

중앙선 도담~영천 복선전철 10공구

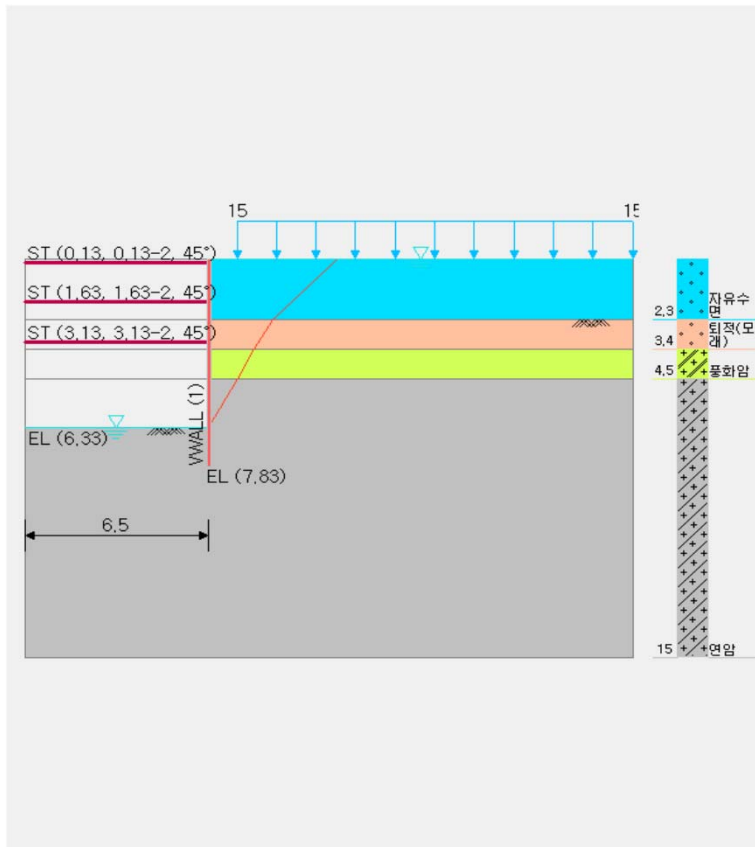
산운교 가시설 구조계산서

TYPE-P3(하천구간)

목 차

1. 표준단면
2. 설계요약
3. 설계조건
4. 사보강 Strut 설계
5. 띠장 설계
6. Sheet 설계
7. 전산 입력 정보
8. 해석결과

1. 표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

2.2 사보강 Strut

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 250x250x9/14	0.13	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	17.028	133.740	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	9.259	108.000	O.K		
Strut-2 H 250x250x9/14	1.63	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	25.121	133.740	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	9.259	108.000	O.K		
Strut-3 H 250x250x9/14	3.13	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	69.132	133.740	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	9.259	108.000	O.K		

2.3 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 250x250x9/14	0.13	휨응력	15.073	177.660	O.K		
		전단응력	19.622	108.000	O.K		
Strut-2 H 250x250x9/14	1.63	휨응력	45.496	177.660	O.K		
		전단응력	59.227	108.000	O.K		
Strut-3 H 250x250x9/14	3.13	휨응력	118.650	177.660	O.K		
		전단응력	65.035	108.000	O.K		

2.4 Sheet Pile

부 재	구간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) :SP-IIIW(SY295(SY30	0.00 ~	휨응력	69.035	243.000	O.K		
	7.83	전단응력	15.881	135.000	O.K		

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

- 가. 굴착공법
Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강)로 지지하면서 굴착함.
- 나. 흙막이벽(측벽)
Sheet Pile
Sheet Pile 간격 : 0.60m
- 다. 지보재

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
사보강 버팀보	H 250x250x9/14(SS400)	2.00m	
띠장	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

- 가. 강재
[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < \ell/r \leq 18.6$ 210	$0 < \ell/r \leq 16$ 285	$0 < \ell/r \leq 15.1$ 322.5	$0 < \ell/r \leq 13.4$ 405
		$18.6 < \ell/r \leq 92.8$ $210 - 1.23(\ell/r - 18.6)$	$16 < \ell/r \leq 80.1$ $285 - 1.935(\ell/r - 16)$	$15.1 < \ell/r \leq 75.5$ $322.5 - 2.33(\ell/r - 15.1)$	$13.4 < \ell/r \leq 67.1$ $405 - 4.95(\ell/r - 13.4)$
		$92.8 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{6,700 + (\ell/r)^2}$	$80.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{5,000 + (\ell/r)^2}$	$75.5 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{4,400 + (\ell/r)^2}$	$67.1 < \ell/r$ $\frac{1,800,000}{3,500 + (\ell/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 4.6$ 210	$\ell/b \leq 4.0$ 285	$\ell/b \leq 3.8$ 322.5	$\ell/b \leq 3.4$ 405
		$4.6 < \ell/b \leq 30$ $210 - 3.735(\ell/b - 4.6)$	$4.0 < \ell/b \leq 30$ $285 - 5.865(\ell/b - 4.0)$	$3.8 < \ell/b \leq 27$ $322.5 - 1.035(\ell/b - 3.8)$	$3.4 < \ell/b \leq 25$ $405 - 9.96(\ell/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

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

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
응 령	인장응력	270
	압축응력	270
전단응력		150

다. 볼트

[볼트 허용응력] (MPa)

볼 트 종 류	응 령 의 종 류	허 용 응 령	비 고
보 통 볼 트	전 단	135	4T 기준
	지 압	315	
고 장 령 볼 트	전 단	150	F8T 기준
	지 압	360	
고 장 령 볼 트	전 단	285	F10T 기준
	지 압	355	

3.3 적용 프로그램

가. midas GeoX V 4.5.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

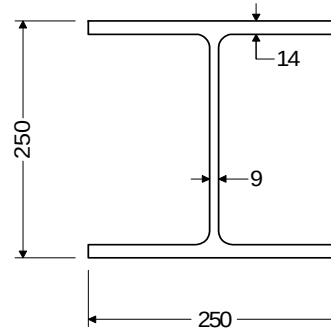
4. 사보강 Strut 설계

4.1 Strut-1

가. 설계제원

- (1) 설계지간 : 7.400 m
 (2) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

w (N/m)	709.619
A (mm ²)	9218.000
I _x (mm ⁴)	108000000.000
Z _x (mm ³)	867000.000
R _x (mm)	108.0
R _y (mm)	62.9



- (3) 버팀보 개수 : 1 단
 (4) 사보강 Strut 수평간격 : 2.000 m
 (5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

- (1) 최대축력 , $R_{max} = 13.068 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-1 (CS3 : 굴착 2.13 m)}$
 $= 13.068 \times 2.0 = 26.136 \text{ kN}$
 $= (R_{max} \times \text{사보강 Strut 수평간격}) / \text{지보재 수평간격} / \text{단수}$
 $= (26.136 \times 2.000) / 2.000 / 1 \text{ 단}$
 $= 26.136 \text{ kN}$
- (2) 온도차에 의한 축력 , $T = 120.0 \text{ kN} / 1 \text{ 단}$
 $= 120.0 \text{ kN}$
- (3) 설계축력 , $P_{max} = R_{max} / \cos \theta^\circ + T$
 $= 26.1 / \cos 45^\circ + 120.0$
 $= 157.0 \text{ kN}$
- (4) 설계휨모멘트 , $M_{max} = W \times L^2 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 \times 7.4 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 34.225 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- (5) 설계전단력 , $S_{max} = W \times L / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 18.500 \text{ kN}$

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

다. 작용응력 산정

- ▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 \times 1000000 / 867000.0 = 39.475 \text{ MPa}$
 ▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 156.962 \times 1000 / 9218 = 17.028 \text{ MPa}$
 ▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 18.500 \times 1000 / 1998 = 9.259 \text{ MPa}$

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	X

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
--------------------------------	-----

- ▶ 축방향 허용압축응력

$$\begin{aligned} f_{cao} &= 1.50 \times 0.9 \times 140.000 \\ &= 189.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_x / R_x &= 7400 / 108 \\ &= 68.519 \quad \text{---> } 18.6 < L_x/R_x \leq 92.8 \text{ 이므로} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cax} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (68.519 - 18.6)) \\ &= 133.740 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_y / R_y &= 3300 / 62.9 \\ &= 52.464 \quad \text{---> } 18.6 < L_y/R_y \leq 92.8 \text{ 이므로} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cay} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (52.464 - 18.6)) \\ &= 151.512 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 133.740 \text{ MPa}$$

- ▶ 허용 휨압축응력

$$\begin{aligned} L / B &= 7400 / 250 \\ &= 29.600 \quad \text{---> } 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ba} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (29.600 - 4.5)) \\ &= 107.676 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{eax} &= 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (68.519)^2 \\ &= 345.064 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- ▶ 허용전단응력

$$\begin{aligned} \tau_a &= 1.50 \times 0.9 \times 80 \\ &= 108.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

마. 응력 검토

▶ 압축응력, $f_{ca} = 133.740 \text{ MPa} > f_c = 17.028 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$

▶ 휨응력, $f_{ba} = 107.676 \text{ MPa} > f_b = 39.475 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$

▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} > \tau = 9.259 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}$

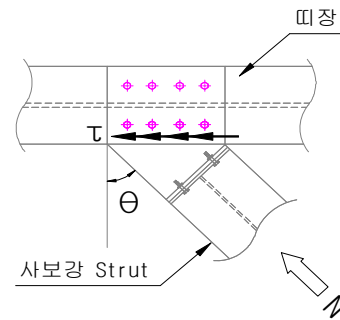
▶ 합성응력, $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{17.028}{133.740} + \frac{39.475}{107.676 \times (1 - (17.028 / 345.064))}$$

$$= 0.513 < 1.0 \quad \text{---> O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{\max} = P_{\max} \times \sin \theta^\circ$
 $= 156.962 \times \sin 45^\circ$
 $= 111.0 \text{ kN}$



$$\tau = N \cdot \sin \theta$$

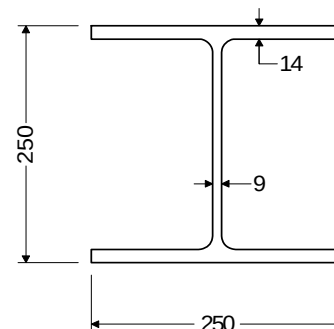
▶ 사용볼트 : F10T , M 22
▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 190 = 256.5 \text{ MPa}$
▶ 필요 볼트갯수 : $n_{\text{req}} = S_{\max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$
 $= 110989 / (256.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$
 $= 1.14 \text{ ea}$
▶ 사용 볼트갯수 : $n_{\text{used}} = 8 \text{ ea} > n_{\text{req}} = 1.14 \text{ ea} \rightarrow \text{O.K}$

4.2 Strut-2

가. 설계제원

- (1) 설계지간 : 7.400 m
(2) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

w (N/m)	709.619
A (mm ²)	9218.000
I _x (mm ⁴)	108000000.000
Z _x (mm ³)	867000.000
R _x (mm)	108.0
R _y (mm)	62.9



- (3) 버팀보 개수 : 1 단
(4) 사보강 Strut 수평간격 : 2.000 m
(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , $R_{\max} = 39.445 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-2 (CS5 : 굴착 3.63 m)}$
 $= 39.445 \times 2.0 = 78.890 \text{ kN}$
 $= (R_{\max} \times \text{사보강 Strut 수평간격}) / \text{지보재 수평간격} / \text{단수}$
 $= (78.890 \times 2.000) / 2.000 / 1 \text{ 단}$
 $= 78.890 \text{ kN}$
(2) 온도차에 의한 축력 , $T = 120.0 \text{ kN} / 1 \text{ 단}$
 $= 120.0 \text{ kN}$
(3) 설계축력 , $P_{\max} = R_{\max} / \cos \theta^\circ + T$
 $= 78.9 / \cos 45^\circ + 120.0$
 $= 231.6 \text{ kN}$

(4) 설계휨모멘트 , $M_{\max} = W \times L^2 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 \times 7.4 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 34.225 \text{ kN}\cdot\text{m}$

(5) 설계전단력 , $S_{\max} = W \times L / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 18.500 \text{ kN}$

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{\max} / Z_x = 34.225 \times 1000000 / 867000.0 = 39.475 \text{ MPa}$
▶ 압축응력 , $f_c = P_{\max} / A = 231.567 \times 1000 / 9218 = 25.121 \text{ MPa}$
▶ 전단응력 , $\tau = S_{\max} / A_w = 18.500 \times 1000 / 1998 = 9.259 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

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

구 분	보정계수	적용	강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
가설 구조물	1.50	O		
영구 구조물	1.25	X		

▶ 축방향 허용압축응력

$$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$$

$$= 189.000 \text{ MPa}$$

$$L_x / R_x = 7400 / 108$$

$$68.519 \text{ ---> } 18.6 < L_x/R_x \leq 92.8 \text{ 이므로}$$

$$f_{cax} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (68.519 - 18.6))$$

$$= 133.740 \text{ MPa}$$

$$L_y / R_y = 3300 / 62.9$$

$$52.464 \text{ ---> } 18.6 < L_y/R_y \leq 92.8 \text{ 이므로}$$

$$f_{cay} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (52.464 - 18.6))$$

$$= 151.512 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 133.740 \text{ MPa}$$

▶ 허용 휨압축응력

$$L / B = 7400 / 250$$

$$= 29.600 \text{ ---> } 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로}$$

$$f_{ba} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (29.600 - 4.5))$$

$$= 107.676 \text{ MPa}$$

$$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (68.519)^2$$

$$= 345.064 \text{ MPa}$$

▶ 허용전단응력

$$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$$

$$= 108.000 \text{ MPa}$$

마. 응력 검토

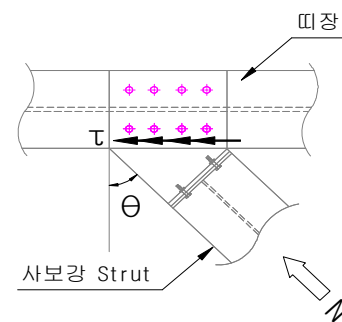
- ▶ 압축응력, $f_{ca} = 133.740 \text{ MPa} > f_c = 25.121 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
- ▶ 휨응력, $f_{ba} = 107.676 \text{ MPa} > f_b = 39.475 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
- ▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} > \tau = 9.259 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
- ▶ 합성응력, $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \times (1 - (f_c / f_{eac}))}$

$$= \frac{25.121}{133.740} + \frac{39.475}{107.676 \times (1 - (25.121 / 345.064))}$$

$$= 0.583 < 1.0 \rightarrow \text{O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

- ▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin \theta^\circ$
 $= 231.567 \times \sin 45^\circ$
 $= 163.7 \text{ kN}$



$$\tau = N * \sin \theta$$

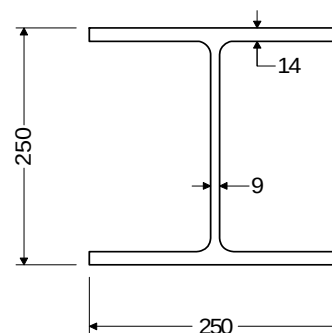
- ▶ 사용볼트 : F10T, M 22
- ▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 190 = 256.5 \text{ MPa}$
- ▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$
 $= 163743 / (256.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$
 $= 1.68 \text{ ea}$
- ▶ 사용 볼트갯수 : $n_{used} = 8 \text{ ea} > n_{req} = 1.68 \text{ ea} \rightarrow \text{O.K}$

4.3 Strut-3

가. 설계제원

- (1) 설계지간 : 7.400 m
- (2) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

w (N/m)	709.619
A (mm ²)	9218.000
I _x (mm ⁴)	108000000.000
Z _x (mm ³)	867000.000
R _x (mm)	108.0
R _y (mm)	62.9



- (3) 버팀보 개수 : 1 단
 (4) 사보강 Strut 수평간격 : 2.000 m
 (5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , $R_{max} = 182.880 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-3 (CS8 : 굴착 6.33 m(peck))}$
 $= 182.880 \times 2.0 = 365.759 \text{ kN}$
 $= (R_{max} \times \text{사보강 Strut 수평간격}) / \text{지보재 수평간격} / \text{단수}$
 $= (365.759 \times 2.000) / 2.000 / 1 \text{ 단}$
 $= 365.759 \text{ kN}$

(2) 온도차에 의한 축력 , $T = 120.0 \text{ kN} / 1 \text{ 단}$
 $= 120.0 \text{ kN}$

(3) 설계축력 , $P_{max} = R_{max} / \cos \theta^\circ + T$
 $= 365.8 / \cos 45^\circ + 120.0$
 $= 637.3 \text{ kN}$

(4) 설계휨모멘트 , $M_{max} = W \times L^2 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 \times 7.4 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 34.225 \text{ kN}\cdot\text{m}$

(5) 설계전단력 , $S_{max} = W \times L / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 18.500 \text{ kN}$

