

8. 받침부 평가 (교대)

8.1 교대 A2

8.1.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 680.00 \text{ kN (1300kN)} \quad f_B$$

- 교직방향

$$f_B = 680.00 \text{ kN (1300kN)} \quad f_B$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$F_{BC} = 680.00 \times 6 = 4,080.00 \text{ kN (1300kN)}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 680.00 \times 1 = 680.00 \text{ kN (1300kN)}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 3,877.81 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 2,182.01 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{4,080.00}{3,877.81} = 1.052 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{680.00}{2,182.01} = 0.312 < 1.0 \quad \text{NG}$$

8.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C =	340	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B =	340	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a =	70	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b =	30	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef} =	240	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L =	290	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T =	290	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n =	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f _{ck} =	24	MPa
앵커의 유효단면적	A _{se} =	707	mm ²
앵커의 인장강도	f _{uta} =	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h _{ef} =	240	mm
교대부 깊이	h _{cop} =	2914	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$$

V_{sa} : 앵커갯수

교축방향:	V _{saL}	=	4	X	1	X	707	X	860	=	2,432	kN
교직방향:	V _{saT}	=	4	X	1	X	707	X	860	=	2,432	kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$$F_{ASD}$$

교축방향:	F _{ASDL}	=	F _{BDL} / n ^L	=	3877.81 / 6	=	646	kN
교직방향:	F _{ASDT}	=	F _{BDT} / n ^T	=	2182.01 / 1	=	2,182	kN

3) 평가

교축방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}}$	=	$\frac{2,432}{646}$	=	3.762	>	1.0	OK
교직방향	$\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}}$	=	$\frac{2,432}{2,182}$	=	1.114	>	1.0	OK

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향 자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm^2)

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0$$

$$C_{a2} < 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6(l_e/d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향 (전열 앵커로 검토하므로 V/2 적용)

$$C_{a1} = 1,010 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,010 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,350 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,350 \quad mm$$

$$\sum S_i = 10110 \quad mm$$

$$S_L = 290 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 1,515 \quad mm$$

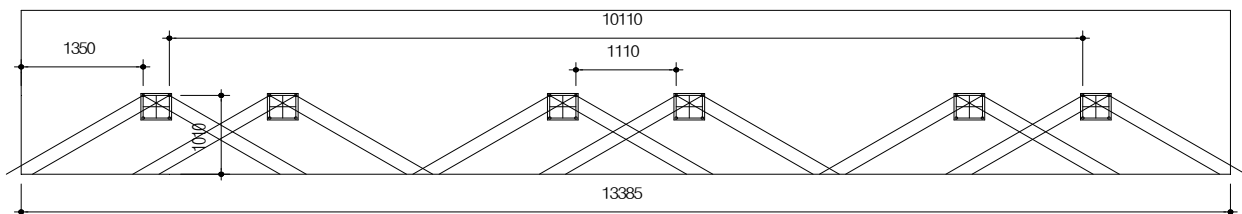
$$S_T = 290 \quad mm$$

$$S_{ax} = 1110 \quad mm$$

$$h_{cop} = 2,914 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,515 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 13,385 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 20,278,275 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1010^2 = 4,590,450 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 20,278,275 < 12 \times 4,590,450 = 55,085,400 \text{ mm}^2$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{240^{0.2}}{70} \times \sqrt{70} \times \sqrt{24} \times 1010^{1.5}$$

$$= 1,009.97 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.967 \quad \Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 240 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^L = A_{vc} / A_{vco} \times \Phi_{ed,v} \times \Phi_{c,v} \times \Phi_{h,v} \times V_b$$

$$= \frac{20,278,275}{4,590,450} \times 0.967 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,010 = 6,042 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,640 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,640 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 720 \text{ mm}$$

