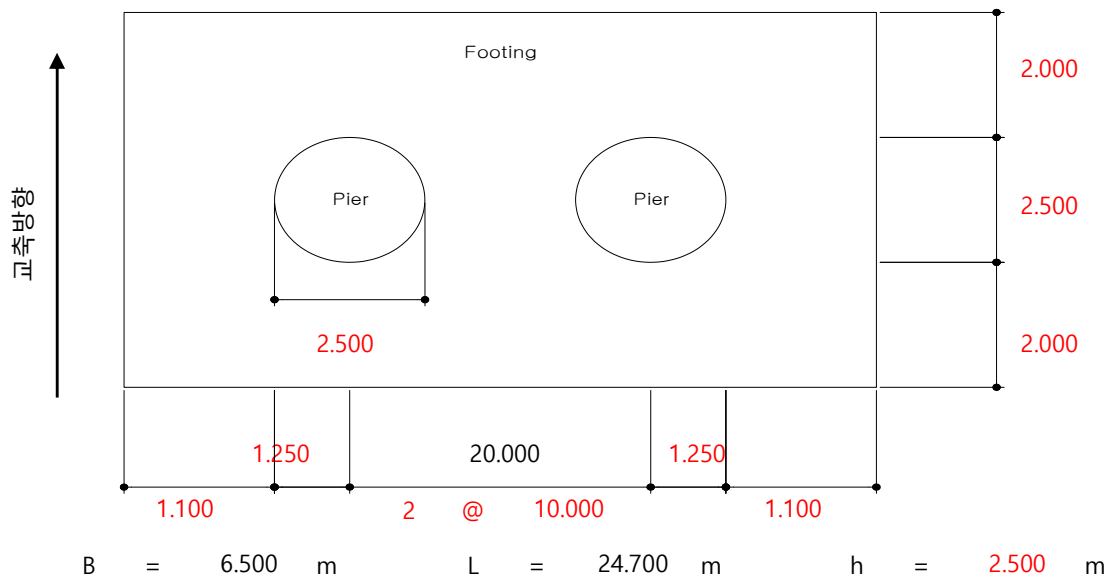


11. 기초부 평가

11.1 교각 1

11.1.1 검토조건



11.1.2 내진성능평가

1) 안정성 검토

(a) 말뚝의 허용연직지지력 산정

① 말뚝의 허용연직압축지지력(R_a)

구 분	계 산 과 정	결 과
R_a	$\gamma/n \times R_u$	4345 kN

R_a : 말뚝의 허용연직압축지지력

γ : 극한지지력 추정법의 상위에 의한 안전율의 보정계수 ($\gamma = 1.0$)

n : 안전율 (지지말뚝의 경우 지진시 ; $n = 2$)

R_u : 지반조건에 따라 결정되는 말뚝의 극한지지력

$$R_u = q_d + U \times \sum (l_i \cdot f_i) = 8690 \text{ kN}$$

q_d : 말뚝 선단 지반의 극한지지력

$$q_d = \alpha \times q_u \times A = 7094 \text{ kN}$$

α : 감소계수는 0.2~0.5의 값을 가지며 평균값 0.35의 값을 적용

q_u : 말뚝 선단 지반의 일축압축강도 = 100000 kN/m²

A : 말뚝의 선단면적

$$A = \pi \times D^2 = 0.203 \text{ m}^2$$

U : 말뚝의 둘레길이 = 1.596 m

l_i : 주변마찰력을 고려하는 층의 두께

f_i : 주변마찰력을 고려하는 층의 최대 주변마찰력

지 층	li (m)	N	fi (kN/m ²)	li·fi (kN/m)
사질토	3.500	50	100	350.00
자갈층	6.500	50	100	650.00
연암			0	0.00
$\sum(li \cdot fi) =$				1000.00

㉓ 말뚝의 허용연직인발지력(Pa)

구 분	계 산 과 정	결 과
Pa	$1/n \times P_u + W$	593 kN

Pa : 말뚝의 허용연직인발지력

n : 안전율 (지진시 ; n = 3)

Pu : 말뚝의 극한인발력

$$P_u = U \times \sum(li \cdot fi) = 1596 \text{ kN}$$

W : 말뚝의 유효중량

$$= 61 \text{ kN}$$

(b) 말뚝의 스프링정수 산정

① 말뚝의 축방향 스프링정수(Kv)

구 분	계 산 과 정	결 과
Kv	$a \times A_p \times E_p / L$	218845 kN/m

$$a = 0.014 \times (L/D) + 0.72 = 1.053$$

$$d_o : \text{부식을 고려한 지름} = 504 \text{ mm}$$

$$A_p : \text{말뚝의 순단면적} = 12466 \text{ mm}^2$$

$$E_p : \text{말뚝의 탄성계수} = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$L : \text{말뚝 길이} = 12000 \text{ mm}$$