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 \times 1000000 / 867000.0 = 39.475 \text{ MPa}$
 ▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 637.261 \times 1000 / 9218 = 69.132 \text{ MPa}$
 ▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 18.500 \times 1000 / 1998 = 9.259 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

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

구 분	보정계수	적용	강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
가설 구조물	1.50	O		
영구 구조물	1.25	X		

- ▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$
 $= 189.000 \text{ MPa}$

$L_x / R_x = 7400 / 108$
 $68.519 \rightarrow 18.6 < L_x / R_x \leq 92.8 \text{ 이므로}$

$f_{cax} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (68.519 - 18.6))$
 $= 133.740 \text{ MPa}$

$L_y / R_y = 3300 / 62.9$
 $52.464 \rightarrow 18.6 < L_y / R_y \leq 92.8 \text{ 이므로}$

$f_{cay} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (52.464 - 18.6))$
 $= 151.512 \text{ MPa}$

$$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 133.740 \text{ MPa}$$

▶ 허용 휨압축응력

$$\begin{aligned} L/B &= 7400 / 250 \\ &= 29.600 \rightarrow 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로} \\ f_{ba} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (29.600 - 4.5)) \\ &= 107.676 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{eax} &= 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (68.519)^2 \\ &= 345.064 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▶ 허용전단응력

$$\begin{aligned} \tau_a &= 1.50 \times 0.9 \times 80 \\ &= 108.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

마. 응력 검토

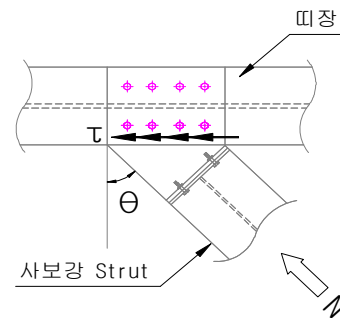
$$\begin{aligned} \text{▶ 압축응력, } f_{ca} &= 133.740 \text{ MPa} > f_c = 69.132 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K} \\ \text{▶ 휨응력, } f_{ba} &= 107.676 \text{ MPa} > f_b = 39.475 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K} \\ \text{▶ 전단응력, } \tau_a &= 108.000 \text{ MPa} > \tau = 9.259 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K} \\ \text{▶ 합성응력, } \frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \times (1 - (f_c / f_{eax}))} \end{aligned}$$

$$= \frac{69.132}{133.740} + \frac{39.475}{107.676 \times (1 - (69.132 / 345.064))}$$

$$= 0.975 < 1.0 \rightarrow \text{O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

$$\begin{aligned} \text{▶ 작용전단력} : S_{\max} &= P_{\max} \times \sin \theta^\circ \\ &= 637.261 \times \sin 45^\circ \\ &= 450.6 \text{ kN} \end{aligned}$$



$$\tau = N * \sin \theta$$

$$\begin{aligned} \text{▶ 사용볼트} : & \text{F10T, M 22} \\ \text{▶ 허용전단응력} : & \tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 190 = 256.5 \text{ MPa} \\ \text{▶ 필요 볼트갯수} : & n_{\text{req}} = S_{\max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4) \\ &= 450612 / (256.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4) \\ &= 4.62 \text{ ea} \\ \text{▶ 사용 볼트갯수} : & n_{\text{used}} = 8 \text{ ea} > n_{\text{req}} = 4.62 \text{ ea} \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

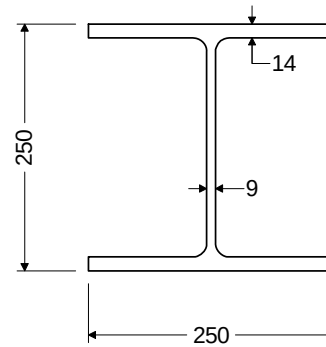
11. 띠장 설계

11.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

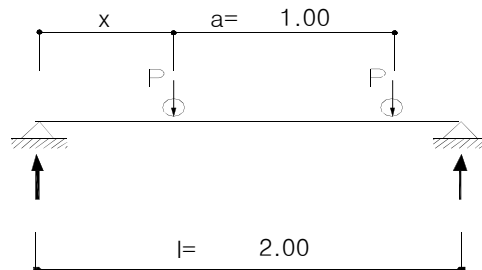
w (N/m)	709.6
A (mm ²)	9218.0
I_x (mm ⁴)	108000000.0
Z_x (mm ³)	867000.0
A_w (mm ²)	1998.0
R_x (mm)	108.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 토압에 의한 토류용 강재말뚝지점 반력을 집중하중으로 하고 버팀보 수평거리를 지간으로 하는 단순보 설계.



$$R_{\max} = 13.068 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-1 (CS3 : 굴착 2.13 m)}$$

$$P = 13.068 \times 1.00 \text{ m} / 1 \text{ ea} = 13.068 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= P / 2l (l - a / 2)^2 \dots\dots\dots (a < 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\ &= 13.068 / (2 \times 2.000) \times (2.000 - 1.000 / 2)^2 \\ &= 7.351 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= P \cdot l / 4 \dots\dots\dots (a > 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\ &= 13.068 \times 2.000 / 4 \\ &= 6.534 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

여기서, $l = 2.000 \text{ m}$

$a = 1.000 \text{ m} < 0.586 \cdot l = 1.172$ 이므로,

$$M_{\max} = 7.351 \text{ kN} \cdot \text{m} = 7,350,749 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= P (2 \cdot l - a) / l \\ &= 13.068 \times (2 \times 2.000 - 1.000) / 2.000 \\ &= 19.602 \text{ kN} = 19,602 \text{ N} \end{aligned}$$

다. 작용응력산정

$$\blacktriangleright \text{휨응력, } f_b = M_{\max} / Z_x = 13.068 \times 1000000 / 867000.0 = 15.073 \text{ MPa}$$

$$\blacktriangleright \text{전단응력, } \tau = S_{\max} / A_w = 19.602 \times 1000 / 1998 = 9.811 \text{ MPa}$$

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	X

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
--------------------------------	-----

$$\begin{aligned}
 L / B &= 2000 / 250 \\
 &= 8.000 \quad \text{---> } 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로} \\
 f_{ba} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (8.000 - 4.5)) \\
 &= 177.660 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_a &= 1.50 \times 0.9 \times 80 \\
 &= 108.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

마. 응력 검토

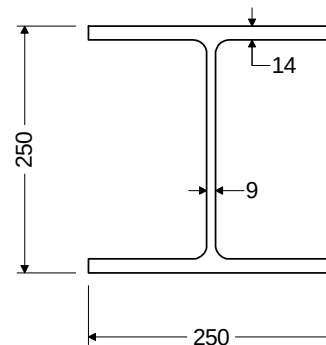
$$\begin{aligned}
 \text{▶ 휨응력, } f_{ba} &= 177.660 \text{ MPa} > f_b = 15.073 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K} \\
 \text{▶ 전단응력, } \tau_a &= 108.000 \text{ MPa} > \tau = 19.622 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}
 \end{aligned}$$

11.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

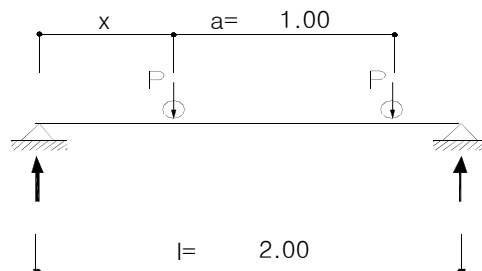
w (N/m)	709.6
A (mm ²)	9218.0
I _x (mm ⁴)	108000000.0
Z _x (mm ³)	867000.0
A _w (mm ²)	1998.0
R _x (mm)	108.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 토압에 의한 토류용 강재말뚝지점 반력을 집중하중으로 하고 버팀보 수평거리를 지간으로 하는 단순보 설계.



$$R_{\max} = 39.445 \text{ kN/m} \quad \text{---> Strut-2 (CS5 : 굴착 3.63 m)}$$

$$P = 39.445 \times 1.00 \text{ m} / 1 \text{ ea} = 39.445 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= P / 2l (l - a / 2)^2 \dots\dots\dots (a < 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\
 &= 39.445 / (2 \times 2.000) \times (2.000 - 1.000 / 2)^2 \\
 &= 22.188 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 2} &= P \cdot l / 4 \quad \dots\dots\dots (a > 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\
 &= 39.445 \times 2.000 / 4 \\
 &= 19.722 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

여기서, $l = 2.000 \text{ m}$
 $a = 1.000 \text{ m} < 0.586 \cdot l = 1.172$ 이므로,

$$M_{\max} = 22.188 \text{ kN} \cdot \text{m} = 22,187,735 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= P (2 \cdot l - a) / l \\
 &= 39.445 \times (2 \times 2.000 - 1.000) / 2.000 \\
 &= 59.167 \text{ kN} = 59,167 \text{ N}
 \end{aligned}$$

다. 작용응력산정

- ▶ 휨응력, $f_b = M_{\max} / Z_x = 39.445 \times 1000000 / 867000.0 = 45.496 \text{ MPa}$
- ▶ 전단응력, $\tau = S_{\max} / A_w = 118.335 \times 1000 / 1998 = 59.227 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

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

구 분	보정계수	적용	강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
가설 구조물	1.50	O		
영구 구조물	1.25	X		

- ▶ $L / B = 2000 / 250$
 $= 8.000 \rightarrow 4.5 < L/B \leq 30$ 이므로
 $f_{ba} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (8.000 - 4.5))$
 $= 177.660 \text{ MPa}$
- ▶ $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
 $= 108.000 \text{ MPa}$

마. 응력 검토

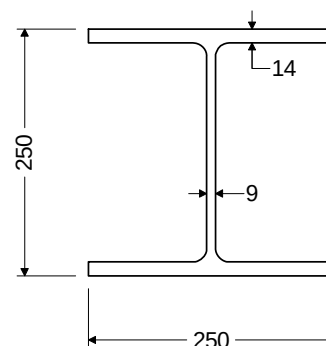
- ▶ 휨응력, $f_{ba} = 177.660 \text{ MPa} > f_b = 45.496 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
- ▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} > \tau = 59.227 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

11.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

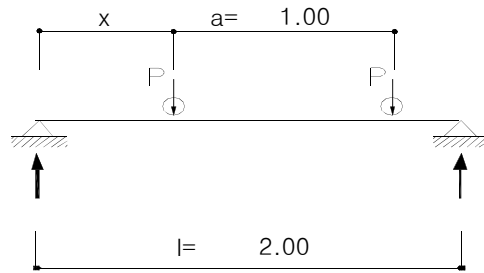
$w \text{ (N/m)}$	709.6
$A \text{ (mm}^2\text{)}$	9218.0
$I_x \text{ (mm}^4\text{)}$	108000000.0
$Z_x \text{ (mm}^3\text{)}$	867000.0
$A_w \text{ (mm}^2\text{)}$	1998.0
$R_x \text{ (mm)}$	108.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 토압에 의한 토류용 강재말뚝지점 반력을 집중하중으로 하고 버팀보 수평거리를 지간으로 하는 단순보 설계.



$$R_{\max} = 182.880 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-3 (CS8 : 굴착 6.33 m(peck))}$$

$$P = 182.880 \times 1.00 \text{ m} / 1 \text{ ea} = 182.880 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= P / 2l (l - a / 2)^2 \dots\dots\dots (a < 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\ &= 182.880 / (2 \times 2.000) \times (2.000 - 1.000 / 2)^2 \\ &= 102.870 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= P \cdot l / 4 \dots\dots\dots (a > 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\ &= 182.880 \times 2.000 / 4 \\ &= 91.440 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

여기서, $l = 2.000 \text{ m}$

$a = 1.000 \text{ m} < 0.586 \cdot l = 1.172$ 이므로,

$$M_{\max} = 102.870 \text{ kN}\cdot\text{m} = 102,869,734 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= P (2l - a) / l \\ &= 182.880 \times (2 \times 2.000 - 1.000) / 2.000 \\ &= 274.319 \text{ kN} = 274,319 \text{ N} \end{aligned}$$

다. 작용응력산정

- ▶ 휨응력, $f_b = M_{\max} / Z_x = 102.870 \times 1000000 / 867000.0 = 118.650 \text{ MPa}$
- ▶ 전단응력, $\tau = S_{\max} / A_w = 274.319 \times 1000 / 1998 = 137.297 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

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

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	○
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
-----------------------------	-----

- ▶ $L / B = 2000 / 250 = 8.000 \rightarrow 4.5 < L/B \leq 30$ 이므로

$$\begin{aligned} f_{ba} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (8.000 - 4.5)) \\ &= 177.660 \text{ MPa} \end{aligned}$$
- ▶ $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80 = 108.000 \text{ MPa}$

마. 응력 검토

- ▶ 휨응력, $f_{ba} = 177.660 \text{ MPa} > f_b = 118.650 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} < \tau = 137.297 \text{ MPa} \rightarrow \text{N.G}$

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

$$A' = (250.000 - 14.000 \times 2) \times 5 \times 2 = 2220.000 \text{ mm}^2$$

$$A_w' = A_w + A'$$

$$= ##### \text{ mm}^2 + 2220.000 \text{ mm}^2 = 4218.000 \text{ mm}^2$$

$$\tau' = S_{\max} / A_w' = 274319.291 / 4218.000 = 65.035 \text{ MPa}$$

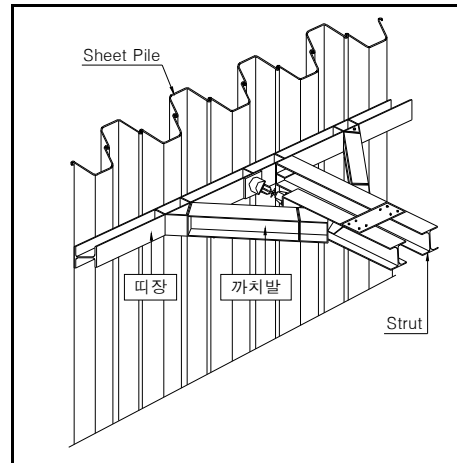
- ▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} > \tau' = 65.035 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 7.83m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIW
허용 휨응력(f_{ba} , MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a , MPa)	100.0
총단면적(A , mm ²)	17320.0
복부 단면적(A_w , mm ²)	8040.0
I_x (mm ⁴)	324000000.0
Z_x (mm ³)	1800000.0
말뚝의 사용간격(본/m)	-
단면유효율(α)	0.6



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= 74.558 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \quad \text{---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 6.33 m)} \\
 &= \text{단위폭당 최대 휨 모멘트} \times \text{단위폭} \\
 &= 74.558 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)} \times 1.00 \text{ m} = 74.558 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

(2) 최대 전단력 (S_{max})

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= 127.686 \text{ kN/m} \quad \text{---> 흙막이벽(우) (CS8 : 굴착 6.33 m(peck))} \\
 &= \text{단위폭당 최대 전단력} \times \text{단위폭} \\
 &= 127.686 \text{ (kN/m)} \times 1.00 \text{ m} = 127.686 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(3) 최대 연직하중 (P_{max})

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= \text{주형보 반력} + \text{자중 및 작업하중} + \text{지보재 수직분력} \\
 &= 0.000 \text{ kN/m} + 0.000 \text{ kN/m} + 0.000 \text{ kN/m} \\
 &= 0.000 \text{ kN/m} \\
 &= \text{단위폭당 최대 연직하중} \times \text{단위폭} \\
 &= 0.000 \text{ (kN/m)} \times 1.00 \text{ m} = 0.000 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

다. 허용응력 산정

보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	○
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
-----------------------------	-----

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

$$\begin{aligned}
 f_{ba}' &= (\text{보정계수} \times \text{허용응력}) \times \text{부식을 고려한 저감계수} \\
 &= (1.5 \times 180.0) \times 0.9 = 243 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 허용 전단응력(τ_a')

$$\begin{aligned}
 \tau_a' &= (\text{보정계수} \times \text{허용응력}) \times \text{부식을 고려한 저감계수} \\
 &= (1.5 \times 100.0) \times 0.9 = 135 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$\begin{aligned} f_b &= \frac{M_{\max}}{\alpha \times Z_x} + \frac{P_{\max}}{A} \\ &= \frac{74.558 \times 10^6}{0.6 \times 1800000.00} + \frac{0.000 \times 10^3}{17320.0} = 69.035 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A_w} = \frac{127.686 \times 10^3}{8040.00} = 15.881 \text{ MPa}$$

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

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 15 m, 굴착폭 = 6.5 m, 최대굴착깊이 = 6.33 m, 전모델높이 = 15 m

7.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ ([deg])	N값	수평지반 반력계수 (kN/m ³)
1	자유수면	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
2	퇴적(모래)	3.40	18.00	19.00	0.00	27.00	7	15226.00
3	풍화암	4.50	20.00	21.00	29.00	33.00	50	33826.00
4	연암	15.00	23.00	24.00	250.00	33.00	50	50000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIW	SY295(SY30)	7.83	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 250x250x9/14	SS400	0.13	2	3.7	0	1
2	Strut-2	H 250x250x9/14	SS400	1.63	2	3.7	0	1
3	Strut-3	H 250x250x9/14	SS400	3.13	2	3.7	0	1

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	차량하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 0 m, 수위차 = 6.33 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.63	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.13	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	3.63	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	6.33	-	-	-	-	-	-	X	X
8	6.33	-	-	-	-	-	경험토압	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 0.63 m	0.63	22.46	3.1	-21.18	5.4	0.00	0.1	-44.51	4.1
CS2 : 생성 Strut-1	0.63	22.44	3.1	-21.21	5.4	0.00	0.1	-44.53	4.1
CS3 : 굴착 2.13 m	2.13	34.91	3.4	-20.83	5.9	11.64	1.6	-42.85	4.5
CS4 : 생성 Strut-2	2.13	34.91	3.4	-20.83	5.9	11.64	1.6	-42.85	4.5
CS5 : 굴착 3.63 m	3.63	34.65	3.6	-29.16	1.6	4.72	2.7	-34.92	5.0
CS6 : 생성 Strut-3	3.63	34.66	3.6	-29.16	1.6	4.72	2.7	-34.93	5.0
CS7 : 굴착 6.33 m	6.33	50.39	3.1	-110.96	3.1	51.27	5.4	-74.56	3.1
CS8 : 굴착 6.33 m(peck)	6.33	55.19	3.1	-127.69	3.1	71.21	5.4	-70.45	3.1
TOTAL		55.19	3.1	-127.69	3.1	71.21	5.4	-74.56	3.1

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.

