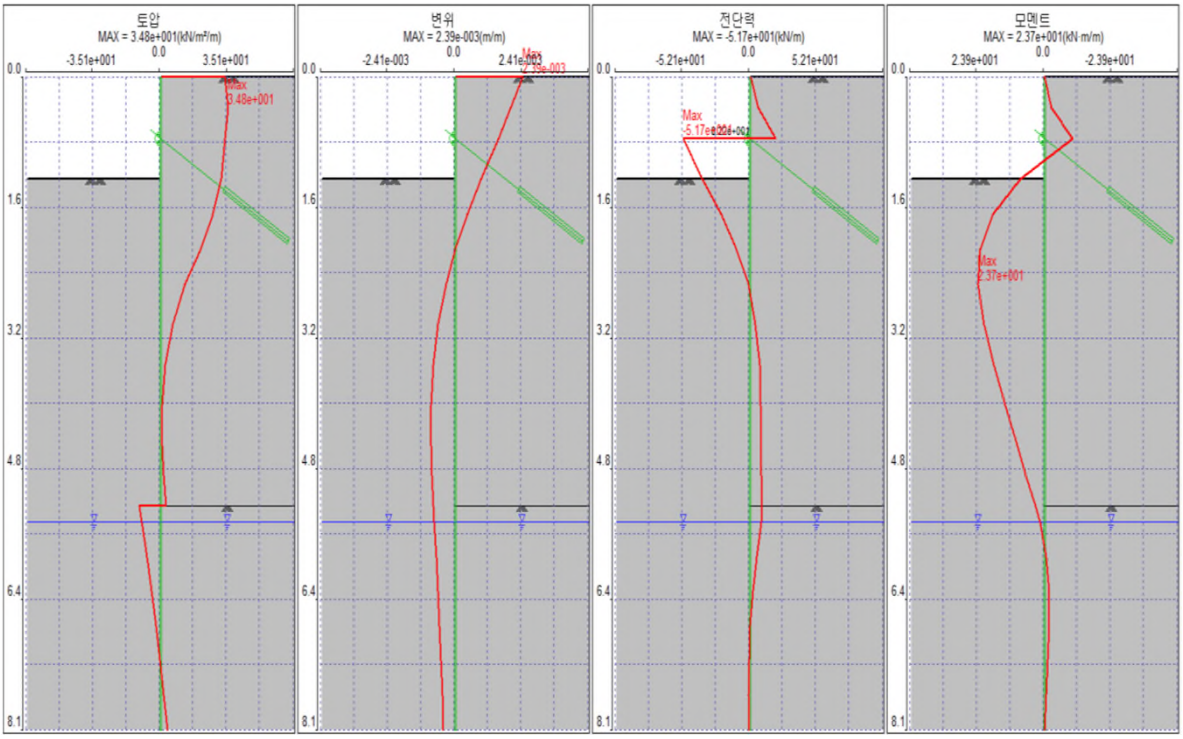
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		0.76 (m)	2.56 (m)			
CS1 : 굴착 1.26 m	1.26	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.26	82.24	-			
CS3 : 굴착 3.06 m	3.06	83.44	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	3.06	79.64	100.00			
CS5 : 굴착 4.55 m	4.55	79.26	102.61			
TOTAL		83.44	102.61			

8.2 시공단계별 단면력도

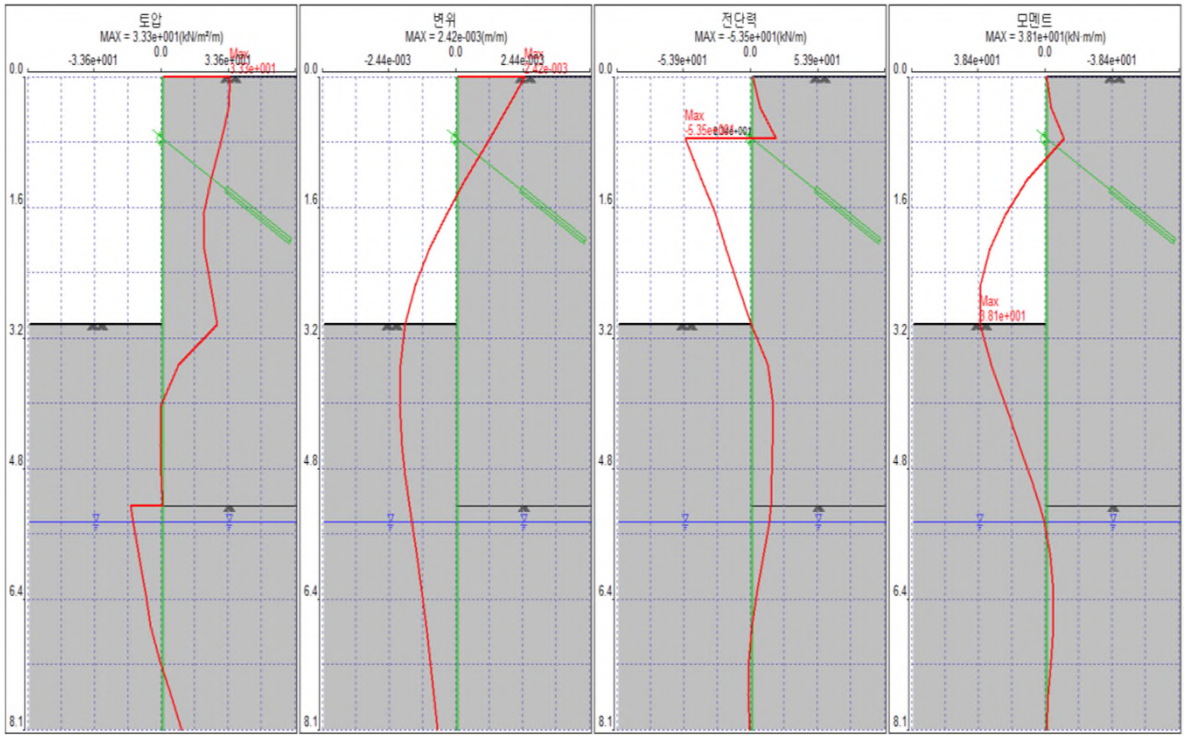
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.26 m]



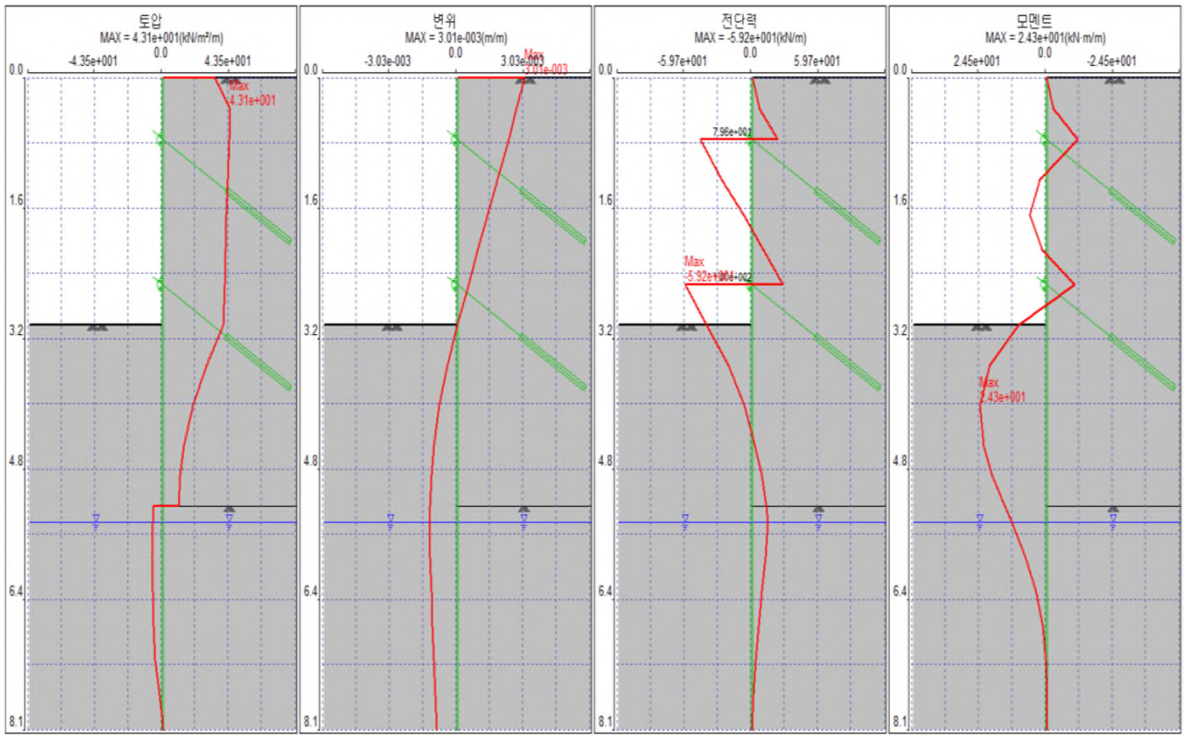
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



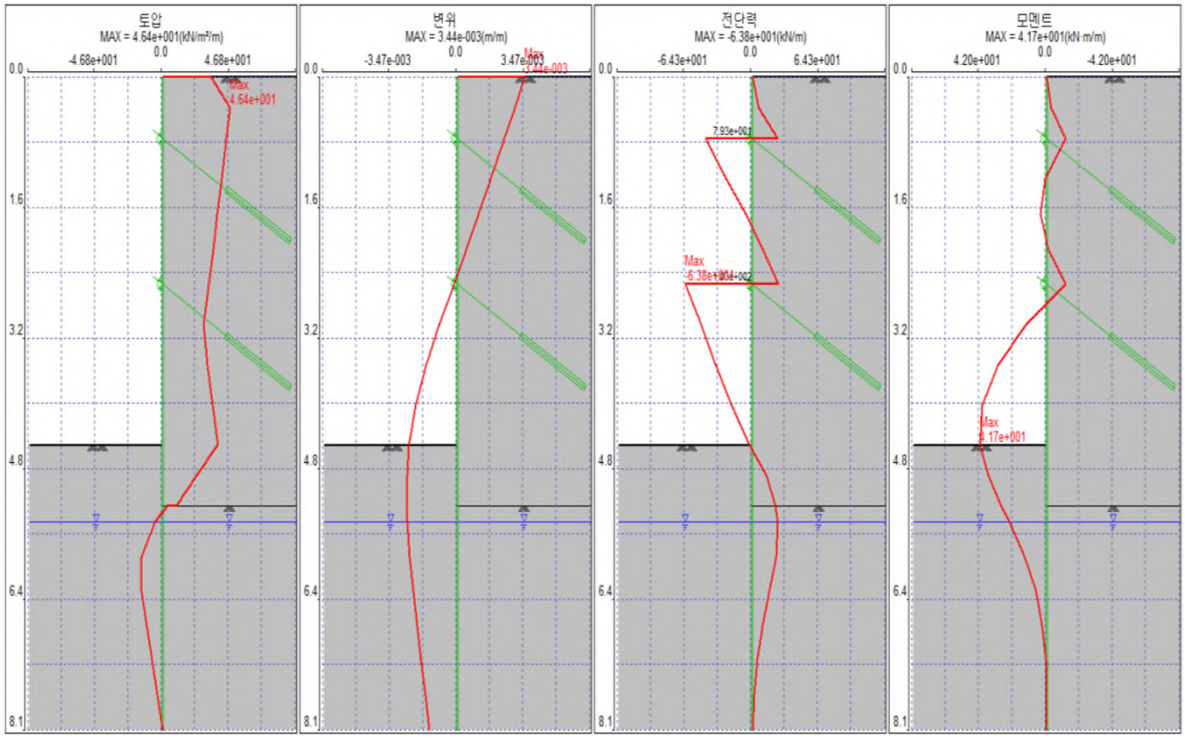
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.06 m]



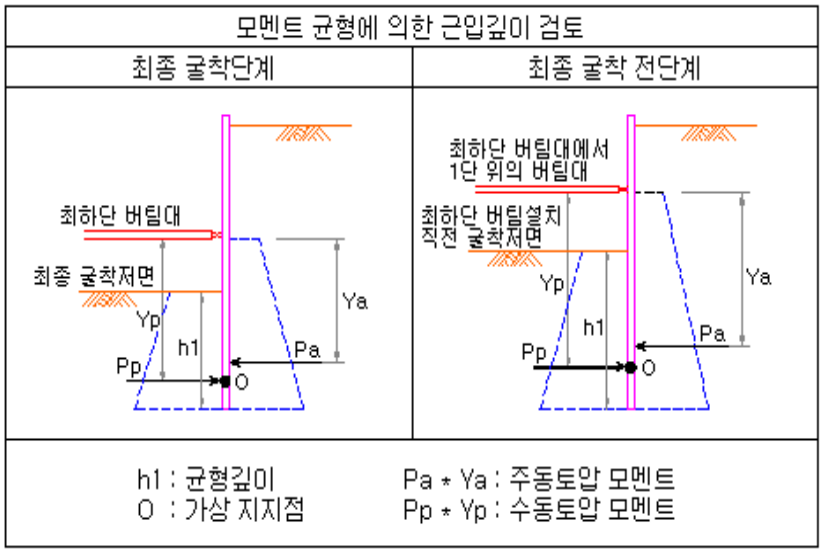
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.55 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.299	3.500	809.635	1091.217	1.348	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.747	4.990	1289.873	3142.981	2.437	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.56 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 61.364 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.073 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 188.041 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.955 m

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

Ma = (61.364 x 1.073) + (188.041 x 3.955) = 809.635 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 255.427 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.272 m

Mp = (Pp x Yp) = (255.427 x 4.272) = 1091.217 kN·m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 1091.217 / 809.635 = 1.348

S.F. = 1.348 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.76 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 43.552 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.32 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 236.677 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.207 m

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

Ma = (43.552 x 1.32) + (236.677 x 5.207) = 1289.873 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 562.46 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.588 m

Mp = (Pp x Yp) = (562.46 x 5.588) = 3142.981 kN·m

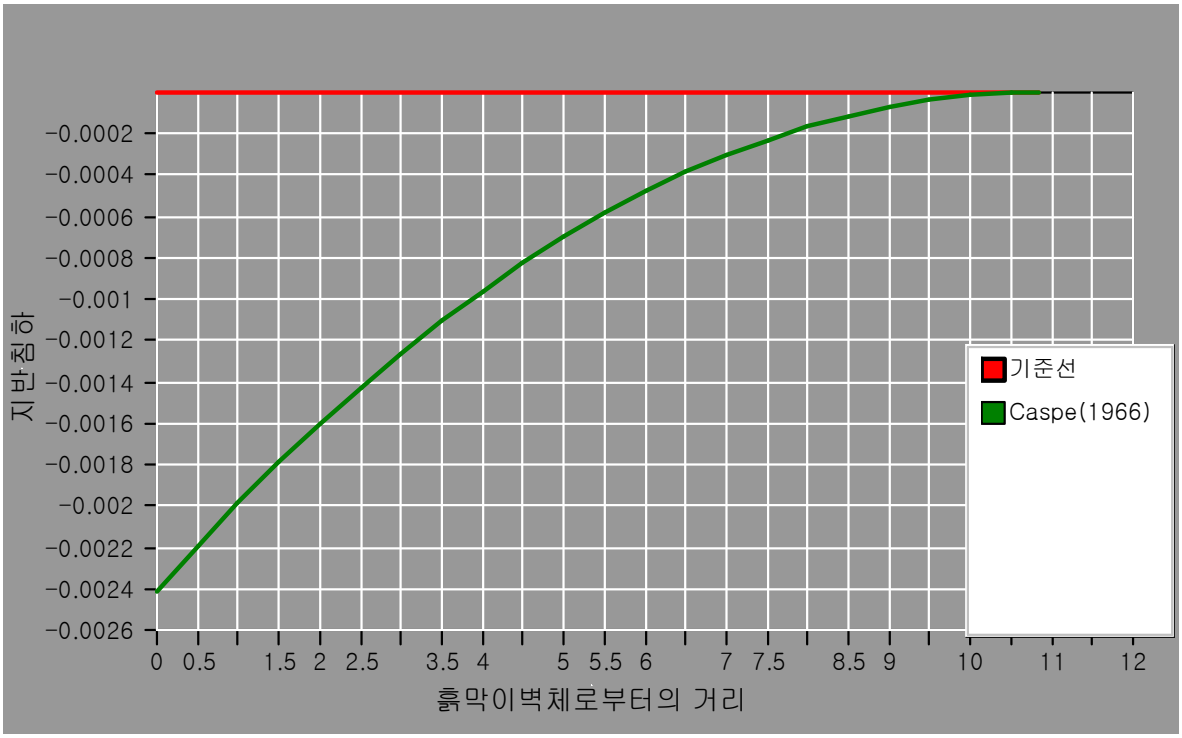
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 3142.981 / 1289.873 = 2.437

S.F. = 2.437 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.007 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 4.55 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 4.55 = 17.353 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 17.353 x tan(45-26/2) = 10.843 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.007 / 10.843 = -0.002 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.002 x ((10.843 - Xi) / 10.843)^2

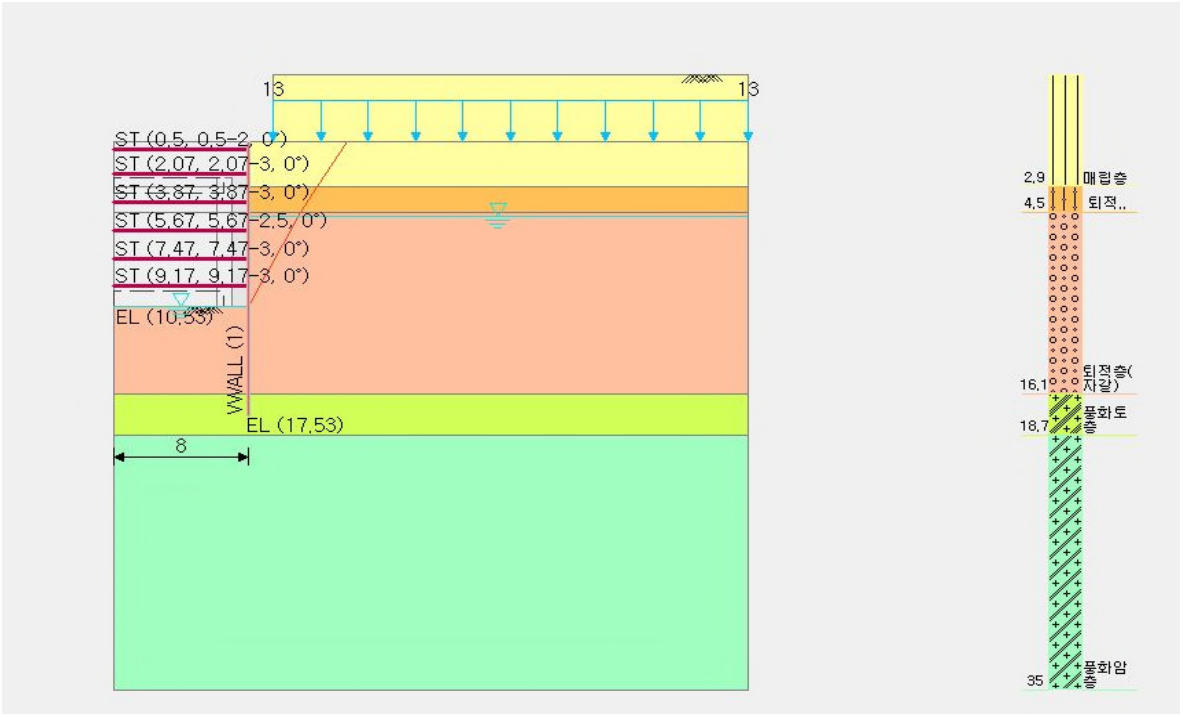
변 경

20. Ramp-D. 0+374.1~0+380(좌)--02단

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 내측주형지지보
  6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
  7.1 Strut 설계 (주형보)
  7.2 Strut 설계 (Strut-1)
  7.3 Strut 설계 (Strut-2)
  7.4 Strut 설계 (Strut-3)
  7.5 Strut 설계 (Strut-4)
  7.6 Strut 설계 (Strut-5)
8.띠장 설계
  8.1 주형보 띠장 설계
  8.2 Strut-1 띠장 설계
  8.3 Strut-2 띠장 설계
  8.4 Strut-3 띠장 설계
  8.5 Strut-4 띠장 설계
  8.6 Strut-5 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
  10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 17.53m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.5, 0.5-2, 0°)
ST (2.07, 2.07-3, 0°)
ST (3.87, 3.87-3, 0°)
ST (5.67, 5.67-2.5, 0°)
ST (7.47, 7.47-3, 0°)
ST (9.17, 9.17-3, 0°)
EL (10.53)
VWALL (1)
EL (17.53)
8
2.9
매립층
4.5
퇴적..
16.1
퇴적층(자갈)
18.7
풍화토층
35
풍화암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.50	휨응력	4.444	134.460	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.414	103.777	O.K		
		전단응력	1.888	108.000	O.K		
Strut-3 H 300x305x15/15	5.67	휨응력	17.778	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	86.550	111.713	O.K		
		전단응력	3.951	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	2.07	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	34.288	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x12	3.87	휨응력	17.978	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	37.790	159.654	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.151	107.265	O.K		
Strut-4 P 406.4x12	7.47	휨응력	17.978	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	107.551	159.654	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.151	107.265	O.K		
Strut-5 P 406.4x9	9.17	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	65.651	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.50	휨응력	8.749	182.334	O.K	
		전단응력	7.258	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	2.07	휨응력	63.765	171.711	O.K	
		전단응력	35.267	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.87	휨응력	106.222	171.711	O.K	
		전단응력	58.750	108.000	O.K	
Strut-3 2H 300x305x15/15	5.67	휨응력	104.837	177.023	O.K	
		전단응력	69.581	108.000	O.K	
Strut-4 2H 440x300x11/18	7.47	휨응력	100.393	171.180	O.K	
		전단응력	89.610	108.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.17	휨응력	83.847	171.180	O.K	
		전단응력	74.841	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	65.502	151.740	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.643	135.455	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 17.53	휨응력	146.964	243.000	O.K	
		전단응력	26.905	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	2.50	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	2.50m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

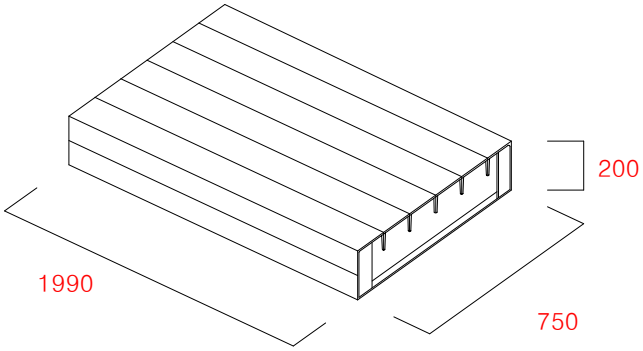
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

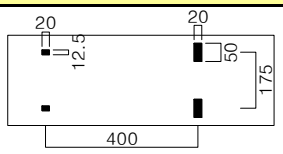
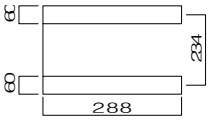
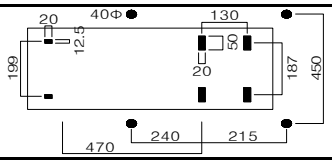
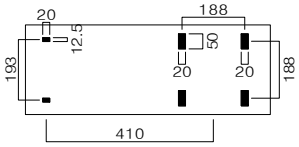
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

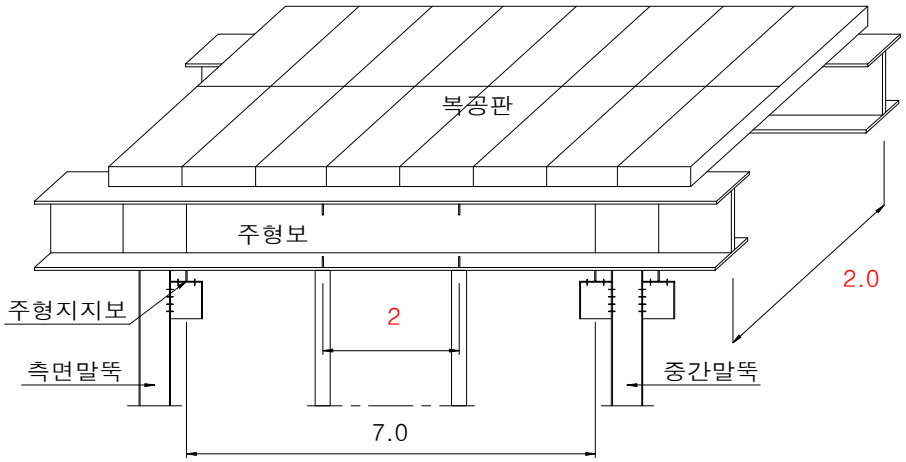
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

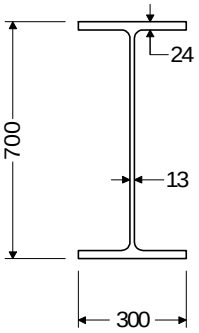
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

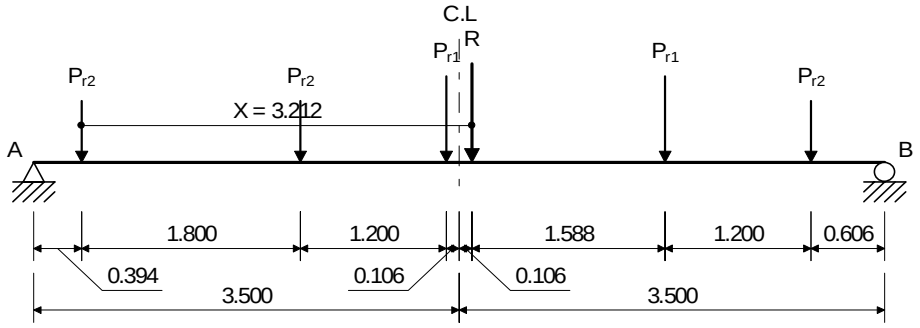
(3) 전륜하중

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

(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

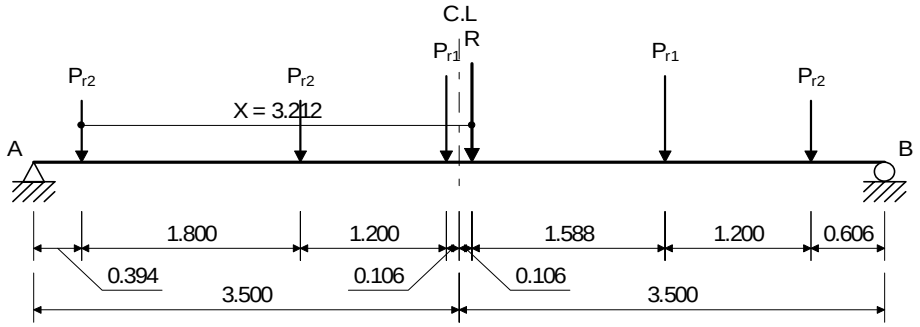
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

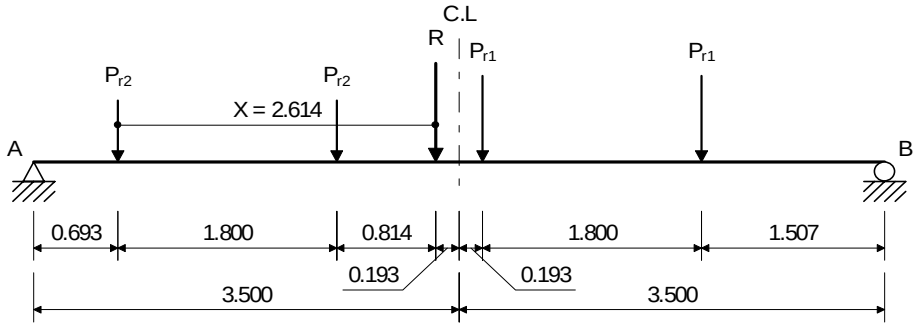
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

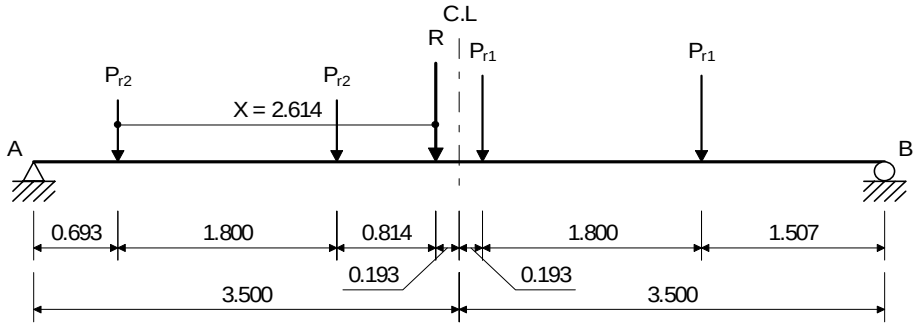


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

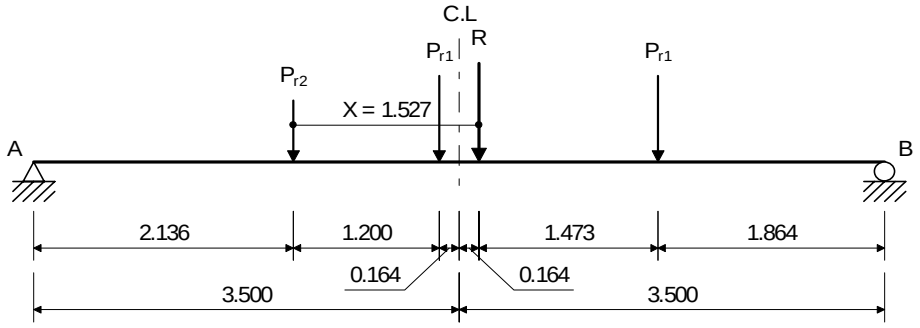
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

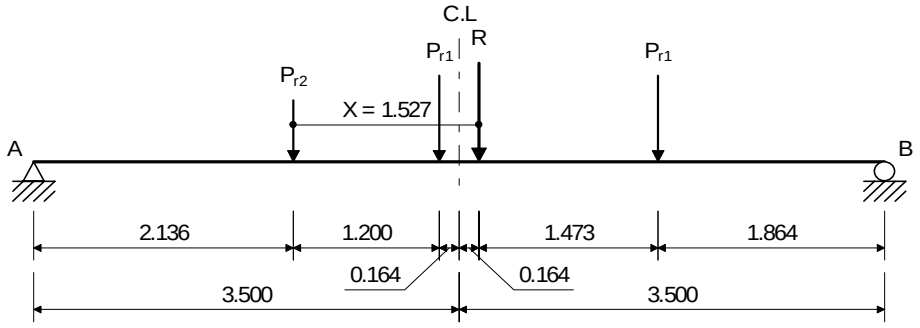


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

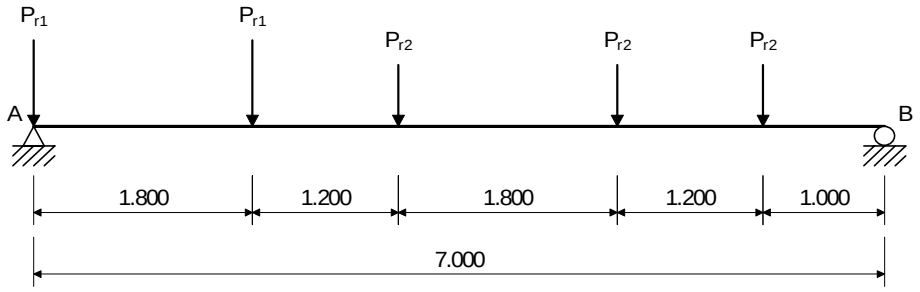


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 - Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 - 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

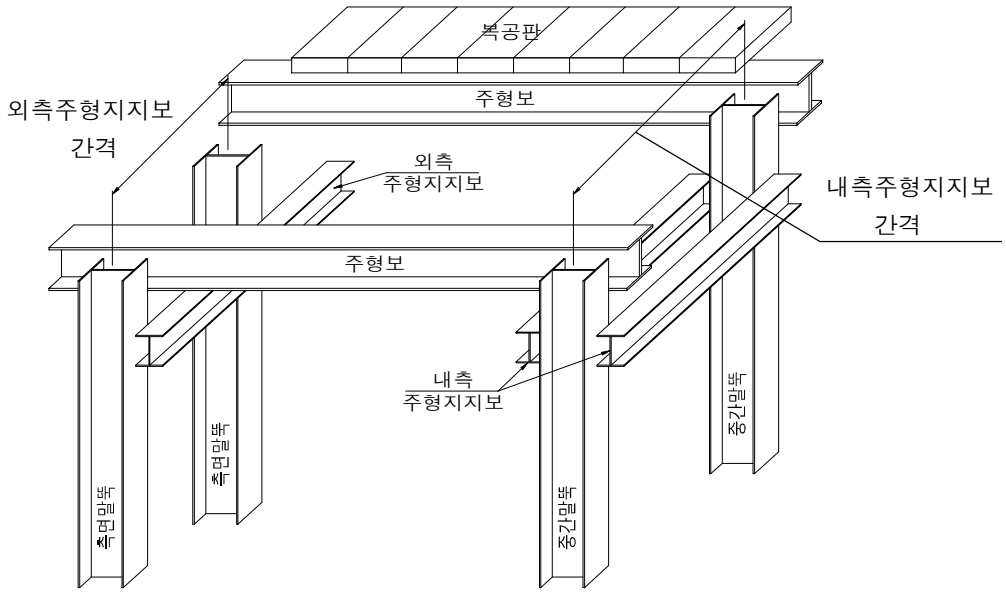
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

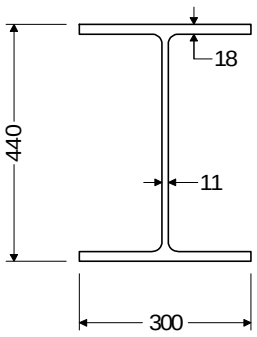
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

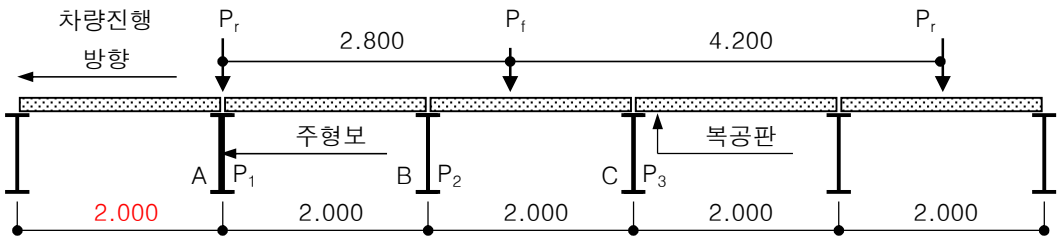


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



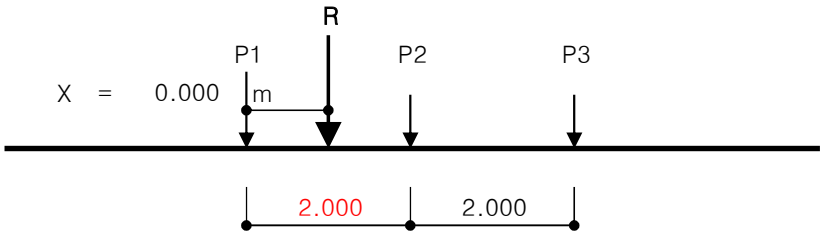
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

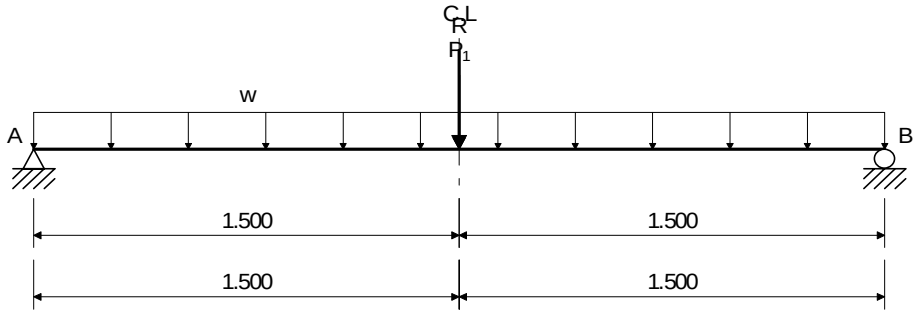


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

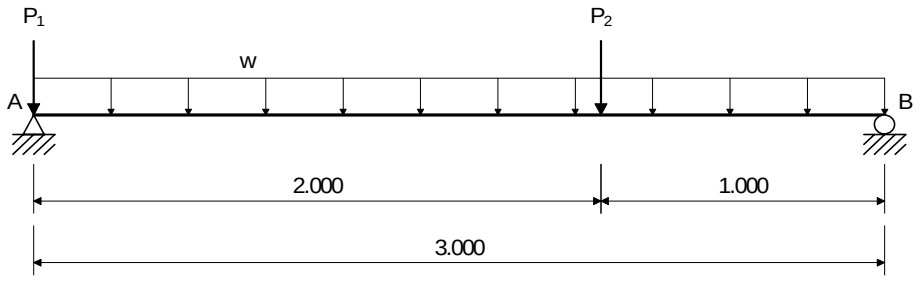
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357877 + 16000)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

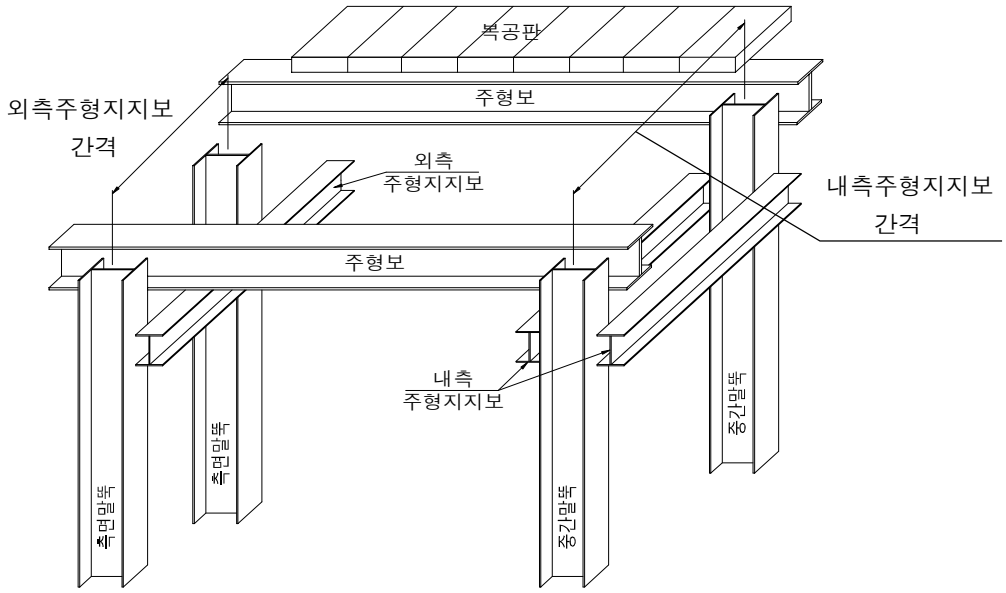
= 4.90 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.90 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

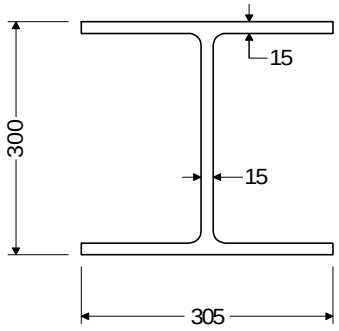
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

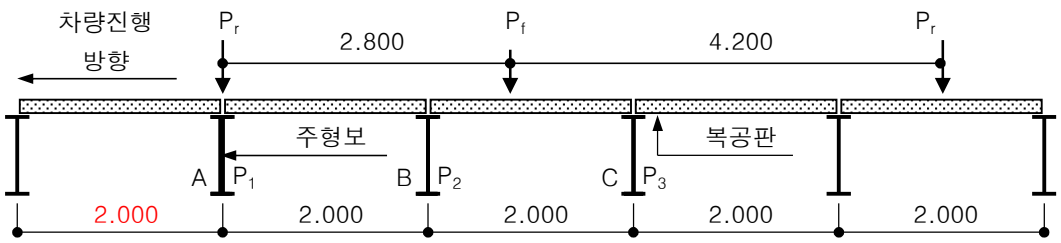


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



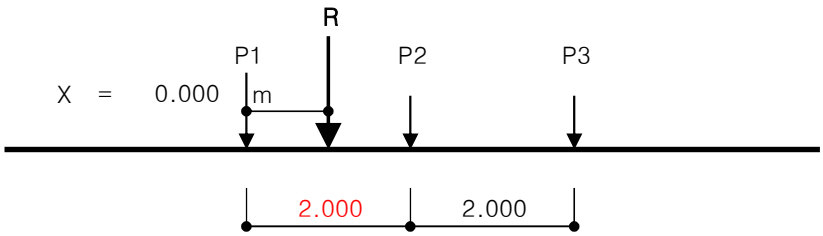
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

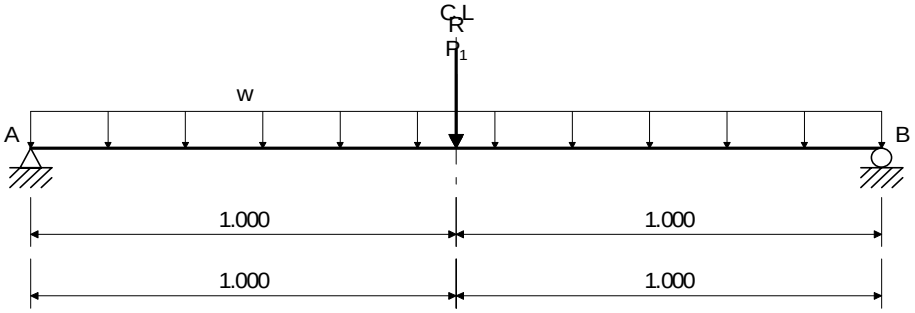


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

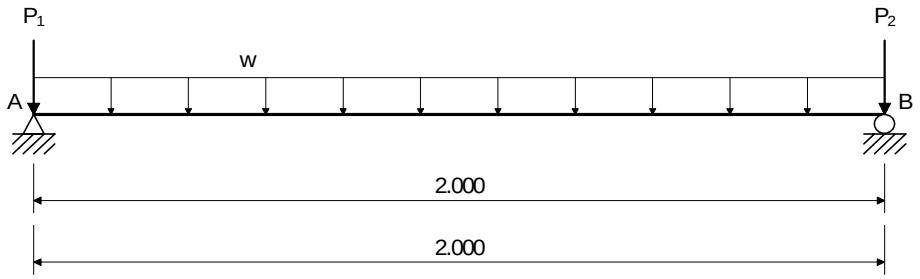
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (334761 + 16000)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.59 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.59 ea ---> O.K

7.지보재 설계

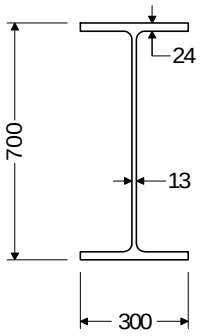
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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} = 27.296 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.57 m)
= 27.296 x 2.00 / 1 단
= 54.593 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 54.593 + 120.0 = 174.593 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 5760000.0 = 4.444 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 174.593 x 1000 / 23550 = 7.414 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 8476 = 1.888 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.463

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (11.858 − 2.969) / 11.858

= 0.750

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 293

21.843 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (21.843 − 20))

= 186.910 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 186.910 MPa

L_y / R_y = 6400 / 67.8

94.395 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 94.395^2)

= 103.777 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 103.777 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 103.777 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 300

= 21.333 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.333 − 4.5))

= 134.460 MPa

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

= 134.460 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (21.843)^2

= 3395.395 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 103.777$ MPa $> f_c = 7.414$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 134.460$ MPa $> f_b = 4.444$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa $> \tau = 1.888$ MPa ---> O.K

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

$$= \frac{7.414}{103.777} + \frac{4.444}{134.460 \times (1 - (7.414 / 3395.395))}$$

$$= 0.105 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 7.414 + \frac{4.444}{1 - (7.414 / 3395.395)}$$

$$= 11.868 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.105 , 0.063)

= 0.105 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{11.858}{103.777} + \left\{ \frac{1.888}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.115 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

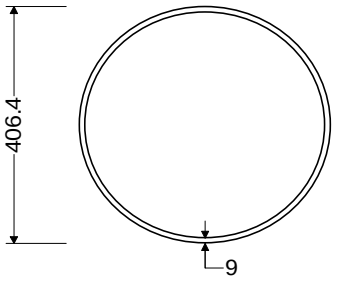
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 88.421 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.37 m)
= 88.421 x 3.00 / 1 단
= 265.262 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 265.262 + 120.0 = 385.262 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 385.262 x 1000 / 11236.2 = 34.288 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.081 x 9)

= 20.882 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.081

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (57.731 − 10.844) / 57.731

= 0.812 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 34.288 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{34.288}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (34.288 / 780.742))}$$

$$= 0.344 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 34.288 + \frac{23.443}{1 - (34.288 / 780.742)}$$

$$= 58.808 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.344 , 0.311)

= 0.344 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{57.731}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.361 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

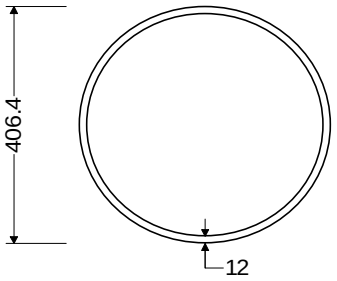
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 147.295 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.17 m)
= 147.295 x 3.00 / 1 단
= 441.884 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 441.884 + 120.0 = 561.884 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1424000.0 = 17.978 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 561.884 x 1000 / 14868.5 = 37.790 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.151 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.064 x 12)

= 15.908 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.064

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (55.768 − 19.813) / 55.768

= 0.645 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 139.5

45.878 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.878 − 20))

= 159.654 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 159.654 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.878)^2

= 769.668 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.654 MPa > f_c = 37.790 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 17.978 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 2.151 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{37.790}{159.654} + \frac{17.978}{189.000 \times (1 - (37.790 / 769.668))}$$

$$= 0.337 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 37.790 + \frac{17.978}{1 - (37.790 / 769.668)}$$

$$= 56.696 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.337 , 0.300)

= 0.337 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{55.768}{159.654} + \left\{ \frac{2.151}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.350 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

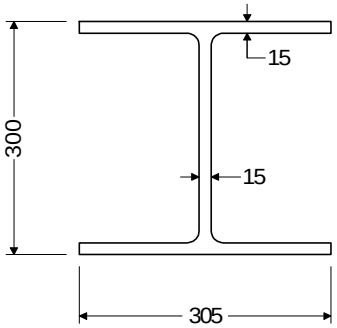
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.50 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 418.679 kN/m ---> Strut-3 (CS15 : 해체4)
= 418.679 x 2.50 / 1 단
= 1046.696 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1046.696 + 120.0 = 1166.696 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1440000.0 = 17.778 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1166.696 x 1000 / 13480 = 86.550 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 4050 = 3.951 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.120

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (104.328 − 68.772) / 104.328

= 0.341

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 111.713 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 111.713 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

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

= 135.593 MPa

f_{eax} = $1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (50.794)^2$

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 86.550 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 17.778 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.951 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{86.550}{111.713} + \frac{17.778}{135.593 \times (1 - (86.550 / 627.908))}$$

$$= 0.927 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 86.550 + \frac{17.778}{1 - (86.550 / 627.908)}$$

$$= 107.170 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.927 , 0.567)

= 0.927 < 1.0 ---> O.K

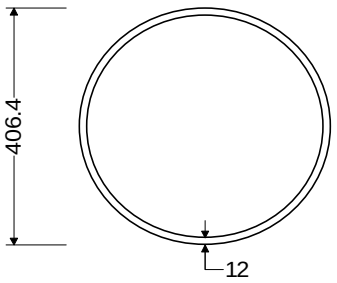
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 493.043 kN/m ---> Strut-4 (CS12 : 해체1)

= 493.043 x 3.00 / 1 단

= 1479.128 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1479.128 + 120.0 = 1599.128 kN

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

= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단

= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단

= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단

= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1424000.0 = 17.978 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1599.128 x 1000 / 14868.5 = 107.551 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.151 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.029 x 12)

= 16.462 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.029

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (125.529 − 89.574) / 125.529

= 0.286 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 139.5

45.878 ---> 20 < L/R ≤ 93 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.878 − 20))

= 159.654 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 159.654 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.878)^2

= 769.668 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 159.654 MPa > f_c = 107.551 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 17.978 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 2.151 MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{107.551}{159.654} + \dfrac{17.978}{189.000 \times (1 - (107.551 / 769.668))}$

= 0.784 < 1.0 ---> O.K

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

$= 107.551 + \dfrac{17.978}{1 - (107.551 / 769.668)}$

= 128.449 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.784 , 0.680)

= 0.784 < 1.0 ---> O.K

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

$= \dfrac{125.529}{159.654} + \left\{ \dfrac{2.151}{107.265} \right\}^2$

= 0.787 < 1.0 ---> O.K

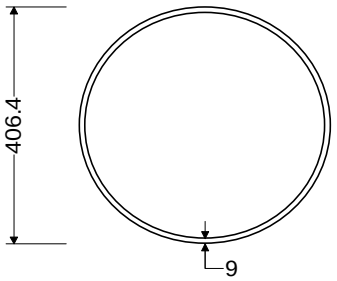
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 205.890 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 10.53 m)
= 205.890 x 3.00 / 1 단
= 617.671 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 617.671 + 120.0 = 737.671 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 737.671 x 1000 / 11236.2 = 65.651 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.053 x 9)

= 21.449 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.053

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.094 − 42.208) / 89.094

= 0.526 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 65.651 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{65.651}{160.024} + \dfrac{23.443}{189.000 \times (1 - (65.651 / 780.742))}$

= 0.546 < 1.0 ---> O.K

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

$$= 65.651 + \frac{23.443}{1 - (65.651 / 780.742)}$$

$$= 91.247 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.546 , 0.483)$$
$$= 0.546 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= \frac{89.094}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.557 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

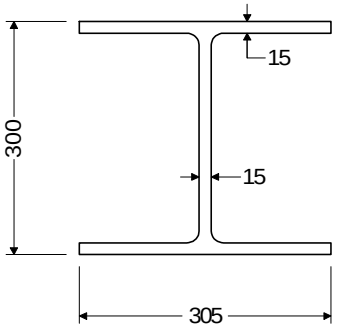
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

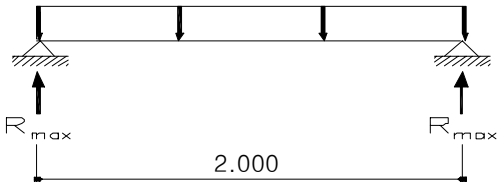
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 27.296 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.57 m)

P = 27.296 × 2.00 m / 1 ea = 54.593 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 54.593 / (13 × 2.000)
= 25.197 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 25.197 × 2.000^2 / 8
= 12.598 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 25.197 × 2.000 / 12
= 29.396 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.598 x 1000000 / 1440000.0 = 8.749 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 29.396 x 1000 / 4050 = 7.258 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (8.749 + 8.749) / 8.749$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 8.749 MPa ---> O.K

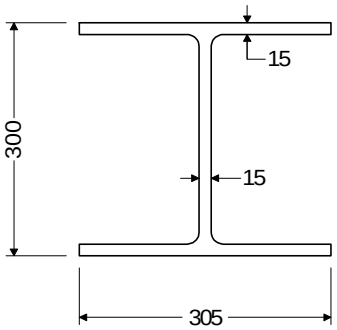
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 7.258 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

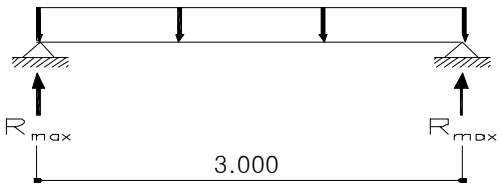
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 88.421 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.37 m)

$P = 88.421 \times 3.00\ m / 1\ ea = 265.262\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 265.262 / (13 \times 3.000)$
$= 81.619\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 81.619 \times 3.000^{2} / 8$
$= 91.821\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 81.619 \times 3.000 / 12$
$= 142.833\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 91.821 \times 1000000 / 1440000.0 = 63.765$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 142.833 \times 1000 / 4050 = 35.267$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (63.765 + 63.765) / 63.765$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 63.765$ MPa ---> O.K

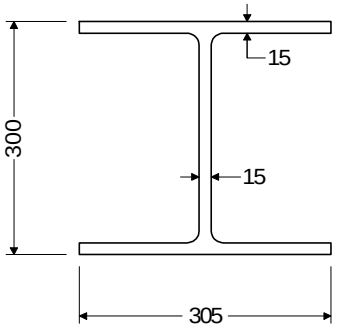
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 35.267$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

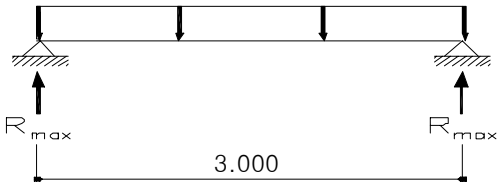
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 147.295 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.17 m)

P = 147.295 × 3.00 m / 1 ea = 441.884 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 441.884 / (13 × 3.000)
= 135.964 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 135.964 × 3.000^2 / 8
= 152.960 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 135.964 × 3.000 / 12
= 237.937 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 152.960 x 1000000 / 1440000.0 = 106.222 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 237.937 x 1000 / 4050 = 58.750 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (106.222 + 106.222) / 106.222$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

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

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 106.222 MPa ---> O.K

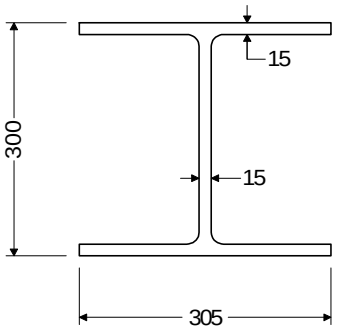
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 58.750 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

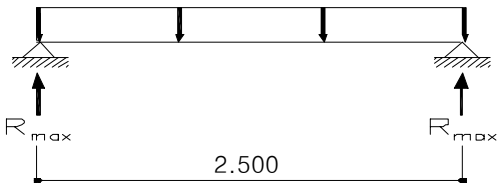
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 418.679 kN/m ---> Strut-3 (CS15 : 해체4)

$P = 418.679 \times 2.50\ m / 2\ ea = 523.348\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 523.348 / (13 \times 2.500)$
$= 193.236\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 193.236 \times 2.500^2 / 8$
$= 150.966\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 193.236 \times 2.500 / 12$
$= 281.803\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 150.966 \times 1000000 / 1440000.0 = 104.837$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 281.803 \times 1000 / 4050 = 69.581$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (104.837 + 104.837) / 104.837$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2500 / 305$
$= 8.197$ ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (8.197 - 4.5))$
$= 177.023$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 177.023$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 177.023$ MPa > $f_b = 104.837$ MPa ---> O.K

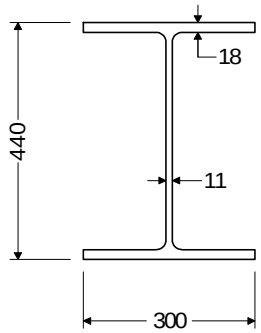
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 69.581$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

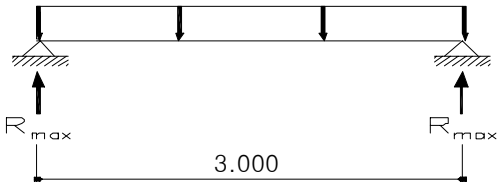
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 493.043 kN/m ---> Strut-4 (CS12 : 해체1)

P = 493.043 × 3.00 m / 2 ea = 739.564 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 739.564 / (13 × 3.000)
= 227.558 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 227.558 × 3.000^2 / 8
= 256.003 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 227.558 × 3.000 / 12
= 398.227 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 256.003 x 1000000 / 2550000.0 = 100.393 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 398.227 x 1000 / 4444 = 89.610 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (100.393 + 100.393) / 100.393$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 100.393 MPa ---> O.K

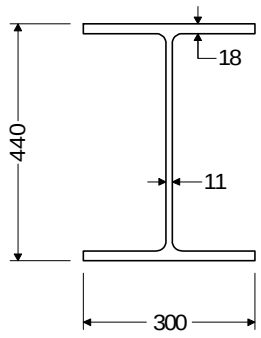
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 89.610 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

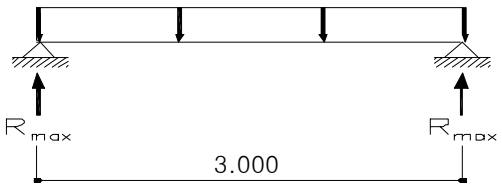
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 205.890 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 10.53 m)

P = 205.890 × 3.00 m / 1 ea = 617.671 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 617.671 / (13 × 3.000)
= 190.053 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 190.053 × 3.000 ^{2} / 8
= 213.809 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 190.053 × 3.000 / 12
= 332.592 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 213.809 x 1000000 / 2550000.0 = 83.847 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 332.592 x 1000 / 4444 = 74.841 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (83.847 + 83.847) / 83.847
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 83.847 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 74.841 MPa ---> O.K

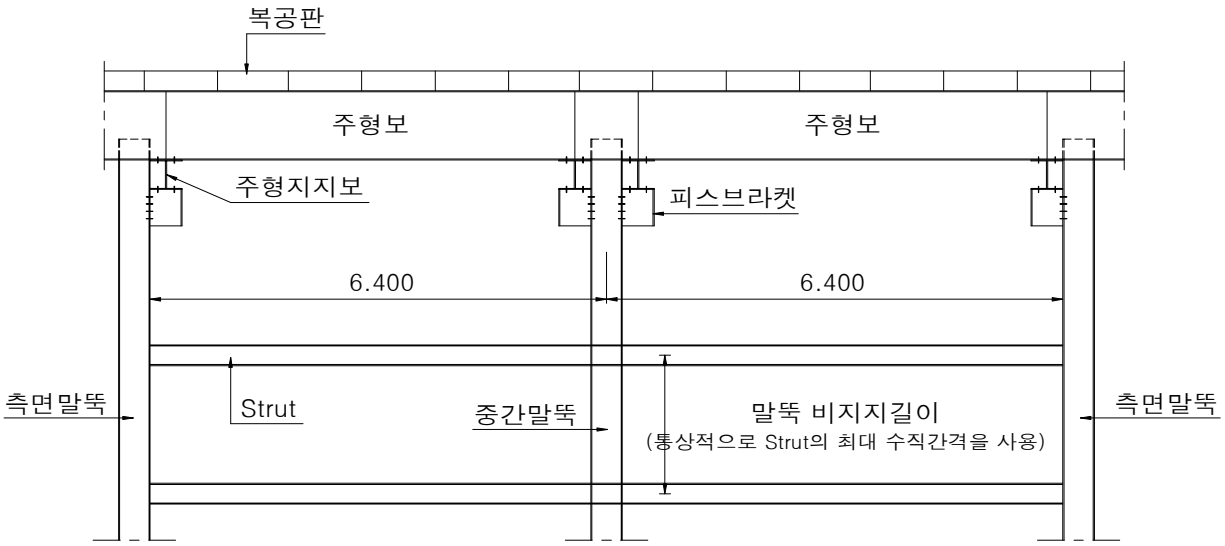
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.400 + 6.400 = 12.800 m

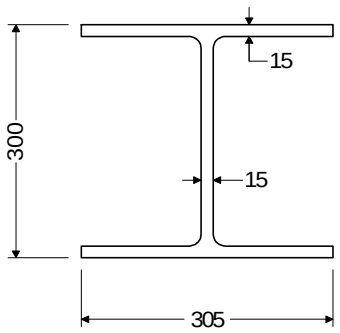
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 18.580 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 99.150 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.180 kN

ΣP_s = 130.690 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

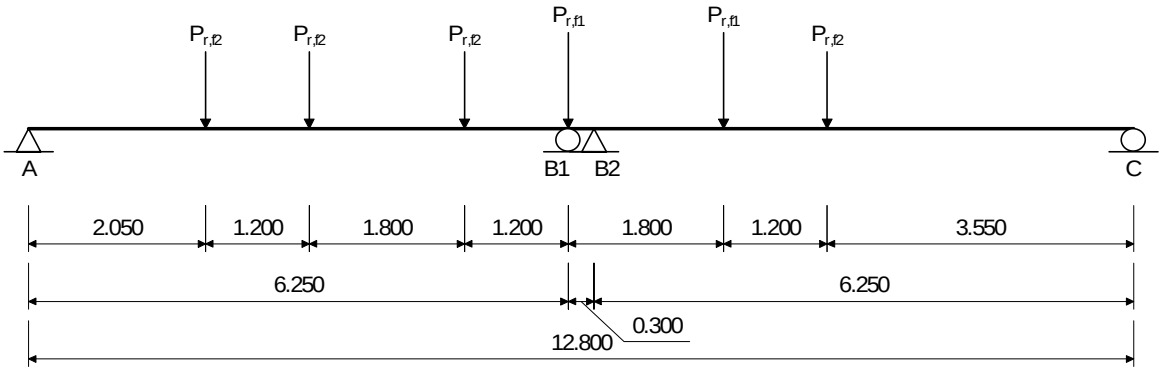
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250 + 93.600 x 2.050) / 6.250

= 279.802 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 279.802 x 1.00 = 279.802 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250 + 23.400 x 2.050) / 6.250

= 69.950 kN

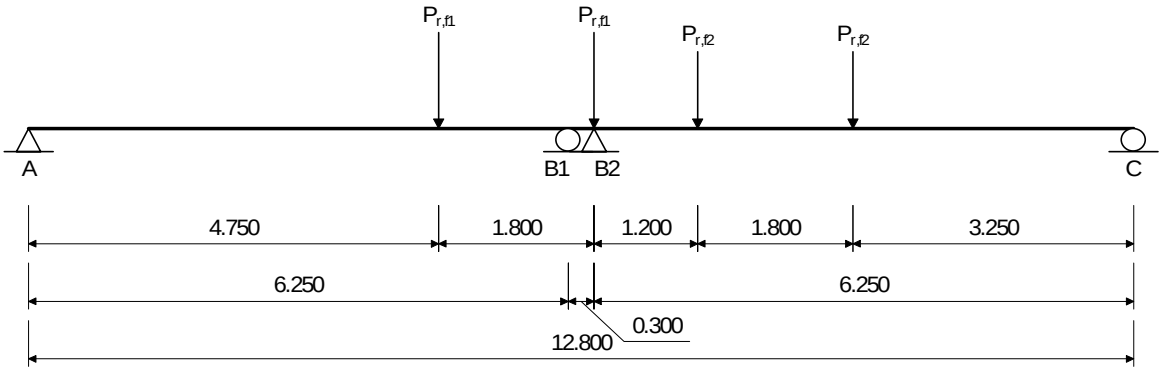
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 69.950 x 1.00 = 69.950 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.750) / 6.250
= 94.848 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250) / 6.250
= 249.101 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN
P_{r2} = 249.101 x 1.00 = 249.101 kN

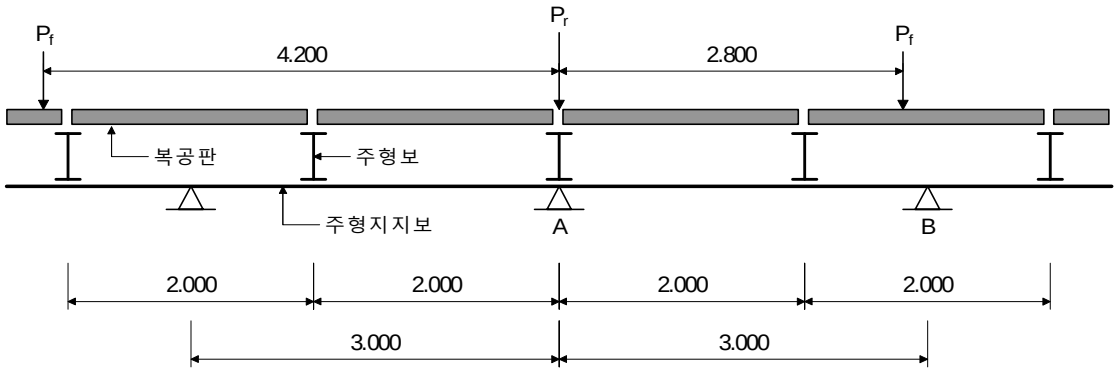
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.750) / 6.250
= 23.712 kN

R_{B2} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250) / 6.250
= 62.275 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN
P_{f2} = 62.275 x 1.00 = 62.275 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (279.802 x 3.000 + 69.950 x 0.200) / 3.000
= 284.465 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

= 284.465 + 18.231 x 3.00 / 2.00 = 311.812 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (249.101 x 3.000 + 62.275 x 0.200) / 3.000

= 253.252 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

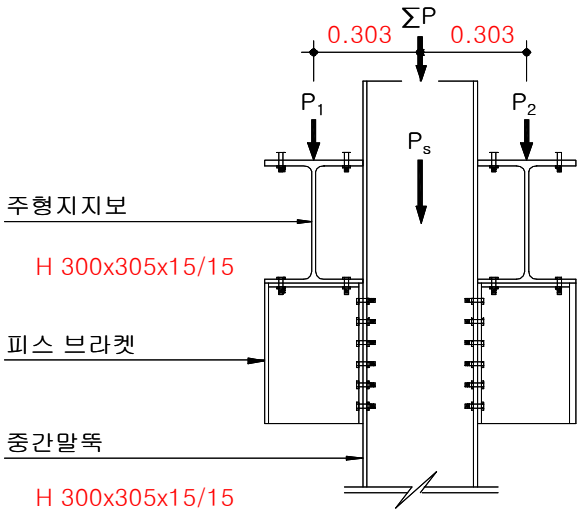
= 253.252 + 18.231 x 3.00 / 2.00 = 280.600 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 311.812 + 280.600 + 130.690 = 723.102 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 723.102 x 1000 / 13480 = 53.643 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 94.323 x 1000000 / 1440000 = 65.502 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 311.812 x 0.303 = 94.323 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.929

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (119.145 − −11.860) / 119.145

= 1.100

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 4880 / 126

38.730 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (38.730 − 20))

= 167.760 MPa

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

= 167.760 MPa

L_y / R_y = 4880 / 72.6

67.218 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (67.218 − 20))

= 135.455 MPa

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

= 135.455 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 135.455 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 4880 / 305

= 16.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (16.000 − 4.5))

= 151.740 MPa

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

= 151.740 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (38.730)^2

= 1079.982 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 135.455 MPa > f_c = 53.643 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 151.740 MPa > f_b = 65.502 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{53.643}{135.455} + \frac{65.502}{151.740 \times (1 - (53.643 / 1079.982))}$$

$$= 0.850 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

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

$$= 53.643 + \frac{65.502}{1 - (53.643 / 1079.982)}$$

$$= 122.568 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.850 , 0.649)

= 0.850 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 723.10 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) = 50
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 32
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0
- L_s(모래층 중의 길이) = 17.530 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 32 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 250.127 tonf

= 2452.91 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2452.91 / 2.0

= 1226.456 kN

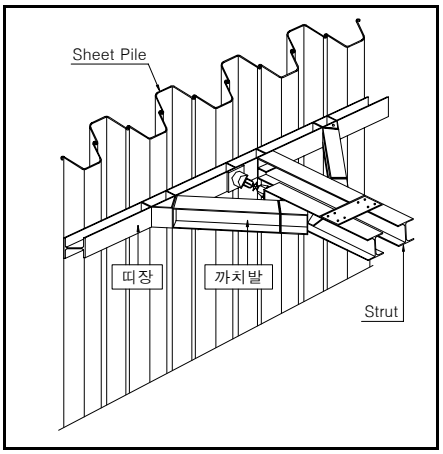
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 17.53m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 333.608 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 해체2)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 333.608 (kN·m/m) × 1.00 m = 333.608 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 354.606 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS12 : 해체1)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 354.606 (kN/m) × 1.00 m = 354.606 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{333.608 \times 10^6}{2270000.00} = 146.964 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{354.606 \times 10^3}{13180.00} = 26.905 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 10.53 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	2.87	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.55	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.11	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	18.74	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	17.53	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.5	2	6.4	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2.07	3	6.4	70	1
3	Strut-2	P 406.4x12	SS400	3.87	3	6.4	70	1
4	Strut-3	H 300x305x15/15	SS400	5.67	2.5	6.4	70	1
5	Strut-4	P 406.4x12	SS400	7.47	3	6.4	70	1
6	Strut-5	P 406.4x9	SS400	9.17	3	6.4	70	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	2.79	0	6.55	C27	1	-
2	기초	10.03	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	2.29	10.53	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 10.53 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.00	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.57	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.37	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	6.17	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.97	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.67	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	10.53	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
15	-	-	-	9.28	-	-	-	X	X
16	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
17	-	-	-	6.14	-	-	-	X	X
18	-		Strut-1 Strut-2	-	-	-	-	X	X
19	-	-	-	3.95	-	-	-	X	X
20	-	-	-	2.29	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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	5.92	1.4	-3.91	6.1	0.71	9.7	-8.74	4.8
CS2 : 생성 주형보	1.00	5.93	1.4	-3.95	6.1	0.71	9.7	-8.81	4.8
CS3 : 굴착 2.57 m	2.57	21.51	3.4	-27.35	0.5	29.83	2.3	-17.02	5.7
CS4 : 생성 Strut-1	2.57	12.55	4.6	-19.35	2.1	13.03	2.6	-12.47	5.7
CS5 : 굴착 4.37 m	4.37	34.94	5.2	-66.85	2.1	43.28	3.9	-19.02	7.0
CS6 : 생성 Strut-2	4.37	26.38	5.2	-52.22	2.1	27.00	3.4	-14.31	7.0
CS7 : 굴착 6.17 m	6.17	47.70	8.0	-114.55	3.9	75.09	6.1	-48.74	3.9
CS8 : 생성 Strut-3	6.17	40.19	8.0	-94.37	3.9	57.54	6.2	-33.74	3.9
CS9 : 굴착 7.97 m	7.97	74.24	10.5	-178.60	5.7	137.53	8.0	-88.39	5.7
CS10 : 생성 Strut-4	7.97	69.33	10.5	-160.58	5.7	124.49	8.4	-73.52	5.7
CS11 : 굴착 9.67 m	9.67	100.18	12.9	-254.34	7.5	219.58	10.1	-110.17	5.7
CS12 : 생성 Strut-5	9.67	96.93	12.9	-234.86	7.5	206.83	10.1	-106.52	5.7
CS13 : 굴착 10.53 m	10.53	98.24	13.8	-237.24	9.2	244.42	11.5	-132.04	7.5
CS12 : 해체1	10.53	138.44	7.5	-354.61	7.5	333.51	11.0	-304.77	7.5
CS13 : 해체2	10.53	138.43	7.5	-354.52	7.5	333.61	11.0	-304.74	7.5
CS14 : 해체3	10.53	153.26	5.7	-264.98	5.7	238.80	11.5	-304.68	5.7
CS15 : 해체4	10.53	153.46	5.7	-265.22	5.7	237.88	11.5	-305.09	5.7
CS16 : 해체5	10.53	147.49	5.7	-264.58	5.7	237.76	11.5	-302.58	5.7
CS17 : 해체6	10.53	147.49	5.7	-264.58	5.7	237.76	11.5	-302.58	5.7
CS18 : 해체7	10.53	147.49	5.7	-264.58	5.7	237.76	11.5	-302.58	5.7
TOTAL		153.46	5.7	-354.61	7.5	333.61	11.0	-305.09	5.7

12.1.2 지보재 반력 집계

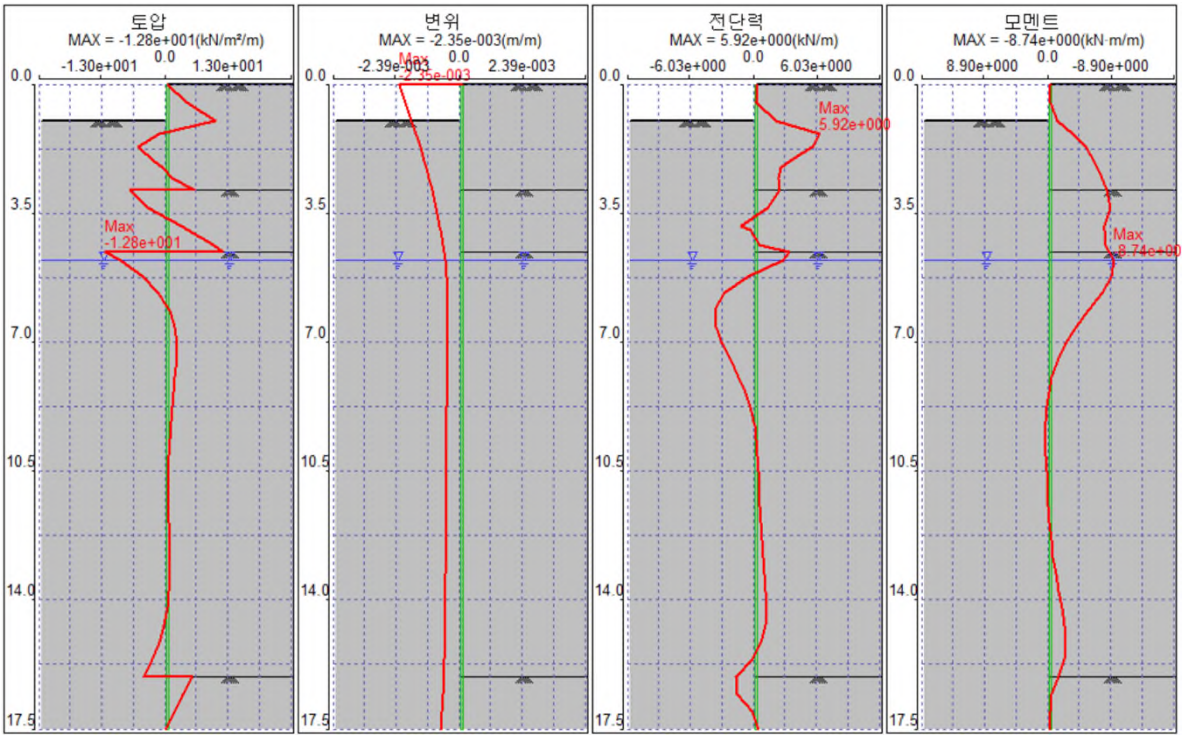
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.5 (m)	2.07 (m)	3.87 (m)	5.67 (m)	7.47 (m)
CS1 : 굴착 1 m	1.00	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	1.00	-0.01	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.57 m	2.57	27.30	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.57	14.24	23.32	-	-	-
CS5 : 굴착 4.37 m	4.37	-3.38	88.42	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.37	2.08	68.33	23.33	-	-
CS7 : 굴착 6.17 m	6.17	-11.11	51.83	147.30	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	6.17	-8.36	55.00	121.19	28.00	-
CS9 : 굴착 7.97 m	7.97	-5.57	36.29	75.26	224.50	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.97	-5.83	38.47	79.89	199.92	23.33
CS11 : 굴착 9.67 m	9.67	-3.06	38.74	51.08	128.62	298.37
CS12 : 생성 Strut-5	9.67	-3.30	38.81	53.67	133.60	271.51
CS13 : 굴착 10.53 m	10.53	-3.13	40.40	53.33	107.08	235.95
CS12 : 해체1	10.53	-0.75	40.04	27.92	53.84	493.04
CS13 : 해체2	10.53	-0.75	40.04	27.93	53.84	492.95
CS14 : 해체3	10.53	0.81	11.59	-13.66	418.24	-
CS15 : 해체4	10.53	0.82	11.54	-13.82	418.68	-
CS16 : 해체5	10.53	4.54	-	-	412.07	-
CS17 : 해체6	10.53	4.54	-	-	412.07	-
CS18 : 해체7	10.53	4.54	-	-	412.07	-
TOTAL		27.30	88.42	147.30	418.68	493.04

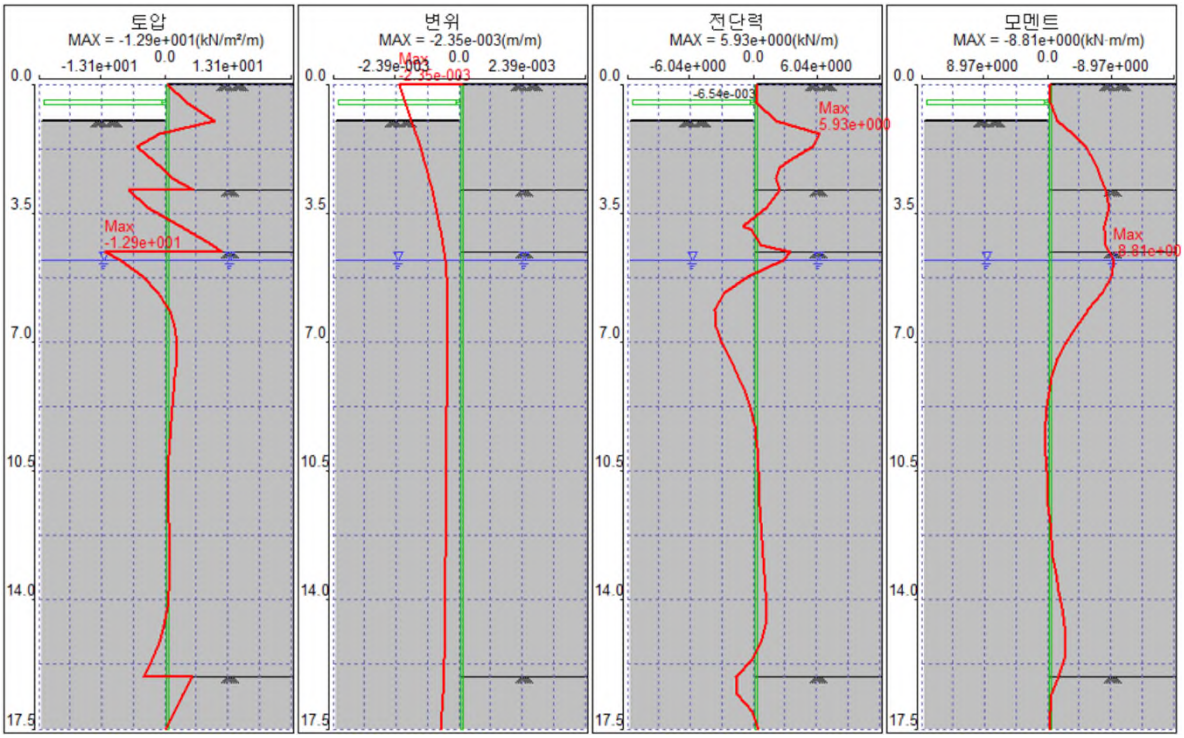
시공단계	굴착 깊이	Strut-5				
		9.17 (m)				
CS1 : 굴착 1 m	1.00	-				
CS2 : 생성 주형보	1.00	-				
CS3 : 굴착 2.57 m	2.57	-				
CS4 : 생성 Strut-1	2.57	-				
CS5 : 굴착 4.37 m	4.37	-				
CS6 : 생성 Strut-2	4.37	-				
CS7 : 굴착 6.17 m	6.17	-				
CS8 : 생성 Strut-3	6.17	-				
CS9 : 굴착 7.97 m	7.97	-				
CS10 : 생성 Strut-4	7.97	-				
CS11 : 굴착 9.67 m	9.67	-				
CS12 : 생성 Strut-5	9.67	23.33				
CS13 : 굴착 10.53 m	10.53	205.89				
CS12 : 해체1	10.53	-				
CS13 : 해체2	10.53	-				
CS14 : 해체3	10.53	-				
CS15 : 해체4	10.53	-				
CS16 : 해체5	10.53	-				
CS17 : 해체6	10.53	-				
CS18 : 해체7	10.53	-				
TOTAL		205.89				

12.2 시공단계별 단면력도

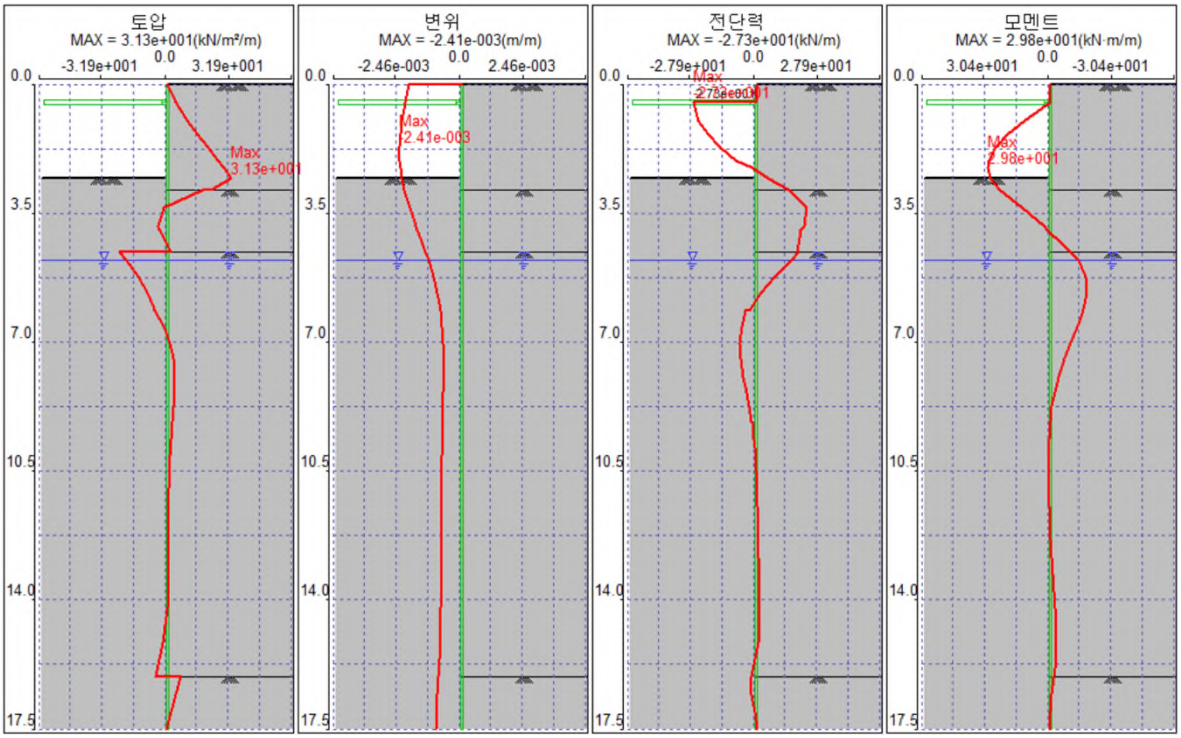
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1 m]



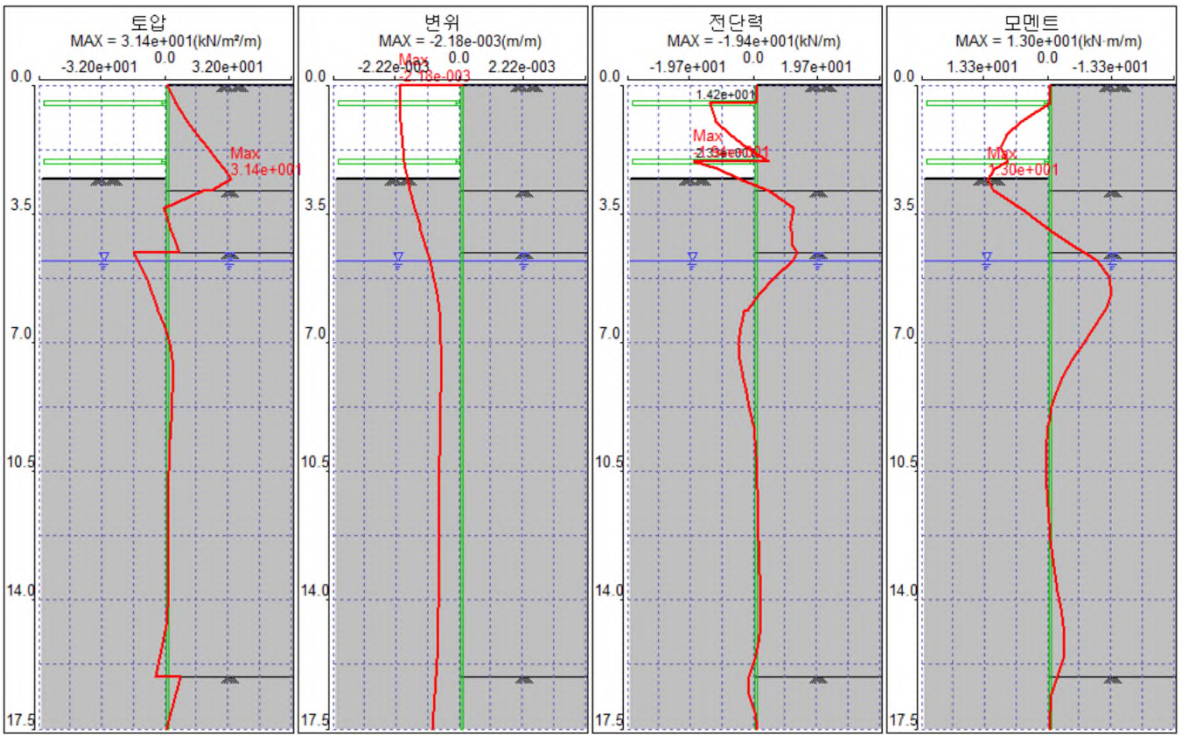
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



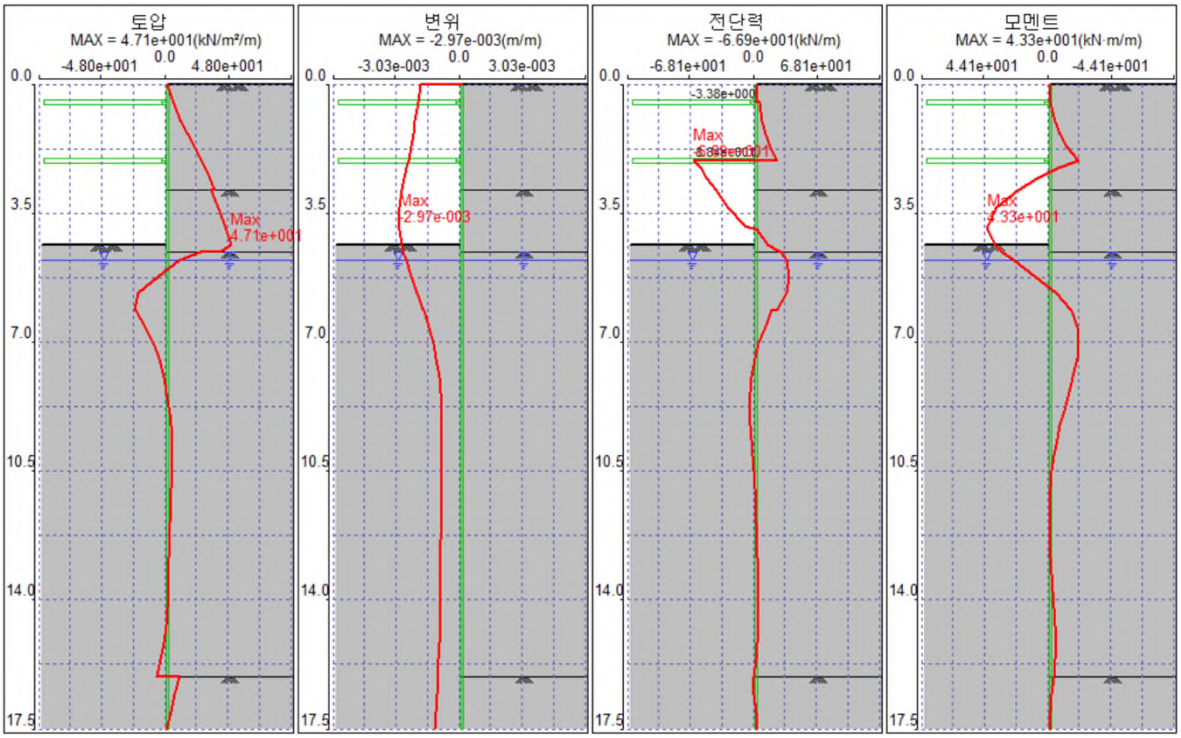
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.57 m]



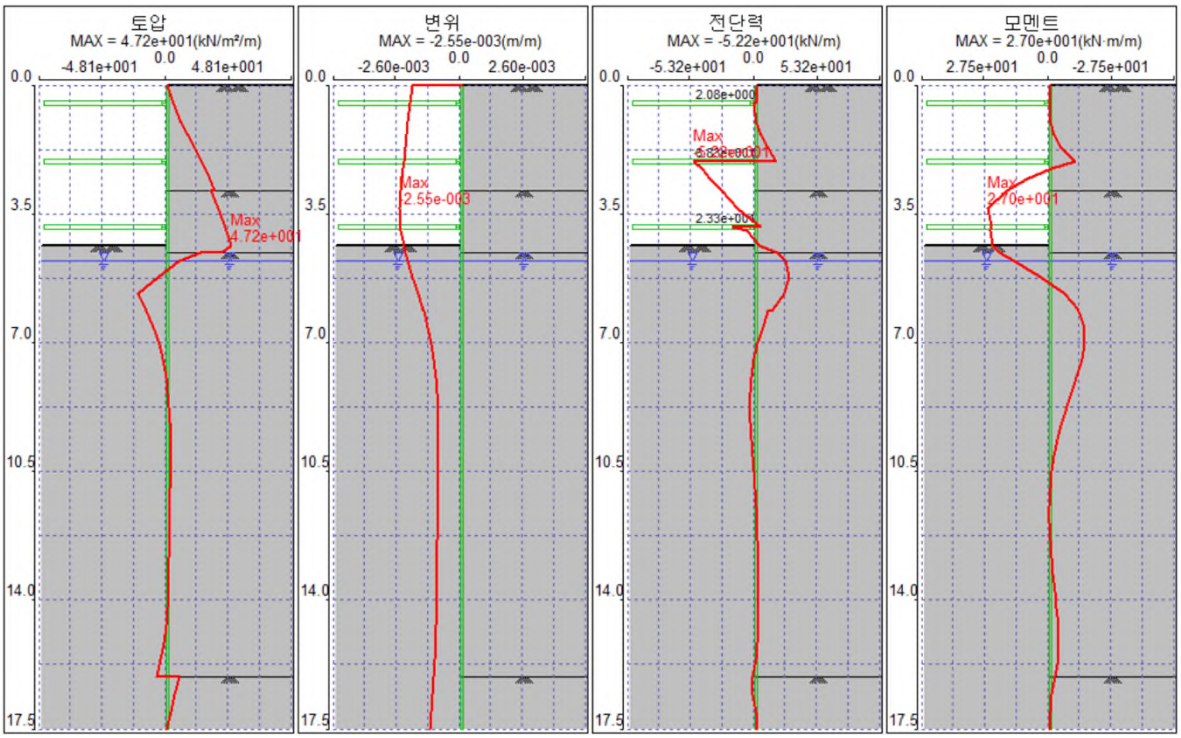
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



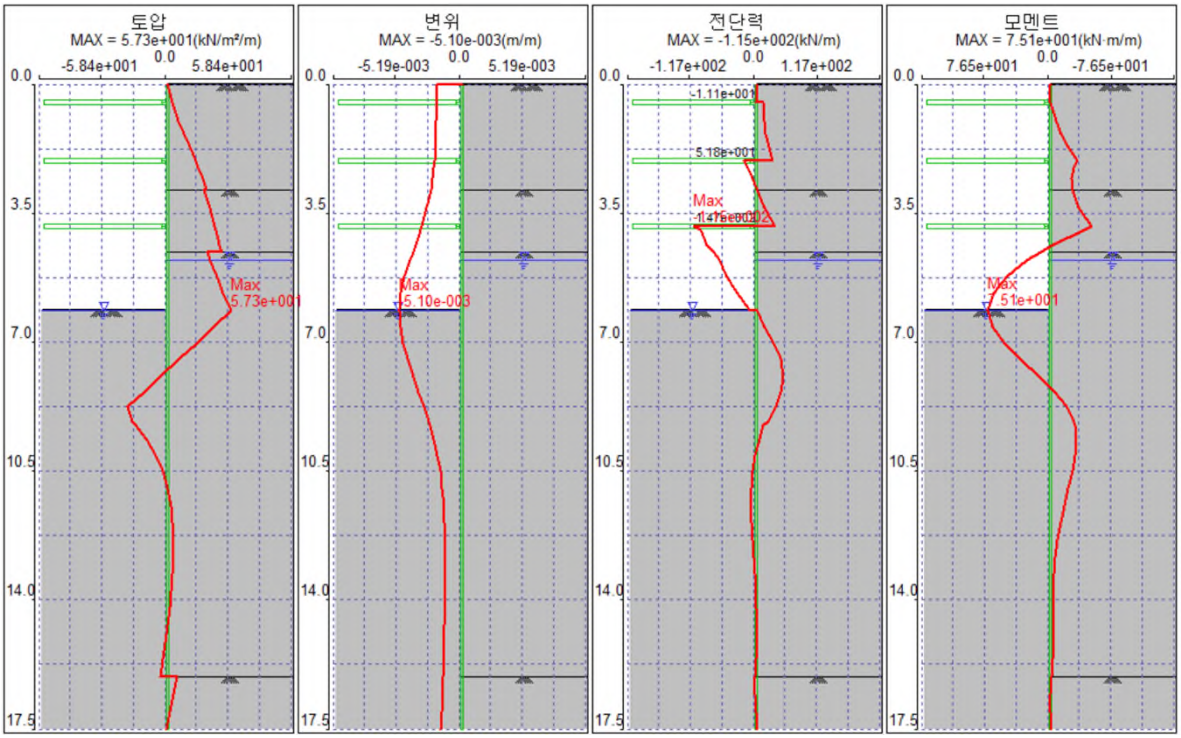
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.37 m]



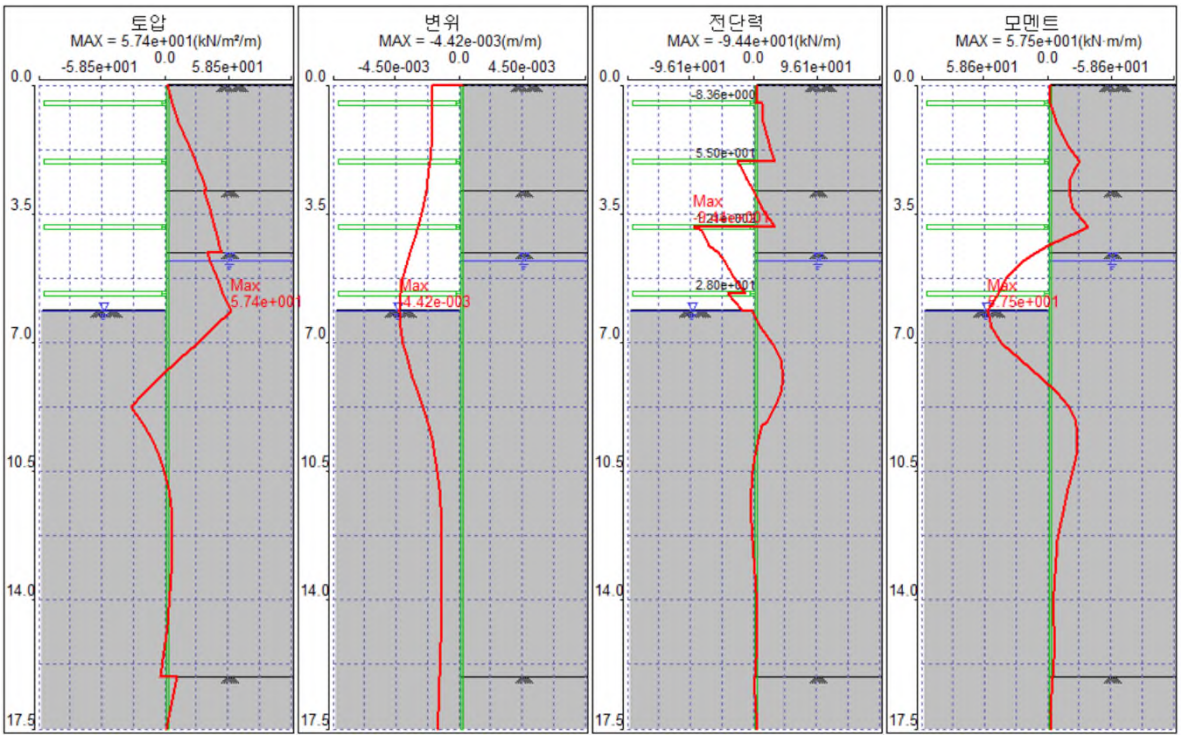
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



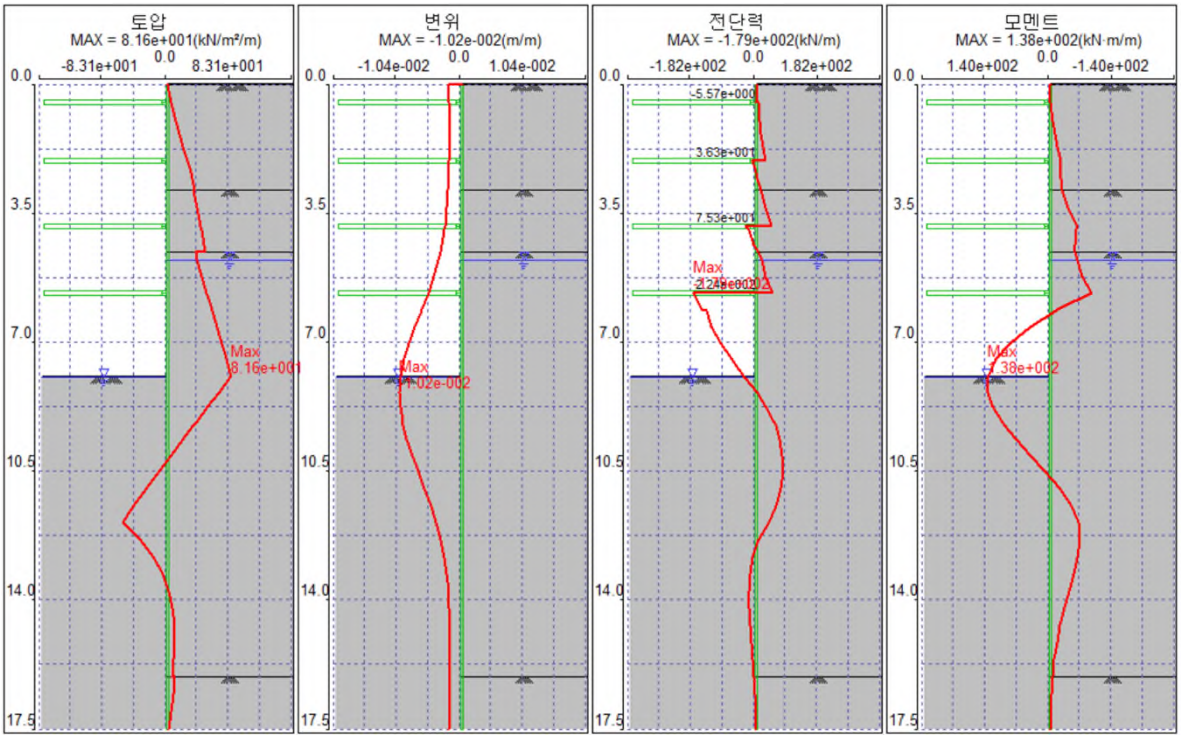
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.17 m]



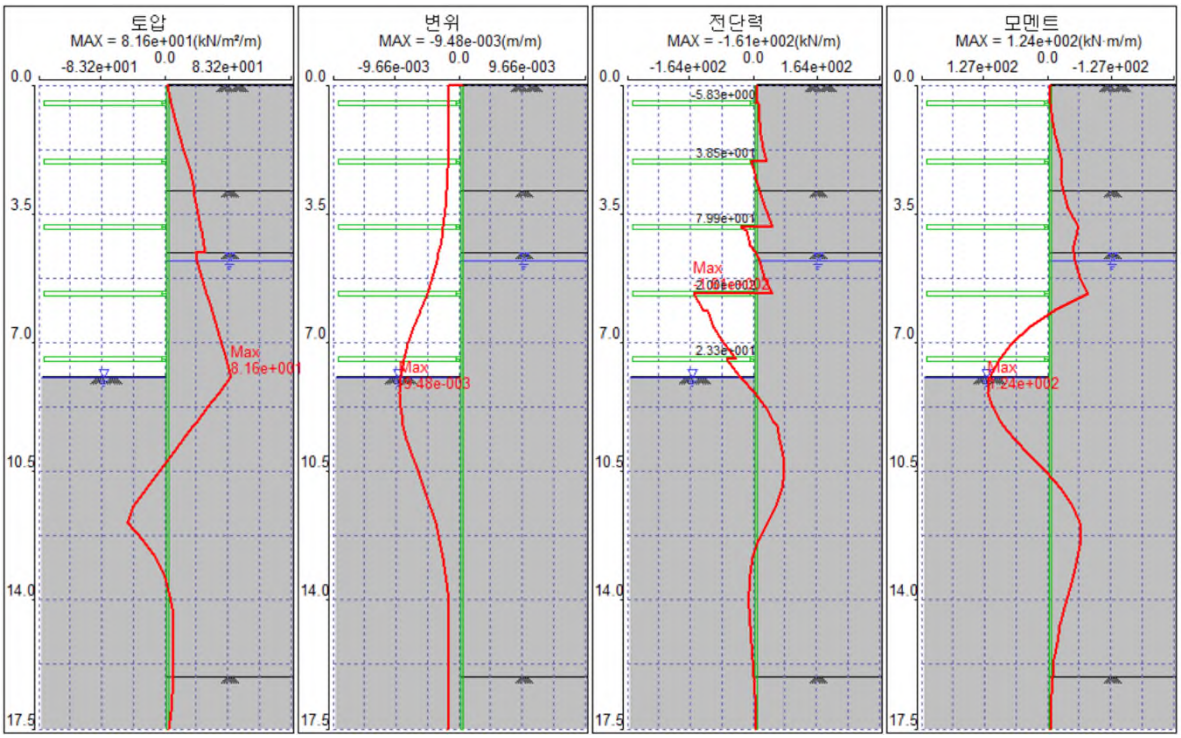
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



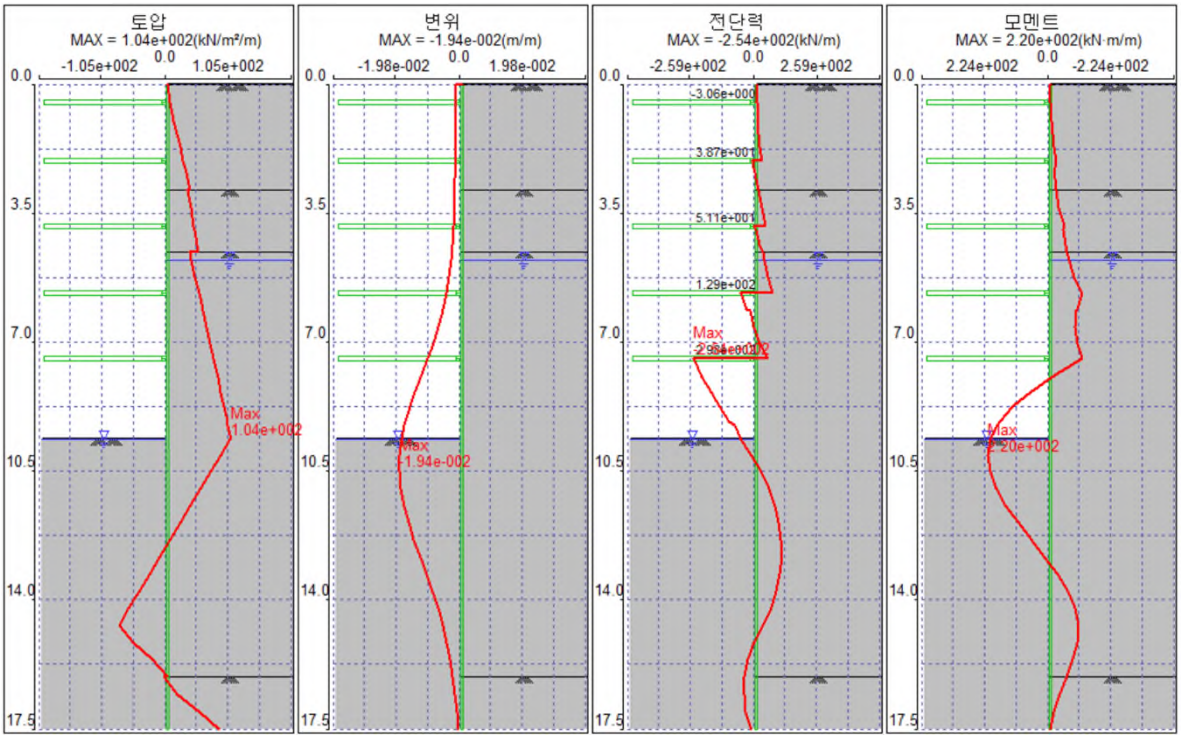
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.97 m]



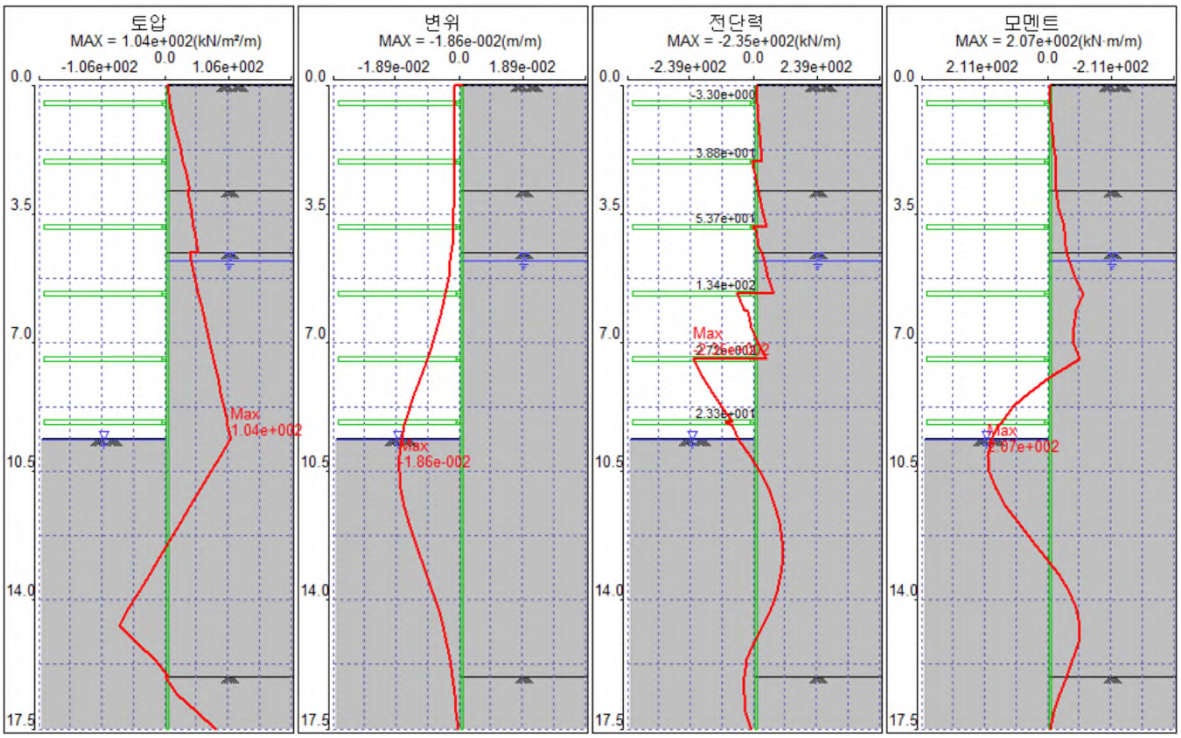
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



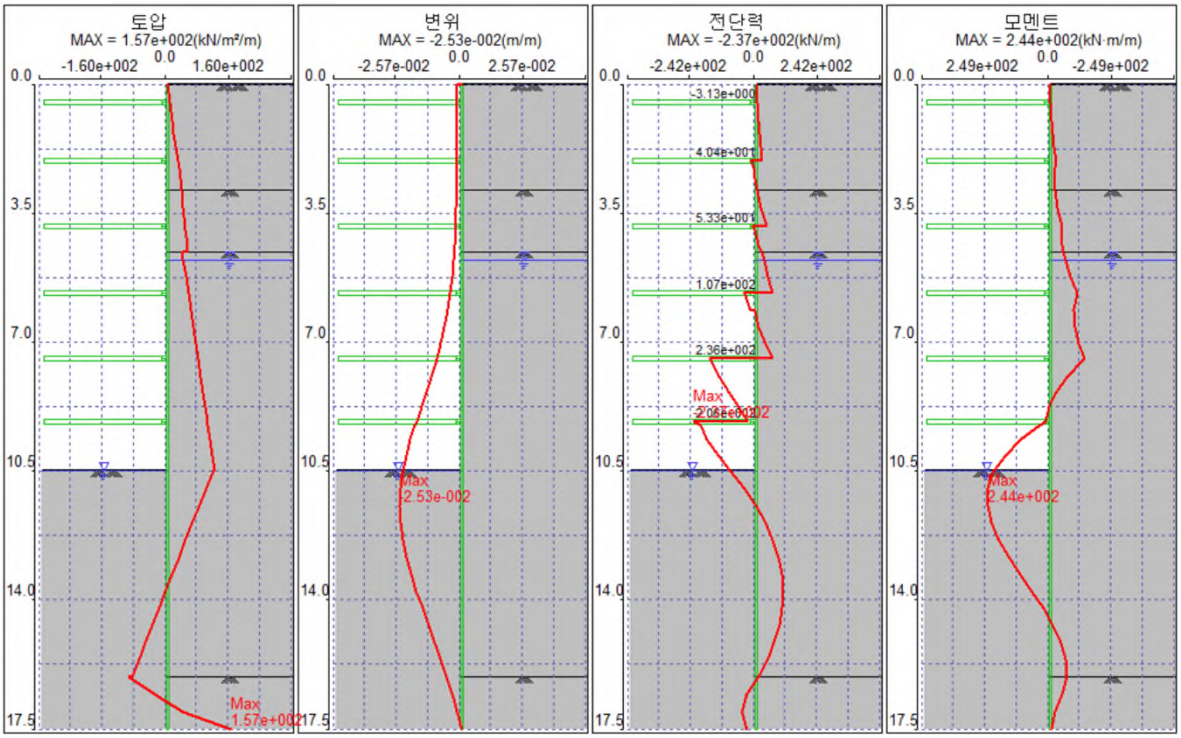
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.67 m]



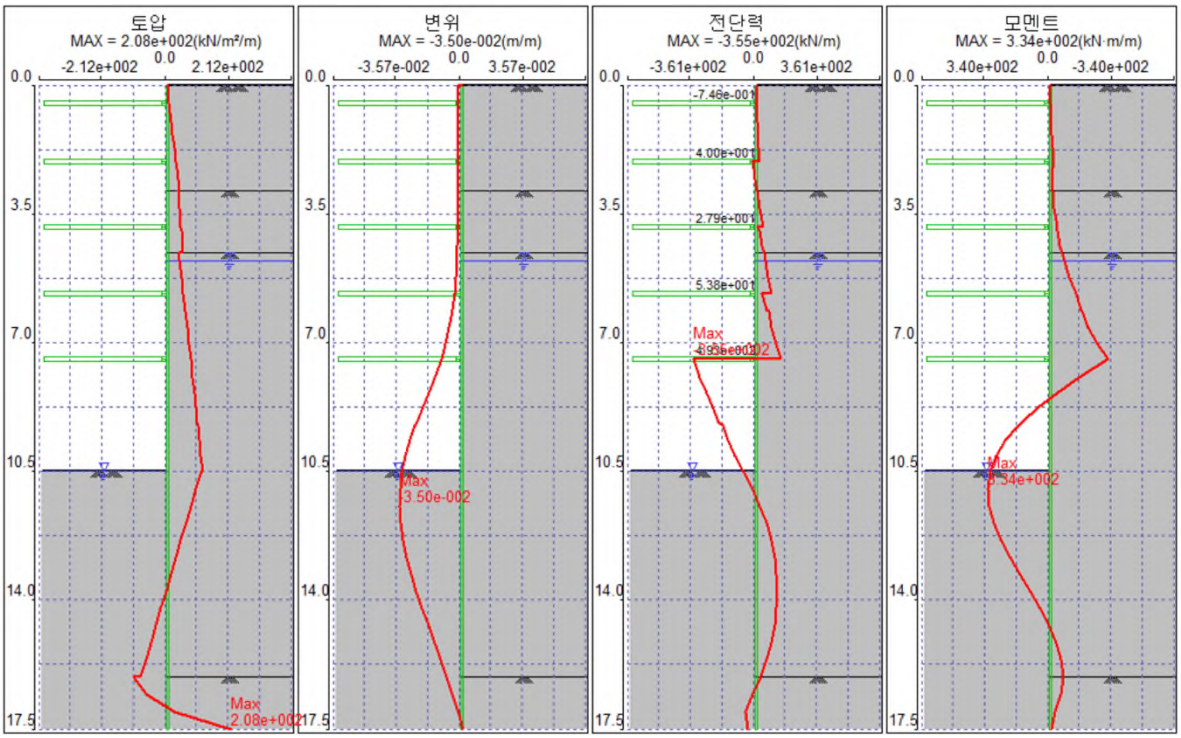
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



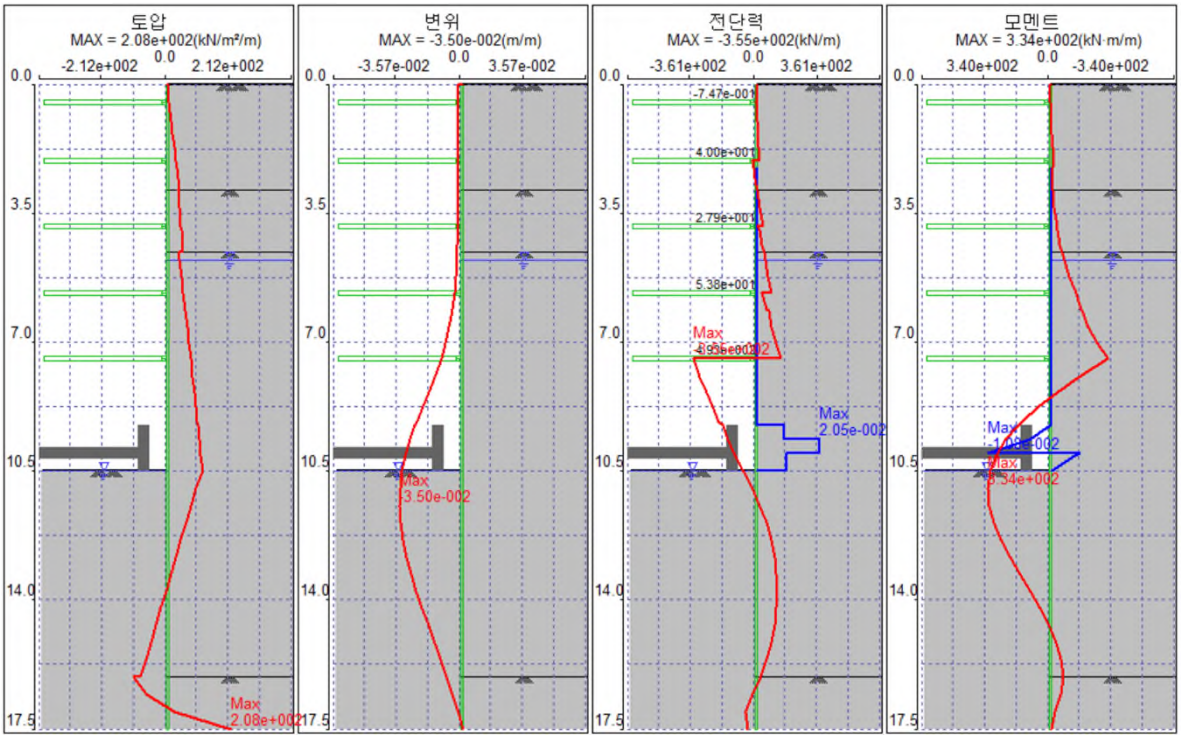
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 10.53 m]



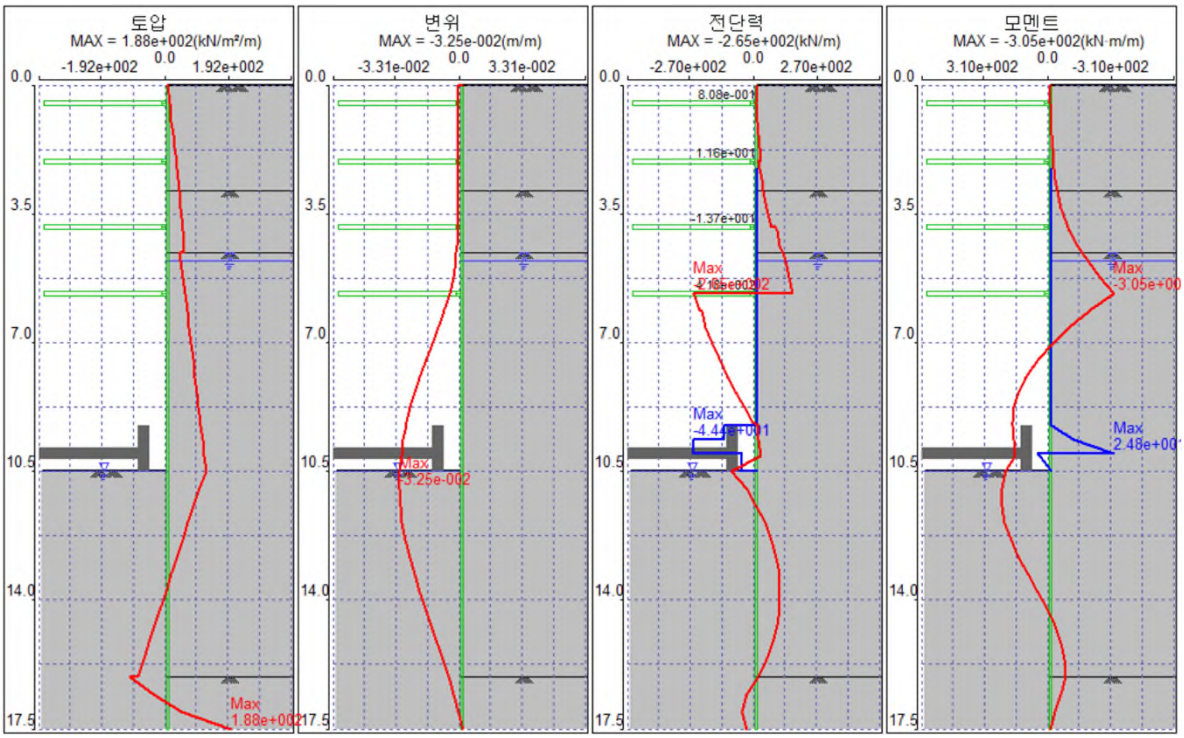
14) 시공 14 단계 [CS12 : 해체1]



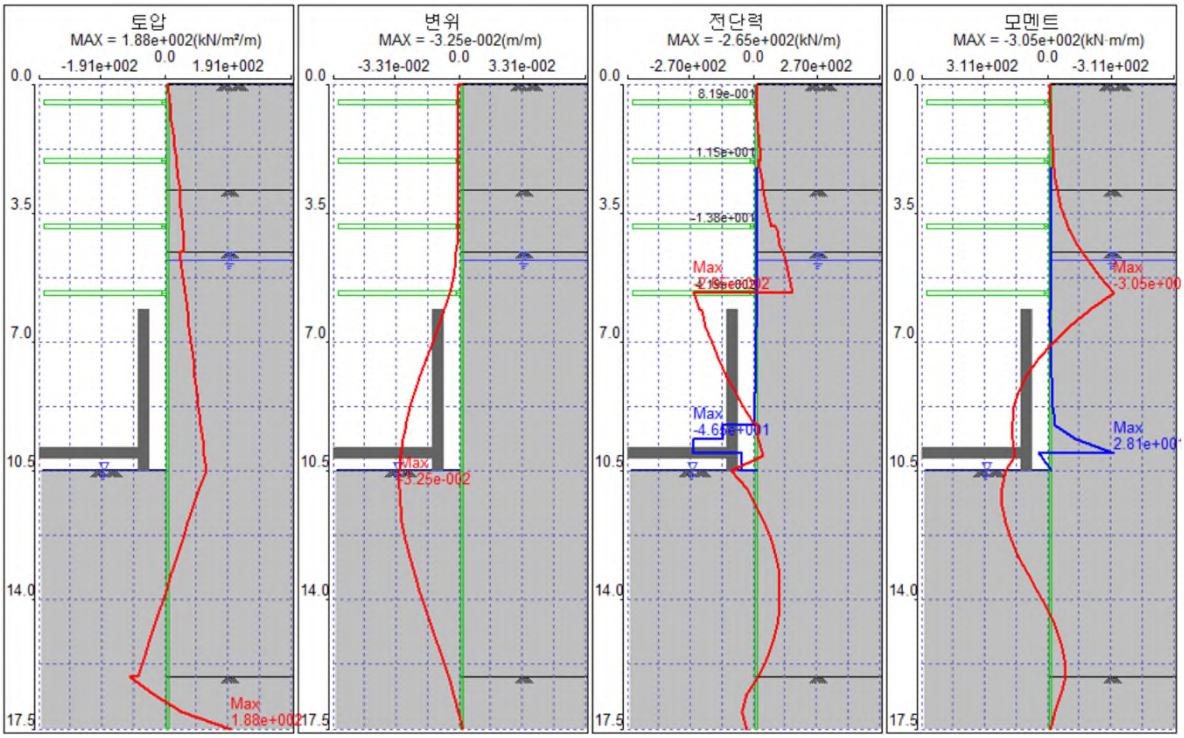
15) 시공 15 단계 [CS13 : 해체2]



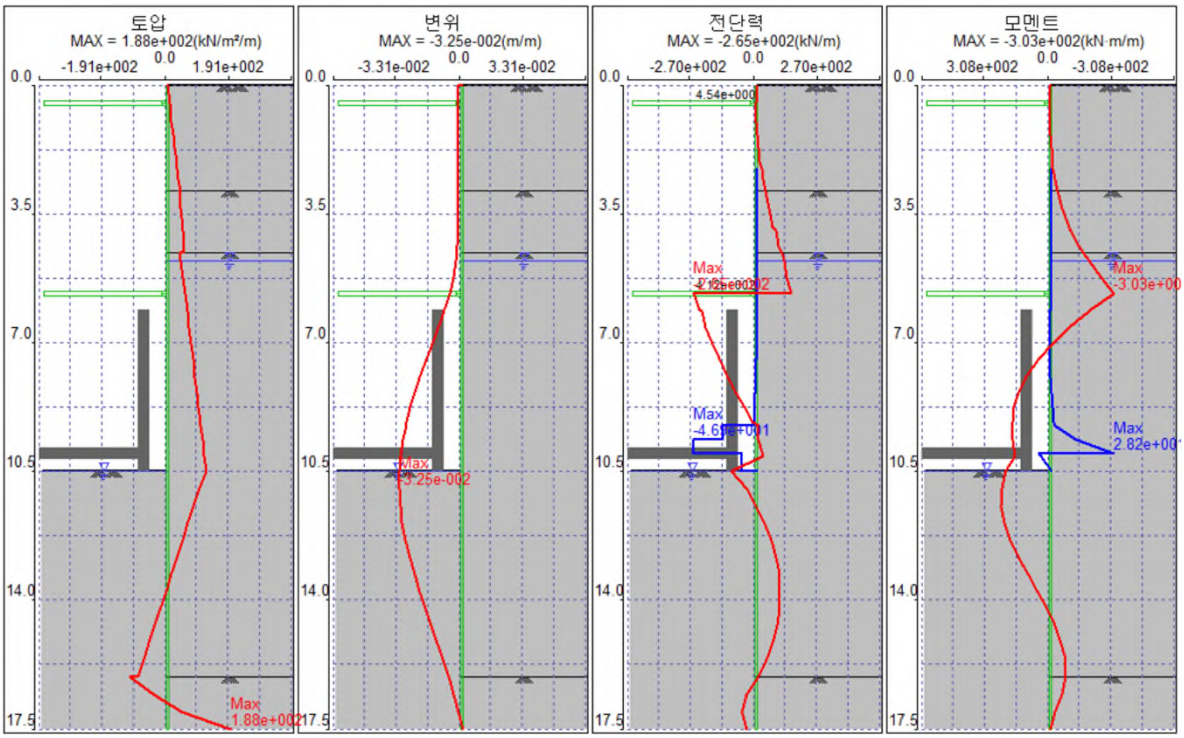
16) 시공 16 단계 [CS14 : 해체3]



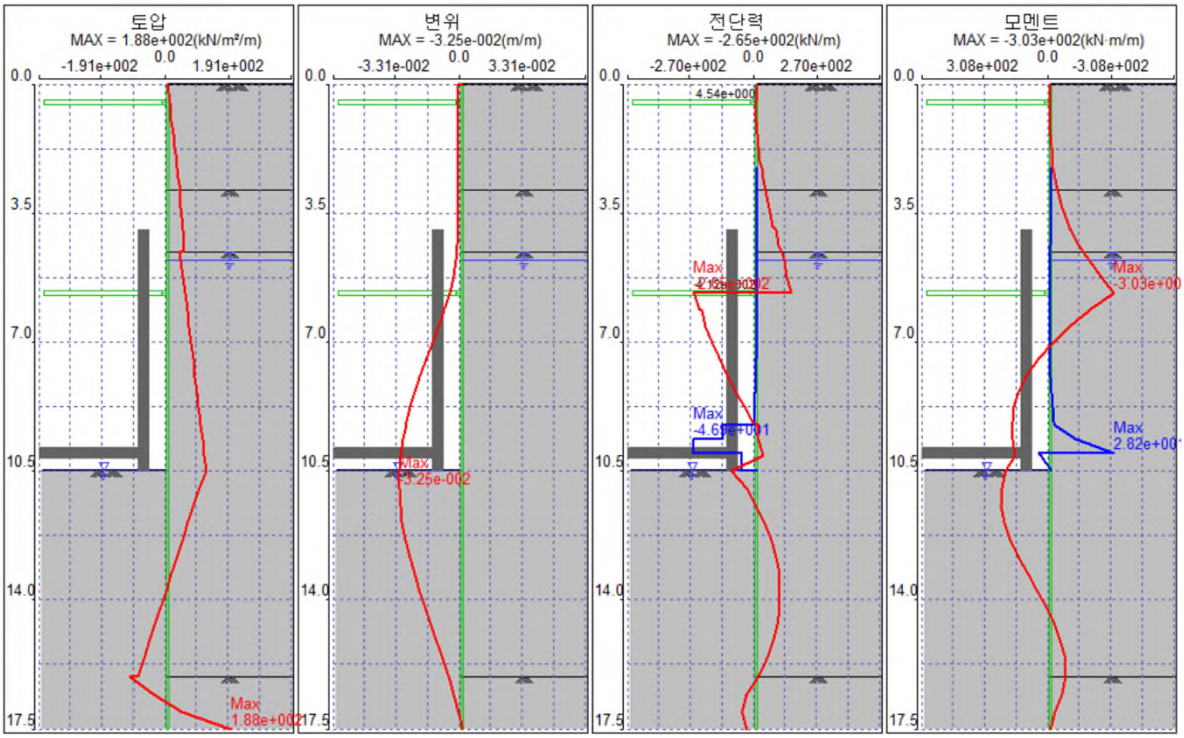
17) 시공 17 단계 [CS15 : 해체4]



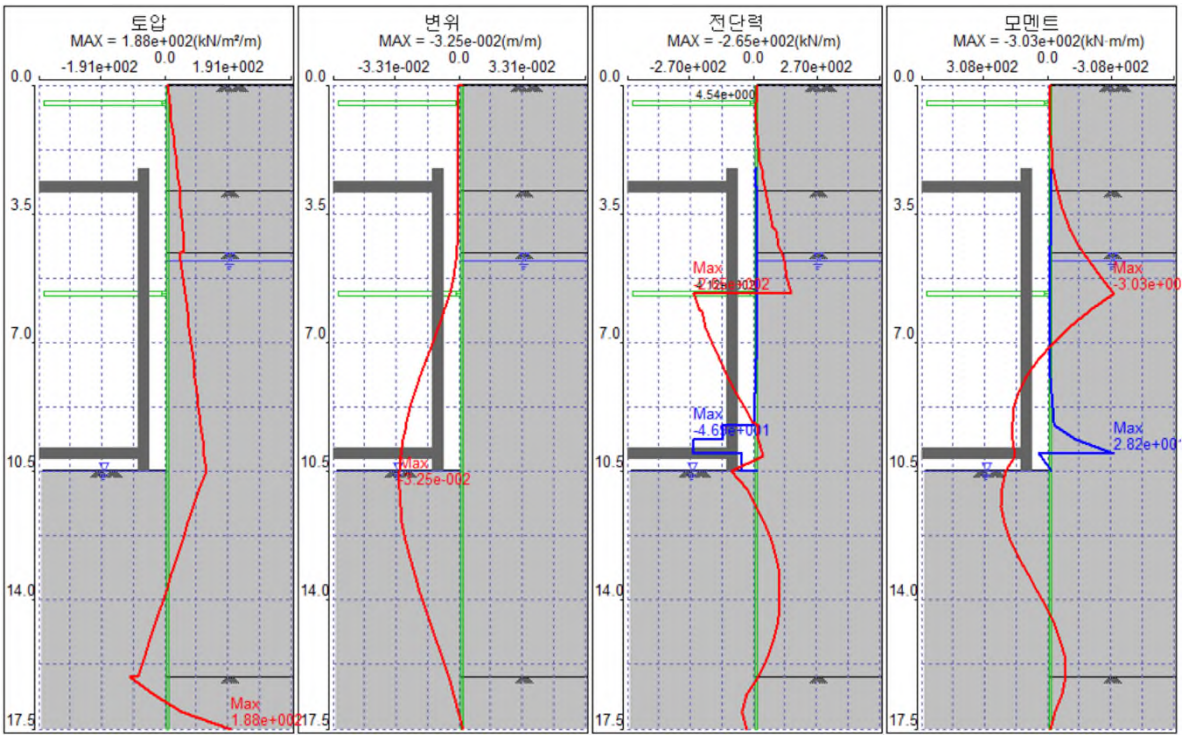
18) 시공 18 단계 [CS16 : 해체5]



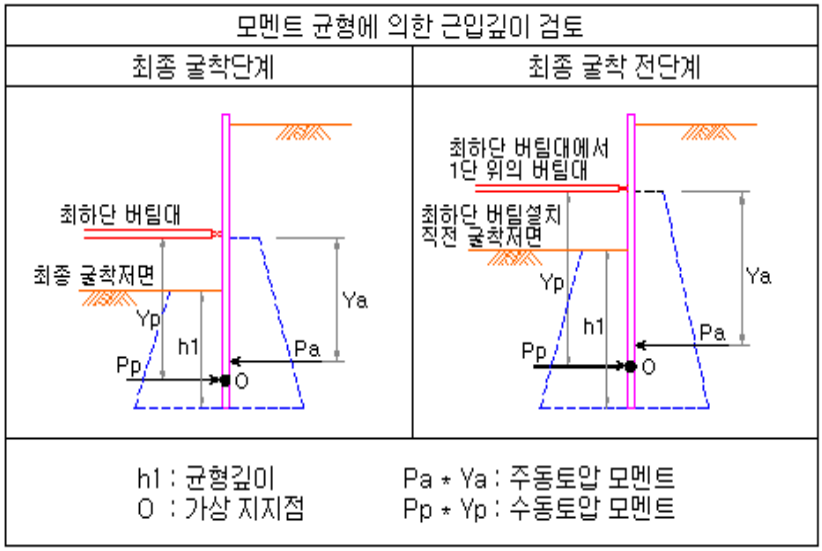
19) 시공 19 단계 [CS17 : 해체6]



20) 시공 20 단계 [CS18 : 해체7]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.381	7.000	5981.165	7553.093	1.263	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.252	7.860	8290.571	11597.382	1.399	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.17 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 146.46 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.699 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1134.604 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.181 m

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

Ma = (146.46 x 0.699) + (1134.604 x 5.181) = 5981.165 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1246.929 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.057 m

Mp = (Pp x Yp) = (1246.929 x 6.057) = 7553.093 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 7553.093 / 5981.165 = 1.263

S.F. = 1.263 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -7.47 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 199.224 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.16 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1230.078 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.552 m

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

Ma = (199.224 x 1.16) + (1230.078 x 6.552) = 8290.571 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1555.387 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.456 m

Mp = (Pp x Yp) = (1555.387 x 7.456) = 11597.382 kN·m

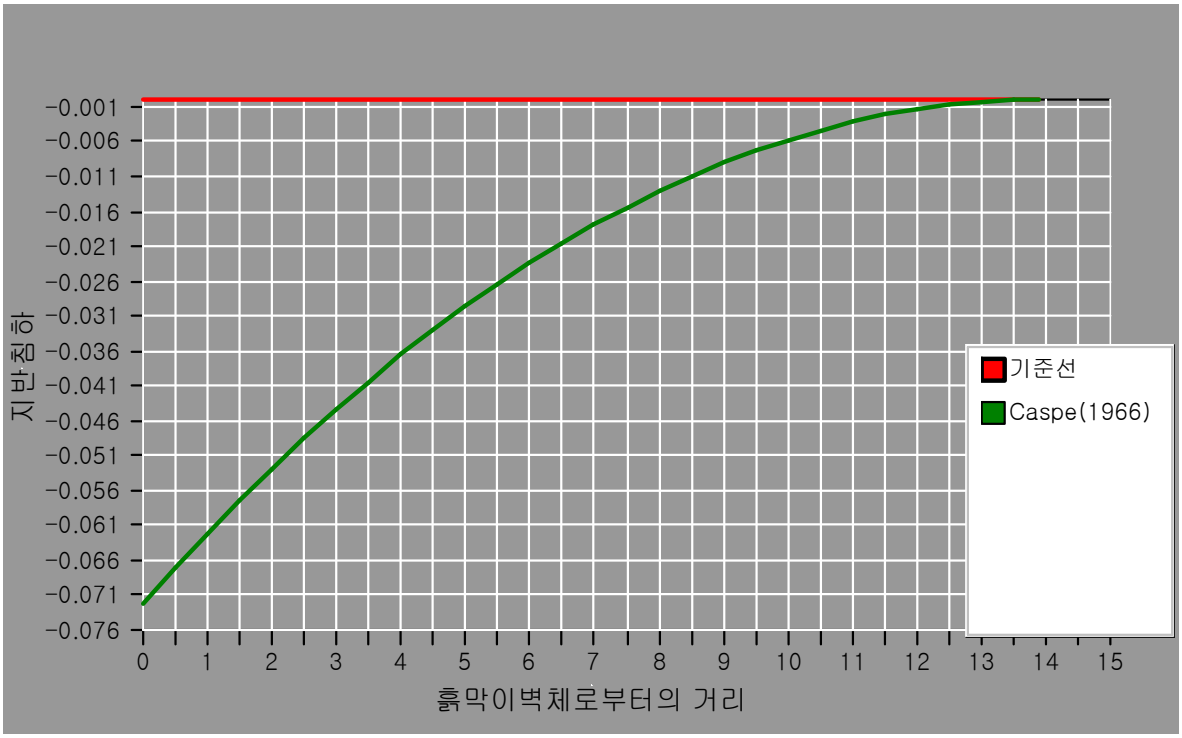
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11597.382 / 8290.571 = 1.399

S.F. = 1.399 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.251 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 10.53 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 31.43 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 31.43/2) = 14.265 m

Ht = Hp + Hw = 14.265 + 10.53 = 24.795 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 24.795 x tan(45-31.43/2) = 13.906 m

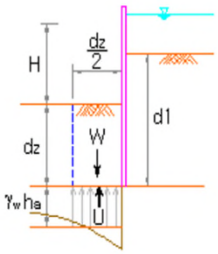
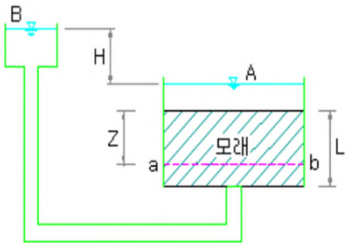
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.251 / 13.906 = -0.072 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.072 x ((13.906 - Xi) / 13.906)^2

12.5 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	100.275	269.500	2.688	0.290	1.100	3.788	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 2.865 x 7 / 2 = 100.275

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 100.275 = 2.688

S.F. = 2.688 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 5.73 / 19.73 = 0.290

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.290 = 3.788

S.F. = 3.788 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

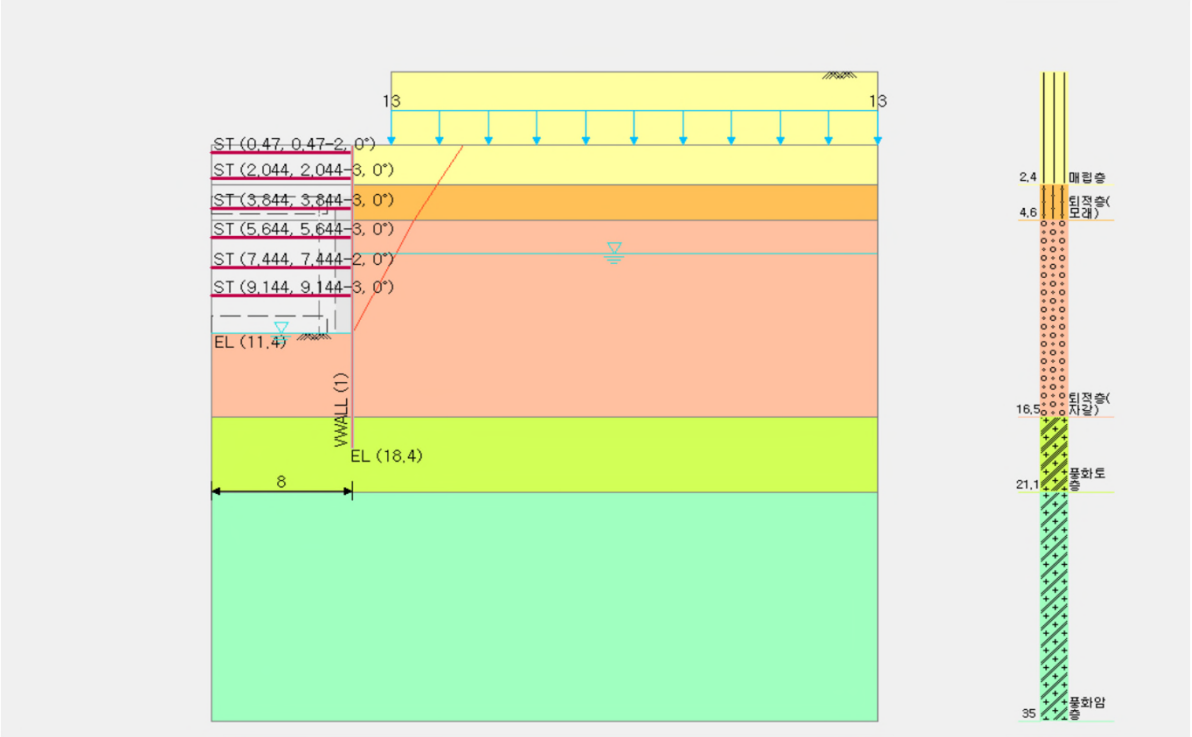
변 경

21. Ramp-D. 0+380~0+392.7(좌)--02단

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 내측주형지지보
  6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
  7.1 Strut 설계 (주형보)
  7.2 Strut 설계 (Strut-1)
  7.3 Strut 설계 (Strut-2)
  7.4 Strut 설계 (Strut-3)
  7.5 Strut 설계 (Strut-4)
  7.6 Strut 설계 (Strut-5)
8.띠장 설계
  8.1 주형보 띠장 설계
  8.2 Strut-1 띠장 설계
  8.3 Strut-2 띠장 설계
  8.4 Strut-3 띠장 설계
  8.5 Strut-4 띠장 설계
  8.6 Strut-5 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
  10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 18.40m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.47, 0.47-2, 0°)
ST (2.044, 2.044-3, 0°)
ST (3.844, 3.844-3, 0°)
ST (5.644, 5.644-3, 0°)
ST (7.444, 7.444-2, 0°)
ST (9.144, 9.144-3, 0°)
EL (11.4)
VWALL (1)
EL (18.4)
8
2.4
매립층
4.6
퇴적층(
모래)
16.5
퇴적층(
자갈)
21.1
풍화토
층
35
풍화암
층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.531	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.47	휨응력	4.444	134.460	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	6.951	103.777	O.K		
		전단응력	1.888	108.000	O.K		
Strut-3 H 300x305x15/15	5.64	휨응력	17.778	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	54.638	111.713	O.K		
		전단응력	3.951	108.000	O.K		
Strut-4 H 300x305x15/15	7.44	휨응력	17.778	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	93.149	111.713	O.K		
		전단응력	3.951	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	2.04	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.905	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.84	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.919	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-5 P 406.4x9	9.14	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	90.182	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.47	휨응력	7.001	182.334	O.K	
		전단응력	5.808	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	2.04	휨응력	54.628	171.711	O.K	
		전단응력	30.214	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.84	휨응력	92.481	171.711	O.K	
		전단응력	51.150	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.64	휨응력	148.202	171.711	O.K	
		전단응력	81.969	108.000	O.K	
Strut-4 H 300x305x15/15	7.44	휨응력	181.995	182.334	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	52.670	108.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.14	휨응력	121.263	171.180	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	30.529	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	65.502	179.572	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	53.144	176.379	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 18.40	휨응력	184.991	243.000	O.K	
		전단응력	27.772	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	3.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x12	수평간격 :	3.00	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	2.00m ~ 3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

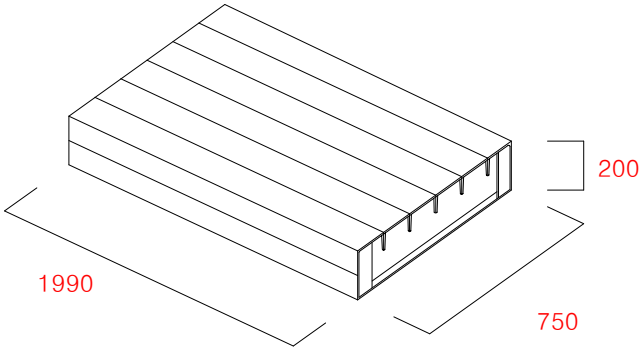
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

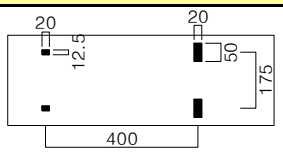
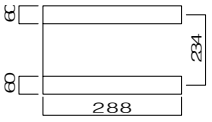
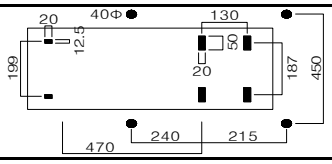
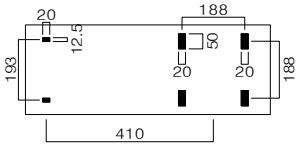
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

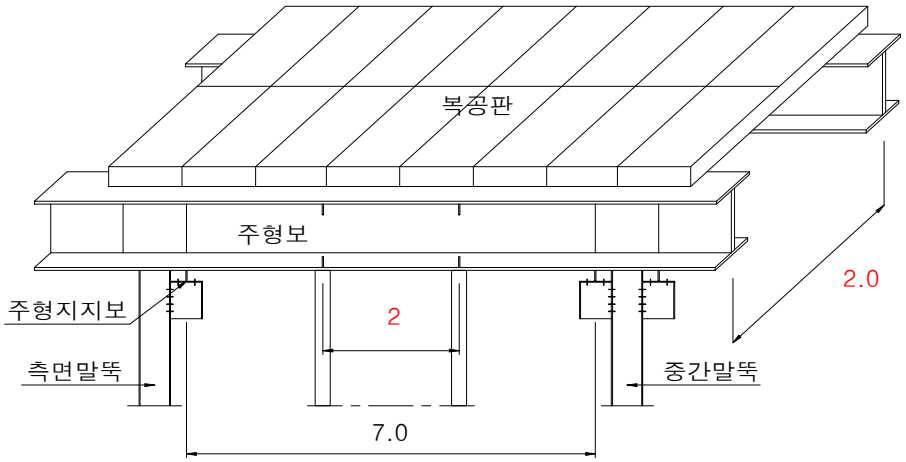
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

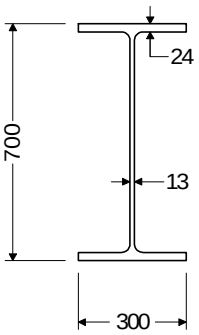
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

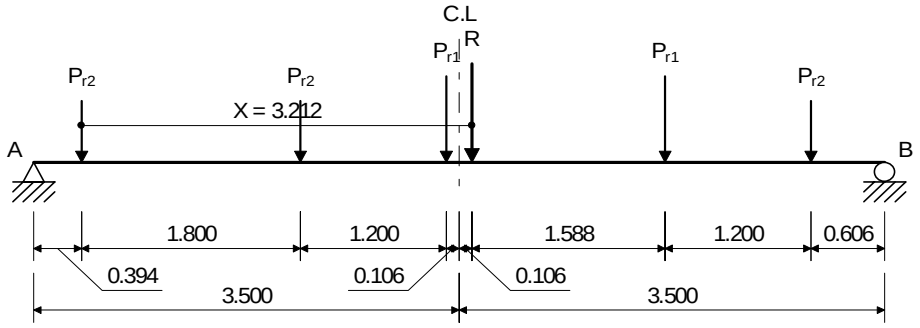
(3) 전륜하중

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

(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

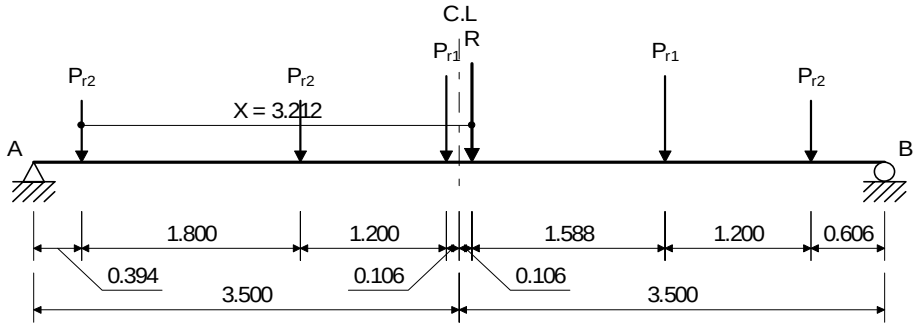
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

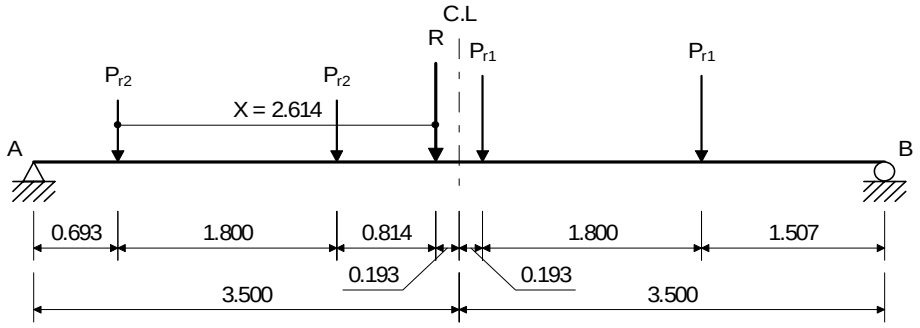
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

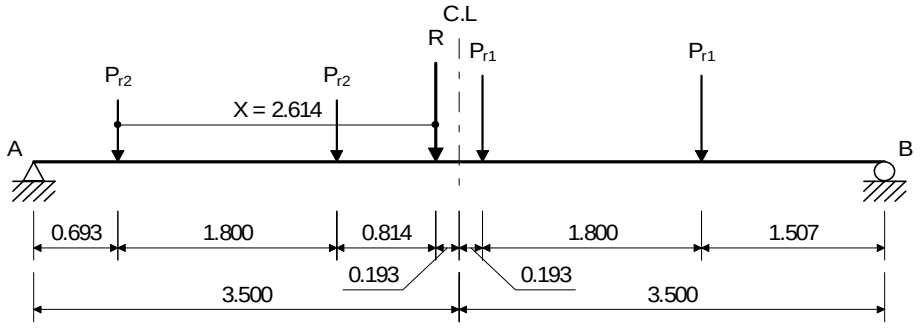


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

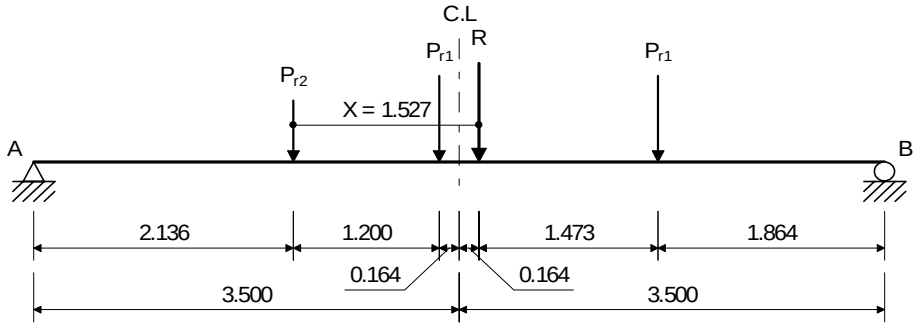
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

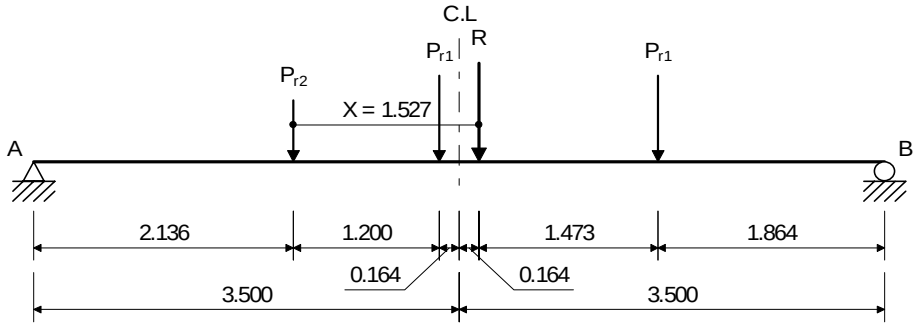


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

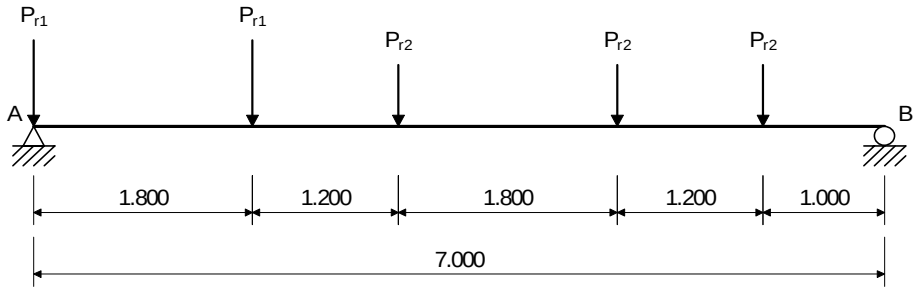


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 479.769 = 514.667 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.667 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

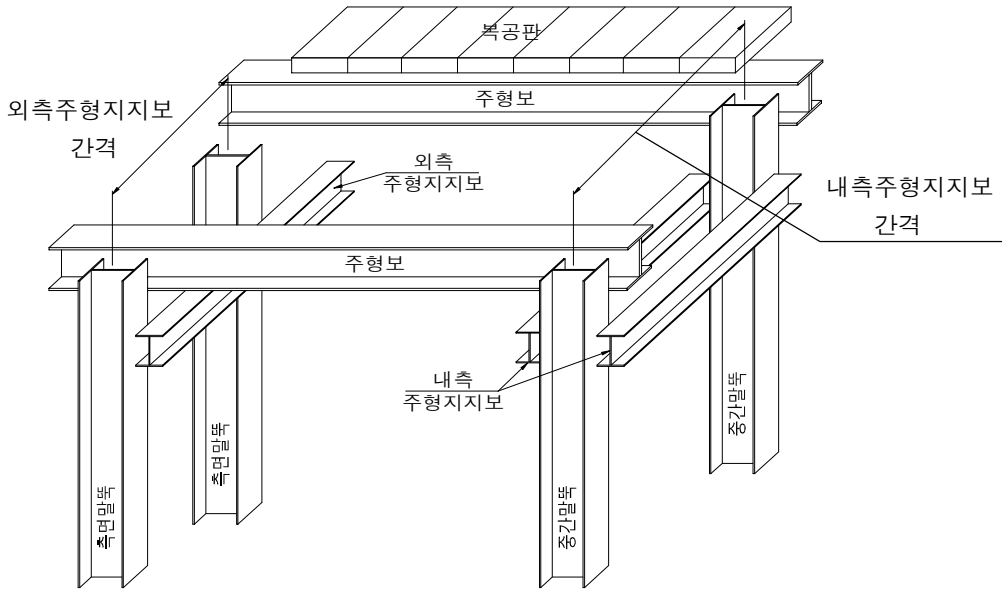
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

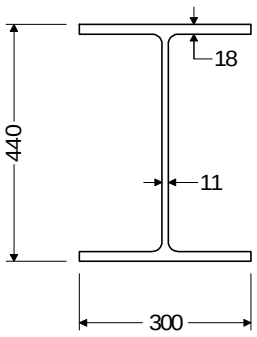
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

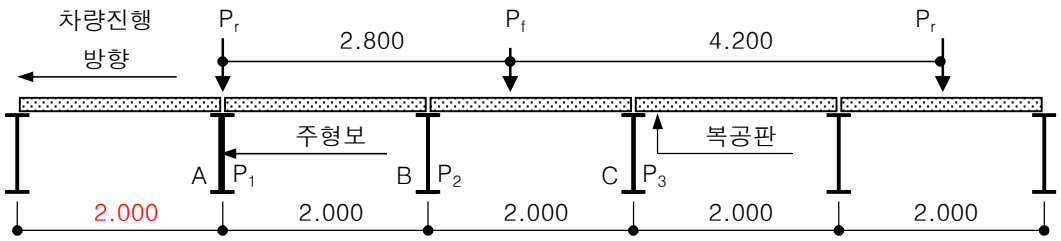


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



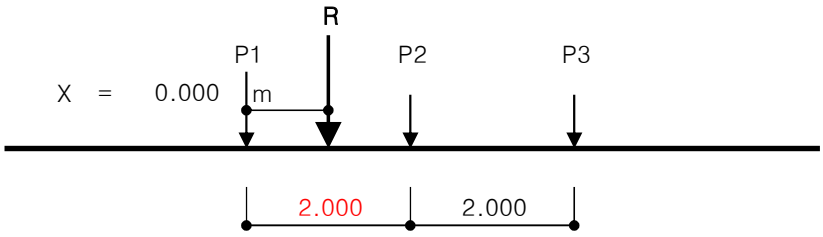
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

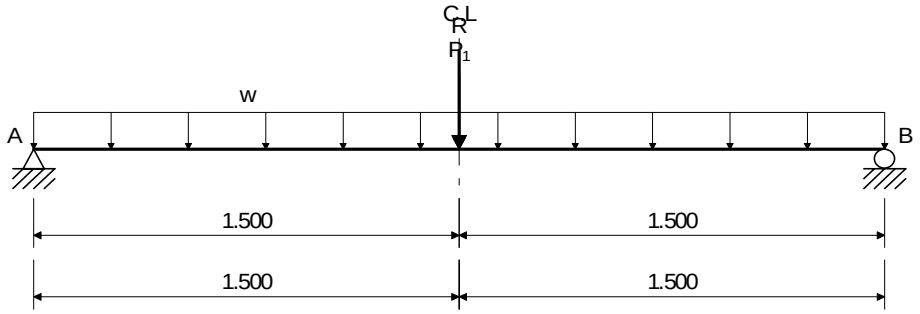


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

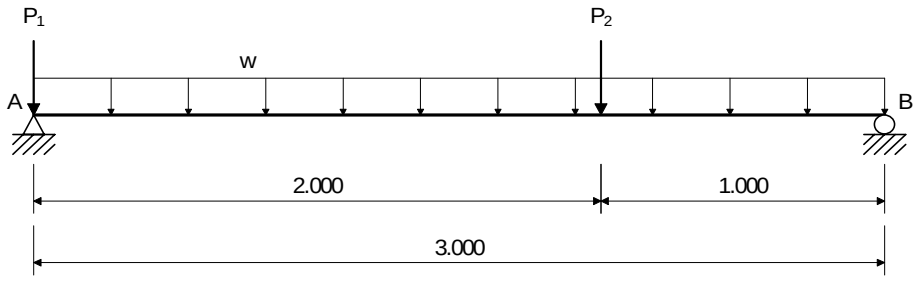
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.009 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.878 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.878 x 1000 / 4444 = 80.531 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.531 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357878 + 16000)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

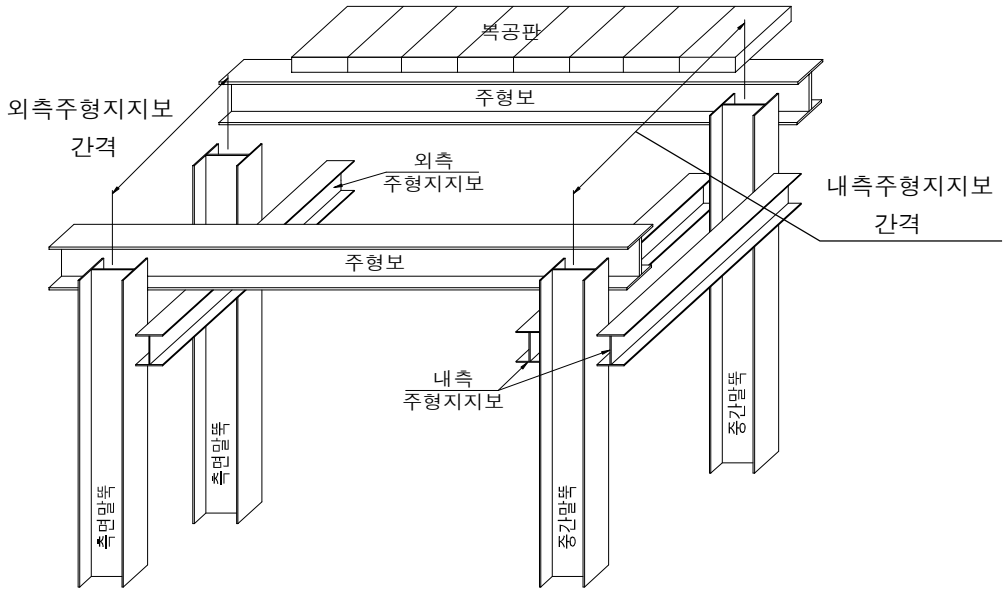
= 4.90 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.90 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

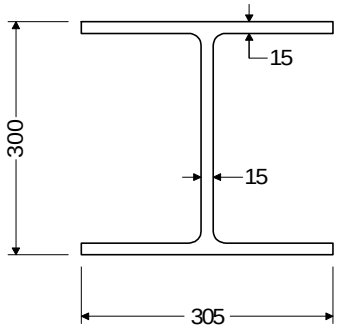
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

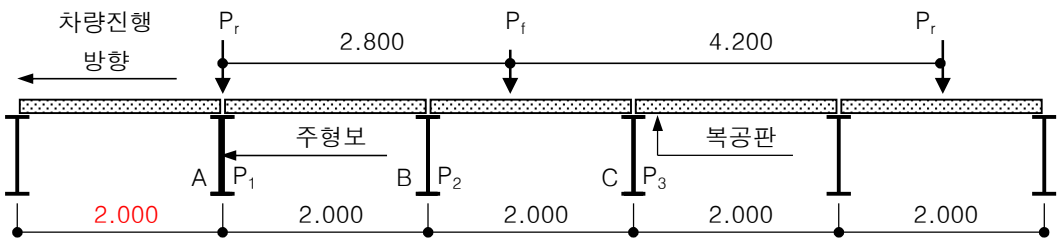


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



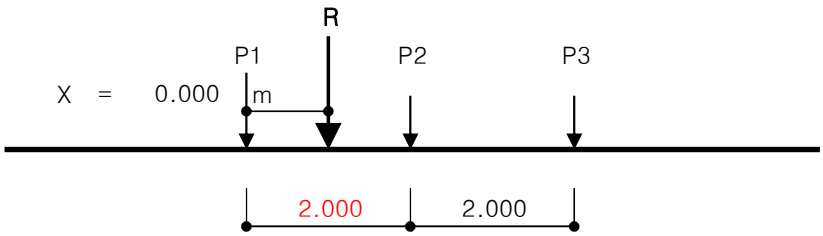
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

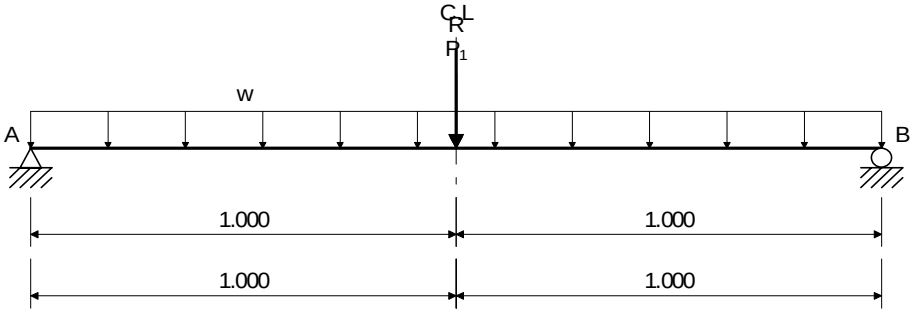


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

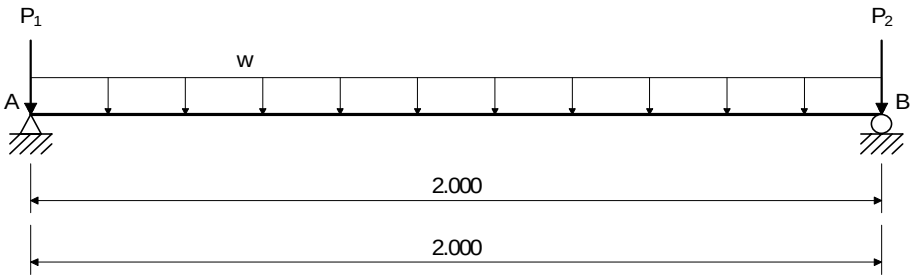
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.009 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.762 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.762 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (334762 + 16000)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.59 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.59 ea ---> O.K

7.지보재 설계

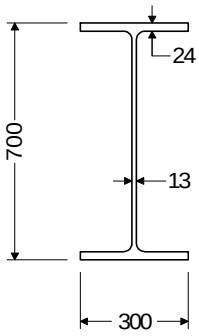
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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} = 21.844 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.544 m)
= 21.844 x 2.00 / 1 단
= 43.687 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 43.687 + 120.0 = 163.687 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 5760000.0 = 4.444 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 163.687 x 1000 / 23550 = 6.951 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 8476 = 1.888 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.497

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (11.395 - 2.506) / 11.395$

= 0.780

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 293

21.843 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (21.843 − 20))

= 186.910 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 186.910 MPa

L_y / R_y = 6400 / 67.8

94.395 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 94.395²)

= 103.777 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 103.777 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 103.777 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 300

= 21.333 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.333 − 4.5))

= 134.460 MPa

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

= 134.460 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (21.843)²

= 3395.395 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 103.777$ MPa $> f_c = 6.951$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 134.460$ MPa $> f_b = 4.444$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa $> \tau = 1.888$ MPa ---> O.K

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

$$= \frac{6.951}{103.777} + \frac{4.444}{134.460 \times (1 - (6.951 / 3395.395))}$$

$$= 0.100 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 6.951 + \frac{4.444}{1 - (6.951 / 3395.395)}$$

$$= 11.404 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.100 , 0.060)

= 0.100 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{11.395}{103.777} + \left\{ \frac{1.888}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.110 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

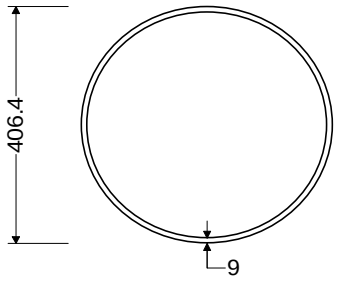
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 75.751 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.344 m)
= 75.751 x 3.00 / 1 단
= 227.253 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 227.253 + 120.0 = 347.253 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 347.253 x 1000 / 11236.2 = 30.905 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.086 x 9)

= 20.785 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.086

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (54.348 − 7.462) / 54.348

= 0.863 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 30.905 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{30.905}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (30.905 / 780.742))}$$

$$= 0.322 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 30.905 + \frac{23.443}{1 - (30.905 / 780.742)}$$

$$= 55.314 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.322 , 0.293)

= 0.322 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{54.348}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.340 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

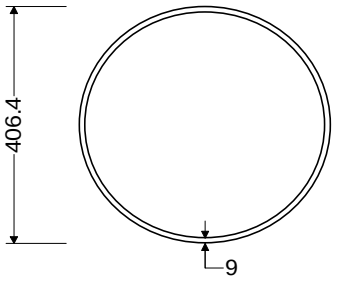
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 128.240 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.144 m)
= 128.240 x 3.00 / 1 단
= 384.719 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 384.719 + 120.0 = 504.719 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 504.719 x 1000 / 11236.2 = 44.919 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.069 x 9)

= 21.129 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.069

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (68.362 − 21.476) / 68.362

= 0.686 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 44.919 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{44.919}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (44.919 / 780.742))}$$

$$= 0.412 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 44.919 + \frac{23.443}{1 - (44.919 / 780.742)}$$

$$= 69.793 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.412 , 0.369)

= 0.412 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{68.362}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.428 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

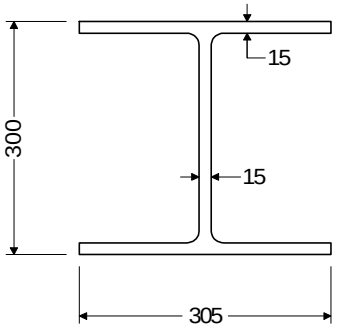
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 205.507 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.944 m)
= 205.507 x 3.00 / 1 단
= 616.521 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 616.521 + 120.0 = 736.521 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1440000.0 = 17.778 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 736.521 x 1000 / 13480 = 54.638 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 4050 = 3.951 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.221

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (72.416 - 36.860) / 72.416$

= 0.491

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 111.713 MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 111.713$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

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

= 135.593 MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (50.794)^2$

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 54.638 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 17.778 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.951 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{54.638}{111.713} + \frac{17.778}{135.593 \times (1 - (54.638 / 627.908))}$$

$$= 0.633 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 54.638 + \frac{17.778}{1 - (54.638 / 627.908)}$$

$$= 74.110 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.633 , 0.392)

= 0.633 < 1.0 ---> O.K

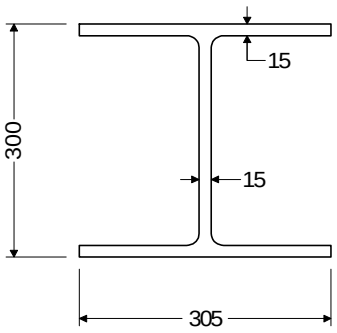
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 567.824 kN/m ---> Strut-4 (CS14 : 해체1)

= 567.824 x 2.00 / 1 단

= 1135.648 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1135.648 + 120.0 = 1255.648 kN

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

= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단

= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단

= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단

= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1440000.0 = 17.778 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1255.648 x 1000 / 13480 = 93.149 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 4050 = 3.951 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.108

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (110.927 − 75.371) / 110.927

= 0.321

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

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

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

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

= 111.713 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 111.713 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

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

= 135.593 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.794)^2

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 93.149 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 17.778 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.951 MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{93.149}{111.713} + \dfrac{17.778}{135.593 \times (1 - (93.149 / 627.908))}$

= 0.988 < 1.0 ---> O.K

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

$= 93.149 + \dfrac{17.778}{1 - (93.149 / 627.908)}$

= 114.023 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.988 , 0.603)

= 0.988 < 1.0 ---> O.K

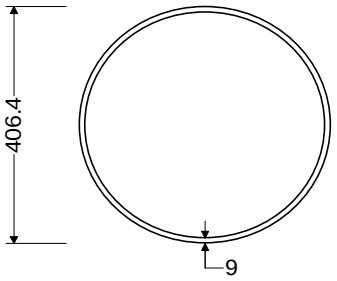
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 297.768 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 11.4 m)
= 297.768 x 3.00 / 1 단
= 893.303 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 893.303 + 120.0 = 1013.303 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1013.303 x 1000 / 11236.2 = 90.182 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.041 x 9)

= 21.683 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.041

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (113.625 − 66.739) / 113.625

= 0.413 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 160.024$ MPa $> f_c = 90.182$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa $> f_b = 23.443$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa $> \tau = 2.847$ MPa ---> O.K

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

$$= \frac{90.182}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (90.182 / 780.742))}$$

$$= 0.704 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 90.182 + \frac{23.443}{1 - (90.182 / 780.742)}$$

$$= 116.687 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.704 , 0.617)

= 0.704 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{113.625}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.711 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

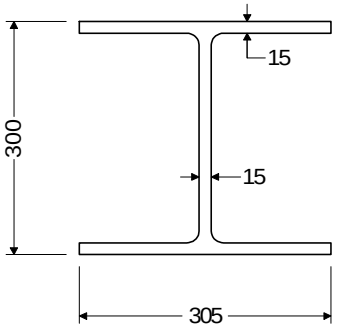
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

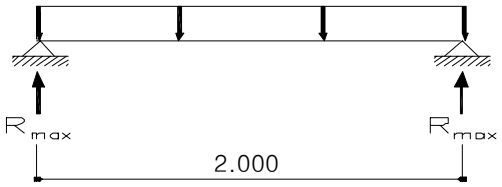
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 21.844 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.544 m)

P = 21.844 × 2.00 m / 1 ea = 43.687 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 43.687 / (13 × 2.000)
= 20.163 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 20.163 × 2.000^2 / 8
= 10.082 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 20.163 × 2.000 / 12
= 23.524 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 10.082 x 1000000 / 1440000.0 = 7.001 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 23.524 x 1000 / 4050 = 5.808 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (7.001 + 7.001) / 7.001

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 7.001 MPa ---> O.K

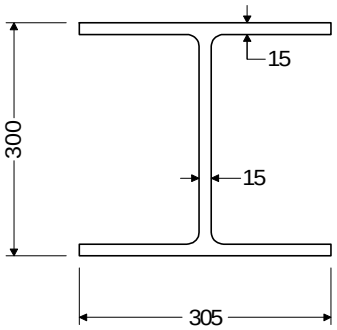
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 5.808 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

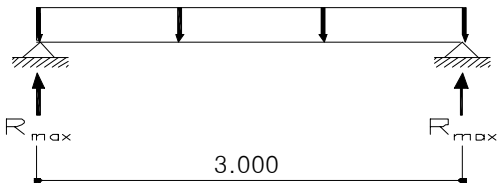
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 75.751 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.344 m)

P = 75.751 × 3.00 m / 1 ea = 227.253 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 227.253 / (13 × 3.000)
= 69.924 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 69.924 × 3.000 ^{2} / 8
= 78.665 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 69.924 × 3.000 / 12
= 122.367 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 78.665 x 1000000 / 1440000.0 = 54.628 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 122.367 x 1000 / 4050 = 30.214 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (54.628 + 54.628) / 54.628
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 54.628 MPa ---> O.K

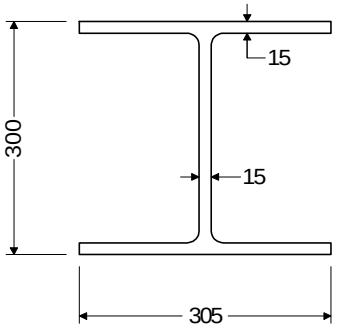
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 30.214 MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

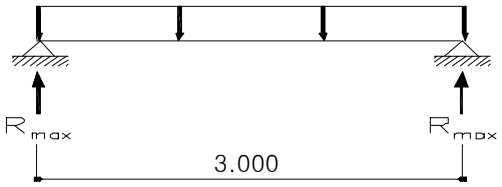
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 128.240 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.144 m)

P = 128.240 × 3.00 m / 1 ea = 384.719 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 384.719 / (13 × 3.000)
= 118.375 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 118.375 × 3.000 ^{2} / 8
= 133.172 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 118.375 × 3.000 / 12
= 207.156 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 133.172 x 1000000 / 1440000.0 = 92.481 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 207.156 x 1000 / 4050 = 51.150 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (92.481 + 92.481) / 92.481$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

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

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 92.481 MPa ---> O.K

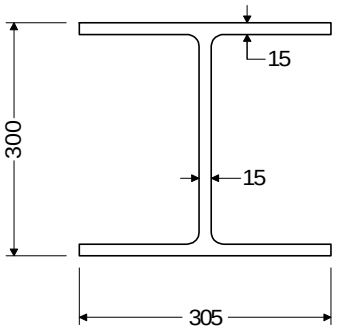
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 51.150 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

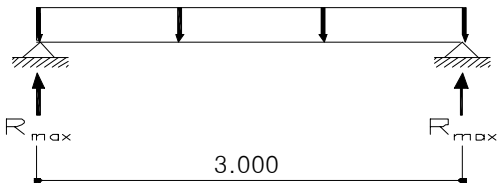
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 205.507 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.944 m)

$P = 205.507 \times 3.00\ m / 1\ ea = 616.521\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 616.521 / (13 \times 3.000)$
$= 189.699\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 189.699 \times 3.000^{2} / 8$
$= 213.411\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 189.699 \times 3.000 / 12$
$= 331.973\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 213.411 \times 1000000 / 1440000.0 = 148.202$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 331.973 \times 1000 / 4050 = 81.969$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (148.202 + 148.202) / 148.202$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 148.202$ MPa ---> O.K

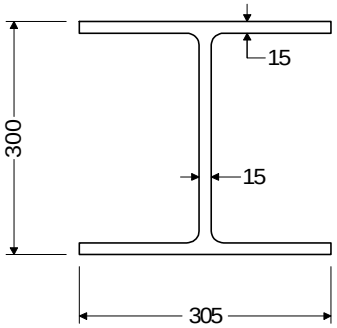
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 81.969$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

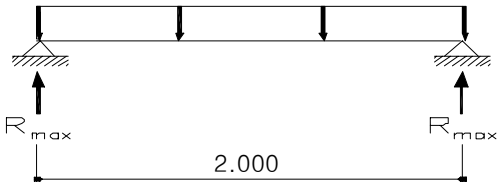
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 567.824 kN/m ---> Strut-4 (CS14 : 해체1)

P = 567.824 × 2.00 m / 1 ea = 1135.648 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 1135.648 / (13 × 2.000)
= 524.145 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 524.145 × 2.000^2 / 8
= 262.073 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 524.145 × 2.000 / 12
= 611.503 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 262.073 x 1000000 / 1440000.0 = 181.995 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 611.503 x 1000 / 4050 = 150.988 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (181.995 + 181.995) / 181.995

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 181.995 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa < τ = 150.988 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (300.000 − 15.000 x 2) x 14 x 2 = 7560.000 mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 7560.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 611502.700 / 11610.000 = 52.670 MPa

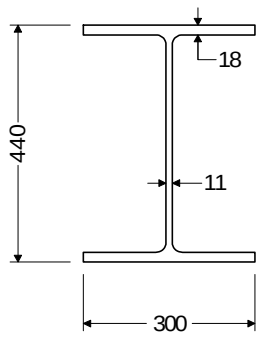
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 52.670 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

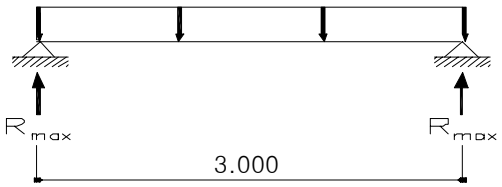
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 297.768 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 11.4 m)

P = 297.768 × 3.00 m / 1 ea = 893.303 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 893.303 / (13 × 3.000)
= 274.863 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 274.863 × 3.000 ^{2} / 8
= 309.220 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 274.863 × 3.000 / 12
= 481.009 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 309.220 x 1000000 / 2550000.0 = 121.263 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 481.009 x 1000 / 4444 = 108.238 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (121.263 + 121.263) / 121.263

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 121.263 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa < τ = 108.238 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 14 x 2 = ####### mm^2

A_w' = A_w + A' = ####### mm + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 481009.480 / 15756.000 = 30.529 MPa

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 30.529 MPa ---> O.K

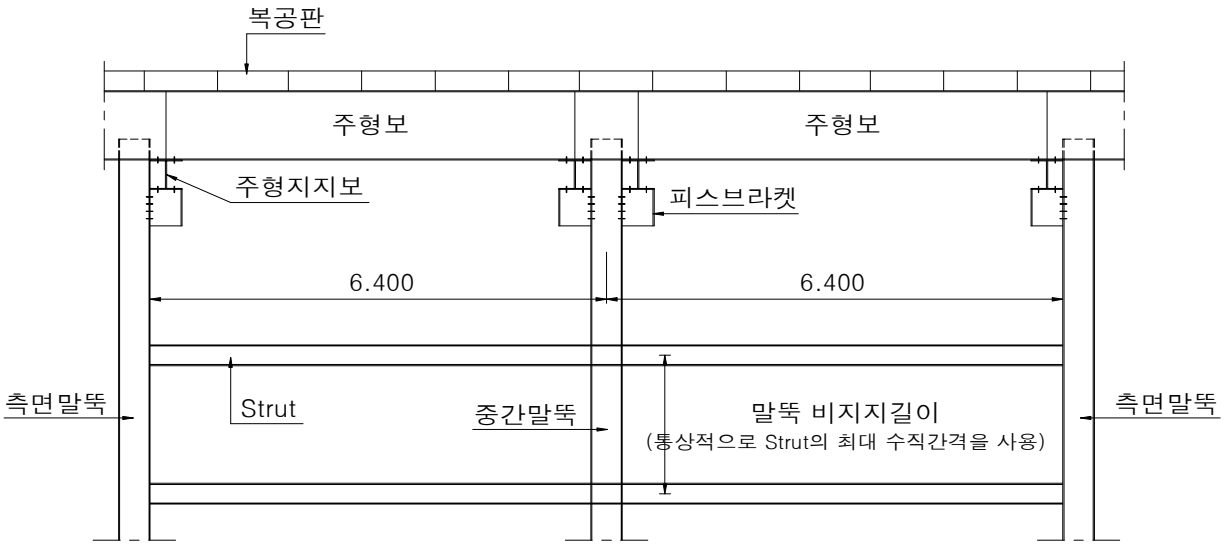
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.400 + 6.400 = 12.800 m

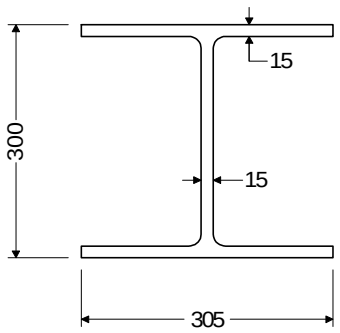
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 19.500 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 91.510 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.180 kN

ΣP_s = 123.970 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 6.400) / 2 = 18.232 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 6.400) / 2 = 18.232 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

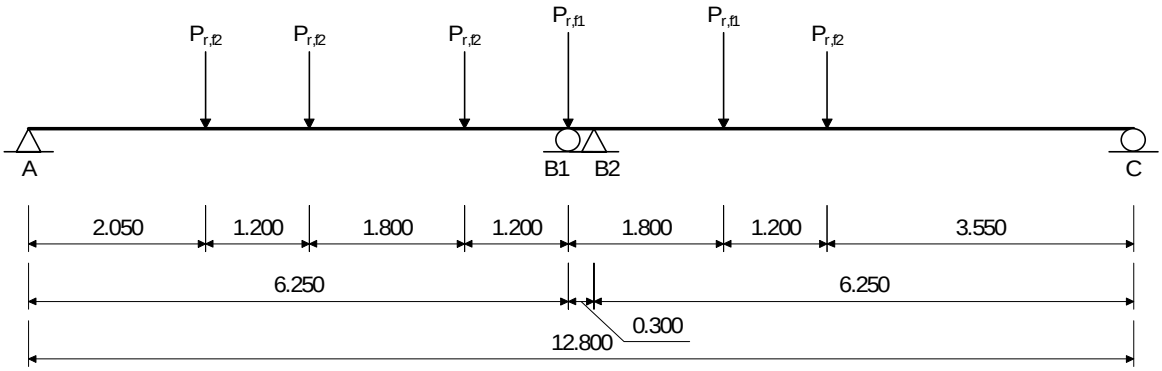
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250 + 93.600 x 2.050) / 6.250

= 279.802 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 279.802 x 1.00 = 279.802 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250 + 23.400 x 2.050) / 6.250

= 69.950 kN

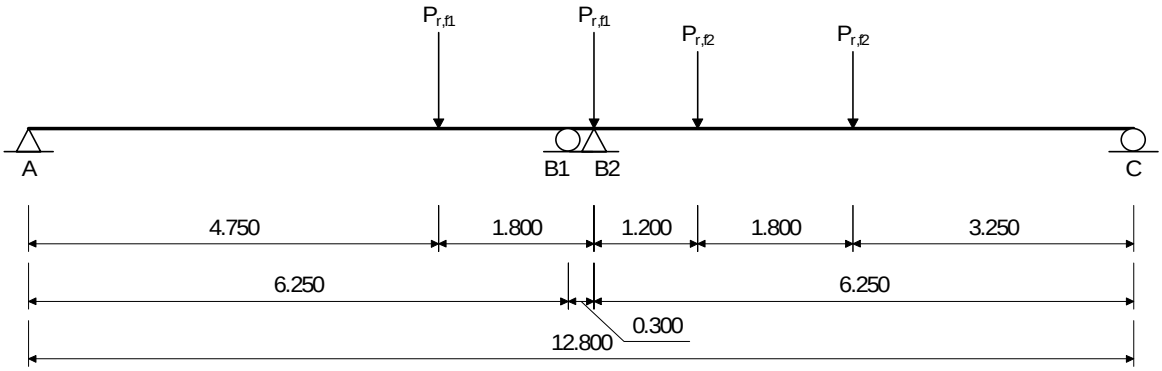
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 69.950 x 1.00 = 69.950 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.750) / 6.250

= 94.848 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250) / 6.250

= 249.101 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN

P_{r2} = 249.101 x 1.00 = 249.101 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.750) / 6.250

= 23.712 kN

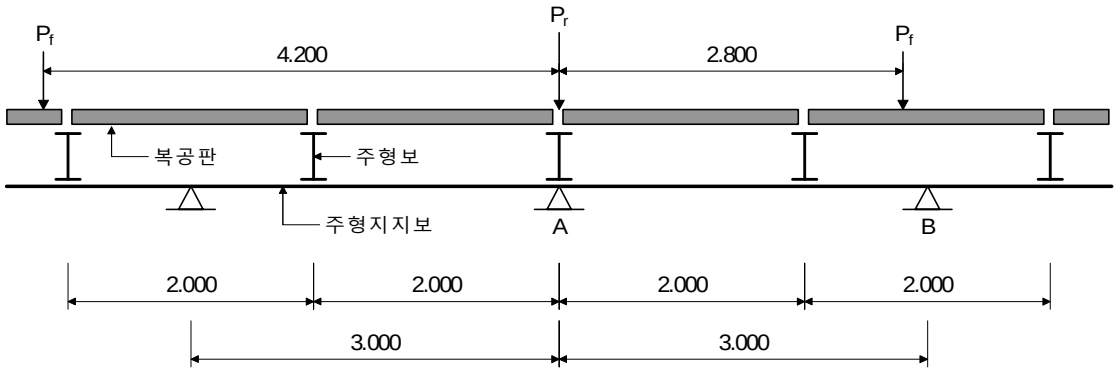
R_{B2} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250) / 6.250

= 62.275 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN

P_{f2} = 62.275 x 1.00 = 62.275 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (279.802 x 3.000 + 69.950 x 0.200) / 3.000

= 284.465 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

= 284.465 + 18.232 x 3.00 / 2.00 = 311.813 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (249.101 x 3.000 + 62.275 x 0.200) / 3.000

= 253.252 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

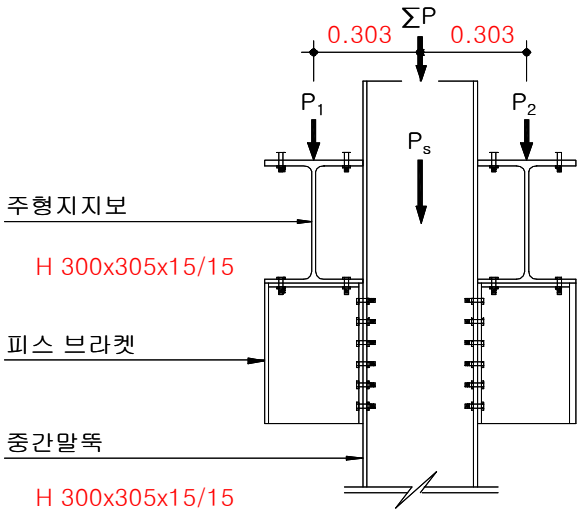
= 253.252 + 18.232 x 3.00 / 2.00 = 280.601 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 311.813 + 280.601 + 123.970 = 716.384 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 716.384 x 1000 / 13480 = 53.144 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 94.323 x 1000000 / 1440000 = 65.502 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 311.813 x 0.303 = 94.323 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

$= 1.936$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (118.647 - -12.358) / 118.647$

$= 1.104$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$

$= 189.000$ MPa

$L_x / R_x = 2260 / 126$

17.937 ---> Lx/Rx ≤ 20 이므로

$f_{cagx} = 1.50 \times 0.9 \times 140$

$= 189.000$ MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 189.000$ MPa

$L_y / R_y = 2260 / 72.6$

31.129 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

$f_{cagy} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (31.129 - 20))$

$= 176.379$ MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 176.379$ MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 176.379$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2260 / 305$

$= 7.410$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (7.410 - 4.5))$

$= 179.572$ MPa

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

$= 179.572$ MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (17.937)^2$

$= 5035.461$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력, $f_{ca} = 176.379$ MPa > $f_c = 53.144$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력, $f_{ba} = 179.572$ MPa > $f_b = 65.502$ MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{53.144}{176.379} + \dfrac{65.502}{179.572 \times (1 - (53.144 / 5035.461))}$

$= 0.670 < 1.0$ ---> O.K

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

$$= 53.144 + \frac{65.502}{1 - (53.144 / 5035.461)}$$

$$= 119.345 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.670 , 0.631)
= 0.670 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 716.38 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) = 50
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 33
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0
- L_s(모래층 중의 길이) = 18.400 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 33 x 1.210 x ###
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000
= 261.317 tonf
= 2562.65 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2562.65 / 2.0
= 1281.324 kN

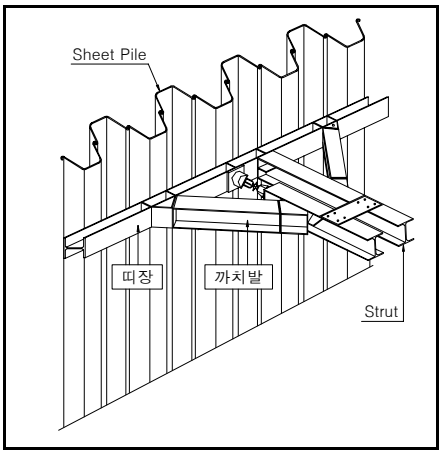
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 18.40m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 419.930 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 해체4)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 419.930 (kN·m/m) × 1.00 m = 419.930 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 366.039 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 해체4)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 366.039 (kN/m) × 1.00 m = 366.039 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{419.930 \times 10^6}{2270000.00} = 184.991 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{366.039 \times 10^3}{13180.00} = 27.772 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 11.4 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	2.44	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.60	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.50	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	21.08	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	18.4	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.47	2	6.4	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2.044	3	6.4	70	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.844	3	6.4	70	1
4	Strut-3	H 300x305x15/15	SS400	5.644	3	6.4	70	1
5	Strut-4	H 300x305x15/15	SS400	7.444	2	6.4	70	1
6	Strut-5	P 406.4x12	SS400	9.144	3	6.4	70	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	3.66	0	6.55	C27	1	-
2	기초	10.9	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	3.16	11.4	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 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	0.97	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.54	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.34	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	6.14	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.94	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.64	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	11.40	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
15	-	-	-	10	-	-	-	X	X
16	-	-	-	7.8	-	-	-	X	X
17	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
18	-	-	-	3.16	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.97 m	0.97	4.87	1.3	-2.62	3.5	0.56	9.6	-5.13	2.9
CS2 : 생성 주형보	0.97	4.87	1.3	-2.62	3.5	0.56	9.6	-5.13	2.9
CS3 : 굴착 2.544 m	2.54	15.01	3.5	-21.87	0.5	23.44	2.0	-11.66	5.6
CS4 : 생성 Strut-1	2.54	9.41	4.8	-18.09	2.0	8.39	2.5	-7.50	5.6
CS5 : 굴착 4.344 m	4.34	30.38	5.2	-56.90	2.0	37.12	3.8	-17.70	2.0
CS6 : 생성 Strut-2	4.34	20.91	5.2	-43.17	2.0	21.79	3.5	-10.14	2.0
CS7 : 굴착 6.144 m	6.14	44.96	7.8	-101.20	3.8	71.06	6.1	-40.73	3.8
CS8 : 생성 Strut-3	6.14	38.10	7.8	-84.98	3.8	56.38	6.1	-29.68	3.8
CS9 : 굴착 7.944 m	7.94	72.87	10.5	-168.06	5.6	135.25	7.9	-77.19	5.6
CS10 : 생성 Strut-4	7.94	65.27	10.5	-141.27	5.6	114.44	8.3	-55.88	5.6
CS11 : 굴착 9.644 m	9.64	97.84	12.8	-245.84	7.4	205.98	10.0	-111.97	7.4
CS12 : 생성 Strut-5	9.64	94.17	12.8	-226.67	7.4	193.34	10.0	-96.95	14.6
CS13 : 굴착 11.4 m	11.40	109.90	14.6	-282.25	9.1	285.36	11.9	-148.95	7.4
CS14 : 해체1	11.40	202.75	7.4	-365.08	7.4	388.52	11.4	-418.17	7.4
CS15 : 해체2	11.40	202.72	7.4	-364.99	7.4	388.68	11.4	-418.11	7.4
CS16 : 해체3	11.40	202.72	7.4	-364.99	7.4	388.68	11.4	-418.11	7.4
CS17 : 해체4	11.40	200.67	7.4	-366.04	7.4	388.86	11.4	-419.93	7.4
CS18 : 해체5	11.40	200.66	7.4	-366.04	7.4	388.86	11.4	-419.93	7.4
TOTAL		202.75	7.4	-366.04	7.4	388.86	11.4	-419.93	7.4

12.1.2 지보재 반력 집계

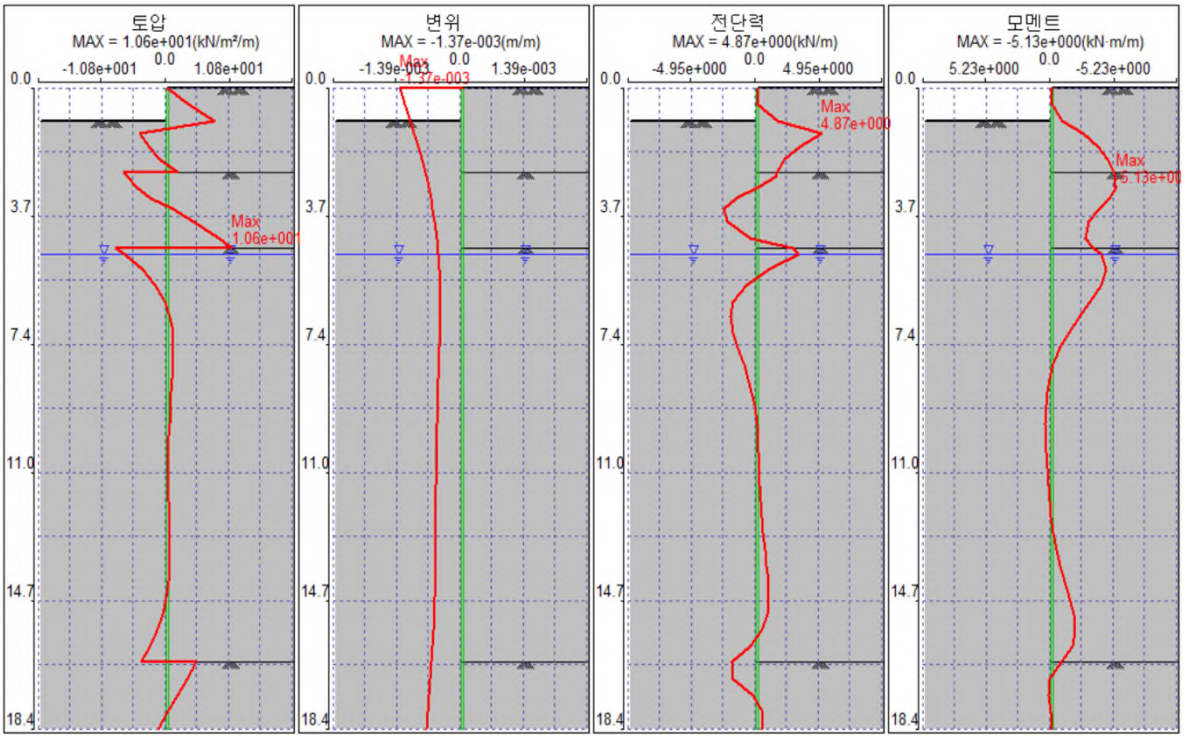
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.47 (m)	2.044 (m)	3.844 (m)	5.644 (m)	7.444 (m)
CS1 : 굴착 0.97 m	0.97	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.97	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.544 m	2.54	21.84	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.54	9.33	23.33	-	-	-
CS5 : 굴착 4.344 m	4.34	-4.29	75.75	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.34	0.52	57.22	23.33	-	-
CS7 : 굴착 6.144 m	6.14	-13.31	49.45	128.24	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	6.14	-10.69	50.68	108.18	23.33	-
CS9 : 굴착 7.944 m	7.94	-8.24	29.36	74.45	205.51	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.94	-8.57	33.17	79.58	170.10	35.00
CS11 : 굴착 9.644 m	9.64	-5.48	33.12	54.95	93.71	303.84
CS12 : 생성 Strut-5	9.64	-5.74	33.20	57.11	99.33	277.07
CS13 : 굴착 11.4 m	11.40	-5.15	35.99	54.29	52.99	175.87
CS14 : 해체1	11.40	-0.99	35.35	20.72	-43.45	567.82
CS15 : 해체2	11.40	-0.99	35.35	20.73	-43.43	567.71
CS16 : 해체3	11.40	-0.99	35.35	20.73	-43.43	567.71
CS17 : 해체4	11.40	-3.71	48.04	-	-30.71	566.71
CS18 : 해체5	11.40	-3.71	48.04	-	-30.71	566.70
TOTAL		21.84	75.75	128.24	205.51	567.82