② 말뚝의 축직각방향 스프링정수(KH : K1, K2, K3, K4)

구 분	계 산 과 정	결 과
K1	$4EI\beta^3$	243601 kN/m
K2	$2EI\beta^2$	131529 kN/rad
K3	$2EI\beta^2$	131529 kN·m/m
K4	$2EI\beta$	142035 kN·m/rad

$$\begin{aligned}
\beta &= \sqrt[4]{[(kh \times D)/(4 \times E_p \times I_p)]} = 0.9260 \text{ m}^{-1} \\
kh &= kh_0 \times (BH/0.3)^{-3/4} = 444061 \text{ kN/m}^3 \\
kh_0 &= 1/0.3 \times \alpha \times E_o \quad (\text{지진시 } \alpha=2) = 933333 \text{ kN/m}^3 \\
E_o &= 2800 \times N \quad (1/\beta \text{ 깊이에서의 } N \text{치}) = 140000 \text{ kN/m}^2 \\
BH &= \sqrt{(D/\beta)} \quad (\beta_{\text{상시}} \text{ 적용}) = 0.8077 \text{ m} \\
\beta_{\text{상시}} &= \sqrt[29]{[(\alpha \times E_o)^8 \times D^5]/(0.3^2 \times 2^{16} \times (E_p \times I_p)^8)} = 0.7787 \text{ m}^{-1} \\
E_p &: \text{말뚝의 탄성계수} = 200000 \text{ N/mm}^2 \\
I_p &: \text{말뚝의 단면 2차 모멘트} = 0.000383 \text{ m}^4
\end{aligned}$$

(c) 기초의 두께 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
$\beta \cdot \lambda$	0.352 < 1.000	강제취급

$$\begin{aligned}
\beta &= \sqrt[4]{((3 \times k)/(E \times h^3))} = 0.176 \text{ m}^{-1} \\
k &= K_p = K_v \times (m \times n)/(B \times L) = 129494 \text{ kN/m}^3 \\
E &= 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} = 25811 \text{ Mpa} \\
\lambda &= \text{Max}[l, b] = 2.000 \text{ m} \\
h &= \text{직접기초의 두께} = 2.500 \text{ m}
\end{aligned}$$

(d) 말뚝머리의 안정성 검토

① 무리말뚝 원점의 변위량($\delta_x, \delta_y, \alpha$) 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
교 축	$A_{xx} \times \delta_x + A_{xy} \times \delta_y - A_{x\alpha} \times \alpha = V$	$\delta_x = 0.000545 \text{ m}$
	$A_{yx} \times \delta_x + A_{yy} \times \delta_y - A_{y\alpha} \times \alpha = H_{\text{교축}}$	$\delta_y = 0.002195 \text{ m}$
	$A_{\alpha x} \times \delta_x + A_{\alpha y} \times \delta_y - A_{\alpha\alpha} \times \alpha = M_{\text{교축}}$	$\alpha = 0.000589 \text{ rad}$
교 축 직 각	$A_{xx} \times \delta_x + A_{xy} \times \delta_y - A_{x\alpha} \times \alpha = V$	$\delta_x = 0.000174 \text{ m}$
	$A_{yx} \times \delta_x + A_{yy} \times \delta_y - A_{y\alpha} \times \alpha = H_{\text{교축직각}}$	$\delta_y = 0.002195 \text{ m}$
	$A_{\alpha x} \times \delta_x + A_{\alpha y} \times \delta_y - A_{\alpha\alpha} \times \alpha = M_{\text{교축직각}}$	$\alpha = 0.000016 \text{ rad}$
일반식	$ \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xx} & A_{xy} & A_{xa} \\ A_{yx} & A_{yy} & A_{ya} \\ A_{ax} & A_{ay} & A_{aa} \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} H_o \\ V_o \\ M_o \end{bmatrix} $	

※ 3원 연립방정식의 각 계수는 아래의 식을 따른다.(교축, 교축직각방향)

i) 교축방향

구 분	계 산 과 정	결 과
A_{xx}	$\sum (K_1 \cos^2 \theta_i + K_v \sin^2 \theta_i)$	23142095
A_{xy}, A_{yx}	$\sum (K_v - K_1) \sin \theta_i \cos \theta_i$	0
$A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$	$\sum \{(K_v - K_1)x_i \sin \theta_i \cos \theta_i - K_2 \cos \theta_i\}$	-12495269
A_{yy}	$\sum (K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)$	20790250
$A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$	$\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i + K_2 \sin \theta_i\}$	0
$A_{\alpha\alpha}$	$\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i^2 + (K_2 + K_3)x_i \sin \theta_i + K_4\}$	83764357