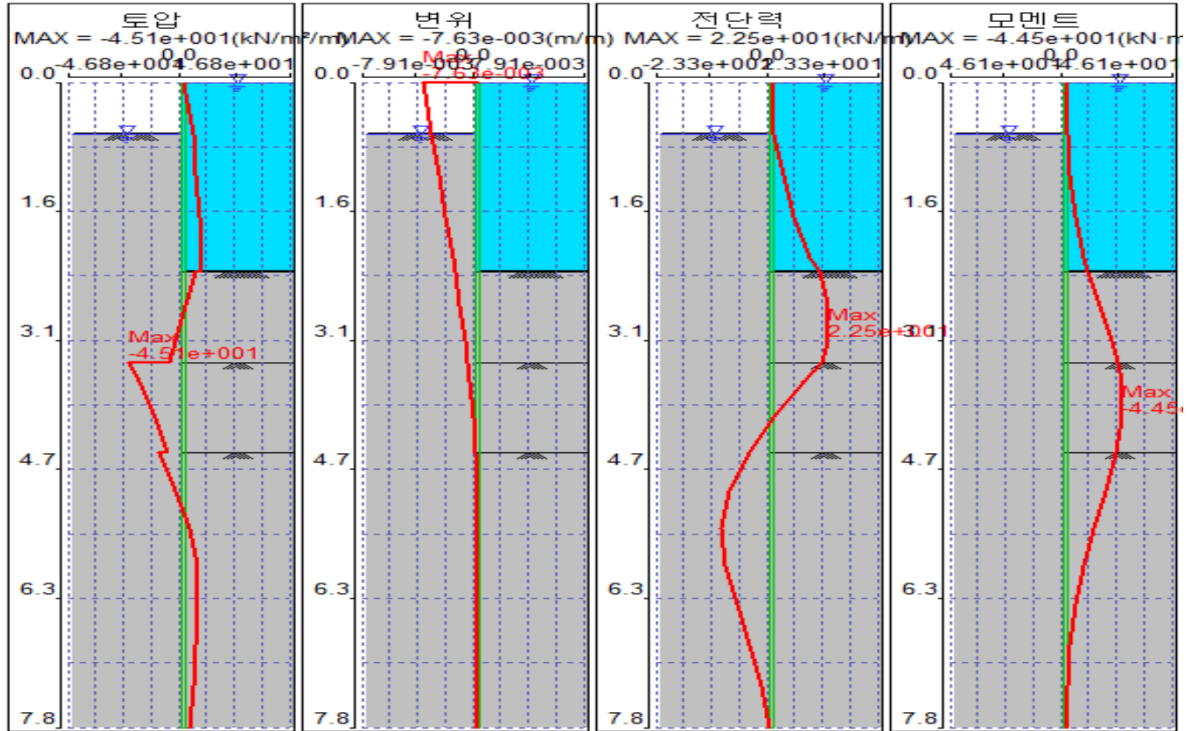
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.

* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

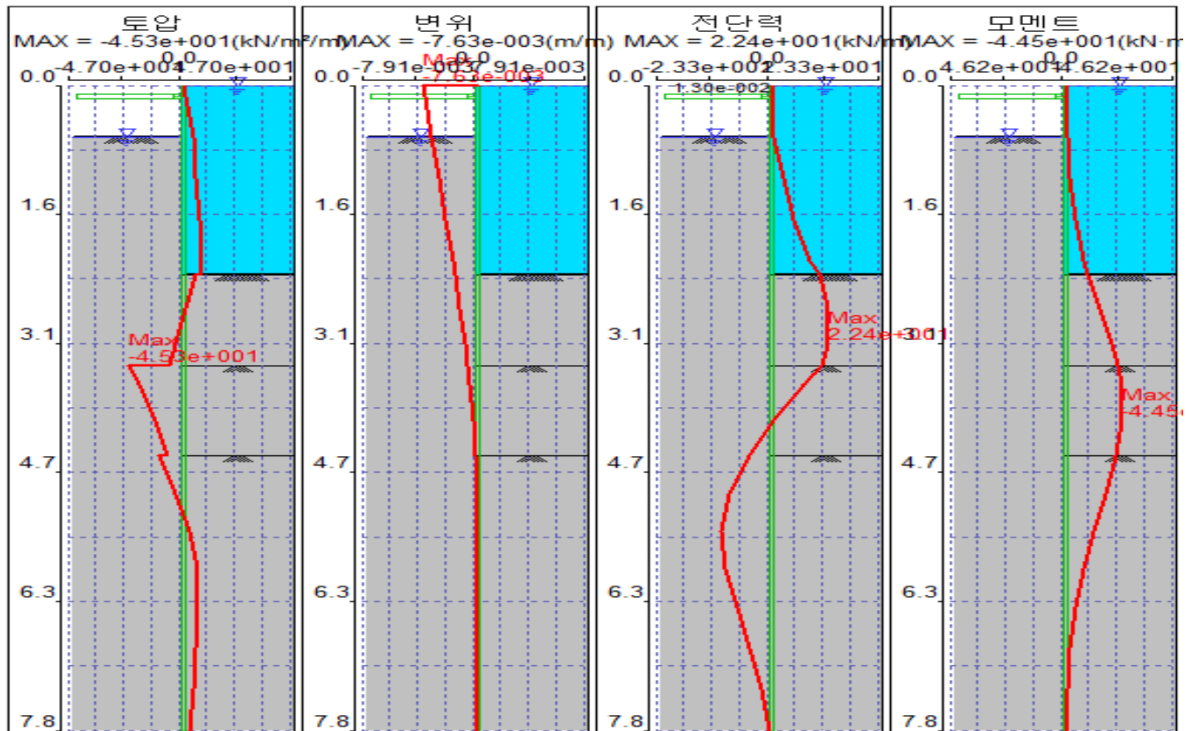
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3		
		0.13 (m)	1.63 (m)	3.13 (m)		
CS1 : 굴착 0.63 m	0.63	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	0.63	0.01	-	-		
CS3 : 굴착 2.13 m	2.13	13.07	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	2.13	13.07	0.00	-		
CS5 : 굴착 3.63 m	3.63	1.13	39.44	-		
CS6 : 생성 Strut-3	3.63	1.13	39.44	-0.01		
CS7 : 굴착 6.33 m	6.33	-10.10	12.41	161.36		
CS8 : 굴착 6.33 m(peck)	6.33	-5.46	7.66	182.88		
TOTAL		13.07	39.44	182.88		

8.2 시공단계별 단면력도

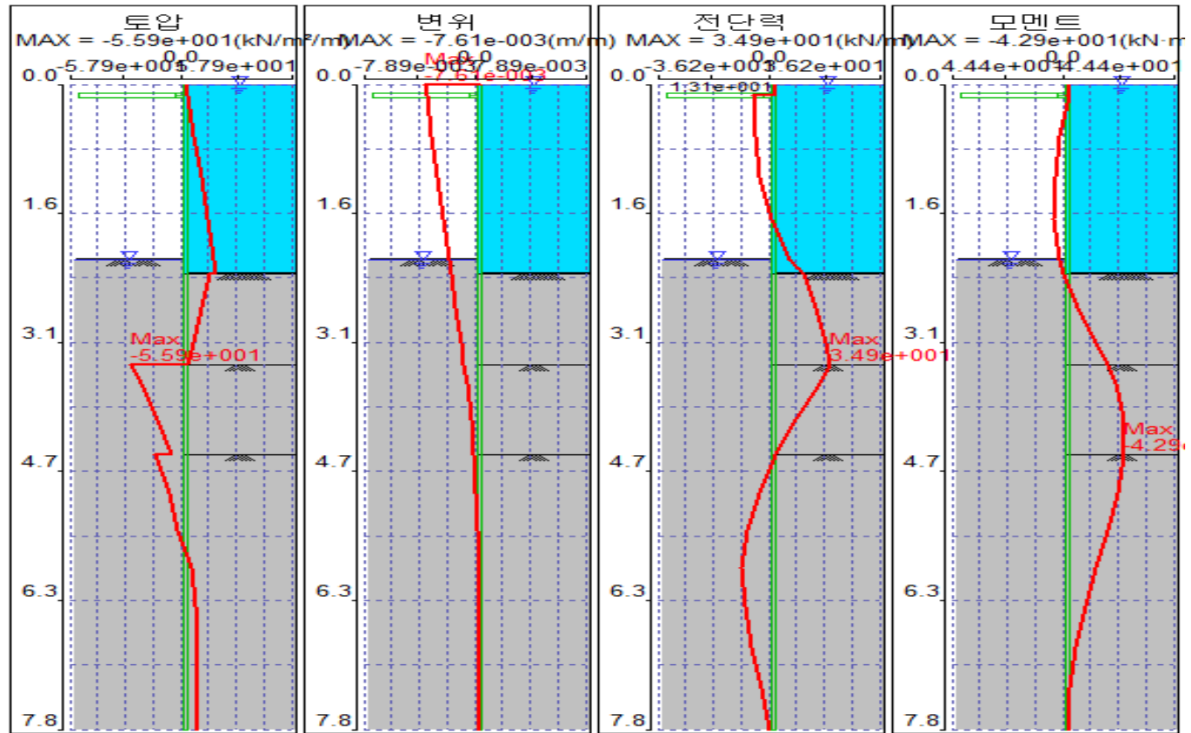
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.63 m]



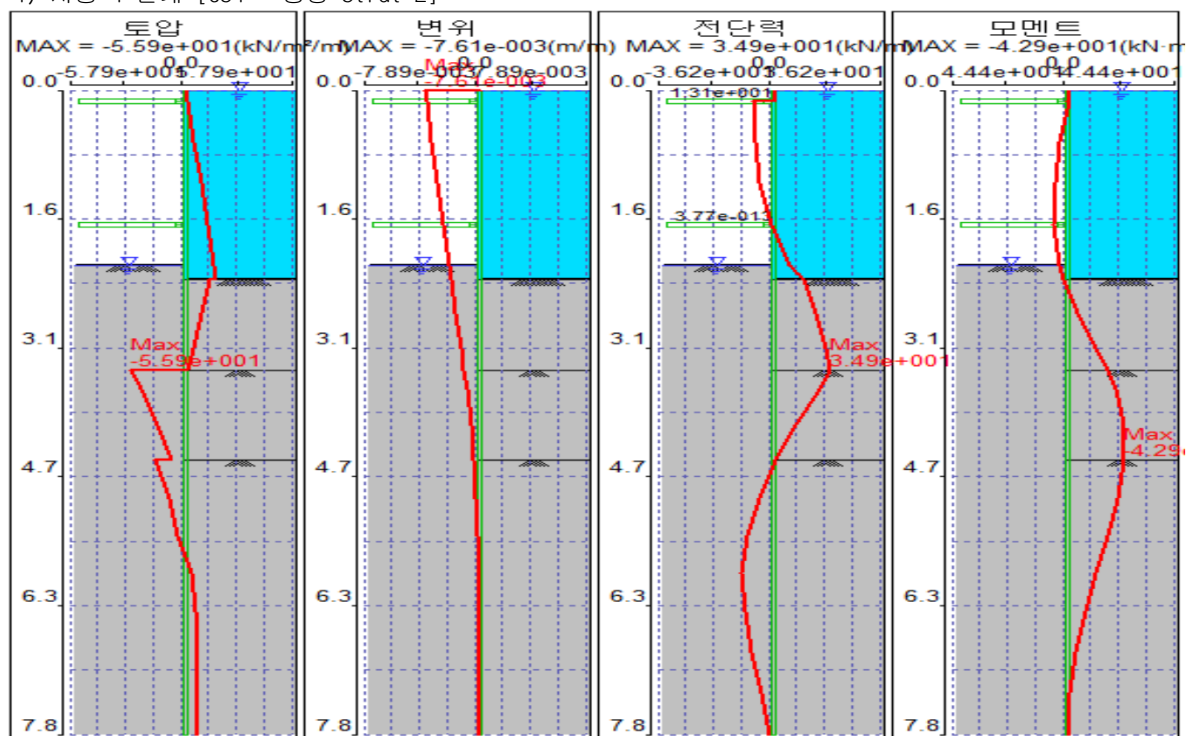
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



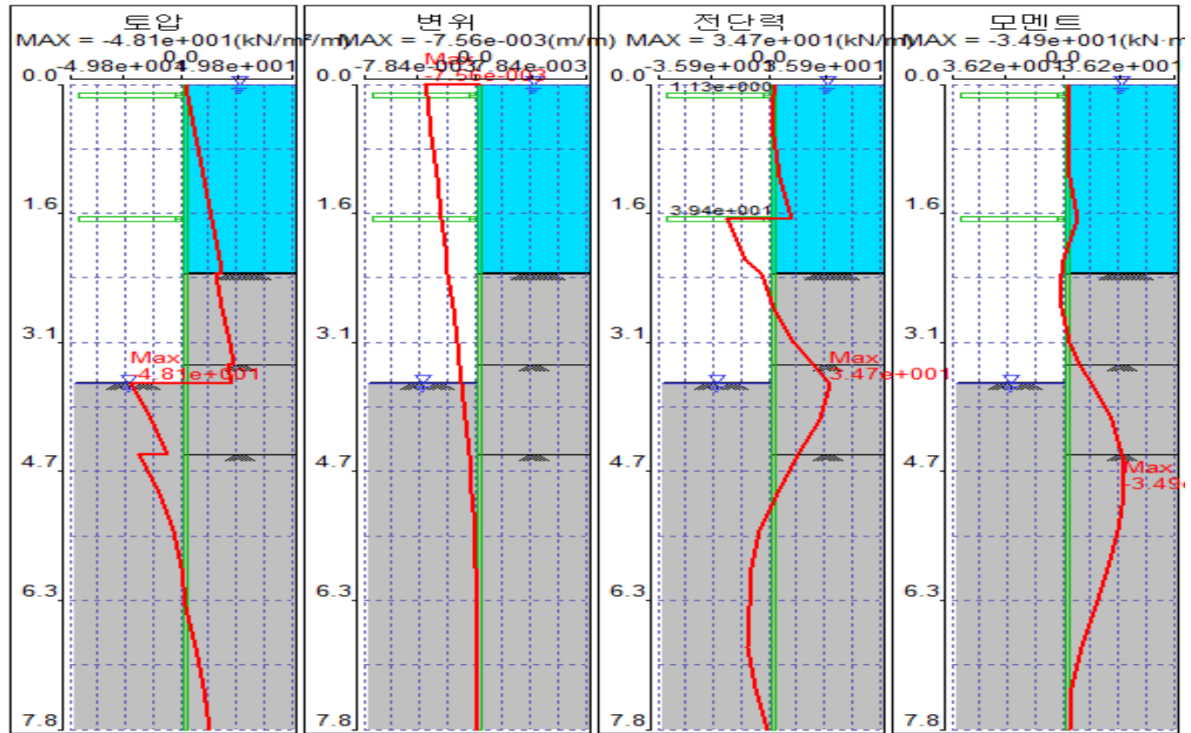
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.13 m]