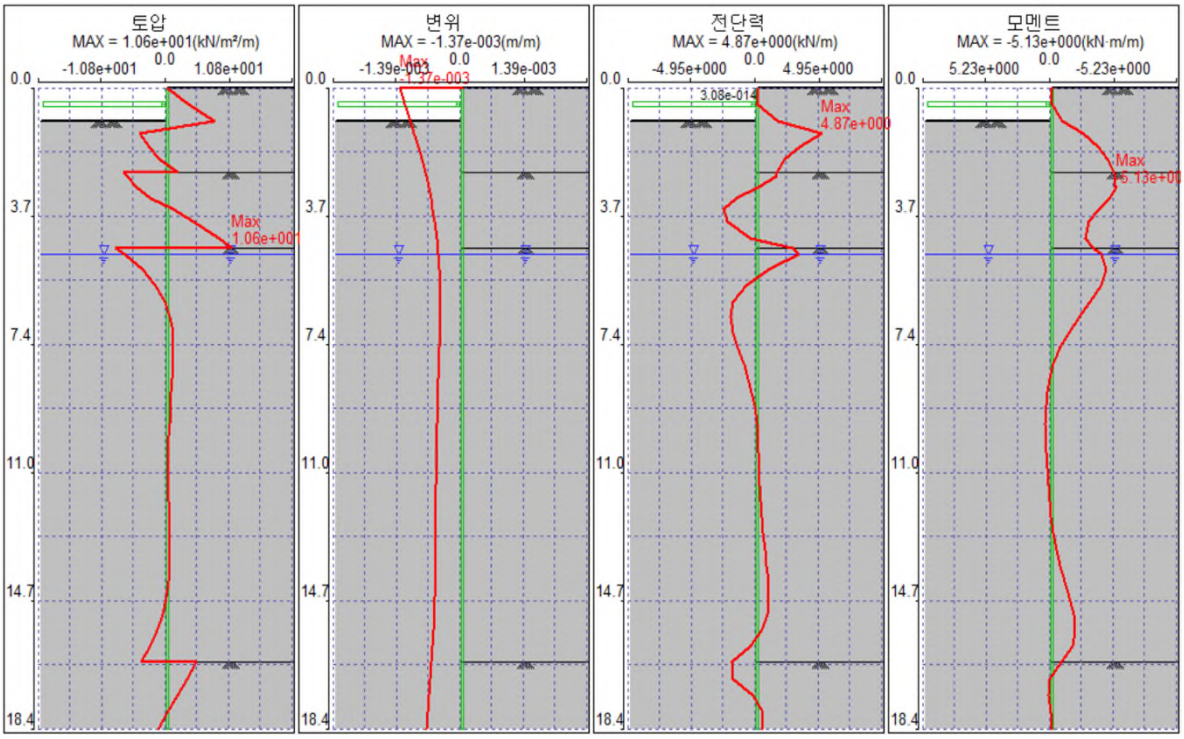
시공단계	굴착 깊이	Strut-5				
		9.144 (m)				
CS1 : 굴착 0.97 m	0.97	-				
CS2 : 생성 주형보	0.97	-				
CS3 : 굴착 2.544 m	2.54	-				
CS4 : 생성 Strut-1	2.54	-				
CS5 : 굴착 4.344 m	4.34	-				
CS6 : 생성 Strut-2	4.34	-				
CS7 : 굴착 6.144 m	6.14	-				
CS8 : 생성 Strut-3	6.14	-				
CS9 : 굴착 7.944 m	7.94	-				
CS10 : 생성 Strut-4	7.94	-				
CS11 : 굴착 9.644 m	9.64	-				
CS12 : 생성 Strut-5	9.64	23.33				
CS13 : 굴착 11.4 m	11.40	297.77				
CS14 : 해체1	11.40	-				
CS15 : 해체2	11.40	-				
CS16 : 해체3	11.40	-				
CS17 : 해체4	11.40	-				
CS18 : 해체5	11.40	-				
TOTAL		297.77				

12.2 시공단계별 단면력도

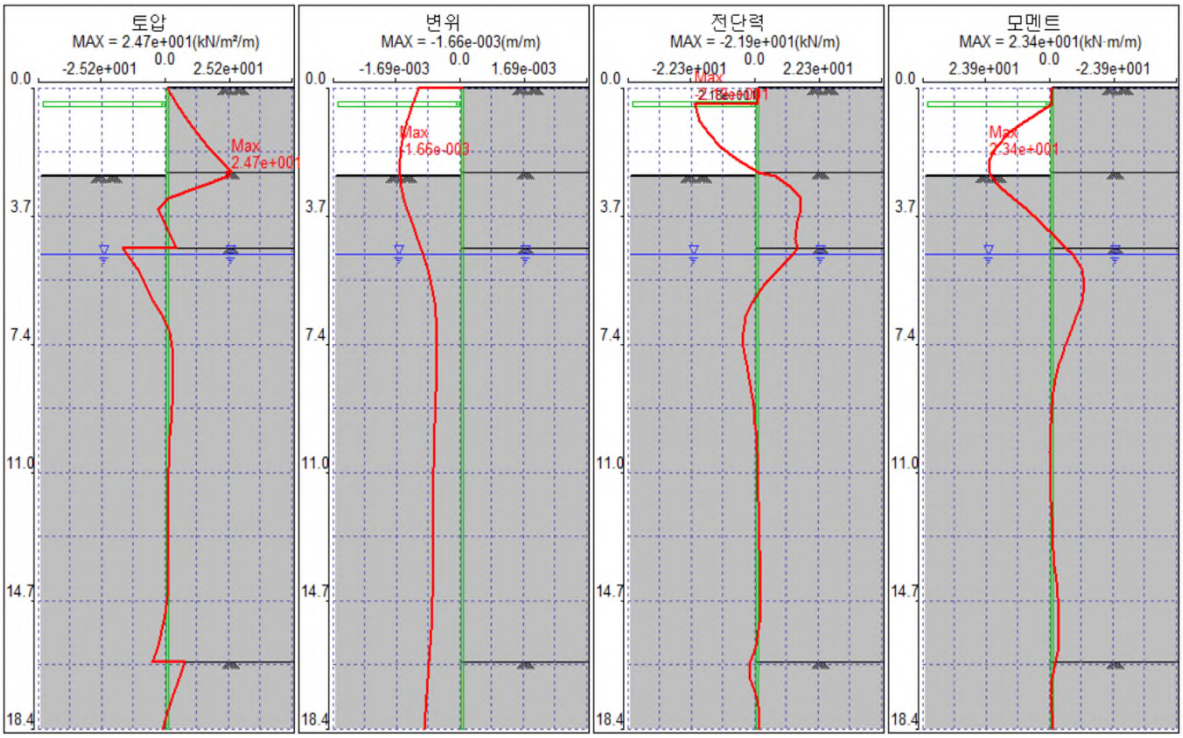
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.97 m]



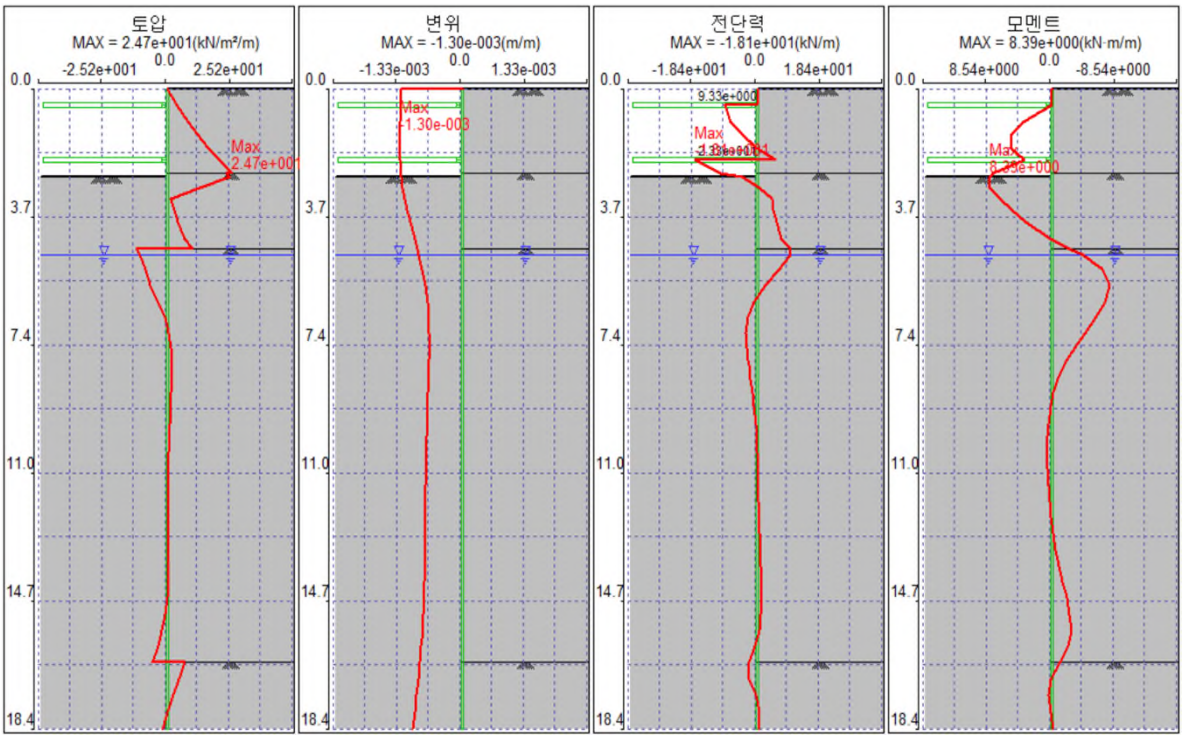
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



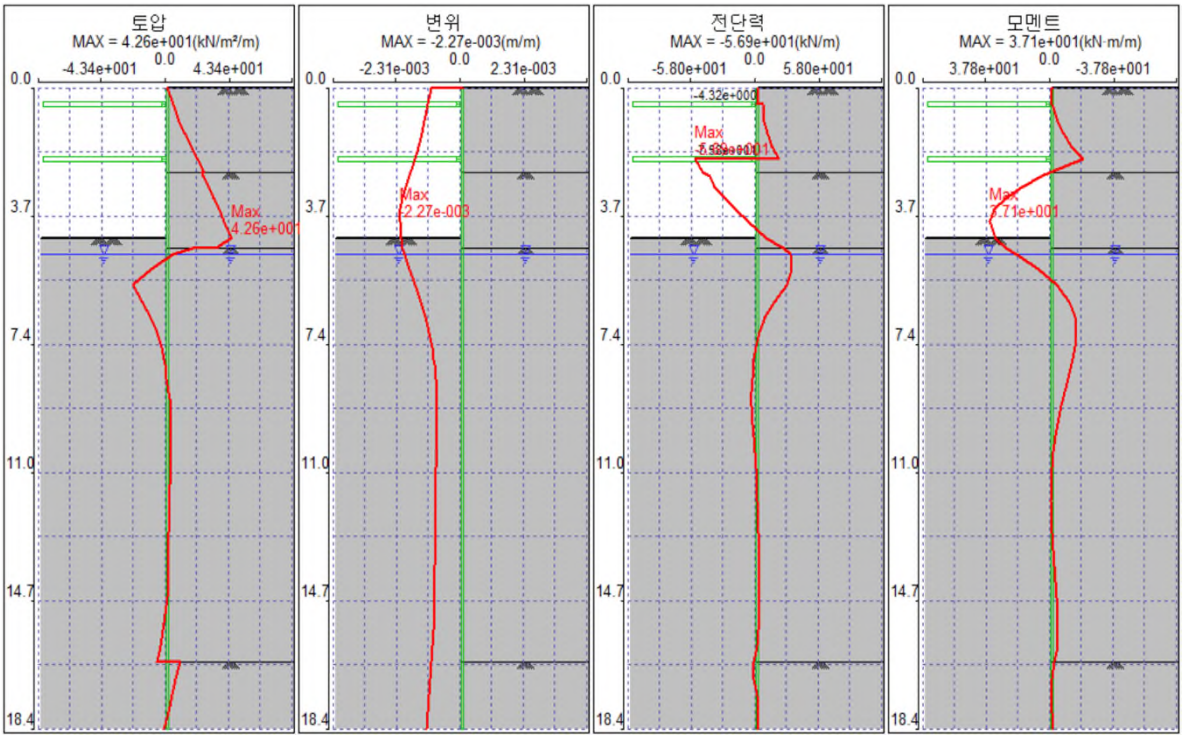
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.544 m]



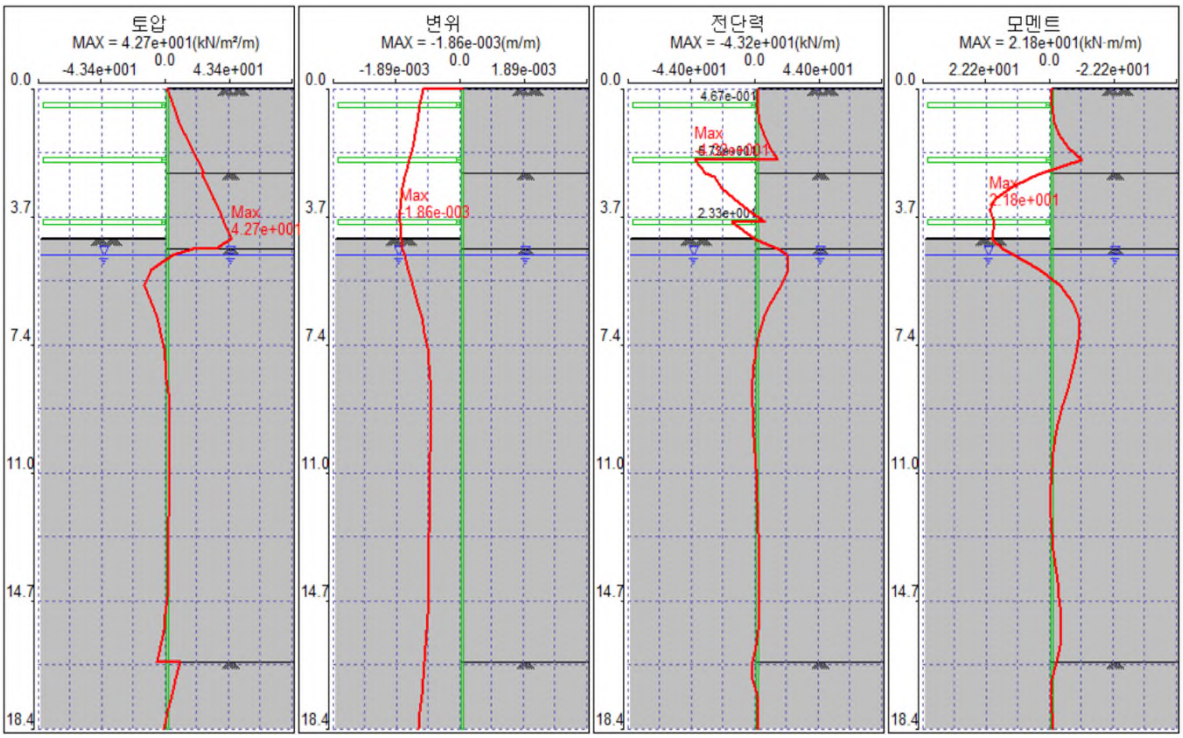
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



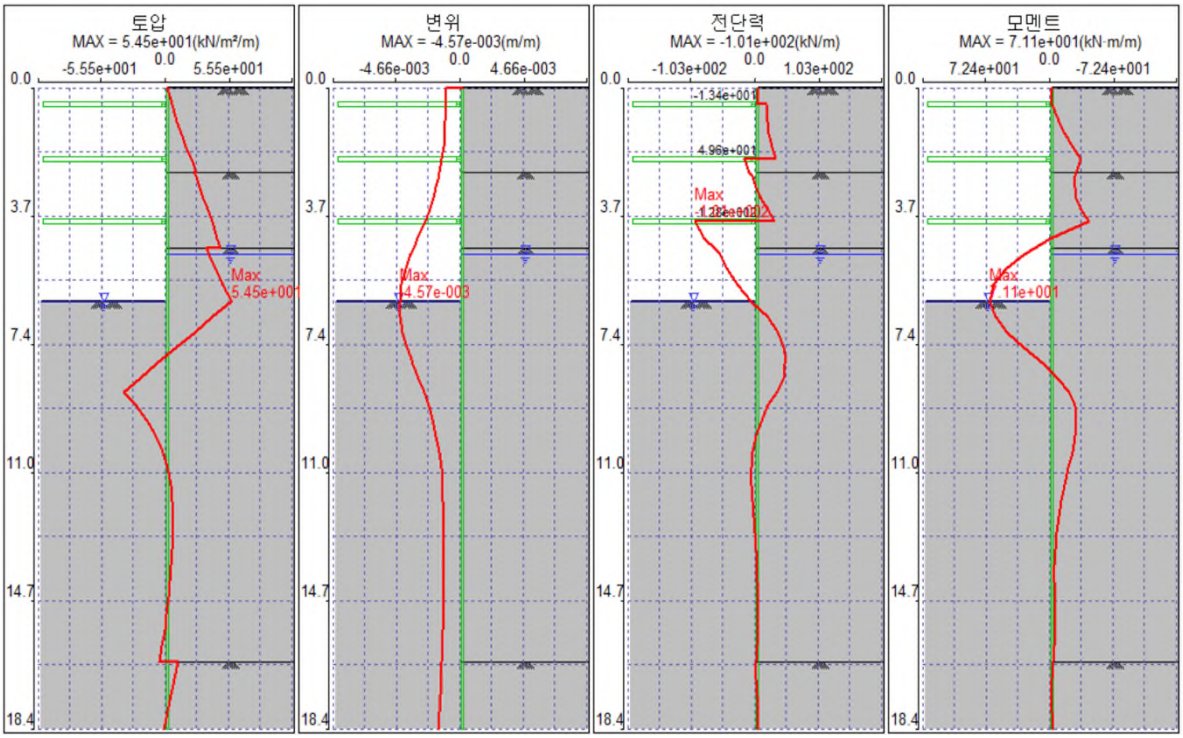
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.344 m]



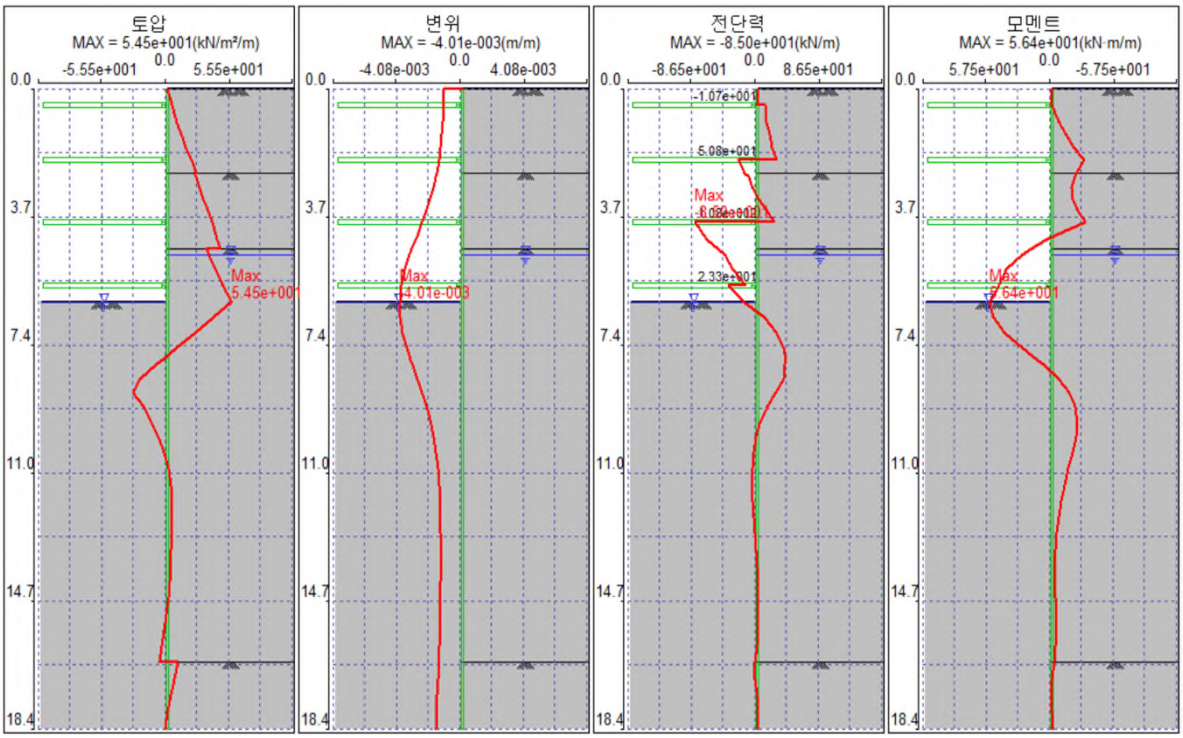
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



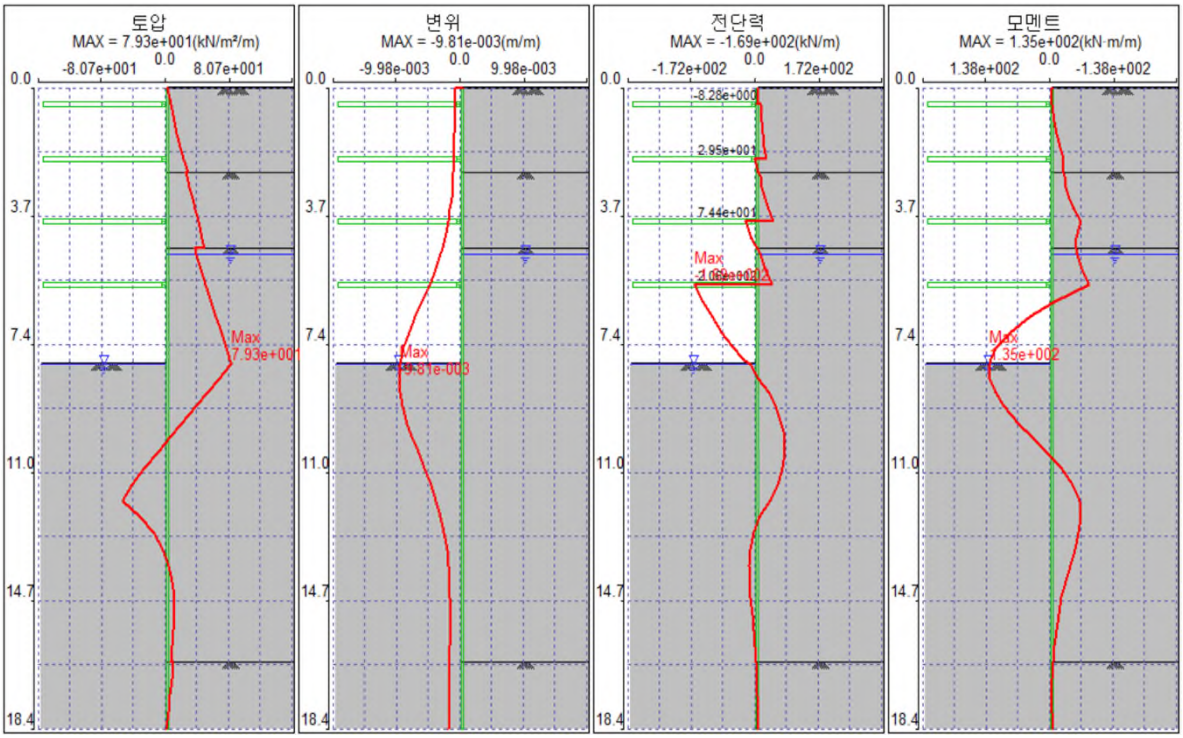
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.144 m]



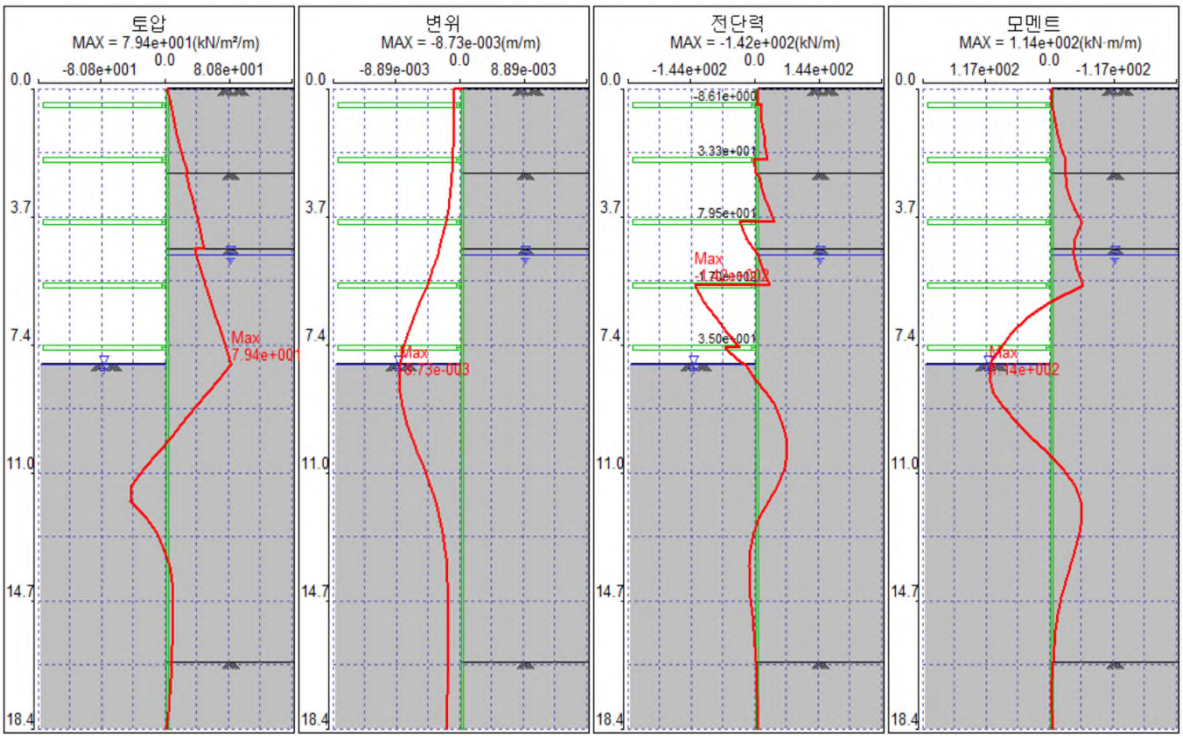
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



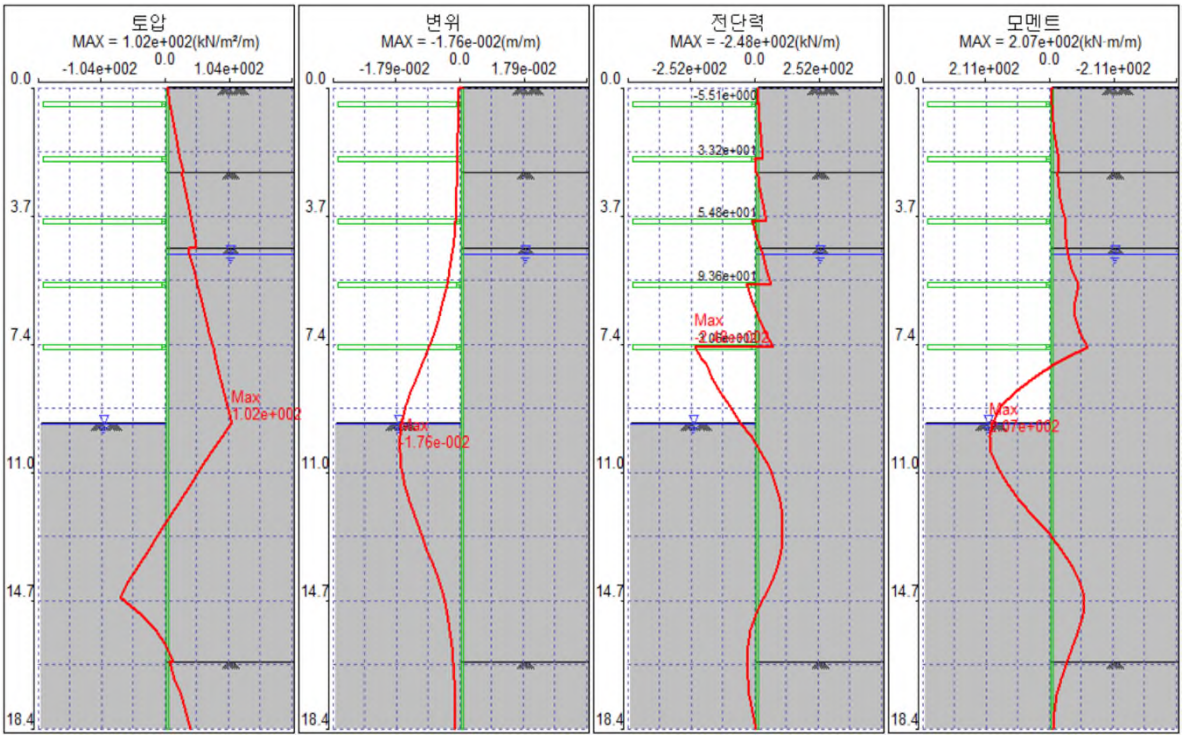
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.944 m]



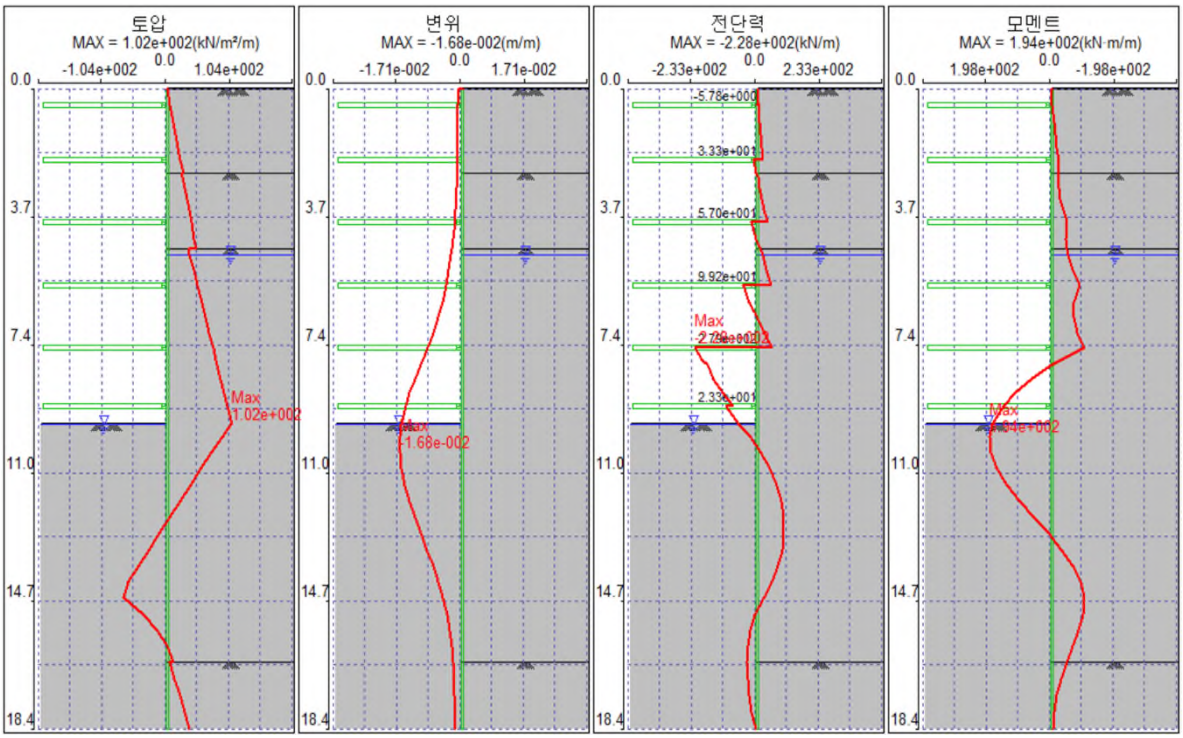
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



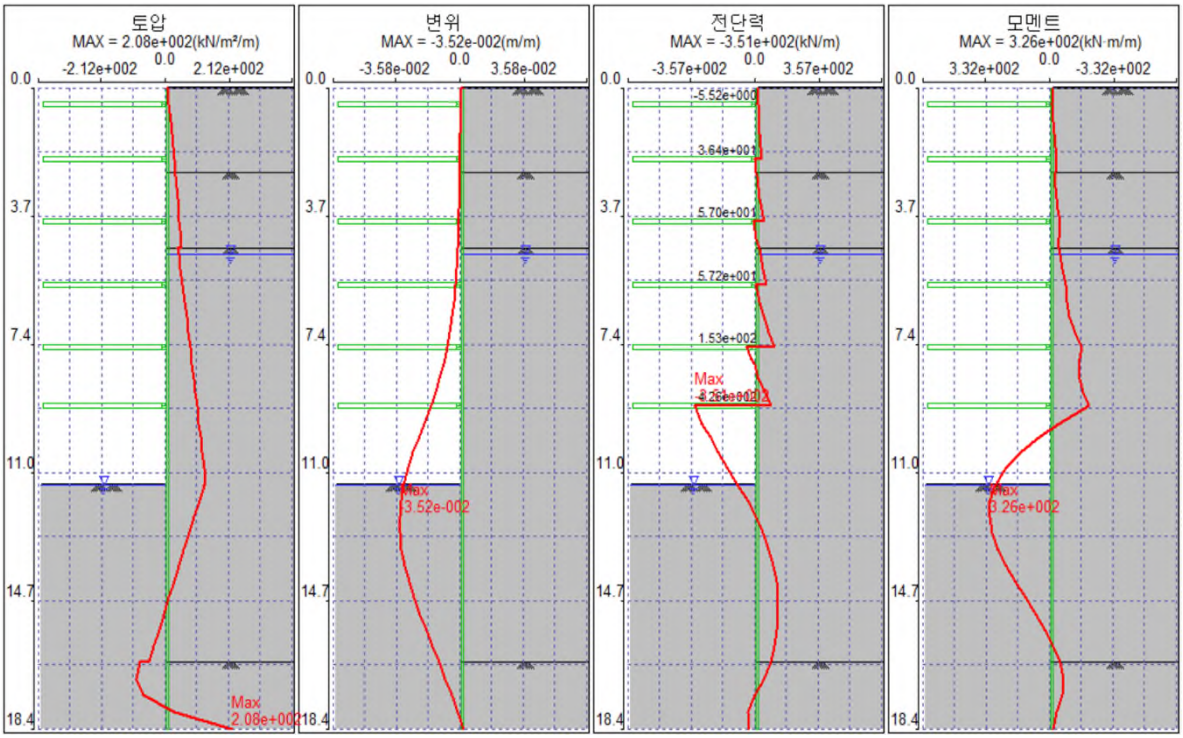
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.644 m]



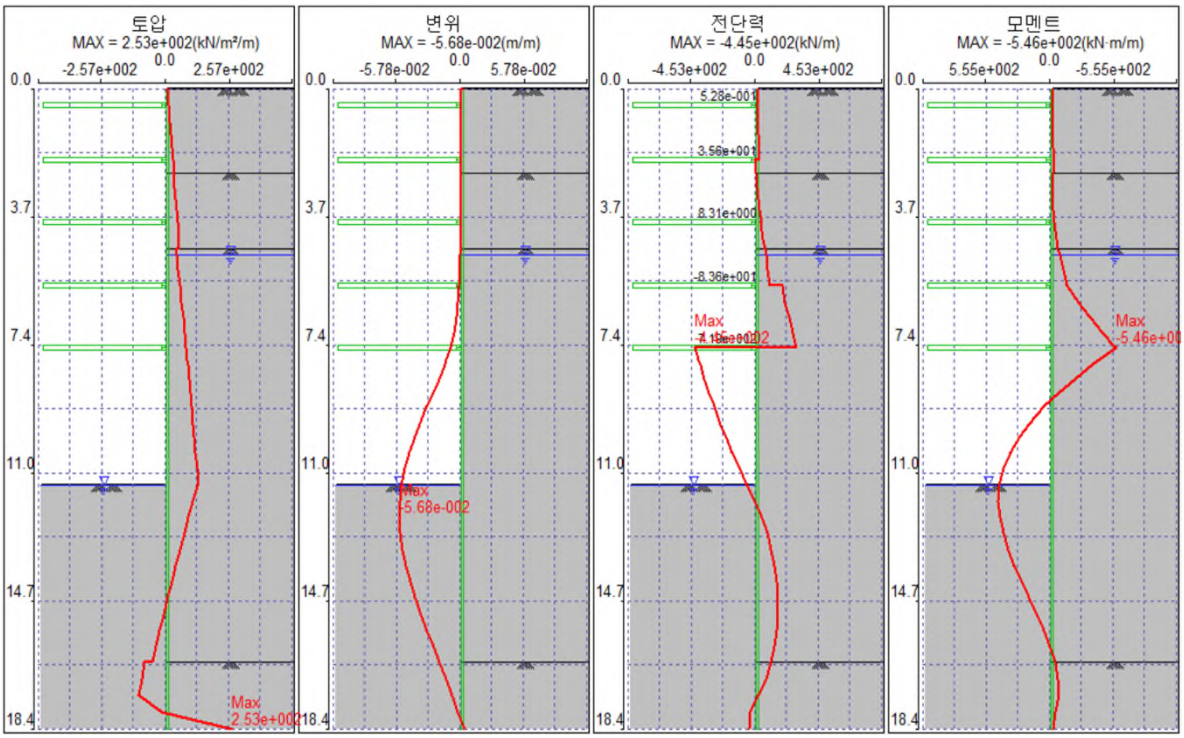
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



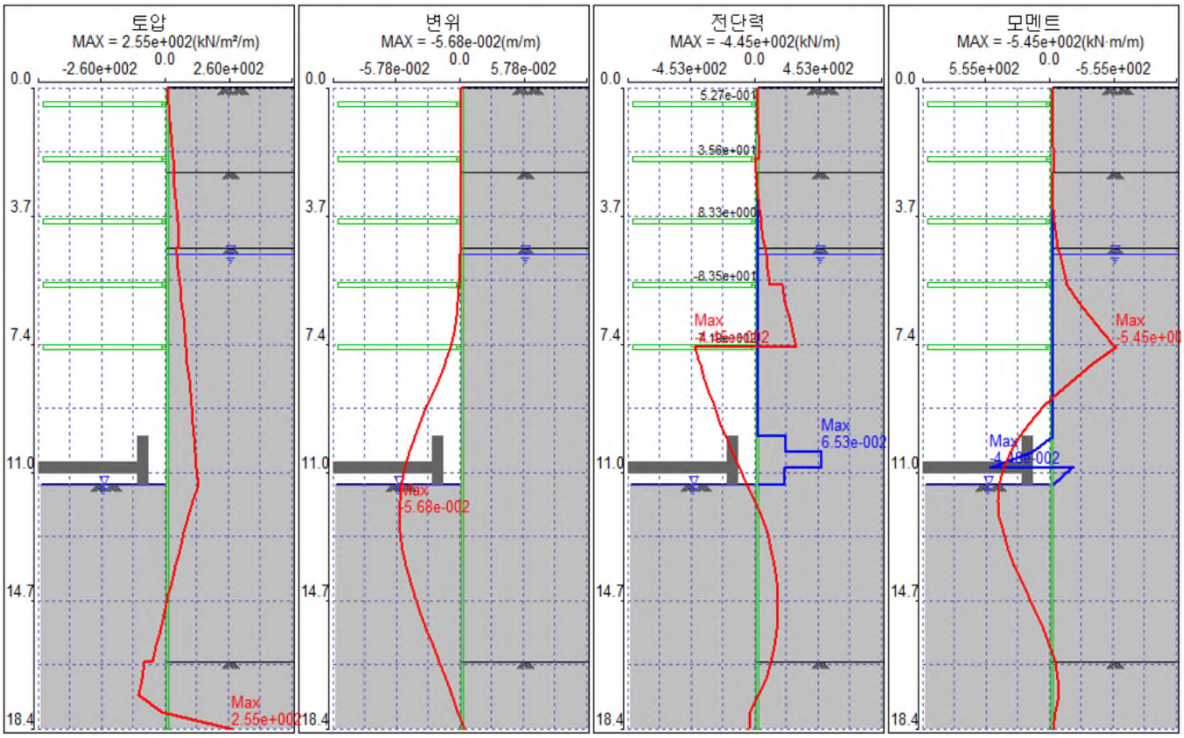
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.4 m]



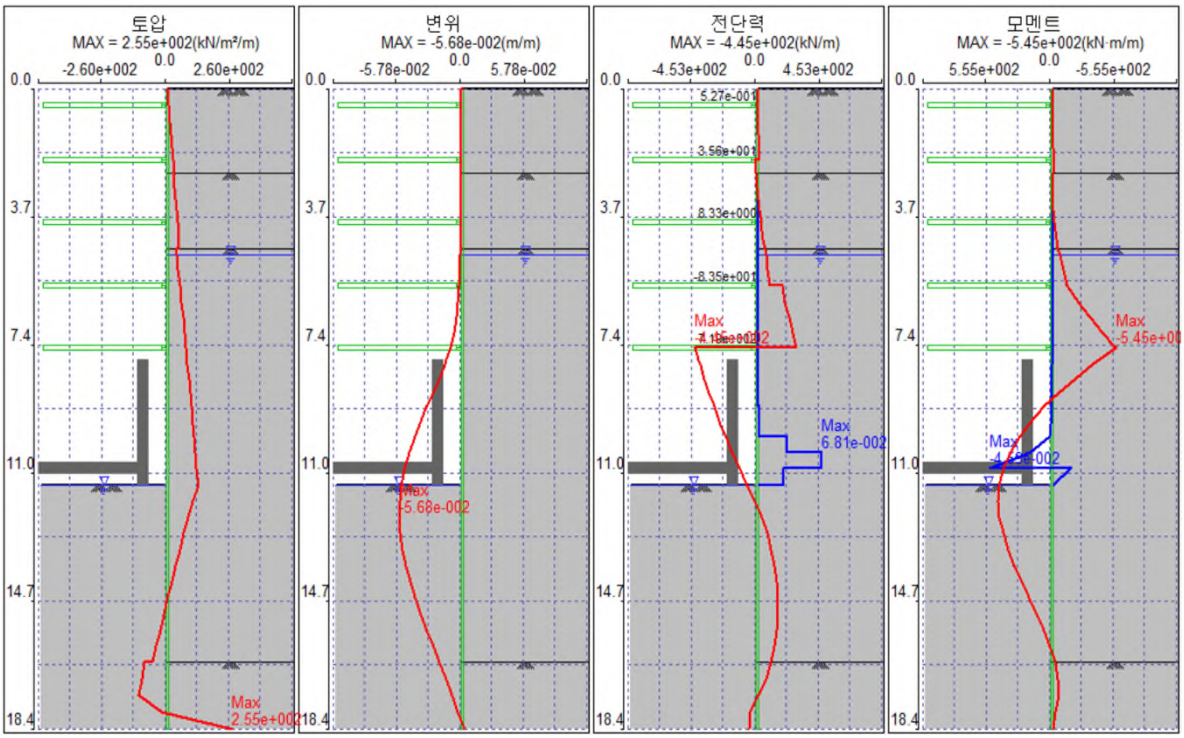
14) 시공 14 단계 [CS14 : 해체1]



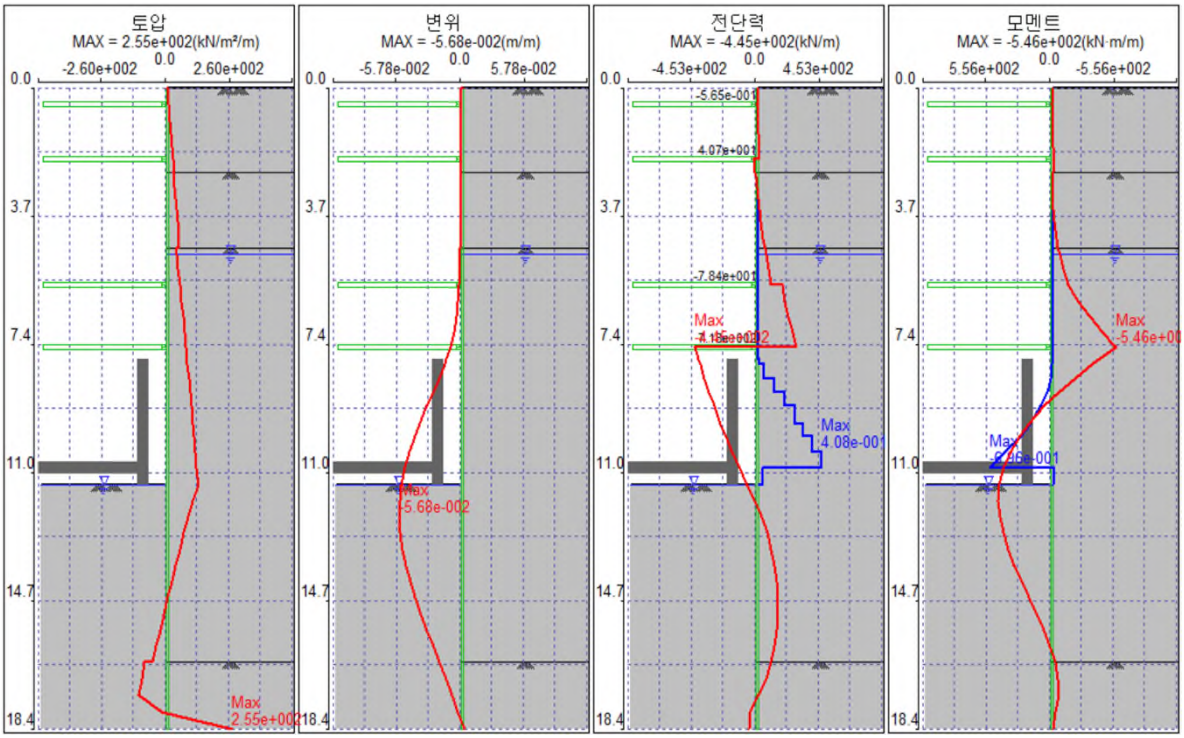
15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체2]



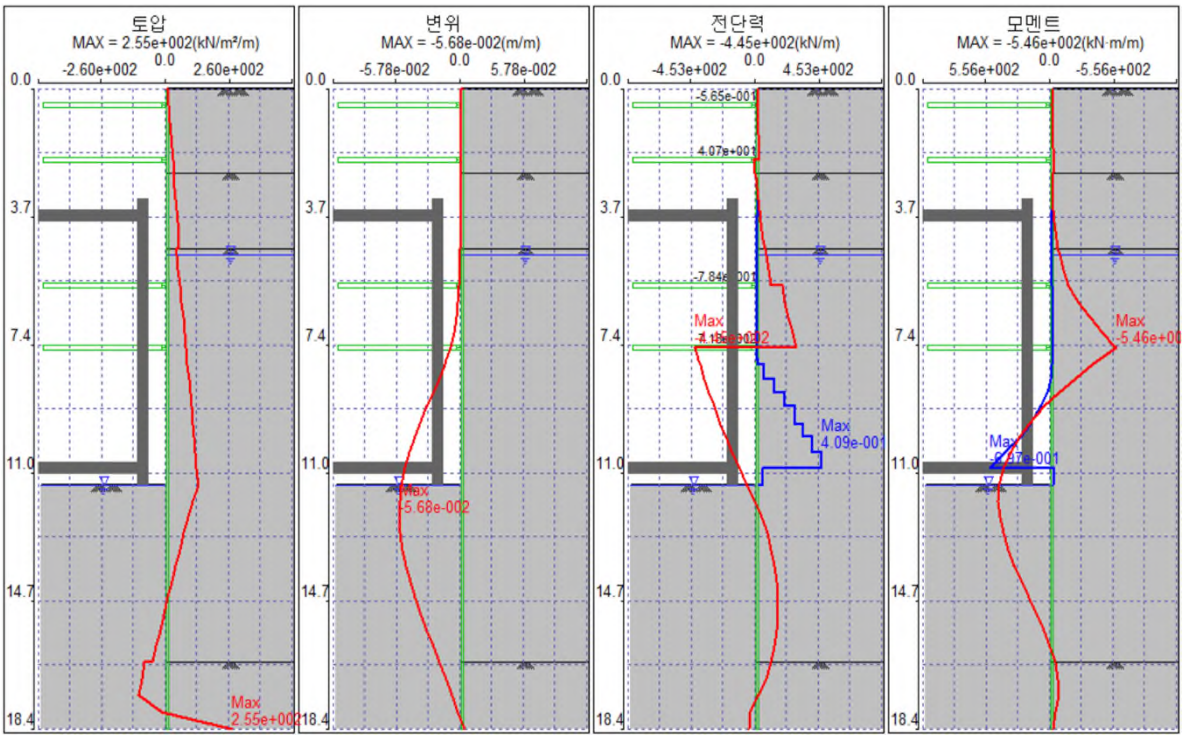
16) 시공 16 단계 [CS16 : 해체3]



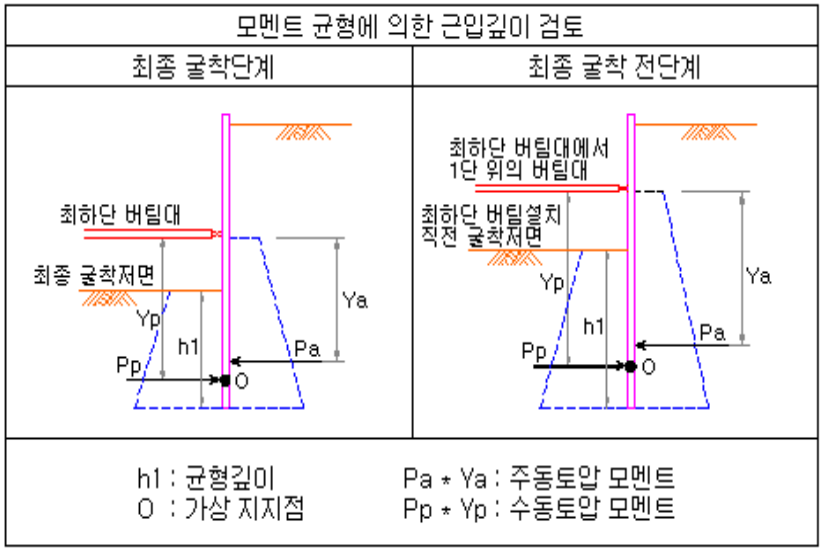
17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체4]



18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체5]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.504	7.000	7045.584	8760.979	1.243	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.174	8.756	10202.093	15449.442	1.514	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.144 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 221.345 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.187 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1113.738 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.09 m

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

Ma = (221.345 x 1.187) + (1113.738 x 6.09) = 7045.584 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1258.87 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.959 m

Mp = (Pp x Yp) = (1258.87 x 6.959) = 8760.979 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8760.979 / 7045.584 = 1.243

S.F. = 1.243 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -7.444 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 193.65 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.163 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1406.529 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.093 m

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

Ma = (193.65 x 1.163) + (1406.529 x 7.093) = 10202.093 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1920.797 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.043 m

Mp = (Pp x Yp) = (1920.797 x 8.043) = 15449.442 kN·m

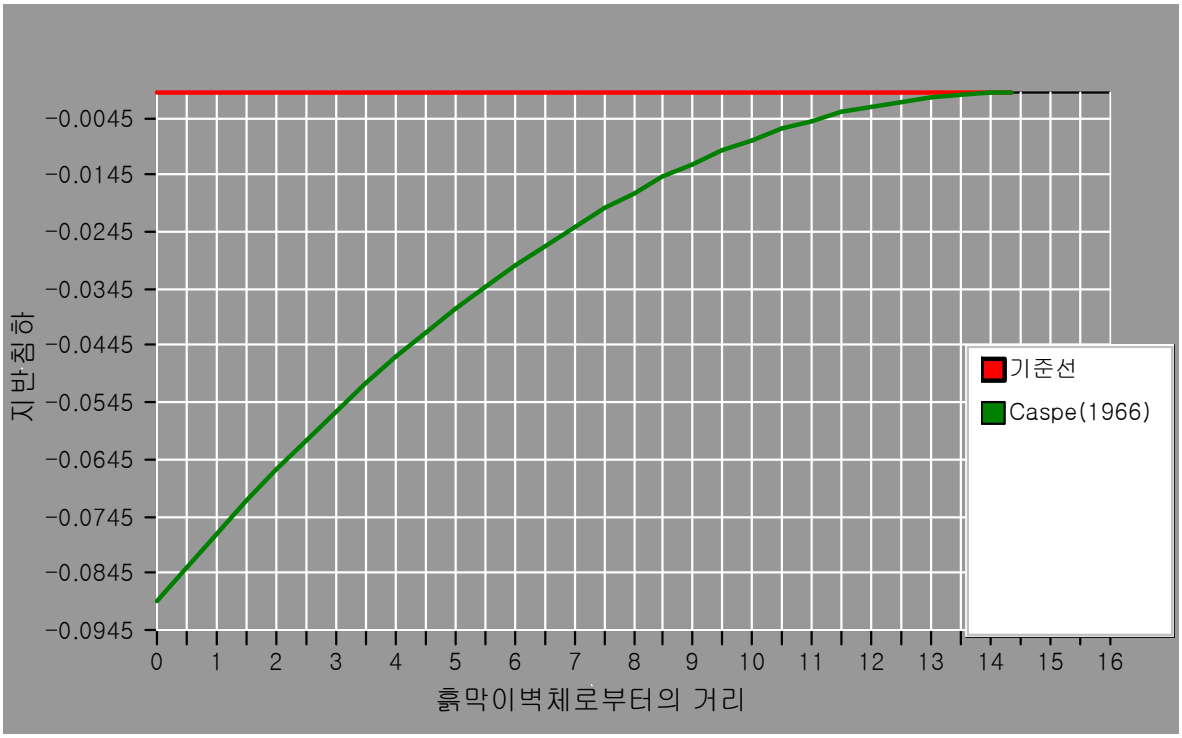
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 15449.442 / 10202.093 = 1.514

S.F. = 1.514 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.321 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 11.4 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 31.747 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 31.747/2) = 14.358 m

Ht = Hp + Hw = 14.358 + 11.4 = 25.758 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 25.758 x tan(45-31.747/2) = 14.352 m

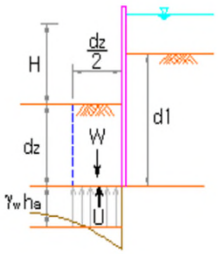
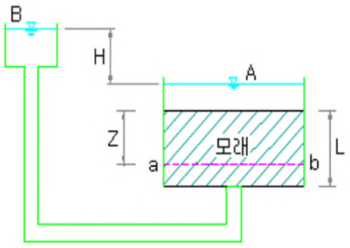
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.321 / 14.352 = -0.090 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.090 x ((14.352 - Xi) / 14.352)^2

12.5 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	84.000	269.500	3.208	0.255	1.100	4.308	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 2.4 x 7 / 2 = 84

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 84 = 3.208

S.F. = 3.208 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 4.8 / 18.8 = 0.255

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.255 = 4.308

S.F. = 4.308 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

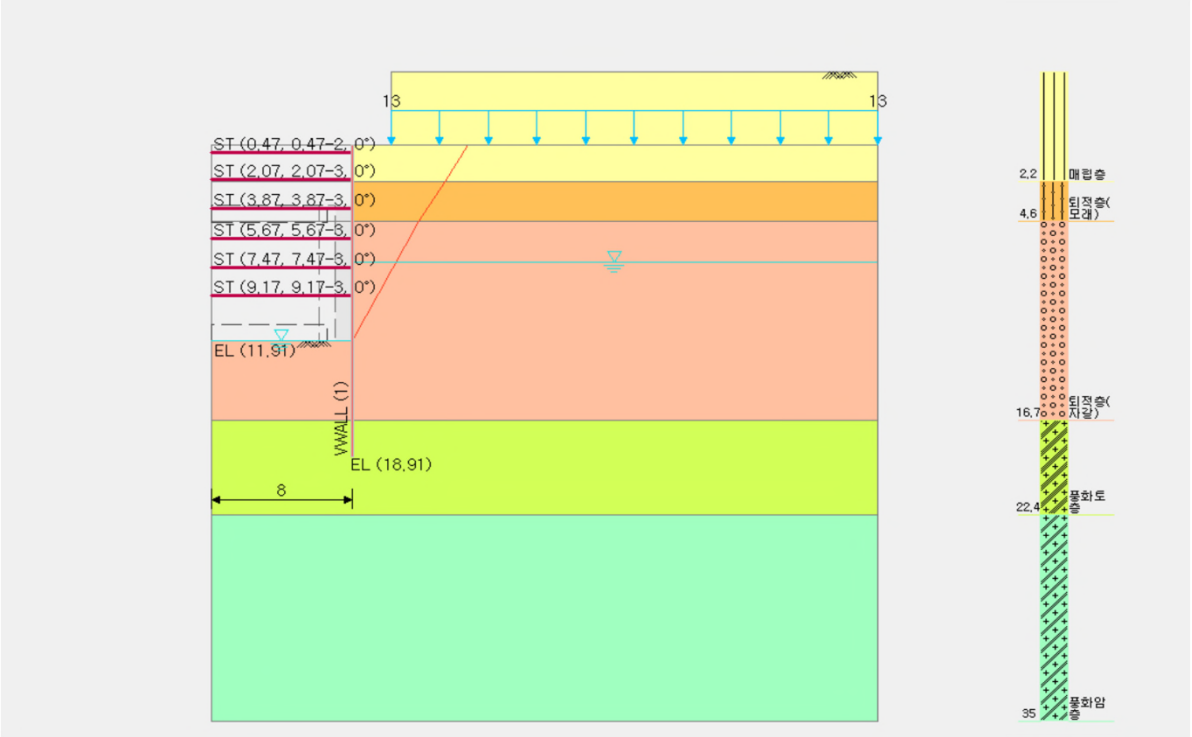
변 경

22. Ramp-D. 0+392.7~0+400(좌)--02단

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 내측주형지지보
  6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
  7.1 Strut 설계 (주형보)
  7.2 Strut 설계 (Strut-1)
  7.3 Strut 설계 (Strut-2)
  7.4 Strut 설계 (Strut-3)
  7.5 Strut 설계 (Strut-4)
  7.6 Strut 설계 (Strut-5)
8.띠장 설계
  8.1 주형보 띠장 설계
  8.2 Strut-1 띠장 설계
  8.3 Strut-2 띠장 설계
  8.4 Strut-3 띠장 설계
  8.5 Strut-4 띠장 설계
  8.6 Strut-5 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
  10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 18.91m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.47, 0.47-2, 0°)
ST (2.07, 2.07-3, 0°)
ST (3.87, 3.87-3, 0°)
ST (5.67, 5.67-3, 0°)
ST (7.47, 7.47-3, 0°)
ST (9.17, 9.17-3, 0°)
EL (11.91)
VWALL (1)
EL (18.91)
8
2.2
매립층
4.6
퇴적층(모래)
16.7
퇴적층(자갈)
22.4
풍화토층
35
풍화암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.531	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.47	휨응력	4.444	134.460	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	6.976	103.777	O.K		
		전단응력	1.888	108.000	O.K		
Strut-3 H 300x305x15/15	5.67	휨응력	17.778	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	74.180	111.713	O.K		
		전단응력	3.951	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	2.07	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.912	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.87	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.151	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	7.47	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	108.762	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-5 P 406.4x9	9.17	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	108.427	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.47	휨응력	7.095	182.334	O.K	
		전단응력	5.886	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	2.07	휨응력	54.647	171.711	O.K	
		전단응력	30.224	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.87	휨응력	93.106	171.711	O.K	
		전단응력	51.496	108.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.67	휨응력	119.450	171.180	O.K	
		전단응력	106.619	108.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.47	휨응력	149.602	171.180	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	37.663	108.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	9.17	휨응력	149.091	171.180	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	37.535	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	65.502	137.293	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	52.931	114.212	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 18.91	휨응력	148.501	243.000	O.K	
		전단응력	24.239	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	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
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 압 축 응 력	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 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

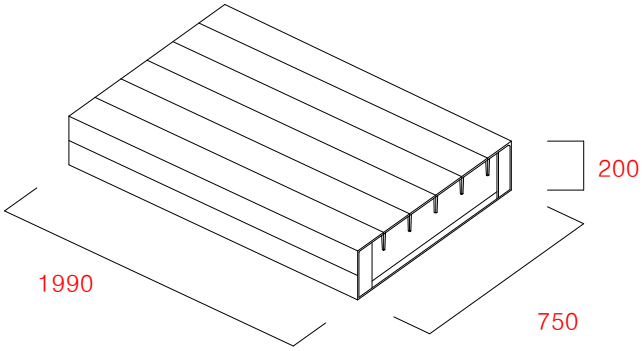
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

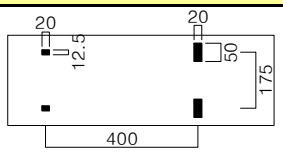
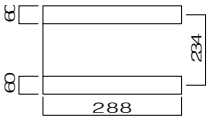
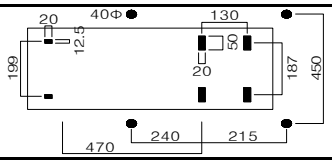
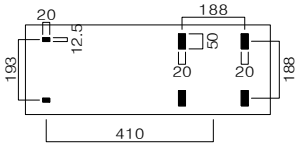
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

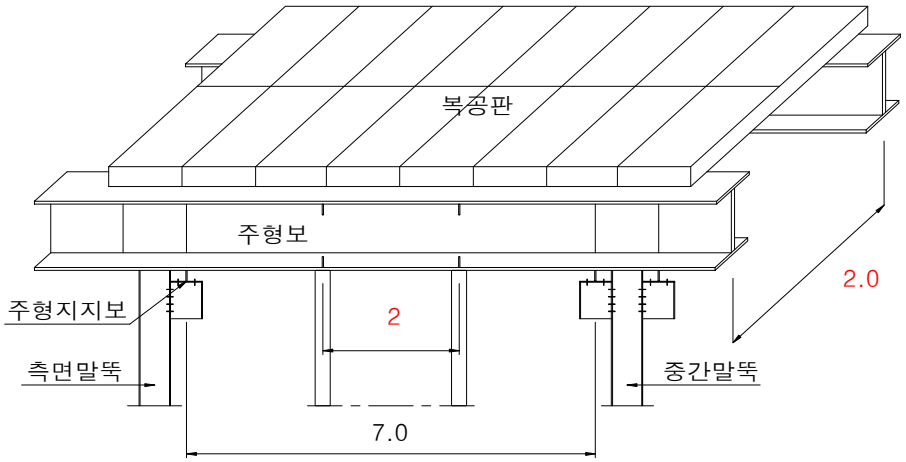
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

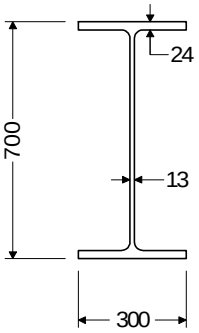
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

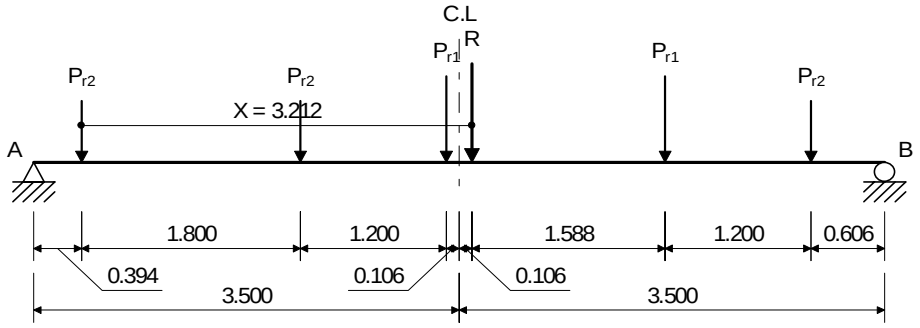
(3) 전륜하중

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

(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

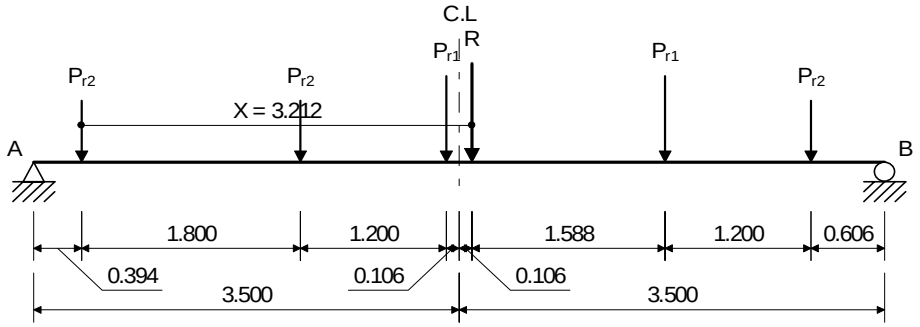
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

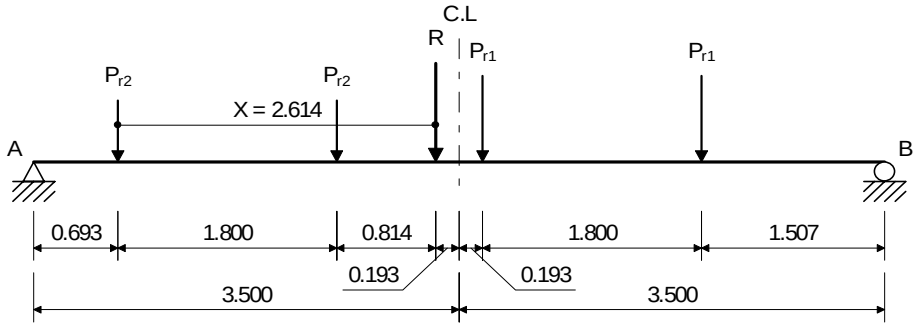
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

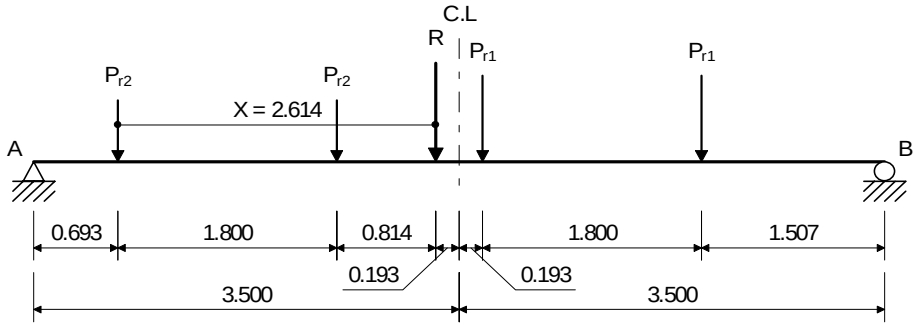


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

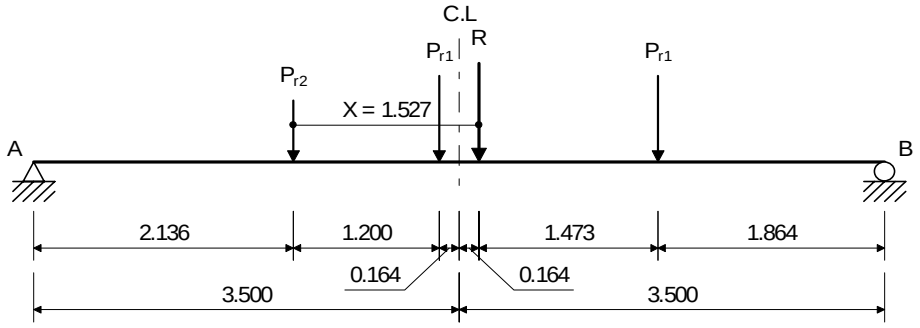
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

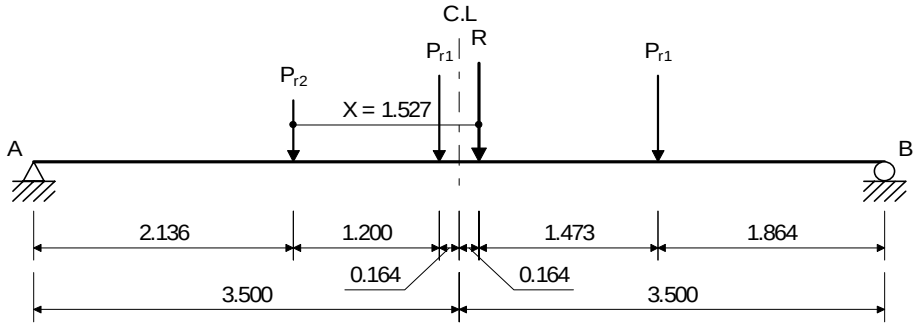


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

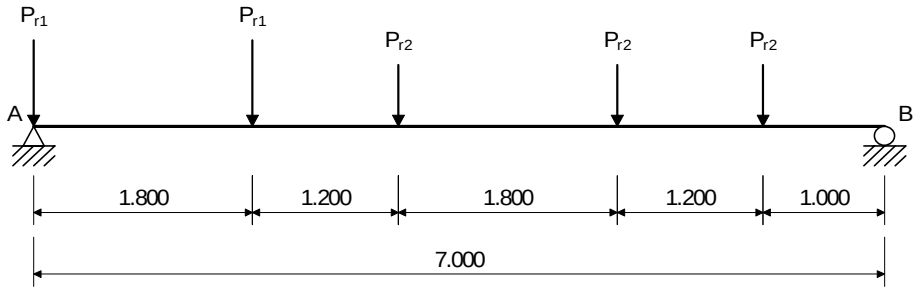


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 479.769 = 514.667 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.667 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

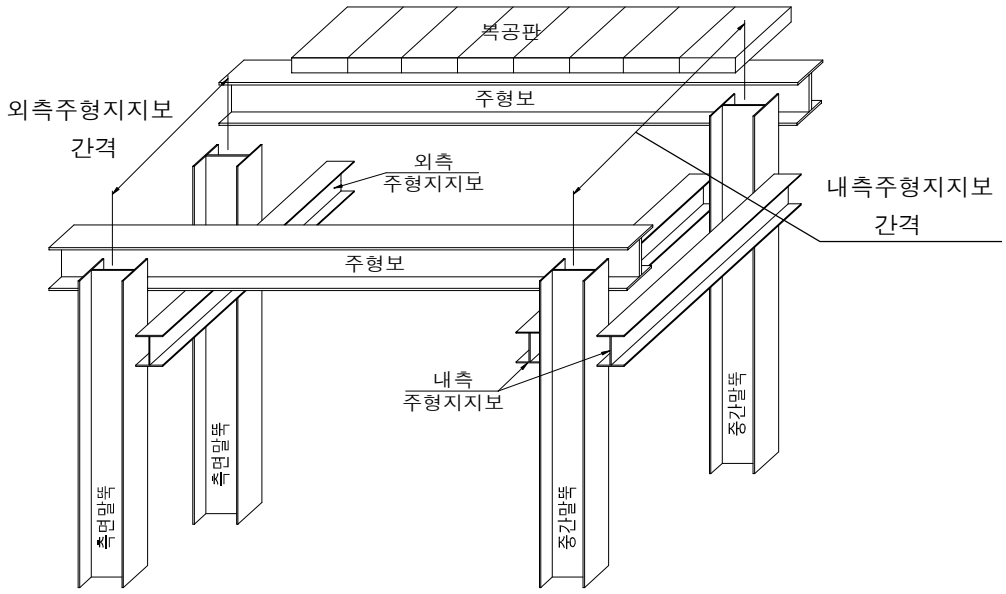
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

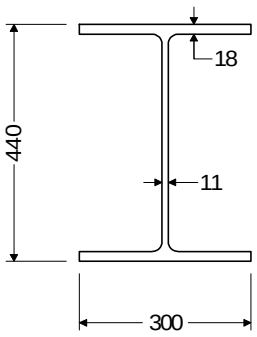
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

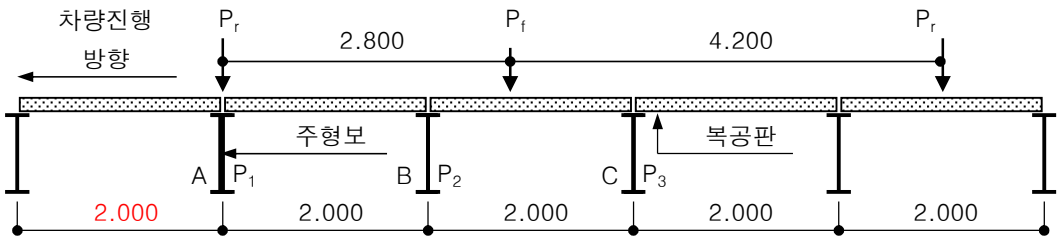


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



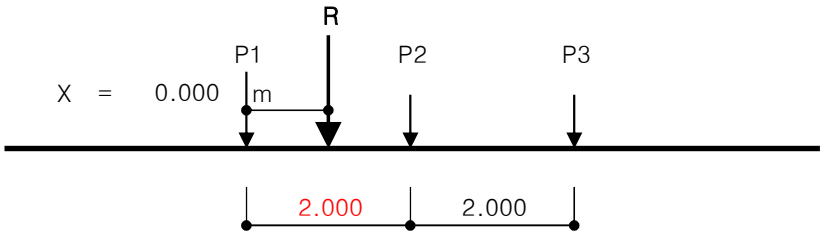
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

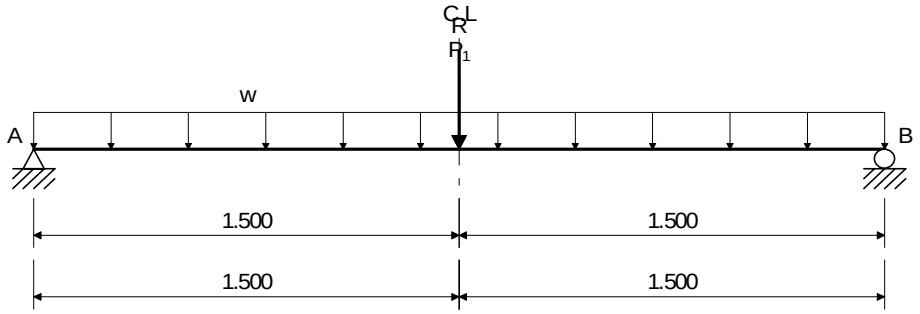


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

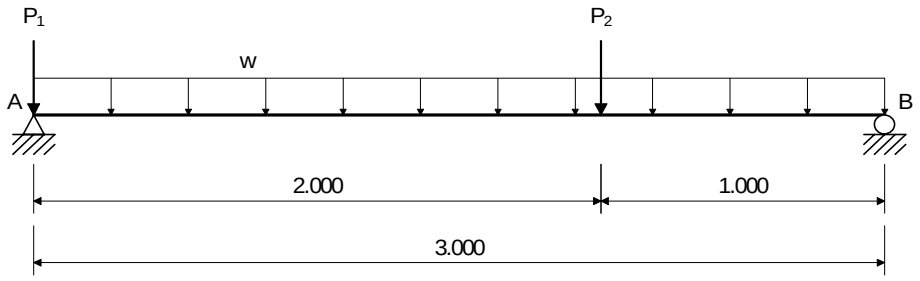
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.009 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.878 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.878 x 1000 / 4444 = 80.531 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.531 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357878 + 16000)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

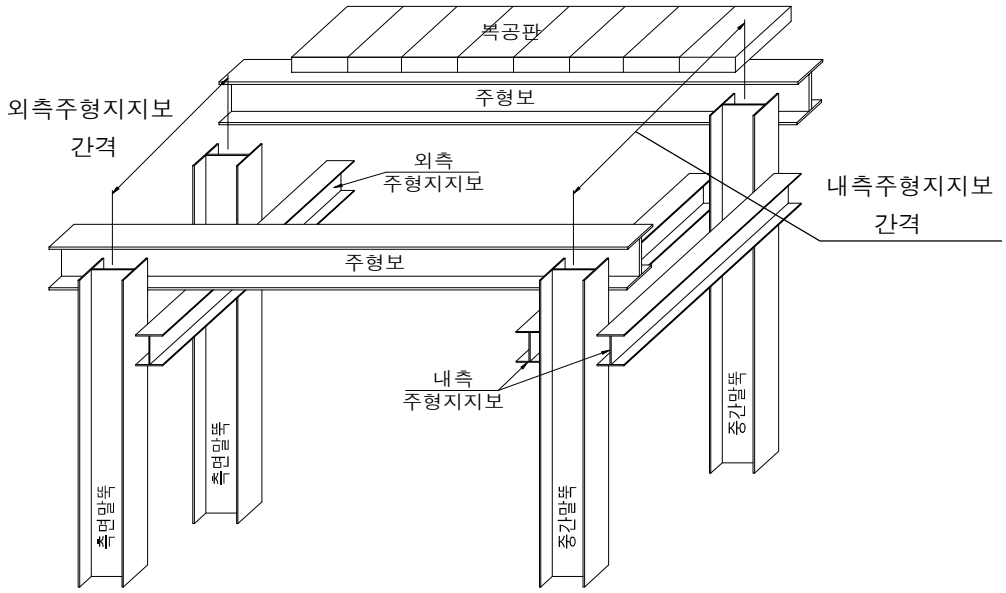
= 4.90 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.90 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

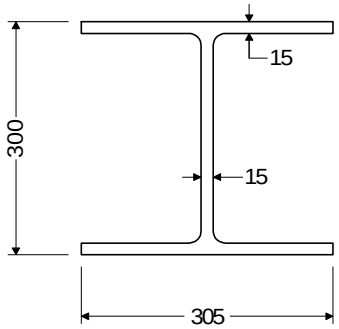
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

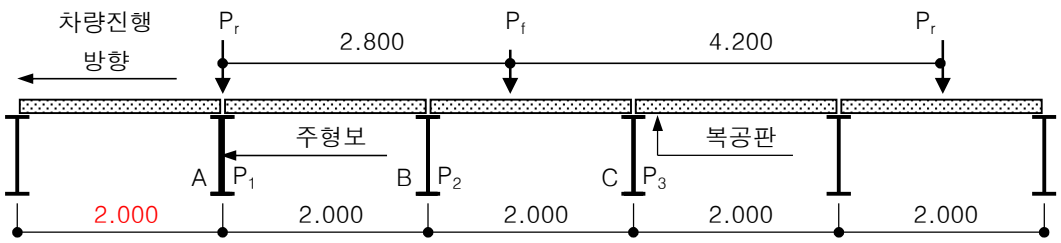


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



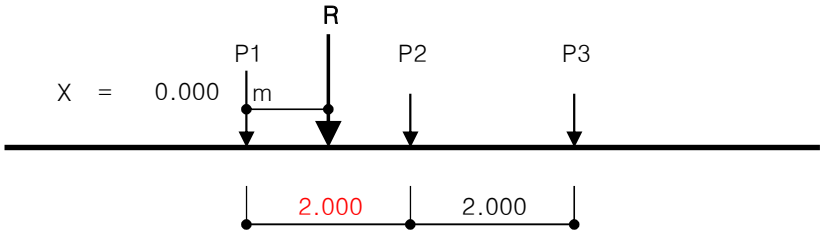
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

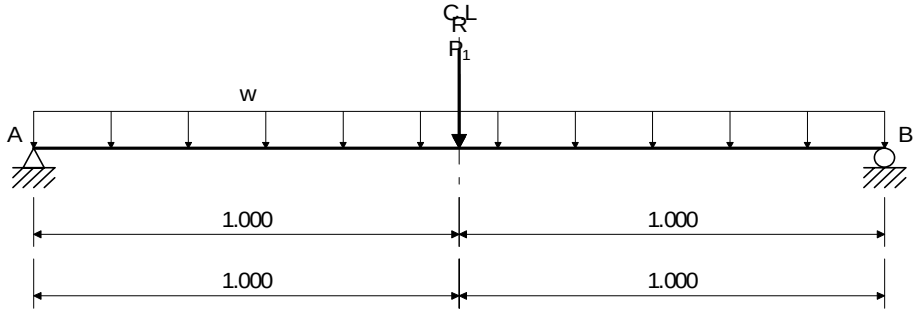


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

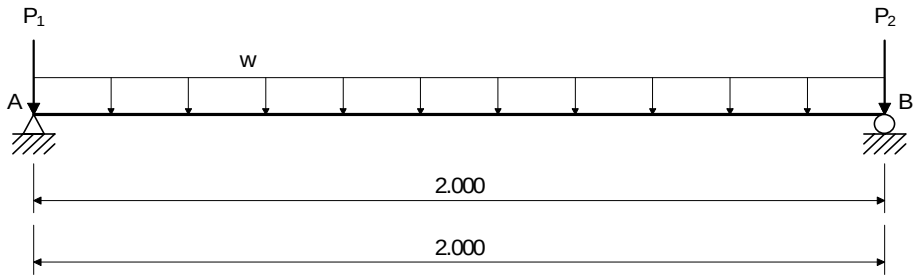
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.009 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.762 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.762 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (334762 + 16000)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.59 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.59 ea ---> O.K

7.지보재 설계

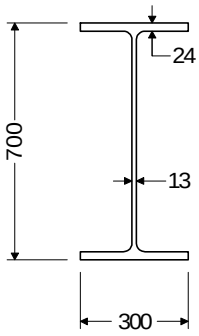
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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} = 22.137 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.57 m)
= 22.137 x 2.00 / 1 단
= 44.274 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 44.274 + 120.0 = 164.274 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 5760000.0 = 4.444 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 164.274 x 1000 / 23550 = 6.976 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 8476 = 1.888 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.495

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (11.420 − 2.531) / 11.420

= 0.778

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 293

21.843 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (21.843 − 20))

= 186.910 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 186.910 MPa

L_y / R_y = 6400 / 67.8

94.395 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 94.395^2)

= 103.777 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 103.777 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 103.777 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 300

= 21.333 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.333 − 4.5))

= 134.460 MPa

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

= 134.460 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (21.843)^2

= 3395.395 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 103.777 MPa > f_c = 6.976 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 134.460 MPa > f_b = 4.444 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.888 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{6.976}{103.777} + \frac{4.444}{134.460 \times (1 - (6.976 / 3395.395))}$$

$$= 0.100 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 6.976 + \frac{4.444}{1 - (6.976 / 3395.395)}$$

$$= 11.429 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.100 , 0.060)

= 0.100 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{11.420}{103.777} + \left\{ \frac{1.888}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.110 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

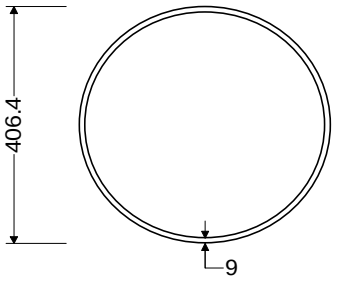
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 75.777 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.37 m)
= 75.777 x 3.00 / 1 단
= 227.331 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 227.331 + 120.0 = 347.331 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 347.331 x 1000 / 11236.2 = 30.912 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.086 x 9)

= 20.785 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.086

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (54.355 − 7.469) / 54.355

= 0.863 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 30.912 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{30.912}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (30.912 / 780.742))}$$

$$= 0.322 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 30.912 + \frac{23.443}{1 - (30.912 / 780.742)}$$

$$= 55.321 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.322 , 0.293)

= 0.322 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{54.355}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.340 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

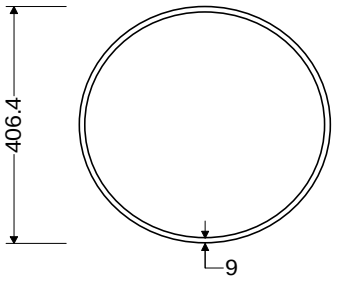
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 129.108 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.17 m)
= 129.108 x 3.00 / 1 단
= 387.323 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 387.323 + 120.0 = 507.323 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 507.323 x 1000 / 11236.2 = 45.151 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.068 x 9)

= 21.133 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.068

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (68.594 − 21.707) / 68.594

= 0.684 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 45.151 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{45.151}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (45.151 / 780.742))}$$

$$= 0.414 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 45.151 + \frac{23.443}{1 - (45.151 / 780.742)}$$

$$= 70.033 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.414 , 0.371)

= 0.414 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{68.594}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.429 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

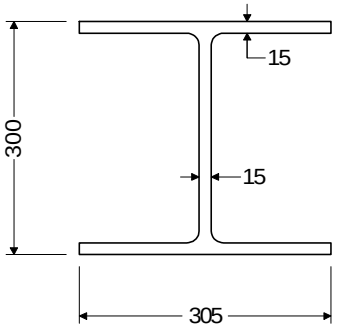
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 293.315 kN/m ---> Strut-3 (CS19 : 해체6)
= 293.315 x 3.00 / 1 단
= 879.945 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 879.945 + 120.0 = 999.945 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1440000.0 = 17.778 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 999.945 x 1000 / 13480 = 74.180 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 4050 = 3.951 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.147

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (91.958 − 56.402) / 91.958

= 0.387

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> $20 < Ly/Ry \le 93$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 111.713 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 111.713 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

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

= 135.593 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.794)^2

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 74.180 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 17.778 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.951 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{74.180}{111.713} + \frac{17.778}{135.593 \times (1 - (74.180 / 627.908))}$$

$$= 0.813 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 74.180 + \frac{17.778}{1 - (74.180 / 627.908)}$$

$$= 94.339 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.813 , 0.499)

= 0.813 < 1.0 ---> O.K

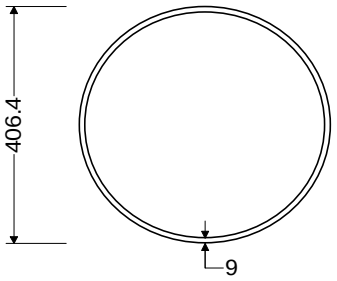
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 367.356 kN/m ---> Strut-4 (CS16 : 해체3)
= 367.356 x 3.00 / 1 단
= 1102.067 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1102.067 + 120.0 = 1222.067 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1222.067 x 1000 / 11236.2 = 108.762 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.035 x 9)

= 21.804 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.035

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (132.205 − 85.318) / 132.205

= 0.355 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 108.762 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{108.762}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (108.762 / 780.742))}$$

$$= 0.824 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 108.762 + \frac{23.443}{1 - (108.762 / 780.742)}$$

$$= 135.999 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.824 , 0.720)

= 0.824 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{132.205}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.827 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

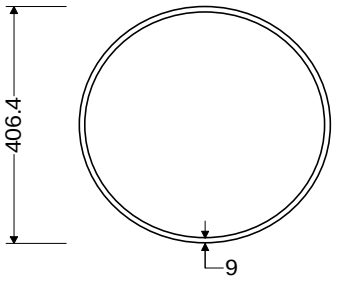
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 366.101 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 11.91 m)
= 366.101 x 3.00 / 1 단
= 1098.304 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1098.304 + 120.0 = 1218.304 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1218.304 x 1000 / 11236.2 = 108.427 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.036 x 9)

= 21.803 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.036

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (131.870 − 84.983) / 131.870

= 0.356 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 108.427 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{108.427}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (108.427 / 780.742))}$$

$$= 0.822 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 108.427 + \frac{23.443}{1 - (108.427 / 780.742)}$$

$$= 135.651 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.822 , 0.718)

= 0.822 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{131.870}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.825 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

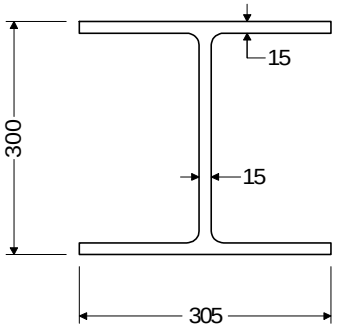
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

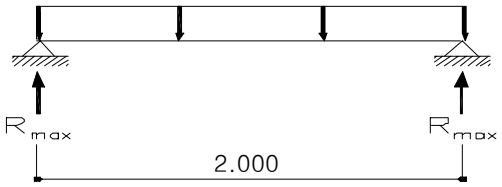
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 22.137 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.57 m)

P = 22.137 × 2.00 m / 1 ea = 44.274 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 44.274 / (13 × 2.000)
= 20.434 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 20.434 × 2.000^2 / 8
= 10.217 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 20.434 × 2.000 / 12
= 23.840 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 10.217 x 1000000 / 1440000.0 = 7.095 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 23.840 x 1000 / 4050 = 5.886 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (7.095 + 7.095) / 7.095$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

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

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 7.095 MPa ---> O.K

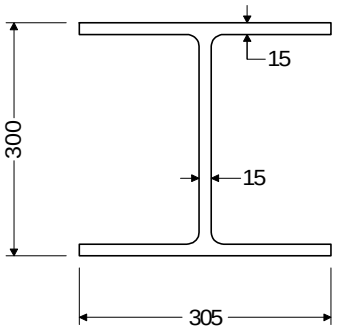
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 5.886 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

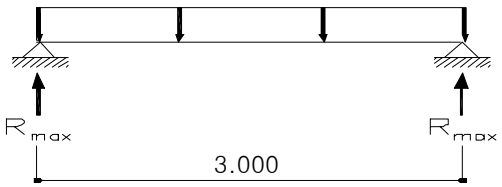
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 75.777 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.37 m)

$P = 75.777 \times 3.00\ m / 1\ ea = 227.331\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 227.331 / (13 \times 3.000)$
$= 69.948\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 69.948 \times 3.000^{2} / 8$
$= 78.692\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 69.948 \times 3.000 / 12$
$= 122.409\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 78.692 \times 1000000 / 1440000.0 = 54.647$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 122.409 \times 1000 / 4050 = 30.224$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (54.647 + 54.647) / 54.647$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 54.647$ MPa ---> O.K

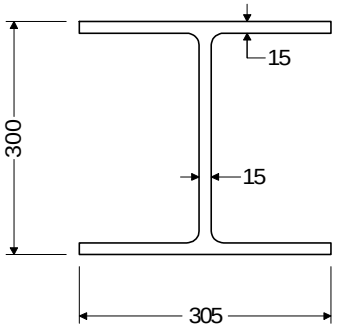
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 30.224$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

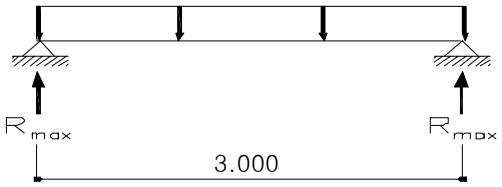
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 129.108 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.17 m)

P = 129.108 × 3.00 m / 1 ea = 387.323 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 387.323 / (13 × 3.000)
= 119.176 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 119.176 × 3.000^2 / 8
= 134.073 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 119.176 × 3.000 / 12
= 208.558 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 134.073 x 1000000 / 1440000.0 = 93.106 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 208.558 x 1000 / 4050 = 51.496 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (93.106 + 93.106) / 93.106

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

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

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 93.106 MPa ---> O.K

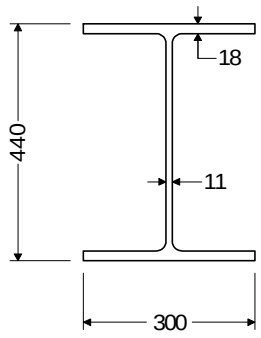
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 51.496 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

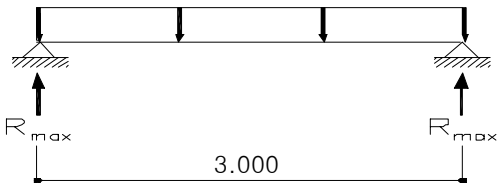
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 293.315 kN/m ---> Strut-3 (CS19 : 해체6)

$P = 293.315 \times 3.00\ m / 1\ ea = 879.945\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 879.945 / (13 \times 3.000)$
$= 270.752\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 270.752 \times 3.000^2 / 8$
$= 304.596\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 270.752 \times 3.000 / 12$
$= 473.816\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 304.596 \times 1000000 / 2550000.0 = 119.450$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 473.816 \times 1000 / 4444 = 106.619$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (119.450 + 119.450) / 119.450$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.180$ MPa > $f_b = 119.450$ MPa ---> O.K

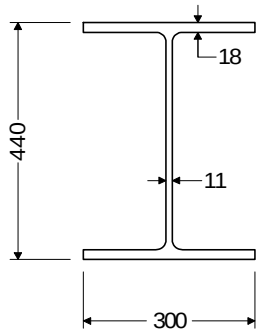
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 106.619$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

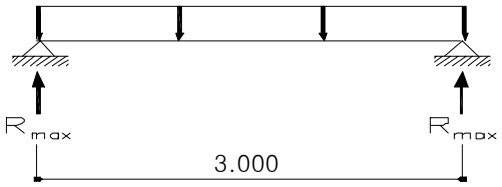
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 367.356 kN/m ---> Strut-4 (CS16 : 해체3)

P = 367.356 × 3.00 m / 1 ea = 1102.067 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 1102.067 / (13 × 3.000)
= 339.098 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 339.098 × 3.000^2 / 8
= 381.485 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 339.098 × 3.000 / 12
= 593.421 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 381.485 x 1000000 / 2550000.0 = 149.602 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 593.421 x 1000 / 4444 = 133.533 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (149.602 + 149.602) / 149.602

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 149.602 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa < τ = 133.533 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 14 x 2 = ####### mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 593420.800 / 15756.000 = 37.663 MPa

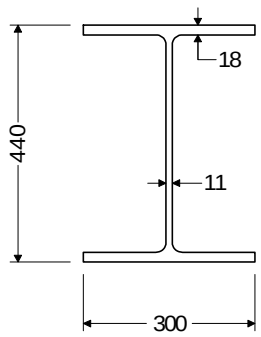
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 37.663 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

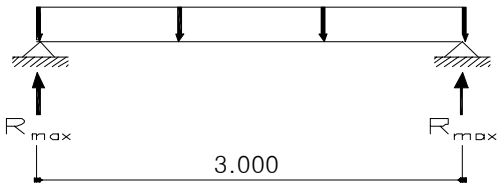
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 366.101 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 11.91 m)

P = 366.101 × 3.00 m / 1 ea = 1098.304 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 1098.304 / (13 × 3.000)
= 337.940 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 337.940 × 3.000 ^{2} / 8
= 380.182 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 337.940 × 3.000 / 12
= 591.394 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 380.182 x 1000000 / 2550000.0 = 149.091 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 591.394 x 1000 / 4444 = 133.077 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (149.091 + 149.091) / 149.091
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

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

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 149.091 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa < τ = 133.077 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 14 x 2 = ####### mm^2

A_w' = A_w + A' = ####### mm + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 591394.440 / 15756.000 = 37.535 MPa

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 37.535 MPa ---> O.K

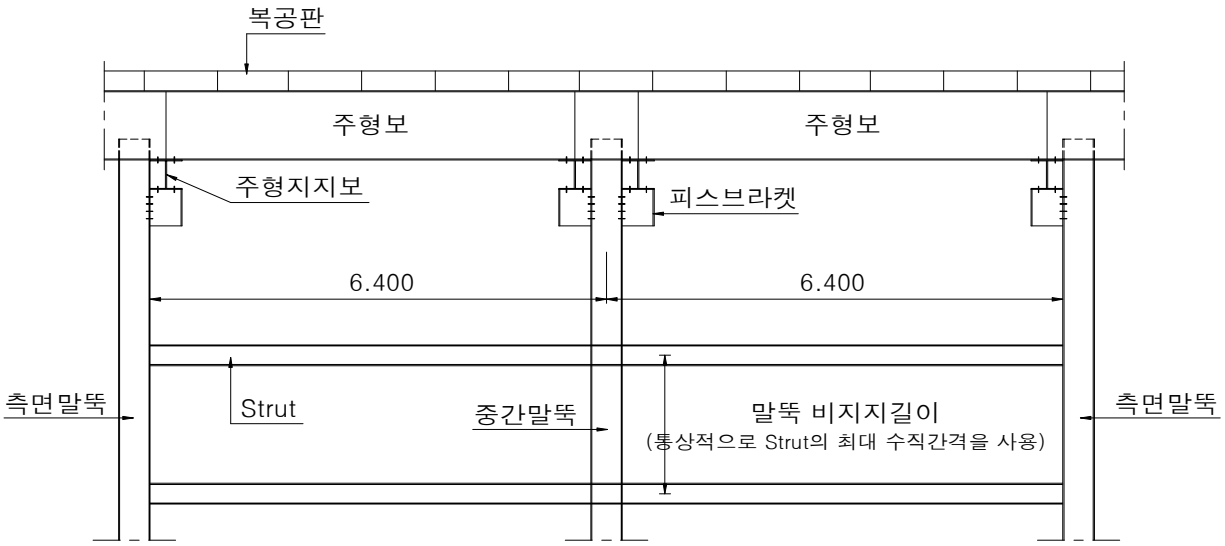
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.400 + 6.400 = 12.800 m

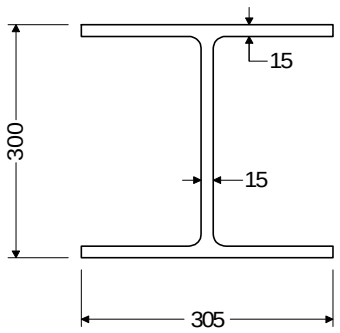
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 20.050 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 88.090 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.175 kN

ΣP_s = 121.095 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 6.400) / 2 = 18.232 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 6.400) / 2 = 18.232 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

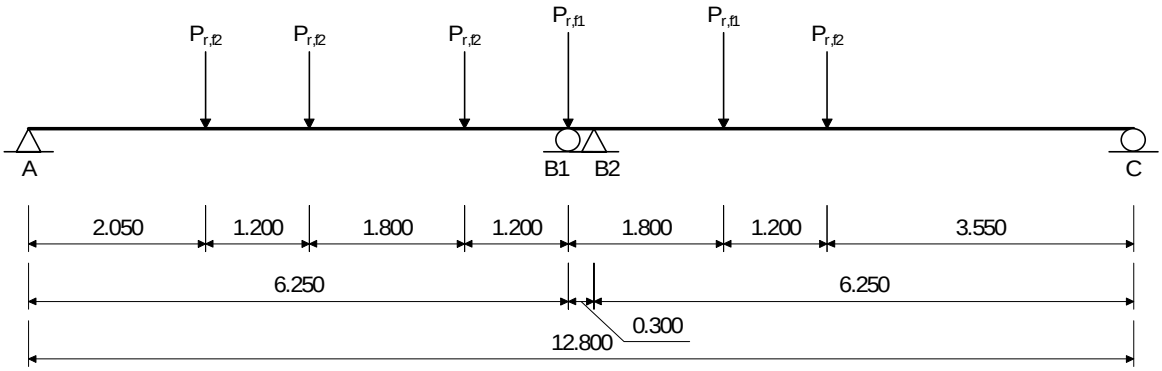
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250 + 93.600 x 2.050) / 6.250

= 279.802 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 279.802 x 1.00 = 279.802 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250 + 23.400 x 2.050) / 6.250

= 69.950 kN

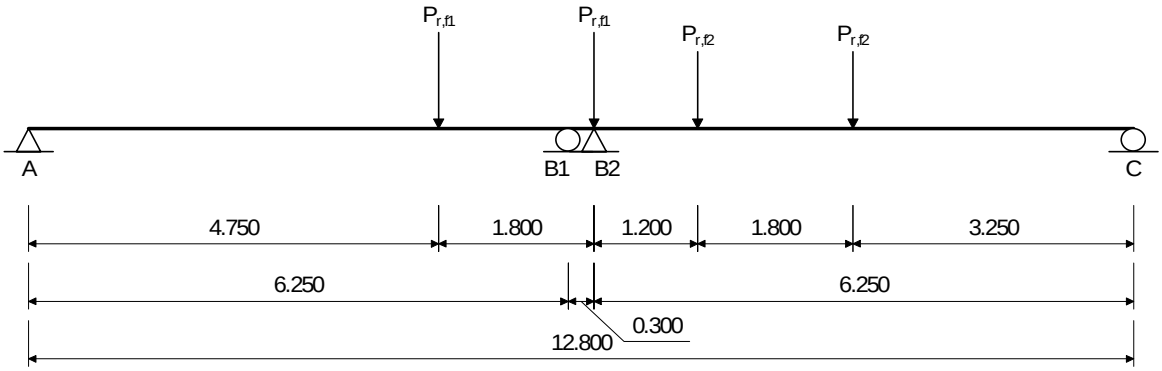
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 69.950 x 1.00 = 69.950 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.750) / 6.250
= 94.848 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250) / 6.250
= 249.101 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN
P_{r2} = 249.101 x 1.00 = 249.101 kN

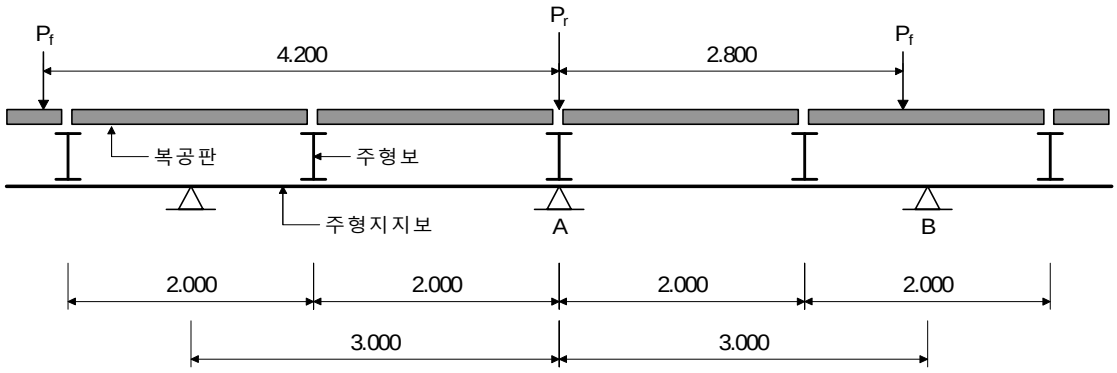
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.750) / 6.250
= 23.712 kN

R_{B2} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250) / 6.250
= 62.275 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN
P_{f2} = 62.275 x 1.00 = 62.275 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (279.802 x 3.000 + 69.950 x 0.200) / 3.000
= 284.465 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

= 284.465 + 18.232 x 3.00 / 2.00 = 311.813 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (249.101 x 3.000 + 62.275 x 0.200) / 3.000

= 253.252 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

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

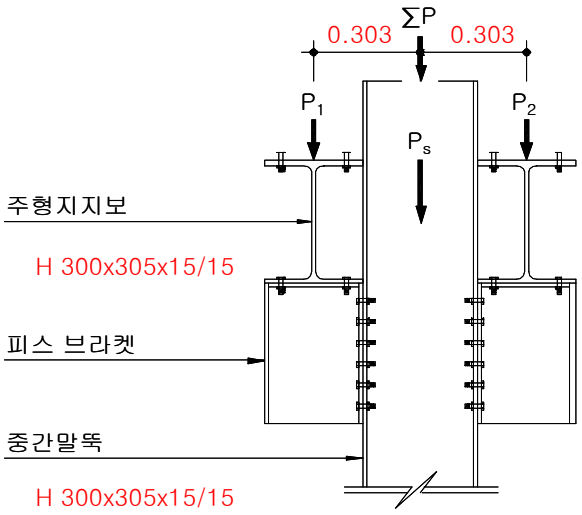
= 253.252 + 18.232 x 3.00 / 2.00 = 280.601 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 311.813 + 280.601 + 121.095 = 713.509 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 713.509 x 1000 / 13480 = 52.931 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 94.323 x 1000000 / 1440000 = 65.502 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 311.813 x 0.303 = 94.323 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.939

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (118.433 - -12.571) / 118.433$

= 1.106

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6240 / 126

49.524 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (49.524 - 20))

= 155.520 MPa

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

= 155.520 MPa

L_y / R_y = 6240 / 72.6

85.950 ---> $20 < Ly/Ry \le 93$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (85.950 - 20))

= 114.212 MPa

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

= 114.212 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 114.212 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6240 / 305

= 20.459 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (20.459 - 4.5))

= 137.293 MPa

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

= 137.293 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (49.524)^2

= 660.521 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 114.212 MPa > f_c = 52.931 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 137.293 MPa > f_b = 65.502 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{52.931}{114.212} + \frac{65.502}{137.293 \times (1 - (52.931 / 660.521))}$$

$$= 0.982 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 52.931 + \frac{65.502}{1 - (52.931 / 660.521)}$$

$$= 124.140 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.982 , 0.657)

= 0.982 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 713.51 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)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	33	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	18.910	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 33 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 265.390 tonf

= 2602.59 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2602.59 / 2.0

= 1301.295 kN

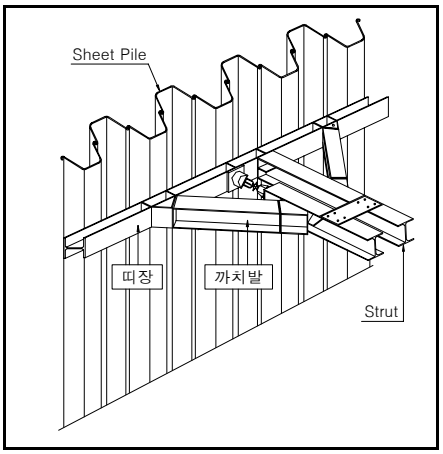
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 18.91m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 337.097 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS14 : 해체1)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 337.097 (kN·m/m) × 1.00 m = 337.097 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 319.468 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS13 : 굴착 11.91 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 319.468 (kN/m) × 1.00 m = 319.468 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{337.097 \times 10^6}{2270000.00} = 148.501 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{319.468 \times 10^3}{13180.00} = 24.239 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 11.91 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	2.19	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.63	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.73	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	22.43	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	18.91	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.47	2	6.4	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2.07	3	6.4	70	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.87	3	6.4	70	1
4	Strut-3	H 300x305x15/15	SS400	5.67	3	6.4	70	1
5	Strut-4	P 406.4x9	SS400	7.47	3	6.4	70	1
6	Strut-5	P 406.4x9	SS400	9.17	3	6.4	70	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	4.17	0	6.55	C27	1	-
2	기초	11.41	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	3.67	11.91	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 11.91 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.97	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.57	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.37	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	6.17	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.97	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.67	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	11.91	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	-	-	10.7	-	-	-	X	X
15	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
16	-	-	-	8.3	-	-	-	X	X
17	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
18	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
19	-	-	-	3.67	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.97 m	0.97	4.91	1.3	-3.22	3.7	0.60	17.6	-5.39	2.6
CS2 : 생성 주형보	0.97	4.90	1.3	-3.19	3.7	0.60	17.6	-5.38	2.6
CS3 : 굴착 2.57 m	2.57	15.55	3.3	-22.16	0.5	24.28	2.2	-11.38	5.7
CS4 : 생성 Strut-1	2.57	9.96	4.8	-18.37	2.1	9.35	2.6	-7.37	5.7
CS5 : 굴착 4.37 m	4.37	30.81	5.3	-57.15	2.1	38.02	3.9	-17.31	2.1
CS6 : 생성 Strut-2	4.37	21.33	5.3	-43.43	2.1	22.47	3.7	-9.71	2.1
CS7 : 굴착 6.17 m	6.17	46.07	8.0	-99.27	3.9	72.20	6.2	-40.44	3.9
CS8 : 생성 Strut-3	6.17	39.21	8.0	-83.04	3.9	57.54	6.2	-29.36	3.9
CS9 : 굴착 7.97 m	7.97	73.29	10.4	-168.96	5.7	136.49	8.3	-77.16	5.7
CS10 : 생성 Strut-4	7.97	68.25	10.4	-151.07	5.7	122.94	8.3	-62.88	5.7
CS11 : 굴착 9.67 m	9.67	101.90	12.9	-238.93	7.5	217.46	10.0	-110.79	14.8
CS12 : 생성 Strut-5	9.67	98.04	12.9	-220.05	7.5	203.99	10.0	-105.46	14.8
CS13 : 굴착 11.91 m	11.91	121.22	15.3	-319.47	9.2	336.99	12.4	-166.19	9.2
CS14 : 해체1	11.91	121.24	15.3	-319.37	9.2	337.10	12.4	-166.18	9.2
CS15 : 해체2	11.91	108.21	15.3	-266.11	7.5	265.49	12.4	-249.47	7.5
CS16 : 해체3	11.91	108.21	15.3	-266.11	7.5	265.49	12.4	-249.48	7.5
CS17 : 해체4	11.91	114.82	5.7	-172.07	5.7	244.17	12.4	-234.23	5.7
CS18 : 해체5	11.91	120.44	5.7	-172.87	5.7	244.07	12.4	-237.03	5.7
CS19 : 해체6	11.91	120.44	5.7	-172.87	5.7	244.07	12.4	-237.03	5.7
TOTAL		121.24	15.3	-319.47	9.2	337.10	12.4	-249.48	7.5

12.1.2 지보재 반력 집계

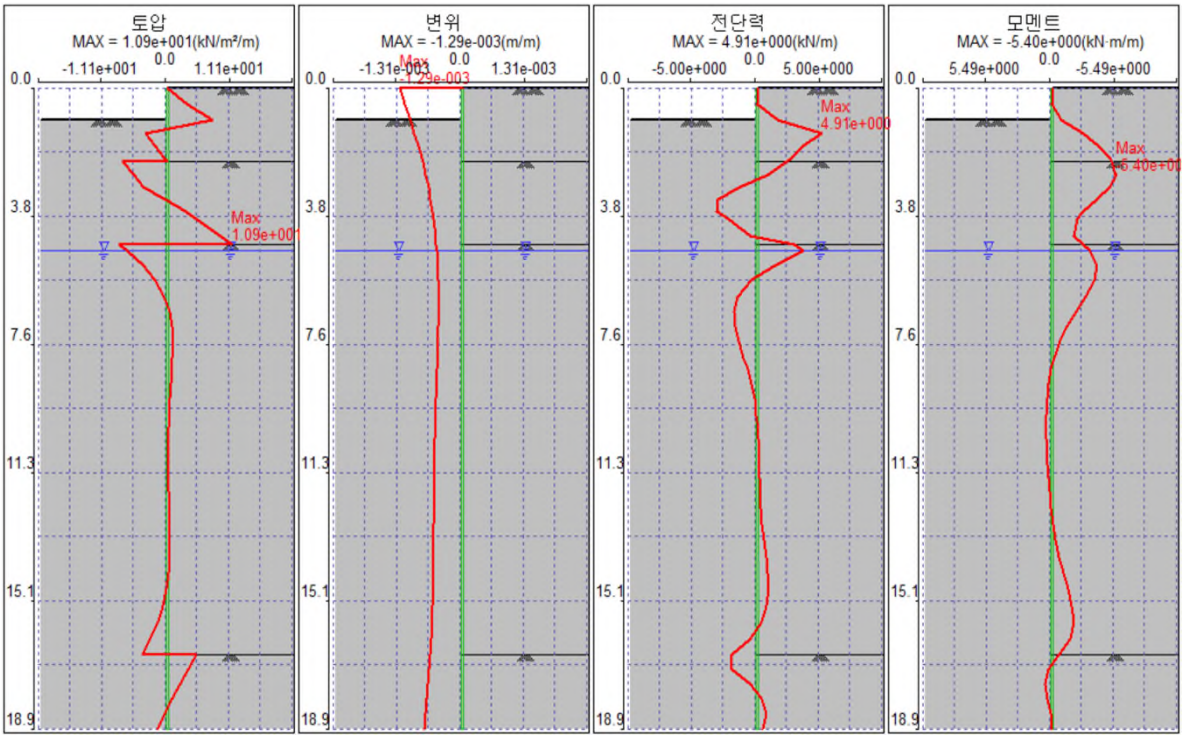
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.47 (m)	2.07 (m)	3.87 (m)	5.67 (m)	7.47 (m)
CS1 : 굴착 0.97 m	0.97	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.97	0.01	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.57 m	2.57	22.14	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.57	10.00	23.33	-	-	-
CS5 : 굴착 4.37 m	4.37	-3.68	75.78	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.37	1.08	57.31	23.33	-	-
CS7 : 굴착 6.17 m	6.17	-12.65	49.18	129.11	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	6.17	-10.06	50.45	109.04	23.33	-
CS9 : 굴착 7.97 m	7.97	-7.58	28.93	74.98	206.69	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.97	-7.80	31.49	78.43	183.01	23.33
CS11 : 굴착 9.67 m	9.67	-4.37	28.41	48.61	131.62	272.28
CS12 : 생성 Strut-5	9.67	-4.66	28.80	51.25	134.69	247.60
CS13 : 굴착 11.91 m	11.91	-4.02	33.86	49.36	60.73	135.07
CS14 : 해체1	11.91	-4.02	33.86	49.36	60.74	135.06
CS15 : 해체2	11.91	-1.81	29.18	28.42	58.58	367.35
CS16 : 해체3	11.91	-1.81	29.18	28.42	58.58	367.36
CS17 : 해체4	11.91	-1.34	8.16	11.01	286.89	-
CS18 : 해체5	11.91	-2.78	14.93	-	293.32	-
CS19 : 해체6	11.91	-2.78	14.93	-	293.32	-
TOTAL		22.14	75.78	129.11	293.32	367.36

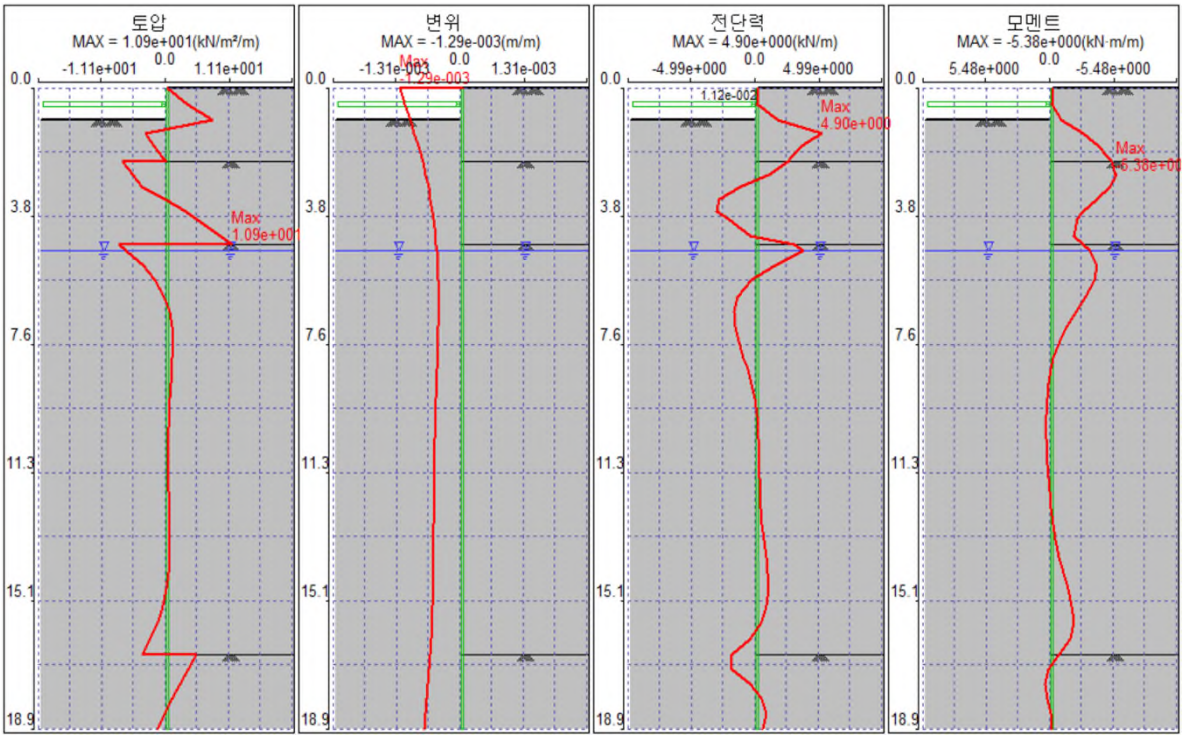
시공단계	굴착 깊이	Strut-5				
		9.17 (m)				
CS1 : 굴착 0.97 m	0.97	-				
CS2 : 생성 주형보	0.97	-				
CS3 : 굴착 2.57 m	2.57	-				
CS4 : 생성 Strut-1	2.57	-				
CS5 : 굴착 4.37 m	4.37	-				
CS6 : 생성 Strut-2	4.37	-				
CS7 : 굴착 6.17 m	6.17	-				
CS8 : 생성 Strut-3	6.17	-				
CS9 : 굴착 7.97 m	7.97	-				
CS10 : 생성 Strut-4	7.97	-				
CS11 : 굴착 9.67 m	9.67	-				
CS12 : 생성 Strut-5	9.67	23.33				
CS13 : 굴착 11.91 m	11.91	366.10				
CS14 : 해체1	11.91	366.00				
CS15 : 해체2	11.91	-				
CS16 : 해체3	11.91	-				
CS17 : 해체4	11.91	-				
CS18 : 해체5	11.91	-				
CS19 : 해체6	11.91	-				
TOTAL		366.10				

12.2 시공단계별 단면력도

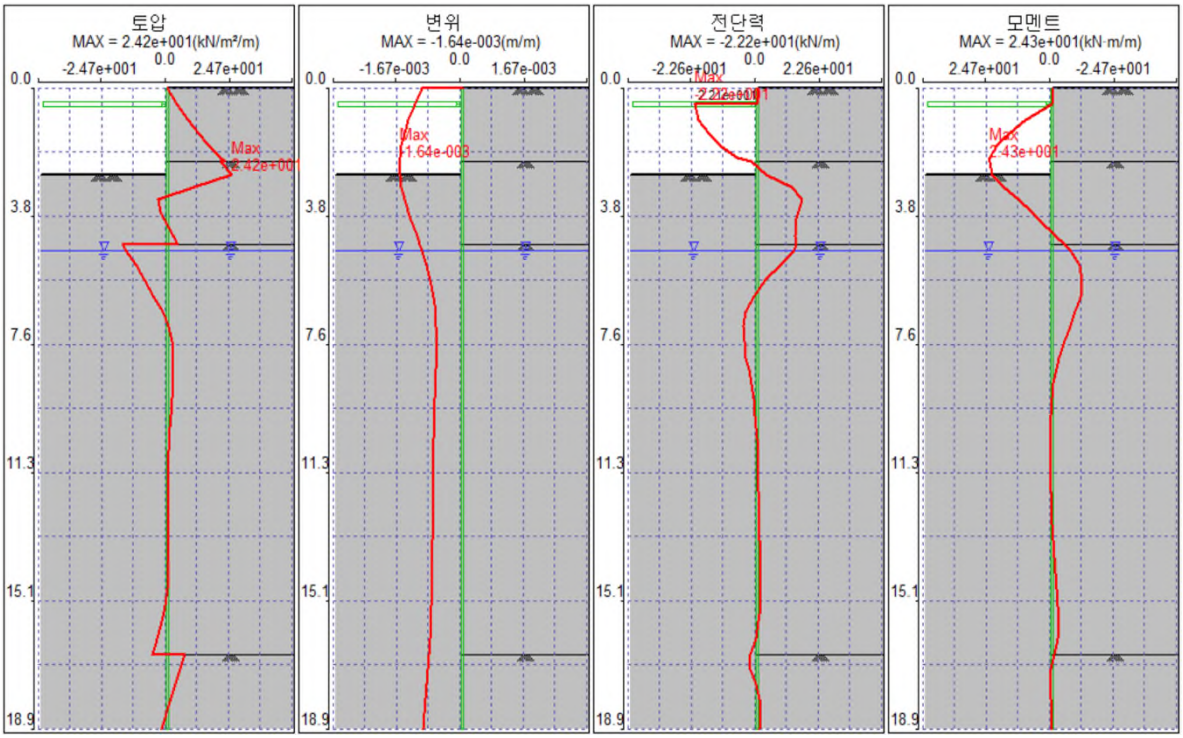
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.97 m]



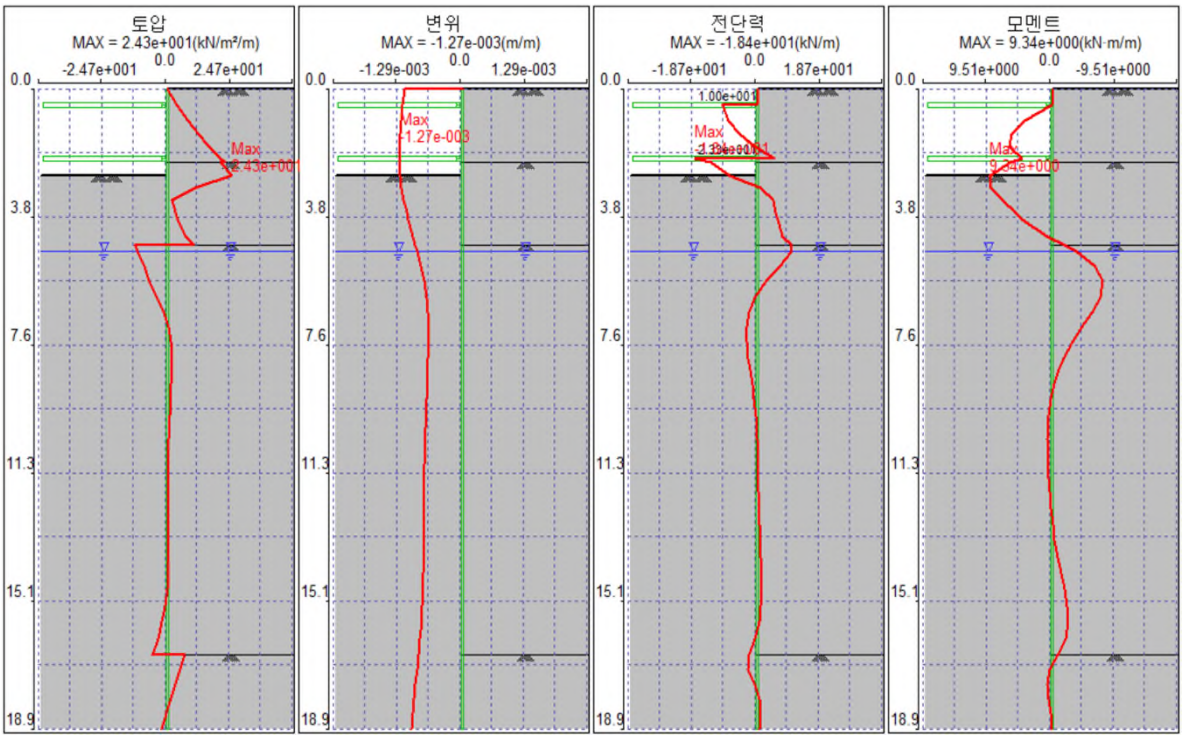
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



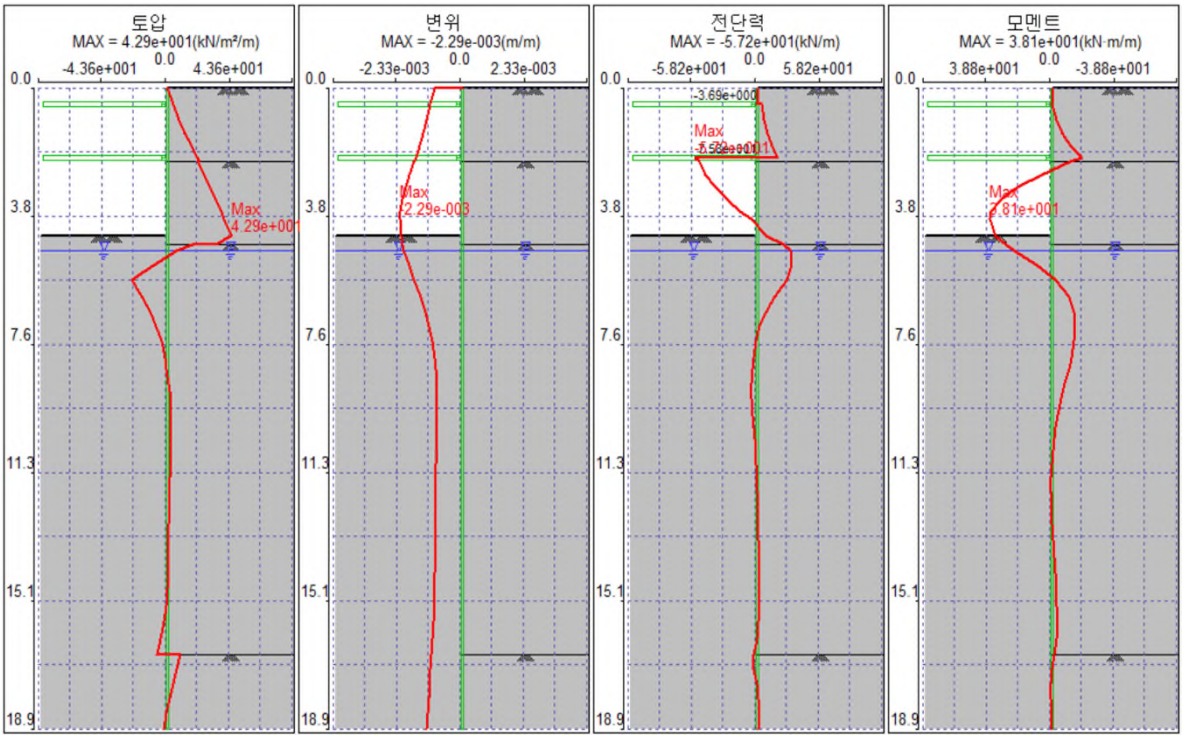
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.57 m]



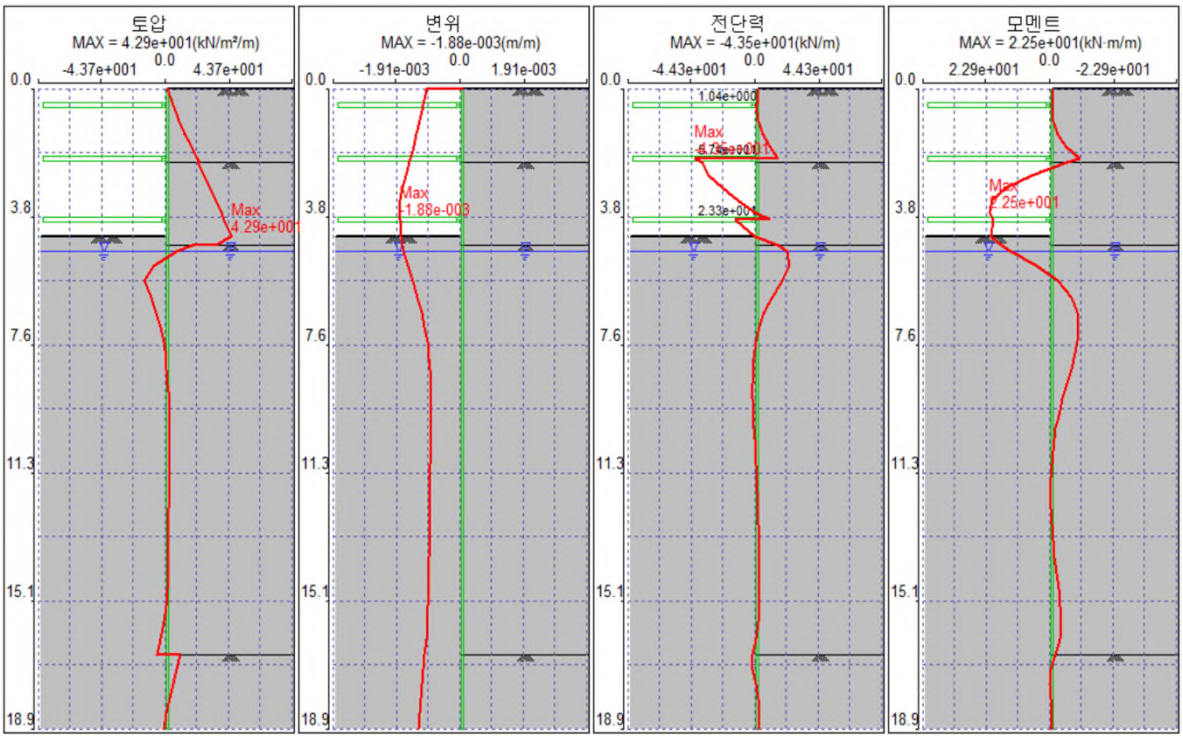
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



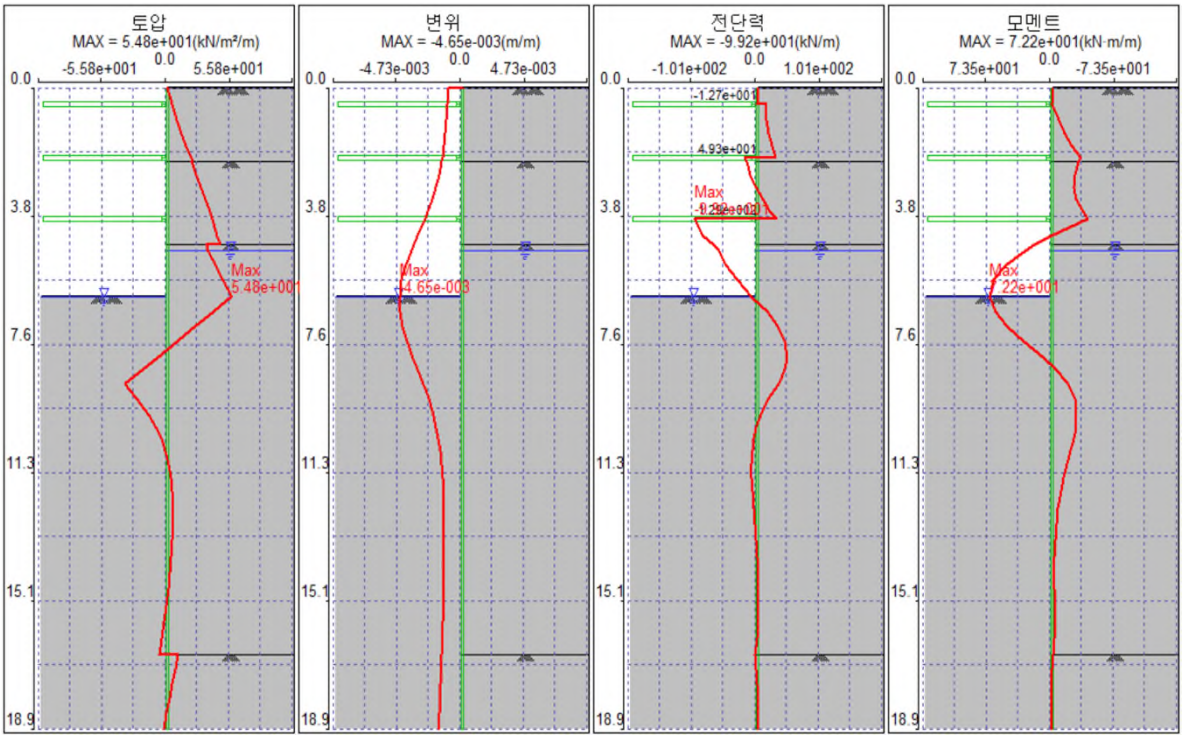
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.37 m]



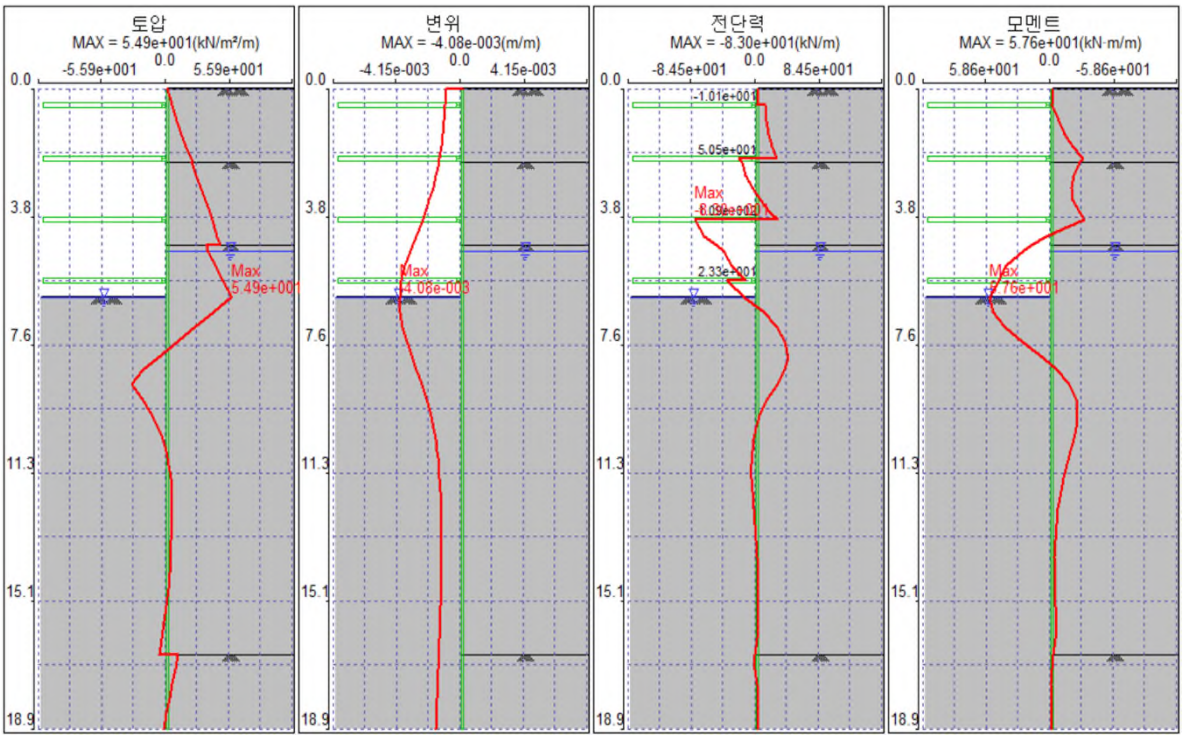
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



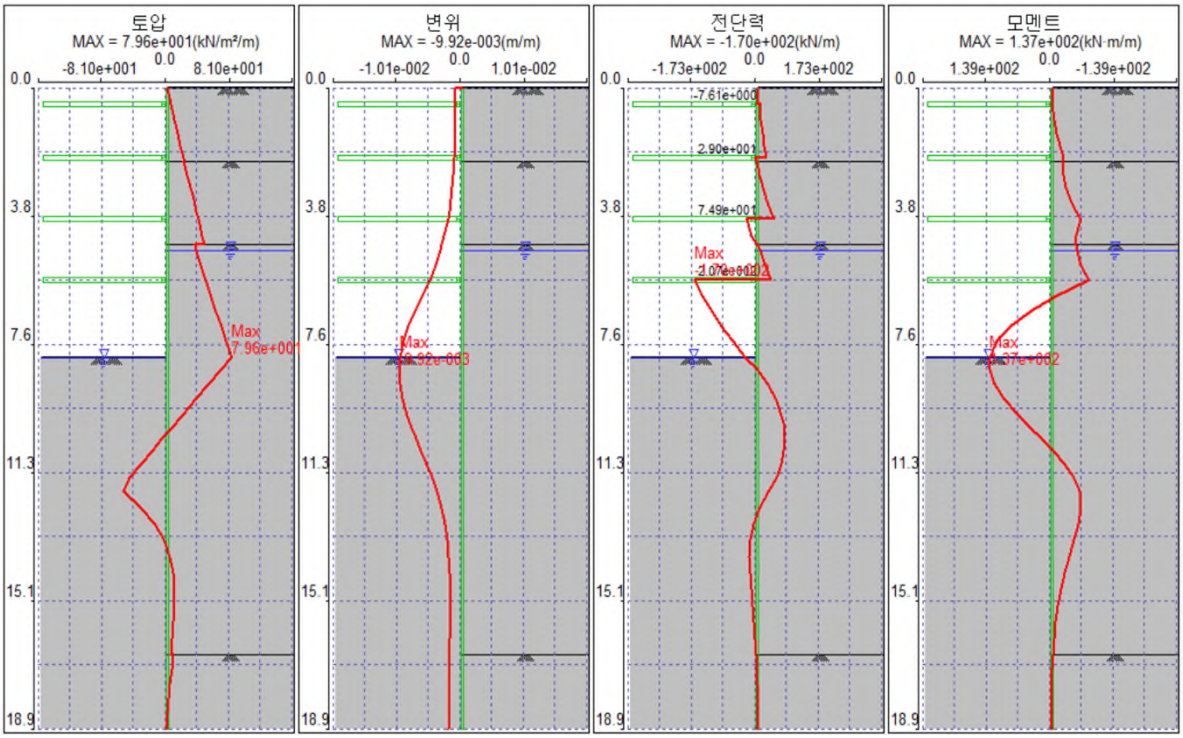
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.17 m]



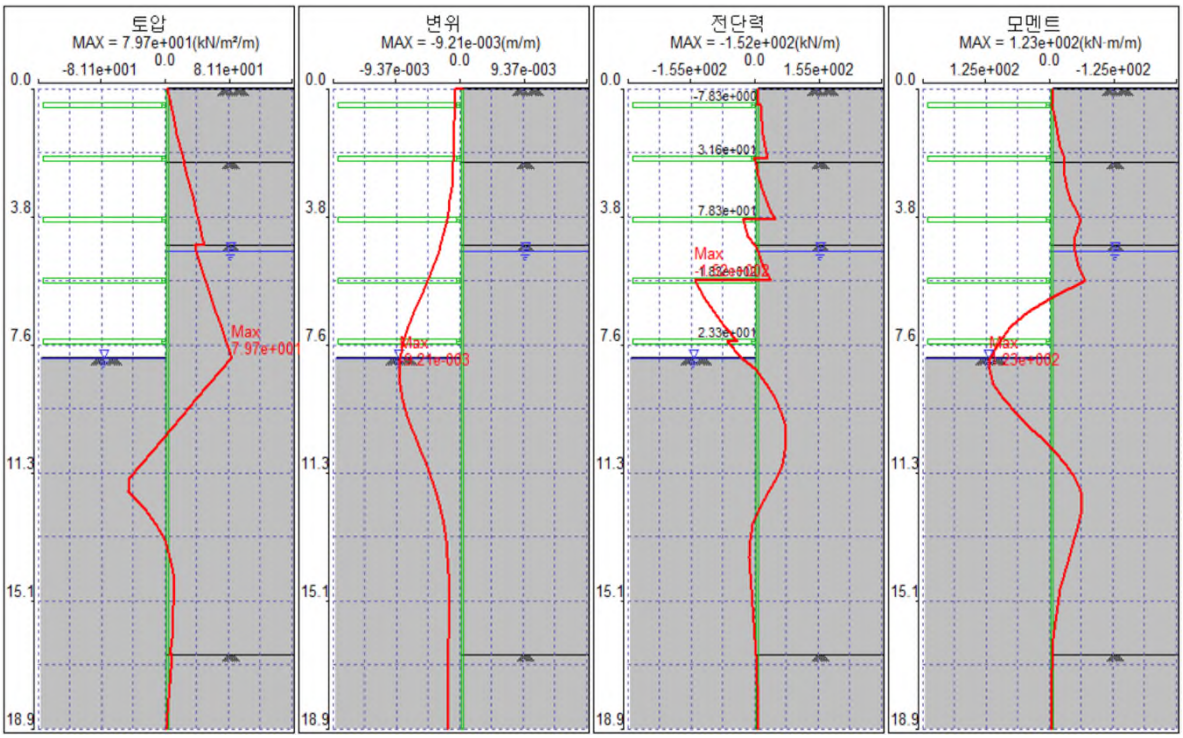
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



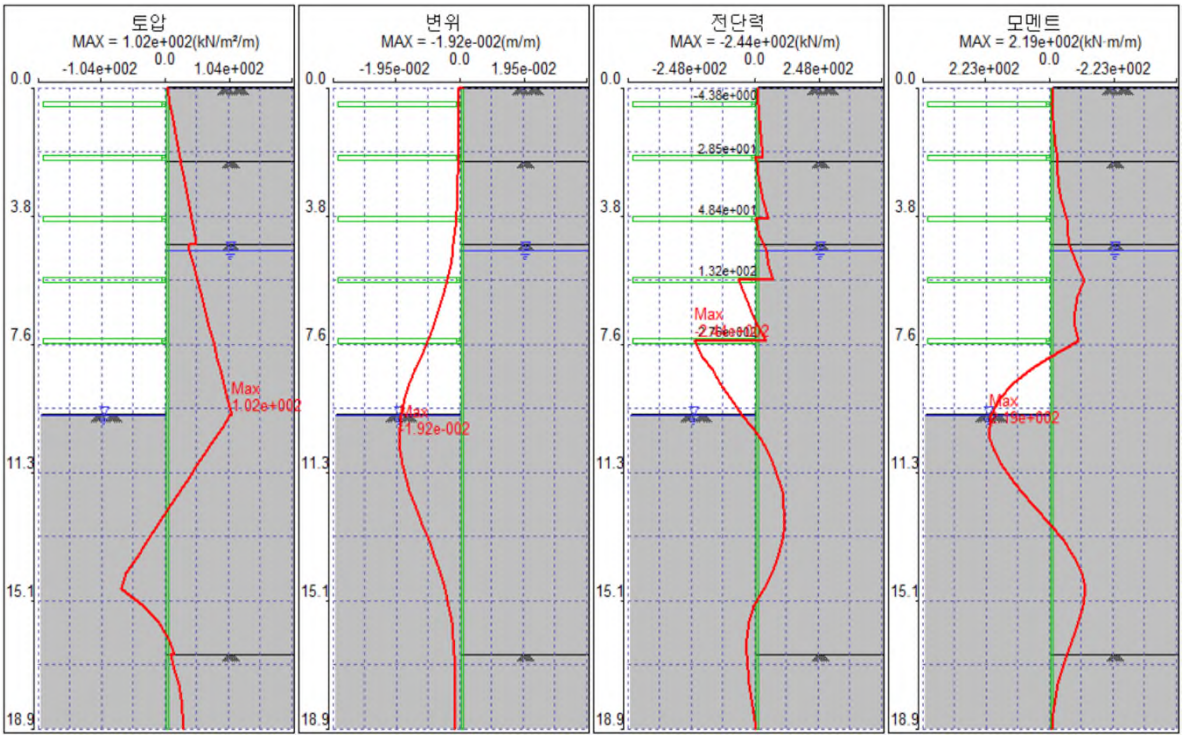
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.97 m]



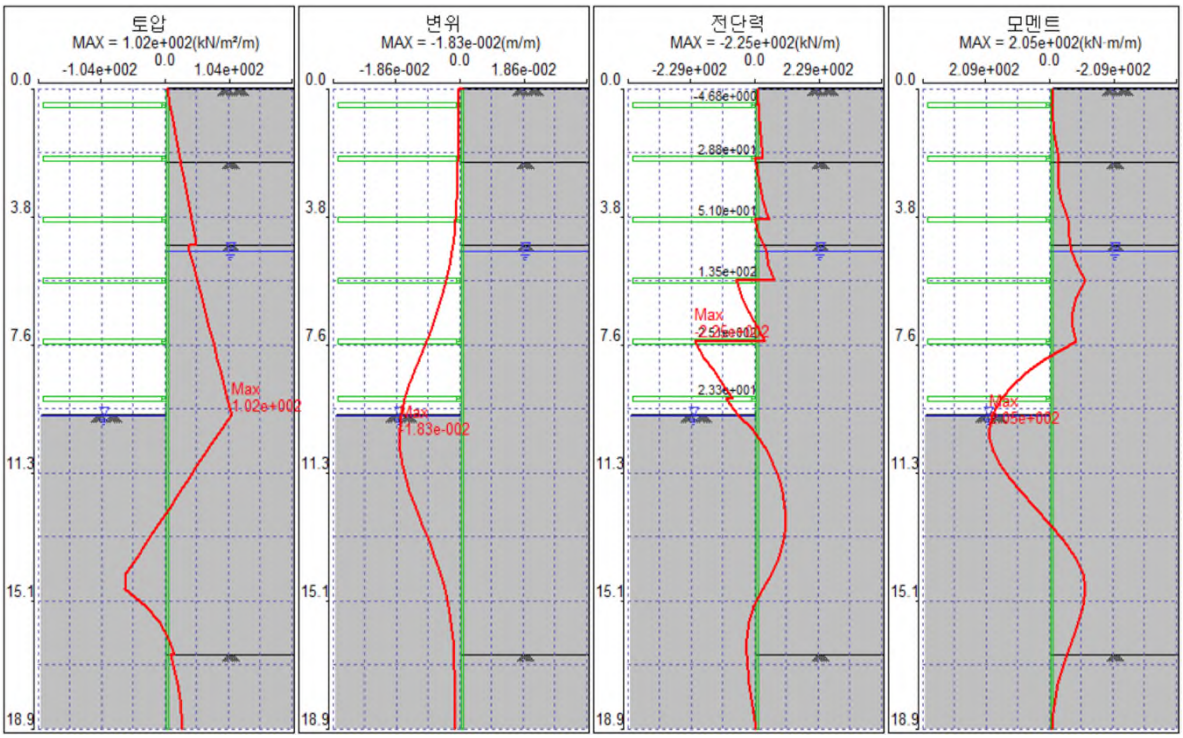
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



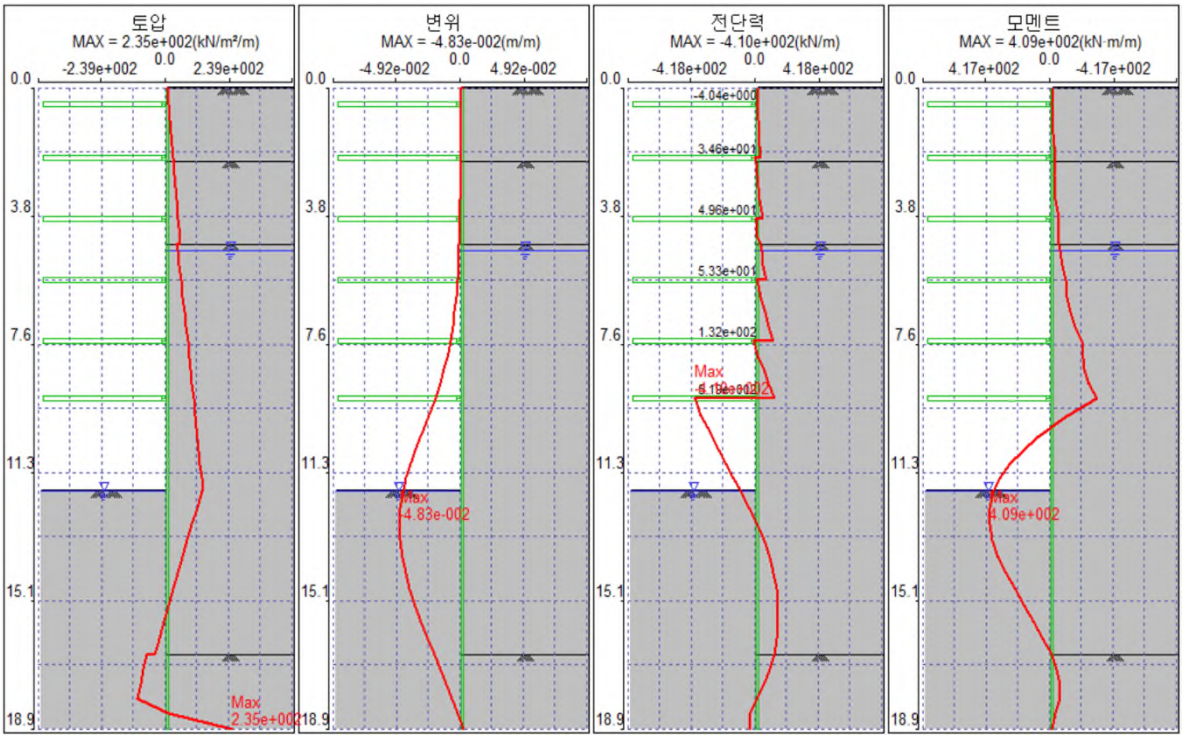
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.67 m]



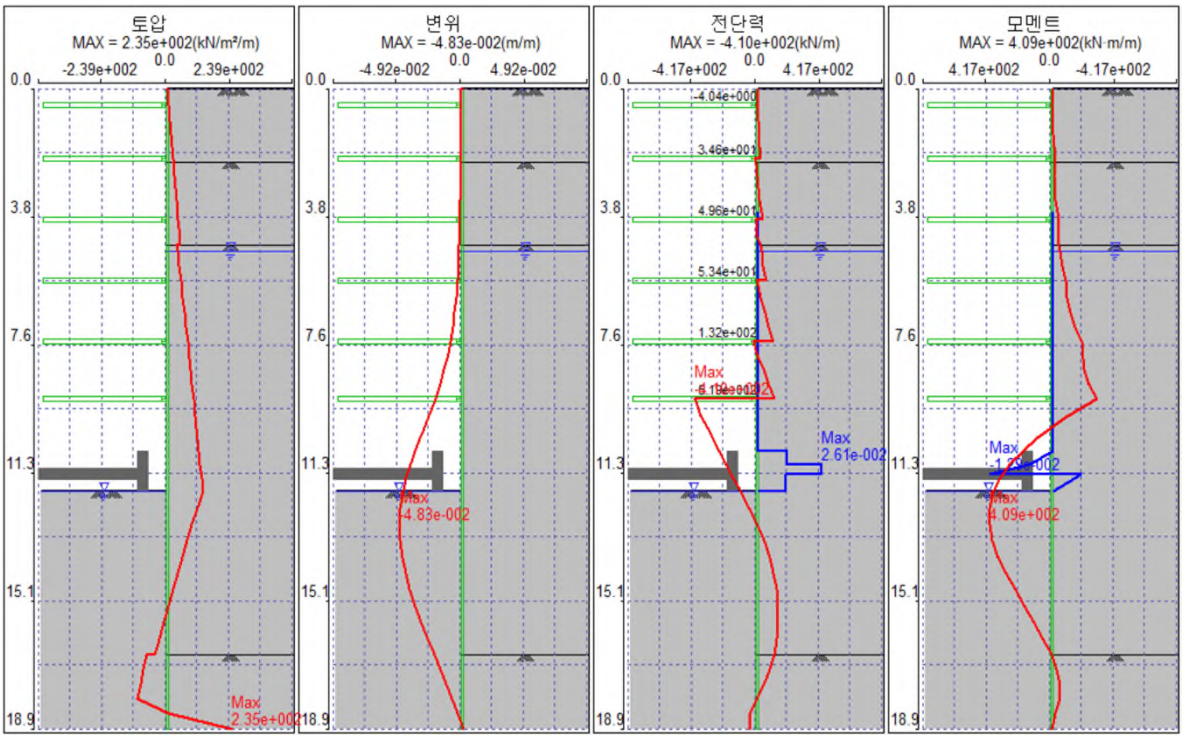
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



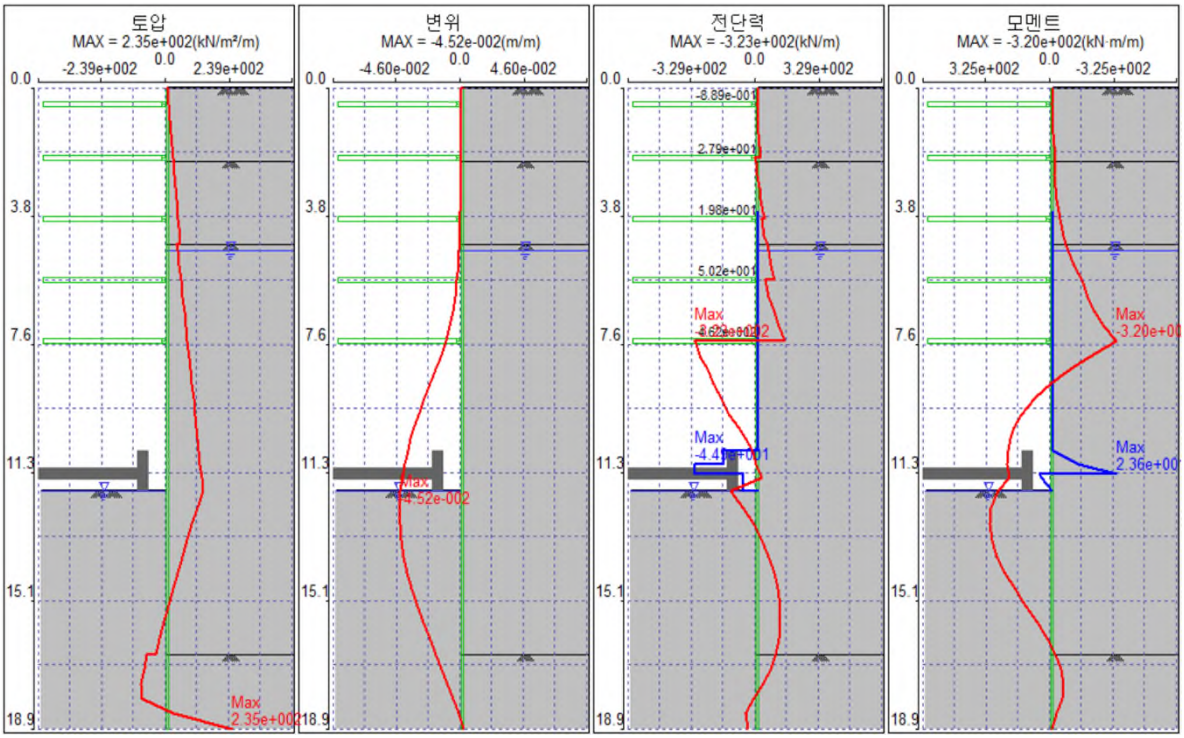
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.91 m]



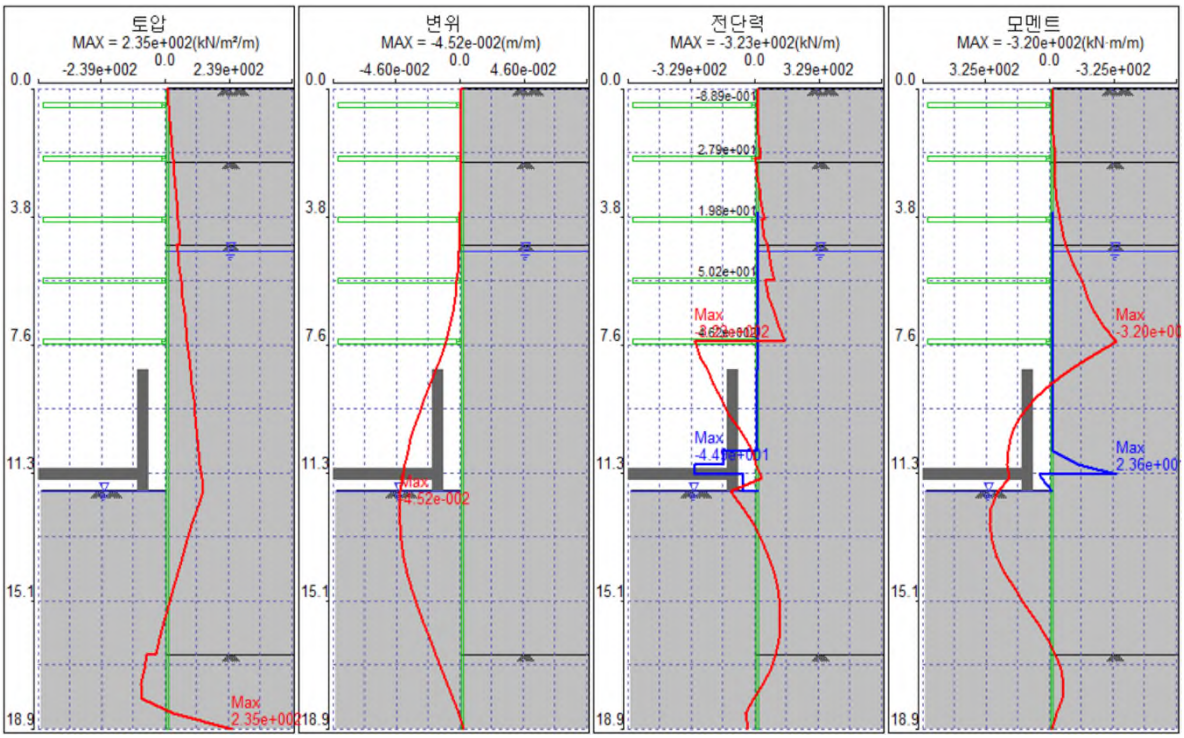
14) 시공 14 단계 [CS14 : 해체1]



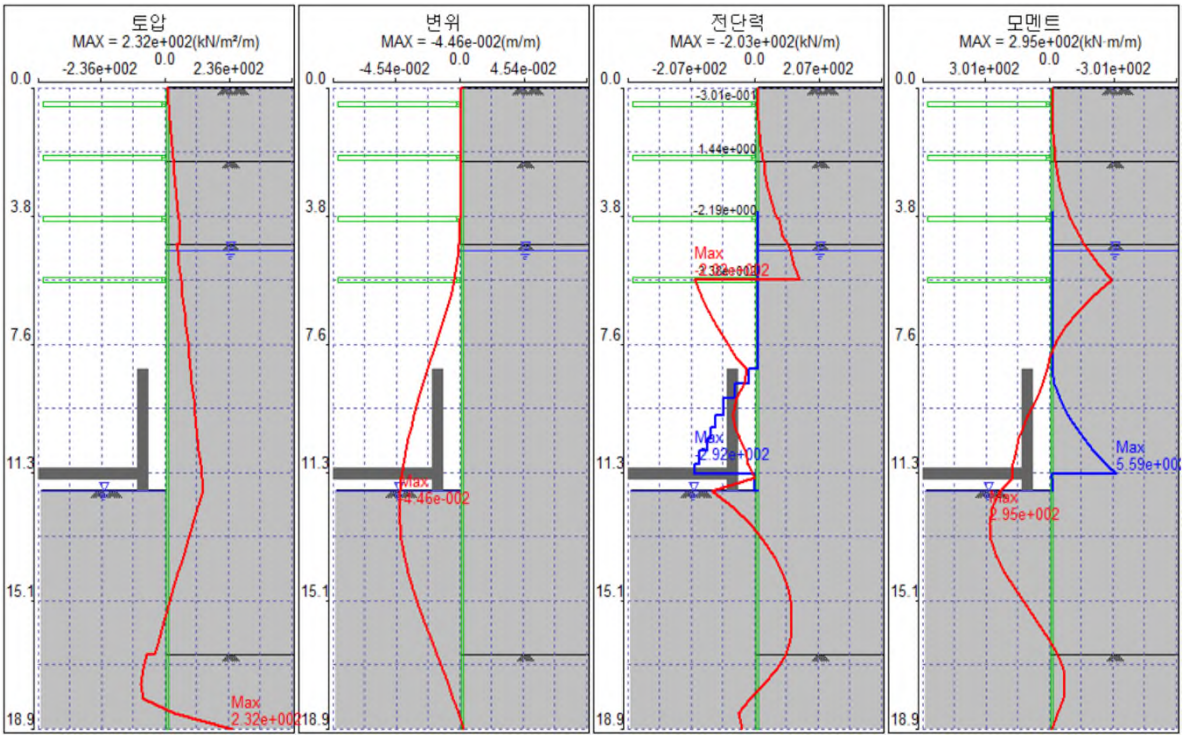
15) 시공 15 단계 [CS15 : 해체2]



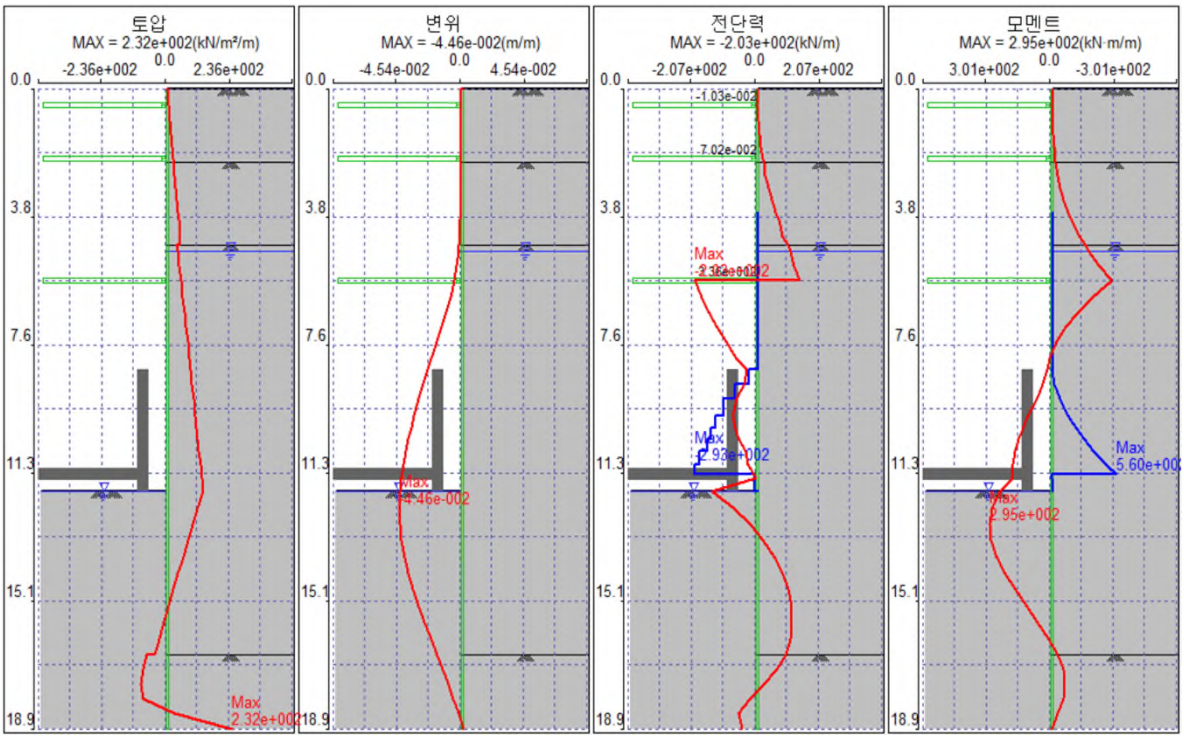
16) 시공 16 단계 [CS16 : 해체3]



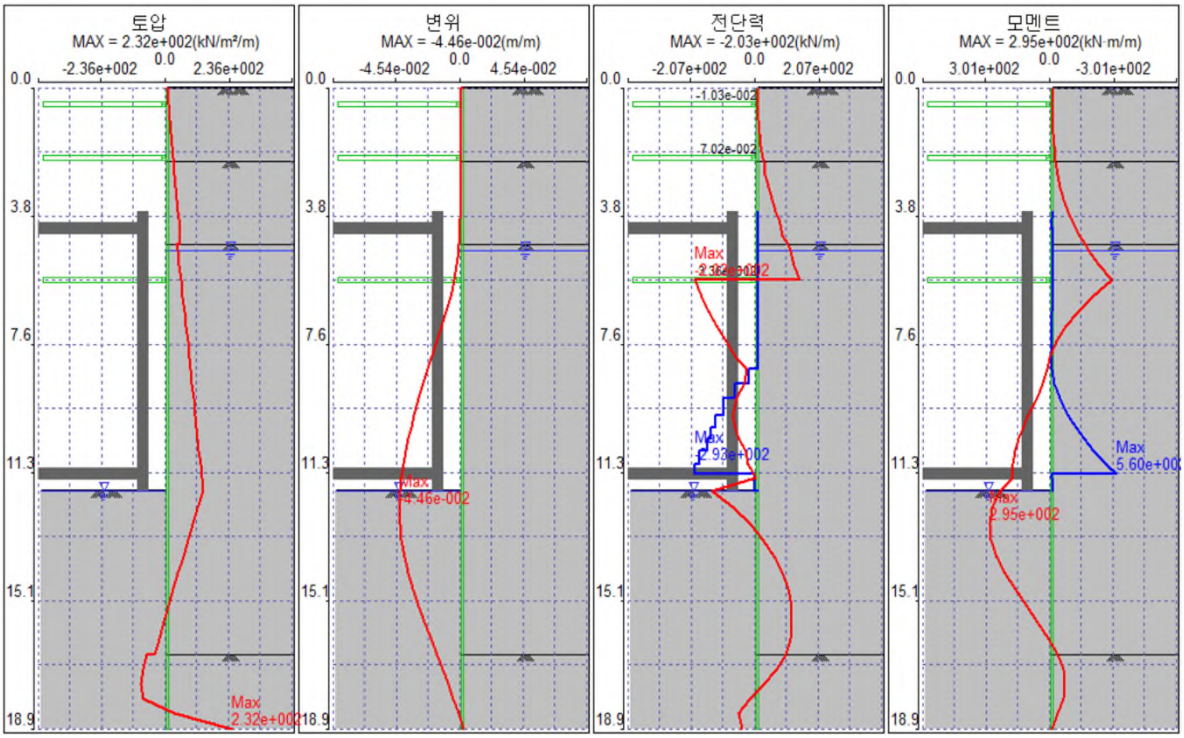
17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체4]



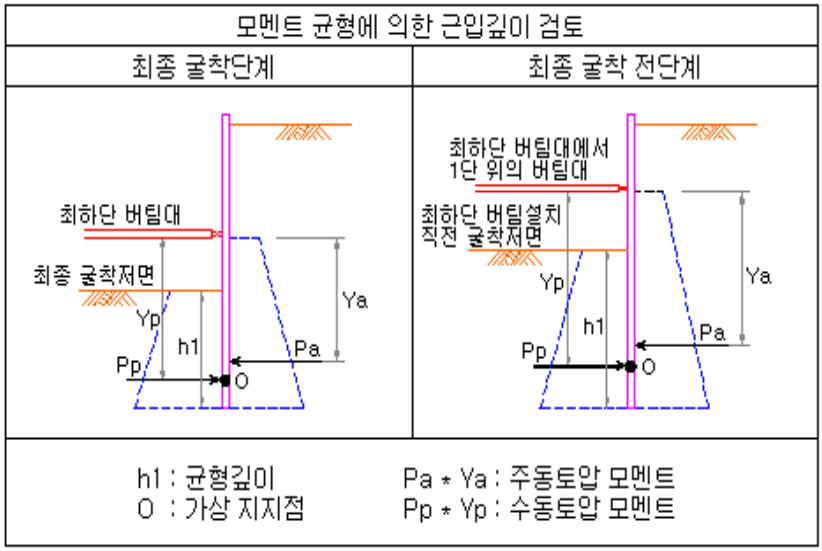
18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체5]



19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.697	7.000	7844.179	9432.265	1.202	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.187	9.240	11411.352	17829.444	1.562	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.17 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 267.995 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.456 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1134.443 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.571 m

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

Ma = (267.995 x 1.456) + (1134.443 x 6.571) = 7844.179 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1266.92 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.445 m

Mp = (Pp x Yp) = (1266.92 x 7.445) = 9432.265 kN · m

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

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 9432.265 / 7844.179 = 1.202

S.F. = 1.202 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -7.47 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 193.964 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.163 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1515.042 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.383 m

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

Ma = (193.964 x 1.163) + (1515.042 x 7.383) = 11411.352 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2132.893 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.359 m

Mp = (Pp x Yp) = (2132.893 x 8.359) = 17829.444 kN·m

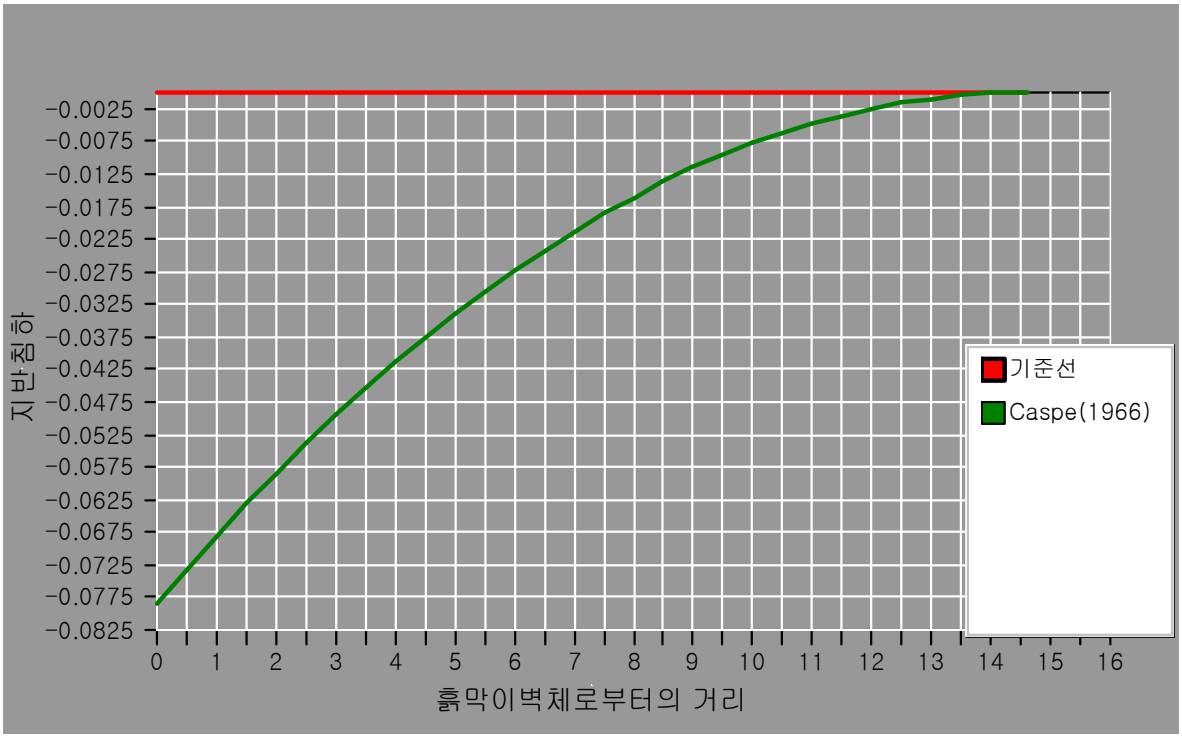
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 17829.444 / 11411.352 = 1.562

S.F. = 1.562 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.286 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 11.91 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 31.911 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 31.911/2) = 14.406 m

Ht = Hp + Hw = 14.406 + 11.91 = 26.316 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 26.316 x tan(45-31.911/2) = 14.614 m

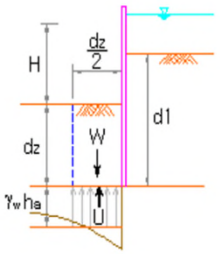
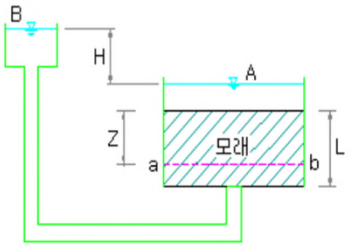
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.286 / 14.614 = -0.078 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.078 x ((14.614 - Xi) / 14.614)^2

12.5 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	84.000	269.500	3.208	0.255	1.100	4.308	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 2.4 x 7 / 2 = 84

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 84 = 3.208

S.F. = 3.208 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 4.8 / 18.8 = 0.255

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.255 = 4.308

S.F. = 4.308 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

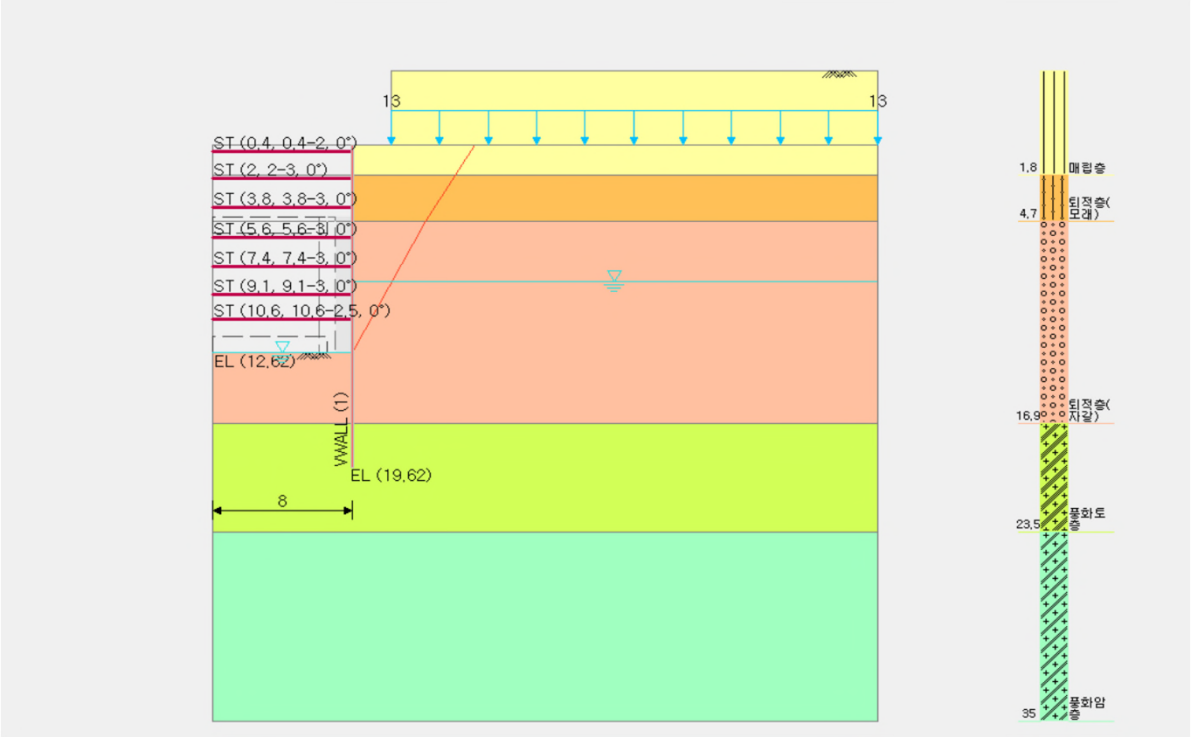
변 경

23. Ramp-D. 0+400~0+410.3(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
7.5 Strut 설계 (Strut-4)
7.6 Strut 설계 (Strut-5)
7.7 Strut 설계 (Strut-6)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
8.5 Strut-4 띠장 설계
8.6 Strut-5 띠장 설계
8.7 Strut-6 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 19.62m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.4, 0.4-2, 0°)
ST (2, 2-3, 0°)
ST (3.8, 3.8-3, 0°)
ST (5.6, 5.6-3, 0°)
ST (7.4, 7.4-3, 0°)
ST (9.1, 9.1-3, 0°)
ST (10.6, 10.6-2.5, 0°)
EL (12.62)
VWALL (1)
EL (19.62)
8
1.8
매립층
4.7
퇴적층(모래)
16.9
퇴적층(자갈)
23.5
풍화토층
35
풍화암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.40	휨응력	4.444	134.460	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	6.887	103.777	O.K		
		전단응력	1.888	108.000	O.K		
Strut-3 H 300x305x15/15	5.60	휨응력	17.778	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	84.301	111.713	O.K		
		전단응력	3.951	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	2.00	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.434	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.80	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.549	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	7.40	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	123.574	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-5 P 406.4x9	9.10	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	133.517	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-6 P 406.4x9	10.60	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	74.447	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 300x305x15/15	0.40	휨응력	6.762	182.334	O.K		
		전단응력	5.610	108.000	O.K		
Strut-1 H 300x305x15/15	2.00	휨응력	53.357	171.711	O.K		
		전단응력	29.511	108.000	O.K		
Strut-2 H 300x305x15/15	3.80	휨응력	91.482	171.711	O.K		
		전단응력	50.598	108.000	O.K		
Strut-3 H 440x300x11/18	5.60	휨응력	137.970	171.180	O.K	WEB보강,14.0mm*2	
		전단응력	34.735	108.000	O.K		
Strut-4 2H 300x305x15/15	7.40	휨응력	152.464	171.711	O.K		
		전단응력	84.326	108.000	O.K		
Strut-5 2H 300x305x15/15	9.10	휨응력	165.892	171.711	O.K		
		전단응력	91.752	108.000	O.K		
Strut-6 H 440x300x11/18	10.60	휨응력	97.263	171.180	O.K		
		전단응력	86.816	108.000	O.K		

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	65.502	141.117	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	54.364	119.835	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 19.62	휨응력	174.369	243.000	O.K	
		전단응력	25.976	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

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

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	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
		P 406.4x9	수평간격 :	2.50	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	2.50m ~ 3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

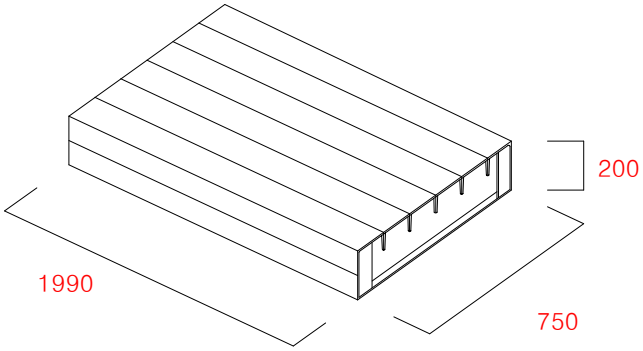
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

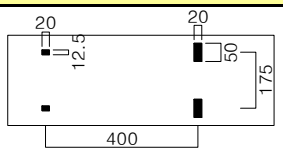
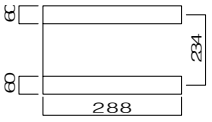
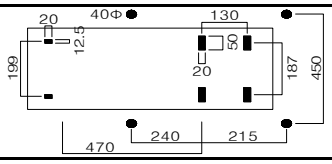
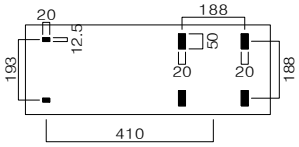
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

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

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

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

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

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

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

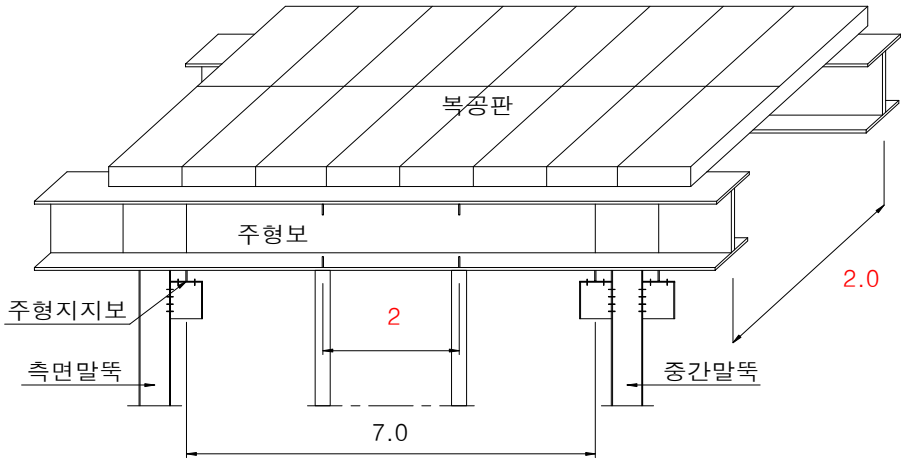
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

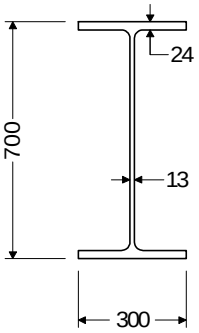
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

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

= 0.319 > 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

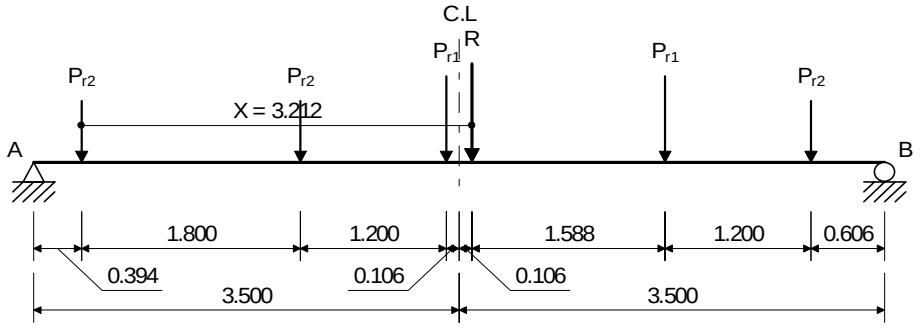
(3) 전륜하중

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

(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

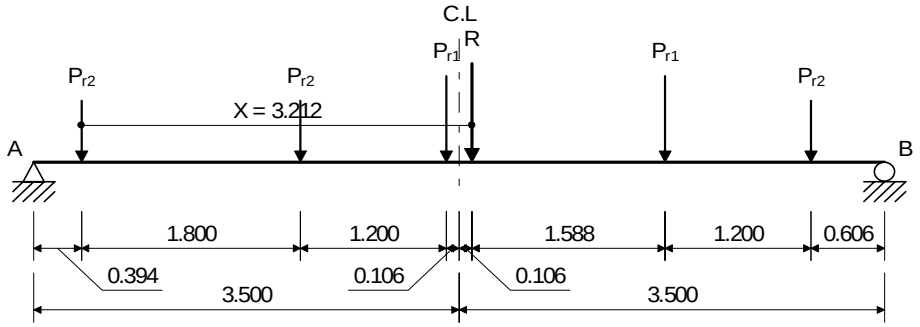
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

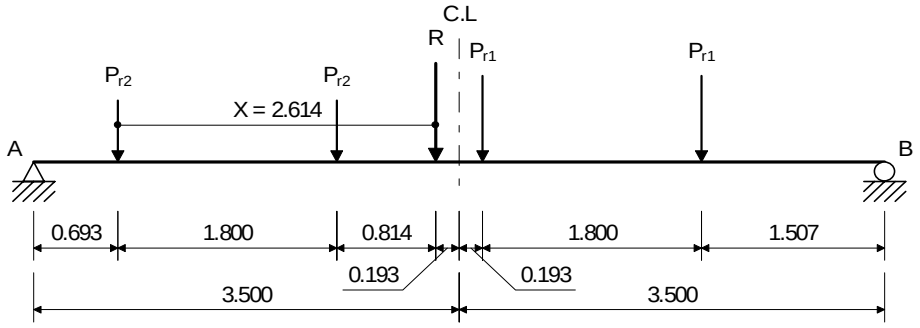
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

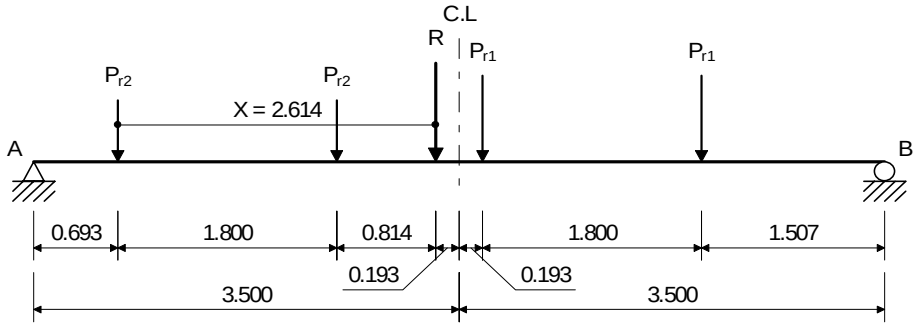


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

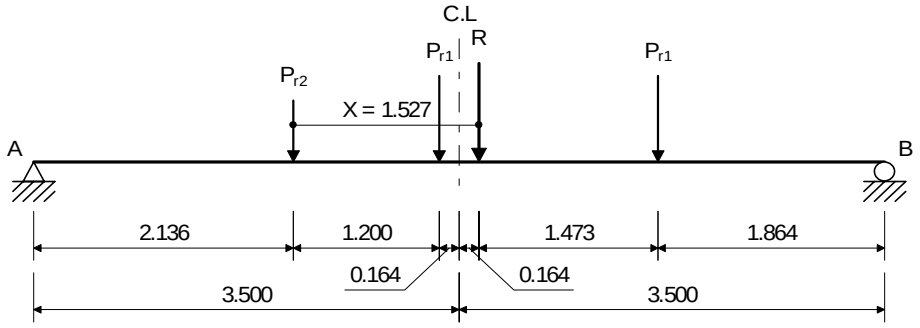
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

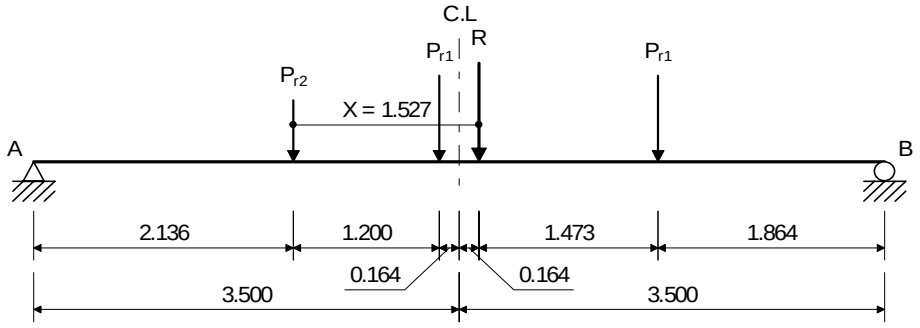


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

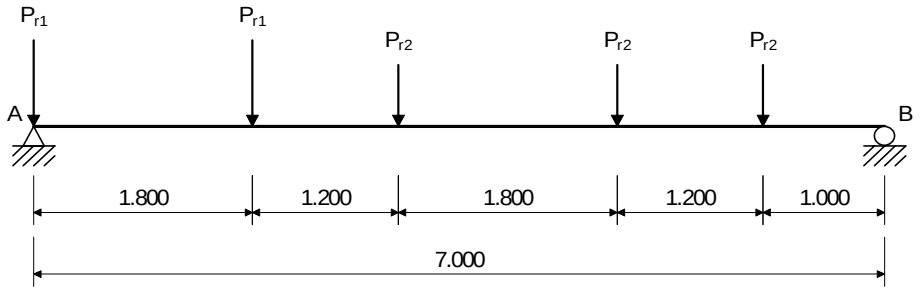


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

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

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

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

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

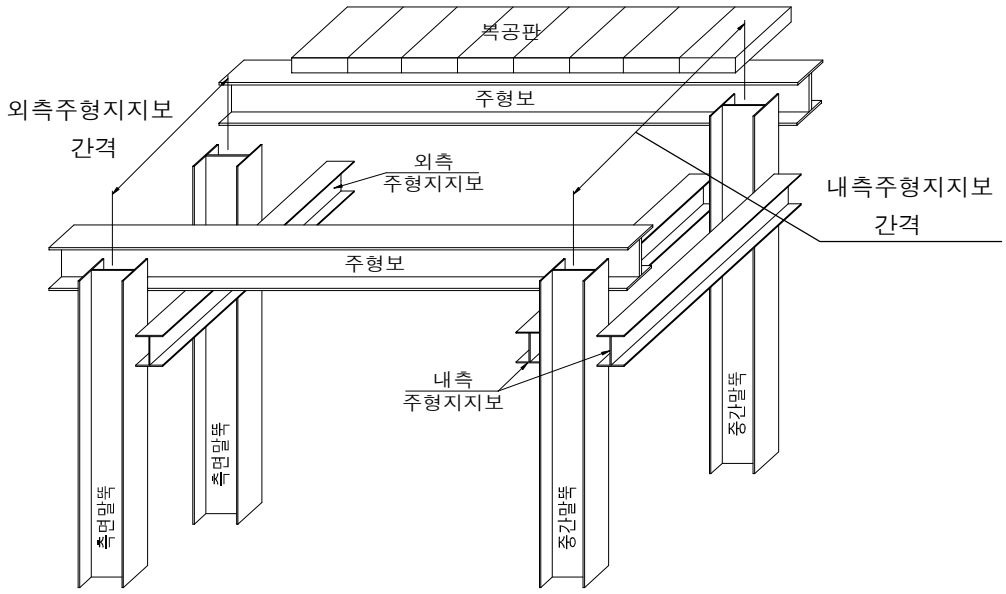
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

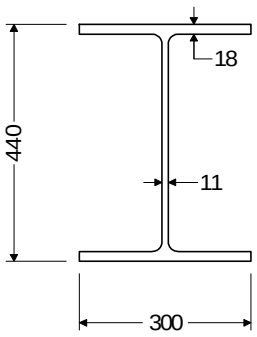
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

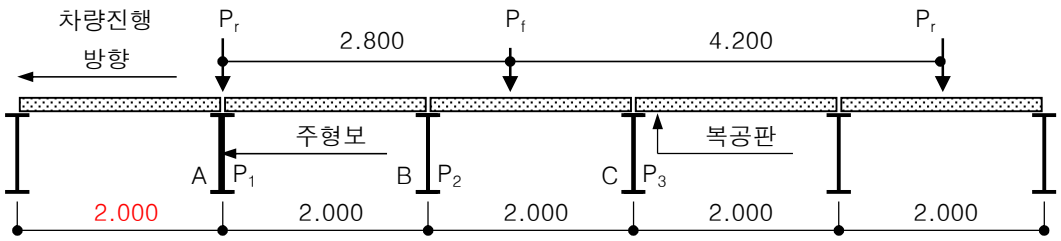


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



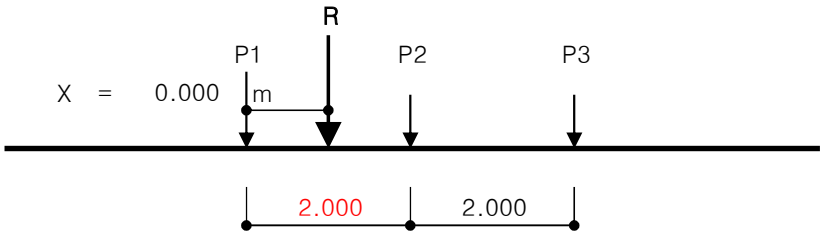
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

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

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

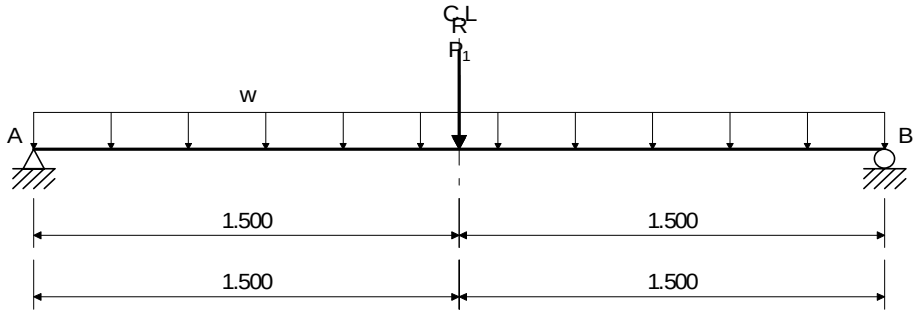


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

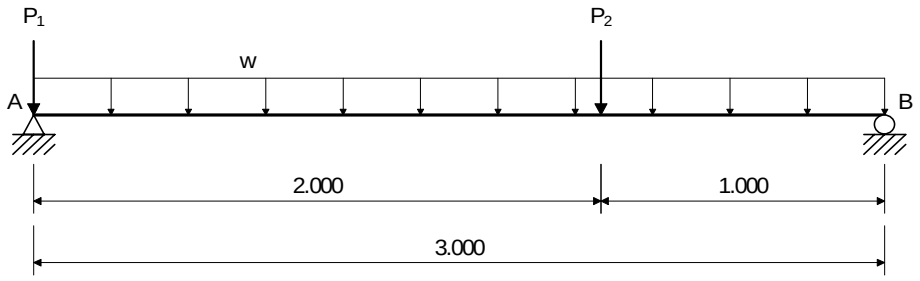
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

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

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357877 + 16000)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

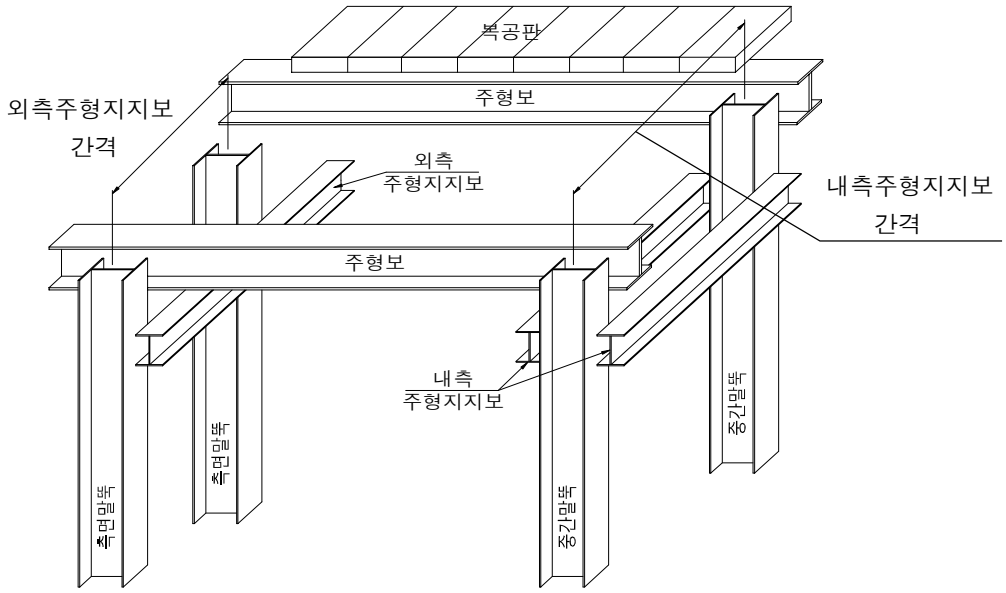
= 4.90 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.90 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

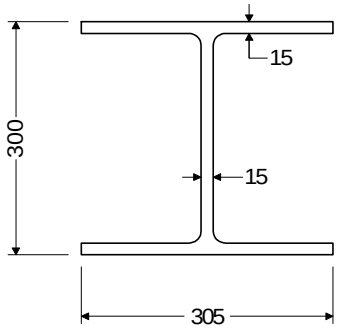
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

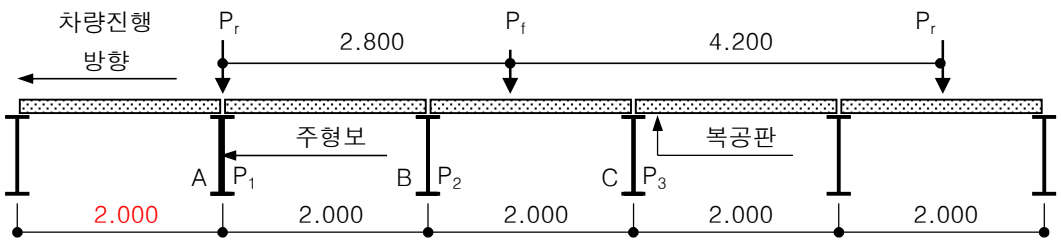


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



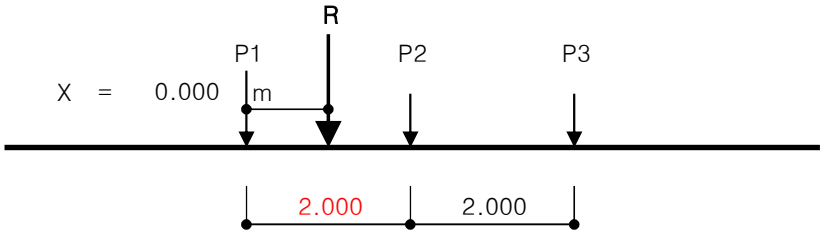
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