구 분	n	xi	A_{xx}	A_{xy}, A_{yx}	$A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$	A_{yy}	$A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$	$A_{\alpha\alpha}$
1열	19	2.600	4628419	0	-2499054	4158050	0	30807081
2열	19	1.300	4628419	0	-2499054	4158050	0	9725767
3열	19	0.000	4628419	0	-2499054	4158050	0	2698662
4열	19	-1.300	4628419	0	-2499054	4158050	0	9725767
5열	19	-2.600	4628419	0	-2499054	4158050	0	30807081

ii) 교축직각방향

구 분	계 산 과 정	결 과
A_{xx}	$\sum (K_1 \cos^2 \theta_i + K_v \sin^2 \theta_i)$	23142095
A_{xy}, A_{yx}	$\sum (K_v - K_1) \sin \theta_i \cos \theta_i$	0
$A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$	$\sum \{(K_v - K_1)x_i \sin \theta_i \cos \theta_i - K_2 \cos \theta_i\}$	-12495269
A_{yy}	$\sum (K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)$	20790250
$A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$	$\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i + K_2 \sin \theta_i\}$	0
$A_{\alpha\alpha}$	$\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i^2 + (K_2 + K_3)x_i \sin \theta_i + K_4\}$	1067559004

구 분	n	xi	A_{xx}	A_{xy}, A_{yx}	$A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$	A_{yy}	$A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$	$A_{\alpha\alpha}$
1열	5	11.700	1218005	0	-657646	1094224	0	150498457
2열	5	10.400	1218005	0	-657646	1094224	0	119061410
3열	5	9.100	1218005	0	-657646	1094224	0	91322839
4열	5	7.800	1218005	0	-657646	1094224	0	67282744
5열	5	6.500	1218005	0	-657646	1094224	0	46941126
6열	5	5.200	1218005	0	-657646	1094224	0	30297983
7열	5	3.900	1218005	0	-657646	1094224	0	17353317
8열	5	2.600	1218005	0	-657646	1094224	0	8107126
9열	5	1.300	1218005	0	-657646	1094224	0	2559412
10열	5	0.000	1218005	0	-657646	1094224	0	710174
11열	5	-1.300	1218005	0	-657646	1094224	0	2559412
12열	5	-2.600	1218005	0	-657646	1094224	0	8107126
13열	5	-3.900	1218005	0	-657646	1094224	0	17353317
14열	5	-5.200	1218005	0	-657646	1094224	0	30297983
15열	5	-6.500	1218005	0	-657646	1094224	0	46941126
16열	5	-7.800	1218005	0	-657646	1094224	0	67282744
17열	5	-9.100	1218005	0	-657646	1094224	0	91322839
18열	5	-10.400	1218005	0	-657646	1094224	0	119061410
19열	5	-11.700	1218005	0	-657646	1094224	0	150498457

② 말뚝머리의 변위량 및 반력 산정

i) 교축방향

구 분	δ_{xi}	δ_{yi}	P_{Ni}	P_{Hi}	M_{ti}
1열	0.000545	0.003725	815.246	55.281	11.952

2열	0.000545	0.002960	647.790	55.281	11.952
3열	0.000545	0.002195	480.334	55.281	11.952
4열	0.000545	0.001430	312.879	55.281	11.952
5열	0.000545	0.000665	145.423	55.281	11.952

여기서, $\delta_{xi} = \delta_x \times \cos\theta_i - (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \sin\theta_i$

$\delta_{yi} = \delta_x \times \sin\theta_i + (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \cos\theta_i$

$P_{Ni} = K_v \times \delta_{yi}$

$P_{Hi} = K_1 \times \delta_{xi} - K_2 \times \alpha$

$M_{ti} = -K_3 \times \delta_{xi} + K_4 \times \alpha$

ii) 교축직각방향

구 분	δ_{xi}	δ_{yi}	P_{Ni}	P_{Hi}	M_{ti}
1열	0.000174	0.002379	520.600	40.209	-20.594
2열	0.000174	0.002358	516.126	40.209	-20.594
3열	0.000174	0.002338	511.652	40.209	-20.594
4열	0.000174	0.002318	507.178	40.209	-20.594
5열	0.000174	0.002297	502.704	40.209	-20.594
6열	0.000174	0.002277	498.230	40.209	-20.594
7열	0.000174	0.002256	493.756	40.209	-20.594
8열	0.000174	0.002236	489.282	40.209	-20.594
9열	0.000174	0.002215	484.808	40.209	-20.594
10열	0.000174	0.002195	480.334	40.209	-20.594
11열	0.000174	0.002174	475.860	40.209	-20.594
12열	0.000174	0.002154	471.386	40.209	-20.594
13열	0.000174	0.002134	466.912	40.209	-20.594
14열	0.000174	0.002113	462.438	40.209	-20.594
15열	0.000174	0.002093	457.964	40.209	-20.594
16열	0.000174	0.002072	453.490	40.209	-20.594
17열	0.000174	0.002052	449.016	40.209	-20.594
18열	0.000174	0.002031	444.542	40.209	-20.594
19열	0.000174	0.002011	440.068	40.209	-20.594