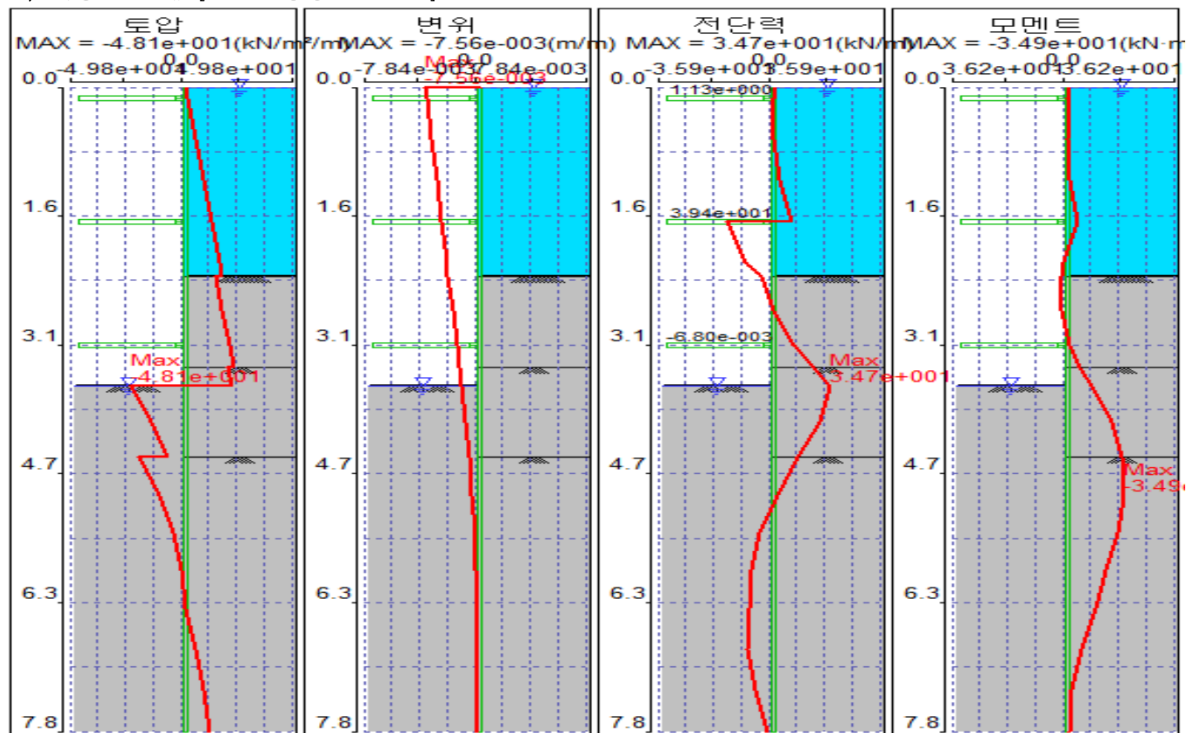
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



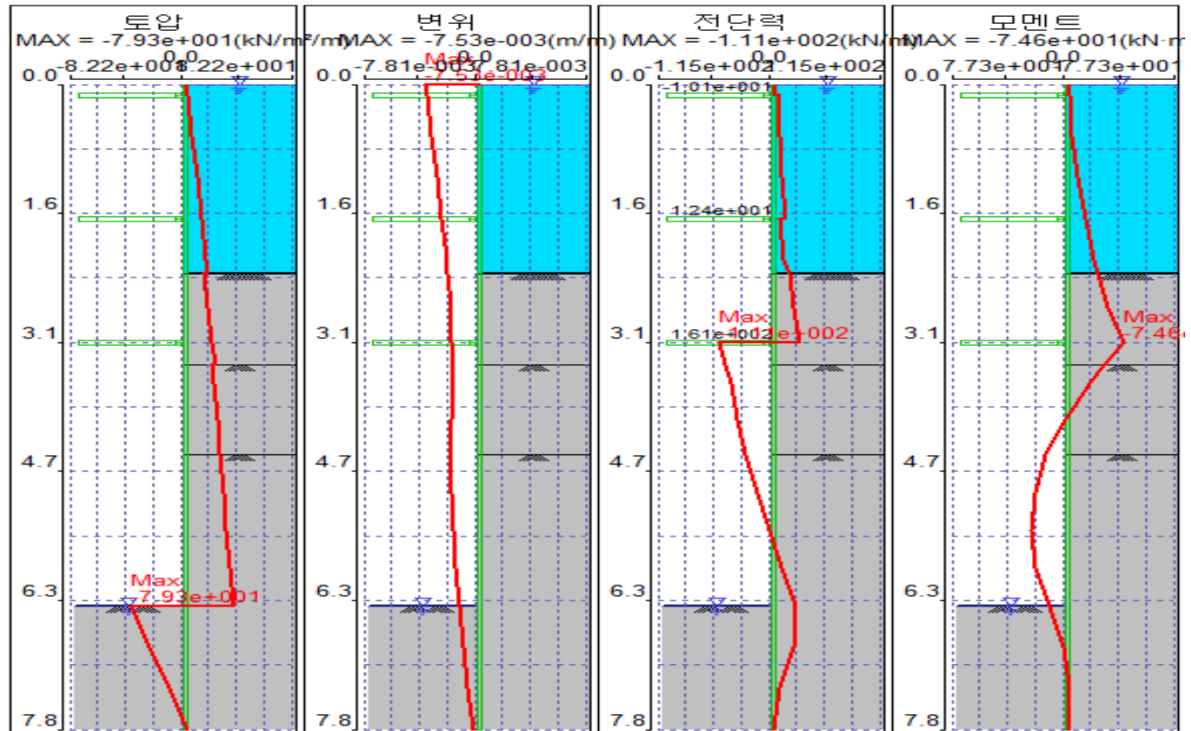
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 3.63 m]



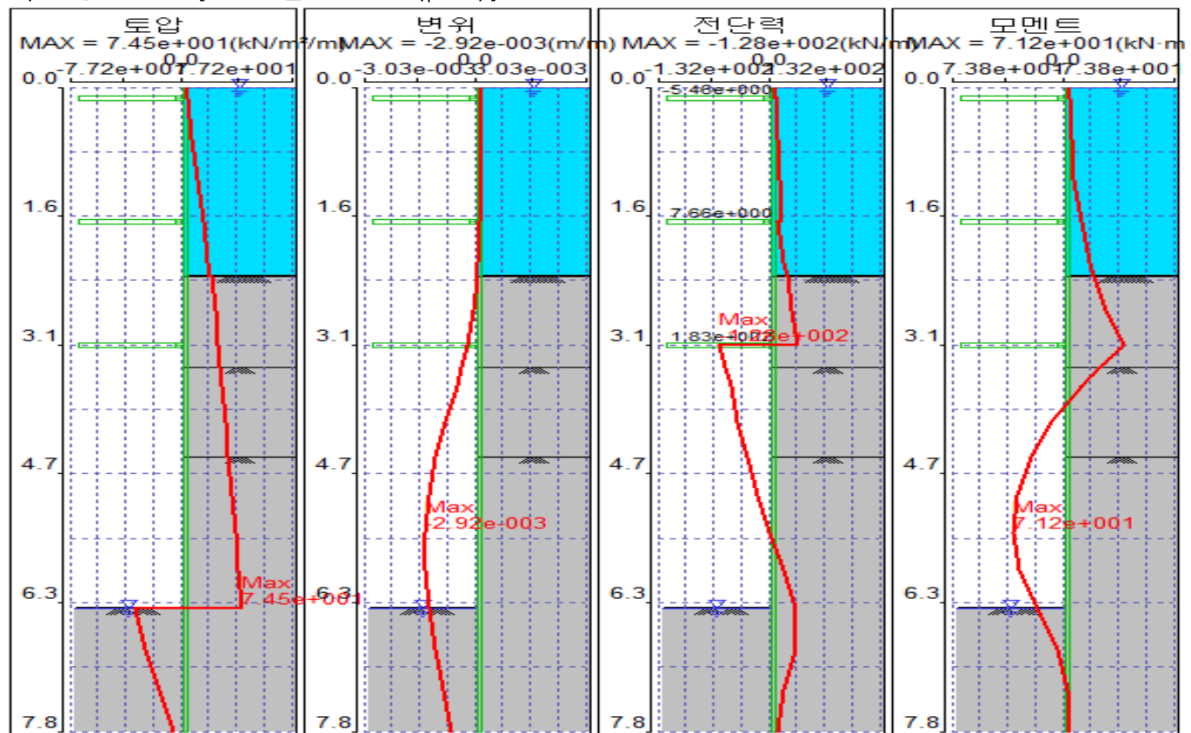
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



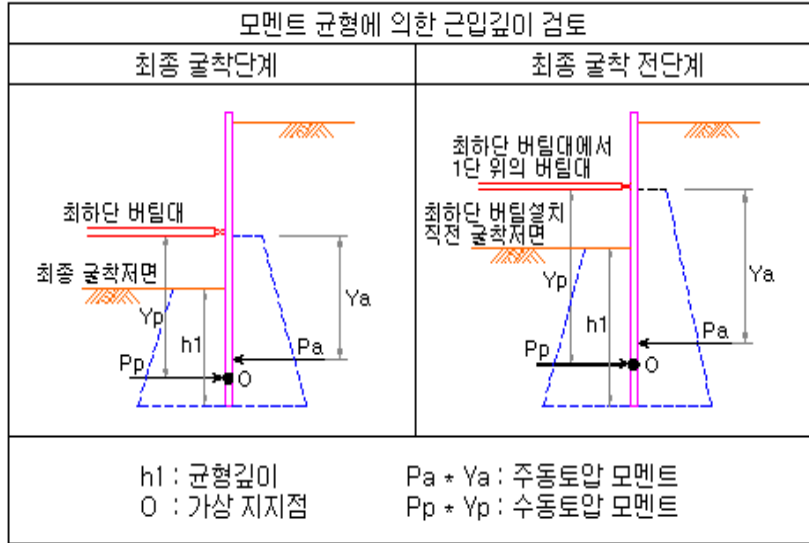
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.33 m]



8) 시공 8 단계 [CS8 : 굴착 6.33 m(peck)]



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	0.110	1.500	764.861	5728.244	7.489	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.412	4.200	1176.034	16424.199	13.966	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 -3.13 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 ($Pa1$) = 187.499 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 ($Ya1$) = 1.748 m

굴착면 하부토압 ($Pa2$) = 109.946 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 ($Ya2$) = 3.976 m

$$Ma = (Pa1 \times Ya1) + (Pa2 \times Ya2)$$

$$Ma = (187.499 \times 1.748) + (109.946 \times 3.976) = 764.861 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1446.004 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.961 m

$$Mp = (Pp \times Yp) = (1446.004 \times 3.961) = 5728.244 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

3) 근입부의 안전율

$$S.F. = Mp / Ma = 5728.244 / 764.861 = 7.489$$

$$S.F. = 7.489 > 1.2 \dots \text{OK}$$

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 (P_{a1}) = 63.292 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Y_{a1}) = 1.097 m

굴착면 하부토압 (P_{a2}) = 254.6 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Y_{a2}) = 4.346 m

$$M_a = (P_{a1} \times Y_{a1}) + (P_{a2} \times Y_{a2})$$

$$M_a = (63.292 \times 1.097) + (254.6 \times 4.346) = 1176.034 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (P_p) = 3633.21 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Y_p) = 4.521 m

$$M_p = (P_p \times Y_p) = (3633.21 \times 4.521) = 16424.199 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

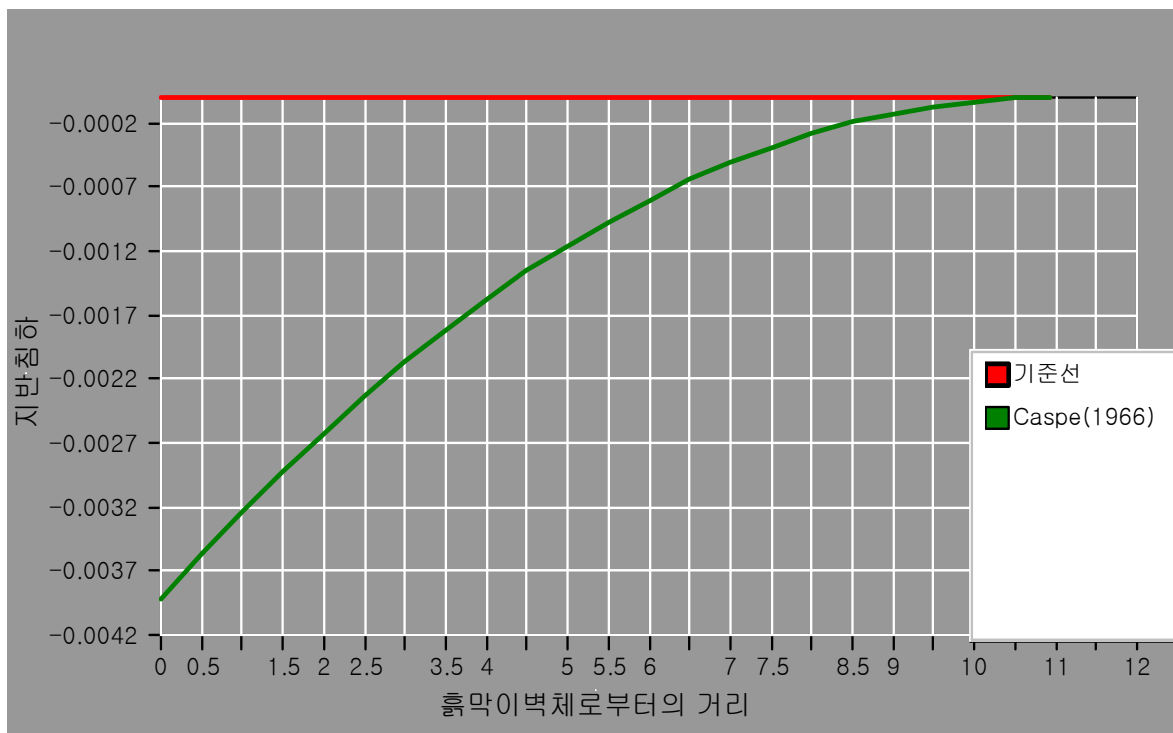
* 계산된 토압 (P_{a1} , P_{a2} , P_p) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

$$S.F. = M_p / M_a = 16424.199 / 1176.034 = 13.966$$

$$S.F. = 13.966 > 1.2 \dots \text{OK}$$

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (V_s)

$$V_s = -0.011 \text{ m}^3 / \text{m}$$

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (H_w)

$$B = 13 \text{ m}, \quad H_w = 6.33 \text{ m}$$

3) 굴착영향 거리 (H_t)

$$\text{평균 내부 마찰각 } (\phi) = 19.967 [\text{deg}]$$

$$H_p = 0.5 \times B \times \tan(45 + \phi/2)$$

$$H_p = 0.5 \times 13 \times \tan(45 + 19.967/2) = 9.277 \text{ m}$$

$$H_t = H_p + H_w = 9.277 + 6.33 = 15.607 \text{ m}$$

4) 침하영향 거리 (D)

$$D = H_t \times \tan(45 - \phi/2)$$

$$D = 15.607 \times \tan(45 - 19.967/2) = 10.935 \text{ m}$$

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (S_w)

$$S_w = 4 \times V_s / D = 4 \times -0.011 / 10.935 = -0.004 \text{ m}$$

6) 거리별 침하량 (S_i)

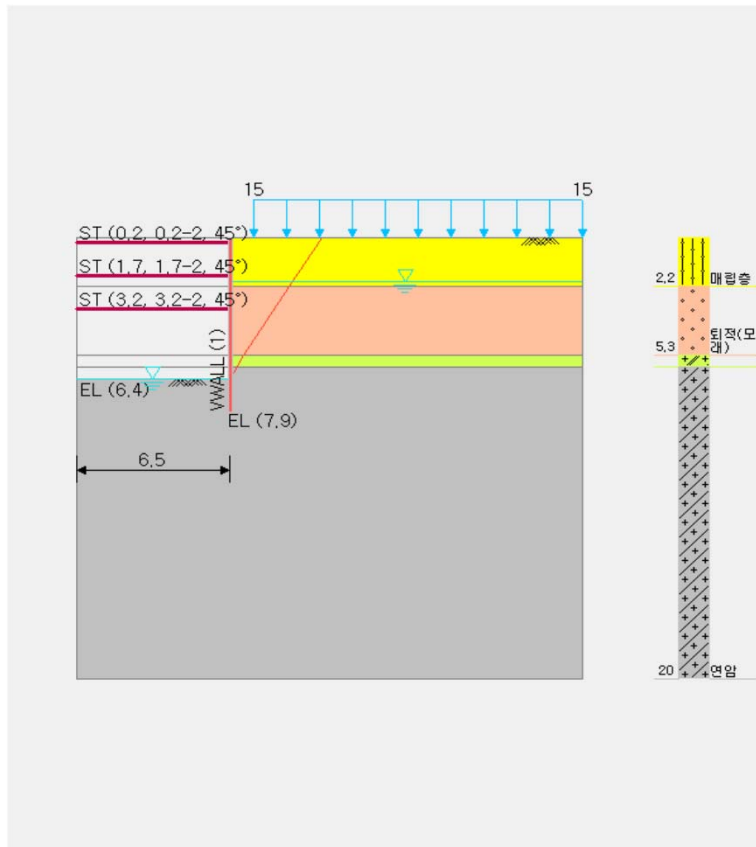
$$S_i = S_w \times ((D - X_i) / D)^2 = -0.004 \times ((10.935 - X_i) / 10.935)^2$$