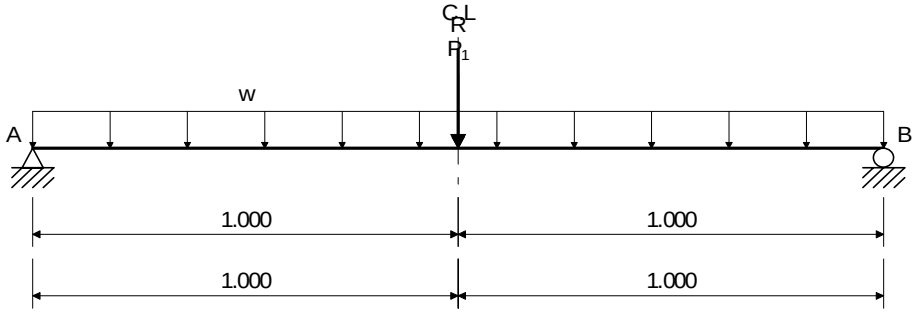


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

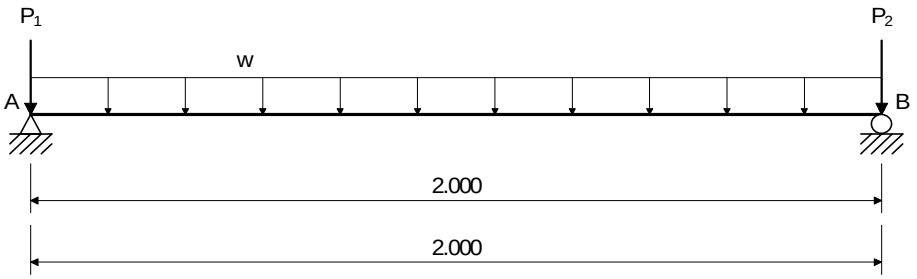
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (334761 + 16000)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.59 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.59 ea ---> O.K

7.지보재 설계

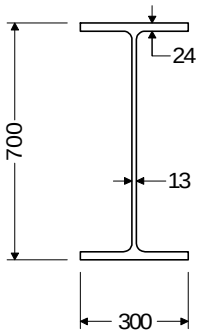
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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} = 21.098 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.5 m)
= 21.098 x 2.00 / 1 단
= 42.196 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 42.196 + 120.0 = 162.196 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 5760000.0 = 4.444 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 162.196 x 1000 / 23550 = 6.887 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 8476 = 1.888 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.502

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (11.332 − 2.443) / 11.332

= 0.784

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 293

21.843 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (21.843 − 20))

= 186.910 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 186.910 MPa

L_y / R_y = 6400 / 67.8

94.395 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 94.395²)

= 103.777 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 103.777 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 103.777 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 300

= 21.333 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.333 − 4.5))

= 134.460 MPa

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

= 134.460 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (21.843)²

= 3395.395 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 103.777$ MPa $> f_c = 6.887$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 134.460$ MPa $> f_b = 4.444$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa $> \tau = 1.888$ MPa ---> O.K

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

$$= \frac{6.887}{103.777} + \frac{4.444}{134.460 \times (1 - (6.887 / 3395.395))}$$

$$= 0.099 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 6.887 + \frac{4.444}{1 - (6.887 / 3395.395)}$$

$$= 11.341 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.099 , 0.060)

= 0.099 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{11.332}{103.777} + \left\{ \frac{1.888}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.109 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

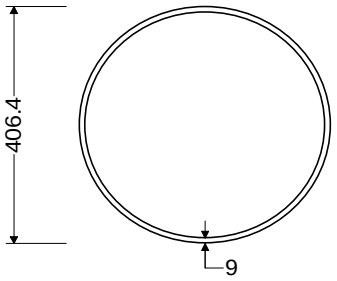
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 73.988 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.3 m)
= 73.988 x 3.00 / 1 단
= 221.965 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 221.965 + 120.0 = 341.965 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 \times 1000000 / 1092000.0 = 23.443$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 341.965 \times 1000 / 11236.2 = 30.434$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 2.847$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.087 x 9)

= 20.770 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.087

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (53.877 − 6.991) / 53.877

= 0.870 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 30.434 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{30.434}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (30.434 / 780.742))}$$

$$= 0.319 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 30.434 + \frac{23.443}{1 - (30.434 / 780.742)}$$

$$= 54.828 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.319 , 0.290)

= 0.319 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{53.877}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.337 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

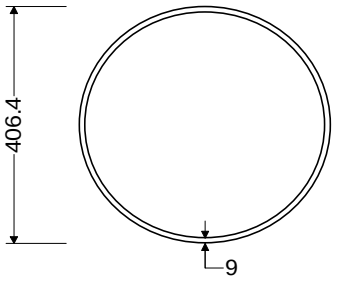
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 126.855 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.1 m)
= 126.855 x 3.00 / 1 단
= 380.566 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 380.566 + 120.0 = 500.566 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 \times 1000000 / 1092000.0 = 23.443$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 500.566 \times 1000 / 11236.2 = 44.549$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 2.847$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.069 x 9)

= 21.121 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.069

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (67.993 − 21.106) / 67.993

= 0.690 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 160.024$ MPa $> f_c = 44.549$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa $> f_b = 23.443$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa $> \tau = 2.847$ MPa ---> O.K

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

$$= \frac{44.549}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (44.549 / 780.742))}$$

$$= 0.410 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

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

$$= 44.549 + \frac{23.443}{1 - (44.549 / 780.742)}$$

$$= 69.411 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.410 , 0.367)

= 0.410 < 1.0 ---> O.K

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

$$= \frac{67.993}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.426 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

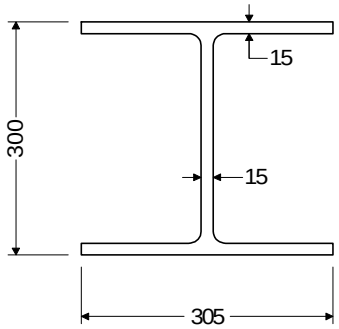
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 338.794 kN/m ---> Strut-3 (CS20 : 해체5)
= 338.794 x 3.00 / 1 단
= 1016.381 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1016.381 + 120.0 = 1136.381 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1440000.0 = 17.778 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1136.381 x 1000 / 13480 = 84.301 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 4050 = 3.951 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

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

= 1.124

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (102.079 - 66.523) / 102.079$

= 0.348

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 111.713 MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 111.713$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

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

= 135.593 MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (50.794)^2$

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 84.301 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 17.778 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.951 MPa ---> O.K

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

$= \dfrac{84.301}{111.713} + \dfrac{17.778}{135.593 \times (1 - (84.301 / 627.908))}$

= 0.906 < 1.0 ---> O.K

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

$= 84.301 + \dfrac{17.778}{1 - (84.301 / 627.908)}$

= 104.836 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.906 , 0.555)

= 0.906 < 1.0 ---> O.K

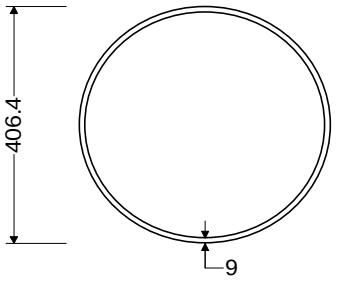
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 422.834 kN/m ---> Strut-4 (CS19 : 해체4)
= 422.834 x 3.00 / 1 단
= 1268.501 kN

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

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1268.501 + 120.0 = 1388.501 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1388.501 x 1000 / 11236.2 = 123.574 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.032 x 9)

= 21.880 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.032

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (147.017 − 100.131) / 147.017

= 0.319 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

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

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 123.574 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

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

$$= \frac{123.574}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (123.574 / 780.742))}$$

$$= 0.920 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 123.574 + \frac{23.443}{1 - (123.574 / 780.742)}$$

$$= 151.425 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.920 , 0.801)

= 0.920 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{147.017}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.919 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

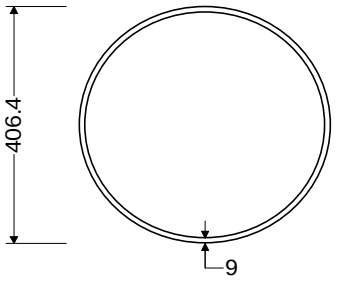
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 460.073 kN/m ---> Strut-5 (CS16 : 해체1)
= 460.073 x 3.00 / 1 단
= 1380 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1380 + 120.0 = 1500 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1500.219 x 1000 / 11236.2 = 133.517 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.030 x 9)

= 21.923 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.030

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (156.960 − 110.073) / 156.960

= 0.299 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 133.517 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{133.517}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (133.517 / 780.742))}$$

$$= 0.984 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 133.517 + \frac{23.443}{1 - (133.517 / 780.742)}$$

$$= 161.796 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.984 , 0.856)

= 0.984 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{156.960}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.982 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

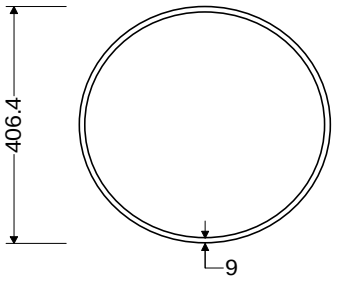
7.7 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.50 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 286.601 kN/m ---> Strut-6 (CS15 : 굴착 12.62 m)
= 286.601 x 2.50 / 1 단
= 716.503 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 716.503 + 120.0 = 836.503 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 836.503 x 1000 / 11236.2 = 74.447 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.048 x 9)

= 21.546 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.048

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (97.890 − 51.004) / 97.890

= 0.479 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 74.447 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{74.447}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (74.447 / 780.742))}$$

$$= 0.602 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 74.447 + \frac{23.443}{1 - (74.447 / 780.742)}$$

$$= 100.361 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.602 , 0.531)

= 0.602 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{97.890}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.612 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

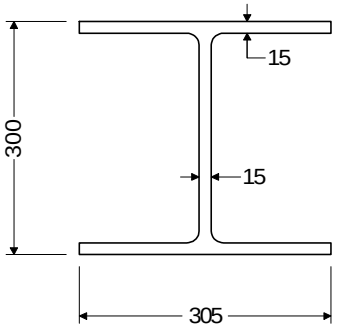
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

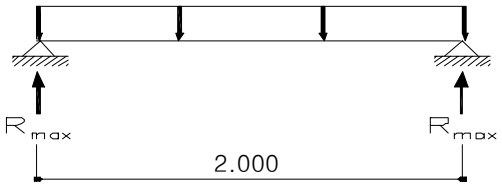
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 21.098 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.5 m)

P = 21.098 × 2.00 m / 1 ea = 42.196 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 42.196 / (13 × 2.000)
= 19.475 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 19.475 × 2.000^2 / 8
= 9.737 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 19.475 × 2.000 / 12
= 22.721 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 9.737 x 1000000 / 1440000.0 = 6.762 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 22.721 x 1000 / 4050 = 5.610 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (6.762 + 6.762) / 6.762$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 6.762 MPa ---> O.K

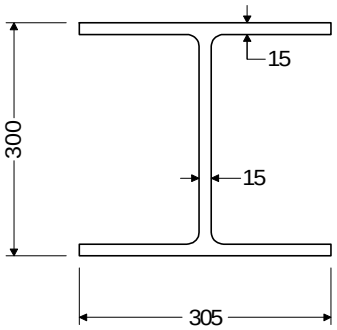
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 5.610 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

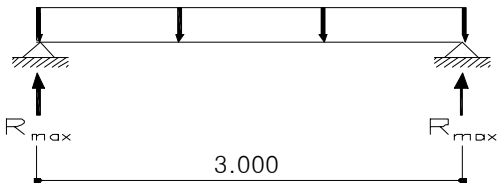
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 73.988 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.3 m)

$P = 73.988 \times 3.00\ m / 1\ ea = 221.965\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 221.965 / (13 \times 3.000)$
$= 68.297\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 68.297 \times 3.000^{2} / 8$
$= 76.834\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 68.297 \times 3.000 / 12$
$= 119.520\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 76.834 \times 1000000 / 1440000.0 = 53.357$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 119.520 \times 1000 / 4050 = 29.511$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (53.357 + 53.357) / 53.357$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 53.357$ MPa ---> O.K

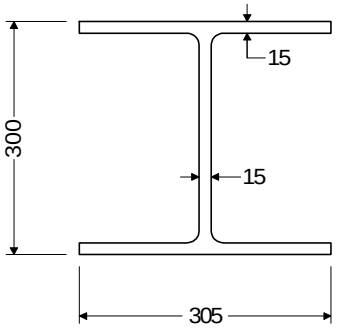
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 29.511$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

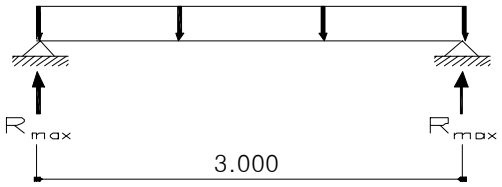
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 126.855 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.1 m)

P = 126.855 × 3.00 m / 1 ea = 380.566 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 380.566 / (13 × 3.000)
= 117.097 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 117.097 × 3.000^2 / 8
= 131.734 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 117.097 × 3.000 / 12
= 204.920 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 131.734 x 1000000 / 1440000.0 = 91.482 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 204.920 x 1000 / 4050 = 50.598 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (91.482 + 91.482) / 91.482$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 91.482 MPa ---> O.K

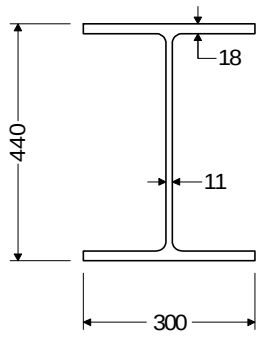
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 50.598 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

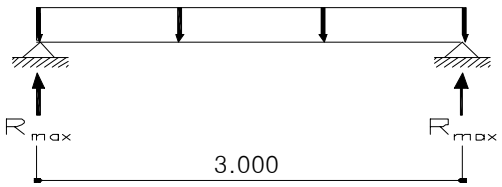
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 338.794 kN/m ---> Strut-3 (CS20 : 해체5)

$P = 338.794 \times 3.00\ m / 1\ ea = 1016.381\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 1016.381 / (13 \times 3.000)$
$= 312.732\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 312.732 \times 3.000^{2} / 8$
$= 351.824\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 312.732 \times 3.000 / 12$
$= 547.282\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 351.824 \times 1000000 / 2550000.0 = 137.970$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 547.282 \times 1000 / 4444 = 123.151$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (137.970 + 137.970) / 137.970$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.180$ MPa > $f_b = 137.970$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa < $\tau = 123.151$ MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 14 x 2 = ####### mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 547281.810 / 15756.000 = 34.735 MPa

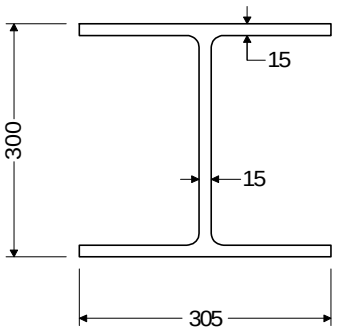
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 34.735 MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

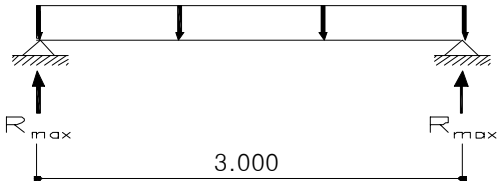
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 422.834 kN/m ---> Strut-4 (CS19 : 해체4)

P = 422.834 × 3.00 m / 2 ea = 634.251 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)

= 12 × 634.251 / (13 × 3.000)

= 195.154 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8

= 195.154 × 3.000 ^{2} / 8

= 219.548 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12

= 7 × 195.154 × 3.000 / 12

= 341.520 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 219.548 x 1000000 / 1440000.0 = 152.464 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 341.520 x 1000 / 4050 = 84.326 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (152.464 + 152.464) / 152.464

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 152.464 MPa ---> O.K

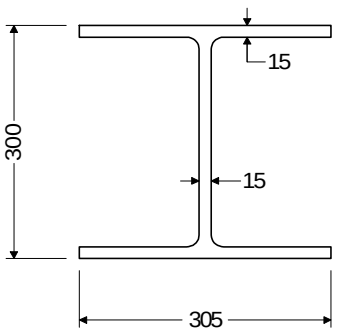
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 84.326 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

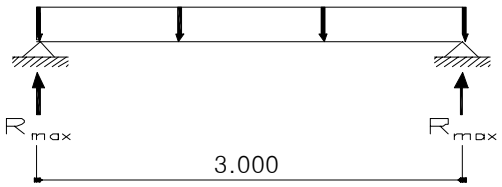
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 460.073 kN/m ---> Strut-5 (CS16 : 해체1)

P = 460.073 × 3.00 m / 2 ea = 690.109 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 690.109 / (13 × 3.000)
= 212.341 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 212.341 × 3.000^2 / 8
= 238.884 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 212.341 × 3.000 / 12
= 371.597 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 238.884 x 1000000 / 1440000.0 = 165.892 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 371.597 x 1000 / 4050 = 91.752 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 $Φ^2$ + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (165.892 + 165.892) / 165.892
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 165.892 MPa ---> O.K

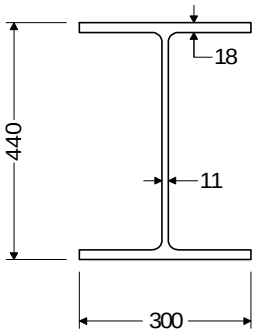
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 91.752 MPa ---> O.K

8.7 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

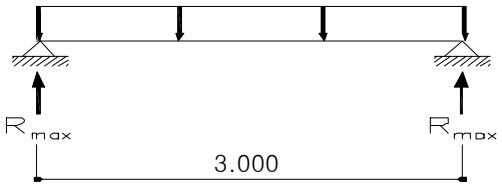
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 286.601 kN/m ---> Strut-6 (CS15 : 굴착 12.62 m)

P = 286.601 × 2.50 m / 1 ea = 716.503 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 716.503 / (13 × 3.000)
= 220.463 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 220.463 × 3.000 ^{2} / 8
= 248.020 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 220.463 × 3.000 / 12
= 385.809 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 248.020 x 1000000 / 2550000.0 = 97.263 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 385.809 x 1000 / 4444 = 86.816 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (97.263 + 97.263) / 97.263

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 97.263 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 86.816 MPa ---> O.K

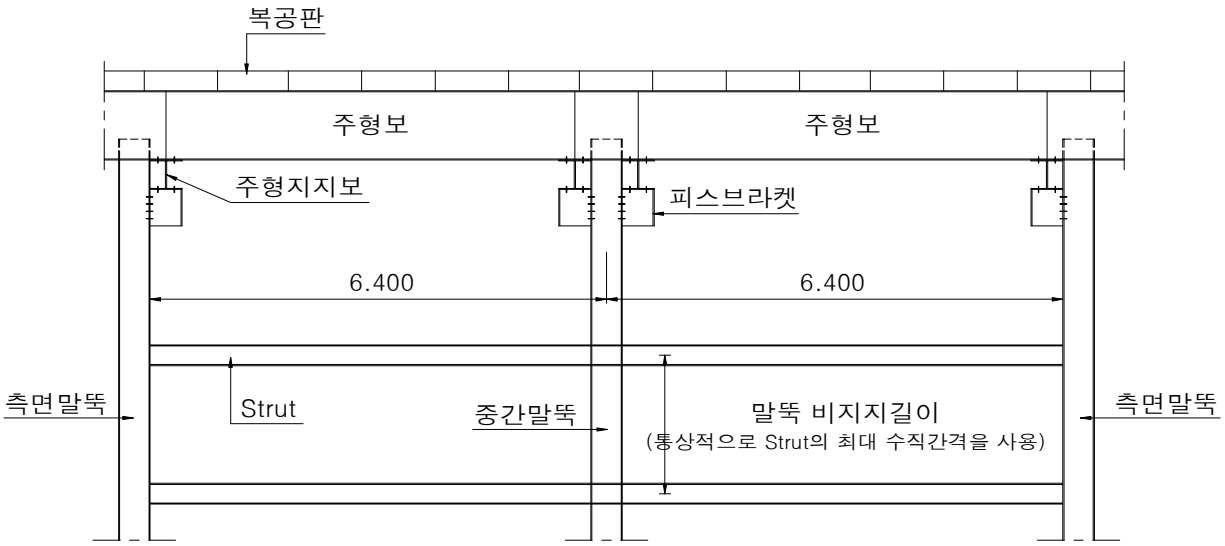
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.400 + 6.400 = 12.800 m

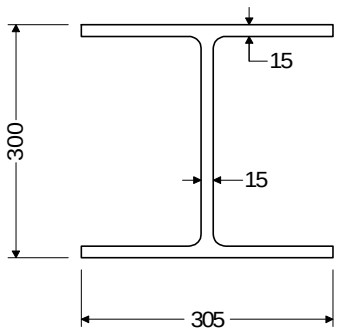
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 20.800 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 105.024 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 9.810 kN

ΣP_s = 140.414 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

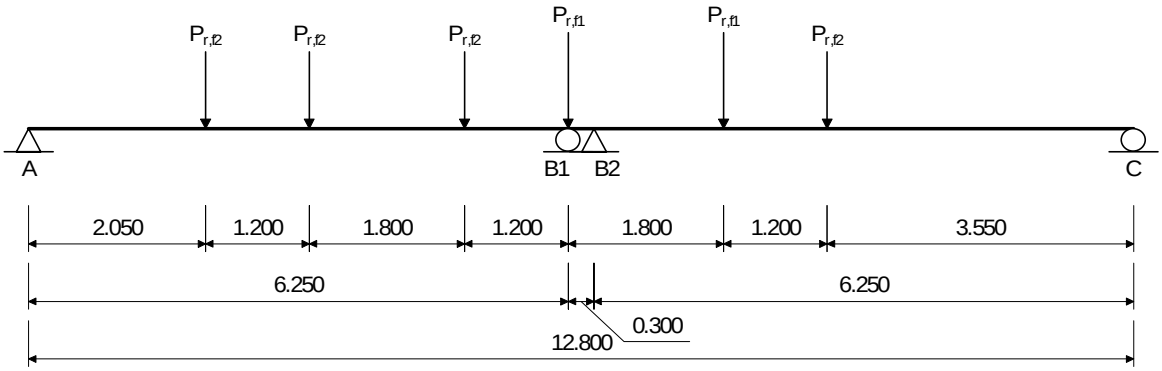
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250 + 93.600 x 2.050) / 6.250

= 279.802 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 279.802 x 1.00 = 279.802 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250 + 23.400 x 2.050) / 6.250

= 69.950 kN

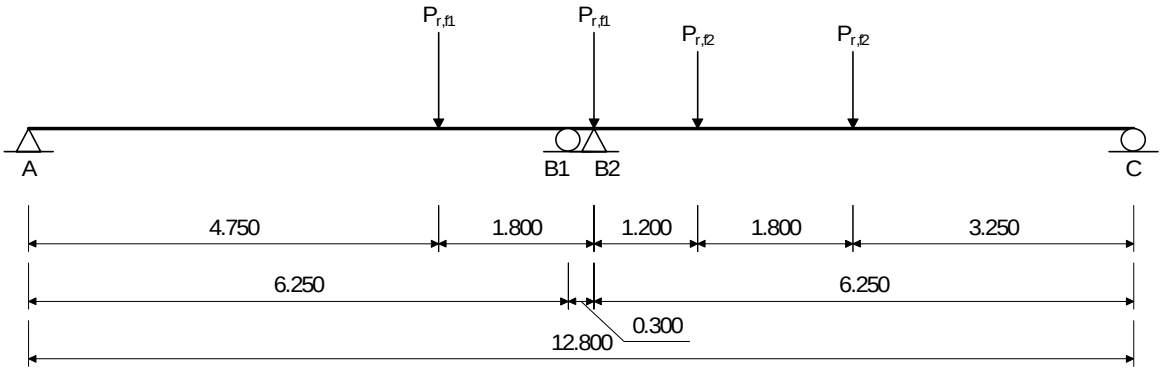
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 69.950 x 1.00 = 69.950 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.750) / 6.250

= 94.848 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250) / 6.250

= 249.101 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN

P_{r2} = 249.101 x 1.00 = 249.101 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.750) / 6.250

= 23.712 kN

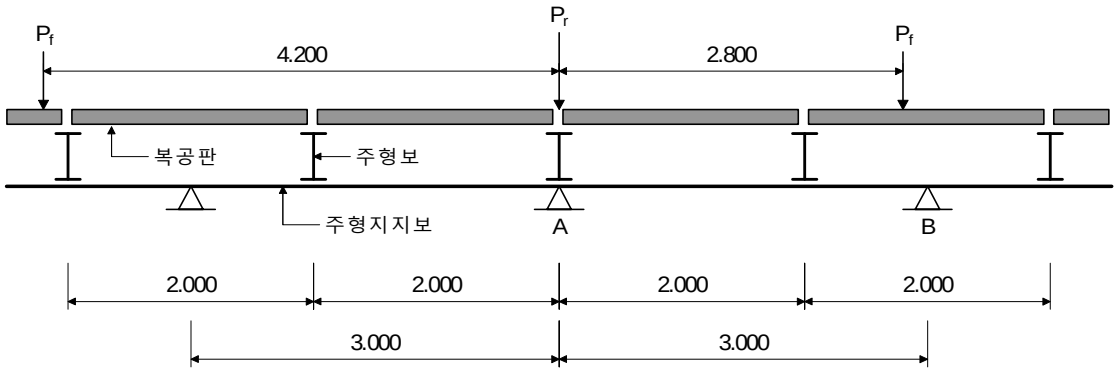
R_{B2} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250) / 6.250

= 62.275 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN

P_{f2} = 62.275 x 1.00 = 62.275 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (279.802 x 3.000 + 69.950 x 0.200) / 3.000

= 284.465 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 284.465 + 18.231 x 3.00 / 2.00 = 311.812 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (249.101 x 3.000 + 62.275 x 0.200) / 3.000

= 253.252 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

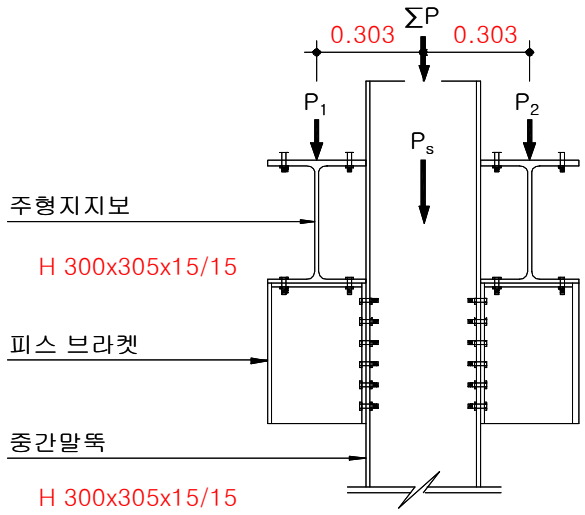
= 253.252 + 18.231 x 3.00 / 2.00 = 280.600 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 311.812 + 280.600 + 140.414 = 732.826 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 732.826 x 1000 / 13480 = 54.364 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 94.323 x 1000000 / 1440000 = 65.502 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 311.812 x 0.303 = 94.323 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 1.918

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (119.866 - -11.138) / 119.866$

= 1.093

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 5880 / 126

46.667 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (46.667 - 20))

= 158.760 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 158.760 MPa

L_y / R_y = 5880 / 72.6

80.992 ---> $20 < Ly/Ry \le 93$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (80.992 - 20))

= 119.835 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 119.835 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 119.835 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5880 / 305

= 19.279 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (19.279 - 4.5))

= 141.117 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 141.117 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.667)^2

= 743.878 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 119.835 MPa > f_c = 54.364 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 141.117 MPa > f_b = 65.502 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{54.364}{119.835} + \frac{65.502}{141.117 \times (1 - (54.364 / 743.878))}$$

$$= 0.954 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 54.364 + \frac{65.502}{1 - (54.364 / 743.878)}$$

$$= 125.031 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.954 , 0.662)

= 0.954 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 732.83 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)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	27.33	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	19.620	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 27 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 244.139 tonf

= 2394.19 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2394.19 / 2.0

= 1197.093 kN

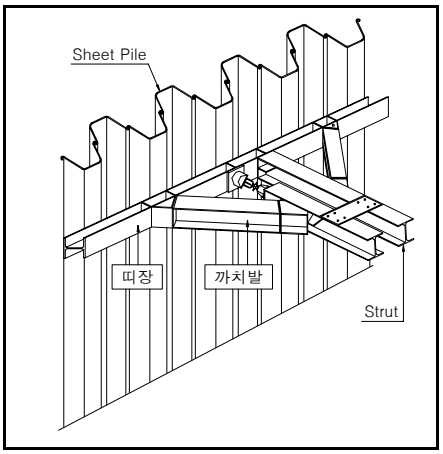
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 19.62m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 395.819 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 해체2)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 395.819 (kN·m/m) × 1.00 m = 395.819 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 342.364 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS16 : 해체1)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 342.364 (kN/m) × 1.00 m = 342.364 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{395.819 \times 10^6}{2270000.00} = 174.369 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{342.364 \times 10^3}{13180.00} = 25.976 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 12.62 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	1.83	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.66	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.90	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	23.55	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	19.62	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.4	2	6.4	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2	3	6.4	70	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.8	3	6.4	70	1
4	Strut-3	H 300x305x15/15	SS400	5.6	3	6.4	70	1
5	Strut-4	P 406.4x9	SS400	7.4	3	6.4	70	1
6	Strut-5	P 406.4x9	SS400	9.1	3	6.4	70	1
7	Strut-6	P 406.4x9	SS400	10.6	2.5	6.4	70	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	4.88	0	6.55	C27	1	-
2	기초	12.12	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	4.38	12.62	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 12.62 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.90	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.50	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.30	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	6.10	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.90	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.60	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	11.10	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
15	12.62	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-		Strut-6	-	-	-	-	X	X
17	-	-	-	11.32	-	-	-	X	X
18	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
19	-	-	-	9	-	-	-	X	X
20	-		Strut-4	-	-	-	-	X	X
21	-		Strut-2	-	-	-	-	X	X
22	-	-	-	4.38	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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	4.63	1.4	-3.66	3.4	1.07	17.8	-4.73	2.0
CS2 : 생성 주형보	0.90	4.63	1.4	-3.66	3.4	1.07	17.8	-4.73	2.0
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	14.42	3.4	-21.12	0.4	23.62	2.0	-10.54	5.6
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	10.24	4.8	-16.58	2.0	9.33	2.5	-6.52	6.1
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	31.25	5.3	-54.04	2.0	38.33	3.8	-17.10	2.0
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	21.85	5.3	-40.24	2.0	22.56	3.4	-9.43	2.0
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	45.56	7.9	-102.26	3.8	70.89	6.1	-38.74	3.8
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	38.68	7.9	-86.06	3.8	56.24	6.1	-27.72	3.8
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	72.06	10.1	-164.57	5.6	134.19	7.9	-75.52	5.6
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	66.90	10.1	-146.77	5.6	119.93	8.3	-61.41	5.6
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	98.67	12.6	-222.20	7.4	204.94	10.1	-105.50	14.5
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	94.63	12.6	-203.45	7.4	192.17	10.1	-100.21	14.5
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	113.44	14.0	-223.19	9.1	249.94	11.3	-133.86	16.4
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	109.82	14.0	-199.45	9.1	234.76	11.3	-130.40	16.4
CS15 : 굴착 12.62 m	12.62	117.95	16.0	-274.53	10.6	294.44	13.1	-96.20	7.4
CS16 : 해체1	12.62	137.27	16.0	-342.36	9.1	395.65	12.6	-288.11	9.1
CS17 : 해체2	12.62	137.30	16.0	-342.26	9.1	395.82	12.6	-288.06	9.1
CS18 : 해체3	12.62	139.76	7.4	-282.74	7.4	303.05	13.1	-326.12	7.4
CS19 : 해체4	12.62	139.91	7.4	-282.92	7.4	301.97	13.1	-326.45	7.4
CS20 : 해체5	12.62	143.96	5.6	-194.83	5.6	283.69	13.1	-291.24	5.6
CS21 : 해체4	12.62	138.62	5.6	-194.19	5.6	283.39	13.1	-288.73	5.6
CS22 : 해체5	12.62	138.62	5.6	-194.19	5.6	283.39	13.1	-288.73	5.6
TOTAL		143.96	5.6	-342.36	9.1	395.82	12.6	-326.45	7.4

12.1.2 지보재 반력 집계

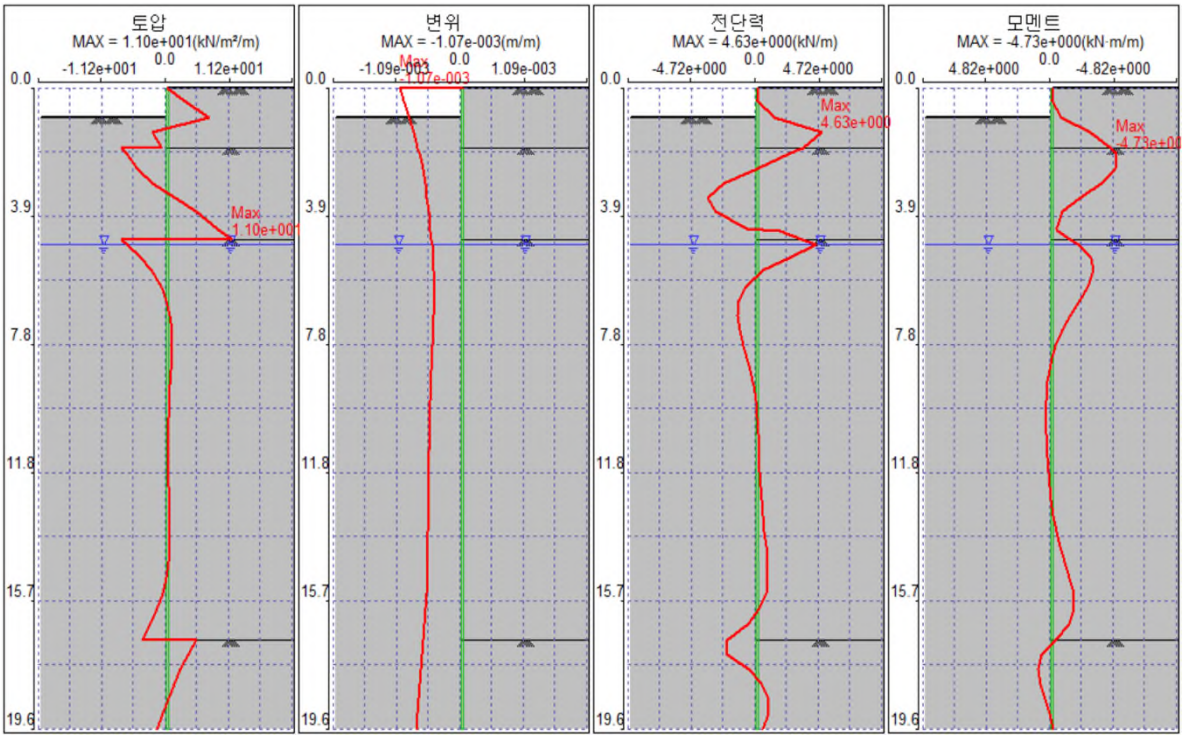
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.4 (m)	2 (m)	3.8 (m)	5.6 (m)	7.4 (m)
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.90	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	21.10	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	8.87	23.33	-	-	-
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	-4.35	73.99	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	0.45	55.40	23.33	-	-
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	-12.97	47.51	126.86	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	-10.40	48.77	106.83	23.33	-
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	-7.99	27.62	73.60	204.20	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	-8.20	30.15	76.98	180.69	23.33
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	-4.95	27.42	48.85	129.97	249.16
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	-5.24	27.80	51.45	132.92	224.77
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	-4.85	30.63	50.16	90.91	165.46
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	-4.91	30.42	50.50	94.71	168.01
CS15 : 굴착 12.62 m	12.62	-5.28	31.79	54.42	88.50	113.43
CS16 : 해체1	12.62	-4.67	34.38	51.13	43.57	75.88
CS17 : 해체2	12.62	-4.67	34.38	51.13	43.58	75.88
CS18 : 해체3	12.62	-1.13	27.85	18.21	29.02	422.50
CS19 : 해체4	12.62	-1.12	27.85	18.17	28.91	422.83
CS20 : 해체5	12.62	0.05	-1.87	-10.56	338.79	-
CS21 : 해체4	12.62	1.43	-8.43	-	332.80	-
CS22 : 해체5	12.62	1.43	-8.43	-	332.80	-
TOTAL		21.10	73.99	126.86	338.79	422.83

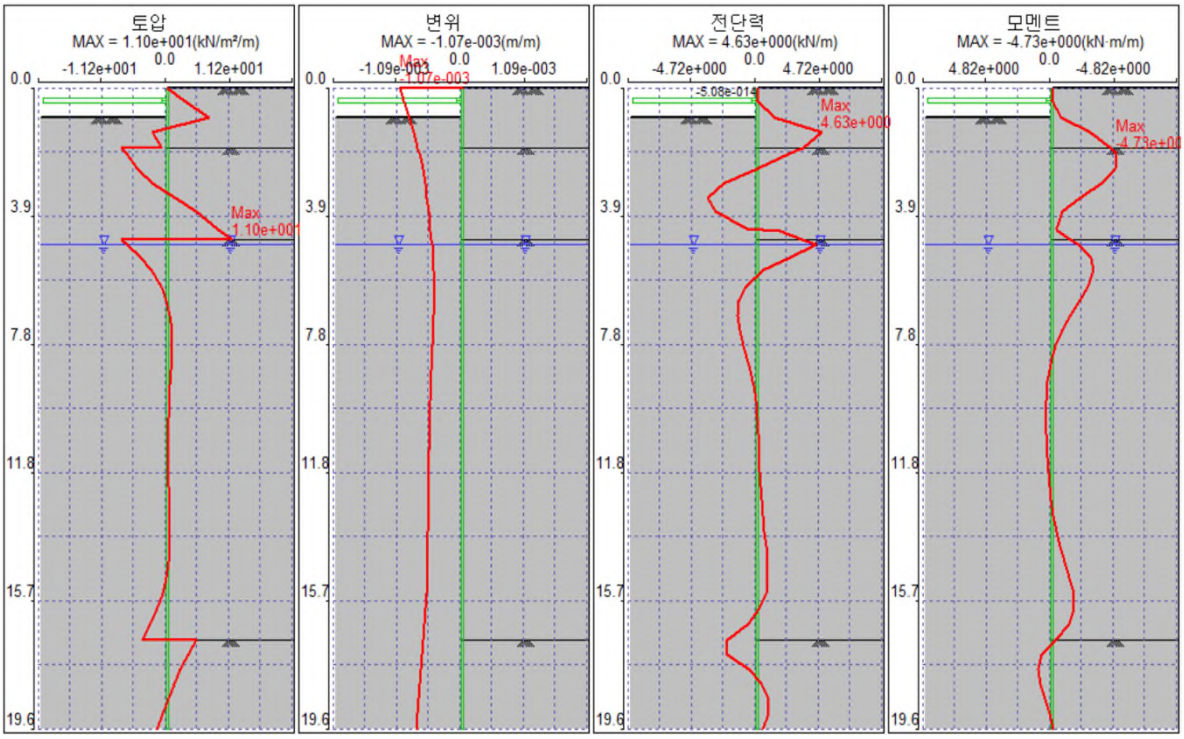
시공단계	굴착 깊이	Strut-5	Strut-6			
		9.1 (m)	10.6 (m)			
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	-	-			
CS2 : 생성 주형보	0.90	-	-			
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	-	-			
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	-	-			
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	-	-			
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	-	-			
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	-	-			
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	-	-			
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	-	-			
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	-	-			
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	-	-			
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	23.33	-			
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	226.31	-			
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	196.16	28.00			
CS15 : 굴착 12.62 m	12.62	121.31	286.60			
CS16 : 해체1	12.62	460.07	-			
CS17 : 해체2	12.62	459.96	-			
CS18 : 해체3	12.62	-	-			
CS19 : 해체4	12.62	-	-			
CS20 : 해체5	12.62	-	-			
CS21 : 해체4	12.62	-	-			
CS22 : 해체5	12.62	-	-			
TOTAL		460.07	286.60			

12.2 시공단계별 단면력도

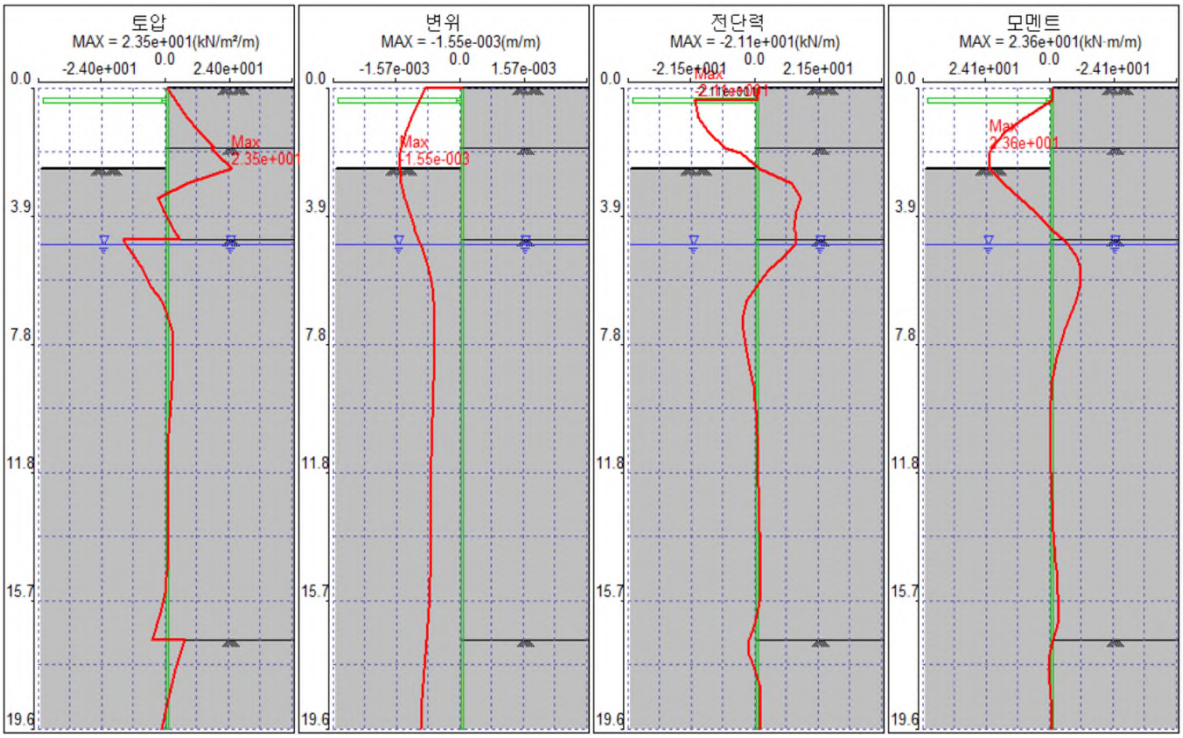
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.9 m]



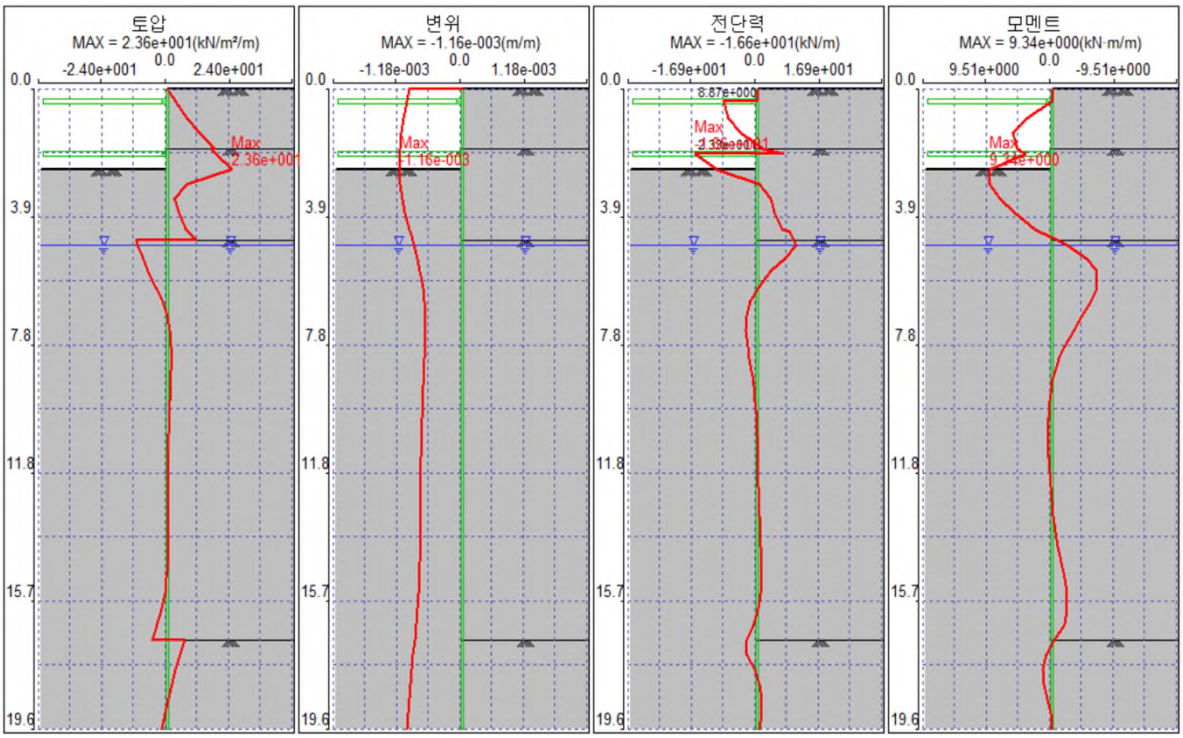
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



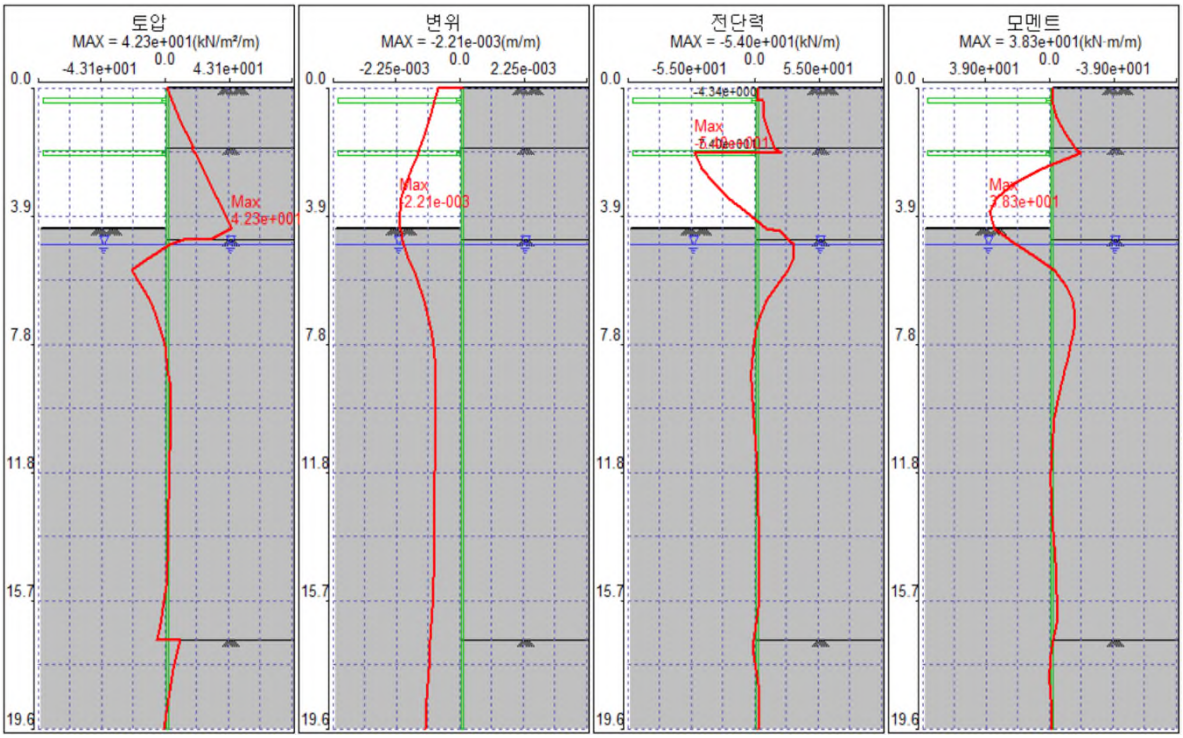
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.5 m]



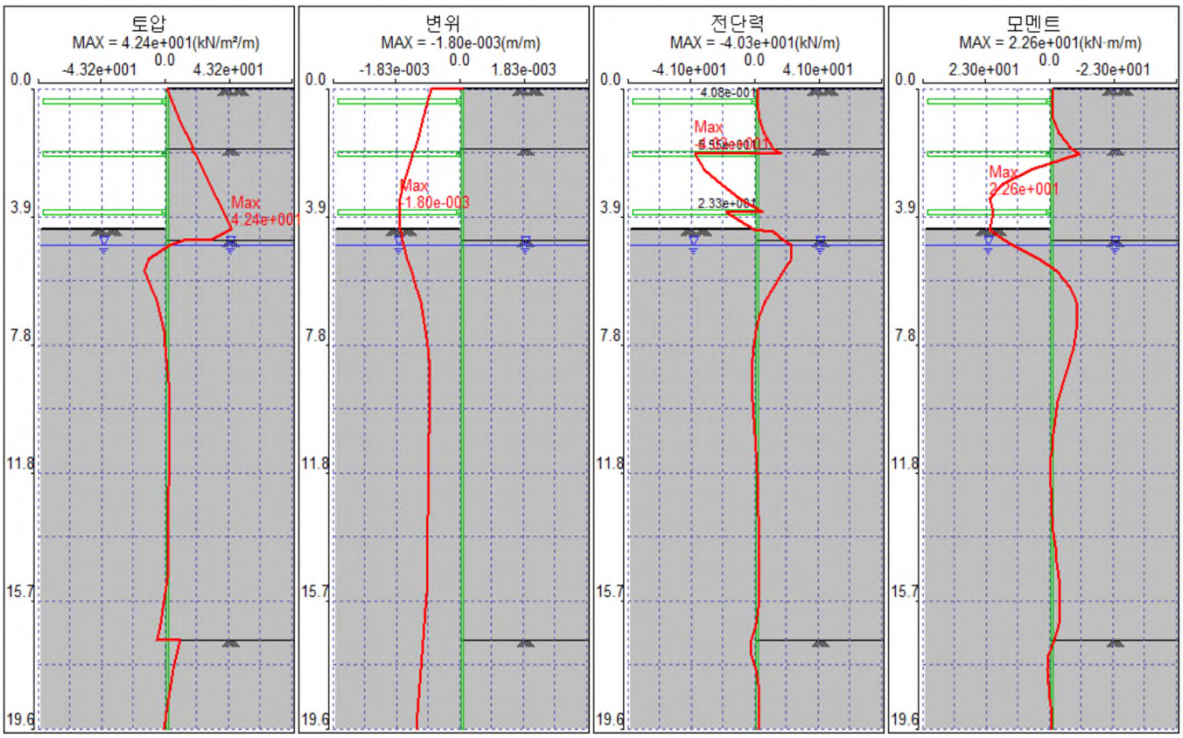
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



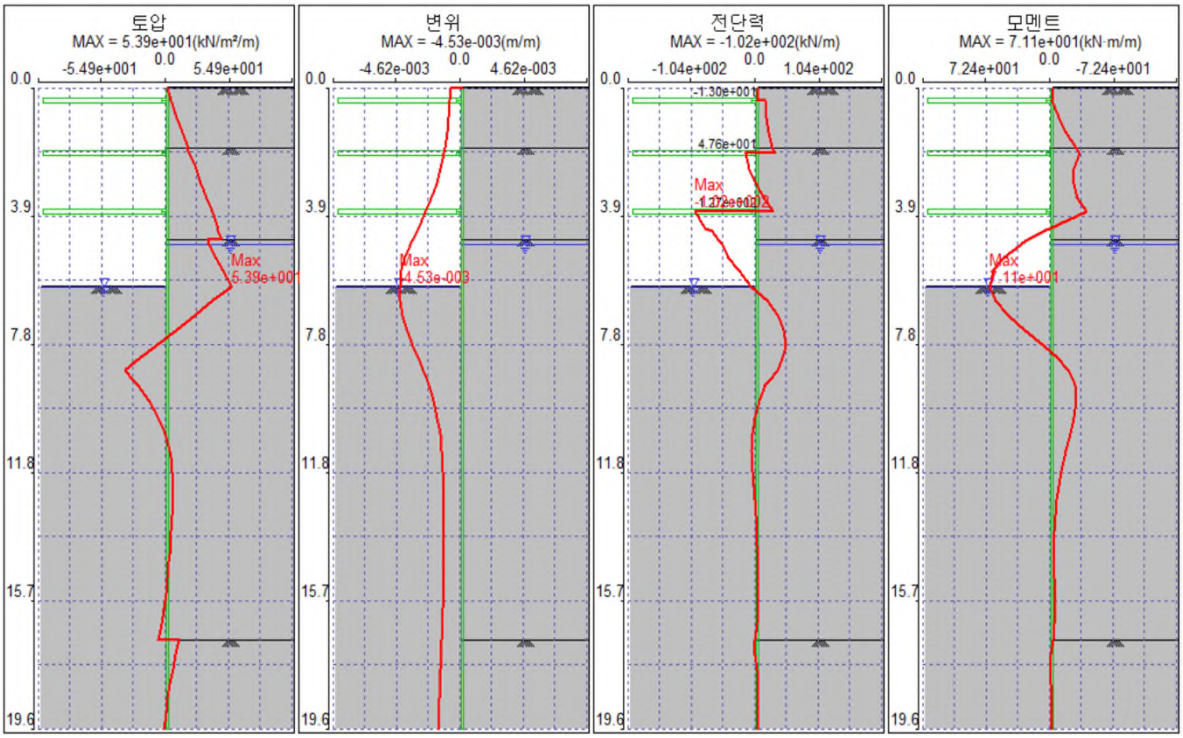
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.3 m]



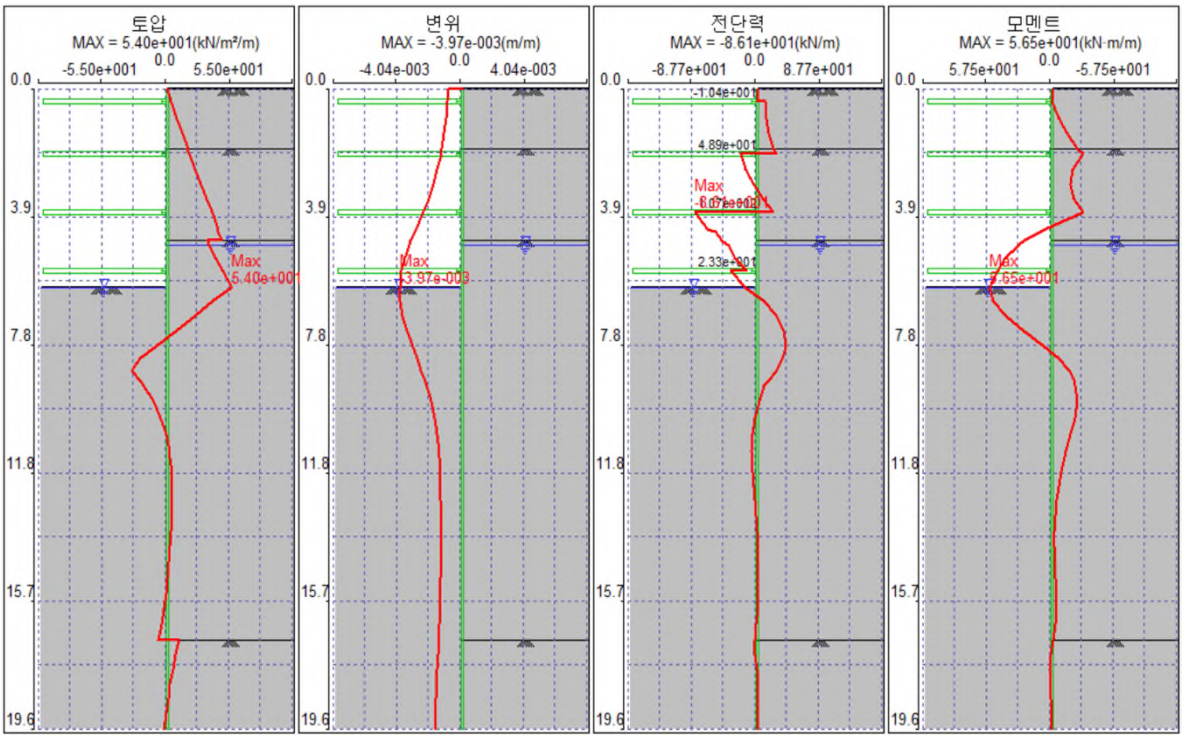
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



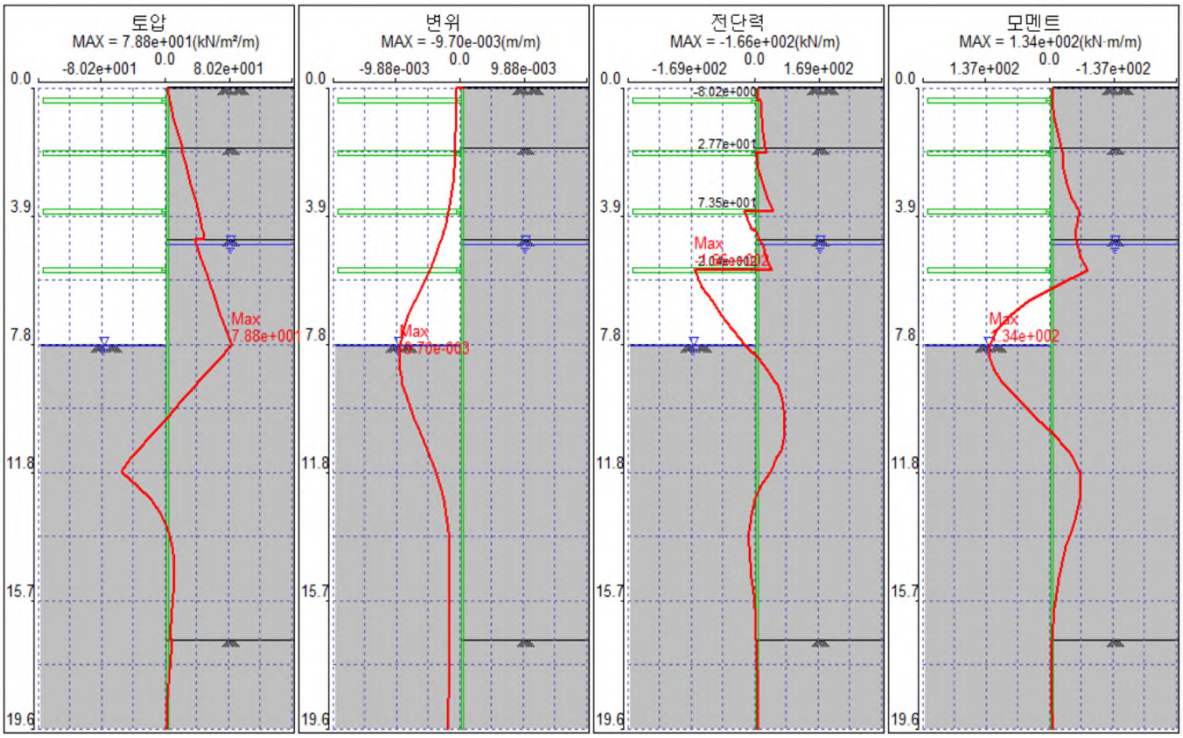
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.1 m]



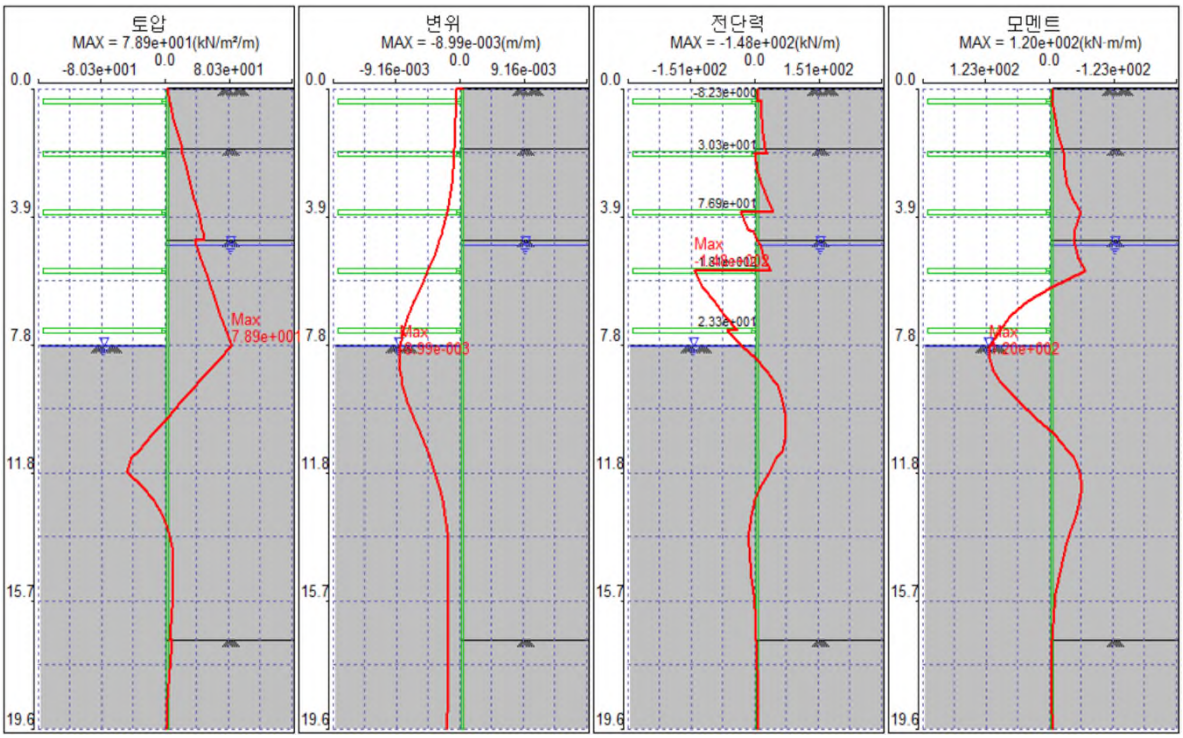
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



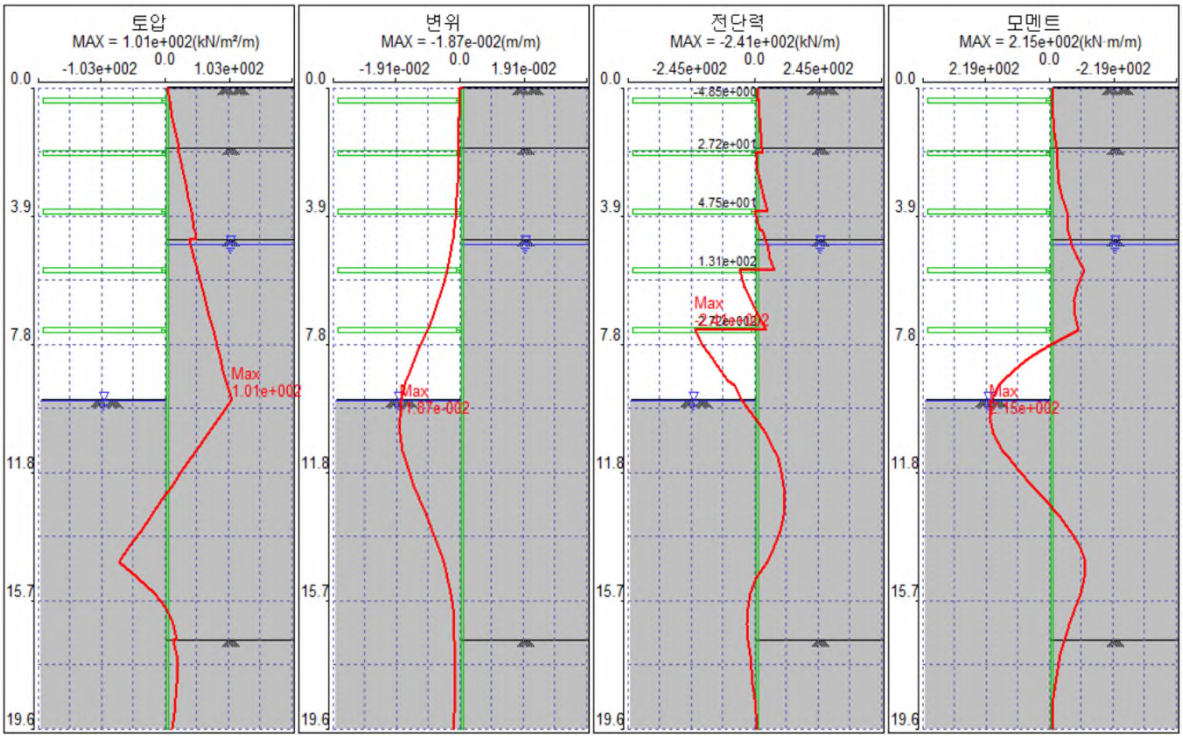
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.9 m]



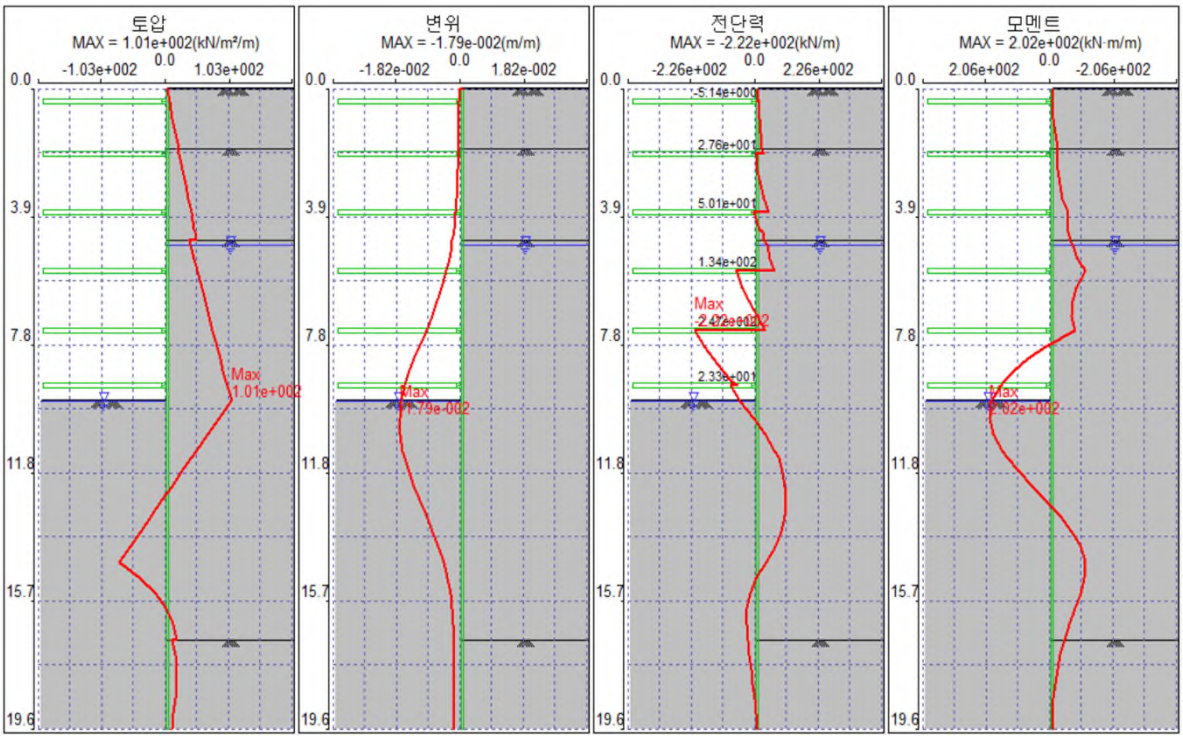
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



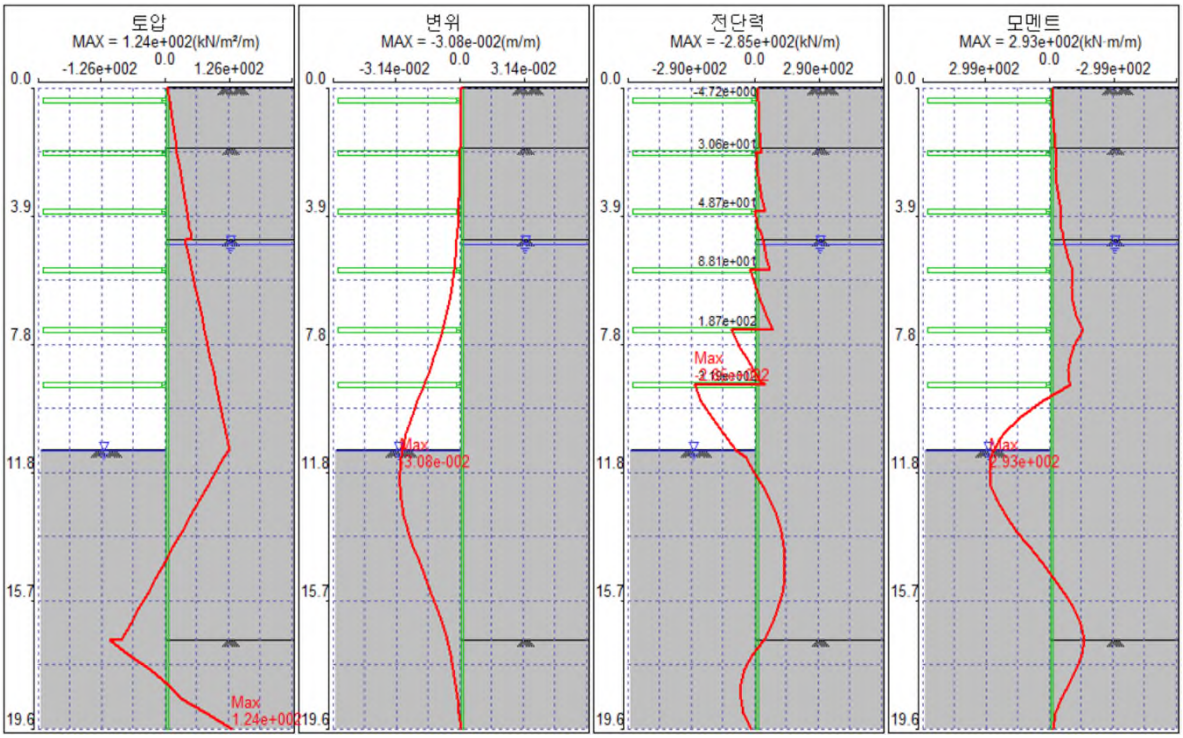
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.6 m]



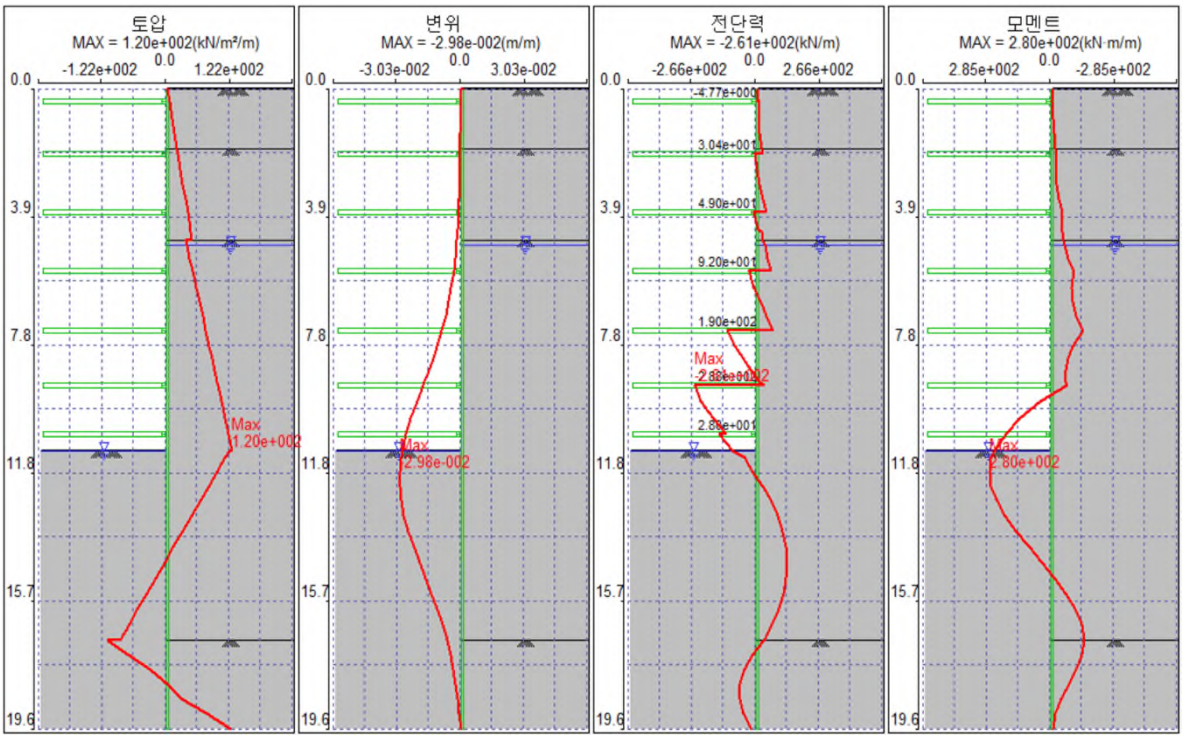
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



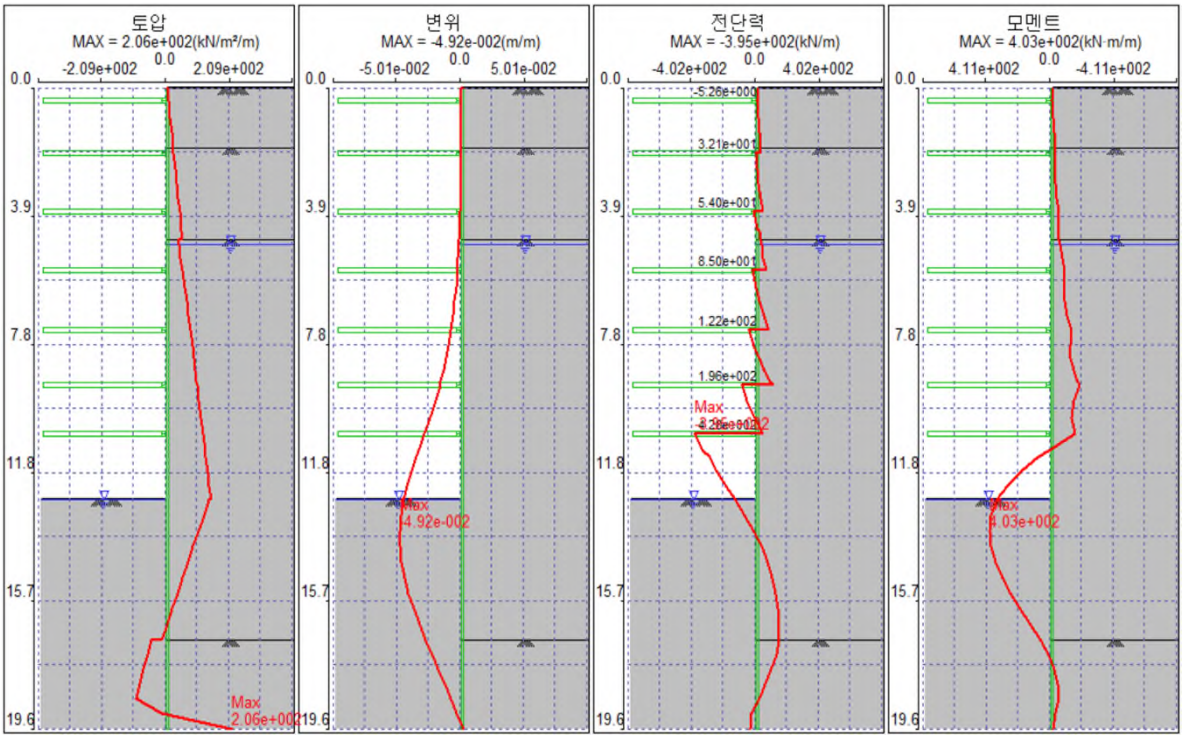
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.1 m]



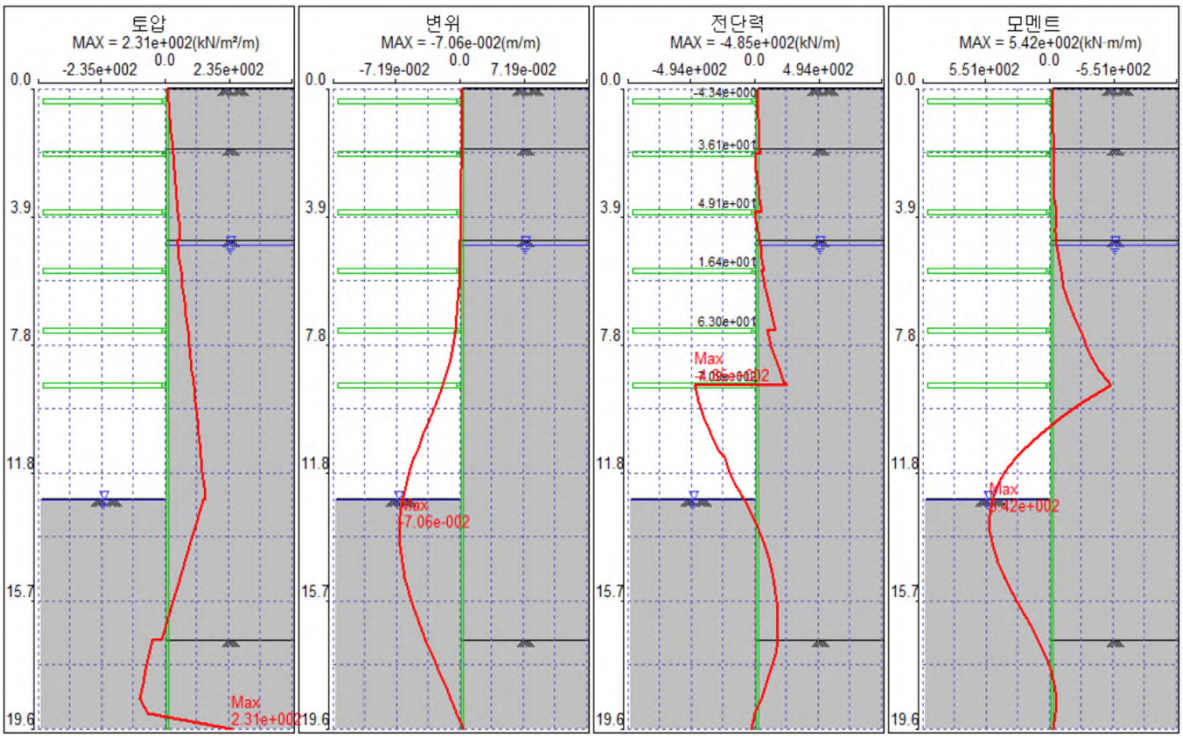
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-6]



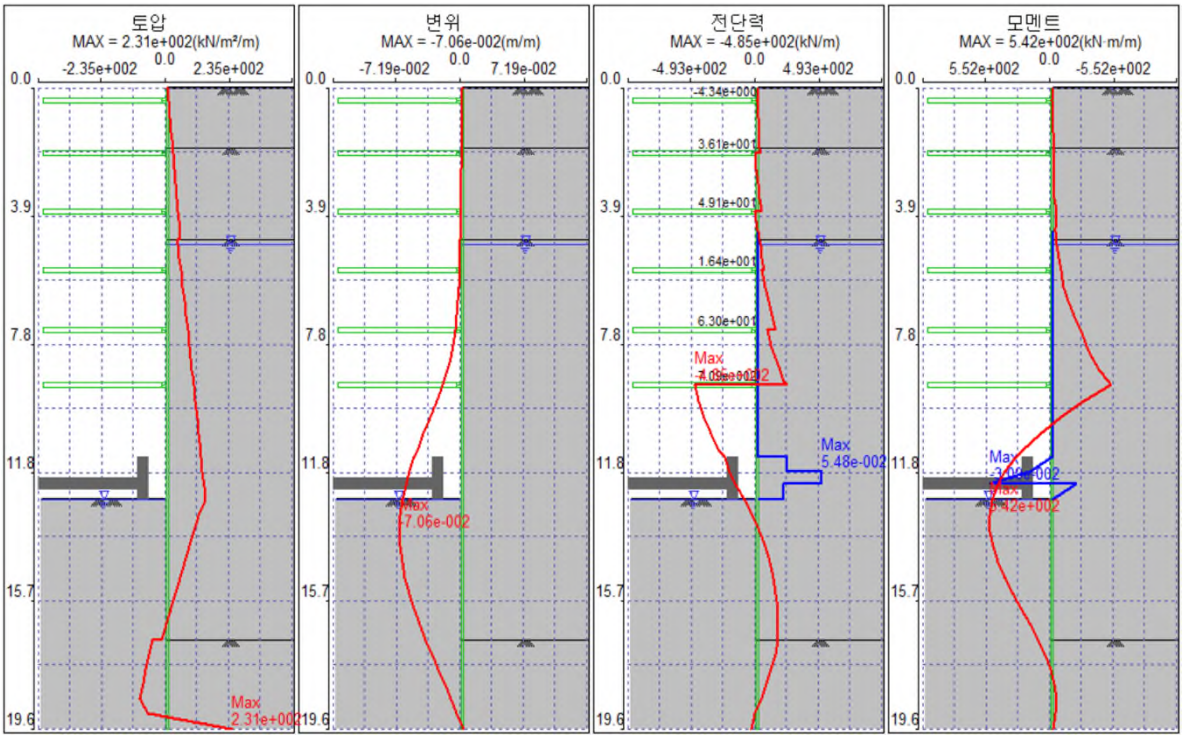
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 12.62 m]



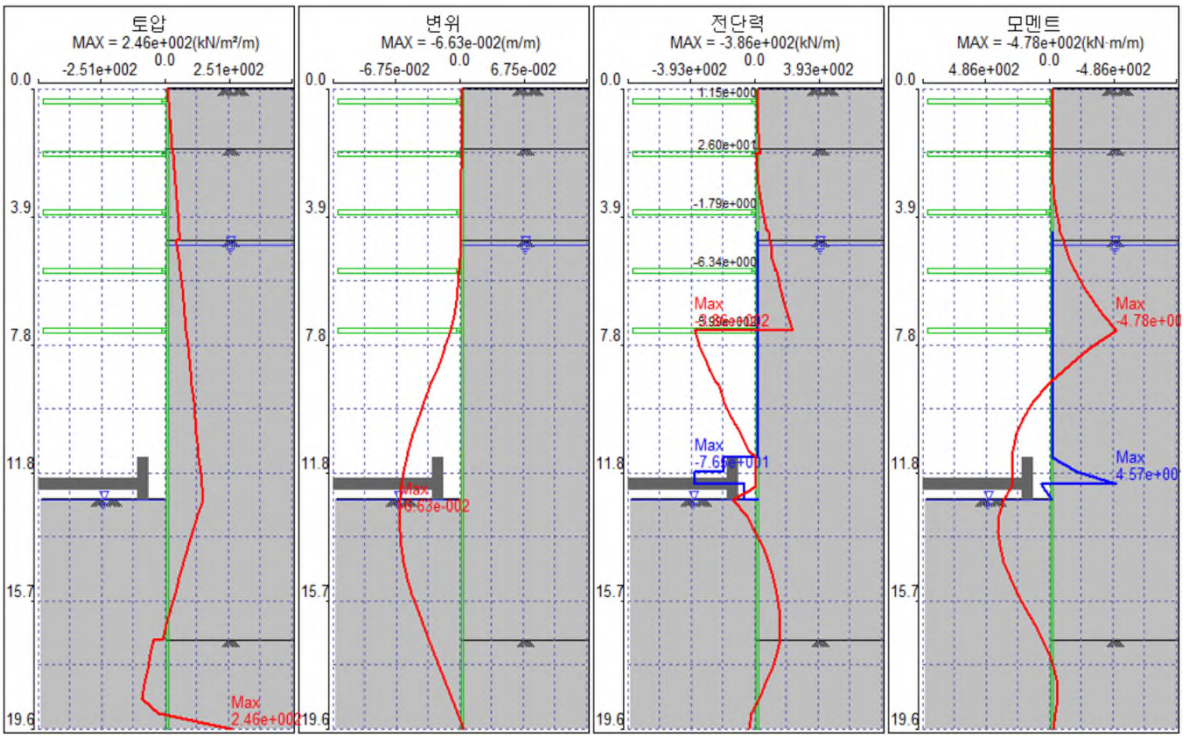
16) 시공 16 단계 [CS16 : 해체1]



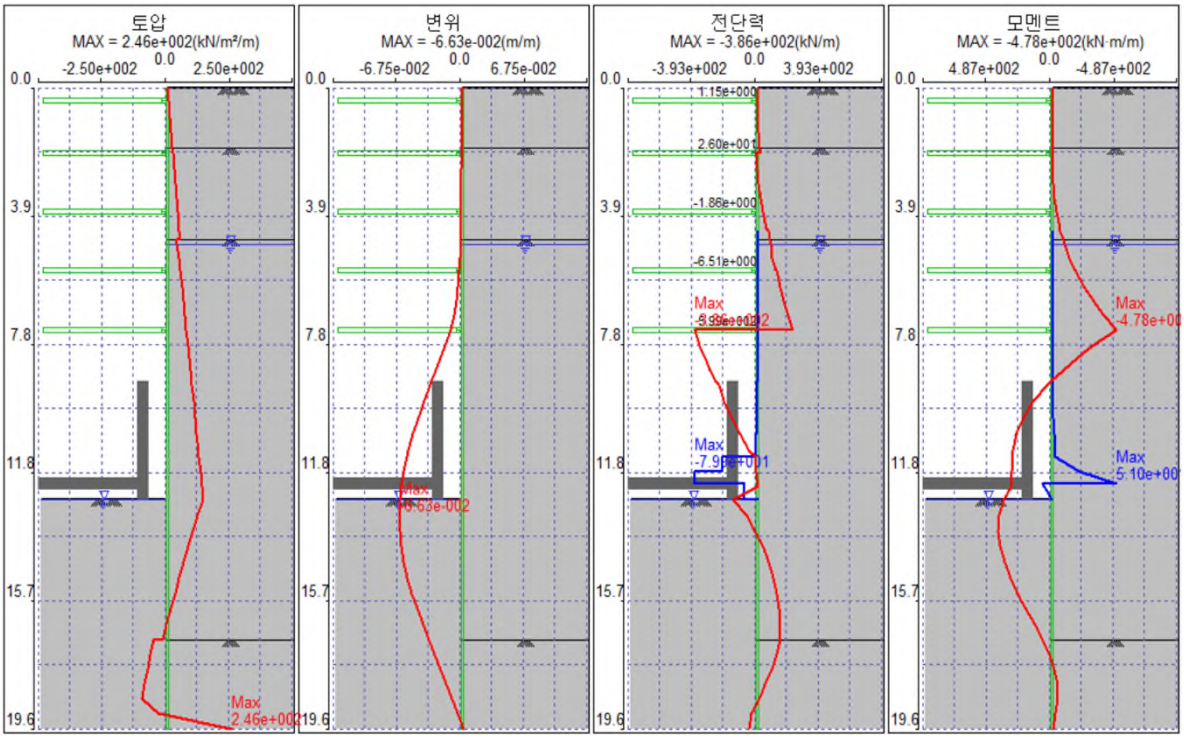
17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체2]



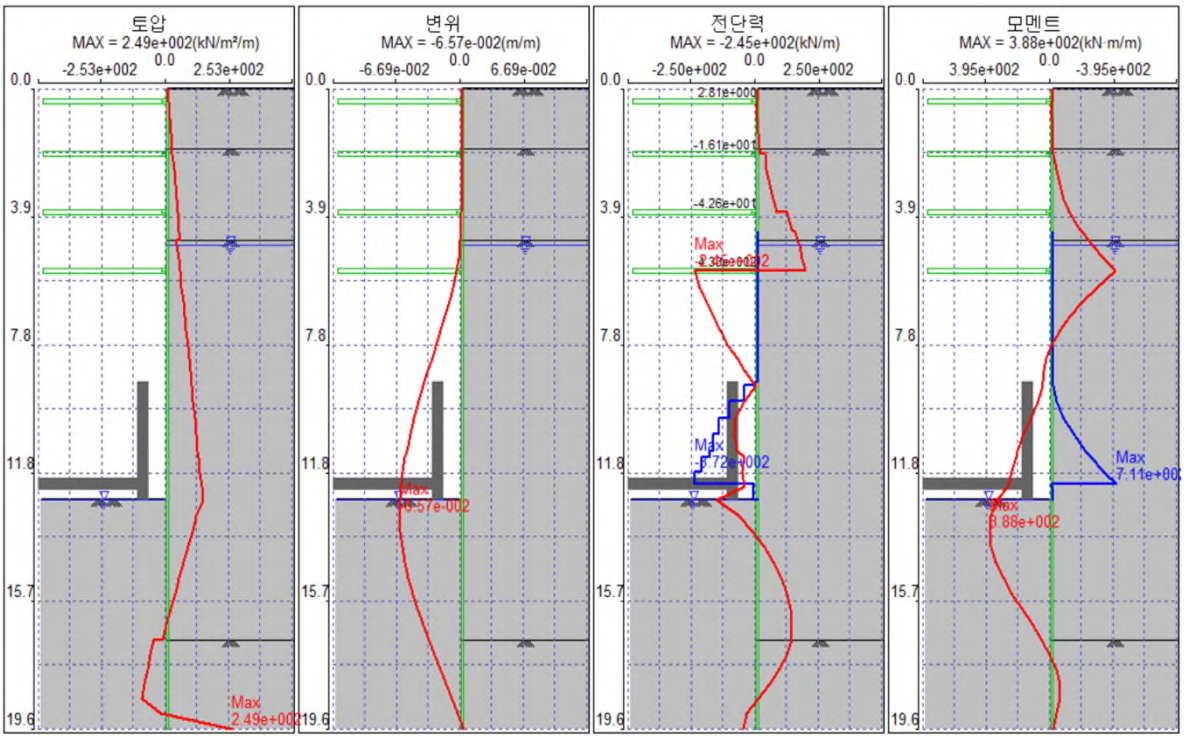
18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체3]



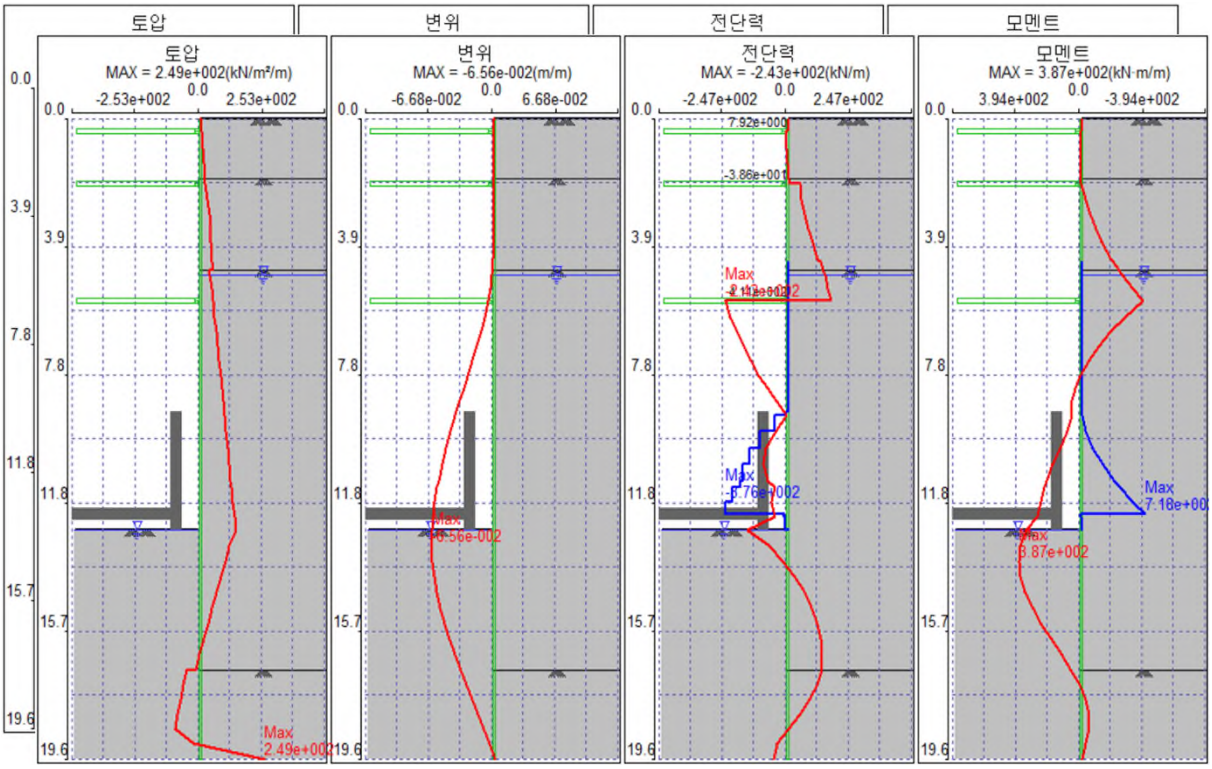
19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체4]



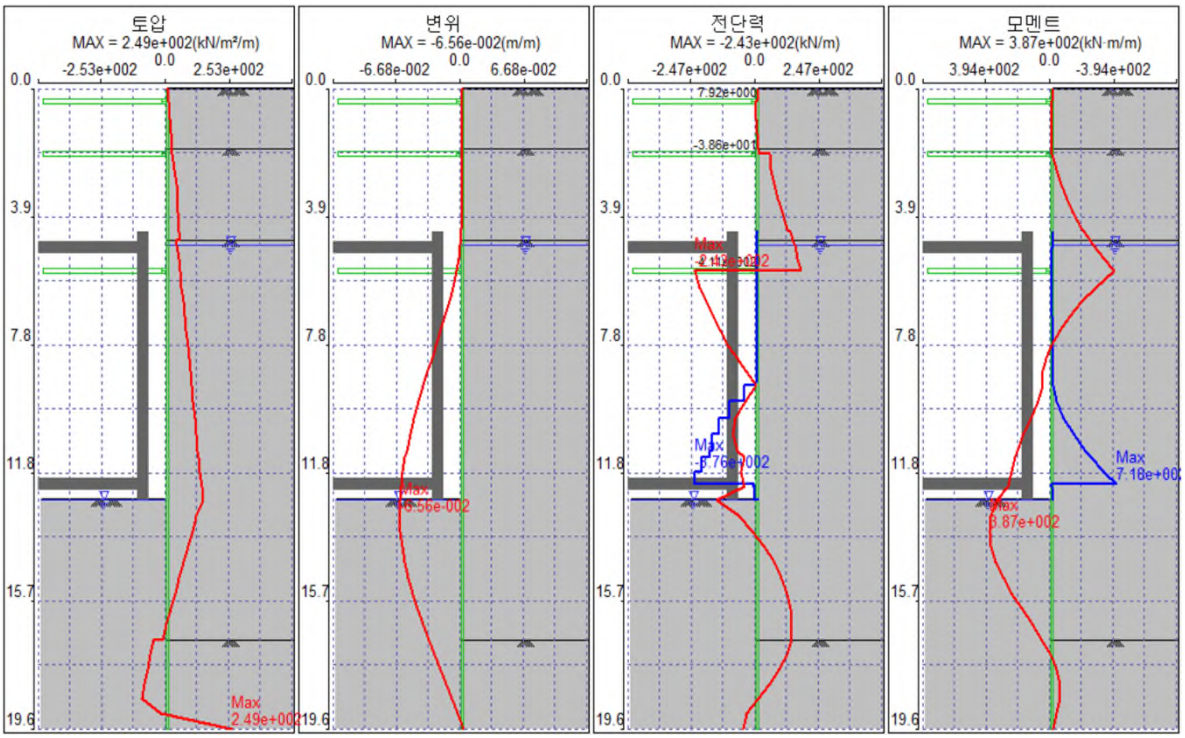
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체5]



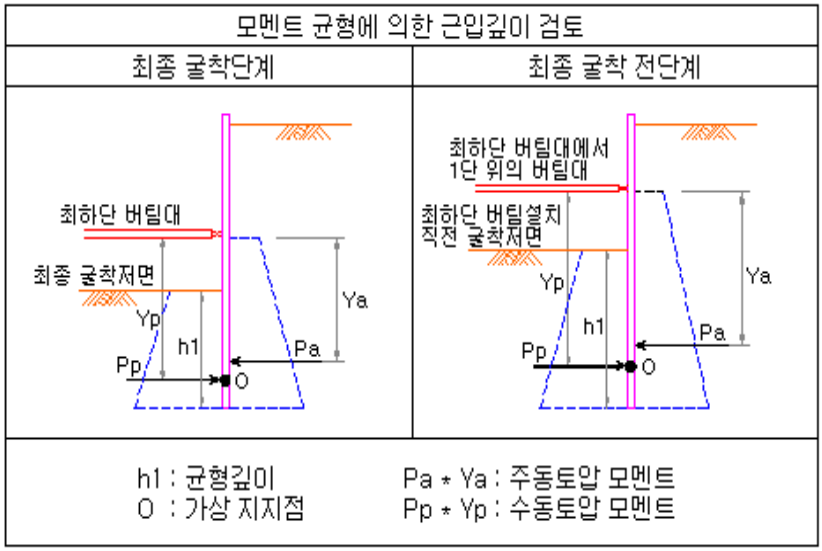
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체4]



22) 시공 22 단계 [CS22 : 해체5]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.337	7.000	6900.771	8632.608	1.251	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.310	8.520	9632.308	14136.228	1.468	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -10.6 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 208.669 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.054 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1141.082 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.855 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (208.669 x 1.054) + (1141.082 x 5.855) = 6900.771 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1284.066 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.723 m

Mp = (Pp x Yp) = (1284.066 x 6.723) = 8632.608 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8632.608 / 6900.771 = 1.251

S.F. = 1.251 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.1 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 189.306 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.048 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1398.763 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.744 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (189.306 x 1.048) + (1398.763 x 6.744) = 9632.308 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1837.366 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.694 m

Mp = (Pp x Yp) = (1837.366 x 7.694) = 14136.228 kN·m

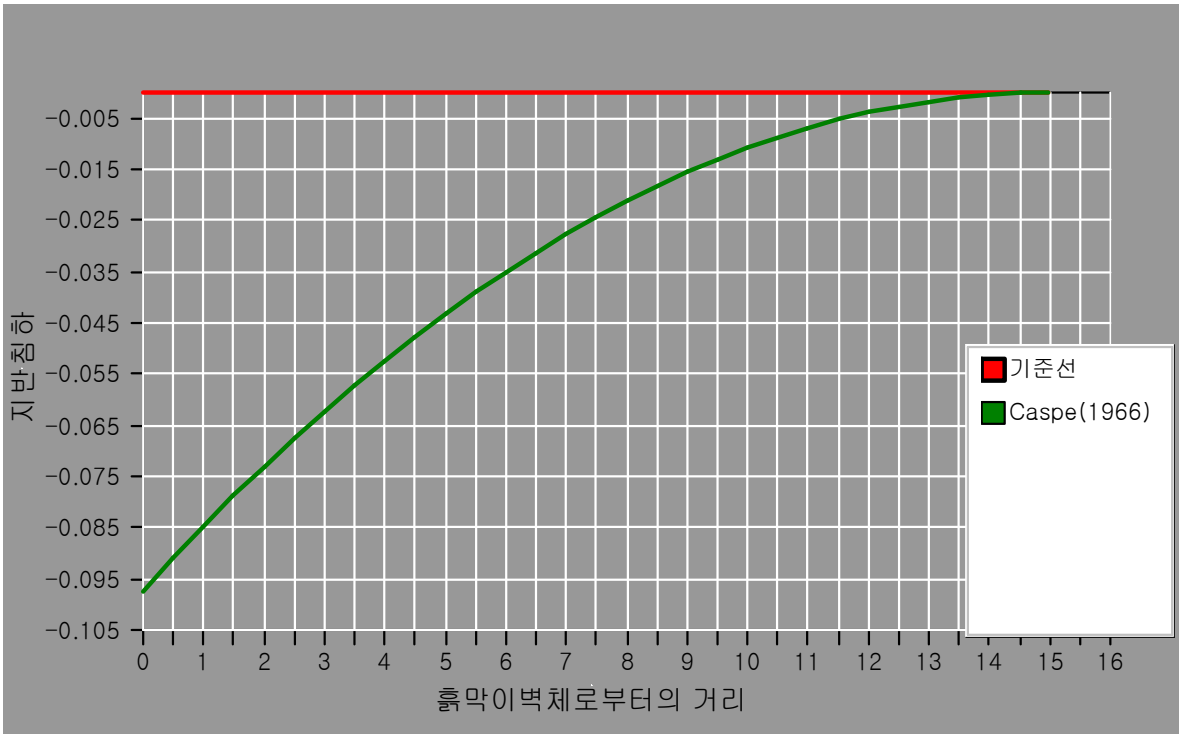
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 14136.228 / 9632.308 = 1.468

S.F. = 1.468 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.365 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 12.62 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.124 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.124/2) = 14.469 m

Ht = Hp + Hw = 14.469 + 12.62 = 27.089 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 27.089 x tan(45-32.124/2) = 14.978 m

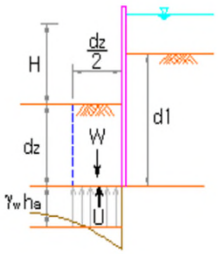
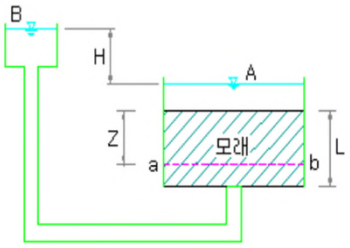
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.365 / 14.978 = -0.097 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.097 x ((14.978 - Xi) / 14.978)^2

12.5 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	75.775	269.500	3.557	0.236	1.100	4.657	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 2.165 x 7 / 2 = 75.775

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 75.775 = 3.557

S.F. = 3.557 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 4.33 / 18.33 = 0.236

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.236 = 4.657

S.F. = 4.657 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

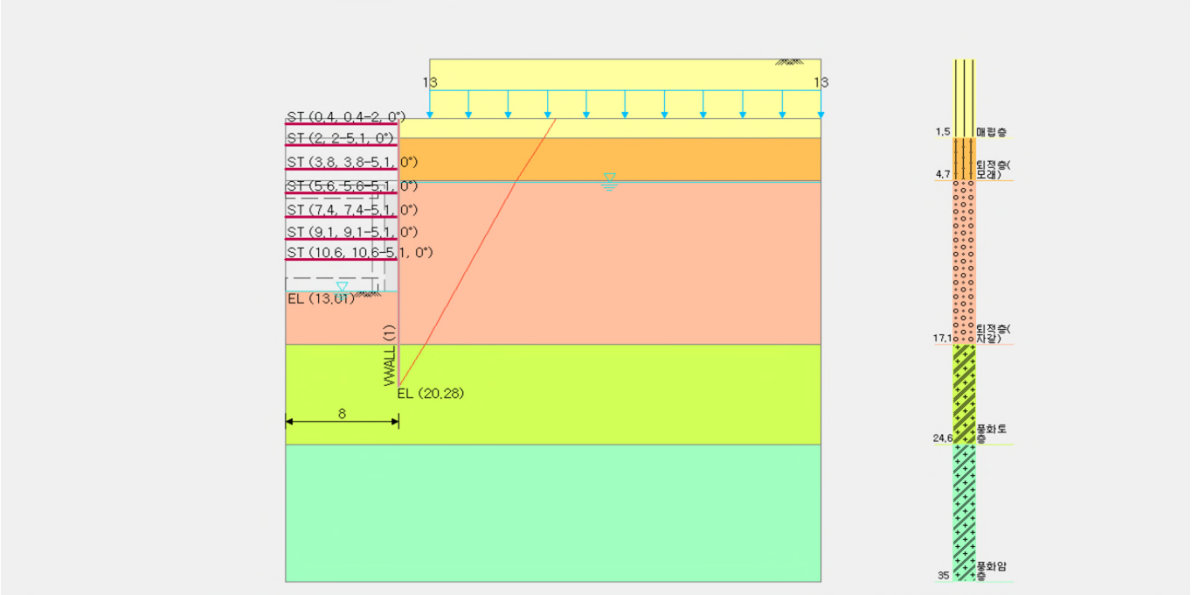
γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

24. Ramp-D. 0+410.3~0+420(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
7.5 Strut 설계 (Strut-4)
7.6 Strut 설계 (Strut-5)
7.7 Strut 설계 (Strut-6)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
8.5 Strut-4 띠장 설계
8.6 Strut-5 띠장 설계
8.7 Strut-6 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 20.28m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.4, 0.4-2, 0°)
ST (2, 2-5.1, 0°)
ST (3.8, 3.8-5.1, 0°)
ST (5.6, 5.6-5.1, 0°)
ST (7.4, 7.4-5.1, 0°)
ST (9.1, 9.1-5.1, 0°)
ST (10.6, 10.6-5.1, 0°)
EL (13,01)
VWALL (1)
EL (20,28)
8
1,5
4,7
17,1
24,6
35

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.40	휨응력	4.444	134.460	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	6.910	103.777	O.K		
		전단응력	1.888	108.000	O.K		
Strut-4 2H 300x305x15/15	7.40	휨응력	8.889	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	57.499	111.713	O.K		
		전단응력	1.975	108.000	O.K		
Strut-5 2H 300x305x15/15	9.10	휨응력	8.889	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	70.627	111.713	O.K		
		전단응력	1.975	108.000	O.K		
Strut-1 2P 406.4x9	2.00	휨응력	11.722	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	20.939	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.423	106.692	O.K		
Strut-2 2P 406.4x9	3.80	휨응력	11.722	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	34.059	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.423	106.692	O.K		
Strut-3 2P 406.4x9	5.60	휨응력	11.722	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	50.568	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.423	106.692	O.K		
Strut-6 2P 406.4x9	10.60	휨응력	11.722	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	86.644	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.423	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 300x305x15/15	0.40	휨응력	6.849	182.334	O.K		
		전단응력	4.870	108.000	O.K		
Strut-1 H 300x305x15/15	2.00	휨응력	56.179	182.334	O.K		
		전단응력	39.950	108.000	O.K		
Strut-2 H 300x305x15/15	3.80	휨응력	103.428	182.334	O.K		
		전단응력	73.549	108.000	O.K		
Strut-3 H 440x300x11/18	5.60	휨응력	91.981	181.980	O.K	WEB보강,14.0mm*2	
		전단응력	29.773	108.000	O.K		
Strut-4 2H 300x305x15/15	7.40	휨응력	114.596	182.334	O.K	WEB보강,14.0mm*2	
		전단응력	28.427	108.000	O.K		
Strut-5 2H 300x305x15/15	9.10	휨응력	142.956	182.334	O.K		
		전단응력	101.658	108.000	O.K		
Strut-6 2H 440x300x11/18	10.60	휨응력	82.674	181.980	O.K	WEB보강,14.0mm*2	
		전단응력	26.760	108.000	O.K		

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	65.502	141.117	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	55.490	119.835	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 20.28	휨응력	154.028	243.000	O.K	
		전단응력	24.654	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	5.10	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.10	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	5.10m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	5.10m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 압 축 응 력	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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

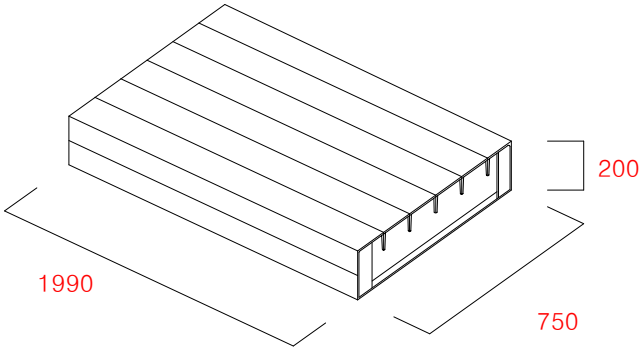
가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

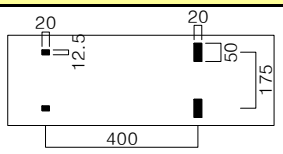
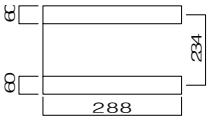
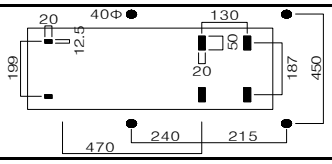
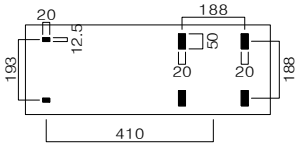
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

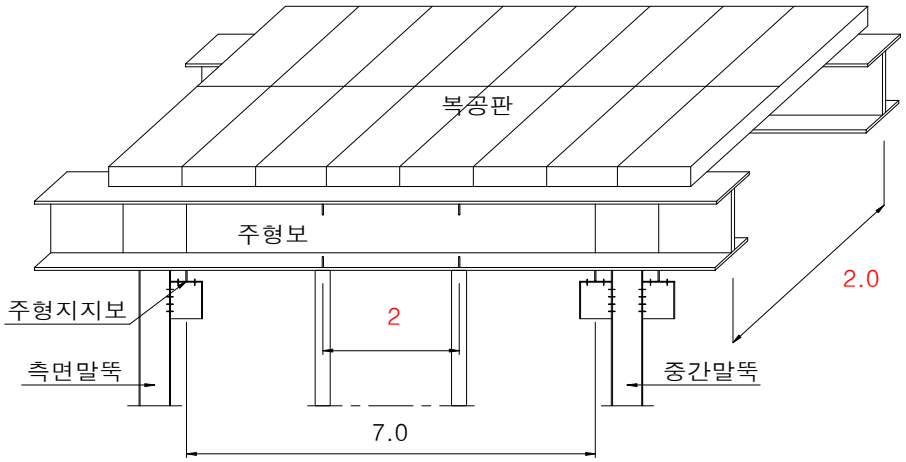
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

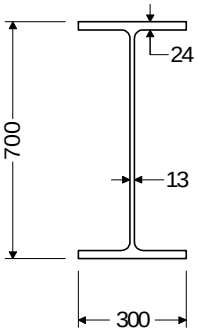
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 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

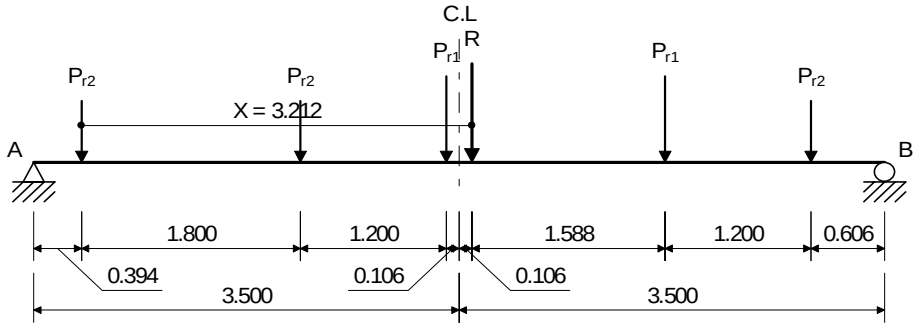
(3) 전륜하중

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

(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

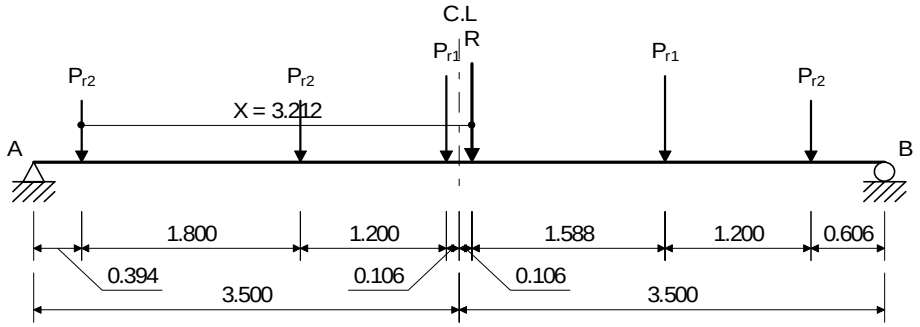
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

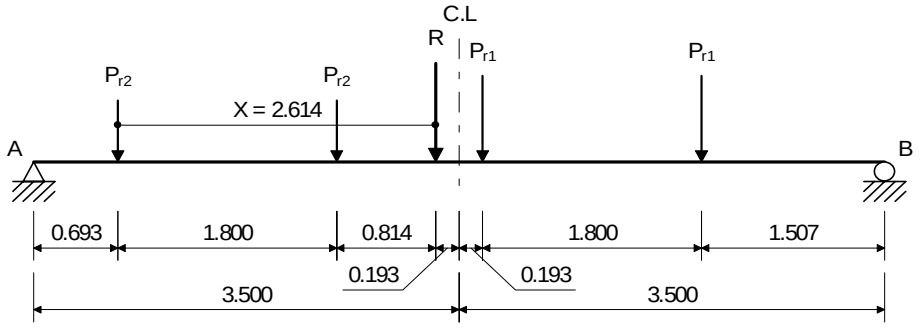
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

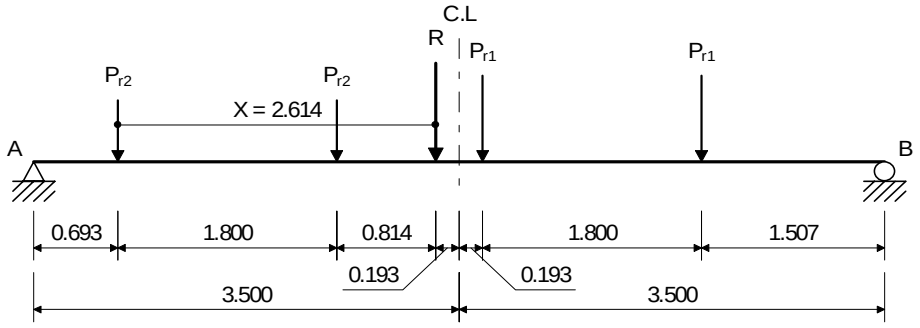


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

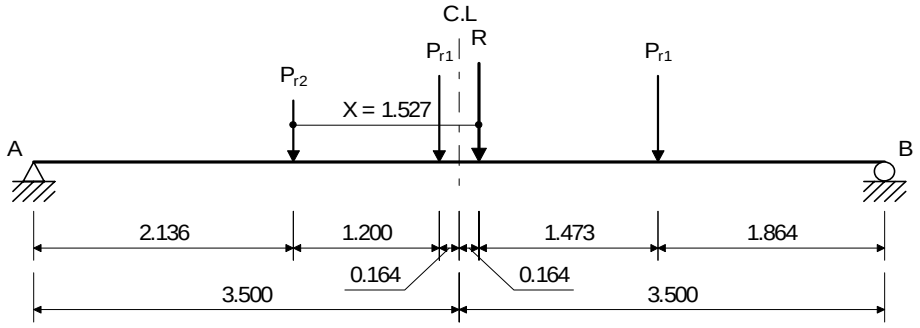
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

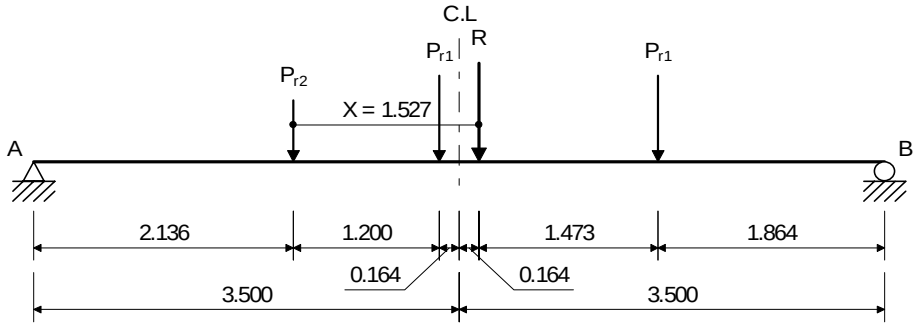


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

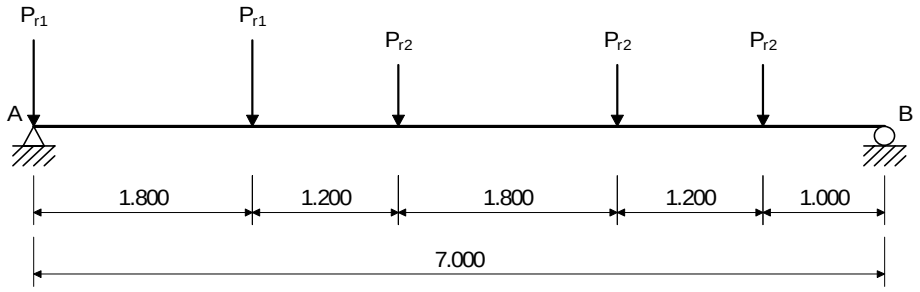


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 - Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 - 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 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) = 479.769 / 1.300 = 369.053 kN·m

w = 8 x M / L^2 = 8 x 369.053 / (7.00 x 7.00) = 60.254 kN/m

δ_l = 5 x w x L^4 / (384 x E x I_x)

= 5 x 60.254 x 7000.0 ^{4} / (384 x 210000 x 2010000000)

= 4.463 mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

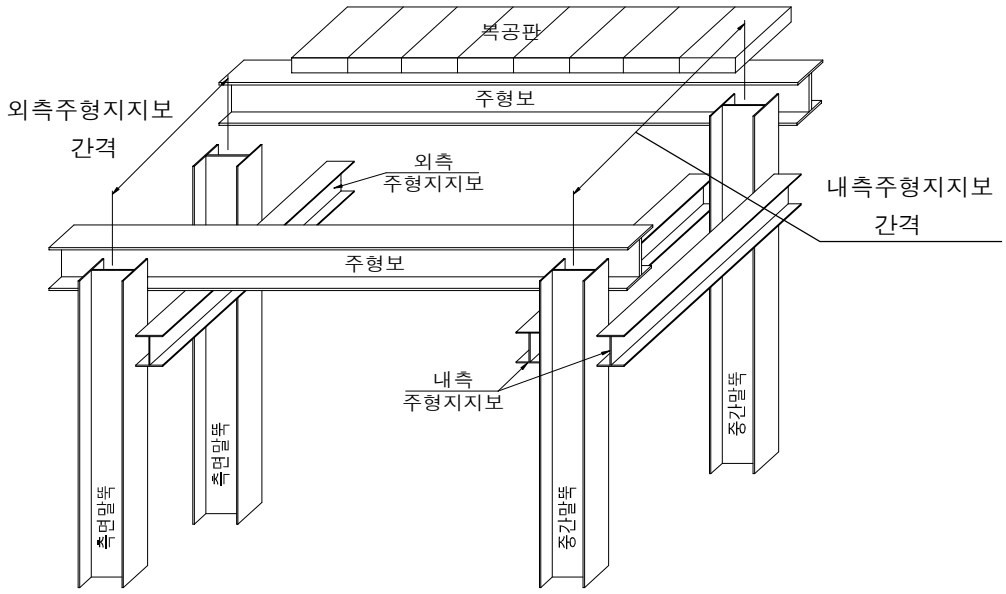
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

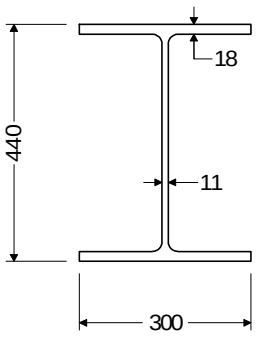
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

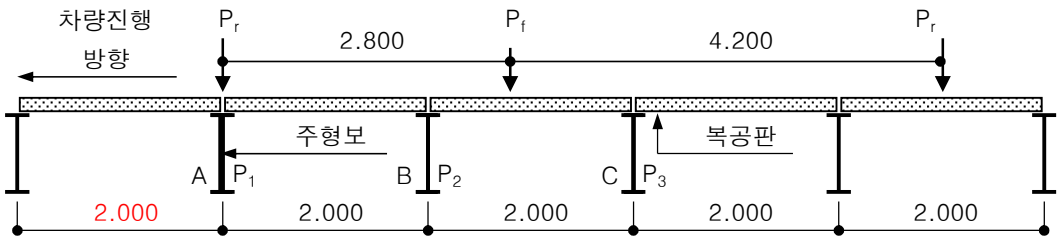


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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**



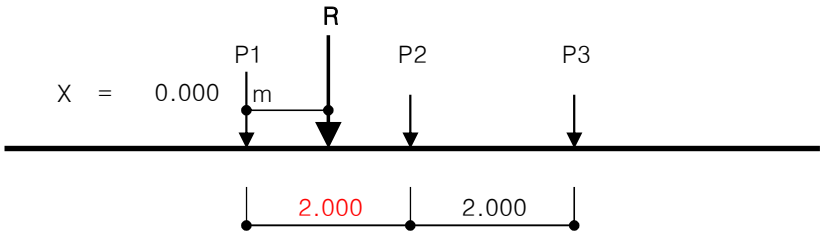
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

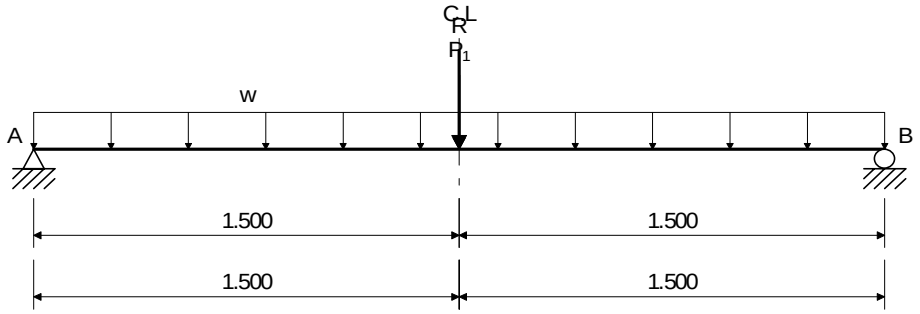


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

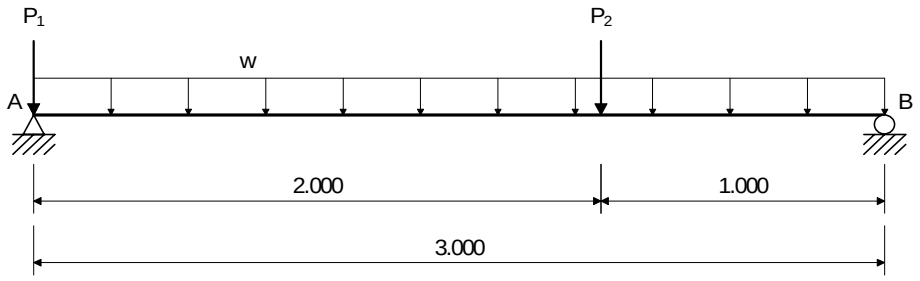
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 357877 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

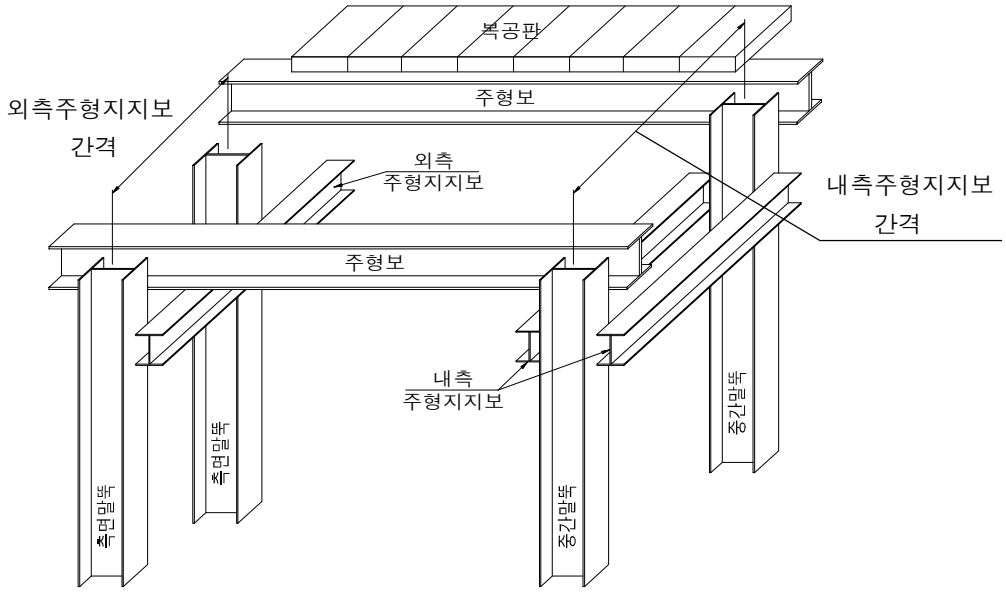
= 4.69 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.69 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

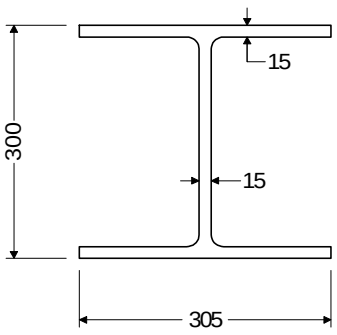
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

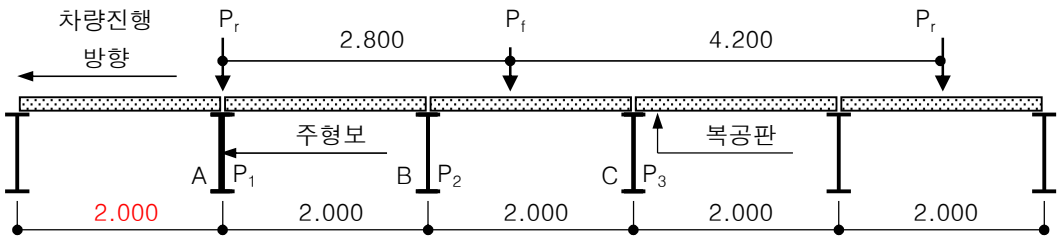


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



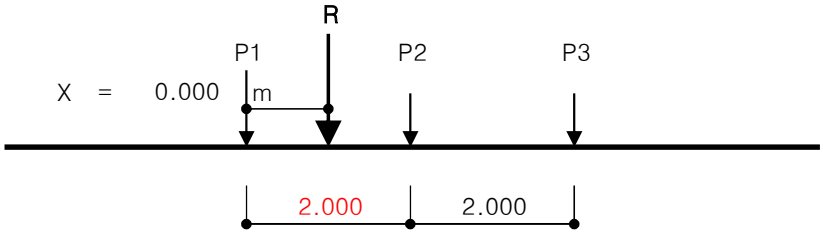
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 333.724

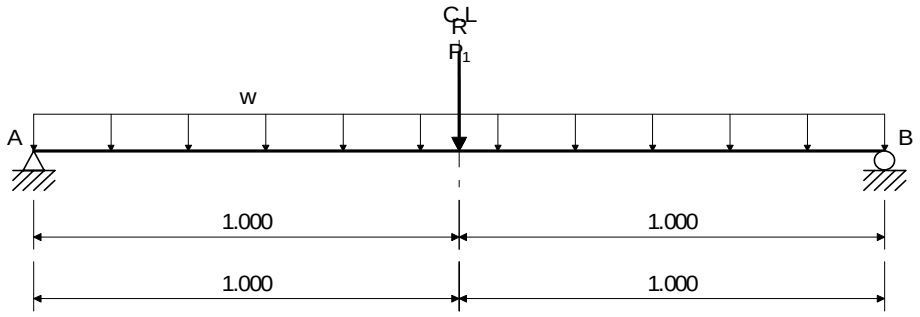
= 333.724 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 333.724

= 0.000 m

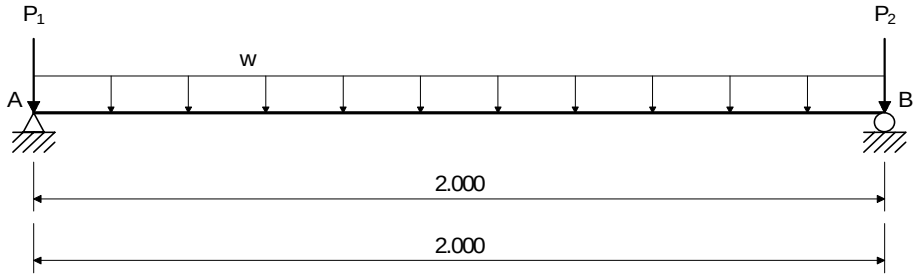
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (6.557 - 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

= 334761 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.39 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.39 ea ---> O.K

7.지보재 설계

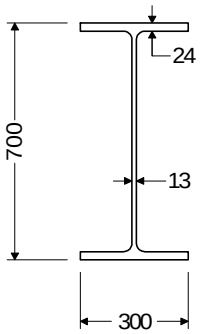
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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} = 21.369 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.5 m)
= 21.369 x 2.00 / 1 단
= 42.737 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 42.737 + 120.0 = 162.737 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 5760000.0 = 4.444 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 162.737 x 1000 / 23550 = 6.910 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 8476 = 1.888 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.500

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (11.355 - 2.466) / 11.355$

= 0.783

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 293

21.843 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (21.843 − 20))

= 186.910 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 186.910 MPa

L_y / R_y = 6400 / 67.8

94.395 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 94.395^2)

= 103.777 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 103.777 MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay})$ = 103.777 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 300

= 21.333 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.333 − 4.5))

= 134.460 MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag}, f_{cal})$

= 134.460 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (21.843)^2

= 3395.395 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 103.777 MPa > f_c = 6.910 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 134.460 MPa > f_b = 4.444 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.888 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{6.910}{103.777} + \frac{4.444}{134.460 \times (1 - (6.910 / 3395.395))}$$

$$= 0.100 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 6.910 + \frac{4.444}{1 - (6.910 / 3395.395)}$$

$$= 11.364 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.100 , 0.060)

= 0.100 < 1.0 ---> O.K

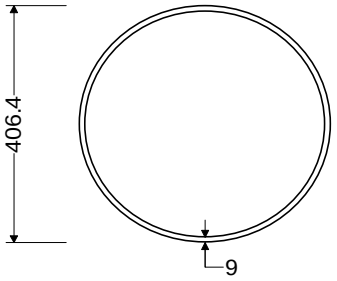
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 68.737 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.3 m)
= 68.737 x 5.10 / 2 단
= 175.279 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 175.279 + 60.0 = 235.279 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 2 단
= 12.800 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 2 단
= 8.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.800 x 1000000 / 1092000.0 = 11.722 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 235.279 x 1000 / 11236.2 = 20.939 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{8.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.423 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.072 x 9)
= 21.066 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.072

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (32.661 − 9.218) / 32.661
= 0.718 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5
45.552 ---> 20 < L/R ≤ 93 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))
= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 20.939 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 11.722 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 1.423 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{20.939}{160.024} + \dfrac{11.722}{189.000 \times (1 - (20.939 / 780.742))}$

= 0.195 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 20.939 + \dfrac{11.722}{1 - (20.939 / 780.742)}$

= 32.984 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.195 , 0.175)

= 0.195 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{32.661}{160.024} + \left\{ \dfrac{1.423}{106.692} \right\}^2$

= 0.204 < 1.0 ---> O.K

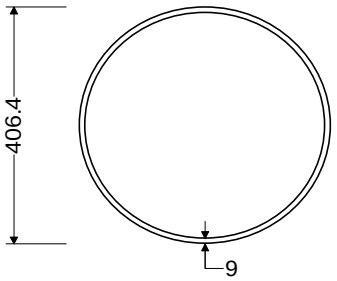
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 126.547 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.1 m)
= 126.547 x 5.10 / 2 단
= 322.695 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 322.695 + 60.0 = 382.695 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 2 단
= 12.800 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 2 단
= 8.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.800 x 1000000 / 1092000.0 = 11.722 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 382.695 x 1000 / 11236.2 = 34.059 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.423 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.051 x 9)

= 21.478 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.051

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (45.781 − 22.337) / 45.781

= 0.512 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 34.059 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 11.722 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 1.423 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{34.059}{160.024} + \dfrac{11.722}{189.000 \times (1 - (34.059 / 780.742))}$

= 0.278 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 34.059 + \frac{11.722}{1 - (34.059 / 780.742)}$$

$$= 46.315 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.278 , 0.245)
= 0.278 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{45.781}{160.024} + \left\{ \frac{1.423}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.286 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

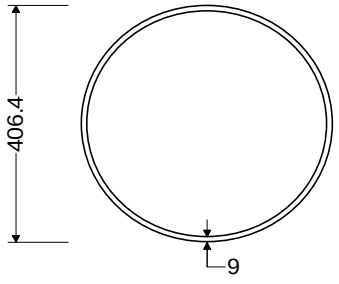
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 199.291 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.9 m)
= 199.291 x 5.10 / 2 단
= 508.193 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 508.193 + 60.0 = 568.193 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 2 단
= 12.800 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 2 단
= 8.000 kN
(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 12.800 x 1000000 / 1092000.0 = 11.722 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 568.193 x 1000 / 11236.2 = 50.568 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.423 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.038 x 9)
= 21.759 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.038

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (62.290 − 38.846) / 62.290
= 0.376 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5
45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))
= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}
= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2
= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> r/t ≤ 125 이므로

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 106.692$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 160.024$ MPa > $f_c = 50.568$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa > $f_b = 11.722$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa > $\tau = 1.423$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{50.568}{160.024} + \dfrac{11.722}{189.000 \times (1 - (50.568 / 780.742))}$

$= 0.382 < 1.0$ ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 50.568 + \dfrac{11.722}{1 - (50.568 / 780.742)}$

$= 63.101 < f_{cal} = 189.000$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.382 , 0.334)

= 0.382 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{62.290}{160.024} + \left\{ \dfrac{1.423}{106.692} \right\}^2$

$= 0.389 < 1.0$ ---> O.K

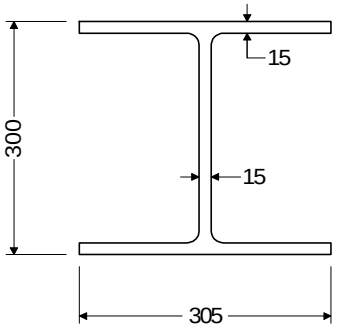
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 280.424 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.6 m)
= 280.424 x 5.10 / 2 단
= 715.082 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 715.082 + 60.0 = 775.082 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 2 단
= 12.800 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 2 단
= 8.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.800 x 1000000 / 1440000.0 = 8.889 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 775.082 x 1000 / 13480 = 57.499 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.000 x 1000 / 4050 = 1.975 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.081

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (66.388 − 48.610) / 66.388

= 0.268

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 111.713 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 111.713 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.593 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.794)^2

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 57.499 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 8.889 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.975 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{57.499}{111.713} + \frac{8.889}{135.593 \times (1 - (57.499 / 627.908))}$$

$$= 0.587 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 57.499 + \frac{8.889}{1 - (57.499 / 627.908)}$$

$$= 67.284 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.587 , 0.356)

= 0.587 < 1.0 ---> O.K

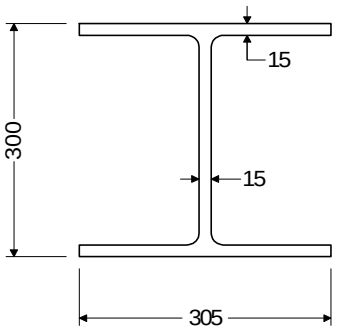
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 349.822 kN/m ---> Strut-5 (CS18 : 해체3)

= 349.822 x 5.10 / 2 단

= 892.045 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단

= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 892.045 + 60.0 = 952.045 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단

= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 2 단

= 12.800 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단

= 5.0 x 6.400 / 2 / 2 단

= 8.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.800 x 1000000 / 1440000.0 = 8.889 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 952.045 x 1000 / 13480 = 70.627 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.000 x 1000 / 4050 = 1.975 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.062

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (79.515 − 61.738) / 79.515

= 0.224

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 111.713 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 111.713 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.593 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.794)^2

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 70.627 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 8.889 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.975 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{70.627}{111.713} + \dfrac{8.889}{135.593 \times (1 - (70.627 / 627.908))}$

= 0.706 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 70.627 + \dfrac{8.889}{1 - (70.627 / 627.908)}$

= 80.642 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.706 , 0.427)

= 0.706 < 1.0 ---> O.K

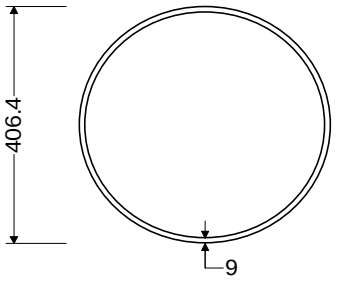
7.7 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 358.254 kN/m ---> Strut-6 (CS15 : 굴착 13.01 m)
= 358.254 x 5.10 / 2 단
= 913.549 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 913.549 + 60.0 = 973.549 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 2 단
= 12.800 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 2 단
= 8.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.800 x 1000000 / 1092000.0 = 11.722 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 973.549 x 1000 / 11236.2 = 86.644 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.423 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.024 x 9)

= 22.052 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.024

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.366 − 74.922) / 98.366

= 0.238 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 86.644 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 11.722 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 1.423 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{86.644}{160.024} + \dfrac{11.722}{189.000 \times (1 - (86.644 / 780.742))}$

= 0.611 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 86.644 + \frac{11.722}{1 - (86.644 / 780.742)}$$

$$= 99.829 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.611 , 0.528)
= 0.611 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{98.366}{160.024} + \left\{ \frac{1.423}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.615 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

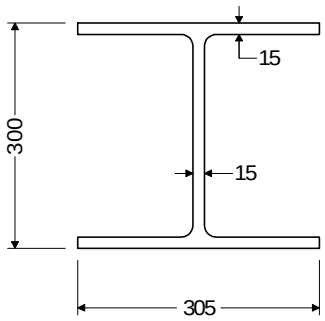
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

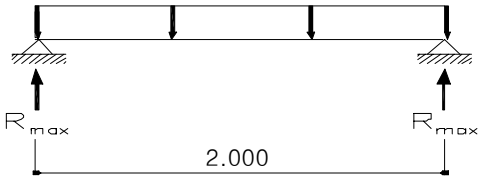
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 21.369 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.5 m)

P = 21.369 × 2.00 m / 1 ea = 42.737 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 42.737 / (13 × 2.000)
= 19.725 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 19.725 × 2.000^2 / 8
= 9.862 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 19.725 × 2.000 / 2
= 19.725 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 9.862 x 1000000 / 1440000.0 = 6.849 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 19.725 x 1000 / 4050 = 4.870 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (6.849 + 6.849) / 6.849

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 6.849 MPa ---> O.K

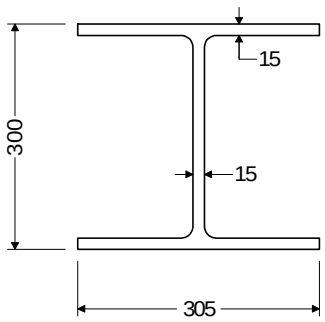
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 4.870 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

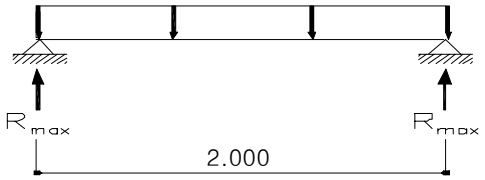
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 68.737 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.3 m)

P = 68.737 × 5.10 m / 1 ea = 350.558 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 350.558 / (13 × 2.000)
= 161.796 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 161.796 × 2.000^2 / 8
= 80.898 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 161.796 × 2.000 / 2
= 161.796 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 80.898 x 1000000 / 1440000.0 = 56.179 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 161.796 x 1000 / 4050 = 39.950 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (56.179 + 56.179) / 56.179
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 56.179 MPa ---> O.K

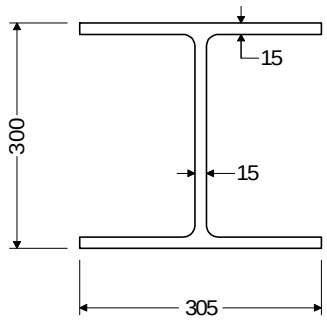
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.950 MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

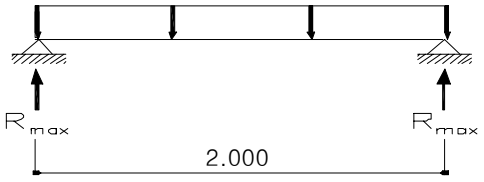
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 126.547 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.1 m)

P = 126.547 × 5.10 m / 1 ea = 645.390 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)

= 12 × 645.390 / (13 × 2.000)

= 297.872 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 297.872 × 2.000 ^{2} / 8
= 148.936 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 297.872 × 2.000 / 2
= 297.872 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 148.936 x 1000000 / 1440000.0 = 103.428 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 297.872 x 1000 / 4050 = 73.549 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (103.428 + 103.428) / 103.428
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 103.428 MPa ---> O.K

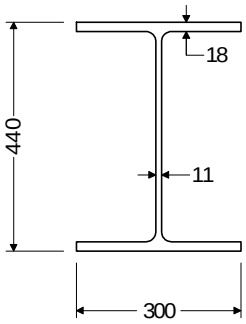
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 73.549 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

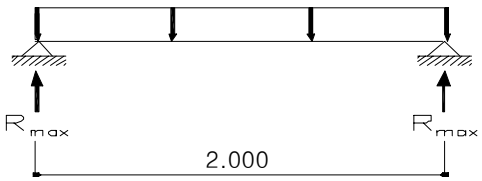
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 199.291 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.9 m)

P = 199.291 × 5.10 m / 1 ea = 1016.386 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 1016.386 / (13 × 2.000)
= 469.101 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 469.101 × 2.000^2 / 8
= 234.551 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 469.101 × 2.000 / 2
= 469.101 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 234.551 x 1000000 / 2550000.0 = 91.981 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 469.101 x 1000 / 4444 = 105.558 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.981 + 91.981) / 91.981
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300
= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))
= 181.980 MPa
f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 91.981 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 105.558 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 14 x 2 = ####### mm^2
A_w' = A_w + A'
= ####### mm + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2
τ' = S_{max} / A_w' = 469101.060 / 15756.000 = 29.773 MPa

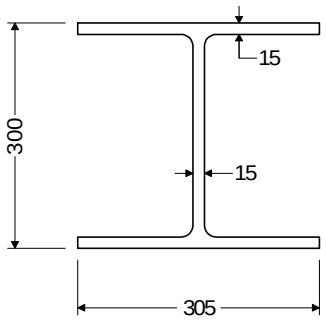
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 29.773 MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

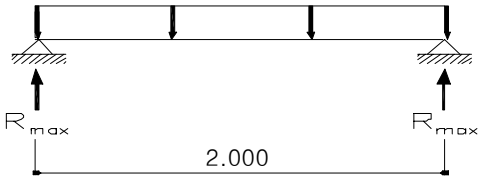
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 280.424 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.6 m)

P = 280.424 × 5.10 m / 2 ea = 715.082 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 715.082 / (13 × 2.000)
= 330.038 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 330.038 × 2.000^2 / 8
= 165.019 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 330.038 × 2.000 / 2
= 330.038 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 165.019 x 1000000 / 1440000.0 = 114.596 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 330.038 x 1000 / 4050 = 81.491 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 $Φ^2$ + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (114.596 + 114.596) / 114.596
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 114.596 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 81.491 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (300.000 − 15.000 x 2) x 14 x 2 = 7560.000 mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 7560.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 330037.620 / 11610.000 = 28.427 MPa

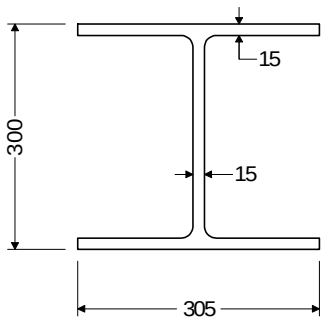
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 28.427 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

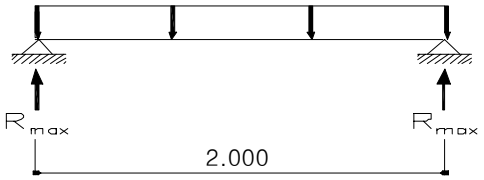
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 349.822 kN/m ---> Strut-5 (CS18 : 해체3)

P = 349.822 × 5.10 m / 2 ea = 892.045 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 892.045 / (13 × 2.000)
= 411.713 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 411.713 × 2.000 ^{2} / 8
= 205.857 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 411.713 × 2.000 / 2
= 411.713 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 205.857 x 1000000 / 1440000.0 = 142.956 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 411.713 x 1000 / 4050 = 101.658 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (142.956 + 142.956) / 142.956
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 142.956 MPa ---> O.K

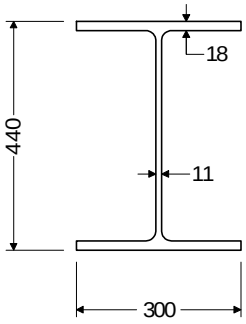
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 101.658 MPa ---> O.K

8.7 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

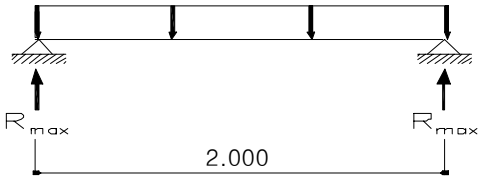
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 358.254 kN/m ---> Strut-6 (CS15 : 굴착 13.01 m)

P = 358.254 × 5.10 m / 2 ea = 913.549 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)

= 12 × 913.549 / (13 × 2.000)

= 421.638 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 421.638 × 2.000 ^{2} / 8
= 210.819 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 421.638 × 2.000 / 2
= 421.638 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 210.819 x 1000000 / 2550000.0 = 82.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 421.638 x 1000 / 4444 = 94.878 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (82.674 + 82.674) / 82.674
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300
= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))
= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 82.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 94.878 MPa ---> O.K

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 14 x 2 = ####### mm^2

A_w' = A_w + A'
= ####### mm + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2

τ ' = S_{max} / A_w' = 421637.870 / 15756.000 = 26.760 MPa

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 26.760 MPa ---> O.K

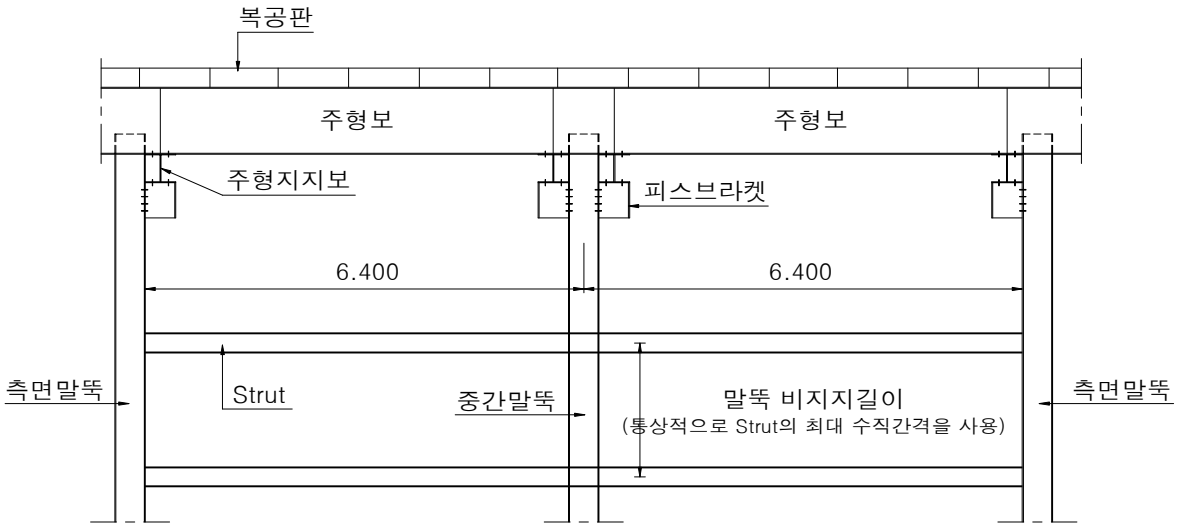
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.400 + 6.400 = 12.800 m

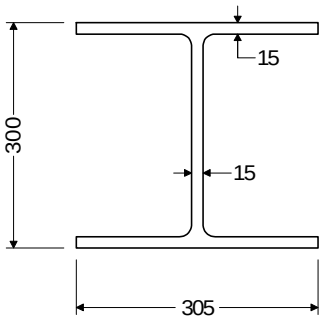
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 21.500 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 119.500 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 9.810 kN

$\sum P_s$ = 155.590 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

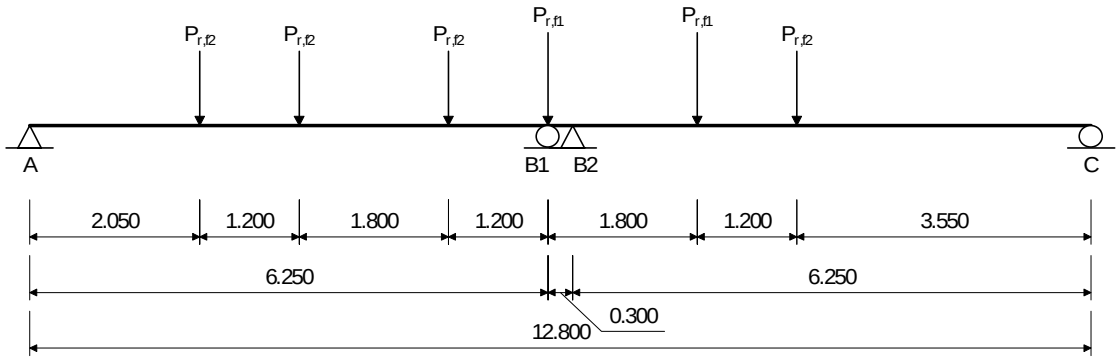
(2) 전륜하중

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 **1.5** 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250 + 93.600 x 2.050) / 6.250

= 279.802 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 279.802 x 1.00 = 279.802 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250 + 23.400 x 2.050) / 6.250

= 69.950 kN

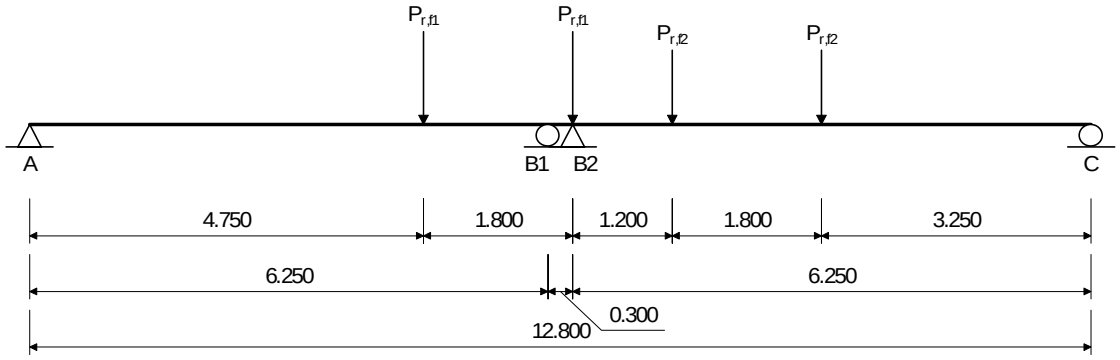
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 69.950 x 1.00 = 69.950 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.750) / 6.250

= 94.848 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250) / 6.250

= 249.101 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN

P_{r2} = 249.101 x 1.00 = 249.101 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.750) / 6.250

= 23.712 kN

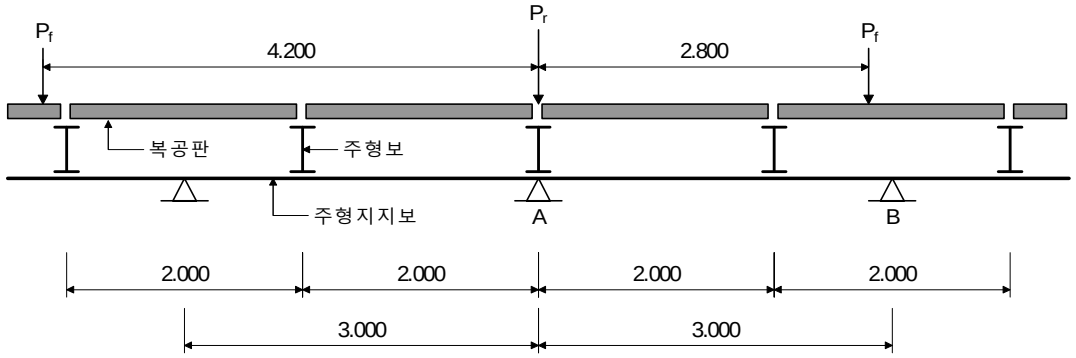
R_{B2} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250) / 6.250

= 62.275 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN

P_{f2} = 62.275 x 1.00 = 62.275 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (279.802 x 3.000 + 69.950 x 0.200) / 3.000

= 284.465 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} \times 3.00 / 2.00$

$= 284.465 + 18.231 \times 3.00 / 2.00 = 311.812$ kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

$R_2 = (249.101 \times 3.000 + 62.275 \times 0.200) / 3.000$

$= 253.252$ kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} \times 3.00 / 2.00$

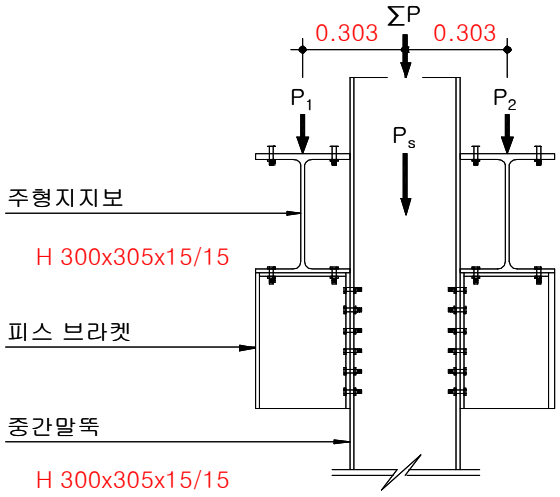
$= 253.252 + 18.231 \times 3.00 / 2.00 = 280.600$ kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_1 + P_2 + P_s$

$= 311.812 + 280.600 + 155.590 = 748.002$ kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A = 748.002 \times 1000 / 13480 = 55.490$ MPa

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 94.323 \times 1000000 / 1440000 = 65.502$ MPa

여기서, $M_{max} = P_1 \times e = 311.812 \times 0.303 = 94.323$ kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 1.903

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (120.992 - -10.012) / 120.992$

= 1.083

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 5880 / 126

46.667 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (46.667 - 20))

= 158.760 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 158.760 MPa

L_y / R_y = 5880 / 72.6

80.992 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (80.992 - 20))

= 119.835 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 119.835 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 119.835 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5880 / 305

= 19.279 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (19.279 - 4.5))

= 141.117 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 141.117 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (46.667)^2

= 743.878 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 119.835 MPa > f_c = 55.490 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 141.117 MPa > f_b = 65.502 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{55.490}{119.835} + \dfrac{65.502}{141.117 \times (1 - (55.490 / 743.878))}$

= 0.965 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 55.490 + \frac{65.502}{1 - (55.490 / 743.878)}$$

$$= 126.272 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.965 , 0.668)
= 0.965 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 748.00 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) = 34
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0
- L_s(모래층 중의 길이) = 20.280 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 35 x 0.0915 + 0.2 x 34 x 1.210 x ###
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000
= 246.926 tonf
= 2421.52 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2421.52 / 2.0
= 1210.760 kN

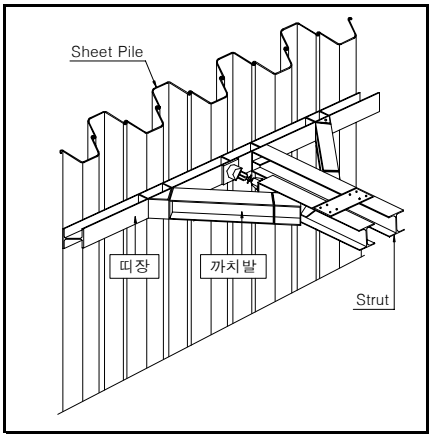
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 20.28m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
I_x(mm^4)	386000000.0
Z_x(mm^3)	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 349.644 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS16 : 해체1)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 349.644 (kN·m/m) × 1.00 m = 349.644 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 324.935 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS15 : 굴착 13.01 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 324.935 (kN/m) × 1.00 m = 324.935 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{349.644 \times 10^6}{2270000.00} = 154.028 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{324.935 \times 10^3}{13180.00} = 24.654 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 13.01 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	1.48	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.68	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	17.05	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	24.59	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	20.28	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.4	2	6.4	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2	5.1	6.4	70	2
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.8	5.1	6.4	70	2
4	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.6	5.1	6.4	70	2
5	Strut-4	H 300x305x15/15	SS400	7.4	5.1	6.4	70	2
6	Strut-5	H 300x305x15/15	SS400	9.1	5.1	6.4	70	2
7	Strut-6	P 406.4x9	SS400	10.6	5.1	6.4	70	2

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	5.54	0	6.55	C27	1	-
2	기초	12.51	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	5.04	13.01	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 13.01 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.90	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.50	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.30	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	6.10	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.90	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.60	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	11.10	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
15	13.01	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	-	-	12.1	-	-	-	X	X
17	-		Strut-6	-	-	-	-	X	X
18	-	-	-	8.52	-	-	-	X	X
19	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
20	-	-	-	5.04	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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	5.12	4.8	-3.64	3.4	1.41	18.0	-3.71	2.0
CS2 : 생성 주형보	0.90	5.12	4.8	-3.64	3.4	1.41	18.0	-3.71	2.0
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	13.74	3.4	-21.38	0.4	24.06	2.5	-9.82	5.6
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	11.54	4.8	-14.17	0.4	15.75	2.5	-7.57	6.1
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	32.89	5.0	-53.42	2.0	41.02	3.8	-14.07	7.0
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	27.52	5.0	-45.13	2.0	31.04	3.8	-11.59	7.0
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	46.31	7.9	-101.60	3.8	72.55	6.1	-35.17	3.8
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	42.48	7.9	-91.85	3.8	63.95	6.1	-28.17	3.8
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	73.23	10.1	-161.91	5.6	137.59	8.0	-69.85	5.6
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	70.38	10.1	-151.27	5.6	128.90	8.0	-61.20	5.6
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	101.41	12.6	-241.44	7.4	213.58	10.1	-109.15	14.8
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	99.25	12.6	-230.18	7.4	206.30	10.1	-106.22	14.8
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	118.72	14.4	-250.18	9.1	264.14	11.6	-145.48	16.6
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	117.07	14.4	-238.41	9.1	257.60	11.6	-143.67	16.6
CS15 : 굴착 13.01 m	13.01	134.51	16.6	-324.93	10.6	349.53	13.5	-113.67	9.1
CS16 : 해체1	13.01	134.53	16.6	-324.79	10.6	349.64	13.5	-113.64	9.1
CS17 : 해체2	13.01	124.76	16.6	-276.25	9.1	292.28	13.5	-187.68	9.1
CS18 : 해체3	13.01	124.75	16.6	-276.25	9.1	292.27	13.5	-187.69	9.1
CS19 : 해체4	13.01	124.83	16.6	-279.76	9.1	292.74	13.5	-193.07	9.1
CS20 : 해체5	13.01	124.84	16.6	-279.75	9.1	292.75	13.5	-193.07	9.1
TOTAL		134.53	16.6	-324.93	10.6	349.64	13.5	-193.07	9.1

12.1.2 지보재 반력 집계

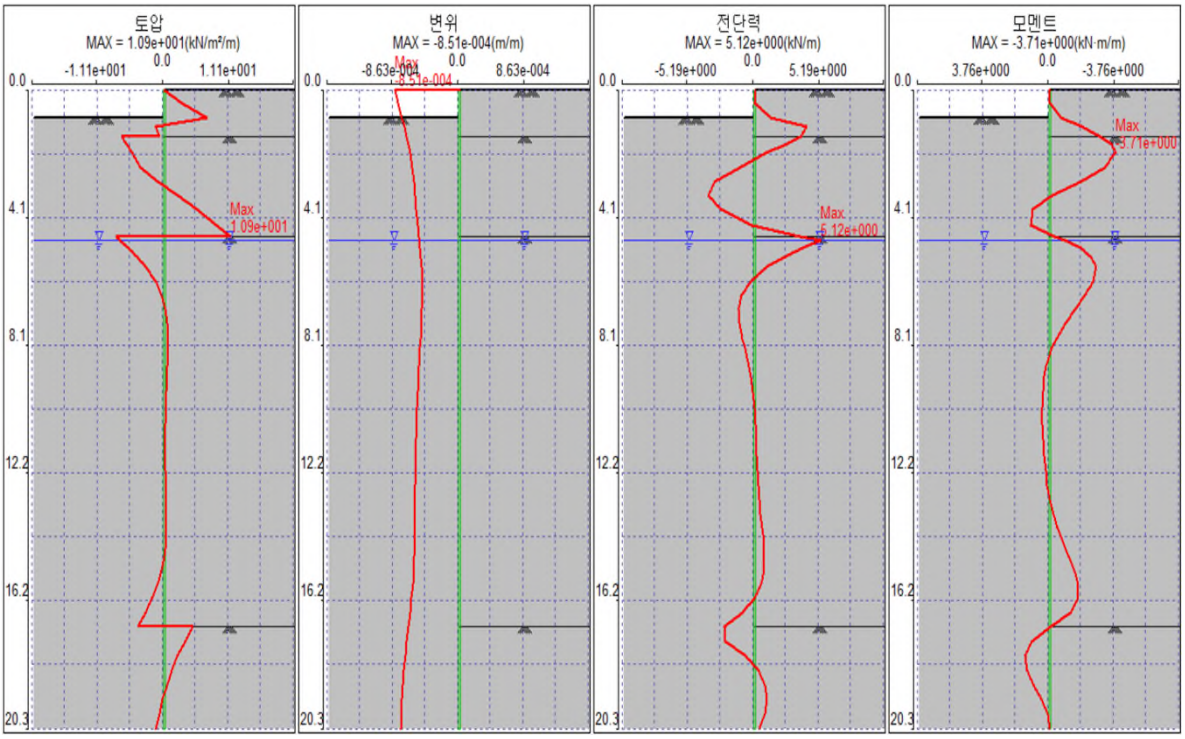
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.4 (m)	2 (m)	3.8 (m)	5.6 (m)	7.4 (m)
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.90	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	21.37	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	14.15	13.73	-	-	-
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	-0.98	68.74	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	2.12	57.36	13.73	-	-
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	-10.28	44.01	126.55	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	-8.92	45.33	114.12	13.73	-
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	-6.12	23.45	78.98	199.29	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	-6.28	25.02	81.11	185.12	13.73
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	-3.25	24.96	52.22	118.57	280.42
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	-3.40	25.02	53.71	121.30	265.04
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	-3.14	27.85	52.33	83.43	176.31
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	-3.16	27.74	52.41	84.95	178.88
CS15 : 굴착 13.01 m	13.01	-3.58	28.96	56.87	80.41	100.45
CS16 : 해체1	13.01	-3.58	28.96	56.87	80.41	100.46
CS17 : 해체2	13.01	-3.27	29.90	54.35	63.04	95.11
CS18 : 해체3	13.01	-3.27	29.90	54.35	63.04	95.10
CS19 : 해체4	13.01	-7.09	28.78	90.23	-	133.57
CS20 : 해체5	13.01	-7.09	28.78	90.23	-	133.57
TOTAL		21.37	68.74	126.55	199.29	280.42

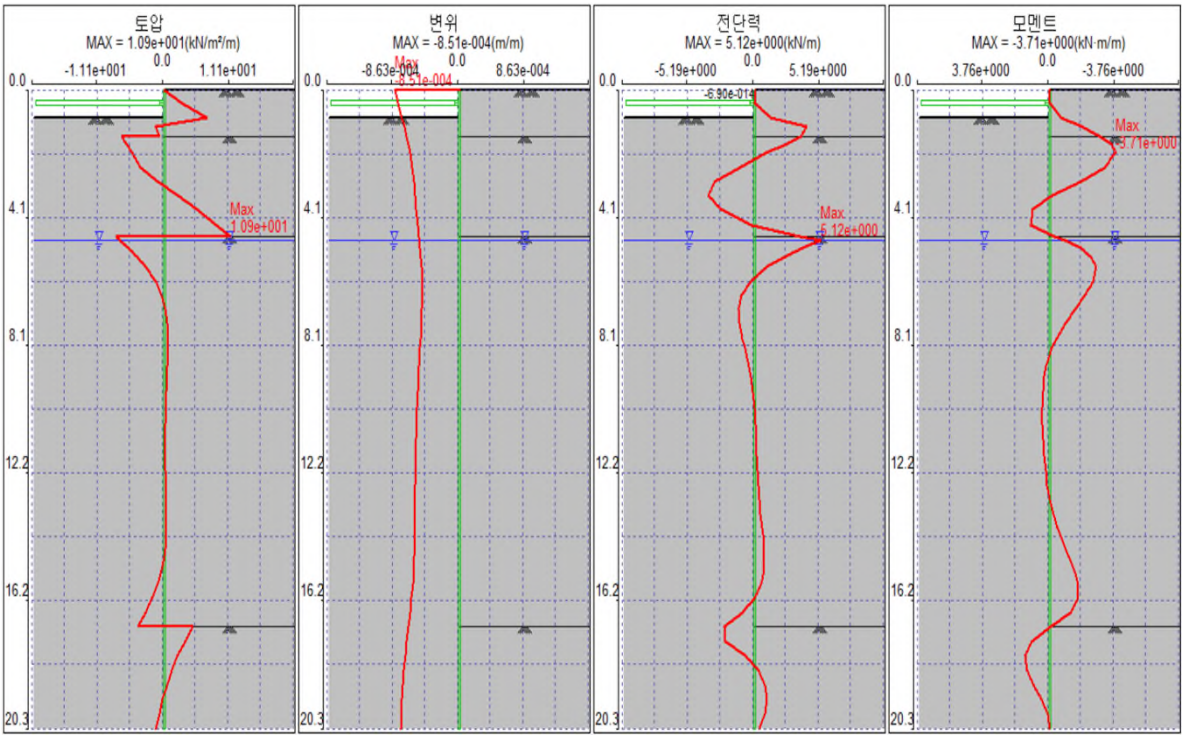
시공단계	굴착 깊이	Strut-5	Strut-6			
		9.1 (m)	10.6 (m)			
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	-	-			
CS2 : 생성 주형보	0.90	-	-			
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	-	-			
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	-	-			
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	-	-			
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	-	-			
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	-	-			
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	-	-			
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	-	-			
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	-	-			
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	-	-			
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	13.73	-			
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	253.55	-			
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	237.74	13.73			
CS15 : 굴착 13.01 m	13.01	123.74	358.25			
CS16 : 해체1	13.01	123.71	358.12			
CS17 : 해체2	13.01	349.81	-			
CS18 : 해체3	13.01	349.82	-			
CS19 : 해체4	13.01	346.47	-			
CS20 : 해체5	13.01	346.47	-			
TOTAL		349.82	358.25			

12.2 시공단계별 단면력도

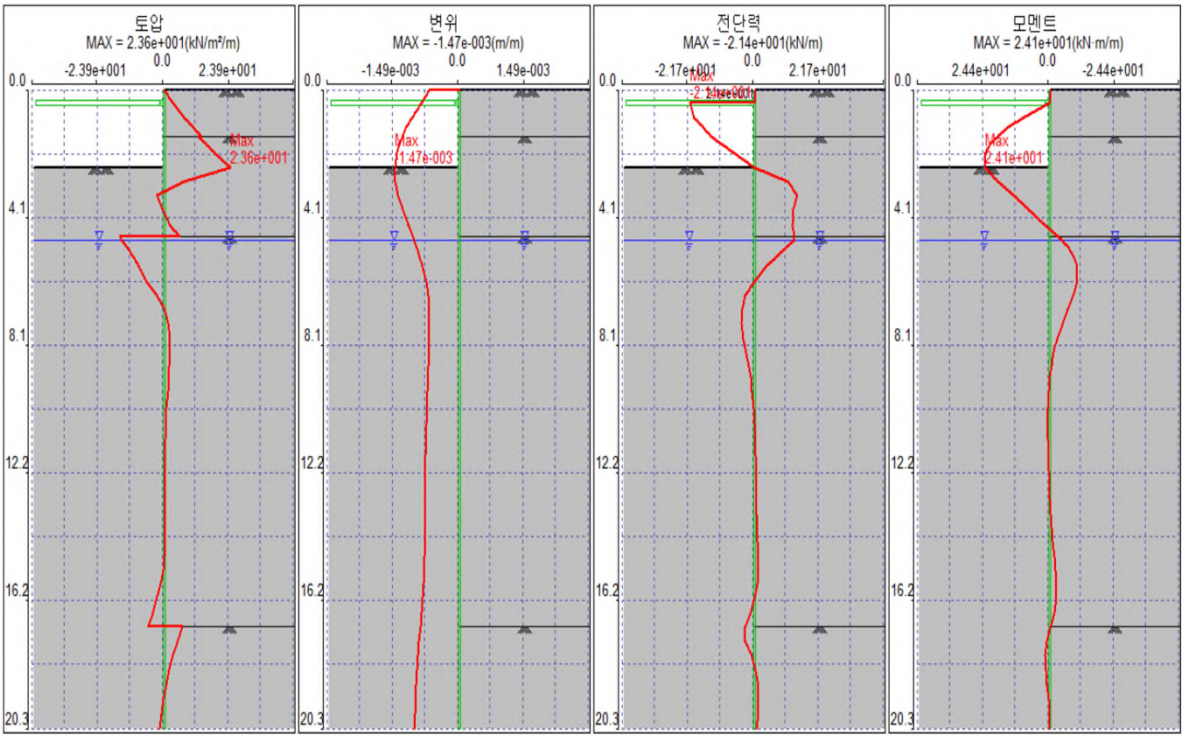
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.9 m]



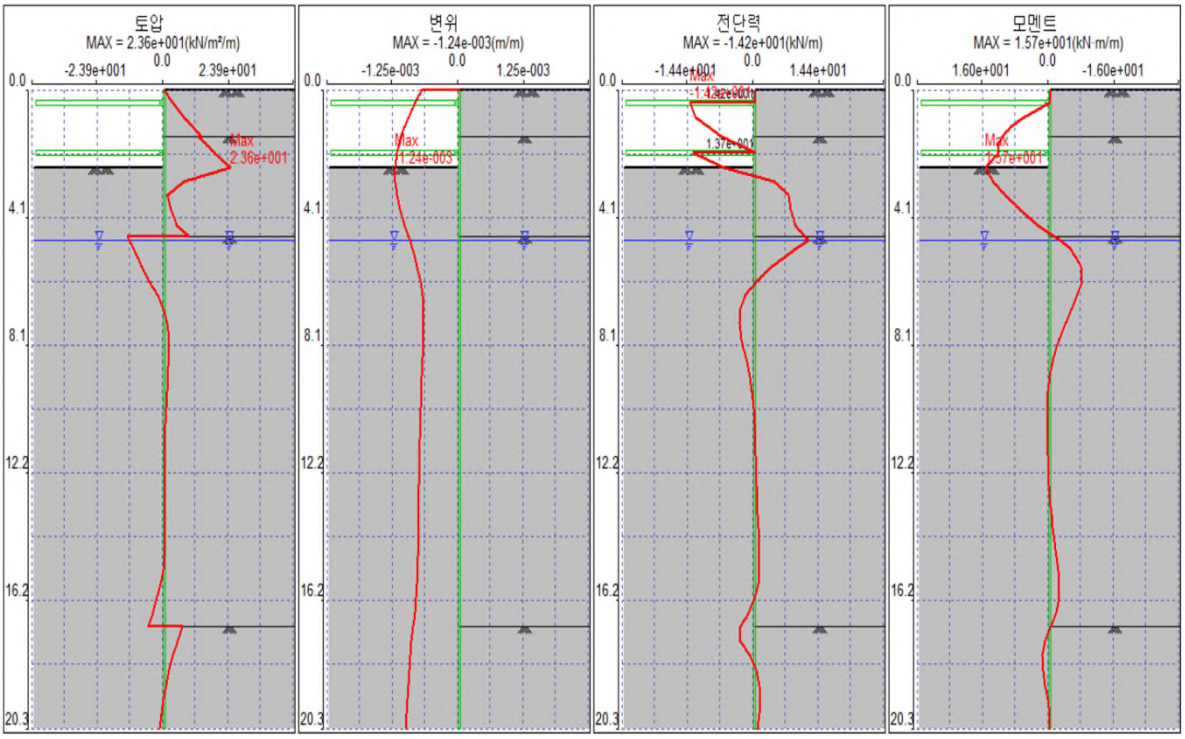
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



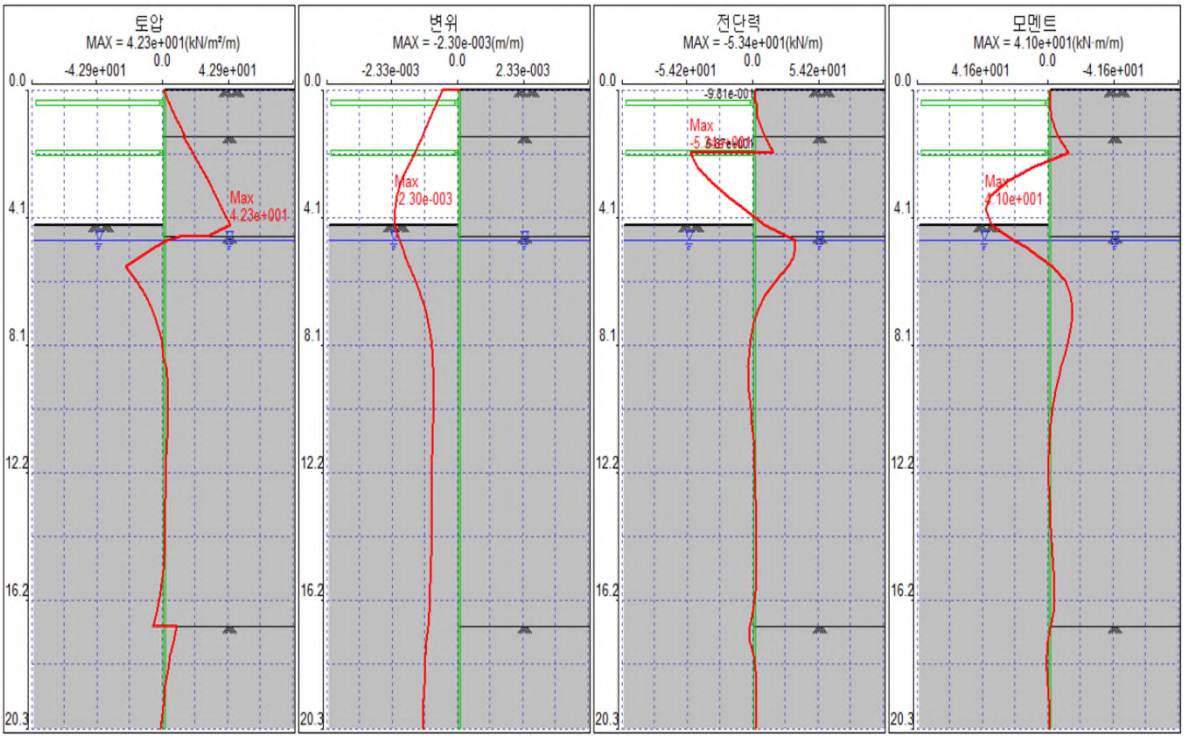
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.5 m]



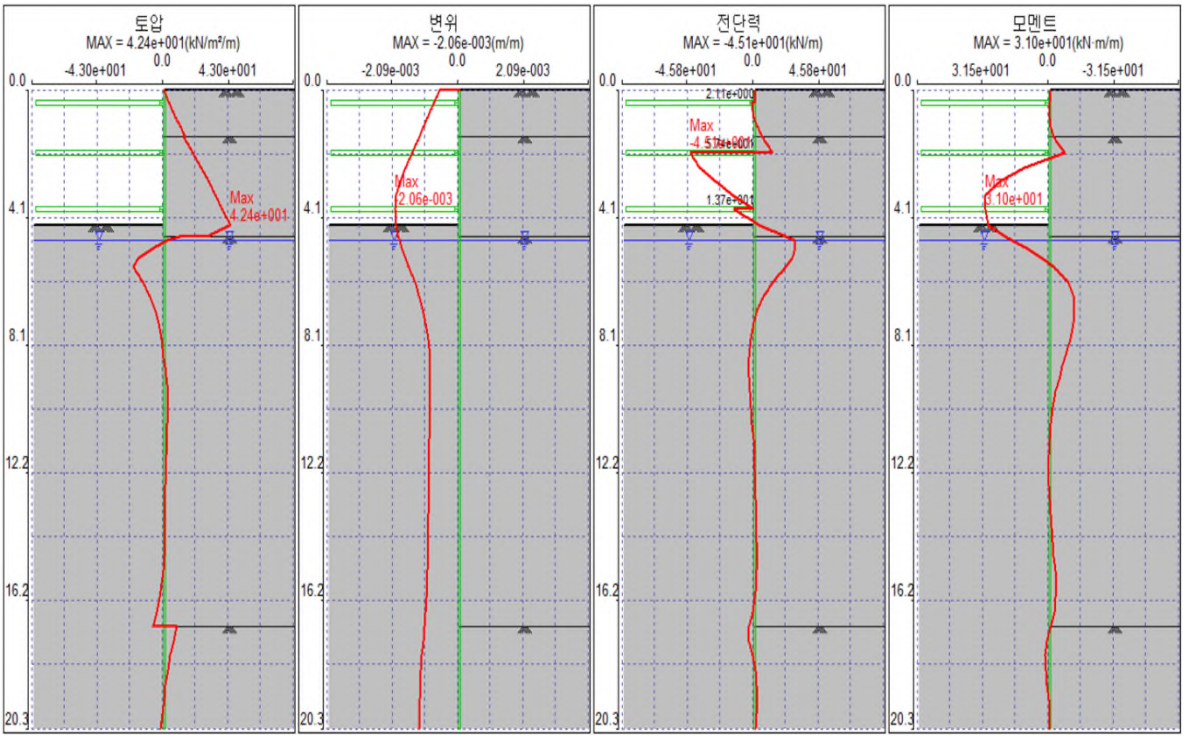
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



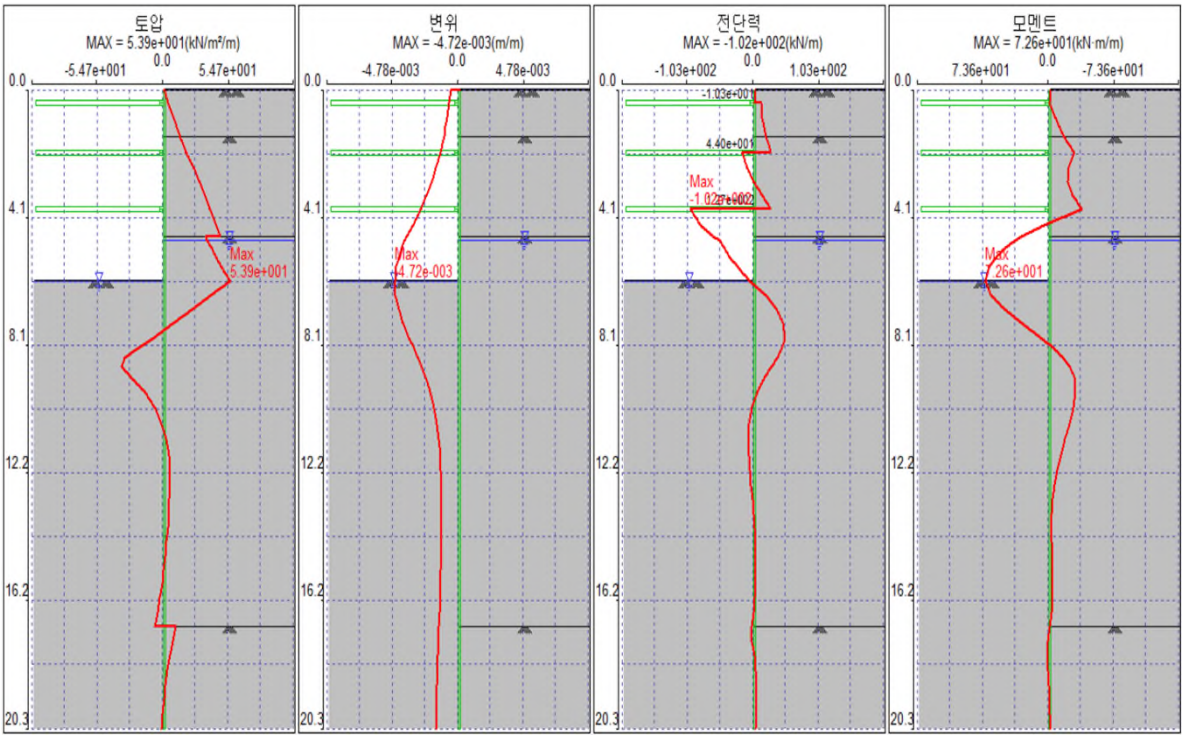
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.3 m]



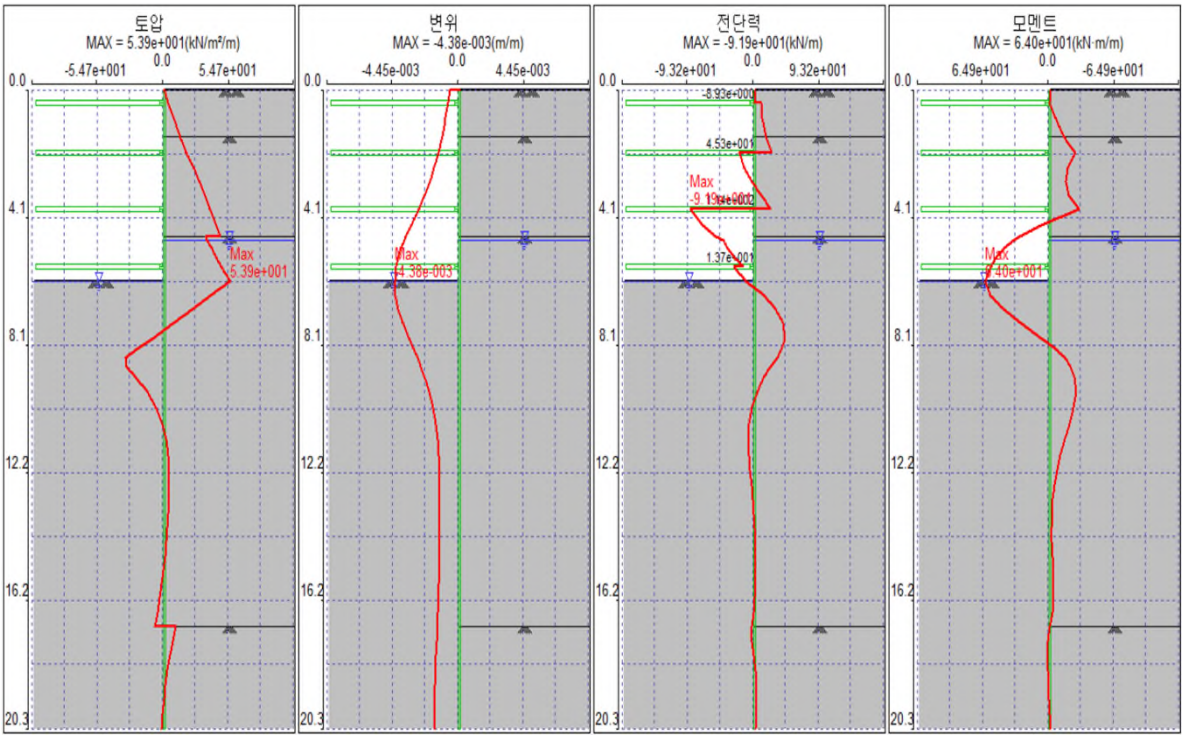
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



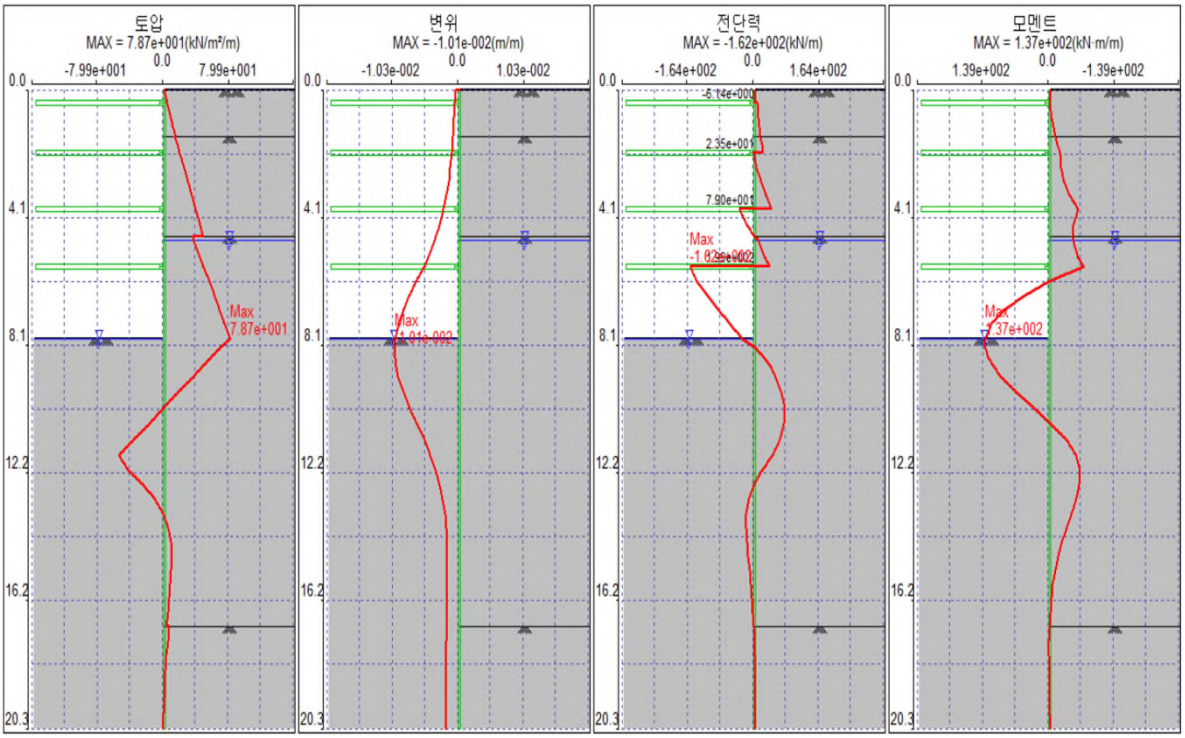
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.1 m]



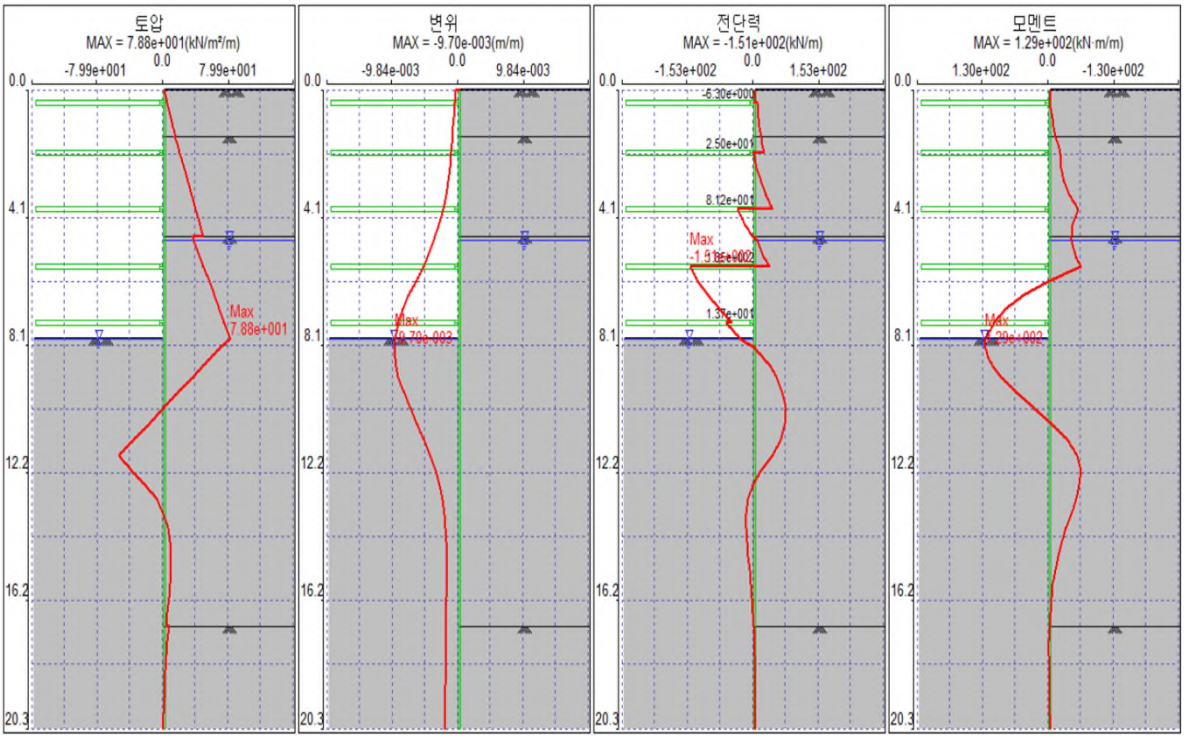
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



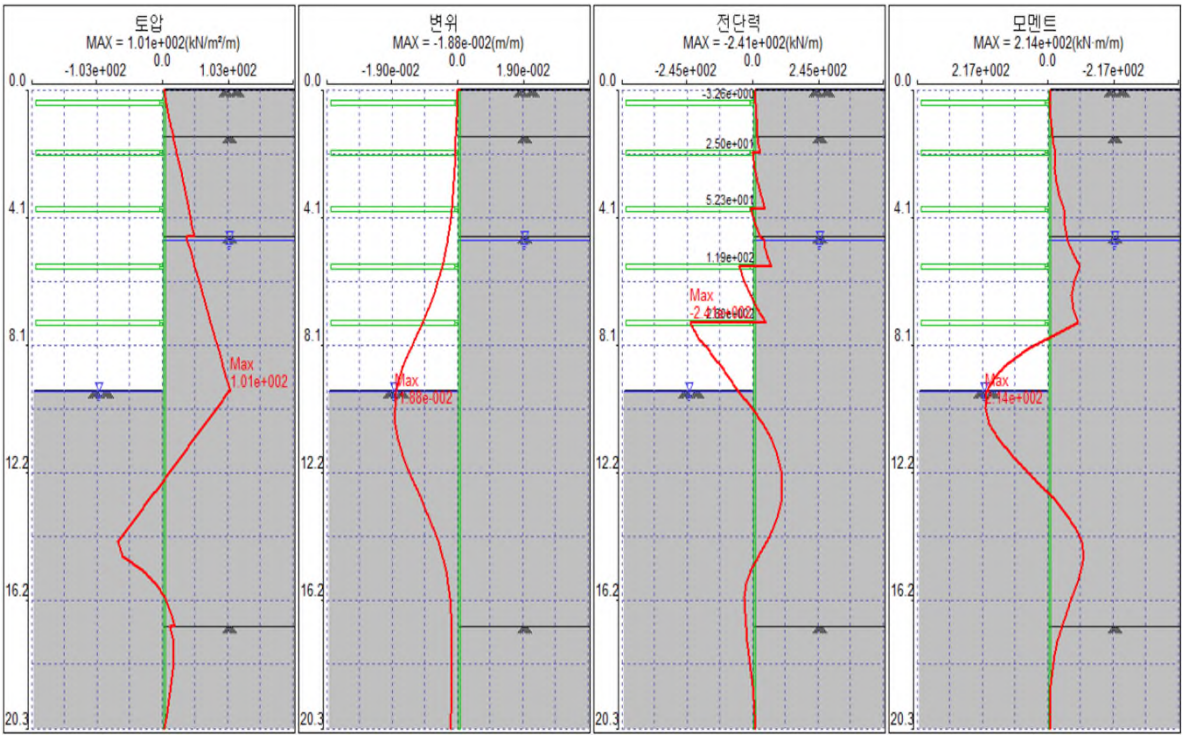
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.9 m]



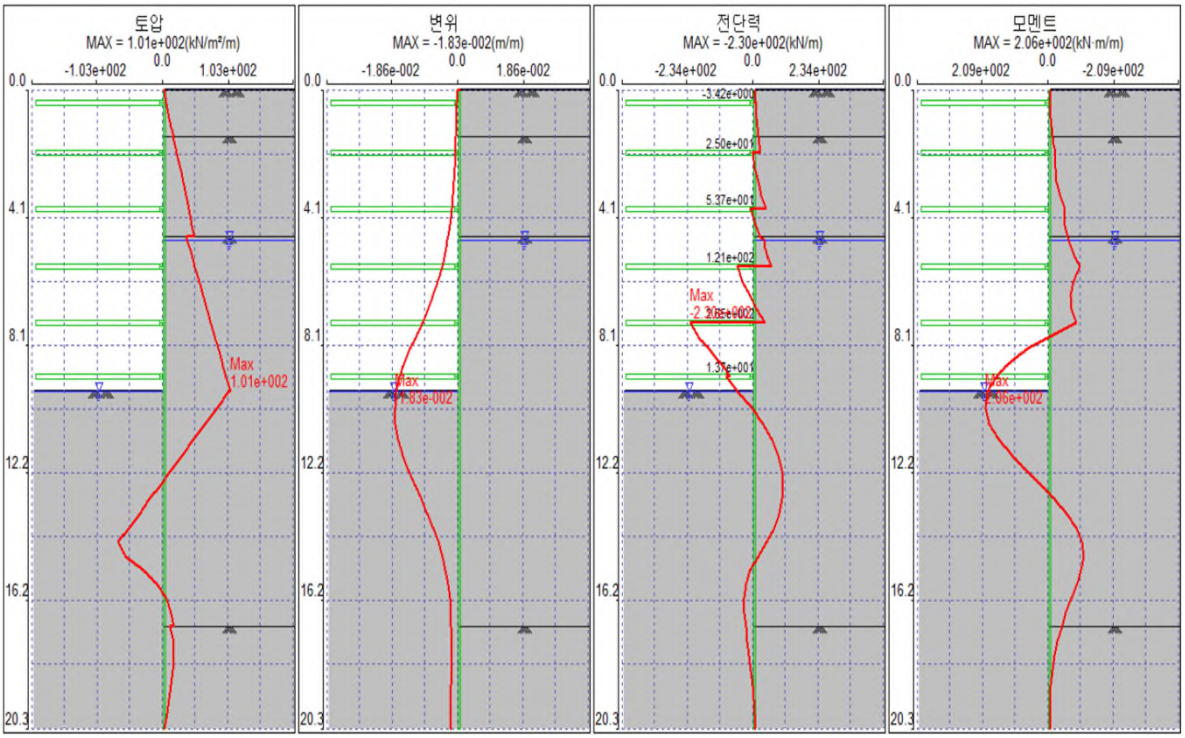
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