여기서, $\delta_{xi} = \delta_x \times \cos\theta_i - (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \sin\theta_i$

$\delta_{yi} = \delta_x \times \sin\theta_i + (\delta_y + \alpha \times x_i) \times \cos\theta_i$

$$P_{Ni} = K_v \times \delta_{yi}$$

$$P_{Hi} = K_1 \times \delta_{xi} - K_2 \times \alpha$$

$$M_{ti} = -K_3 \times \delta_{xi} + K_4 \times \alpha$$

③ 말뚝머리의 변위량과 지지력에 대한 안정성 검토

구 분		보유성능	소요성능	S.F	판정
교 축	수평변위(mm)	15.000	0.545	27.536	O.K
	연직압축지지력(kN)	4345	815	5.330	O.K
	연직인발지지력(kN)	593	0	-	O.K
교 축 직 각	수평변위(mm)	15.000	0.174	86.428	O.K
	연직압축지지력(kN)	4345	521	8.346	O.K
	연직인발지지력(kN)	593	0	-	O.K

※ 말뚝의 허용 변위량은 0.01D로 산정하지만 말뚝의 직경이 1,500mm 이하인

경우에는 $\delta_a = 15\text{mm}$ 를 사용한다.

(e) 말뚝본체의 안정성 검토

i) 교축방향

① 말뚝의 변위 및 부재력

구 분	깊이 x(m)	변위 y(mm)	모멘트, M(kN·m)		전단력 S(kN)
			말뚝머리 고정	말뚝머리 힌지	
1	0.000	0.362997	11.952	0.000	-55.281
2	1.200	0.079803	-12.340	-17.611	1.707
3	2.400	-0.016025	-4.898	-5.142	6.488
4	3.600	-0.013325	-0.093	0.406	1.709
5	4.800	-0.002155	0.503	0.676	-0.204
6	6.000	0.000815	0.157	0.153	-0.245
7	7.200	0.000471	-0.009	-0.028	-0.049
8	8.400	0.000049	-0.020	-0.025	0.012
9	9.600	-0.000037	-0.005	-0.004	0.009
10	10.800	-0.000016	0.001	0.001	0.001
11	12.000	-0.000001	0.001	0.001	-0.001

$$y = (P_{Hi}/2EI\beta^3) \times e^{-\beta x} \times [(1+\beta \times ho) \times \cos(\beta x) - \beta \times ho \times \sin(\beta x)]$$

$$M_{고정} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times [\beta \times ho \times \cos(\beta x) + (1+\beta \times ho) \times \sin(\beta x)]$$

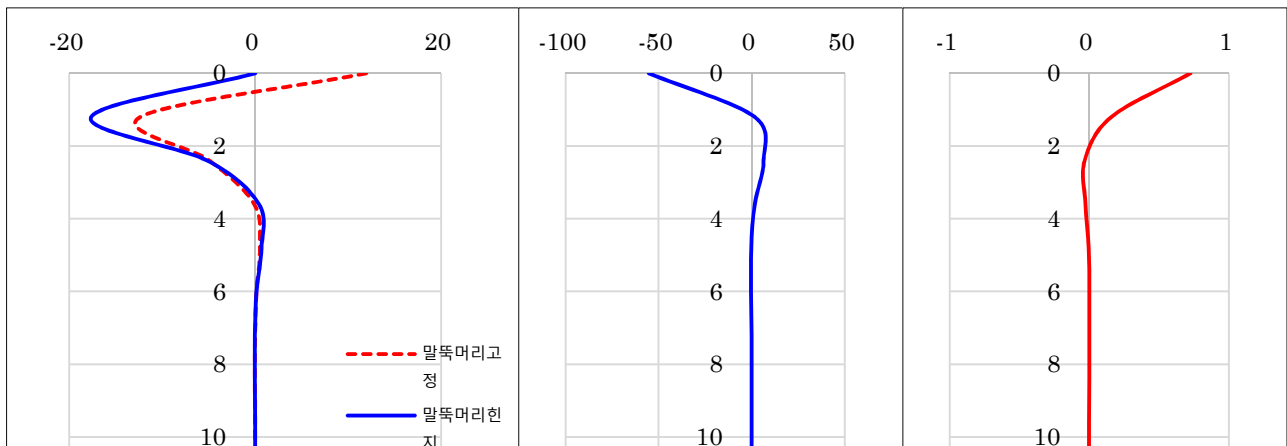
$$M_{힌지} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times \sin(\beta x)$$