TYPE-P5(제 방인접구간)

목 차

1. 표준단면
2. 설계요약
3. 설계조건
4. 사보강 Strut 설계
5. 띠장 설계
6. Sheet 설계
7. 전산 입력 정보
8. 해석결과

1. 표준단면



2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 250x250x9/14	0.20	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	16.344	133.740	O.K		
		전단응력	9.259	108.000	O.K		
Strut-2 H 250x250x9/14	1.70	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	25.495	133.740	O.K		
		전단응력	9.259	108.000	O.K		
Strut-3 H 250x250x9/14	3.20	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	46.336	133.740	O.K		
		전단응력	9.259	108.000	O.K		

2.2 사보강 Strut

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 250x250x9/14	0.20	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	17.722	133.740	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	9.259	108.000	O.K		
Strut-2 H 250x250x9/14	1.70	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	30.663	133.740	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	9.259	108.000	O.K		
Strut-3 H 250x250x9/14	3.20	휨응력	39.475	107.676	O.K	합성응력	O.K
		압축응력	60.136	133.740	O.K	볼트수량	O.K
		전단응력	9.259	108.000	O.K		

2.3 띠장

부 재	위 치 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
Strut-1 H 250x250x9/14	0.20	휨응력	9.947	177.660	O.K		
		전단응력	11.510	108.000	O.K		
Strut-2 H 250x250x9/14	1.70	휨응력	37.309	177.660	O.K		
		전단응력	43.172	108.000	O.K		
Strut-3 H 250x250x9/14	3.20	휨응력	99.629	177.660	O.K		
		전단응력	28.043	108.000	O.K		

2.4 Sheet Pile

부 재	구 간 (m)	단면검토				비 고	
		구분	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	판정		
흙막이벽(우) :SP-IIIW(SY295(SY30	0.00 ~	휨응력	66.744	243.000	O.K		
	7.90	전단응력	13.655	135.000	O.K		

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

Sheet Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

Sheet Pile

Sheet Pile 간격 : 0.60m

다. 지보재

Strut - H 250x250x9/14 수평간격 : 2.00 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
버팀보 (Strut)	H 250x250x9/14(SS400)	2.00m	
사보강 버팀보	H 250x250x9/14(SS400)	2.00m	
띠장	H 250x250x9/14(SS400)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 강재

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)] (MPa)

종 류		SS400,SM400, SMA400	SM490	SM490Y,SM520, SMA490	SM570,SMA570
축방향 인장 (순단면)		210	285	322.5	405
축방향 압축 (총단면)		$0 < l/r \leq 18.6$ 210	$0 < l/r \leq 16$ 285	$0 < l/r \leq 15.1$ 322.5	$0 < l/r \leq 13.4$ 405
		$18.6 < l/r \leq 92.8$ $210 - 1.23(l/r - 18.6)$	$16 < l/r \leq 80.1$ $285 - 1.935(l/r - 16)$	$15.1 < l/r \leq 75.5$ $322.5 - 2.33(l/r - 15.1)$	$13.4 < l/r \leq 67.1$ $405 - 4.95(l/r - 13.4)$
		$92.8 < l/r$ $\frac{1,800,000}{6,700+(l/r)^2}$	$80.1 < l/r$ $\frac{1,800,000}{5,000+(l/r)^2}$	$75.5 < l/r$ $\frac{1,800,000}{4,400+(l/r)^2}$	$67.1 < l/r$ $\frac{1,800,000}{3,500+(l/r)^2}$
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	210	285	322.5	405
	압축연 (총단면)	$l/b \leq 4.6$ 210	$l/b \leq 4.0$ 285	$l/b \leq 3.8$ 322.5	$l/b \leq 3.4$ 405
		$4.6 < l/b \leq 30$ $210 - 3.735(l/b - 4.6)$	$4.0 < l/b \leq 30$ $285 - 5.865(l/b - 4.0)$	$3.8 < l/b \leq 27$ $322.5 - 1.035(l/b - 3.8)$	$3.4 < l/b \leq 25$ $405 - 9.96(l/b - 3.4)$
전단응력 (총단면)		120	165	188	233
지압응력		315	428	488	608
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%

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

나. 강널말뚝

[강널말뚝 허용응력(가설 구조물 기준)]

(MPa)

종 류		강널말뚝 (SY30)
휨 응 력	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

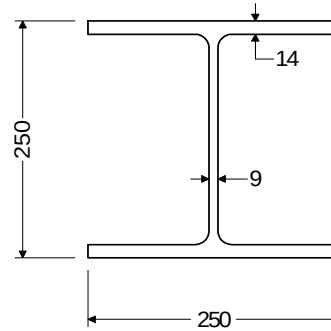
4. 사보강 Strut 설계

4.1 Strut-1

가. 설계제원

- (1) 설계지간 : 7.400 m
(2) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

w (N/m)	709.619
A (mm ²)	9218.000
I _x (mm ⁴)	108000000.000
Z _x (mm ³)	867000.000
R _x (mm)	108.0
R _y (mm)	62.9



- (3) 버팀보 개수 : 1 단
(4) 사보강 Strut 수평간격 : 2.000 m
(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

- (1) 최대축력 , $R_{max} = 15.332 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-1 (CS7 : 굴착 6.4 m)}$
 $= 15.332 \times 2.0 = 30.663 \text{ kN}$
 $= (R_{max} \times \text{사보강 Strut 수평간격}) / \text{지보재 수평간격} / \text{단수}$
 $= (30.663 \times 2.000) / 2.000 / 1 \text{ 단}$
 $= 30.663 \text{ kN}$
- (2) 온도차에 의한 축력 , $T = 120.0 \text{ kN} / 1 \text{ 단}$
 $= 120.0 \text{ kN}$
- (3) 설계축력 , $P_{max} = R_{max} / \cos \theta^\circ + T$
 $= 30.7 / \cos 45^\circ + 120.0$
 $= 163.4 \text{ kN}$
- (4) 설계휨모멘트 , $M_{max} = W \times L^2 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 \times 7.4 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 34.225 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- (5) 설계전단력 , $S_{max} = W \times L / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 18.500 \text{ kN}$

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

다. 작용응력 산정

- ▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 \times 1000000 / 867000.0 = 39.475 \text{ MPa}$
▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 163.364 \times 1000 / 9218 = 17.722 \text{ MPa}$
▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 18.500 \times 1000 / 1998 = 9.259 \text{ MPa}$

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	X

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
-----------------------------	-----

▶ 축방향 허용압축응력

$$\begin{aligned} f_{cao} &= 1.50 \times 0.9 \times 140.000 \\ &= 189.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$L_x / R_x = 7400 / 108$$

$$68.519 \rightarrow 18.6 < L_x/R_x \leq 92.8 \text{ 이므로}$$

$$\begin{aligned} f_{cax} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (68.519 - 18.6)) \\ &= 133.740 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$L_y / R_y = 3300 / 62.9$$

$$52.464 \rightarrow 18.6 < L_y/R_y \leq 92.8 \text{ 이므로}$$

$$\begin{aligned} f_{cay} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (52.464 - 18.6)) \\ &= 151.512 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 133.740 \text{ MPa}$$

▶ 허용 휨압축응력

$$L / B = 7400 / 250$$

$$= 29.600 \rightarrow 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로}$$

$$\begin{aligned} f_{ba} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (29.600 - 4.5)) \\ &= 107.676 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{eax} &= 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (68.519)^2 \\ &= 345.064 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▶ 허용전단응력

$$\begin{aligned} \tau_a &= 1.50 \times 0.9 \times 80 \\ &= 108.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

마. 응력 검토

▶ 압축응력, $f_{ca} = 133.740 \text{ MPa} > f_c = 17.722 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

▶ 휨응력, $f_{ba} = 107.676 \text{ MPa} > f_b = 39.475 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} > \tau = 9.259 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

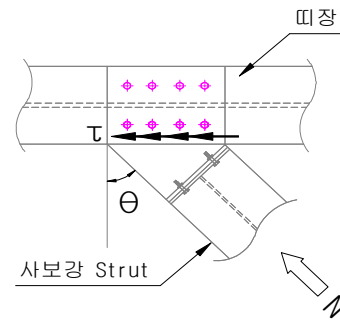
▶ 합성응력, $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$

$$= \frac{17.722}{133.740} + \frac{39.475}{107.676 \times (1 - (17.722 / 345.064))}$$

$$= 0.519 < 1.0 \rightarrow \text{O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{max} = P_{max} \times \sin \theta^\circ$
 $= 163.364 \times \sin 45^\circ$
 $= 115.5 \text{ kN}$



$$\tau = N \cdot \sin \theta$$

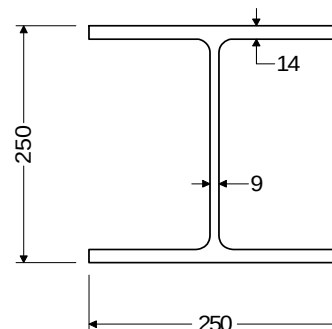
- ▶ 사용볼트 : F10T , M 22
▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 190 = 256.5 \text{ MPa}$
▶ 필요 볼트갯수 : $n_{req} = S_{max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$
 $= 115516 / (256.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$
 $= 1.18 \text{ ea}$
▶ 사용 볼트갯수 : $n_{used} = 8 \text{ ea} > n_{req} = 1.18 \text{ ea} \rightarrow \text{O.K}$

4.2 Strut-2

가. 설계제원

- (1) 설계지간 : 7.400 m
(2) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

w (N/m)	709.619
A (mm ²)	9218.000
I _x (mm ⁴)	108000000.000
Z _x (mm ³)	867000.000
R _x (mm)	108.0
R _y (mm)	62.9



- (3) 버팀보 개수 : 1 단
(4) 사보강 Strut 수평간격 : 2.000 m
(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

- (1) 최대축력 , $R_{max} = 57.505 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-2 (CS5 : 굴착 3.7 m)}$
 $= 57.505 \times 2.0 = 115.010 \text{ kN}$
 $= (R_{max} \times \text{사보강 Strut 수평간격}) / \text{지보재 수평간격} / \text{단수}$
 $= (115.010 \times 2.000) / 2.000 / 1 \text{ 단}$
 $= 115.010 \text{ kN}$
(2) 온도차에 의한 축력 , $T = 120.0 \text{ kN} / 1 \text{ 단}$
 $= 120.0 \text{ kN}$
(3) 설계축력 , $P_{max} = R_{max} / \cos \theta^\circ + T$
 $= 115.0 / \cos 45^\circ + 120.0$
 $= 282.6 \text{ kN}$

(4) 설계휨모멘트 , $M_{\max} = W \times L^2 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 \times 7.4 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 34.225 \text{ kN}\cdot\text{m}$

(5) 설계전단력 , $S_{\max} = W \times L / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 18.500 \text{ kN}$

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{\max} / Z_x = 34.225 \times 1000000 / 867000.0 = 39.475 \text{ MPa}$
▶ 압축응력 , $f_c = P_{\max} / A = 282.649 \times 1000 / 9218 = 30.663 \text{ MPa}$
▶ 전단응력 , $\tau = S_{\max} / A_w = 18.500 \times 1000 / 1998 = 9.259 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

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

구 분	보정계수	적용	강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
가설 구조물	1.50	O		
영구 구조물	1.25	X		

▶ 축방향 허용압축응력

$$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$$

$$= 189.000 \text{ MPa}$$

$$L_x / R_x = 7400 / 108$$

$$68.519 \text{ ---> } 18.6 < L_x/R_x \leq 92.8 \text{ 이므로}$$

$$f_{cax} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (68.519 - 18.6))$$

$$= 133.740 \text{ MPa}$$

$$L_y / R_y = 3300 / 62.9$$

$$52.464 \text{ ---> } 18.6 < L_y/R_y \leq 92.8 \text{ 이므로}$$

$$f_{cay} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (52.464 - 18.6))$$

$$= 151.512 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 133.740 \text{ MPa}$$

▶ 허용 휨압축응력

$$L / B = 7400 / 250$$

$$= 29.600 \text{ ---> } 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로}$$

$$f_{ba} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (29.600 - 4.5))$$

$$= 107.676 \text{ MPa}$$

$$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (68.519)^2$$

$$= 345.064 \text{ MPa}$$

▶ 허용전단응력

$$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$$

$$= 108.000 \text{ MPa}$$

마. 응력 검토

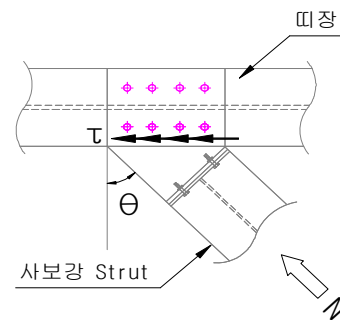
- ▶ 압축응력, $f_{ca} = 133.740 \text{ MPa} > f_c = 30.663 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
- ▶ 휨응력, $f_{ba} = 107.676 \text{ MPa} > f_b = 39.475 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
- ▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} > \tau = 9.259 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
- ▶ 합성응력, $\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \times (1 - (f_c / f_{eas}))}$

$$= \frac{30.663}{133.740} + \frac{39.475}{107.676 \times (1 - (30.663 / 345.064))}$$

$$= 0.632 < 1.0 \rightarrow \text{O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

- ▶ 작용전단력 : $S_{\max} = P_{\max} \times \sin \theta^\circ$
 $= 282.649 \times \sin 45^\circ$
 $= 199.9 \text{ kN}$



$$\tau = N * \sin \theta$$

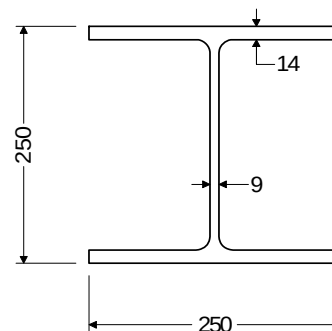
- ▶ 사용볼트 : F10T, M 22
- ▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 190 = 256.5 \text{ MPa}$
- ▶ 필요 볼트갯수 : $n_{\text{req}} = S_{\max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$
 $= 199863 / (256.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4)$
 $= 2.05 \text{ ea}$
- ▶ 사용 볼트갯수 : $n_{\text{used}} = 8 \text{ ea} > n_{\text{req}} = 2.05 \text{ ea} \rightarrow \text{O.K}$

4.3 Strut-3

가. 설계제원

- (1) 설계지간 : 7.400 m
- (2) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

w (N/m)	709.619
A (mm ²)	9218.000
I _x (mm ⁴)	108000000.000
Z _x (mm ³)	867000.000
R _x (mm)	108.0
R _y (mm)	62.9



- (3) 버팀보 개수 : 1 단
 (4) 사보강 Strut 수평간격 : 2.000 m
 (5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

(1) 최대축력 , $R_{max} = 153.561 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-3 (CS8 : 굴착 6.4 m(peck))}$
 $= 153.561 \times 2.0 = 307.122 \text{ kN}$
 $= (R_{max} \times \text{사보강 Strut 수평간격}) / \text{지보재 수평간격} / \text{단수}$
 $= (307.122 \times 2.000) / 2.000 / 1 \text{ 단}$
 $= 307.122 \text{ kN}$

(2) 온도차에 의한 축력 , $T = 120.0 \text{ kN} / 1 \text{ 단}$
 $= 120.0 \text{ kN}$

(3) 설계축력 , $P_{max} = R_{max} / \cos \theta^\circ + T$
 $= 307.1 / \cos 45^\circ + 120.0$
 $= 554.3 \text{ kN}$

(4) 설계휨모멘트 , $M_{max} = W \times L^2 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 \times 7.4 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 34.225 \text{ kN}\cdot\text{m}$

(5) 설계전단력 , $S_{max} = W \times L / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 7.4 / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 18.500 \text{ kN}$

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

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력 , $f_b = M_{max} / Z_x = 34.225 \times 1000000 / 867000.0 = 39.475 \text{ MPa}$
 ▶ 압축응력 , $f_c = P_{max} / A = 554.337 \times 1000 / 9218 = 60.136 \text{ MPa}$
 ▶ 전단응력 , $\tau = S_{max} / A_w = 18.500 \times 1000 / 1998 = 9.259 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

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

구 분	보정계수	적용	강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
가설 구조물	1.50	O		
영구 구조물	1.25	X		

- ▶ 축방향 허용압축응력

$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 140.000$
 $= 189.000 \text{ MPa}$

$L_x / R_x = 7400 / 108$
 $68.519 \rightarrow 18.6 < L_x / R_x \leq 92.8 \text{ 이므로}$

$f_{cax} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (68.519 - 18.6))$
 $= 133.740 \text{ MPa}$

$L_y / R_y = 3300 / 62.9$
 $52.464 \rightarrow 18.6 < L_y / R_y \leq 92.8 \text{ 이므로}$