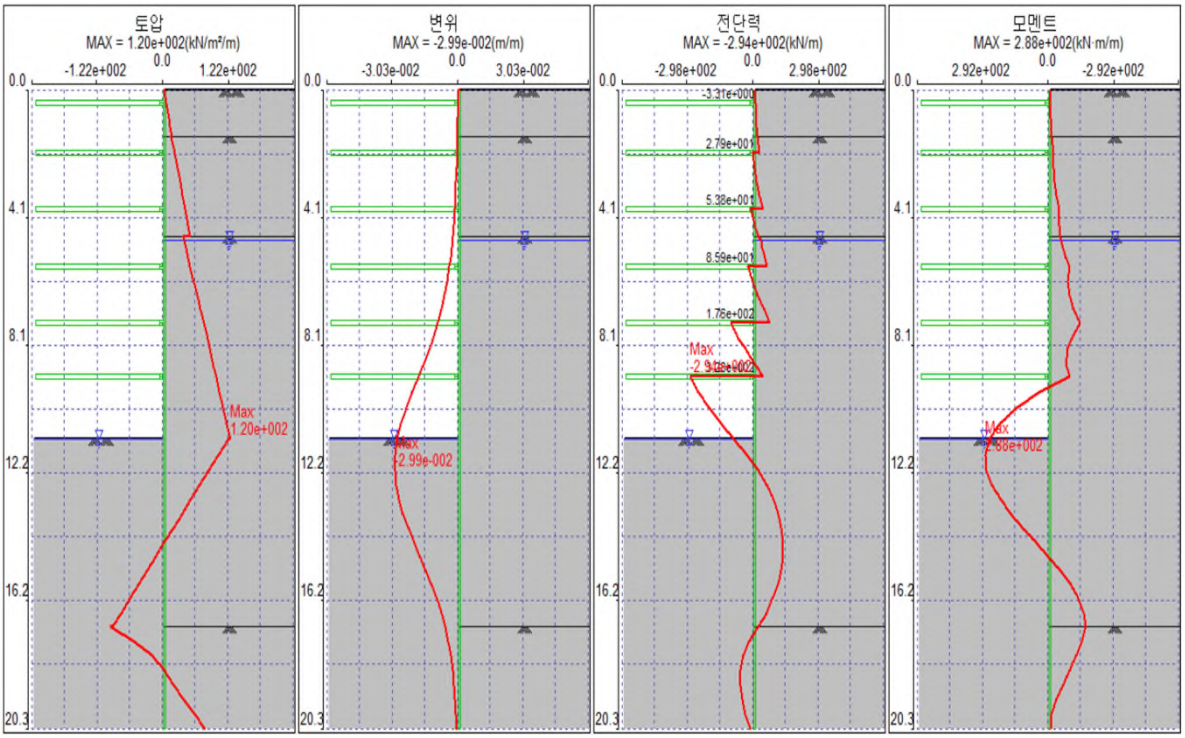
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.6 m]



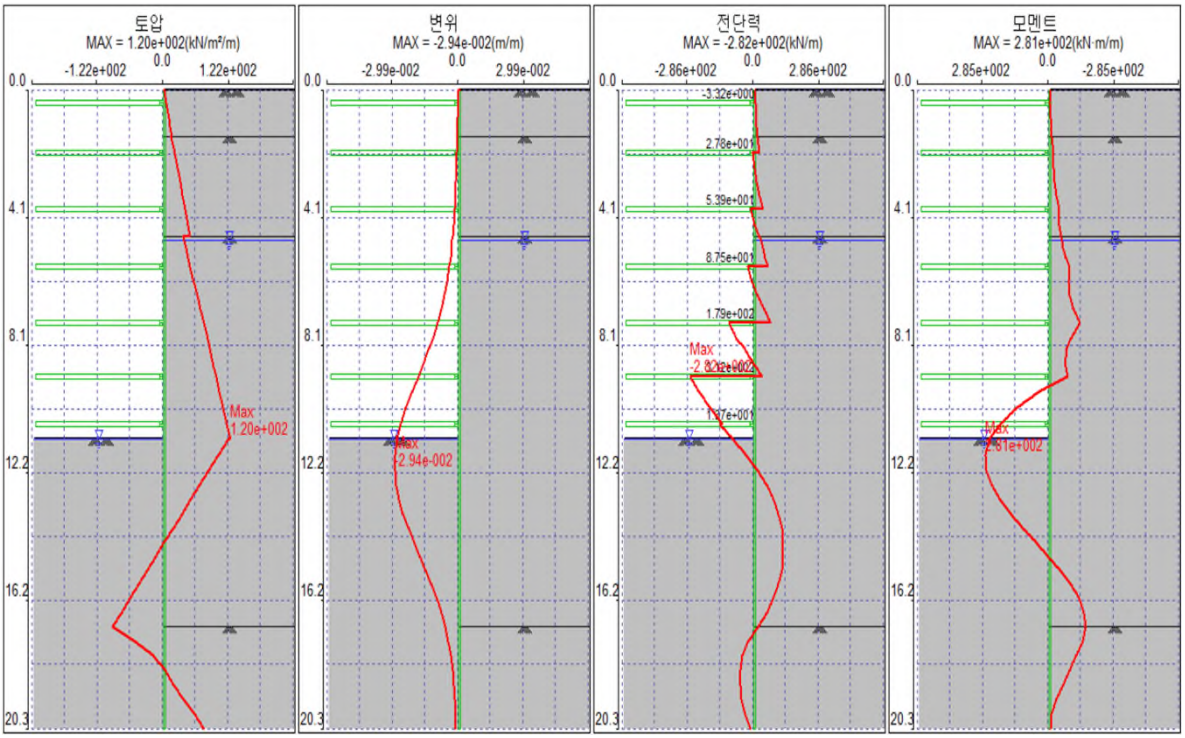
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



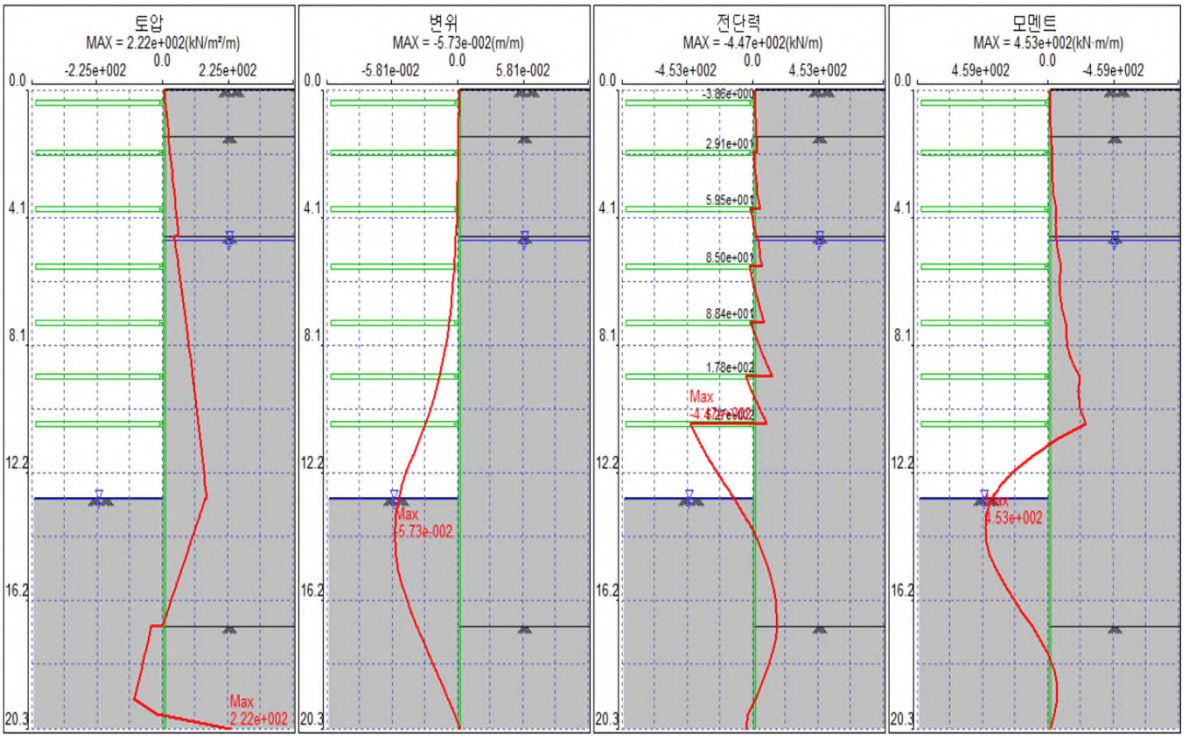
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.1 m]



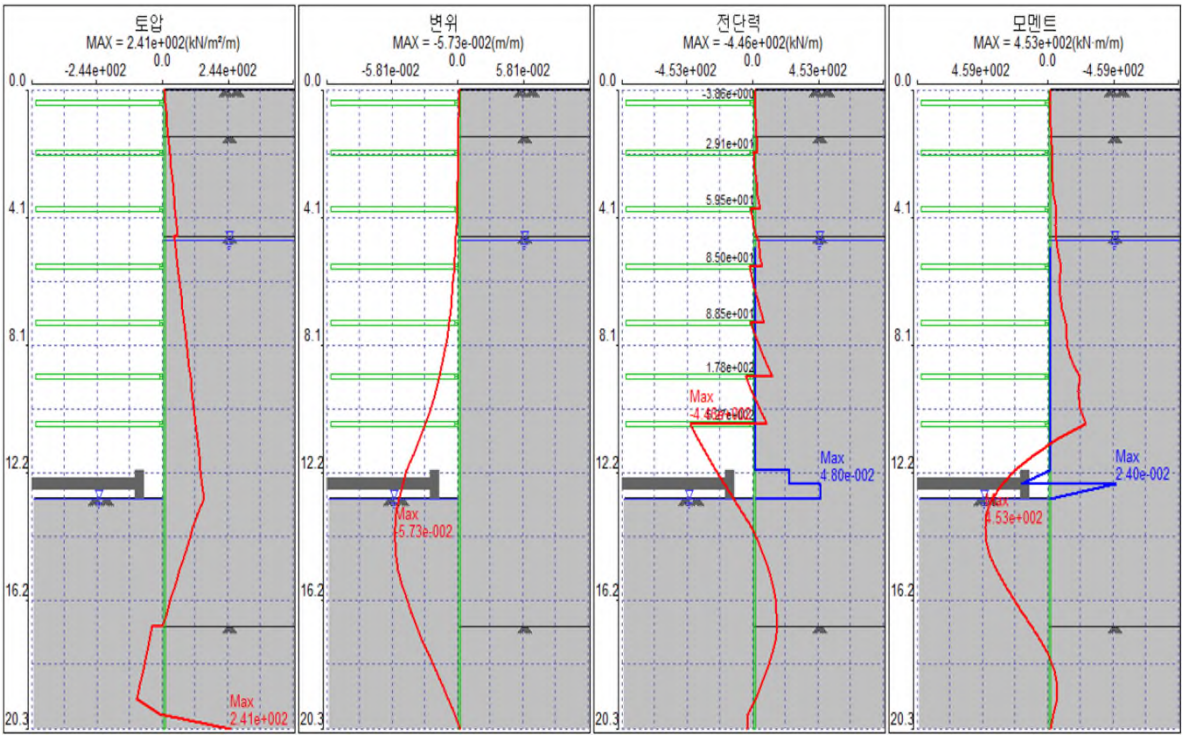
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-6]



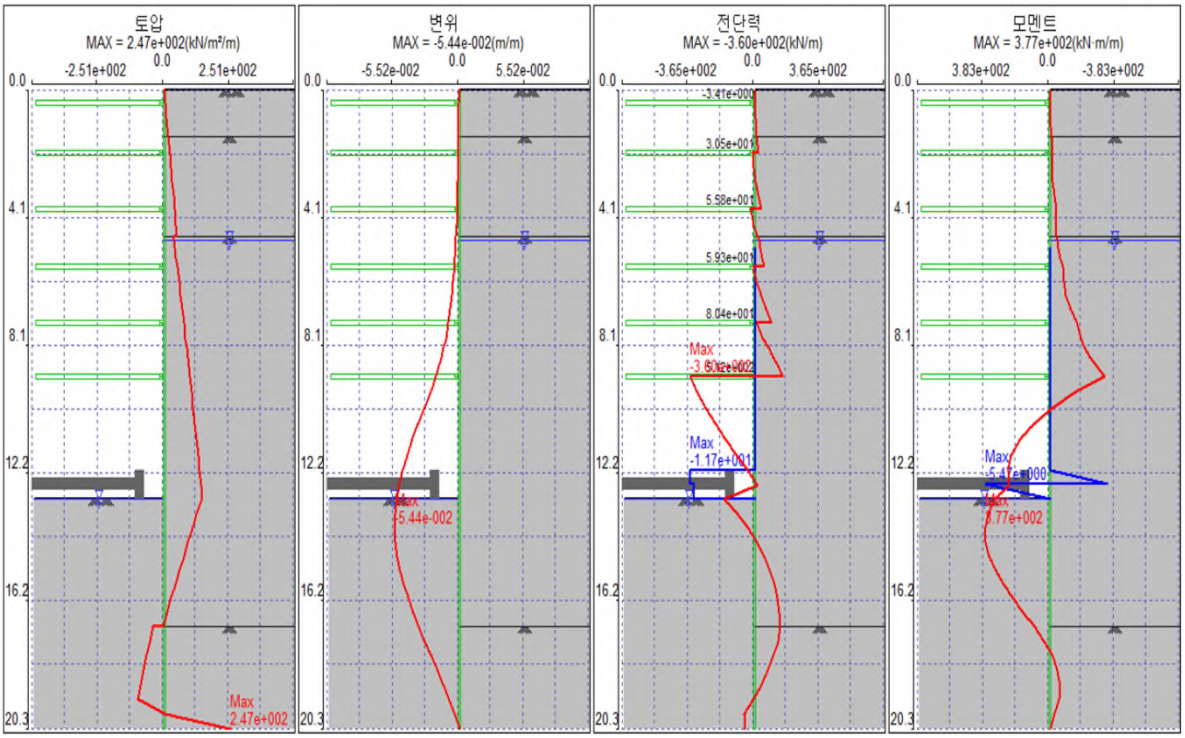
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 13.01 m]



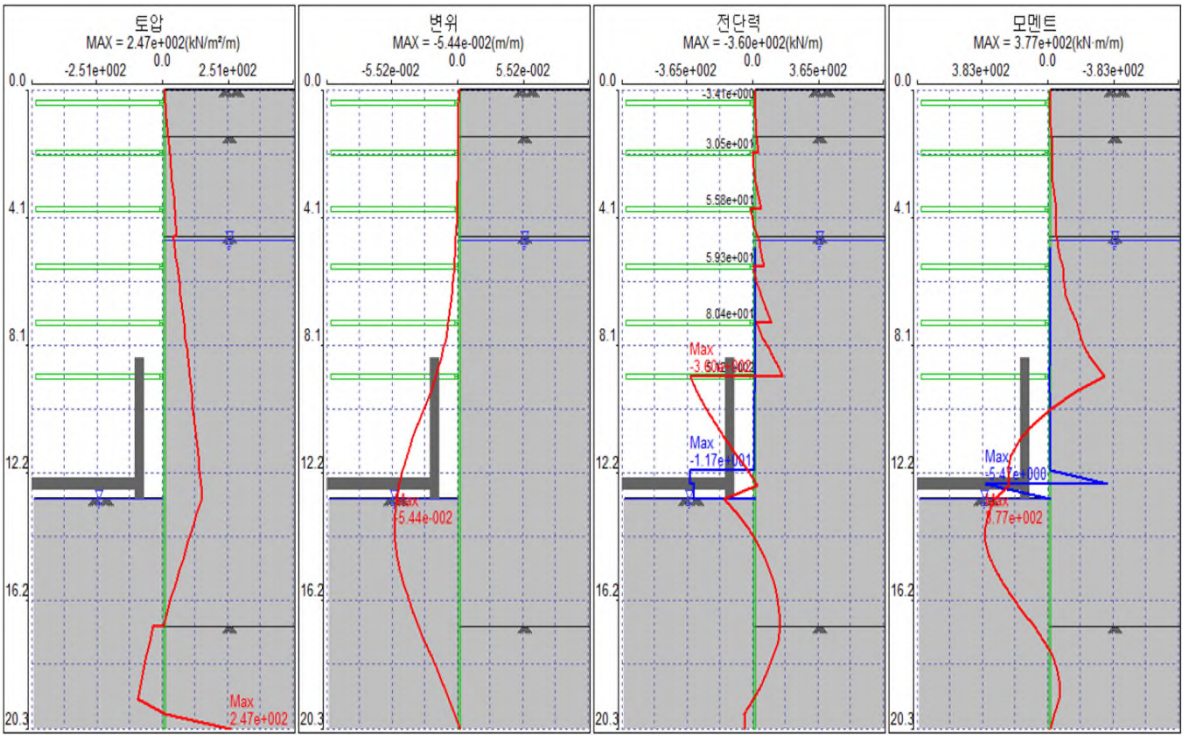
16) 시공 16 단계 [CS16 : 해체1]



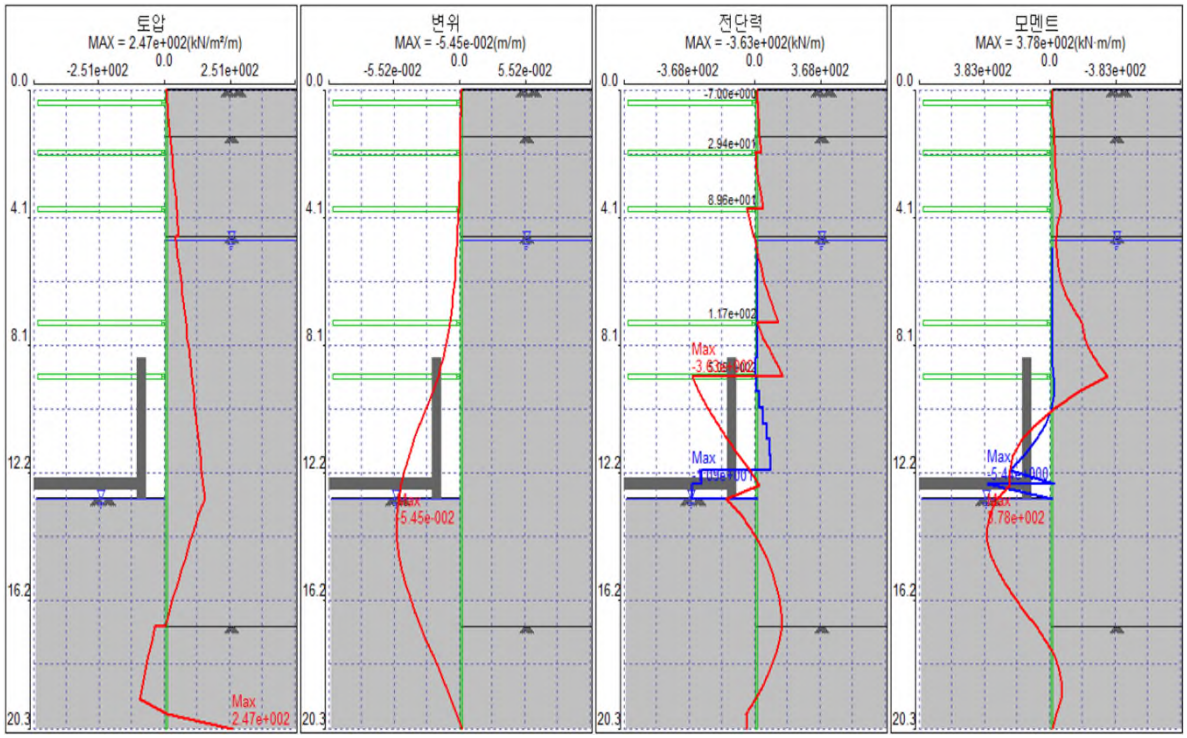
17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체2]



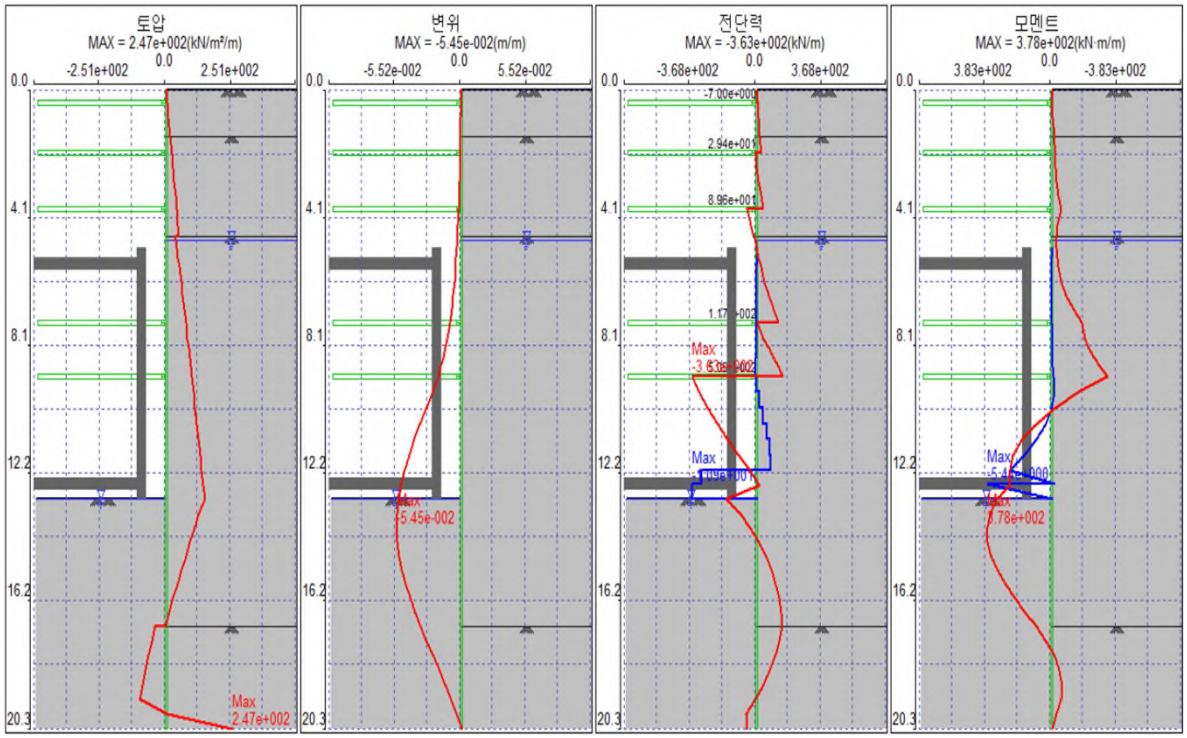
18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체3]



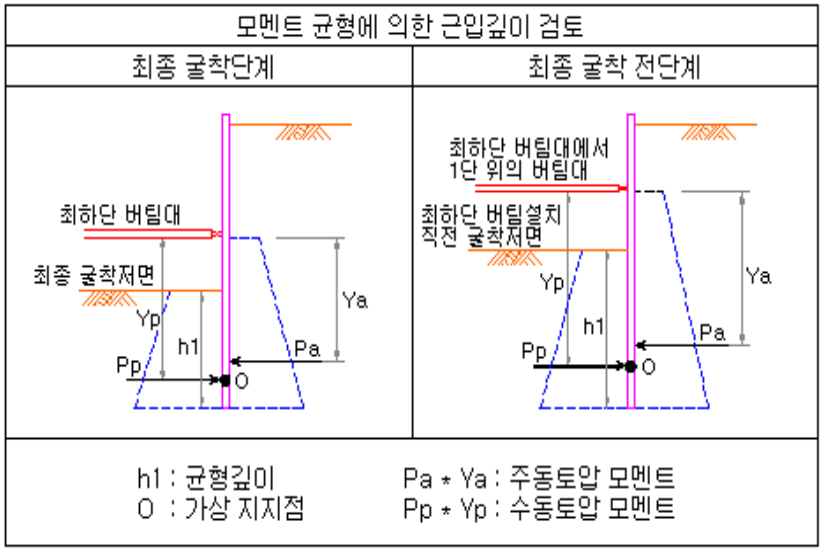
19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체4]



20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체5]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.679	7.270	8321.282	10132.221	1.218	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.522	9.180	11551.171	17240.858	1.493	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -10.6 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 260.292 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.265 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1251.135 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.388 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (260.292 x 1.265) + (1251.135 x 6.388) = 8321.282 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1391.363 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.282 m

Mp = (Pp x Yp) = (1391.363 x 7.282) = 10132.221 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 10132.221 / 8321.282 = 1.218

S.F. = 1.218 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.1 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 199.472 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.046 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1592.818 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.121 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (199.472 x 1.046) + (1592.818 x 7.121) = 11551.171 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2122.573 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.123 m

Mp = (Pp x Yp) = (2122.573 x 8.123) = 17240.858 kN·m

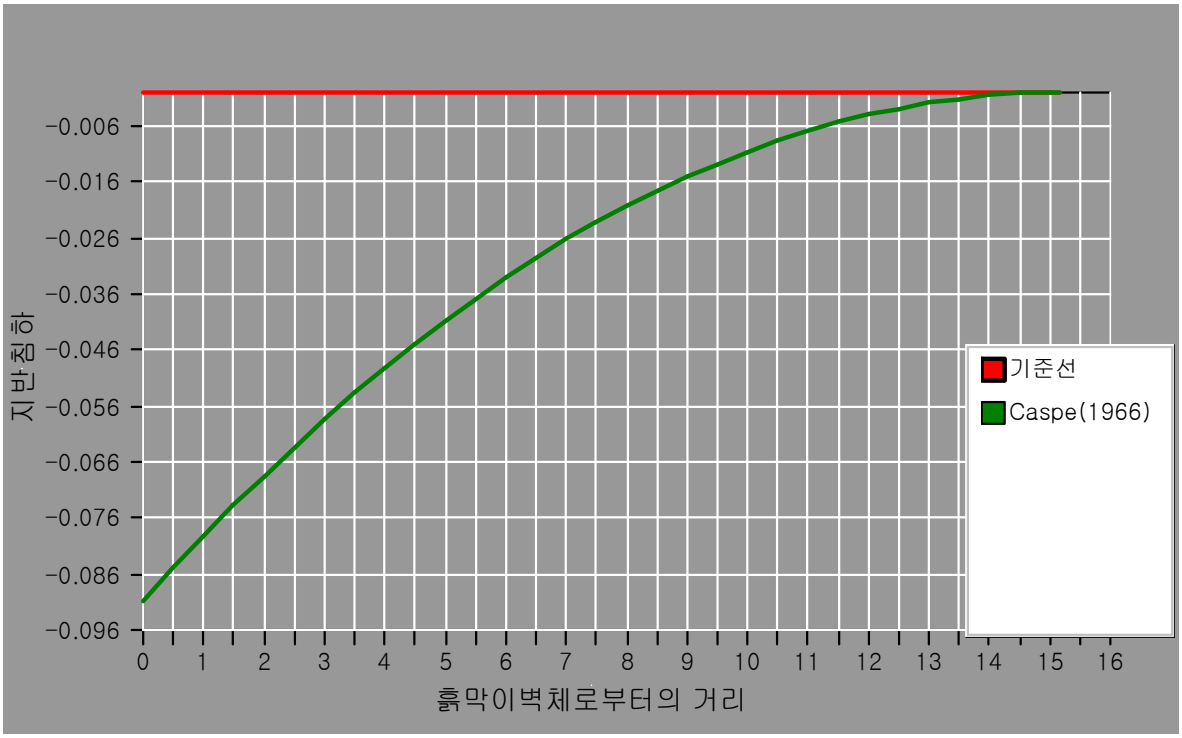
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 17240.858 / 11551.171 = 1.493

S.F. = 1.493 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.344 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 13.01 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.254 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.254/2) = 14.508 m

Ht = Hp + Hw = 14.508 + 13.01 = 27.518 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 27.518 x tan(45-32.254/2) = 15.174 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.344 / 15.174 = -0.091 m

6) 거리별 침하량 (Si)

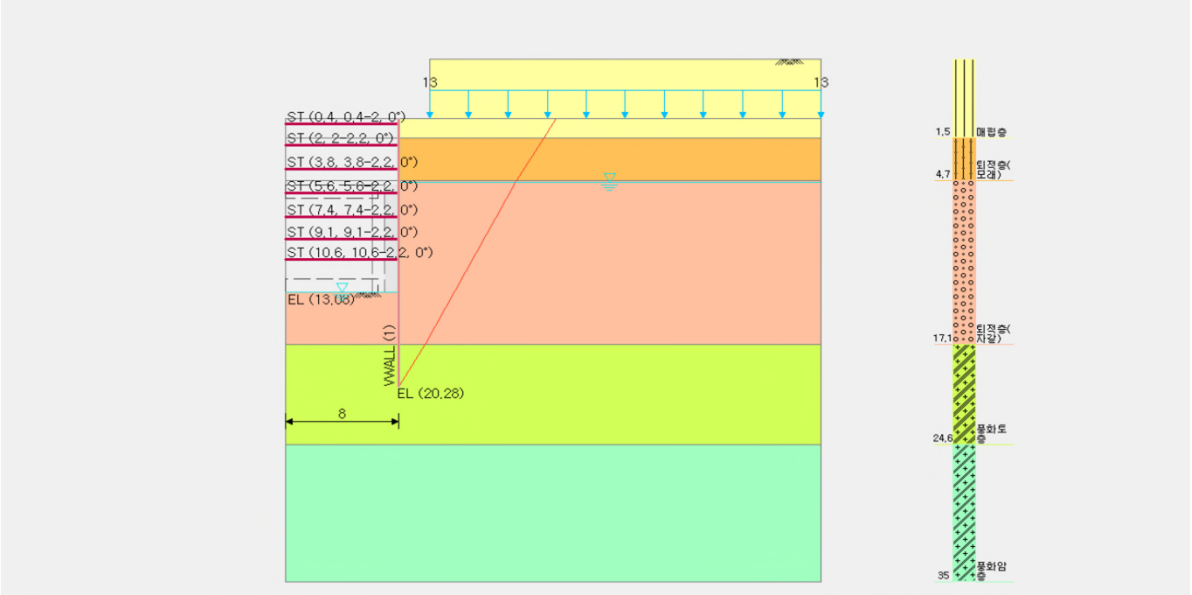
Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.091 x ((15.174 - Xi) / 15.174)^2

25. Ramp-D. 0+417.6~0+420(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
7.5 Strut 설계 (Strut-4)
7.6 Strut 설계 (Strut-5)
7.7 Strut 설계 (Strut-6)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
8.5 Strut-4 띠장 설계
8.6 Strut-5 띠장 설계
8.7 Strut-6 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 20.28m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.4, 0.4-2, 0°)
ST (2, 2-2.2, 0°)
ST (3.8, 3.8-2.2, 0°)
ST (5.6, 5.6-2.2, 0°)
ST (7.4, 7.4-2.2, 0°)
ST (9.1, 9.1-2.2, 0°)
ST (10.6, 10.6-2.2, 0°)
EL (13,08)
VWALL (1)
EL (20,28)
8
1,5
4,7
17,1
24,6
35

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.40	휨응력	4.444	134.460	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	6.910	103.777	O.K		
		전단응력	1.888	108.000	O.K		
Strut-4 H 300x305x15/15	7.40	휨응력	17.778	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	57.541	111.713	O.K		
		전단응력	3.951	108.000	O.K		
Strut-6 H 300x305x15/15	10.60	휨응력	17.778	135.593	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	83.903	111.713	O.K		
		전단응력	3.951	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	2.00	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	26.666	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.80	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	37.330	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	5.60	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	52.286	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		
Strut-5 P 406.4x9	9.10	휨응력	23.443	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	62.740	160.024	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.847	106.692	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.40	휨응력	6.849	182.334	O.K	
		전단응력	4.870	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	2.00	휨응력	31.665	180.210	O.K	
		전단응력	20.471	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.80	휨응력	52.788	180.210	O.K	
		전단응력	34.126	108.000	O.K	
Strut-3 H 440x300x11/18	5.60	휨응력	46.538	179.820	O.K	
		전단응력	48.553	108.000	O.K	
Strut-4 2H 300x305x15/15	7.40	휨응력	57.790	180.210	O.K	
		전단응력	37.359	108.000	O.K	
Strut-5 2H 300x305x15/15	9.10	휨응력	51.559	180.210	O.K	
		전단응력	33.331	108.000	O.K	
Strut-6 2H 440x300x11/18	10.60	휨응력	50.322	179.820	O.K	
		전단응력	52.500	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	65.502	141.117	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	55.490	119.835	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 20.28	휨응력	151.784	243.000	O.K	
		전단응력	26.274	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 : 2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 : 2.20	m
		H 300x305x15/15	수평간격 : 2.20	m
		P 406.4x9	수평간격 : 2.20	m
		P 406.4x9	수평간격 : 2.20	m
		P 406.4x9	수평간격 : 2.20	m
		P 406.4x9	수평간격 : 2.20	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	2.20m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	2.20m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{6{,}700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{5{,}000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{4{,}500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1{,}800{,}000}{3{,}500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

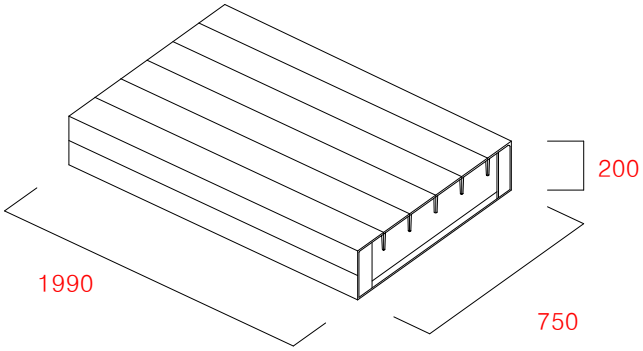
가. midas GeoX V 4.6.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

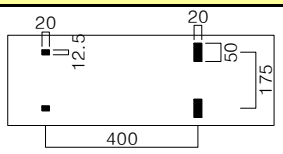
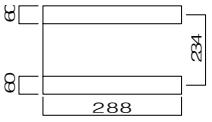
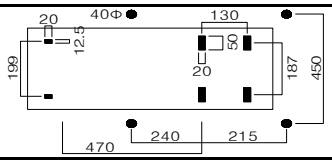
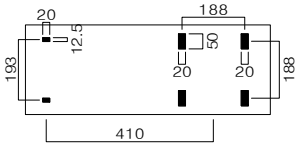
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

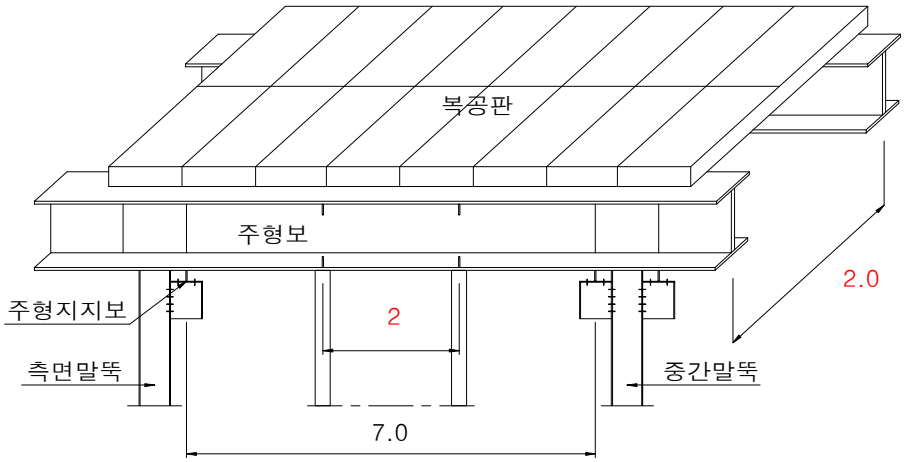
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

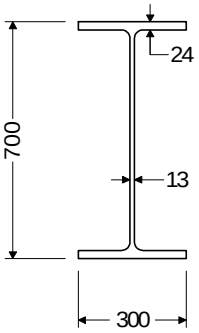
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 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

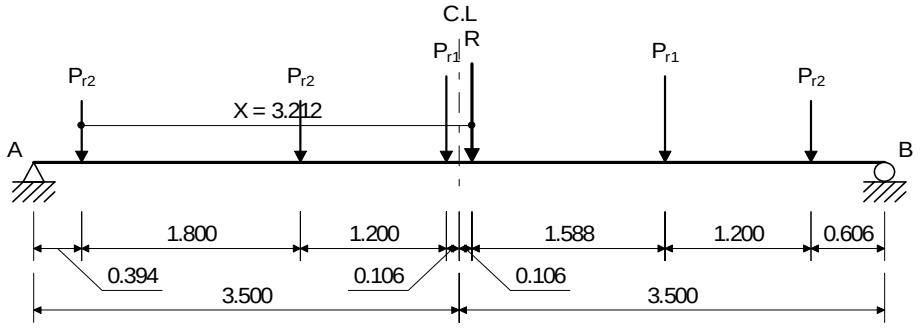
(3) 전륜하중

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

(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

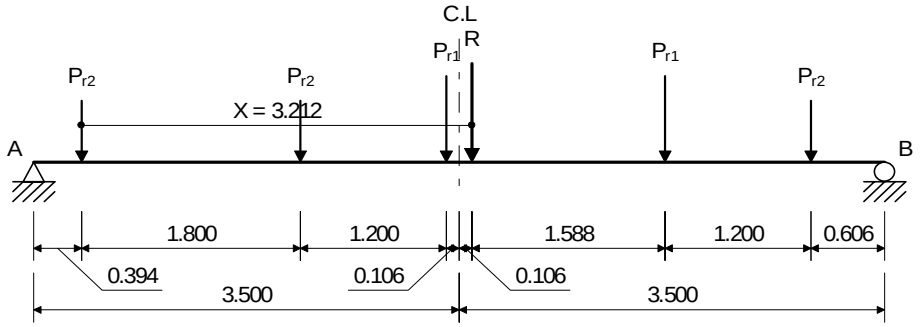
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

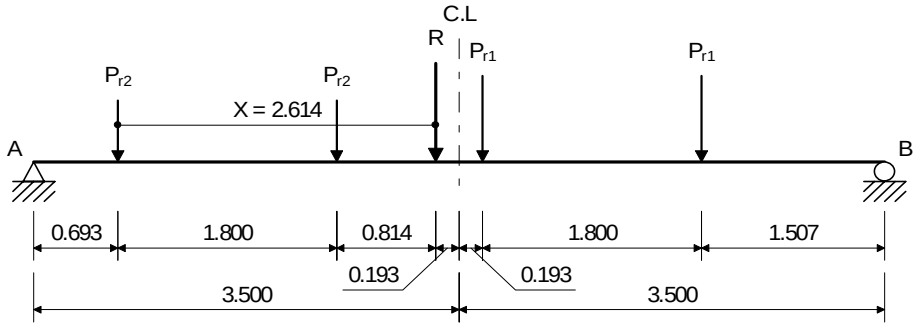
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

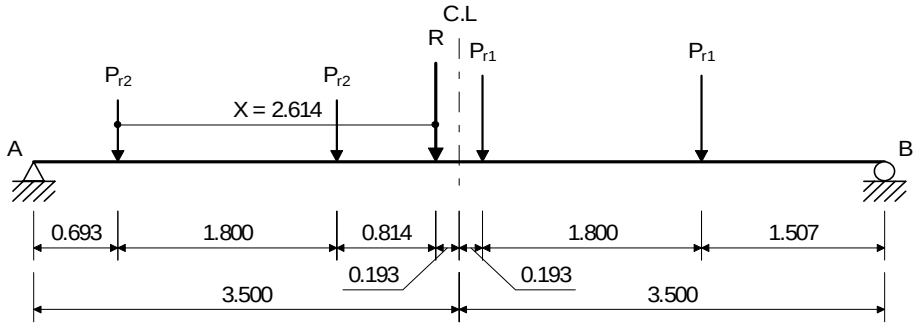


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

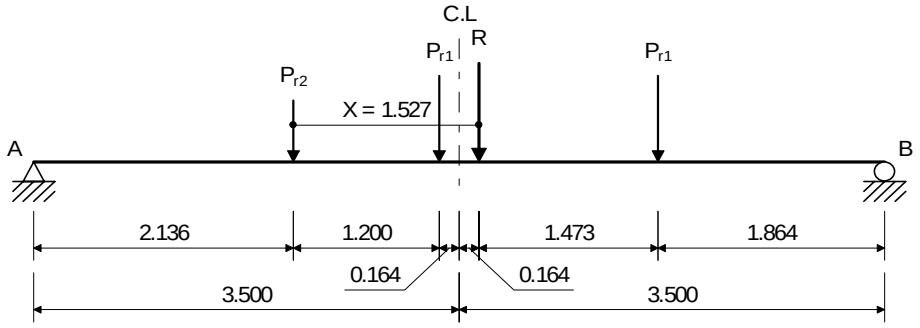
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

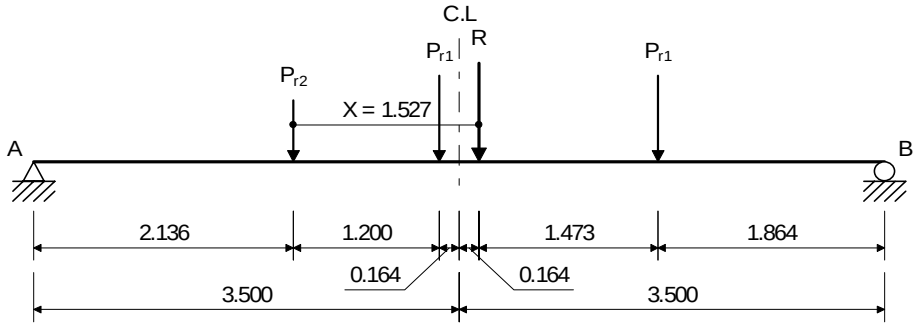


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

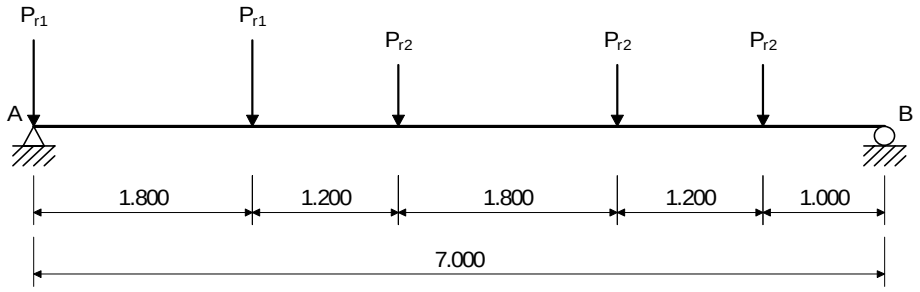


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 - Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 - 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

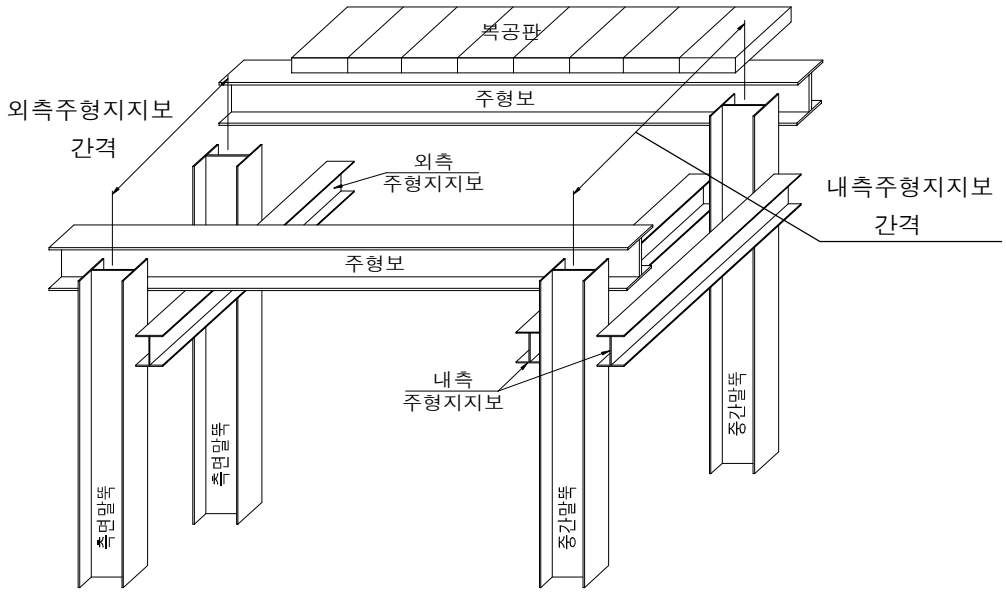
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

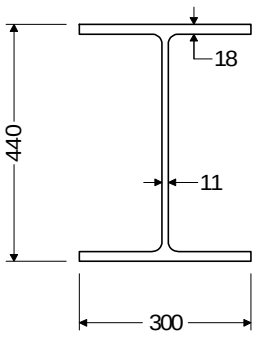
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

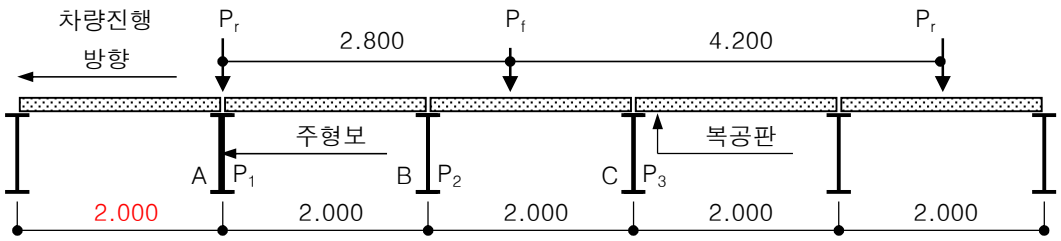


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



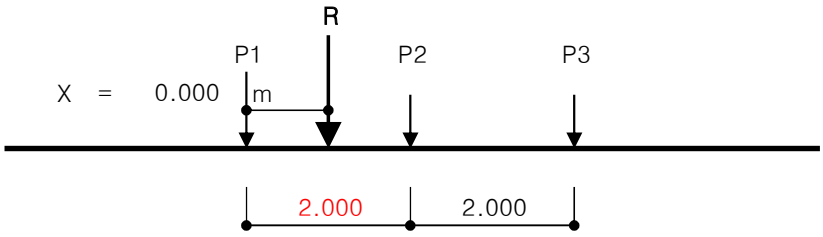
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

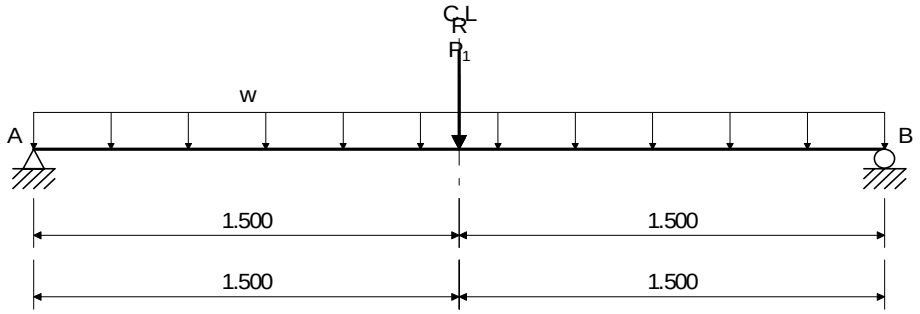


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

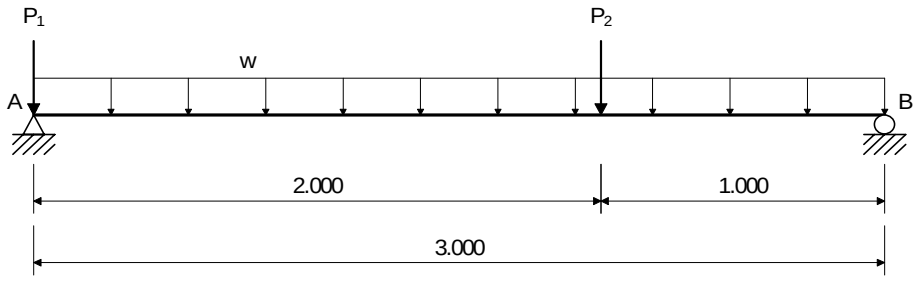
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)

= 357877 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

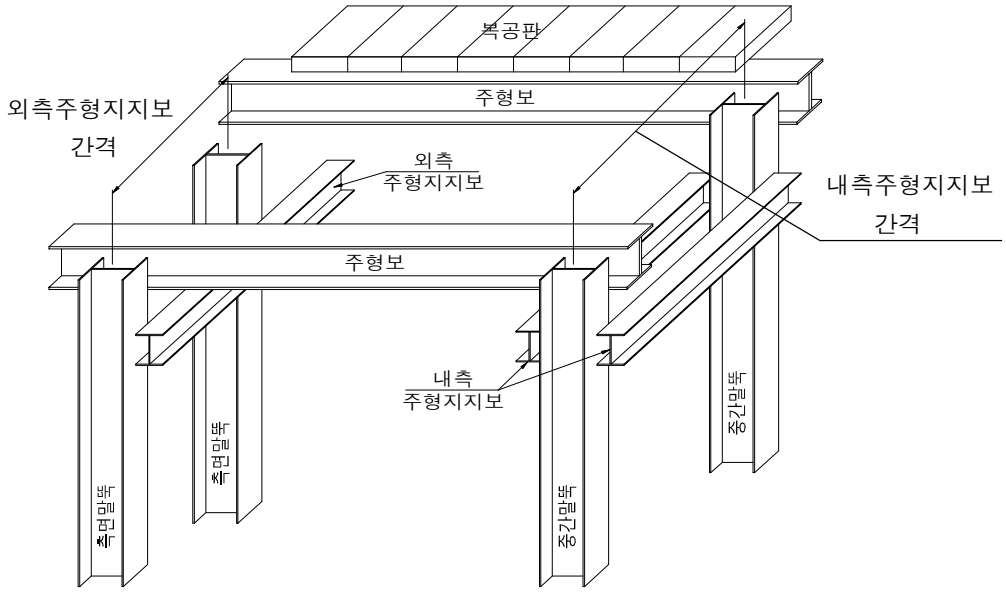
= 4.69 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.69 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

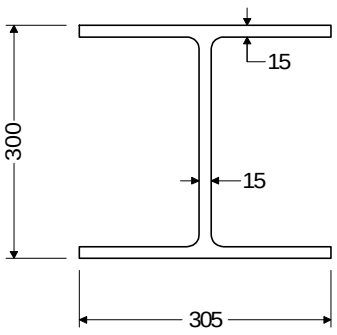
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

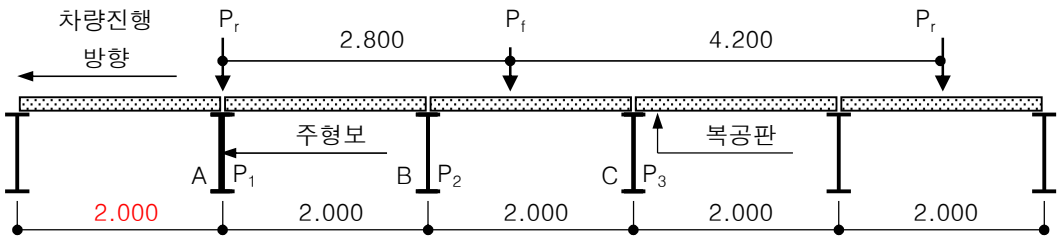


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



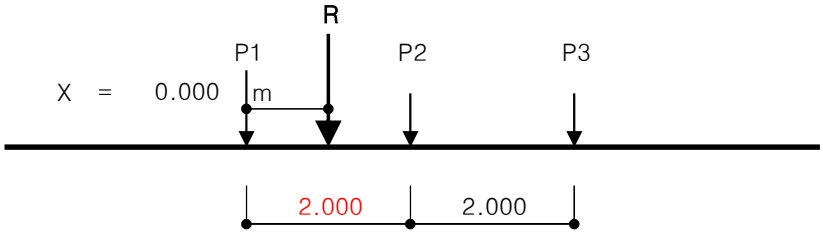
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정



① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1

= 333.724

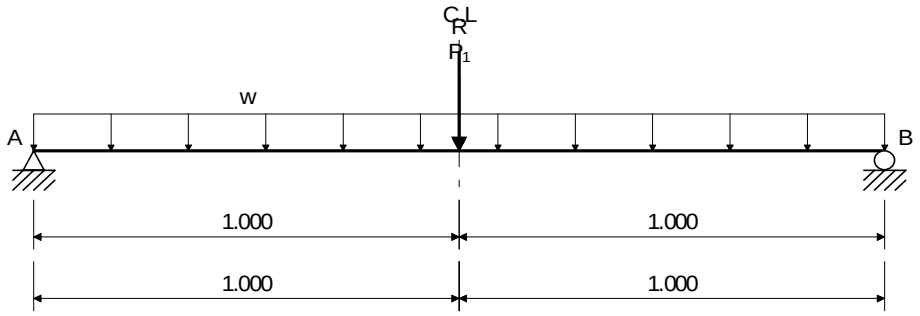
= 333.724 kN

X = (0.000) / R

= (0.000) / 333.724

= 0.000 m

② 최대 휨모멘트



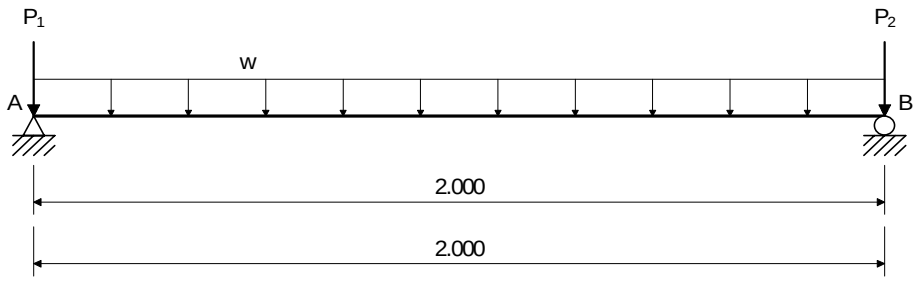
R_a = (P_1 x 1.000) / L

= (333.724 x 1.000) / 2.000

= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = S_{max} / (τ_a x π x d^2 / 4)
= 334761 / (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.39 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.39 ea ---> O.K

7.지보재 설계

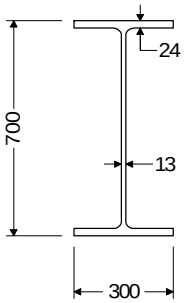
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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} = 21.369 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.5 m)
= 21.369 x 2.00 / 1 단
= 42.737 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 42.737 + 120.0 = 162.737 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 5760000.0 = 4.444 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 162.737 x 1000 / 23550 = 6.910 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 8476 = 1.888 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.500

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (11.355 − 2.466) / 11.355
= 0.783

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 293

21.843 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (21.843 − 20))

= 186.910 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 186.910 MPa

L_y / R_y = 6400 / 67.8

94.395 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 94.395²)

= 103.777 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 103.777 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 103.777 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 300

= 21.333 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (21.333 − 4.5))

= 134.460 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 134.460 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (21.843)²

= 3395.395 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 103.777 MPa > f_c = 6.910 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 134.460 MPa > f_b = 4.444 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 1.888 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{6.910}{103.777} + \frac{4.444}{134.460 \times (1 - (6.910 / 3395.395))}$

= 0.100 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 6.910 + \frac{4.444}{1 - (6.910 / 3395.395)}$$

$$= 11.364 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.100 , 0.060)
= 0.100 < 1.0 ---> O.K

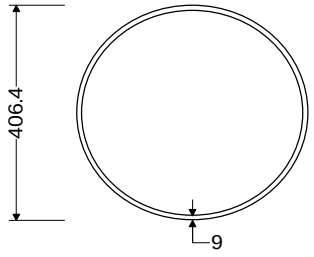
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 81.649 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.3 m)
= 81.649 x 2.20 / 1 단
= 179.629 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 179.629 + 120.0 = 299.629 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 299.629 x 1000 / 11236.2 = 26.666 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.094 x 9)

= 20.646 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.094

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (50.110 − 3.223) / 50.110

= 0.936 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 26.666 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{26.666}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (26.666 / 780.742))}$$

$$= 0.295 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 26.666 + \frac{23.443}{1 - (26.666 / 780.742)}$$

$$= 50.939 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.295 , 0.270)

= 0.295 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{50.110}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.314 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

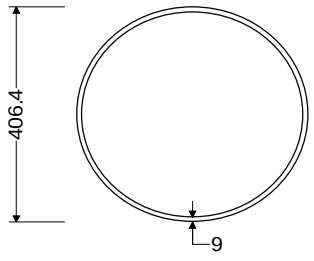
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 136.115 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.1 m)
= 136.115 x 2.20 / 1 단
= 299.453 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 299.453 + 120.0 = 419.453 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 419.453 x 1000 / 11236.2 = 37.330 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.077 x 9)
= 20.961 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.077

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (60.774 − 13.887) / 60.774
= 0.771 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5
45.552 ---> 20 < L/R ≤ 93 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))
= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 37.330 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{37.330}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (37.330 / 780.742))}$

= 0.364 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 37.330 + \frac{23.443}{1 - (37.330 / 780.742)}$

= 61.951 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.364 , 0.328)

= 0.364 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{60.774}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$

= 0.380 < 1.0 ---> O.K

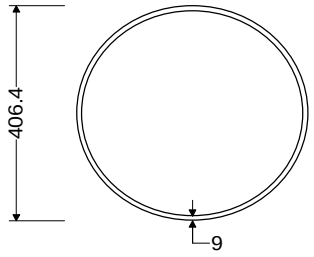
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 212.499 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.9 m)
= 212.499 x 2.20 / 1 단
= 467.497 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 467.497 + 120.0 = 587.497 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 587.497 x 1000 / 11236.2 = 52.286 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.062 x 9)

= 21.261 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.062

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.729 − 28.843) / 75.729

= 0.619 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5

45.552 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))

= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}

= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 52.286 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{52.286}{160.024} + \dfrac{23.443}{189.000 \times (1 - (52.286 / 780.742))}$

= 0.460 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 52.286 + \frac{23.443}{1 - (52.286 / 780.742)}$$

$$= 77.412 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.460 , 0.410)
= 0.460 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{75.729}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.474 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

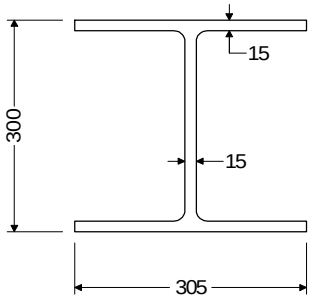
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 298.022 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.6 m)
= 298.022 x 2.20 / 1 단
= 655.648 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 655.648 + 120.0 = 775.648 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1440000.0 = 17.778 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 775.648 x 1000 / 13480 = 57.541 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 4050 = 3.951 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.206

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.318 − 39.763) / 75.318

= 0.472

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 111.713 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 111.713 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.593 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.794)^2

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 57.541 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 17.778 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.951 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{57.541}{111.713} + \frac{17.778}{135.593 \times (1 - (57.541 / 627.908))}$

= 0.659 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 57.541 + \frac{17.778}{1 - (57.541 / 627.908)}$

= 77.112 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.659 , 0.408)

= 0.659 < 1.0 ---> O.K

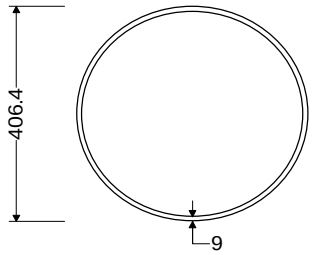
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 265.890 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 11.1 m)
= 265.890 x 2.20 / 1 단
= 584.958 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 584.958 + 120.0 = 704.958 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1092000.0 = 23.443 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 704.958 x 1000 / 11236.2 = 62.740 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{16.000 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 2.847 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.054 x 9)
= 21.413 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.054

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (86.183 − 39.297) / 86.183
= 0.544 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 6400 / 140.5
45.552 ---> 20 < L/R ≤ 93 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.552 − 20))
= 160.024 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 160.024 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.552)^2

= 780.742 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> r/t ≤ 125 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.024 MPa > f_c = 62.740 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.443 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 2.847 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{62.740}{160.024} + \frac{23.443}{189.000 \times (1 - (62.740 / 780.742))}$

= 0.527 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 62.740 + \frac{23.443}{1 - (62.740 / 780.742)}$

= 88.232 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.527 , 0.467)

= 0.527 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \frac{86.183}{160.024} + \left\{ \frac{2.847}{106.692} \right\}^2$

= 0.539 < 1.0 ---> O.K

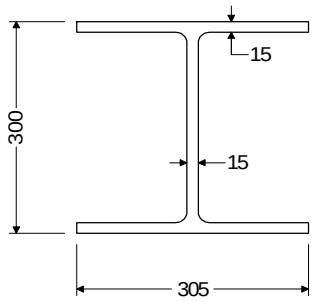
7.7 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 6.400 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.20 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 459.550 kN/m ---> Strut-6 (CS18 : 해체3)
= 459.550 x 2.20 / 1 단
= 1011.011 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1011.011 + 120.0 = 1131.011 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 6.400 x 6.400 / 8 / 1 단
= 25.600 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 6.400 / 2 / 1 단
= 16.000 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.600 x 1000000 / 1440000.0 = 17.778 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1131.011 x 1000 / 13480 = 83.903 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 16.000 x 1000 / 4050 = 3.951 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.125

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (101.681 − 66.125) / 101.681
= 0.350

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6400 / 126

50.794 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.794 − 20))

= 154.080 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.080 MPa

L_y / R_y = 6400 / 72.6

88.154 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (88.154 − 20))

= 111.713 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 111.713 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 111.713 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6400 / 305

= 20.984 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (20.984 − 4.5))

= 135.593 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 135.593 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.794)^2

= 627.908 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 111.713 MPa > f_c = 83.903 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 135.593 MPa > f_b = 17.778 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.951 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{83.903}{111.713} + \frac{17.778}{135.593 \times (1 - (83.903 / 627.908))}$

= 0.902 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 83.903 + \frac{17.778}{1 - (83.903 / 627.908)}$$

$$= 104.423 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.902 , 0.553)

= 0.902 < 1.0 ---> O.K

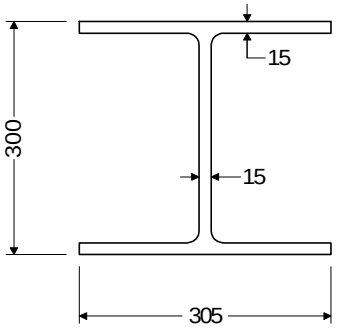
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

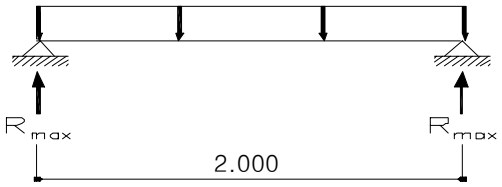
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 21.369 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.5 m)

P = 21.369 × 2.00 m / 1 ea = 42.737 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 42.737 / (13 × 2.000)
= 19.725 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 19.725 × 2.000^2 / 8
= 9.862 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 19.725 × 2.000 / 2
= 19.725 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 9.862 x 1000000 / 1440000.0 = 6.849 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 19.725 x 1000 / 4050 = 4.870 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (6.849 + 6.849) / 6.849$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 6.849 MPa ---> O.K

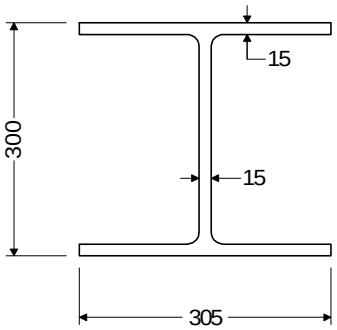
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 4.870 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

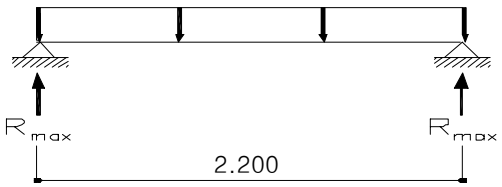
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 81.649 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.3 m)

$P = 81.649 \times 2.20\ m / 1\ ea = 179.629\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 179.629 / (13 \times 2.200)$
$= 75.369\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 75.369 \times 2.200^{2} / 8$
$= 45.598\ kN\cdot m$

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 75.369 \times 2.200 / 2$
$= 82.906\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 45.598 \times 1000000 / 1440000.0 = 31.665$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 82.906 \times 1000 / 4050 = 20.471$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (31.665 + 31.665) / 31.665$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 2200 / 305$
$= 7.213$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (7.213 - 4.5))$
$= 180.210$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 180.210$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 180.210$ MPa > $f_b = 31.665$ MPa ---> O.K

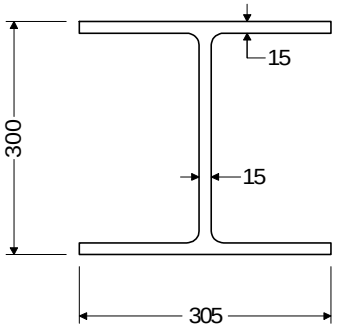
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 20.471$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

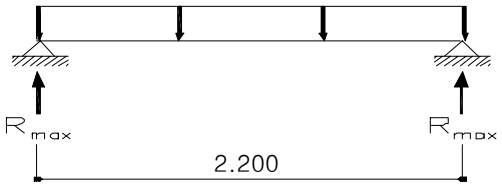
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 136.115 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.1 m)

P = 136.115 × 2.20 m / 1 ea = 299.453 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 299.453 / (13 × 2.200)
= 125.645 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 125.645 × 2.200^2 / 8
= 76.015 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 125.645 × 2.200 / 2
= 138.209 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 76.015 x 1000000 / 1440000.0 = 52.788 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 138.209 x 1000 / 4050 = 34.126 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (52.788 + 52.788) / 52.788

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2200 / 305

= 7.213 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (7.213 − 4.5))

= 180.210 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 180.210 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 180.210 MPa > f_b = 52.788 MPa ---> O.K

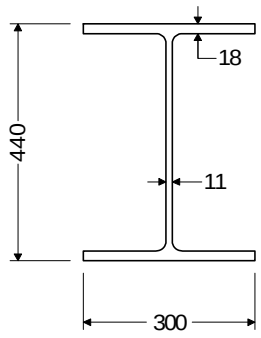
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 34.126 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

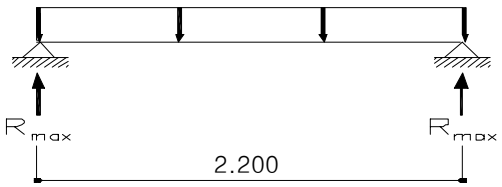
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 212.499 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.9 m)

$P = 212.499 \times 2.20\ m / 1\ ea = 467.497\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 467.497 / (13 \times 2.200)$
$= 196.153\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 196.153 \times 2.200^2 / 8$
$= 118.672\ kN\cdot m$

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 196.153 \times 2.200 / 2$
$= 215.768\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 118.672 \times 1000000 / 2550000.0 = 46.538$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 215.768 \times 1000 / 4444 = 48.553$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (46.538 + 46.538) / 46.538$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2200 / 300
= 7.333 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (7.333 − 4.5))
= 179.820 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$
= 179.820 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 179.820$ MPa > $f_b = 46.538$ MPa ---> O.K

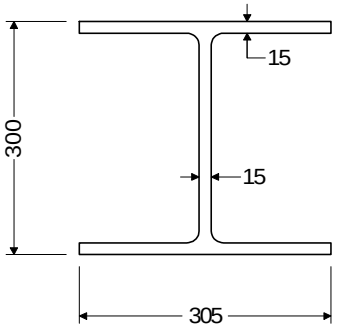
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 48.553$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

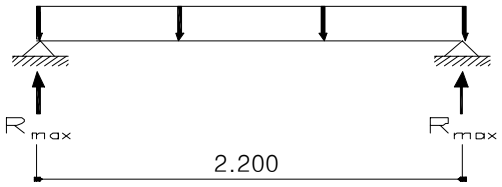
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 298.022 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.6 m)

P = 298.022 × 2.20 m / 2 ea = 327.824 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 327.824 / (13 × 2.200)
= 137.549 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 137.549 × 2.200^2 / 8
= 83.217 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 137.549 × 2.200 / 2
= 151.303 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 83.217 x 1000000 / 1440000.0 = 57.790 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 151.303 x 1000 / 4050 = 37.359 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (57.790 + 57.790) / 57.790$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2200 / 305

= 7.213 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (7.213 − 4.5))

= 180.210 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 180.210 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 180.210 MPa > f_b = 57.790 MPa ---> O.K

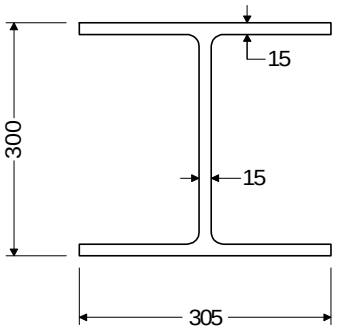
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 37.359 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

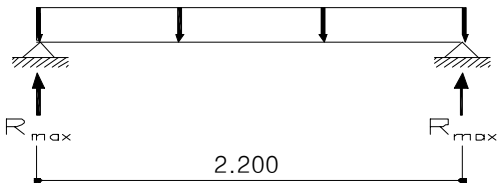
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 265.890 kN/m ---> Strut-5 (CS13 : 굴착 11.1 m)

$P = 265.890 \times 2.20\ m / 2\ ea = 292.479\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 292.479 / (13 \times 2.200)$
$= 122.719\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 122.719 \times 2.200^2 / 8$
$= 74.245\ kN\cdot m$

$S_{max} = 1 \times W_{max} \times L / 2$
$= 1 \times 122.719 \times 2.200 / 2$
$= 134.990\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 74.245 \times 1000000 / 1440000.0 = 51.559$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 134.990 \times 1000 / 4050 = 33.331$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (51.559 + 51.559) / 51.559$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2200 / 305
= 7.213 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (7.213 − 4.5))
= 180.210 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 180.210 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 180.210$ MPa > $f_b = 51.559$ MPa ---> O.K

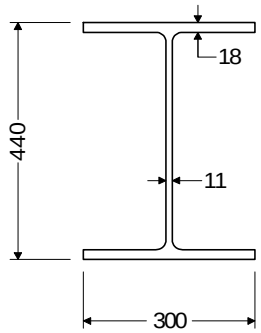
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 33.331$ MPa ---> O.K

8.7 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

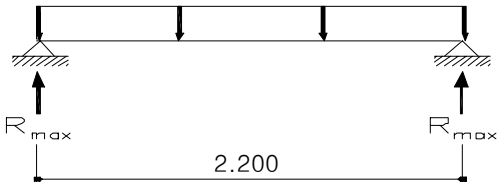
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 459.550 kN/m ---> Strut-6 (CS18 : 해체3)

P = 459.550 × 2.20 m / 2 ea = 505.505 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 505.505 / (13 × 2.200)
= 212.100 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 212.100 × 2.200^2 / 8
= 128.321 kN·m

S_{max} = 1 × W_{max} × L / 2
= 1 × 212.100 × 2.200 / 2
= 233.310 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 128.321 x 1000000 / 2550000.0 = 50.322 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 233.310 x 1000 / 4444 = 52.500 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (50.322 + 50.322) / 50.322$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2200 / 300

= 7.333 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (7.333 − 4.5))

= 179.820 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 179.820 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 179.820 MPa > f_b = 50.322 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 52.500 MPa ---> O.K

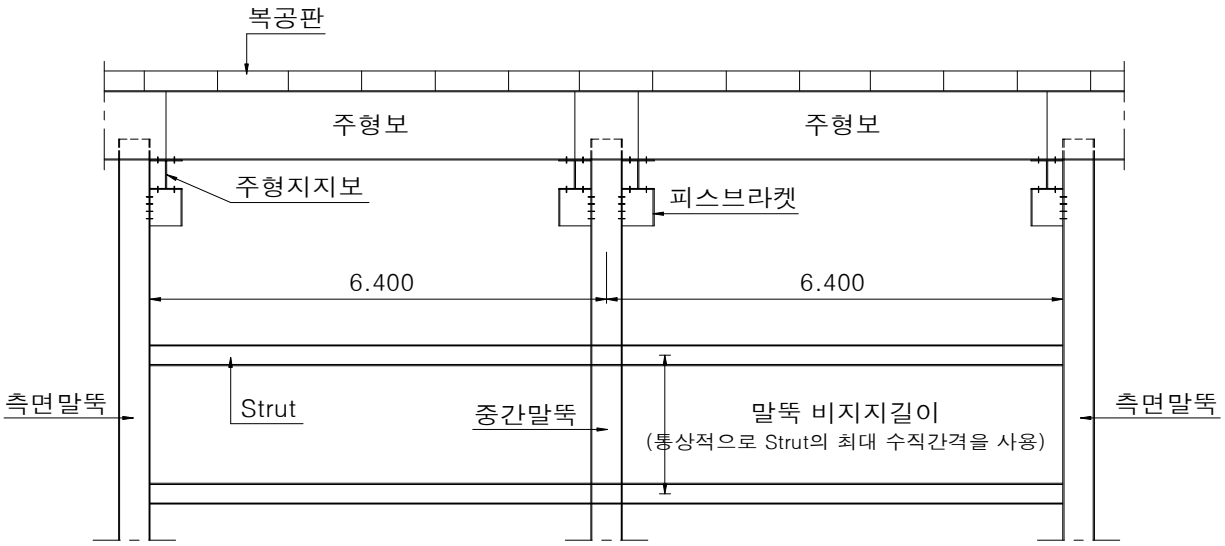
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.400 + 6.400 = 12.800 m

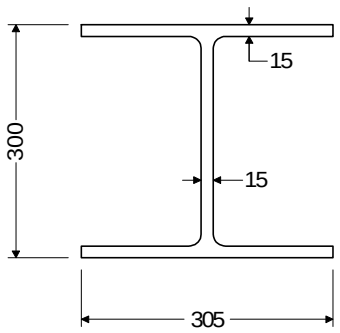
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 21.500 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 119.500 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 9.810 kN

ΣP_s = 155.590 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

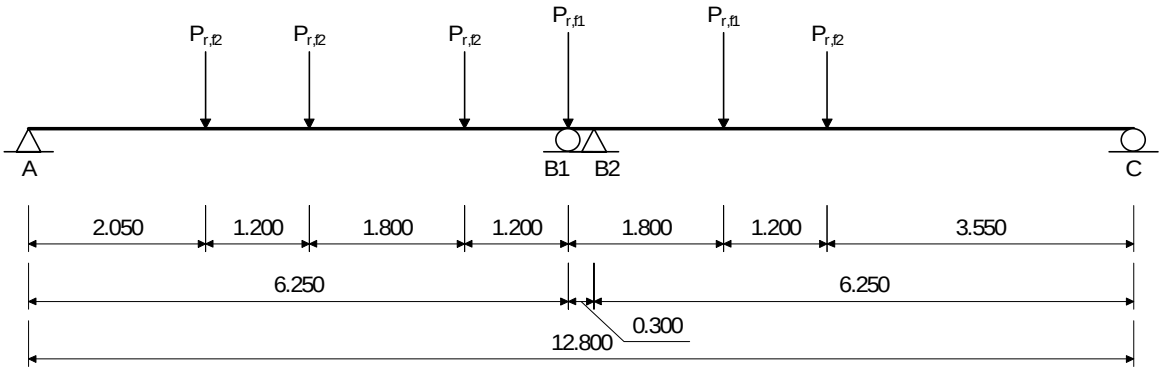
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250 + 93.600 x 2.050) / 6.250

= 279.802 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 279.802 x 1.00 = 279.802 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250 + 23.400 x 2.050) / 6.250

= 69.950 kN

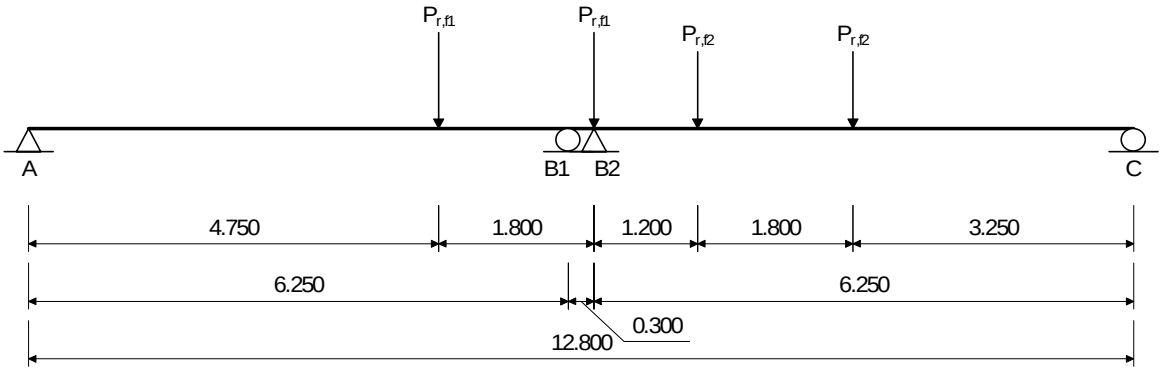
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 69.950 x 1.00 = 69.950 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 4.750) / 6.250
= 94.848 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.250 + 93.600 x 5.050 + 93.600 x 3.250) / 6.250
= 249.101 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN
P_{r2} = 249.101 x 1.00 = 249.101 kN

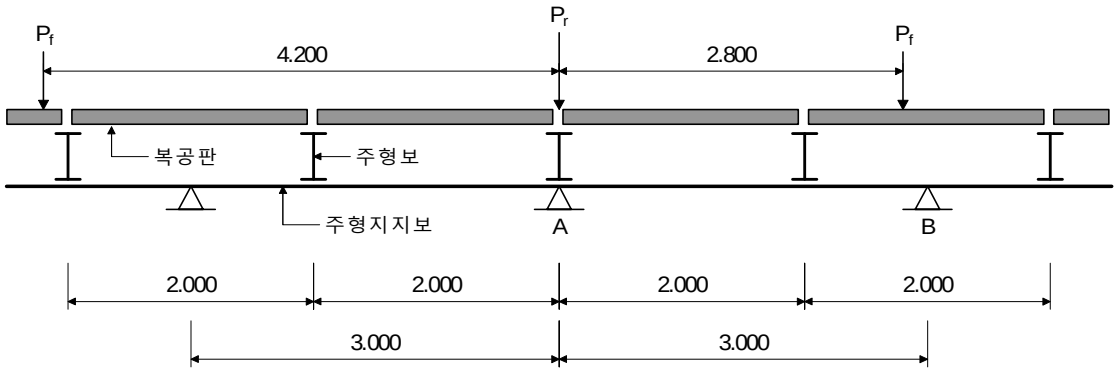
▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 4.750) / 6.250
= 23.712 kN

R_{B2} = (31.200 x 6.250 + 23.400 x 5.050 + 23.400 x 3.250) / 6.250
= 62.275 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN
P_{f2} = 62.275 x 1.00 = 62.275 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (279.802 x 3.000 + 69.950 x 0.200) / 3.000
= 284.465 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 284.465 + 18.231 x 3.00 / 2.00 = 311.812 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (249.101 x 3.000 + 62.275 x 0.200) / 3.000

= 253.252 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

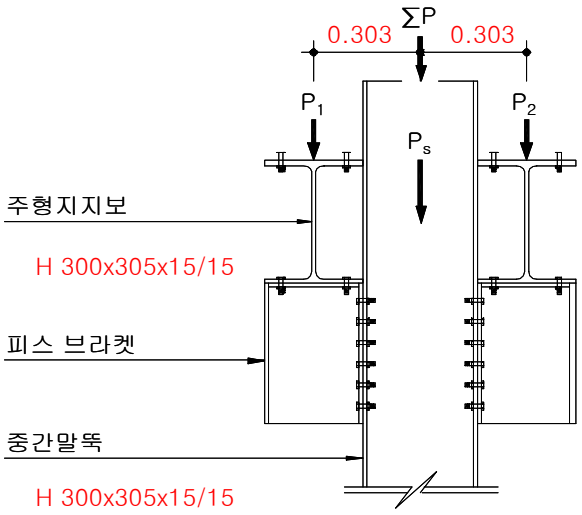
= 253.252 + 18.231 x 3.00 / 2.00 = 280.600 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 311.812 + 280.600 + 155.590 = 748.002 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 748.002 x 1000 / 13480 = 55.490 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 94.323 x 1000000 / 1440000 = 65.502 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 311.812 x 0.303 = 94.323 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 1.903$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (120.992 - -10.012) / 120.992$

$= 1.083$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$

$= 189.000$ MPa

$L_x / R_x = 5880 / 126$

46.667 ---> $20 < Lx/Rx \leq 93$ 이므로

$f_{cagx} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (46.667 - 20))$

$= 158.760$ MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 158.760$ MPa

$L_y / R_y = 5880 / 72.6$

80.992 ---> $20 < Ly/Ry \leq 93$ 이므로

$f_{cagy} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (80.992 - 20))$

$= 119.835$ MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 119.835$ MPa

$\therefore f_{ca} = Min.(f_{cax}, f_{cay}) = 119.835$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 5880 / 305$

$= 19.279$ ---> $4.5 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (19.279 - 4.5))$

$= 141.117$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$

$= 141.117$ MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (46.667)^2$

$= 743.878$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력, $f_{ca} = 119.835$ MPa $> f_c = 55.490$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력, $f_{ba} = 141.117$ MPa $> f_b = 65.502$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력, $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{55.490}{119.835} + \dfrac{65.502}{141.117 \times (1 - (55.490 / 743.878))}$

$= 0.965 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 55.490 + \frac{65.502}{1 - (55.490 / 743.878)}$$

$$= 126.272 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.965 , 0.668)
= 0.965 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 748.00 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) = 34
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0
- L_s(모래층 중의 길이) = 20.280 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 35 x 0.0915 + 0.2 x 34 x 1.210 x ###
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000
= 246.926 tonf
= 2421.52 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2421.52 / 2.0
= 1210.760 kN

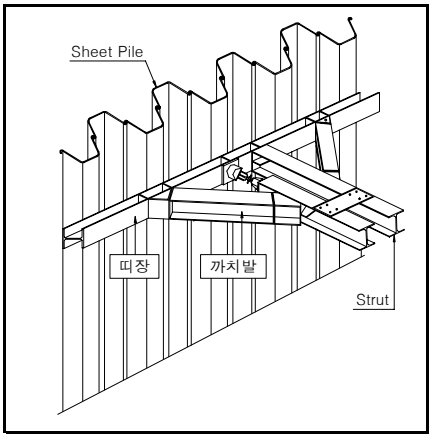
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 20.28m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
I_x(mm^4)	386000000.0
Z_x(mm^3)	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 344.550 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS16 : 해체1)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 344.550 (kN·m/m) × 1.00 m = 344.550 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 346.287 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS19 : 해체4)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 346.287 (kN/m) × 1.00 m = 346.287 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{344.550 \times 10^6}{2270000.00} = 151.784 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{346.287 \times 10^3}{13180.00} = 26.274 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 13.08 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	1.48	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.68	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	17.05	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	24.59	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	20.28	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.4	2	6.4	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2	2.2	6.4	70	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.8	2.2	6.4	70	1
4	Strut-3	P 406.4x9	SS400	5.6	2.2	6.4	70	1
5	Strut-4	H 300x305x15/15	SS400	7.4	2.2	6.4	70	1
6	Strut-5	P 406.4x9	SS400	9.1	2.2	6.4	70	1
7	Strut-6	H 300x305x15/15	SS400	10.6	2.2	6.4	70	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	5.54	0	6.55	C27	1	-
2	기초	12.58	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	5.04	13.08	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 13.08 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.90	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.50	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.30	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	6.10	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.90	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.60	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	11.10	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
15	13.08	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	-	-	12.1	-	-	-	X	X
17	-		Strut-5	-	-	-	-	X	X
18	-	-	-	8.52	-	-	-	X	X
19	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
20	-	-	-	5.04	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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	5.12	4.8	-3.64	3.4	1.40	18.0	-3.71	2.0
CS2 : 생성 주형보	0.90	5.12	4.8	-3.64	3.4	1.40	18.0	-3.71	2.0
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	13.74	3.4	-21.38	0.4	24.06	2.5	-9.82	5.6
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	10.15	4.8	-22.16	2.0	7.41	3.4	-4.82	6.1
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	28.54	5.0	-57.89	2.0	35.54	3.8	-25.28	2.0
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	16.42	2.0	-38.89	2.0	17.42	4.3	-13.54	2.0
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	43.04	7.9	-105.24	3.8	67.87	6.1	-47.98	3.8
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	33.73	7.9	-83.04	3.8	48.60	6.1	-31.97	3.8
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	70.28	10.1	-165.58	5.6	131.33	8.1	-84.74	5.6
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	63.27	10.1	-141.23	5.6	112.20	8.1	-64.97	5.6
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	98.19	12.6	-246.08	7.4	205.87	10.1	-111.68	7.4
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	93.05	12.6	-220.05	7.4	189.33	10.1	-94.58	14.6
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	115.24	14.6	-254.58	9.1	256.58	11.6	-139.31	16.6
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	111.17	14.6	-227.50	9.1	241.38	11.6	-134.00	16.6
CS15 : 굴착 13.08 m	13.08	133.35	16.6	-336.92	10.6	344.42	13.6	-143.74	10.6
CS16 : 해체1	13.08	133.38	16.6	-336.76	10.6	344.55	13.6	-143.72	10.6
CS17 : 해체2	13.08	133.14	16.6	-346.11	10.6	343.18	13.6	-164.39	10.6
CS18 : 해체3	13.08	133.13	16.6	-346.16	10.6	343.17	13.6	-164.39	10.6
CS19 : 해체4	13.08	133.16	16.6	-346.29	10.6	343.33	13.6	-163.14	10.6
CS20 : 해체5	13.08	133.16	16.6	-346.28	10.6	343.33	13.6	-163.14	10.6
TOTAL		133.38	16.6	-346.29	10.6	344.55	13.6	-164.39	10.6

12.1.2 지보재 반력 집계

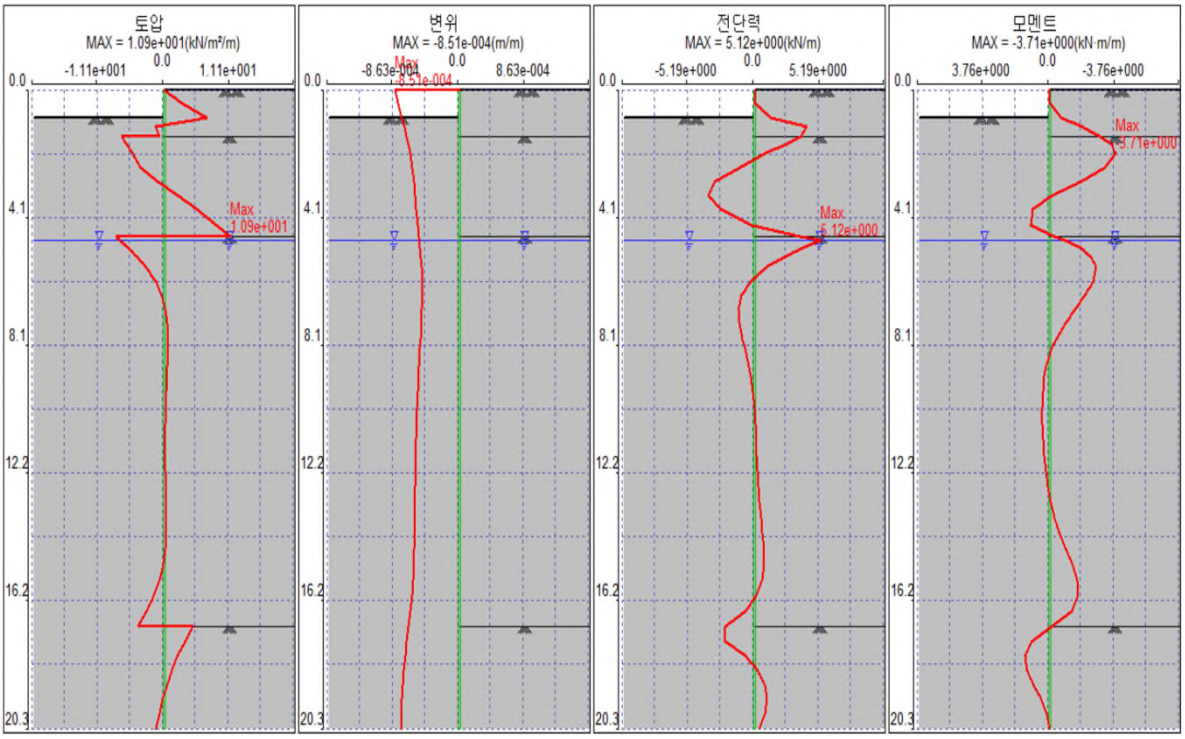
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.4 (m)	2 (m)	3.8 (m)	5.6 (m)	7.4 (m)
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.90	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	21.37	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	4.73	31.82	-	-	-
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	-9.38	81.65	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	-2.04	55.31	31.82	-	-
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	-11.66	39.59	136.12	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	-9.01	43.48	107.37	31.82	-
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	-5.72	23.96	68.86	212.50	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	-6.20	27.31	74.52	179.62	31.82
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	-3.83	28.79	48.56	106.60	298.02
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	-4.12	28.73	51.72	113.84	261.93
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	-4.03	31.39	51.05	77.00	174.37
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	-4.05	31.15	51.18	80.53	180.07
CS15 : 굴착 13.08 m	13.08	-4.48	31.89	56.04	80.60	99.83
CS16 : 해체1	13.08	-4.48	31.89	56.04	80.61	99.85
CS17 : 해체2	13.08	-4.15	31.65	52.39	76.34	150.50
CS18 : 해체3	13.08	-4.15	31.65	52.39	76.34	150.50
CS19 : 해체4	13.08	-8.21	28.84	96.88	-	196.32
CS20 : 해체5	13.08	-8.21	28.84	96.88	-	196.32
TOTAL		21.37	81.65	136.12	212.50	298.02

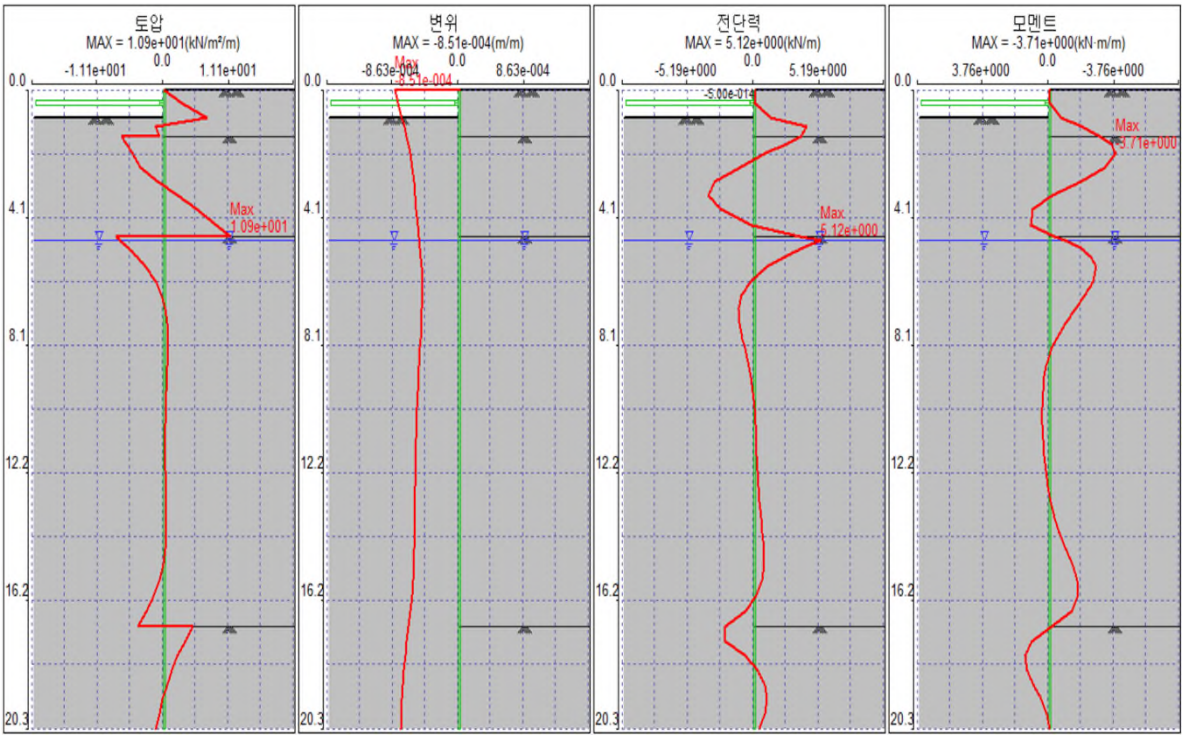
시공단계	굴착 깊이	Strut-5	Strut-6			
		9.1 (m)	10.6 (m)			
CS1 : 굴착 0.9 m	0.90	-	-			
CS2 : 생성 주형보	0.90	-	-			
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	-	-			
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	-	-			
CS5 : 굴착 4.3 m	4.30	-	-			
CS6 : 생성 Strut-2	4.30	-	-			
CS7 : 굴착 6.1 m	6.10	-	-			
CS8 : 생성 Strut-3	6.10	-	-			
CS9 : 굴착 7.9 m	7.90	-	-			
CS10 : 생성 Strut-4	7.90	-	-			
CS11 : 굴착 9.6 m	9.60	-	-			
CS12 : 생성 Strut-5	9.60	31.82	-			
CS13 : 굴착 11.1 m	11.10	265.89	-			
CS14 : 생성 Strut-6	11.10	229.72	31.82			
CS15 : 굴착 13.08 m	13.08	92.08	401.24			
CS16 : 해체1	13.08	92.06	401.07			
CS17 : 해체2	13.08	-	459.50			
CS18 : 해체3	13.08	-	459.55			
CS19 : 해체4	13.08	-	454.20			
CS20 : 해체5	13.08	-	454.20			
TOTAL		265.89	459.55			

12.2 시공단계별 단면력도

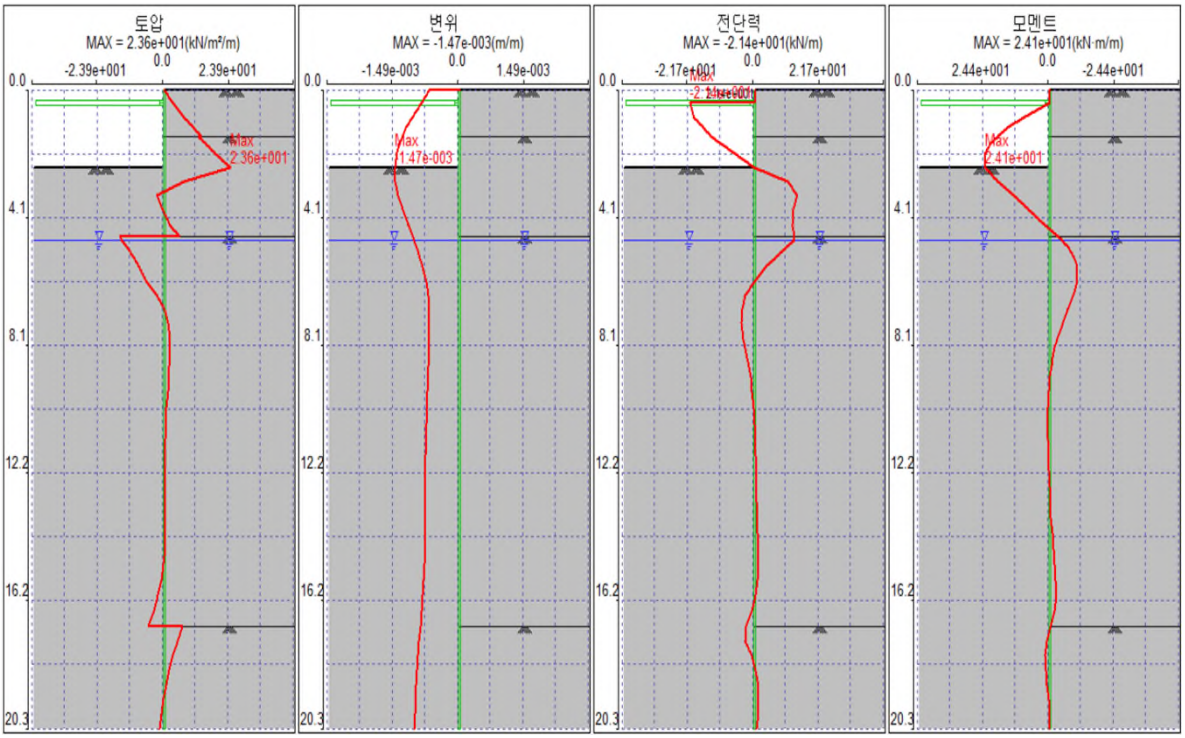
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.9 m]



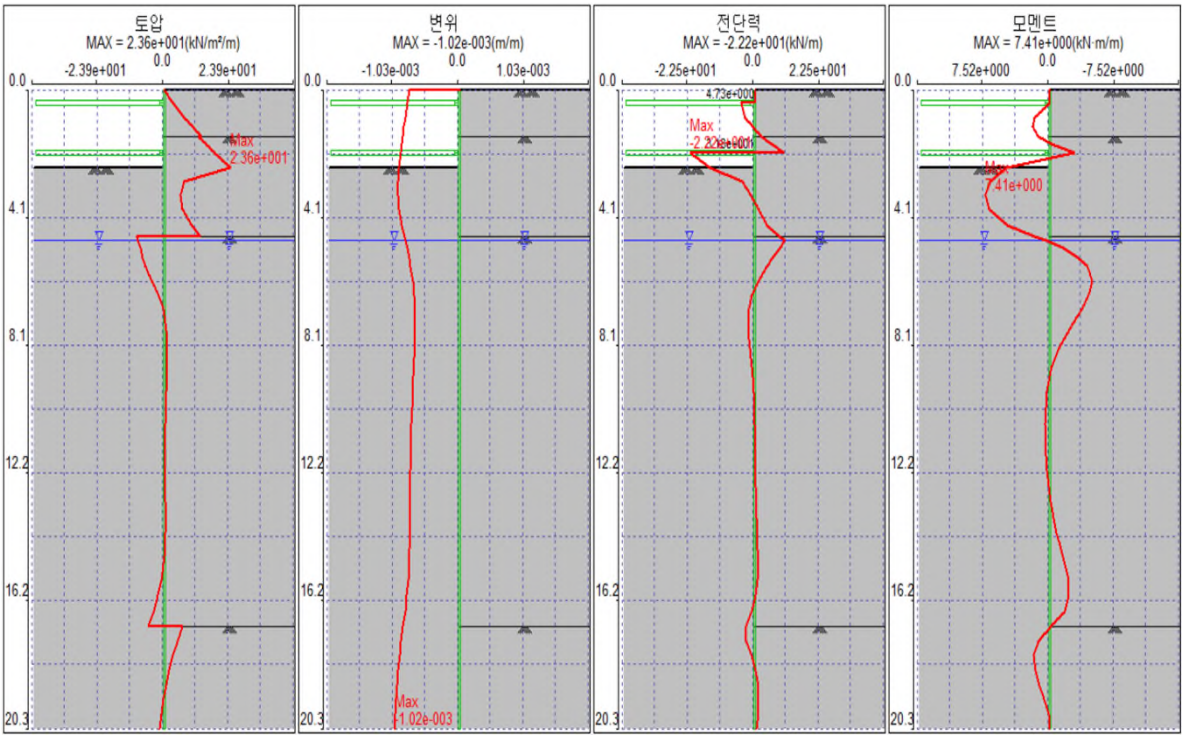
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



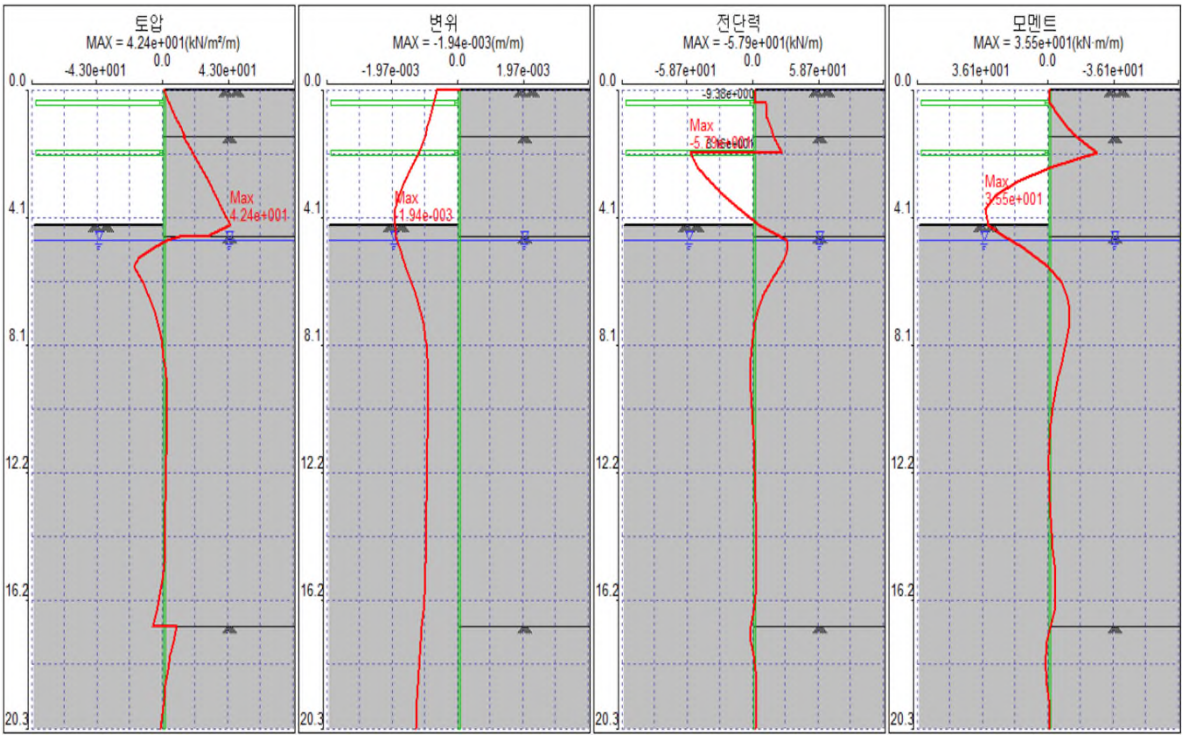
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.5 m]



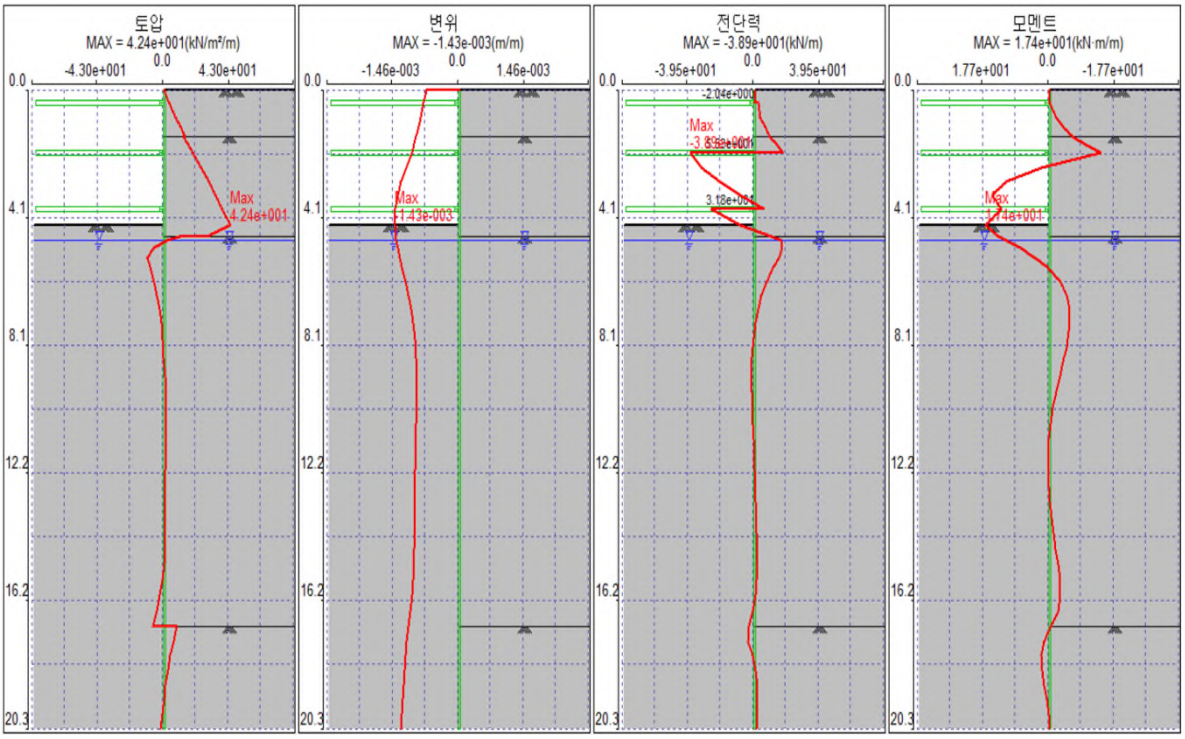
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



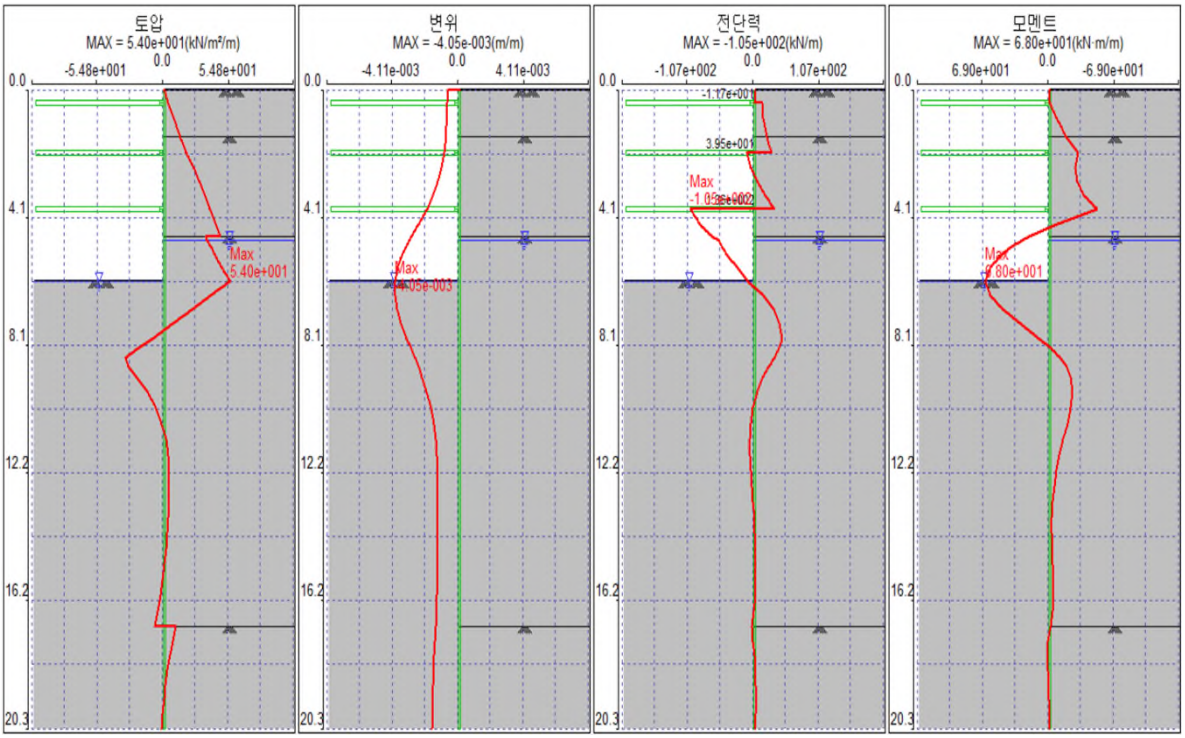
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.3 m]



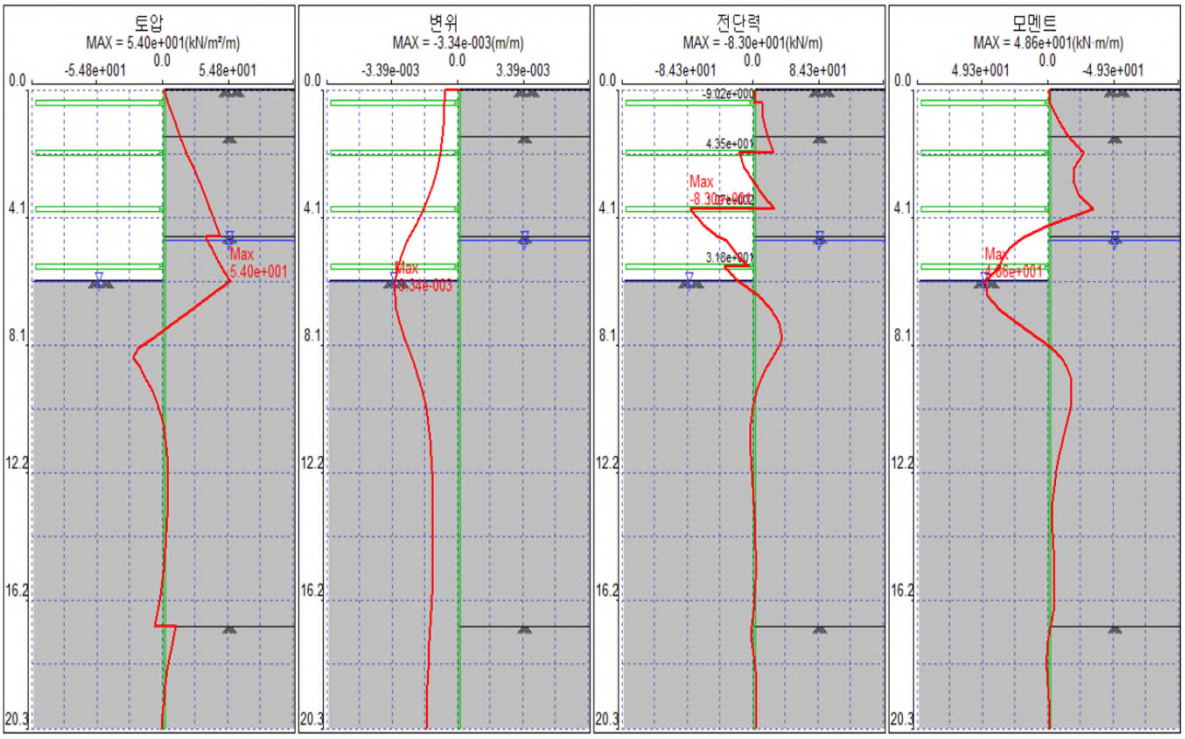
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



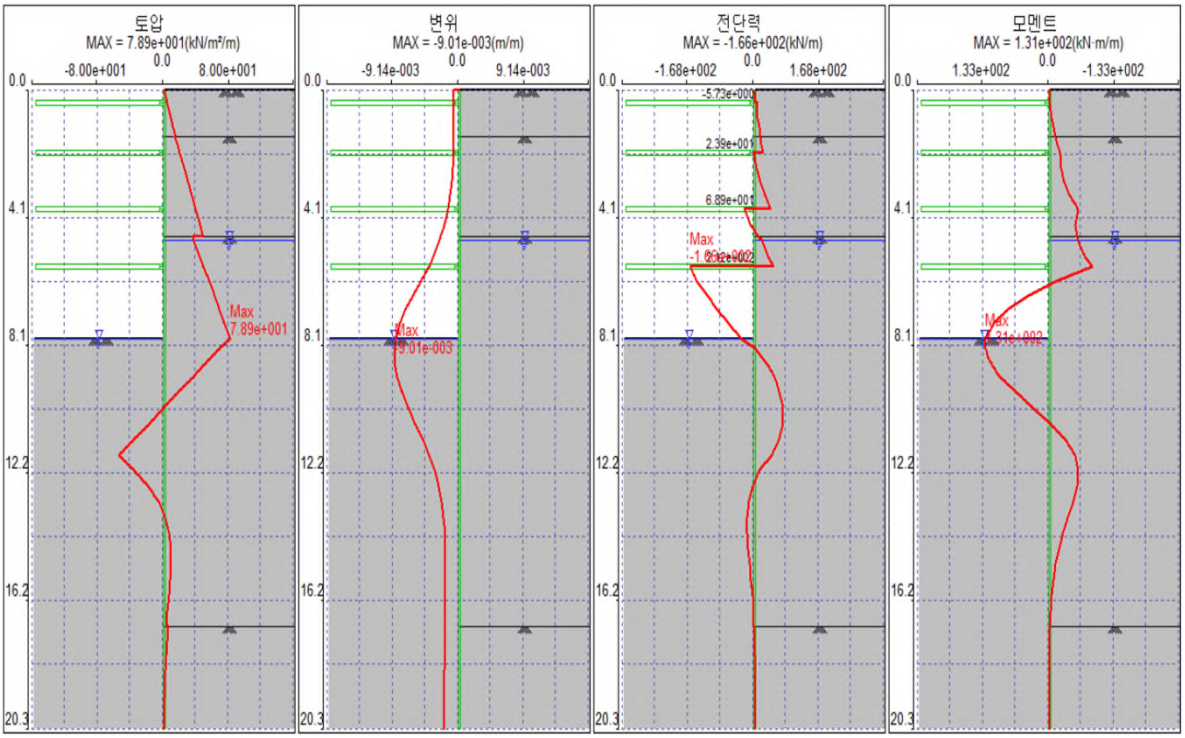
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.1 m]



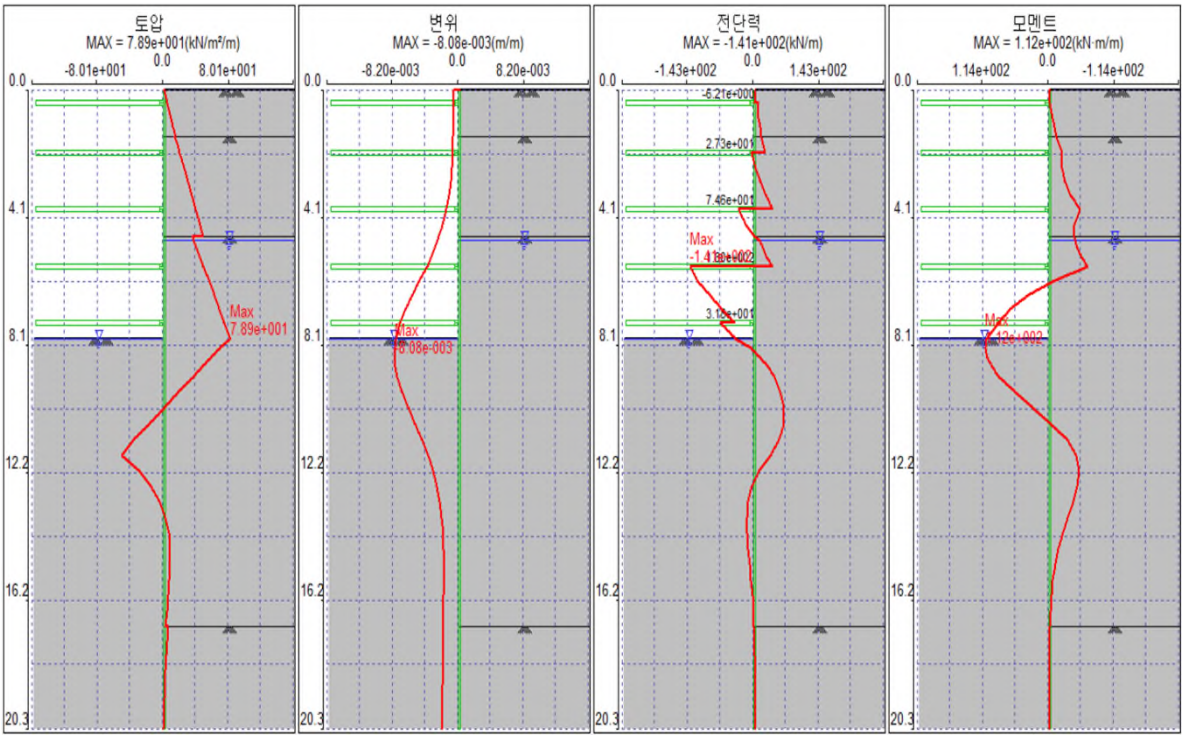
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



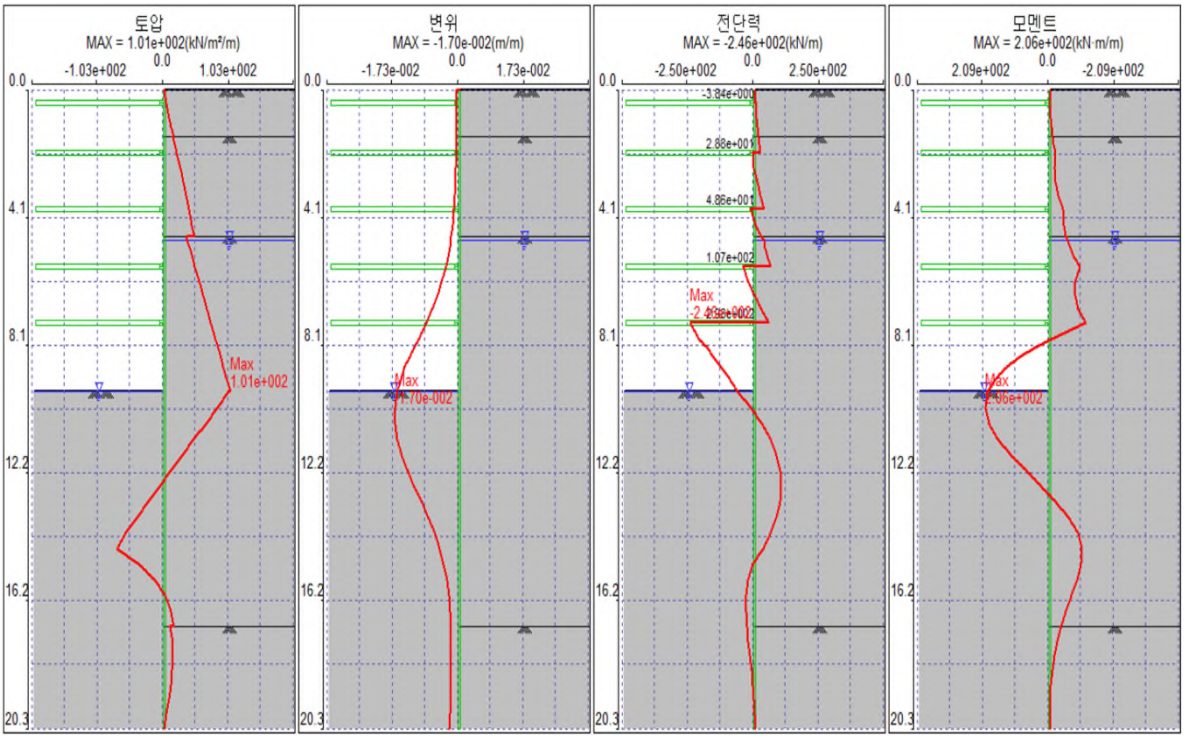
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.9 m]



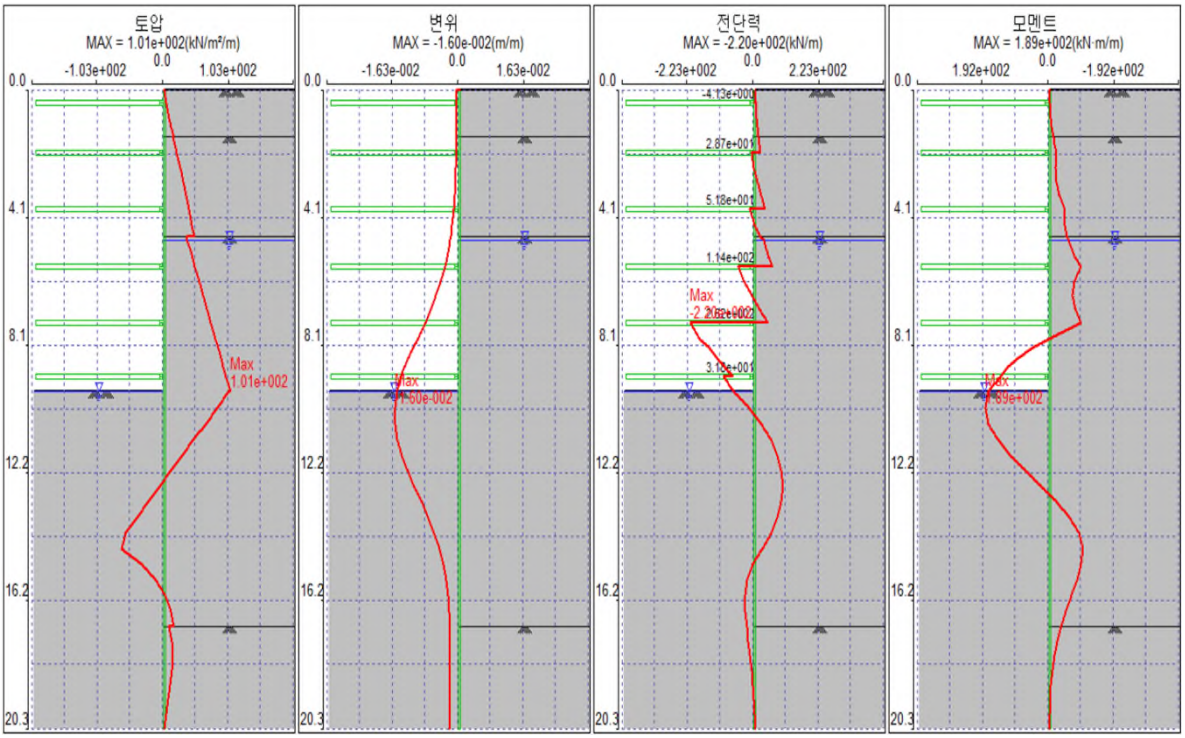
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



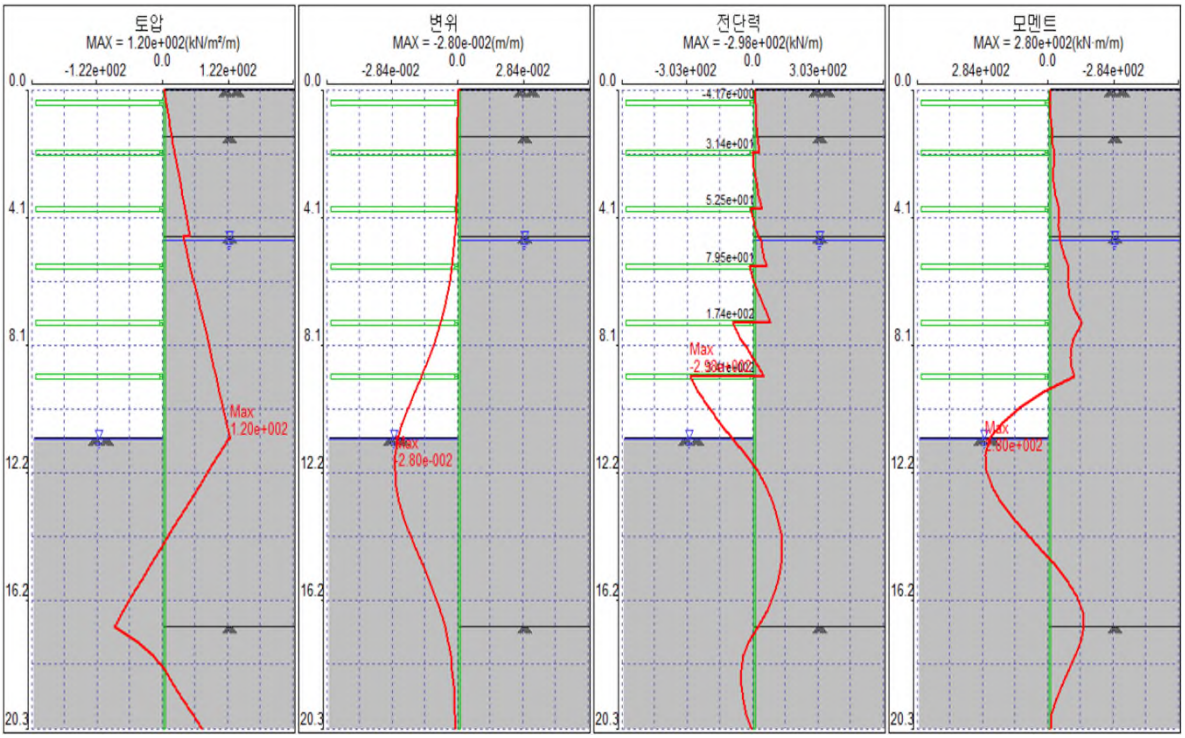
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.6 m]



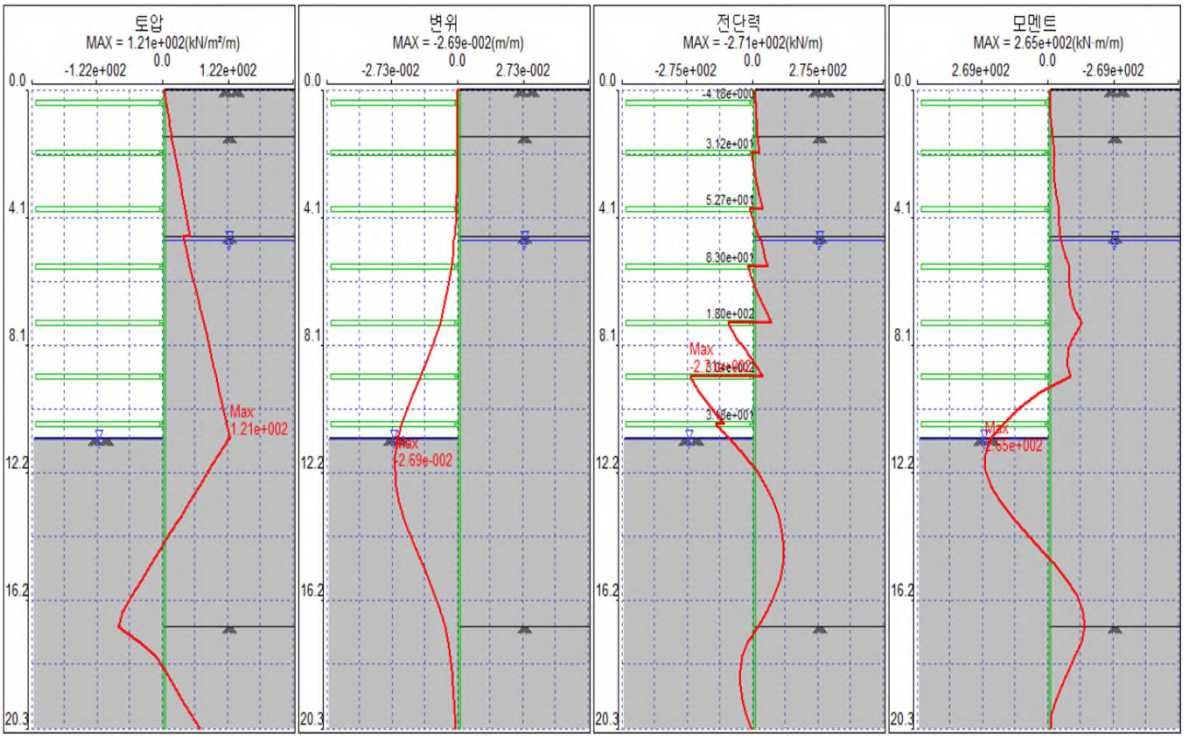
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



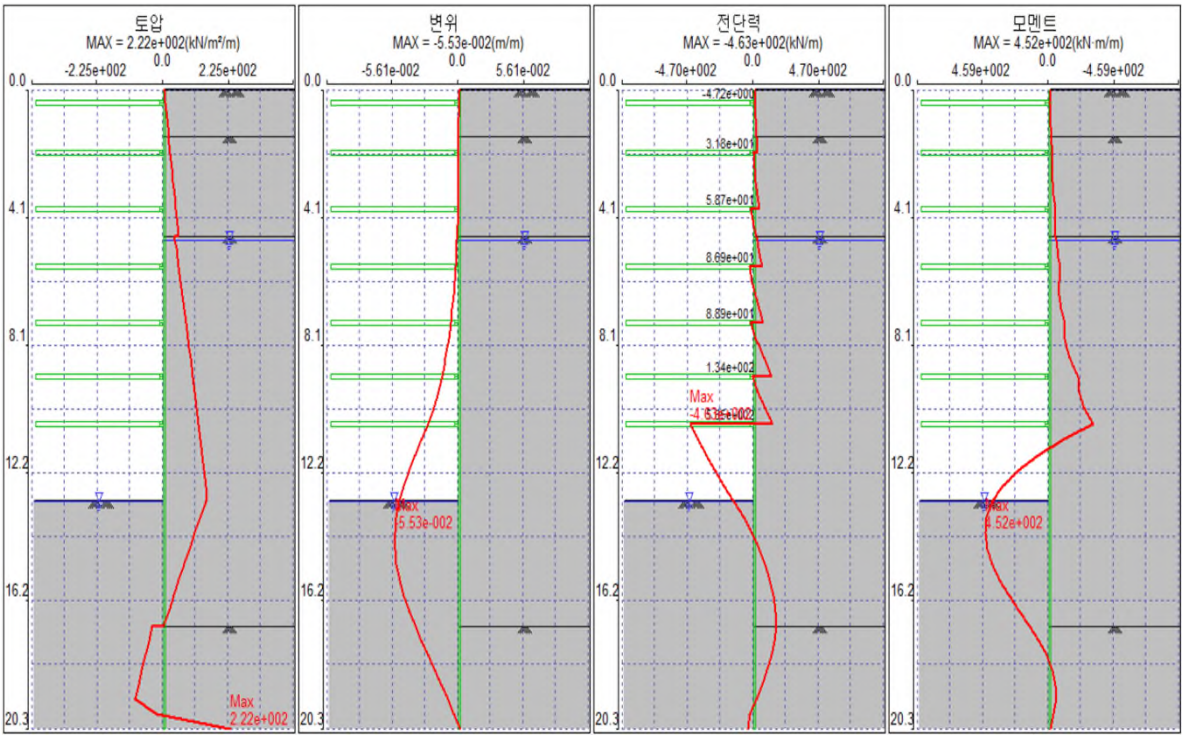
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.1 m]



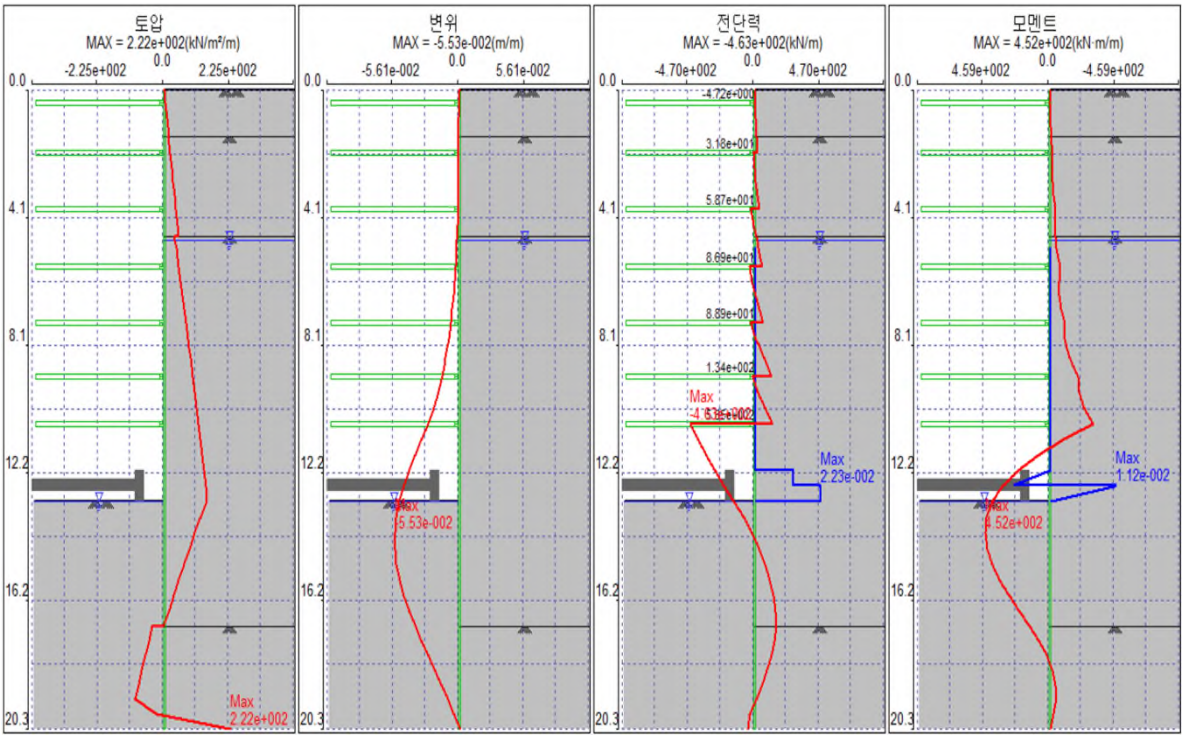
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-6]



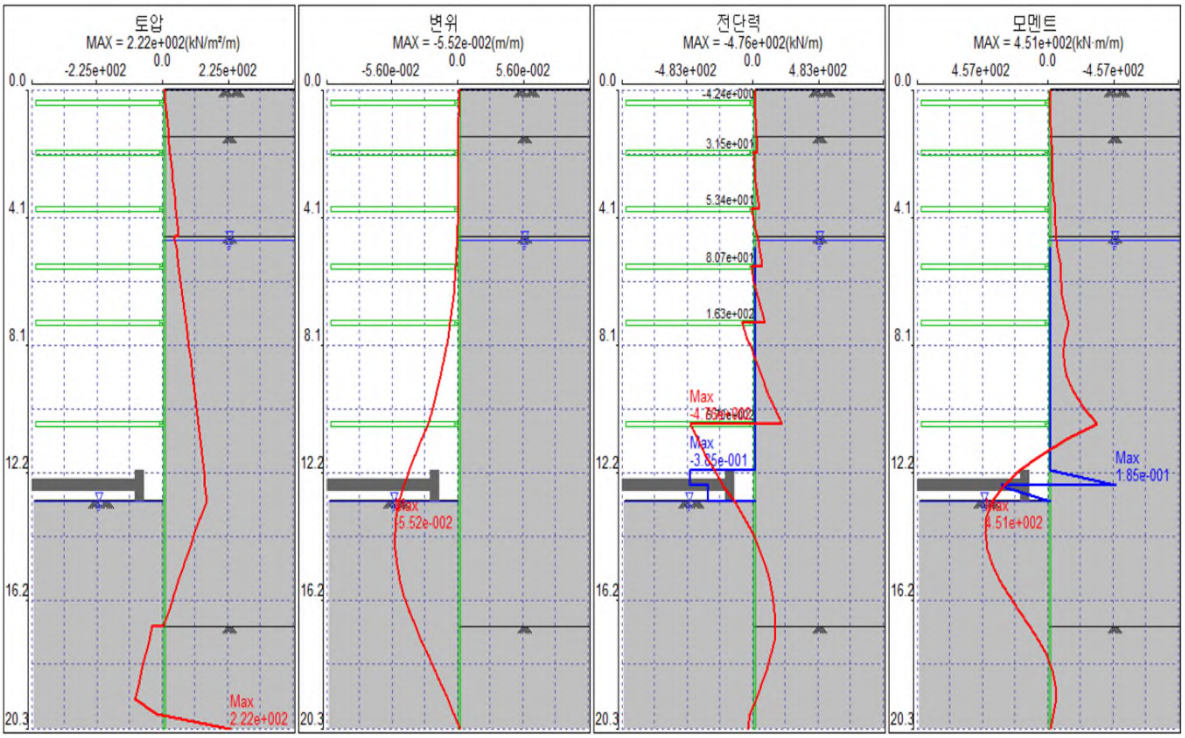
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 13.08 m]



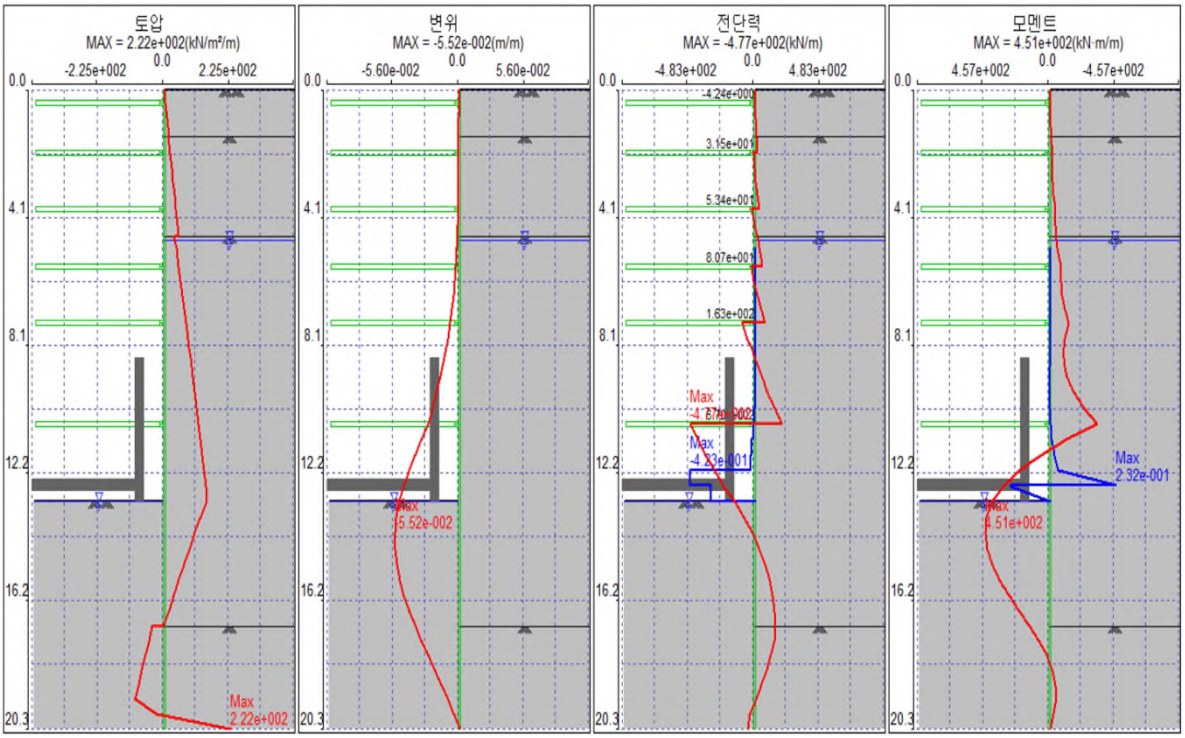
16) 시공 16 단계 [CS16 : 해체1]



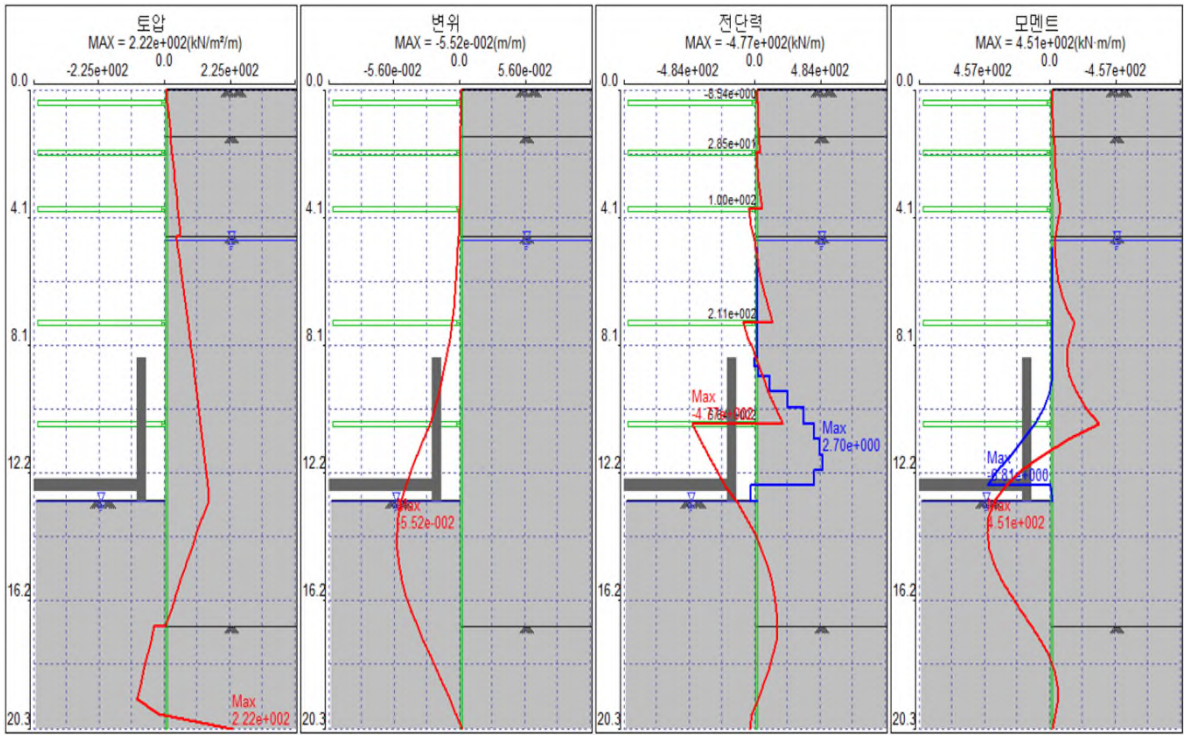
17) 시공 17 단계 [CS17 : 해체2]



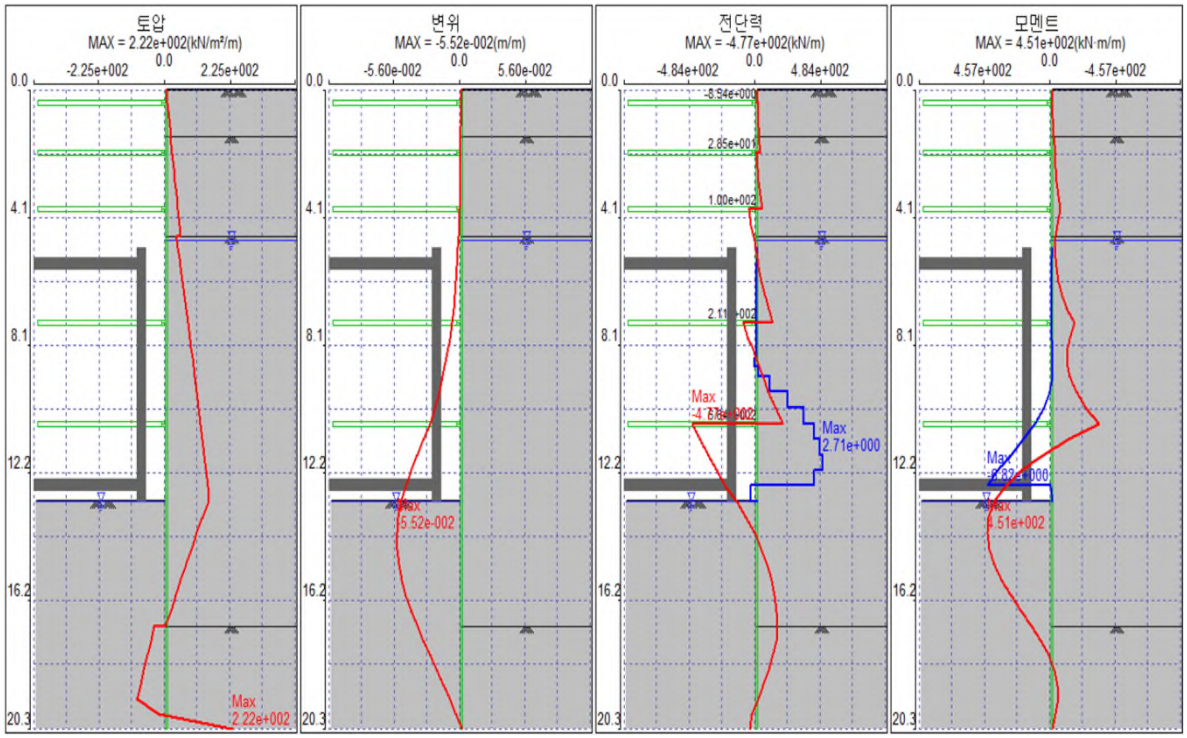
18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체3]



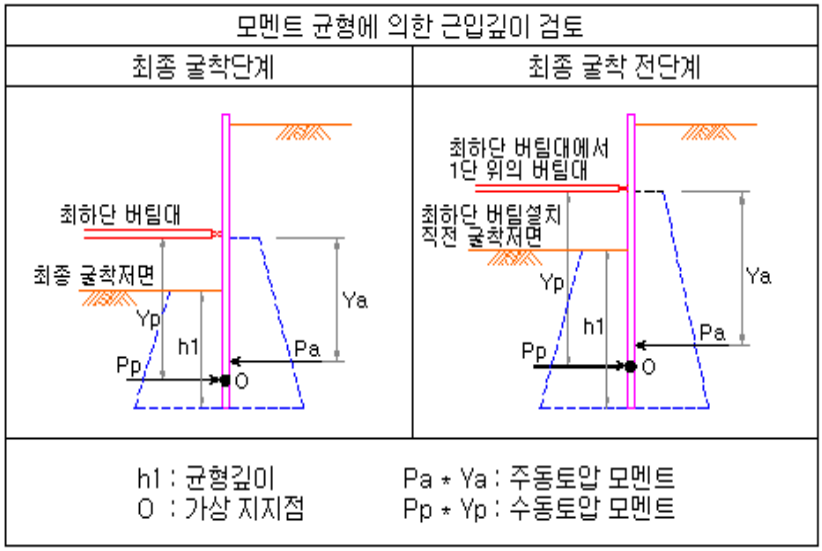
19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체4]



20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체5]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.705	7.200	8297.649	9994.745	1.205	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.517	9.180	11551.212	17241.033	1.493	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -10.6 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 267.682 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.304 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1238.748 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.417 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (267.682 x 1.304) + (1238.748 x 6.417) = 8297.649 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1368.024 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.306 m

Mp = (Pp x Yp) = (1368.024 x 7.306) = 9994.745 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 9994.745 / 8297.649 = 1.205

S.F. = 1.205 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -9.1 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 199.472 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.046 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1592.817 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 7.121 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (199.472 x 1.046) + (1592.817 x 7.121) = 11551.212 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 2122.573 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 8.123 m

Mp = (Pp x Yp) = (2122.573 x 8.123) = 17241.033 kN·m

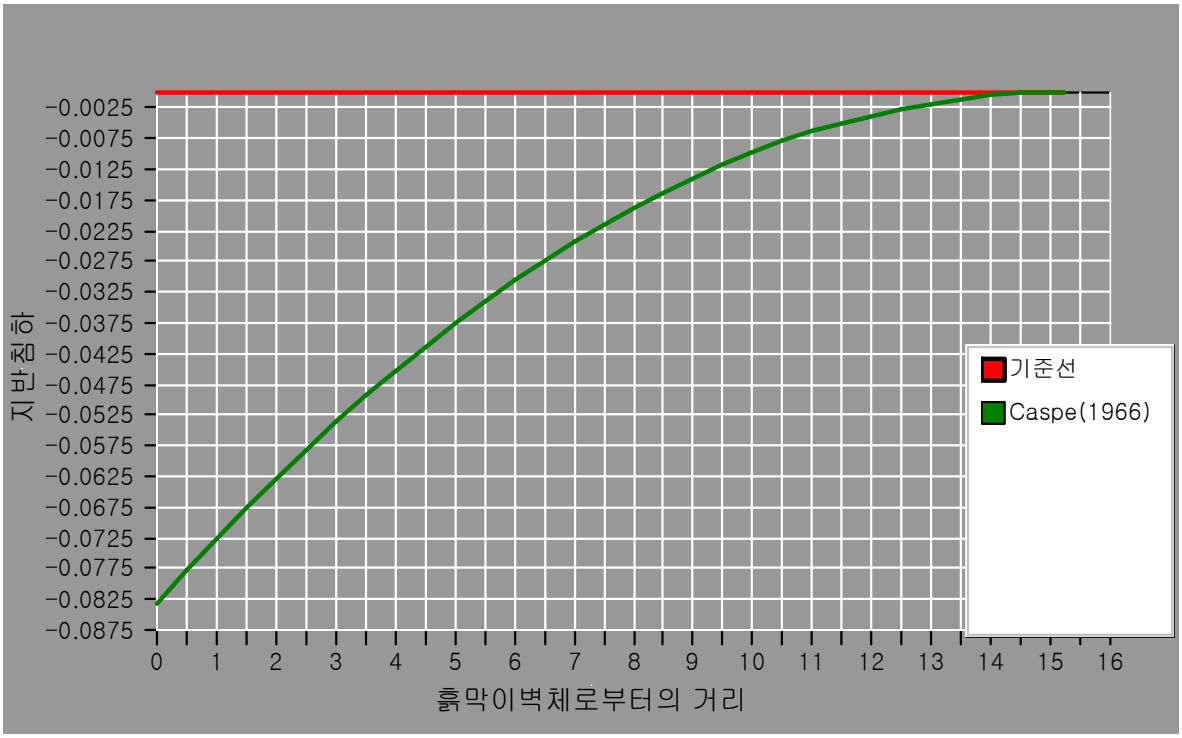
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 17241.033 / 11551.212 = 1.493

S.F. = 1.493 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.317 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 13.08 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.269 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.269/2) = 14.513 m

Ht = Hp + Hw = 14.513 + 13.08 = 27.593 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 27.593 x tan(45-32.269/2) = 15.21 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.317 / 15.21 = -0.083 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.083 x ((15.21 - Xi) / 15.21)^2

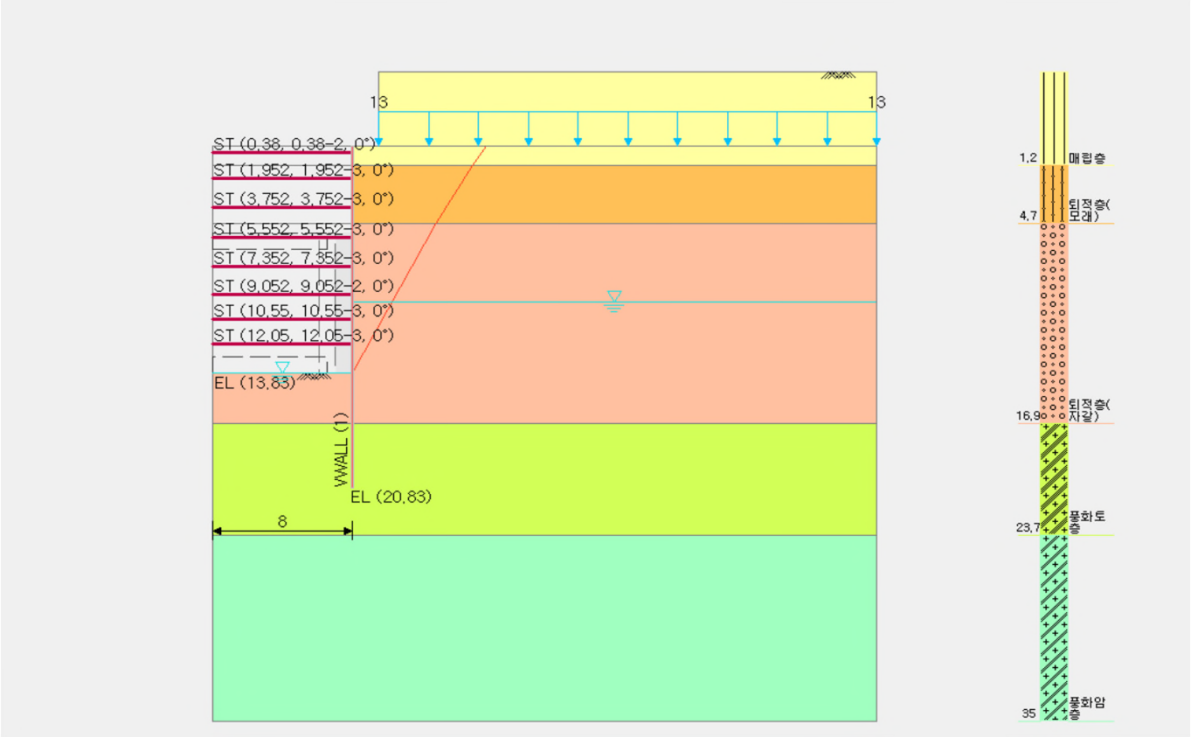
변 경

26. Ramp-D. 0+420~0+427.9(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
7.5 Strut 설계 (Strut-4)
7.6 Strut 설계 (Strut-5)
7.7 Strut 설계 (Strut-6)
7.8 Strut 설계 (Strut-7)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
8.5 Strut-4 띠장 설계
8.6 Strut-5 띠장 설계
8.7 Strut-6 띠장 설계
8.8 Strut-7 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 20.83m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.38, 0.38-2, 0°)
ST (1.952, 1.952-3, 0°)
ST (3.752, 3.752-3, 0°)
ST (5.552, 5.552-3, 0°)
ST (7.352, 7.352-3, 0°)
ST (9.052, 9.052-2, 0°)
ST (10.55, 10.55-3, 0°)
ST (12.05, 12.05-3, 0°)
EL (13.83)
VWALL (1)
EL (20.83)
8
1.2
매립층
4.7
퇴적층(모래)
16.9
퇴적층(자갈)
23.7
풍화토층
35
풍화암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.38	휨응력	5.317	127.980	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.261	93.321	O.K		
		전단응력	2.065	108.000	O.K		
Strut-4 H 300x305x15/15	7.35	휨응력	21.267	129.219	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	67.210	101.272	O.K		
		전단응력	4.321	108.000	O.K		
Strut-5 H 300x305x15/15	9.05	휨응력	21.267	129.219	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	75.605	101.272	O.K		
		전단응력	4.321	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	1.95	휨응력	28.045	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	32.632	155.182	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.114	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.75	휨응력	28.045	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	47.193	155.182	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.114	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.55	휨응력	21.506	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	51.175	154.777	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.353	107.265	O.K		
Strut-6 P 406.4x12	10.55	휨응력	21.506	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	107.417	154.777	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.353	107.265	O.K		
Strut-7 P 406.4x12	12.05	휨응력	21.506	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	59.173	154.777	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.353	107.265	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.38	휨응력	8.174	182.334	O.K	
		전단응력	6.781	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	1.95	휨응력	59.295	171.711	O.K	
		전단응력	32.795	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.75	휨응력	98.623	171.711	O.K	
		전단응력	54.547	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.55	휨응력	154.062	171.711	O.K	
		전단응력	85.210	108.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	7.35	휨응력	106.696	171.180	O.K	
		전단응력	95.235	108.000	O.K	
Strut-5 2H 300x305x15/15	9.05	휨응력	72.048	182.334	O.K	
		전단응력	59.773	108.000	O.K	
Strut-6 2H 440x300x11/18	10.55	휨응력	100.258	171.180	O.K	
		전단응력	89.489	108.000	O.K	
Strut-7 2H 300x305x15/15	12.05	휨응력	91.324	171.711	O.K	
		전단응력	50.510	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	67.849	138.992	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	51.513	116.711	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우)	0.00 ~	휨응력	178.120	243.000	O.K	
J:SP-IV(SY295(SY30)	20.83	전단응력	28.289	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	3.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	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-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	2.00m ~ 3.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

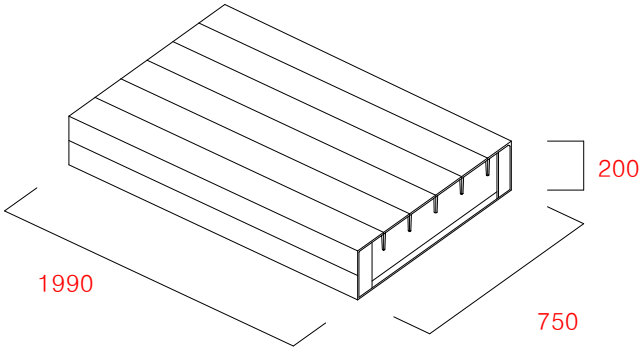
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

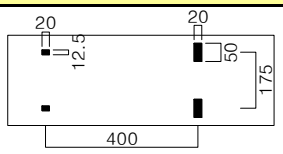
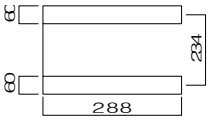
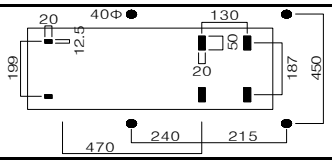
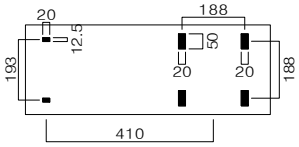
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

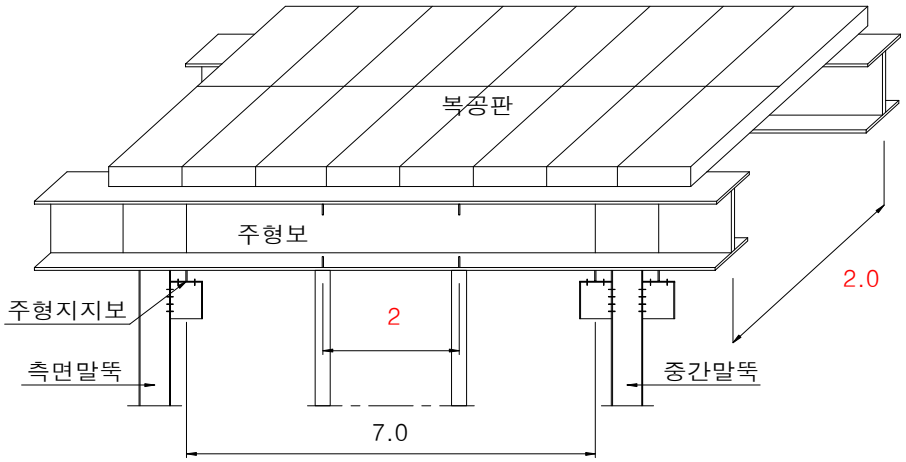
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

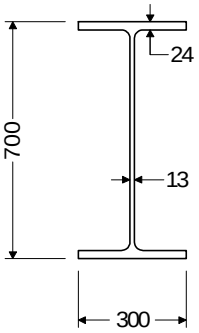
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 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

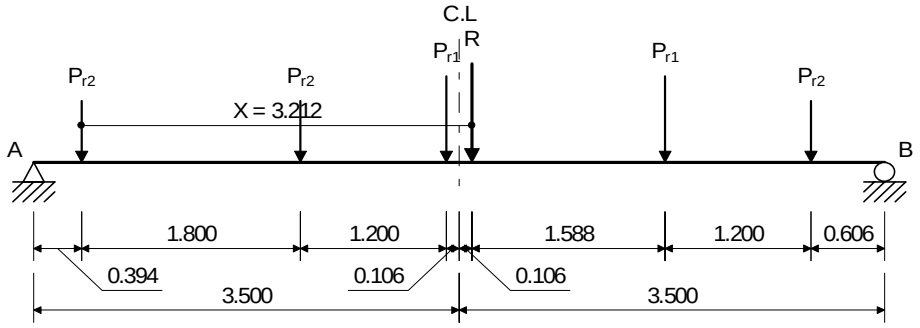
(3) 전륜하중

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

(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

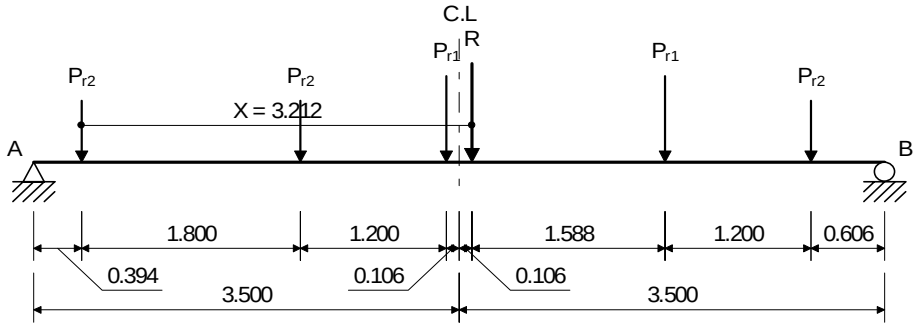
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

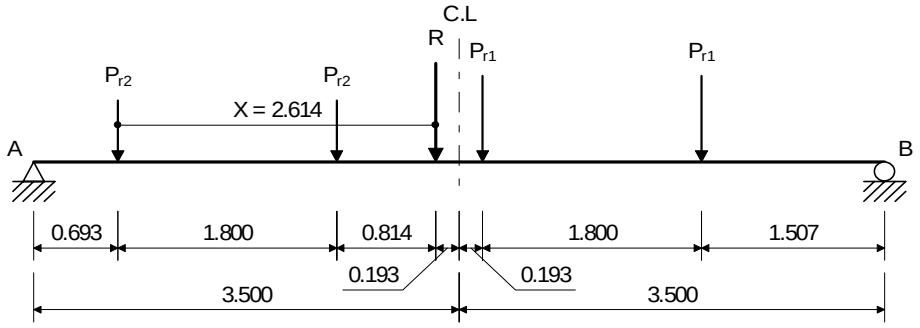
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

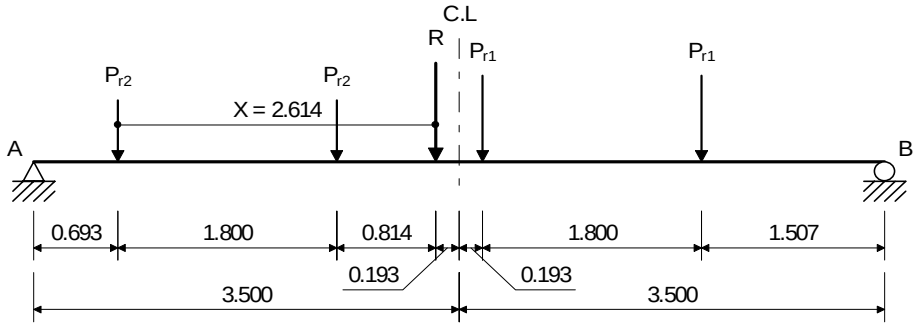


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

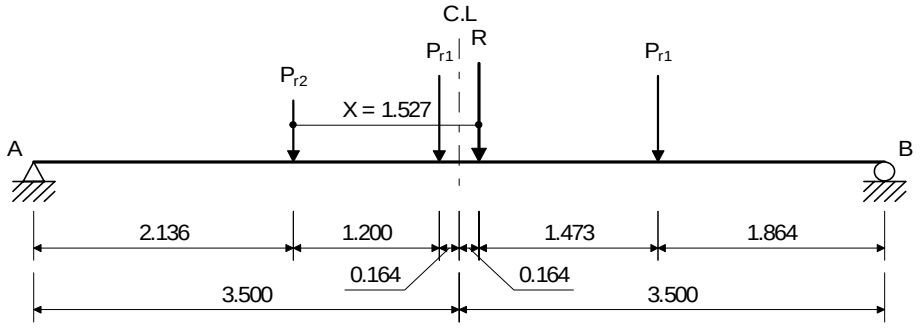
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

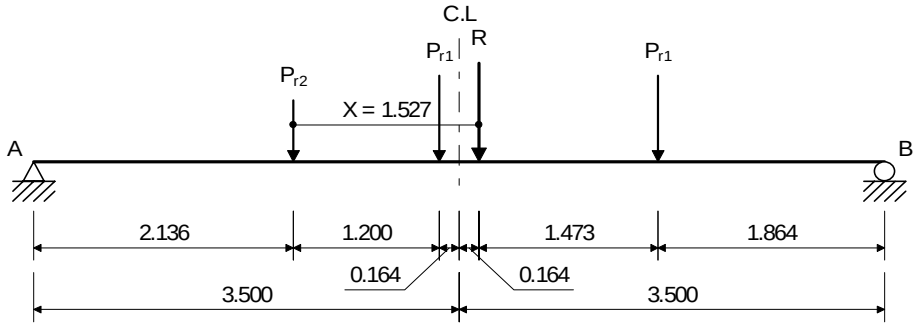


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

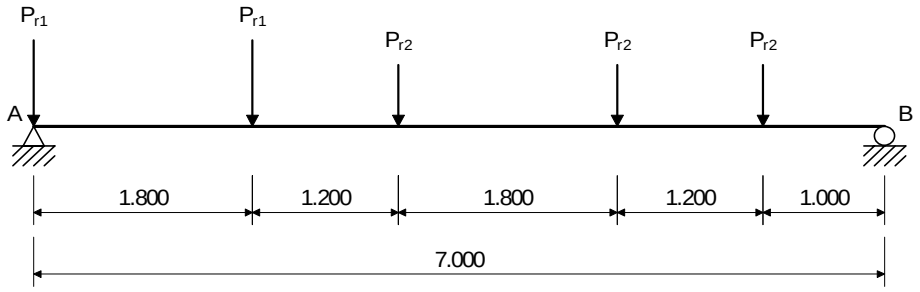


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

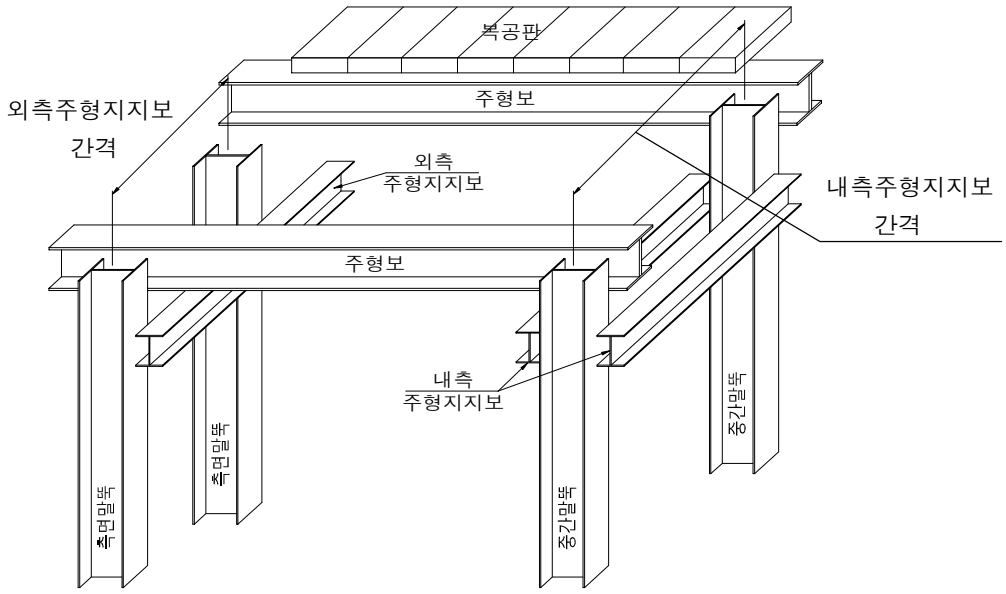
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

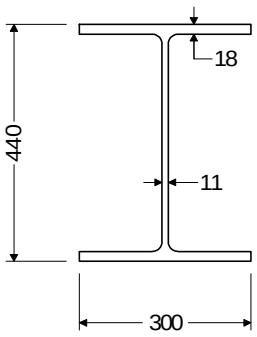
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

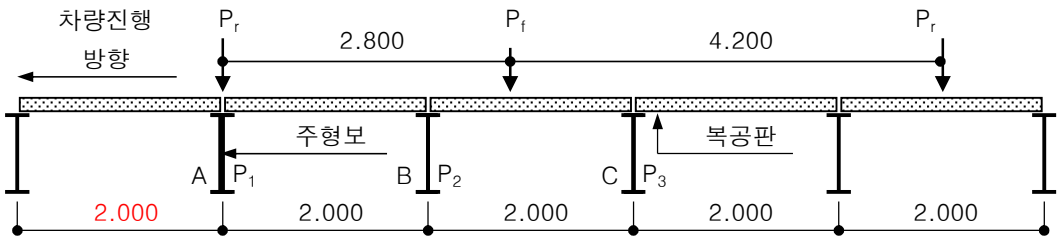


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



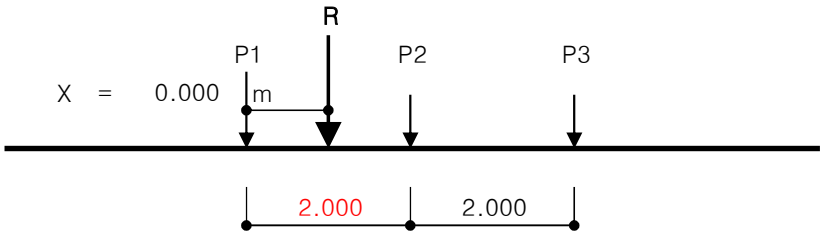
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

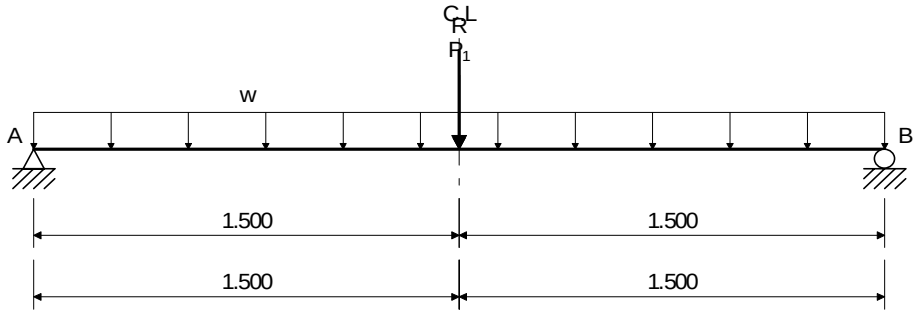


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

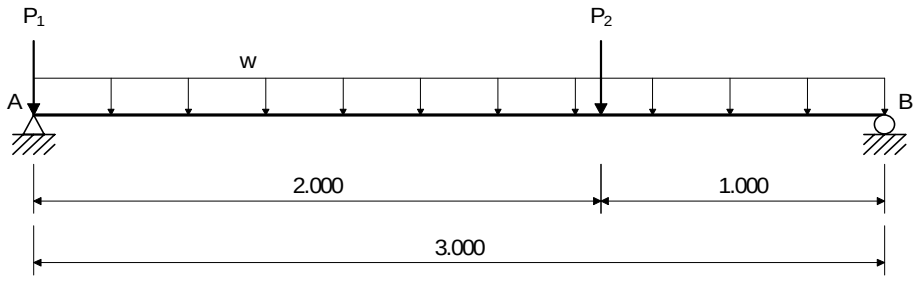
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 22

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357877 + 17500)

/ (168.8 x π x 22.0 x 22.0 / 4)

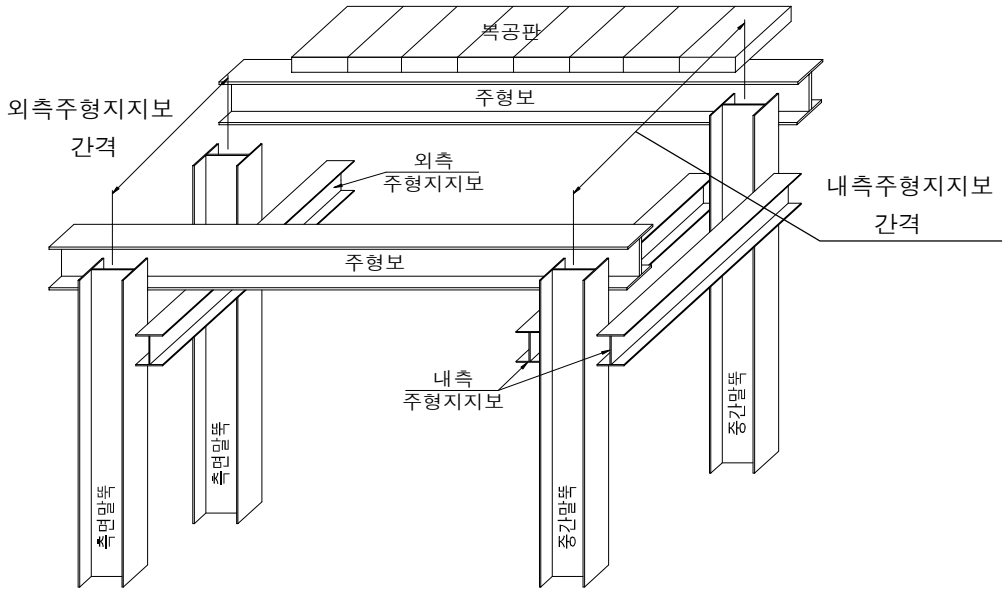
= 5.85 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 5.85 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

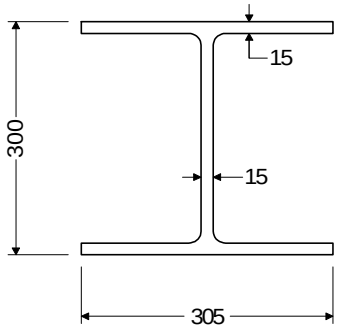
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

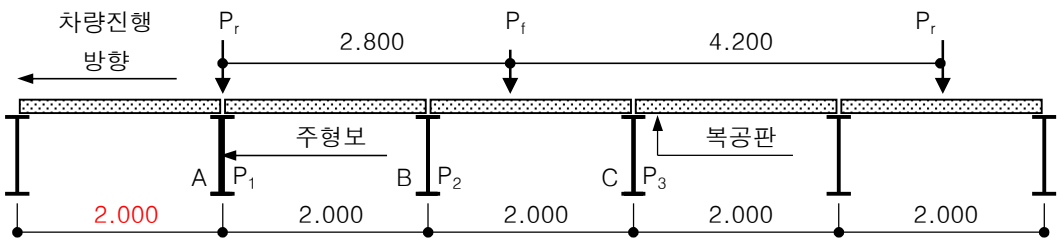


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



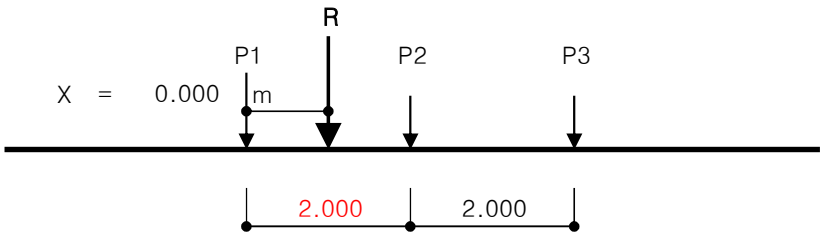
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

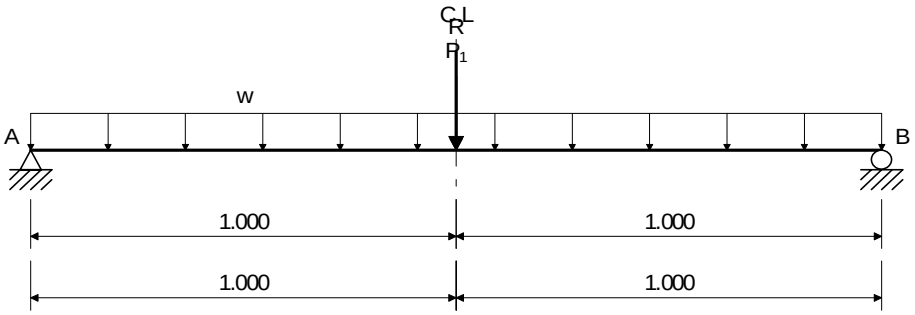


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

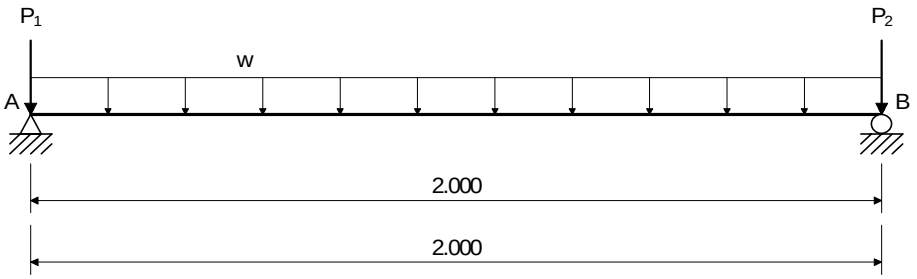
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 22
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (334761 + 17500)
/ (168.8 x π x 22.0 x 22.0 / 4)
= 5.49 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 5.49 ea ---> O.K

7.지보재 설계

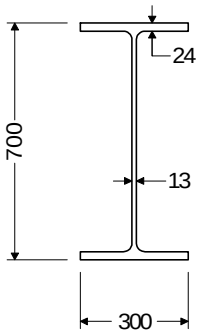
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 25.503 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.452 m)
= 25.503 x 2.00 / 1 단
= 51.006 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 51.006 + 120.0 = 171.006 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 x 1000000 / 5760000.0 = 5.317 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 171.006 x 1000 / 23550 = 7.261 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 17.500 x 1000 / 8476 = 2.065 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 1.574

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (12.578 - 1.945) / 12.578$

= 0.845

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7000 / 293

23.891 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (23.891 − 20))

= 184.588 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 184.588 MPa

L_y / R_y = 7000 / 67.8

103.245 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 103.245²)

= 93.321 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 93.321 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 93.321 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7000 / 300

= 23.333 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.333 − 4.5))

= 127.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.980 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (23.891)²

= 2838.273 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 93.321$ MPa $> f_c = 7.261$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 127.980$ MPa $> f_b = 5.317$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa $> \tau = 2.065$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times \left(1 - \left(f_c / f_{eax} \right) \right)}$

$$= \frac{7.261}{93.321} + \frac{5.317}{127.980 \times \left(1 - \left(7.261 / 2838.273 \right) \right)}$$

$$= 0.119 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \left(f_c / f_{eax} \right)}$$

$$= 7.261 + \frac{5.317}{1 - \left(7.261 / 2838.273 \right)}$$

$$= 12.592 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.119 , 0.067)

= 0.119 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{12.578}{93.321} + \left\{ \frac{2.065}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.135 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

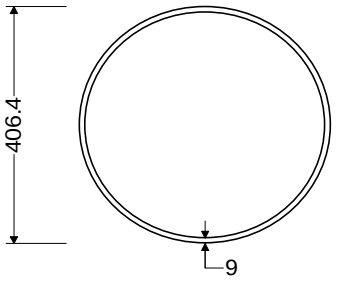
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 82.222 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.252 m)
= 82.222 x 3.00 / 1 단
= 246.665 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 246.665 + 120.0 = 366.665 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 \times 1000000 / 1092000.0 = 28.045$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 366.665 \times 1000 / 11236.2 = 32.632$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{17.500 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.114$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.092 x 9)

= 20.667 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.092

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (60.677 − 4.588) / 60.677

= 0.924 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 140.5

49.822 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (49.822 − 20))

= 155.182 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 155.182 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (49.822)^2

= 652.637 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 155.182$ MPa $> f_c = 32.632$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa $> f_b = 28.045$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa $> \tau = 3.114$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{32.632}{155.182} + \frac{28.045}{189.000 \times (1 - (32.632 / 652.637))}$$

$$= 0.366 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 32.632 + \frac{28.045}{1 - (32.632 / 652.637)}$$

$$= 62.153 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.366 , 0.329)

= 0.366 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{60.677}{155.182} + \left\{ \frac{3.114}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.392 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

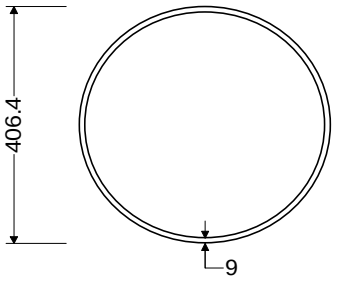
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 136.758 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.052 m)
= 136.758 x 3.00 / 1 단
= 410.274 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 410.274 + 120.0 = 530.274 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 \times 1000000 / 1092000.0 = 28.045$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 530.274 \times 1000 / 11236.2 = 47.193$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{17.500 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.114$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.075 x 9)

= 21.011 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.075

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (75.238 − 19.148) / 75.238

= 0.745 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 140.5

49.822 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (49.822 − 20))

= 155.182 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 155.182 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (49.822)^2

= 652.637 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 155.182 MPa > f_c = 47.193 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 28.045 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 3.114 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{47.193}{155.182} + \frac{28.045}{189.000 \times (1 - (47.193 / 652.637))}$$

$$= 0.464 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 47.193 + \frac{28.045}{1 - (47.193 / 652.637)}$$

$$= 77.424 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.464 , 0.410)

= 0.464 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{75.238}{155.182} + \left\{ \frac{3.114}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.486 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

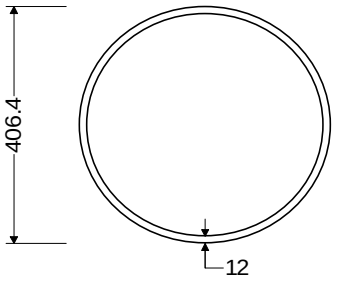
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 213.633 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.852 m)
= 213.633 x 3.00 / 1 단
= 640.899 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 640.899 + 120.0 = 760.899 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 \times 1000000 / 1424000.0 = 21.506$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 760.899 \times 1000 / 14868.5 = 51.175$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{17.500 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 2.353$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.059 x 12)

= 15.987 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.059

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (72.682 − 29.669) / 72.682

= 0.592 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 139.5

50.179 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.179 − 20))

= 154.777 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.777 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.179)^2

= 643.380 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 154.777 MPa > f_c = 51.175 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 21.506 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 2.353 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{51.175}{154.777} + \frac{21.506}{189.000 \times (1 - (51.175 / 643.380))}$$

$$= 0.454 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 51.175 + \frac{21.506}{1 - (51.175 / 643.380)}$$

$$= 74.540 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.454 , 0.394)

= 0.454 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{72.682}{154.777} + \left\{ \frac{2.353}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.470 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

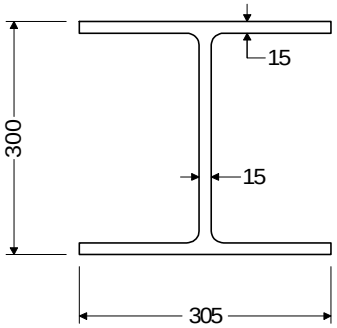
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 261.997 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.552 m)
= 261.997 x 3.00 / 1 단
= 785.991 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 785.991 + 120.0 = 905.991 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 x 1000000 / 1440000.0 = 21.267 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 905.991 x 1000 / 13480 = 67.210 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 17.500 x 1000 / 4050 = 4.321 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.213

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (88.477 - 45.943) / 88.477$
$= 0.481$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$
$= 189.000$ MPa

$L_x / R_x = 7000 / 126$
55.556 ---> $20 < Lx/Rx \leq 93$ 이므로
$f_{cagx} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (55.556 - 20))$
$= 148.680$ MPa
$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 148.680$ MPa

$L_y / R_y = 7000 / 72.6$
96.419 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로
$f_{cagy} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (6700 + 96.419^2)$
$= 101.272$ MPa
$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$
$= 101.272$ MPa

$\therefore f_{ca} = Min.(f_{cax}, f_{cay}) = 101.272$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 7000 / 305$
$= 22.951$ ---> $4.5 < L/B \leq 30$ 이므로
$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (22.951 - 4.5))$
$= 129.219$ MPa
$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$
$= 129.219$ MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (55.556)^2$
$= 524.880$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 101.272 MPa > f_c = 67.210 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 129.219 MPa > f_b = 21.267 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 4.321 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{67.210}{101.272} + \frac{21.267}{129.219 \times (1 - (67.210 / 524.880))}$$

$$= 0.852 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 67.210 + \frac{21.267}{1 - (67.210 / 524.880)}$$

$$= 91.601 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.852 , 0.485)

= 0.852 < 1.0 ---> O.K

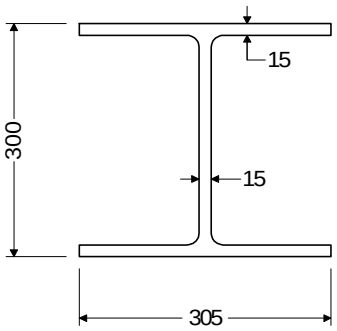
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 449.580 kN/m ---> Strut-5 (CS21 : 해체4)

= 449.580 x 2.00 / 1 단

= 899.161 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 899.161 + 120.0 = 1019.161 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 x 1000000 / 1440000.0 = 21.267 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1019.161 x 1000 / 13480 = 75.605 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 17.500 x 1000 / 4050 = 4.321 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.182

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (96.873 − 54.338) / 96.873
= 0.439

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7000 / 126
55.556 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (55.556 − 20))
= 148.680 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}
= 148.680 MPa

L_y / R_y = 7000 / 72.6
96.419 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 96.419^2)
= 101.272 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}
= 101.272 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 101.272 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7000 / 305

= 22.951 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (22.951 − 4.5))

= 129.219 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 129.219 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (55.556)^2

= 524.880 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 101.272 MPa > f_c = 75.605 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 129.219 MPa > f_b = 21.267 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 4.321 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{75.605}{101.272} + \frac{21.267}{129.219 \times (1 - (75.605 / 524.880))}$

= 0.939 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 75.605 + \frac{21.267}{1 - (75.605 / 524.880)}$

= 100.452 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.939 , 0.531)

= 0.939 < 1.0 ---> O.K

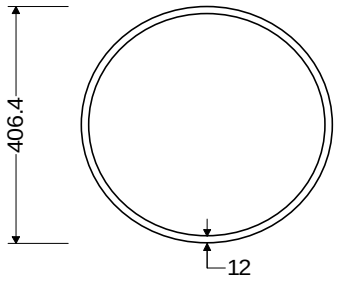
7.7 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 492.378 kN/m ---> Strut-6 (CS18 : 해체1)
= 492.378 x 3.00 / 1 단
= 1477.134 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1477.134 + 120.0 = 1597.134 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 x 1000000 / 1424000.0 = 21.506 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1597.134 x 1000 / 14868.5 = 107.417 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{17.500 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.353 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.033 x 12)
= 16.387 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $\alpha = 1.0 + \Phi / 10$

$= 1.033$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (128.924 - 85.911) / 128.924$

$= 0.334 \quad (0 \le \Phi \le 2)$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$

$= 189.000$ MPa

$L / R = 7000 / 139.5$

50.179 ---> $20 < L/R \le 93$ 이므로

$f_{cag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (50.179 - 20))$

$= 154.777$ MPa

$f_{ca} = f_{cag} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 154.777$ MPa

▶ 허용휨응력

$f_{bag} = 189.000$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$

$= 189.000$ MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (50.179)^2$

$= 643.380$ MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> $r/t \le 125$ 이므로

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 107.265$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 154.777$ MPa > $f_c = 107.417$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa > $f_b = 21.506$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 107.265$ MPa > $\tau = 2.353$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{107.417}{154.777} + \dfrac{21.506}{189.000 \times (1 - (107.417 / 643.380))}$

$= 0.831 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 107.417 + \frac{21.506}{1 - (107.417 / 643.380)}$$

$$= 133.234 < f_{cal} = 189.000 \quad ---> \quad O.K$$

$$\therefore \text{안전율} = \text{Max.}(0.831 , 0.705)$$
$$= 0.831 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{128.924}{154.777} + \left\{ \frac{2.353}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.833 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

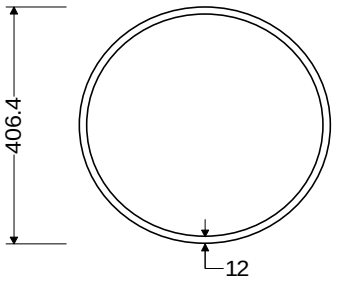
7.8 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 253.271 kN/m ---> Strut-7 (CS17 : 굴착 13.83 m)
= 253.271 x 3.00 / 1 단
= 759.814 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 759.814 + 120.0 = 879.814 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN
(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 30.625 x 1000000 / 1424000.0 = 21.506 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 879.814 x 1000 / 14868.5 = 59.173 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{17.500 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.353 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.053 x 12)
= 16.076 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.053

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (80.679 − 37.667) / 80.679
= 0.533 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 139.5
50.179 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.179 − 20))
= 154.777 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}
= 154.777 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.179)^2
= 643.380 MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 12$

$= 16.933$ ---> r/t ≤ 125 이므로

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 16.933^2)$

$= 107.265$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 154.777$ MPa > $f_c = 59.173$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa > $f_b = 21.506$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 107.265$ MPa > $\tau = 2.353$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{59.173}{154.777} + \dfrac{21.506}{189.000 \times (1 - (59.173 / 643.380))}$

$= 0.508 < 1.0$ ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 59.173 + \dfrac{21.506}{1 - (59.173 / 643.380)}$

$= 82.858 < f_{cal} = 189.000$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.508 , 0.438)

= 0.508 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{80.679}{154.777} + \left\{ \dfrac{2.353}{107.265} \right\}^2$

$= 0.522 < 1.0$ ---> O.K

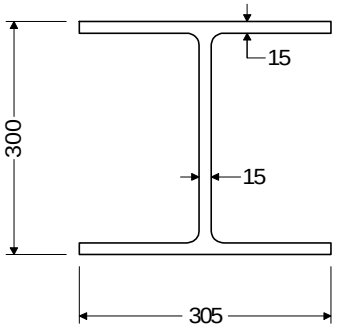
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

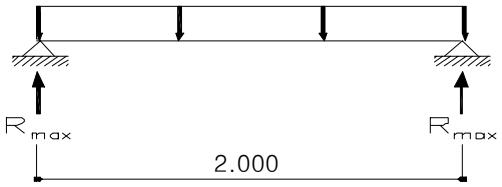
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 25.503 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.452 m)

P = 25.503 × 2.00 m / 1 ea = 51.006 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 51.006 / (13 × 2.000)
= 23.541 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 23.541 × 2.000^2 / 8
= 11.771 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 23.541 × 2.000 / 12
= 27.465 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 11.771 x 1000000 / 1440000.0 = 8.174 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 27.465 x 1000 / 4050 = 6.781 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (8.174 + 8.174) / 8.174$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 8.174 MPa ---> O.K

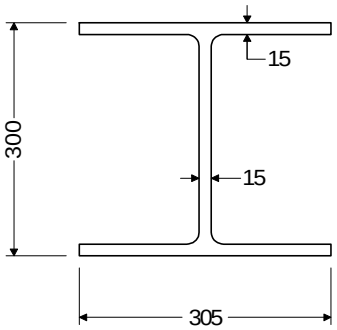
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 6.781 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

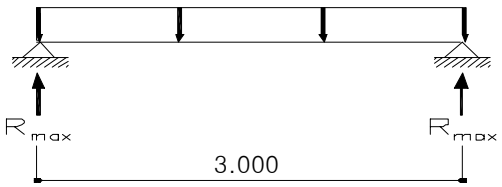
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 82.222 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.252 m)

$P = 82.222 \times 3.00\ m / 1\ ea = 246.665\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 246.665 / (13 \times 3.000)$
$= 75.897\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 75.897 \times 3.000^{2} / 8$
$= 85.384\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 75.897 \times 3.000 / 12$
$= 132.820\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 85.384 \times 1000000 / 1440000.0 = 59.295$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 132.820 \times 1000 / 4050 = 32.795$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (59.295 + 59.295) / 59.295$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 59.295$ MPa ---> O.K

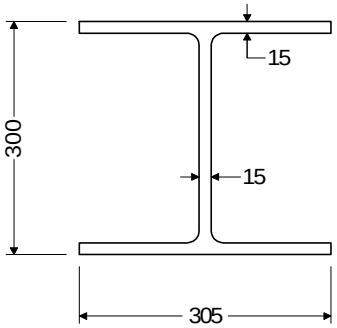
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 32.795$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

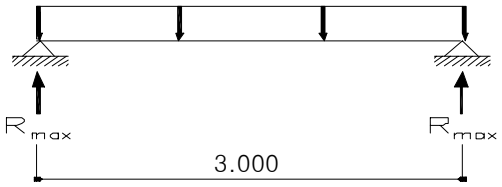
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 136.758 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 6.052 m)

P = 136.758 × 3.00 m / 1 ea = 410.274 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 410.274 / (13 \times 3.000)$

$= 126.238$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 126.238 \times 3.000^2 / 8$

$= 142.018$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$

$= 7 \times 126.238 \times 3.000 / 12$

$= 220.917$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 142.018 \times 1000000 / 1440000.0 = 98.623$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 220.917 \times 1000 / 4050 = 54.547$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (98.623 + 98.623) / 98.623$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 98.623 MPa ---> O.K

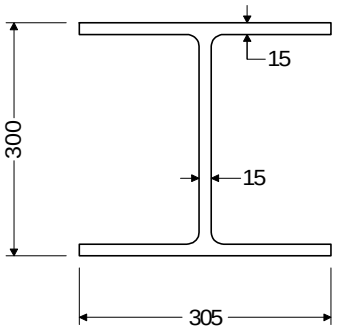
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 54.547 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

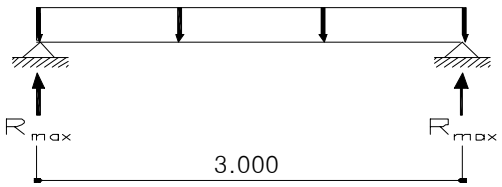
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 213.633 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.852 m)

$P = 213.633 \times 3.00\ m / 1\ ea = 640.899\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 640.899 / (13 \times 3.000)$
$= 197.200\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 197.200 \times 3.000^2 / 8$
$= 221.850\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 197.200 \times 3.000 / 12$
$= 345.099\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 221.850 \times 1000000 / 1440000.0 = 154.062$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 345.099 \times 1000 / 4050 = 85.210$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (154.062 + 154.062) / 154.062$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 154.062$ MPa ---> O.K

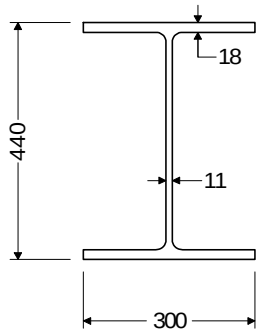
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 85.210$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

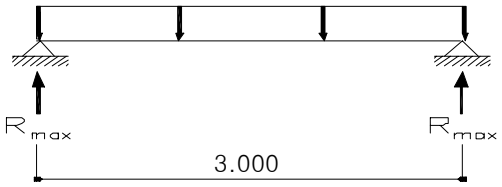
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 261.997 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.552 m)

P = 261.997 × 3.00 m / 1 ea = 785.991 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 785.991 / (13 × 3.000)
= 241.843 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 241.843 × 3.000^2 / 8
= 272.074 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 241.843 × 3.000 / 12
= 423.226 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 272.074 x 1000000 / 2550000.0 = 106.696 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 423.226 x 1000 / 4444 = 95.235 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (106.696 + 106.696) / 106.696