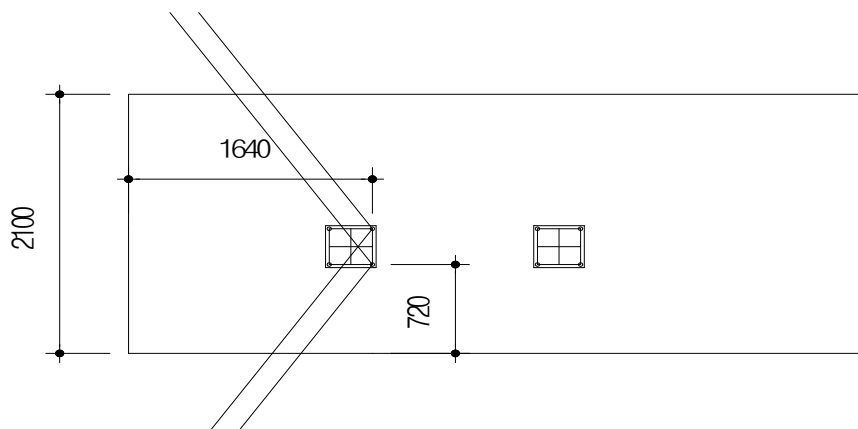
$$C_{a2}' = 720 \text{ mm} \quad \sum S_i = 0 \text{ mm}$$

$$S_L = 290 \text{ mm} \quad 1.5C_{a1} = 2,460 \text{ mm}$$

$$S_T = 290 \text{ mm} \quad S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 2,914 \text{ mm} \quad h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 2,460 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,100 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 1,640 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 2,460 & \text{mm} \\
 2\text{면} & C_{a2}' & = & 720 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 2,460 & \text{mm} \\
 3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 2,914 & \text{mm} > & 1.5C_{a1} & = & 2,460 & \text{mm}
 \end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{array}{llllllll}
 A_{vc} & = & 5,166,000 & \text{mm}^2 \\
 A_{vco} & = & 4.5C_{a1}^2 & = & 4.5 & \times & 1,640^2 & = & 12,103,200 & \text{mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} & < & n & A_{vco} & = & 5,166,000 & < & 2 & \times & 12,103,200 & = & 24,206,400 & \text{mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{240^{0.2}}{70} \times \sqrt{70} \times \sqrt{24} \times 1,640^{1.5} \\
 &= 2,089.75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{ed,v} &= 0.788 & \Phi_{h,v} &= 1.000 \\
 l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 240 \text{ mm} \\
 V_{cbg}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
 &= \frac{5,166,000}{12,103,200} \times 0.788 \times 1.400 \times 1.000 \times 2,090 = 984 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llllll}
 \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 646 & \times & 6 & = & 3,878 & \text{kN} \\
 \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 2,182 & \times & 1 & = & 2,182 & \text{kN}
 \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llllllll}
 \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} & = & \frac{6,042}{3,878} & = & 1.558 & > & 1.0 & \text{OK} \\
 \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} & = & \frac{984}{2,182} & = & 0.451 & < & 1.0 & \text{NG}
 \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

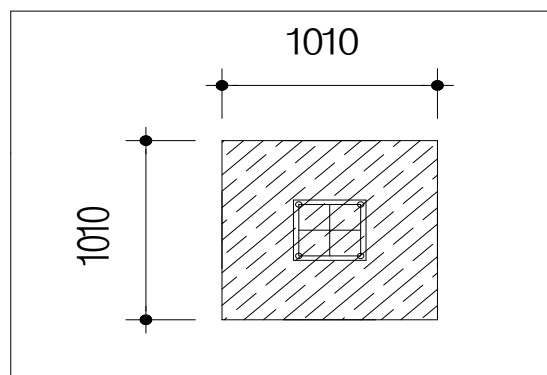
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