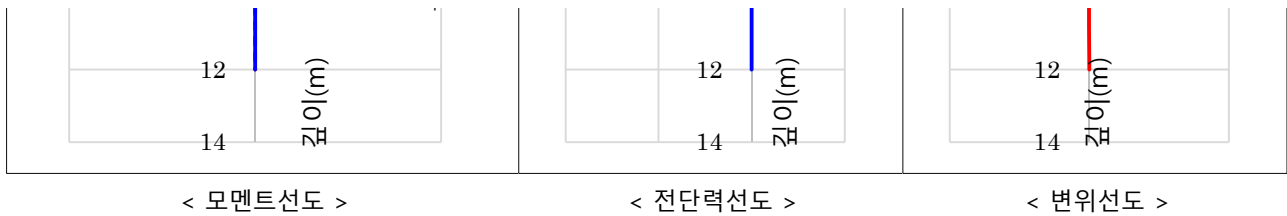
$$S = -P_{Hi} \times e^{-\beta x} \times [\cos(\beta x) - (1+2 \times \beta \times ho) \times \sin(\beta x)]$$

$$P_{Hi} = 55.281 \quad \text{kN}$$

$$\beta = 0.926 \quad \text{m}^{-1}$$

$$ho = M_{ti} / P_{Hi} = -216.210 \quad \text{mm}$$





② 말뚝의 응력 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
말뚝머리 고정	$l_{mf} = 1/\beta \times \tan^{-1}[1/(1+2\beta \times h_o)]$	1113 mm
	$M_{mf} = -(P_{Hi}/2\beta) \times \sqrt{[(1+2\beta \times h_o)^2 + 1]} \times e^{-\beta \times l_{mf}}$	-12.416 kN·m
말뚝머리 힌지	$l_{mh} = \pi/(4 \times \beta)$	848 mm
	$M_{mh} = -0.3224 \times (P_{Hi}/\beta)$	-19.246 kN·m
최대 부재력	$M_{max} = \max[M_{고정} , M_{힌지} , M_{mf} , M_{mh}]$	19.246 kN·m
	$S_{max} = S $	55.281 kN
말뚝 응력 검토	$f_t = 52.649 \leq 210.000$	O.K
	$f_c = 78.147 \leq 210.000$	O.K
	$f_s = 4.435 \leq 120.000$	O.K

여기서, l_{mf} , l_{mh} : 지중부 최대 모멘트의 작용 깊이

M_{mf} , M_{mh} : 지중부 최대 모멘트의 크기

f_t : 말뚝의 최대 인장응력

$$f_t = P_{Ni}/A_p - M_{max} \times (D/2I)$$

f_{ta} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_c : 말뚝의 최대 압축응력

$$f_c = P_{Ni}/A_p + M_{max} \times (D/2I)$$

f_{ca} : 말뚝의 허용 휨압축응력 = 210.000 Mpa

f_s : 말뚝의 최대 전단응력

$$f_s = S_{max}/A_p$$

f_{sa} : 말뚝의 허용 휨전단응력 = 120.000 Mpa

μ_1 : 이음에 의한 허용응력 감소율

$$\mu_1 = 0.05 \times \text{이음개수} = 0.000$$

μ_2 : 세장비 의한 허용응력 감소율

$$\mu_2 = \text{MAX} (L/d-n, 0) = 0.000$$

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 = 0.000$$

ii) 교축직각방향

① 말뚝의 변위 및 부재력

구 분	깊이 x(m)	변위 y(mm)	모멘트, M(kN·m)		전단력 S(kN)
			말뚝머리 고정	말뚝머리 힌지	
1	0.000	0.486698	-20.594	0.000	-40.209
2	1.200	0.024866	-21.891	-12.809	17.243
3	2.400	-0.045468	-4.161	-3.740	9.391
4	3.600	-0.015970	1.157	0.296	0.874
5	4.800	0.000263	0.789	0.492	-0.762
6	6.000	0.001807	0.105	0.111	-0.317
7	7.200	0.000499	-0.055	-0.021	-0.010
8	8.400	-0.000050	-0.027	-0.018	0.031
9	9.600	-0.000069	-0.002	-0.003	0.010
10	10.800	-0.000015	0.002	0.001	0.000
11	12.000	0.000003	0.001	0.001	-0.001

$$y = (P_{Hi}/2EI\beta^3) \times e^{-\beta x} \times [(1 + \beta \times ho) \times \cos(\beta x) - \beta \times ho \times \sin(\beta x)]$$

$$M_{고정} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times [\beta \times ho \times \cos(\beta x) + (1 + \beta \times ho) \times \sin(\beta x)]$$