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 106.696 MPa ---> O.K

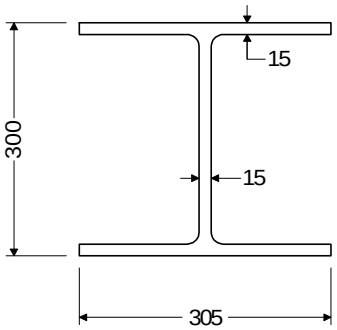
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 95.235 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

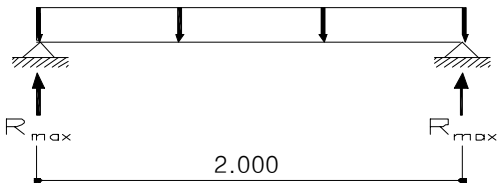
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 449.580 kN/m ---> Strut-5 (CS21 : 해체4)

$P = 449.580 \times 2.00\ m / 2\ ea = 449.580\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 449.580 / (13 \times 2.000)$
$= 207.499\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 207.499 \times 2.000^{2} / 8$
$= 103.749\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 207.499 \times 2.000 / 12$
$= 242.082\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 103.749 \times 1000000 / 1440000.0 = 72.048$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 242.082 \times 1000 / 4050 = 59.773$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (72.048 + 72.048) / 72.048$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 182.334$ MPa > $f_b = 72.048$ MPa ---> O.K

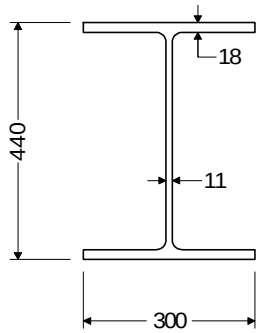
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 59.773$ MPa ---> O.K

8.7 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

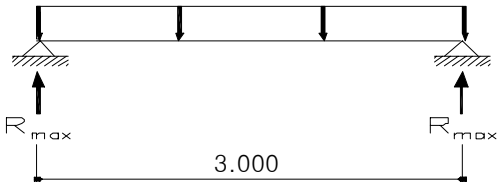
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 492.378 kN/m ---> Strut-6 (CS18 : 해체1)

P = 492.378 × 3.00 m / 2 ea = 738.567 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 738.567 / (13 × 3.000)
= 227.251 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 227.251 × 3.000^2 / 8
= 255.658 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 227.251 × 3.000 / 12
= 397.690 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 255.658 x 1000000 / 2550000.0 = 100.258 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 397.690 x 1000 / 4444 = 89.489 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (100.258 + 100.258) / 100.258$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 100.258 MPa ---> O.K

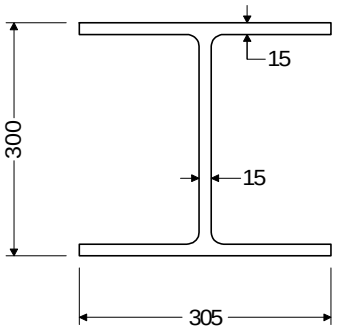
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 89.489 MPa ---> O.K

8.8 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

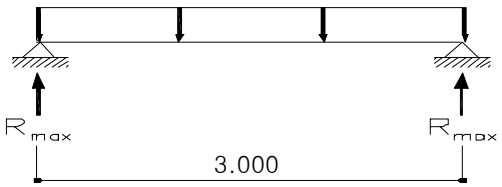
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 253.271 kN/m ---> Strut-7 (CS17 : 굴착 13.83 m)

$P = 253.271 \times 3.00\ m / 2\ ea = 379.907\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 379.907 / (13 \times 3.000)$
$= 116.894\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 116.894 \times 3.000^{2} / 8$
$= 131.506\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 116.894 \times 3.000 / 12$
$= 204.565\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 131.506 \times 1000000 / 1440000.0 = 91.324$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 204.565 \times 1000 / 4050 = 50.510$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (91.324 + 91.324) / 91.324$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 91.324$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 50.510$ MPa ---> O.K

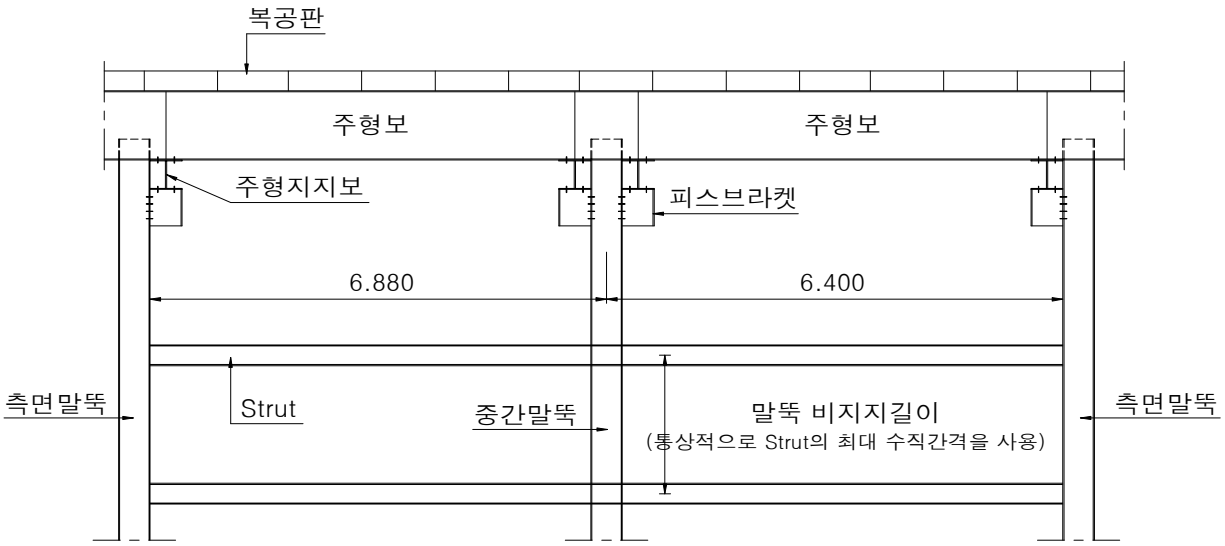
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.880 + 6.400 = 13.280 m

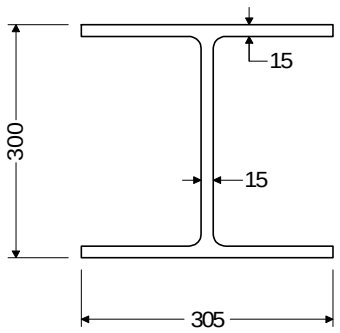
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 22.080 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 155.274 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 11.450 kN

ΣP_s = 193.584 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.880) / 2 = 19.599 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

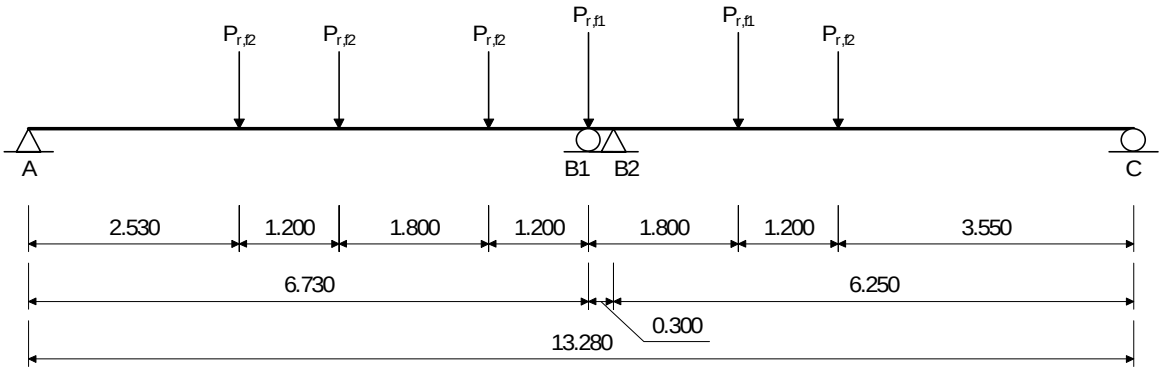
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.730 + 93.600 x 5.530 + 93.600 x 3.730 + 93.600 x 2.530) / 6.730

= 288.774 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 288.774 x 1.00 = 288.774 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.730 + 23.400 x 5.530 + 23.400 x 3.730 + 23.400 x 2.530) / 6.730

= 72.193 kN

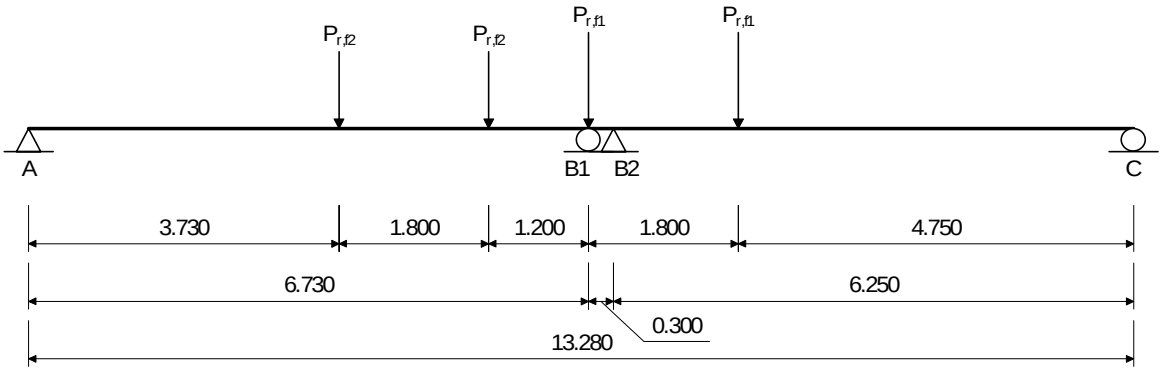
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 72.193 x 1.00 = 72.193 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.730 + 93.600 x 5.530 + 93.600 x 3.730) / 6.730

= 253.587 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750) / 6.250

= 94.848 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 253.587 x 1.00 = 253.587 kN

P_{r2} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.730 + 23.400 x 5.530 + 23.400 x 3.730) / 6.730

= 63.397 kN

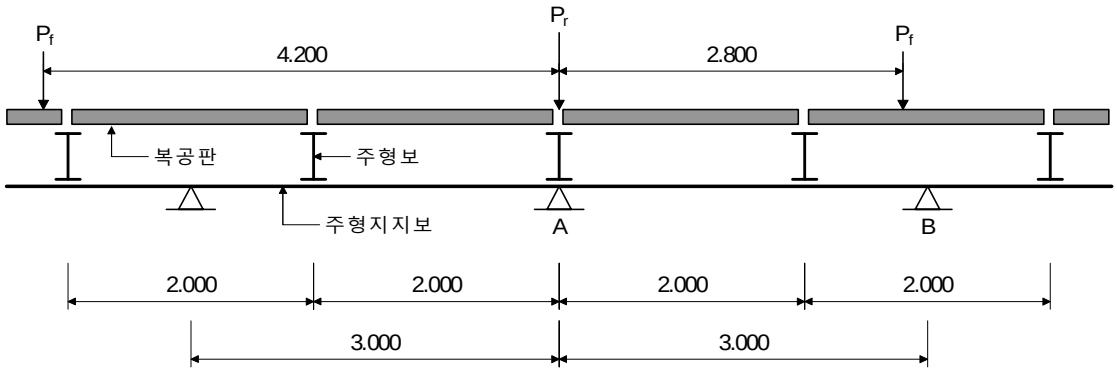
R_{B2} = (31.200 x 4.750) / 6.250

= 23.712 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 63.397 x 1.00 = 63.397 kN

P_{f2} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (288.774 x 3.000 + 72.193 x 0.200) / 3.000

= 293.587 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} \times 3.00 / 2.00$

$= 293.587 + 19.599 \times 3.00 / 2.00 = 322.985$ kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

$R_2 = (148.013 \times 3.000 + 37.003 \times 0.200) / 3.000$

$= 150.480$ kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} \times 3.00 / 2.00$

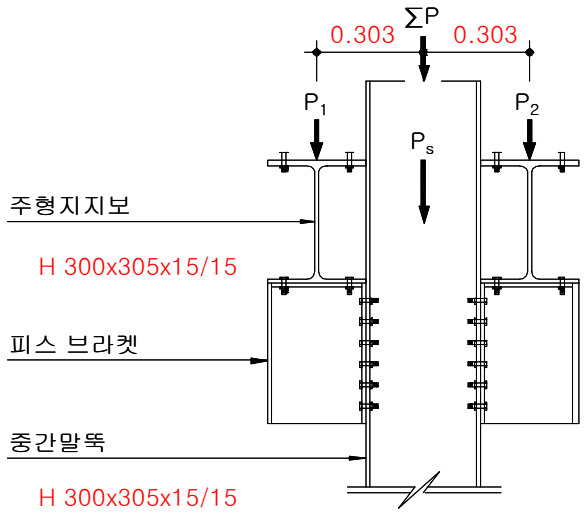
$= 150.480 + 18.231 \times 3.00 / 2.00 = 177.827$ kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_1 + P_2 + P_s$

$= 322.985 + 177.827 + 193.584 = 694.396$ kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A = 694.396 \times 1000 / 13480 = 51.513$ MPa

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 97.703 \times 1000000 / 1440000 = 67.849$ MPa

여기서, $M_{max} = P_1 \times e = 322.985 \times 0.303 = 97.703$ kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.988

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (119.362 - -16.336) / 119.362$

= 1.137

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6080 / 126

48.254 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (48.254 - 20))

= 156.960 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 156.960 MPa

L_y / R_y = 6080 / 72.6

83.747 ---> $20 < Ly/Ry \le 93$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (83.747 - 20))

= 116.711 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 116.711 MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay})$ = 116.711 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6080 / 305

= 19.934 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (19.934 - 4.5))

= 138.992 MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag}, f_{cal})$

= 138.992 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (48.254)^2

= 695.743 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 116.711 MPa > f_c = 51.513 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 138.992 MPa > f_b = 67.849 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{51.513}{116.711} + \frac{67.849}{138.992 \times (1 - (51.513 / 695.743))}$$

$$= 0.969 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 51.513 + \frac{67.849}{1 - (51.513 / 695.743)}$$

$$= 124.788 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.969 , 0.660)

= 0.969 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 694.40 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)	=	35	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	33.7	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	20.830	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 35 x 0.0915 + 0.2 x 34 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 249.939 tonf

= 2451.07 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2451.07 / 2.0

= 1225.535 kN

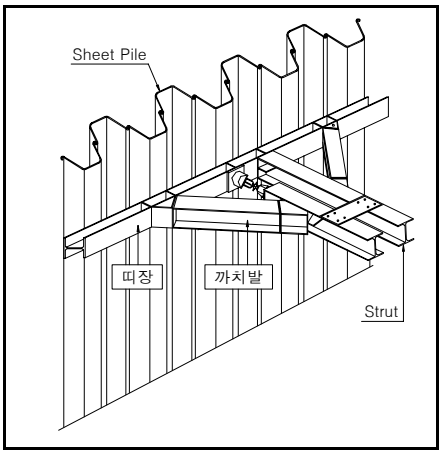
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 20.83m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 404.332 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS19 : 해체2)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 404.332 (kN·m/m) × 1.00 m = 404.332 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 372.854 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS18 : 해체1)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 372.854 (kN/m) × 1.00 m = 372.854 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{404.332 \times 10^6}{2270000.00} = 178.120 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{372.854 \times 10^3}{13180.00} = 28.289 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 13.83 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	1.19	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.69	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.86	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	23.66	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	20.83	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.38	2	7	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	1.952	3	7	70	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.752	3	7	70	1
4	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.552	3	7	70	1
5	Strut-4	H 300x305x15/15	SS400	7.352	3	7	70	1
6	Strut-5	H 300x305x15/15	SS400	9.052	2	7	70	1
7	Strut-6	P 406.4x12	SS400	10.55	3	7	70	1
8	Strut-7	P 406.4x12	SS400	12.05	3	7	70	1

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	5.79	0	6.55	C27	1	-
2	기초	13.33	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	5.29	13.83	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 13.83 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.88	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.45	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.25	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	6.05	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.85	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.55	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	11.05	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
15	12.55	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
17	13.83	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-		Strut-7	-	-	-	-	X	X
19	-	-	-	12.64	-	-	-	X	X
20	-		Strut-6	-	-	-	-	X	X
21	-	-	-	9.1	-	-	-	X	X
22	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
23	-	-	-	5.29	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.88 m	0.88	6.94	4.8	-3.90	3.3	1.75	17.9	-3.56	5.6
CS2 : 생성 주형보	0.88	6.93	4.8	-3.91	3.3	1.75	17.9	-3.56	2.0
CS3 : 굴착 2.452 m	2.45	17.21	3.3	-25.52	0.4	29.54	2.5	-12.19	6.1
CS4 : 생성 Strut-1	2.45	13.08	4.8	-21.43	2.0	15.48	2.5	-8.44	6.1
CS5 : 굴착 4.252 m	4.25	37.50	5.2	-64.93	2.0	48.41	3.8	-17.38	7.0
CS6 : 생성 Strut-2	4.25	28.69	5.2	-50.56	2.0	31.76	3.3	-12.52	7.0
CS7 : 굴착 6.052 m	6.05	49.94	7.9	-111.03	3.8	79.44	6.1	-36.24	3.8
CS8 : 생성 Strut-3	6.05	43.57	7.9	-94.35	3.8	64.25	6.1	-27.63	2.0
CS9 : 굴착 7.852 m	7.85	74.70	10.6	-168.99	5.6	141.07	7.9	-75.48	5.6
CS10 : 생성 Strut-4	7.85	69.90	10.6	-150.90	5.6	126.96	8.2	-60.80	5.6
CS11 : 굴착 9.552 m	9.55	101.46	12.6	-229.40	7.4	211.16	10.1	-109.56	14.7
CS12 : 생성 Strut-5	9.55	95.72	12.6	-200.95	7.4	192.12	10.1	-101.77	14.7
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	114.34	14.3	-243.67	9.1	246.22	11.6	-140.40	16.4
CS14 : 생성 Strut-6	11.05	111.26	14.3	-223.88	9.1	235.22	11.6	-136.18	16.4
CS15 : 굴착 12.55 m	12.55	130.86	16.0	-268.09	10.6	288.27	13.0	-160.67	17.9
CS16 : 생성 Strut-7	12.55	128.04	16.0	-248.15	10.6	276.84	13.0	-158.19	17.9
CS17 : 굴착 13.83 m	13.83	137.09	16.9	-270.60	12.1	312.48	14.3	-94.58	18.8
CS18 : 해체1	13.83	155.60	16.9	-372.85	10.6	404.23	14.3	-255.01	10.6
CS19 : 해체2	13.83	155.58	16.9	-372.73	10.6	404.33	14.3	-254.96	10.6
CS20 : 해체3	13.83	140.35	16.9	-311.85	9.1	320.41	14.3	-295.25	9.1
CS21 : 해체4	13.83	140.05	16.9	-312.02	9.1	319.54	14.3	-295.50	9.1
CS22 : 해체5	13.83	140.12	16.9	-315.42	9.1	319.93	14.3	-301.94	9.1
CS23 : 해체6	13.83	140.13	16.9	-315.42	9.1	319.93	14.3	-301.94	9.1
TOTAL		155.60	16.9	-372.85	10.6	404.33	14.3	-301.94	9.1

12.1.2 지보재 반력 집계

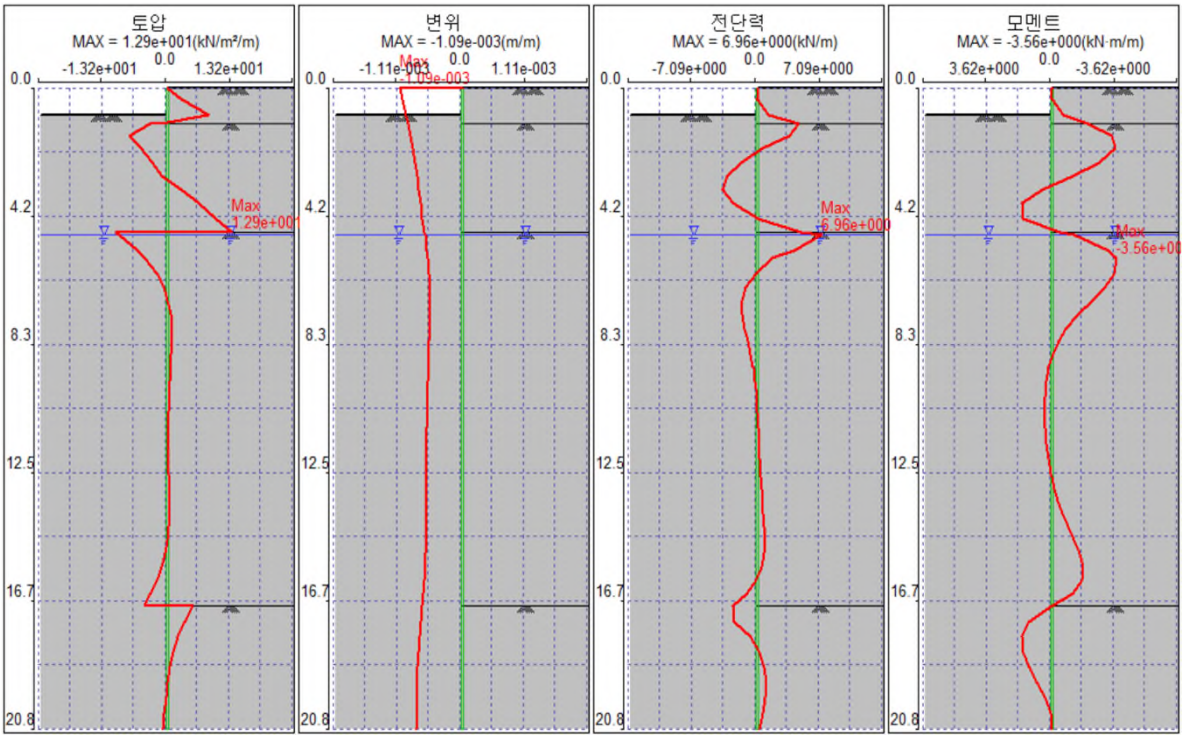
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.38 (m)	1.952 (m)	3.752 (m)	5.552 (m)	7.352 (m)
CS1 : 굴착 0.88 m	0.88	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.88	0.01	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.452 m	2.45	25.50	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.45	13.11	23.33	-	-	-
CS5 : 굴착 4.252 m	4.25	-2.31	82.22	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.25	2.78	62.78	23.33	-	-
CS7 : 굴착 6.052 m	6.05	-13.48	56.16	136.76	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	6.05	-10.56	57.13	116.20	23.33	-
CS9 : 굴착 7.852 m	7.85	-8.14	34.76	80.73	213.63	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.85	-8.34	37.35	84.29	189.60	23.33
CS11 : 굴착 9.552 m	9.55	-4.92	34.53	57.07	131.55	262.00
CS12 : 생성 Strut-5	9.55	-5.37	35.08	60.77	137.00	224.29
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	-5.16	37.92	61.55	99.53	143.47
CS14 : 생성 Strut-6	11.05	-5.19	37.74	61.58	102.15	147.78
CS15 : 굴착 12.55 m	12.55	-5.46	38.78	64.38	97.39	103.45
CS16 : 생성 Strut-7	12.55	-5.44	38.70	64.20	97.87	106.64
CS17 : 굴착 13.83 m	13.83	-5.53	38.65	64.85	100.91	103.75
CS18 : 해체1	13.83	-5.74	39.61	67.11	95.41	65.06
CS19 : 해체2	13.83	-5.74	39.61	67.11	95.41	65.08
CS20 : 해체3	13.83	-5.28	41.44	65.20	62.51	31.16
CS21 : 해체4	13.83	-5.28	41.45	65.20	62.48	31.08
CS22 : 해체5	13.83	-9.88	42.37	99.50	-	68.05
CS23 : 해체6	13.83	-9.88	42.37	99.50	-	68.05
TOTAL		25.50	82.22	136.76	213.63	262.00

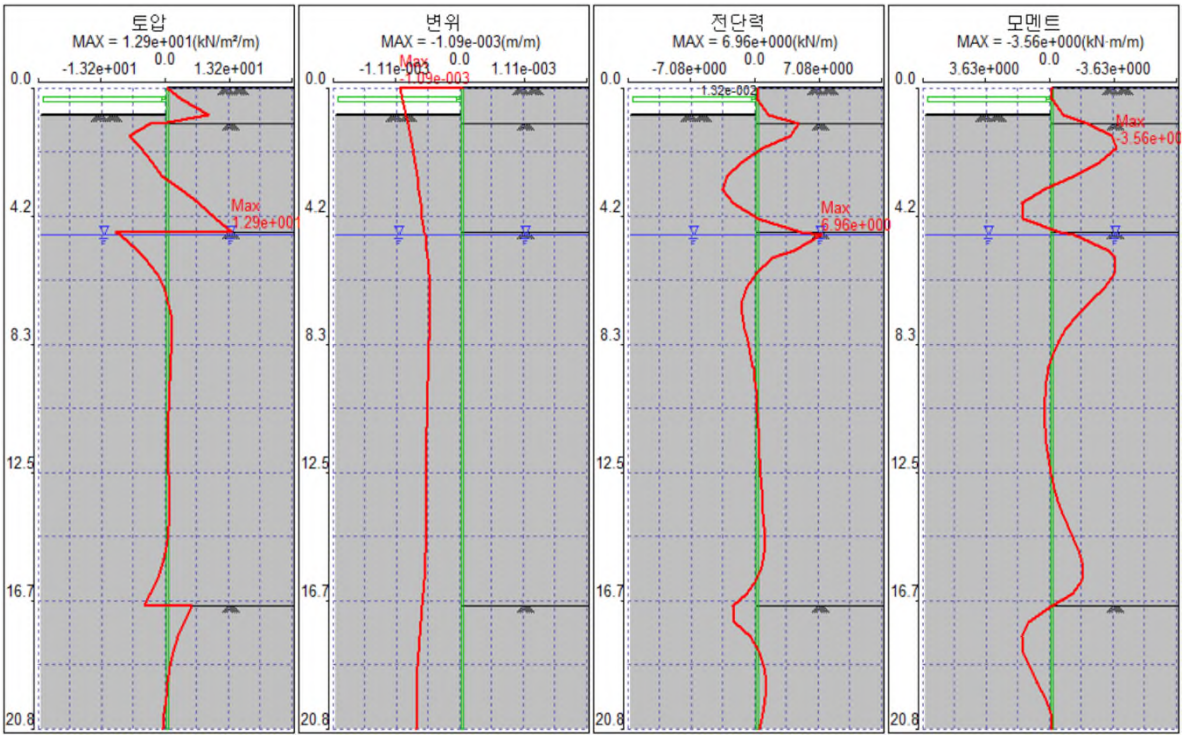
시공단계	굴착 깊이	Strut-5	Strut-6	Strut-7		
		9.052 (m)	10.55 (m)	12.05 (m)		
CS1 : 굴착 0.88 m	0.88	-	-	-		
CS2 : 생성 주형보	0.88	-	-	-		
CS3 : 굴착 2.452 m	2.45	-	-	-		
CS4 : 생성 Strut-1	2.45	-	-	-		
CS5 : 굴착 4.252 m	4.25	-	-	-		
CS6 : 생성 Strut-2	4.25	-	-	-		
CS7 : 굴착 6.052 m	6.05	-	-	-		
CS8 : 생성 Strut-3	6.05	-	-	-		
CS9 : 굴착 7.852 m	7.85	-	-	-		
CS10 : 생성 Strut-4	7.85	-	-	-		
CS11 : 굴착 9.552 m	9.55	-	-	-		
CS12 : 생성 Strut-5	9.55	35.00	-	-		
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	255.63	-	-		
CS14 : 생성 Strut-6	11.05	229.08	23.33	-		
CS15 : 굴착 12.55 m	12.55	146.56	268.65	-		
CS16 : 생성 Strut-7	12.55	149.48	242.35	23.33		
CS17 : 굴착 13.83 m	13.83	92.85	182.70	253.27		
CS18 : 해체1	13.83	50.78	492.38	-		
CS19 : 해체2	13.83	50.77	492.24	-		
CS20 : 해체3	13.83	449.29	-	-		
CS21 : 해체4	13.83	449.58	-	-		
CS22 : 해체5	13.83	447.60	-	-		
CS23 : 해체6	13.83	447.60	-	-		
TOTAL		449.58	492.38	253.27		

12.2 시공단계별 단면력도

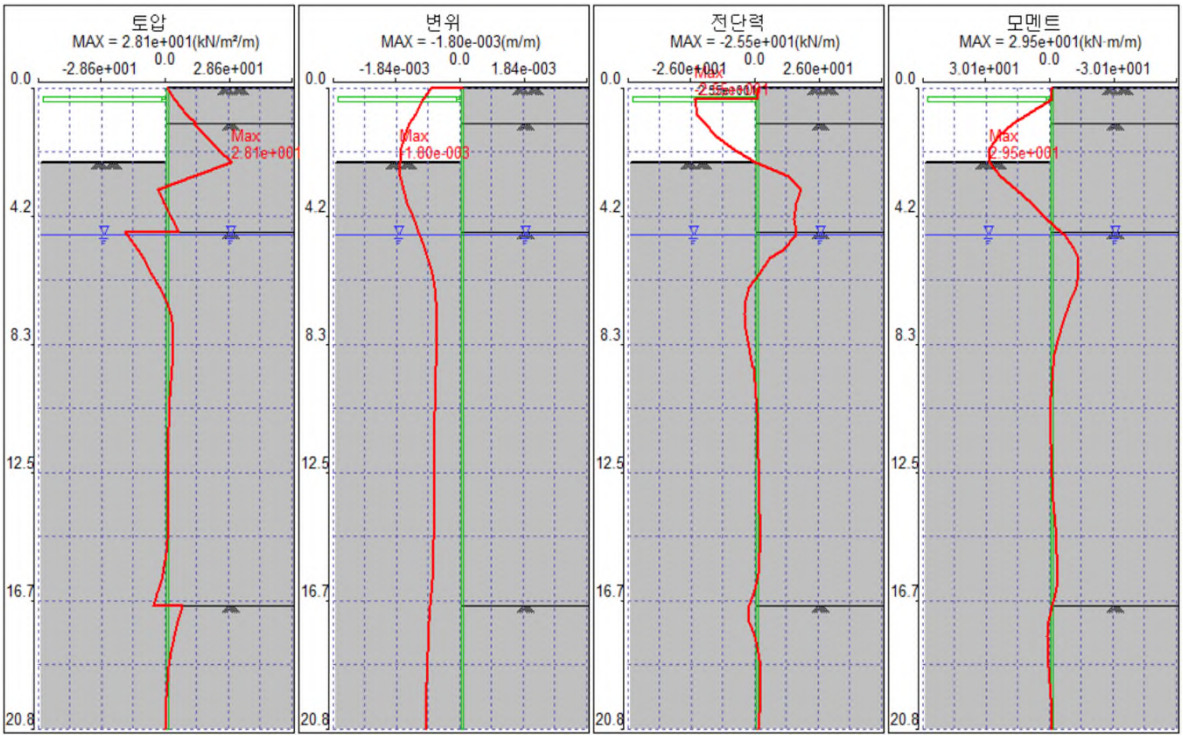
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.88 m]



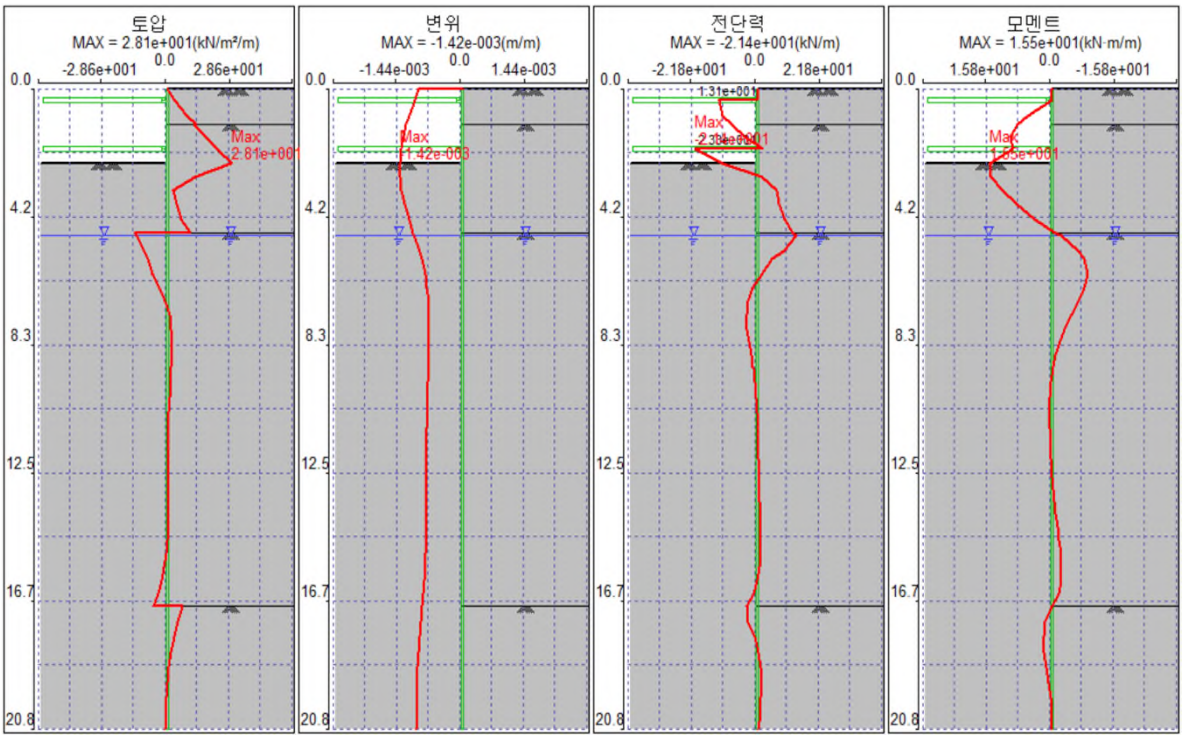
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



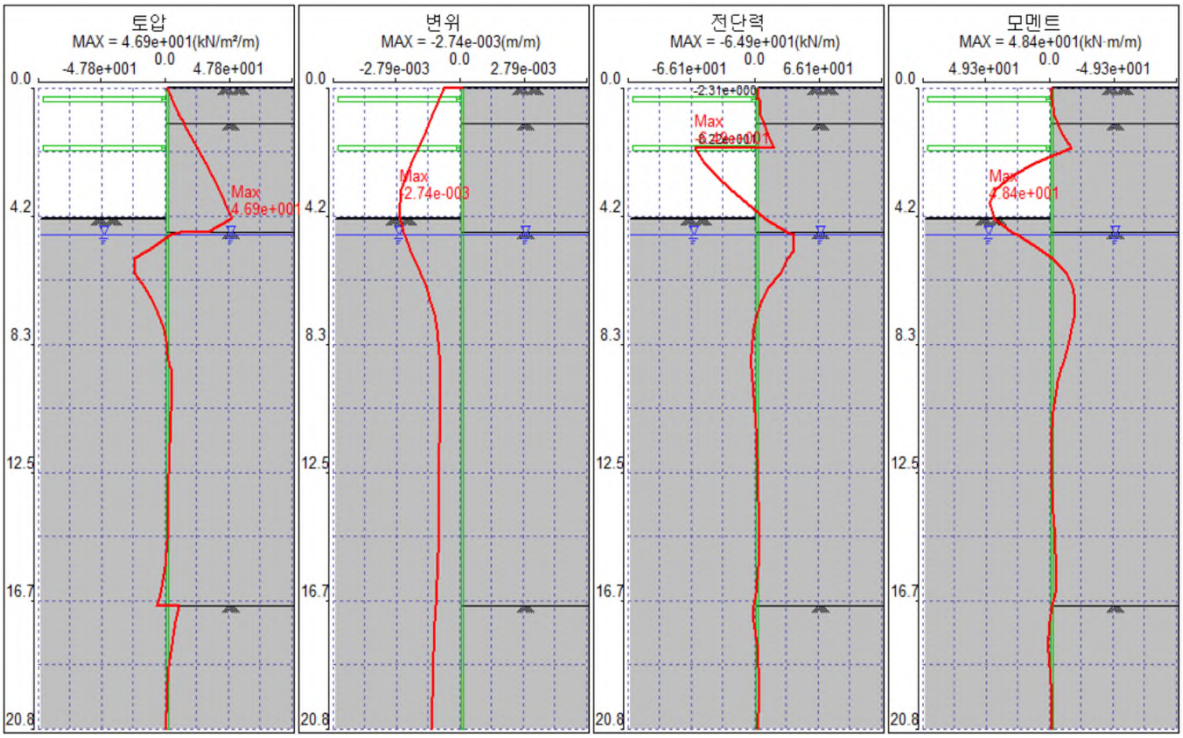
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.452 m]



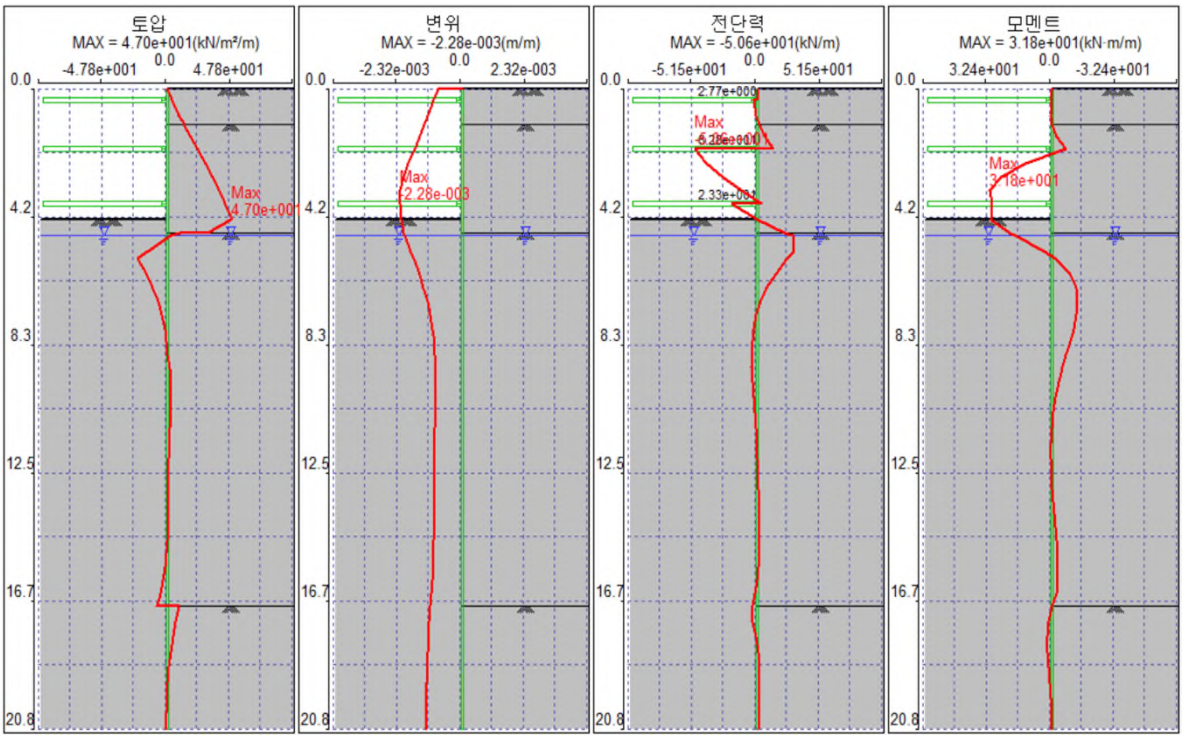
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



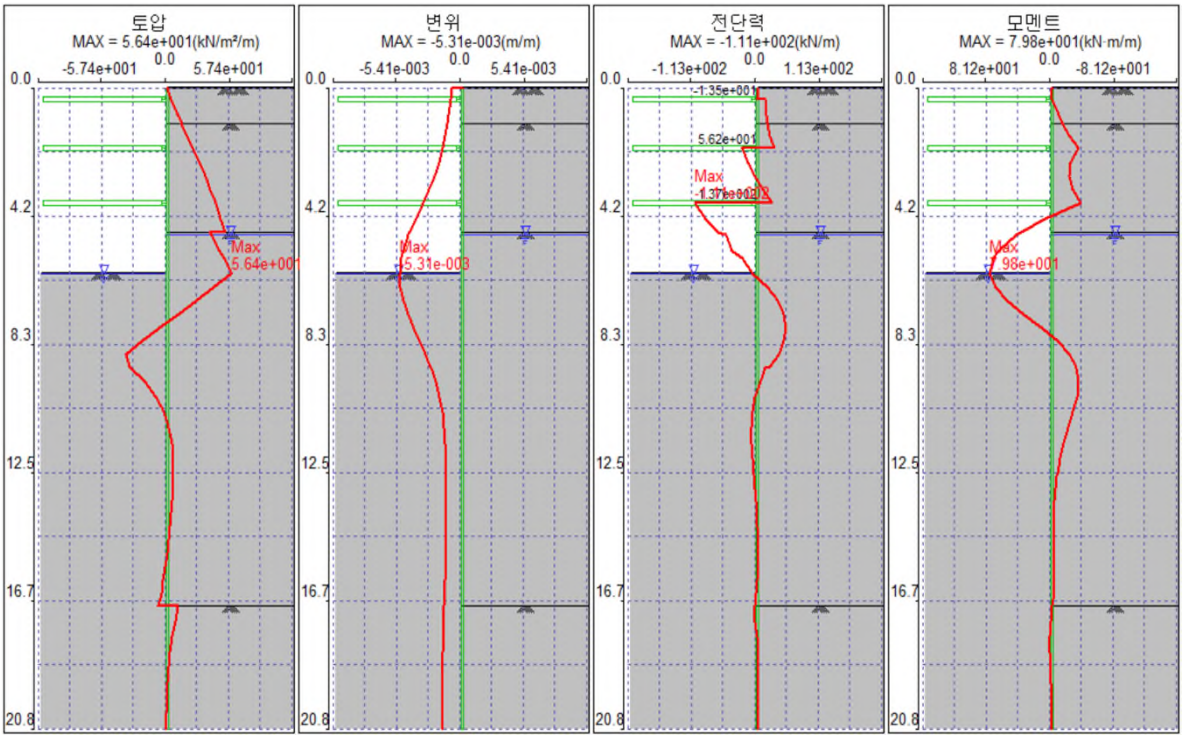
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.252 m]



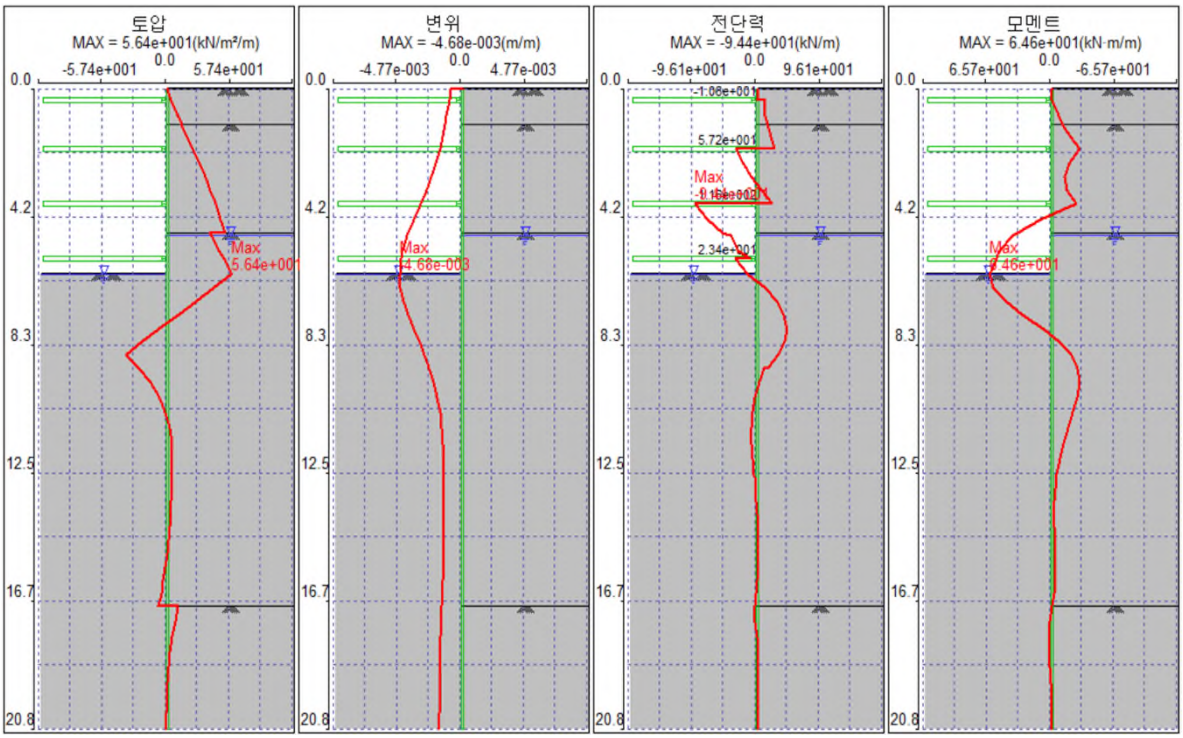
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



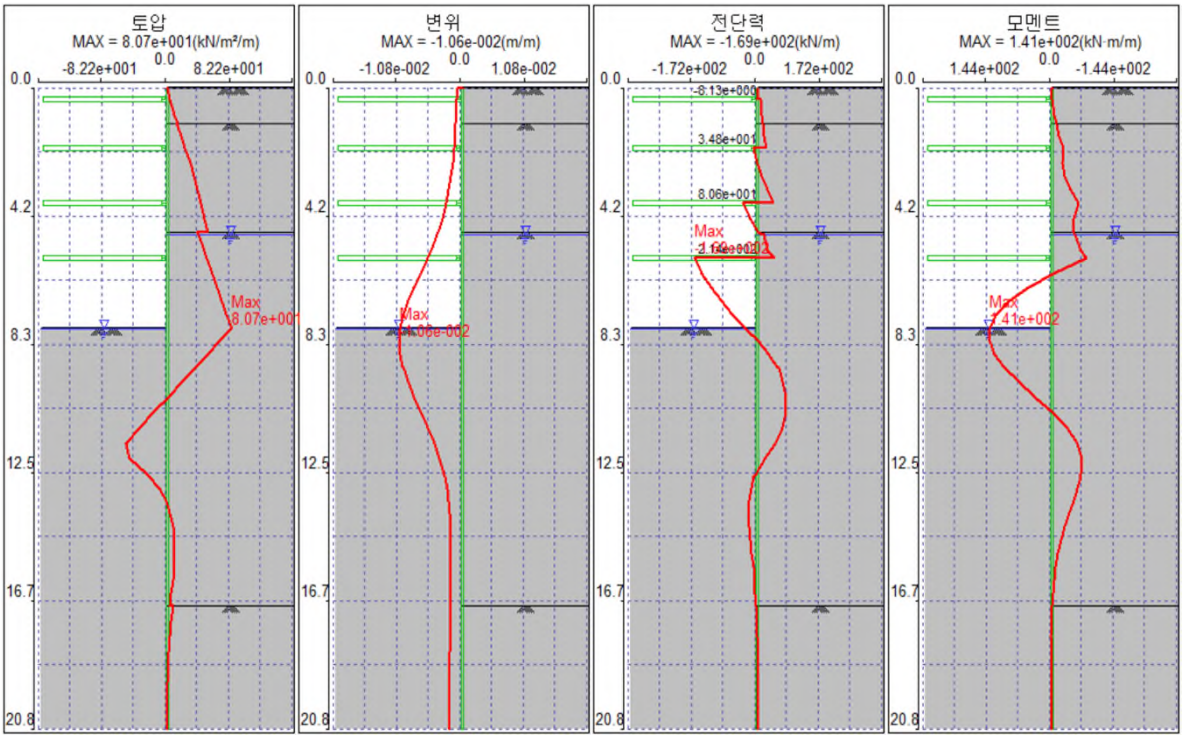
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.052 m]



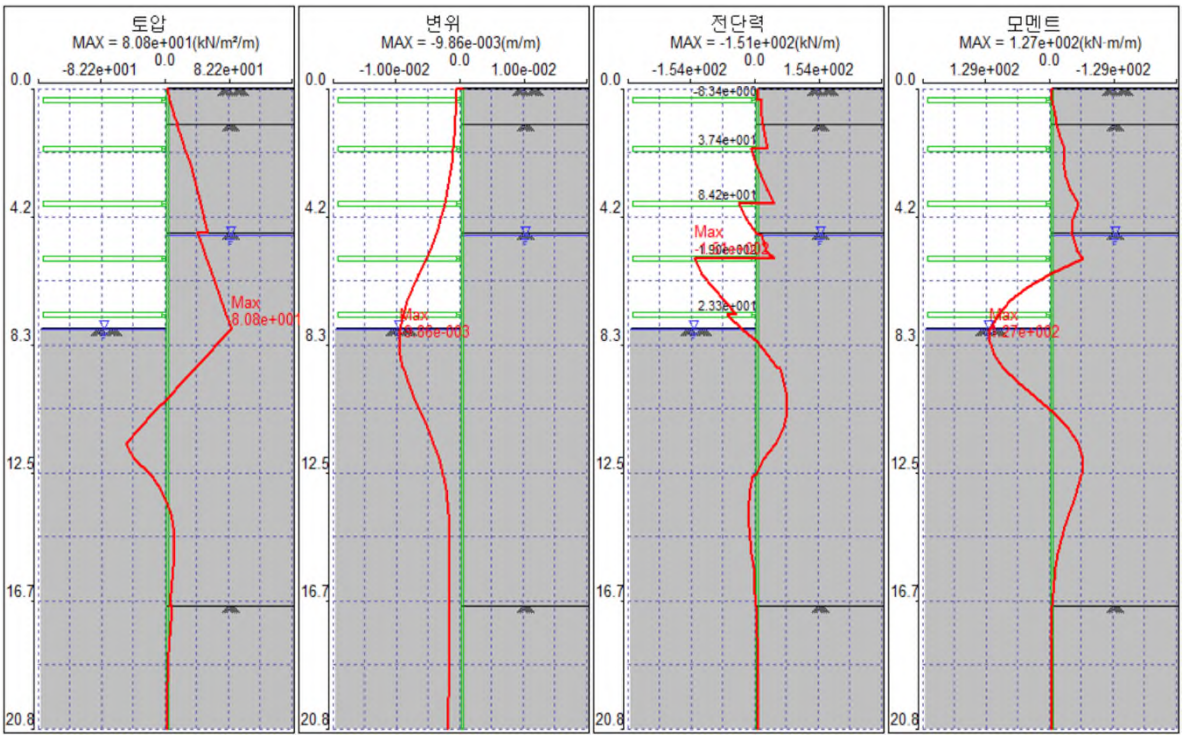
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



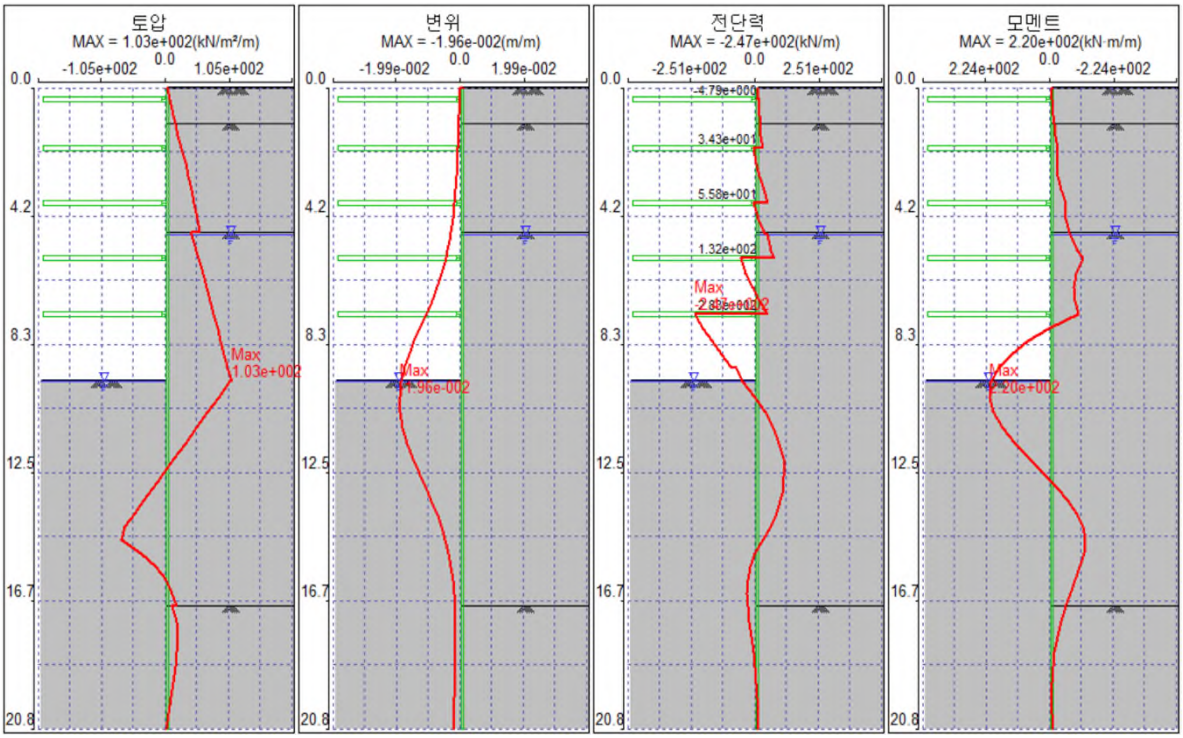
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.852 m]



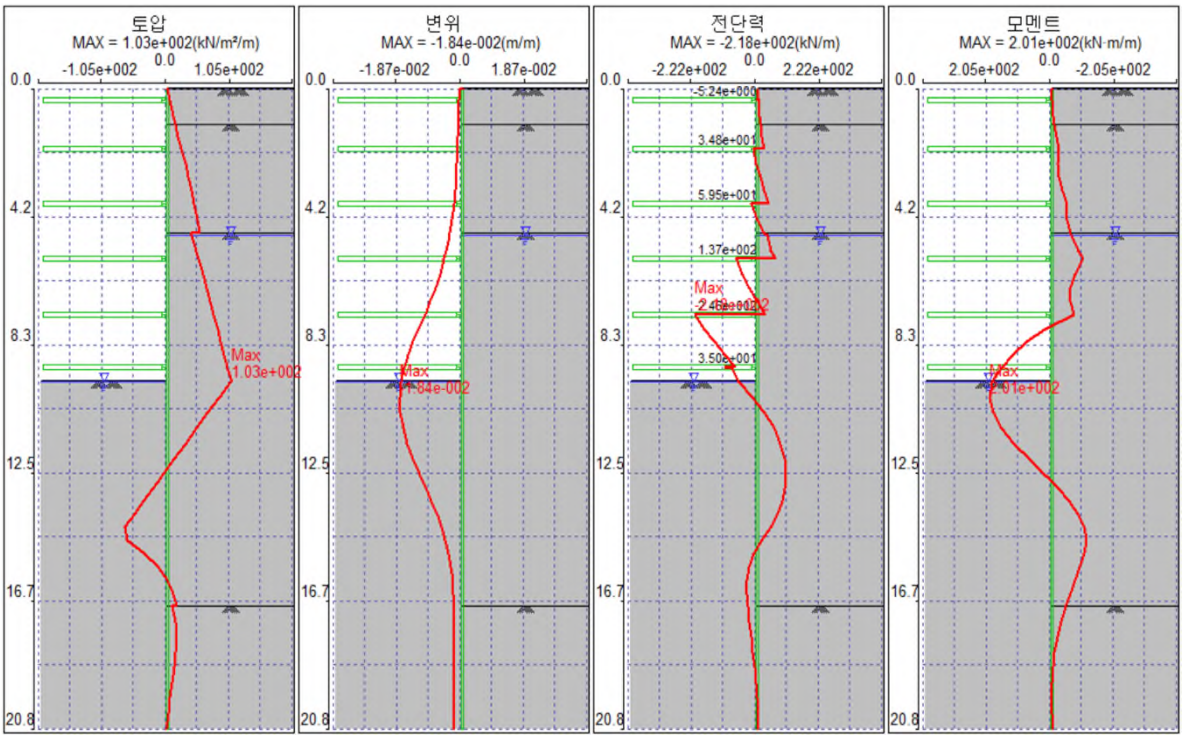
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



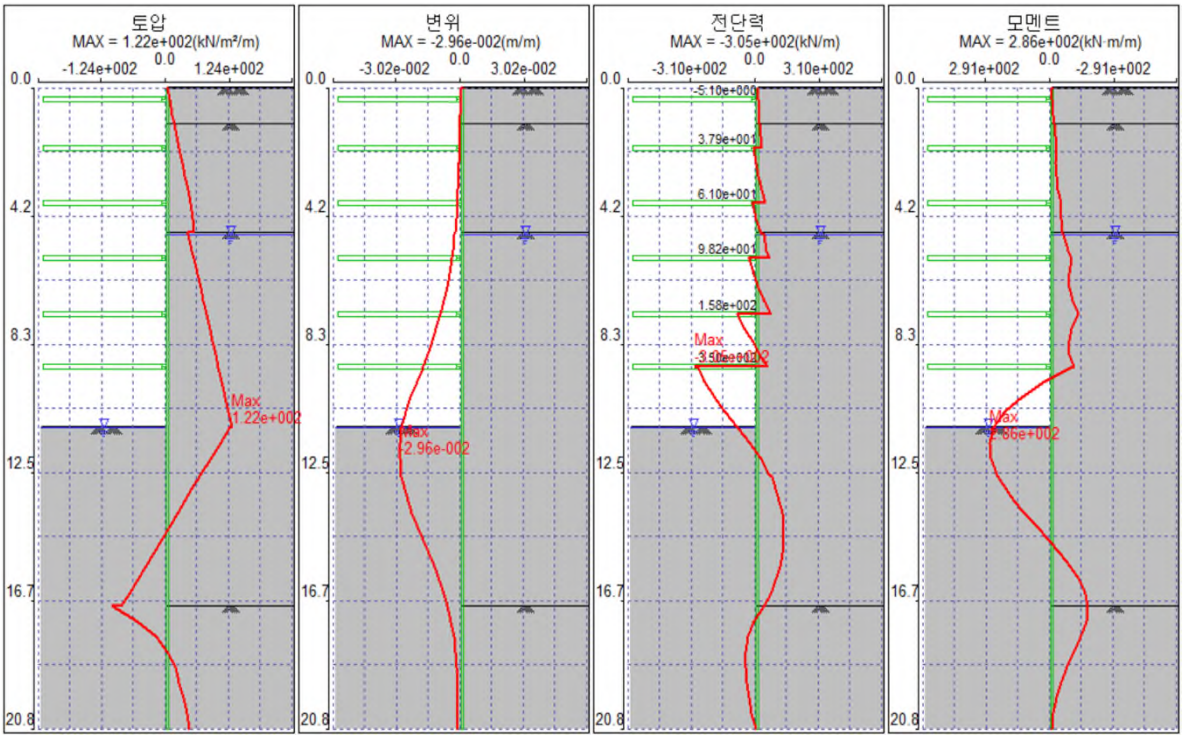
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.552 m]



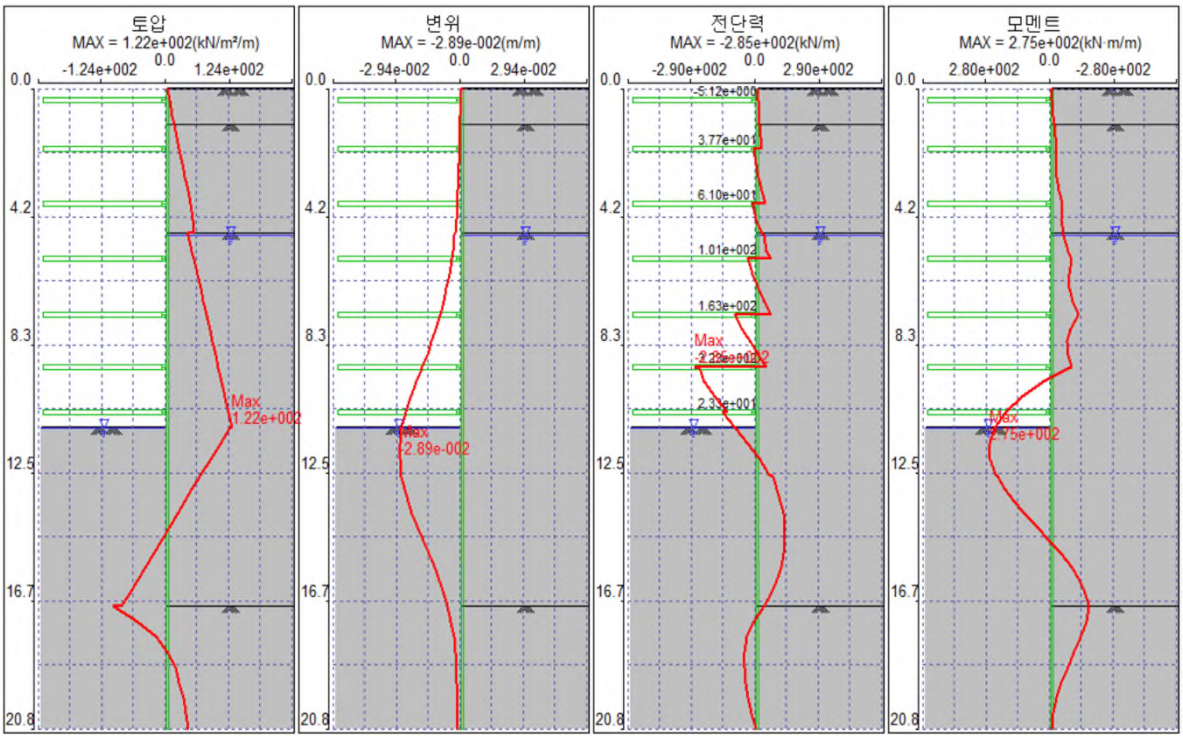
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



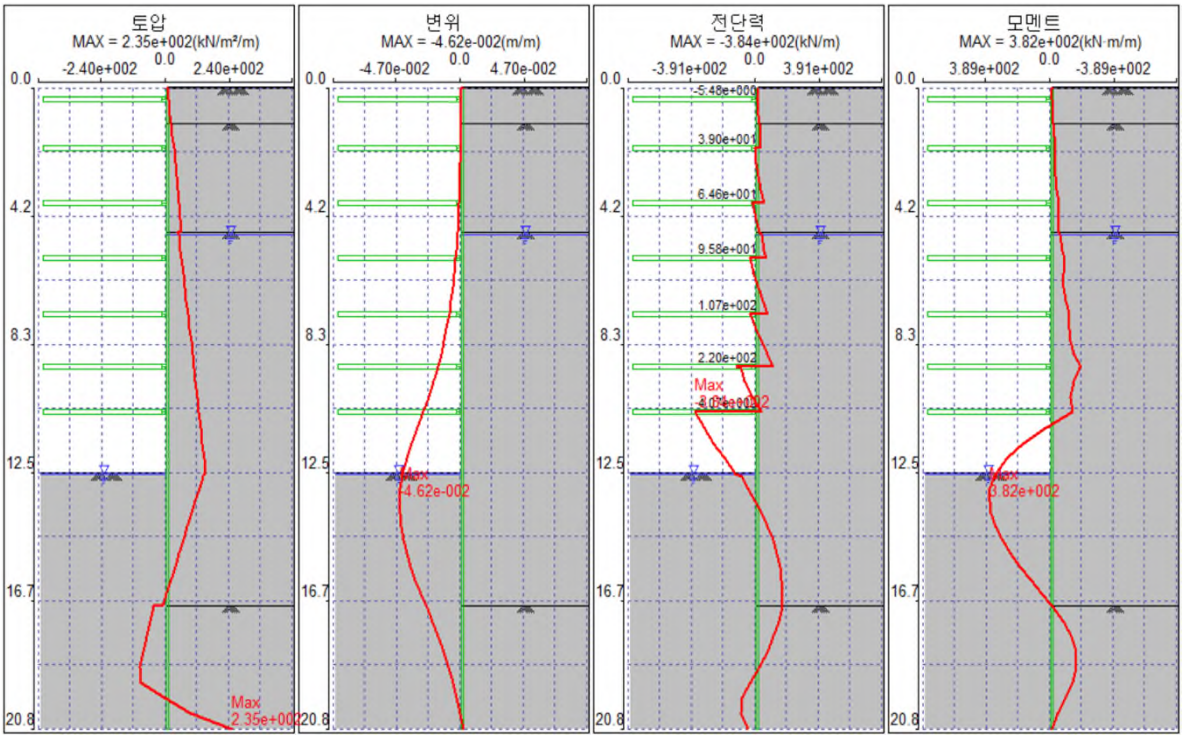
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.05 m]



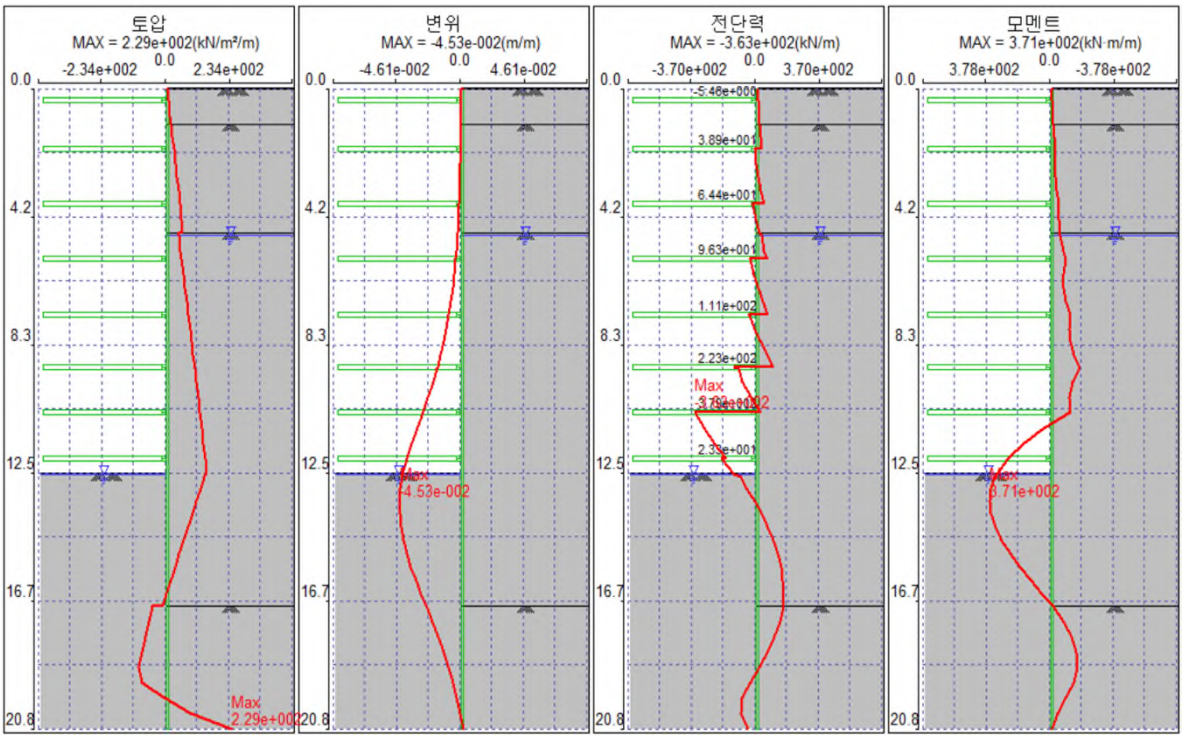
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-6]



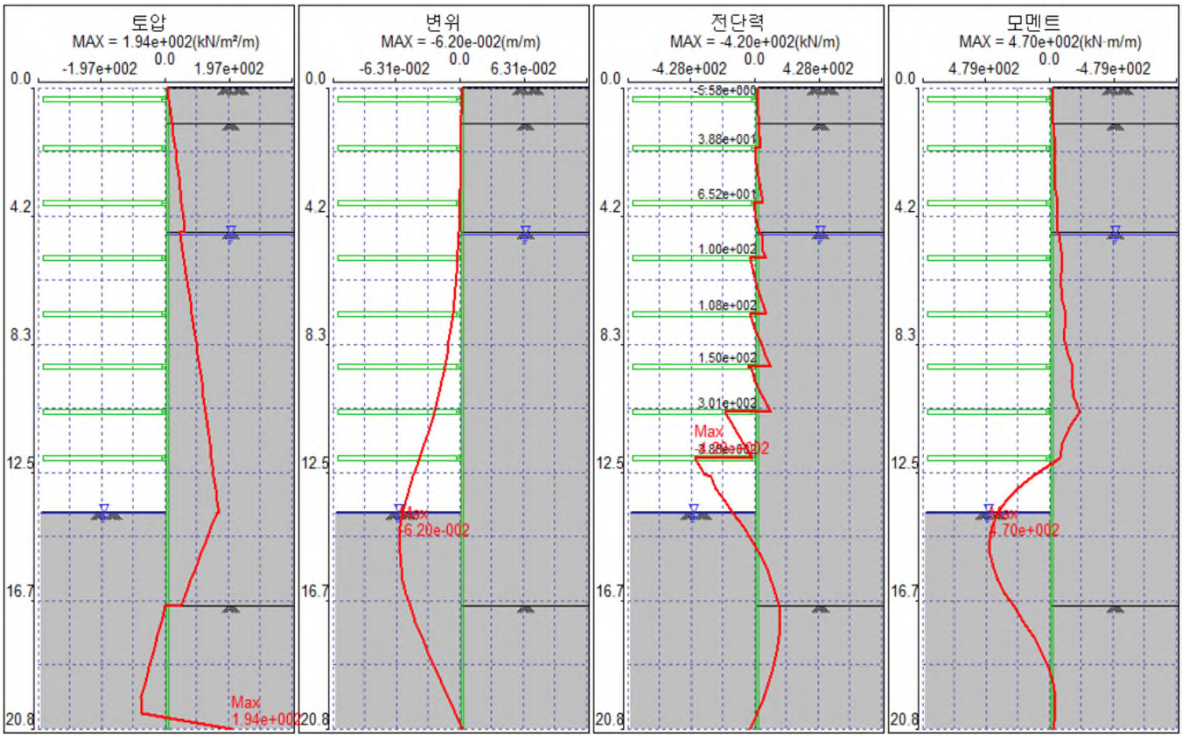
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 12.55 m]



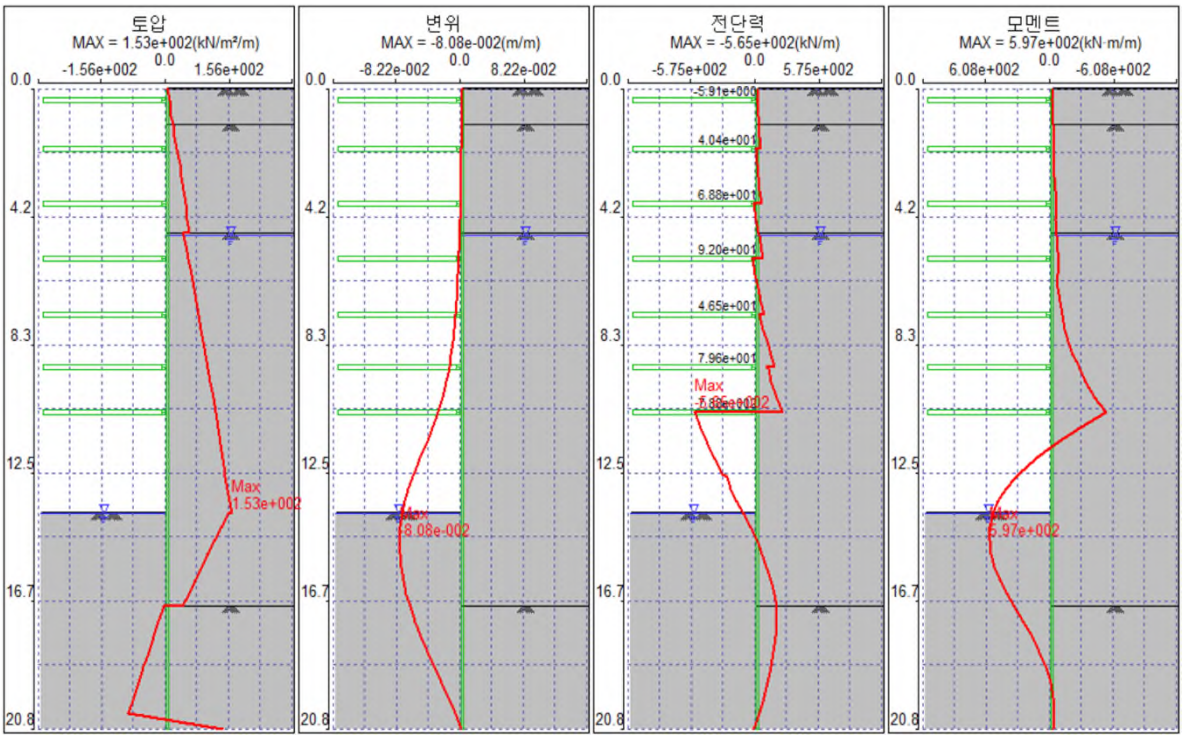
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-7]



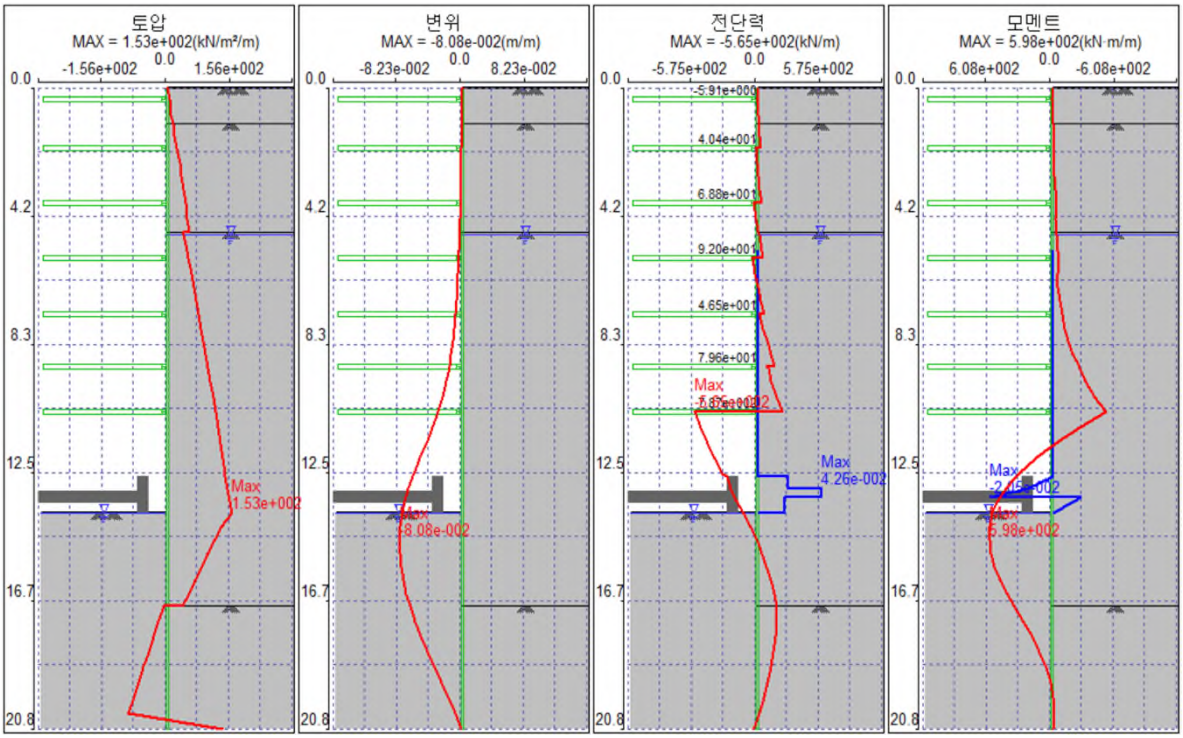
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 13.83 m]



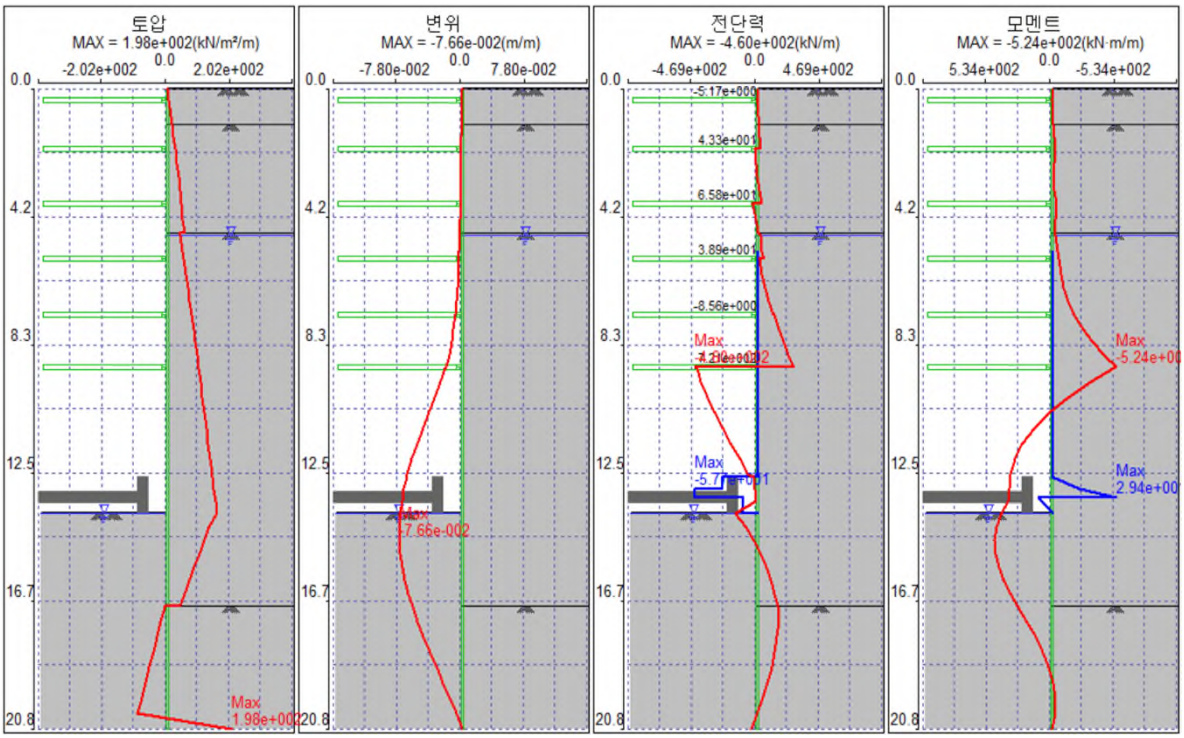
18) 시공 18 단계 [CS18 : 해체1]



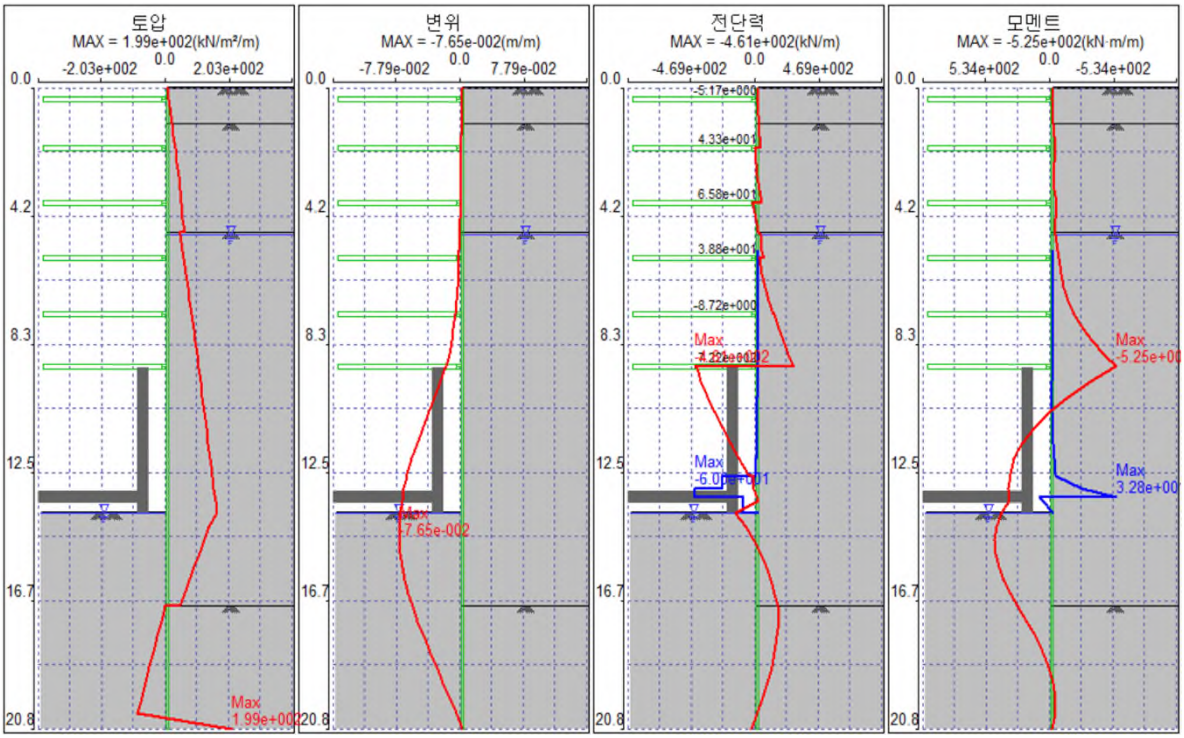
19) 시공 19 단계 [CS19 : 해체2]



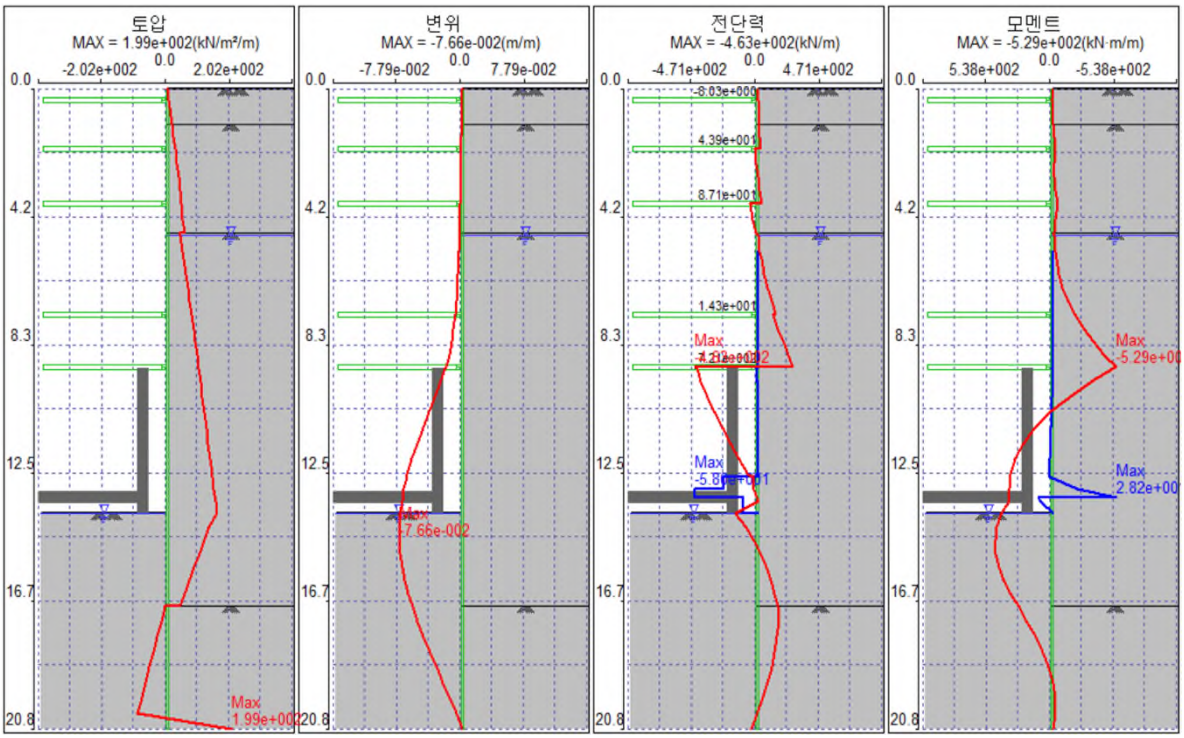
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체3]



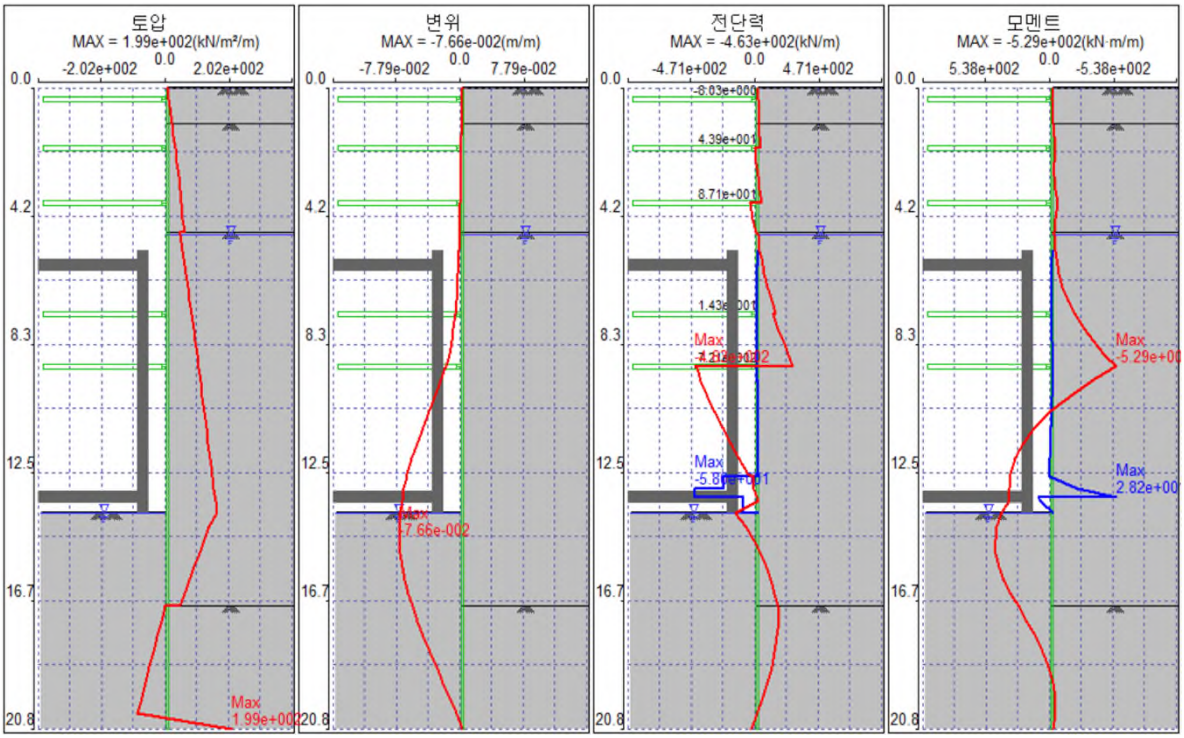
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체4]



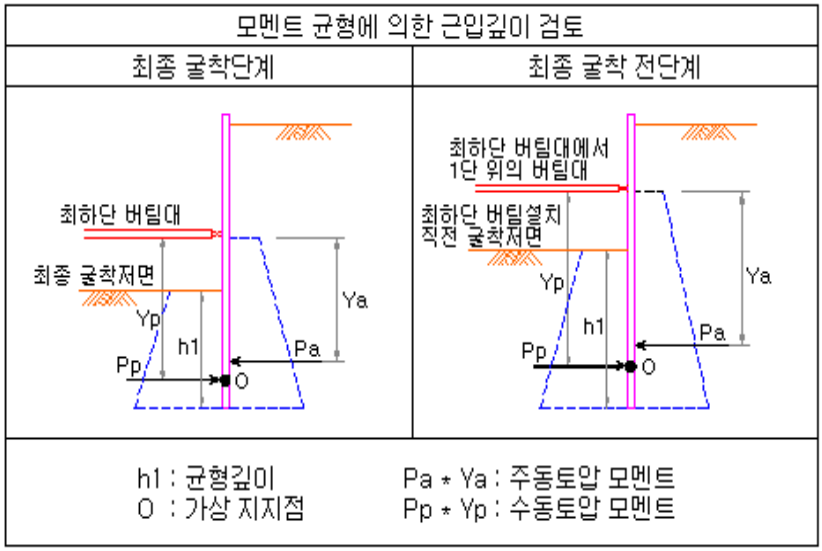
22) 시공 22 단계 [CS22 : 해체5]



23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.181	7.000	6939.722	8591.676	1.238	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.384	8.280	9642.469	13379.546	1.388	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -12.05 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 202.007 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.921 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1204.904 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.605 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (202.007 x 0.921) + (1204.904 x 5.605) = 6939.722 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1333.483 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.443 m

Mp = (Pp x Yp) = (1333.483 x 6.443) = 8591.676 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8591.676 / 6939.722 = 1.238

S.F. = 1.238 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -10.55 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 209.969 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.042 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1431.423 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.583 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (209.969 x 1.042) + (1431.423 x 6.583) = 9642.469 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1778.035 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.525 m

Mp = (Pp x Yp) = (1778.035 x 7.525) = 13379.546 kN·m

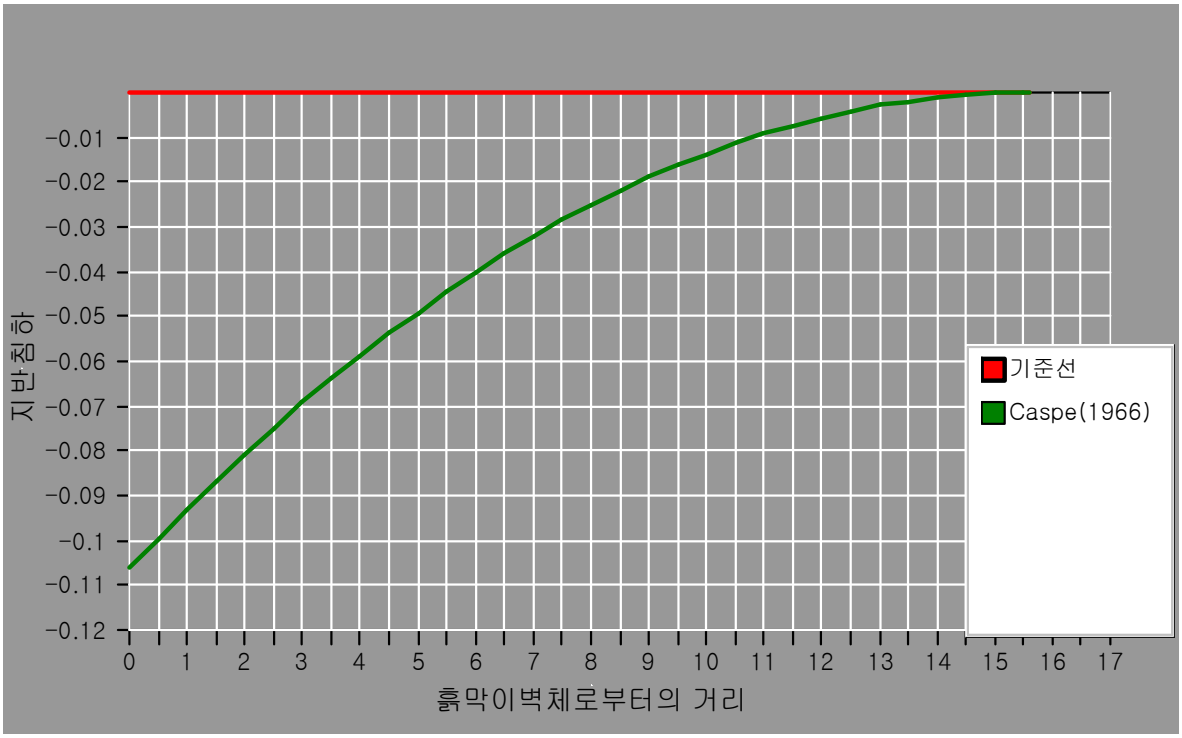
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 13379.546 / 9642.469 = 1.388

S.F. = 1.388 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.414 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 13.83 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.455 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.455/2) = 14.568 m

Ht = Hp + Hw = 14.568 + 13.83 = 28.398 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 28.398 x tan(45-32.455/2) = 15.595 m

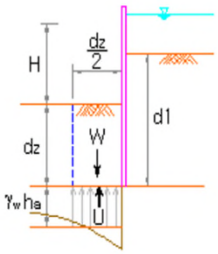
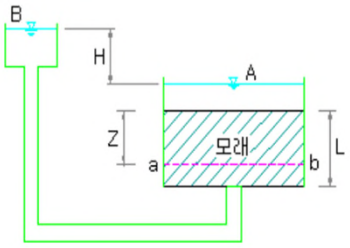
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.414 / 15.595 = -0.106 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.106 x ((15.595 - Xi) / 15.595)^2

12.5 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	75.775	269.500	3.557	0.236	1.100	4.657	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 2.165 x 7 / 2 = 75.775

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 75.775 = 3.557

S.F. = 3.557 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 4.33 / 18.33 = 0.236

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.236 = 4.657

S.F. = 4.657 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

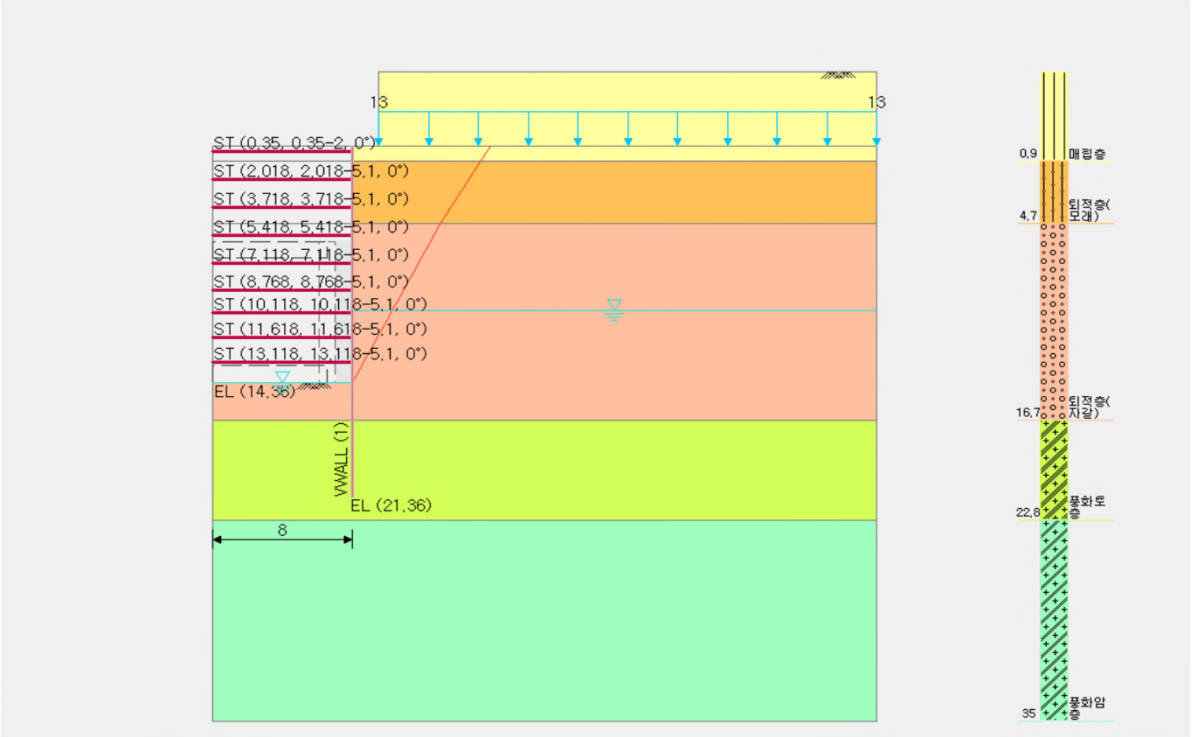
변 경

27. Ramp-D. 0+427.9~0+435.4(좌)--02단

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 내측주형지지보
  6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
  7.1 Strut 설계 (주형보)
  7.2 Strut 설계 (Strut-1)
  7.3 Strut 설계 (Strut-2)
  7.4 Strut 설계 (Strut-3)
  7.5 Strut 설계 (Strut-4)
  7.6 Strut 설계 (Strut-5)
  7.7 Strut 설계 (Strut-6)
  7.8 Strut 설계 (Strut-7)
  7.9 Strut 설계 (Strut-8)
8.띠장 설계
  8.1 주형보 띠장 설계
  8.2 Strut-1 띠장 설계
  8.3 Strut-2 띠장 설계
  8.4 Strut-3 띠장 설계
  8.5 Strut-4 띠장 설계
  8.6 Strut-5 띠장 설계
  8.7 Strut-6 띠장 설계
  8.8 Strut-7 띠장 설계
  8.9 Strut-8 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
  10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 21.36m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.35, 0.35-2, 0°)
ST (2.018, 2.018-5.1, 0°)
ST (3.718, 3.718-5.1, 0°)
ST (5.418, 5.418-5.1, 0°)
ST (7.118, 7.118-5.1, 0°)
ST (8.768, 8.768-5.1, 0°)
ST (10.118, 10.118-5.1, 0°)
ST (11.618, 11.618-5.1, 0°)
ST (13.118, 13.118-5.1, 0°)
EL (14.36)
VWALL (1)
EL (21.36)
8
0.9
매립층
4.7
퇴적층(모래)
16.7
퇴적층(자갈)
22.8
풍화토층
35
풍화암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.35	휨응력	5.317	127.980	O.K		
		압축응력	7.338	93.321	O.K	합성응력	O.K
		전단응력	2.065	108.000	O.K		
Strut-4 2H 300x305x15/15	7.12	휨응력	10.634	129.219	O.K		
		압축응력	52.961	101.272	O.K	합성응력	O.K
		전단응력	2.160	108.000	O.K		
Strut-5 2H 300x305x15/15	8.77	휨응력	10.634	129.219	O.K		
		압축응력	78.470	101.272	O.K	합성응력	O.K
		전단응력	2.160	108.000	O.K		
Strut-1 2P 406.4x9	2.02	휨응력	14.022	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	22.244	155.182	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.557	106.692	O.K		
Strut-2 2P 406.4x9	3.72	휨응력	14.022	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	34.042	155.182	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.557	106.692	O.K		
Strut-3 2P 406.4x12	5.42	휨응력	10.753	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	37.312	154.777	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.176	107.265	O.K		
Strut-6 2P 406.4x12	10.12	휨응력	10.753	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	47.681	154.777	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.176	107.265	O.K		
Strut-7 2P 406.4x12	11.62	휨응력	10.753	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	73.637	154.777	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.176	107.265	O.K		
Strut-8 2P 406.4x12	13.12	휨응력	10.753	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.272	154.777	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	1.176	107.265	O.K		

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.35	휨응력	8.463	182.334	O.K	
		전단응력	7.022	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	2.02	휨응력	60.877	182.334	O.K	
		전단응력	50.506	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.72	휨응력	103.365	182.334	O.K	
		전단응력	85.755	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.42	휨응력	158.581	182.334	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	45.894	108.000	O.K	
Strut-4 2H 300x305x15/15	7.12	휨응력	104.793	182.334	O.K	
		전단응력	86.940	108.000	O.K	
Strut-5 H 440x300x11/18	8.77	휨응력	180.592	181.980	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	68.198	108.000	O.K	
Strut-6 H 440x300x11/18	10.12	휨응력	117.455	181.980	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	44.355	108.000	O.K	
Strut-7 2H 300x305x15/15	11.62	휨응력	165.845	182.334	O.K	WEB보강,14.0mm*2
		전단응력	47.997	108.000	O.K	
Strut-8 H 440x300x11/18	13.12	휨응력	70.606	181.980	O.K	
		전단응력	94.533	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	67.849	138.992	O.K	합성응력	N.G
		압축응력	62.255	116.711	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 21.36	휨응력	161.081	243.000	O.K	
		전단응력	25.794	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	5.10	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x9	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x12	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x12	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x12	수평간격 :	5.10	m
		P 406.4x12	수평간격 :	5.10	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	5.10m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	5.10m	
	P 406.4x12(SS400)	5.10m	
띠장	H 300x305x15/15(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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 압 축 응 력	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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

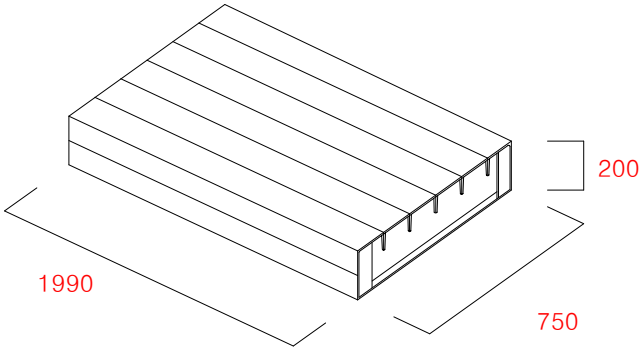
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

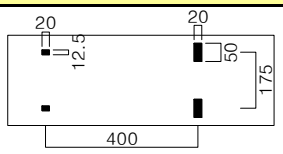
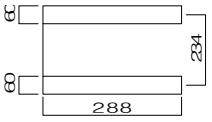
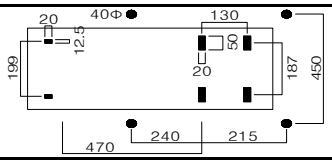
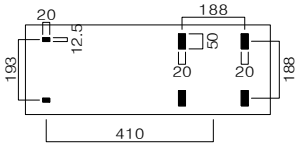
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150
= 2.172 mm

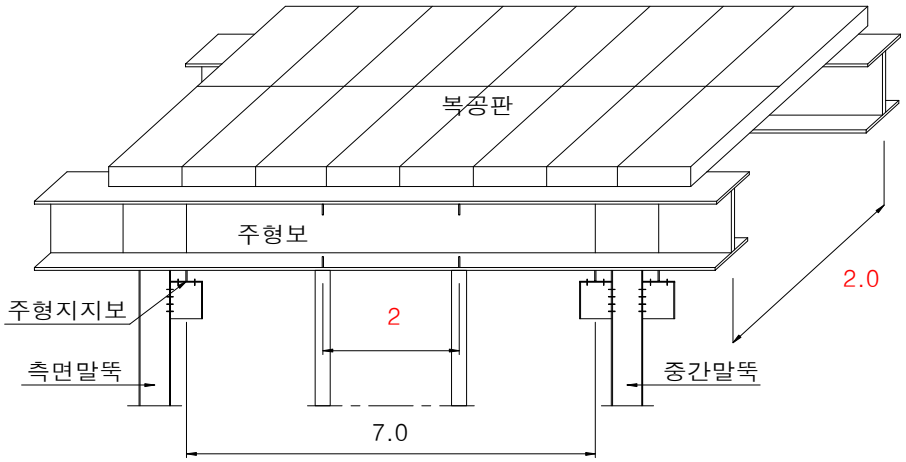
▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)
= Min.(1990.0 / 400 , 5)
= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

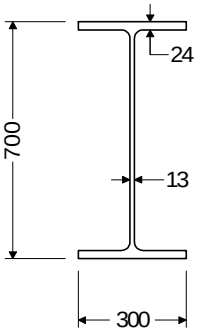
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 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

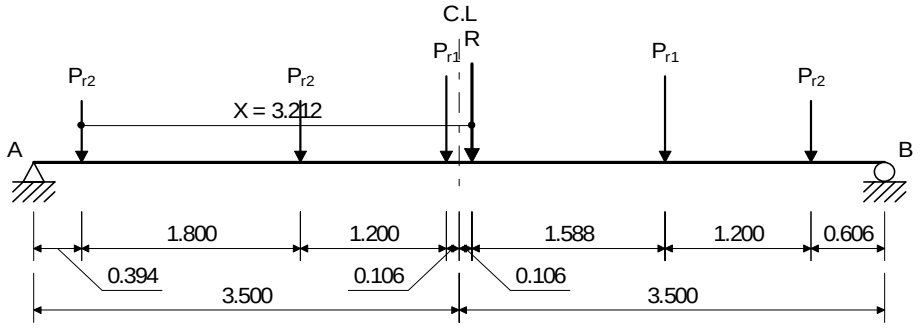
(3) 전륜하중

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

(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

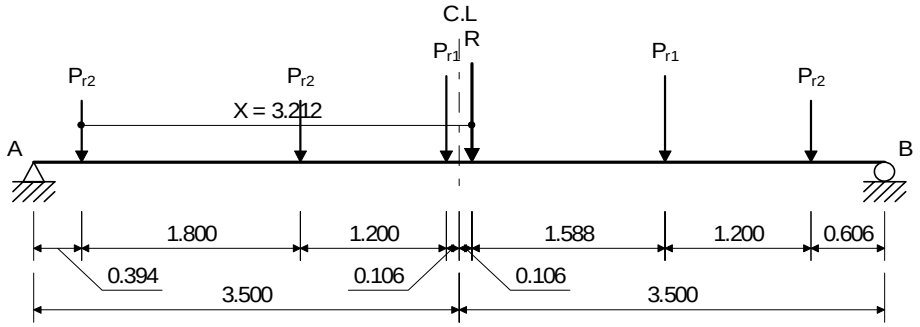
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

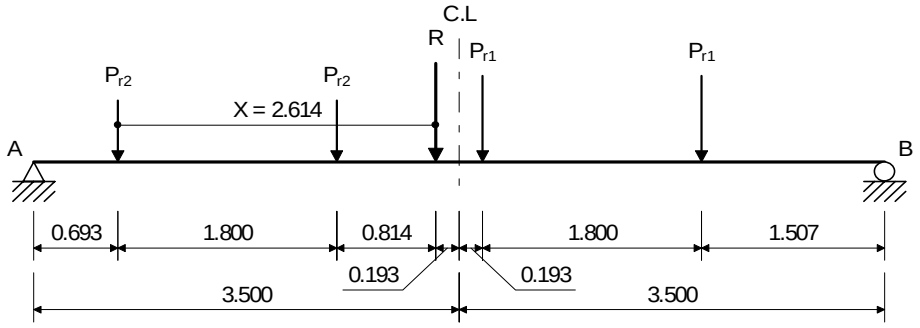
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

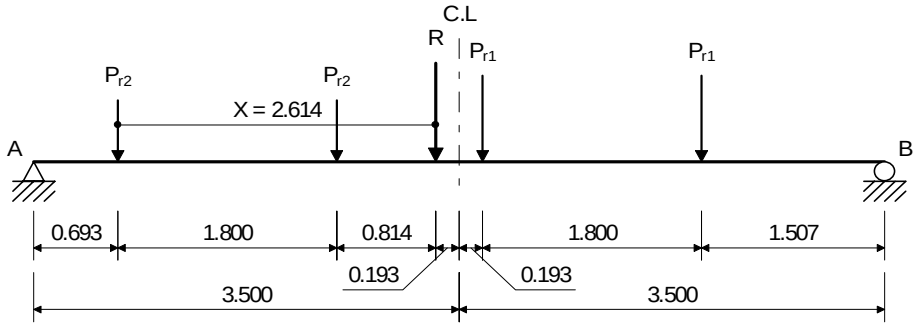


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

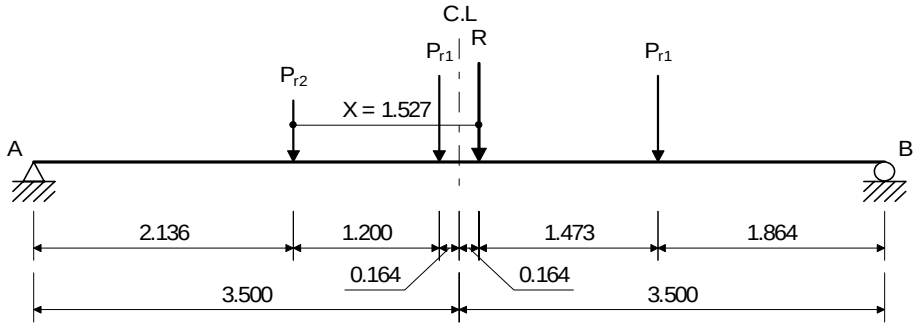
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

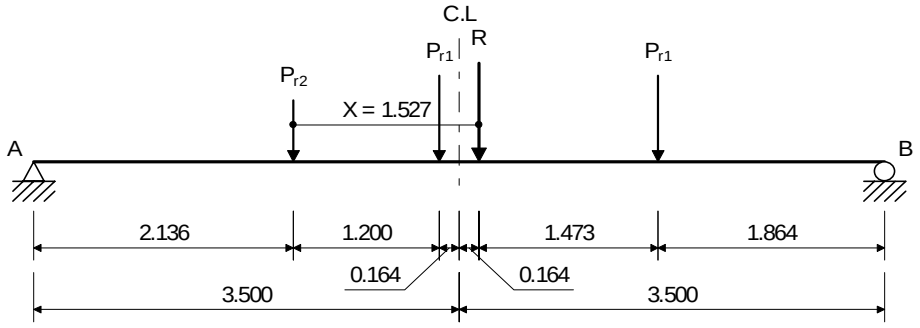


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

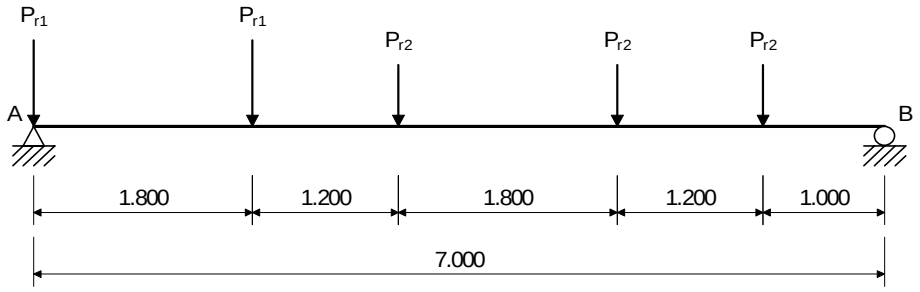


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 - Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 - 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

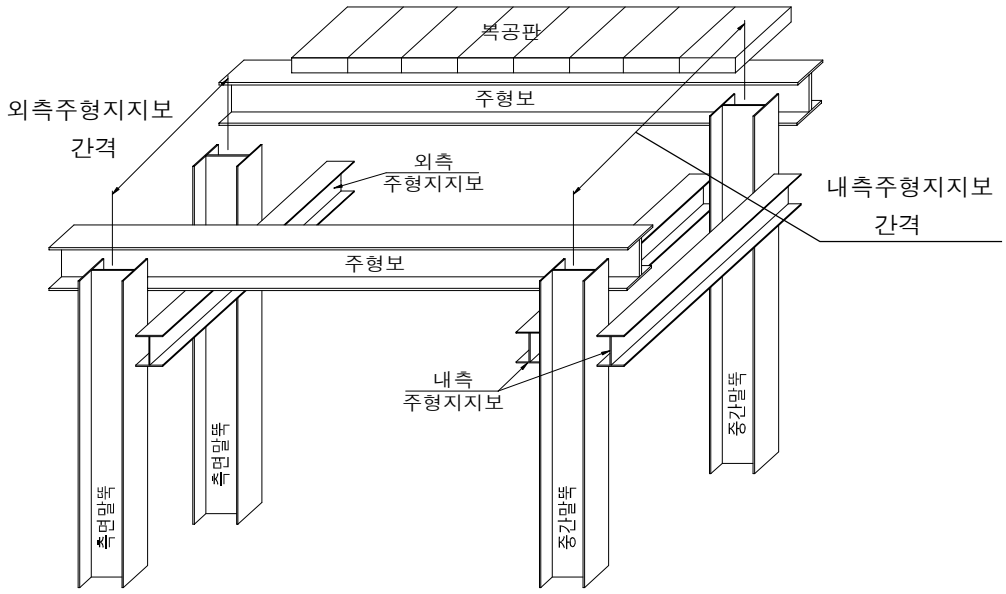
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

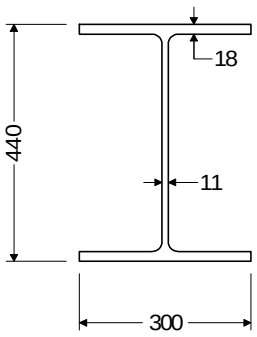
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

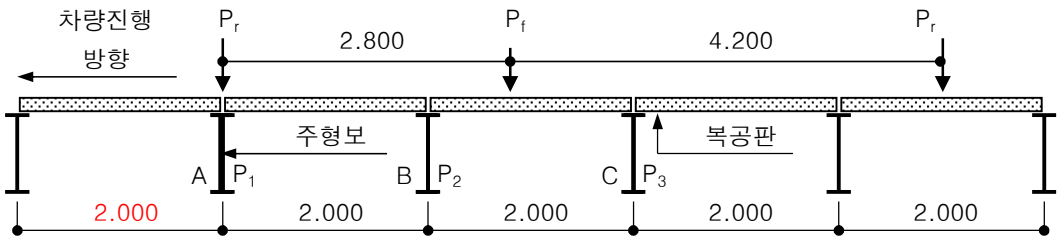


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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**



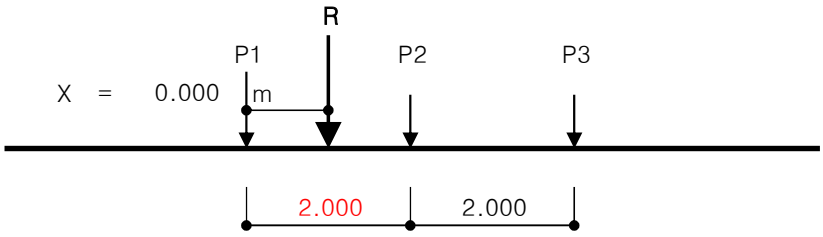
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

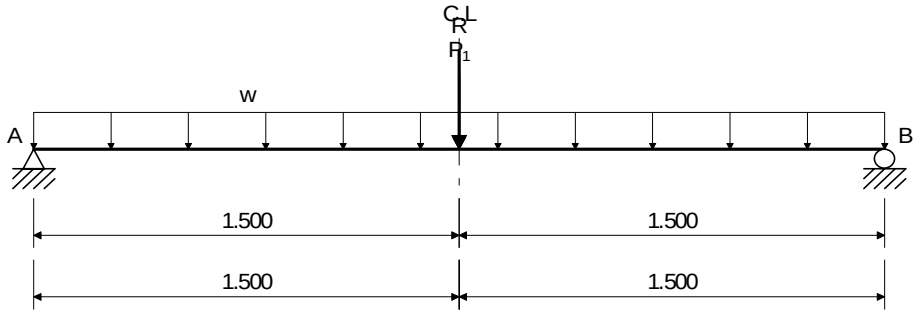


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

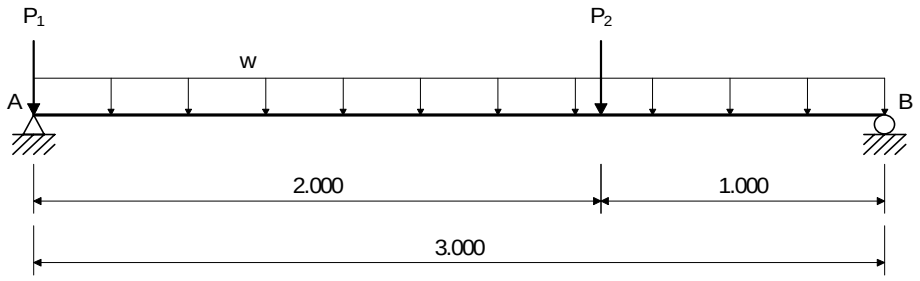
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357877 + 17500)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

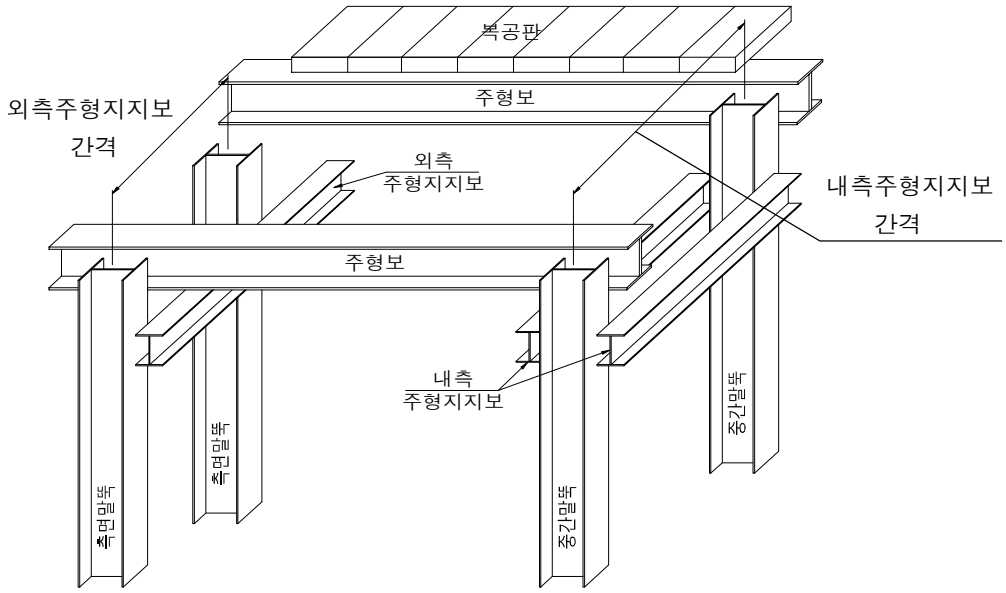
= 4.92 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.92 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

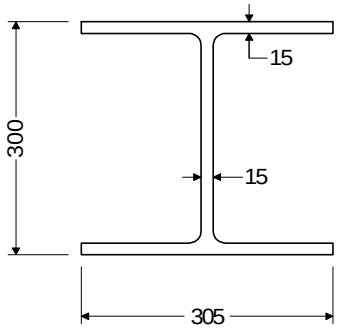
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

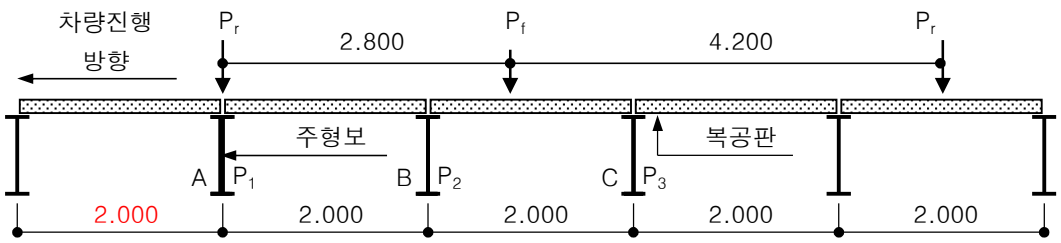


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



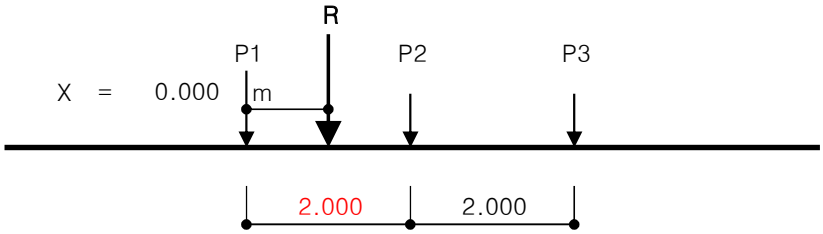
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

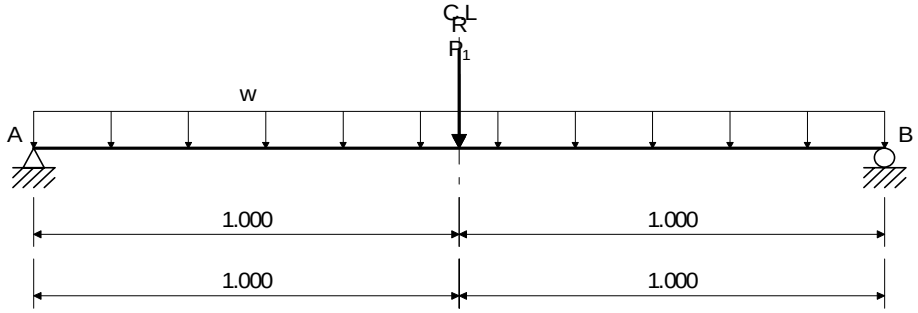


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

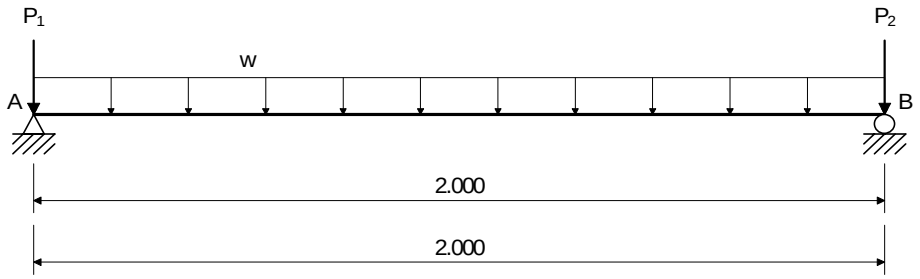
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (334761 + 17500)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.61 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.61 ea ---> O.K

7.지보재 설계

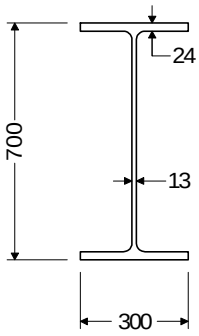
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 26.406 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.518 m)
= 26.406 x 2.00 / 1 단
= 52.812 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 52.812 + 120.0 = 172.812 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 x 1000000 / 5760000.0 = 5.317 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 172.812 x 1000 / 23550 = 7.338 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 17.500 x 1000 / 8476 = 2.065 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.568

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (12.655 − 2.021) / 12.655

= 0.840

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7000 / 293

23.891 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (23.891 − 20))

= 184.588 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 184.588 MPa

L_y / R_y = 7000 / 67.8

103.245 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 103.245^2)

= 93.321 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 93.321 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 93.321 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7000 / 300

= 23.333 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.333 − 4.5))

= 127.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.980 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (23.891)^2

= 2838.273 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 93.321 MPa > f_c = 7.338 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 127.980 MPa > f_b = 5.317 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.065 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{7.338}{93.321} + \frac{5.317}{127.980 \times (1 - (7.338 / 2838.273))}$$

$$= 0.120 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 7.338 + \frac{5.317}{1 - (7.338 / 2838.273)}$$

$$= 12.669 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.120 , 0.067)

= 0.120 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{12.655}{93.321} + \left\{ \frac{2.065}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.136 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

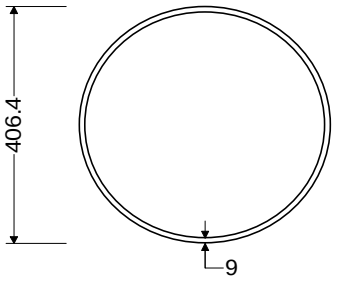
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 74.485 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.218 m)
= 74.485 x 5.10 / 2 단
= 189.937 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 189.937 + 60.0 = 249.937 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 2 단
= 15.313 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 2 단
= 8.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 15.313 \times 1000000 / 1092000.0 = 14.022$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 249.937 \times 1000 / 11236.2 = 22.244$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 1.557$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.077 x 9)

= 20.957 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.077

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (36.266 − 8.222) / 36.266

= 0.773 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 140.5

49.822 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (49.822 − 20))

= 155.182 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 155.182 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (49.822)^2

= 652.637 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 155.182 MPa > f_c = 22.244 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 14.022 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 1.557 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{22.244}{155.182} + \frac{14.022}{189.000 \times (1 - (22.244 / 652.637))}$$

$$= 0.220 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 22.244 + \frac{14.022}{1 - (22.244 / 652.637)}$$

$$= 36.761 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.220 , 0.195)

= 0.220 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{36.266}{155.182} + \left\{ \frac{1.557}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.234 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

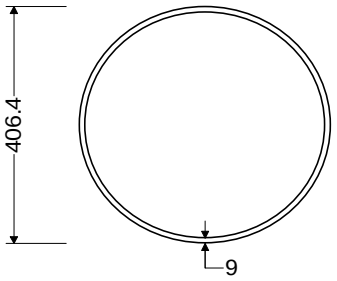
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 126.471 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 5.918 m)
= 126.471 x 5.10 / 2 단
= 322.500 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 322.500 + 60.0 = 382.500 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 2 단
= 15.313 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 2 단
= 8.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 15.313 x 1000000 / 1092000.0 = 14.022 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 382.500 x 1000 / 11236.2 = 34.042 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.750 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 1.557 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.058 x 9)

= 21.333 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.058

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (48.064 − 20.019) / 48.064

= 0.583 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 140.5

49.822 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (49.822 − 20))

= 155.182 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 155.182 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (49.822)^2

= 652.637 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 155.182$ MPa $> f_c = 34.042$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa $> f_b = 14.022$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa $> \tau = 1.557$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{34.042}{155.182} + \frac{14.022}{189.000 \times (1 - (34.042 / 652.637))}$$

$$= 0.298 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 34.042 + \frac{14.022}{1 - (34.042 / 652.637)}$$

$$= 48.836 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.298 , 0.258)

= 0.298 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{48.064}{155.182} + \left\{ \frac{1.557}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.310 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

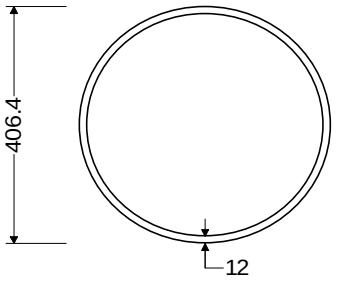
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 194.028 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.618 m)
= 194.028 x 5.10 / 2 단
= 494.772 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 494.772 + 60.0 = 554.772 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 2 단
= 15.313 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 2 단
= 8.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 15.313 x 1000000 / 1424000.0 = 10.753 MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A$ = 554.772 x 1000 / 14868.5 = 37.312 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 1.176 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.045 x 12)

= 16.208 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.045

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (48.065 − 26.559) / 48.065

= 0.447 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 139.5

50.179 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.179 − 20))

= 154.777 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.777 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.179)^2

= 643.380 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 154.777 MPa > f_c = 37.312 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 10.753 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 1.176 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{37.312}{154.777} + \frac{10.753}{189.000 \times (1 - (37.312 / 643.380))}$$

$$= 0.301 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 37.312 + \frac{10.753}{1 - (37.312 / 643.380)}$$

$$= 48.727 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.301 , 0.258)

= 0.301 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{48.065}{154.777} + \left\{ \frac{1.176}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.311 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

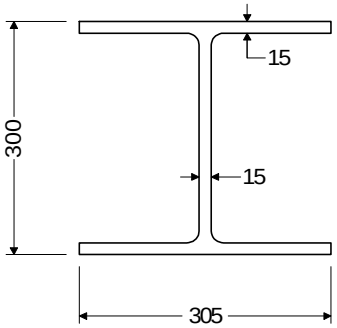
7.5 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 256.435 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.268 m)
= 256.435 x 5.10 / 2 단
= 653.910 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 653.910 + 60.0 = 713.910 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 2 단
= 15.313 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 2 단
= 8.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.313 x 1000000 / 1440000.0 = 10.634 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 713.910 x 1000 / 13480 = 52.961 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.750 x 1000 / 4050 = 2.160 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.116

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (63.594 − 42.327) / 63.594

= 0.334

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7000 / 126

55.556 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (55.556 − 20))

= 148.680 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 148.680 MPa

L_y / R_y = 7000 / 72.6

96.419 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 96.419²)

= 101.272 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 101.272 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 101.272 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7000 / 305

= 22.951 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (22.951 − 4.5))

= 129.219 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 129.219 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (55.556)²

= 524.880 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 101.272 MPa > f_c = 52.961 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 129.219 MPa > f_b = 10.634 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.160 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{52.961}{101.272} + \frac{10.634}{129.219 \times (1 - (52.961 / 524.880))}$$

$$= 0.614 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 52.961 + \frac{10.634}{1 - (52.961 / 524.880)}$$

$$= 64.788 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.614 , 0.343)

= 0.614 < 1.0 ---> O.K

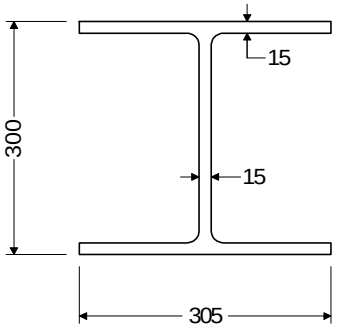
7.6 Strut 설계 (Strut-5)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 391.283 kN/m ---> Strut-5 (CS23 : 해체4)
= 391.283 x 5.10 / 2 단
= 997.771 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 997.771 + 60.0 = 1057.771 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 2 단
= 15.313 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 2 단
= 8.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.313 x 1000000 / 1440000.0 = 10.634 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1057.771 x 1000 / 13480 = 78.470 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.750 x 1000 / 4050 = 2.160 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.068

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (89.103 − 67.836) / 89.103

= 0.239

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7000 / 126

55.556 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (55.556 − 20))

= 148.680 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 148.680 MPa

L_y / R_y = 7000 / 72.6

96.419 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 96.419²)

= 101.272 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 101.272 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 101.272 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7000 / 305

= 22.951 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (22.951 − 4.5))

= 129.219 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 129.219 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (55.556)²

= 524.880 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 101.272 MPa > f_c = 78.470 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 129.219 MPa > f_b = 10.634 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.160 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times \left(1 - \left(f_c / f_{eax}\right)\right)}$

$$= \frac{78.470}{101.272} + \frac{10.634}{129.219 \times \left(1 - \left(78.470 / 524.880\right)\right)}$$

$$= 0.872 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \left(f_c / f_{eax}\right)}$$

$$= 78.470 + \frac{10.634}{1 - \left(78.470 / 524.880\right)}$$

$$= 90.972 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.872 , 0.481)

= 0.872 < 1.0 ---> O.K

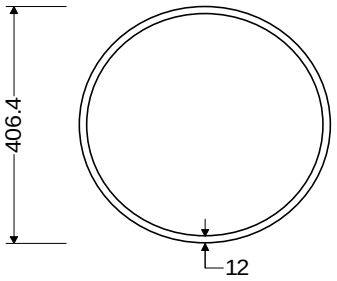
7.7 Strut 설계 (Strut-6)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 254.487 kN/m ---> Strut-6 (CS15 : 굴착 12.118 m)
= 254.487 x 5.10 / 2 단
= 648.941 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 648.941 + 60.0 = 708.941 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 2 단
= 15.313 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 2 단
= 8.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 15.313 \times 1000000 / 1424000.0 = 10.753$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 708.941 \times 1000 / 14868.5 = 47.681$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 1.176$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.037 x 12)

= 16.332 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.037

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (58.434 − 36.928) / 58.434

= 0.368 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 139.5

50.179 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.179 − 20))

= 154.777 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.777 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.179)^2

= 643.380 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 154.777$ MPa $> f_c = 47.681$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa $> f_b = 10.753$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 107.265$ MPa $> \tau = 1.176$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{47.681}{154.777} + \frac{10.753}{189.000 \times (1 - (47.681 / 643.380))}$$

$$= 0.370 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 47.681 + \frac{10.753}{1 - (47.681 / 643.380)}$$

$$= 59.295 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.370 , 0.314)

= 0.370 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{58.434}{154.777} + \left\{ \frac{1.176}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.378 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

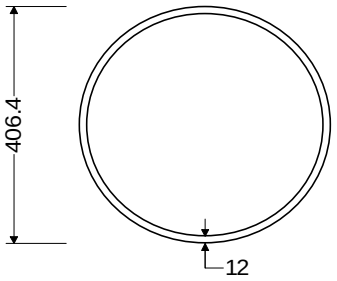
7.8 Strut 설계 (Strut-7)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 405.834 kN/m ---> Strut-7 (CS20 : 해체1)
= 405.834 x 5.10 / 2 단
= 1034.875 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 1034.875 + 60.0 = 1094.875 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 2 단
= 15.313 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 2 단
= 8.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 15.313 \times 1000000 / 1424000.0 = 10.753$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 1094.875 \times 1000 / 14868.5 = 73.637$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 1.176$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.025 x 12)

= 16.513 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.025

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (84.390 − 62.884) / 84.390

= 0.255 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 139.5

50.179 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.179 − 20))

= 154.777 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.777 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.179)^2

= 643.380 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 154.777 MPa > f_c = 73.637 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 10.753 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 1.176 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{73.637}{154.777} + \frac{10.753}{189.000 \times (1 - (73.637 / 643.380))}$$

$$= 0.540 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 73.637 + \frac{10.753}{1 - (73.637 / 643.380)}$$

$$= 85.780 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.540 , 0.454)

= 0.540 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{84.390}{154.777} + \left\{ \frac{1.176}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.545 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

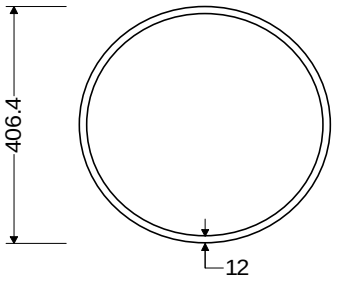
7.9 Strut 설계 (Strut-8)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 5.10 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 152.979 kN/m ---> Strut-8 (CS19 : 굴착 14.36 m)
= 152.979 x 5.10 / 2 단
= 390.097 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 390.097 + 60.0 = 450.097 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 2 단
= 15.313 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 2 단
= 8.750 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 15.313 \times 1000000 / 1424000.0 = 10.753$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 450.097 \times 1000 / 14868.5 = 30.272$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{8.750 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0} = 1.176$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.052 x 12)

= 16.090 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.052

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (41.025 − 19.519) / 41.025

= 0.524 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 139.5

50.179 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.179 − 20))

= 154.777 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.777 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.179)^2

= 643.380 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 154.777 MPa > f_c = 30.272 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 10.753 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 1.176 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{30.272}{154.777} + \frac{10.753}{189.000 \times (1 - (30.272 / 643.380))}$$

$$= 0.255 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 30.272 + \frac{10.753}{1 - (30.272 / 643.380)}$$

$$= 41.556 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.255 , 0.220)

= 0.255 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{41.025}{154.777} + \left\{ \frac{1.176}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.265 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

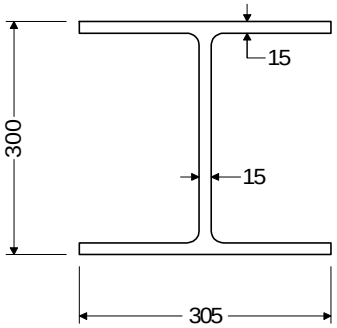
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

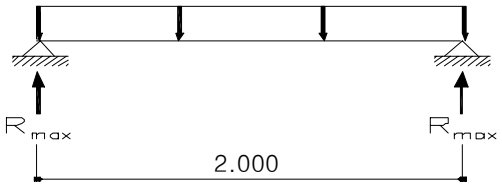
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 26.406 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.518 m)

P = 26.406 × 2.00 m / 1 ea = 52.812 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 52.812 / (13 × 2.000)
= 24.375 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 24.375 × 2.000^2 / 8
= 12.187 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 24.375 × 2.000 / 12
= 28.437 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.187 x 1000000 / 1440000.0 = 8.463 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 28.437 x 1000 / 4050 = 7.022 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (8.463 + 8.463) / 8.463$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 8.463 MPa ---> O.K

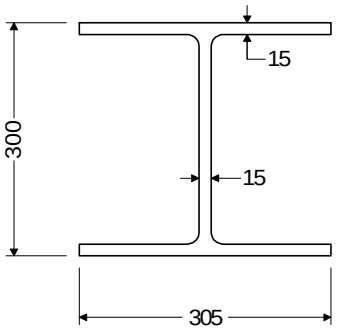
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 7.022 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

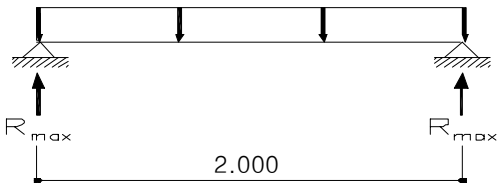
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 74.485 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.218 m)

$P = 74.485 \times 5.10\ m / 1\ ea = 379.875\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 379.875 / (13 \times 2.000)$
$= 175.327\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 175.327 \times 2.000^{2} / 8$
$= 87.663\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 175.327 \times 2.000 / 12$
$= 204.548\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 87.663 \times 1000000 / 1440000.0 = 60.877$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 204.548 \times 1000 / 4050 = 50.506$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (60.877 + 60.877) / 60.877$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 182.334$ MPa > $f_b = 60.877$ MPa ---> O.K

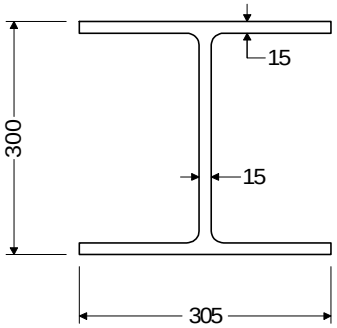
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 50.506$ MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

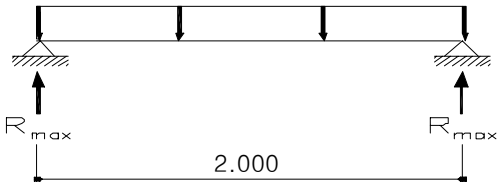
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 126.471 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 5.918 m)

P = 126.471 × 5.10 m / 1 ea = 645.000 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 645.000 / (13 × 2.000)
= 297.692 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 297.692 × 2.000 ^{2} / 8
= 148.846 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 297.692 × 2.000 / 12
= 347.308 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 148.846 x 1000000 / 1440000.0 = 103.365 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 347.308 x 1000 / 4050 = 85.755 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (103.365 + 103.365) / 103.365$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 103.365 MPa ---> O.K

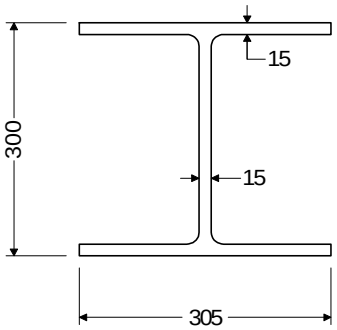
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 85.755 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

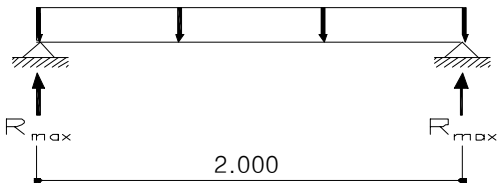
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 194.028 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.618 m)

$P = 194.028 \times 5.10\ m / 1\ ea = 989.545\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 989.545 / (13 \times 2.000)$
$= 456.713\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 456.713 \times 2.000^2 / 8$
$= 228.356\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 456.713 \times 2.000 / 12$
$= 532.832\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 228.356 \times 1000000 / 1440000.0 = 158.581$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 532.832 \times 1000 / 4050 = 131.563$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (158.581 + 158.581) / 158.581$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 182.334$ MPa > $f_b = 158.581$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa < $\tau = 131.563$ MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

$A' = (300.000 - 15.000 \times 2) \times 14 \times 2 = 7560.000\ mm^2$

$A_w' = A_w + A'$

$= ####### mm + 7560.000\ mm^2 = ####### mm^2$

$\tau' = S_{max} / A_w' = 532831.720 / 11610.000 = 45.894\ MPa$

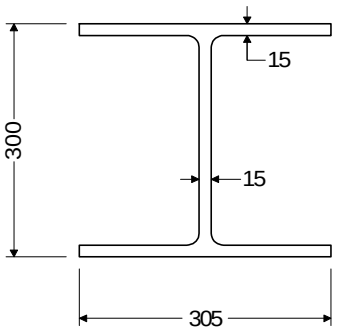
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau' = 45.894$ MPa ---> O.K

8.5 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

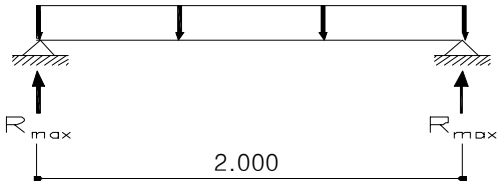
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



$R_{max} = 256.435$ kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.268 m)

$P = 256.435 \times 5.10\ m / 2\ ea = 653.910$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 653.910 / (13 \times 2.000)$

$= 301.805$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 301.805 \times 2.000^{\ 2} / 8$

$= 150.902$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$

$= 7 \times 301.805 \times 2.000 / 12$

$= 352.105$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 150.902 x 1000000 / 1440000.0 = 104.793 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 352.105 x 1000 / 4050 = 86.940 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (104.793 + 104.793) / 104.793

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 104.793 MPa ---> O.K

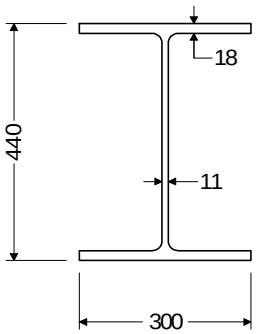
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 86.940 MPa ---> O.K

8.6 Strut-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

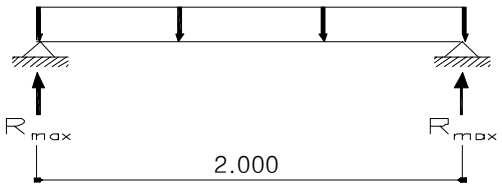
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 391.283 kN/m ---> Strut-5 (CS23 : 해체4)

P = 391.283 × 5.10 m / 1 ea = 1995.541 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 1995.541 / (13 × 2.000)
= 921.019 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 921.019 × 2.000^2 / 8
= 460.510 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 921.019 × 2.000 / 12
= 1074.522 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 460.510 x 1000000 / 2550000.0 = 180.592 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 1074.522 x 1000 / 4444 = 241.792 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (180.592 + 180.592) / 180.592
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300
= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))
= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 180.592 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa < τ = 241.792 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (440.000 − 18.000 x 2) x 14 x 2 = ####### mm^2

A_w' = A_w + A'
= ####### mm + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = ########## / 15756.000 = 68.198 MPa

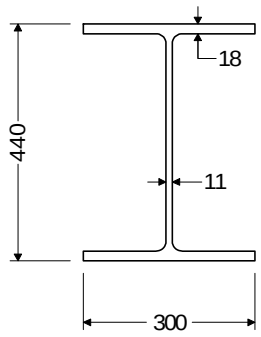
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 68.198 MPa ---> O.K

8.7 Strut-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

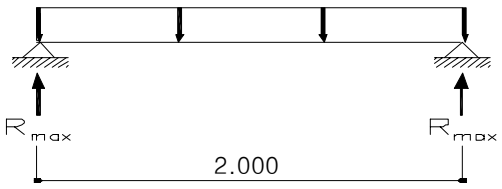
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 254.487 kN/m ---> Strut-6 (CS15 : 굴착 12.118 m)

P = 254.487 × 5.10 m / 1 ea = 1297.882 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 1297.882 / (13 × 2.000)
= 599.022 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 599.022 × 2.000 ^{2} / 8
= 299.511 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 599.022 × 2.000 / 12
= 698.860 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 299.511 x 1000000 / 2550000.0 = 117.455 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 698.860 x 1000 / 4444 = 157.259 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (117.455 + 117.455) / 117.455
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300
= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))
= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 117.455 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa < τ = 157.259 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

$A' = (440.000 - 18.000 \times 2) \times 14 \times 2 = ####### mm^2$

$A_w' = A_w + A'$

$= ####### mm^2 + 11312.000 mm^2 = ####### mm^2$

$\tau' = S_{max} / A_w' = 698859.540 / 15756.000 = 44.355 MPa$

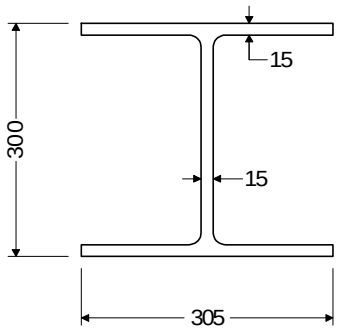
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau' = 44.355$ MPa ---> O.K

8.8 Strut-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

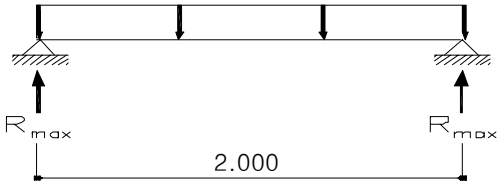
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



$R_{max} = 405.834$ kN/m ---> Strut-7 (CS20 : 해체1)

$P = 405.834 \times 5.10 m / 2 ea = 1034.875$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$

$= 12 \times 1034.875 / (13 \times 2.000)$

$= 477.635$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$

$= 477.635 \times 2.000^2 / 8$

$= 238.817$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$

$= 7 \times 477.635 \times 2.000 / 12$

$= 557.241$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 238.817 \times 1000000 / 1440000.0 = 165.845$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 557.241 \times 1000 / 4050 = 137.590$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (165.845 + 165.845) / 165.845

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 165.845 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa < τ = 137.590 MPa ---> N.G

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

A' = (300.000 − 15.000 x 2) x 14 x 2 = 7560.000 mm^2

A_w' = A_w + A'

= ####### mm + 7560.000 mm^2 = ####### mm^2

τ' = S_{max} / A_w' = 557240.640 / 11610.000 = 47.997 MPa

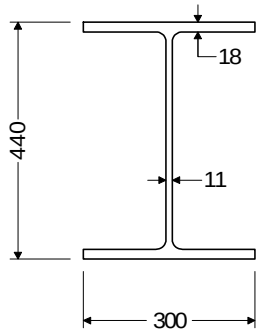
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ' = 47.997 MPa ---> O.K

8.9 Strut-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

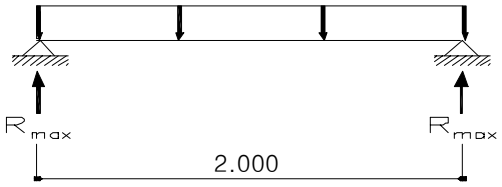
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 152.979 kN/m ---> Strut-8 (CS19 : 굴착 14.36 m)

P = 152.979 × 5.10 m / 1 ea = 780.194 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 780.194 / (13 × 2.000)
= 360.089 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 360.089 × 2.000^2 / 8
= 180.045 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 360.089 × 2.000 / 12
= 420.104 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 180.045 x 1000000 / 2550000.0 = 70.606 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 420.104 x 1000 / 4444 = 94.533 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (70.606 + 70.606) / 70.606$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (6.667 - 4.5))

= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 70.606 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 94.533 MPa ---> O.K

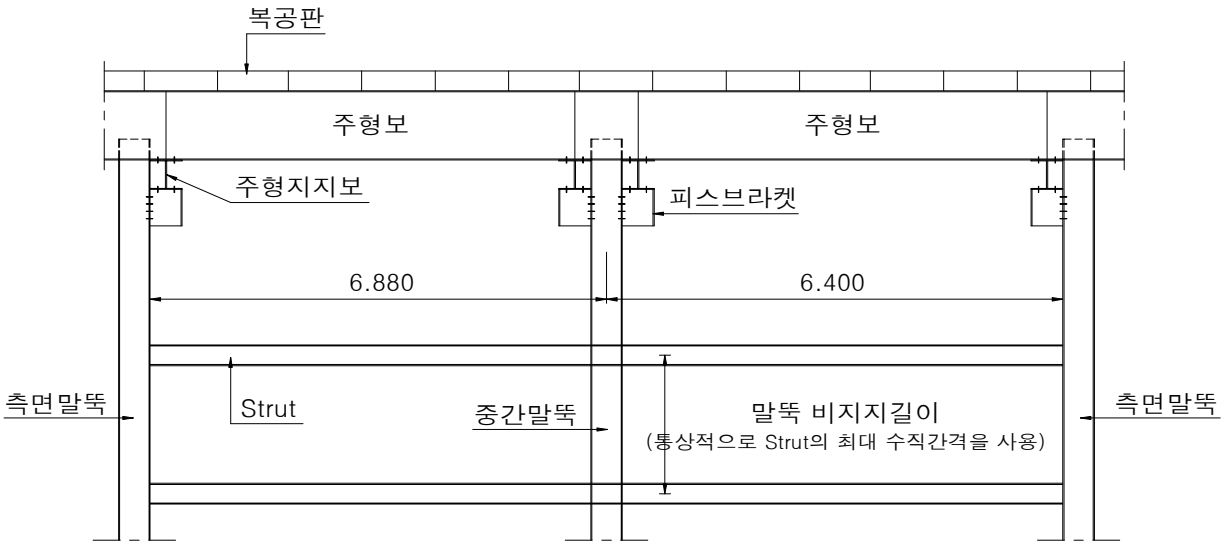
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.880 + 6.400 = 13.280 m

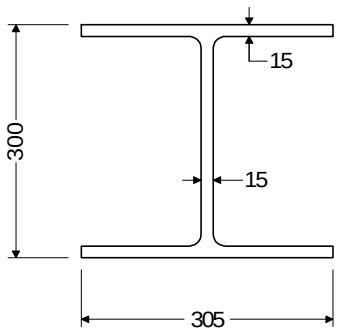
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 22.640 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 297.880 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 13.080 kN

ΣP_s = 338.380 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.880) / 2 = 19.599 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

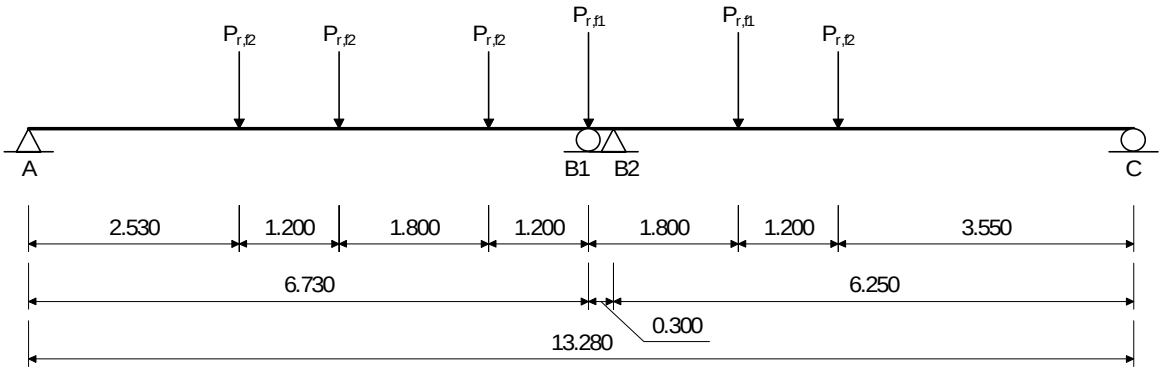
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.730 + 93.600 x 5.530 + 93.600 x 3.730 + 93.600 x 2.530) / 6.730

= 288.774 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 288.774 x 1.00 = 288.774 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.730 + 23.400 x 5.530 + 23.400 x 3.730 + 23.400 x 2.530) / 6.730

= 72.193 kN

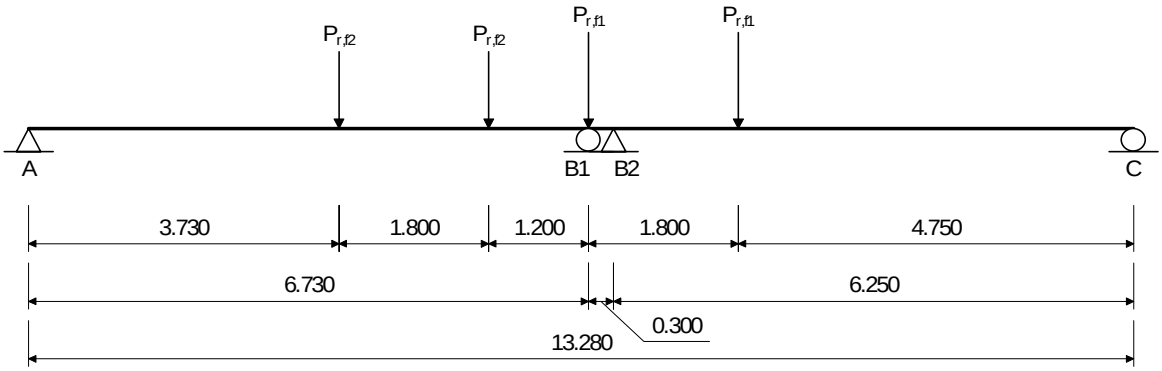
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 72.193 x 1.00 = 72.193 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.730 + 93.600 x 5.530 + 93.600 x 3.730) / 6.730

= 253.587 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750) / 6.250

= 94.848 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 253.587 x 1.00 = 253.587 kN

P_{r2} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.730 + 23.400 x 5.530 + 23.400 x 3.730) / 6.730

= 63.397 kN

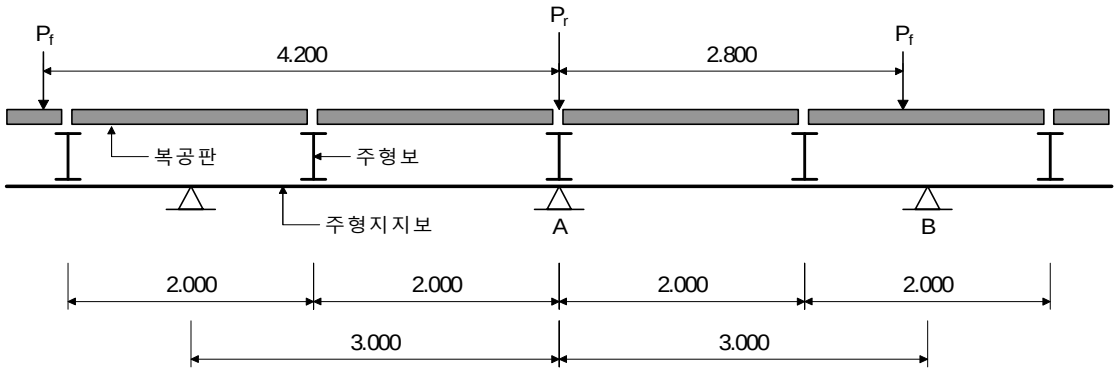
R_{B2} = (31.200 x 4.750) / 6.250

= 23.712 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 63.397 x 1.00 = 63.397 kN

P_{f2} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (288.774 x 3.000 + 72.193 x 0.200) / 3.000

= 293.587 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 293.587 + 19.599 x 3.00 / 2.00 = 322.985 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (148.013 x 3.000 + 37.003 x 0.200) / 3.000

= 150.480 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

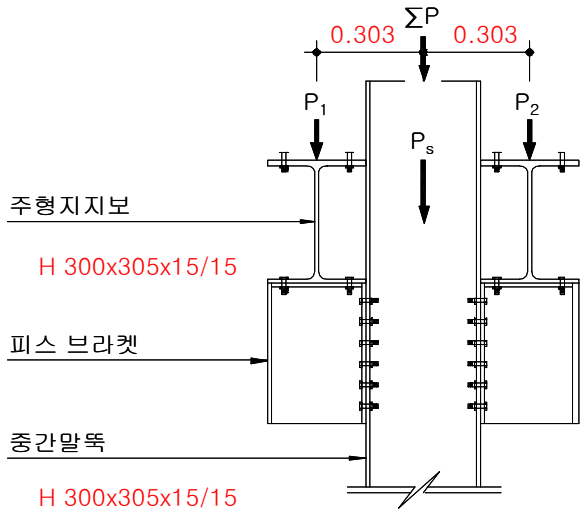
= 150.480 + 18.231 x 3.00 / 2.00 = 177.827 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 322.985 + 177.827 + 338.380 = 839.192 kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 279.731 x 1000 / 13480 = 20.752 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 97.703 x 1000000 / 1440000 = 67.849 MPa

여기서, M_{max} = P_1 x e = 322.985 x 0.303 = 97.703 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 2.724

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (88.601 − −47.098) / 88.601

= 1.532

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 6080 / 126

48.254 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (48.254 − 20))

= 156.960 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 156.960 MPa

L_y / R_y = 6080 / 72.6

83.747 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (83.747 − 20))

= 116.711 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 116.711 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 116.711 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 6080 / 305

= 19.934 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (19.934 − 4.5))

= 138.992 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 138.992 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (48.254)^2

= 695.743 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 116.711 MPa > f_c = 20.752 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 138.992 MPa > f_b = 67.849 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{20.752}{116.711} + \frac{67.849}{138.992 \times (1 - (20.752 / 695.743))}$$

$$= 0.681 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 20.752 + \frac{67.849}{1 - (20.752 / 695.743)}$$

$$= 90.687 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.681 , 0.480)

= 0.681 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 839.19 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)	=	37	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	34.14	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	21.680	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 37 x 0.0915 + 0.2 x 34 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 263.755 tonf

= 2586.55 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2586.55 / 2.0

= 1293.277 kN

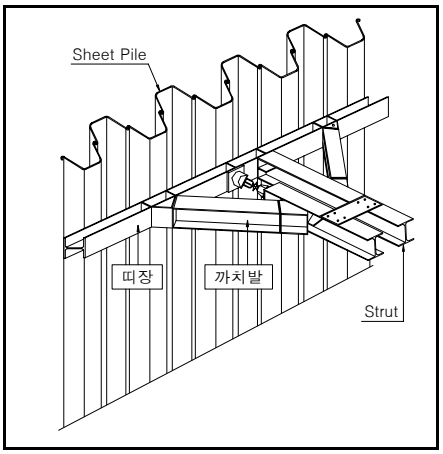
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 21.36m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 365.654 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS21 : 해체2)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 365.654 (kN·m/m) × 1.00 m = 365.654 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 339.969 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS20 : 해체1)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 339.969 (kN/m) × 1.00 m = 339.969 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{365.654 \times 10^6}{2270000.00} = 161.081 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{339.969 \times 10^3}{13180.00} = 25.794 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 14.36 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	0.91	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.70	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.68	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	22.78	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	21.36	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.35	2	7	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2.018	5.1	7	70	2
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.718	5.1	7	70	2
4	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.418	5.1	7	70	2
5	Strut-4	H 300x305x15/15	SS400	7.118	5.1	7	70	2
6	Strut-5	H 300x305x15/15	SS400	8.768	5.1	7	70	2
7	Strut-6	P 406.4x12	SS400	10.118	5.1	7	70	2
8	Strut-7	P 406.4x12	SS400	11.618	5.1	7	70	2
9	Strut-8	P 406.4x12	SS400	13.118	5.1	7	70	2

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	6.313	0	6.55	C27	1	-
2	기초	13.86	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	5.813	14.36	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 14.36 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.85	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.52	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.22	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	5.92	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.62	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
11	9.27	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Strut-5		-	-	-	-	X	X
13	10.62	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Strut-6		-	-	-	-	X	X
15	12.12	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Strut-7		-	-	-	-	X	X
17	13.62	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Strut-8		-	-	-	-	X	X
19	14.36	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-		Strut-8	-	-	-	-	X	X
21	-	-	-	13.17	-	-	-	X	X
22	-		Strut-6 Strut-7	-	-	-	-	X	X
23	-	-	-	9.6	-	-	-	X	X
24	-		Strut-3	-	-	-	-	X	X
25	-	-	-	5.813	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.85 m	0.85	7.47	4.8	-3.99	2.9	2.84	3.7	-3.33	5.9
CS2 : 생성 주형보	0.85	7.45	4.8	-3.76	3.3	2.79	3.7	-3.34	5.9
CS3 : 굴착 2.518 m	2.52	18.06	3.3	-26.42	0.4	32.12	2.5	-12.54	5.9
CS4 : 생성 Strut-1	2.52	14.82	4.8	-19.15	0.4	23.18	2.5	-9.99	5.9
CS5 : 굴착 4.218 m	4.22	38.19	4.8	-61.63	2.0	49.17	3.7	-17.65	7.1
CS6 : 생성 Strut-2	4.22	33.25	4.8	-52.91	2.0	39.21	3.7	-15.08	7.1
CS7 : 굴착 5.918 m	5.92	47.81	7.6	-103.69	3.7	75.40	5.8	-30.87	9.3
CS8 : 생성 Strut-3	5.92	44.15	7.6	-93.77	3.7	66.65	5.9	-28.00	9.3
CS9 : 굴착 7.618 m	7.62	70.60	10.0	-160.32	5.4	129.39	7.8	-60.87	5.4
CS10 : 생성 Strut-4	7.62	67.84	10.0	-149.56	5.4	121.39	7.8	-56.08	11.6
CS11 : 굴착 9.268 m	9.27	97.67	12.1	-226.05	7.1	200.03	9.6	-102.82	14.4
CS12 : 생성 Strut-5	9.27	95.25	12.1	-214.97	7.1	192.55	9.6	-99.89	14.4
CS13 : 굴착 10.618 m	10.62	110.58	13.6	-227.96	8.8	235.57	11.1	-130.31	15.8
CS14 : 생성 Strut-6	10.62	108.92	13.6	-216.15	8.8	229.47	11.1	-128.64	15.8
CS15 : 굴착 12.118 m	12.12	129.07	15.3	-241.22	10.1	278.53	12.6	-170.43	17.6
CS16 : 생성 Strut-7	12.12	127.32	15.3	-229.52	10.1	271.91	12.6	-168.24	17.6
CS17 : 굴착 13.618 m	13.62	148.52	16.7	-275.43	11.6	312.54	14.0	-152.72	19.0
CS18 : 생성 Strut-8	13.62	147.01	16.7	-263.53	11.6	305.76	14.0	-151.84	19.0
CS19 : 굴착 14.36 m	14.36	135.86	17.2	-213.07	13.1	303.33	14.8	-102.48	19.5
CS20 : 해체1	14.36	148.13	17.2	-339.97	11.6	365.53	14.4	-129.09	11.6
CS21 : 해체2	14.36	148.15	17.2	-339.85	11.6	365.65	14.4	-129.06	11.6
CS22 : 해체3	14.36	123.73	17.2	-291.43	8.8	279.35	12.6	-256.10	8.8
CS23 : 해체4	14.36	123.54	17.2	-291.51	8.8	280.44	12.6	-256.34	8.8
CS24 : 해체5	14.36	123.57	17.2	-293.62	8.8	280.77	12.6	-260.67	8.8
CS25 : 해체6	14.36	123.57	17.2	-293.62	8.8	280.77	12.6	-260.67	8.8
TOTAL		148.52	16.7	-339.97	11.6	365.65	14.4	-260.67	8.8

12.1.2 지보재 반력 집계

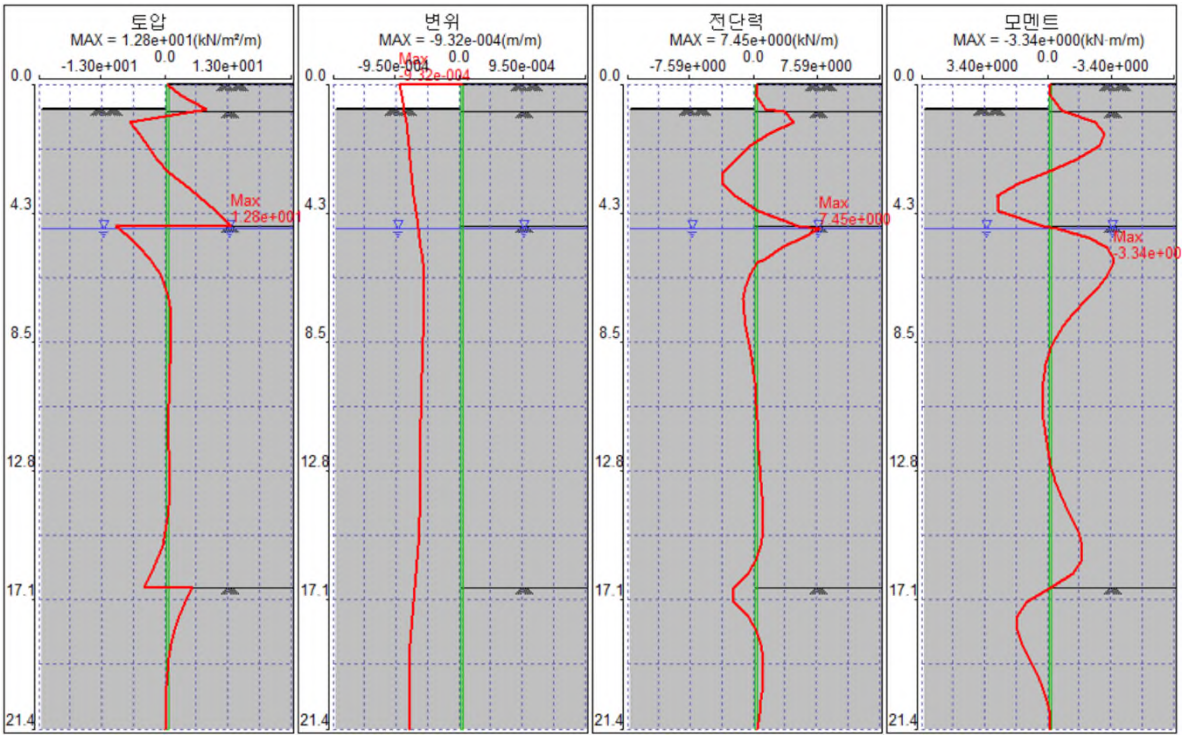
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4
		0.35 (m)	2.018 (m)	3.718 (m)	5.418 (m)	7.118 (m)
CS1 : 굴착 0.85 m	0.85	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.85	-0.01	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.518 m	2.52	26.41	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.52	19.13	13.73	-	-	-
CS5 : 굴착 4.218 m	4.22	3.34	74.49	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.22	6.26	62.84	13.73	-	-
CS7 : 굴착 5.918 m	5.92	-8.27	52.99	126.47	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	5.92	-6.71	53.78	114.21	13.73	-
CS9 : 굴착 7.618 m	7.62	-4.27	31.82	79.20	194.03	-
CS10 : 생성 Strut-4	7.62	-4.40	33.40	81.32	179.69	13.73
CS11 : 굴착 9.268 m	9.27	-1.29	30.79	54.00	121.68	256.44
CS12 : 생성 Strut-5	9.27	-1.46	30.99	55.46	123.86	241.66
CS13 : 굴착 10.618 m	10.62	-1.16	33.52	54.76	86.92	178.88
CS14 : 생성 Strut-6	10.62	-1.18	33.42	54.88	88.63	180.40
CS15 : 굴착 12.118 m	12.12	-1.50	34.72	58.40	83.02	125.45
CS16 : 생성 Strut-7	12.12	-1.49	34.66	58.27	83.33	127.66
CS17 : 굴착 13.618 m	13.62	-1.62	34.67	59.33	86.80	120.31
CS18 : 생성 Strut-8	13.62	-1.62	34.67	59.29	86.68	120.70
CS19 : 굴착 14.36 m	14.36	-1.62	34.60	59.25	87.47	122.61
CS20 : 해체1	14.36	-1.68	34.64	59.80	88.91	118.12
CS21 : 해체2	14.36	-1.68	34.64	59.80	88.91	118.12
CS22 : 해체3	14.36	-1.20	37.13	57.53	47.00	72.09
CS23 : 해체4	14.36	-1.20	37.13	57.53	46.97	72.00
CS24 : 해체5	14.36	-4.30	37.53	83.29	-	99.77
CS25 : 해체6	14.36	-4.30	37.53	83.29	-	99.77
TOTAL		26.41	74.49	126.47	194.03	256.44

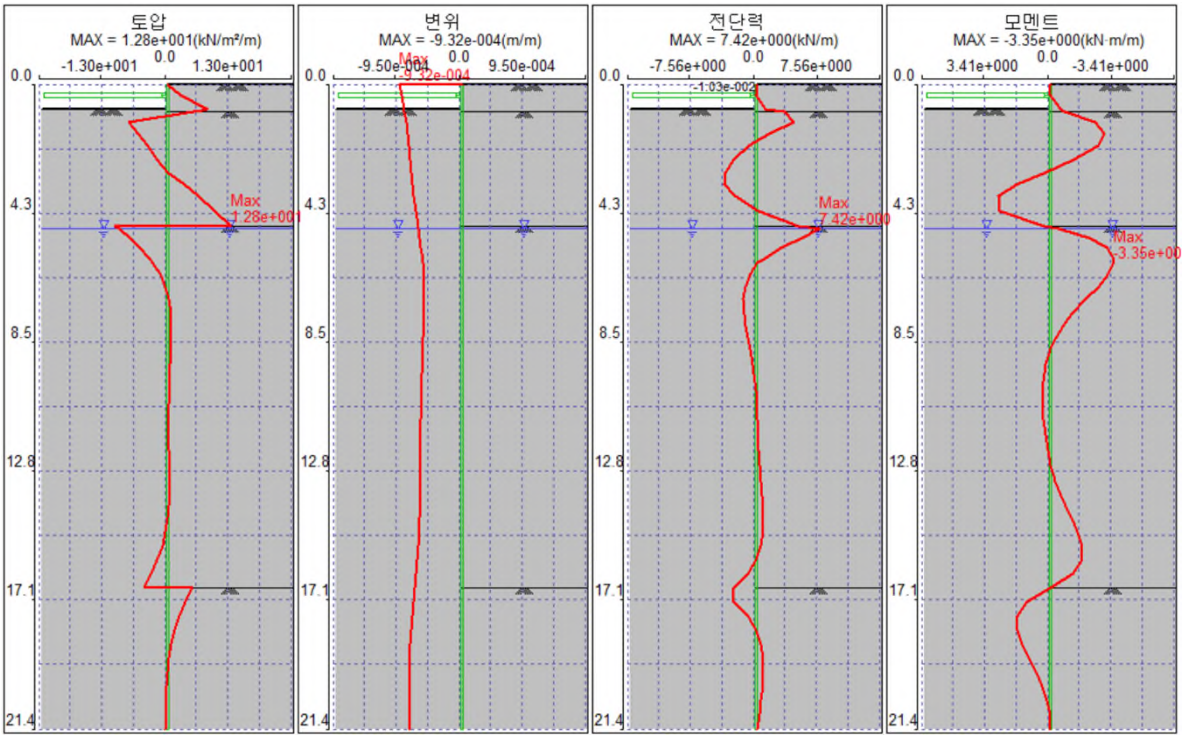
시공단계	굴착 깊이	Strut-5	Strut-6	Strut-7	Strut-8	
		8.768 (m)	10.118 (m)	11.618 (m)	13.118 (m)	
CS1 : 굴착 0.85 m	0.85	-	-	-	-	
CS2 : 생성 주형보	0.85	-	-	-	-	
CS3 : 굴착 2.518 m	2.52	-	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-1	2.52	-	-	-	-	
CS5 : 굴착 4.218 m	4.22	-	-	-	-	
CS6 : 생성 Strut-2	4.22	-	-	-	-	
CS7 : 굴착 5.918 m	5.92	-	-	-	-	
CS8 : 생성 Strut-3	5.92	-	-	-	-	
CS9 : 굴착 7.618 m	7.62	-	-	-	-	
CS10 : 생성 Strut-4	7.62	-	-	-	-	
CS11 : 굴착 9.268 m	9.27	-	-	-	-	
CS12 : 생성 Strut-5	9.27	13.73	-	-	-	
CS13 : 굴착 10.618 m	10.62	205.84	-	-	-	
CS14 : 생성 Strut-6	10.62	190.81	13.73	-	-	
CS15 : 굴착 12.118 m	12.12	119.87	254.49	-	-	
CS16 : 생성 Strut-7	12.12	121.41	238.90	13.73	-	
CS17 : 굴착 13.618 m	13.62	67.78	158.76	272.83	-	
CS18 : 생성 Strut-8	13.62	69.89	160.67	256.69	13.73	
CS19 : 굴착 14.36 m	14.36	65.61	132.84	216.44	152.98	
CS20 : 해체1	14.36	40.28	107.93	405.83	-	
CS21 : 해체2	14.36	40.29	107.92	405.71	-	
CS22 : 해체3	14.36	391.08	-	-	-	
CS23 : 해체4	14.36	391.28	-	-	-	
CS24 : 해체5	14.36	389.38	-	-	-	
CS25 : 해체6	14.36	389.38	-	-	-	
TOTAL		391.28	254.49	405.83	152.98	

12.2 시공단계별 단면력도

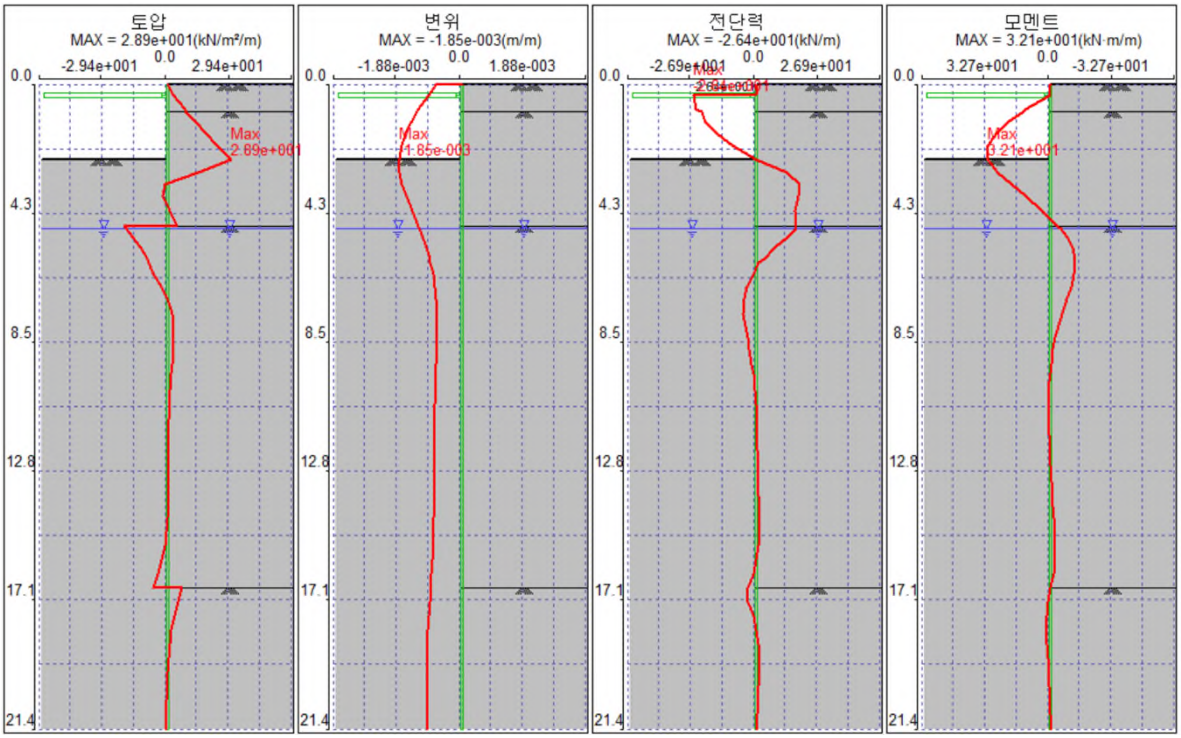
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.85 m]



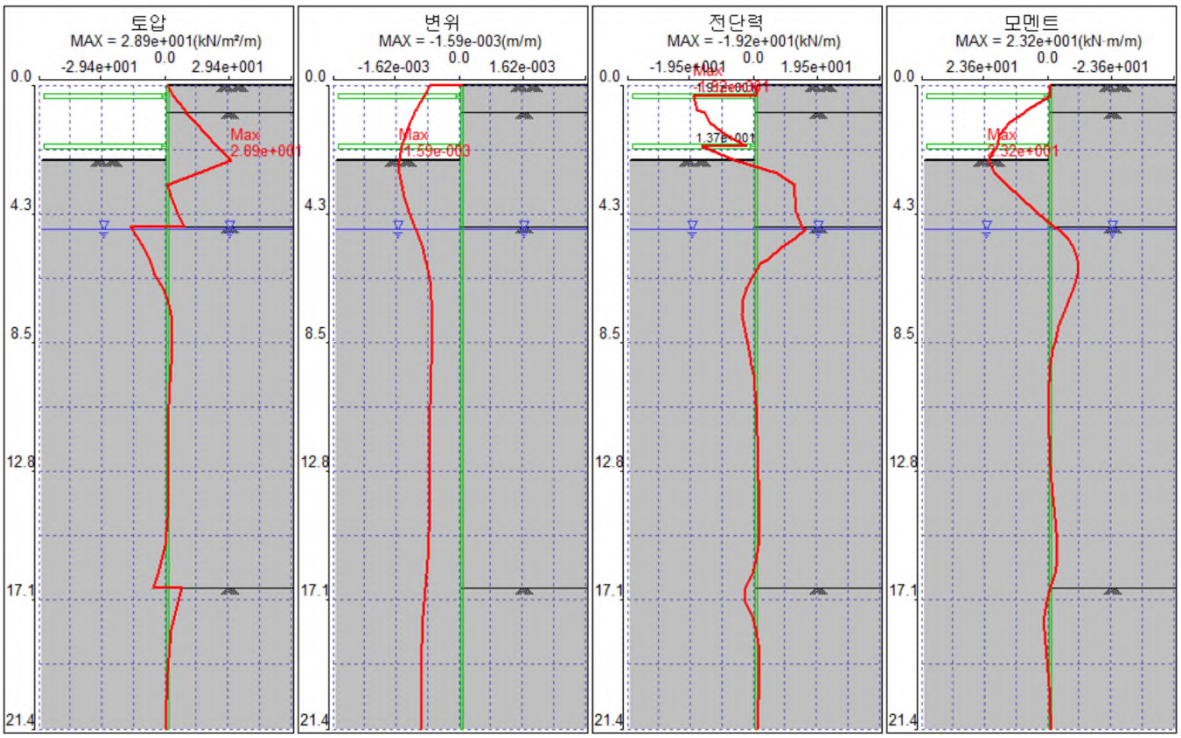
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



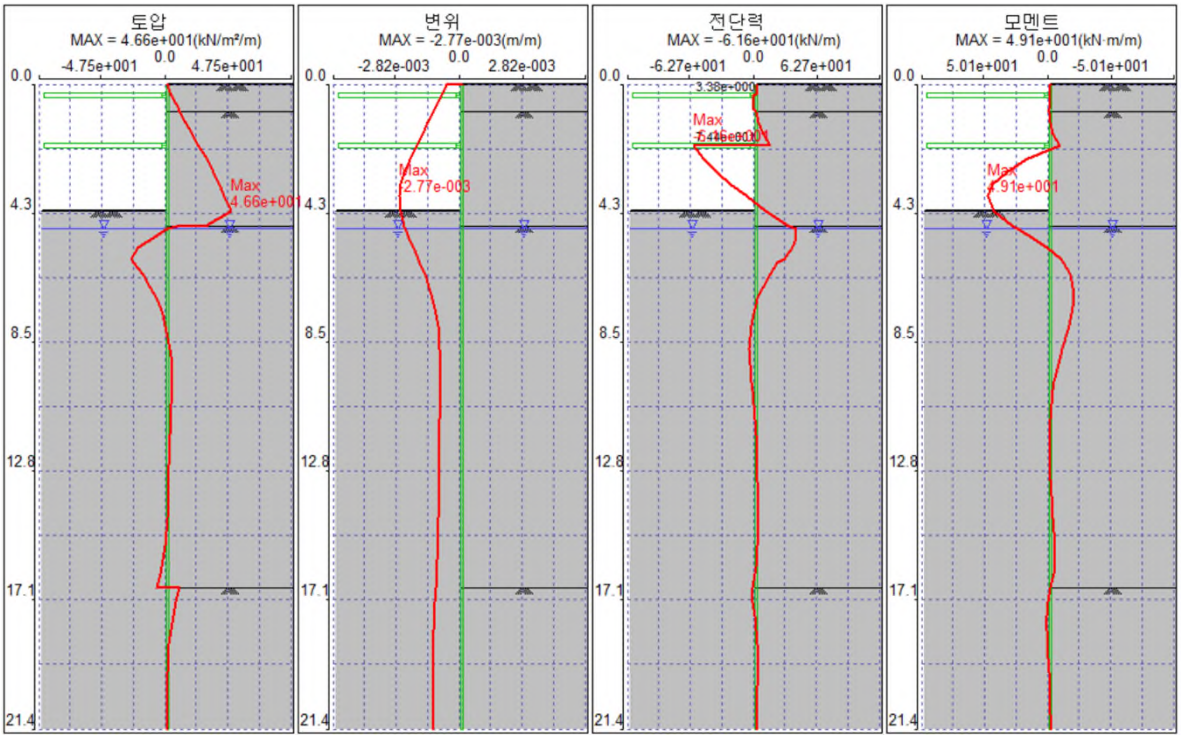
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.518 m]



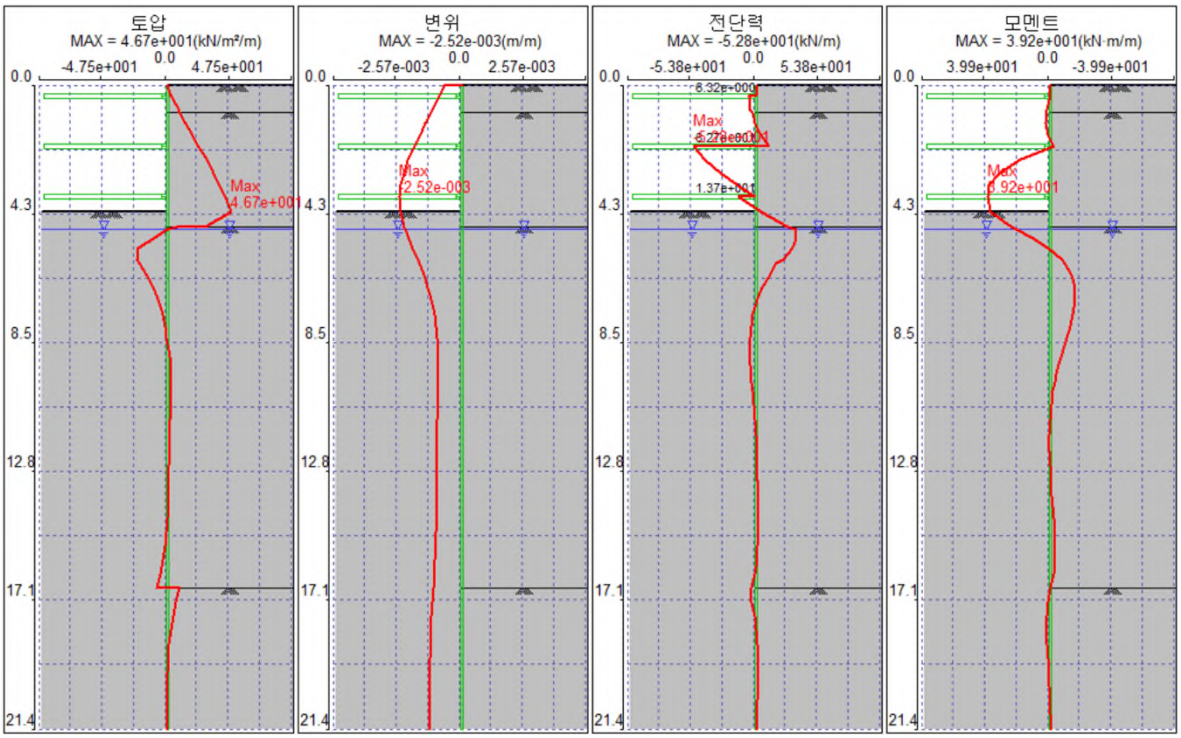
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



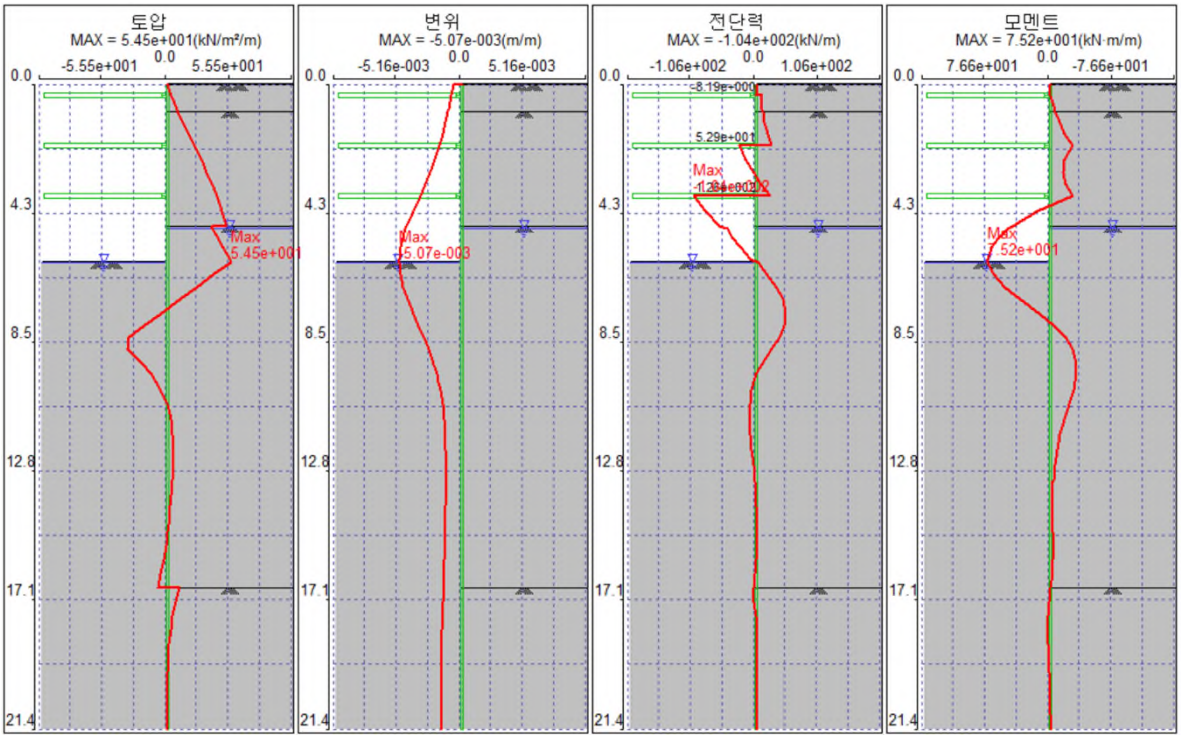
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.218 m]



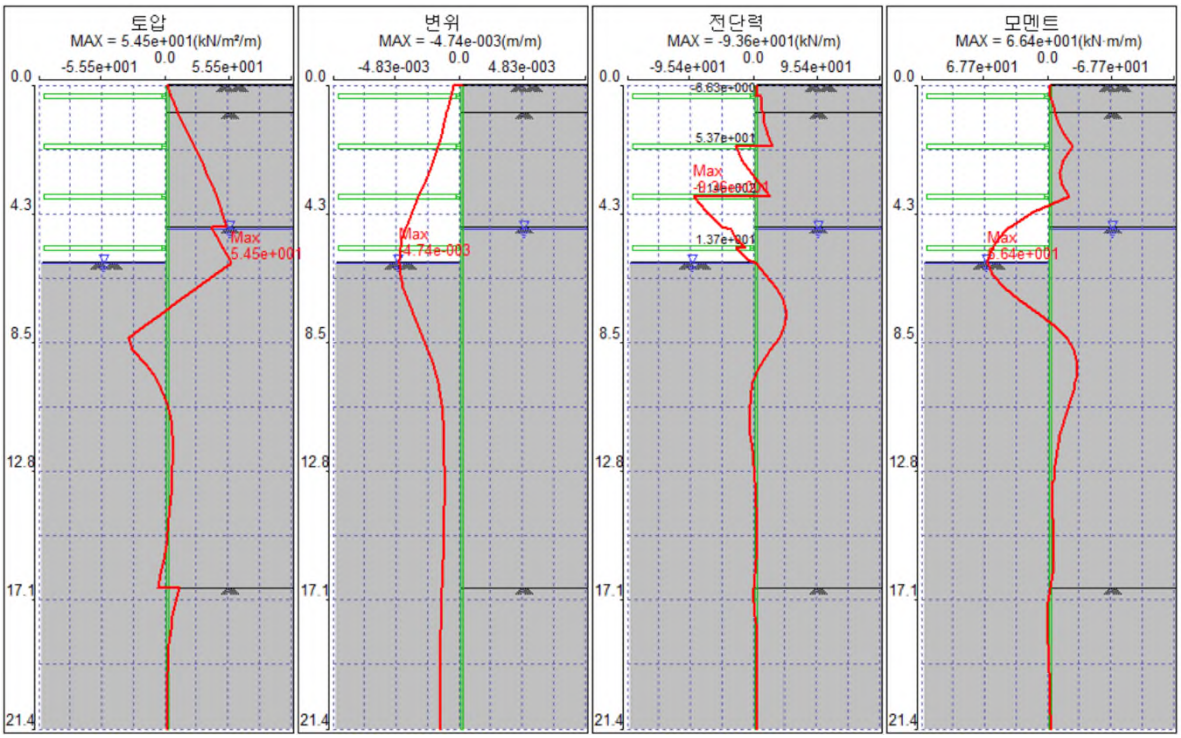
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



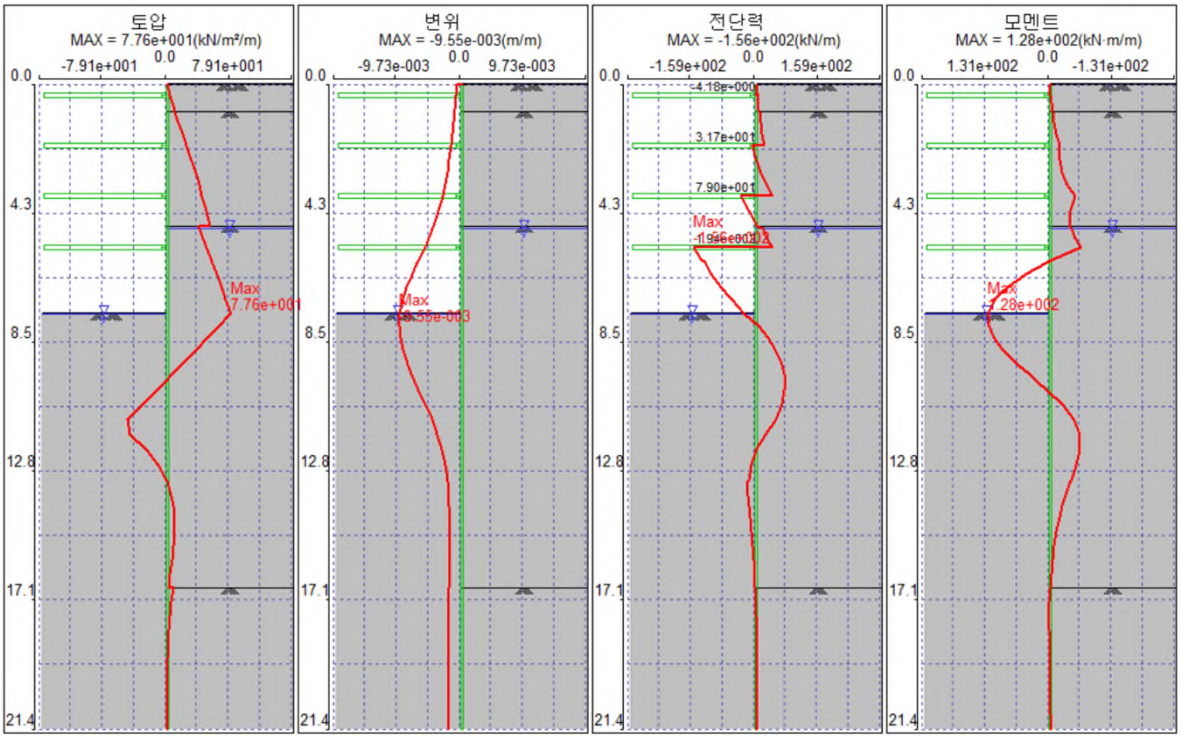
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.918 m]



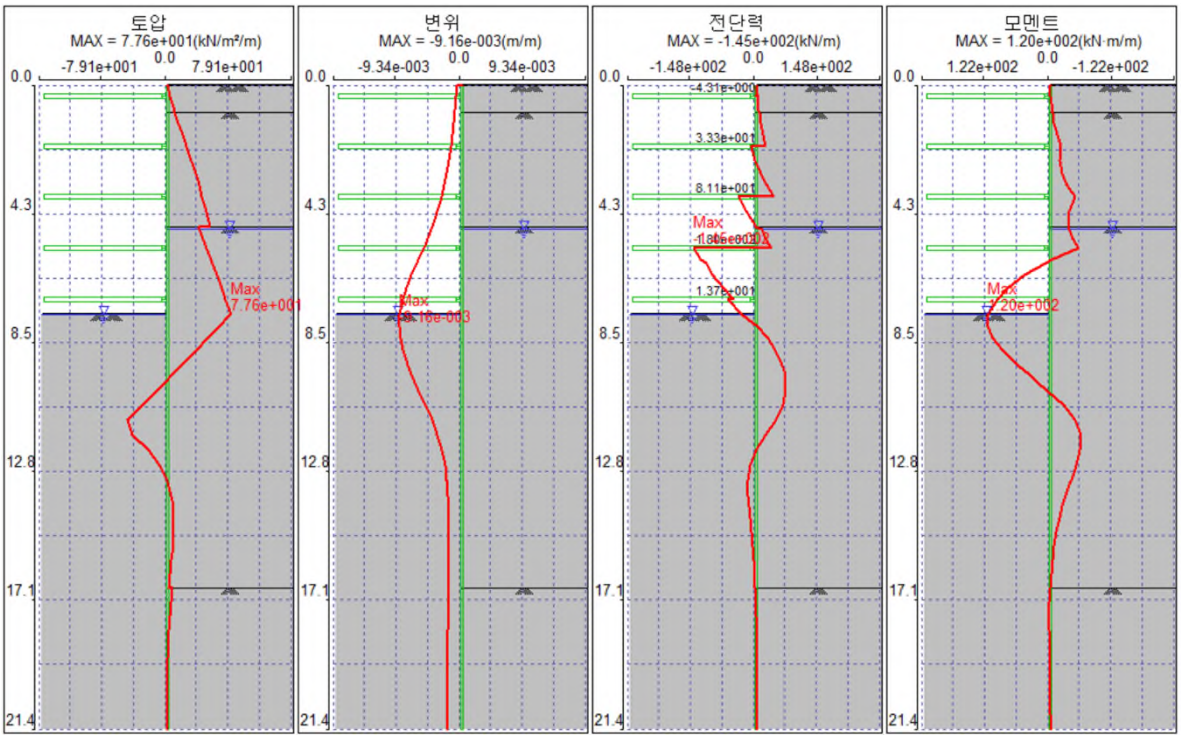
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