C_{a1}	=	1,010	mm	S_L	=	290	mm
C_{a1}'	=	1,010	mm	S_T	=	290	mm
C_{a2}	=	1,350	mm	S_{ax}	=	1,110	mm
C_{a2}'	=	1,350	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	240	mm	h_{ef}'	=	240	mm (유효물침깊이)
$1.5h_{ef}$	=	360.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	360.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	720.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	720.0	mm



$$h_{ef} = 240 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,020,100 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 압도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 518400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,020,100 < 4 \times 518,400 = 2,073,600 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 182.15 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} \times \phi_{ed,N} \times \phi_{c,N} \times N_b$$

$$= \frac{1,020,100}{518,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 182.1 = 448 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \times N_{cbg} = 2 \times 448 = 896 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 896 / 1 = 896 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,640 \text{ mm}$$

$$S_L = 290 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,640 \text{ mm}$$

$$S_T = 290 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 720 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 1,110 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 720 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 240 \text{ mm}$$

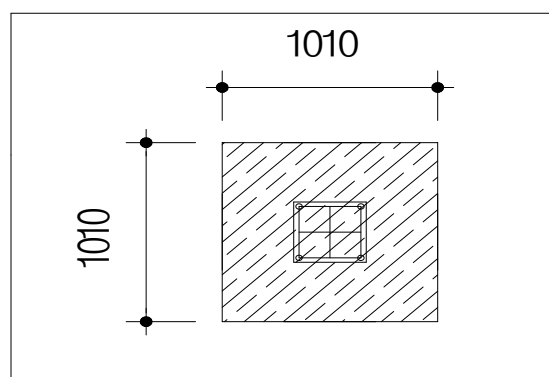
$$h_{ef}' = 240 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 360.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 360.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 720.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 720.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

1면	C_{a1}	=	1,640	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	360.0	mm
2면	C_{a2}	=	720	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	360.0	mm
3면	C_{a2}'	=	720	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	360.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	1,400	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	720.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	720.0	mm

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\therefore h_{ef} = 240 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,020,100 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 압도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 518,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,020,100 < 4 \times 518,400 = 2,073,600 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 182.15 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{1,020,100}{518,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 182.1 = 448 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 448 = 896 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N (\text{받침개수}) = 896 / 1 = 896 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 646 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 2,182 \text{ kN}$

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{cpgL}}{F_{ASDL}} = \frac{896}{646} = 1.386 > 1.0 \quad \text{OK}$

교직방향 $\frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} = \frac{896}{2,182} = 0.411 < 1.0 \quad \text{NG}$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	4,080	3,878	1.052	OK
		교직	680	2,182	0.312	NG
	앵커볼트	교축	2,432	646	3.762	OK
		교직	2,432	2,182	1.114	OK
	콘크리트	교축	6,042	3,878	1.558	OK
		교직	984	2,182	0.451	NG
	프라이아웃	교축	896	646	1.386	OK
		교직	896	2,182	0.411	NG

8. 받침부 평가 (교대)

8.1 교대 A2

8.1.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 680.00 \text{ kN (1300kN)} \quad f_B$$

- 교직방향

$$f_B = 680.00 \text{ kN (1300kN)} \quad f_B$$

(2) 보유성능 : 횡방향 저항용량 F_{BC} : 받침 1기당의 저항용량*저항하는 받침 개수

- 교축방향

$$F_{BC} = 680.00 \times 6 = 4,080.00 \text{ kN (1300kN)}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 680.00 \times 1 = 680.00 \text{ kN (1300kN)}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 1,736.95 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 868.47 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{4,080.00}{1,736.95} = 2.349 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{680.00}{868.47} = 0.783 < 1.0 \quad \text{NG}$$

8.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C =	340	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B =	340	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a =	70	mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b =	30	mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef} =	240	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L =	290	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T =	290	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n =	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f _{ck} =	24	MPa
앵커의 유효단면적	A _{se} =	707	mm ²
앵커의 인장강도	f _{uta} =	860	MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h _{ef} =	240	mm
교대부 깊이	h _{cop} =	2914	mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

$$V_{sa} = n \cdot 1.0 \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$$

V_{sa} : 앵커갯수

교축방향:	V _{saL}	=	4	X	1	X	707	X	860	=	2,432	kN
교직방향:	V _{saT}	=	4	X	1	X	707	X	860	=	2,432	kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$$F_{ASD}$$