$f_{cay} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 0.82 \times (52.464 - 18.6))$
 $= 151.512 \text{ MPa}$

$$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 133.740 \text{ MPa}$$

▶ 허용 휨압축응력

$$\begin{aligned} L/B &= 7400 / 250 \\ &= 29.600 \rightarrow 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로} \\ f_{ba} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (29.600 - 4.5)) \\ &= 107.676 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{eax} &= 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (68.519)^2 \\ &= 345.064 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▶ 허용전단응력

$$\begin{aligned} \tau_a &= 1.50 \times 0.9 \times 80 \\ &= 108.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

마. 응력 검토

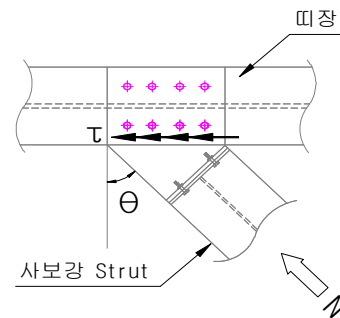
$$\begin{aligned} \text{▶ 압축응력, } f_{ca} &= 133.740 \text{ MPa} > f_c = 60.136 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K} \\ \text{▶ 휨응력, } f_{ba} &= 107.676 \text{ MPa} > f_b = 39.475 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K} \\ \text{▶ 전단응력, } \tau_a &= 108.000 \text{ MPa} > \tau = 9.259 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K} \\ \text{▶ 합성응력, } \frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \times (1 - (f_c / f_{eax}))} \end{aligned}$$

$$= \frac{60.136}{133.740} + \frac{39.475}{107.676 \times (1 - (60.136 / 345.064))}$$

$$= 0.894 < 1.0 \rightarrow \text{O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

$$\begin{aligned} \text{▶ 작용전단력} : S_{\max} &= P_{\max} \times \sin \theta^\circ \\ &= 554.337 \times \sin 45^\circ \\ &= 392.0 \text{ kN} \end{aligned}$$



$$\tau = N * \sin \theta$$

$$\begin{aligned} \text{▶ 사용볼트} : & \text{F10T, M 22} \\ \text{▶ 허용전단응력} : & \tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 190 = 256.5 \text{ MPa} \\ \text{▶ 필요 볼트갯수} : & n_{\text{req}} = S_{\max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4) \\ &= 391975 / (256.5 \times \pi \times 22.0 \times 22.0 / 4) \\ &= 4.02 \text{ ea} \\ \text{▶ 사용 볼트갯수} : & n_{\text{used}} = 8 \text{ ea} > n_{\text{req}} = 4.02 \text{ ea} \rightarrow \text{O.K} \end{aligned}$$

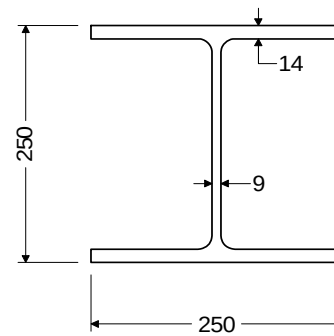
5. 띠장 설계

5.1 Strut-1 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

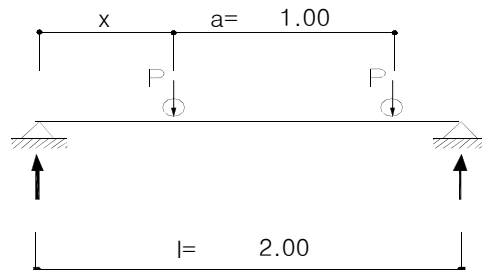
w (N/m)	709.6
A (mm ²)	9218.0
I _x (mm ⁴)	108000000.0
Z _x (mm ³)	867000.0
A _w (mm ²)	1998.0
R _x (mm)	108.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 토압에 의한 토류용 강재말뚝지점 반력을 집중하중으로 하고 버팀보 수평거리를 지간으로 하는 단순보 설계.



$$R_{\max} = 15.332 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-1 (CS7 : 굴착 6.4 m)}$$

$$P = 15.332 \times 1.00 \text{ m} / 1 \text{ ea} = 15.332 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= P / 2l (l - a / 2)^2 \dots\dots\dots (a < 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\ &= 15.332 / (2 \times 2.000) \times (2.000 - 1.000 / 2)^2 \\ &= 8.624 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= P \cdot l / 4 \dots\dots\dots (a > 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\ &= 15.332 \times 2.000 / 4 \\ &= 7.666 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

여기서, $l = 2.000 \text{ m}$

$a = 1.000 \text{ m} < 0.586 \cdot l = 1.172$ 이므로,

$$M_{\max} = 8.624 \text{ kN} \cdot \text{m} = 8,623,990 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= P (2 \cdot l - a) / l \\ &= 15.332 \times (2 \times 2.000 - 1.000) / 2.000 \\ &= 22.997 \text{ kN} = 22,997 \text{ N} \end{aligned}$$

다. 작용응력산정

$$\blacktriangleright \text{휨응력, } f_b = M_{\max} / Z_x = 8.624 \times 1000000 / 867000.0 = 9.947 \text{ MPa}$$

$$\blacktriangleright \text{전단응력, } \tau = S_{\max} / A_w = 22.997 \times 1000 / 1998 = 11.510 \text{ MPa}$$

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	X

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
--------------------------------	-----

$$\begin{aligned}
 L / B &= 2000 / 250 \\
 &= 8.000 \quad \text{---> } 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로} \\
 f_{ba} &= 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (8.000 - 4.5)) \\
 &= 177.660 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_a &= 1.50 \times 0.9 \times 80 \\
 &= 108.000 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

마. 응력 검토

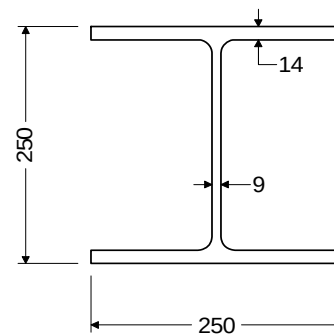
$$\begin{aligned}
 \text{▶ 휨응력, } f_{ba} &= 177.660 \text{ MPa} > f_b = 9.947 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K} \\
 \text{▶ 전단응력, } \tau_a &= 108.000 \text{ MPa} > \tau = 11.510 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K}
 \end{aligned}$$

5.2 Strut-2 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

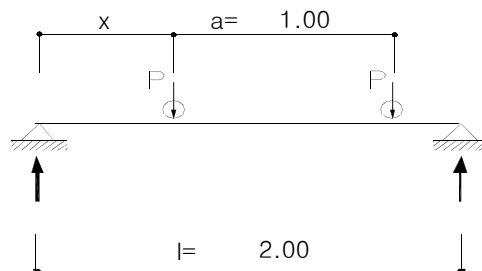
w (N/m)	709.6
A (mm ²)	9218.0
I _x (mm ⁴)	108000000.0
Z _x (mm ³)	867000.0
A _w (mm ²)	1998.0
R _x (mm)	108.0



(2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 토압에 의한 토류용 강재말뚝지점 반력을 집중하중으로 하고 버팀보 수평거리를 지간으로 하는 단순보 설계.



$$R_{\max} = 57.505 \text{ kN/m} \quad \text{---> Strut-2 (CS5 : 굴착 3.7 m)}$$

$$P = 57.505 \times 1.00 \text{ m} / 1 \text{ ea} = 57.505 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= P / 2l (l - a / 2)^2 \dots\dots\dots (a < 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\
 &= 57.505 / (2 \times 2.000) \times (2.000 - 1.000 / 2)^2 \\
 &= 32.347 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 2} &= P \cdot l / 4 \quad \dots\dots\dots (a > 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\
 &= 57.505 \times 2.000 / 4 \\
 &= 28.753 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

여기서, $l = 2.000 \text{ m}$
 $a = 1.000 \text{ m} < 0.586 \cdot l = 1.172$ 이므로,

$$M_{\max} = 32.347 \text{ kN} \cdot \text{m} = 32,346,575 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= P (2 \cdot l - a) / l \\
 &= 57.505 \times (2 \times 2.000 - 1.000) / 2.000 \\
 &= 86.258 \text{ kN} = 86,258 \text{ N}
 \end{aligned}$$

다. 작용응력산정

- ▶ 휨응력, $f_b = M_{\max} / Z_x = 32.347 \times 1000000 / 867000.0 = 37.309 \text{ MPa}$
- ▶ 전단응력, $\tau = S_{\max} / A_w = 86.258 \times 1000 / 1998 = 43.172 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

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

구 분	보정계수	적용	강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
가설 구조물	1.50	O		
영구 구조물	1.25	X		

- ▶ $L / B = 2000 / 250$
 $= 8.000 \rightarrow 4.5 < L/B \leq 30$ 이므로
 $f_{ba} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (8.000 - 4.5))$
 $= 177.660 \text{ MPa}$
- ▶ $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80$
 $= 108.000 \text{ MPa}$

마. 응력 검토

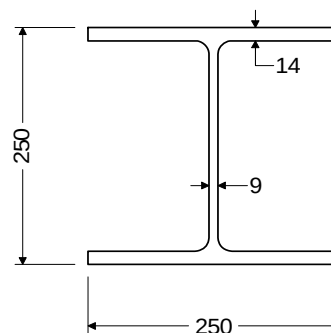
- ▶ 휨응력, $f_{ba} = 177.660 \text{ MPa} > f_b = 37.309 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
- ▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} > \tau = 43.172 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

5.3 Strut-3 띠장 설계

가. 설계제원

- (1) 사용강재 : H 250x250x9/14(SS400)

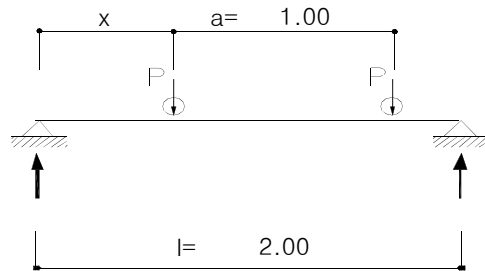
$w \text{ (N/m)}$	709.6
$A \text{ (mm}^2\text{)}$	9218.0
$I_x \text{ (mm}^4\text{)}$	108000000.0
$Z_x \text{ (mm}^3\text{)}$	867000.0
$A_w \text{ (mm}^2\text{)}$	1998.0
$R_x \text{ (mm)}$	108.0



- (2) 띠장 계산지간 : 2.000 m

나. 단면력 산정

- (1) 최대 축력 적용 : 토압에 의한 토류용 강재말뚝지점 반력을 집중하중으로 하고 버팀보 수평거리를 지간으로 하는 단순보 설계.



$$R_{\max} = 153.561 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Strut-3 (CS8 : 굴착 6.4 m(peck))}$$

$$P = 153.561 \times 1.00 \text{ m} / 1 \text{ ea} = 153.561 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= P / 2l (l - a / 2)^2 \dots\dots\dots (a < 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\ &= 153.561 / (2 \times 2.000) \times (2.000 - 1.000 / 2)^2 \\ &= 86.378 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= P \cdot l / 4 \dots\dots\dots (a > 0.586 \cdot l \text{의 경우}) \\ &= 153.561 \times 2.000 / 4 \\ &= 76.781 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

여기서, $l = 2.000 \text{ m}$

$a = 1.000 \text{ m} < 0.586 \cdot l = 1.172$ 이므로,

$$M_{\max} = 86.378 \text{ kN}\cdot\text{m} = 86,378,145 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= P (2l - a) / l \\ &= 153.561 \times (2 \times 2.000 - 1.000) / 2.000 \\ &= 230.342 \text{ kN} = 230,342 \text{ N} \end{aligned}$$

다. 작용응력산정

- ▶ 휨응력, $f_b = M_{\max} / Z_x = 86.378 \times 1000000 / 867000.0 = 99.629 \text{ MPa}$
 ▶ 전단응력, $\tau = S_{\max} / A_w = 230.342 \times 1000 / 1998 = 115.286 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

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

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	○
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
-----------------------------	-----

- ▶ $L / B = 2000 / 250 = 8.000 \rightarrow 4.5 < L/B \leq 30$ 이므로
 $f_{ba} = 1.50 \times 0.9 \times (140 - 2.4 \times (8.000 - 4.5)) = 177.660 \text{ MPa}$
 ▶ $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 80 = 108.000 \text{ MPa}$

마. 응력 검토

- ▶ 휨응력, $f_{ba} = 177.660 \text{ MPa} > f_b = 99.629 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$
▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} < \tau = 115.286 \text{ MPa} \rightarrow \text{N.G}$

바. 스티프너 단면보강 전단응력 검토

$$A' = (250.000 - 14.000 \times 2) \times 14 \times 2 = 6216.000 \text{ mm}^2$$

$$A_w' = A_w + A'$$

$$= ##### \text{ mm}^2 + 6216.000 \text{ mm}^2 = 8214.000 \text{ mm}^2$$

$$\tau' = S_{\max} / A_w' = 230341.720 / 8214.000 = 28.043 \text{ MPa}$$

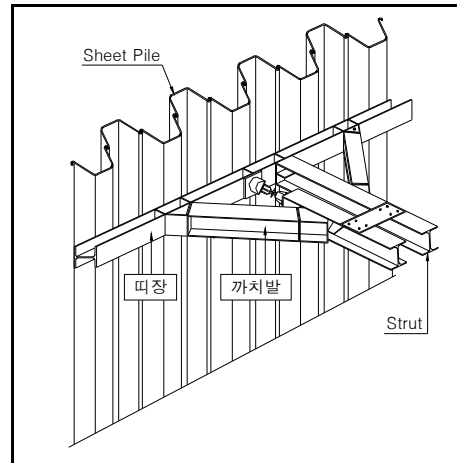
- ▶ 전단응력, $\tau_a = 108.000 \text{ MPa} > \tau' = 28.043 \text{ MPa} \rightarrow \text{O.K}$

6. Sheet 설계

6.1 흙막이벽(우) (0.00m ~ 7.90m)

가. 설계 제원

Sheet Pile 재질	SY295(SY30)
Sheet Pile Size	U:SP-IIIW
허용 휨응력(f_{ba} , MPa)	180.0
허용 전단응력(τ_a , MPa)	100.0
총단면적(A , mm ²)	17320.0
복부 단면적(A_w , mm ²)	8040.0
I_x (mm ⁴)	324000000.0
Z_x (mm ³)	1800000.0
말뚝의 사용간격(본/م)	-
단면유효율(α)	0.6



나. 단면력 산정

(1) 최대 휨모멘트 (M_{max})

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= 72.083 \text{ kN}\cdot\text{m/m} \quad \text{---> 흙막이벽(우) (CS7 : 굴착 6.4 m)} \\
 &= \text{단위폭당 최대 휨 모멘트} \times \text{단위폭} \\
 &= 72.083 \text{ (kN}\cdot\text{m/m)} \times 1.00 \text{ m} = 72.083 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

(2) 최대 전단력 (S_{max})

$$\begin{aligned}
 S_{max} &= 109.782 \text{ kN/m} \quad \text{---> 흙막이벽(우) (CS8 : 굴착 6.4 m(peck))} \\
 &= \text{단위폭당 최대 전단력} \times \text{단위폭} \\
 &= 109.782 \text{ (kN/m)} \times 1.00 \text{ m} = 109.782 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

(3) 최대 연직하중 (P_{max})

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= \text{주형보 반력} + \text{자중 및 작업하중} + \text{지보재 수직분력} \\
 &= 0.000 \text{ kN/m} + 0.000 \text{ kN/m} + 0.000 \text{ kN/m} \\
 &= 0.000 \text{ kN/m} \\
 &= \text{단위폭당 최대 연직하중} \times \text{단위폭} \\
 &= 0.000 \text{ (kN/m)} \times 1.00 \text{ m} = 0.000 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

다. 허용응력 산정

보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	○
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
-----------------------------	-----

(1) 허용 휨응력(f_{ba}')

$$\begin{aligned}
 f_{ba}' &= (\text{보정계수} \times \text{허용응력}) \times \text{부식을 고려한 저감계수} \\
 &= (1.5 \times 180.0) \times 0.9 = 243 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

(2) 허용 전단응력(τ_a')

$$\begin{aligned}
 \tau_a' &= (\text{보정계수} \times \text{허용응력}) \times \text{부식을 고려한 저감계수} \\
 &= (1.5 \times 100.0) \times 0.9 = 135 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

라. 응력 검토

(1) 휨응력(f_b)

$$f_b = \frac{M_{\max}}{\alpha \times Z_x} + \frac{P_{\max}}{A}$$

$$= \frac{72.083 \times 10^6}{0.6 \times 1800000.00} + \frac{0.000 \times 10^3}{17320.0} = 66.744 \text{ MPa}$$

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

(2) 전단응력(τ)

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A_w} = \frac{109.782 \times 10^3}{8040.00} = 13.655 \text{ MPa}$$

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

7. 탄소성 입력 데이터

7.1 해석종류 : 탄소성보법

7.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

7.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 15 m, 굴착폭 = 6.5 m, 최대굴착깊이 = 6.4 m, 전모델높이 = 20 m