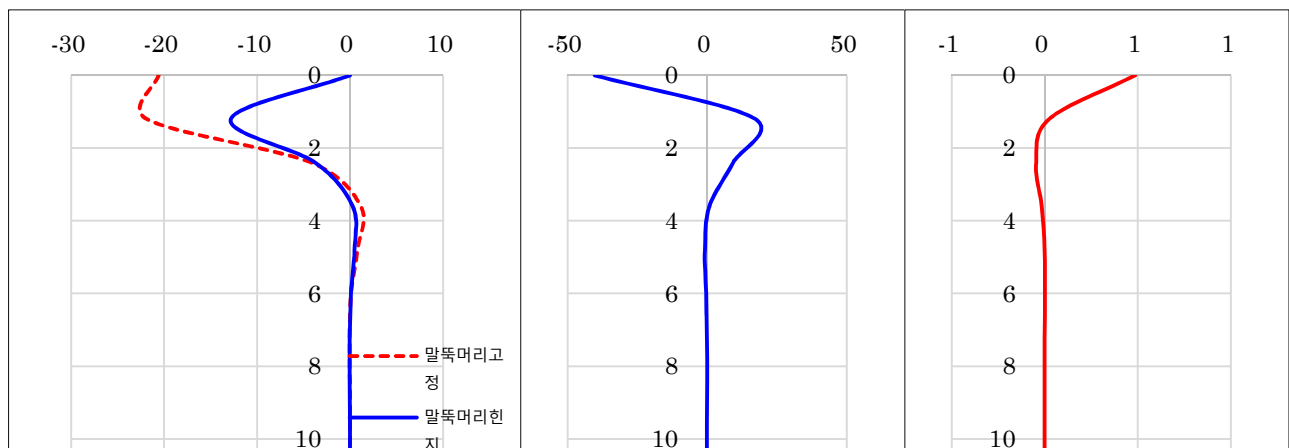
$$M_{힌지} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times \sin(\beta x)$$

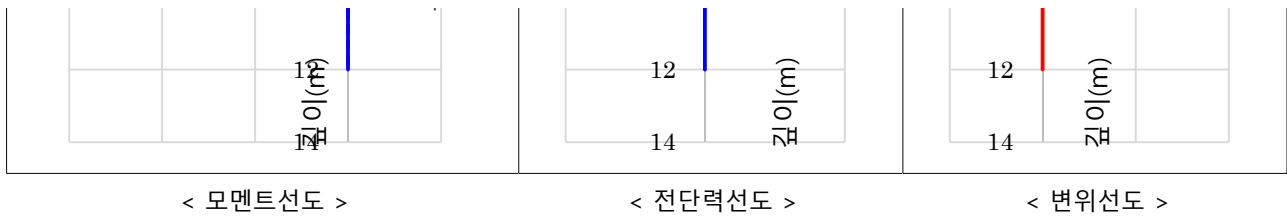
$$S = -P_{Hi} \times e^{-\beta x} \times [\cos(\beta x) - (1 + 2 \times \beta \times ho) \times \sin(\beta x)]$$

$$P_{Hi} = 40.209 \quad \text{kN}$$

$$\beta = 0.926 \quad \text{m}^{-1}$$

$$ho = M_{ti} / P_{Hi} = 512.162 \quad \text{mm}$$





② 말뚝의 응력 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
말뚝머리 고정	$l_{mf} = 1/\beta \times \tan^{-1}[1/(1+2 \times \beta \times h_o)]$	512 mm
	$M_{mf} = -(P_{Hi}/2\beta) \times \sqrt{[(1+2 \times \beta \times h_o)^2 + 1]} \times e^{-\beta \times l_{mf}}$	-29.596 kN·m
말뚝머리 힌지	$l_{mh} = \pi/(4 \times \beta)$	848 mm
	$M_{mh} = -0.3224 \times (P_{Hi}/\beta)$	-13.999 kN·m
최대 부재력	$M_{max} = \max[M_{고정} , M_{힌지} , M_{mf} , M_{mh}]$	29.596 kN·m
	$S_{max} = S $	40.209 kN
말뚝 응력 검토	$f_t = 22.158 \leq 210.000$	O.K
	$f_c = 61.367 \leq 210.000$	O.K
	$f_s = 3.226 \leq 120.000$	O.K