교축방향:	F _{ASDL}	=	F _{BDL} / n ^L	=	1736.95 / 6	=	289	kN
교직방향:	F _{ASDT}	=	F _{BDT} / n ^T	=	868.47 / 1	=	868	kN

3) 평가

교축방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}}$	=	$\frac{2,432}{289}$	=	8.400	>	1.0	OK
교직방향	$\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}}$	=	$\frac{2,432}{868}$	=	2.800	>	1.0	OK

(3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cbg}

$$V_{cbg} = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

A_{vc} : 단일 앵커 또는 앵커그룹의 전단력 방향에 형성되는 전단파괴면 투영면적

A_{vco} : 연단거리, 간격 또는 부재두께에 제한을 받지 않는 단일앵커의 전단력방향 자유단면에 형성되는 전단파괴면 투영면적 (mm^2)

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2$$

$\Phi_{ed,v}$: 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

$$C_{a2} \geq 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0$$

$$C_{a2} < 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수

$\Phi_{h,v}$: $h_a < 1.5C_{a1}$ 인 경우의 강도 수정계수, 단 $\Phi_{h,v}$ 는 1 이상이어야 한다.

V_b : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

$$V_b = 0.6(l_e/d_0)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

C_{a1} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

C_{a2} : 앵커볼트 중심에서 하중작용 방향직각방향으로 콘크리트 표면까지의 수직거리(mm)

h_a : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향 (전열 앵커로 검토하므로 V/2 적용)

$$C_{a1} = 1,010 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,010 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,350 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,350 \quad mm$$

$$\sum S_i = 10110 \quad mm$$

$$S_L = 290 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 1,515 \quad mm$$

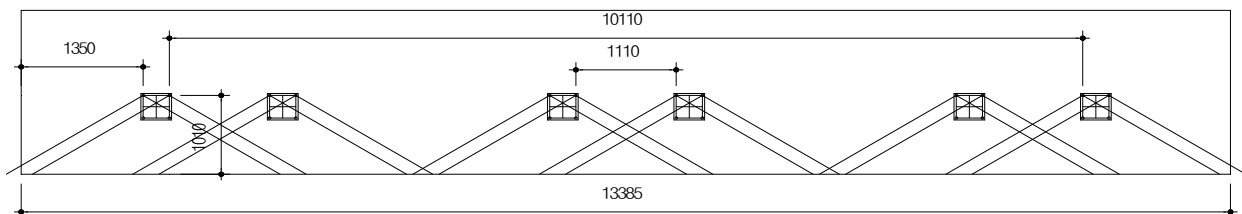
$$S_T = 290 \quad mm$$

$$S_{ax} = 1110 \quad mm$$

$$h_{cop} = 2,914 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,515 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 13,385 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 20,278,275 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1010^2 = 4,590,450 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 20,278,275 < 12 \times 4,590,450 = 55,085,400 \text{ mm}^2$$

$$V_b = 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5}$$

$$= 0.6 \frac{240^{0.2}}{70} \times \sqrt{70} \times \sqrt{24} \times 1010^{1.5}$$

$$= 1,009.97 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.967$$

$$\Phi_{h,v} = 1.000$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 240 \text{ mm}$$

$$V_{cbg}^L = A_{vc} / A_{vco} \times \Phi_{ed,v} \times \Phi_{c,v} \times \Phi_{h,v} \times V_b$$

$$= \frac{20,278,275}{4,590,450} \times 0.967 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,010 = 6,042 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,640 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,640 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 720 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 720 \text{ mm}$$