7.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ ([deg])	N값	수평지반 반력계수 (kN/m ³)
1	매립층	2.20	19.00	20.00	15.00	25.00	7	15226.00
2	퇴적(모래)	5.33	18.00	19.00	0.00	27.00	7	15226.00
3	풍화암	5.83	20.00	21.00	29.00	33.00	50	33826.00
4	연암	20.00	23.00	24.00	250.00	33.00	50	50000.00

7.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽(우)	Sheet Pile	U:SP-IIIW	SY295(SY30)	7.9	1

7.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	Strut-1	H 250x250x9/14	SS400	0.2	2	3.7	0	1
2	Strut-2	H 250x250x9/14	SS400	1.7	2	3.7	0	1
3	Strut-3	H 250x250x9/14	SS400	3.2	2	3.7	0	1

7.7 상재하중

번호	이름	작용위치	작용형식
1	차량하중	배면(우측)	상시하중

7.8 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine

지하수위 : 고려

지하수 단위중량 = 10 kN/m³, 초기 지하수위 = 2 m, 수위차 = 6.4 m

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	0.70	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	Strut-1		-	-	-	-	X	X
3	2.20	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	Strut-2		-	-	-	-	X	X
5	3.70	-	-	-	-	-	-	X	X
6	-	Strut-3		-	-	-	-	X	X
7	6.40	-	-	-	-	-	-	X	X
8	6.40	-	-	-	-	-	경험토압	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 0.7 m	0.70	3.99	5.3	-1.97	7.4	2.99	4.1	-2.27	6.4
CS2 : 생성 Strut-1	0.70	3.99	5.3	-1.97	7.4	2.99	4.1	-2.27	6.4
CS3 : 굴착 2.2 m	2.20	11.56	5.3	-11.02	0.7	18.82	2.2	-8.25	6.1
CS4 : 생성 Strut-2	2.20	11.83	5.3	-10.99	0.7	18.79	2.2	-8.36	6.1
CS5 : 굴착 3.7 m	3.70	38.22	5.3	-47.32	1.7	46.57	3.7	-16.00	6.4
CS6 : 생성 Strut-3	3.70	38.22	5.3	-47.32	1.7	46.57	3.7	-16.00	6.4
CS7 : 굴착 6.4 m	6.40	57.76	6.4	-91.56	3.2	72.08	4.9	-23.90	1.7
CS8 : 굴착 6.4 m(peck)	6.40	50.52	6.4	-109.78	3.2	62.11	5.3	-59.84	3.2
TOTAL		57.76	6.4	-109.78	3.2	72.08	4.9	-59.84	3.2

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.

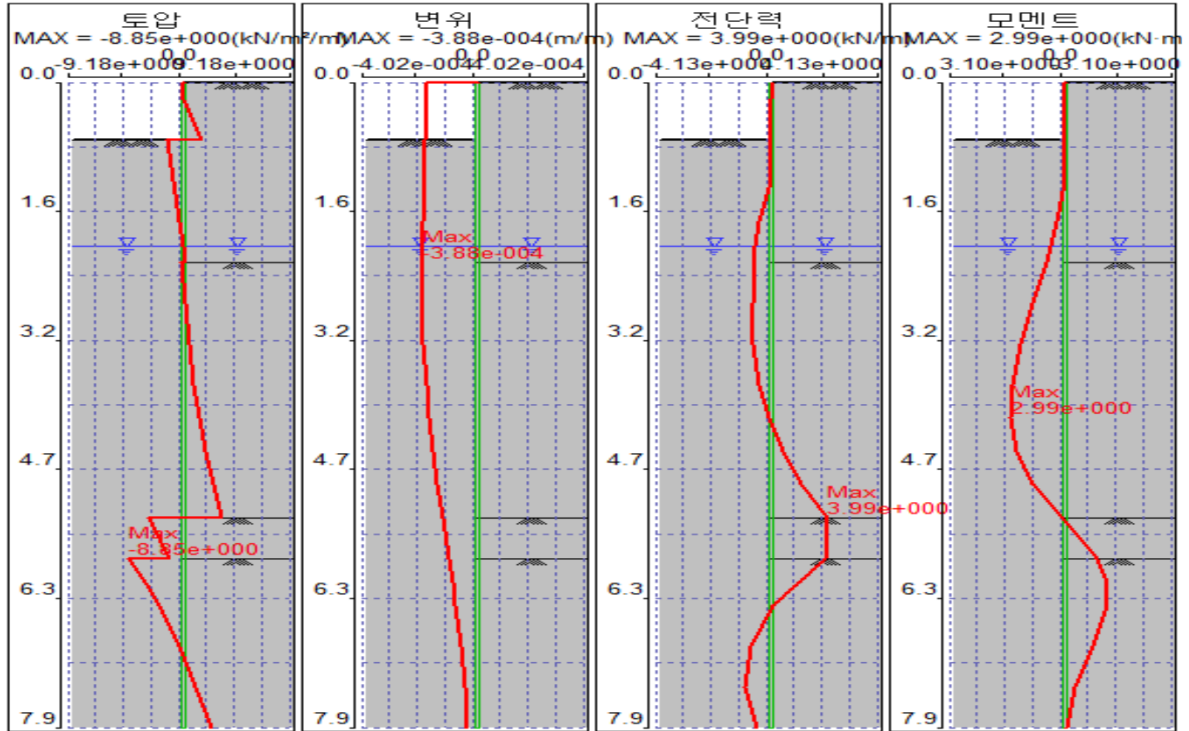
* 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.

* 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

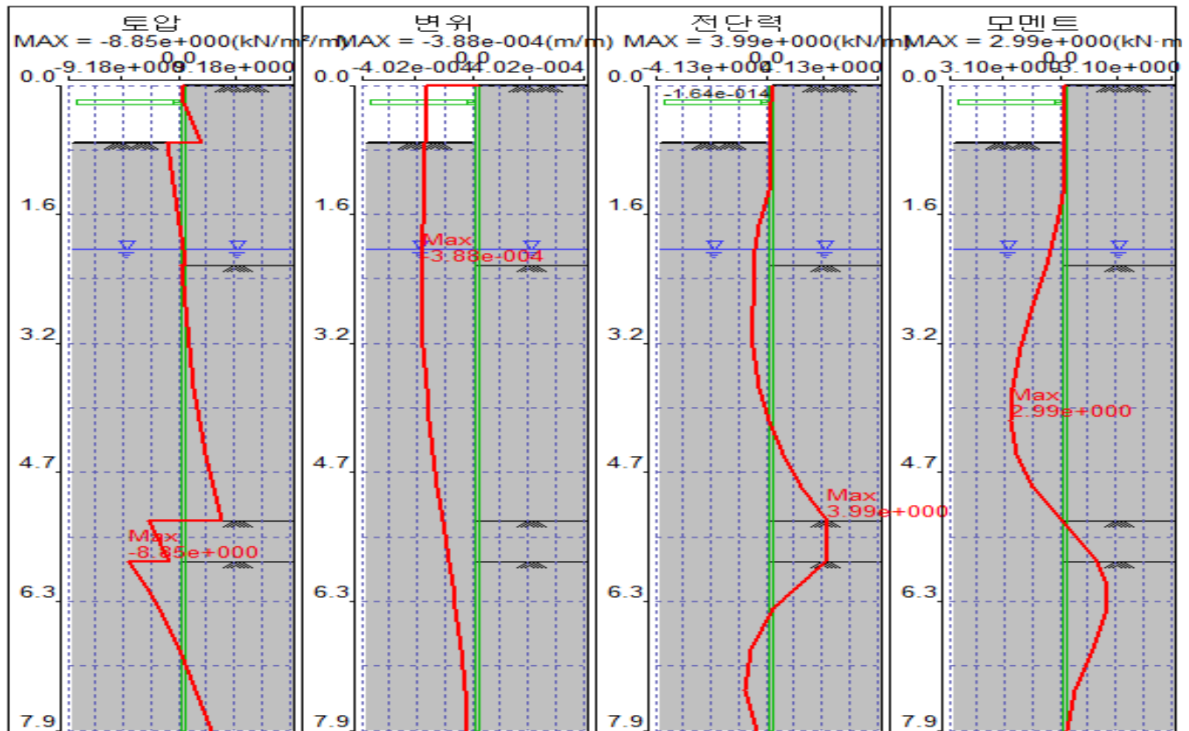
시공단계	굴착 깊이	Strut-1	Strut-2	Strut-3		
		0.2 (m)	1.7 (m)	3.2 (m)		
CS1 : 굴착 0.7 m	0.70	-	-	-		
CS2 : 생성 Strut-1	0.70	0.00	-	-		
CS3 : 굴착 2.2 m	2.20	11.02	-	-		
CS4 : 생성 Strut-2	2.20	10.98	0.00	-		
CS5 : 굴착 3.7 m	3.70	-9.18	57.51	-		
CS6 : 생성 Strut-3	3.70	-9.18	57.51	0.00		
CS7 : 굴착 6.4 m	6.40	-15.33	36.61	93.33		
CS8 : 굴착 6.4 m(peck)	6.40	9.48	13.48	153.56		
TOTAL		15.33	57.51	153.56		

8.2 시공단계별 단면력도

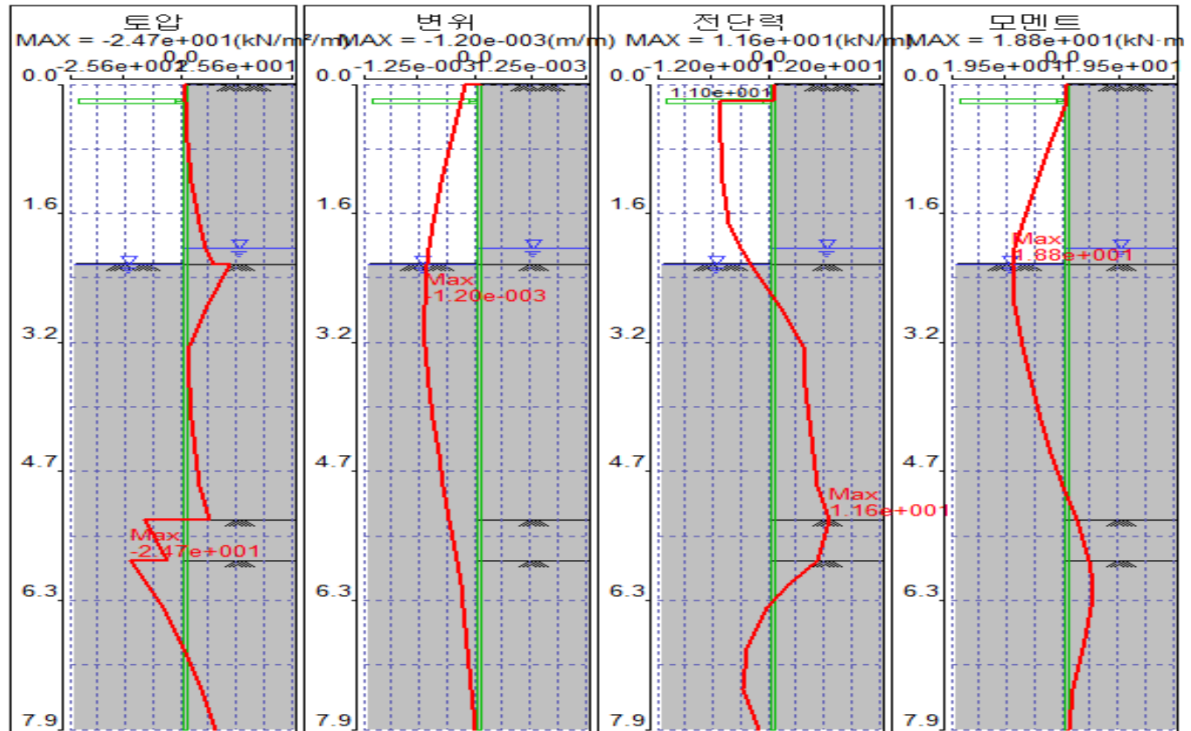
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 0.7 m]



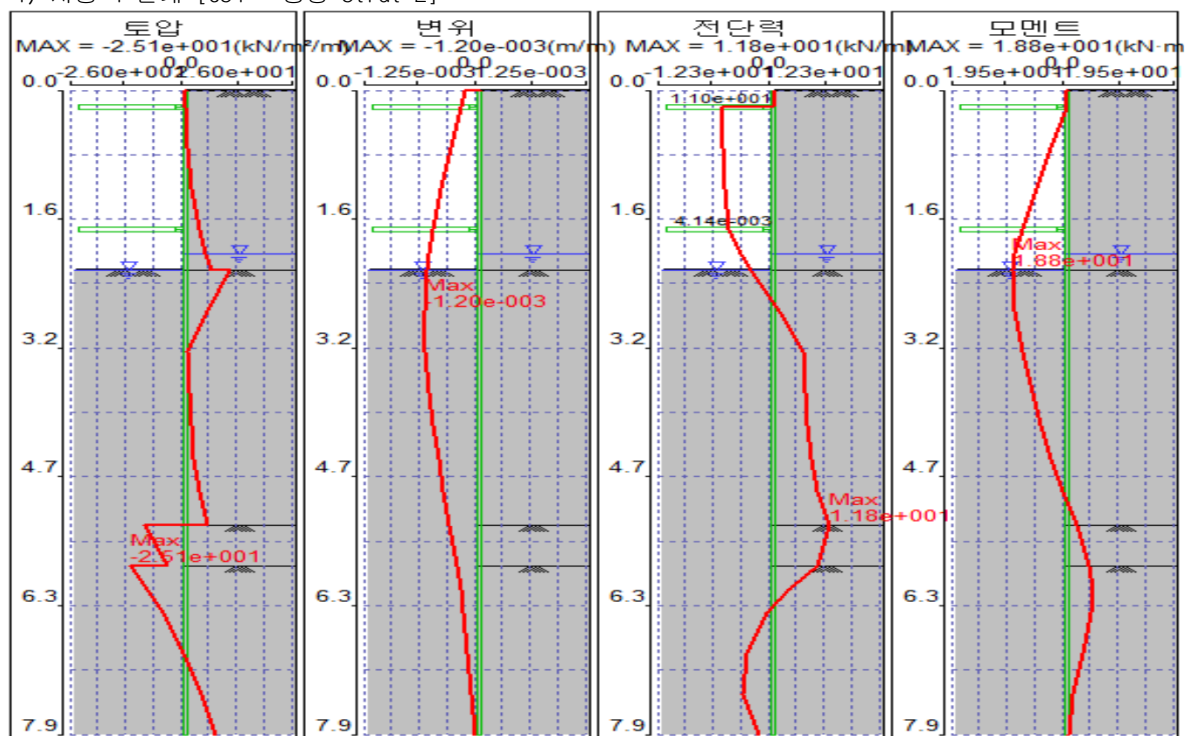
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생성 Strut-1]



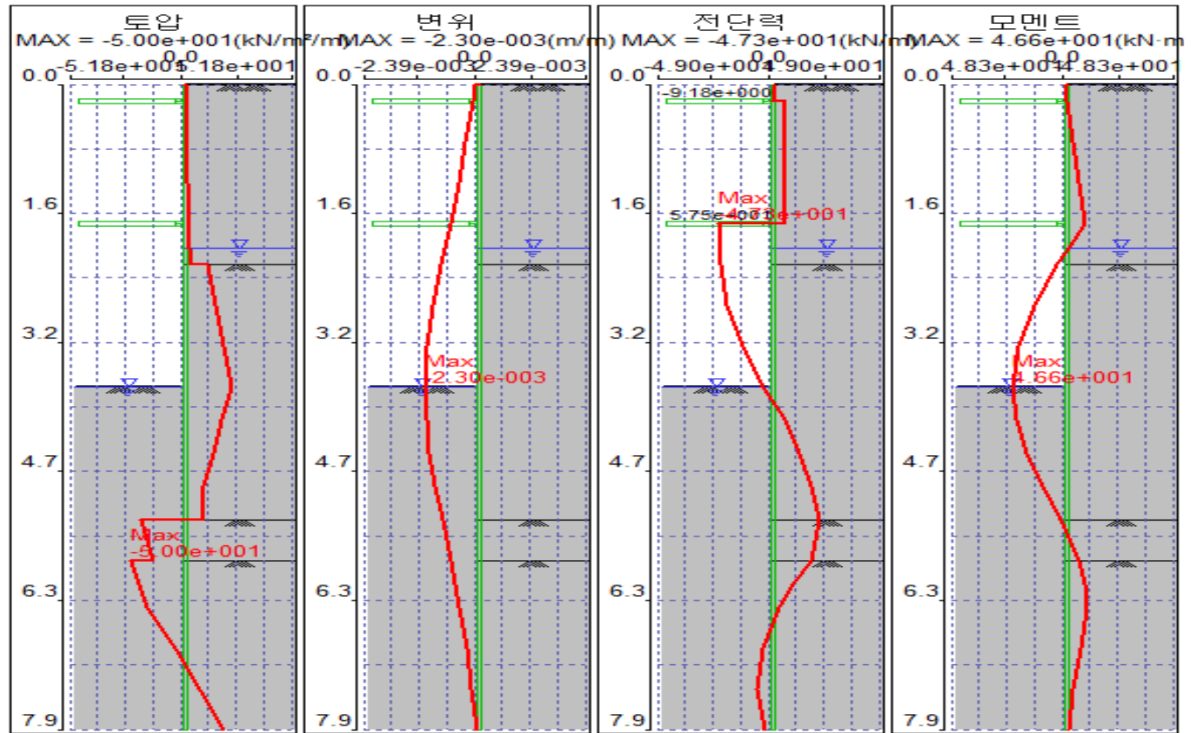
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 2.2 m]