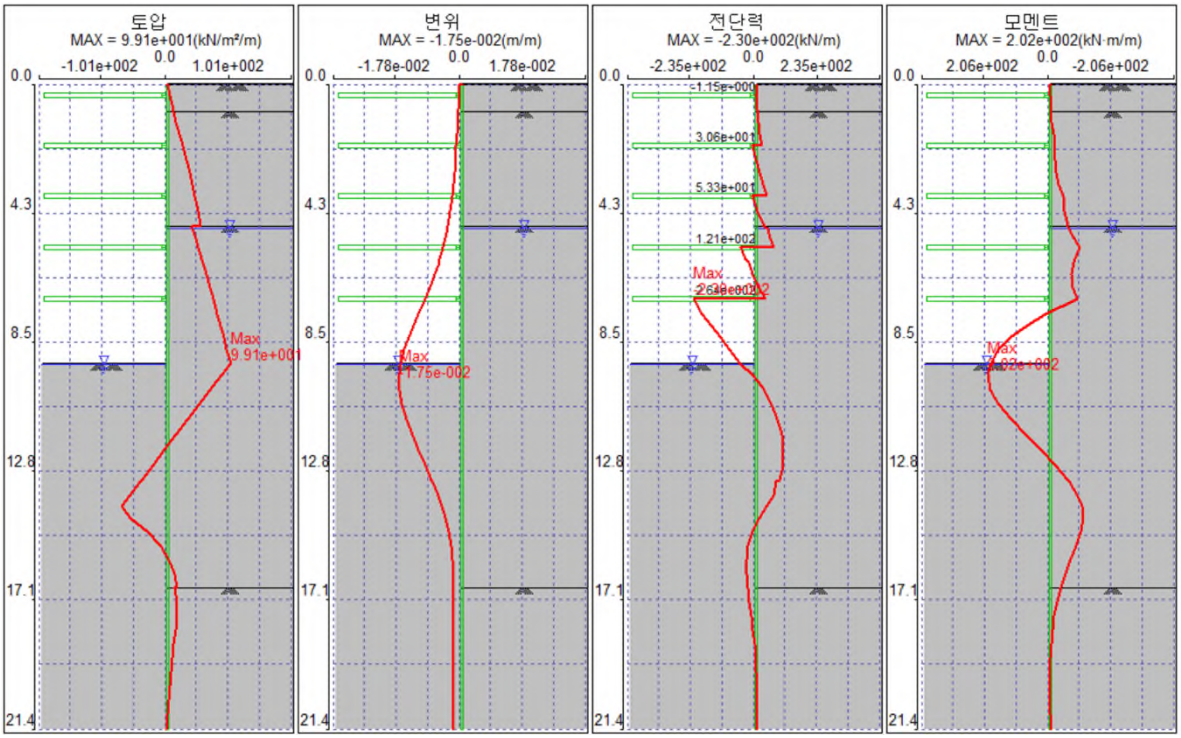
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.618 m]



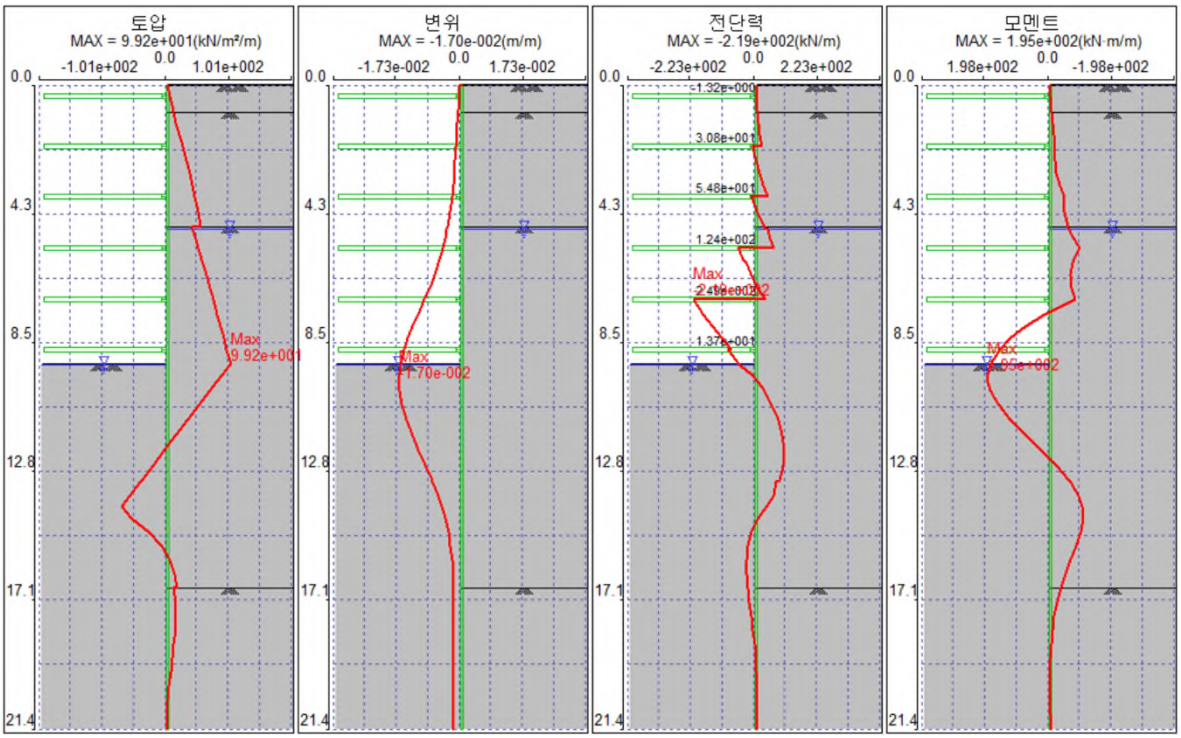
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Strut-4]



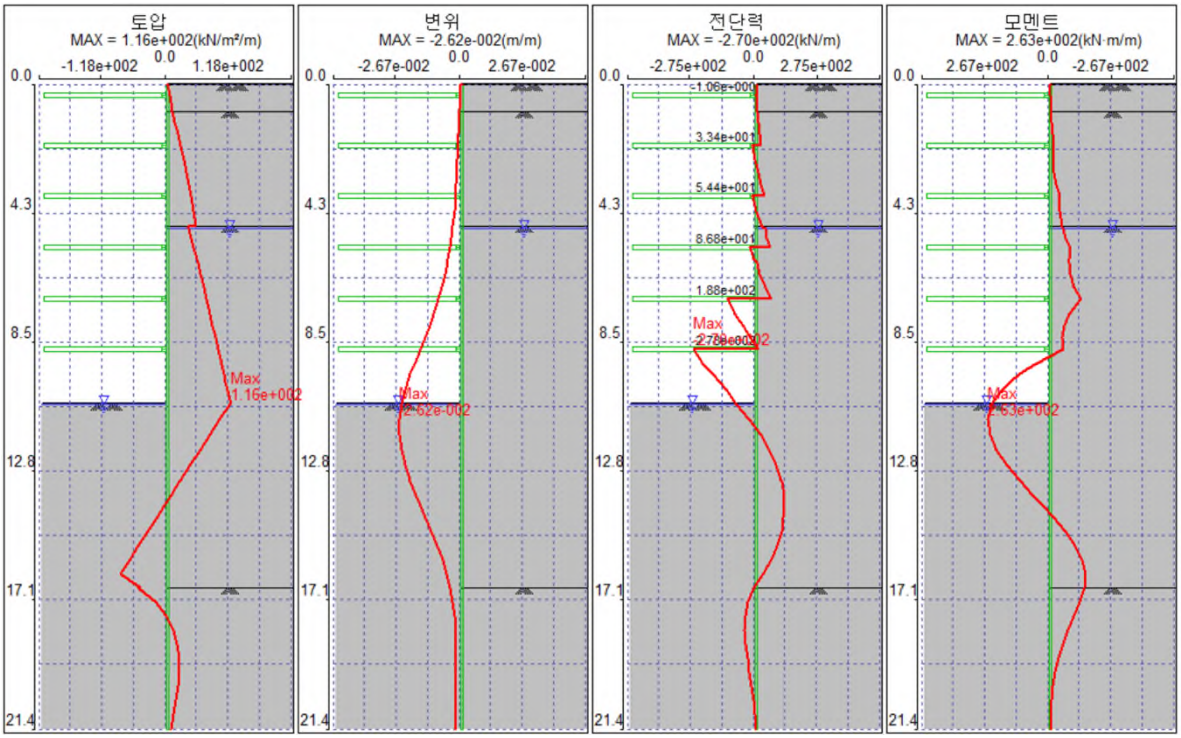
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.268 m]



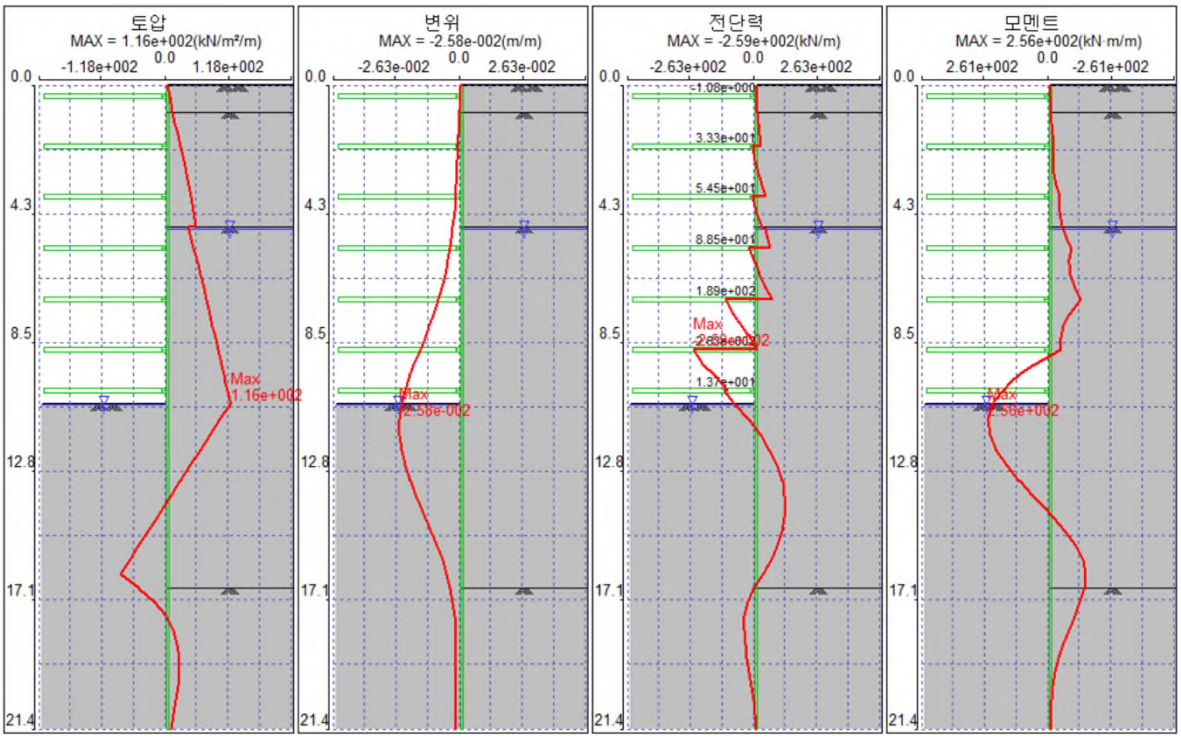
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Strut-5]



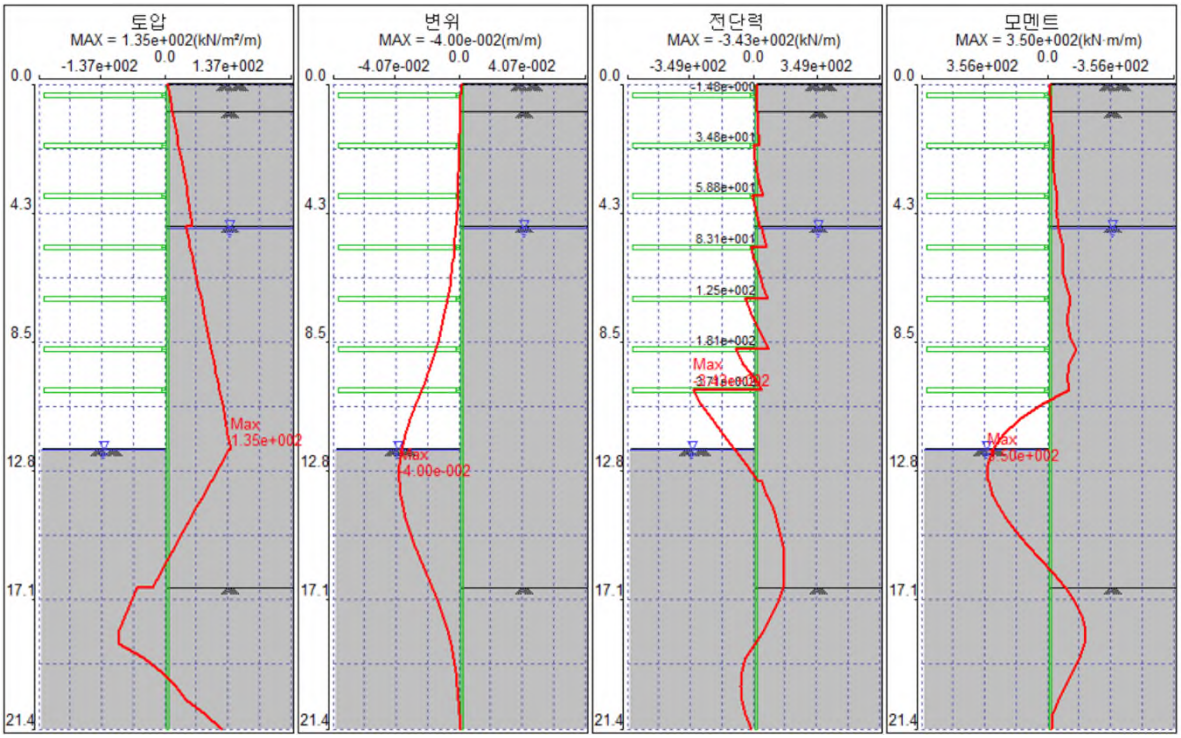
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 10.618 m]



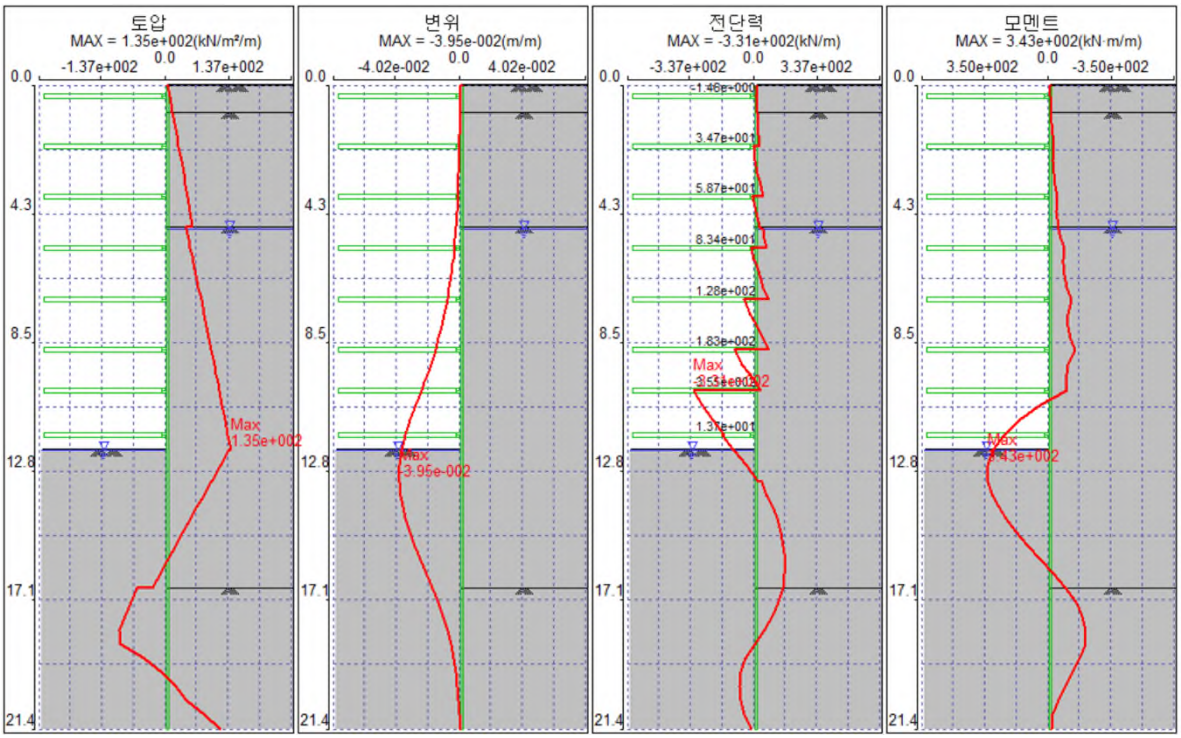
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Strut-6]



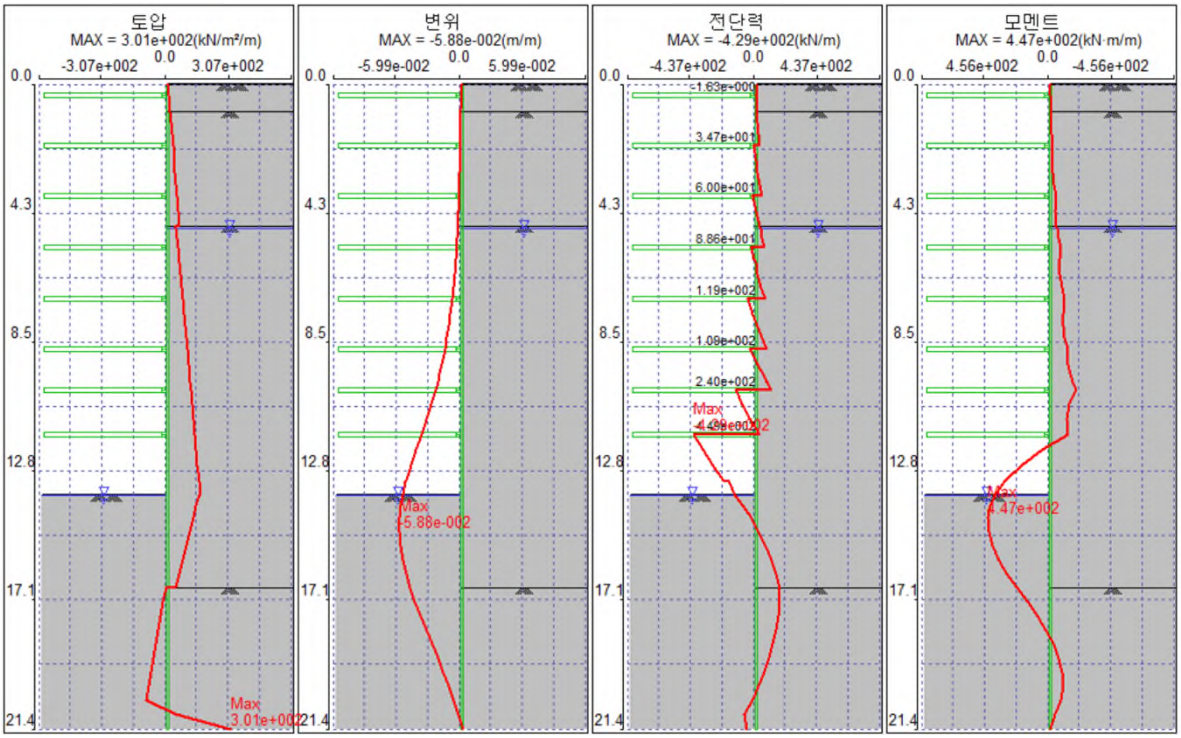
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 12.118 m]



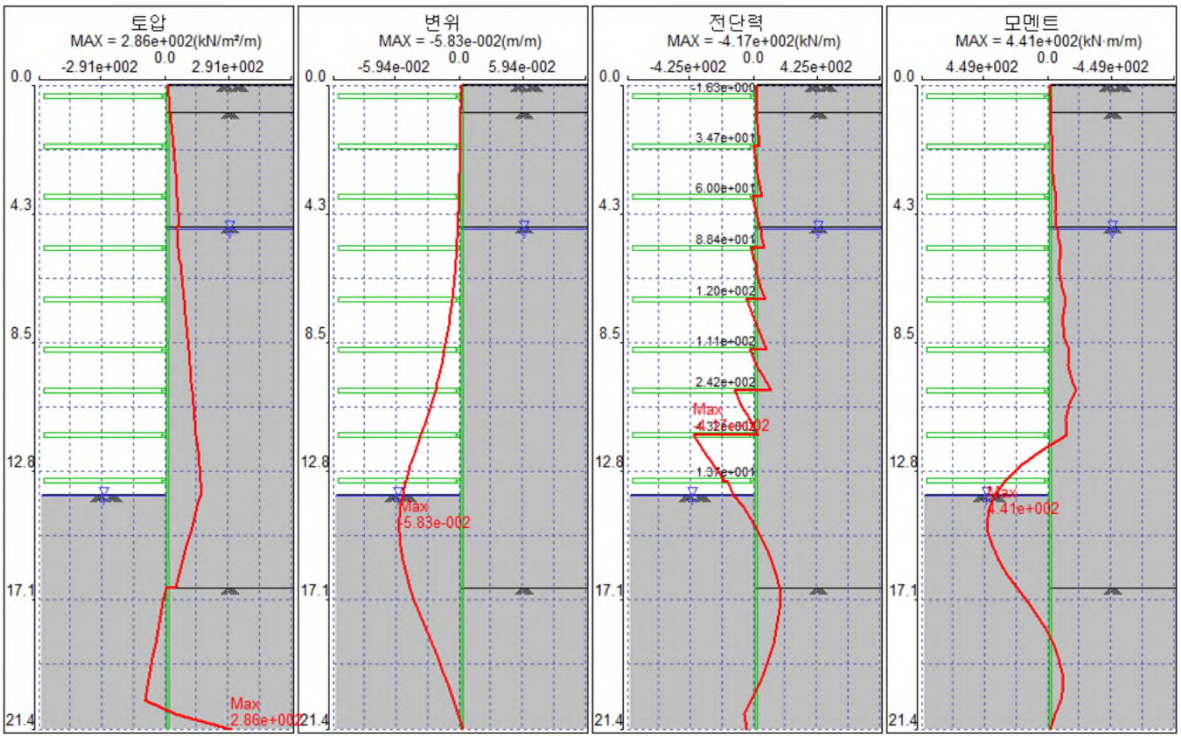
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Strut-7]



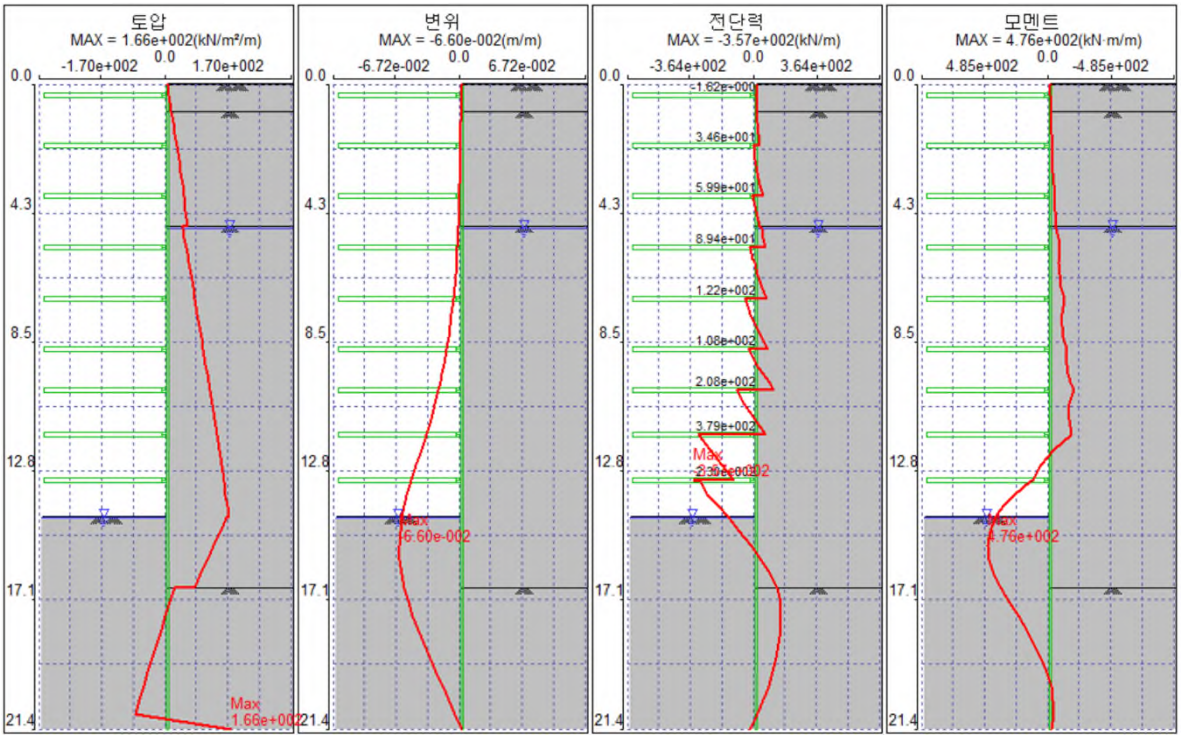
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 13.618 m]



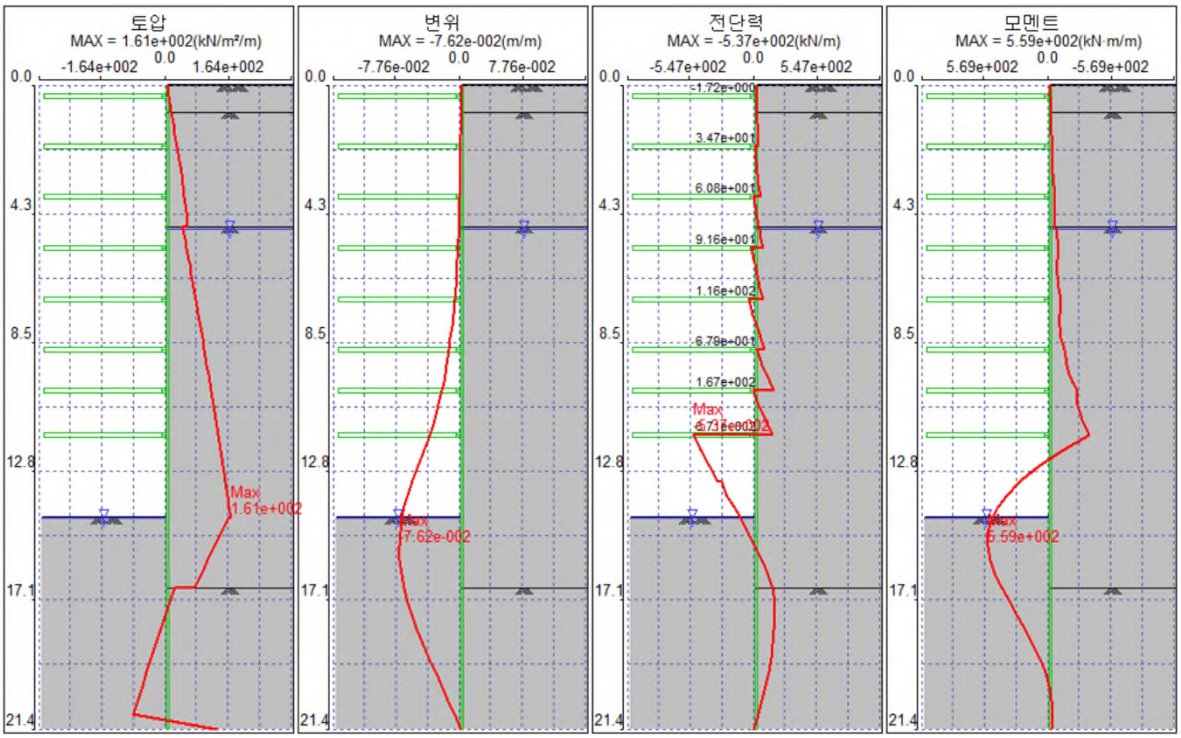
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Strut-8]



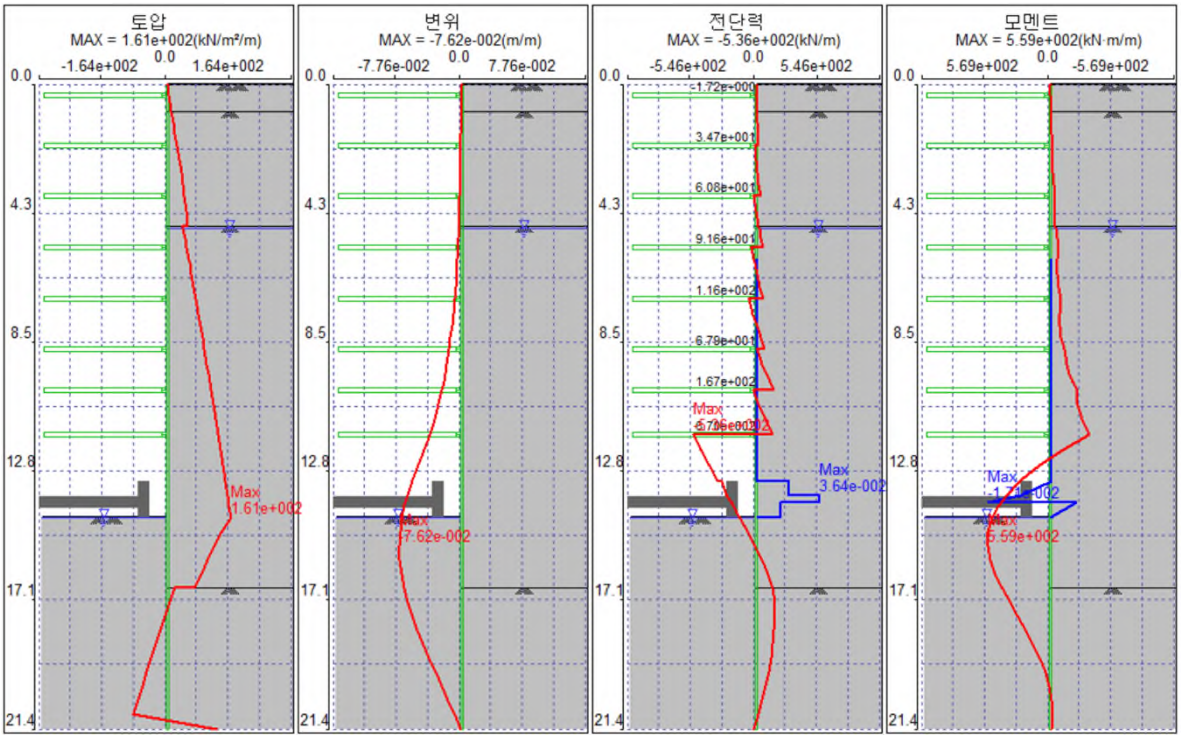
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 14.36 m]



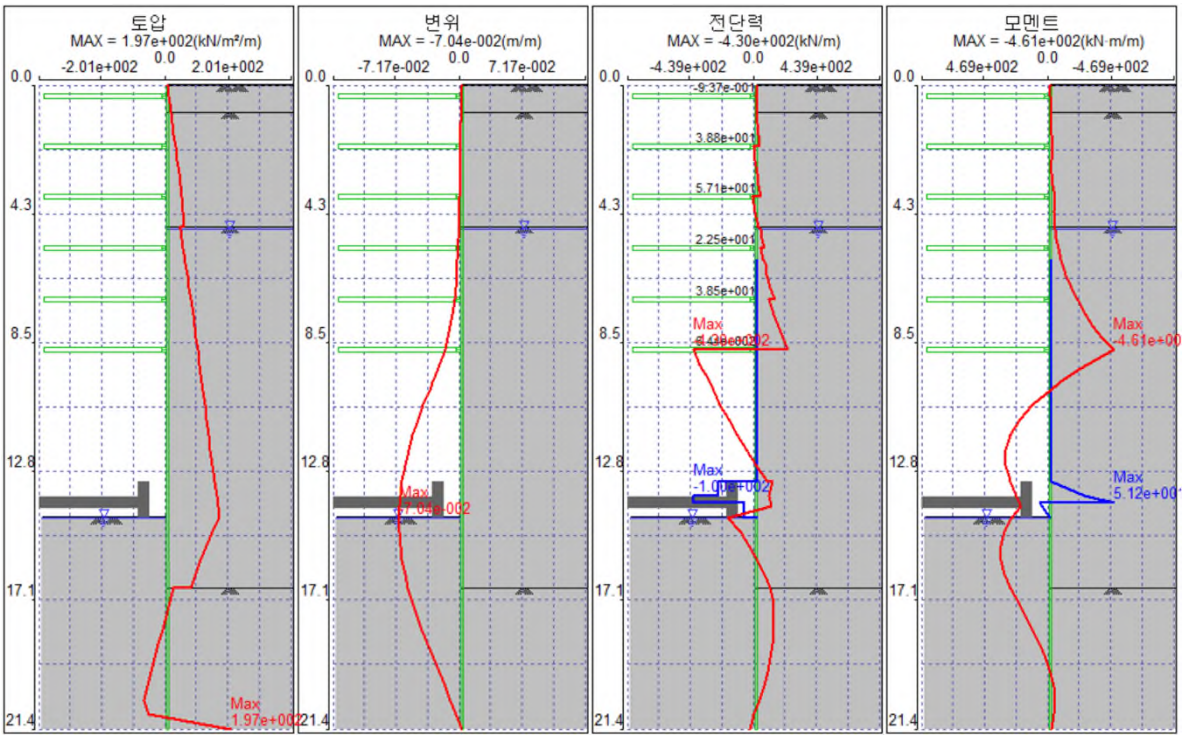
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체1]



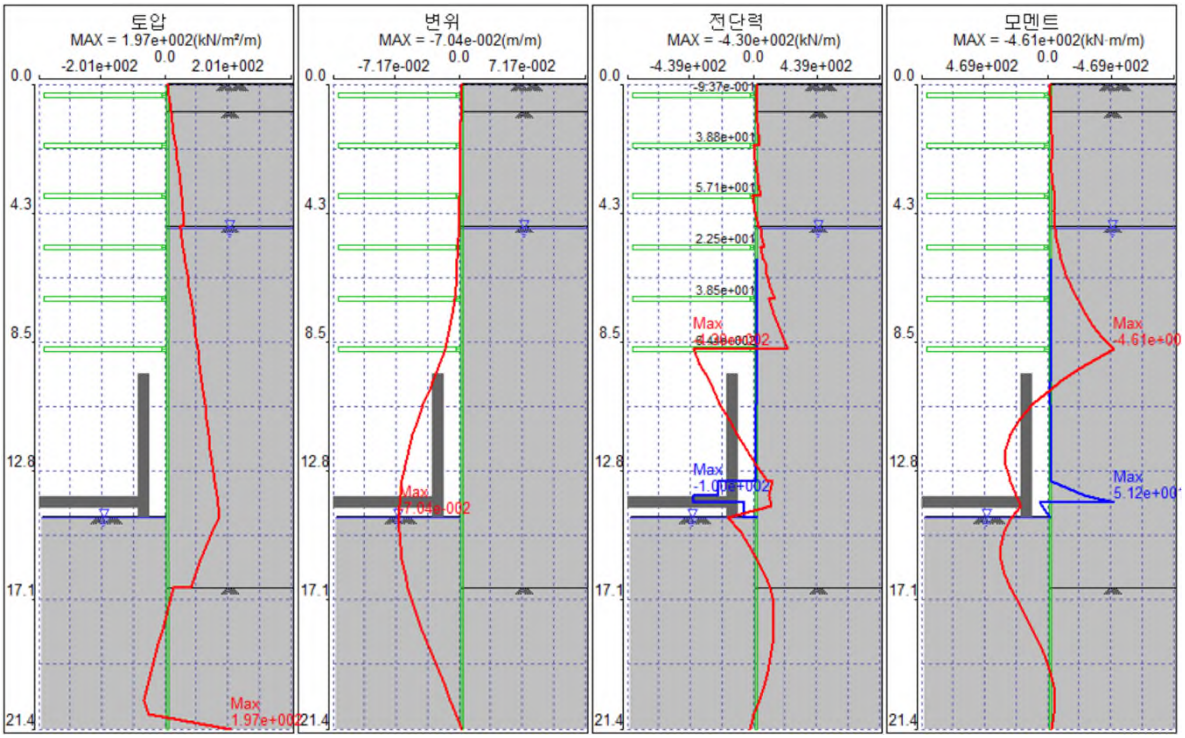
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체2]



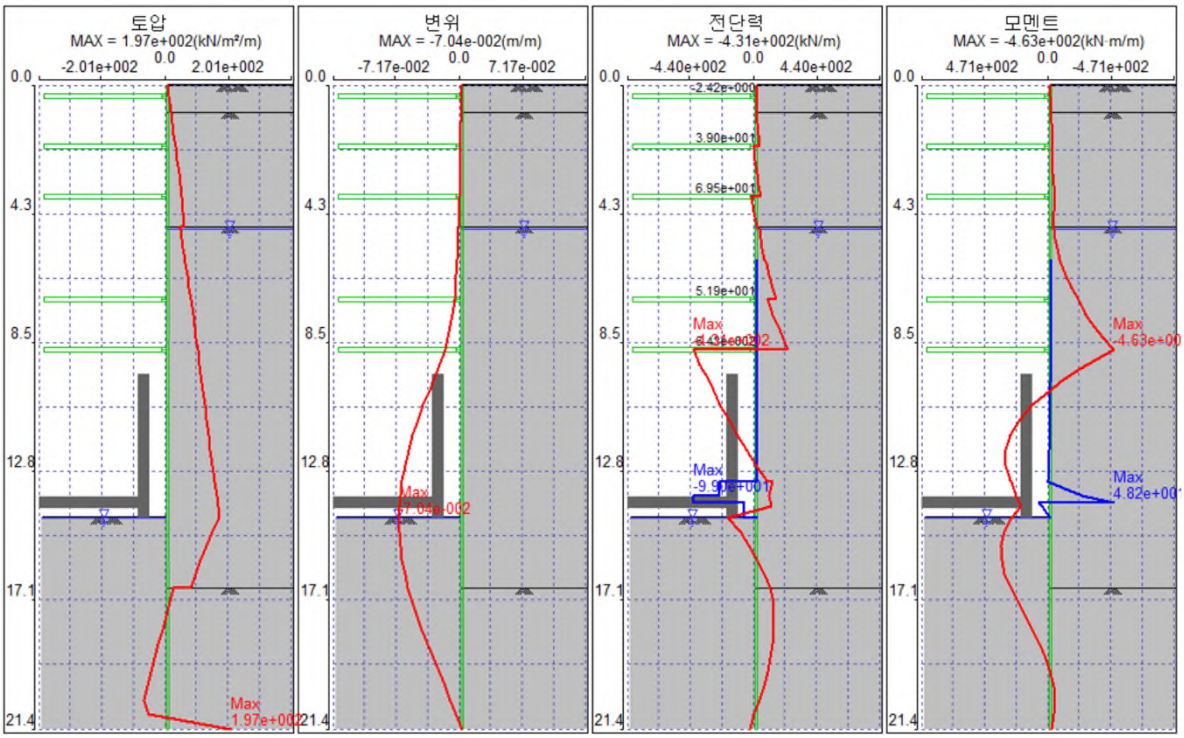
22) 시공 22 단계 [CS22 : 해체3]



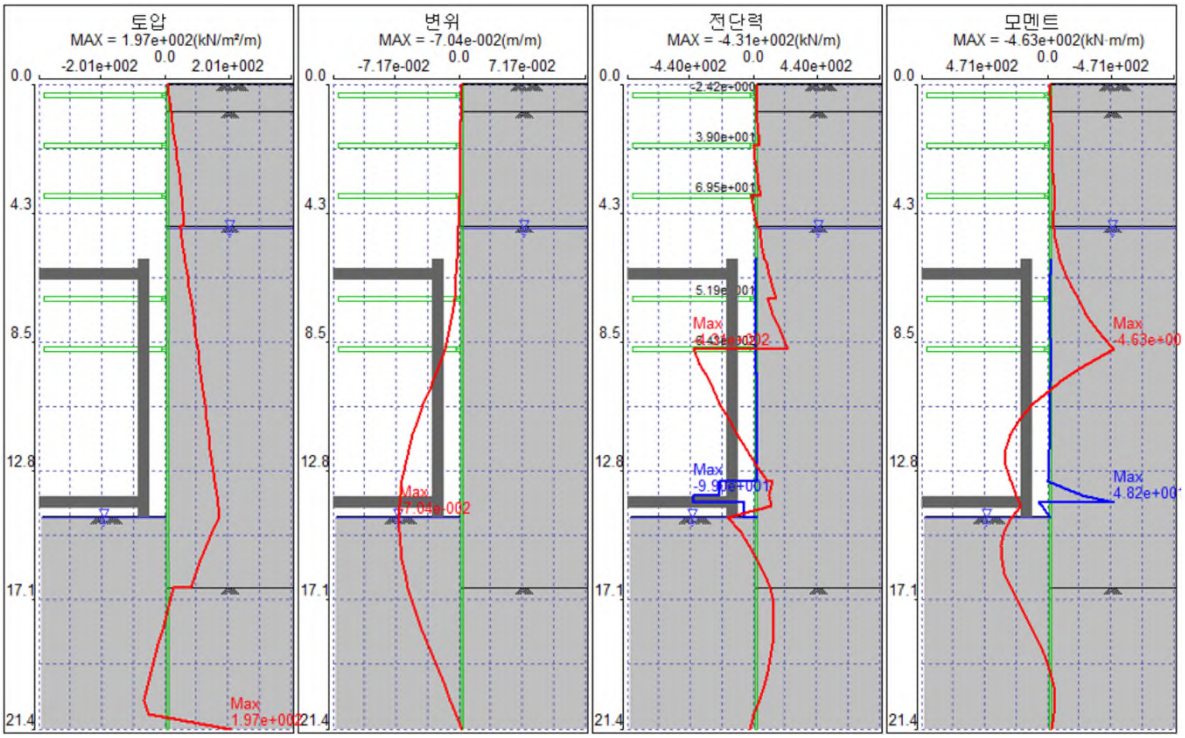
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체4]



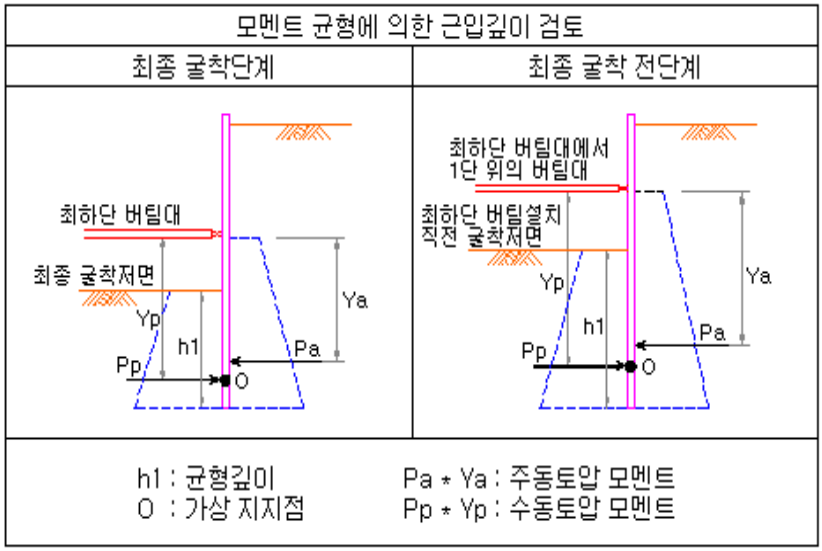
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체5]



25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	4.794	7.000	6317.726	8007.186	1.267	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.240	7.742	8753.083	11490.653	1.313	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -13.118 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 148.893 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.635 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1229.043 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.063 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (148.893 x 0.635) + (1229.043 x 5.063) = 6317.726 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1367.468 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.855 m

Mp = (Pp x Yp) = (1367.468 x 5.855) = 8007.186 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8007.186 / 6317.726 = 1.267

S.F. = 1.267 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -11.618 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 221.757 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.04 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1361.692 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.259 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (221.757 x 1.04) + (1361.692 x 6.259) = 8753.083 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1610.696 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.134 m

Mp = (Pp x Yp) = (1610.696 x 7.134) = 11490.653 kN·m

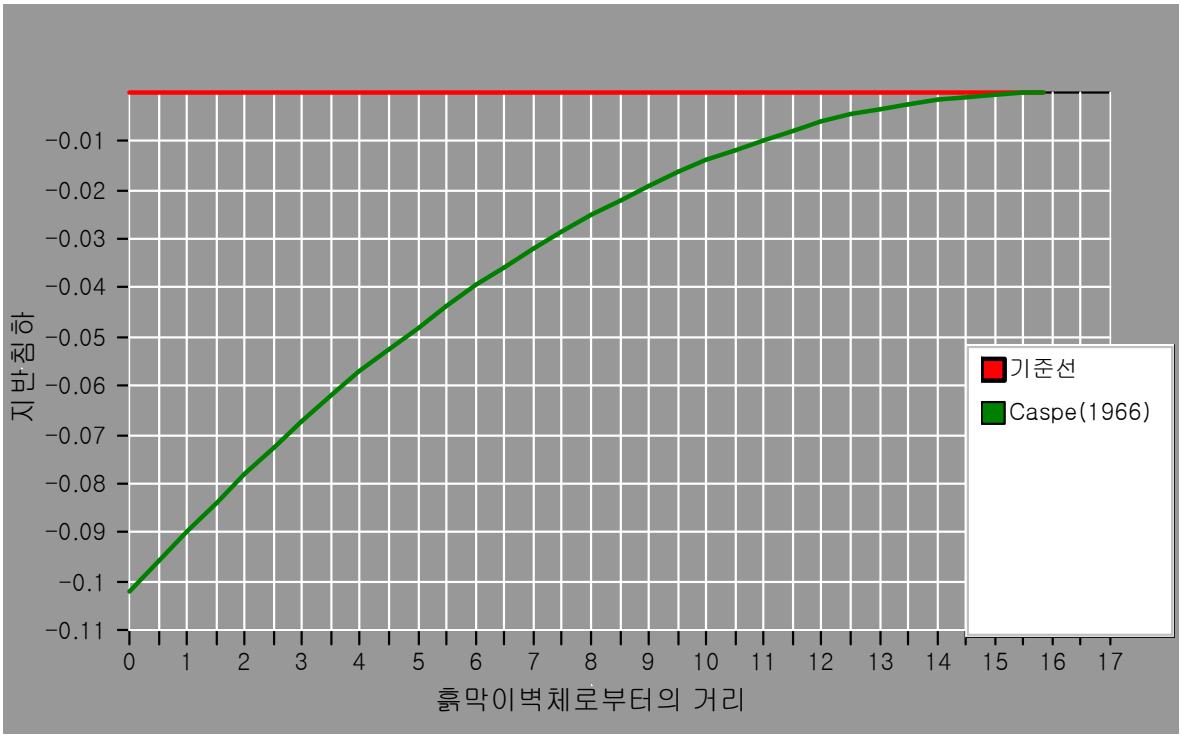
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 11490.653 / 8753.083 = 1.313

S.F. = 1.313 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.405 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 14.36 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.582 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.582/2) = 14.607 m

Ht = Hp + Hw = 14.607 + 14.36 = 28.967 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 28.967 x tan(45-32.582/2) = 15.865 m

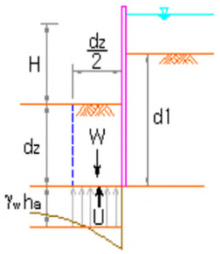
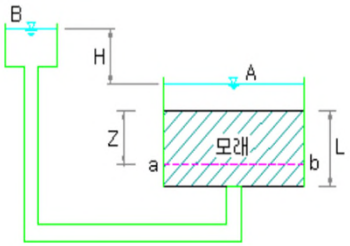
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.405 / 15.865 = -0.102 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.102 x ((15.865 - Xi) / 15.865)^2

12.5 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	75.775	269.500	3.557	0.236	1.100	4.657	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 2.165 x 7 / 2 = 75.775

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 75.775 = 3.557

S.F. = 3.557 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 4.33 / 18.33 = 0.236

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.236 = 4.657

S.F. = 4.657 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

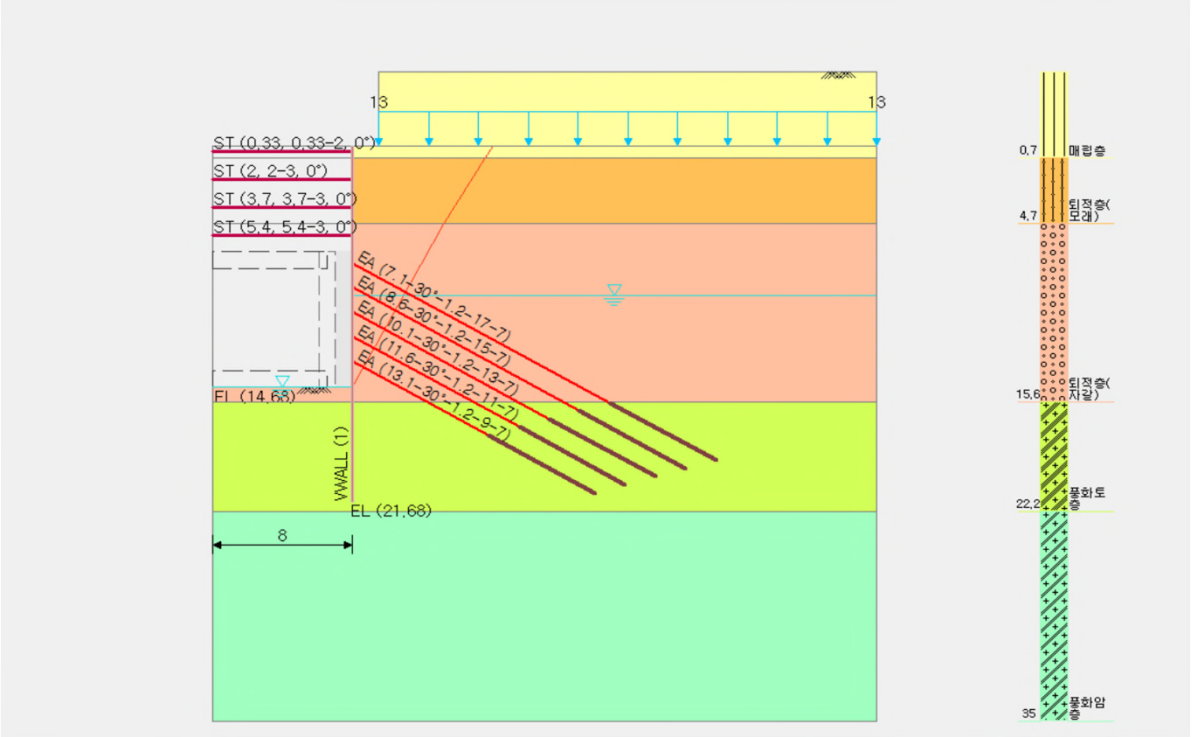
변 경

28. Ramp-D. 0+435.4~0+440(좌)--02단

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 내측주형지지보
6.2 외측주형지지보
7.지보재 설계
7.1 Strut 설계 (주형보)
7.2 Strut 설계 (Strut-1)
7.3 Strut 설계 (Strut-2)
7.4 Strut 설계 (Strut-3)
7.5 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-4, 5, 6, 7, 8)
8.띠장 설계
8.1 주형보 띠장 설계
8.2 Strut-1 띠장 설계
8.3 Strut-2 띠장 설계
8.4 Strut-3 띠장 설계
8.5 Earth Anchor-4 띠장 설계
8.6 Earth Anchor-5 띠장 설계
8.7 Earth Anchor-6 띠장 설계
8.8 Earth Anchor-7 띠장 설계
8.9 Earth Anchor-8 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 21.68m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.33, 0.33-2, 0°)
ST (2, 2-3, 0°)
ST (3.7, 3.7-3, 0°)
ST (5.4, 5.4-3, 0°)
EA (7.1-30°-1.2-17-7)
EA (8.6-30°-1.2-15-7)
EA (10.1-30°-1.2-13-7)
EA (11.6-30°-1.2-11-7)
EA (13.1-30°-1.2-9-7)
EL (14.68)
VWALL (1)
EL (21.68)
8
0.7
매립층
4.7
퇴적층(
모래)
15.6
퇴적층(
자갈)
22.2
풍화토
층
35
풍화암
층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.530	108.000	O.K		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	0.33	휨응력	5.317	127.980	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.302	93.321	O.K		
		전단응력	2.065	108.000	O.K		
Strut-1 P 406.4x9	2.00	휨응력	28.045	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	31.558	155.182	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.114	106.692	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	3.70	휨응력	28.045	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.416	155.182	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.114	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x12	5.40	휨응력	21.506	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	47.190	154.777	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	2.353	107.265	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-4 Strand12.7x4EA	7.10	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-5 Strand12.7x4EA	8.60	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-6 Strand12.7x4EA	10.10	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-7 Strand12.7x4EA	11.60	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-8 Strand12.7x4EA	13.10	O.K	O.K	O.K

2.5 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
주형보 H 300x305x15/15	0.33	휨응력	8.327	182.334	O.K	
		전단응력	6.909	108.000	O.K	
Strut-1 H 300x305x15/15	2.00	휨응력	56.393	171.711	O.K	
		전단응력	31.190	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	3.70	휨응력	91.122	171.711	O.K	
		전단응력	50.398	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	5.40	휨응력	139.817	171.711	O.K	
		전단응력	77.331	108.000	O.K	
Earth Anchor-4 2H 250x250x9/14	7.10	휨응력	29.396	188.028	O.K	
		전단응력	49.606	108.000	O.K	
Earth Anchor-5 2H 250x250x9/14	8.60	휨응력	33.150	188.028	O.K	
		전단응력	55.942	108.000	O.K	
Earth Anchor-6 2H 250x250x9/14	10.10	휨응력	33.108	188.028	O.K	
		전단응력	55.871	108.000	O.K	
Earth Anchor-7 2H 250x250x9/14	11.60	휨응력	34.042	188.028	O.K	
		전단응력	57.446	108.000	O.K	
Earth Anchor-8 2H 250x250x9/14	13.10	휨응력	32.766	188.028	O.K	
		전단응력	55.293	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	67.849	138.992	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.148	116.711	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 21.68	휨응력	153.400	243.000	O.K	
		전단응력	21.487	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	–	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	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

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 440x300x11/18(SS400)	-	
	H 300x305x15/15(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
버팀보 (강관)	P 406.4x9(SS400)	3.00m	
	P 406.4x12(SS400)	3.00m	
띠장	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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 압 축 응 력	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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

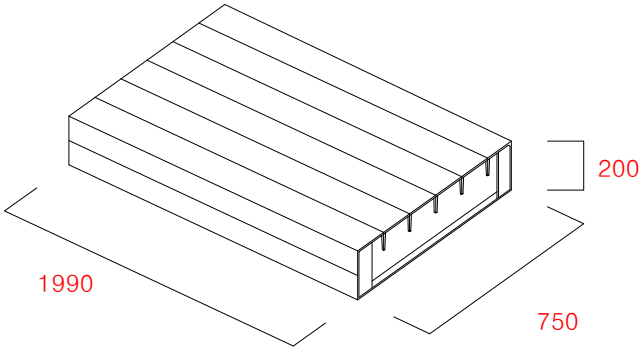
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

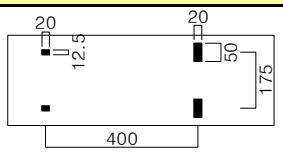
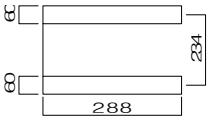
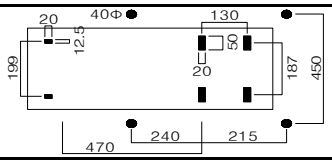
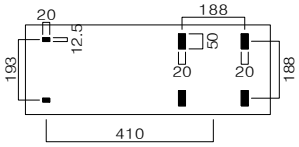
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.407 \times \text{####}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

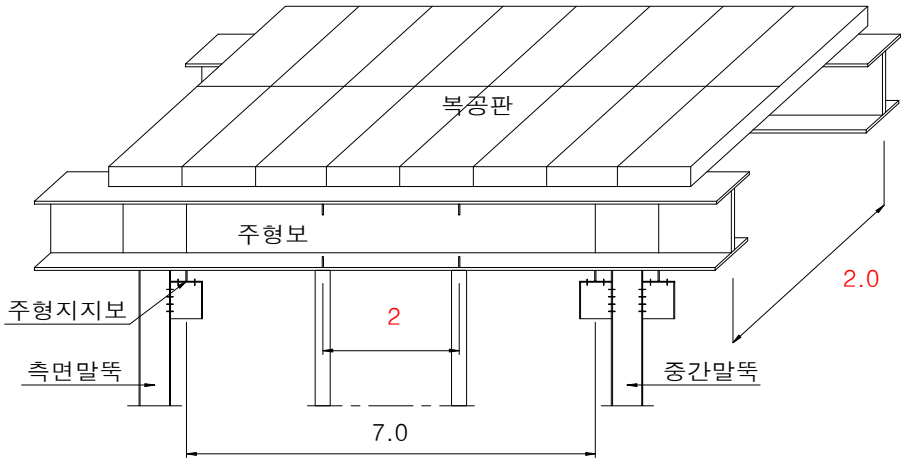
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

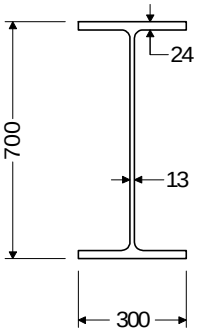
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.0
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.697 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.697 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.896$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.697 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 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

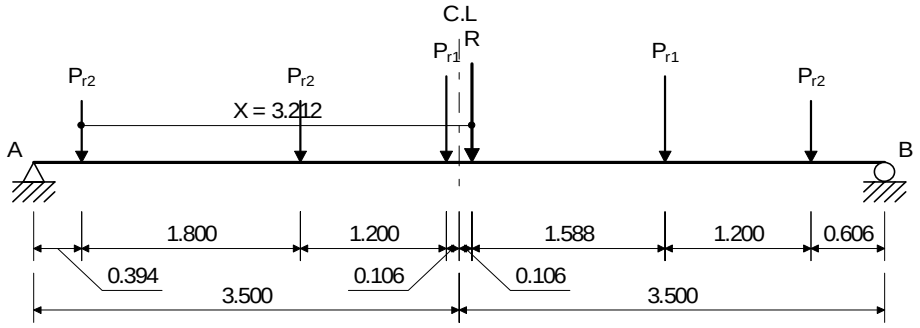
(3) 전륜하중

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

(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

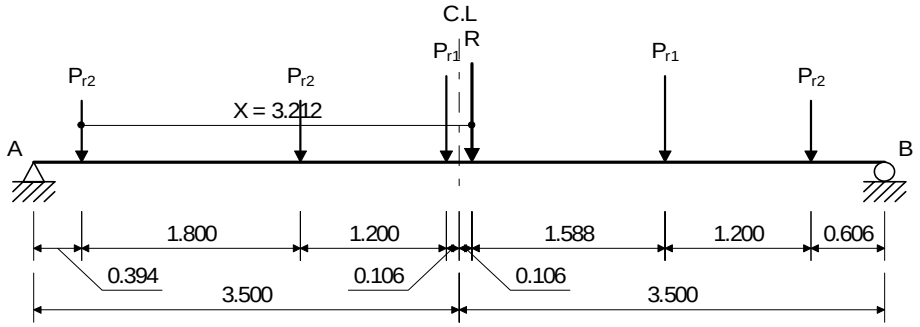
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

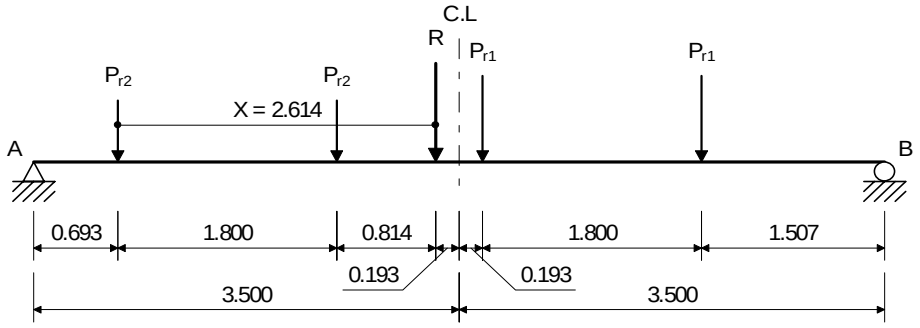
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

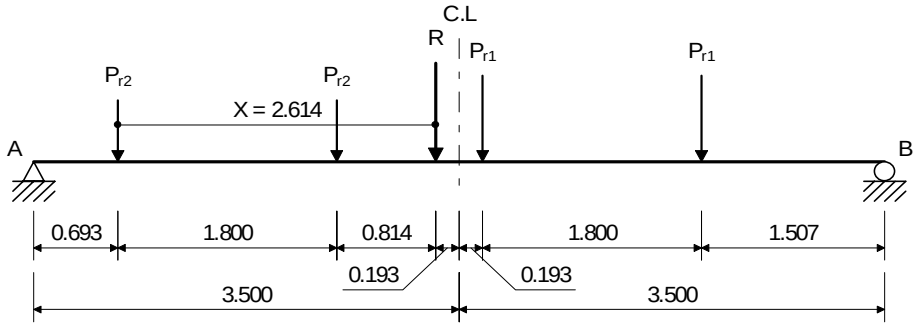


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

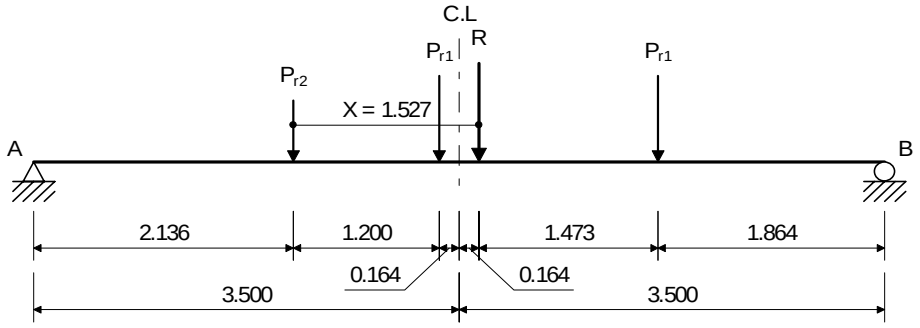
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

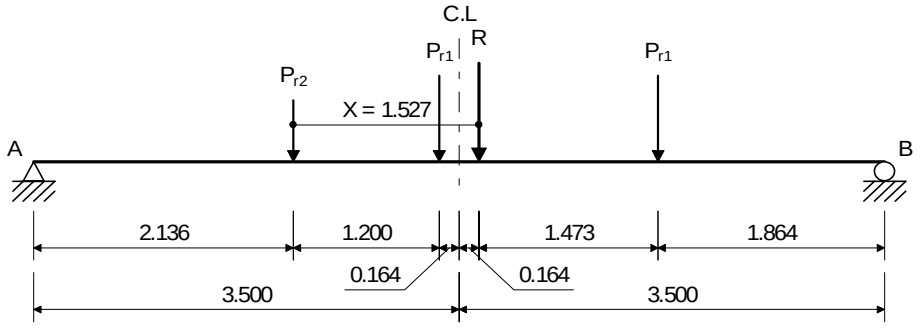


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

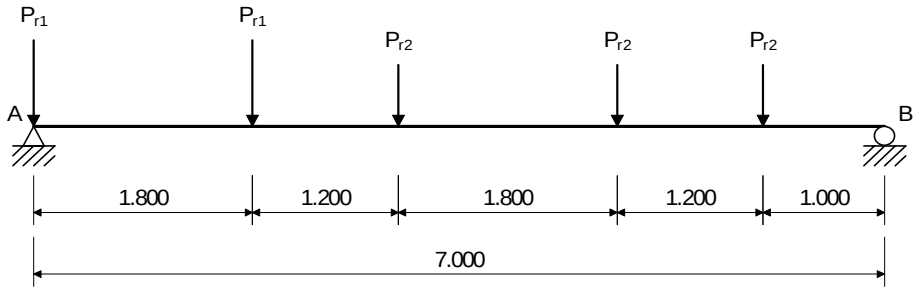


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.896 + 479.769 = 514.666 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.666 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

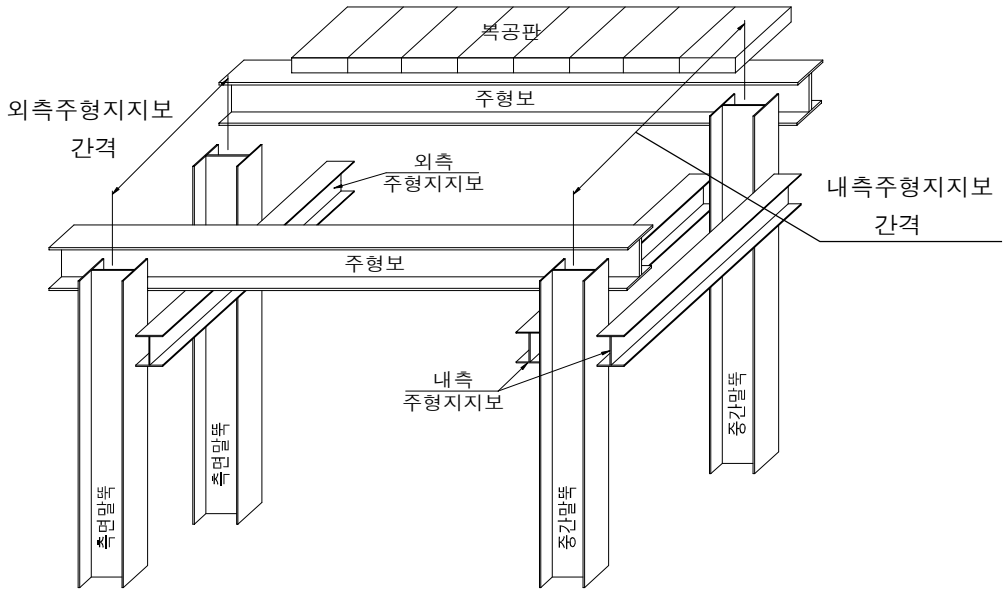
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 내측주형지지보

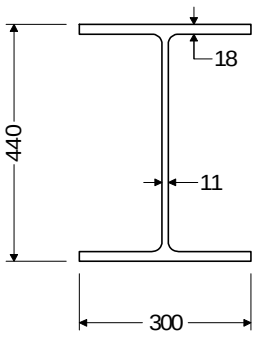
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

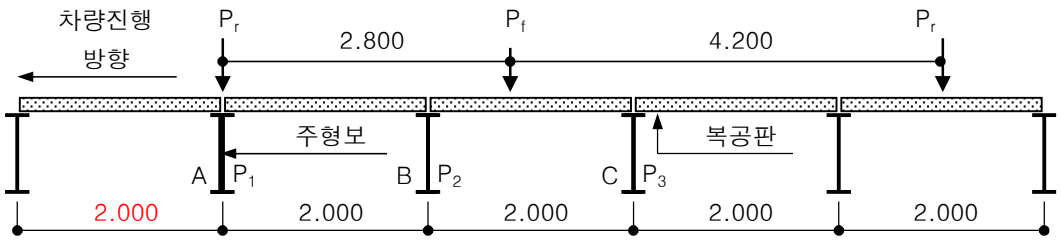


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



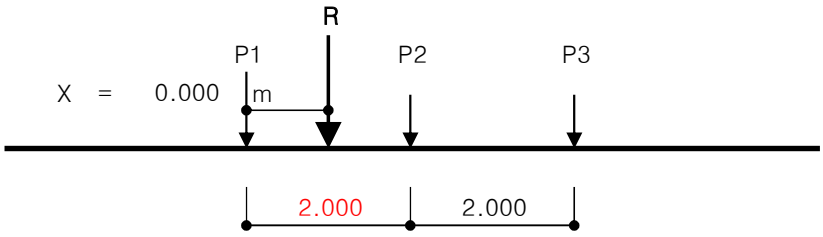
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

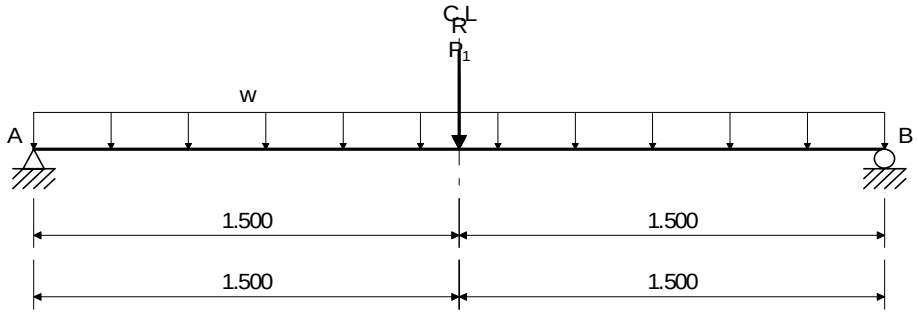


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

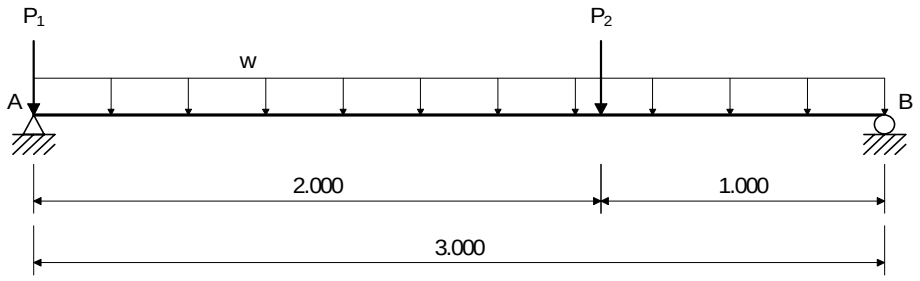
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.500) / L$
$= (333.724 \times 1.500) / 3.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.500) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.500) + 1.212 \times 3.00^2 / 8$
$= 251.656$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.008 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.877 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.877 x 1000 / 4444 = 80.530 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.530 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357877 + 17500)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

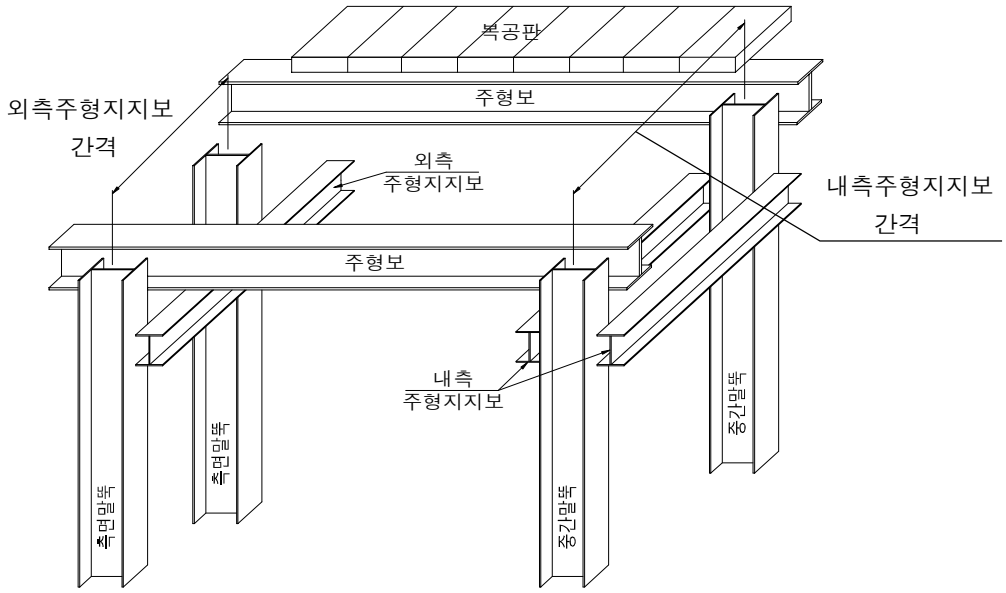
= 4.92 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.92 ea ---> O.K

6.2 외측주형지지보

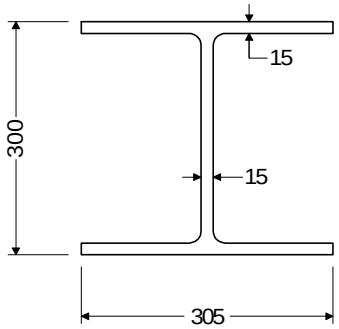
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

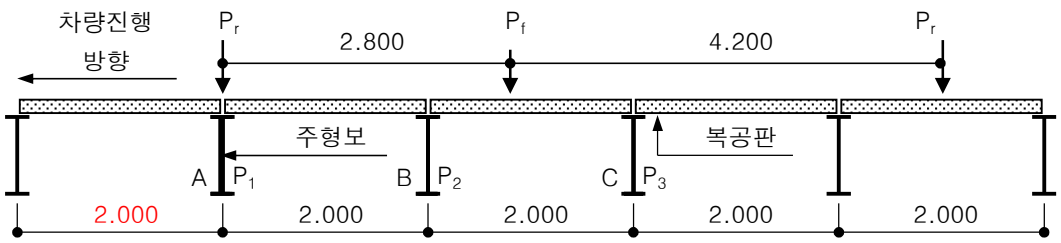


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



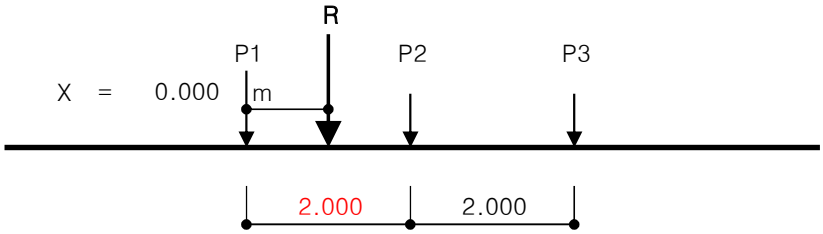
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.008 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

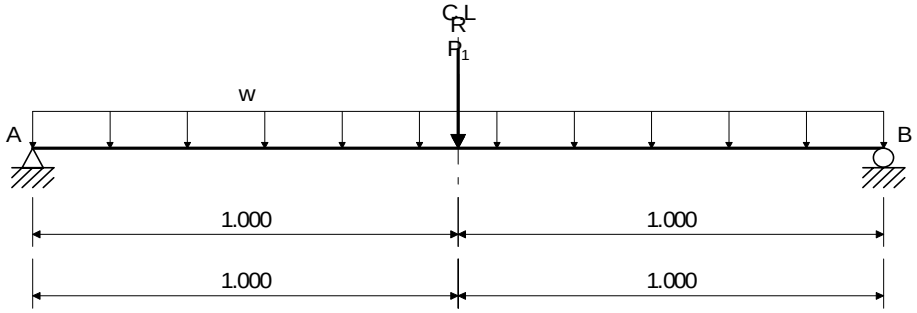


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

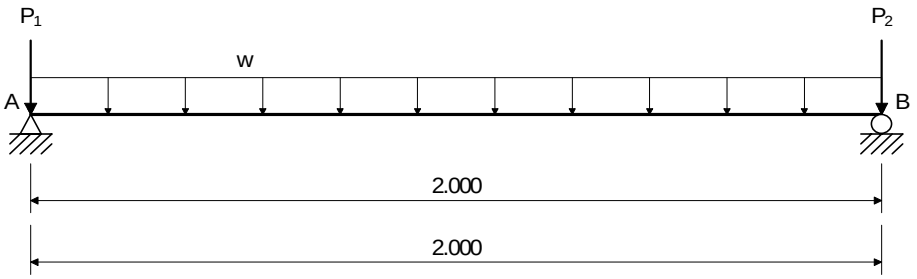
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.000) / L
= (333.724 x 1.000) / 2.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.000) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.000) + 1.038 x 2.00^2 / 8
= 167.381 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.008 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.761 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.761 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (334761 + 17500)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.61 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.61 ea ---> O.K

7.지보재 설계

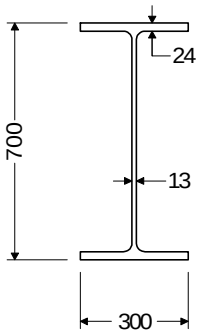
7.1 Strut 설계 (주형보)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 25.981 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.5 m)
= 25.981 x 2.00 / 1 단
= 51.962 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 51.962 + 120.0 = 171.962 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 x 1000000 / 5760000.0 = 5.317 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 171.962 x 1000 / 23550 = 7.302 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 17.500 x 1000 / 8476 = 2.065 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.571

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (12.619 − 1.985) / 12.619

= 0.843

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7000 / 293

23.891 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (23.891 − 20))

= 184.588 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 184.588 MPa

L_y / R_y = 7000 / 67.8

103.245 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 103.245²)

= 93.321 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 93.321 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 93.321 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7000 / 300

= 23.333 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.333 − 4.5))

= 127.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.980 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (23.891)²

= 2838.273 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 93.321 MPa > f_c = 7.302 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 127.980 MPa > f_b = 5.317 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.065 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{7.302}{93.321} + \frac{5.317}{127.980 \times (1 - (7.302 / 2838.273))}$$

$$= 0.120 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 7.302 + \frac{5.317}{1 - (7.302 / 2838.273)}$$

$$= 12.633 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.120 , 0.067)

= 0.120 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{12.619}{93.321} + \left\{ \frac{2.065}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.136 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

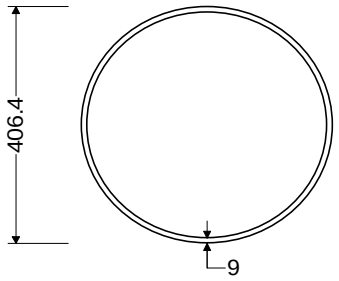
7.2 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 78.198 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.2 m)
= 78.198 x 3.00 / 1 단
= 234.593 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 234.593 + 120.0 = 354.593 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 x 1000000 / 1092000.0 = 28.045 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 354.593 x 1000 / 11236.2 = 31.558 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{17.500 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.114 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.094 x 9)

= 20.636 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.094

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (59.603 − 3.513) / 59.603

= 0.941 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 140.5

49.822 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (49.822 − 20))

= 155.182 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 155.182 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (49.822)^2

= 652.637 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 155.182 MPa > f_c = 31.558 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 28.045 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 3.114 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{31.558}{155.182} + \frac{28.045}{189.000 \times (1 - (31.558 / 652.637))}$$

$$= 0.359 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 31.558 + \frac{28.045}{1 - (31.558 / 652.637)}$$

$$= 61.028 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.359 , 0.323)

= 0.359 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{59.603}{155.182} + \left\{ \frac{3.114}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.385 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

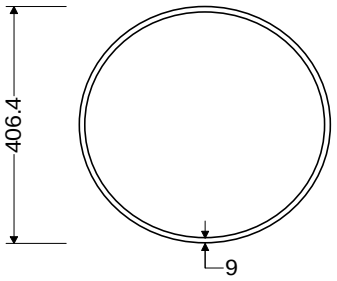
7.3 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 126.356 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 5.9 m)
= 126.356 x 3.00 / 1 단
= 379.067 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 379.067 + 120.0 = 499.067 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 \times 1000000 / 1092000.0 = 28.045$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 499.067 \times 1000 / 11236.2 = 44.416$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{17.500 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.114$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.077 x 9)

= 20.956 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.077

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (72.461 − 16.371) / 72.461

= 0.774 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 140.5

49.822 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (49.822 − 20))

= 155.182 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 155.182 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (49.822)^2

= 652.637 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 155.182 MPa > f_c = 44.416 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 28.045 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 3.114 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{44.416}{155.182} + \frac{28.045}{189.000 \times (1 - (44.416 / 652.637))}$$

$$= 0.445 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.416 + \frac{28.045}{1 - (44.416 / 652.637)}$$

$$= 74.509 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.445 , 0.394)

= 0.445 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{72.461}{155.182} + \left\{ \frac{3.114}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.468 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

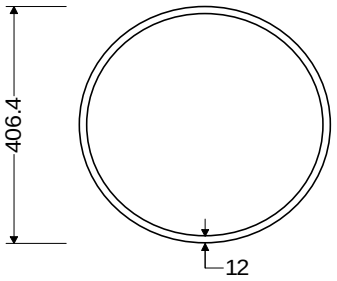
7.4 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.000 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} = 193.879 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.6 m)
= 193.879 x 3.00 / 1 단
= 581.637 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 581.637 + 120.0 = 701.637 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.000 x 7.000 / 8 / 1 단
= 30.625 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.000 / 2 / 1 단
= 17.500 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 30.625 x 1000000 / 1424000.0 = 21.506 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 701.637 x 1000 / 14868.5 = 47.190 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{17.500 \times 1000 \times 933596.2}{289370000 \times 24.0}$ = 2.353 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.063 x 12)

= 15.936 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.063

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (68.696 − 25.683) / 68.696

= 0.626 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7000 / 139.5

50.179 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.179 − 20))

= 154.777 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.777 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.179)^2

= 643.380 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 12

= 16.933 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 16.933^2)

= 107.265 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 154.777 MPa > f_c = 47.190 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 21.506 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 107.265 MPa > τ = 2.353 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{47.190}{154.777} + \frac{21.506}{189.000 \times (1 - (47.190 / 643.380))}$$

$$= 0.428 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 47.190 + \frac{21.506}{1 - (47.190 / 643.380)}$$

$$= 70.398 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.428 , 0.372)

= 0.428 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{68.696}{154.777} + \left\{ \frac{2.353}{107.265} \right\}^2$$

$$= 0.444 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

7.5 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-4, 5, 6, 7, 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}	O
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	×
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.65 x f_{pu} x A_p , 0.80 x f_{py} x A_p)

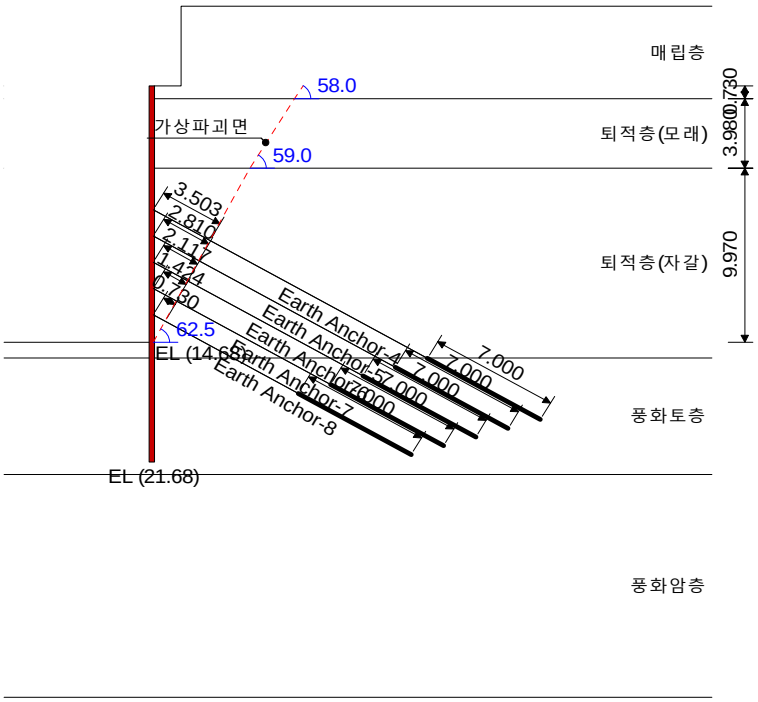
= Min. (0.65 x 1860.0 x 394.84 ,

0.80 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (477361.6 , 495919.0) N

= 477.362 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
Earth Anchor-4	7.100	3.503	2.202	17.000	O.K
Earth Anchor-5	8.600	2.810	2.202	15.000	O.K
Earth Anchor-6	10.100	2.117	2.202	13.000	O.K
Earth Anchor-7	11.600	1.424	2.202	11.000	O.K
Earth Anchor-8	13.100	0.730	2.202	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)
Earth Anchor-4	7.100	215.931	1.200	30	259.117
Earth Anchor-5	8.600	246.133	1.200	30	295.360
Earth Anchor-6	10.100	248.886	1.200	30	298.663
Earth Anchor-7	11.600	255.716	1.200	30	306.859
Earth Anchor-8	13.100	243.664	1.200	30	292.397

(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)
7.100	200000	3.0	98.71	4	17.5	13537.371
8.600	200000	3.0	98.71	4	15.5	15284.129
10.100	200000	3.0	98.71	4	20.5	11556.293
11.600	200000	3.0	98.71	4	18.5	12805.622
13.100	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)	ΔP_{pr} (N)
7.100	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
8.600	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
10.100	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
11.600	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
13.100	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)	ΔP_p (kN)	ΔP_{pr} (kN)	JF_{req} (kN)
7.100	259.117	13.537	24.796	297.450
8.600	295.360	15.284	24.796	335.440
10.100	298.663	11.556	24.796	335.016
11.600	306.859	12.806	24.796	344.461
13.100	292.397	14.358	24.796	331.551

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
7.100	297.450	119.340	4	2.492	O.K
8.600	335.440	119.340	4	2.811	O.K
10.100	335.016	119.340	4	2.807	O.K
11.600	344.461	119.340	4	2.886	O.K
13.100	331.551	119.340	4	2.778	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)
Earth Anchor-4	7.100	259.117	풍화토층	2.00	100.000	350.000	4.713	259.117
합계		-	-	-	-	-	4.713	-
Earth Anchor-5	8.600	295.360	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.372	295.360
합계		-	-	-	-	-	5.372	-
Earth Anchor-6	10.100	298.663	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.432	298.663
합계		-	-	-	-	-	5.432	-
Earth Anchor-7	11.600	306.859	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.582	306.859
합계		-	-	-	-	-	5.582	-
Earth Anchor-8	13.100	292.397	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.318	292.397
합계		-	-	-	-	-	5.318	-

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)
7.100	259.117	4.0	12.70	1000.0	1.624
8.600	295.360	4.0	12.70	1000.0	1.851
10.100	298.663	4.0	12.70	1000.0	1.871
11.600	306.859	4.0	12.70	1000.0	1.923
13.100	292.397	4.0	12.70	1000.0	1.832

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
7.100	4.713	1.624	7.0	O.K
8.600	5.372	1.851	7.0	O.K
10.100	5.432	1.871	7.0	O.K
11.600	5.582	1.923	7.0	O.K
13.100	5.318	1.832	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)
7.100	17.000	1.500	7.000	25.500
8.600	15.000	1.500	7.000	23.500
10.100	13.000	1.500	7.000	21.500
11.600	11.000	1.500	7.000	19.500
13.100	9.000	1.500	7.000	17.500

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)
7.100	297.450	17.5	200000	98.71	4	65.918
8.600	335.440	15.5	200000	98.71	4	65.841
10.100	335.016	20.5	200000	98.71	4	86.970
11.600	344.461	18.5	200000	98.71	4	80.698
13.100	331.551	16.5	200000	98.71	4	69.276

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
7.100	1.20	30.0	17.000	1.500	7.000	297.450
8.600	1.20	30.0	15.000	1.500	7.000	335.440
10.100	1.20	30.0	13.000	1.500	7.000	335.016
11.600	1.20	30.0	11.000	1.500	7.000	344.461
13.100	1.20	30.0	9.000	1.500	7.000	331.551

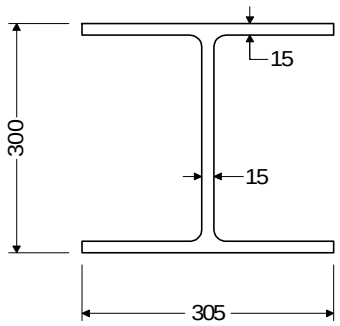
8.띠장 설계

8.1 주형보 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

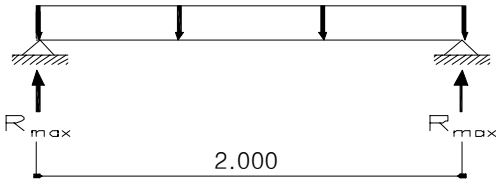
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 25.981 kN/m ---> 주형보 (CS3 : 굴착 2.5 m)

P = 25.981 × 2.00 m / 1 ea = 51.962 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 51.962 / (13 × 2.000)
= 23.982 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 23.982 × 2.000^2 / 8
= 11.991 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 23.982 × 2.000 / 12
= 27.979 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 11.991 x 1000000 / 1440000.0 = 8.327 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 27.979 x 1000 / 4050 = 6.909 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (8.327 + 8.327) / 8.327

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 8.327 MPa ---> O.K

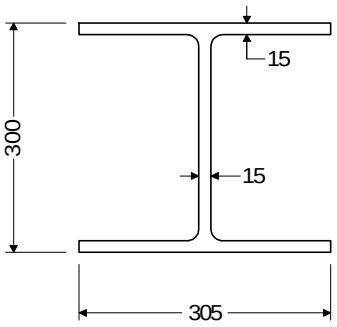
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 6.909 MPa ---> O.K

8.2 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

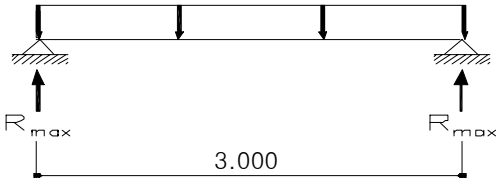
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 78.198 kN/m ---> Strut-1 (CS5 : 굴착 4.2 m)

P = 78.198 × 3.00 m / 1 ea = 234.593 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 234.593 / (13 × 3.000)
= 72.182 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 72.182 × 3.000 ^{2} / 8
= 81.205 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 72.182 × 3.000 / 12
= 126.319 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 81.205 x 1000000 / 1440000.0 = 56.393 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 126.319 x 1000 / 4050 = 31.190 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (56.393 + 56.393) / 56.393
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로
f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa
f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

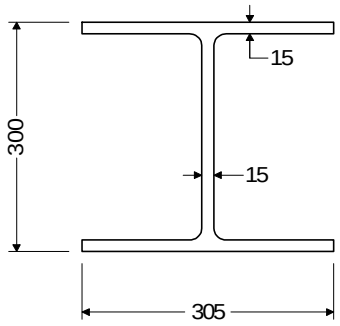
▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 56.393 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 31.190 MPa ---> O.K

8.3 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

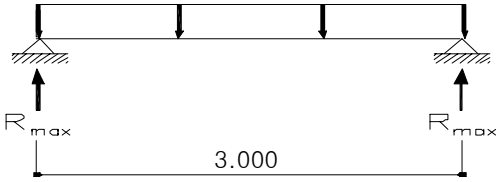
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 126.356 kN/m ---> Strut-2 (CS7 : 굴착 5.9 m)

P = 126.356 × 3.00 m / 1 ea = 379.067 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 379.067 / (13 × 3.000)
= 116.636 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 116.636 × 3.000^2 / 8
= 131.216 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 116.636 × 3.000 / 12
= 204.113 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 131.216 x 1000000 / 1440000.0 = 91.122 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 204.113 x 1000 / 4050 = 50.398 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (91.122 + 91.122) / 91.122

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 91.122 MPa ---> O.K

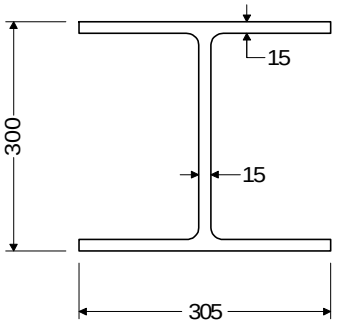
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 50.398 MPa ---> O.K

8.4 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

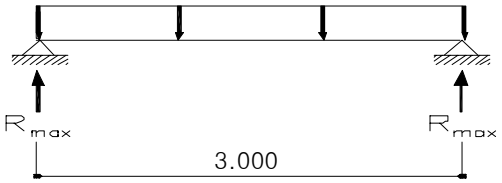
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 193.879 kN/m ---> Strut-3 (CS9 : 굴착 7.6 m)

P = 193.879 × 3.00 m / 1 ea = 581.637 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)

$= 12 \times 581.637 / (13 \times 3.000)$
$= 178.965$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 178.965 \times 3.000^2 / 8$
$= 201.336$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 178.965 \times 3.000 / 12$
$= 313.189$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 201.336 \times 1000000 / 1440000.0 = 139.817$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 313.189 \times 1000 / 4050 = 77.331$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (139.817 + 139.817) / 139.817$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 139.817$ MPa ---> O.K

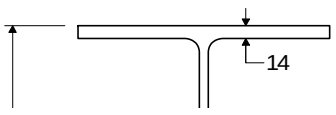
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 77.331$ MPa ---> O.K

8.5 Earth Anchor-4 띠장 설계

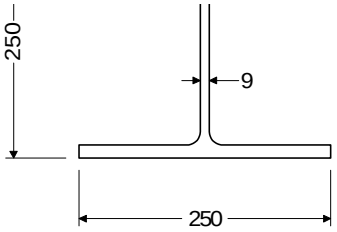
가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

w (N/m)	709.6



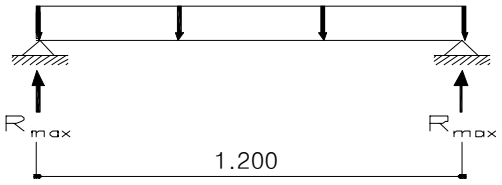
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



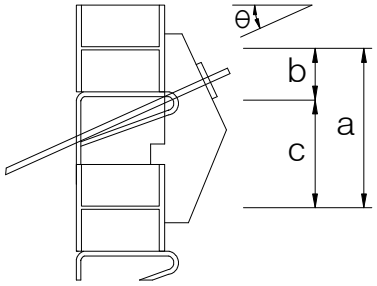
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 297.450 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 297.450 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 184.066 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 184.066 / (13 × 1.200)
= 141.590 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 141.590 × 1.200 ^{2} / 8
= 25.486 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 141.590 × 1.200 / 12
= 99.113 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 25.486 x 1000000 / 867000.0 = 29.396 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 99.113 x 1000 / 1998 = 49.606 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (29.396 + 29.396) / 29.396

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (4.800 − 4.5))

= 188.028 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 29.396 MPa ---> O.K

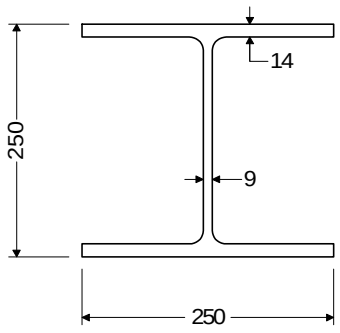
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 49.606 MPa ---> O.K

8.6 Earth Anchor-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

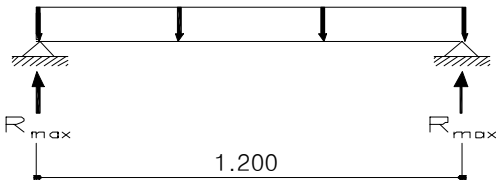
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



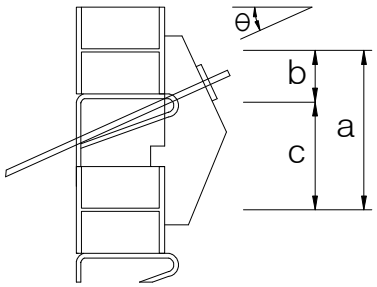
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

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} = 335.440 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 335.440 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 207.575 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 207.575 / (13 × 1.200)
= 159.673 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 159.673 × 1.200 ^{2} / 8
= 28.741 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 159.673 × 1.200 / 12
= 111.771 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 28.741 x 1000000 / 867000.0 = 33.150 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 111.771 x 1000 / 1998 = 55.942 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (33.150 + 33.150) / 33.150$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (4.800 - 4.5))

= 188.028 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 33.150 MPa ---> O.K

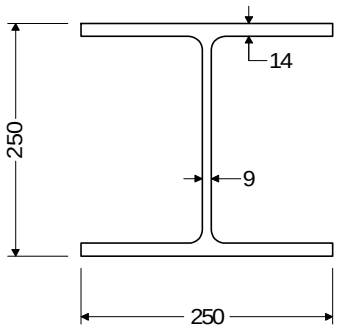
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 55.942 MPa ---> O.K

8.7 Earth Anchor-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

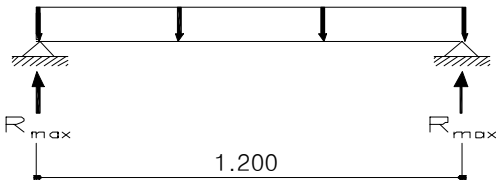
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



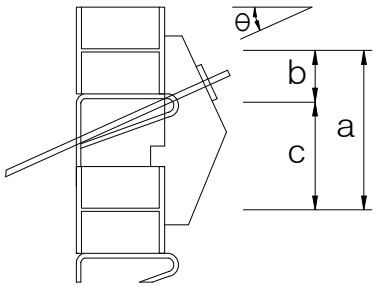
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

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} = 335.016 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 335.016 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 207.313 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 207.313 / (13 × 1.200)
= 159.471 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 159.471 × 1.200 ^{2} / 8
= 28.705 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 159.471 × 1.200 / 12
= 111.630 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 28.705 x 1000000 / 867000.0 = 33.108 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 111.630 x 1000 / 1998 = 55.871 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (33.108 + 33.108) / 33.108

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (4.800 − 4.5))

= 188.028 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 33.108 MPa ---> O.K

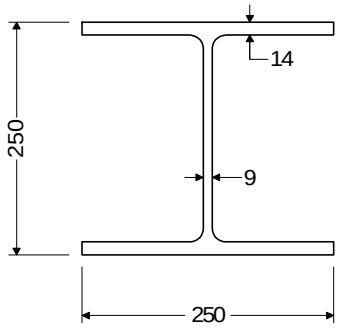
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 55.871 MPa ---> O.K

8.8 Earth Anchor-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

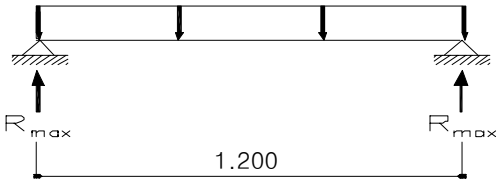
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



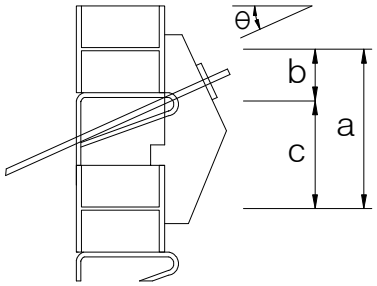
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 344.461 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 344.461 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 213.157$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 213.157 / (13 \times 1.200)$
$= 163.967$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 163.967 \times 1.200^2 / 8$
$= 29.514$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 163.967 \times 1.200 / 12$
$= 114.777$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 29.514 x 1000000 / 867000.0 = 34.042 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 114.777 x 1000 / 1998 = 57.446 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (34.042 + 34.042) / 34.042

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (4.800 − 4.5))

= 188.028 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 34.042 MPa ---> O.K

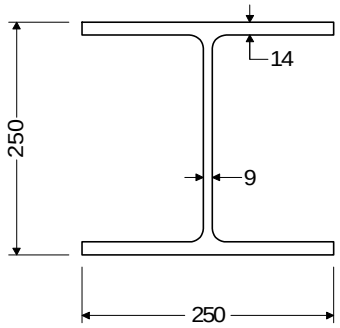
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 57.446 MPa ---> O.K

8.9 Earth Anchor-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

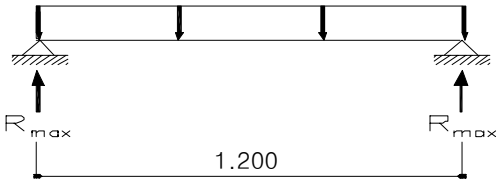
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



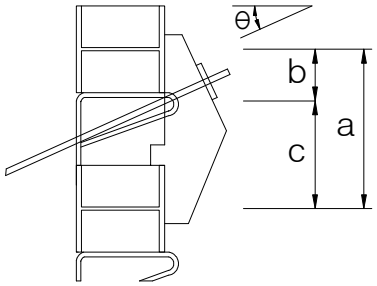
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

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} = 331.551 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 331.551 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 205.168$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 205.168 / (13 \times 1.200)$
$= 157.822$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 157.822 \times 1.200^2 / 8$
$= 28.408$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 157.822 \times 1.200 / 12$
$= 110.475$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 28.408 x 1000000 / 867000.0 = 32.766 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 110.475 x 1000 / 1998 = 55.293 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (32.766 + 32.766) / 32.766

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (4.800 − 4.5))

= 188.028 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 32.766 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 55.293 MPa ---> O.K

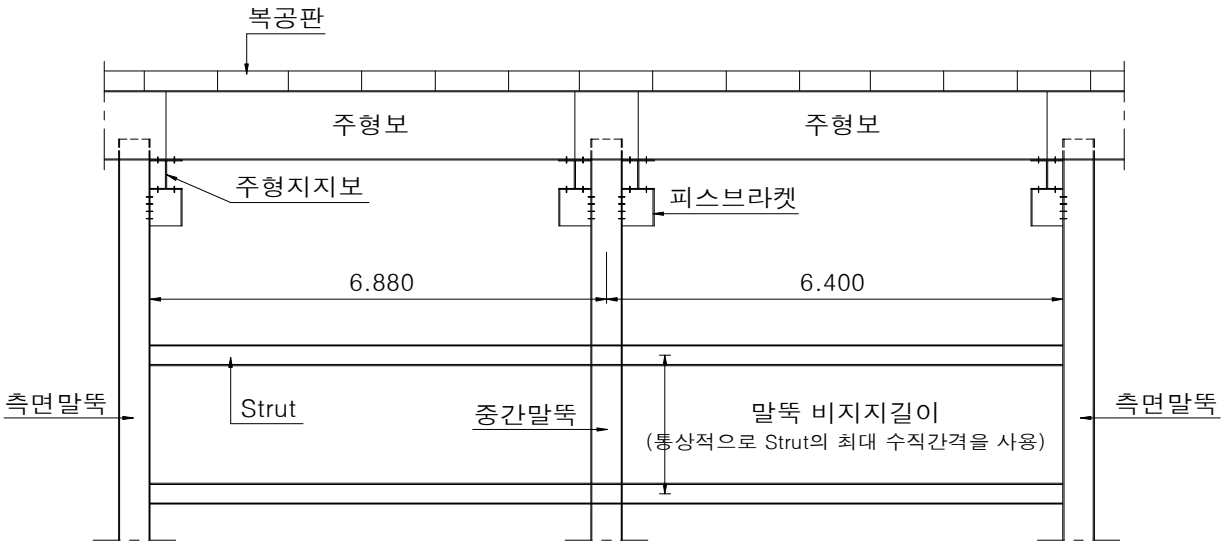
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.880 + 6.400 = 13.280 m

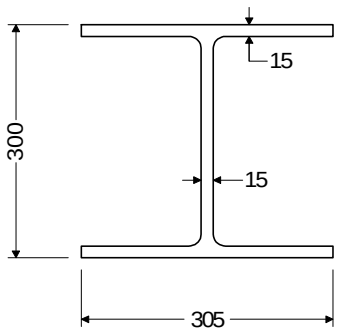
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 23.000 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 61.614 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 4.905 kN

ΣP_s = 94.299 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.697 x 6.880) / 2 = 19.599 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.697 x 6.400) / 2 = 18.231 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.400)

= 0.323 > 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

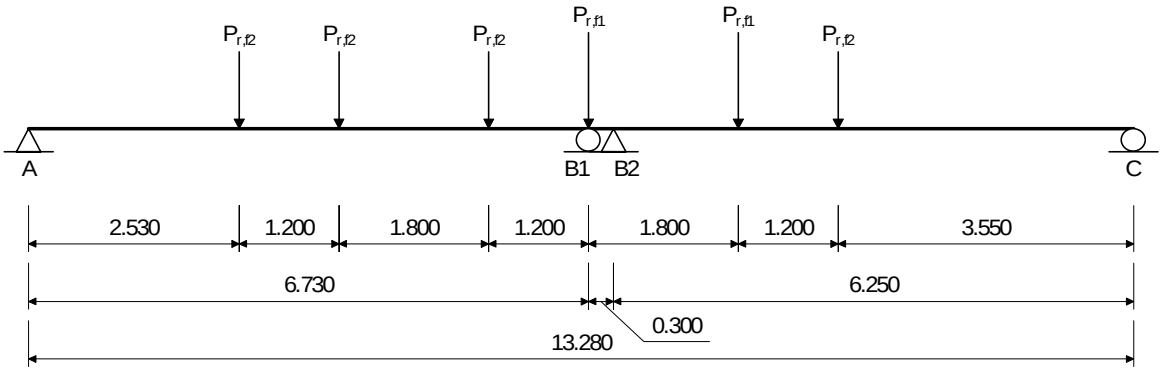
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.730 + 93.600 x 5.530 + 93.600 x 3.730 + 93.600 x 2.530) / 6.730

= 288.774 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750 + 93.600 x 3.550) / 6.250

= 148.013 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 288.774 x 1.00 = 288.774 kN

P_{r2} = 148.013 x 1.00 = 148.013 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.730 + 23.400 x 5.530 + 23.400 x 3.730 + 23.400 x 2.530) / 6.730

= 72.193 kN

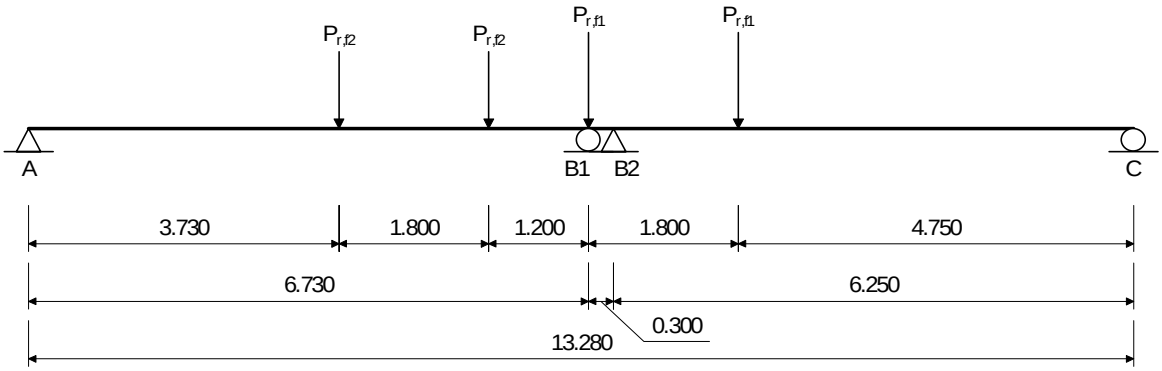
R_{B2} = (31.200 x 4.750 + 23.400 x 3.550) / 6.250

= 37.003 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 72.193 x 1.00 = 72.193 kN

P_{f2} = 37.003 x 1.00 = 37.003 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 6.730 + 93.600 x 5.530 + 93.600 x 3.730) / 6.730

= 253.587 kN

R_{B2} = (124.800 x 4.750) / 6.250

= 94.848 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 253.587 x 1.00 = 253.587 kN

P_{r2} = 94.848 x 1.00 = 94.848 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 6.730 + 23.400 x 5.530 + 23.400 x 3.730) / 6.730

= 63.397 kN

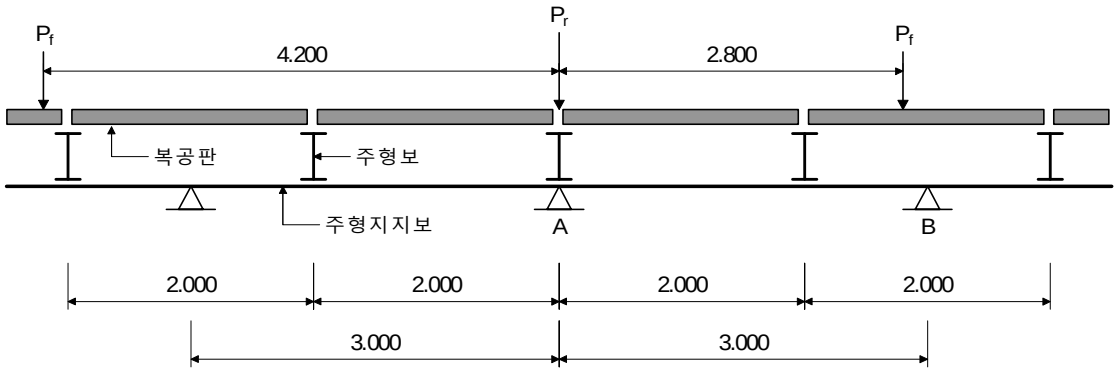
R_{B2} = (31.200 x 4.750) / 6.250

= 23.712 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 63.397 x 1.00 = 63.397 kN

P_{f2} = 23.712 x 1.00 = 23.712 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (288.774 x 3.000 + 72.193 x 0.200) / 3.000

= 293.587 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} \times 3.00 / 2.00$

$= 293.587 + 19.599 \times 3.00 / 2.00 = 322.985$ kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

$R_2 = (148.013 \times 3.000 + 37.003 \times 0.200) / 3.000$

$= 150.480$ kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} \times 3.00 / 2.00$

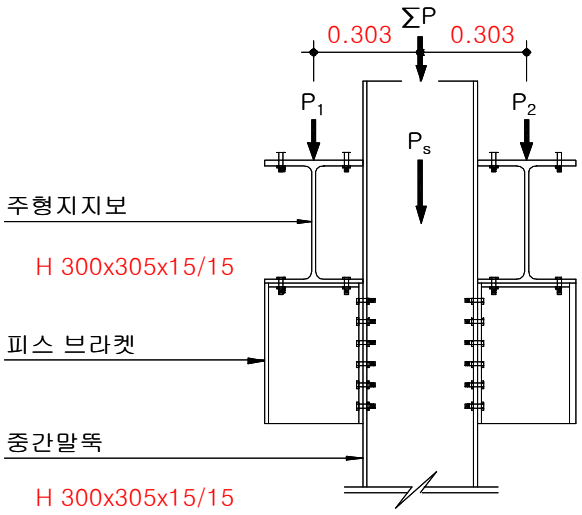
$= 150.480 + 18.231 \times 3.00 / 2.00 = 177.827$ kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_1 + P_2 + P_s$

$= 322.985 + 177.827 + 94.299 = 595.111$ kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A = 595.111 \times 1000 / 13480 = 44.148$ MPa

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 97.703 \times 1000000 / 1440000 = 67.849$ MPa

여기서, $M_{max} = P_1 \times e = 322.985 \times 0.303 = 97.703$ kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$

$= 189.000$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

$= 2.112$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (111.997 - -23.702) / 111.997$

$= 1.212$

▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$

$= 189.000$ MPa

$L_x / R_x = 6080 / 126$

48.254 ---> $20 < Lx/Rx \leq 93$ 이므로

$f_{cagx} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (48.254 - 20))$

$= 156.960$ MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 156.960$ MPa

$L_y / R_y = 6080 / 72.6$

83.747 ---> $20 < Ly/Ry \leq 93$ 이므로

$f_{cagy} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.84 \times (83.747 - 20))$

$= 116.711$ MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

$= 116.711$ MPa

$\therefore f_{ca} = Min.(f_{cax}, f_{cay}) = 116.711$ MPa

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 6080 / 305$

$= 19.934$ ---> $4.5 < L/B \leq 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (19.934 - 4.5))$

$= 138.992$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag}, f_{cal})$

$= 138.992$ MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (48.254)^2$

$= 695.743$ MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력, $f_{ca} = 116.711$ MPa $> f_c = 44.148$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력, $f_{ba} = 138.992$ MPa $> f_b = 67.849$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력, $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{44.148}{116.711} + \dfrac{67.849}{138.992 \times (1 - (44.148 / 695.743))}$

$= 0.899 < 1.0$ ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 44.148 + \frac{67.849}{1 - (44.148 / 695.743)}$$

$$= 116.594 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.899 , 0.617)
= 0.899 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 595.11 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) = 37
- N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값) = 34.14
- N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값) = 0
- L_s(모래층 중의 길이) = 21.680 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 37 x 0.0915 + 0.2 x 34 x 1.210 x ###
+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000
= 263.755 tonf
= 2586.55 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2586.55 / 2.0
= 1293.277 kN

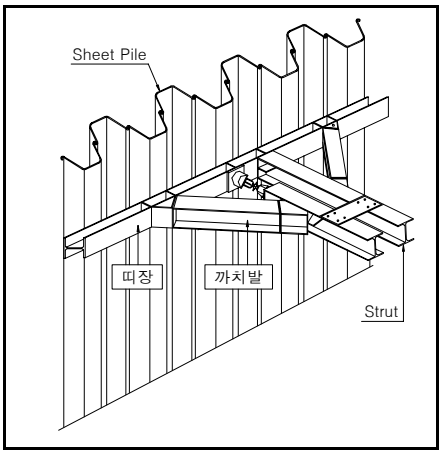
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 21.68m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 348.217 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 굴착 13.6 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 348.217 (kN·m/m) × 1.00 m = 348.217 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 283.199 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 굴착 13.6 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 283.199 (kN/m) × 1.00 m = 283.199 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{348.217 \times 10^6}{2270000.00} = 153.400 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{283.199 \times 10^3}{13180.00} = 21.487 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 14.68 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	0.73	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.71	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	15.57	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	22.24	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	35.00	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	21.68	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	주형보	H 700x300x13/24	SS400	0.33	2	7	0	1
2	Strut-1	P 406.4x9	SS400	2	3	7	70	1
3	Strut-2	P 406.4x9	SS400	3.7	3	7	70	1
4	Strut-3	P 406.4x12	SS400	5.4	3	7	70	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-4	Strand12.7x4EA	SWPC7B	7.1	1.2	30	17	230
2	Earth Anchor-5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.6	1.2	30	15	230
3	Earth Anchor-6	Strand12.7x4EA	SWPC7B	10.1	1.2	30	13	230
4	Earth Anchor-7	Strand12.7x4EA	SWPC7B	11.6	1.2	30	11	230
5	Earth Anchor-8	Strand12.7x4EA	SWPC7B	13.1	1.2	30	9	230

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	6.94	0	6.55	C27	1	-
2	기초	14.18	0	6.55	C27	1	-
3	벽체	6.55	6.44	14.68	C27	0.9	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 14.68 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.83	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	주형보		-	-	-	-	X	X
3	2.50	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
5	4.20	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
7	5.90	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
9	7.60	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Earth Anchor-4		-	-	-	-	X	X
11	9.10	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Earth Anchor-5		-	-	-	-	X	X
13	10.60	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Earth Anchor-6		-	-	-	-	X	X
15	12.10	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Earth Anchor-7		-	-	-	-	X	X
17	13.60	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Earth Anchor-8		-	-	-	-	X	X
19	14.68	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	-	-	13.49	-	-	-	X	X
21	-		Earth Anchor-8	-	-	-	-	X	X
22	-	-	-	10	-	-	-	X	X
23	-		Earth Anchor-6	-	-	-	-	X	X
24	-	-	-	6.44	-	-	-	X	X
25	-		Earth Anchor-4	-	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.83 m	0.83	7.66	4.8	-4.04	2.9	3.26	3.7	-3.26	5.9
CS2 : 생성 주형보	0.83	7.61	4.8	-3.83	2.9	3.20	3.7	-3.24	5.9
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	17.71	3.3	-25.99	0.3	32.01	2.5	-12.25	5.9
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	13.74	4.8	-21.68	2.0	17.31	2.5	-8.20	6.2
CS5 : 굴착 4.2 m	4.20	37.12	4.8	-63.02	2.0	46.94	3.7	-16.31	7.1
CS6 : 생성 Strut-2	4.20	28.61	4.8	-48.32	2.0	30.78	3.3	-11.68	6.8
CS7 : 굴착 5.9 m	5.90	47.13	7.6	-103.99	3.7	73.20	5.9	-28.98	3.7
CS8 : 생성 Strut-3	5.90	40.65	7.6	-87.38	3.7	58.75	5.9	-24.07	2.0
CS9 : 굴착 7.6 m	7.60	69.90	10.0	-157.83	5.4	126.72	7.6	-62.99	5.4
CS10 : 생성 Earth Anchor-4	7.60	68.19	7.1	-97.79	7.1	40.70	8.3	-22.60	2.0
CS11 : 굴착 9.1 m	9.10	99.22	12.1	-203.42	7.1	205.35	9.6	-130.09	5.4
CS12 : 생성 Earth Anchor-5	9.10	75.85	7.1	-139.23	8.6	81.73	10.1	-40.62	7.1
CS13 : 굴착 10.6 m	10.60	131.27	14.0	-253.00	8.6	296.40	11.1	-172.90	16.0
CS14 : 생성 Earth Anchor-6	10.60	83.23	14.0	-156.74	10.1	154.42	11.6	-84.47	16.0
CS15 : 굴착 12.1 m	12.10	157.95	15.6	-258.13	10.1	331.21	12.6	-190.94	17.5
CS16 : 생성 Earth Anchor-7	12.10	111.07	15.6	-181.64	11.6	186.88	13.1	-107.68	17.0
CS17 : 굴착 13.6 m	13.60	153.91	16.0	-283.20	11.6	348.22	14.0	-185.72	8.6
CS18 : 생성 Earth Anchor-8	13.60	129.90	7.1	-173.10	11.6	199.05	14.3	-127.90	8.6
CS19 : 굴착 14.68 m	14.68	147.19	7.1	-249.19	13.1	295.79	14.7	-171.42	8.6
CS20 : 해체1	14.68	147.20	7.1	-249.10	13.1	295.76	14.7	-171.41	8.6
CS21 : 해체2	14.68	142.94	7.1	-234.03	11.6	229.67	15.1	-174.43	8.6
CS22 : 해체3	14.68	142.94	7.1	-234.03	11.6	229.67	15.1	-174.43	8.6
CS23 : 해체4	14.68	118.22	7.1	-143.15	8.6	199.71	15.1	-139.53	7.1
CS24 : 해체5	14.68	118.23	7.1	-143.14	8.6	199.51	15.1	-139.53	7.1
CS25 : 해체6	14.68	151.31	7.1	-107.49	7.6	198.93	15.1	-192.51	7.1
TOTAL		157.95	15.6	-283.20	11.6	348.22	14.0	-192.51	7.1

12.1.2 지보재 반력 집계

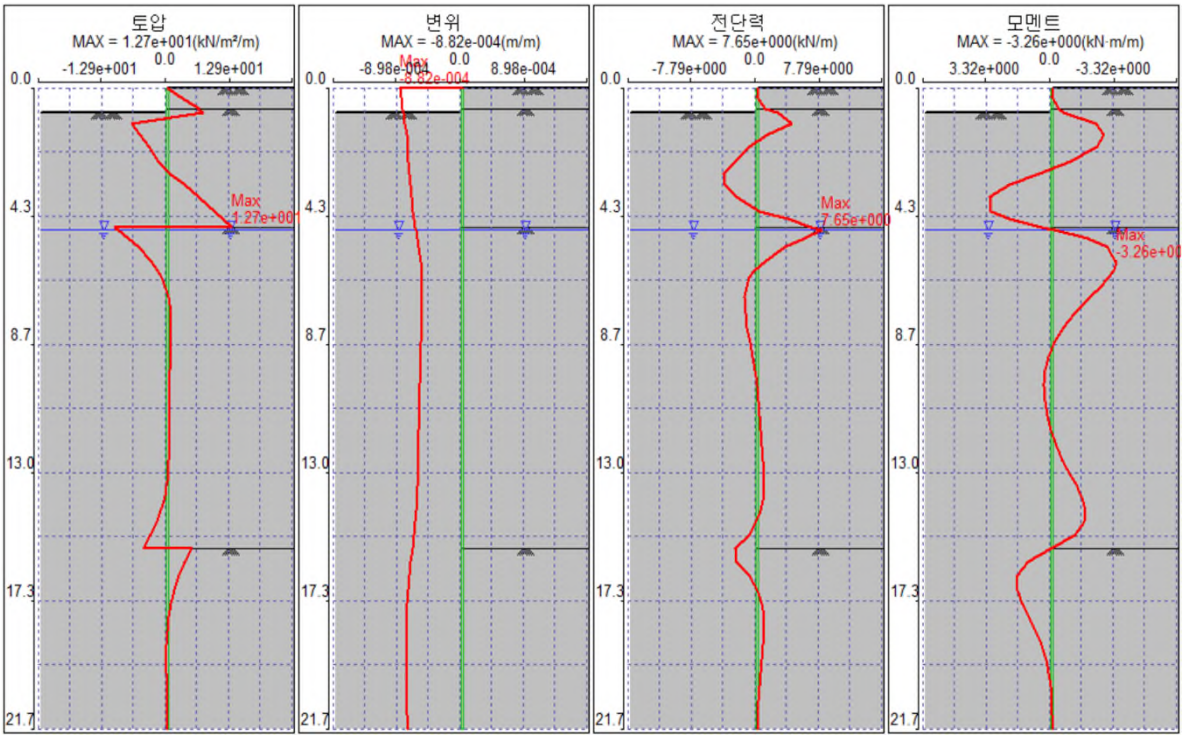
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	주형보	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Earth Anchor-4
		0.33 (m)	2 (m)	3.7 (m)	5.4 (m)	7.1 (m)
CS1 : 굴착 0.83 m	0.83	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 주형보	0.83	0.03	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	25.98	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	13.85	23.33	-	-	-
CS5 : 굴착 4.2 m	4.20	0.31	78.20	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-2	4.20	4.93	58.88	23.33	-	-
CS7 : 굴착 5.9 m	5.90	-10.32	54.66	126.36	-	-
CS8 : 생성 Strut-3	5.90	-7.42	55.09	106.43	23.33	-
CS9 : 굴착 7.6 m	7.60	-6.20	33.46	78.83	193.88	-
CS10 : 생성 Earth Anchor-4	7.60	-6.54	51.89	97.44	30.37	191.67
CS11 : 굴착 9.1 m	9.10	-2.81	24.50	47.25	190.01	214.06
CS12 : 생성 Earth Anchor-5	9.10	-5.80	49.75	90.35	31.18	193.75
CS13 : 굴착 10.6 m	10.60	-0.94	23.72	33.46	148.90	215.93
CS14 : 생성 Earth Anchor-6	10.60	-4.73	46.55	80.11	33.63	196.76
CS15 : 굴착 12.1 m	12.10	-2.13	39.03	55.26	36.55	203.98
CS16 : 생성 Earth Anchor-7	12.10	-5.01	52.95	87.69	-18.96	191.87
CS17 : 굴착 13.6 m	13.60	-4.19	53.54	82.44	-45.80	192.06
CS18 : 생성 Earth Anchor-8	13.60	-5.79	59.31	98.75	-58.19	186.74
CS19 : 굴착 14.68 m	14.68	-5.90	62.08	101.95	-81.28	184.67
CS20 : 해체1	14.68	-5.90	62.08	101.96	-81.30	184.67
CS21 : 해체2	14.68	-5.27	58.82	94.65	-67.15	187.48
CS22 : 해체3	14.68	-5.27	58.82	94.65	-67.15	187.48
CS23 : 해체4	14.68	-3.94	49.87	77.50	-17.80	194.87
CS24 : 해체5	14.68	-3.94	49.87	77.50	-17.80	194.87
CS25 : 해체6	14.68	-3.20	50.64	72.98	-44.19	-
TOTAL		25.98	78.20	126.36	193.88	215.93

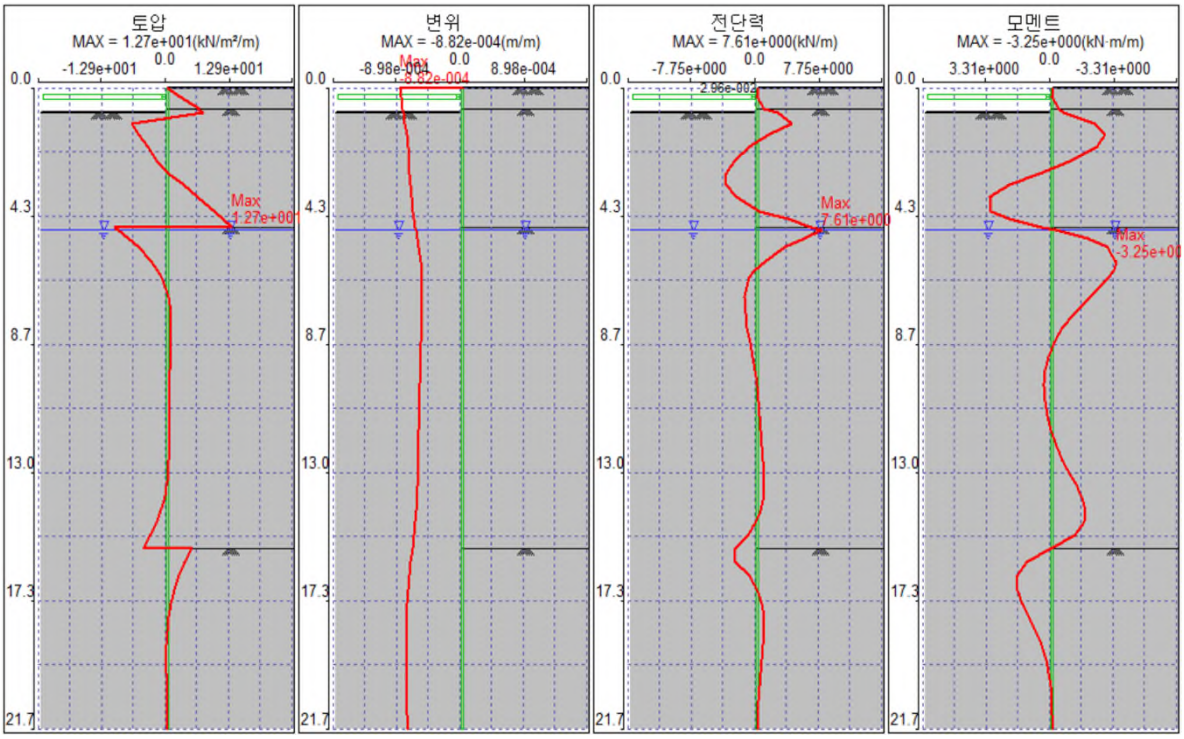
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-5	Earth Anchor-6	Earth Anchor-7	Earth Anchor-8	
		8.6 (m)	10.1 (m)	11.6 (m)	13.1 (m)	
CS1 : 굴착 0.83 m	0.83	-	-	-	-	
CS2 : 생성 주형보	0.83	-	-	-	-	
CS3 : 굴착 2.5 m	2.50	-	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-1	2.50	-	-	-	-	
CS5 : 굴착 4.2 m	4.20	-	-	-	-	
CS6 : 생성 Strut-2	4.20	-	-	-	-	
CS7 : 굴착 5.9 m	5.90	-	-	-	-	
CS8 : 생성 Strut-3	5.90	-	-	-	-	
CS9 : 굴착 7.6 m	7.60	-	-	-	-	
CS10 : 생성 Earth Anchor-4	7.60	-	-	-	-	
CS11 : 굴착 9.1 m	9.10	-	-	-	-	
CS12 : 생성 Earth Anchor-5	9.10	191.66	-	-	-	
CS13 : 굴착 10.6 m	10.60	246.13	-	-	-	
CS14 : 생성 Earth Anchor-6	10.60	201.90	191.64	-	-	
CS15 : 굴착 12.1 m	12.10	226.76	248.89	-	-	
CS16 : 생성 Earth Anchor-7	12.10	194.79	187.82	191.67	-	
CS17 : 굴착 13.6 m	13.60	201.62	213.82	255.72	-	
CS18 : 생성 Earth Anchor-8	13.60	184.78	175.33	183.20	191.67	
CS19 : 굴착 14.68 m	14.68	182.49	178.01	201.77	243.66	
CS20 : 해체1	14.68	182.48	177.99	201.74	243.64	
CS21 : 해체2	14.68	189.61	190.94	219.78	-	
CS22 : 해체3	14.68	189.61	190.94	219.78	-	
CS23 : 해체4	14.68	205.52	-	-	-	
CS24 : 해체5	14.68	205.53	-	-	-	
CS25 : 해체6	14.68	-	-	-	-	
TOTAL		246.13	248.89	255.72	243.66	

12.2 시공단계별 단면력도

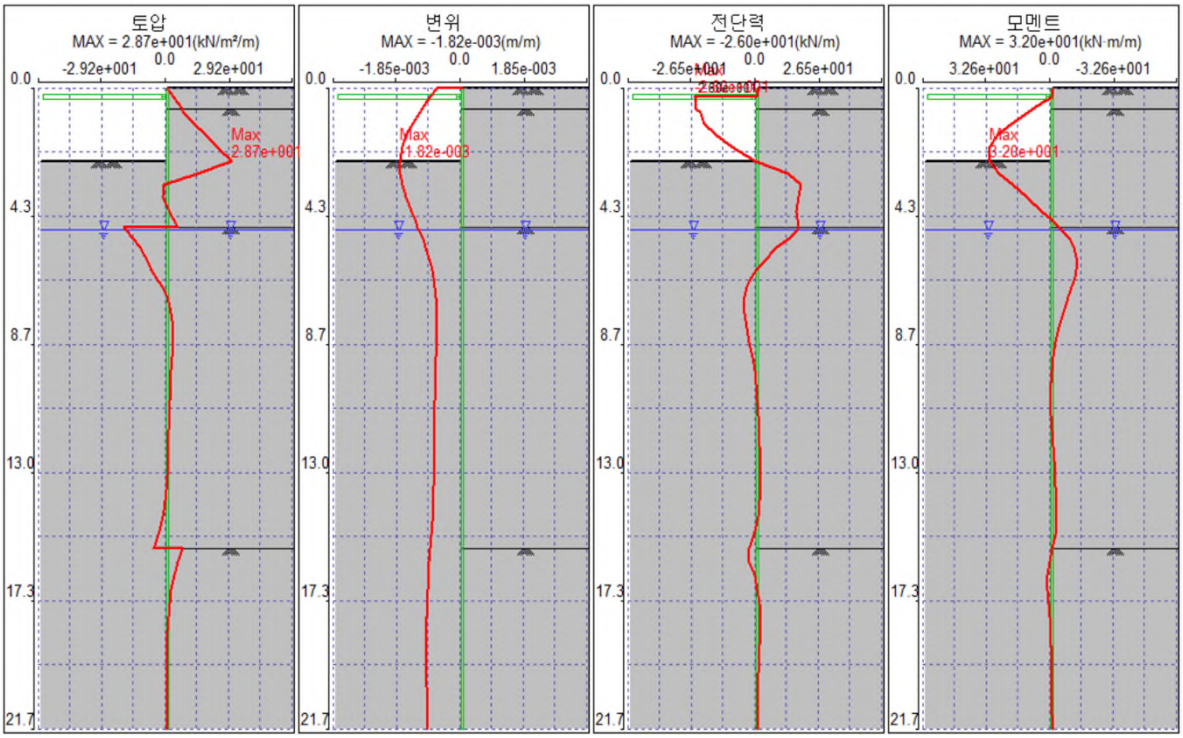
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.83 m]



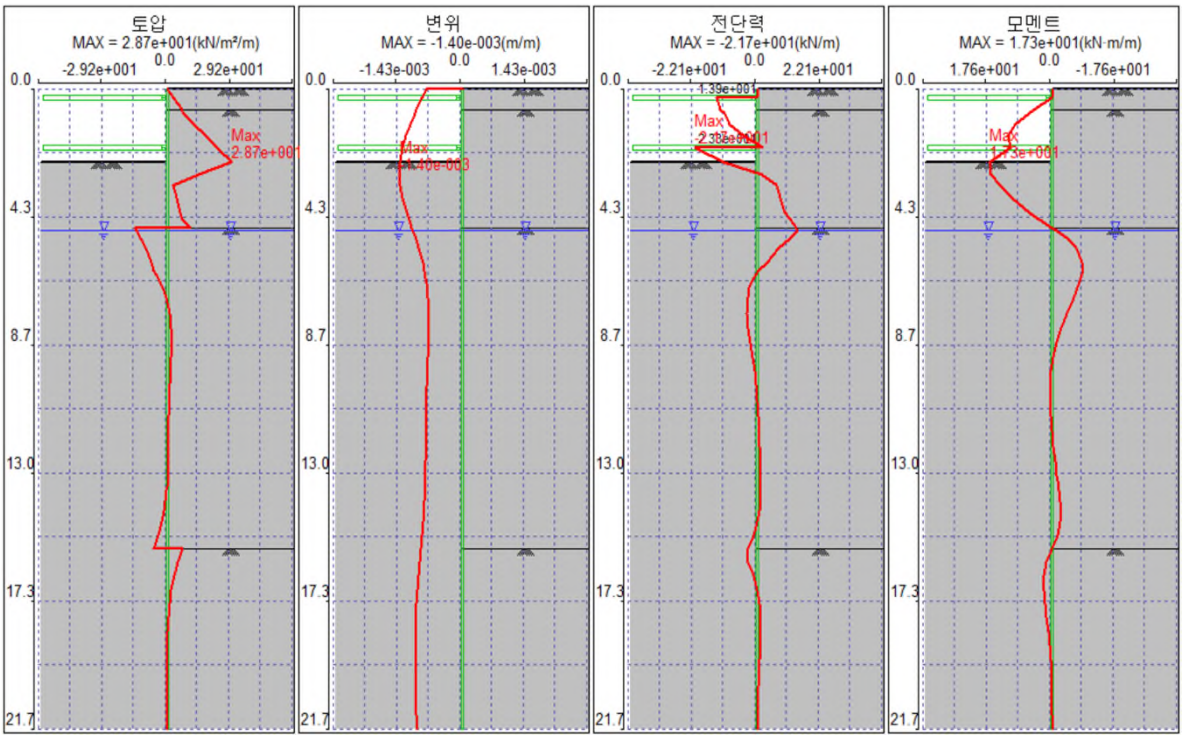
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 주형보]



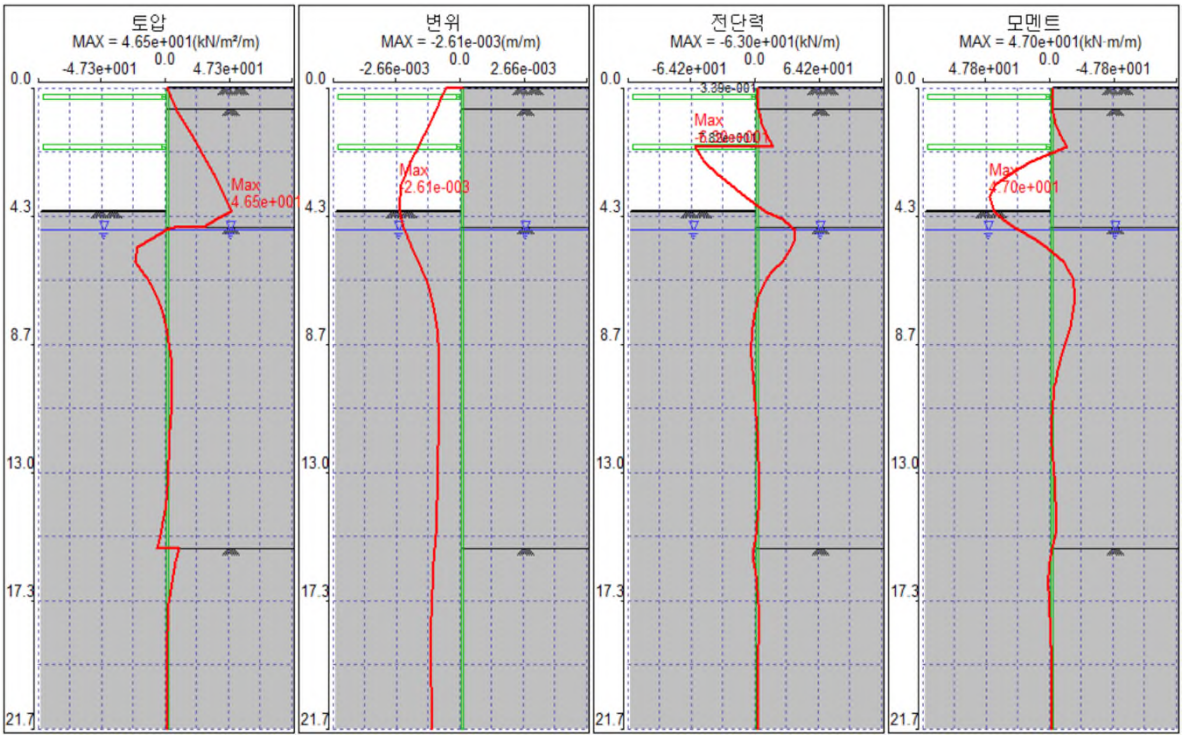
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.5 m]



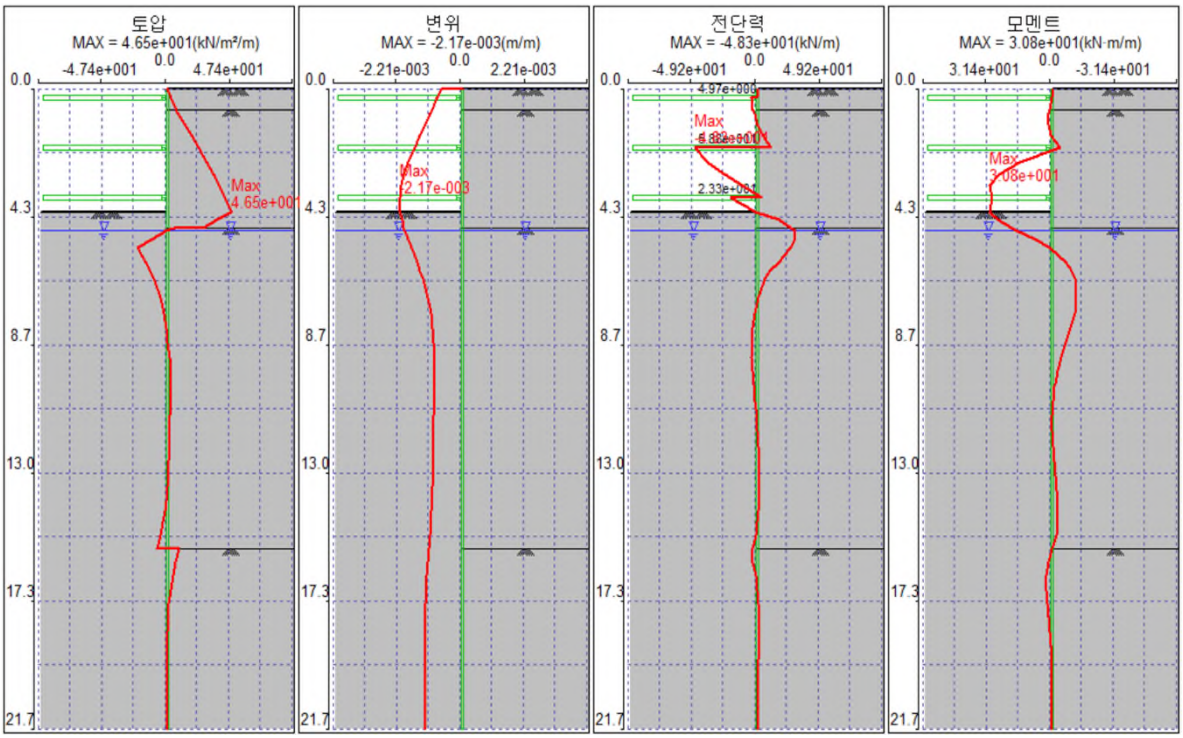
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-1]



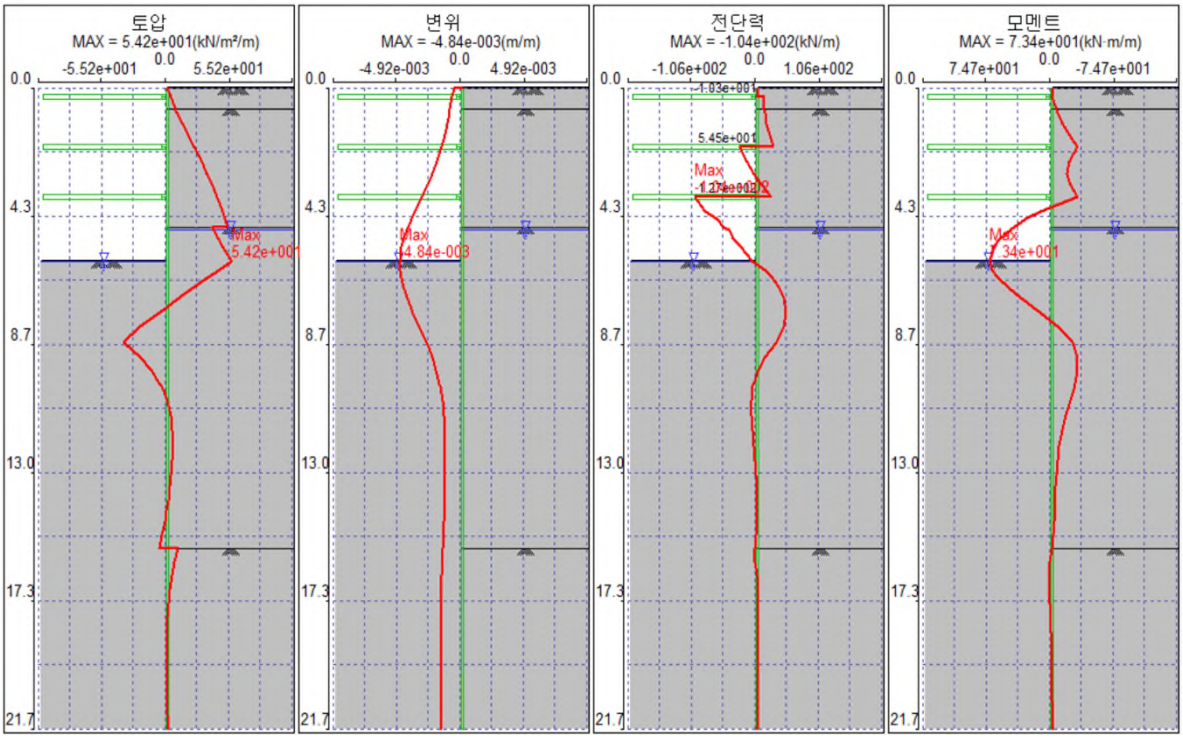
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.2 m]



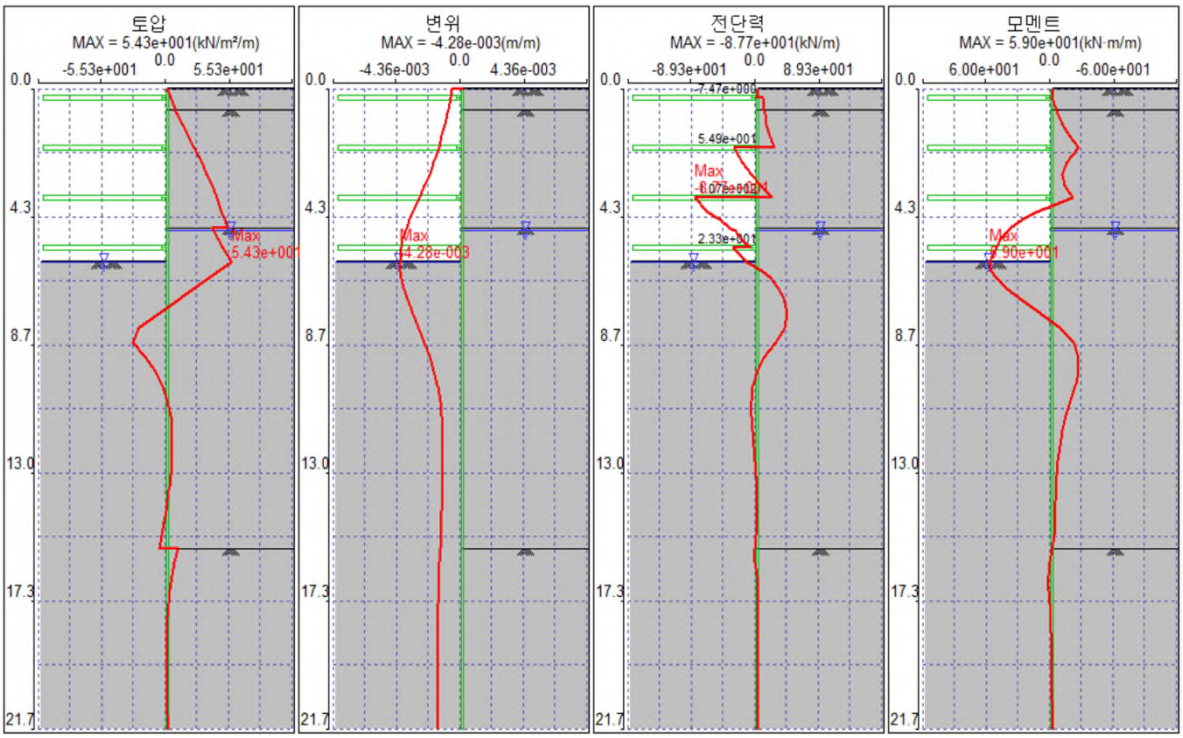
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-2]



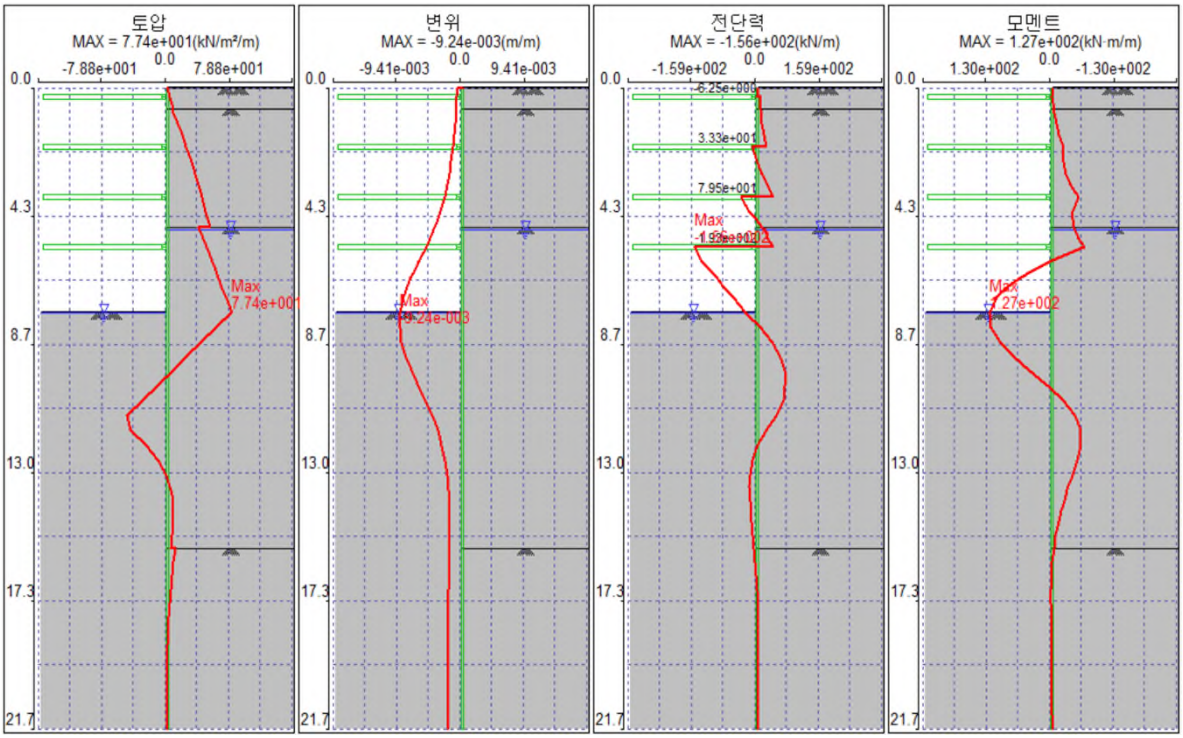
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.9 m]



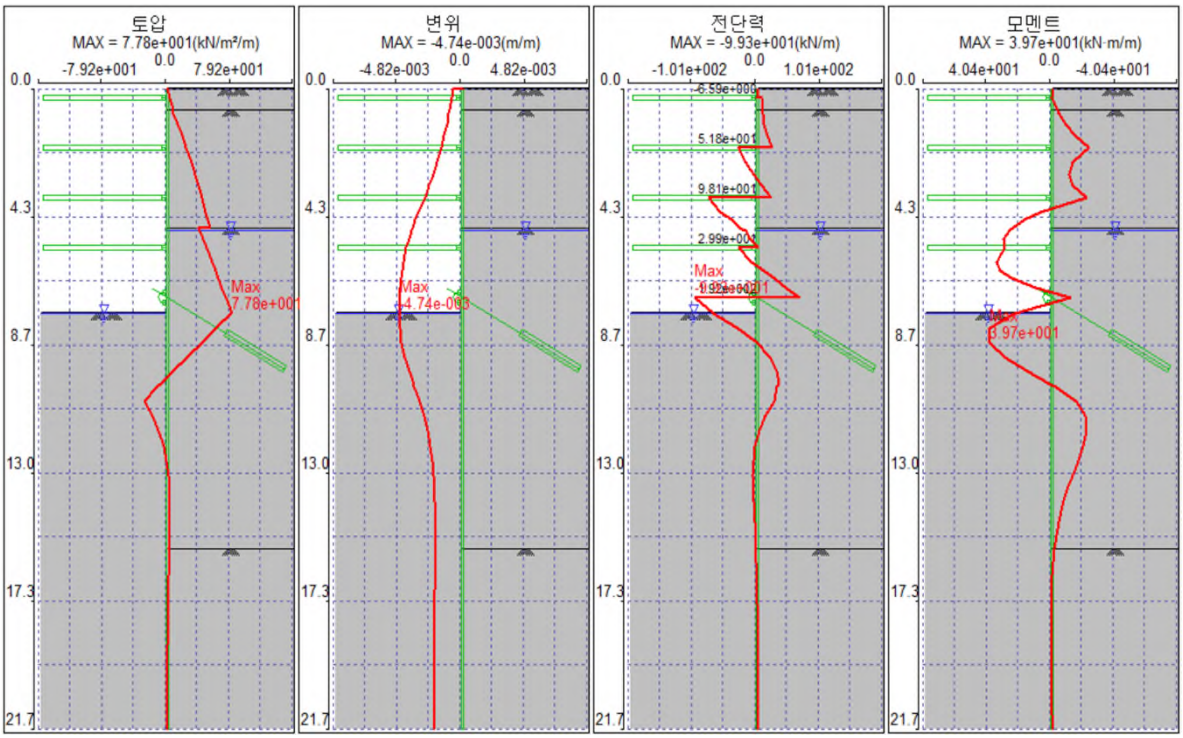
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-3]



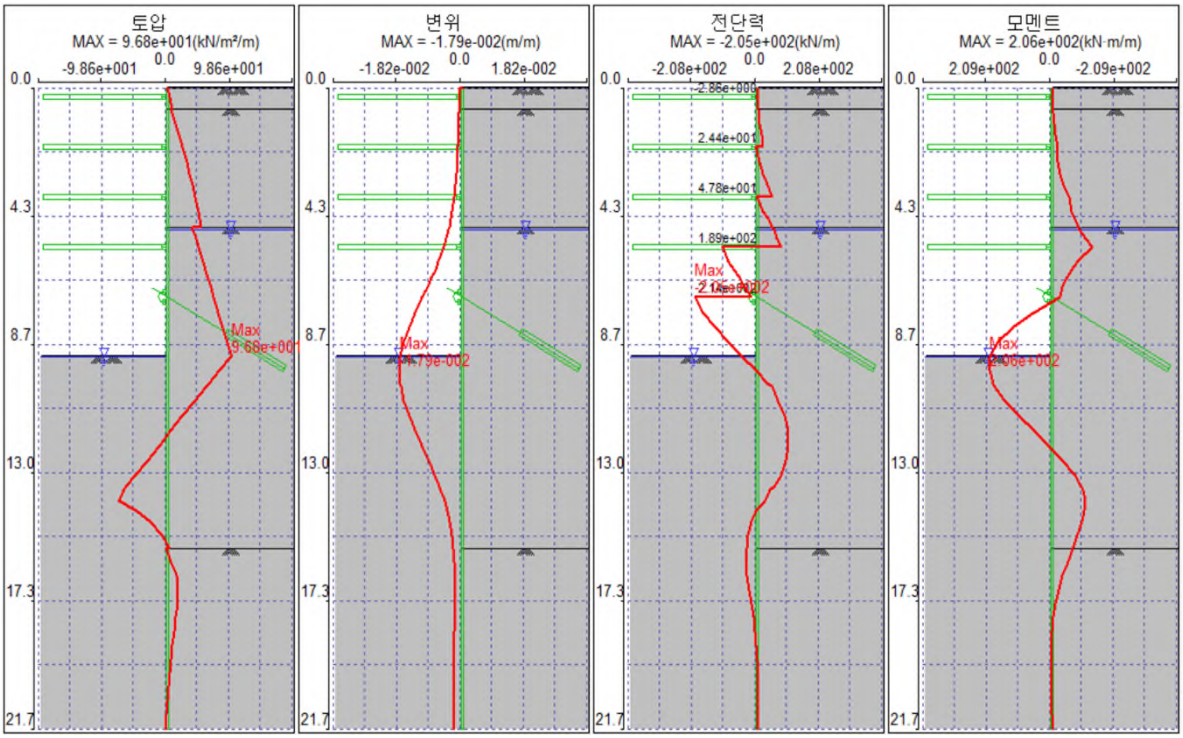
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.6 m]



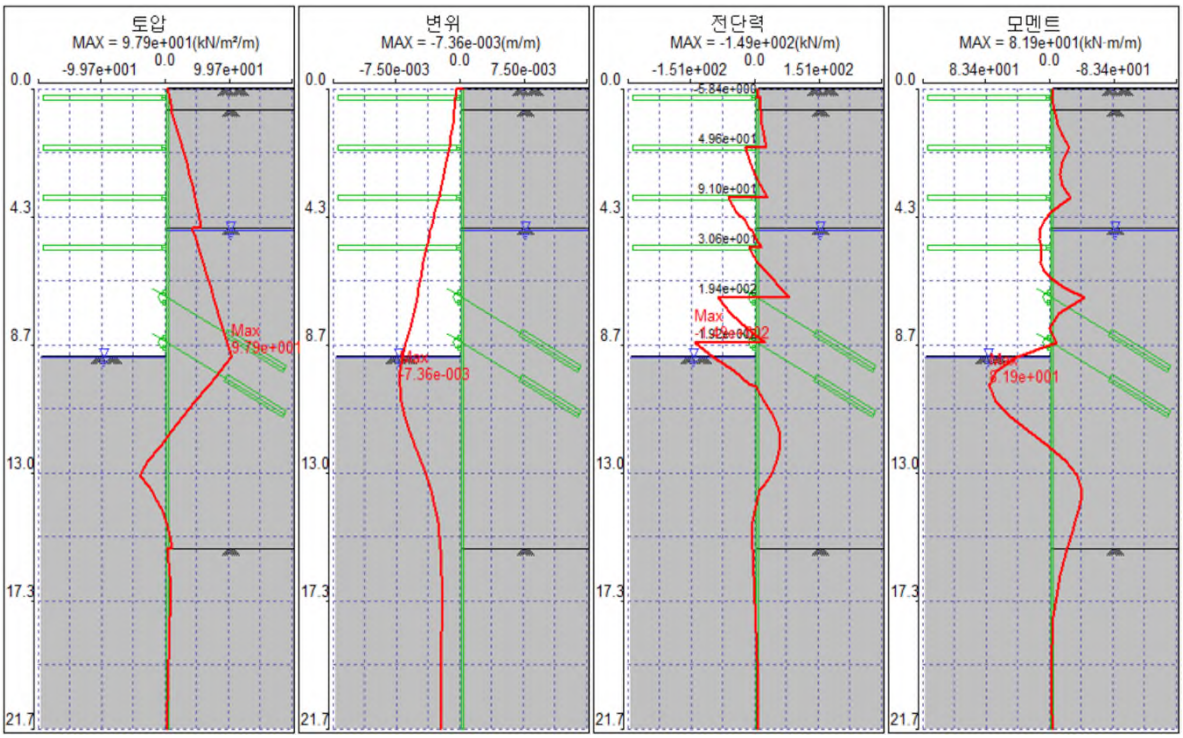
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Earth Anchor-4]



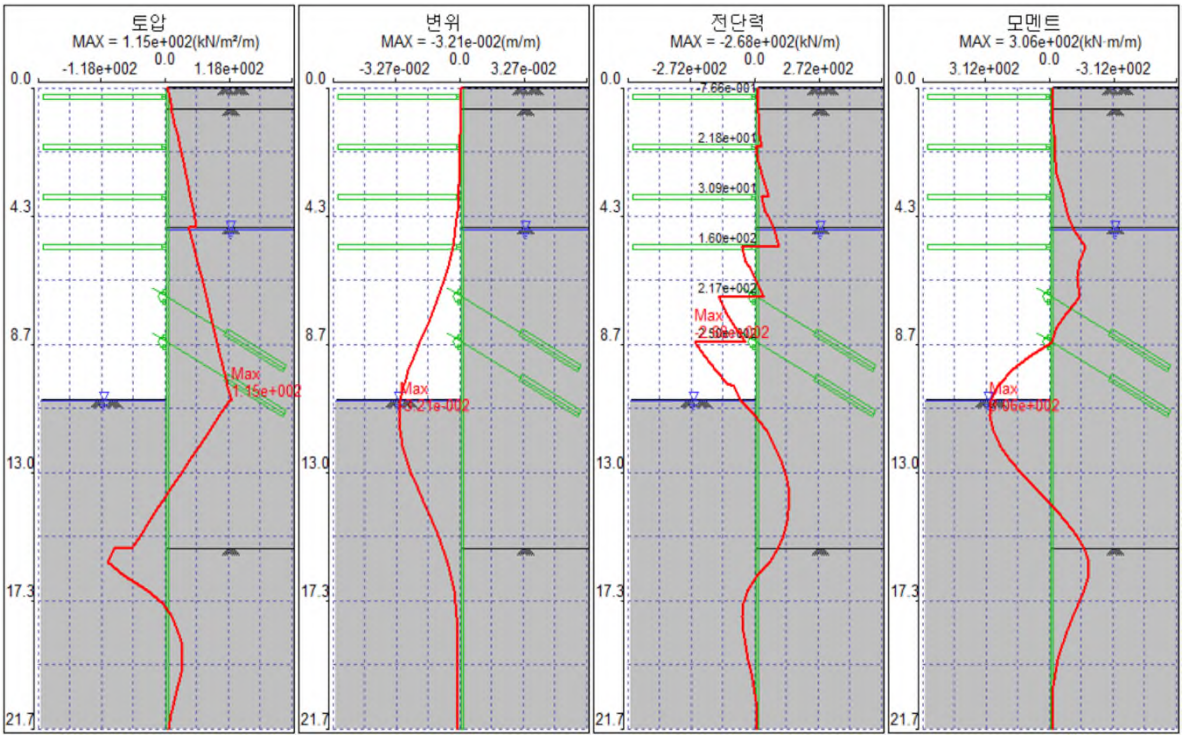
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.1 m]



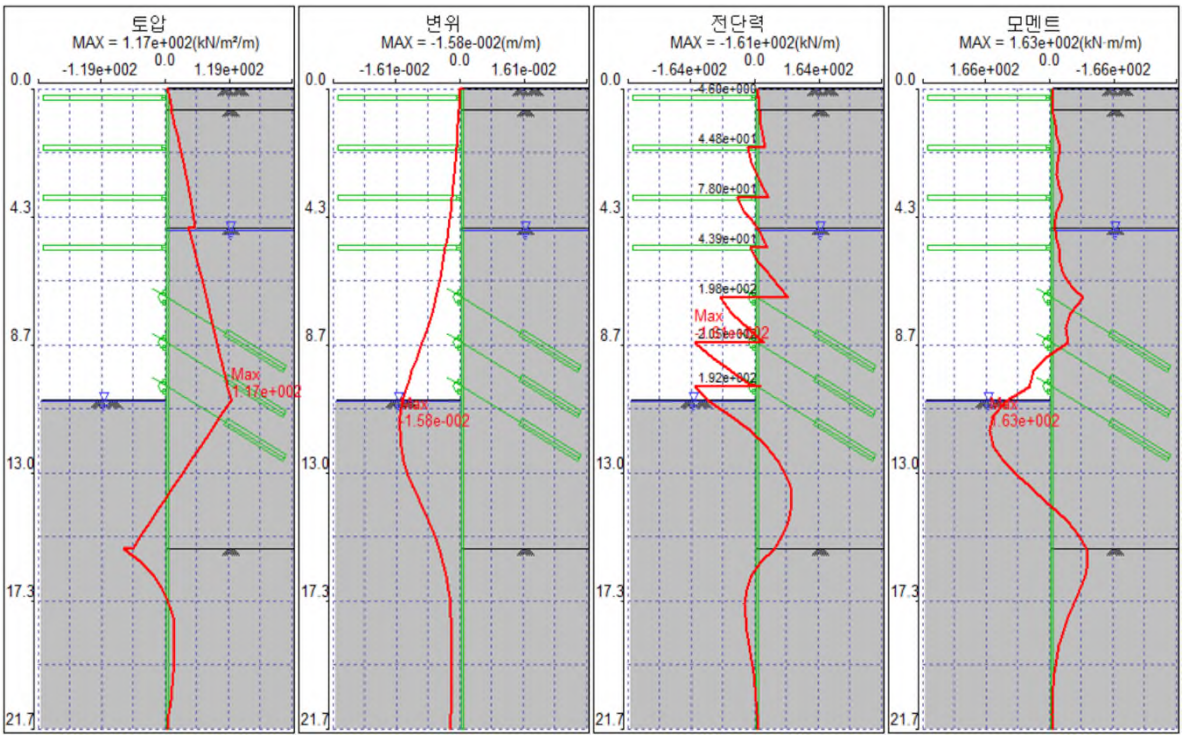
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Earth Anchor-5]



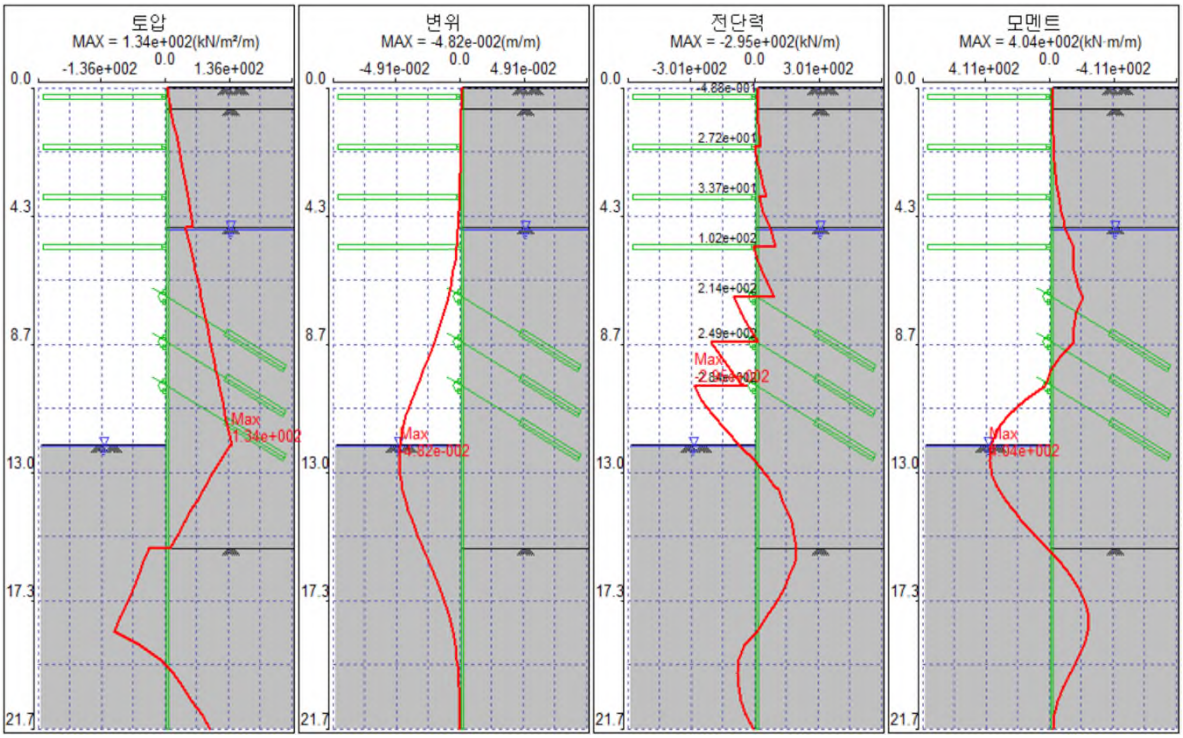
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 10.6 m]



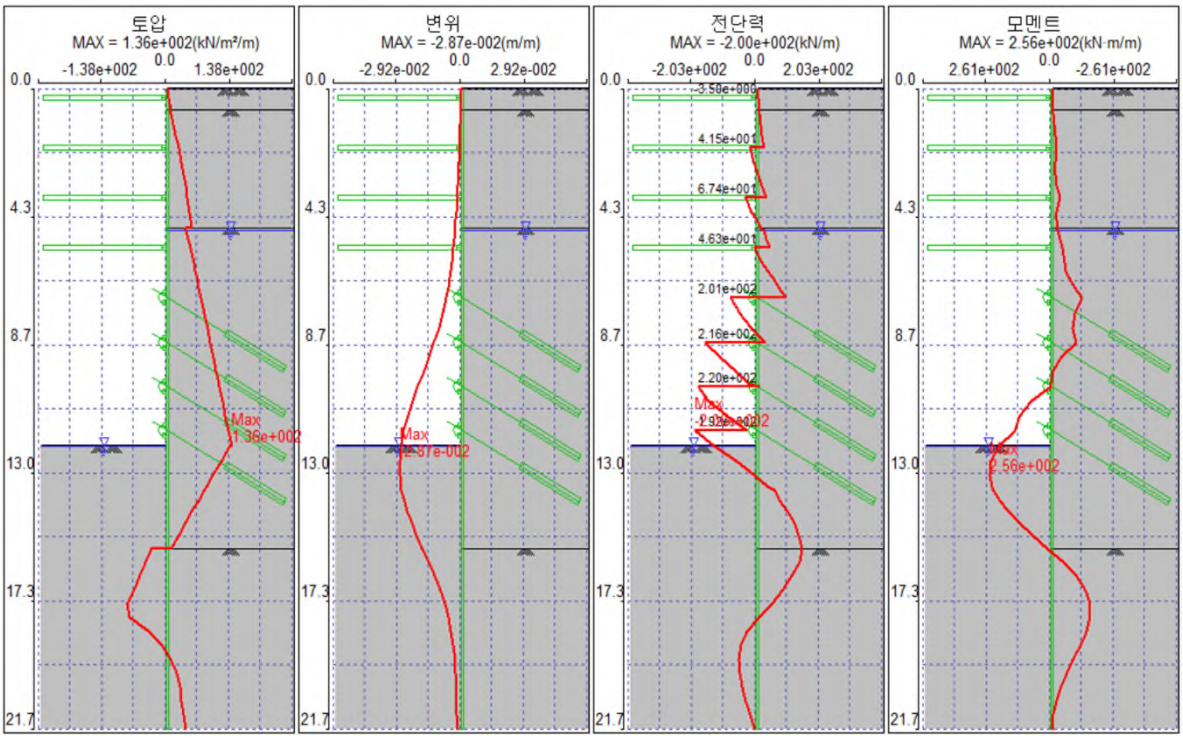
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Earth Anchor-6]



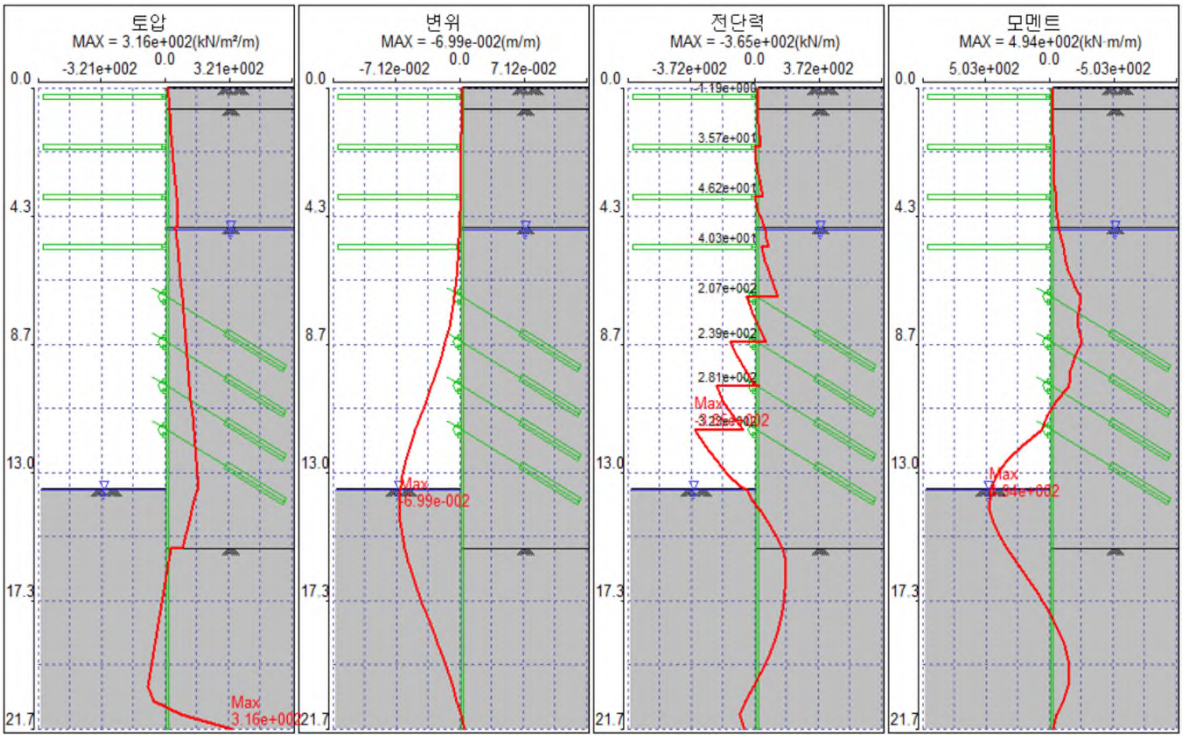
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 12.1 m]



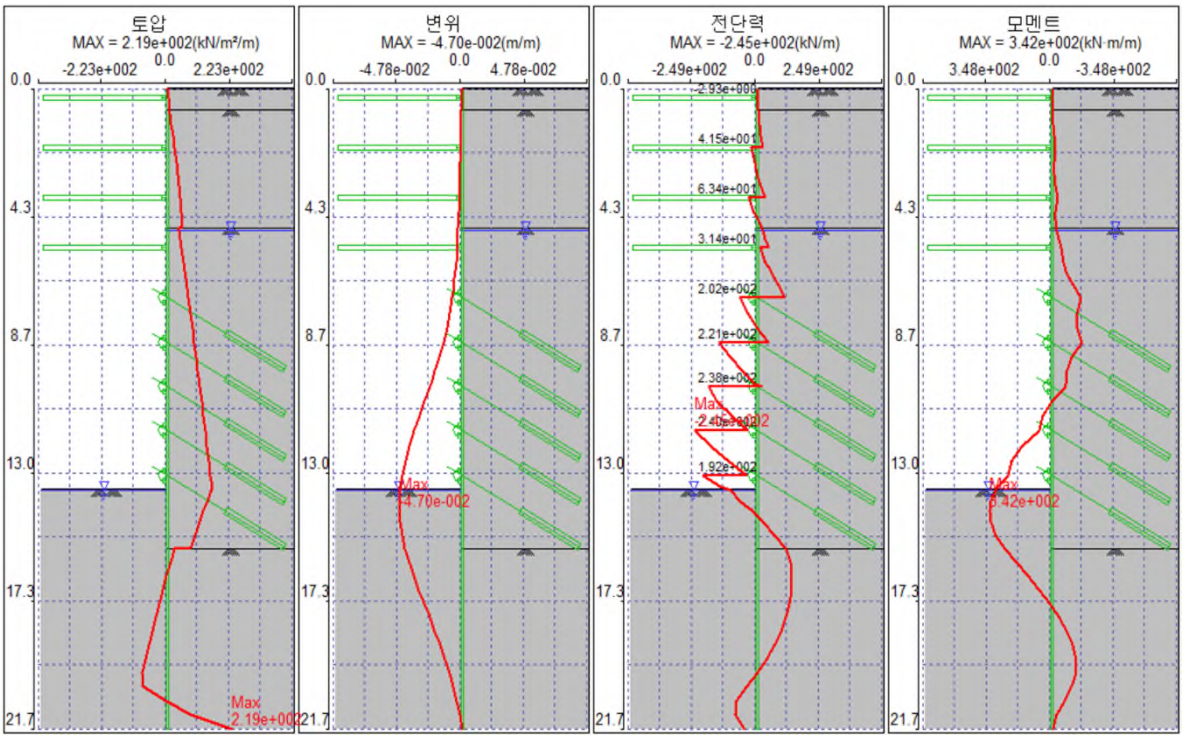
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Earth Anchor-7]



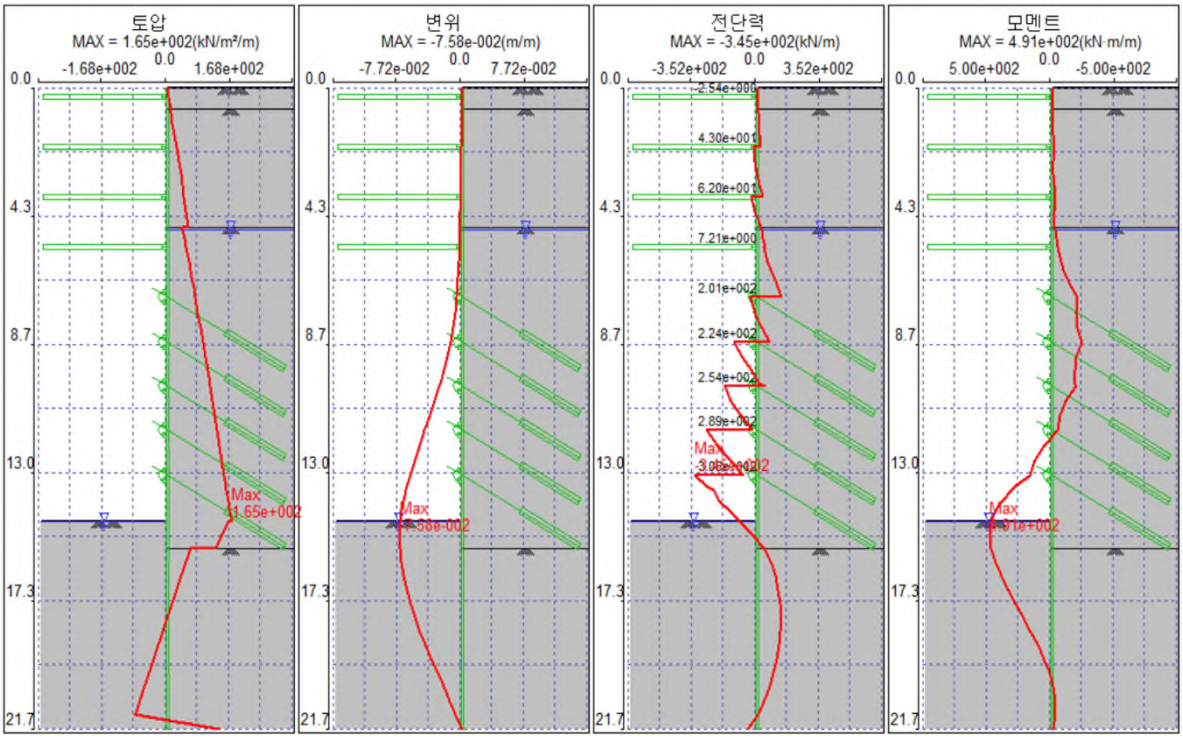
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 13.6 m]



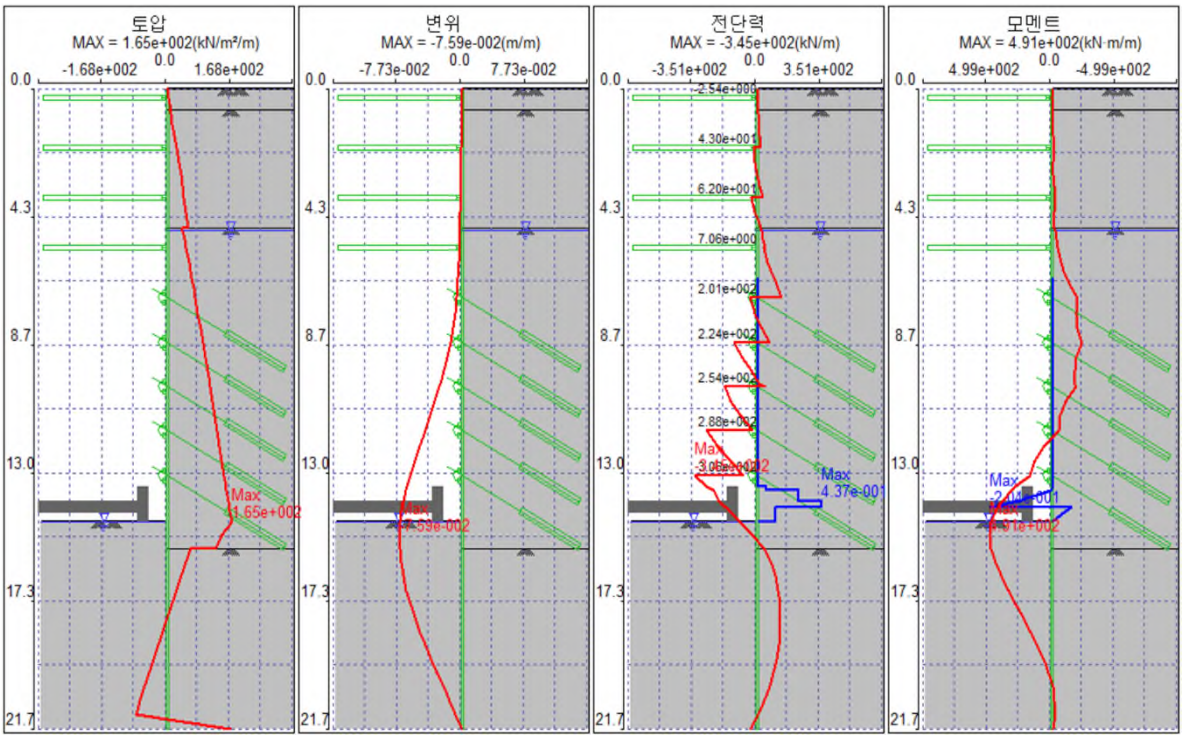
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Earth Anchor-8]



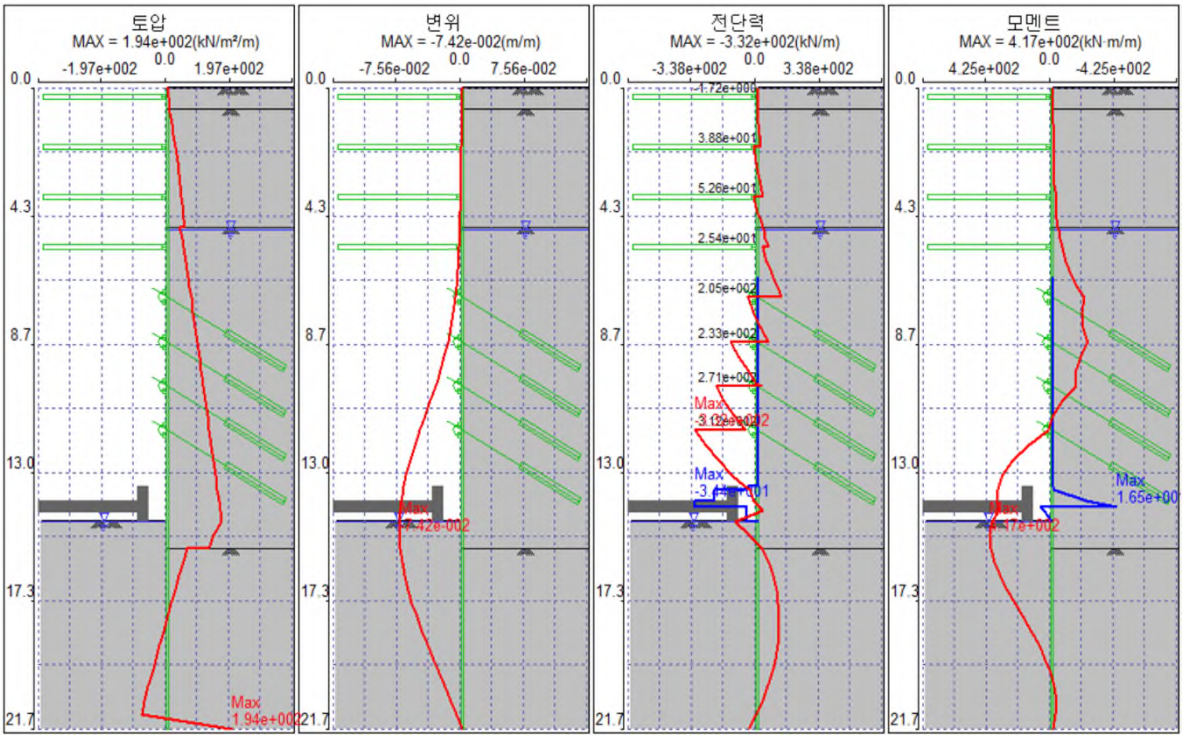
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 14.68 m]



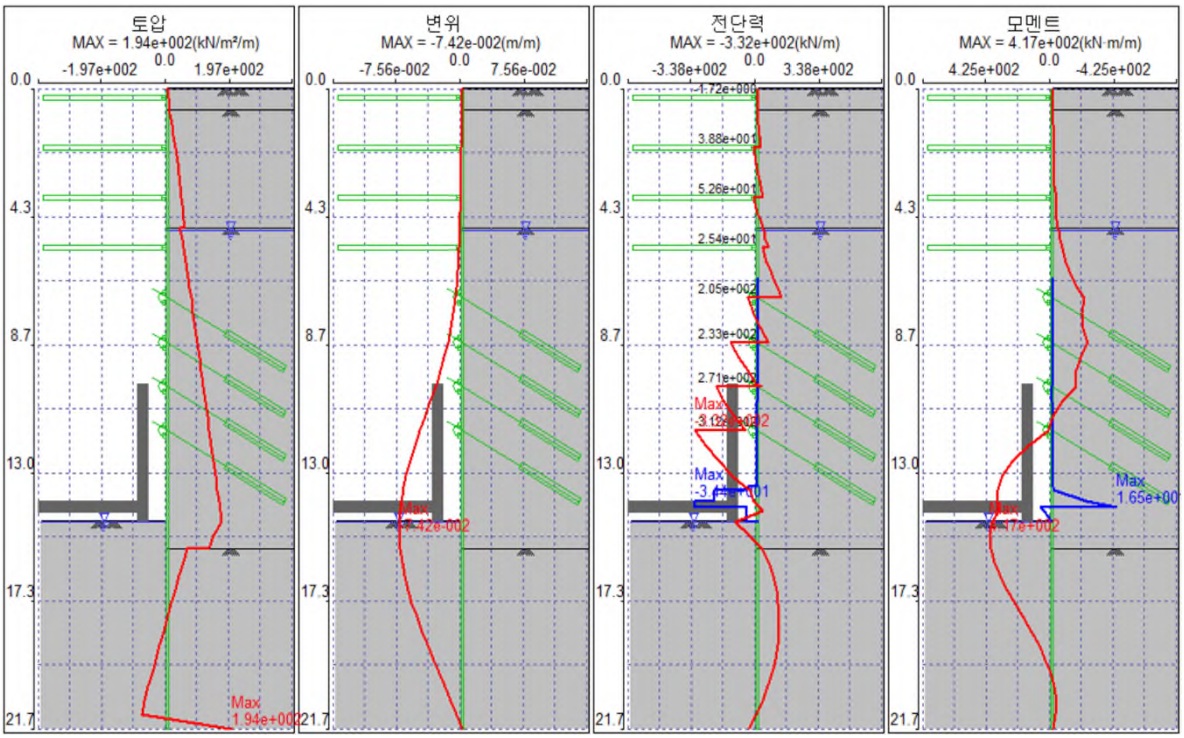
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체1]



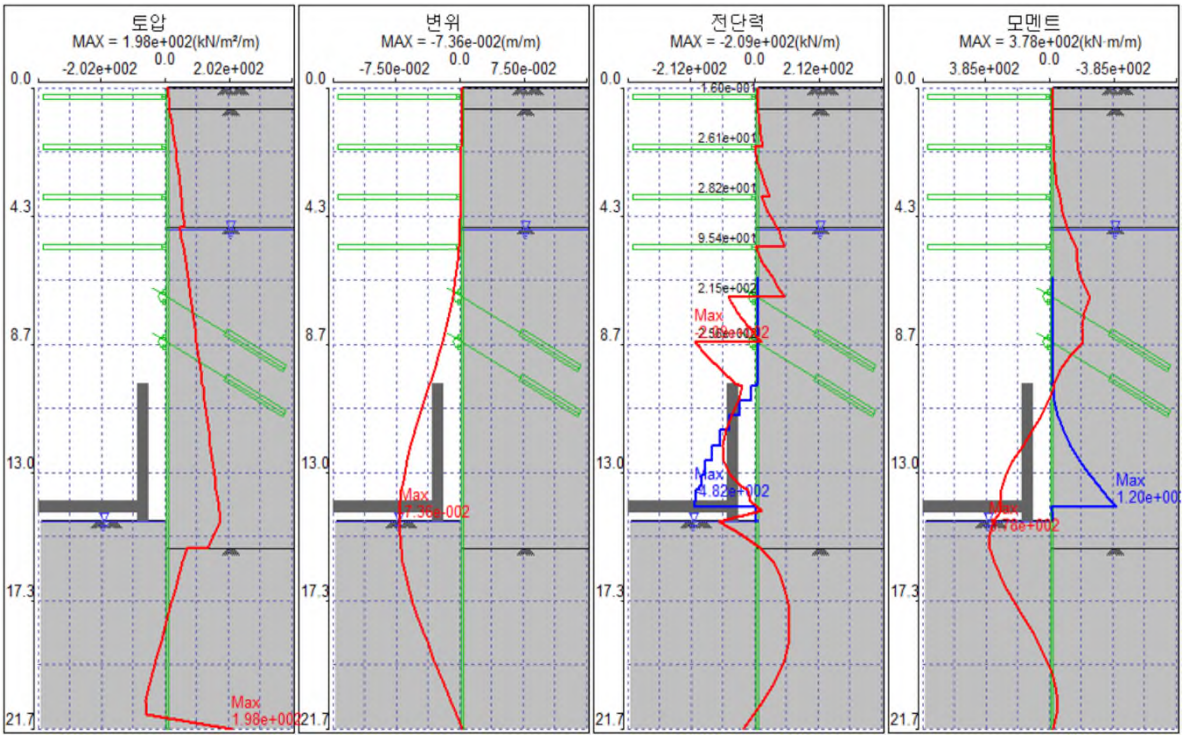
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체2]



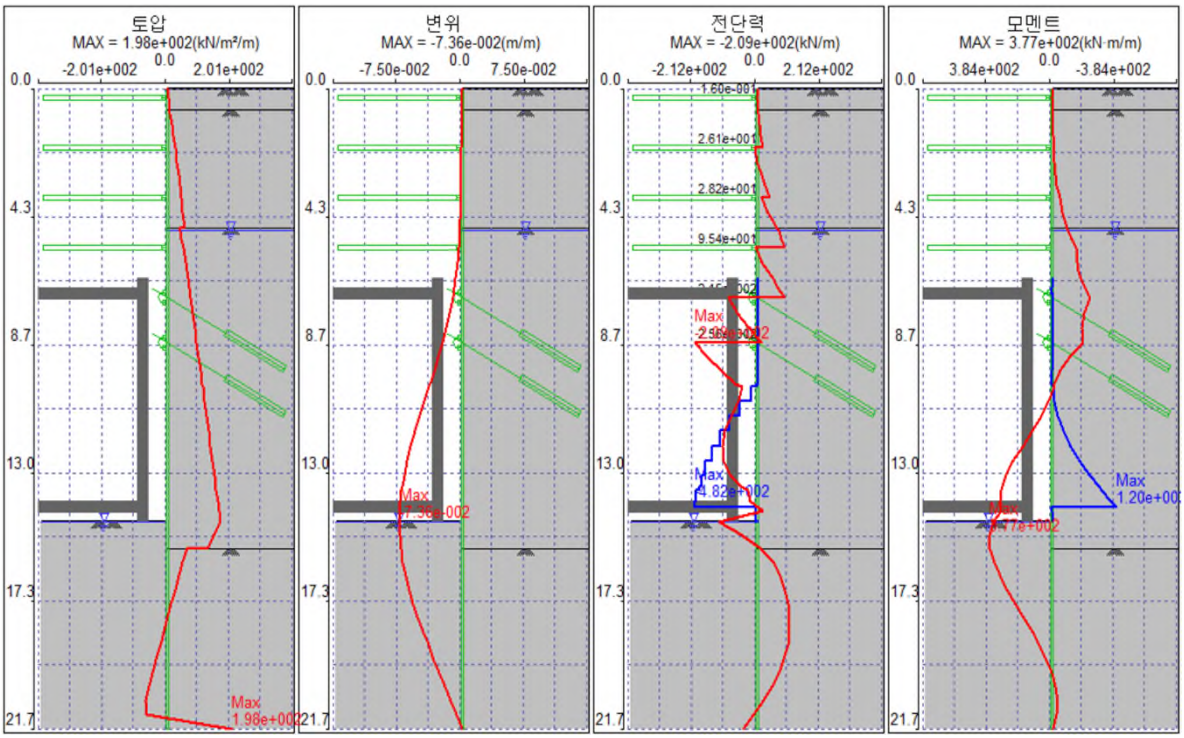
22) 시공 22 단계 [CS22 : 해체3]



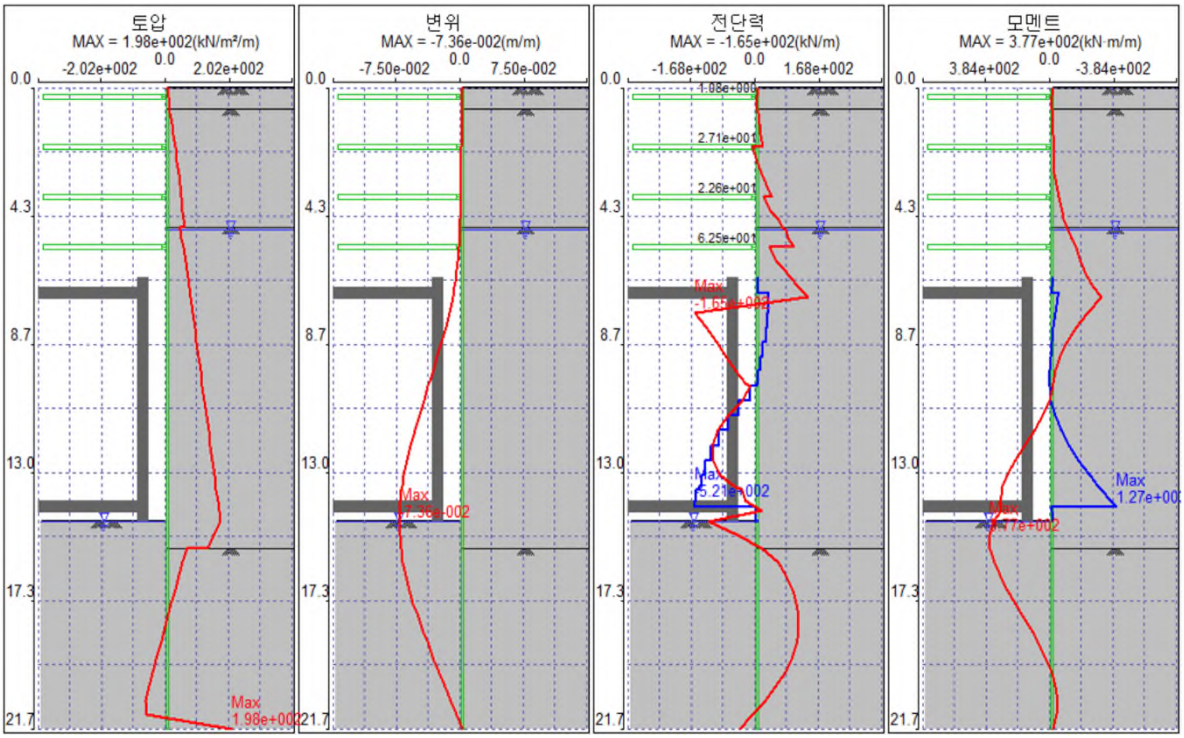
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체4]



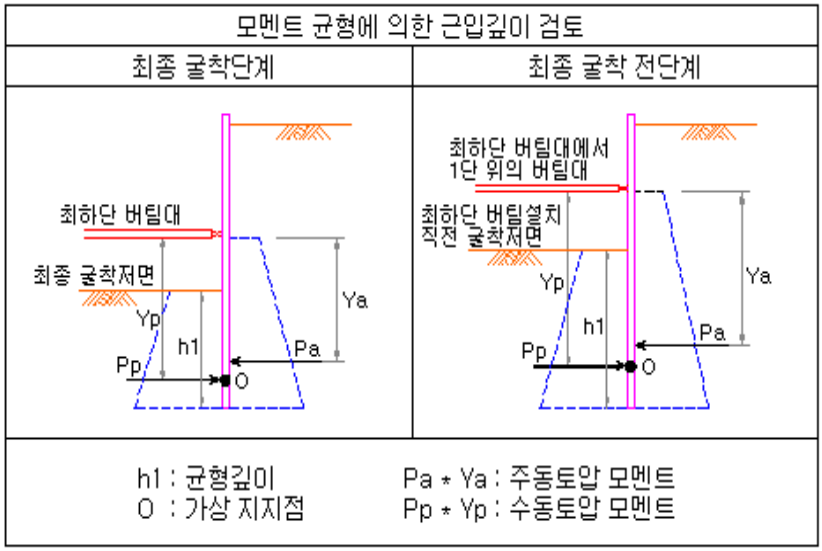
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체5]



25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	4.923	7.000	7193.629	8728.047	1.213	1.200	OK
최종 굴착 전단계	5.234	8.080	9970.359	13066.708	1.311	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -13.1 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 203.68 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.811 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1306.583 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.379 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (203.68 x 0.811) + (1306.583 x 5.379) = 7193.629 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1449.315 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.022 m

Mp = (Pp x Yp) = (1449.315 x 6.022) = 8728.047 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 8728.047 / 7193.629 = 1.213

S.F. = 1.213 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -11.6 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 240.554 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.037 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1511.117 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.433 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (240.554 x 1.037) + (1511.117 x 6.433) = 9970.359 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1799.18 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.263 m