여기서, l_{mf} , l_{mh} : 지중부 최대 모멘트의 작용 깊이

M_{mf} , M_{mh} : 지중부 최대 모멘트의 크기

f_t : 말뚝의 최대 인장응력

$$f_t = P_{Ni}/A_p - M_{max} \times (D/2I)$$

f_{ta} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_c : 말뚝의 최대 압축응력

$$f_c = P_{Ni}/A_p + M_{max} \times (D/2I)$$

f_{ca} : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

f_s : 말뚝의 최대 전단응력

$$f_s = S_{max}/A_p$$

f_{sa} : 말뚝의 허용 휨전단응력 = 120.000 Mpa

μ_1 : 이음에 의한 허용응력 감소율

$$\mu_1 = 0.05 \times \text{이음개수} = 0.000$$

μ_2 : 세장비 의한 허용응력 감소율

$$\mu_2 = \text{MAX} (L/d-n, 0) = 0.000$$

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 = 0.000$$

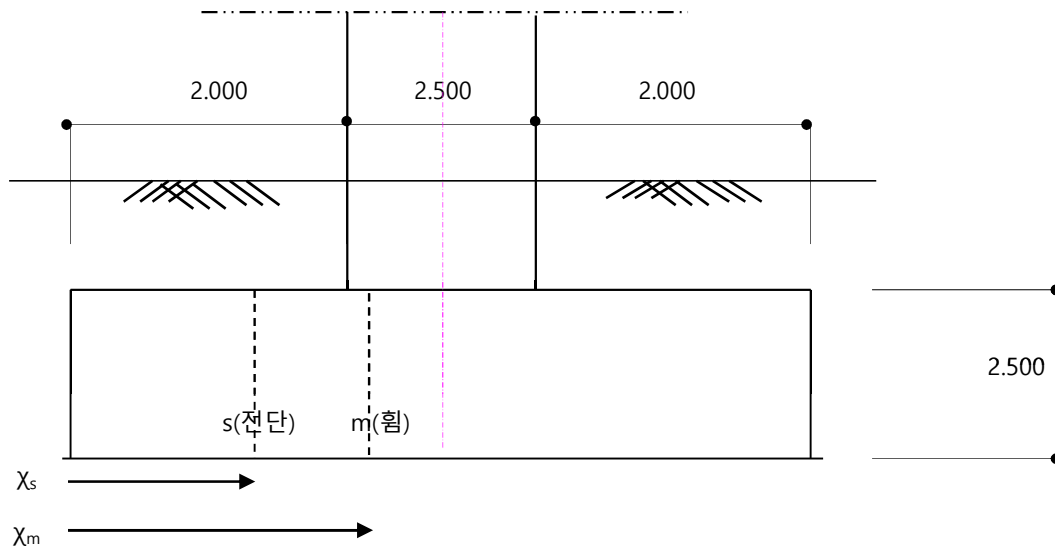
2) 단면 평가

(a) 교축방향

① 위험단면 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\chi_m = 2.000 + (2.500 - 2.216)/2$	2.142 m
전단	$\chi_s = 2.142 - 2.300/2$	0.992 m

② 교축방향 위험단면



③ 말뚝의 반력

구 분	계 산 과 정			결 과
	P_{Ni}	×	n	
R1	815.246	×	19	15490 kN
R2	647.790	×	19	12308 kN
R3		×		
R4		×		
R5		×		

④ 단면력 산정

구 분	계 산 과 정	결 과
기초자중에 의한 단면력	$M_{\text{기초}} = h \times \chi_m \times L \times \gamma_c \times l$	3542 kN·m
	$V_{\text{기초}} = h \times \chi_s \times L \times \gamma_c$	1532 kN
상재하중에 의한 단면력	$M_{\text{상재}} = h' \times \chi_m \times L \times \gamma_t \times l$	3769 kN·m
	$V_{\text{상재}} = h' \times \chi_s \times L \times \gamma_t$	1630 kN
말뚝반력에 의한 단면력	$M_{\text{말뚝}} = R1 \times 1.492 + R2 \times 0.192$	25480 kN·m
	$V_{\text{말뚝}} = R1$	15490 kN
기초의 단면력	$M_u = M_{\text{말뚝}} - M_{\text{기초}} - M_{\text{상재}}$	18169 kN·m
	$V_u = V_{\text{말뚝}} - V_{\text{기초}} - V_{\text{상재}}$	12328 kN

⑤ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\Phi M_n = 66552 \geq 18169$	O.K
전단	$\Phi V_n = 46385 \geq 12328$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 24700 \text{ mm} \quad d = 2300 \text{ mm}$$

$$\phi_f = 1.000 \quad \phi_v = 1.000$$

- 휨 검토 1단 : D 32 - 123 ea

$$A_s = 97687 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 58.2 \text{ mm}$$

- 전단 검토

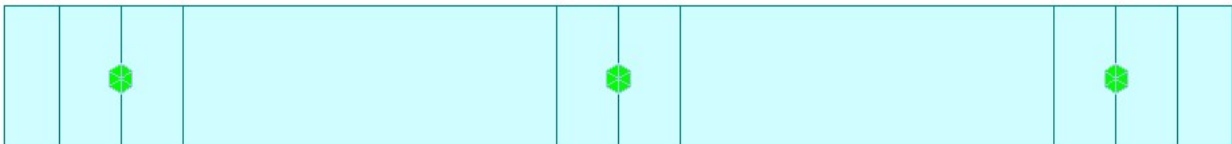
$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 46385 \text{ kN}$$