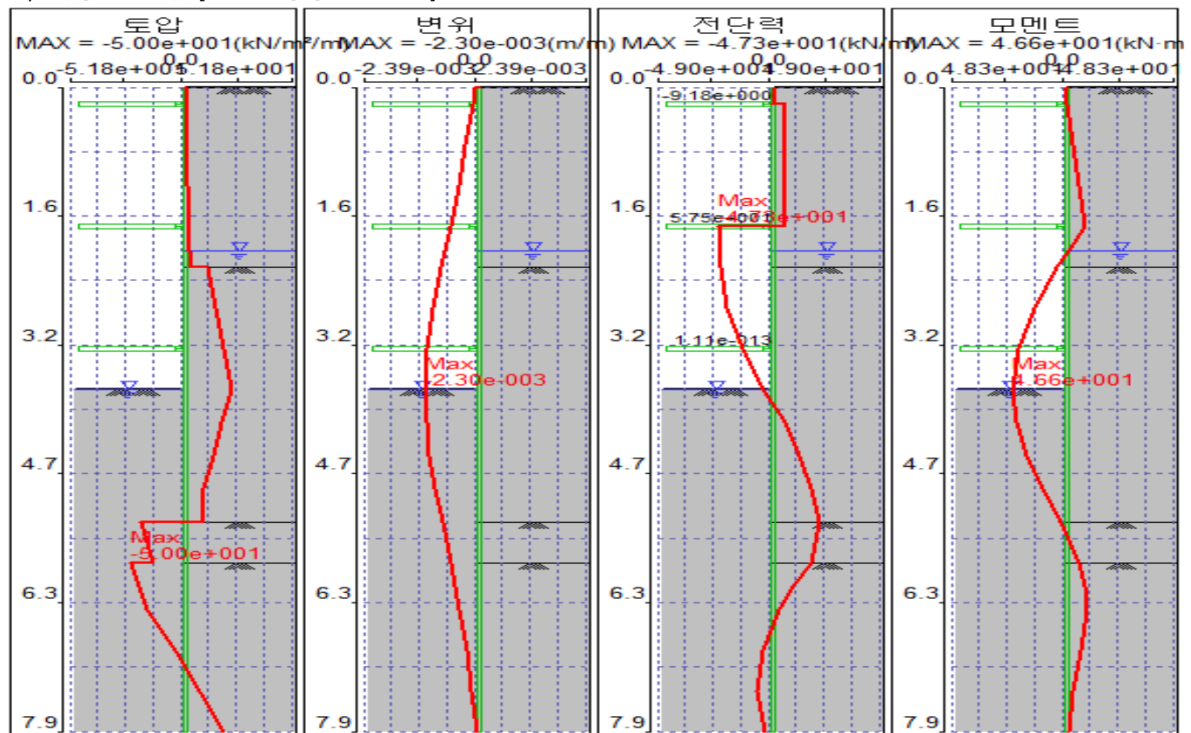
4) 시공 4 단계 [CS4 : 생성 Strut-2]



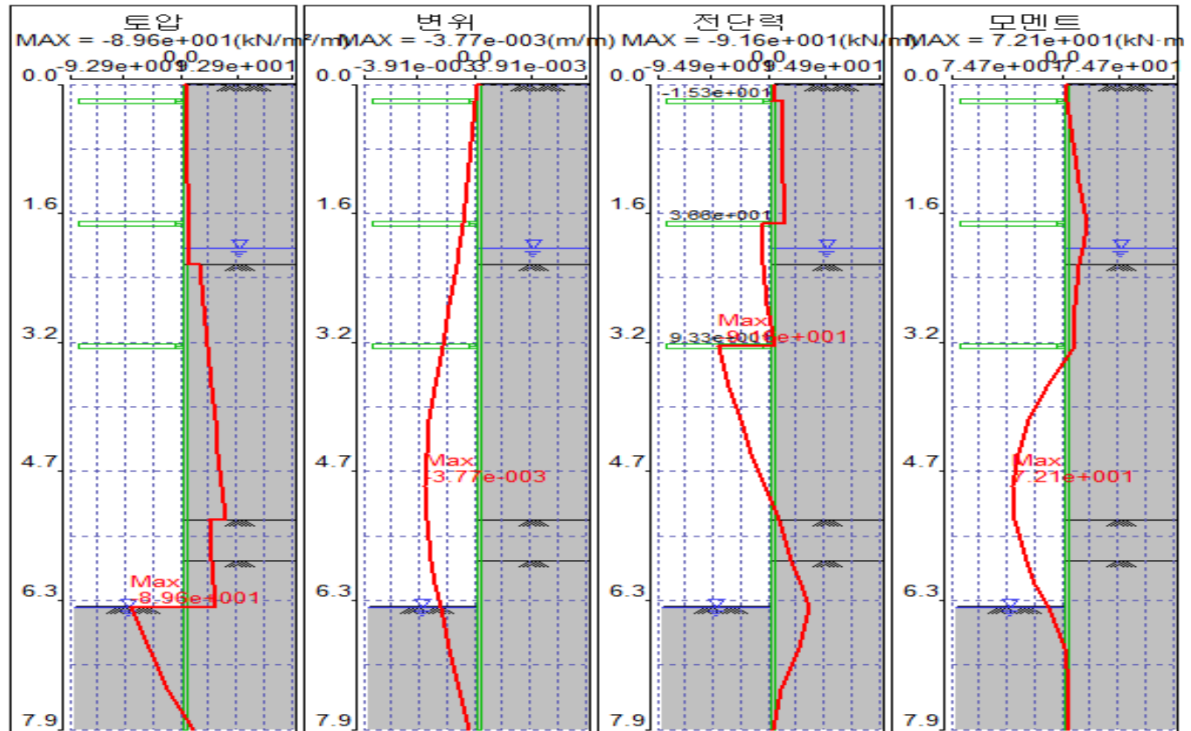
5) 시공 5 단계 [CS5 : 굴착 3.7 m]



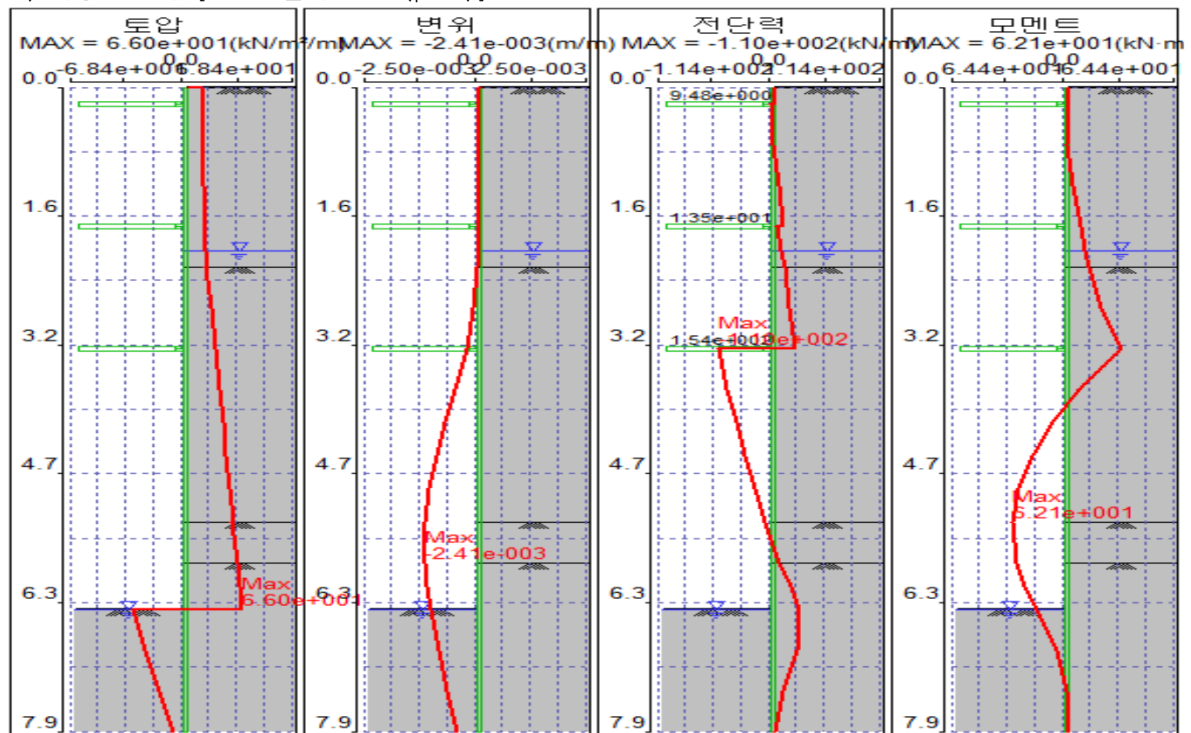
6) 시공 6 단계 [CS6 : 생성 Strut-3]



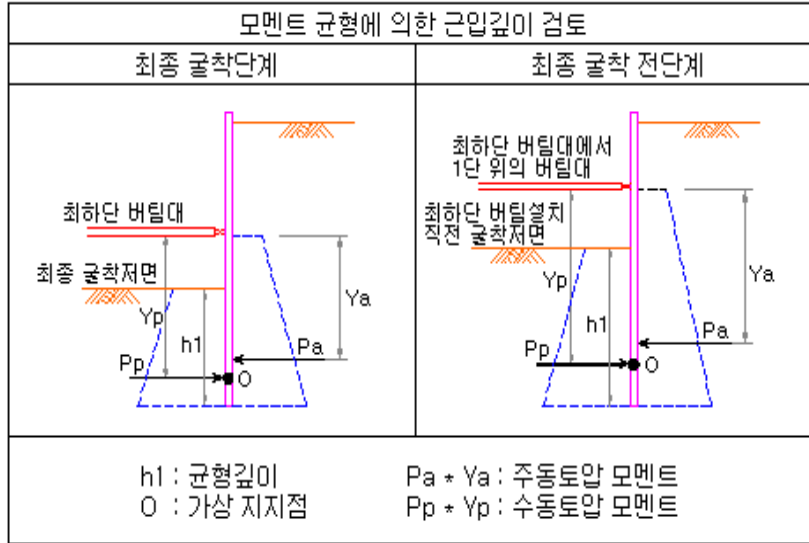
7) 시공 7 단계 [CS7 : 굴착 6.4 m]



8) 시공 8 단계 [CS8 : 굴착 6.4 m(peck)]



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	0.093	1.500	608.624	5728.244	9.412	1.200	OK
최종 굴착 전단계	1.923	4.200	945.802	11982.360	12.669	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 횡모멘트 계산 (EL -3.2 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 ($Pa1$) = 161.697 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 ($Ya1$) = 1.767 m

굴착면 하부토압 ($Pa2$) = 81.001 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 ($Ya2$) = 3.986 m

$$Ma = (Pa1 \times Ya1) + (Pa2 \times Ya2)$$

$$Ma = (161.697 \times 1.767) + (81.001 \times 3.986) = 608.624 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (Pp) = 1446.004 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Yp) = 3.961 m

$$Mp = (Pp \times Yp) = (1446.004 \times 3.961) = 5728.244 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

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

3) 근입부의 안전율

$$S.F. = Mp / Ma = 5728.244 / 608.624 = 9.412$$

$$S.F. = 9.412 > 1.2 \dots \text{OK}$$

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 횡모멘트 계산 (EL -1.7 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (P_{a1}) = 47.079 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Y_{a1}) = 1.304 m

굴착면 하부토압 (P_{a2}) = 212.227 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Y_{a2}) = 4.167 m

$$M_a = (P_{a1} \times Y_{a1}) + (P_{a2} \times Y_{a2})$$

$$M_a = (47.079 \times 1.304) + (212.227 \times 4.167) = 945.802 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (P_p) = 2352.6 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Y_p) = 5.093 m

$$M_p = (P_p \times Y_p) = (2352.6 \times 5.093) = 11982.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

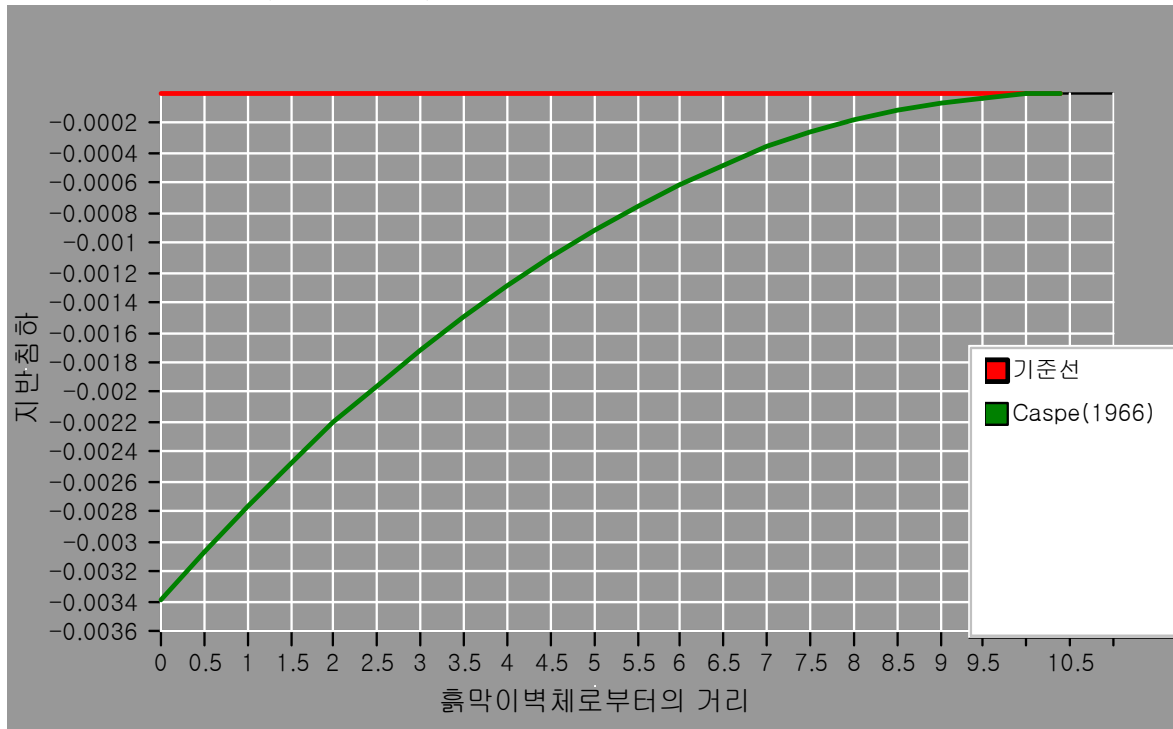
* 계산된 토압 (P_{a1} , P_{a2} , P_p) 는 작용폭을 고려한 값임.

3) 근입부의 안전율

$$S.F. = M_p / M_a = 11982.36 / 945.802 = 12.669$$

$$S.F. = 12.669 > 1.2 \dots \text{OK}$$

8.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



8.4.1 Casper(1966)방법에 의한 침하량 검토

1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (V_s)

$$V_s = -0.009 \text{ m}^3 / \text{m}$$

2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (H_w)

$$B = 13 \text{ m}, \quad H_w = 6.4 \text{ m}$$

3) 굴착영향 거리 (H_t)

$$\text{평균 내부 마찰각 } (\phi) = 27.316 [\text{deg}]$$

$$H_p = 0.5 \times B \times \tan(45 + \phi/2)$$

$$H_p = 0.5 \times 13 \times \tan(45 + 27.316/2) = 10.673 \text{ m}$$

$$H_t = H_p + H_w = 10.673 + 6.4 = 17.073 \text{ m}$$

4) 침하영향 거리 (D)

$$D = H_t \times \tan(45 - \phi/2)$$

$$D = 17.073 \times \tan(45 - 27.316/2) = 10.398 \text{ m}$$

5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (S_w)

$$S_w = 4 \times V_s / D = 4 \times -0.009 / 10.398 = -0.003 \text{ m}$$

6) 거리별 침하량 (S_i)

$$S_i = S_w \times ((D - X_i) / D)^2 = -0.003 \times ((10.398 - X_i) / 10.398)^2$$