Mp = (Pp x Yp) = (1799.18 x 7.263) = 13066.708 kN·m

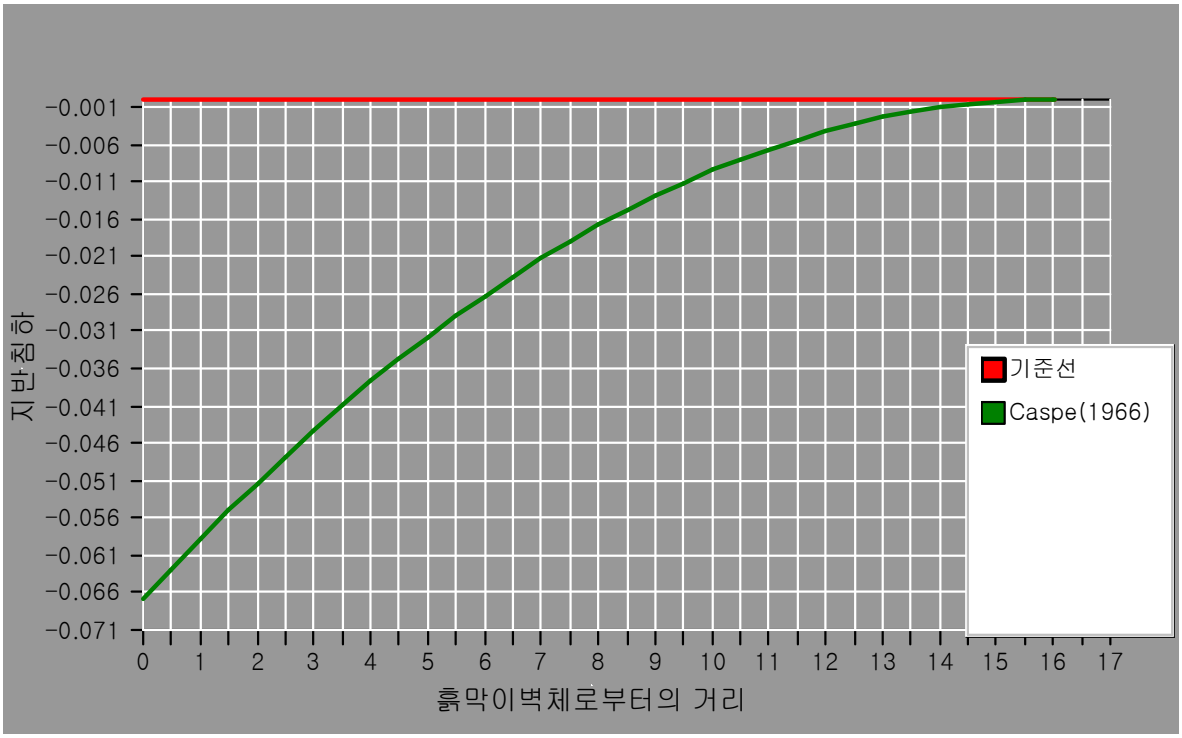
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 13066.708 / 9970.359 = 1.311

S.F. = 1.311 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.268 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 14.68 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.655 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.655/2) = 14.629 m

Ht = Hp + Hw = 14.629 + 14.68 = 29.309 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 29.309 x tan(45-32.655/2) = 16.028 m

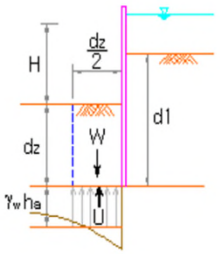
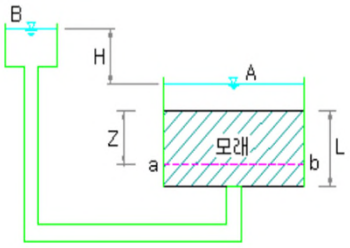
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.268 / 16.028 = -0.067 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.067 x ((16.028 - Xi) / 16.028)^2

12.5 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	97.650	269.500	2.760	0.285	1.100	3.860	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 2.79 x 7 / 2 = 97.65

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11 x 7^2 / 2 = 269.5

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 269.5 / 97.65 = 2.76

S.F. = 2.76 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 5.58 / 19.58 = 0.285

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11 / 10 = 1.1

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.1 / 0.285 = 3.86

S.F. = 3.86 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

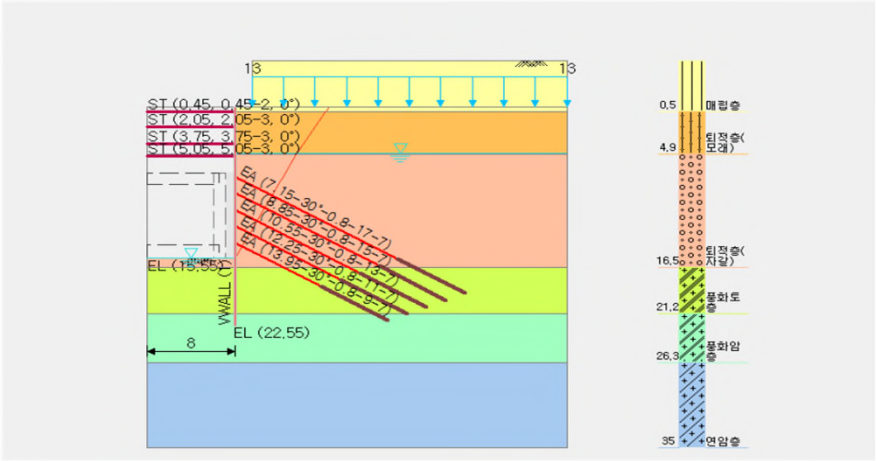
변 경

29. Ramp-D. 0+440~0+445.04(좌)--02단

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 외측주형지지보
6.2 내측주형지지보
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 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-5,6, 7, 8, 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 Earth Anchor-5 띠장 설계
8.6 Earth Anchor-6 띠장 설계
8.7 Earth Anchor-7 띠장 설계
8.8 Earth Anchor-8 띠장 설계
8.9 Earth Anchor-9 띠장 설계
9.중간말뚝 설계
10. Sheet 설계
10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 22.55m)
11.전산 입력 정보
12.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.45, 0.45-2, 0°)
ST (2.05, 2.05-3, 0°)
ST (3.75, 3.75-3, 0°)
ST (5.05, 5.05-3, 0°)
EA (7.15-30°-0.8-17-7)
EA (8.85-30°-0.8-15-7)
EA (10.55-30°-0.8-13-7)
EA (12.25-30°-0.8-11-7)
EA (13.95-30°-0.8-9-7)
EL (15.55)
VWALL (1)
EL (22.55)
8
0.5
매립층
4.9
퇴적층(모래)
16.50
퇴적층(자갈)
21.2
풍화토층
26.3
풍화암층
35
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.531	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.45	휨응력	5.501	126.684	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.467	96.664	O.K		
		전단응력	2.100	108.000	O.K		
Strut-2 P 406.4x9	2.05	휨응력	29.015	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	32.940	154.213	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.167	106.692	O.K		
Strut-3 P 406.4x9	3.75	휨응력	29.015	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	37.832	154.213	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.167	106.692	O.K		
Strut-4 P 406.4x9	5.05	휨응력	29.015	189.000	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	68.533	154.213	O.K	조합응력	O.K
		전단응력	3.167	106.692	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-5 Strand12.7x4EA	7.15	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-6 Strand12.7x4EA	8.85	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-7 Strand12.7x4EA	10.55	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-8 Strand12.7x4EA	12.25	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-9 Strand12.7x4EA	13.95	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	0.45	휨응력	8.949	182.334	O.K	
		전단응력	7.424	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	2.05	휨응력	60.125	171.711	O.K	
		전단응력	33.254	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	3.75	휨응력	73.338	171.711	O.K	
		전단응력	40.562	108.000	O.K	
Strut-4 H 300x305x15/15	5.05	휨응력	156.263	171.711	O.K	
		전단응력	86.427	108.000	O.K	
Earth Anchor-5 2H 250x250x9/14	7.15	휨응력	14.771	189.000	O.K	
		전단응력	37.389	108.000	O.K	
Earth Anchor-6 2H 250x250x9/14	8.85	휨응력	19.241	189.000	O.K	
		전단응력	48.703	108.000	O.K	
Earth Anchor-7 2H 250x250x9/14	10.55	휨응력	23.722	189.000	O.K	
		전단응력	60.046	108.000	O.K	
Earth Anchor-8 2H 250x250x9/14	12.25	휨응력	22.884	189.000	O.K	
		전단응력	57.926	108.000	O.K	
Earth Anchor-9 2H 250x250x9/14	13.95	휨응력	21.038	189.000	O.K	
		전단응력	53.254	108.000	O.K	

2.6 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	60.874	107.973	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	44.173	73.410	O.K	지지력	O.K

2.7 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 22.55	휨응력	209.187	243.000	O.K	
		전단응력	28.927	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Strut (강관), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
		P 406.4x9	수평간격 :	3.00	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
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)	-	
	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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0

나. 탄소성법

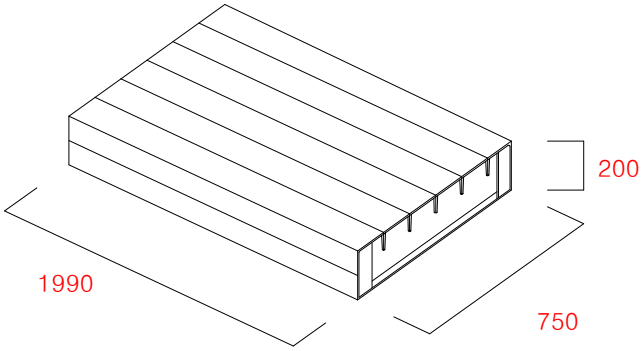
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

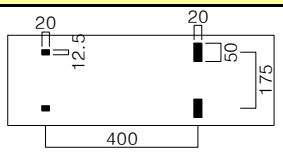
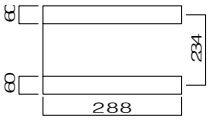
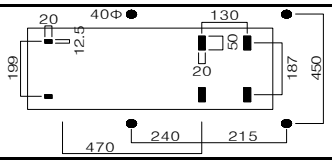
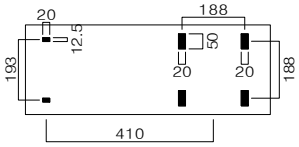
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

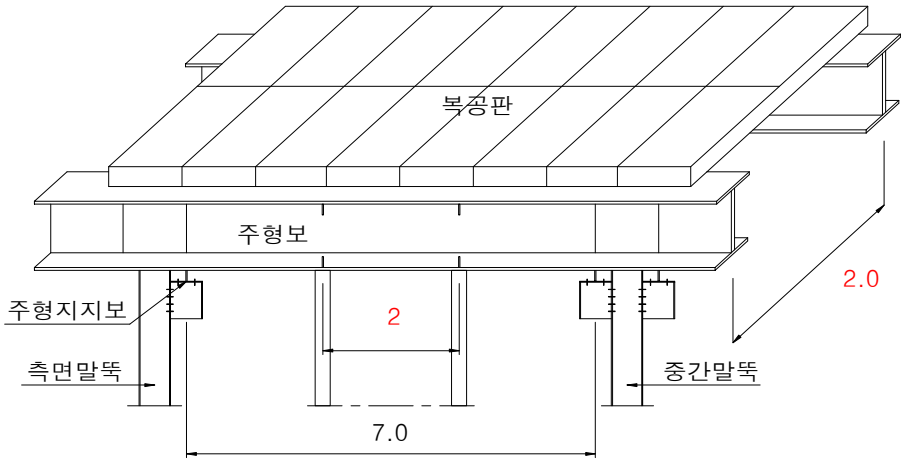
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

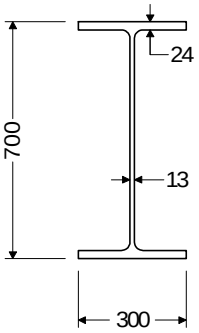
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 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

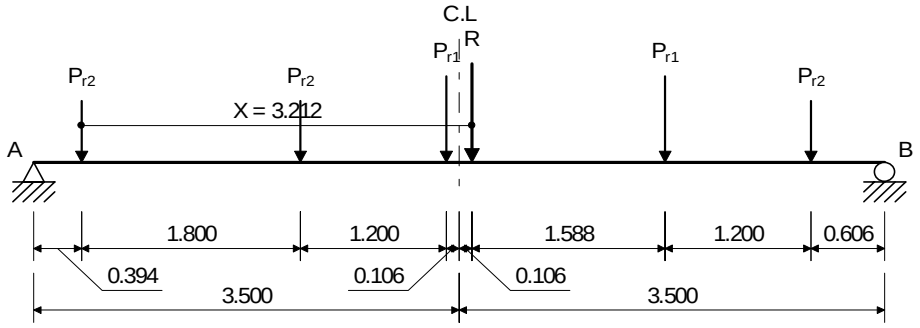
(3) 전륜하중

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

(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

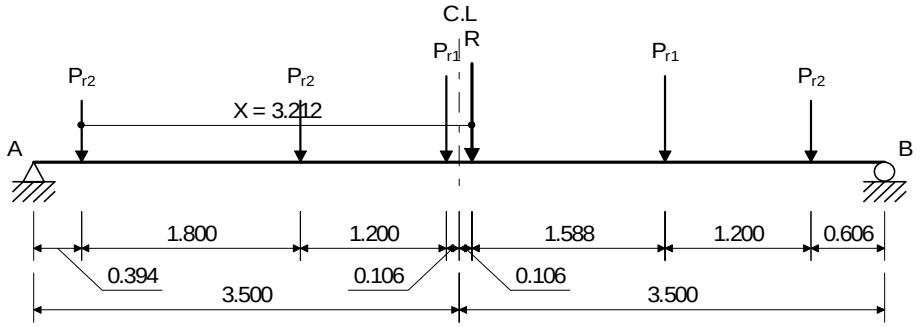
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

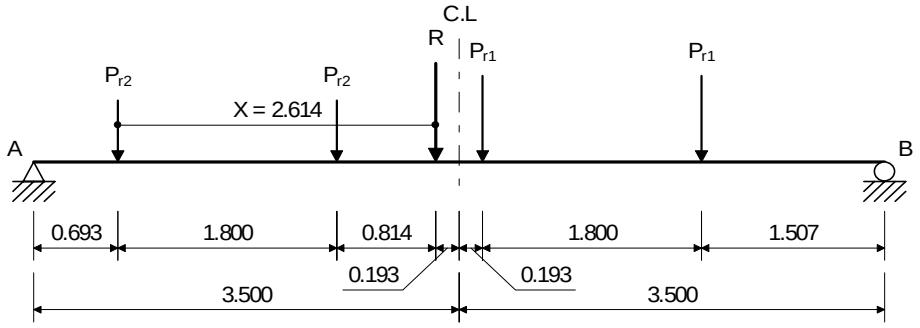
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

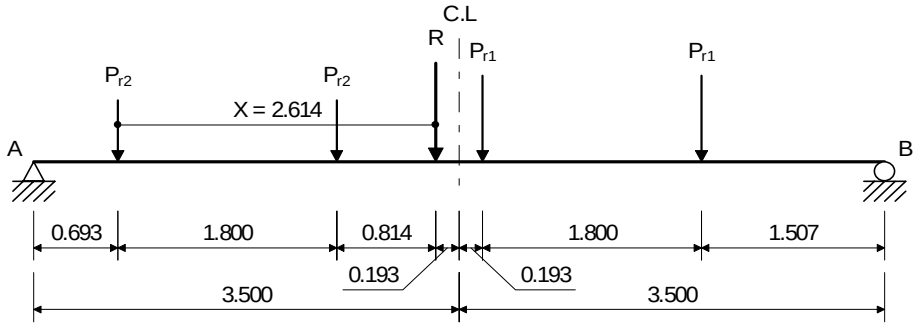


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

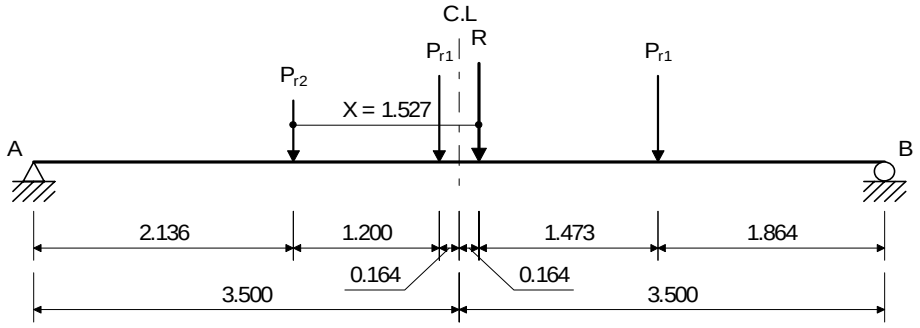
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

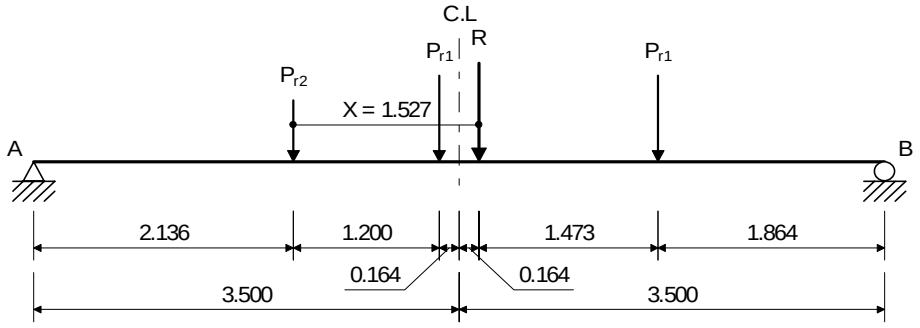


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

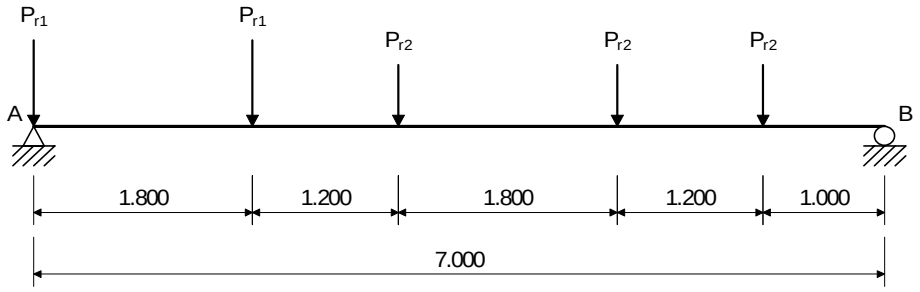


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 - Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 - 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 479.769 = 514.667 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.667 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

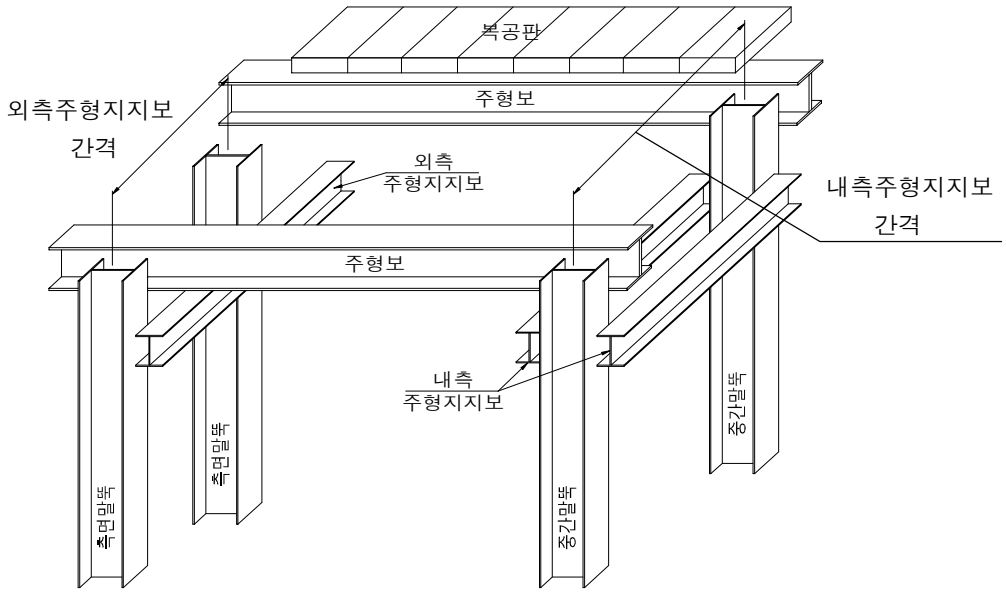
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 외측주형지지보

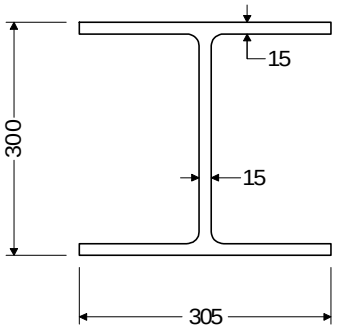
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

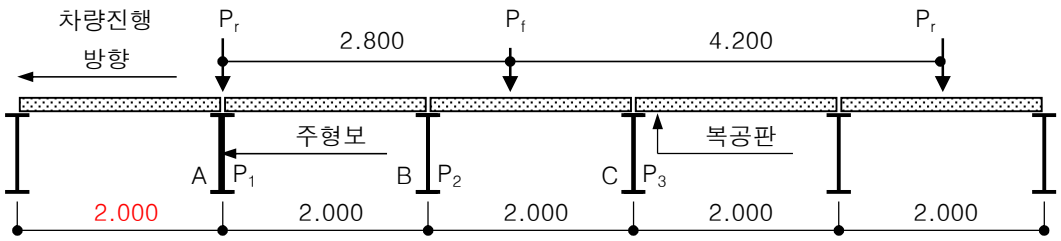


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



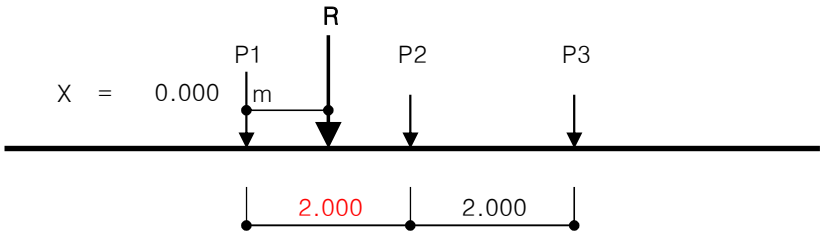
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

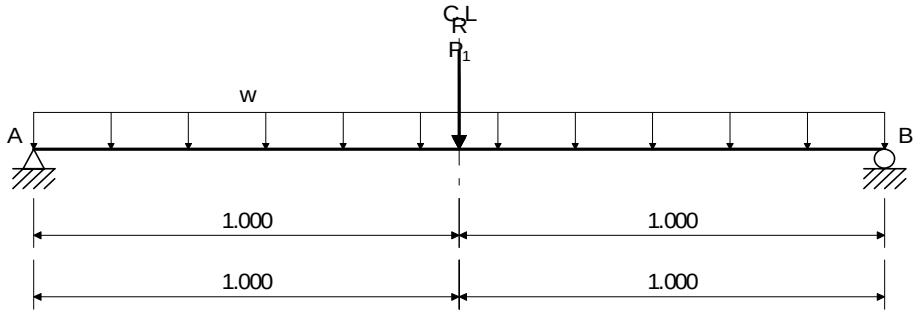


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

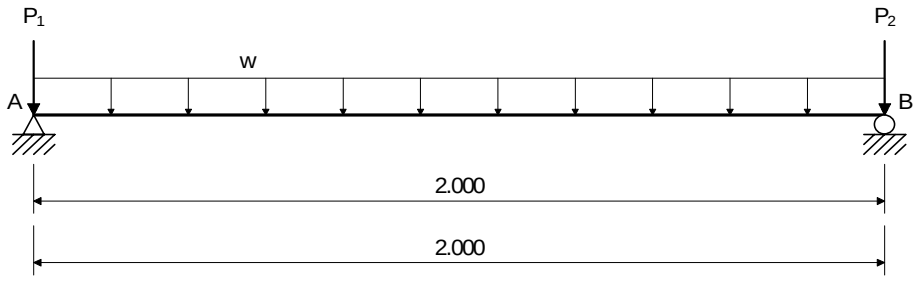
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.000) / L$
$= (333.724 \times 1.000) / 2.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.000) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.000) + 1.038 \times 2.00^2 / 8$
$= 167.381$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.009 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.762 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.762 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (334762 + 17800)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

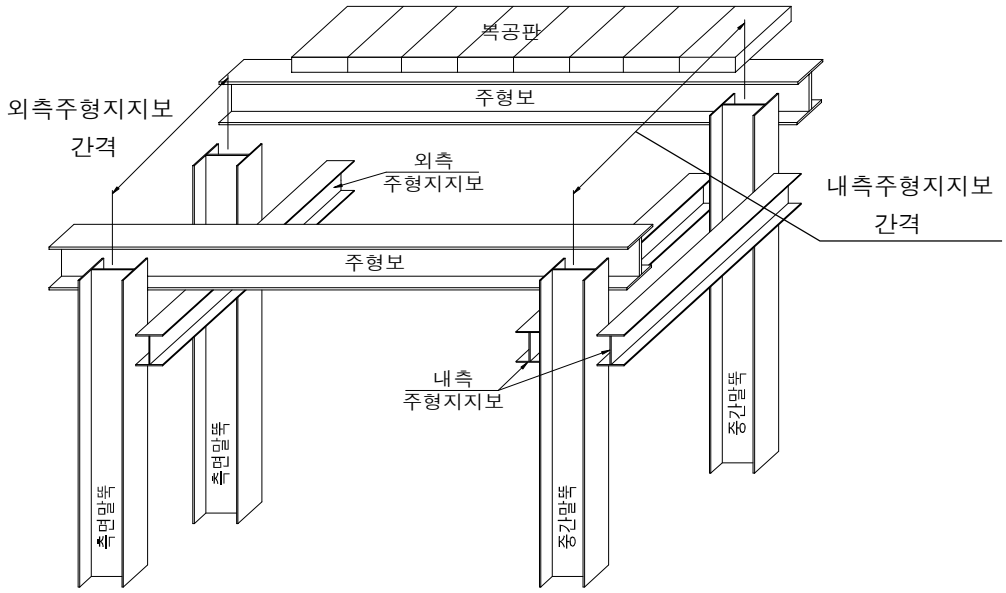
= 4.62 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.62 ea ---> O.K

6.2 내측주형지지보

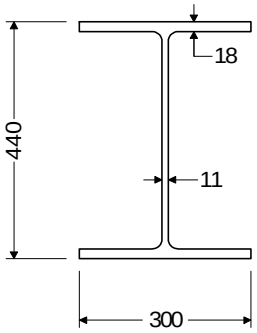
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

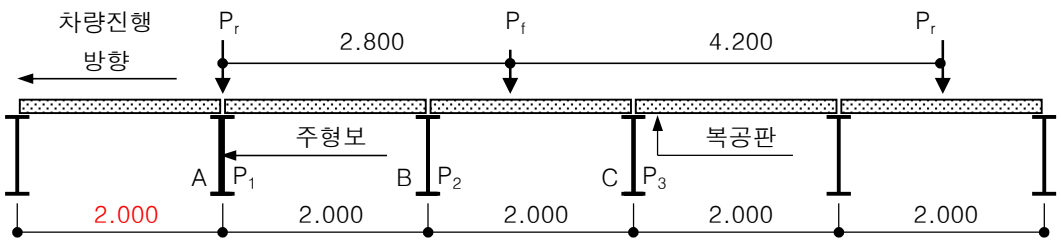


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



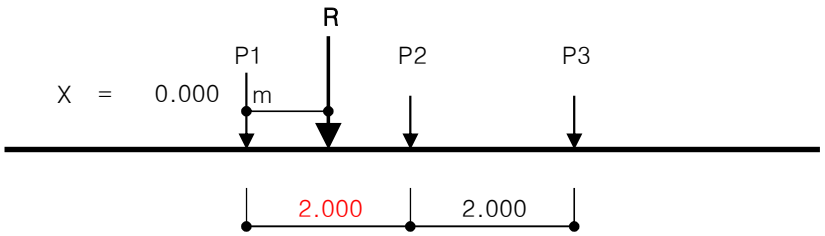
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

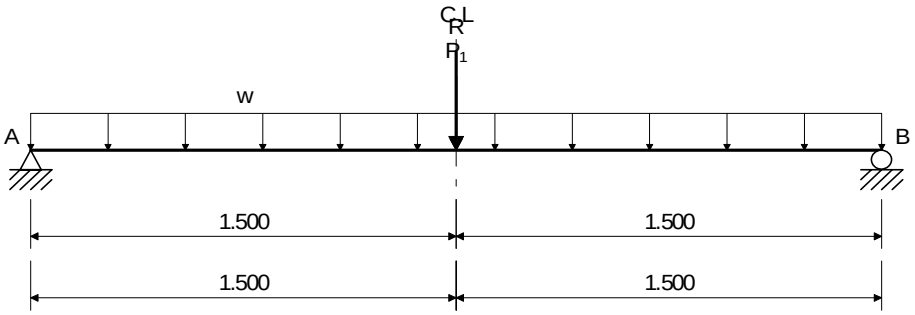


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

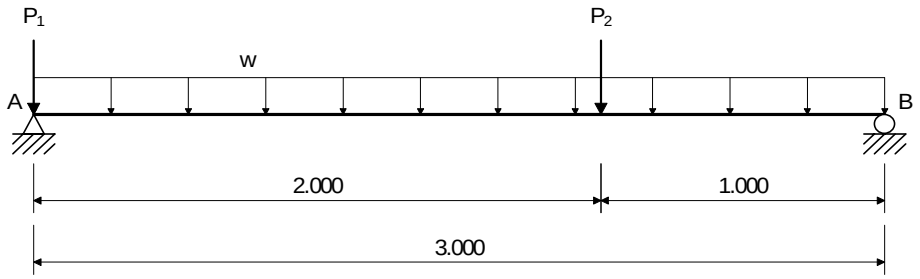
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (333.724 x 1.500) / 3.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 251.656 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.009 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.878 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.878 x 1000 / 4444 = 80.531 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300

= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))

= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.531 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (357878 + 17800)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

= 4.92 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.92 ea ---> O.K

7.지보재 설계

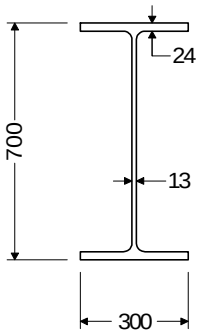
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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} = 27.920 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.55 m)
= 27.920 x 2.00 / 1 단
= 55.841 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 55.841 + 120.0 = 175.841 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.120 x 7.120 / 8 / 1 단
= 31.684 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.120 / 2 / 1 단
= 17.800 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 31.684 x 1000000 / 5760000.0 = 5.501 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 175.841 x 1000 / 23550 = 7.467 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 17.800 x 1000 / 8476 = 2.100 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.578

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (12.967 - 1.966) / 12.967$

= 0.848

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7120 / 293

24.300 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (24.300 − 20))

= 184.123 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 184.123 MPa

L_y / R_y = 6800 / 67.8

100.295 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 100.295^2)

= 96.664 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 96.664 MPa

∴ $f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay})$ = 96.664 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7120 / 300

= 23.733 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.733 − 4.5))

= 126.684 MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag}, f_{cal})$

= 126.684 MPa

$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (24.300)^2$

= 2743.407 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 96.664$ MPa $> f_c = 7.467$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 126.684$ MPa $> f_b = 5.501$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa $> \tau = 2.100$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{7.467}{96.664} + \frac{5.501}{126.684 \times (1 - (7.467 / 2743.407))}$$

$$= 0.121 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 7.467 + \frac{5.501}{1 - (7.467 / 2743.407)}$$

$$= 12.982 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.121 , 0.069)

= 0.121 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{12.967}{96.664} + \left\{ \frac{2.100}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.135 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

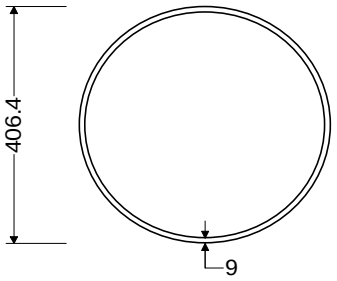
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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} = 83.374 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.25 m)
= 83.374 x 3.00 / 1 단
= 250.121 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 250.121 + 120.0 = 370.121 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.120 x 7.120 / 8 / 1 단
= 31.684 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.120 / 2 / 1 단
= 17.800 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 31.684 x 1000000 / 1092000.0 = 29.015 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 370.121 x 1000 / 11236.2 = 32.940 MPa

▶ 전단응력 , τ = $\frac{S_{max} \times Q}{I \times b}$ = $\frac{17.800 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0}$ = 3.167 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.094 x 9)

= 20.644 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.094

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (61.955 − 3.925) / 61.955

= 0.937 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7120 / 140.5

50.676 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.676 − 20))

= 154.213 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.213 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.676)^2

= 630.823 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 154.213$ MPa $> f_c = 32.940$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa $> f_b = 29.015$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa $> \tau = 3.167$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{32.940}{154.213} + \frac{29.015}{189.000 \times (1 - (32.940 / 630.823))}$$

$$= 0.376 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 32.940 + \frac{29.015}{1 - (32.940 / 630.823)}$$

$$= 63.553 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.376 , 0.336)

= 0.376 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{61.955}{154.213} + \left\{ \frac{3.167}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.403 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

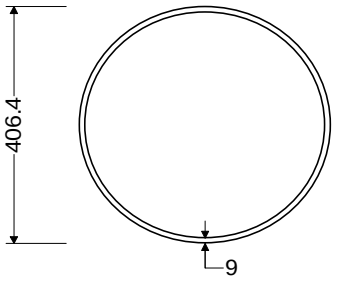
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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} = 101.696 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.55 m)
= 101.696 x 3.00 / 1 단
= 305.087 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 305.087 + 120.0 = 425.087 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.120 x 7.120 / 8 / 1 단
= 31.684 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.120 / 2 / 1 단
= 17.800 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 31.684 \times 1000000 / 1092000.0 = 29.015$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 425.087 \times 1000 / 11236.2 = 37.832$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{17.800 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.167$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$r/(\alpha \cdot t)$ = 203.2 / (1.087 x 9)

= 20.774 ---> $r/(\alpha t) \leq 50$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10

= 1.087

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (66.847 − 8.817) / 66.847

= 0.868 ($0 \leq \Phi \leq 2$)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L / R = 7120 / 140.5

50.676 ---> $20 < L/R \leq 93$ 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.676 − 20))

= 154.213 MPa

f_{ca} = f_{cag} • f_{cal} / f_{cao}

= 154.213 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.676)^2

= 630.823 MPa

▶ 허용전단응력

r / t = 203.2 / 9

= 22.578 ---> $r/t \leq 125$ 이므로

τ_a = 1.50 x 0.9 x (80 − 0.0019 x 22.578^2)

= 106.692 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 154.213 MPa > f_c = 37.832 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 29.015 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 106.692 MPa > τ = 3.167 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{37.832}{154.213} + \dfrac{29.015}{189.000 \times (1 - (37.832 / 630.823))}$

= 0.409 < 1.0 ---> O.K

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 37.832 + \frac{29.015}{1 - (37.832 / 630.823)}$$

$$= 68.698 < f_{cal} = 189.000 \quad ---> \quad O.K$$

∴ 안전율 = Max.(0.409 , 0.363)
= 0.409 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\frac{f}{f_{ca}} + \left\{ \frac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{66.847}{154.213} + \left\{ \frac{3.167}{106.692} \right\}^2$$

$$= 0.434 < 1.0 \quad ---> \quad O.K$$

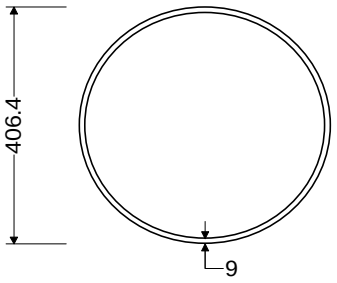
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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} = 216.684 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.35 m)
= 216.684 x 3.00 / 1 단
= 650.052 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 650.052 + 120.0 = 770.052 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.120 x 7.120 / 8 / 1 단
= 31.684 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.120 / 2 / 1 단
= 17.800 kN
(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 31.684 \times 1000000 / 1092000.0 = 29.015$ MPa

▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 770.052 \times 1000 / 11236.2 = 68.533$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = \frac{S_{max} \times Q}{I \times b} = \frac{17.800 \times 1000 \times 710791.9}{221930000 \times 18.0} = 3.167$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

r/(α · t) = 203.2 / (1.059 x 9)
= 21.310 ---> r/(αt) ≤ 50 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, α = 1.0 + Φ / 10
= 1.059

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (97.548 − 39.518) / 97.548
= 0.595 (0 ≤ Φ ≤ 2)

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L / R = 7120 / 140.5
50.676 ---> 20 < L/R ≤ 93 이므로

f_{cag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (50.676 − 20))
= 154.213 MPa

f_{ca} = f_{cag} · f_{cal} / f_{cao}
= 154.213 MPa

▶ 허용휨응력

f_{bag} = 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 189.000 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (50.676)^2
= 630.823 MPa

▶ 허용전단응력

$r / t = 203.2 / 9$

$= 22.578$ ---> r/t ≤ 125 이므로

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times (80 - 0.0019 \times 22.578^2)$

$= 106.692$ MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 154.213$ MPa > $f_c = 68.533$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 189.000$ MPa > $f_b = 29.015$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 106.692$ MPa > $\tau = 3.167$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bag} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{68.533}{154.213} + \dfrac{29.015}{189.000 \times (1 - (68.533 / 630.823))}$

$= 0.617 < 1.0$ ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 68.533 + \dfrac{29.015}{1 - (68.533 / 630.823)}$

$= 101.084 < f_{cal} = 189.000$ ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.617 , 0.535)

= 0.617 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$= \dfrac{97.548}{154.213} + \left\{ \dfrac{3.167}{106.692} \right\}^2$

$= 0.633 < 1.0$ ---> O.K

7.5 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-5, 6, 7, 8, 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}	O
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	×
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.65 x f_{pu} x A_p , 0.80 x f_{py} x A_p)

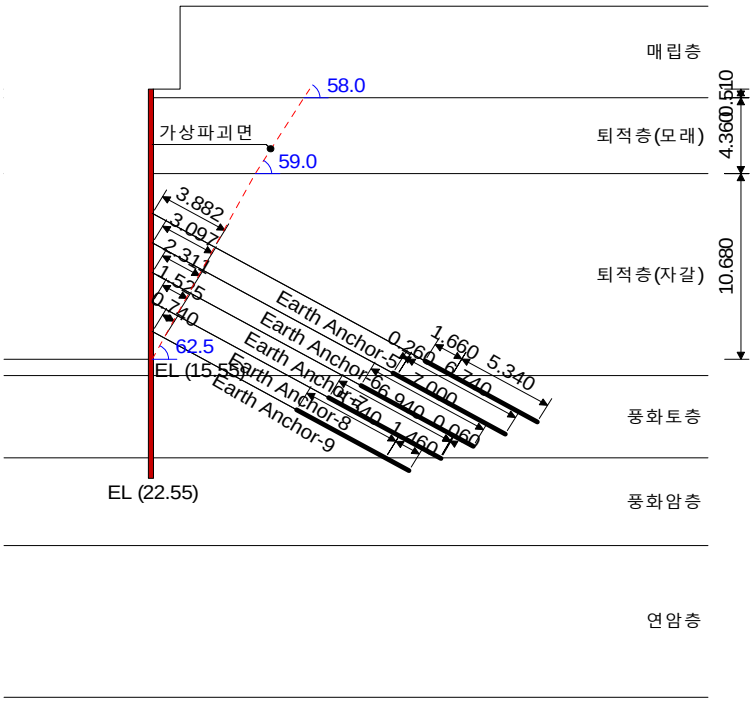
= Min. (0.65 x 1860.0 x 394.84 ,

0.80 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (477361.6 , 495919.0) N

= 477.362 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
Earth Anchor-5	7.150	3.882	2.333	17.000	O.K
Earth Anchor-6	8.850	3.097	2.333	15.000	O.K
Earth Anchor-7	10.550	2.311	2.333	13.000	O.K
Earth Anchor-8	12.250	1.525	2.333	11.000	O.K
Earth Anchor-9	13.950	0.740	2.333	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)
Earth Anchor-5	7.150	237.160	0.800	30	189.728
Earth Anchor-6	8.850	320.890	0.800	30	256.712
Earth Anchor-7	10.550	404.627	0.800	30	323.701
Earth Anchor-8	12.250	387.169	0.800	30	309.736
Earth Anchor-9	13.950	350.213	0.800	30	280.170

(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 + 정착장 + 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)
7.150	200000	3.0	98.71	4	24.5	9669.551
8.850	200000	3.0	98.71	4	22.5	10529.067
10.550	200000	3.0	98.71	4	20.5	11556.293
12.250	200000	3.0	98.71	4	18.5	12805.622
13.950	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)	ΔP_{pr} (N)
7.150	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
8.850	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
10.550	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
12.250	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
13.950	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)
7.150	189.728	9.670	24.796	224.193
8.850	256.712	10.529	24.796	292.037
10.550	323.701	11.556	24.796	360.054
12.250	309.736	12.806	24.796	347.337
13.950	280.170	14.358	24.796	319.324

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
7.150	224.193	119.340	4	1.879	O.K
8.850	292.037	119.340	4	2.447	O.K
10.550	360.054	119.340	4	3.017	O.K
12.250	347.337	119.340	4	2.910	O.K
13.950	319.324	119.340	4	2.676	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)
Earth Anchor-5	7.150	189.728	퇴적층(자갈)	2.00	100.000	300.000	1.660	78.226
		111.502	풍화토층	2.00	100.000	350.000	2.028	111.502
합계		-	-	-	-	-	3.688	-
Earth Anchor-6	8.850	256.712	퇴적층(자갈)	2.00	100.000	300.000	0.260	12.252
		244.460	풍화토층	2.00	100.000	350.000	4.447	244.460
합계		-	-	-	-	-	4.707	-
Earth Anchor-7	10.550	323.701	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.888	323.701
합계		-	-	-	-	-	5.888	-
Earth Anchor-8	12.250	309.736	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.634	309.736
합계		-	-	-	-	-	5.634	-
Earth Anchor-9	13.950	280.170	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.096	280.170
합계		-	-	-	-	-	5.096	-

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)
7.150	189.728	4.0	12.70	1000.0	1.189
8.850	256.712	4.0	12.70	1000.0	1.609
10.550	323.701	4.0	12.70	1000.0	2.028
12.250	309.736	4.0	12.70	1000.0	1.941
13.950	280.170	4.0	12.70	1000.0	1.756

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
7.150	3.688	1.189	7.0	O.K
8.850	4.707	1.609	7.0	O.K
10.550	5.888	2.028	7.0	O.K
12.250	5.634	1.941	7.0	O.K
13.950	5.096	1.756	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)
7.150	17.000	1.500	7.000	25.500
8.850	15.000	1.500	7.000	23.500
10.550	13.000	1.500	7.000	21.500
12.250	11.000	1.500	7.000	19.500
13.950	9.000	1.500	7.000	17.500

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 + 정착장 + 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)
7.150	224.193	24.5	200000	98.71	4	69.557
8.850	292.037	22.5	200000	98.71	4	83.209
10.550	360.054	20.5	200000	98.71	4	93.470
12.250	347.337	18.5	200000	98.71	4	81.371
13.950	319.324	16.5	200000	98.71	4	66.721

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
7.150	0.80	30.0	17.000	1.500	7.000	224.193
8.850	0.80	30.0	15.000	1.500	7.000	292.037
10.550	0.80	30.0	13.000	1.500	7.000	360.054
12.250	0.80	30.0	11.000	1.500	7.000	347.337
13.950	0.80	30.0	9.000	1.500	7.000	319.324

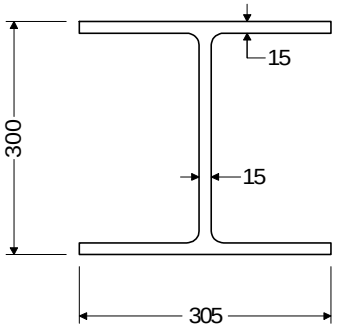
8.띠장 설계

8.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

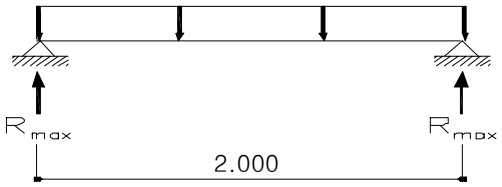
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 27.920 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.55 m)

P = 27.920 × 2.00 m / 1 ea = 55.841 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 55.841 / (13 × 2.000)
= 25.773 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 25.773 × 2.000^2 / 8
= 12.886 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 25.773 × 2.000 / 12
= 30.068 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.886 x 1000000 / 1440000.0 = 8.949 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 30.068 x 1000 / 4050 = 7.424 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (8.949 + 8.949) / 8.949$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 8.949 MPa ---> O.K

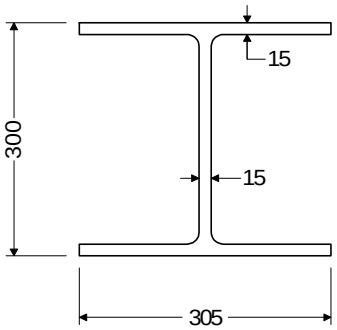
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 7.424 MPa ---> O.K

8.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

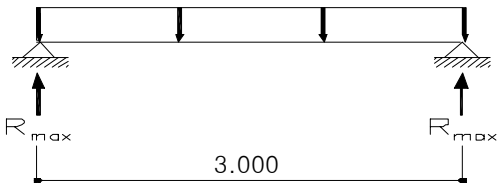
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 83.374 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.25 m)

P = 83.374 × 3.00 m / 1 ea = 250.121 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 250.121 / (13 × 3.000)
= 76.960 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 76.960 × 3.000 ^{2} / 8
= 86.580 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 76.960 × 3.000 / 12
= 134.681 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 86.580 x 1000000 / 1440000.0 = 60.125 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 134.681 x 1000 / 4050 = 33.254 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (60.125 + 60.125) / 60.125
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 60.125 MPa ---> O.K

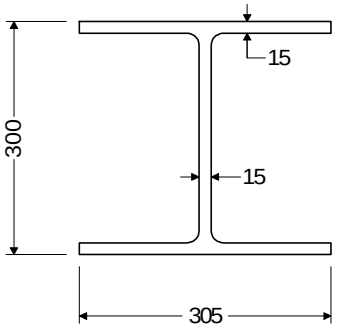
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 33.254 MPa ---> O.K

8.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

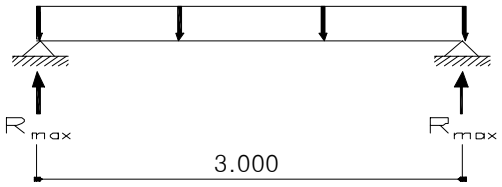
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 101.696 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.55 m)

P = 101.696 × 3.00 m / 1 ea = 305.087 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 305.087 / (13 × 3.000)
= 93.873 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 93.873 × 3.000^2 / 8
= 105.607 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 93.873 × 3.000 / 12
= 164.277 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 105.607 x 1000000 / 1440000.0 = 73.338 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 164.277 x 1000 / 4050 = 40.562 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (73.338 + 73.338) / 73.338$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 73.338 MPa ---> O.K

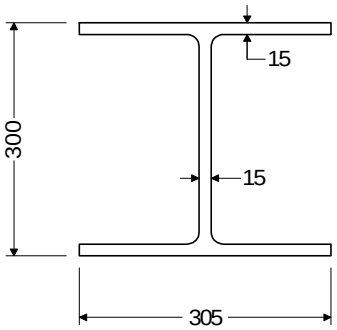
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 40.562 MPa ---> O.K

8.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

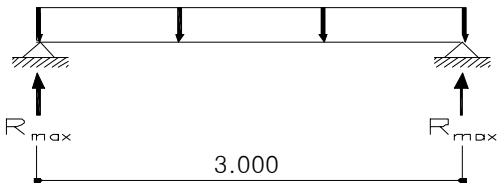
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 216.684 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.35 m)

$P = 216.684 \times 3.00\ m / 1\ ea = 650.052\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 650.052 / (13 \times 3.000)$
$= 200.016\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 200.016 \times 3.000^{2} / 8$
$= 225.018\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 200.016 \times 3.000 / 12$
$= 350.028\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 225.018 \times 1000000 / 1440000.0 = 156.263$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 350.028 \times 1000 / 4050 = 86.427$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 15.000$ ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (156.263 + 156.263) / 156.263$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 305$
$= 9.836$ ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (9.836 - 4.5))$
$= 171.711$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.711$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 156.263$ MPa ---> O.K

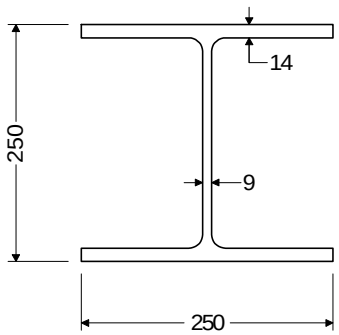
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 86.427$ MPa ---> O.K

8.5 Earth Anchor-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

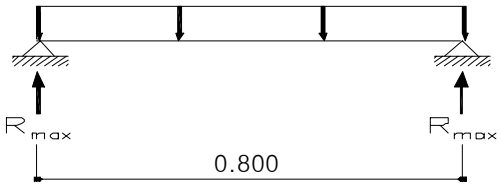
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



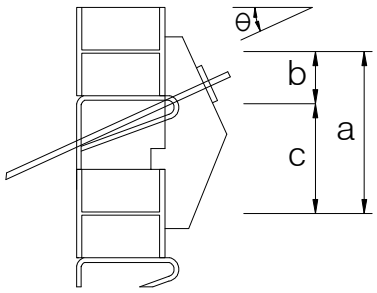
(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

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} = 224.193 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 224.193 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 138.734$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 138.734 / (13 \times 0.800)$
$= 160.078$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 160.078 \times 0.800^2 / 8$
$= 12.806$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 160.078 \times 0.800 / 12$
$= 74.703$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.806 x 1000000 / 867000.0 = 14.771 MPa
▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 74.703 x 1000 / 1998 = 37.389 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (14.771 + 14.771) / 14.771

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250

= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

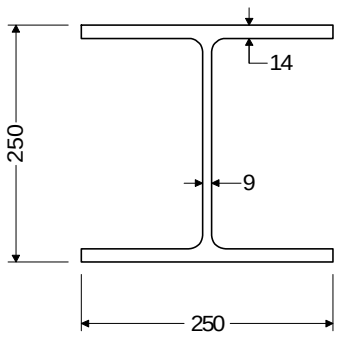
▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 14.771 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 37.389 MPa ---> O.K

8.6 Earth Anchor-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

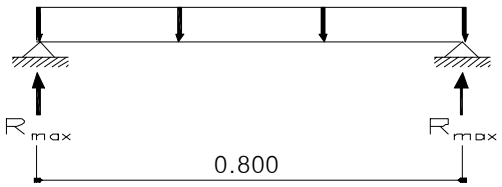
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



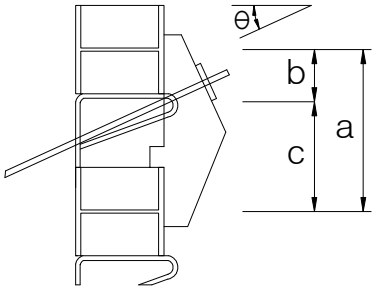
(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

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} = 292.037 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 292.037 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 180.717 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 180.717 / (13 × 0.800)
= 208.519 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 208.519 × 0.800 ^{2} / 8
= 16.682 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 208.519 × 0.800 / 12
= 97.309 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 16.682 x 1000000 / 867000.0 = 19.241 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 97.309 x 1000 / 1998 = 48.703 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (19.241 + 19.241) / 19.241
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250

= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 19.241 MPa ---> O.K

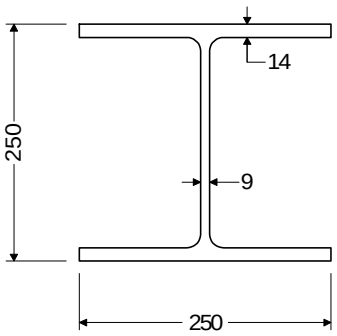
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 48.703 MPa ---> O.K

8.7 Earth Anchor-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

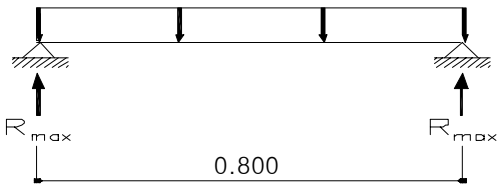
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계

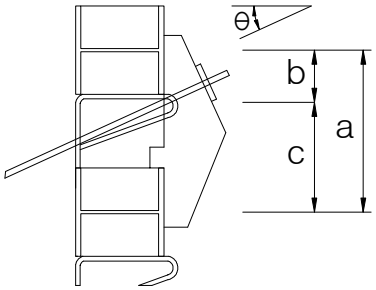


a = 0.550 m

b = 0.157 m

c = 0.393 m

θ = 30.0 도



Jf_{used} = 360.054 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 360.054 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)

= 222.806 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 222.806 / (13 × 0.800)
= 257.084 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 257.084 × 0.800 ^{2} / 8
= 20.567 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 257.084 × 0.800 / 12
= 119.973 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 20.567 x 1000000 / 867000.0 = 23.722 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 119.973 x 1000 / 1998 = 60.046 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (23.722 + 23.722) / 23.722
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250
= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.722 MPa ---> O.K

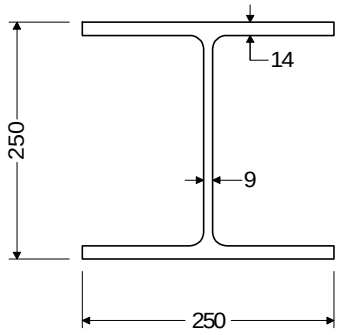
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 60.046 MPa ---> O.K

8.8 Earth Anchor-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

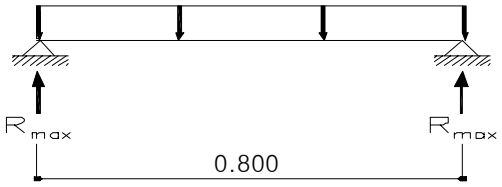
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



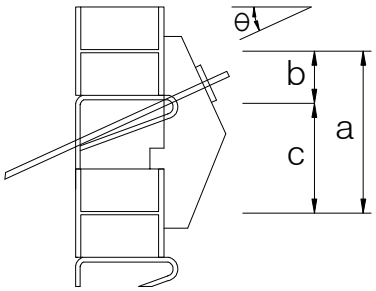
(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

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} = 347.337 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

$P = 347.337 \times \cos 30° \times (0.393 / 0.550)$
$= 214.937$ kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 214.937 / (13 \times 0.800)$
$= 248.005$ kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 248.005 \times 0.800^2 / 8$
$= 19.840$ kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 248.005 \times 0.800 / 12$
$= 115.735$ kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 19.840 x 1000000 / 867000.0 = 22.884 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 115.735 x 1000 / 1998 = 57.926 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (22.884 + 22.884) / 22.884

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250

= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 22.884 MPa ---> O.K

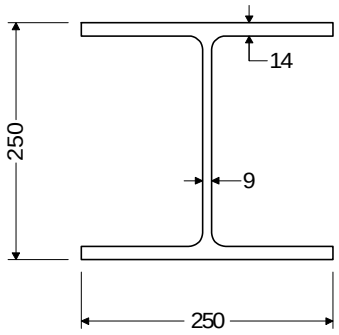
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 57.926 MPa ---> O.K

8.9 Earth Anchor-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

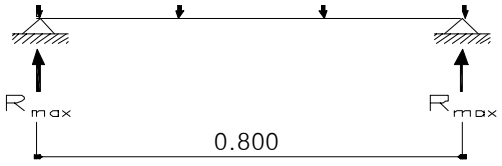


(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

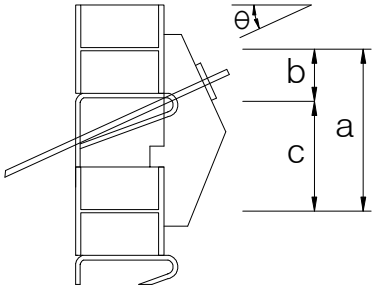
나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계





a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 319.324 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 319.324 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 197.602 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 197.602 / (13 × 0.800)
= 228.003 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 228.003 × 0.800 ^{2} / 8
= 18.240 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 228.003 × 0.800 / 12
= 106.401 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 18.240 x 1000000 / 867000.0 = 21.038 MPa
▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 106.401 x 1000 / 1998 = 53.254 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로
f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa
여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860
Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (21.038 + 21.038) / 21.038
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250

= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 21.038 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 53.254 MPa ---> O.K

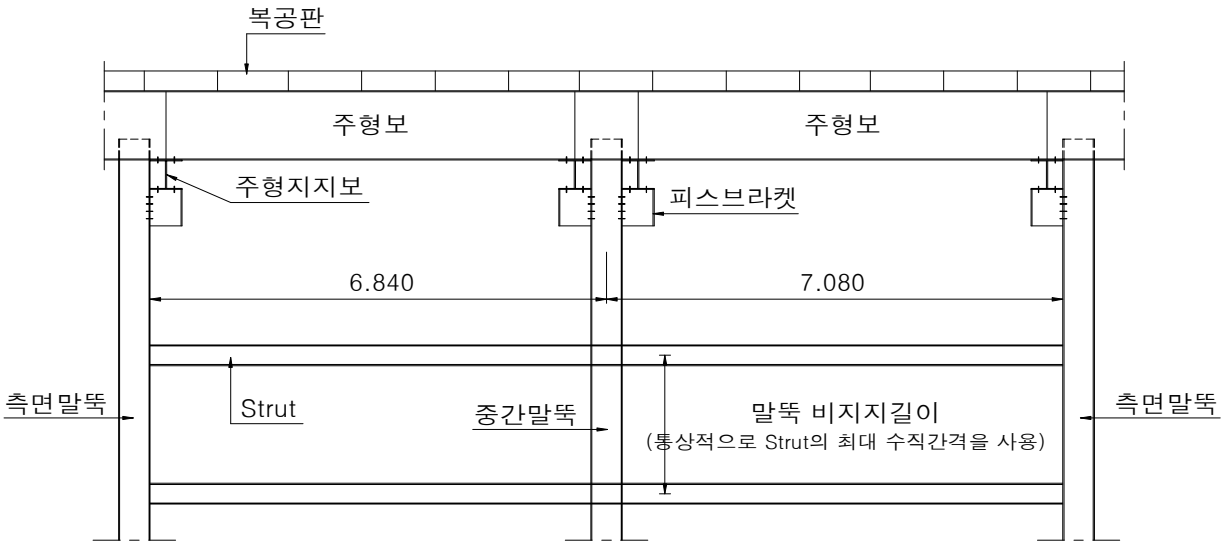
9.중간말뚝 설계

9.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.840 + 7.080 = 13.920 m

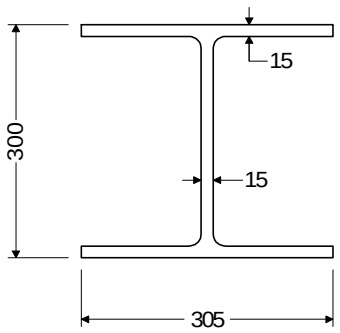
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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



9.2 단면력 산정

가. 강재자중 및 축하중 산정

(1) 중간말뚝 자중 = 23.900 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 56.520 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 4.910 kN

ΣP_s = 90.110 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 6.840) / 2 = 19.486 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 7.080) / 2 = 20.169 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.840)

= 0.320 > 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

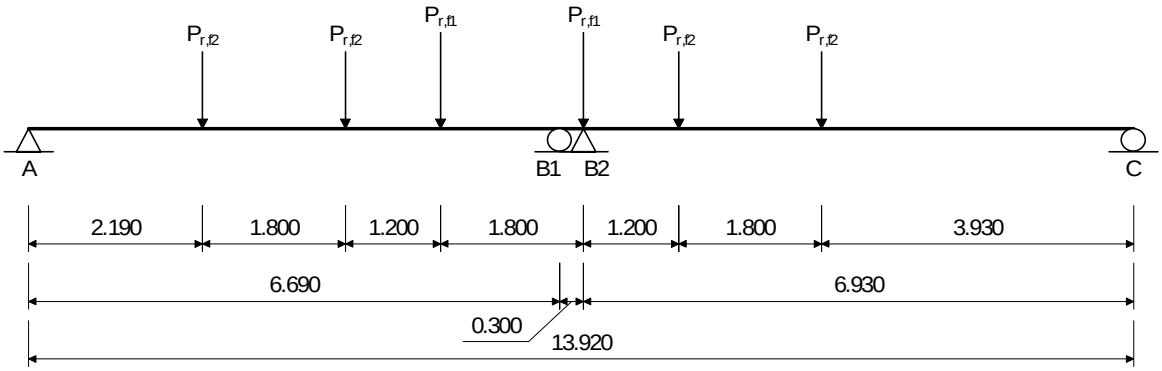
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.190 + 93.600 x 3.990 + 93.600 x 2.190) / 6.690

= 183.283 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.930 + 93.600 x 5.730 + 93.600 x 3.930) / 6.930

= 255.273 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 183.283 x 1.00 = 183.283 kN

P_{r2} = 255.273 x 1.00 = 255.273 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.190 + 23.400 x 3.990 + 23.400 x 2.190) / 6.690

= 45.821 kN

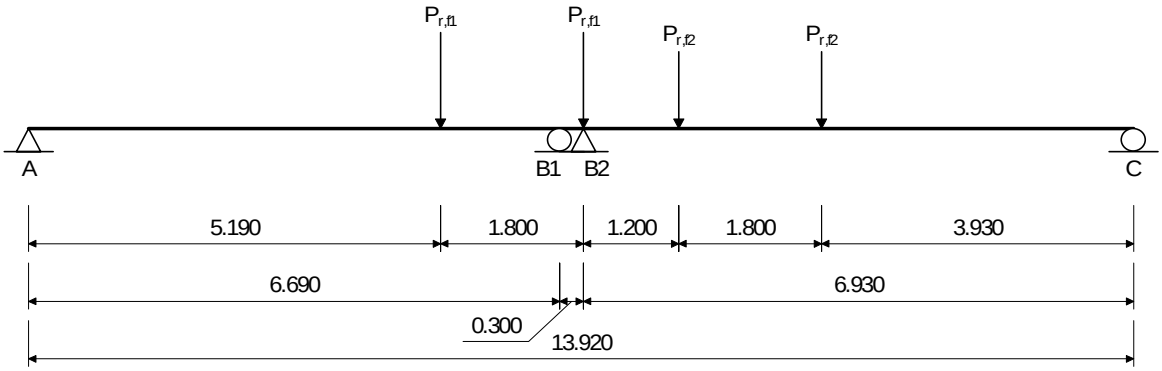
R_{B2} = (31.200 x 6.930 + 23.400 x 5.730 + 23.400 x 3.930) / 6.930

= 63.818 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 45.821 x 1.00 = 45.821 kN

P_{f2} = 63.818 x 1.00 = 63.818 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.190) / 6.690

= 96.818 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.930 + 93.600 x 5.730 + 93.600 x 3.930) / 6.930

= 255.273 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 96.818 x 1.00 = 96.818 kN

P_{r2} = 255.273 x 1.00 = 255.273 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.190) / 6.690

= 24.204 kN

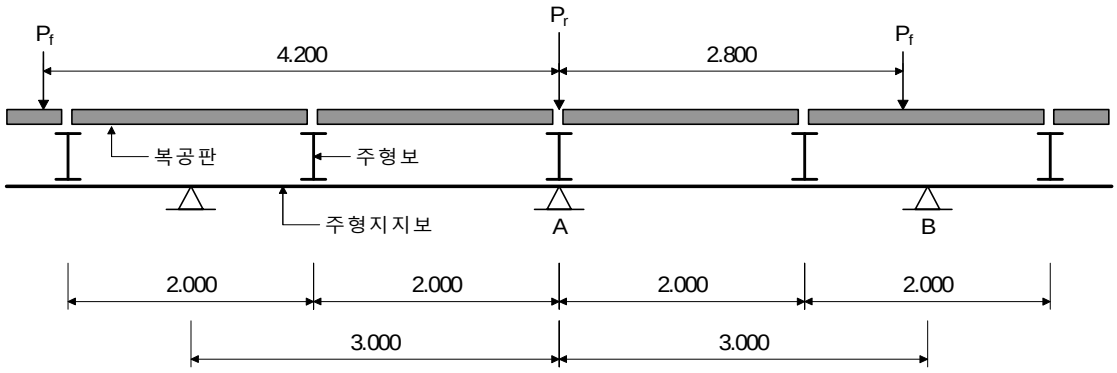
R_{B2} = (31.200 x 6.930 + 23.400 x 5.730 + 23.400 x 3.930) / 6.930

= 63.818 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.204 x 1.00 = 24.204 kN

P_{f2} = 63.818 x 1.00 = 63.818 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (183.283 x 3.000 + 45.821 x 0.200) / 3.000

= 186.337 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} \times 3.00 / 2.00$

$= 186.337 + 19.486 \times 3.00 / 2.00 = 215.566$ kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

$R_2 = (255.273 \times 3.000 + 63.818 \times 0.200) / 3.000$

$= 259.527$ kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

$P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} \times 3.00 / 2.00$

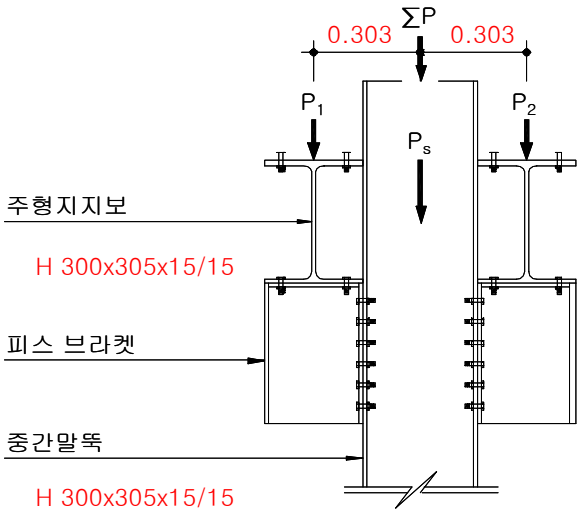
$= 259.527 + 20.169 \times 3.00 / 2.00 = 289.781$ kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P = P_1 + P_2 + P_s$

$= 215.566 + 289.781 + 90.110 = 595.457$ kN

9.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , $f_c = \sum P / A = 198.486 \times 1000 / 13480 = 14.724$ MPa

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 87.659 \times 1000000 / 1440000 = 60.874$ MPa

여기서, $M_{max} = P_2 \times e = 289.781 \times 0.303 = 87.659$ kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 2.895

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (75.599 − −46.150) / 75.599

= 1.610

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 9000 / 126

71.429 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (71.429 − 20))

= 130.680 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 130.680 MPa

L_y / R_y = 9000 / 72.6

123.967 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 123.967^2)

= 73.410 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 73.410 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 73.410 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 9000 / 305

= 29.508 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (29.508 − 4.5))

= 107.973 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 107.973 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (71.429)^2

= 317.520 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 73.410 MPa > f_c = 14.724 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 107.973 MPa > f_b = 60.874 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{14.724}{73.410} + \frac{60.874}{107.973 \times (1 - (14.724 / 317.520))}$$

$$= 0.792 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 14.724 + \frac{60.874}{1 - (14.724 / 317.520)}$$

$$= 78.559 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.792 , 0.416)

= 0.792 < 1.0 ---> O.K

9.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 595.46 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)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	22	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	21.200	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 22 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 227.244 tonf

= 2228.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2228.50 / 2.0

= 1114.250 kN

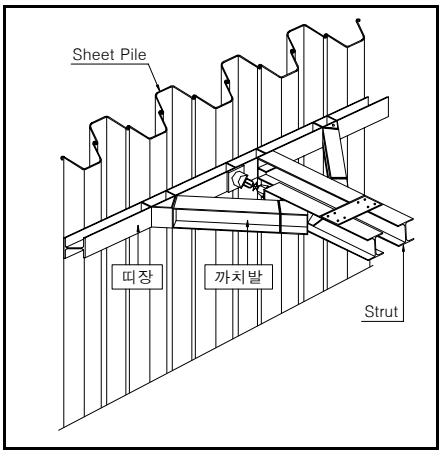
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

10. Sheet 설계

10.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 22.55m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 474.854 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 굴착 14.45 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 474.854 (kN·m/m) × 1.00 m = 474.854 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 381.261 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS17 : 굴착 14.45 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 381.261 (kN/m) × 1.00 m = 381.261 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{474.854 \times 10^6}{2270000.00} = 209.187 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{381.261 \times 10^3}{13180.00} = 28.927 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 MPa ---> O.K

11. 탄소성 입력 데이터

11.1 해석종류 : 탄소성보법

11.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

11.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 15.55 m, 전모델높이 = 35 m

11.4 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	0.51	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.87	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.48	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	21.22	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	26.27	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

11.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	22.55	1

11.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.45	2	7.12	0	1
2	Strut-2	P 406.4x9	SS400	2.05	3	7.12	70	1
3	Strut-3	P 406.4x9	SS400	3.75	3	7.12	70	1
4	Strut-4	P 406.4x9	SS400	5.05	3	7.12	70	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	7.15	0.8	30	17	150
2	Earth Anchor-6	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.85	0.8	30	15	170
3	Earth Anchor-7	Strand12.7x4EA	SWPC7B	10.55	0.8	30	13	210
4	Earth Anchor-8	Strand12.7x4EA	SWPC7B	12.25	0.8	30	11	210
5	Earth Anchor-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	13.95	0.8	30	9	210

11.7 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	7.39	0	6.55	C27	1.1	-
2	기초	14.85	0	6.55	C27	1.4	-
3	벽체	6.55	6.84	15.55	C27	1.1	뒤채움

11.8 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

11.9 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 4.8 m, 수위차 = 15.55 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.95	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.55	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	4.25	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	5.55	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	7.65	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Earth Anchor-5		-	-	-	-	X	X
11	9.35	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Earth Anchor-6		-	-	-	-	X	X
13	11.05	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Earth Anchor-7		-	-	-	-	X	X
15	12.75	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Earth Anchor-8		-	-	-	-	X	X
17	14.45	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Earth Anchor-9		-	-	-	-	X	X
19	15.55	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-	-	-	13.84	-	-	-	X	X
21	-		Earth Anchor-9	-	-	-	-	X	X
22	-	-	-	10.27	-	-	-	X	X
23	-		Earth Anchor-7	-	-	-	-	X	X
24	-	-	-	6.84	-	-	-	X	X
25	-		Earth Anchor-5	-	-	-	-	X	X

12. 해석 결과
12.1 전산 해석결과 집계

12.1.1 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 0.95 m	0.95	7.57	4.9	-4.29	3.4	2.61	19.8	-4.19	2.1
CS2 : 생성 Strut-1	0.95	7.56	4.9	-4.21	3.4	2.61	19.8	-4.19	2.1
CS3 : 굴착 2.55 m	2.55	18.30	3.4	-27.94	0.5	32.50	2.6	-13.60	5.9
CS4 : 생성 Strut-2	2.55	14.00	4.9	-21.61	2.1	17.37	2.6	-9.33	6.3
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	39.44	5.0	-66.42	2.1	49.67	3.8	-18.66	7.2
CS6 : 생성 Strut-3	4.25	30.94	5.0	-51.73	2.1	33.66	4.3	-13.98	7.2
CS7 : 굴착 5.55 m	5.55	39.90	7.2	-88.06	3.8	59.54	5.6	-24.37	2.1
CS8 : 생성 Strut-4	5.55	34.24	7.2	-70.56	3.8	47.33	5.6	-19.88	2.1
CS9 : 굴착 7.65 m	7.65	77.39	9.8	-164.29	5.1	148.39	7.7	-93.14	5.1
CS10 : 생성 Earth Anchor-5	7.65	62.22	7.2	-100.16	7.2	45.47	8.5	-22.68	11.5
CS11 : 굴착 9.35 m	9.35	112.93	12.3	-220.32	7.2	243.95	9.4	-166.68	5.1
CS12 : 생성 Earth Anchor-6	9.35	66.18	7.2	-147.96	8.9	92.56	10.3	-47.14	14.0
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	146.57	14.5	-295.77	8.9	351.54	11.5	-206.57	17.0
CS14 : 생성 Earth Anchor-7	11.05	86.02	14.5	-194.69	10.6	162.39	12.3	-89.95	16.5
CS15 : 굴착 12.75 m	12.75	185.38	16.5	-361.83	10.6	435.79	13.1	-237.59	18.9
CS16 : 생성 Earth Anchor-8	12.75	134.16	16.5	-231.49	12.3	254.33	13.8	-143.52	18.9
CS17 : 굴착 14.45 m	14.45	161.28	17.4	-381.26	12.3	474.85	14.8	-237.68	8.9
CS18 : 생성 Earth Anchor-9	14.45	118.06	17.4	-216.84	12.3	277.88	15.2	-146.42	8.9
CS19 : 굴착 15.55 m	15.55	131.50	7.2	-302.31	14.0	398.06	16.0	-192.21	8.9
CS20 : 해체1	15.55	131.50	7.2	-302.26	14.0	398.26	16.0	-192.20	8.9
CS21 : 해체2	15.55	132.93	7.2	-282.25	12.3	328.80	16.0	-203.80	8.9
CS22 : 해체3	15.55	132.94	7.2	-282.37	12.3	328.33	16.0	-203.84	8.9
CS23 : 해체4	15.55	119.17	7.2	-143.14	8.9	301.24	16.0	-176.79	8.9
CS24 : 해체5	15.55	119.17	7.2	-143.13	8.9	301.05	16.0	-176.80	8.9
CS25 : 해체6	15.55	143.61	7.7	-127.71	7.8	301.14	16.0	-226.65	7.7
TOTAL		185.38	16.5	-381.26	12.3	474.85	14.8	-237.68	8.9

12.1.2 지보재 반력 집계

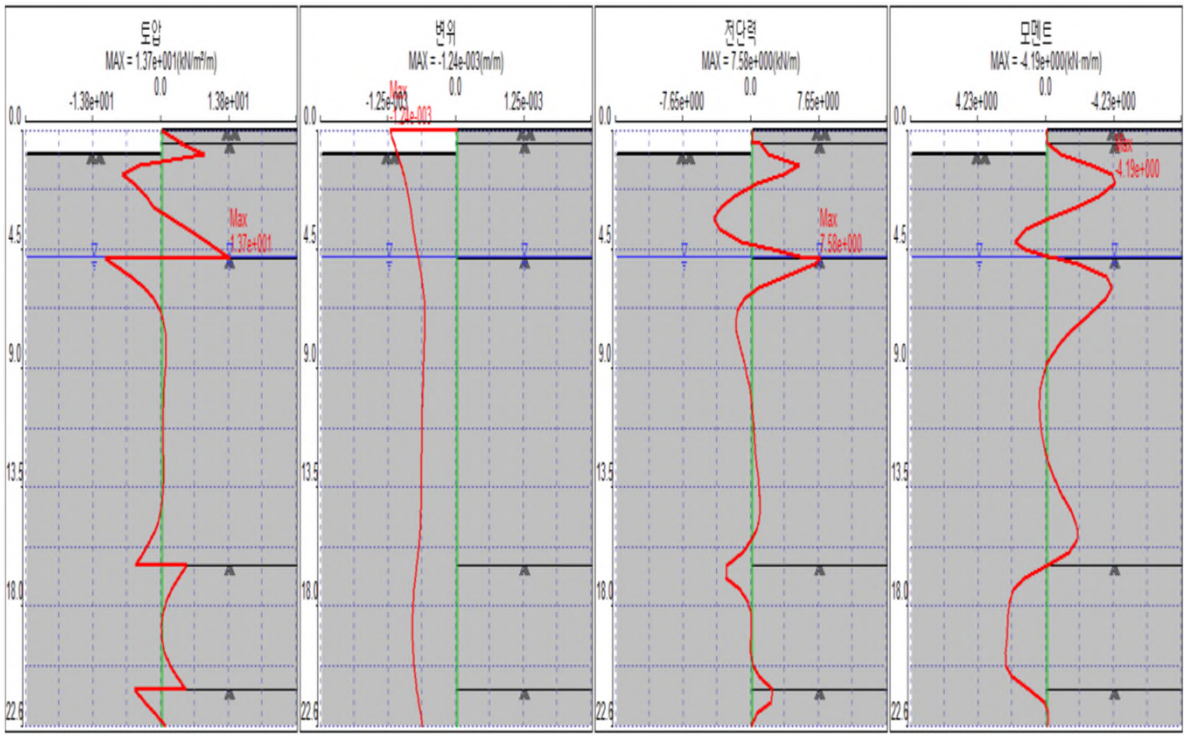
* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
* 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
* Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	Earth Anchor-5
		0.45 (m)	2.05 (m)	3.75 (m)	5.05 (m)	7.15 (m)
CS1 : 굴착 0.95 m	0.95	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	0.95	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.55 m	2.55	27.92	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	2.55	15.18	23.33	-	-	-
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	-0.07	83.37	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	4.25	4.66	63.96	23.33	-	-
CS7 : 굴착 5.55 m	5.55	-7.33	63.38	101.70	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	5.55	-4.52	62.45	82.33	23.33	-
CS9 : 굴착 7.65 m	7.65	-7.97	27.60	72.15	211.55	-
CS10 : 생성 Earth Anchor-5	7.65	-4.92	54.19	77.14	60.89	187.50
CS11 : 굴착 9.35 m	9.35	-5.02	13.00	38.92	216.68	237.16
CS12 : 생성 Earth Anchor-6	9.35	-4.41	50.10	69.93	67.65	193.10
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	-2.40	17.09	25.52	157.46	235.63
CS14 : 생성 Earth Anchor-7	11.05	-3.74	49.01	64.49	60.54	195.30
CS15 : 굴착 12.75 m	12.75	-1.42	38.26	39.04	61.85	211.22
CS16 : 생성 Earth Anchor-8	12.75	-3.04	51.10	61.86	41.00	193.58
CS17 : 굴착 14.45 m	14.45	-1.40	61.18	60.60	-24.11	183.37
CS18 : 생성 Earth Anchor-9	14.45	-2.49	61.96	68.52	-8.78	181.00
CS19 : 굴착 15.55 m	15.55	-2.20	68.90	73.15	-39.63	172.99
CS20 : 해체1	15.55	-2.20	68.90	73.15	-39.63	172.99
CS21 : 해체2	15.55	-1.95	66.56	69.27	-35.12	176.15
CS22 : 해체3	15.55	-1.95	66.56	69.27	-35.14	176.15
CS23 : 해체4	15.55	-1.73	56.34	58.20	-0.51	188.78
CS24 : 해체5	15.55	-1.73	56.34	58.20	-0.51	188.78
CS25 : 해체6	15.55	-1.70	56.55	58.21	-1.74	-
TOTAL		27.92	83.37	101.70	216.68	237.16

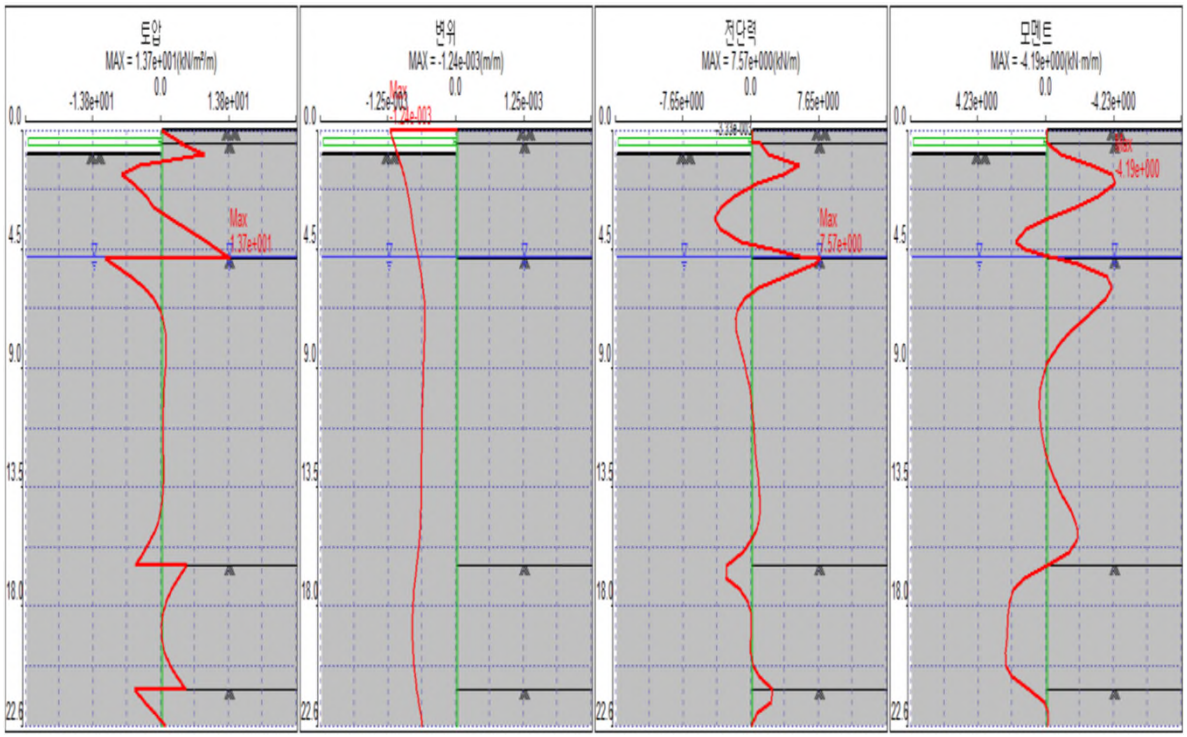
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-6	Earth Anchor-7	Earth Anchor-8	Earth Anchor-9	
		8.85 (m)	10.55 (m)	12.25 (m)	13.95 (m)	
CS1 : 굴착 0.95 m	0.95	-	-	-	-	
CS2 : 생성 Strut-1	0.95	-	-	-	-	
CS3 : 굴착 2.55 m	2.55	-	-	-	-	
CS4 : 생성 Strut-2	2.55	-	-	-	-	
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	-	-	-	-	
CS6 : 생성 Strut-3	4.25	-	-	-	-	
CS7 : 굴착 5.55 m	5.55	-	-	-	-	
CS8 : 생성 Strut-4	5.55	-	-	-	-	
CS9 : 굴착 7.65 m	7.65	-	-	-	-	
CS10 : 생성 Earth Anchor-5	7.65	-	-	-	-	
CS11 : 굴착 9.35 m	9.35	-	-	-	-	
CS12 : 생성 Earth Anchor-6	9.35	212.55	-	-	-	
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	320.89	-	-	-	
CS14 : 생성 Earth Anchor-7	11.05	224.70	262.50	-	-	
CS15 : 굴착 12.75 m	12.75	282.49	404.63	-	-	
CS16 : 생성 Earth Anchor-8	12.75	228.39	286.41	262.50	-	
CS17 : 굴착 14.45 m	14.45	223.88	319.08	387.17	-	
CS18 : 생성 Earth Anchor-9	14.45	206.50	261.70	251.48	262.50	
CS19 : 굴착 15.55 m	15.55	193.69	253.60	270.63	350.21	
CS20 : 해체1	15.55	193.68	253.59	270.62	350.20	
CS21 : 해체2	15.55	202.95	273.02	301.21	-	
CS22 : 해체3	15.55	202.95	273.03	301.26	-	
CS23 : 해체4	15.55	230.71	-	-	-	
CS24 : 해체5	15.55	230.71	-	-	-	
CS25 : 해체6	15.55	-	-	-	-	
TOTAL		320.89	404.63	387.17	350.21	

12.2 시공단계별 단면력도

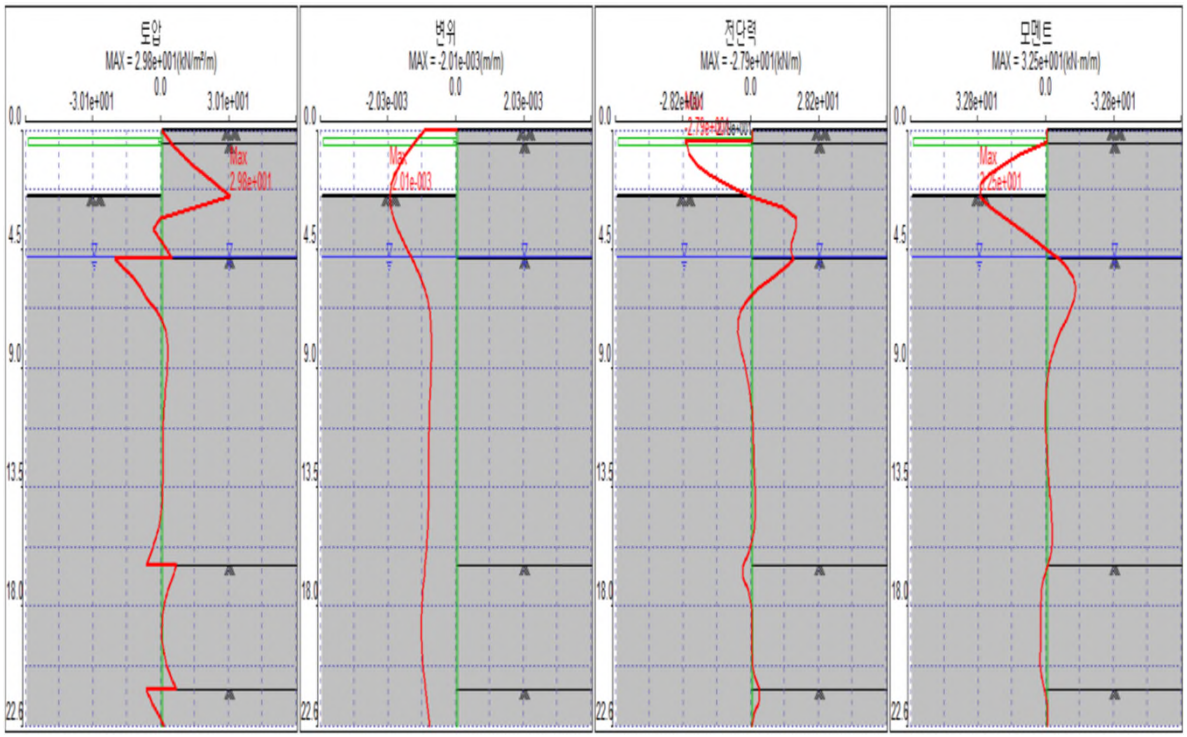
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.95 m]



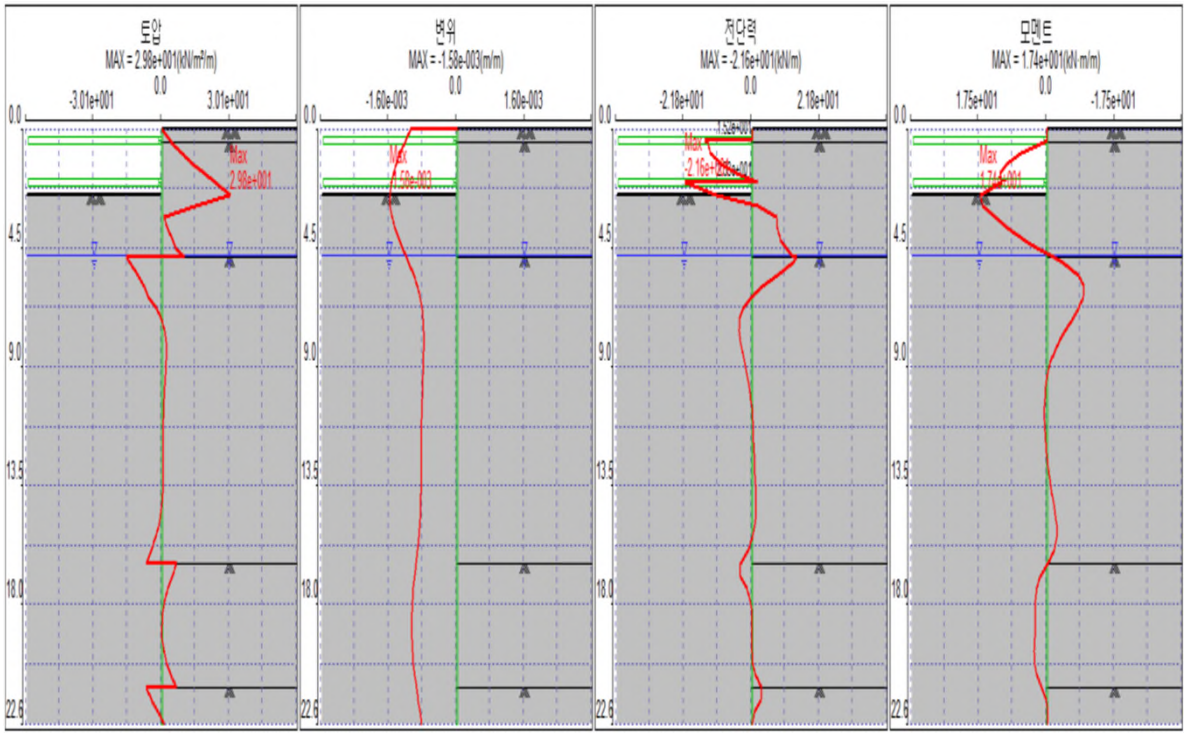
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



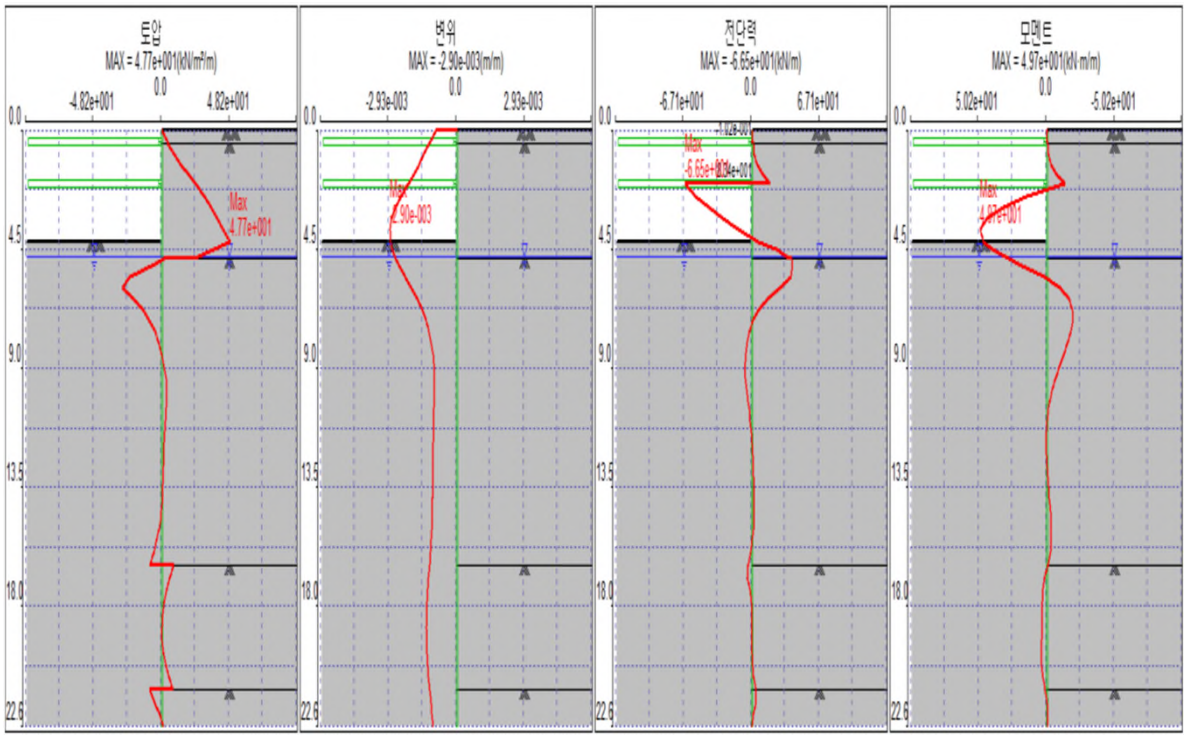
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.55 m]



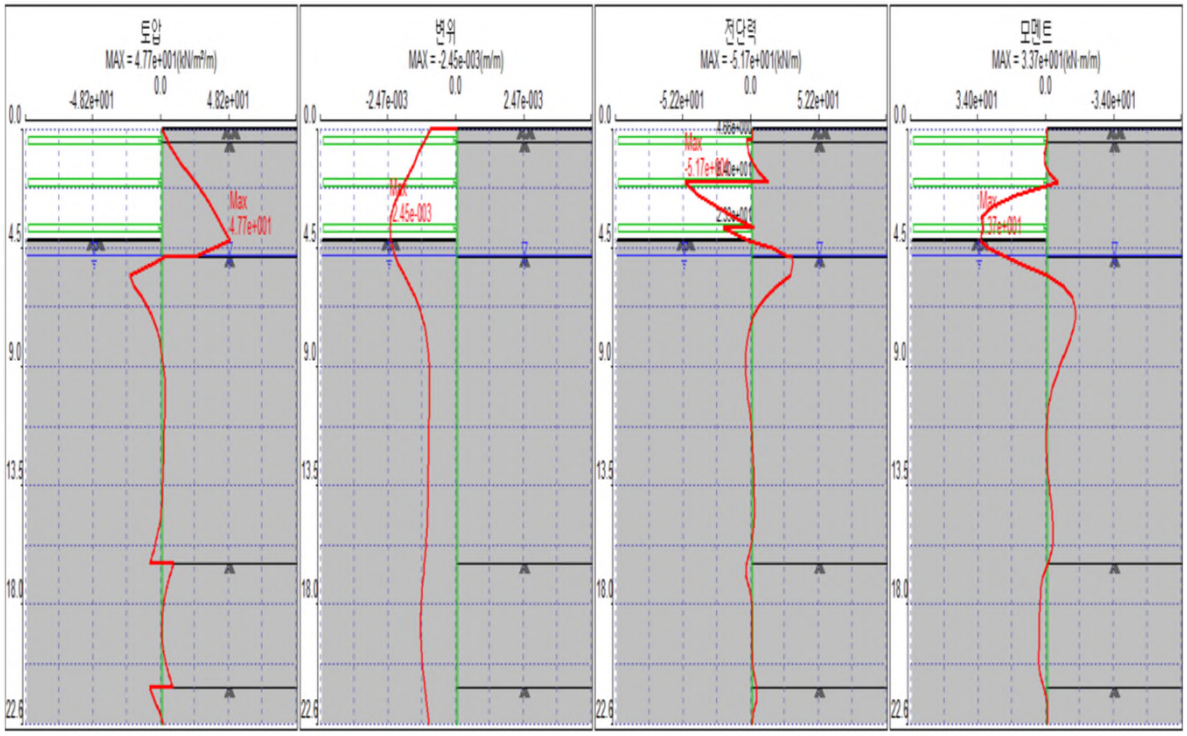
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



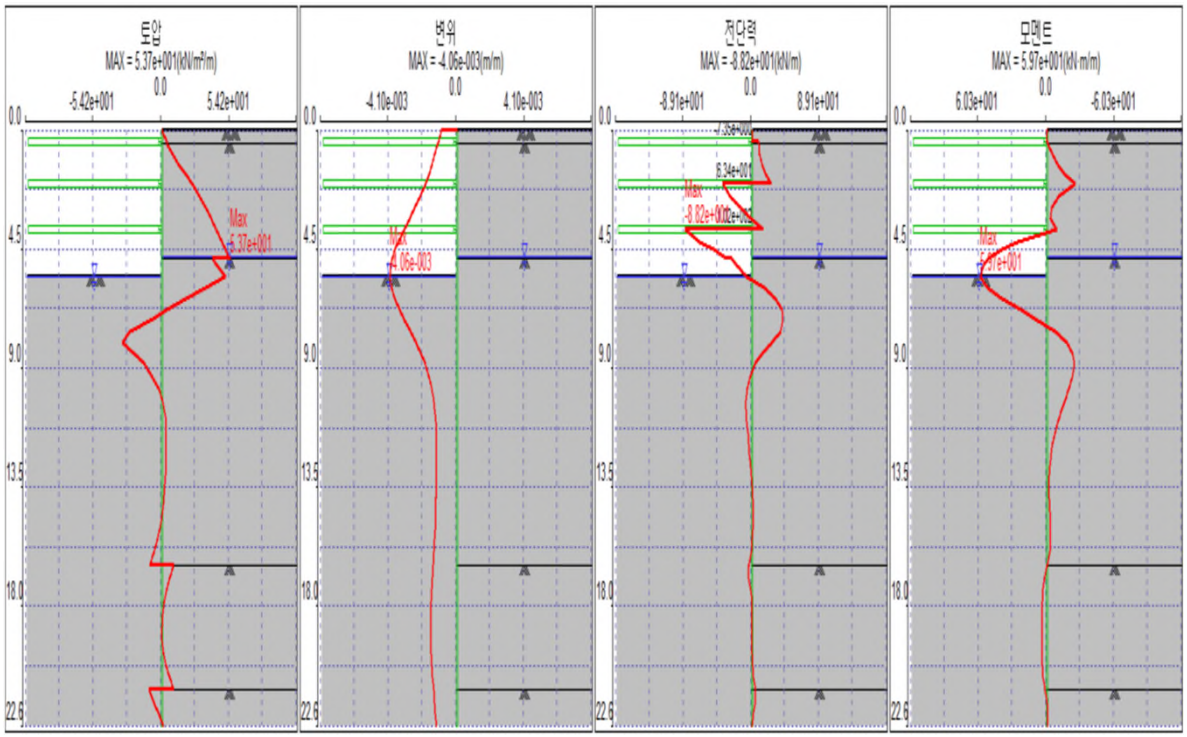
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.25 m]



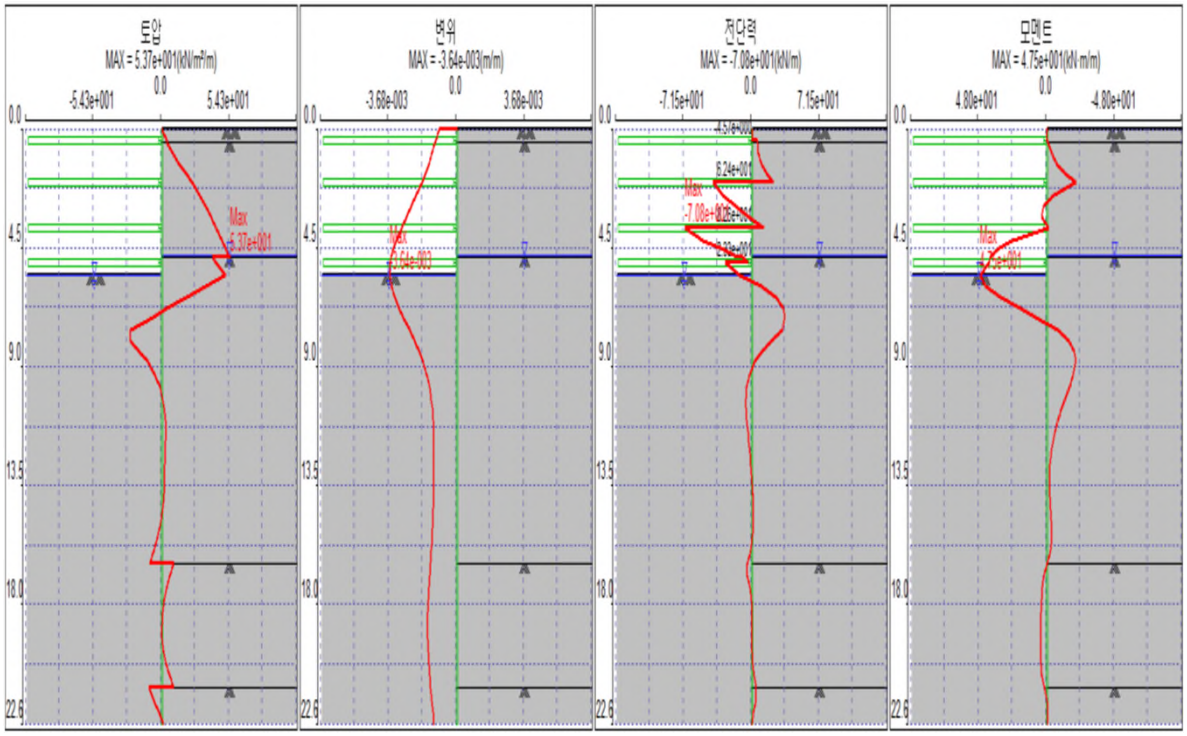
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



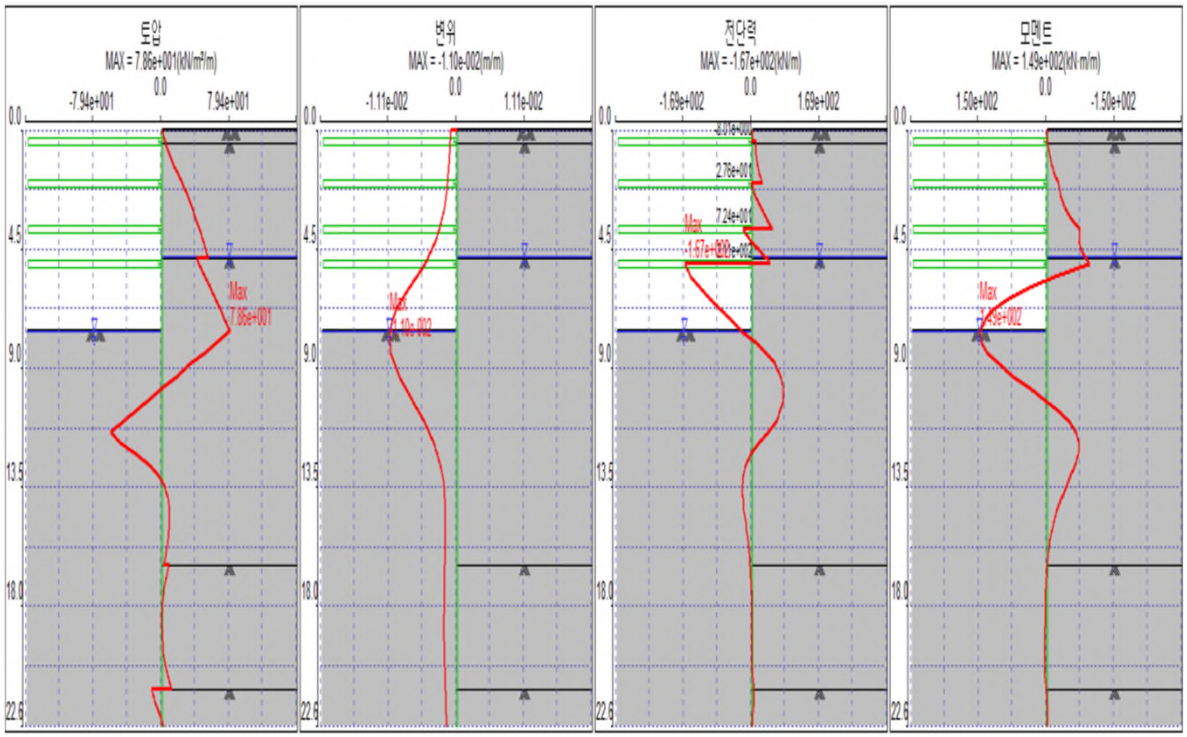
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.55 m]



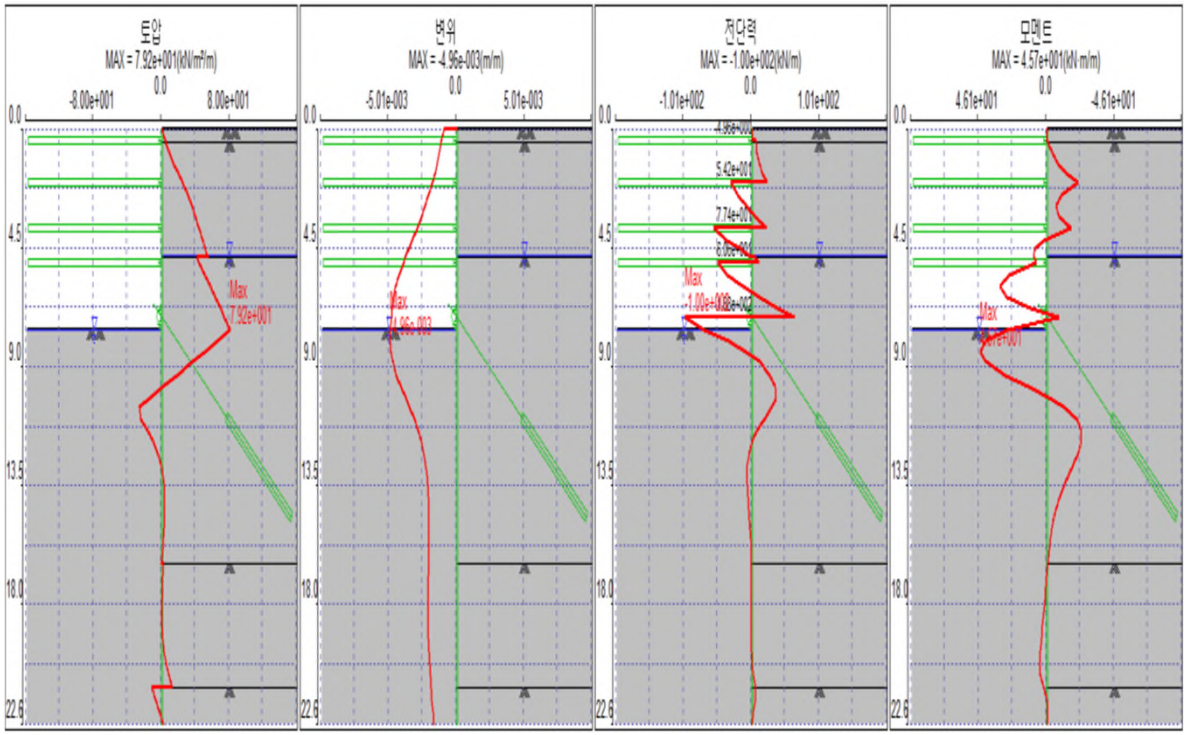
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



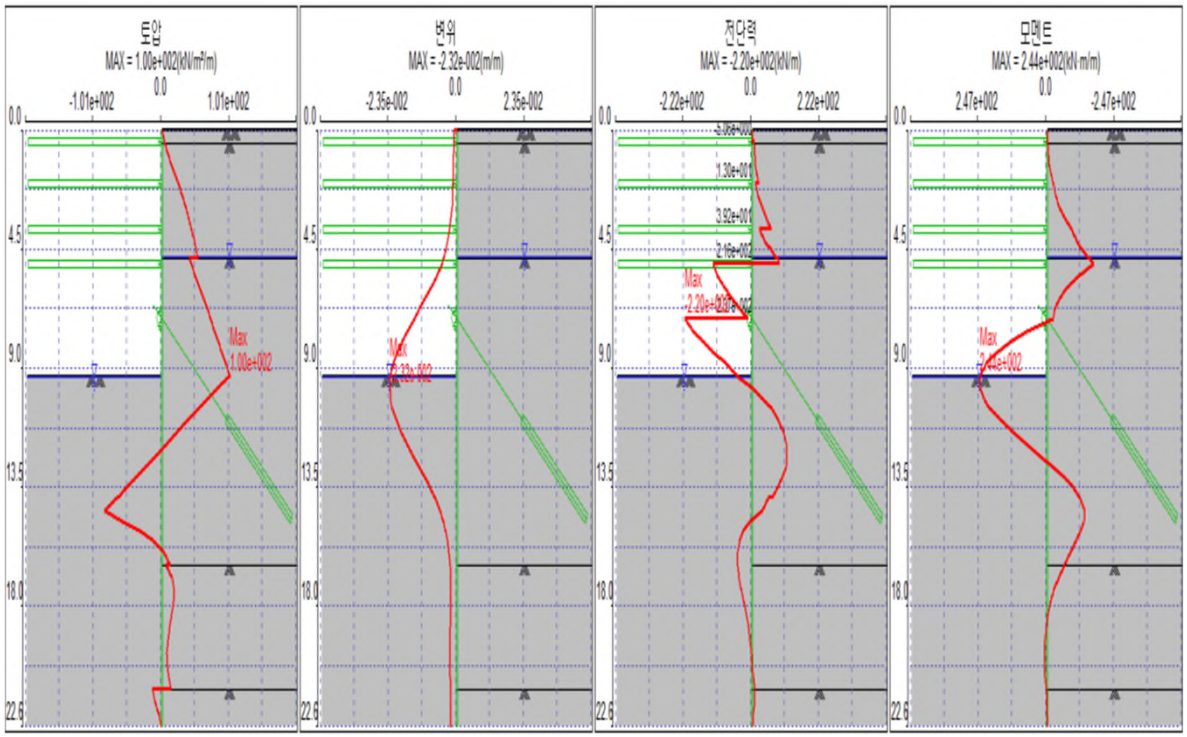
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.65 m]



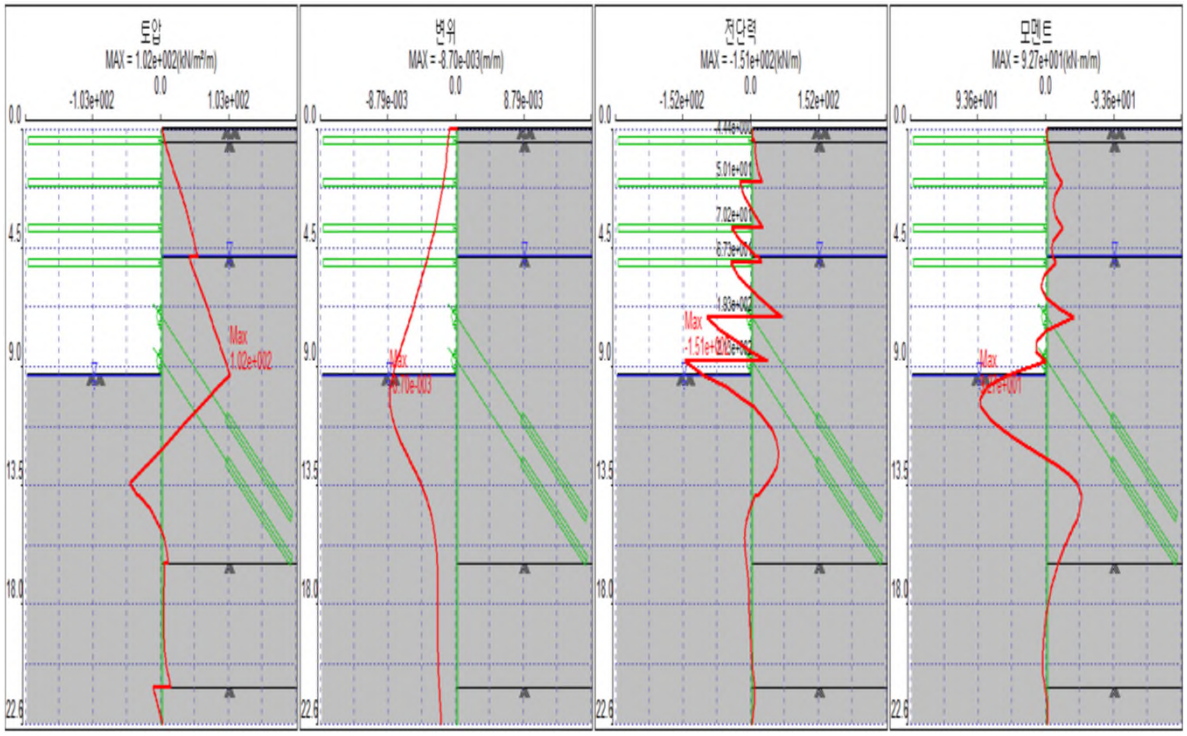
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Earth Anchor-5]



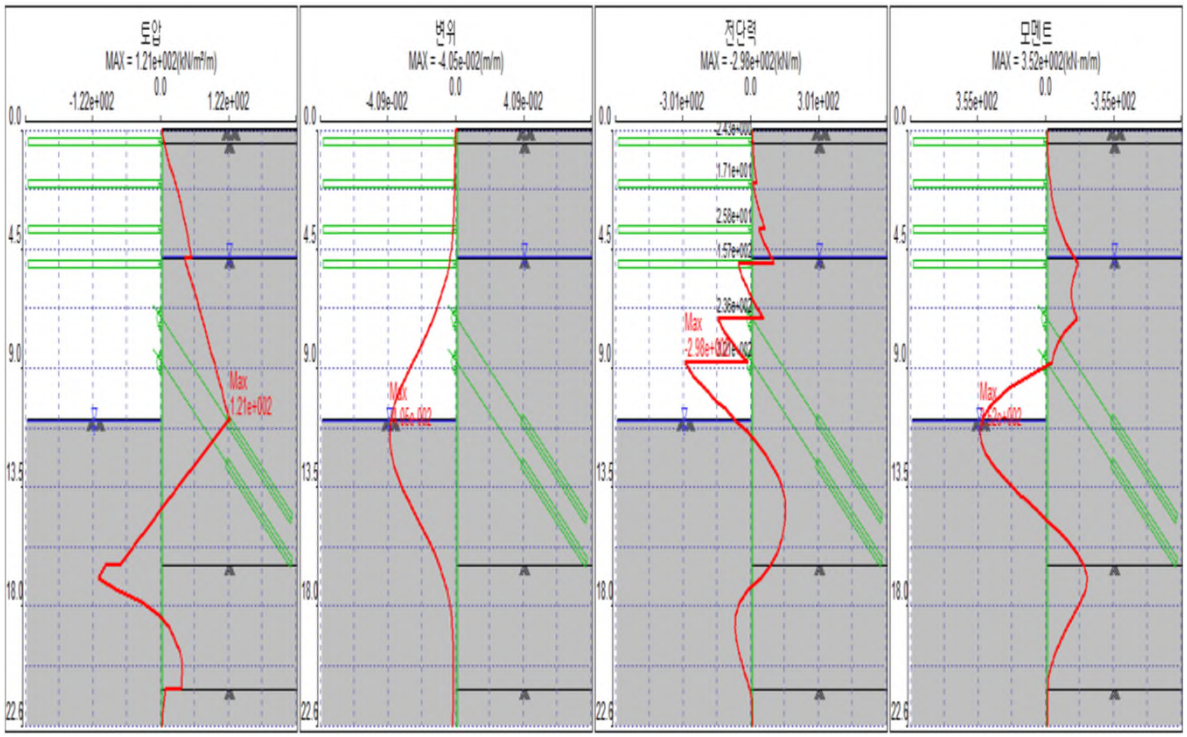
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.35 m]



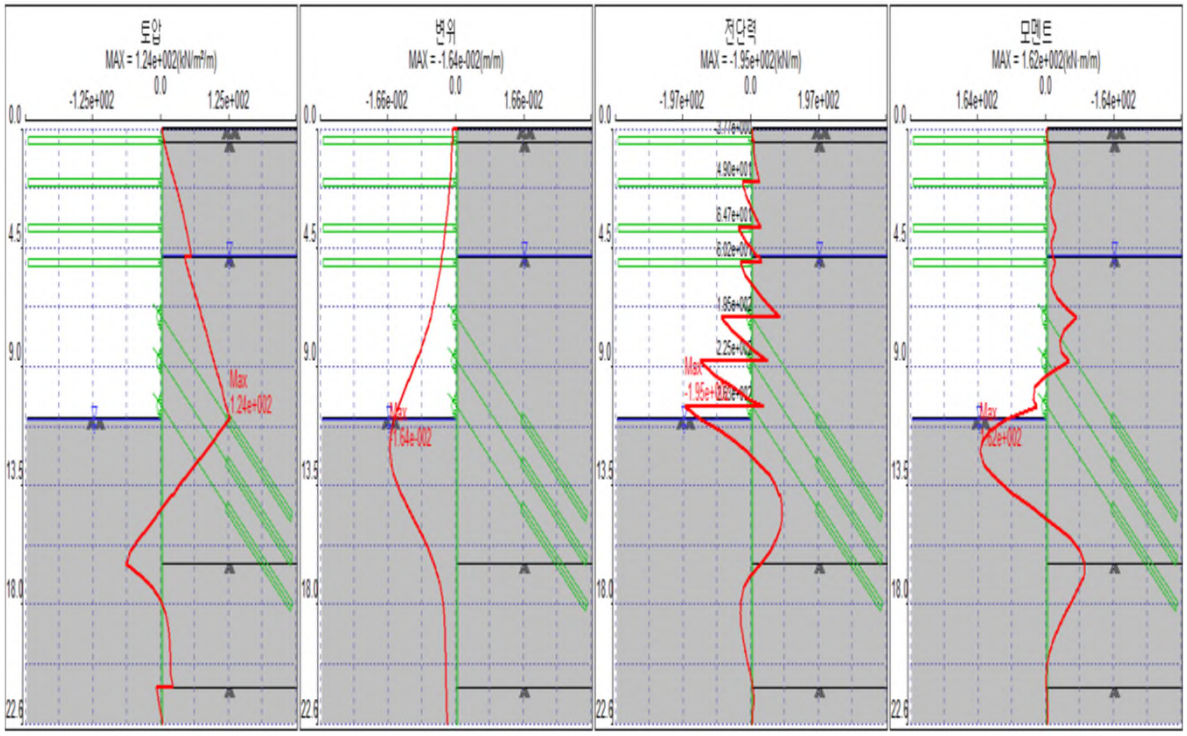
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Earth Anchor-6]



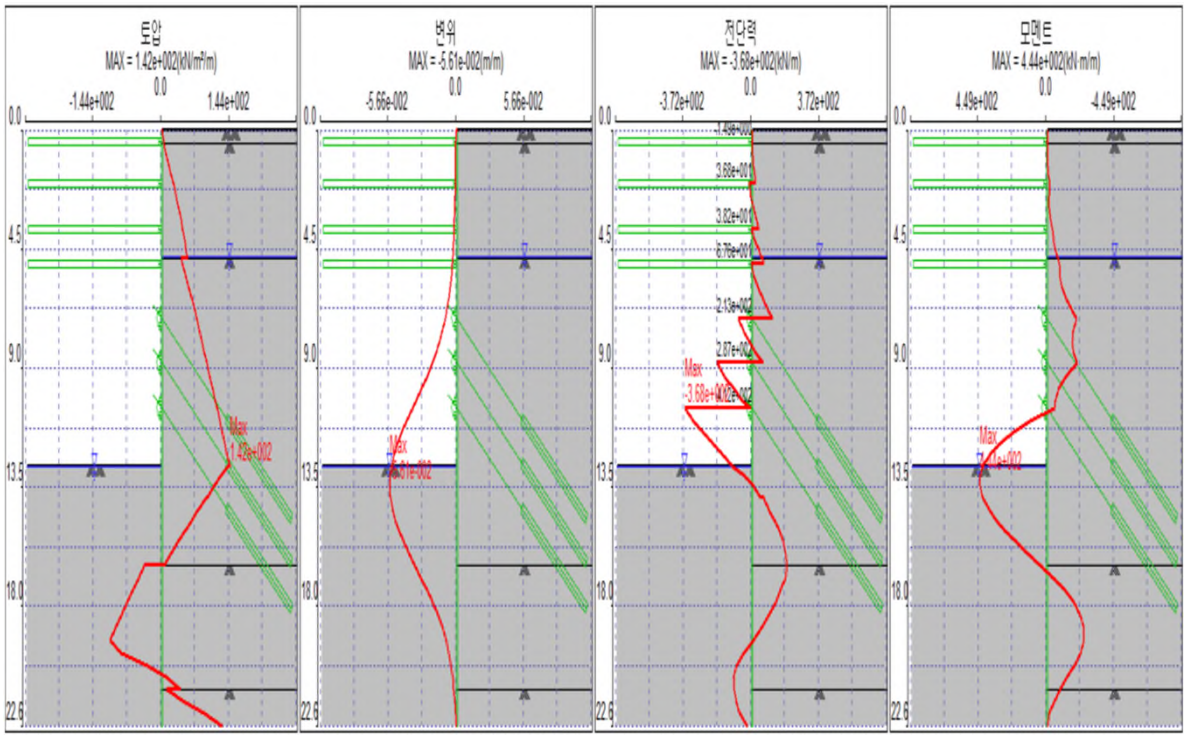
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.05 m]



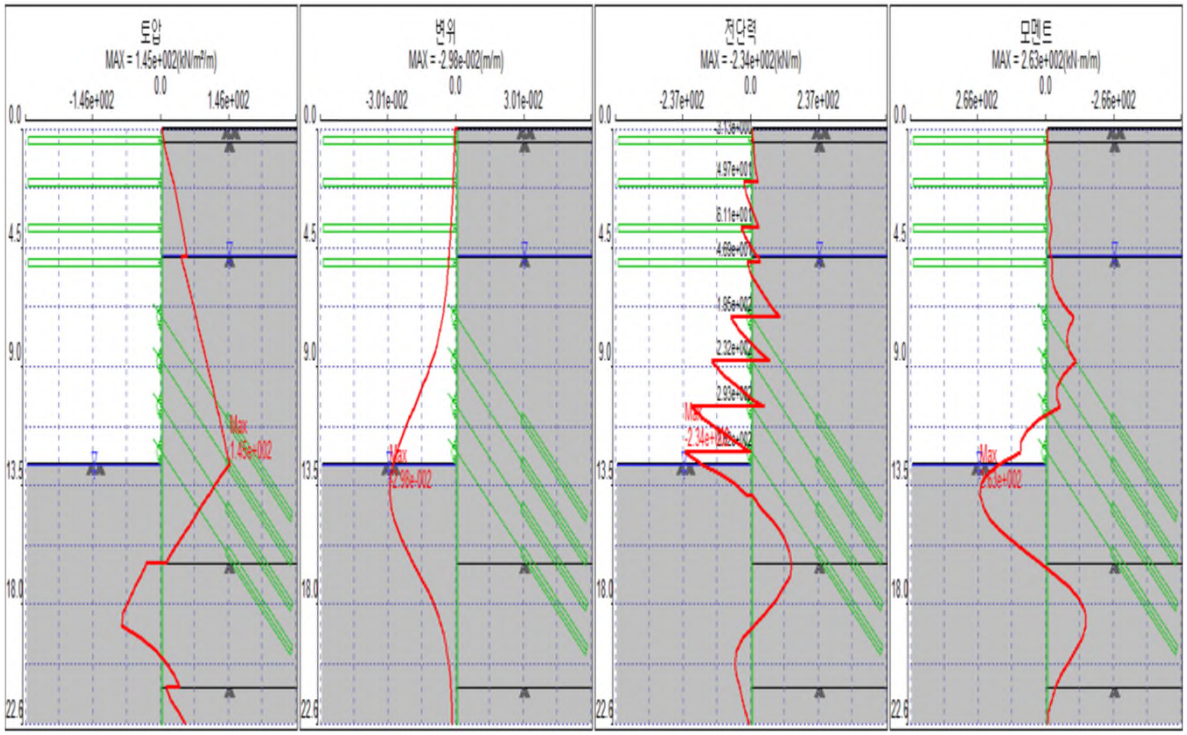
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Earth Anchor-7]



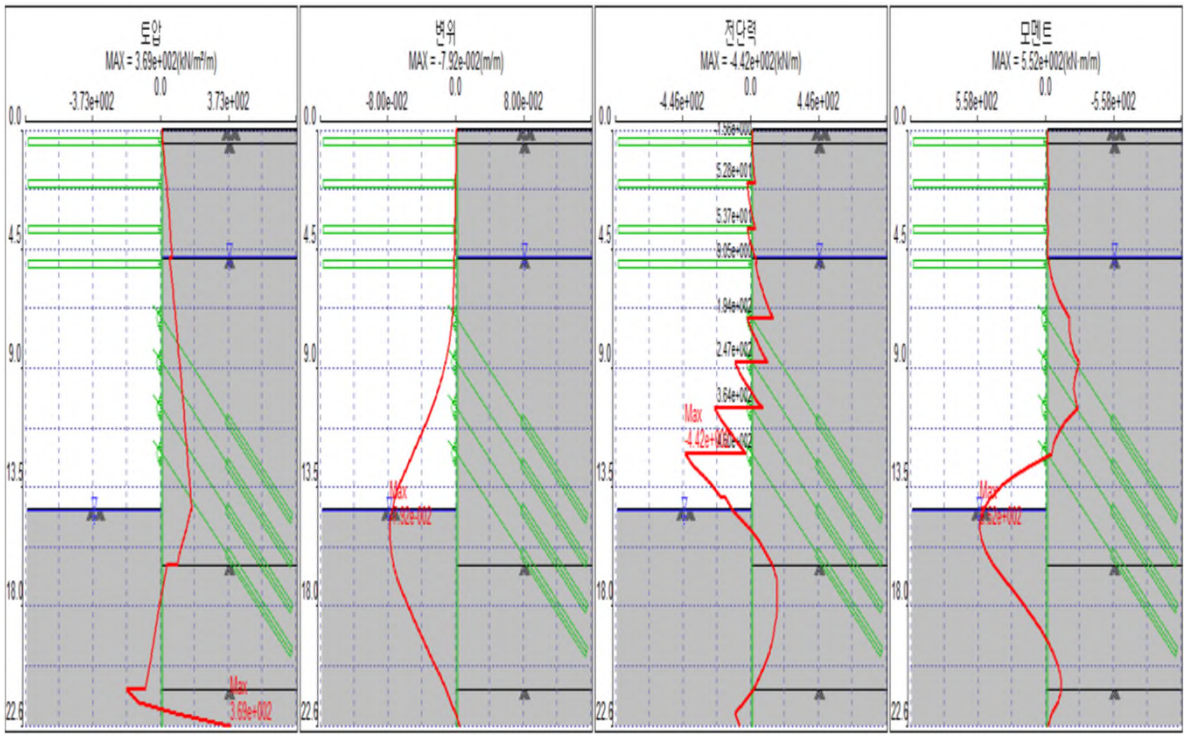
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 12.75 m]



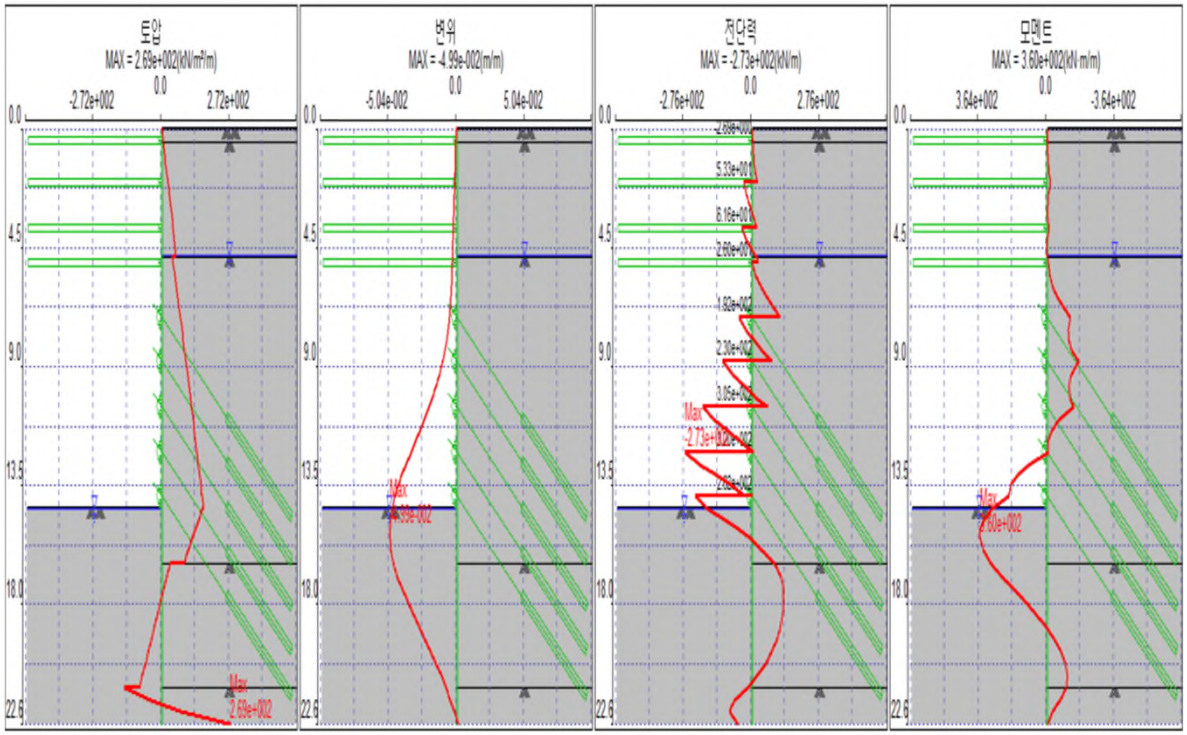
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Earth Anchor-8]



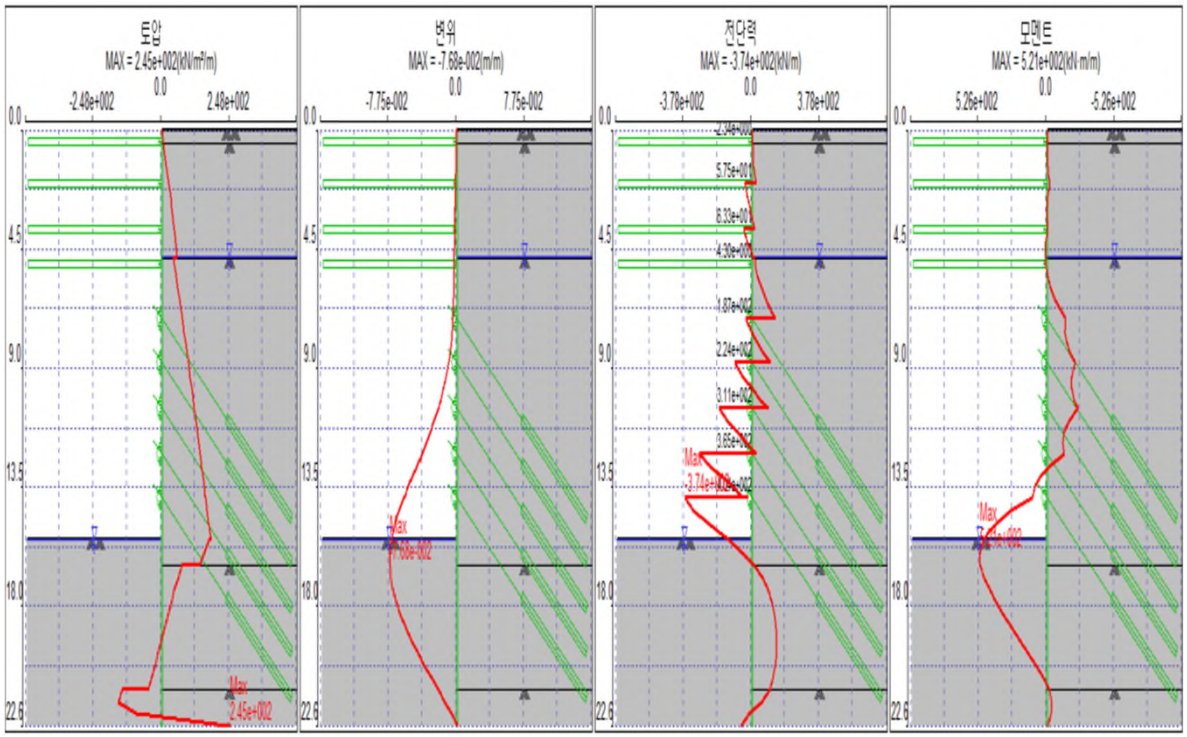
17) 시공 17 단계 [CS17 : 굴착 14.45 m]



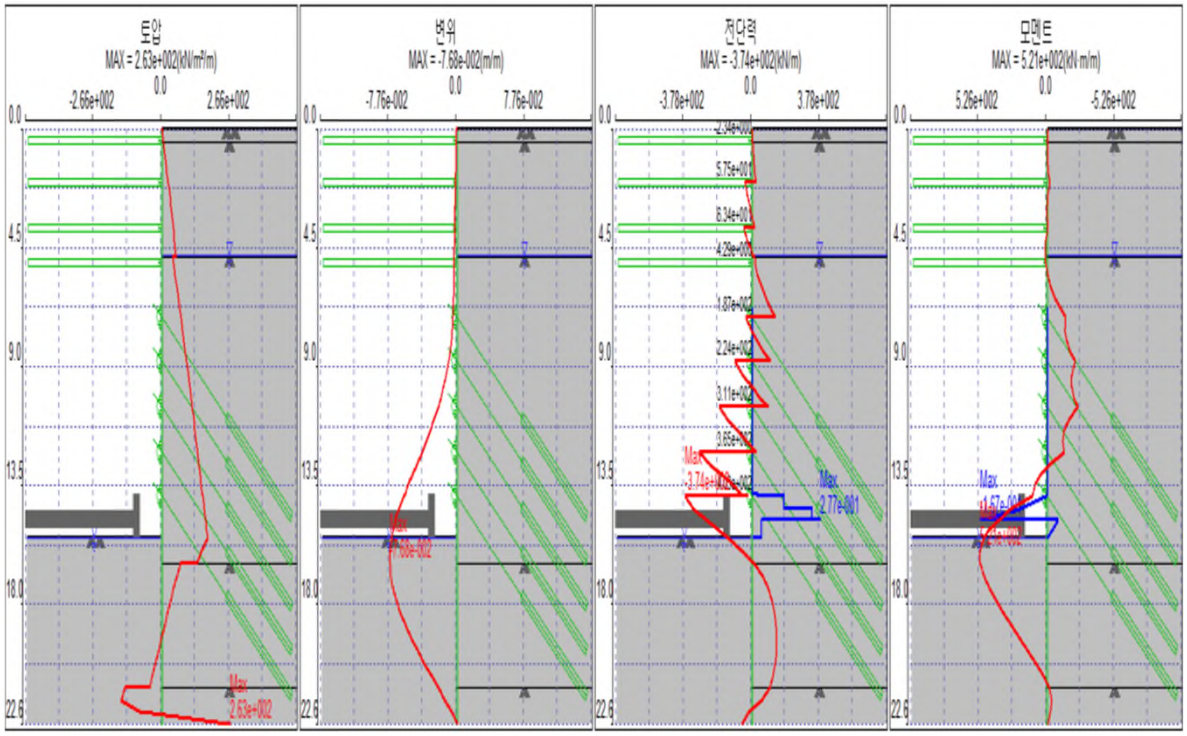
18) 시공 18 단계 [CS18 : 생성 Earth Anchor-9]



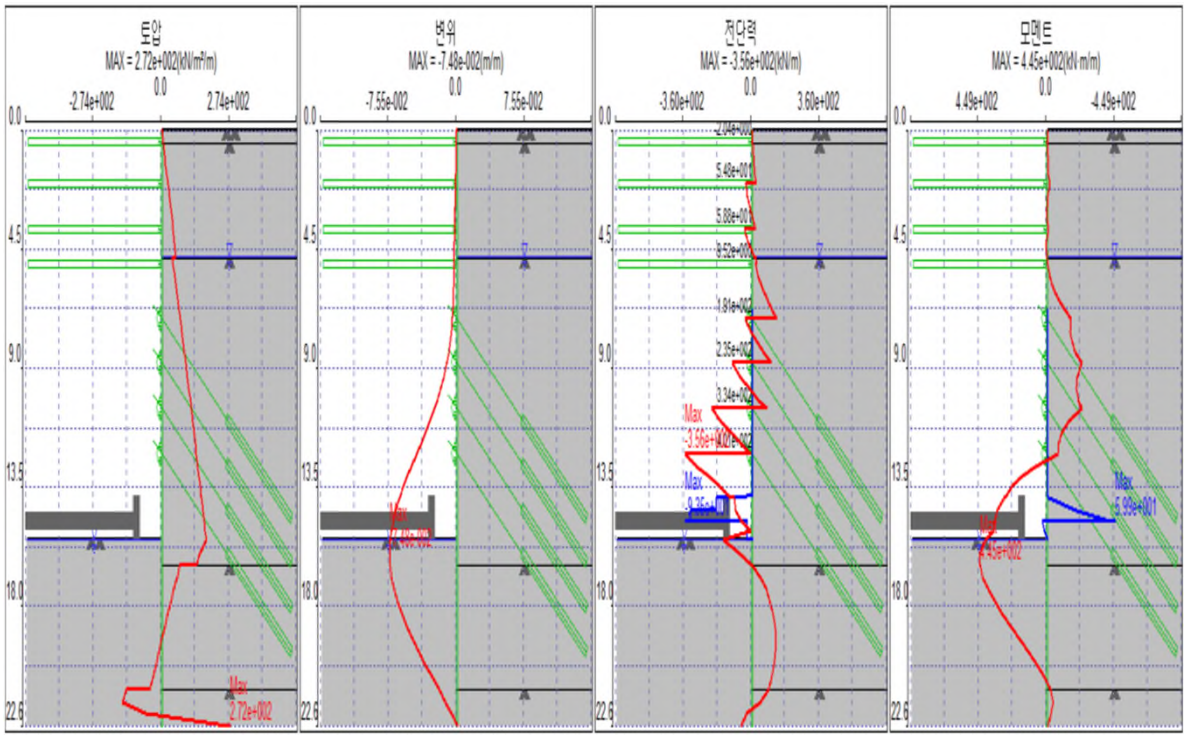
19) 시공 19 단계 [CS19 : 굴착 15.55 m]



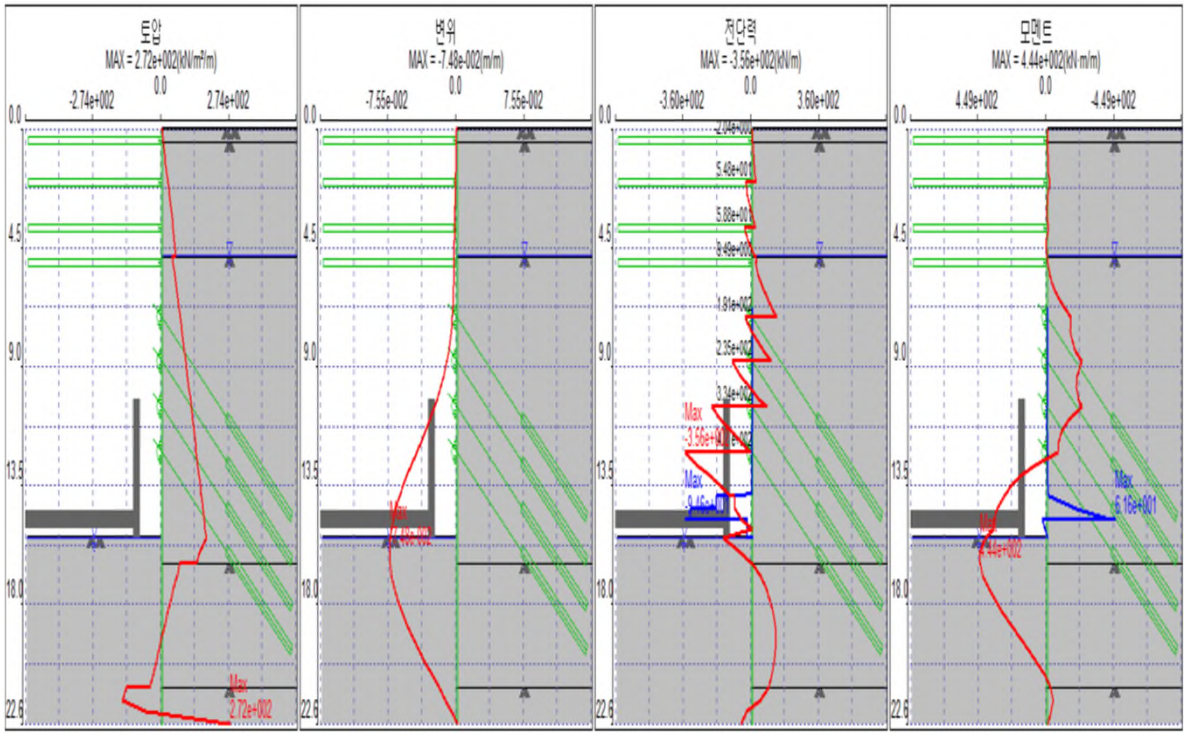
20) 시공 20 단계 [CS20 : 해체1]



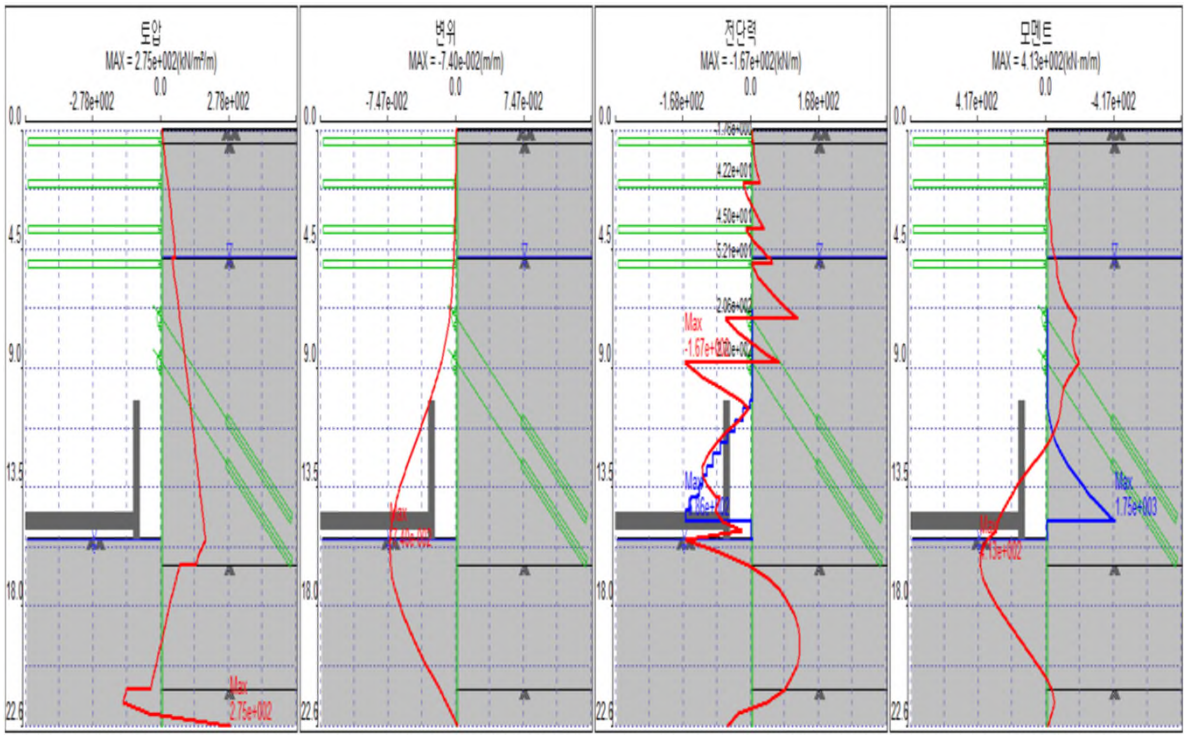
21) 시공 21 단계 [CS21 : 해체2]



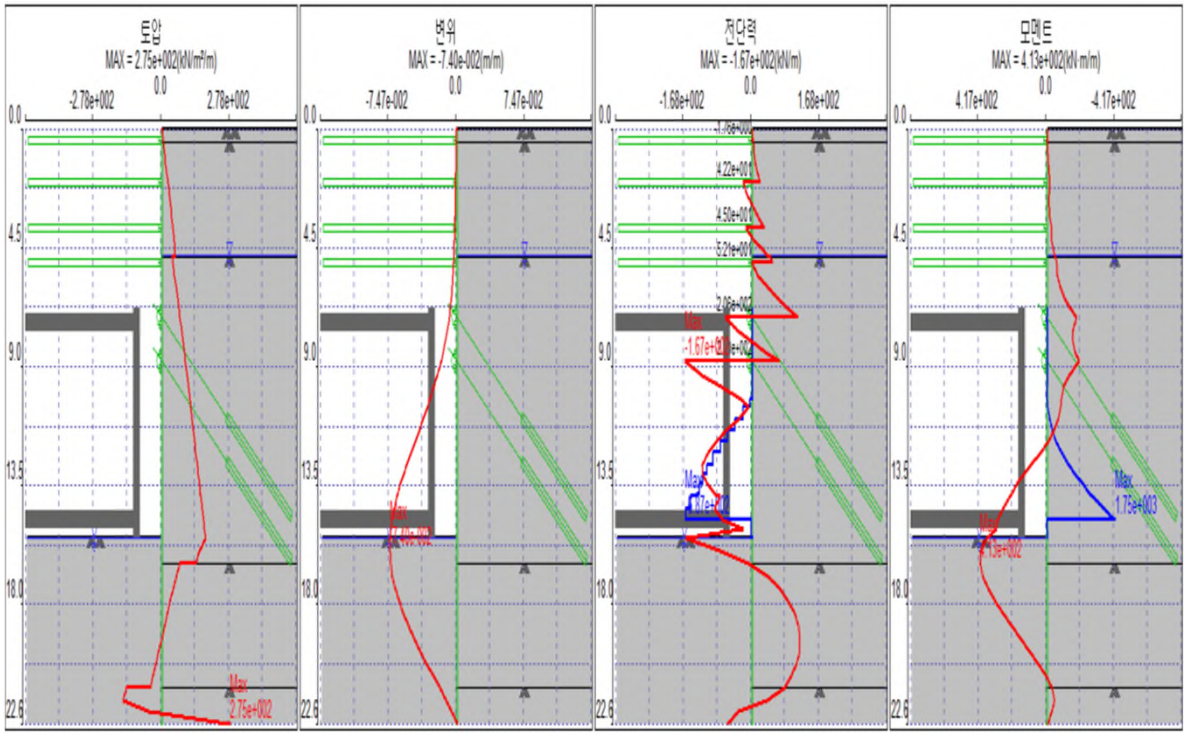
22) 시공 22 단계 [CS22 : 해체3]



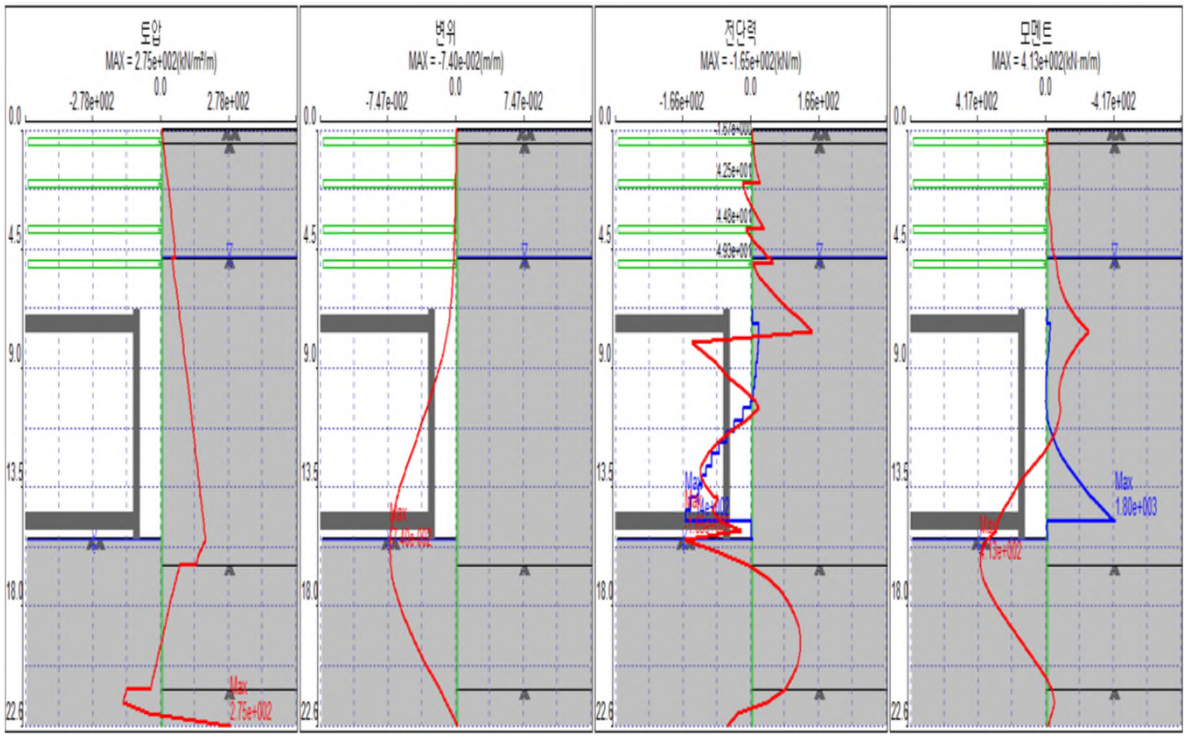
23) 시공 23 단계 [CS23 : 해체4]



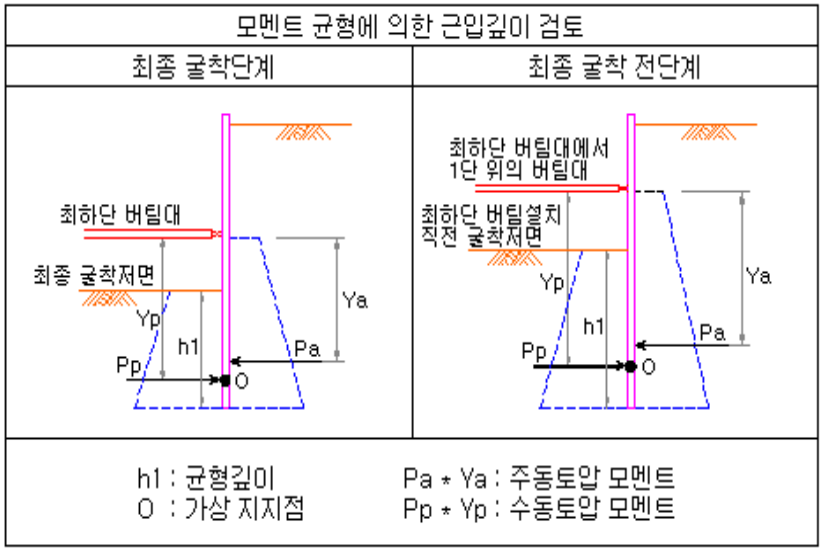
24) 시공 24 단계 [CS24 : 해체5]



25) 시공 25 단계 [CS25 : 해체6]



12.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	5.814	7.000	7734.358	9547.634	1.234	1.200	OK
최종 굴착 전단계	6.318	8.100	11169.712	14540.113	1.302	1.200	OK

12.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -13.95 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 240.92 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.819 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1421.779 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.301 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (240.92 x 0.819) + (1421.779 x 5.301) = 7734.358 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1547.002 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.172 m

Mp = (Pp x Yp) = (1547.002 x 6.172) = 9547.634 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 9547.634 / 7734.358 = 1.234

S.F. = 1.234 > 1.2 ... OK

12.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -12.25 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 309.559 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.138 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1654.81 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.537 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (309.559 x 1.138) + (1654.81 x 6.537) = 11169.712 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1912.202 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.604 m

Mp = (Pp x Yp) = (1912.202 x 7.604) = 14540.113 kN·m

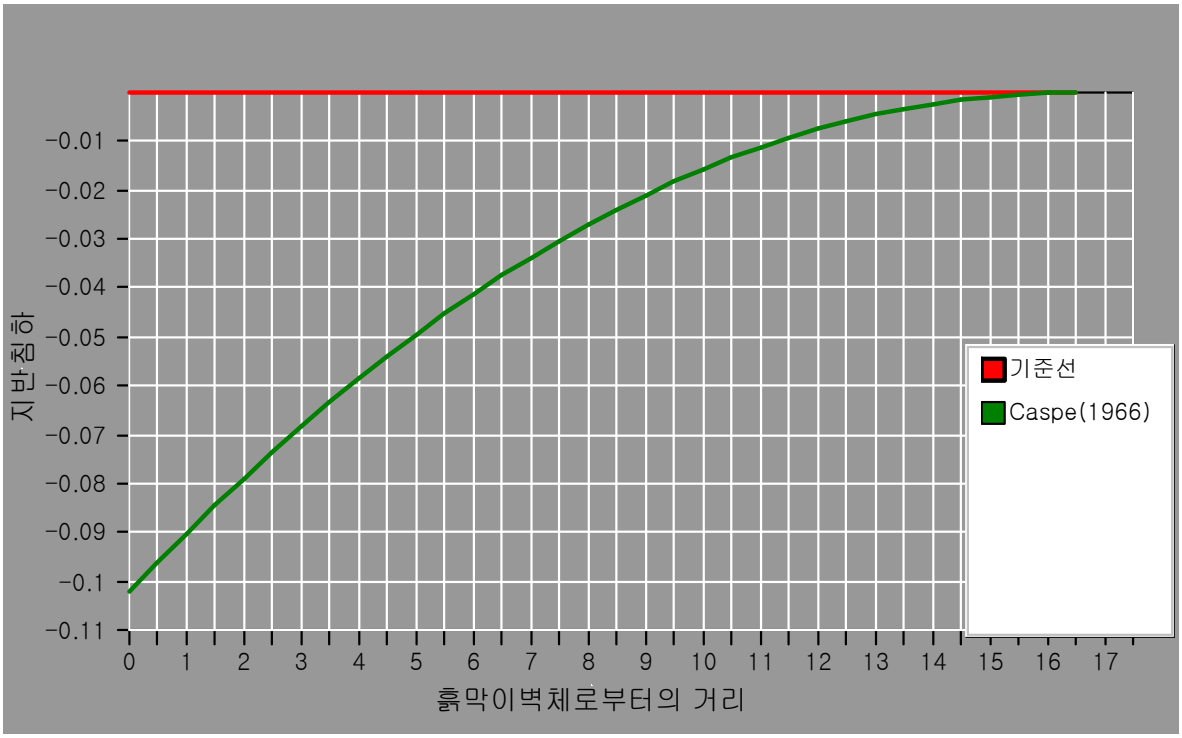
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 14540.113 / 11169.712 = 1.302

S.F. = 1.302 > 1.2 ... OK

12.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



12.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (Vs)

Vs = -0.422 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 15.55 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.742 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.742/2) = 14.655 m

Ht = Hp + Hw = 14.655 + 15.55 = 30.205 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 30.205 x tan(45-32.742/2) = 16.488 m

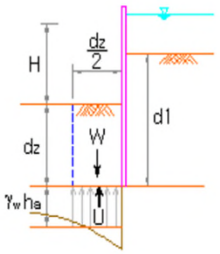
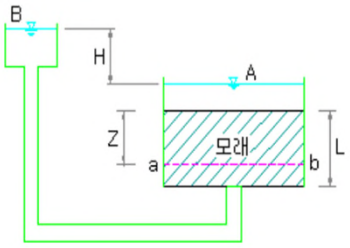
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.422 / 16.488 = -0.102 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.102 x ((16.488 - Xi) / 16.488)^2

12.5 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	135.275	274.155	2.027	0.356	1.112	3.127	2.000	OK

12.5.1 Terzaghi에 의한 보일링 검토

1) 보일링을 일으키려고 하는 힘 과잉간극수압 U (kN)

U = γw x Ha x D / 2 = 10 x 3.865 x 7 / 2 = 135.275

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11.19 x 7^2 / 2 = 274.155

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 274.155 / 135.275 = 2.027

S.F. = 2.027 > 2 ... OK

여기서,

D : 굴착저면에서 흙막이벽 근입길이 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

Ha : 평균 손실수두 (m)

12.5.2 한계동수구배를 생각한 보일링의 검토

1) 동수구배 (I)

I = H / L = 7.73 / 21.73 = 0.356

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11.122 / 10 = 1.112

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.112 / 0.356 = 3.127

S.F. = 3.127 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)

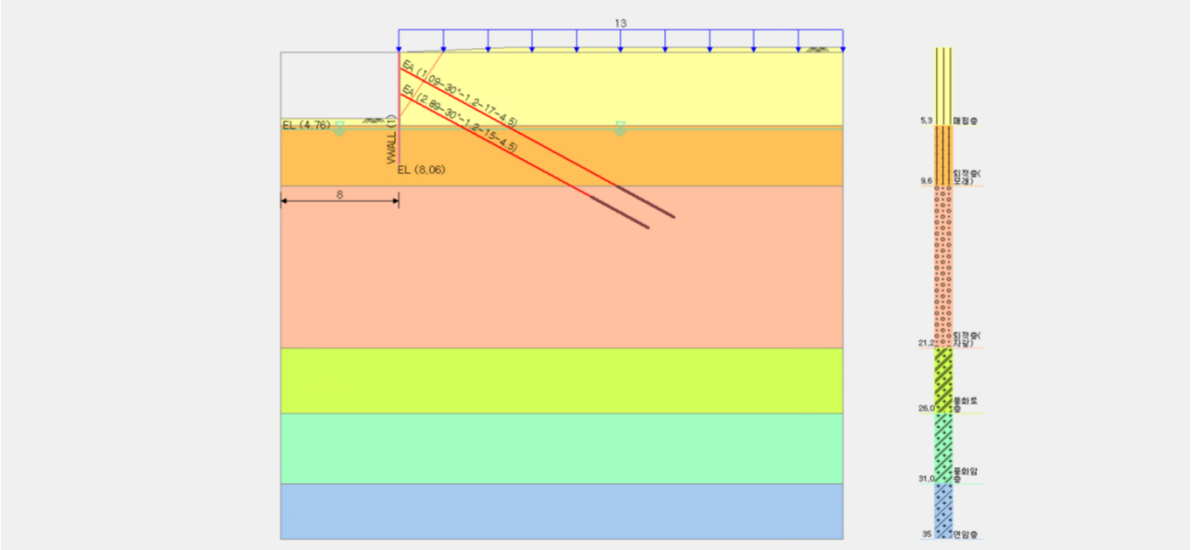
변 경

30. < 0+450(좌) 검토결과>

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 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)
5.띠장 설계
5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계
5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계
6. Sheet 설계
6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 8.06m)
7.전산 입력 정보
8.해석결과

1.표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-1 Strand12.7x4EA	1.09	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-2 Strand12.7x4EA	2.89	O.K	O.K	O.K

2.2 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Earth Anchor-1 2H 250x250x9/14	1.09	휨응력	10.730	188.028	O.K	
		전단응력	23.281	108.000	O.K	
Earth Anchor-2 2H 250x250x9/14	2.89	휨응력	12.710	188.028	O.K	
		전단응력	27.578	108.000	O.K	

2.3 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) :SP-IIIA(SY295(SY30	0.00 ~ 8.06	휨응력	25.226	243.000	O.K	
		전단응력	6.838	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

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
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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

종 류	축방향 인장 (순단면)	축방향 압축 (총단면)	휨압축응력	지압응력
비 고	140x1.5=210 190x1.5=285 210x1.5=315 260x1.5=390	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 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.지보재 설계

4.1 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-1, Earth Anchor-2)

굴곡형 제거식 패커 앵커

1. **지 반 조 건**

TYPE	앵커 C.T.C (m)	설계하중 (kN)	정착지반	단위중량 (kN/㎥)	내부마찰각 (°)	지반과그라우트의 마찰저항값 (kN/㎡)
1단	1.20	99.48	퇴적(모래)	18	28	180
2단	1.20	123.16	퇴적(모래)	18	28	180
			퇴적(자갈)	20	35	450

■ 기본 및 실시설계시 대표 N값과 시공중 Ramp C와 Ramp D구간에서
시추조사를 통한 N값 분석으로 대표 N값을 재산정하여 마찰저항값 사용

-앵커의 주변마찰저항 (굴착 및 흙막이 공법 / 한국지반공학회 P252)

지반의 종류			주변마찰저항 (kN/㎡)
사력	N치	10	100~200
		20	170~250
		30	250~350
		40	350~450
		50	450~700
모래	N치	10	100~140
		20	180~220
		30	230~270
		40	290~350
		50	300~400
점성토			100c (c: Cohesion)

-Working Bond Vallue Between Grout & Strand(Ground Anchors And Anchored Structures, P133)

Strand Type	Working Bond (kN/㎡)
clean plain wire or plain bar tendon	1000
clean crimped wire tendon	1500
clean strand or deformed dar	2000

2. 설 계 조 건

1) 천 공 직 경 (ø) : 127 mm

2) PC STRAND 제원

- 규 격 : 12.7 mm (KSD 7002 SWPC 7B LOW RELAXATION)
- 극 한 하 중 (Pu) : 183 kN
- 항 복 하 중 (Py) : 156 kN
- 단 면 적 : 98.71 ㎟
- 탄 성 계 수 : 2.0×10^5 MPa
- RELAXATION : 5% (max)

3) PC STRAND 허용 인장 응력도

- Pa = 0.65 × Pu = 0.65 × 183 = **118.95** kN/ea
- Pa = 0.80 × Py = 0.80 × 156 = **124.80** kN/ea

적용 **118.95** kN/ea

3. 인장재 계산

(1) 1단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 99.5 / 118.95 = **0.84** 가닥

적용 4 가닥

(2) 2단

- 소요 강선수 (n) = Pw / 118.95 = 123.2 / 118.95 = **1.04** 가닥

적용 4 가닥

4. 정착장 계산

(1) 1단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{99.48 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = \mathbf{2.08}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 99.48 ÷ 2 = 49.74 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)
n : 내하체 의 개수
τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{49.74}{\pi \times 0.09 \times 2000} = \mathbf{8.8}\ cm \leq \mathbf{30.00}\ cm$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

(2) 2단

- GROUND/GROUT BOND VALUE

$$La = \frac{Pw \times S.F}{\pi \times D \times \tau_u}$$

Pw : Working Load
S.F : 안전율: 1.5 (가설앵커의 극한인발 안전율)
D : 천공직경
τ_u : 지반과 Grout의 마찰저항

$$= \frac{123.16 \times 1.5}{\pi \times 0.127 \times 180} = \mathbf{2.57}\ m$$

- 내하체/GROUT BOND VALUE

① 내하체 1개소당 부담응력

Pd = Pw ÷ n = 123.16 ÷ 2 = 61.581 KN

② 내하체의 마찰저항력 검토

$$L_b = \frac{Pd}{\pi \times Ds \times \tau_a}$$

Ds : 내하체직경 (m)

n : 내하체 의 개수

τ_a : Strand와 Grout의 부착저항 (2000 kN/㎡)

$$L_b = \frac{61.581}{\pi \times 0.09 \times 2000} = 10.9 \text{ cm} \leq 30.00 \text{ cm}$$

La : 4.50 m

- Anchor의 정착장은 3.0M이상, 10.0M이하로 한다.(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

5. **자유장 계산**

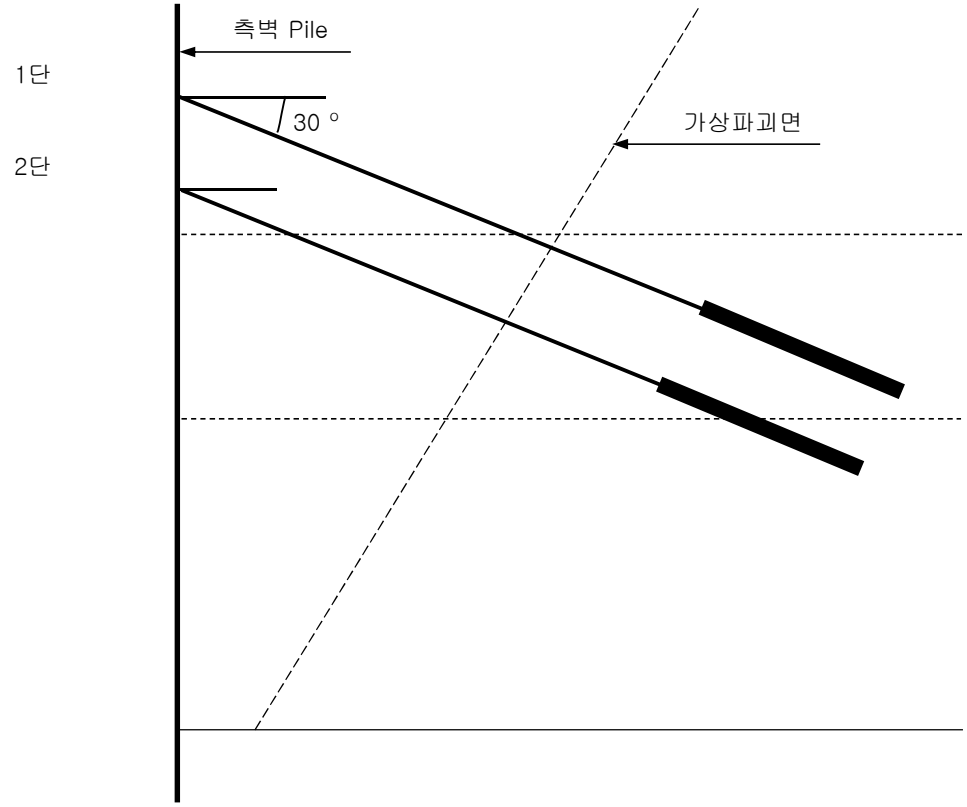
토층의 파괴면을 그 층의 내부마찰각에 따라 45 + ø/2 로 가정한 다음 ANCHOR의 자유장이 파괴면 밖에 위치하는지를 검토한다.

자유장은 굴착깊이를 H 라 할때 가상파괴면에서 0.15 x H 또는 최소 1.5 M 연장한다.

∴ 설계자유장 > ANCHOR지점에서 파괴면까지의 거리+0.15H (또는 1.5m)

로 하며 이 때 최소 설계자유장은 4.5M로 한다.

(그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)



- Anchor의 자유장은 최소4.5M이상으로 한다. (그라운드앵커설계.시공 및 유지관리매뉴얼-국토해양부)

구분	형식	설계하중	적용 자유장
1단	굴곡형제거식패커앵커	99.48 KN	10.0 m
2단	굴곡형제거식패커앵커	123.16 KN	10.0 m

6. 초기 인장력 산정

(1) 1단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

$P_L = (P + Ps) \times 5\%$ ⓐ

$= (99.5 + 47.38) \times 5\% = \mathbf{7.3\ kN}$

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

$P_j = P + P_s + P_L = 99.5 + 47.38 + 7.3 = \mathbf{154.2\ kN}$

4) Jacking Force Check

$T_{at} = 0.65 \times Pu \times N$

$= 0.65 \times 183 \times 4 = \mathbf{475.80}$ kN

$P_j < T_{at}$ 이어야 하므로, 154.2 kN < 475.80 kN ∴ O.K

(2) 2단

1) 정착장치에 의한 PRESTRESS의 감소 ($\Delta \ell \leq 6.0$ ㎜)

$$P_s = \frac{\Delta \ell \times A \times N \times E}{Lf}$$

N : 강선 수

E : 2.0×10^5 MPa

$\Delta \ell \leq 6.0$ mm

A : 98.71 ㎟

$$= \frac{6.0 \times 98.71 \times 4 \times 2.0 \times 10^5}{10.0 \times 1000} = 47{,}381 \text{ N} = 47.38 \text{ kN}$$

2) RELAXATION 의한 PRESTRESS의 감소

P_L = (P + Ps) x 5% ⓐ

= (123.2 + 47.38) x 5% = **8.5 kN**

※ ⓐ PC강연선의 릴렉세이션 (∵2009,그라운드 앵커 설계,시공 및 유지관리 매뉴얼,p.27)

3) 초기인장력 산정

P_j = P + P_s + P_L = 123.16 + 47.38 + 8.5 = **179.0 kN**

4) Jacking Force Check

T_{at} = 0.65 × Pu × N

= 0.65 × 183 × 4 = **475.80** kN

P_j < T_{at} 이어야 하므로, 179.0 kN < 475.80 kN ∴ O.K

7. **RESULT**

위치	앵커 C.T.C (m)	설계 하중 (kN)	자유장 (M)	정착장 (M)	여유장 (M)	총길이 (M)	Jacking Force (kN)
1단	1.20	99.478	10.0	4.5	1.5	16.0	154.16
2단	1.20	123.162	10.0	4.5	1.5	16.0	179.04

* 설계도면에 표기된 정착장은 상기 계산된 정착장에 지반조건의 변화에 따른 설계상 안전율이 포함된 길이임.

* 구조검토시 적용된 지반조건은 설계시 제한된 지반조사 결과와 경험값에 의해 검토된 사항으로, 앵커시공시 시험시공을 통해 안정성 확보 여부를 검토하고, 안정성 미확보시 감독원의 승인을 득하여 안정성이 확보되도록 변경해야 함.

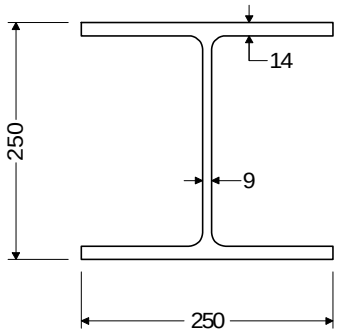
5.띠장 설계

5.1 Earth Anchor-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

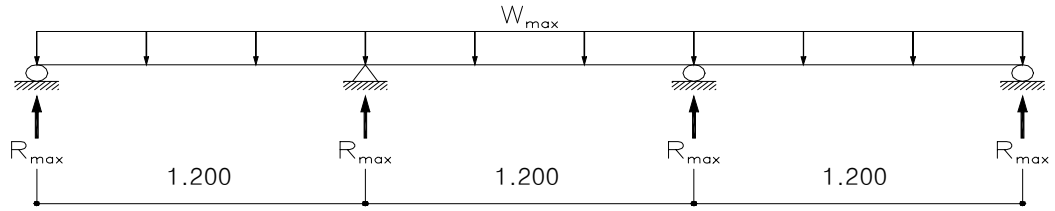
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



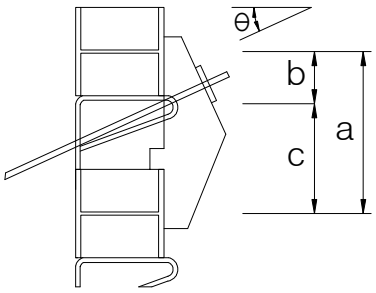
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



a = 0.550 m
b = 0.157 m
c = 0.393 m
θ = 30.0 도



Jf_{used} = 137.812 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 137.812 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 85.280 kN

R_{max} = 11 × W_{max} × L / 10

∴ W_{max} = 10 × R_{max} / (11 × L)
= 10 × 85.280 / (11 × 1.200)
= 64.606 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 10
= 64.606 × 1.200^2 / 10
= 9.303 kN·m

S_{max} = 6 × W_{max} × L / 10
= 6 × 64.606 × 1.200 / 10
= 46.516 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 9.303 x 1000000 / 867000.0 = 10.730 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 46.516 x 1000 / 1998 = 23.281 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (10.730 + 10.730) / 10.730

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (4.800 − 4.5))

= 188.028 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 10.730 MPa ---> O.K

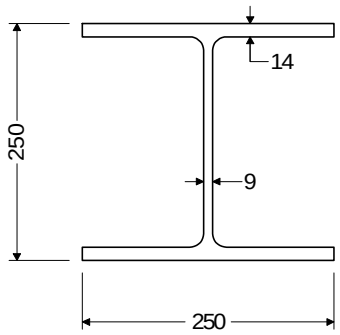
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 23.281 MPa ---> O.K

5.2 Earth Anchor-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

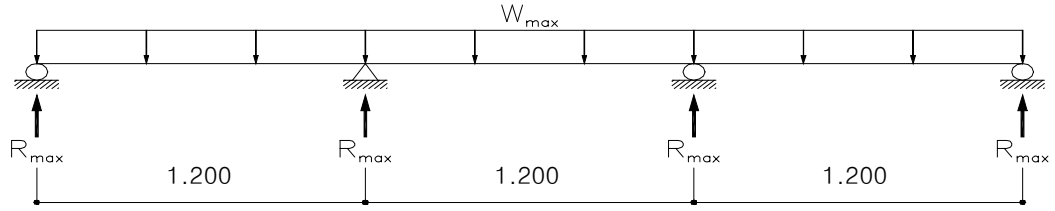
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



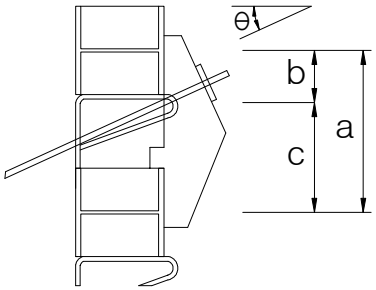
(2) 띠장 계산지간 : 1.200 m

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} = 163.242 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 163.242 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 101.017 kN

$R_{max} = 11 \times W_{max} \times L / 10$

$\therefore W_{max} = 10 \times R_{max} / (11 \times L)$
= 10 × 101.017 / (11 × 1.200)
= 76.528 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 10$
= 76.528 × 1.200 ² / 10
= 11.020 kN·m

$S_{max} = 6 \times W_{max} \times L / 10$
= 6 × 76.528 × 1.200 / 10
= 55.100 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 11.020 x 1000000 / 867000.0 = 12.710 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 55.100 x 1000 / 1998 = 27.578 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (12.710 + 12.710) / 12.710$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 1200 / 250

= 4.800 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (4.800 - 4.5))

= 188.028 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 188.028 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 188.028 MPa > f_b = 12.710 MPa ---> O.K

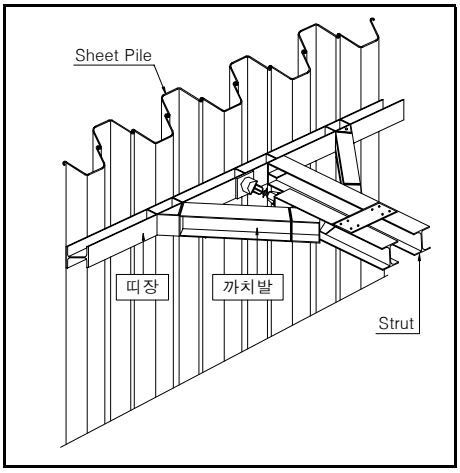
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 27.578 MPa ---> O.K

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 8.06m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIA
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	19100.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	9750.0
$I_x(mm^4)$	226000000.0
$Z_x(mm^3)$	1510000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 38.091 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.76 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 38.091 (kN·m/m) × 1.00 m = 38.091 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 66.669 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS5 : 굴착 4.76 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 66.669 (kN/m) × 1.00 m = 66.669 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{38.091 \times 10^6}{1510000.00} = 25.226 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{66.669 \times 10^{3}}{9750.00} = 6.838 \text{ MPa}$$

$$\tau < \tau_a' = 135 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$$

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 30 m, 굴착폭 = 8 m, 최대굴착깊이 = 4.76 m, 전모델높이 = 35 m

7.4 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	5.26	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	9.63	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	21.24	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	25.98	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	31.03	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIA	SY295(SY30)	8.06	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-1	Strand12.7x4EA	SWPC7B	1.09	1.2	30	17	100
2	Earth Anchor-2	Strand12.7x4EA	SWPC7B	2.89	1.2	30	15	120

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	과재하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 5.5 m, 수위차 = 4.76 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.59	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Earth Anchor-1		-	-	-	-	X	X
3	3.39	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Earth Anchor-2		-	-	-	-	X	X
5	4.76	-	-	-	-	-	-	X	X

8. 해석 결과
8.1 전산 해석결과 집계

8.1.1 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 1.59 m	1.59	19.53	2.0	-11.21	4.8	0.76	0.0	-32.49	3.4
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.59	23.62	1.1	-46.62	1.1	17.71	2.9	-15.26	1.1
CS3 : 굴착 3.39 m	3.39	22.05	1.1	-49.74	1.1	36.40	3.4	-14.71	1.1
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	3.39	28.10	1.1	-61.43	2.9	20.62	4.3	-17.95	1.1
CS5 : 굴착 4.76 m	4.76	30.43	1.1	-66.67	2.9	38.09	4.8	-19.73	1.1
TOTAL		30.43	1.1	-66.67	2.9	38.09	4.8	-32.49	3.4

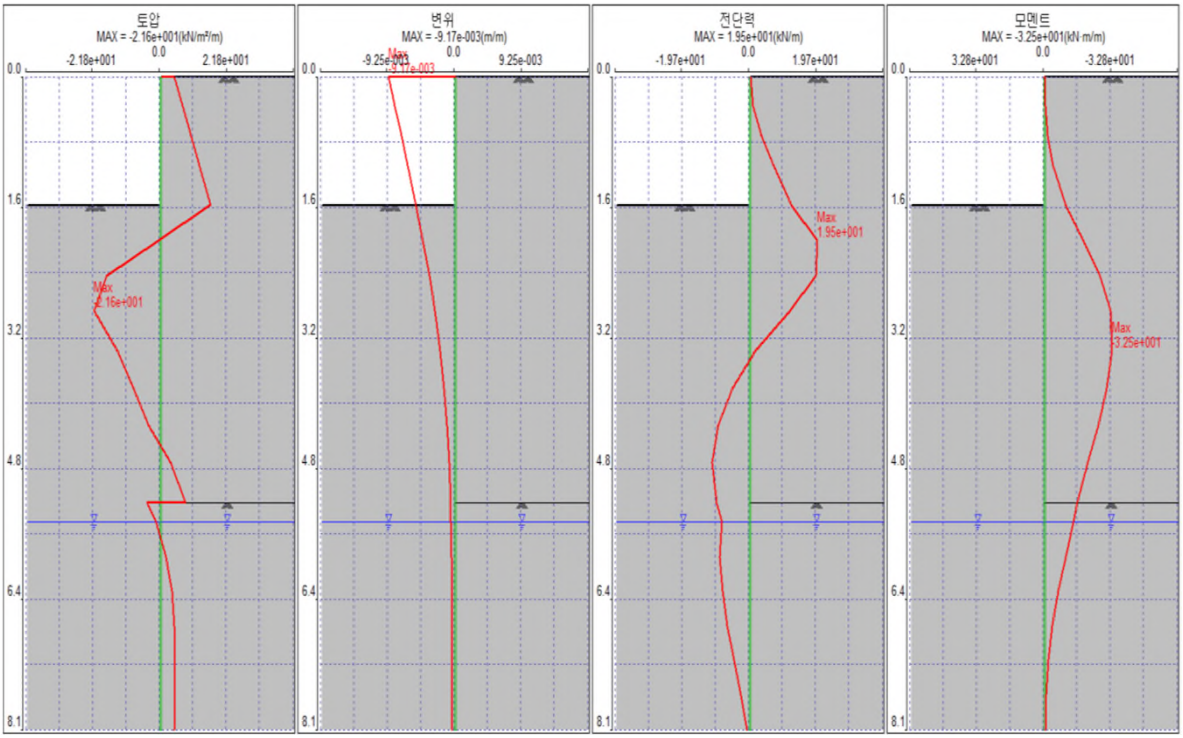
8.1.2 지보재 반력 집계

* 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.