(b) 교축직각방향

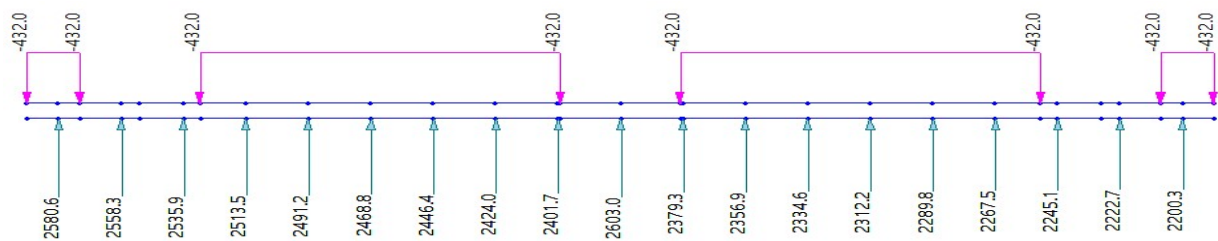
① 작용 말뚝반력

구 분	1열	2열	3열	4열	5열
반력(kN)	2603.002	2580.632	2558.262	2535.892	2513.522
구 분	6열	7열	8열	9열	10열
반력(kN)	2491.152	2468.782	2446.412	2424.042	2401.672
구 분	11열	12열	13열	14열	15열
반력(kN)	2379.302	2356.932	2334.562	2312.192	2289.822
구 분	16열	17열	18열	19열	20열
반력(kN)	2267.452	2245.082	2222.712	2200.342	
구 분	21열	22열	23열	24열	25열
반력(kN)					

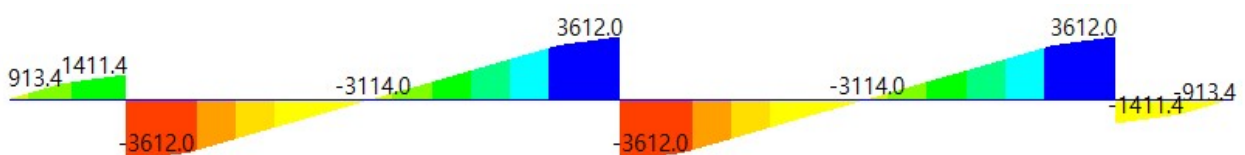
② 구조해석 모델링



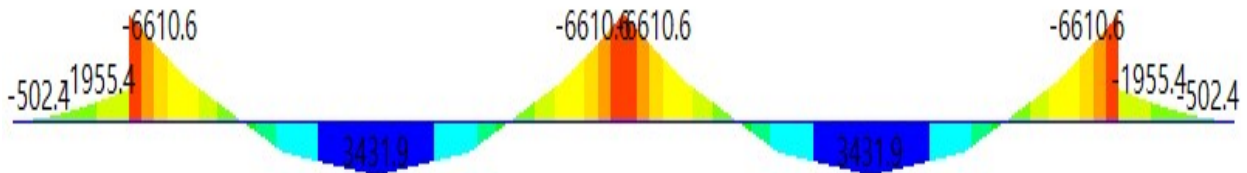
③ 하중재하도



④ 전단력도 (S.F.D)



⑤ 휨모멘트도 (B.M.D)



⑥ 최대 발생 단면력 집계

구 분	결 과	비 고
최대 발생 휨모멘트	Mu = 6611	kN·m
최대 발생 전단력	Vu = 3612	kN

⑦ 단면 검토

구 분	계 산 과 정	결 과
휨	$\Phi M_n = 23168 \geq 6611$	O.K
전단	$\Phi V_n = 12207 \geq 3612$	O.K

$$\Phi M_n = \Phi \times A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s \quad (\Phi V_c \geq V_s \text{ 이므로, 전단철근 } \Phi V_s \text{ 미고려})$$

$$f_{ck} = 24 \text{ Mpa} \quad f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$b = 6500 \text{ mm} \quad d = 2300 \text{ mm}$$

$$\Phi_f = 1.000 \quad \Phi_v = 1.000$$

$$\text{- 휨 검토} \quad 1 \text{ 단 : } D \quad 32 \quad - \quad 43 \quad \text{ea}$$

$$A_s = 34151 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 77.3 \text{ mm}$$

$$\text{- 전단 검토}$$

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 12207 \text{ kN}$$

3) 결과 요약

구 분			보유성능	소요성능	S.F	판정
안정성 검토	수평변위	교축	15.000	0.545	27.536	O.K
		교축직각	15.000	0.174	86.428	O.K
	연직 압축지지력	교축	4345	815	5.330	O.K
		교축직각	4345	521	8.346	O.K
	연직 인발지지력	교축	593	0	-	O.K
		교축직각	593	0	-	O.K
말뚝 응력 검토	힘인장응력	교축	210.000	52.649	3.989	O.K
		교축직각	210.000	22.158	9.478	O.K
	힘압축응력	교축	210.000	78.147	2.687	O.K
		교축직각	210.000	61.367	3.422	O.K
	힘전단응력	교축	120.000	4.435	27.060	O.K
		교축직각	120.000	3.226	37.203	O.K
단면 검토	힘	교축	66552	18169	3.663	O.K
		교축직각	23168	6611	3.505	O.K
	전단	교축	46385	12328	3.763	O.K
		교축직각	12207	3612	3.379	O.K