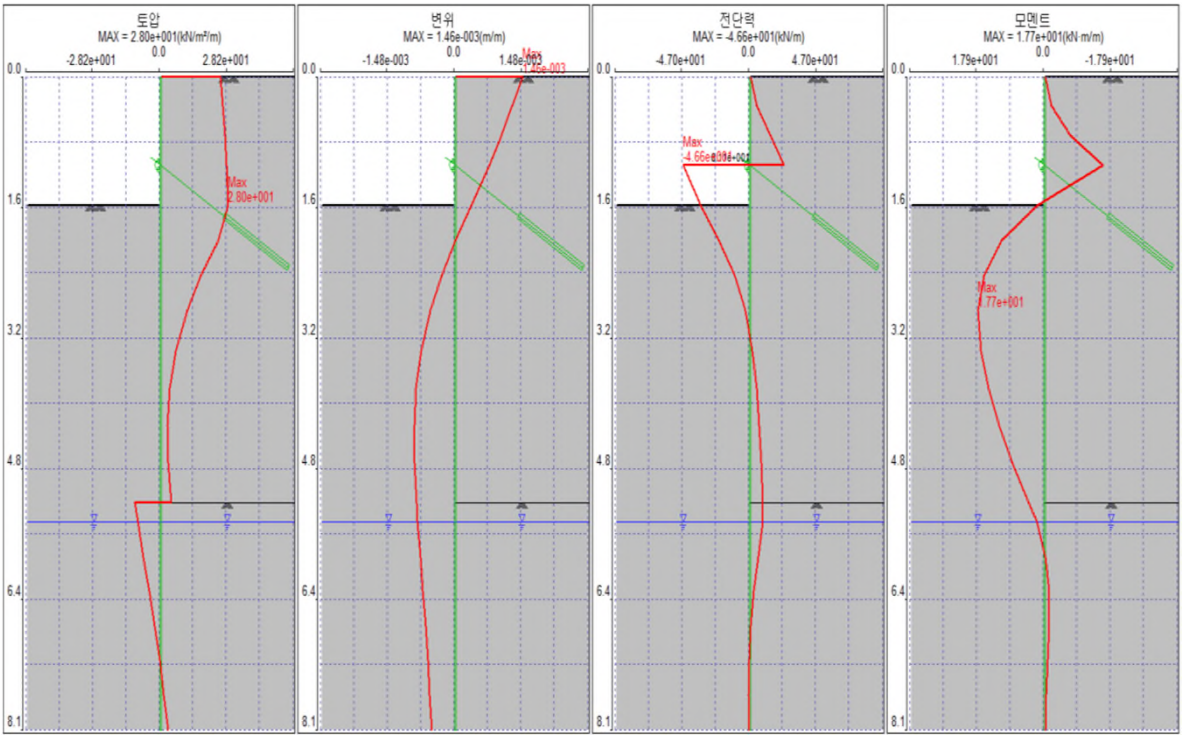
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-1	Earth Anchor-2			
		1.09 (m)	2.89 (m)			
CS1 : 굴착 1.59 m	1.59	-	-			
CS2 : 생성 Earth Anchor-1	1.59	81.10	-			
CS3 : 굴착 3.39 m	3.39	82.90	-			
CS4 : 생성 Earth Anchor-2	3.39	79.12	100.00			
CS5 : 굴착 4.76 m	4.76	79.11	102.64			
TOTAL		82.90	102.64			

8.2 시공단계별 단면력도

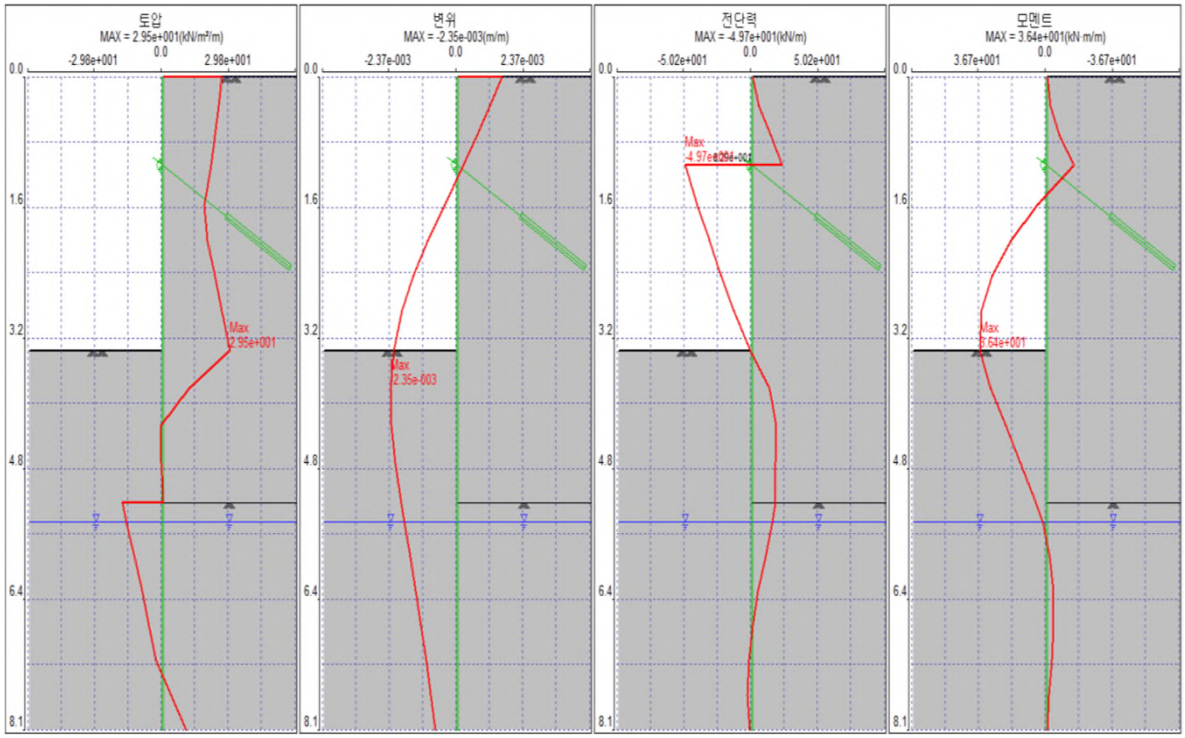
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.59 m]



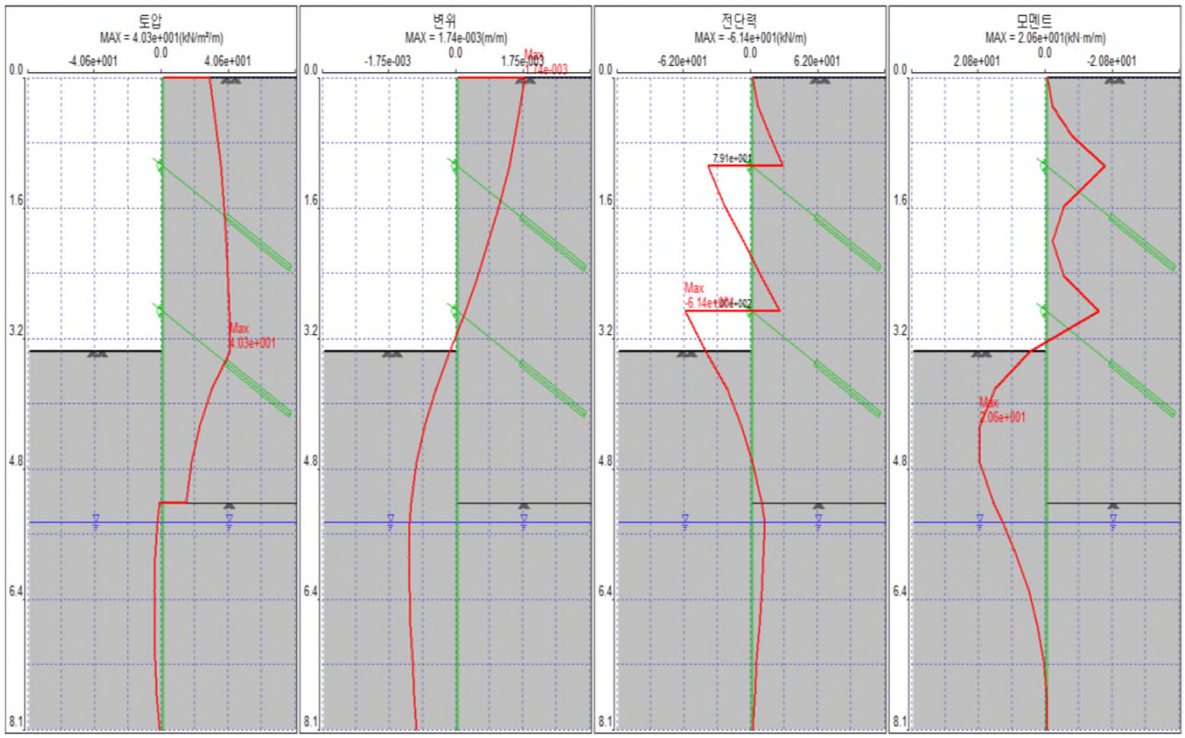
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Earth Anchor-1]



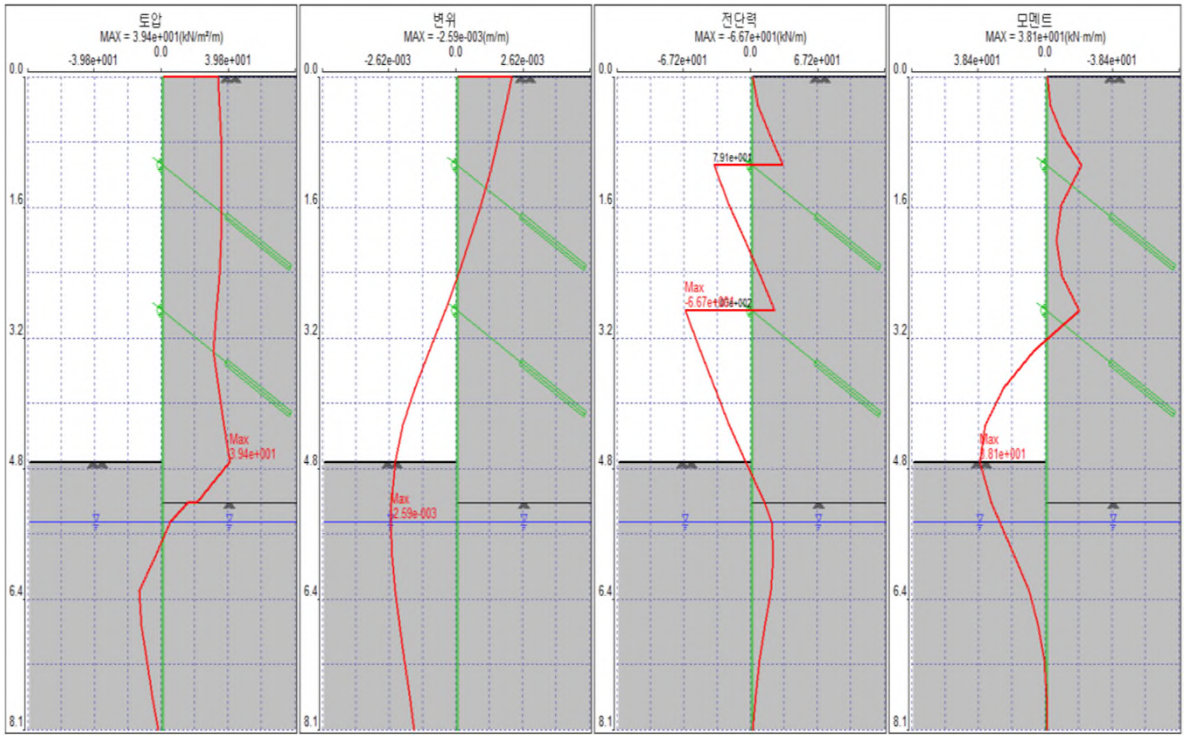
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 3.39 m]



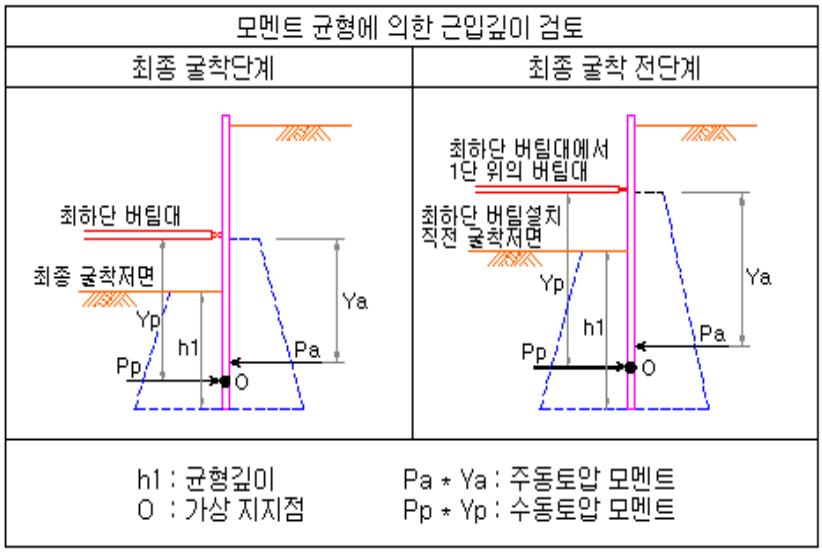
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Earth Anchor-2]



5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.76 m]



8.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	2.491	3.300	731.658	893.069	1.221	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.877	4.670	1201.889	2621.107	2.181	1.200	OK

8.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -2.89 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 61.308 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.000 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 180.385 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 3.716 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (61.308 x 1.000) + (180.385 x 3.716) = 731.658 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 222.083 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 4.021 m

Mp = (Pp x Yp) = (222.083 x 4.021) = 893.069 kN·m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 893.069 / 731.658 = 1.221

S.F. = 1.221 > 1.2 ... OK

8.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -1.09 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 49.05 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.301 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 227.772 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 4.997 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (49.05 x 1.301) + (227.772 x 4.997) = 1201.889 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 488.174 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 5.369 m

Mp = (Pp x Yp) = (488.174 x 5.369) = 2621.107 kN·m

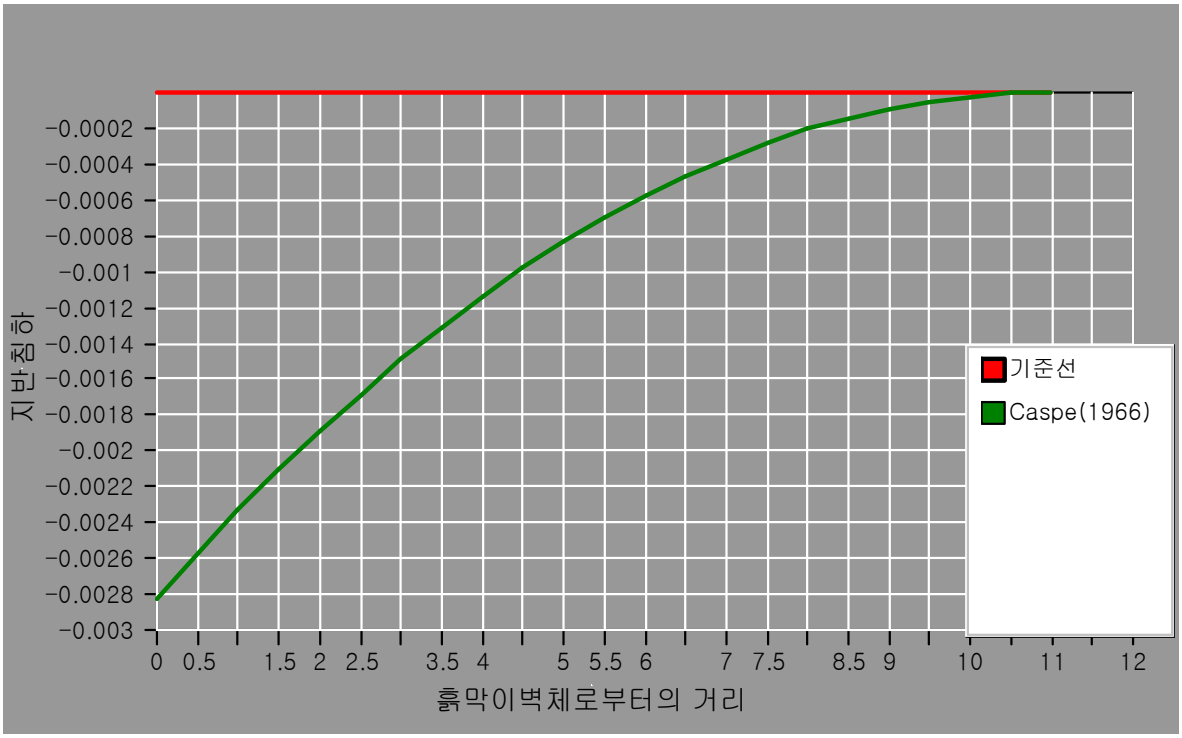
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 2621.107 / 1201.889 = 2.181

S.F. = 2.181 > 1.2 ... OK

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 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 = 16 m, Hw = 4.76 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 16 x tan(45 + 26/2) = 12.803 m

Ht = Hp + Hw = 12.803 + 4.76 = 17.563 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 17.563 x tan(45-26/2) = 10.974 m

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.008 / 10.974 = -0.003 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.003 x ((10.974 - Xi) / 10.974)^2

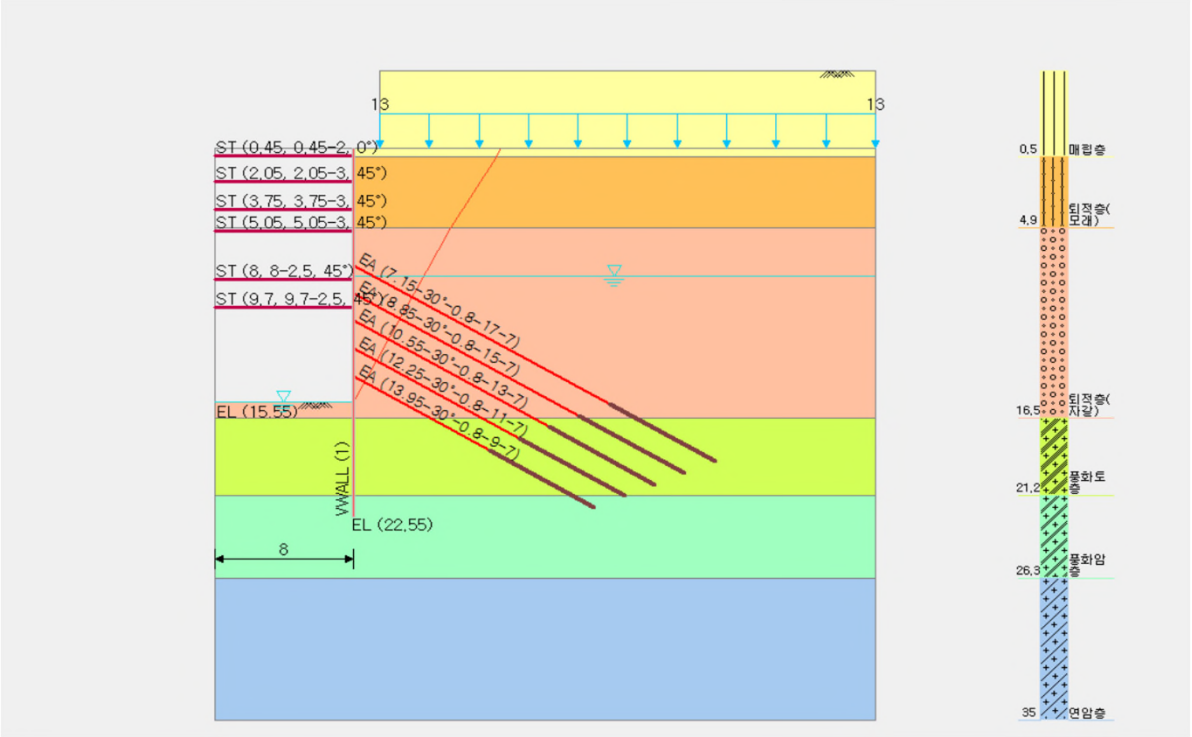
변 경

31. Ramp-D. 0+445.4~0+450(좌)--02단

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 외측주형지지보
6.2 내측주형지지보
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 (사버팀-1)
7.6 Strut 설계 (사버팀-2)
7.7 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-5, 6, 7, 8, 9)
8.사보강 Strut 설계
8.1 Strut-2
8.2 Strut-3
8.3 Strut-4
8.4 사버팀-1
8.5 사버팀-2
9.띠장 설계
9.1 Strut-1 띠장 설계
9.2 Strut-2 띠장 설계
9.3 Strut-3 띠장 설계
9.4 Strut-4 띠장 설계
9.5 Earth Anchor-5 띠장 설계
9.6 사버팀-1 띠장 설계
9.7 Earth Anchor-6 띠장 설계
9.8 사버팀-2 띠장 설계
9.9 Earth Anchor-7 띠장 설계
9.10 Earth Anchor-8 띠장 설계
9.11 Earth Anchor-9 띠장 설계
10.중간말뚝 설계
11. Sheet 설계
11.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 22.55m)
12.전산 입력 정보
13.해석결과

1.표준단면


13
13
ST (0.45, 0.45-2, 0°)
ST (2.05, 2.05-3, 45°)
ST (3.75, 3.75-3, 45°)
ST (5.05, 5.05-3, 45°)
ST (8, 8-2.5, 45°)
ST (9.7, 9.7-2.5, 45°)
EA (7.15-30°-0.8-17-7)
EA (8.85-30°-0.8-15-7)
EA (10.55-30°-0.8-13-7)
EA (12.25-30°-0.8-11-7)
EA (13.95-30°-0.8-9-7)
EL (15.55)
VWALL (1)
EL (22.55)
8
0.5
매립층
4.9
퇴적층(모래)
16.5
퇴적층(자갈)
21.2
풍화토층
26.3
풍화암층
35
연암층

2.설계요약

2.1 복공판

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
1-B:750x1990x200	-	휨응력	199.674	210.000	O.K	처짐	O.K
		전단응력	12.878	120.000	O.K		

2.2 주형보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
주형보 H 700x300x13/24	-	휨응력	89.352	181.980	O.K	처짐	O.K
		전단응력	39.373	108.000	O.K		

2.3 주형지지보

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
외측주형지지보 H 300x305x15/15	-	휨응력	116.237	182.334	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	82.657	108.000	O.K		
내측주형지지보 H 440x300x11/18	-	휨응력	98.689	171.180	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	80.531	108.000	O.K		

2.4 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 700x300x13/24	0.45	휨응력	5.501	126.684	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	7.467	96.664	O.K		
		전단응력	2.100	108.000	O.K		
Strut-2 2H 300x305x15/15	2.05	휨응력	11.001	127.945	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	14.771	104.699	O.K		
		전단응력	2.198	108.000	O.K		
Strut-3 2H 300x305x15/15	3.75	휨응력	11.001	127.945	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	17.362	104.699	O.K		
		전단응력	2.198	108.000	O.K		
Strut-4 2H 300x305x15/15	5.05	휨응력	11.001	127.945	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	34.451	104.699	O.K		
		전단응력	2.198	108.000	O.K		
사버팀-1 H 300x305x15/15	8.00	휨응력	14.102	143.029	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	45.093	122.647	O.K		
		전단응력	3.519	108.000	O.K		
사버팀-2 H 300x305x15/15	9.70	휨응력	4.727	168.524	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	58.666	160.135	O.K		
		전단응력	2.037	108.000	O.K		

부 재	위 치 (m)	Strand 소요개수산정	자유장 산정	정착장 산정
Earth Anchor-5 Strand12.7x4EA	7.15	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-6 Strand12.7x4EA	8.85	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-7 Strand12.7x4EA	10.55	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-8 Strand12.7x4EA	12.25	O.K	O.K	O.K
Earth Anchor-9 Strand12.7x4EA	13.95	O.K	O.K	O.K

2.5 사보강 Strut

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-2 2H 300x305x15/15	2.05	휨응력	11.001	127.945	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	19.045	104.699	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	2.198	108.000	O.K		
Strut-3 2H 300x305x15/15	3.75	휨응력	11.001	127.945	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	22.711	104.699	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	2.198	108.000	O.K		
Strut-4 2H 300x305x15/15	5.05	휨응력	11.001	127.945	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.877	104.699	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	2.198	108.000	O.K		
사버팀-1 H 300x305x15/15	8.00	휨응력	14.102	143.029	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	60.084	122.647	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	3.519	108.000	O.K		
사버팀-2 H 300x305x15/15	9.70	휨응력	4.727	168.524	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	79.278	160.135	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	2.037	108.000	O.K		

2.6 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
Strut-1 H 300x305x15/15	0.45	휨응력	8.949	182.334	O.K	
		전단응력	7.424	108.000	O.K	
Strut-2 H 300x305x15/15	2.05	휨응력	66.879	171.711	O.K	
		전단응력	36.990	108.000	O.K	
Strut-3 H 300x305x15/15	3.75	휨응력	83.676	171.711	O.K	
		전단응력	46.280	108.000	O.K	
Strut-4 H 440x300x11/18	5.05	휨응력	109.791	171.180	O.K	
		전단응력	97.998	108.000	O.K	
Earth Anchor-5 2H 250x250x9/14	7.15	휨응력	14.499	189.000	O.K	
		전단응력	36.701	108.000	O.K	
사버팀-1 H 300x305x15/15	8.00	휨응력	97.728	177.023	O.K	
		전단응력	64.862	108.000	O.K	
Earth Anchor-6 2H 250x250x9/14	8.85	휨응력	19.053	189.000	O.K	
		전단응력	48.229	108.000	O.K	
사버팀-2 H 300x305x15/15	9.70	휨응력	134.377	177.023	O.K	
		전단응력	89.187	108.000	O.K	
Earth Anchor-7 2H 250x250x9/14	10.55	휨응력	23.695	189.000	O.K	
		전단응력	59.979	108.000	O.K	
Earth Anchor-8 2H 250x250x9/14	12.25	휨응력	22.885	189.000	O.K	
		전단응력	57.929	108.000	O.K	
Earth Anchor-9 2H 250x250x9/14	13.95	휨응력	22.423	189.000	O.K	
		전단응력	56.759	108.000	O.K	

2.7 중간말뚝

부 재	위 치	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
중간말뚝 H 300x305x15/15	-	휨응력	60.874	107.973	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	47.772	73.410	O.K	지지력	O.K

2.8 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정	
흙막이벽(우) J:SP-IV(SY295(SY30)	0.00 ~ 22.55	휨응력	209.132	243.000	O.K	
		전단응력	28.952	135.000	O.K	

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강), Earth Anchor로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.40m

다. 지보재

Strut	-	H 700x300x13/24	수평간격 :	2.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	3.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	3.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	3.00	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	2.50	m
		H 300x305x15/15	수평간격 :	2.50	m
Earth Anchor	-	Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m
		Strand12.7x4EA	수평간격 :	0.80	m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
복공판	1-B:750x1990x200	-	
주형보	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
주형보지지보	H 300x305x15/15(SS400)	-	
	H 440x300x11/18(SS400)	-	
중간말뚝	H 300x305x15/15(SS400)	3.00m	
버팀보 (Strut)	H 700x300x13/24(SS400)	2.00m	
	H 300x305x15/15(SS400)	2.50m ~ 3.00m	
사보강 버팀보	H 300x305x15/15(SS400)	2.50m ~ 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	315	390
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \le 20$ 210	$0 < \ell/r \le 15$ 285	$0 < \ell/r \le 14$ 315	$0 < \ell/r \le 18$ 390
		$20 < \ell/r \le 93$ $210 - 1.3(\ell/r - 20)$	$15 < \ell/r \le 80$ $285 - 2.0(\ell/r - 15)$	$14 < \ell/r \le 76$ $315 - 2.3(\ell/r - 14)$	$18 < \ell/r \le 67$ $390 - 3.3(\ell/r - 18)$
		$93 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(\ell/r)^2}$	$80 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(\ell/r)^2}$	$76 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	$67 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(\ell/r)^2}$
휨 압축 응력	인장연 (순단면)	210	285	315	390
	압축연 (총단면)	$\ell/b \le 4.5$ 210	$\ell/b \le 4.0$ 285	$\ell/b \le 3.5$ 315	$\ell/b \le 5.0$ 390
		$4.5 < \ell/b \le 30$ $210 - 3.6(\ell/b-4.5)$	$4.0 < \ell/b \le 30$ $285 - 5.7(\ell/b-4.0)$	$3.5 < \ell/b \le 27$ $315 - 6.6(\ell/b-3.5)$	$5.0 < \ell/b \le 25$ $390 - 9.9(\ell/b-4.5)$
전단응력 (총단면)		120	165	180	225
지압응력		315	420	465	585
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 210x1.5=315 260x1.5=390	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

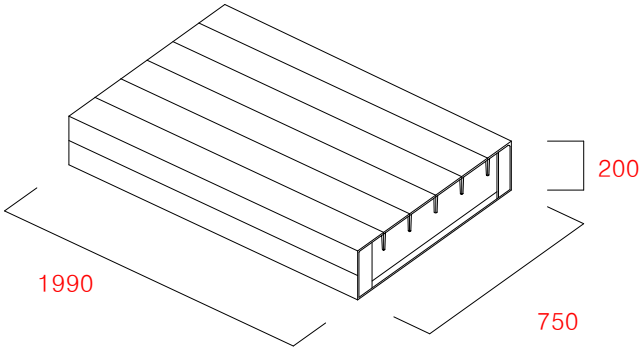
가. midas GeoX V 4.5.0
나. 탄소성법
다. Rankine 토압

4.복공판 설계

4.1 설계제원

가. 사용제원 : 1-B:750x1990x200

w (kN/piece)	2.800
I_x (mm^4)	64130000
A (mm^2)	13806
Z_x (mm^3)	443000
E (MPa)	210000



4.2 단면력 산정

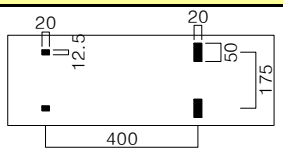
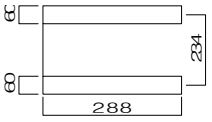
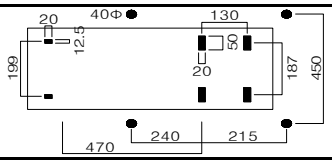
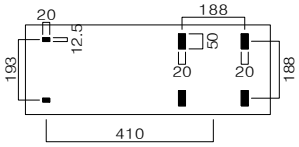
가. 고정하중

w_d = 2.800 × 1 / 1.990

= 1.407 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

$$M_{max} = \frac{w_d \times L^2}{8} + \frac{P \times L}{4}$$

$$= \frac{1.407 \times \text{###}^2}{8} + \frac{176.400 \times 1.990}{4}$$

= 88.455 kN·m

라. 최대 전단력 산정

▶ 작업하중이 복공판 단부에 위치한 경우

$$S_{max} = \frac{w_d \times L}{2} + P$$

$$= \frac{1.407 \times 1.990}{2} + 176.400$$

= 177.800 kN

4.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = Mmax / Z_x = 88.455 × 1000000.000 / 443000 = 199.674 MPa

▶ 전단응력 , τ = Smax / A = 177.800 × 1000.000 / 13806 = 12.878 MPa

4.4 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	×

▶ fba = 1.50 × 140
= 210.000 MPa

▶ τa = 1.50 × 80
= 120.000 MPa

4.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 210.000 MPa > f_b = 199.674 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 120.000 MPa > τ = 12.878 MPa ---> O.K

4.6 처짐 검토

▶ 트럭크레인의 접지하중이 복공판 중앙에 위치한 경우

$$\delta_{max} = \frac{5.000 \times w_d \times L^4}{384 \times E \times I} + \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{5.000 \times 1.407 \times 1990.000^4}{384 \times 210000 \times 64130000} + \frac{176.400 \times 1000.000 \times 1990.000^3}{48 \times 210000 \times 64130000}$$

= 0.0213336 + 2.150

= 2.172 mm

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 5mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 5mm)

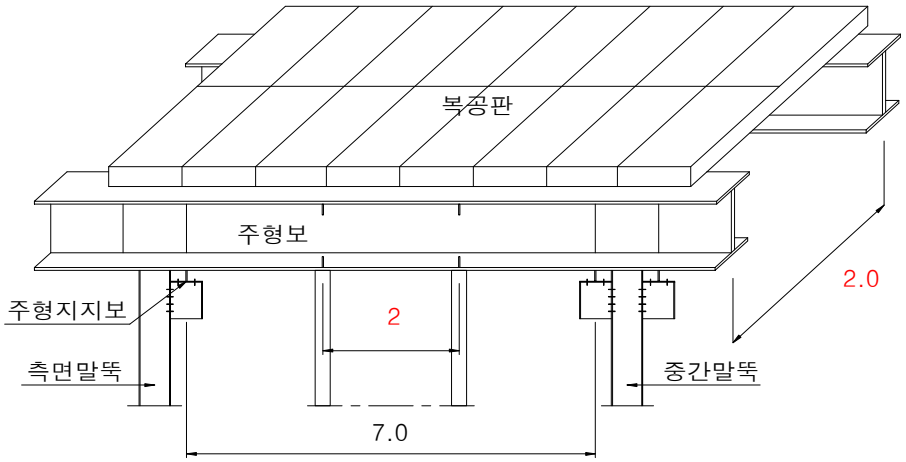
= Min.(1990.0 / 400 , 5)

= 4.98 mm > δ_l = 2.172 mm ---> O.K

5.주형보 설계

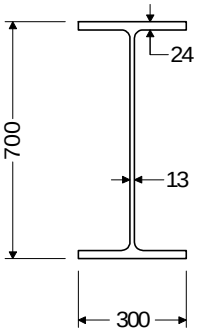
5.1 설계제원

가. 계산지간 : 7.000 m



나. 사용강재 : H 700x300x13/24(SS400)

w (N/m)	1814.2
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 = 3.733 kN/m

(2) 주 형 보 = 1.814 kN/m

(3) 기 타 = 0.150 kN/m

$\sum$ = 5.698 kN/m

$M_d = w_d \times L^2 / 8 = 5.698 \times 7.000 \times 7.000 / 8 = 34.897$ kN·m

$S_d = w_d \times L / 2 = 5.698 \times 7.000 / 2 = 19.941$ kN

나. 활하중 (보가 차량진행방향과 직각인 경우)

(1) 충격계수

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 7.000)

= 0.319 > 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

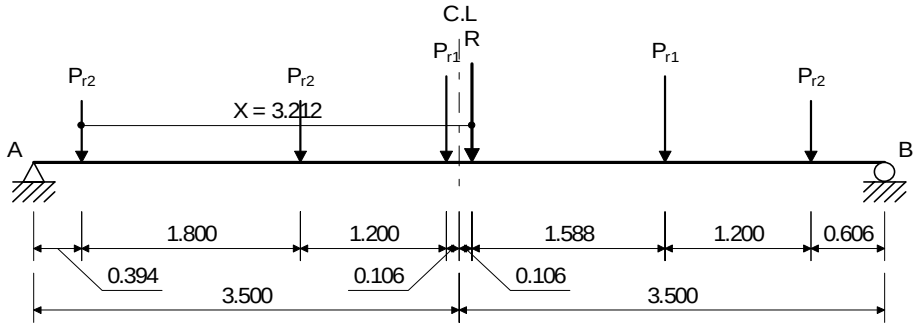
(3) 전륜하중

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

(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

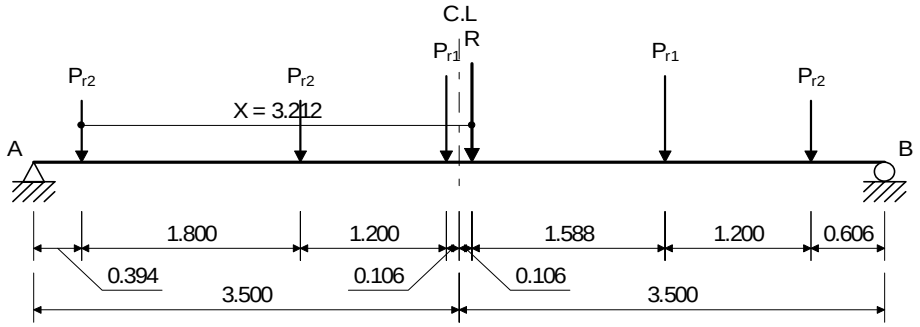
= 530.400 kN

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 6.606 + Pr2 x 4.806 + Pr1 x 3.606 + Pr1 x 1.806 + Pr2 x 0.606) / L

= (93.600 x 6.606 + 93.600 x 4.806 + 124.800 x 3.606 + 124.800 x 1.806 + 93.600 x 0.606) / 7.000

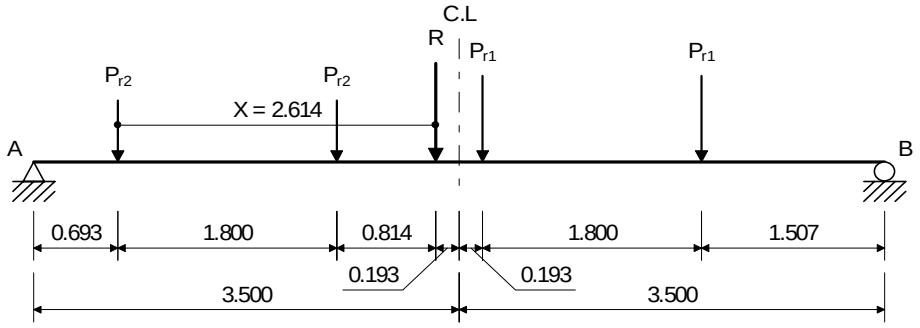
= 257.177 kN

M_l = (Ra x 3.394 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00

= (257.177 x 3.394 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00

= 479.769 kN·m

② 2 차선 재하시 (후륜하중)

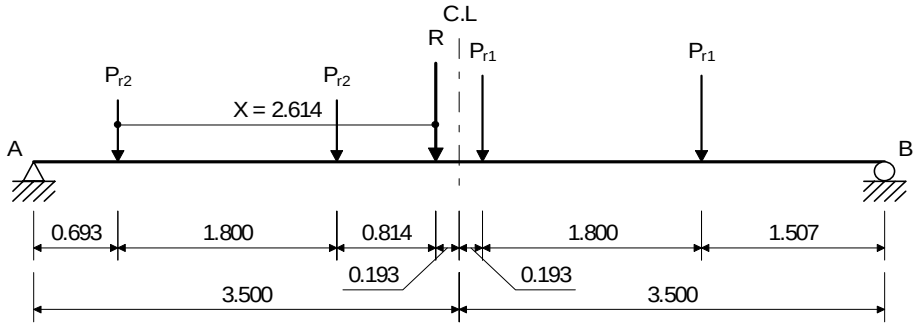


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

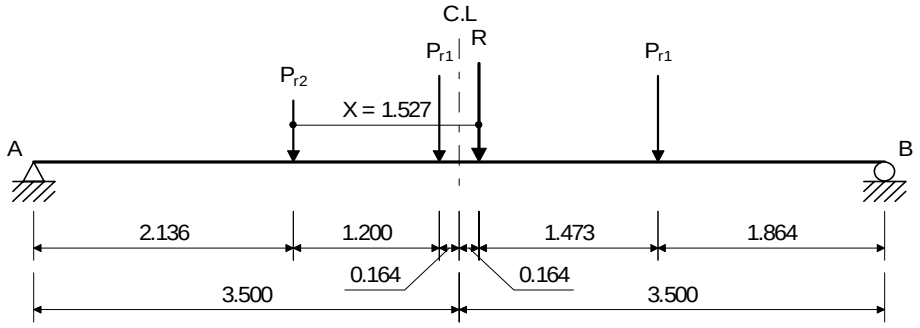
b. 최대 휨모멘트



R_a = (Pr2 x 6.307 + Pr2 x 4.507 + Pr1 x 3.307 + Pr1 x 1.507) / L
= (93.600 x 6.307 + 93.600 x 4.507 + 124.800 x 3.307 + 124.800 x 1.507) / 7.000
= 230.434 kN

M_l = (Ra x 3.693 − Pr2 x 3.000 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (230.434 x 3.693 − 93.600 x 3.000 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 457.841 kN·m

③ 1.5 차선 재하시 (후륜하중)

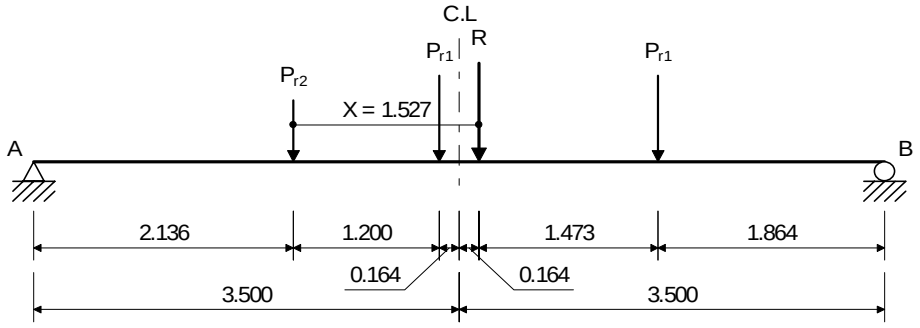


a. 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

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

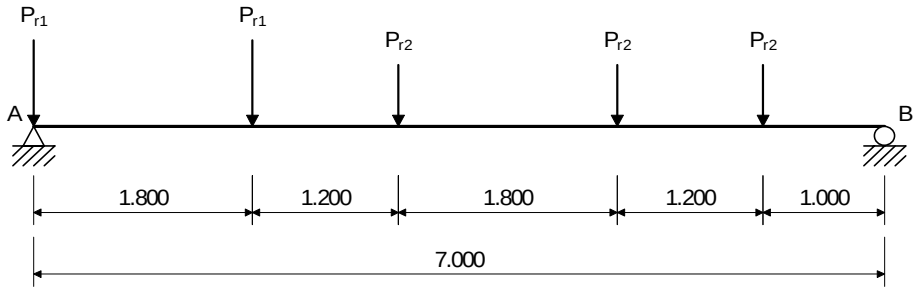


R_a = (Pr2 x 4.864 + Pr1 x 3.664 + Pr1 x 1.864) / L
= (93.600 x 4.864 + 124.800 x 3.664 + 124.800 x 1.864) / 7.000
= 163.577 kN

M_l = (Ra x 3.336 − Pr2 x 1.200) x 1.00
= (163.577 x 3.336 − 93.600 x 1.200) x 1.00
= 433.433 kN·m

(5) 최대 전단력 산정

① 2.5 차선 재하시 (후륜하중)



R_a = (Pr1 x 7.000 + Pr1 x 5.200 + Pr2 x 4.000 + Pr2 x 2.200 + Pr2 x 1.000) / L

= (124.800 x 7.000 + 124.800 x 5.200 + 93.600 x 4.000 + 93.600 x 2.200 + 93.600 x 1.000) / 7.000

= 313.783 kN

S_l = 313.783 x 1.00 = 313.783 kN

다. 설계 적용 단면력 (고정하중 + 활하중)

M_{max} = M_d + Ml_{max} = 34.897 + 479.769 = 514.667 kN·m

S_{max} = S_d + Sl_{max} = 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

5.3 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 514.667 x 1000000 / 5760000.0 = 89.352 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 333.724 x 1000 / 8476 = 39.373 MPa

5.4 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (89.352 + 89.352) / 89.352

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 300

= 6.667 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.667 − 4.5))

= 181.980 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 181.980 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

5.5 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 181.980 MPa > f_b = 89.352 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 39.373 MPa ---> O.K

5.6 충격하중을 제외한 활하중에 의한 처짐 검토

가. 활하중에 의한 처짐 검토

▶ 충격이 배제된 활하중을 등가의 등분포하중으로 치환하여 처짐량을 산정한다

$M = M_{l\,max} / (1+i) = 479.769 / 1.300 = 369.053$ kN·m

$w = 8 \times M / L^2 = 8 \times 369.053 / (7.00 \times 7.00) = 60.254$ kN/m

$\delta_l = 5 \times w \times L^4 / (384 \times E \times I_x)$

$= 5 \times 60.254 \times 7000.0^{\,4} / (384 \times 210000 \times 2010000000)$

$= 4.463$ mm

나. 허용처짐에 대한 검토

▶ 허용처짐량은 지간/400 및 25mm 가운데 작은 값을 적용한다

δ_a = Min.(L/400, 25mm)

= Min. (7000.0 / 400 , 25)

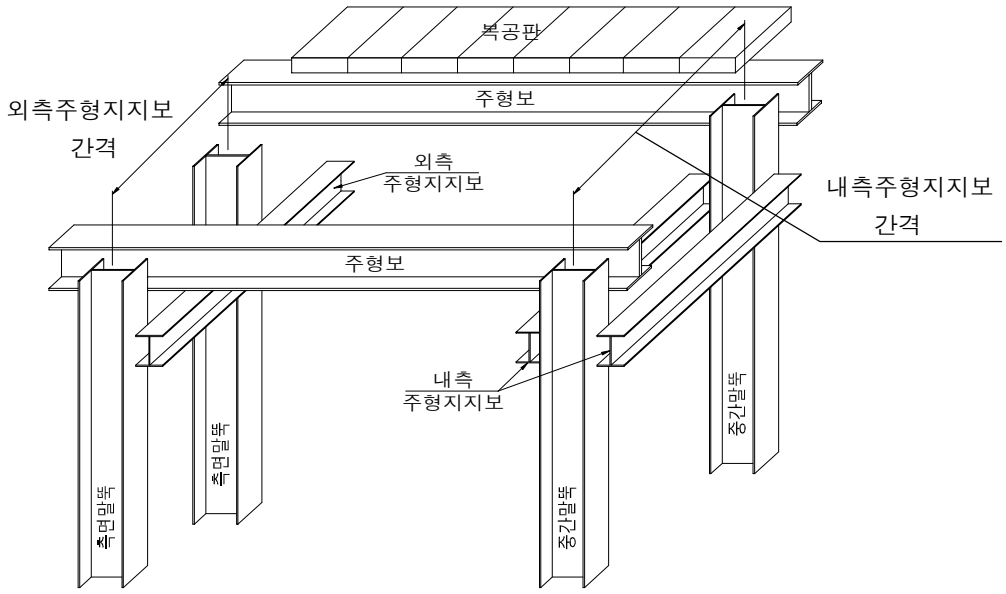
= 17.500 mm > δ_l = 4.463 mm ---> O.K

6.주형 지지보 설계

6.1 외측주형지지보

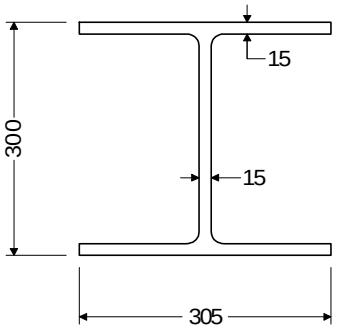
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 2.00 m

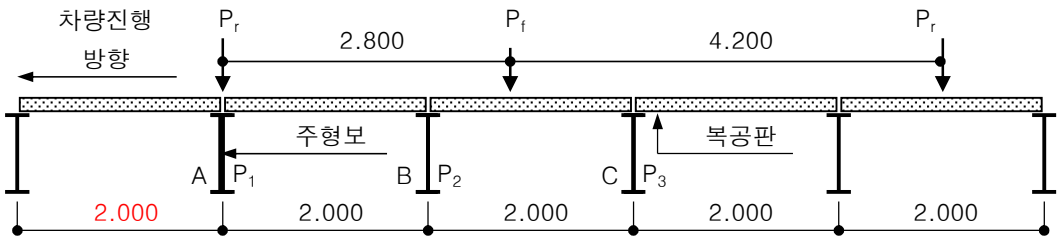


(2) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

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



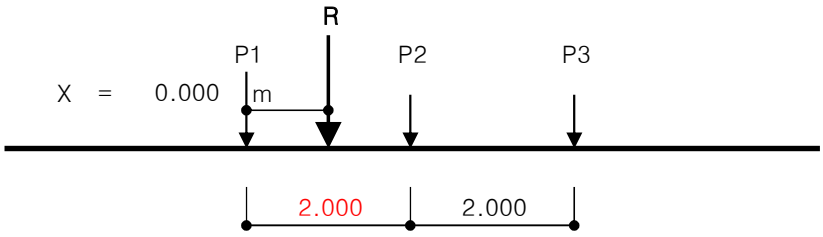
▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)

= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000

= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

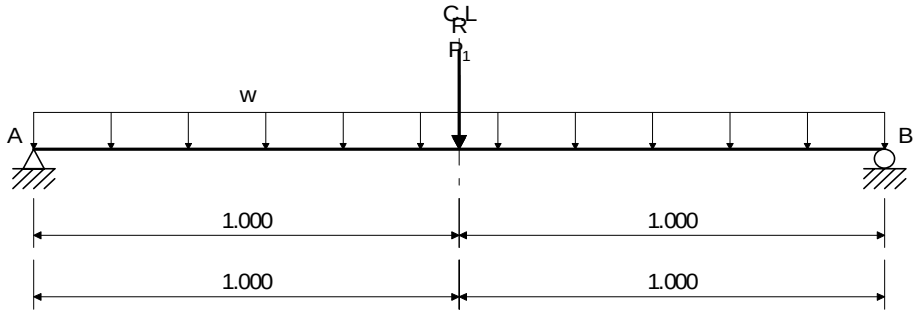


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

$R = P_1$
$= 333.724$
$= 333.724$ kN

$X = (0.000) / R$
$= (0.000) / 333.724$
$= 0.000$ m

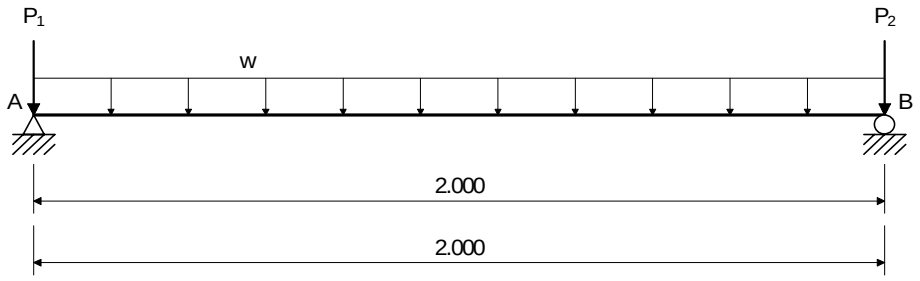
② 최대 휨모멘트



$R_a = (P_1 \times 1.000) / L$
$= (333.724 \times 1.000) / 2.000$
$= 166.862$ kN

$M_{max} = (Ra \times 1.000) + w \times L^2 / 8$
$= (166.862 \times 1.000) + 1.038 \times 2.00^2 / 8$
$= 167.381$ kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 2.000 + P_2 x 0.000) / L
= (333.724 x 2.000 + 67.009 x 0.000) / 2.000
= 333.724 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 333.724 + 1.038 x 2.00 / 2
= 334.762 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 167.381 x 1000000 / 1440000.0 = 116.237 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 334.762 x 1000 / 4050 = 82.657 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (116.237 + 116.237) / 116.237
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305
= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))
= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 116.237 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 82.657 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정

▶ 사용볼트 : F10T , M 24

▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa

▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)

= (334762 + 17800)

/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)

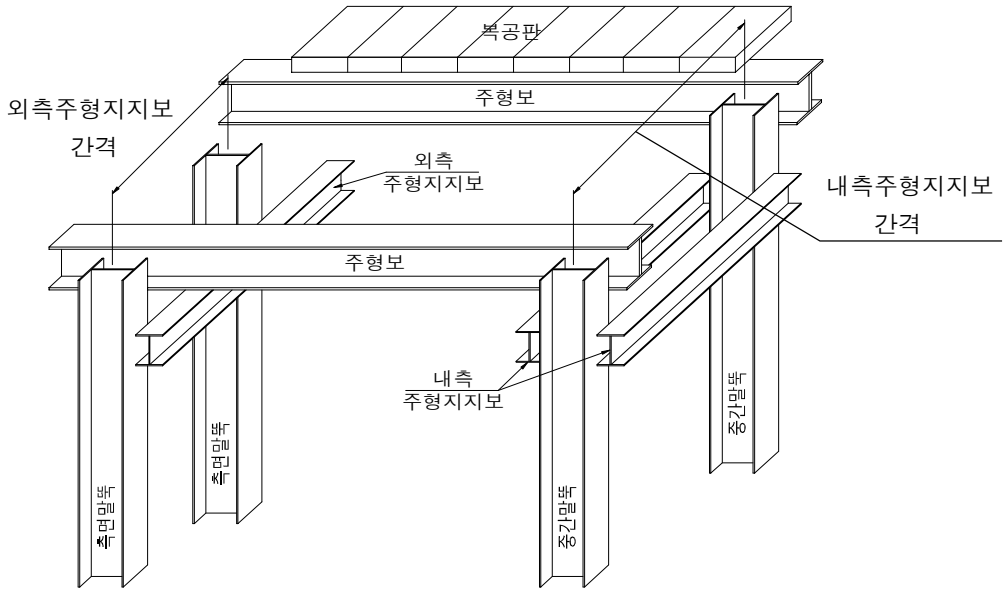
= 4.62 ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.62 ea ---> O.K

6.2 내측주형지지보

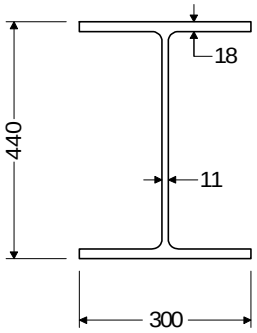
가. 설계제원

(1) 측면 또는 중간말뚝 H-Pile 설치간격 : 3.00 m

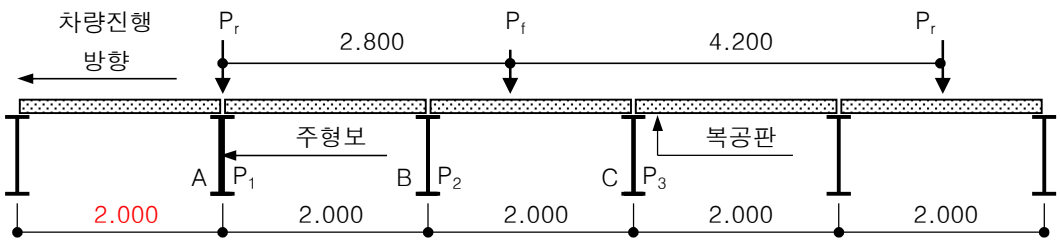


(2) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

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



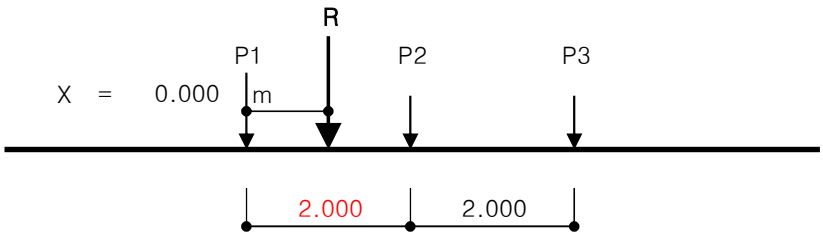
나. 주형보 반력 case3 - "1.4 m"초과 "7/3 m"이하



▶ 주형보 최대반력 (P_1) = S_d + $S_{l\,max}$ (주형보 계산서의 단면력산정에서 "다.설계적용단면력" 참조)
= 19.941 + 313.783 = 333.724 kN

▶ 주형보 최대반력 (P_2) = S_d + P_f x 1.200 / 2.000
= 19.941 + 78.446 x 1.200 / 2.000 = 67.009 kN

다. 최대 휨모멘트 산정

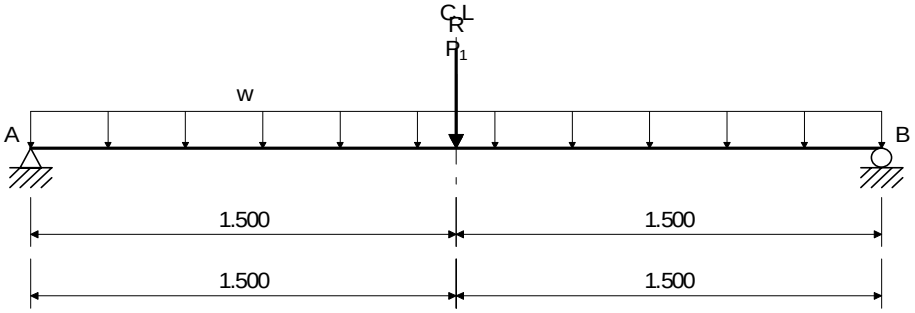


① 최대 휨모멘트가 발생하는 합력(R) 위치 산정

R = P_1
= 333.724
= 333.724 kN

X = (0.000) / R
= (0.000) / 333.724
= 0.000 m

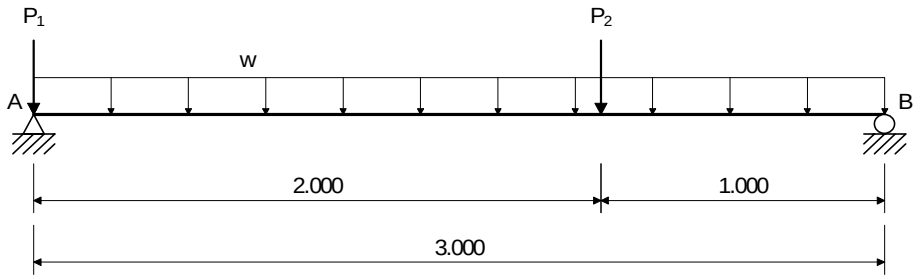
② 최대 휨모멘트



R_a = (P_1 x 1.500) / L
= (333.724 x 1.500) / 3.000
= 166.862 kN

M_{max} = (Ra x 1.500) + w x L^2 / 8
= (166.862 x 1.500) + 1.212 x 3.00^2 / 8
= 251.656 kN·m

라. 최대 전단력 산정



R_a = (P_1 x 3.000 + P_2 x 1.000) / L
= (333.724 x 3.000 + 67.009 x 1.000) / 3.000
= 356.060 kN

S_{max} = Ra + w x L / 2
= 356.060 + 1.212 x 3.00 / 2
= 357.878 kN

마. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 251.656 x 1000000 / 2550000.0 = 98.689 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 357.878 x 1000 / 4444 = 80.531 MPa

바. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 18.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (98.689 + 98.689) / 98.689
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 300
= 10.000 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.000 − 4.5))
= 171.180 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 171.180 MPa

▶ 허용전단응력
τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

사. 응력 검토
▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.180 MPa > f_b = 98.689 MPa ---> O.K
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 80.531 MPa ---> O.K

아. 볼트갯수 산정
▶ 사용볼트 : F10T , M 24
▶ 허용전단응력 : τ_a = 1.50 x 0.9 x 125 = 168.8 MPa
▶ 필요 볼트갯수 : n_{req} = (Smax + 주형보 전단력) / (τ_a x π x d^2 / 4)
= (357878 + 17800)
/ (168.8 x π x 24.0 x 24.0 / 4)
= 4.92 ea
▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.92 ea ---> O.K

7.지보재 설계

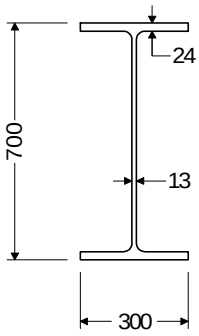
7.1 Strut 설계 (Strut-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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} = 27.921 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.55 m)
= 27.921 x 2.00 / 1 단
= 55.841 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 55.841 + 120.0 = 175.841 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 7.120 x 7.120 / 8 / 1 단
= 31.684 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 7.120 / 2 / 1 단
= 17.800 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 31.684 x 1000000 / 5760000.0 = 5.501 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 175.841 x 1000 / 23550 = 7.467 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 17.800 x 1000 / 8476 = 2.100 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 24.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.578

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (12.967 − 1.966) / 12.967

= 0.848

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7120 / 293

24.300 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (24.300 − 20))

= 184.123 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 184.123 MPa

L_y / R_y = 6800 / 67.8

100.295 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 100.295^2)

= 96.664 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 96.664 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 96.664 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7120 / 300

= 23.733 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.733 − 4.5))

= 126.684 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 126.684 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (24.300)^2

= 2743.407 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , $f_{ca} = 96.664$ MPa $> f_c = 7.467$ MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 126.684$ MPa $> f_b = 5.501$ MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa $> \tau = 2.100$ MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{7.467}{96.664} + \frac{5.501}{126.684 \times (1 - (7.467 / 2743.407))}$$

$$= 0.121 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 7.467 + \frac{5.501}{1 - (7.467 / 2743.407)}$$

$$= 12.982 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.121 , 0.069)

= 0.121 < 1.0 ---> O.K

▶ 조합응력 , $\dfrac{f}{f_{ca}} + \left\{ \dfrac{\tau}{\tau_a} \right\}^2$

$$= \frac{12.967}{96.664} + \left\{ \frac{2.100}{108.000} \right\}^2$$

$$= 0.135 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

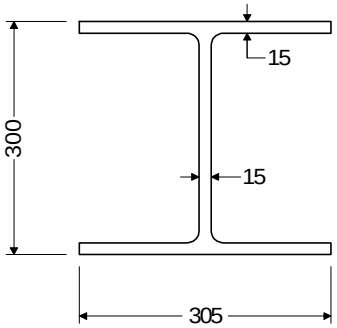
7.2 Strut 설계 (Strut-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 92.739 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.25 m)
= 92.739 x 3.00 / 2 단
= 139.109 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 139.109 + 60.0 = 199.109 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.120 x 7.120 / 8 / 2 단
= 15.842 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.120 / 2 / 2 단
= 8.900 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.842 x 1000000 / 1440000.0 = 11.001 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 199.109 x 1000 / 13480 = 14.771 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.900 x 1000 / 4050 = 2.198 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.585

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (25.772 − 3.769) / 25.772

= 0.854

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7120 / 126

56.508 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (56.508 − 20))

= 147.600 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 147.600 MPa

L_y / R_y = 6800 / 72.6

93.664 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 93.664²)

= 104.699 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 104.699 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 104.699 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7120 / 305

= 23.344 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.344 − 4.5))

= 127.945 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.945 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (56.508)^2

= 507.337 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 104.699 MPa > f_c = 14.771 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 127.945 MPa > f_b = 11.001 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.198 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \dfrac{14.771}{104.699} + \dfrac{11.001}{127.945 \times (1 - (14.771 / 507.337))}$

= 0.230 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \dfrac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 14.771 + \dfrac{11.001}{1 - (14.771 / 507.337)}$

= 26.102 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.230 , 0.138)

= 0.230 < 1.0 ---> O.K

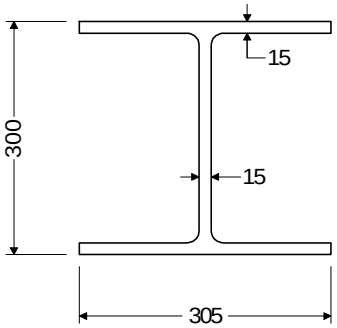
7.3 Strut 설계 (Strut-3)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 116.030 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.55 m)
= 116.030 x 3.00 / 2 단
= 174.046 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 174.046 + 60.0 = 234.046 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.120 x 7.120 / 8 / 2 단
= 15.842 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.120 / 2 / 2 단
= 8.900 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.842 x 1000000 / 1440000.0 = 11.001 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 234.046 x 1000 / 13480 = 17.362 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.900 x 1000 / 4050 = 2.198 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.492

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (28.364 − 6.361) / 28.364

= 0.776

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7120 / 126

56.508 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (56.508 − 20))

= 147.600 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 147.600 MPa

L_y / R_y = 6800 / 72.6

93.664 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 93.664²)

= 104.699 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 104.699 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 104.699 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7120 / 305

= 23.344 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.344 − 4.5))

= 127.945 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.945 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (56.508)²

= 507.337 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 104.699 MPa > f_c = 17.362 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 127.945 MPa > f_b = 11.001 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.198 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{17.362}{104.699} + \frac{11.001}{127.945 \times (1 - (17.362 / 507.337))}$$

$$= 0.255 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 17.362 + \frac{11.001}{1 - (17.362 / 507.337)}$$

$$= 28.754 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.255 , 0.152)

= 0.255 < 1.0 ---> O.K

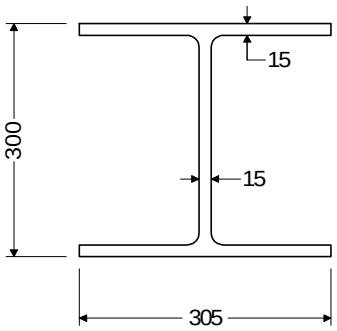
7.4 Strut 설계 (Strut-4)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 2 단

(4) Strut 수평간격 : 3.00 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 269.597 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.35 m)

= 269.597 x 3.00 / 2 단

= 404.396 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 2 단

= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 404.396 + 60.0 = 464.396 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.120 x 7.120 / 8 / 2 단
= 15.842 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.120 / 2 / 2 단
= 8.900 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.842 x 1000000 / 1440000.0 = 11.001 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 464.396 x 1000 / 13480 = 34.451 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.900 x 1000 / 4050 = 2.198 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.215

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (45.452 − 23.449) / 45.452
= 0.484

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7120 / 126
56.508 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (56.508 − 20))
= 147.600 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}
= 147.600 MPa

L_y / R_y = 6800 / 72.6
93.664 ---> 93 < Ly/Ry 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 93.664^2)
= 104.699 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}
= 104.699 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 104.699 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7120 / 305

= 23.344 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.344 − 4.5))

= 127.945 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.945 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (56.508)^2

= 507.337 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 104.699 MPa > f_c = 34.451 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 127.945 MPa > f_b = 11.001 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.198 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{34.451}{104.699} + \frac{11.001}{127.945 \times (1 - (34.451 / 507.337))}$

= 0.421 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 34.451 + \frac{11.001}{1 - (34.451 / 507.337)}$

= 46.254 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.421 , 0.245)

= 0.421 < 1.0 ---> O.K

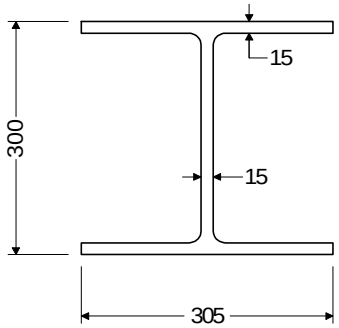
7.5 Strut 설계 (사버팀-1)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 5.700 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.50 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 195.143 kN/m ---> 사버팀-1 (CS23 : 해체2)
= 195.143 x 2.50 / 1 단
= 487.858 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 487.858 + 120.0 = 607.858 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 5.700 x 5.700 / 8 / 1 단
= 20.306 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 5.700 / 2 / 1 단
= 14.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 20.306 x 1000000 / 1440000.0 = 14.102 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 607.858 x 1000 / 13480 = 45.093 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 14.250 x 1000 / 4050 = 3.519 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 1.209

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (59.195 − 30.992) / 59.195

= 0.476

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 5700 / 126

45.238 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.238 − 20))

= 160.380 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 160.380 MPa

L_y / R_y = 5700 / 72.6

78.512 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (78.512 − 20))

= 122.647 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 122.647 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 122.647 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5700 / 305

= 18.689 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (18.689 − 4.5))

= 143.029 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 143.029 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (45.238)^2

= 791.601 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.647 MPa > f_c = 45.093 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 143.029 MPa > f_b = 14.102 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.519 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{45.093}{122.647} + \frac{14.102}{143.029 \times (1 - (45.093 / 791.601))}$$

$$= 0.472 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 45.093 + \frac{14.102}{1 - (45.093 / 791.601)}$$

$$= 60.047 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.472 , 0.318)

= 0.472 < 1.0 ---> O.K

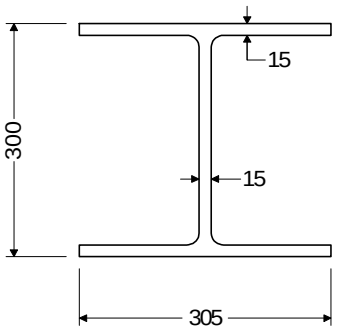
7.6 Strut 설계 (사버팀-2)

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 3.300 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
R_x (mm)	126.0
R_y (mm)	72.6



(3) Strut 개수 : 1 단

(4) Strut 수평간격 : 2.50 m

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 268.325 kN/m ---> 사버팀-2 (CS25 : 해체3)

= 268.325 x 2.50 / 1 단

= 670.812 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.000 kN / 1 단

= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = Rmax + T = 670.812 + 120.0 = 790.812 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 3.300 x 3.300 / 8 / 1 단
= 6.806 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 3.300 / 2 / 1 단
= 8.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 6.806 x 1000000 / 1440000.0 = 4.727 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 790.812 x 1000 / 13480 = 58.666 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.250 x 1000 / 4050 = 2.037 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 1.034

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (63.392 − 53.939) / 63.392
= 0.149

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000
= 189.000 MPa

L_x / R_x = 3300 / 126
26.190 ---> 20 < Lx/Rx ≤ 93 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (26.190 − 20))
= 181.980 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}
= 181.980 MPa

L_y / R_y = 3300 / 72.6
45.455 ---> 20 < Ly/Ry ≤ 93 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.455 − 20))
= 160.135 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}
= 160.135 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 160.135 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3300 / 305

= 10.820 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.820 − 4.5))

= 168.524 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 168.524 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (26.190)^2

= 2361.719 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.135 MPa > f_c = 58.666 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 168.524 MPa > f_b = 4.727 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.037 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$= \frac{58.666}{160.135} + \frac{4.727}{168.524 \times (1 - (58.666 / 2361.719))}$

= 0.395 < 1.0 ---> O.K

$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$

$= 58.666 + \frac{4.727}{1 - (58.666 / 2361.719)}$

= 63.513 < f_{cal} = 189.000 ---> O.K

∴ 안전율 = Max.(0.395 , 0.336)

= 0.395 < 1.0 ---> O.K

7.7 Earth Anchor 설계 (Earth Anchor-5, 6, 7, 8, 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}	O
영 구 앵 커	상 시	2년 이상	0.60 f_{pu}	0.75 f_{py}	×
	지진시	2년 이상	0.75 f_{pu}	0.90 f_{py}	×

(3) 허용인장강도 : P_a = Min. (0.65 x f_{pu} x A_p , 0.80 x f_{py} x A_p)

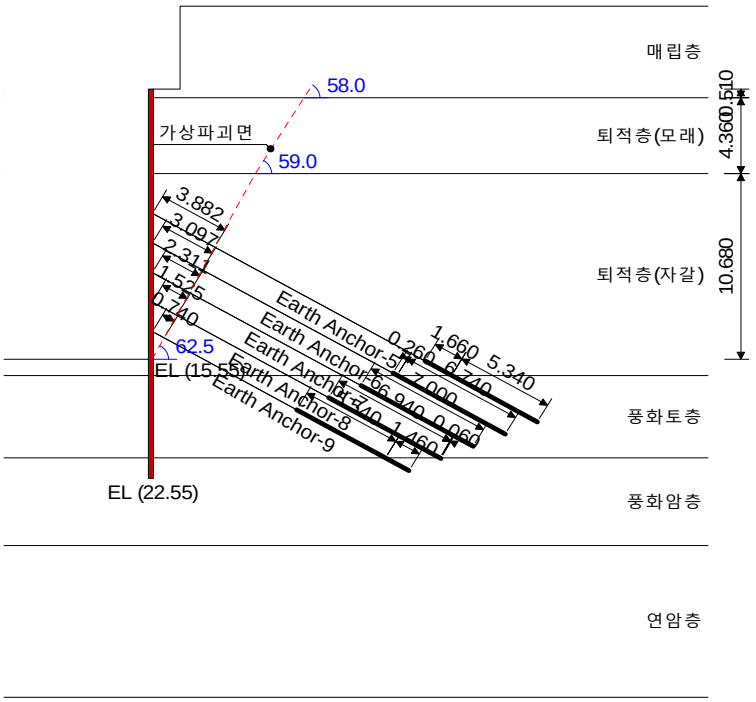
= Min. (0.65 x 1860.0 x 394.84 ,

0.80 x 1570.0 x 394.84)

= Min. (477361.6 , 495919.0) N

= 477.362 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
Earth Anchor-5	7.150	3.882	2.333	17.000	O.K
Earth Anchor-6	8.850	3.097	2.333	15.000	O.K
Earth Anchor-7	10.550	2.311	2.333	13.000	O.K
Earth Anchor-8	12.250	1.525	2.333	11.000	O.K
Earth Anchor-9	13.950	0.740	2.333	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)
Earth Anchor-5	7.150	232.000	0.800	30	185.600
Earth Anchor-6	8.850	317.334	0.800	30	253.867
Earth Anchor-7	10.550	404.121	0.800	30	323.297
Earth Anchor-8	12.250	387.193	0.800	30	309.754
Earth Anchor-9	13.950	376.487	0.800	30	301.190

(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 + 정착장 + 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)
7.150	200000	3.0	98.71	4	24.5	9669.551
8.850	200000	3.0	98.71	4	22.5	10529.067
10.550	200000	3.0	98.71	4	20.5	11556.293
12.250	200000	3.0	98.71	4	18.5	12805.622
13.950	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)	ΔP_{pr} (N)
7.150	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
8.850	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
10.550	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
12.250	5.0	1256.0	98.71	4	24795.952
13.950	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)
7.150	185.600	9.670	24.796	220.066
8.850	253.867	10.529	24.796	289.192
10.550	323.297	11.556	24.796	359.649
12.250	309.754	12.806	24.796	347.356
13.950	301.190	14.358	24.796	340.344

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
7.150	220.066	119.340	4	1.844	O.K
8.850	289.192	119.340	4	2.423	O.K
10.550	359.649	119.340	4	3.014	O.K
12.250	347.356	119.340	4	2.911	O.K
13.950	340.344	119.340	4	2.852	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)
Earth Anchor-5	7.150	185.600	퇴적층(자갈)	2.00	100.000	300.000	1.660	78.226
		107.375	풍화토층	2.00	100.000	350.000	1.953	107.375
합계		-	-	-	-	-	3.613	-
Earth Anchor-6	8.850	253.867	퇴적층(자갈)	2.00	100.000	300.000	0.260	12.252
		241.615	풍화토층	2.00	100.000	350.000	4.395	241.615
합계		-	-	-	-	-	4.655	-
Earth Anchor-7	10.550	323.297	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.880	323.297
합계		-	-	-	-	-	5.880	-
Earth Anchor-8	12.250	309.754	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.634	309.754
합계		-	-	-	-	-	5.634	-
Earth Anchor-9	13.950	301.190	풍화토층	2.00	100.000	350.000	5.478	301.190
합계		-	-	-	-	-	5.478	-

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)
7.150	185.600	4.0	12.70	1000.0	1.163
8.850	253.867	4.0	12.70	1000.0	1.591
10.550	323.297	4.0	12.70	1000.0	2.026
12.250	309.754	4.0	12.70	1000.0	1.941
13.950	301.190	4.0	12.70	1000.0	1.887

▶ 적용정착장(L_a) 산정

설치위치 (GL.-m)	마찰저항장(L_{a1})	부착저항장(L_{a2})	적용정착장(L_a)	판 정
7.150	3.613	1.163	7.0	O.K
8.850	4.655	1.591	7.0	O.K
10.550	5.880	2.026	7.0	O.K
12.250	5.634	1.941	7.0	O.K
13.950	5.478	1.887	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)
7.150	17.000	1.500	7.000	25.500
8.850	15.000	1.500	7.000	23.500
10.550	13.000	1.500	7.000	21.500
12.250	11.000	1.500	7.000	19.500
13.950	9.000	1.500	7.000	17.500

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 + 정착장 + 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)
7.150	220.066	24.5	200000	98.71	4	68.276
8.850	289.192	22.5	200000	98.71	4	82.398
10.550	359.649	20.5	200000	98.71	4	93.364
12.250	347.356	18.5	200000	98.71	4	81.376
13.950	340.344	16.5	200000	98.71	4	71.113

바. EARTH ANCHOR 제원표

설치위치 (GL.-m)	수평간격 (m)	설치각 (°)	적용자유장 (m)	여유장 (m)	적용정착장 (m)	JF_{req} (kN)
7.150	0.80	30.0	17.000	1.500	7.000	220.066
8.850	0.80	30.0	15.000	1.500	7.000	289.192
10.550	0.80	30.0	13.000	1.500	7.000	359.649
12.250	0.80	30.0	11.000	1.500	7.000	347.356
13.950	0.80	30.0	9.000	1.500	7.000	340.344

8.사보강 Strut 설계

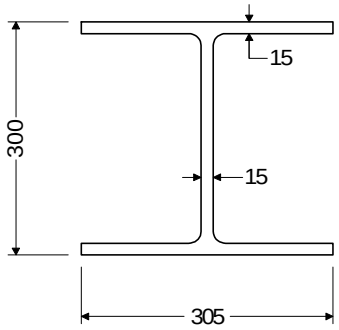
8.1 Strut-2

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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 : 2 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 3.000 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 92.739 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.25 m)

= 92.739 x 3.0 = 278.218 kN

= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수

= (278.218 x 3.000) / 3.000 / 2 단

= 139.109 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 2 단

= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T

= 139.1 / cos 45 ° + 60.0

= 256.7 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단

= 5.0 x 7.1 x 7.1 / 8 / 2 단

= 15.842 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단

= 5.0 x 7.1 / 2 / 2 단

= 8.900 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.842 x 1000000 / 1440000.0 = 11.001 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 256.730 x 1000 / 13480 = 19.045 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.900 x 1000 / 4050 = 2.198 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.444

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (30.047 − 8.044) / 30.047

= 0.732

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7120 / 126

56.508 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (56.508 − 20))

= 147.600 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 147.600 MPa

L_y / R_y = 6800 / 72.6

93.664 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 93.664^2)

= 104.699 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 104.699 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 104.699 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7120 / 305

= 23.344 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.344 − 4.5))

= 127.945 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.945 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (56.508)^2

= 507.337 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 104.699 MPa > f_c = 19.045 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 127.945 MPa > f_b = 11.001 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.198 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{19.045}{104.699} + \frac{11.001}{127.945 \times (1 - (19.045 / 507.337))}$$

$$= 0.271 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 19.045 + \frac{11.001}{1 - (19.045 / 507.337)}$$

$$= 30.476 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.271 , 0.161)

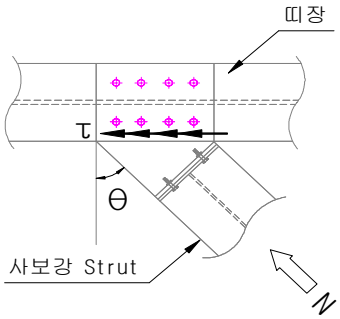
= 0.271 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 256.730 \times \sin 45°$

$= 181.5$ kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : 4T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 90 = 121.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 181535 / (121.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 3.93$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : $n_{used} = 8$ ea > $n_{req} = 3.93$ ea ---> O.K

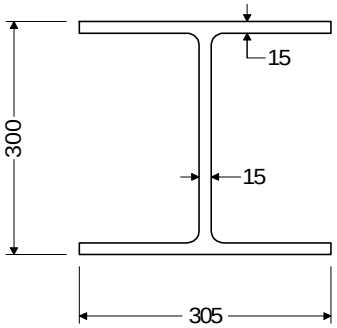
8.2 Strut-3

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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 : 2 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 3.000 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 116.030 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.55 m)

= 116.030 x 3.0 = 348.091 kN

= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수

= (348.091 x 3.000) / 3.000 / 2 단

= 174.046 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 2 단

= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T

= 174.0 / cos 45 ° + 60.0

= 306.1 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단

= 5.0 x 7.1 x 7.1 / 8 / 2 단

= 15.842 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단

= 5.0 x 7.1 / 2 / 2 단

= 8.900 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.842 x 1000000 / 1440000.0 = 11.001 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 306.138 x 1000 / 13480 = 22.711 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.900 x 1000 / 4050 = 2.198 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.362

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (33.712 - 11.709) / 33.712$

= 0.653

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7120 / 126

56.508 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 - 0.84 x (56.508 - 20))

= 147.600 MPa

f_{cax} = f_{cagx} • f_{cal} / f_{cao}

= 147.600 MPa

L_y / R_y = 6800 / 72.6

93.664 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / ($6700 + 93.664^2$)

= 104.699 MPa

f_{cay} = f_{cagy} • f_{cal} / f_{cao}

= 104.699 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 104.699 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7120 / 305

= 23.344 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (23.344 - 4.5))

= 127.945 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.945 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (56.508)^2

= 507.337 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 104.699 MPa > f_c = 22.711 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 127.945 MPa > f_b = 11.001 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.198 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{22.711}{104.699} + \frac{11.001}{127.945 \times (1 - (22.711 / 507.337))}$$

$$= 0.307 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 22.711 + \frac{11.001}{1 - (22.711 / 507.337)}$$

$$= 34.227 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.307 , 0.181)

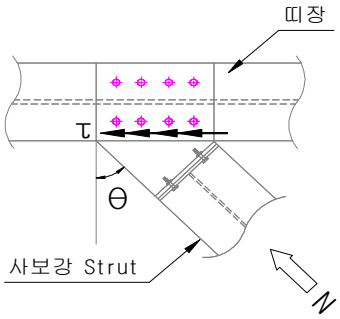
= 0.307 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 306.138 \times \sin 45°$

$= 216.5$ kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : 4T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 90 = 121.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 216472 / (121.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 4.69$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 8 ea > n_{req} = 4.69 ea ---> O.K

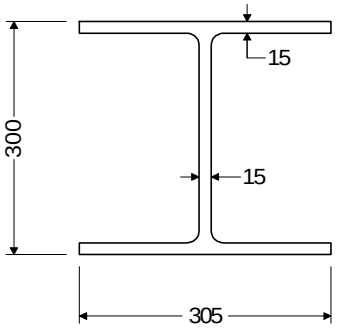
8.3 Strut-4

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 7.120 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 : 2 단

(4) 사보강 Strut 수평간격 : 3.000 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 269.597 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.35 m)
= 269.597 x 3.0 = 808.792 kN
= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수
= (808.792 x 3.000) / 3.000 / 2 단
= 404.396 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 2 단
= 60.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 404.4 / cos 45 ° + 60.0
= 631.9 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 2 단
= 5.0 x 7.1 x 7.1 / 8 / 2 단
= 15.842 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 2 단
= 5.0 x 7.1 / 2 / 2 단
= 8.900 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 15.842 x 1000000 / 1440000.0 = 11.001 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 631.902 x 1000 / 13480 = 46.877 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.900 x 1000 / 4050 = 2.198 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.143

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (57.878 − 35.876) / 57.878

= 0.380

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 7120 / 126

56.508 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (56.508 − 20))

= 147.600 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 147.600 MPa

L_y / R_y = 6800 / 72.6

93.664 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = $1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (6700 + 93.664^2)$

= 104.699 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 104.699 MPa

$\therefore f_{ca}$ = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 104.699 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 7120 / 305

= 23.344 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (23.344 − 4.5))

= 127.945 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 127.945 MPa

f_{eax} = $1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (56.508)^2$

= 507.337 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 104.699 MPa > f_c = 46.877 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 127.945 MPa > f_b = 11.001 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.198 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{46.877}{104.699} + \frac{11.001}{127.945 \times (1 - (46.877 / 507.337))}$$

$$= 0.542 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 46.877 + \frac{11.001}{1 - (46.877 / 507.337)}$$

$$= 58.998 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.542 , 0.312)

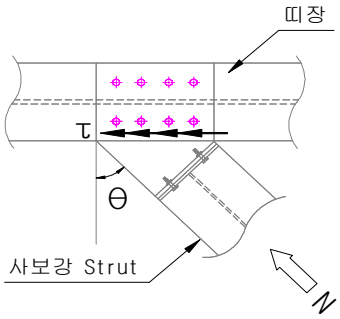
= 0.542 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 631.902 \times \sin 45°$

$= 446.8$ kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : 4T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 90 = 121.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 446822 / (121.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 9.67$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 10 ea > n_{req} = 9.67 ea ---> O.K

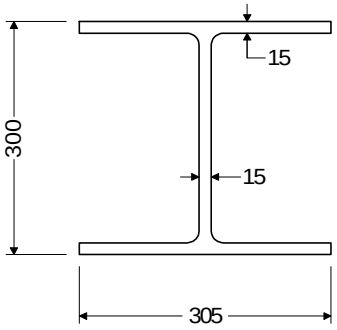
8.4 사버팀-1

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 5.700 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) 사보강 Strut 수평간격 : 2.500 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 195.143 kN/m ---> 사버팀-1 (CS23 : 해체2)
= 195.143 x 2.5 = 487.858 kN
= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수
= (487.858 x 2.500) / 2.500 / 1 단
= 487.858 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 487.9 / cos 45 ° + 120.0
= 809.9 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 5.7 x 5.7 / 8 / 1 단
= 20.306 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 5.7 / 2 / 1 단
= 14.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 20.306 x 1000000 / 1440000.0 = 14.102 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 809.936 x 1000 / 13480 = 60.084 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 14.250 x 1000 / 4050 = 3.519 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.143

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (74.186 − 45.983) / 74.186

= 0.380

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 5700 / 126

45.238 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.238 − 20))

= 160.380 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 160.380 MPa

L_y / R_y = 5700 / 72.6

78.512 ---> $20 < Ly/Ry \le 93$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (78.512 − 20))

= 122.647 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 122.647 MPa

∴ f_{ca} = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 122.647 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 5700 / 305

= 18.689 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (18.689 − 4.5))

= 143.029 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 143.029 MPa

f_{eax} = $1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (45.238)^2$

= 791.601 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 122.647 MPa > f_c = 60.084 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 143.029 MPa > f_b = 14.102 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 3.519 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{60.084}{122.647} + \frac{14.102}{143.029 \times (1 - (60.084 / 791.601))}$$

$$= 0.597 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 60.084 + \frac{14.102}{1 - (60.084 / 791.601)}$$

$$= 75.344 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.597 , 0.399)

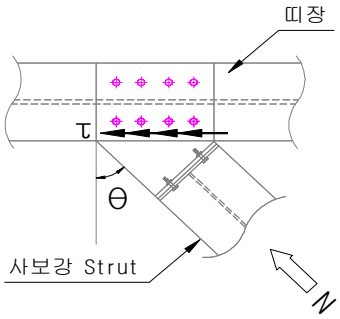
= 0.597 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 809.936 \times \sin 45°$

$= 572.7$ kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : 4T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 90 = 121.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 572711 / (121.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 12.40$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 14 ea > n_{req} = 12.40 ea ---> O.K

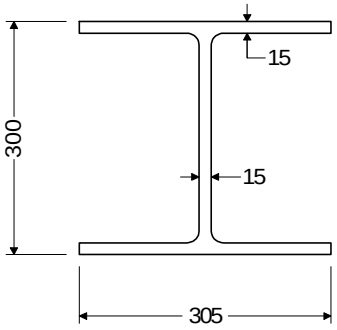
8.5 사버팀-2

가. 설계제원

(1) 설계지간 : 3.300 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) 사보강 Strut 수평간격 : 2.500 m

(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , R_{max} = 268.325 kN/m ---> 사버팀-2 (CS25 : 해체3)
= 268.325 x 2.5 = 670.812 kN
= (R_{max} x 사보강 Strut 수평간격) / 지보재 수평간격 / 단수
= (670.812 x 2.500) / 2.500 / 1 단
= 670.812 kN

(2) 온도차에 의한 축력 , T = 120.0 kN / 1 단
= 120.0 kN

(3) 설계축력 , P_{max} = R_{max} / cos θ° + T
= 670.8 / cos 45 ° + 120.0
= 1068.7 kN

(4) 설계휨모멘트 , M_{max} = W x L^2 / 8 / 1 단
= 5.0 x 3.3 x 3.3 / 8 / 1 단
= 6.806 kN·m

(5) 설계전단력 , S_{max} = W x L / 2 / 1 단
= 5.0 x 3.3 / 2 / 1 단
= 8.250 kN

(여기서, W : Strut와 간격재등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 6.806 x 1000000 / 1440000.0 = 4.727 MPa

▶ 압축응력 , f_c = P_{max} / A = 1068.671 x 1000 / 13480 = 79.278 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 8.250 x 1000 / 4050 = 2.037 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = $0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 1.023

Φ = $(f_1 - f_2) / f_1$ = (84.005 − 74.552) / 84.005

= 0.113

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 3300 / 126

26.190 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (26.190 − 20))

= 181.980 MPa

f_{cax} = $f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 181.980 MPa

L_y / R_y = 3300 / 72.6

45.455 ---> $20 < Ly/Ry \le 93$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (45.455 − 20))

= 160.135 MPa

f_{cay} = $f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 160.135 MPa

$\therefore f_{ca}$ = Min.(f_{cax} , f_{cay}) = 160.135 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3300 / 305

= 10.820 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (10.820 − 4.5))

= 168.524 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 168.524 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (26.190)^2

= 2361.719 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 160.135 MPa > f_c = 79.278 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 168.524 MPa > f_b = 4.727 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 2.037 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\dfrac{f_c}{f_{ca}} + \dfrac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{79.278}{160.135} + \frac{4.727}{168.524 \times (1 - (79.278 / 2361.719))}$$

$$= 0.524 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 79.278 + \frac{4.727}{1 - (79.278 / 2361.719)}$$

$$= 84.169 < f_{cal} = 189.000 \text{ ---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.524 , 0.445)

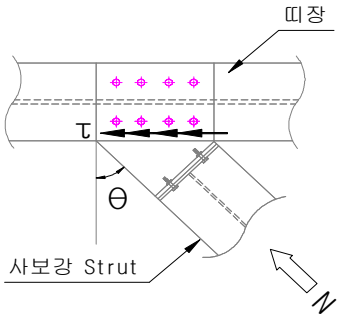
= 0.524 < 1.0 ---> O.K

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin\theta°$

$= 1068.671 \times \sin 45°$

$= 755.7$ kN



$\tau = N * \sin\theta$

▶ 사용볼트 : 4T , M 22

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 90 = 121.5$ MPa

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$

$= 755665 / (121.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$

$= 16.36$ ea

▶ 사용 볼트갯수 : n_{used} = 18 ea > n_{req} = 16.36 ea ---> O.K

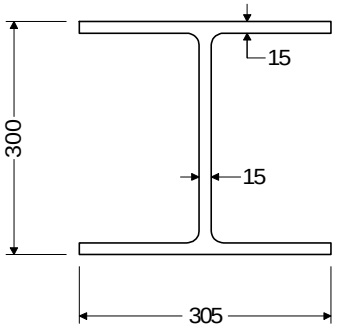
9.띠장 설계

9.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

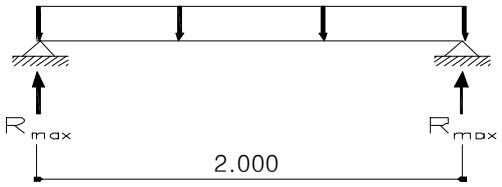
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 27.921 kN/m ---> Strut-1 (CS3 : 굴착 2.55 m)

P = 27.921 × 2.00 m / 1 ea = 55.841 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 55.841 / (13 × 2.000)
= 25.773 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 25.773 × 2.000^2 / 8
= 12.886 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 25.773 × 2.000 / 12
= 30.068 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.886 x 1000000 / 1440000.0 = 8.949 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 30.068 x 1000 / 4050 = 7.424 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (8.949 + 8.949) / 8.949$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2000 / 305

= 6.557 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (6.557 − 4.5))

= 182.334 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 182.334 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 182.334 MPa > f_b = 8.949 MPa ---> O.K

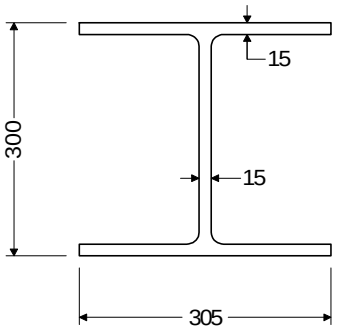
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 7.424 MPa ---> O.K

9.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

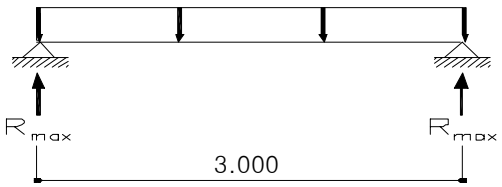
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 92.739 kN/m ---> Strut-2 (CS5 : 굴착 4.25 m)

$P = 92.739 \times 3.00\ m / 1\ ea = 278.218\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 278.218 / (13 \times 3.000)$
$= 85.605\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 85.605 \times 3.000^{2} / 8$
$= 96.306\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 85.605 \times 3.000 / 12$
$= 149.809\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 96.306 \times 1000000 / 1440000.0 = 66.879$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 149.809 \times 1000 / 4050 = 36.990$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65 \Phi^2 + 0.13 \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (66.879 + 66.879) / 66.879$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305
= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))
= 171.711 MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.711$ MPa > $f_b = 66.879$ MPa ---> O.K

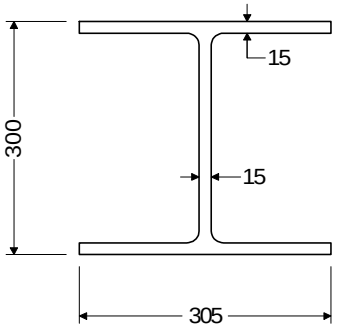
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 36.990$ MPa ---> O.K

9.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

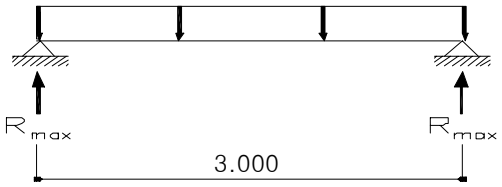
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 116.030 kN/m ---> Strut-3 (CS7 : 굴착 5.55 m)

P = 116.030 × 3.00 m / 1 ea = 348.091 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 348.091 / (13 × 3.000)
= 107.105 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 107.105 × 3.000 ^{2} / 8
= 120.493 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 107.105 × 3.000 / 12
= 187.434 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 120.493 x 1000000 / 1440000.0 = 83.676 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 187.434 x 1000 / 4050 = 46.280 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (83.676 + 83.676) / 83.676

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 3000 / 305

= 9.836 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (9.836 − 4.5))

= 171.711 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 171.711 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 171.711 MPa > f_b = 83.676 MPa ---> O.K

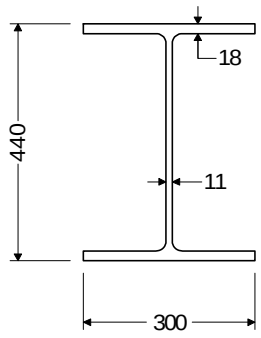
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 46.280 MPa ---> O.K

9.4 Strut-4 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 440x300x11/18(SS400)

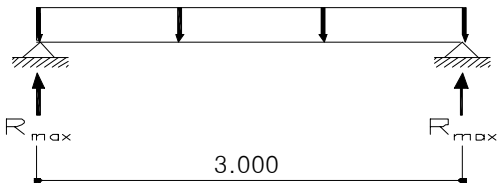
w (N/m)	1211.7
A (mm^2)	15740.0
I_x (mm^4)	561000000.0
Z_x (mm^3)	2550000.0
A_w (mm^2)	4444.0
R_x (mm)	189.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 269.597 kN/m ---> Strut-4 (CS11 : 굴착 9.35 m)

$P = 269.597 \times 3.00\ m / 1\ ea = 808.792\ kN$

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
$= 12 \times 808.792 / (13 \times 3.000)$
$= 248.859\ kN/m$

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
$= 248.859 \times 3.000^{2} / 8$
$= 279.966\ kN\cdot m$

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
$= 7 \times 248.859 \times 3.000 / 12$
$= 435.503\ kN$

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 279.966 \times 1000000 / 2550000.0 = 109.791$ MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 435.503 \times 1000 / 4444 = 97.998$ MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

$t = 18.000$ ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

$f_{cal} = 1.50 \times 0.9 \times 140$
$= 189.000$ MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$
$= 3.860$

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (109.791 + 109.791) / 109.791$
$= 2.000$

▶ 허용 휨압축응력

$L / B = 3000 / 300$
$= 10.000$ ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

$f_{bag} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (10.000 - 4.5))$
$= 171.180$ MPa

$f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})$
$= 171.180$ MPa

▶ 허용전단응력

$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
$= 108.000$ MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , $f_{ba} = 171.180$ MPa > $f_b = 109.791$ MPa ---> O.K

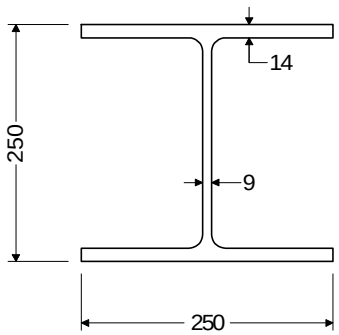
▶ 전단응력 , $\tau_a = 108.000$ MPa > $\tau = 97.998$ MPa ---> O.K

9.5 Earth Anchor-5 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

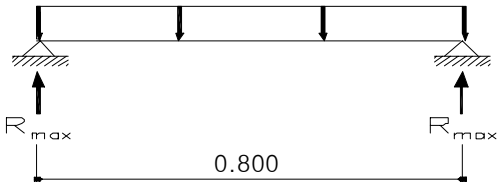
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



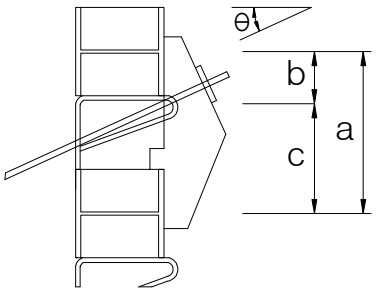
(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

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} = 220.066 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 220.066 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 136.180 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 136.180 / (13 × 0.800)
= 157.131 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 157.131 × 0.800 ^{2} / 8
= 12.570 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 157.131 × 0.800 / 12
= 73.328 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 12.570 x 1000000 / 867000.0 = 14.499 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 73.328 x 1000 / 1998 = 36.701 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0

= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (14.499 + 14.499) / 14.499

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250

= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 14.499 MPa ---> O.K

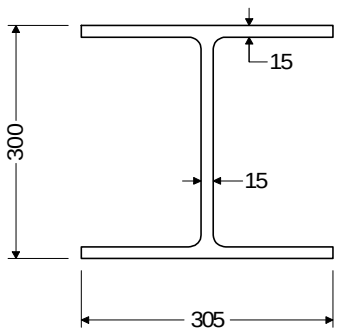
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 36.701 MPa ---> O.K

9.6 사버팀-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

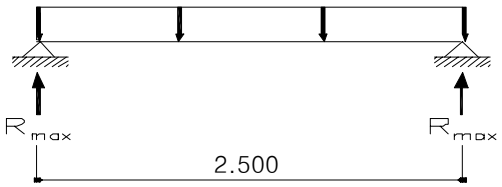
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 195.143 kN/m ---> 사버팀-1 (CS23 : 해체2)

P = 195.143 × 2.50 m / 1 ea = 487.858 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 487.858 / (13 × 2.500)
= 180.132 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 180.132 × 2.500^2 / 8
= 140.728 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 180.132 × 2.500 / 12
= 262.693 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 140.728 x 1000000 / 1440000.0 = 97.728 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 262.693 x 1000 / 4050 = 64.862 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (97.728 + 97.728) / 97.728
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 305
= 8.197 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (8.197 − 4.5))
= 177.023 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 177.023 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.023 MPa > f_b = 97.728 MPa ---> O.K

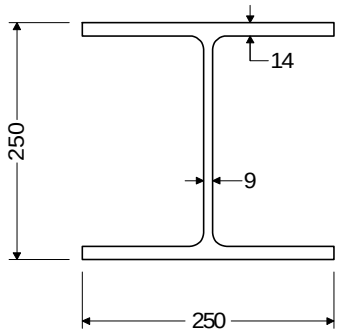
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 64.862 MPa ---> O.K

9.7 Earth Anchor-6 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

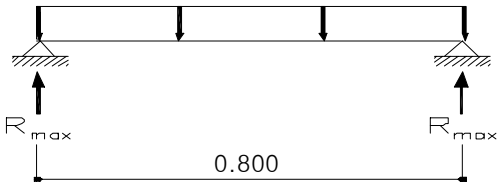
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



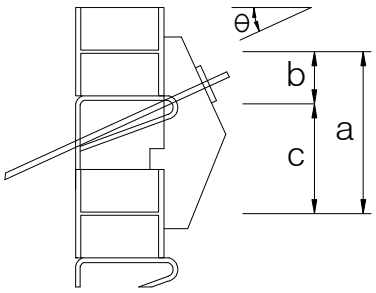
(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

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} = 289.192 kN ---> 지보재설계의 JFreq

R_{max} = Jf_{used} × cosθ × (c / a)

P = 289.192 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 178.956 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 178.956 / (13 × 0.800)
= 206.488 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 206.488 × 0.800 ^{2} / 8
= 16.519 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 206.488 × 0.800 / 12
= 96.361 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 16.519 x 1000000 / 867000.0 = 19.053 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 96.361 x 1000 / 1998 = 48.229 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

여기서, i = 0.65 Φ^2 + 0.13 Φ + 1.0
= 3.860

Φ = (f_1 − f_2) / f_1 = (19.053 + 19.053) / 19.053
= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250
= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140
= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})
= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80
= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 19.053 MPa ---> O.K

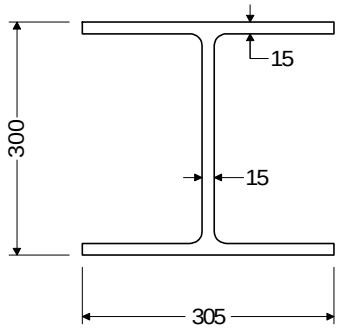
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 48.229 MPa ---> O.K

9.8 사버팀-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x305x15/15(SS400)

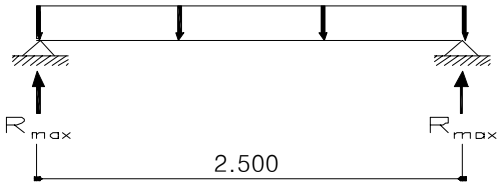
w (N/m)	1037.7
A (mm^2)	13480.0
I_x (mm^4)	215000000.0
Z_x (mm^3)	1440000.0
A_w (mm^2)	4050.0
R_x (mm)	126.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.500 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 단순보 설계



R_{max} = 268.325 kN/m ---> 사버팀-2 (CS25 : 해체3)

P = 268.325 × 2.50 m / 1 ea = 670.812 kN

R_{max} = 13 × W_{max} × L / 12

∴ W_{max} = 12 × R_{max} / (13 × L)
= 12 × 670.812 / (13 × 2.500)
= 247.684 kN/m

M_{max} = W_{max} × L^2 / 8
= 247.684 × 2.500^2 / 8
= 193.503 kN·m

S_{max} = 7 × W_{max} × L / 12
= 7 × 247.684 × 2.500 / 12
= 361.206 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 193.503 x 1000000 / 1440000.0 = 134.377 MPa

▶ 전단응력 , τ = S_{max} / A_w = 361.206 x 1000 / 4050 = 89.187 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\ \Phi^2 + 0.13\ \Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (134.377 + 134.377) / 134.377$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 2500 / 305

= 8.197 ---> 4.5 < L/B ≤ 30 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 - 2.4 x (8.197 - 4.5))

= 177.023 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 177.023 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 177.023 MPa > f_b = 134.377 MPa ---> O.K

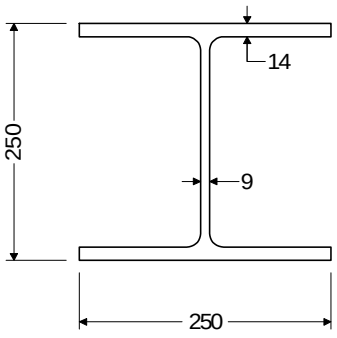
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 89.187 MPa ---> O.K

9.9 Earth Anchor-7 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

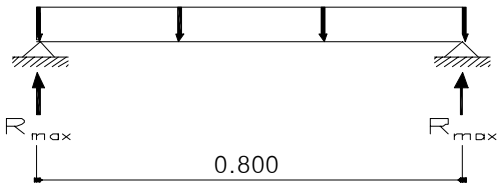
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



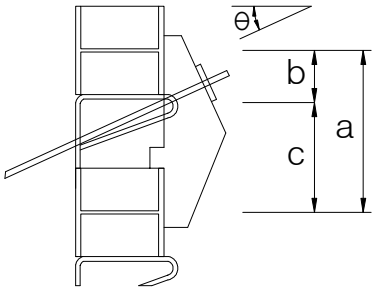
(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

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} = 359.649 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 359.649 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 222.556 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 222.556 / (13 × 0.800)
= 256.795 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 256.795 × 0.800 ² / 8
= 20.544 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 256.795 × 0.800 / 12
= 119.838 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 20.544 x 1000000 / 867000.0 = 23.695 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 119.838 x 1000 / 1998 = 59.979 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (23.695 + 23.695) / 23.695$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250

= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 23.695 MPa ---> O.K

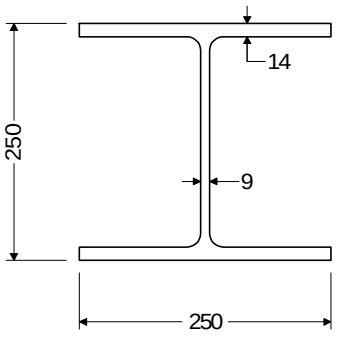
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 59.979 MPa ---> O.K

9.10 Earth Anchor-8 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

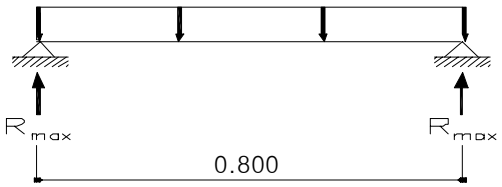
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



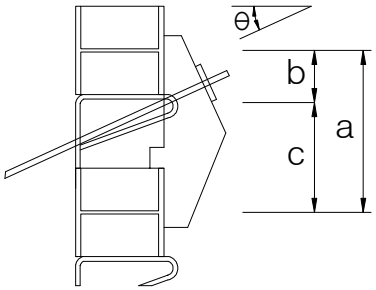
(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

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} = 347.356 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 347.356 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 214.949 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 214.949 / (13 × 0.800)
= 248.018 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 248.018 × 0.800 ² / 8
= 19.841 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 248.018 × 0.800 / 12
= 115.742 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 19.841 x 1000000 / 867000.0 = 22.885 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 115.742 x 1000 / 1998 = 57.929 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> b/(39.6i) ≤ t 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (22.885 + 22.885) / 22.885$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250

= 3.200 ---> L/B ≤ 4.5 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 22.885 MPa ---> O.K

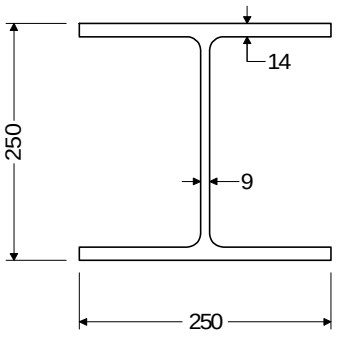
▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 57.929 MPa ---> O.K

9.11 Earth Anchor-9 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

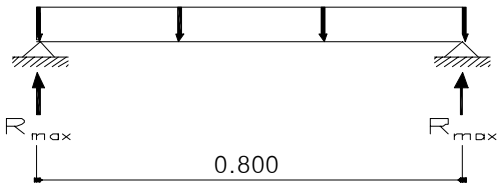
w (N/m)	709.6
A (mm^2)	9218.0
I_x (mm^4)	108000000.0
Z_x (mm^3)	867000.0
A_w (mm^2)	1998.0
R_x (mm)	108.0



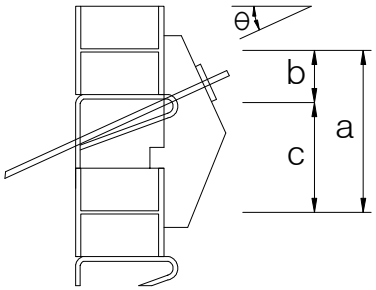
(2) 띠장 계산지간 : 0.800 m

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} = 340.344 kN ---> 지보재설계의 JFreq

$R_{max} = Jf_{used} \times \cos\theta \times (c / a)$

P = 340.344 × cos 30 ° × (0.393 / 0.550)
= 210.610 kN

$R_{max} = 13 \times W_{max} \times L / 12$

$\therefore W_{max} = 12 \times R_{max} / (13 \times L)$
= 12 × 210.610 / (13 × 0.800)
= 243.011 kN/m

$M_{max} = W_{max} \times L^2 / 8$
= 243.011 × 0.800 ² / 8
= 19.441 kN·m

$S_{max} = 7 \times W_{max} \times L / 12$
= 7 × 243.011 × 0.800 / 12
= 113.405 kN

다. 작용응력산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x$ = 19.441 x 1000000 / 867000.0 = 22.423 MPa

▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w$ = 113.405 x 1000 / 1998 = 56.759 MPa

라. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 14.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 3.860

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (22.423 + 22.423) / 22.423$

= 2.000

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 800 / 250

= 3.200 ---> $L/B \le 4.5$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

f_{ba} = Min.(f_{bag} , f_{cal})

= 189.000 MPa

▶ 허용전단응력

τ_a = 1.50 x 0.9 x 80

= 108.000 MPa

마. 응력 검토

▶ 휨응력 , f_{ba} = 189.000 MPa > f_b = 22.423 MPa ---> O.K

▶ 전단응력 , τ_a = 108.000 MPa > τ = 56.759 MPa ---> O.K

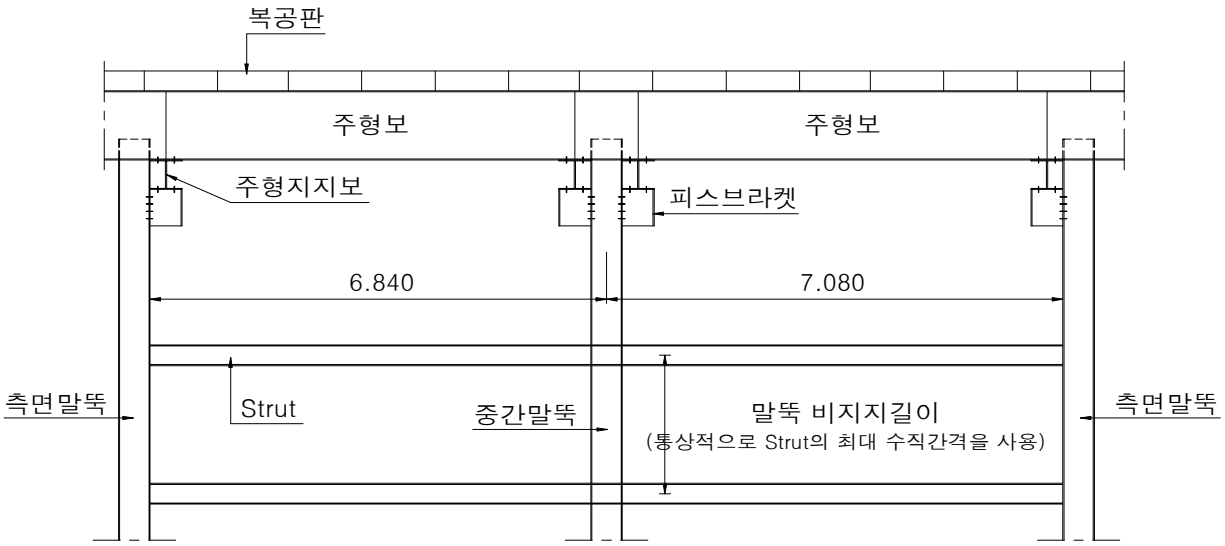
10.중간말뚝 설계

10.1 설계제원

가. 계산지간 : 6.840 + 7.080 = 13.920 m

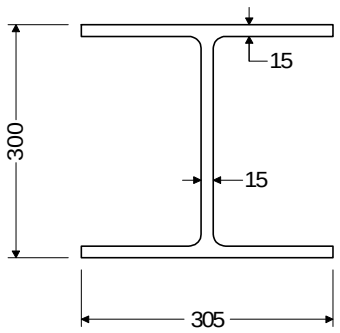
나. PILE 설치간격 : 3.00 m

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 = 23.900 kN

(2) 주형 지지보 자중 = 3.720 kN

(3) 버팀보 자중 = 101.760 kN

(4) 피스브라켓 자중 = 1.060 kN

(5) ㄷ형강 자중 = 8.180 kN

ΣP_s = 138.620 kN

나. 주형보 고정하중

(1) 좌측 주형보 : S_{d1} = (5.698 x 6.840) / 2 = 19.486 kN

(2) 우측 주형보 : S_{d2} = (5.698 x 7.080) / 2 = 20.169 kN

다. 충격계수 산정

i = 15 / (40 + L) = 15 / (40 + 6.840)

= 0.320 > 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

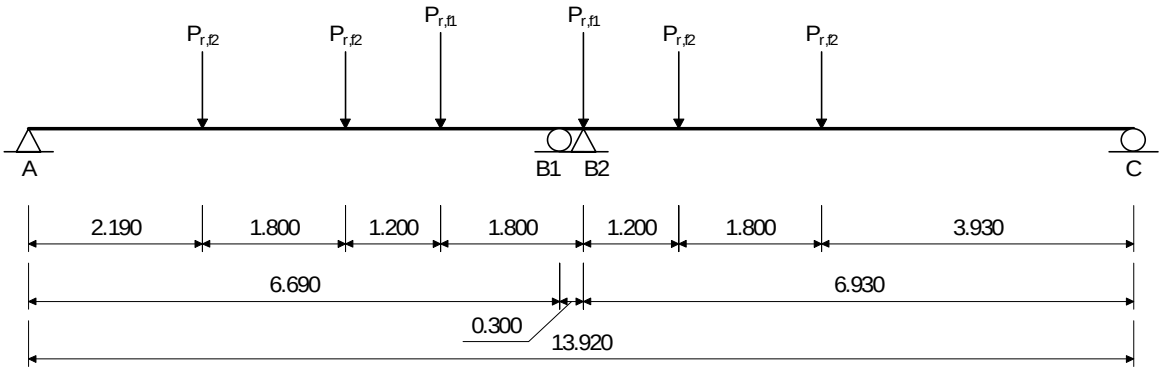
(2) 전륜하중

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 1.5 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.190 + 93.600 x 3.990 + 93.600 x 2.190) / 6.690

= 183.283 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.930 + 93.600 x 5.730 + 93.600 x 3.930) / 6.930

= 255.273 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 183.283 x 1.00 = 183.283 kN

P_{r2} = 255.273 x 1.00 = 255.273 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.190 + 23.400 x 3.990 + 23.400 x 2.190) / 6.690

= 45.821 kN

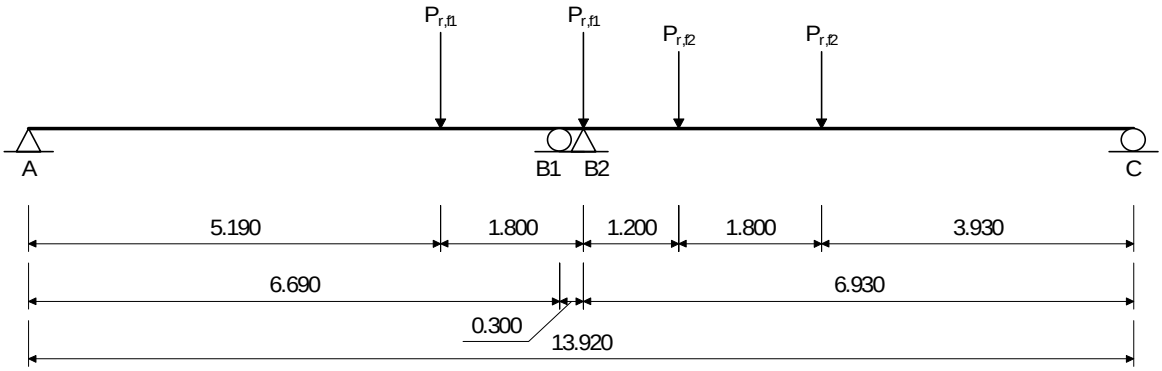
R_{B2} = (31.200 x 6.930 + 23.400 x 5.730 + 23.400 x 3.930) / 6.930

= 63.818 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 45.821 x 1.00 = 45.821 kN

P_{f2} = 63.818 x 1.00 = 63.818 kN

② 1.0 차선 재하



▶ 후륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (124.800 x 5.190) / 6.690

= 96.818 kN

R_{B2} = (124.800 x 6.930 + 93.600 x 5.730 + 93.600 x 3.930) / 6.930

= 255.273 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{r1} = 96.818 x 1.00 = 96.818 kN

P_{r2} = 255.273 x 1.00 = 255.273 kN

▶ 전륜하중 재하시 (B점 반력)

R_{B1} = (31.200 x 5.190) / 6.690

= 24.204 kN

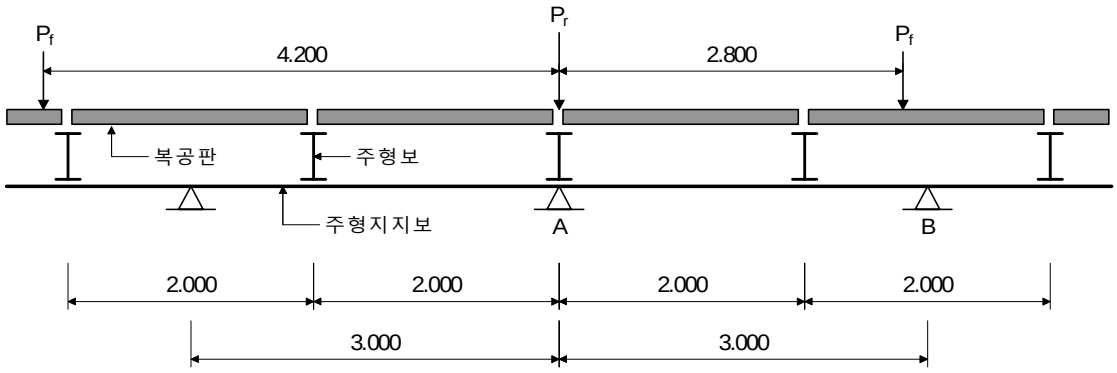
R_{B2} = (31.200 x 6.930 + 23.400 x 5.730 + 23.400 x 3.930) / 6.930

= 63.818 kN

∴ 설계 적용 활하중 : P_{f1} = 24.204 x 1.00 = 24.204 kN

P_{f2} = 63.818 x 1.00 = 63.818 kN

바. 단면력 산정



(1) 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 좌측에 작용하는 주형보 반력

R_1 = (183.283 x 3.000 + 45.821 x 0.200) / 3.000

= 186.337 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_1 = R_{A1} = R_1 + S_{d1} x 3.00 / 2.00

= 186.337 + 19.486 x 3.00 / 2.00 = 215.566 kN

(2) 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 반력

▶ 중간말뚝 전체 길이 중 우측에 작용하는 주형보 반력

R_2 = (255.273 x 3.000 + 63.818 x 0.200) / 3.000

= 259.527 kN

▶ 중간말뚝 반력(A점 기준)

P_2 = R_{A2} = R_2 + S_{d2} x 3.00 / 2.00

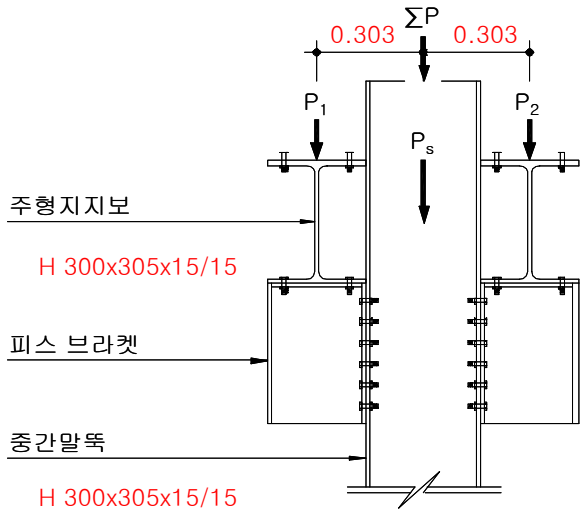
= 259.527 + 20.169 x 3.00 / 2.00 = 289.781 kN

(3) 중간말뚝에 작용하는 총 반력

$\sum P$ = P_1 + P_2 + P_s

= 215.566 + 289.781 + 138.620 = 643.967 kN

10.3 작용응력 및 허용응력 검토



가. 작용응력 산정

▶ 압축응력 , f_c = $\sum P$ / A = 214.656 x 1000 / 13480 = 15.924 MPa

▶ 휨응력 , f_b = M_{max} / Z_x = 87.659 x 1000000 / 1440000 = 60.874 MPa

여기서, M_{max} = P_2 x e = 289.781 x 0.303 = 87.659 kN·m

나. 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

▶ 국부좌굴에 대한 허용응력

t = 15.000 ---> $b/(39.6i) \le t$ 이므로

f_{cal} = 1.50 x 0.9 x 140

= 189.000 MPa

여기서, $i = 0.65\,\Phi^2 + 0.13\,\Phi + 1.0$

= 2.840

$\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = (76.798 - -44.950) / 76.798$

= 1.585

▶ 축방향 허용압축응력

f_{cao} = 1.50 x 0.9 x 140.000

= 189.000 MPa

L_x / R_x = 9000 / 126

71.429 ---> $20 < Lx/Rx \le 93$ 이므로

f_{cagx} = 1.50 x 0.9 x (140 − 0.84 x (71.429 − 20))

= 130.680 MPa

$f_{cax} = f_{cagx} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 130.680 MPa

L_y / R_y = 9000 / 72.6

123.967 ---> $93 < Ly/Ry$ 이므로

f_{cagy} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (6700 + 123.967^2)

= 73.410 MPa

$f_{cay} = f_{cagy} \cdot f_{cal} / f_{cao}$

= 73.410 MPa

$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay})$ = 73.410 MPa

▶ 허용 휨압축응력

L / B = 9000 / 305

= 29.508 ---> $4.5 < L/B \le 30$ 이므로

f_{bag} = 1.50 x 0.9 x (140 − 2.4 x (29.508 − 4.5))

= 107.973 MPa

$f_{ba} = \text{Min.}(f_{bag}, f_{cal})$

= 107.973 MPa

f_{eax} = 1.50 x 0.9 x 1200000 / (71.429)^2

= 317.520 MPa

다. 응력검토

▶ 압축응력 , f_{ca} = 73.410 MPa > f_c = 15.924 MPa ---> O.K

▶ 휨응력 , f_{ba} = 107.973 MPa > f_b = 60.874 MPa ---> O.K

▶ 합성응력 , $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_{bx}}{f_{bagx} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{15.924}{73.410} + \frac{60.874}{107.973 \times (1 - (15.924 / 317.520))}$$

$$= 0.810 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

$$f_c + \frac{f_{bx}}{1 - (f_c / f_{eax})}$$

$$= 15.924 + \frac{60.874}{1 - (15.924 / 317.520)}$$

$$= 80.012 < f_{cal} = 189.000 \quad \text{---> O.K}$$

∴ 안전율 = Max.(0.810 , 0.423)

= 0.810 < 1.0 ---> O.K

10.4 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력 , P_{max} = 643.97 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)	=	50	
N_s(선단까지의 모래층 N치 평균값)	=	22	
N_c(선단까지의 점토층 N치 평균값)	=	0	
L_s(모래층 중의 길이)	=	21.200	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 22 x 1.210 x ###

+ 0.5 x 0 x 1.210 x 0.000

= 227.244 tonf

= 2228.50 kN

▶ 허용지지력 , Q_{ua} = 2228.50 / 2.0

= 1114.250 kN

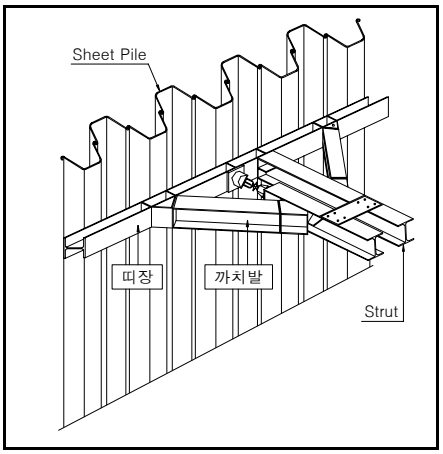
∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

11. Sheet 설계

11.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 22.55m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IV
허용 휨응력(f_{ba}, MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a, MPa)	100.0
총단면적(A, mm^2)	24250.0
복부 단면적(A_w, mm^2)	13180.0
$I_x(mm^4)$	386000000.0
$Z_x(mm^3)$	2270000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

M_{max} = 474.730 kN·m/m ---> 흙막이벽(우) (CS18 : 굴착 14.45 m)

= 단위폭당 최대 휨 모멘트 × 단위폭

= 474.730 (kN·m/m) × 1.00 m = 474.730 kN·m

(2) 최대 전단력 (S_{max})

S_{max} = 381.586 kN/m ---> 흙막이벽(우) (CS18 : 굴착 14.45 m)

= 단위폭당 최대 전단력 × 단위폭

= 381.586 (kN/m) × 1.00 m = 381.586 kN

다. 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

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

f_{ba}' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 180.0) × 0.9 = 243 MPa

(2) 허용 전단응력(τ_a')

τ_a' = (보정계수 × 허용응력) × 부식을 고려한 저감계수

= (1.5 × 100.0) × 0.9 = 135 MPa

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{474.730 \times 10^6}{2270000.00} = 209.132 \text{ MPa}$$

f_b < f_{ba}' = 243 MPa ---> O.K

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{max}}{A_w} = \frac{381.586 \times 10^3}{13180.00} = 28.952 \text{ MPa}$$

τ < τ_a' = 135 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 = 8 m, 최대굴착깊이 = 15.55 m, 전모델높이 = 35 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	0.51	18.00	19.00	0.00	26.00	10	-	12000.00
2	퇴적층(모래)	4.87	18.00	19.00	0.00	28.00	15	-	20000.00
3	퇴적층(자갈)	16.48	20.00	21.00	0.00	35.00	35	-	32000.00
4	풍화토층	21.22	20.00	21.00	21.00	29.00	50	-	31000.00
5	풍화암층	26.27	21.00	22.00	30.00	33.00	50	-	34000.00
6	연암층	35.00	23.00	24.00	400.00	36.00	50	-	60000.00
7	뒤채움	-	20.00	21.00	21.00	29.00	50	60000.00	31000.00

12.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IV	SY295(SY30)	22.55	1

12.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 700x300x13/24	SS400	0.45	2	7.12	0	1
2	Strut-2	H 300x305x15/15	SS400	2.05	3	7.12	70	2
3	Strut-3	H 300x305x15/15	SS400	3.75	3	7.12	70	2
4	Strut-4	H 300x305x15/15	SS400	5.05	3	7.12	70	2
5	사버팀-1	H 300x305x15/15	SS400	8	2.5	5.7	50	1
6	사버팀-2	H 300x305x15/15	SS400	9.7	2.5	3.3	50	1

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	설치각도 [(deg)]	자유장 (강축길이) (m)	초기작용력 (kN)
1	Earth Anchor-5	Strand12.7x4EA	SWPC7B	7.15	0.8	30	17	150
2	Earth Anchor-6	Strand12.7x4EA	SWPC7B	8.85	0.8	30	15	170
3	Earth Anchor-7	Strand12.7x4EA	SWPC7B	10.55	0.8	30	13	210
4	Earth Anchor-8	Strand12.7x4EA	SWPC7B	12.25	0.8	30	11	210
5	Earth Anchor-9	Strand12.7x4EA	SWPC7B	13.95	0.8	30	9	210

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 = 4.8 m, 수위차 = 15.55 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.95	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.55	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	4.25	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	5.55	-	-	-	-	-	-	X	X
8	-	Strut-4		-	-	-	-	X	X
9	7.65	-	-	-	-	-	-	X	X
10	-	Earth Anchor-5		-	-	-	-	X	X
11	9.35	-	-	-	-	-	-	X	X
12	-	Earth Anchor-6		-	-	-	-	X	X
13	11.05	-	-	-	-	-	-	X	X
14	-	Earth Anchor-7		-	-	-	-	X	X
15	12.75	-	-	-	-	-	-	X	X
16	-	Earth Anchor-8		-	-	-	-	X	X
17	14.45	-	-	-	-	-	-	X	X
18	-	Earth Anchor-9		-	-	-	-	X	X
19	15.55	-	-	-	-	-	-	X	X
20	-		Earth Anchor-5	-	-	-	-	X	X
21	-	사버팀-1		-	-	-	-	X	X
22	-		Earth Anchor-6	-	-	-	-	X	X
23	-	사버팀-2		-	-	-	-	X	X
24	-		Earth Anchor-7	-	-	-	-	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 0.95 m	0.95	7.57	4.9	-4.29	3.4	2.61	19.8	-4.19	2.1
CS2 : 생성 Strut-1	0.95	7.56	4.9	-4.21	3.4	2.61	19.8	-4.19	2.1
CS3 : 굴착 2.55 m	2.55	18.30	3.4	-27.94	0.5	32.50	2.6	-13.61	5.9
CS4 : 생성 Strut-2	2.55	14.00	4.9	-21.61	2.1	17.37	2.6	-9.36	6.3
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	36.40	5.0	-69.56	2.1	45.02	3.8	-22.69	2.1
CS6 : 생성 Strut-3	4.25	28.88	5.0	-53.86	2.1	31.56	4.3	-12.08	7.2
CS7 : 굴착 5.55 m	5.55	36.49	7.2	-92.15	3.8	53.73	5.6	-21.39	3.8
CS8 : 생성 Strut-4	5.55	31.36	7.2	-74.08	3.8	42.87	5.6	-17.99	2.1
CS9 : 굴착 7.65 m	7.65	82.81	5.1	-170.22	5.1	137.12	7.8	-120.23	5.1
CS10 : 생성 Earth Anchor-5	7.65	55.90	7.2	-106.53	7.2	44.16	8.4	-19.45	3.8
CS11 : 굴착 9.35 m	9.35	136.53	5.1	-227.87	7.2	240.86	9.7	-196.51	5.1
CS12 : 생성 Earth Anchor-6	9.35	59.95	7.2	-153.17	8.9	91.64	10.6	-43.57	14.0
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	146.21	14.5	-300.61	8.9	351.95	11.5	-204.24	17.0
CS14 : 생성 Earth Anchor-7	11.05	85.67	14.5	-203.81	10.6	162.96	12.3	-88.17	16.5
CS15 : 굴착 12.75 m	12.75	185.36	16.5	-370.44	10.6	437.11	13.2	-236.80	18.9
CS16 : 생성 Earth Anchor-8	12.75	134.05	16.5	-231.84	12.3	254.43	14.0	-142.52	18.9
CS18 : 굴착 14.45 m	14.45	161.20	17.4	-381.59	12.3	474.73	14.8	-238.80	8.9
CS19 : 생성 Earth Anchor-9	14.45	117.97	17.4	-219.64	14.0	277.98	15.2	-147.47	8.9
CS20 : 굴착 15.55 m	15.55	131.80	7.2	-322.27	14.0	397.98	16.0	-193.17	8.9
CS21 : 해체1	15.55	127.54	8.9	-324.40	14.0	388.01	16.0	-188.32	10.6
CS22 : 생성1	15.55	118.51	8.9	-324.01	14.0	389.91	16.0	-189.37	10.6
CS23 : 해체2	15.55	116.29	18.9	-325.05	14.0	383.18	16.0	-161.81	10.6
CS24 : 생성2	15.55	116.49	18.9	-324.91	14.0	384.37	16.0	-169.49	10.6
CS25 : 해체3	15.55	116.20	18.9	-324.21	14.0	381.77	16.0	-193.31	9.7
TOTAL		185.36	16.5	-381.59	12.3	474.73	14.8	-238.80	8.9

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.

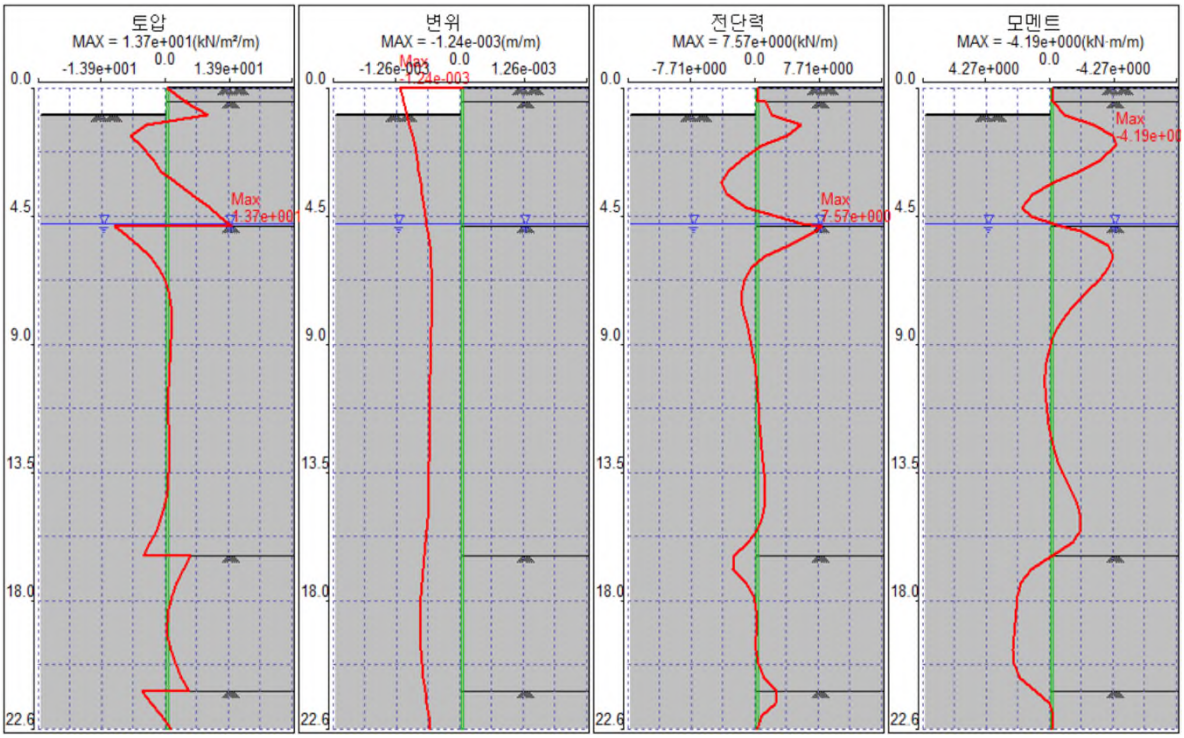
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3	Strut-4	사버팀-1
		0.45 (m)	2.05 (m)	3.75 (m)	5.05 (m)	8 (m)
CS1 : 굴착 0.95 m	0.95	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	0.95	0.00	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.55 m	2.55	27.92	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	2.55	15.18	23.33	-	-	-
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	-6.27	92.74	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	4.25	0.45	70.31	23.33	-	-
CS7 : 굴착 5.55 m	5.55	-4.64	50.53	116.03	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	5.55	-3.33	53.90	93.29	23.33	-
CS9 : 굴착 7.65 m	7.65	1.70	20.02	34.67	253.03	-
CS10 : 생성 Earth Anchor-5	7.65	-2.09	46.74	78.12	66.79	-
CS11 : 굴착 9.35 m	9.35	5.06	9.71	-12.06	269.60	-
CS12 : 생성 Earth Anchor-6	9.35	-1.27	43.76	67.00	75.97	-
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	5.14	15.60	-16.99	201.75	-
CS14 : 생성 Earth Anchor-7	11.05	-0.92	43.55	61.60	68.02	-
CS15 : 굴착 12.75 m	12.75	1.63	36.05	25.85	76.89	-
CS16 : 생성 Earth Anchor-8	12.75	-1.12	46.23	62.99	43.86	-
CS18 : 굴착 14.45 m	14.45	-2.50	57.29	77.95	-38.80	-
CS19 : 생성 Earth Anchor-9	14.45	-2.93	56.87	85.06	-21.51	-
CS20 : 굴착 15.55 m	15.55	-4.10	63.61	99.43	-62.14	-
CS21 : 해체1	15.55	-0.78	40.19	61.41	101.19	-
CS22 : 생성1	15.55	-1.27	43.18	67.22	82.08	20.00
CS23 : 해체2	15.55	-1.06	44.09	63.49	66.14	195.14
CS24 : 생성2	15.55	-1.06	43.74	63.67	69.94	177.97
CS25 : 해체3	15.55	-1.23	45.13	65.51	59.55	144.15
TOTAL		27.92	92.74	116.03	269.60	195.14

시공단계	굴착 깊이	사버팀-2	Earth Anchor-5	Earth Anchor-6	Earth Anchor-7	Earth Anchor-8
		9.7 (m)	7.15 (m)	8.85 (m)	10.55 (m)	12.25 (m)
CS1 : 굴착 0.95 m	0.95	-	-	-	-	-
CS2 : 생성 Strut-1	0.95	-	-	-	-	-
CS3 : 굴착 2.55 m	2.55	-	-	-	-	-
CS4 : 생성 Strut-2	2.55	-	-	-	-	-
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	-	-	-	-	-
CS6 : 생성 Strut-3	4.25	-	-	-	-	-
CS7 : 굴착 5.55 m	5.55	-	-	-	-	-
CS8 : 생성 Strut-4	5.55	-	-	-	-	-
CS9 : 굴착 7.65 m	7.65	-	-	-	-	-
CS10 : 생성 Earth Anchor-5	7.65	-	187.57	-	-	-
CS11 : 굴착 9.35 m	9.35	-	231.36	-	-	-
CS12 : 생성 Earth Anchor-6	9.35	-	192.62	212.50	-	-
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	-	232.00	317.33	-	-
CS14 : 생성 Earth Anchor-7	11.05	-	194.79	224.24	262.50	-
CS15 : 굴착 12.75 m	12.75	-	210.45	281.66	404.12	-
CS16 : 생성 Earth Anchor-8	12.75	-	193.54	228.23	286.42	262.50
CS18 : 굴착 14.45 m	14.45	-	185.03	225.00	319.75	387.19
CS19 : 생성 Earth Anchor-9	14.45	-	182.31	207.39	262.26	251.53
CS20 : 굴착 15.55 m	15.55	-	175.15	195.25	254.54	270.79
CS21 : 해체1	15.55	-	-	219.18	272.75	280.45
CS22 : 생성1	15.55	-	-	214.90	269.16	278.33
CS23 : 해체2	15.55	-	-	-	283.81	290.43
CS24 : 생성2	15.55	20.00	-	-	280.99	287.75
CS25 : 해체3	15.55	268.33	-	-	-	307.81
TOTAL		268.33	232.00	317.33	404.12	387.19

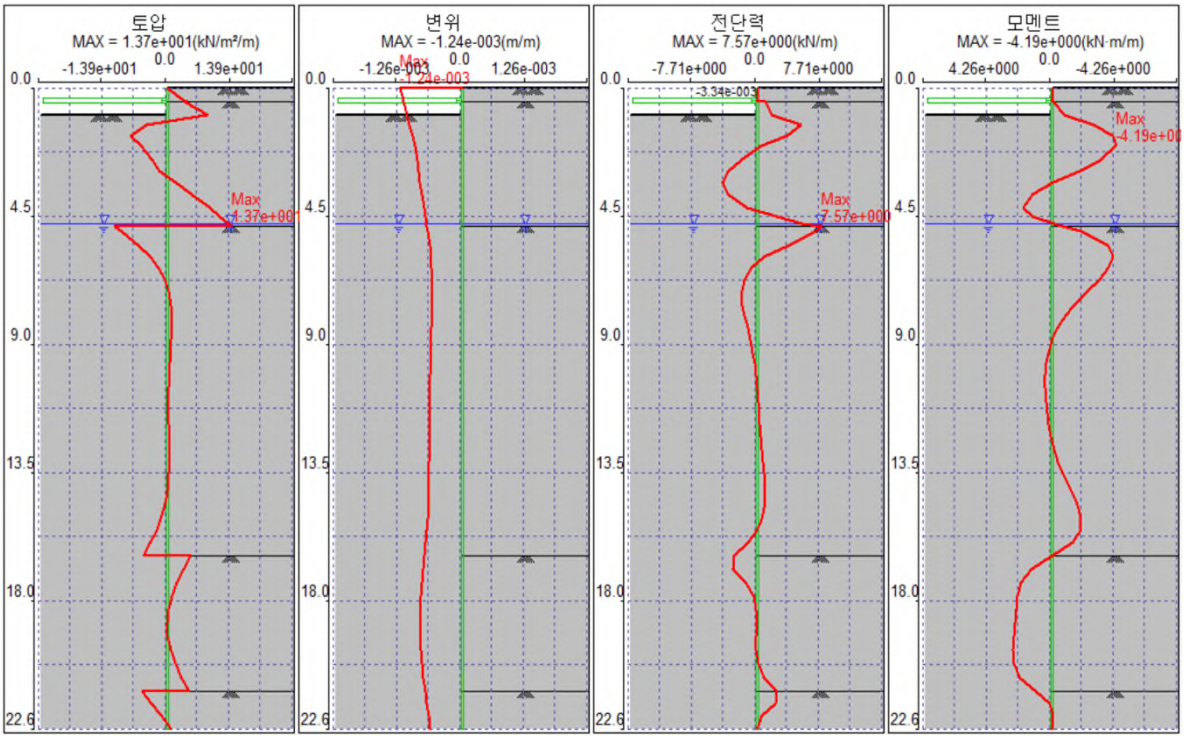
시공단계	굴착 깊이	Earth Anchor-9				
		13.95 (m)				
CS1 : 굴착 0.95 m	0.95	-				
CS2 : 생성 Strut-1	0.95	-				
CS3 : 굴착 2.55 m	2.55	-				
CS4 : 생성 Strut-2	2.55	-				
CS5 : 굴착 4.25 m	4.25	-				
CS6 : 생성 Strut-3	4.25	-				
CS7 : 굴착 5.55 m	5.55	-				
CS8 : 생성 Strut-4	5.55	-				
CS9 : 굴착 7.65 m	7.65	-				
CS10 : 생성 Earth Anchor-5	7.65	-				
CS11 : 굴착 9.35 m	9.35	-				
CS12 : 생성 Earth Anchor-6	9.35	-				
CS13 : 굴착 11.05 m	11.05	-				
CS14 : 생성 Earth Anchor-7	11.05	-				
CS15 : 굴착 12.75 m	12.75	-				
CS16 : 생성 Earth Anchor-8	12.75	-				
CS18 : 굴착 14.45 m	14.45	-				
CS19 : 생성 Earth Anchor-9	14.45	262.50				
CS20 : 굴착 15.55 m	15.55	350.06				
CS21 : 해체1	15.55	351.76				
CS22 : 생성1	15.55	351.13				
CS23 : 해체2	15.55	358.48				
CS24 : 생성2	15.55	356.58				
CS25 : 해체3	15.55	376.49				
TOTAL		376.49				

13.2 시공단계별 단면력도

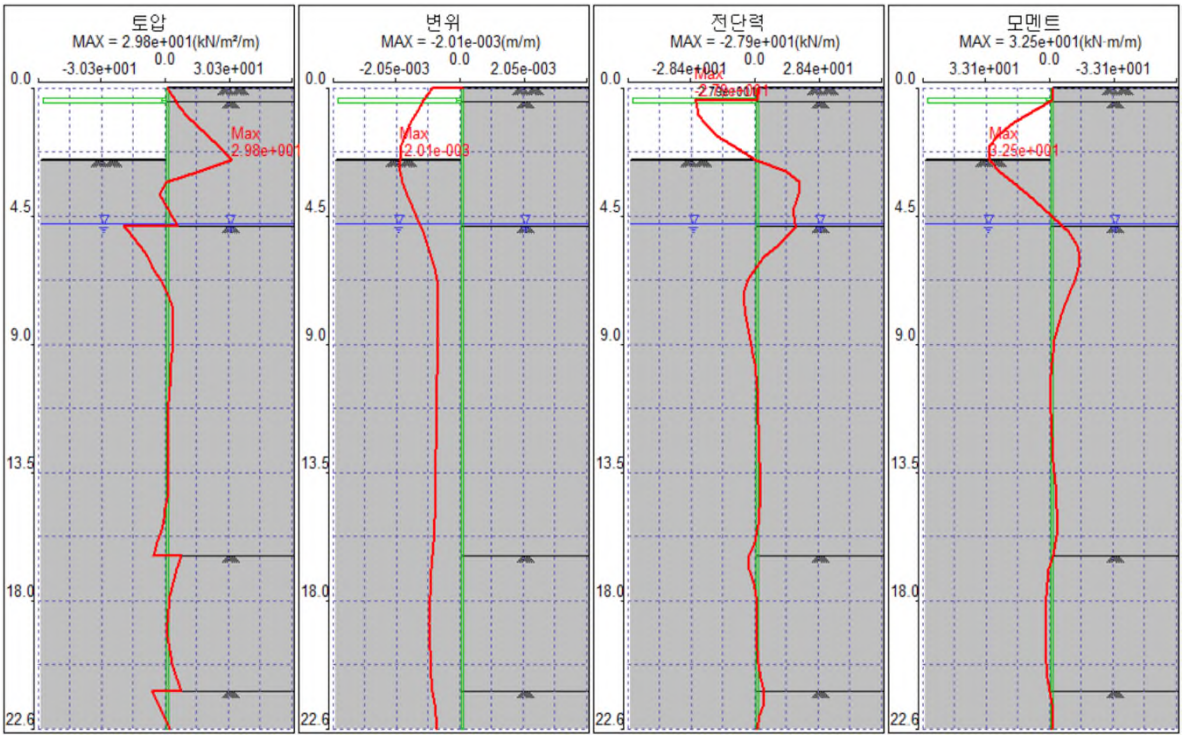
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.95 m]



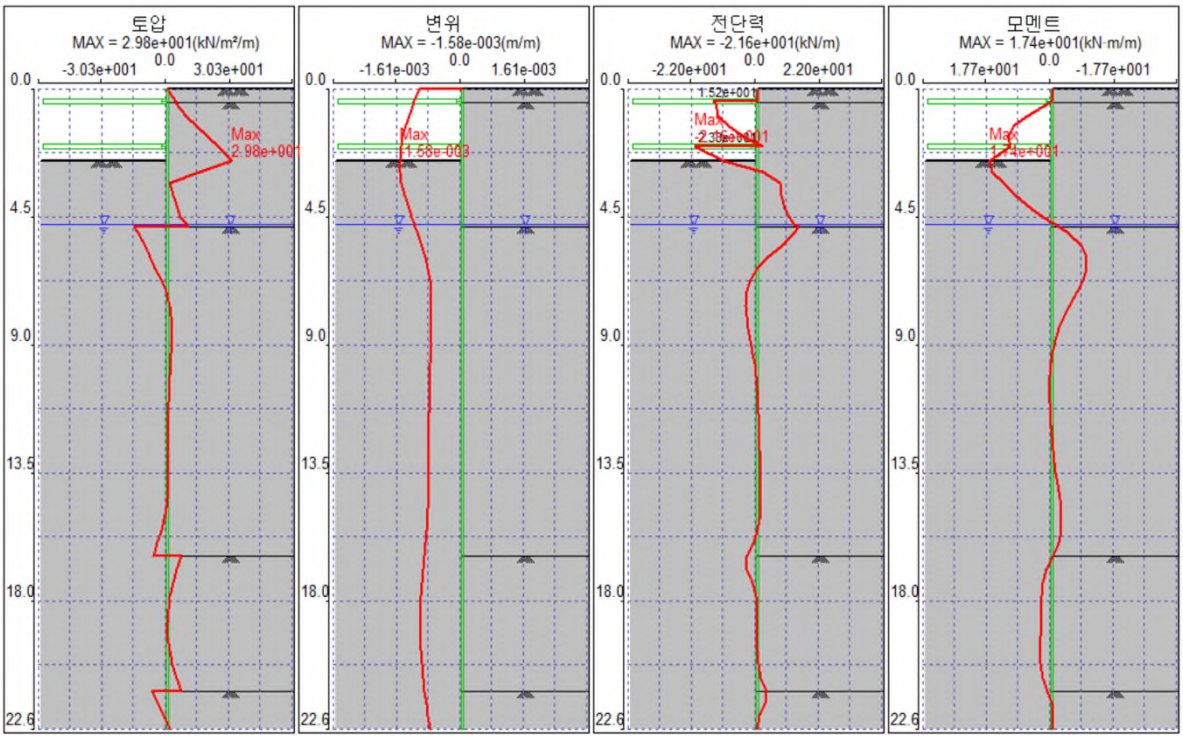
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



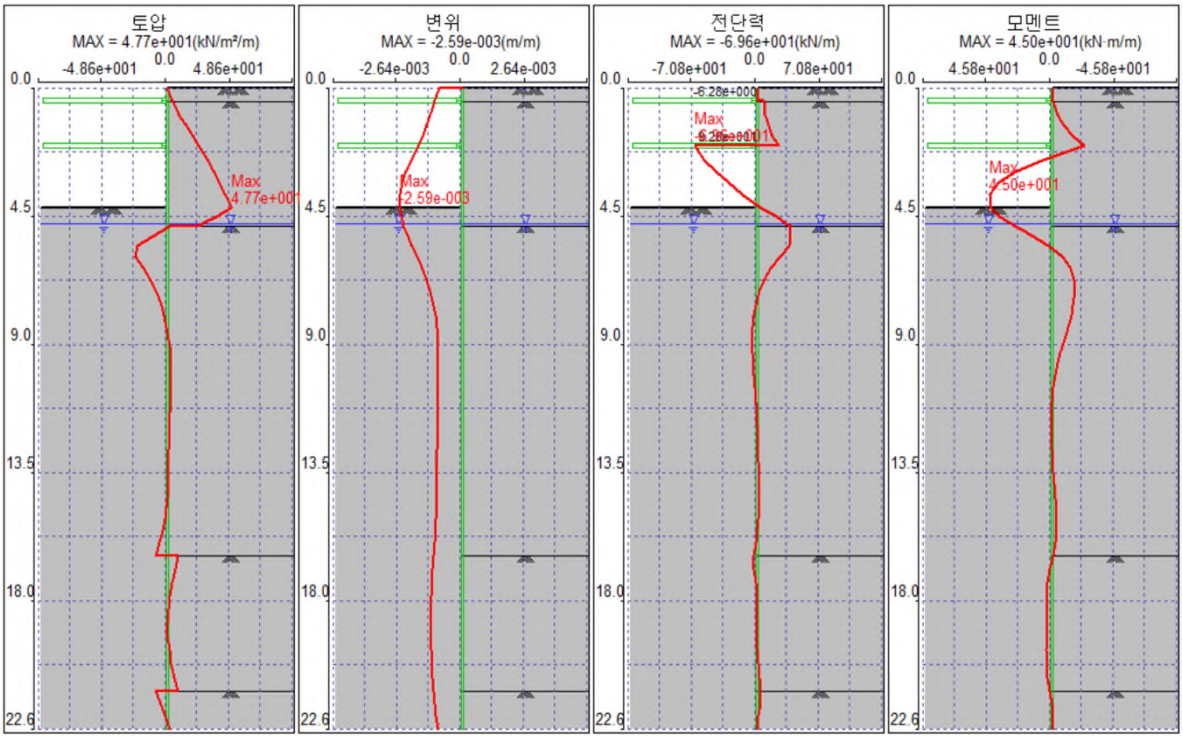
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.55 m]



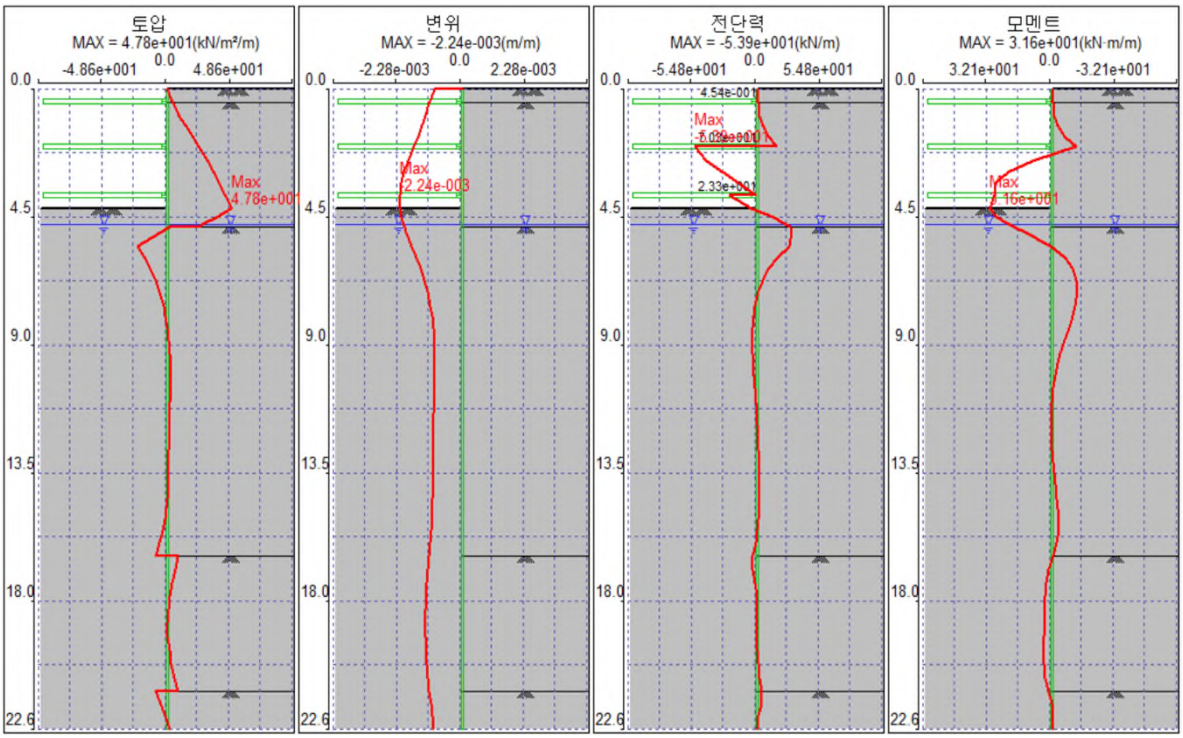
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



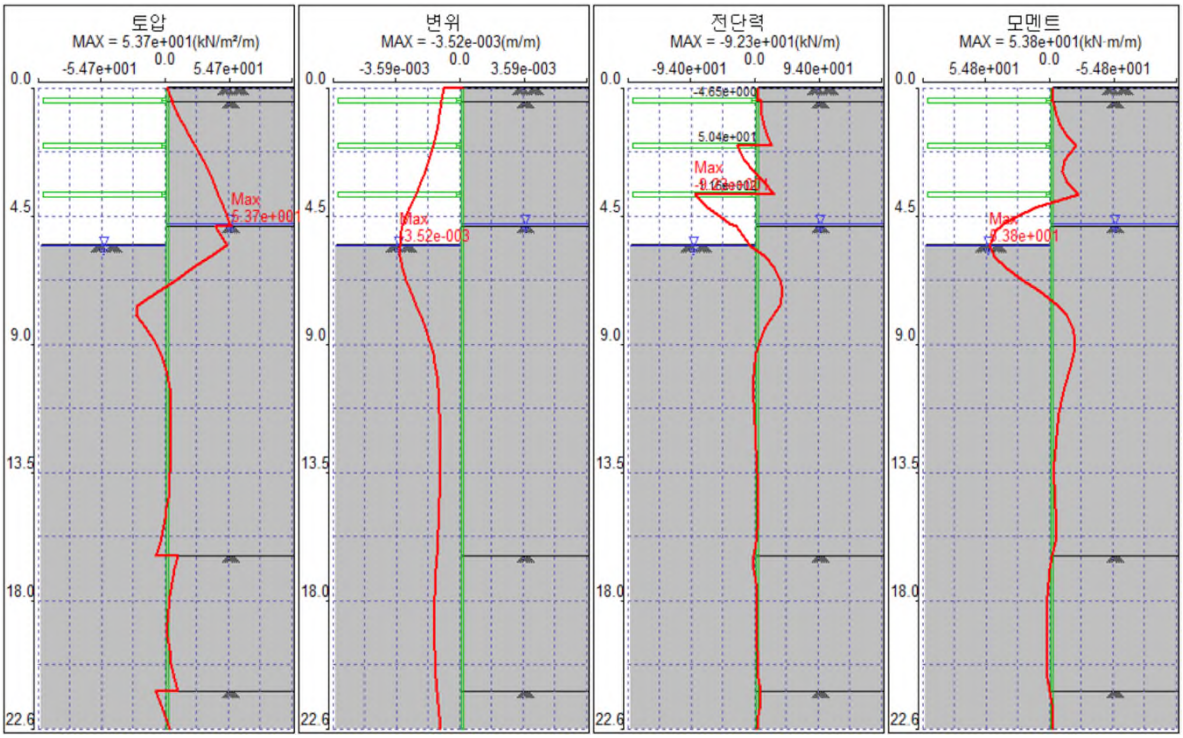
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 4.25 m]



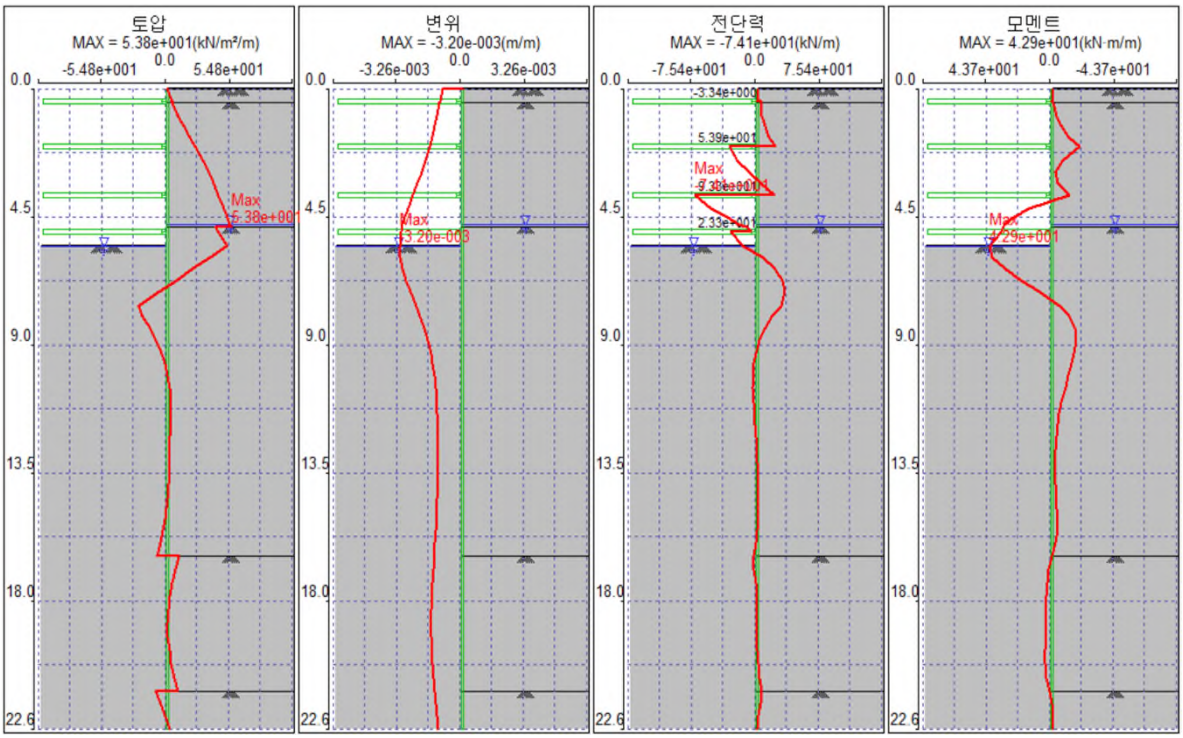
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



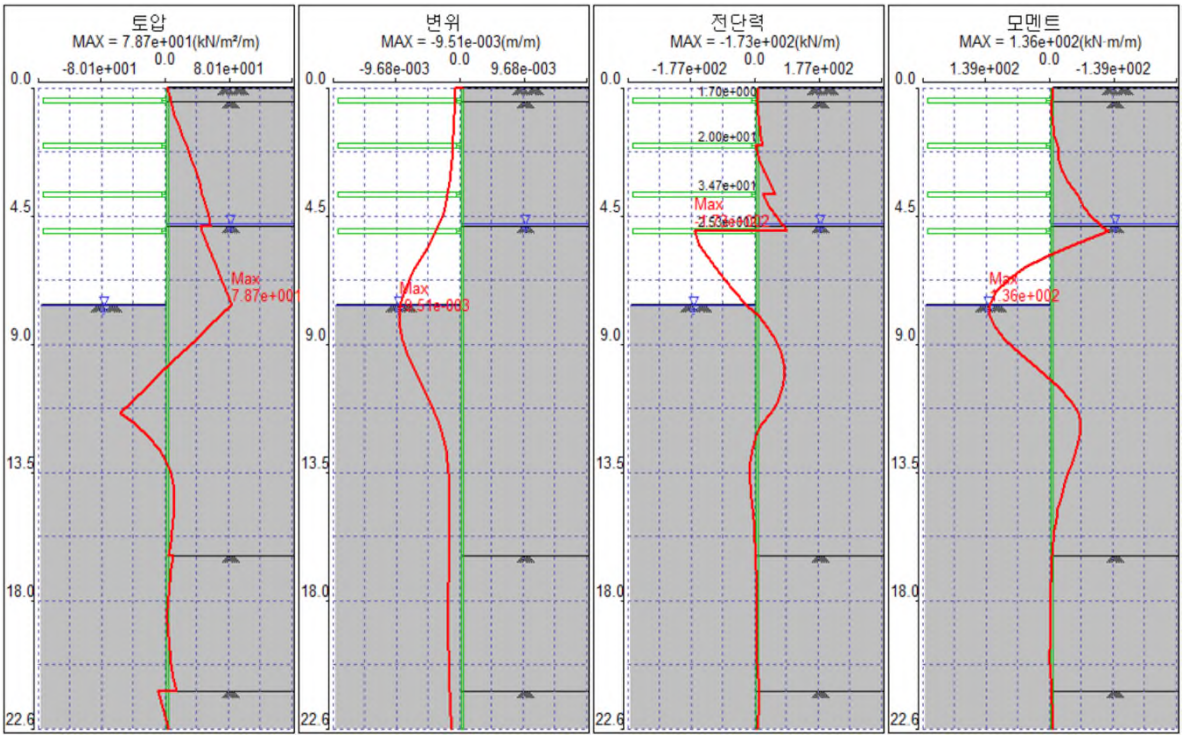
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 5.55 m]



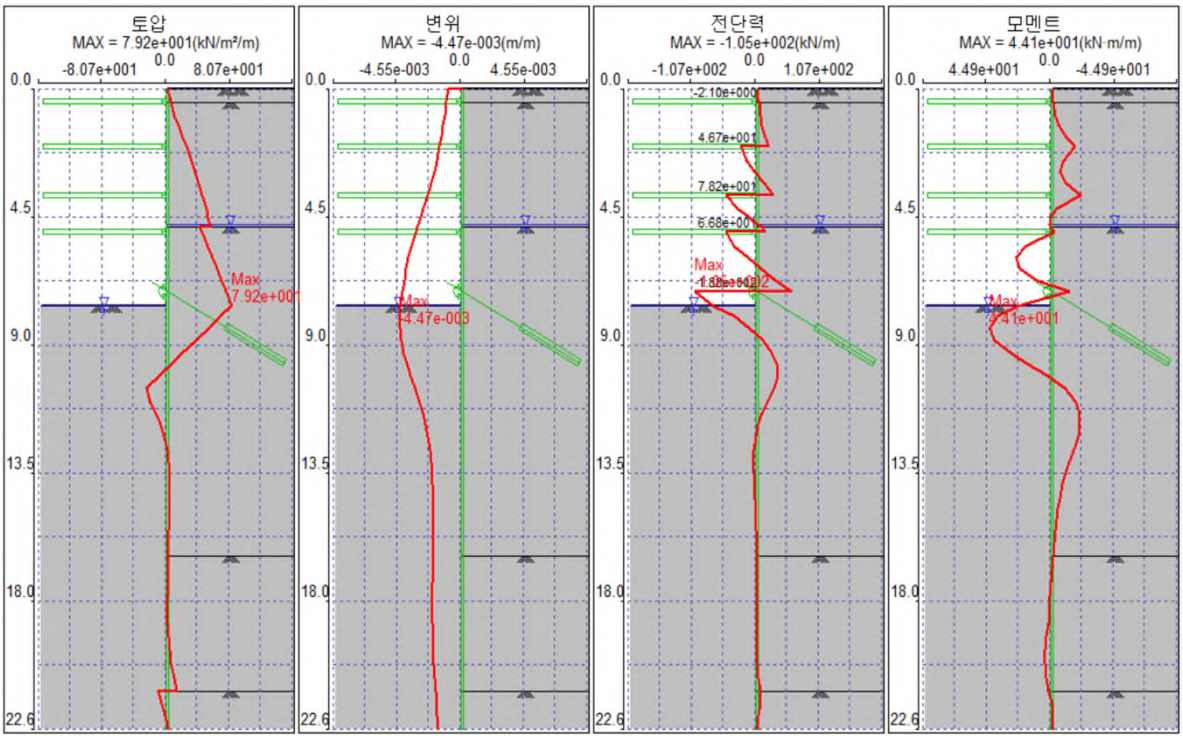
8) 시공 8 단계 [CS8 : 생성 Strut-4]



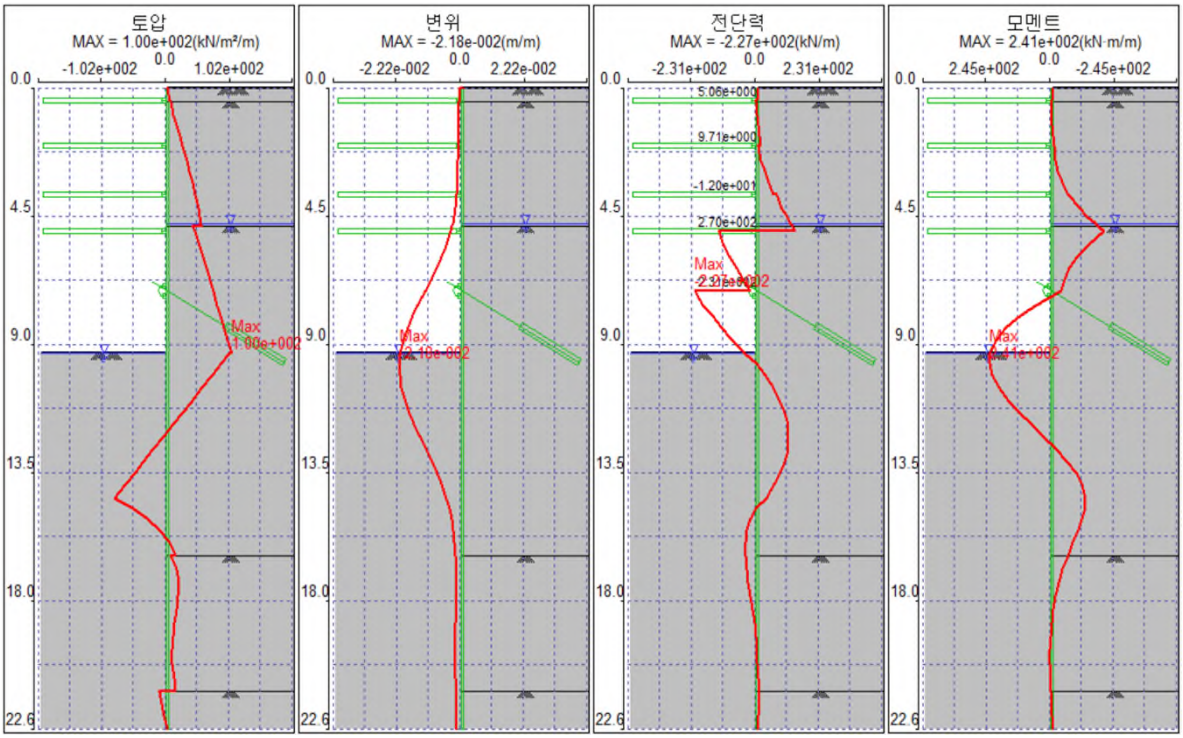
9) 시공 9 단계 [CS9 : 굴착 7.65 m]



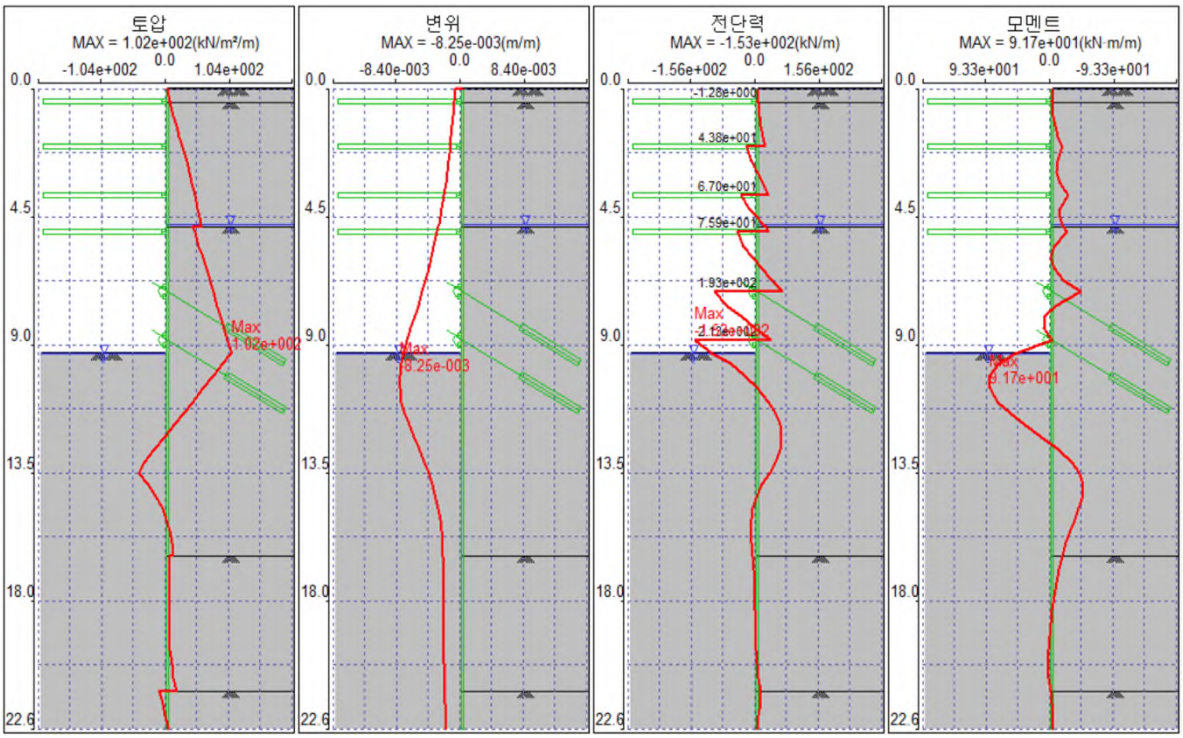
10) 시공 10 단계 [CS10 : 생성 Earth Anchor-5]



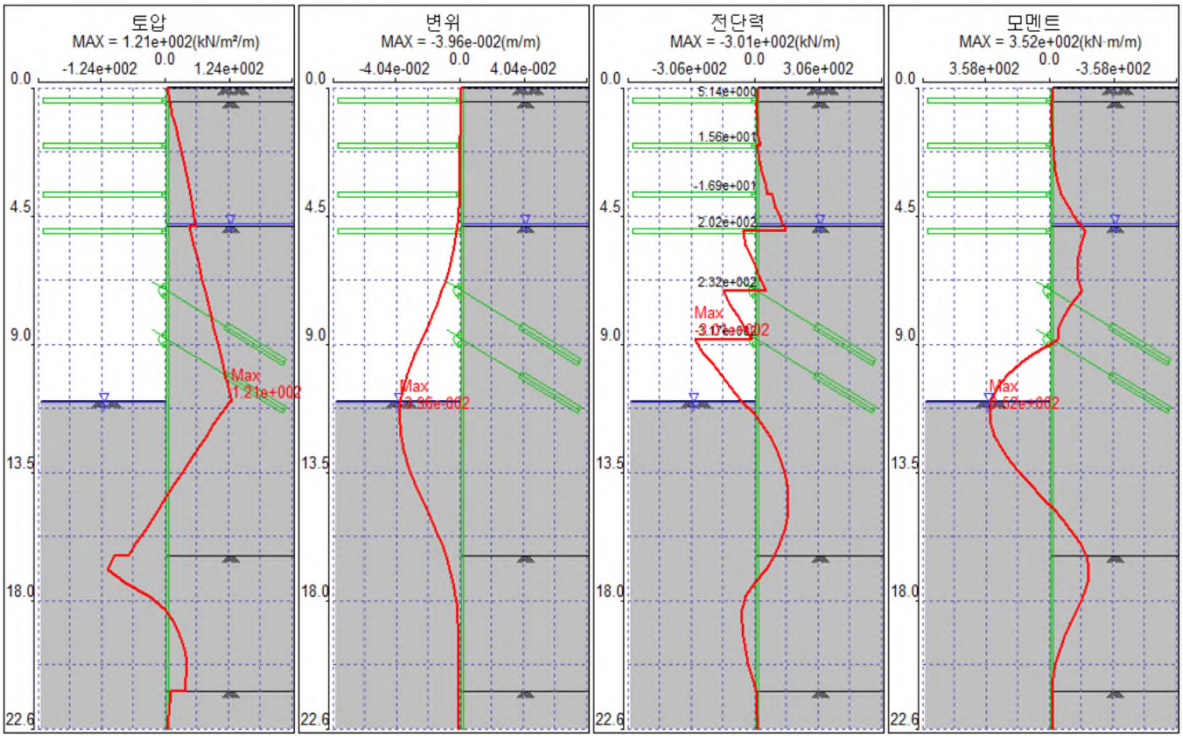
11) 시공 11 단계 [CS11 : 굴착 9.35 m]



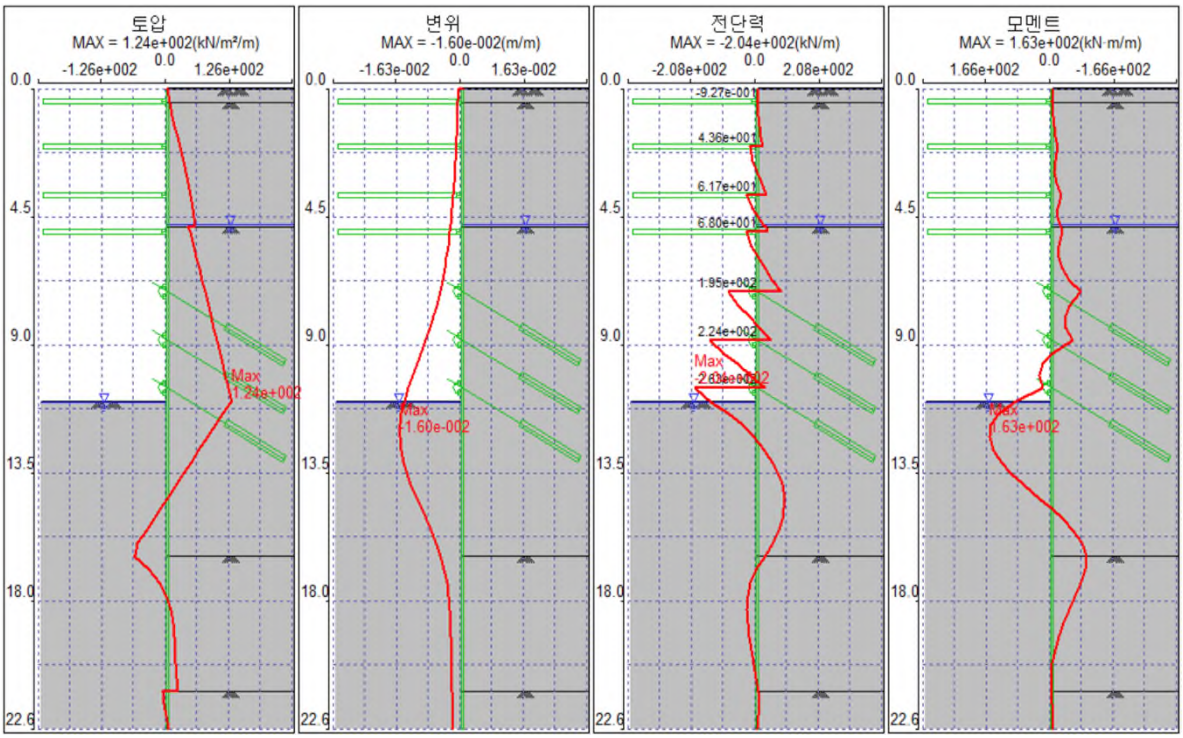
12) 시공 12 단계 [CS12 : 생성 Earth Anchor-6]



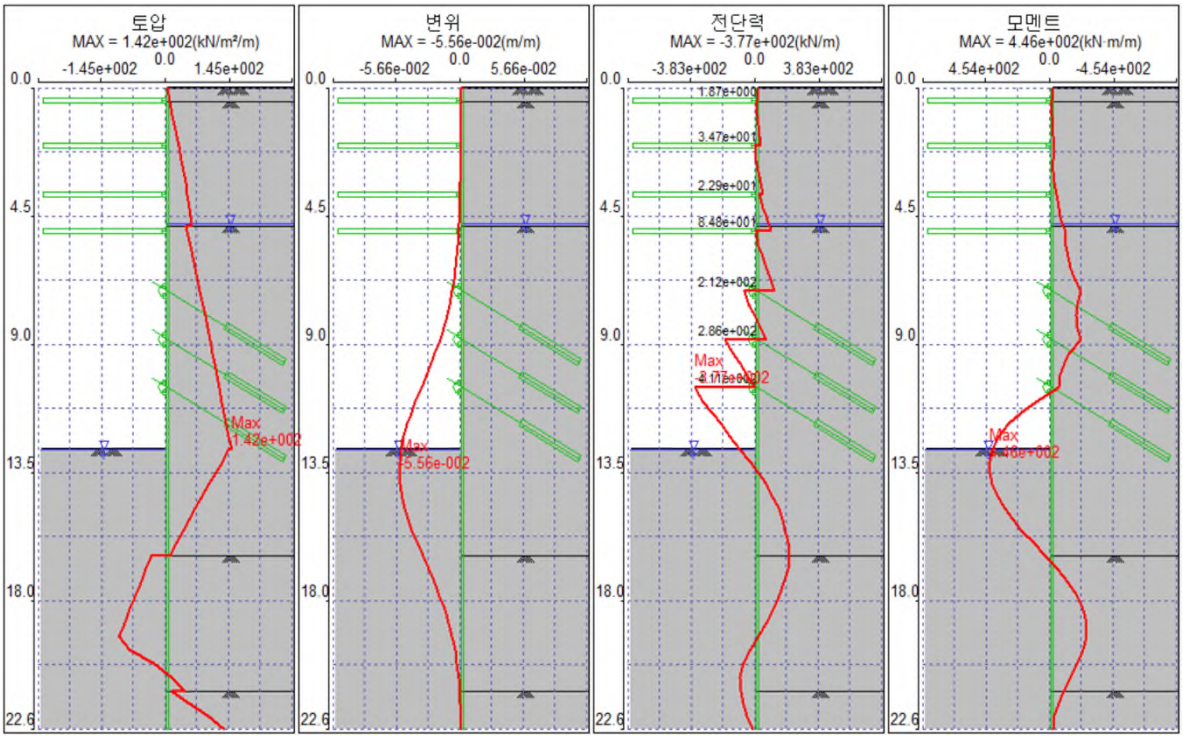
13) 시공 13 단계 [CS13 : 굴착 11.05 m]



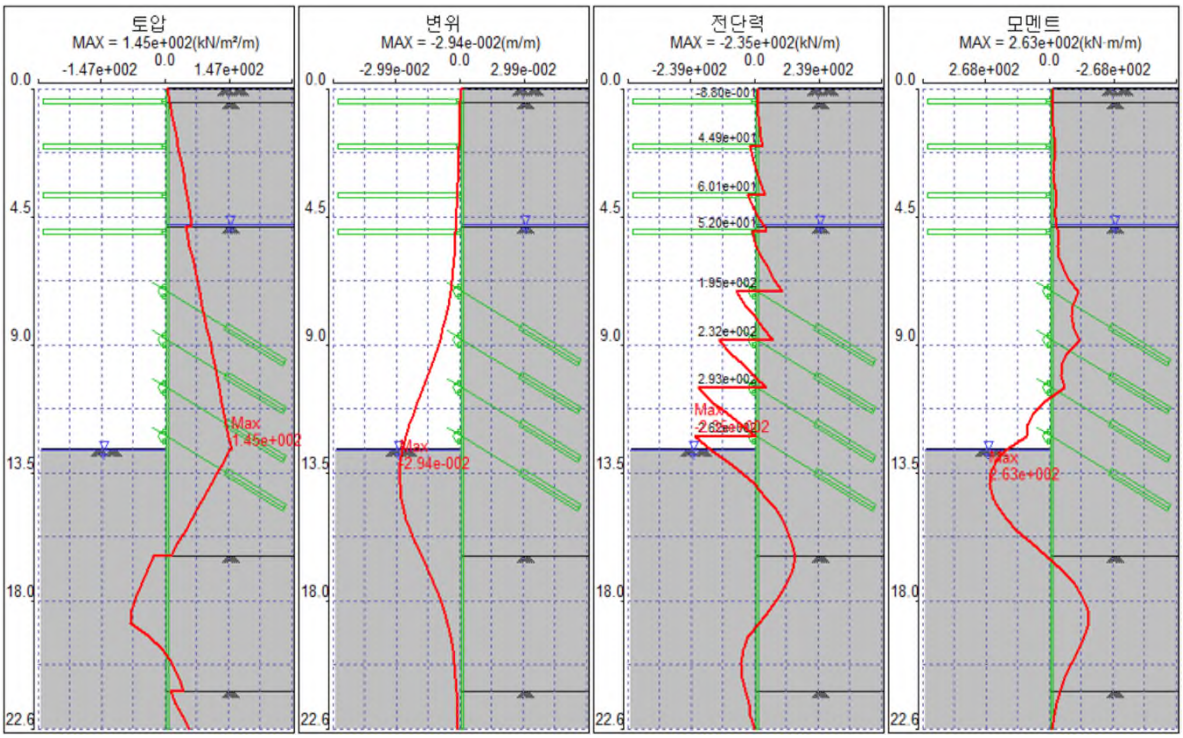
14) 시공 14 단계 [CS14 : 생성 Earth Anchor-7]



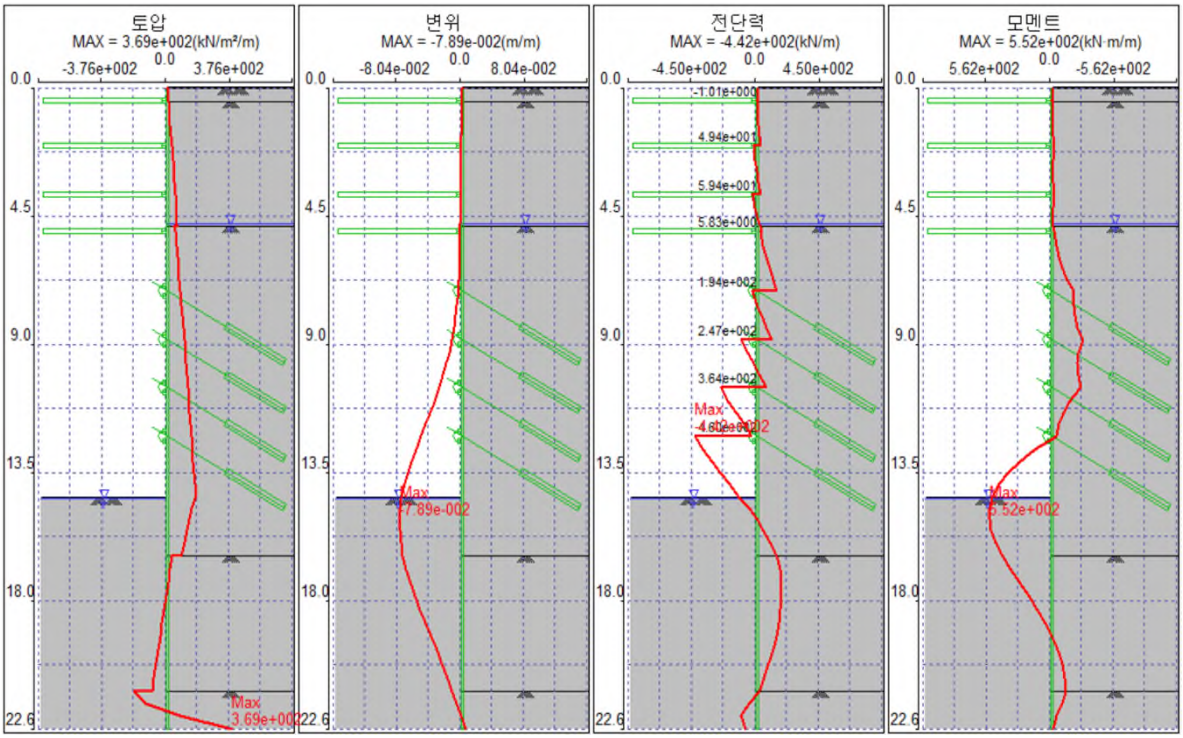
15) 시공 15 단계 [CS15 : 굴착 12.75 m]



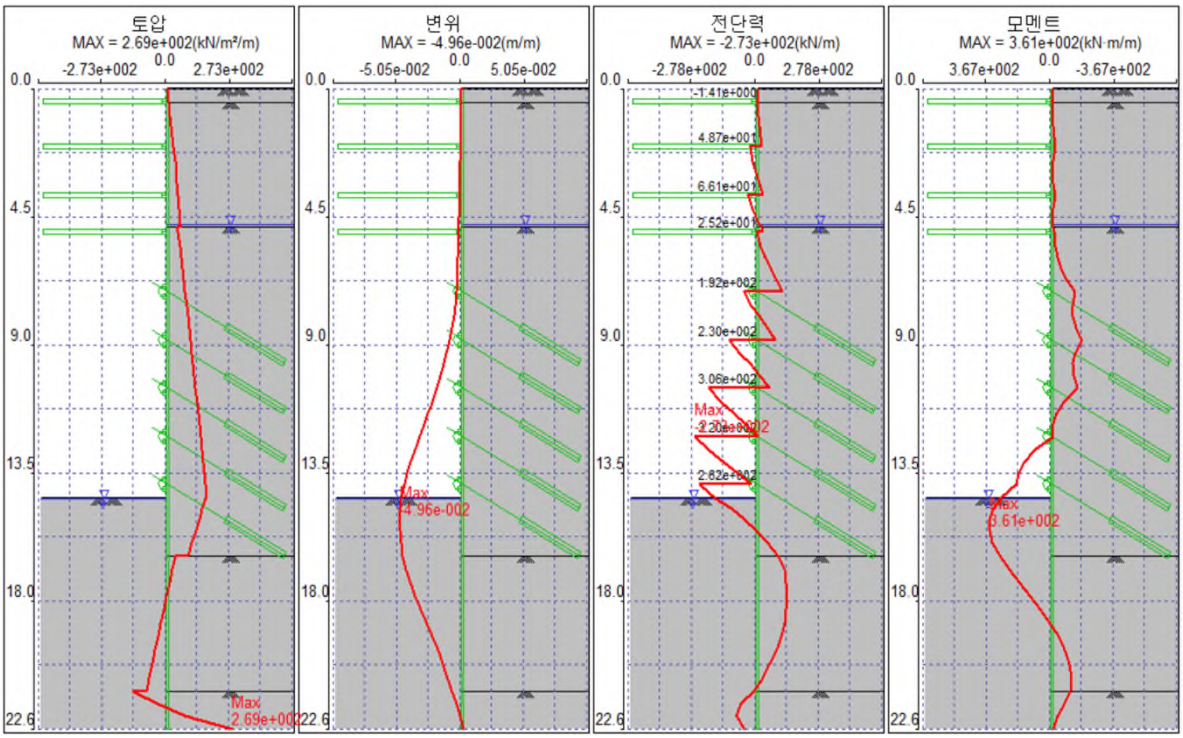
16) 시공 16 단계 [CS16 : 생성 Earth Anchor-8]



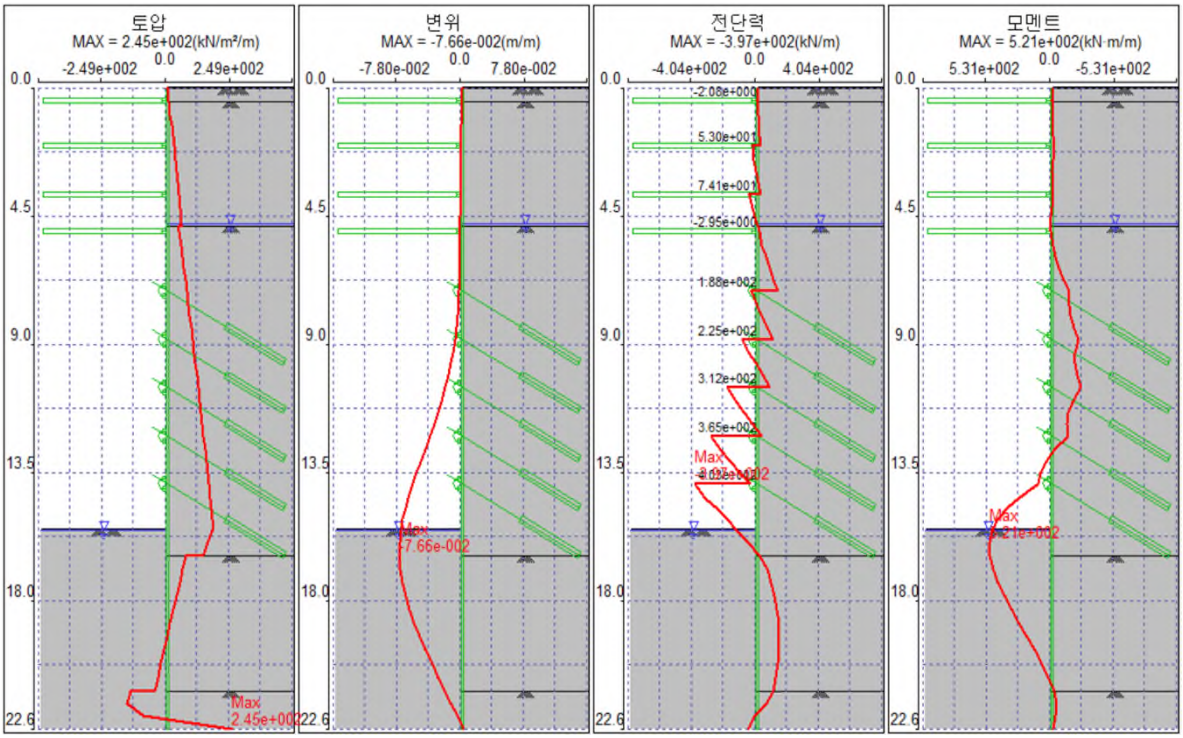
17) 시공 17 단계 [CS18 : 굴착 14.45 m]



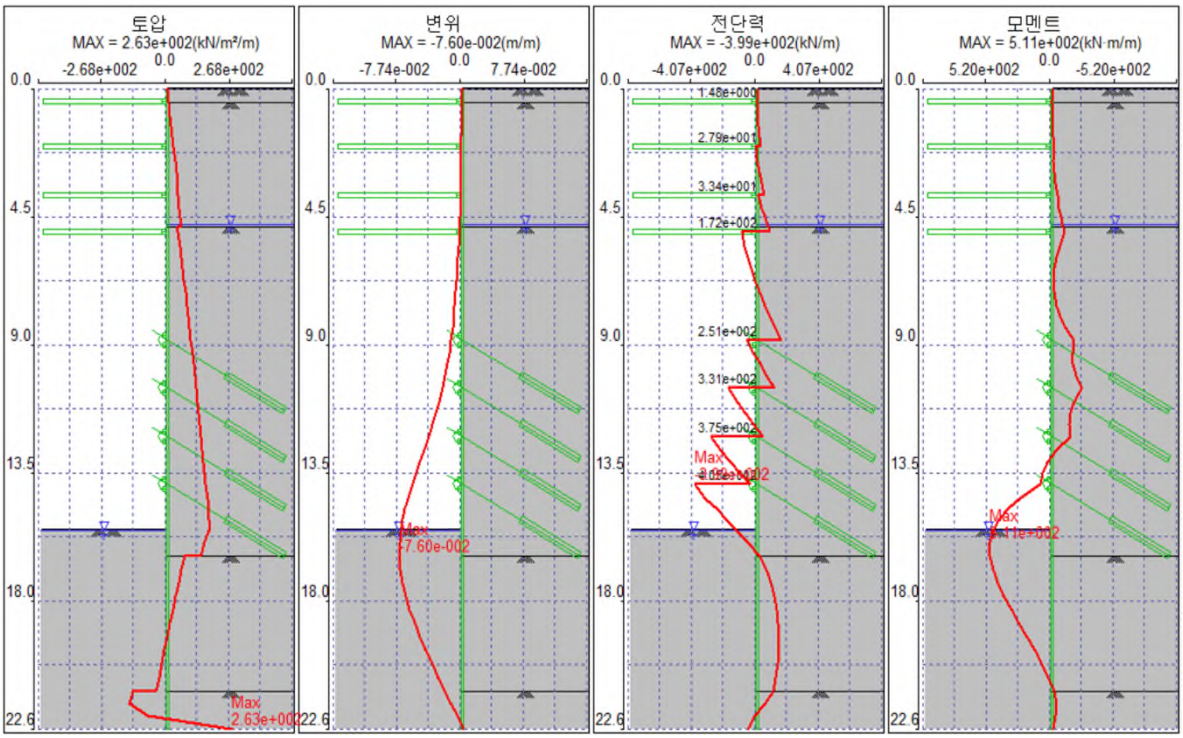
18) 시공 18 단계 [CS19 : 생성 Earth Anchor-9]



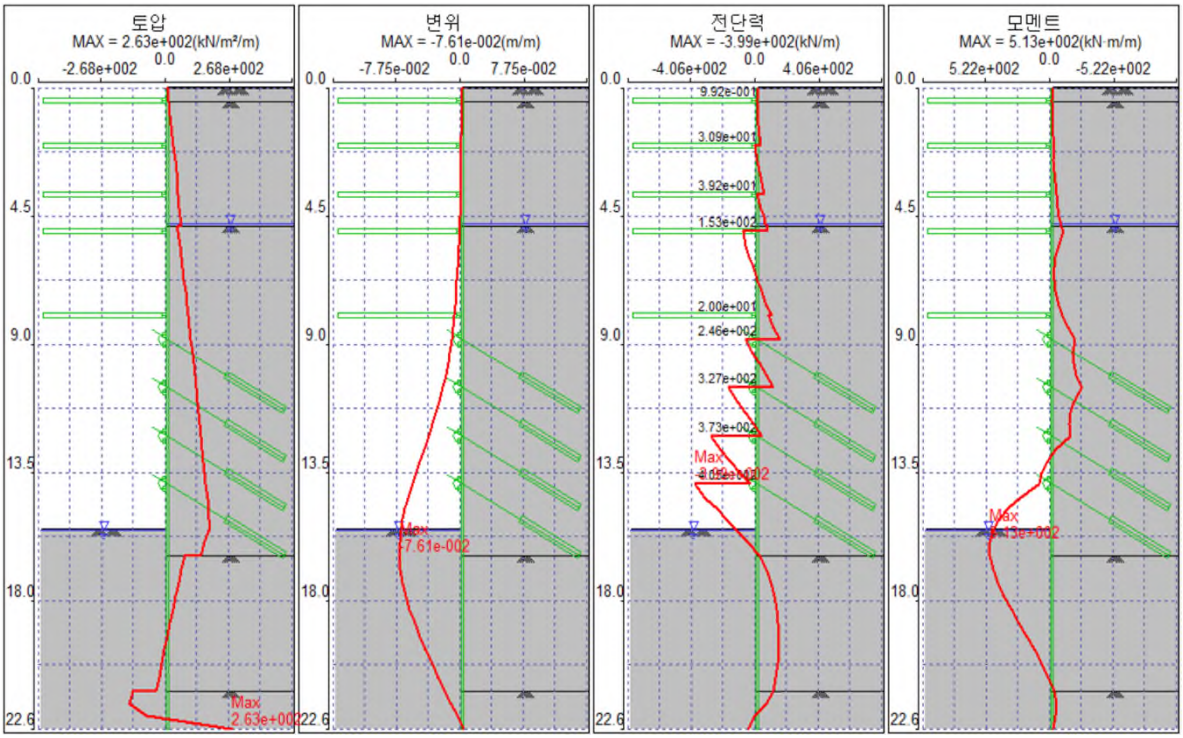
19) 시공 19 단계 [CS20 : 굴착 15.55 m]



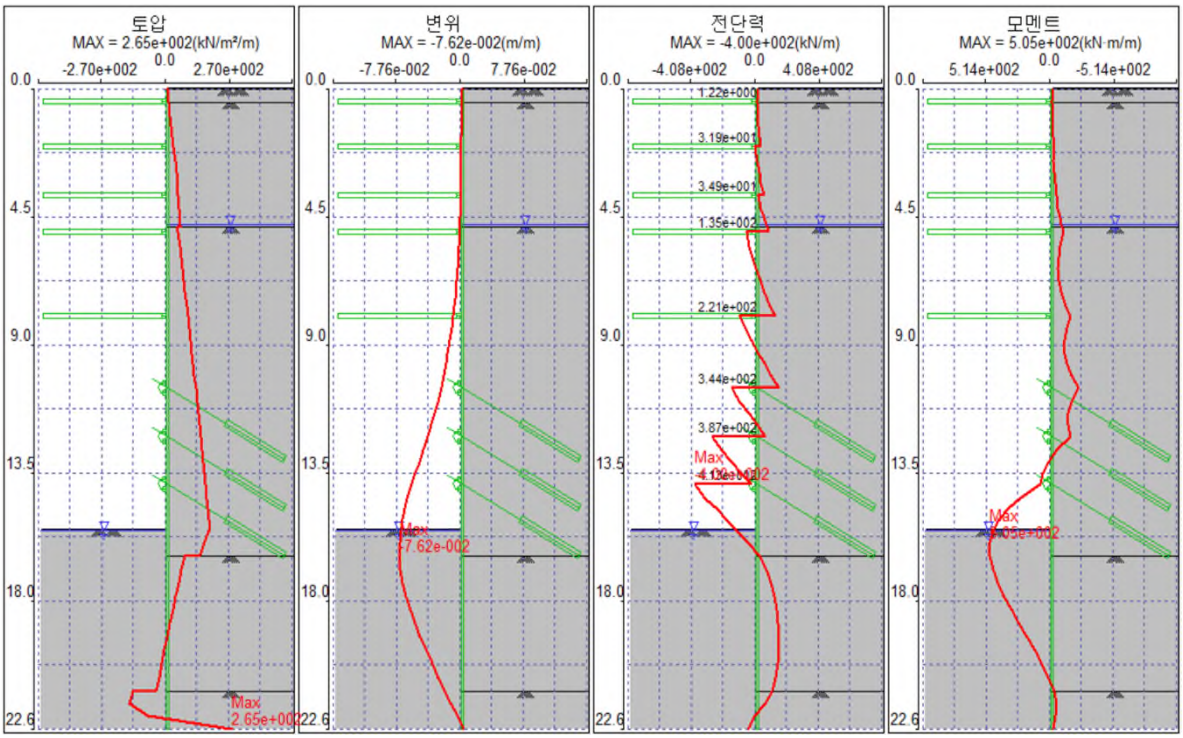
20) 시공 20 단계 [CS21 : 해체1]



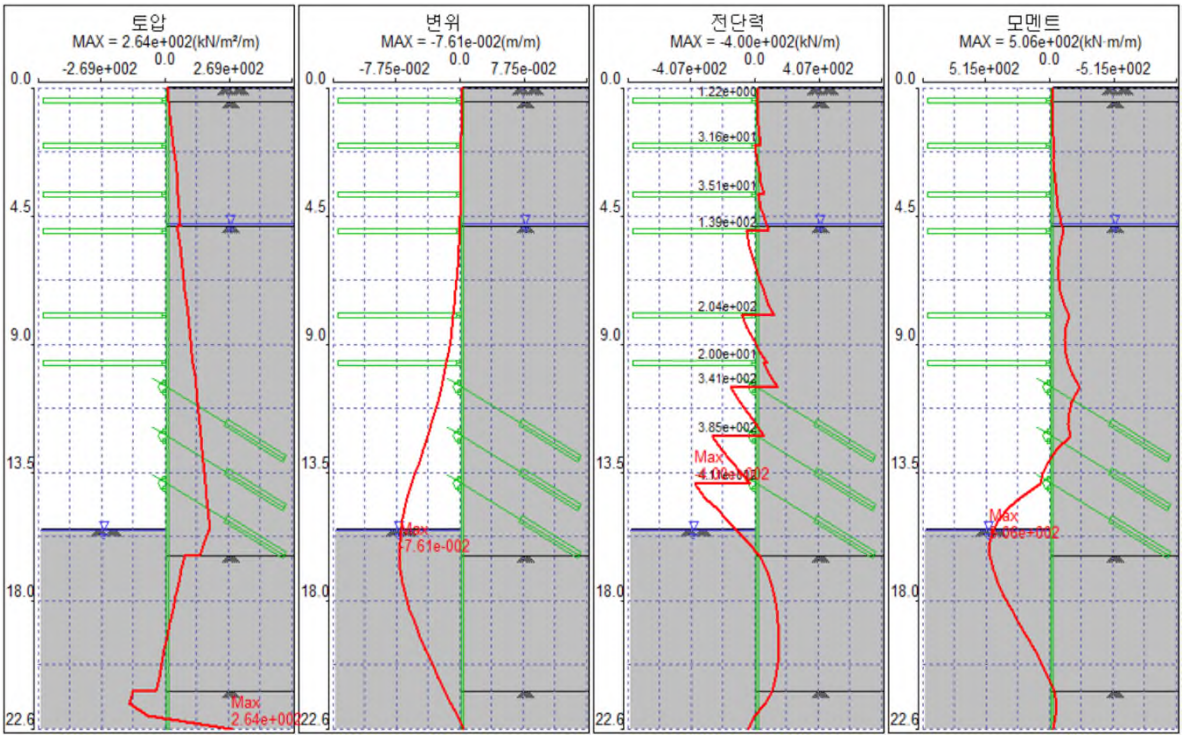
21) 시공 21 단계 [CS22 : 생성1]



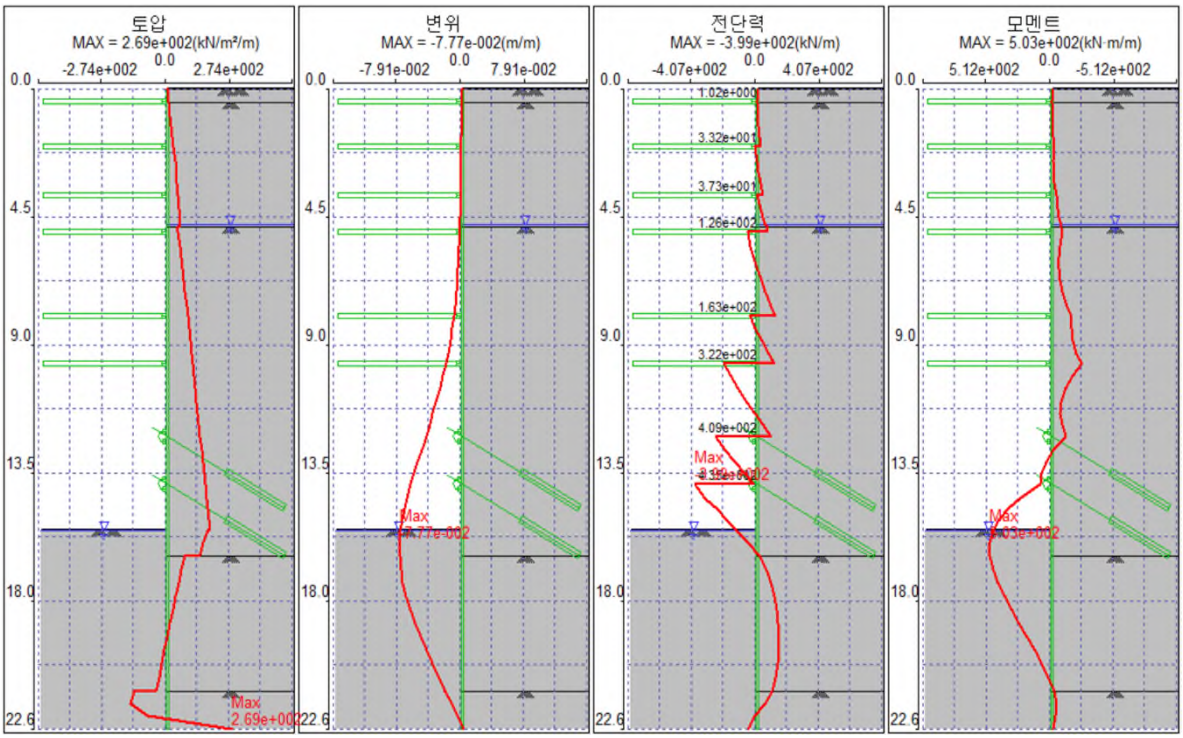
22) 시공 22 단계 [CS23 : 해체2]



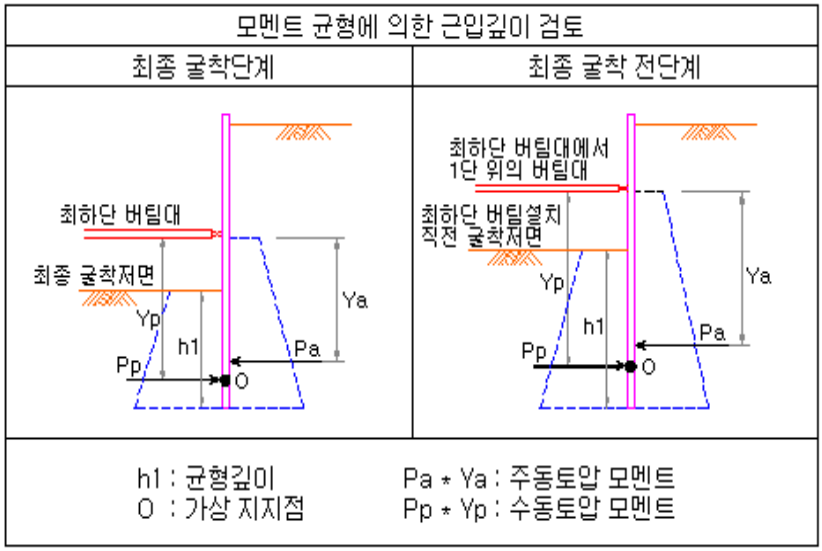
23) 시공 23 단계 [CS24 : 생성2]



24) 시공 24 단계 [CS25 : 해체3]



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	5.814	7.000	7734.358	9547.634	1.234	1.200	OK
최종 굴착 전단계	6.318	8.100	11169.722	14540.113	1.302	1.200	OK

13.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -13.95 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 240.92 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 0.819 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1421.779 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 5.301 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (240.92 x 0.819) + (1421.779 x 5.301) = 7734.358 kN · m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1547.002 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 6.172 m

Mp = (Pp x Yp) = (1547.002 x 6.172) = 9547.634 kN · m

* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 9547.634 / 7734.358 = 1.234

S.F. = 1.234 > 1.2 ... OK

13.3.2. 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

H-Pile

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1 m, 굴착면 하부 = 1 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 1 m

그 외 흙막이벽은 단위 폭당 작용함.

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -13.95 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (Pa1) = 309.559 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Ya1) = 1.138 m

굴착면 하부토압 (Pa2) = 1654.81 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Ya2) = 6.537 m

Ma = (Pa1 x Ya1) + (Pa2 x Ya2)

Ma = (309.559 x 1.138) + (1654.81 x 6.537) = 11169.722 kN·m

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1912.202 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 7.604 m

Mp = (Pp x Yp) = (1912.202 x 7.604) = 14540.113 kN·m

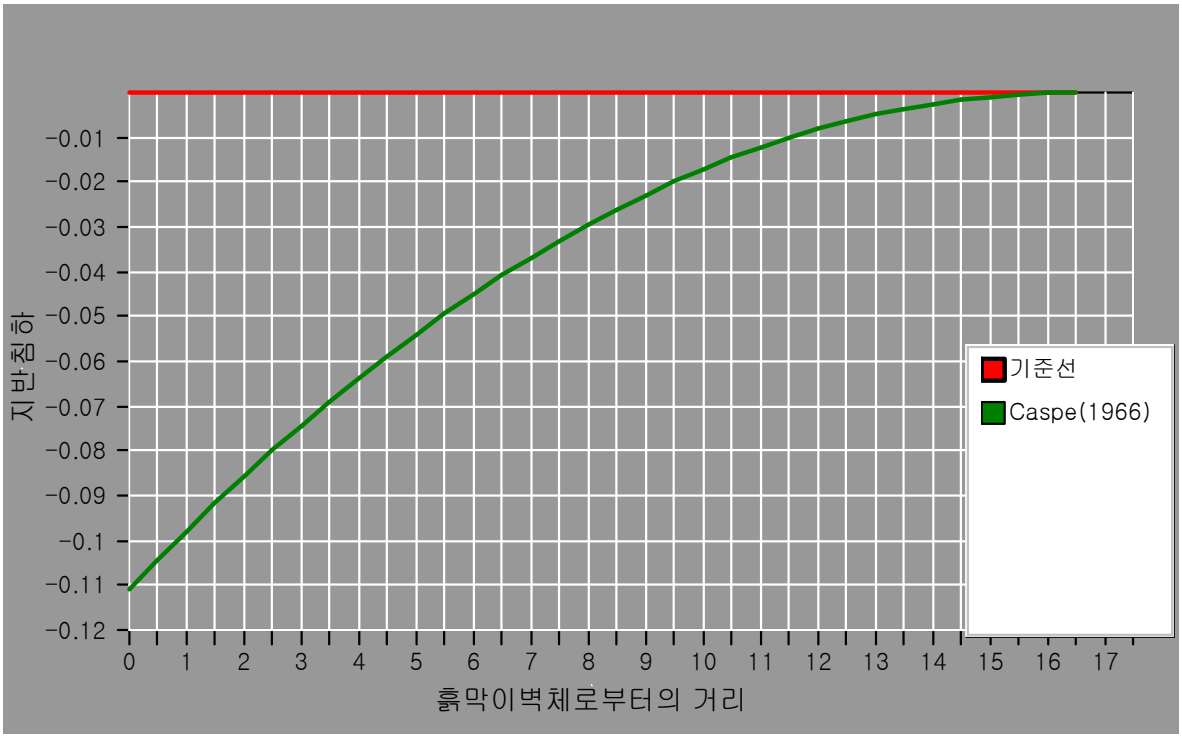
* 계산된 토압 (Pa1, Pa2, Pp) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

S.F. = Mp / Ma = 14540.113 / 11169.722 = 1.302

S.F. = 1.302 > 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 = -0.457 m^3 /m

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (Hw)

B = 16 m, Hw = 15.55 m

3) 굴착영향 거리 (Ht)

평균 내부 마찰각 (ϕ) = 32.742 [deg]

Hp = 0.5 x B x tan(45 + ϕ /2)

Hp = 0.5 x 16 x tan(45 + 32.742/2) = 14.655 m

Ht = Hp + Hw = 14.655 + 15.55 = 30.205 m

4) 침하영향 거리 (D)

D = Ht x tan(45-ϕ /2)

D = 30.205 x tan(45-32.742/2) = 16.488 m

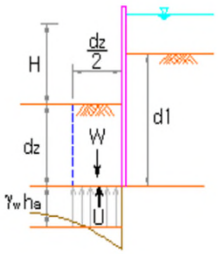
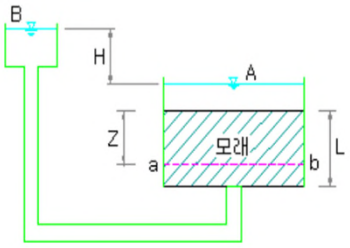
5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (Sw)

Sw = 4 x Vs / D = 4 x -0.457 / 16.488 = -0.111 m

6) 거리별 침하량 (Si)

Si = Sw x ((D - Xi) / D)^2 = -0.111 x ((16.488 - Xi) / 16.488)^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	135.275	274.155	2.027	0.356	1.112	3.127	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 = 10 x 3.865 x 7 / 2 = 135.275

2) 보일링에 저항하려는 흙의 중량 W (kN)

W = γ' x D^2 / 2 = 11.19 x 7^2 / 2 = 274.155

3) 근입부의 안전율

S.F. = W / U = 274.155 / 135.275 = 2.027

S.F. = 2.027 > 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 = 7.73 / 21.73 = 0.356

2) 한계동수구배 (Ic)

Ic = γ' / γw = 11.122 / 10 = 1.112

3) 근입부의 안전율

S.F. = Ic / I = 1.112 / 0.356 = 3.127

S.F. = 3.127 > 2 ... OK

여기서,

H : 수위차 (m)

L : 모래층의 두께 (m)

γw : 물의 단위중량 (kN/m³)

γ' : 수중 단위중량 (kN/m³)