$$\sum S_i = 0 \text{ mm}$$

$$S_L = 290 \text{ mm}$$

$$1.5 C_{a1} = 2,460 \text{ mm}$$

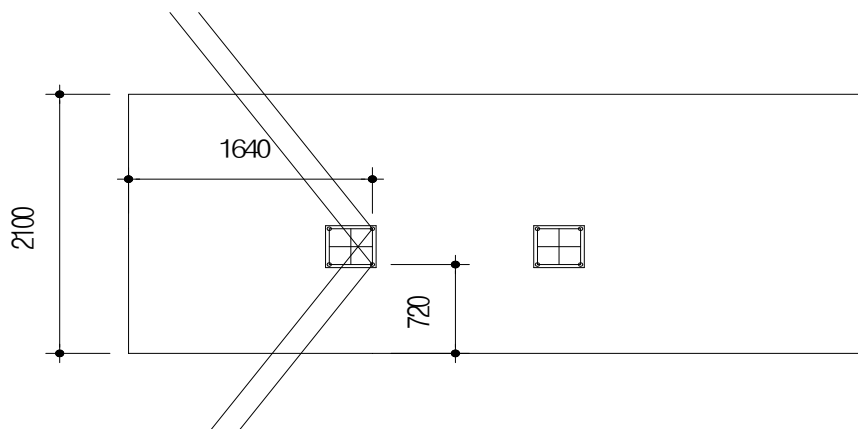
$$S_T = 290 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 2,914 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5 C_{a1}] = 2,460 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,100 \text{ mm}$$



- 콘크리트파괴 저항면적 산정 시 3면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

$$\begin{array}{llllllll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 1,640 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 2,460 & \text{mm} \\
 2\text{면} & C_{a2}' & = & 720 & \text{mm} < & 1.5C_{a1} & = & 2,460 & \text{mm} \\
 3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 2,914 & \text{mm} > & 1.5C_{a1} & = & 2,460 & \text{mm}
 \end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{array}{llllllll}
 A_{vc} & = & 5,166,000 & \text{mm}^2 \\
 A_{vco} & = & 4.5C_{a1}^2 & = & 4.5 & \times & 1,640^2 & = & 12,103,200 & \text{mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} & < & n & A_{vco} & = & 5,166,000 & < & 2 & \times & 12,103,200 & = & 24,206,400 & \text{mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{240^{0.2}}{70} \times \sqrt{70} \times \sqrt{24} \times 1,640^{1.5} \\
 &= 2,089.75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{ed,v} &= 0.788 & \Phi_{h,v} &= 1.000 \\
 l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 240 \text{ mm} \\
 V_{cbg}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
 &= \frac{5,166,000}{12,103,200} \times 0.788 \times 1.400 \times 1.000 \times 2,090 = 984 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llllll}
 \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 289 & \times & 6 & = & 1,737 & \text{kN} \\
 \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 868 & \times & 1 & = & 868 & \text{kN}
 \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llllllll}
 \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} & = & \frac{6,042}{1,737} & = & 3.479 & > & 1.0 & \text{OK} \\
 \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} & = & \frac{984}{868} & = & 1.133 & > & 1.0 & \text{OK}
 \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg}$$

$$k_{cp} : \text{콘크리트 프라이아웃 강도계수} \quad \begin{array}{ll} h_{ef} < 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 1 \\ h_{ef} \geq 65\text{mm} \text{ 인 경우} & k_{cp} = 2 \end{array}$$

$$N_{cbg} : \text{인장을 받는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴강도} \quad N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$A_{nc} : \text{인장강도 산정을 위한 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)}$$

$$A_{nco} : \text{연단거리 또는 간격에 제한을 받지 않는 경우에 인장강도산정을 위한}$$

$$\text{단일 앵커의 콘크리트 파괴면 투영면적(mm}^2\text{)} \quad A_{nco} = 9h_{ef}^2$$

$$\phi_{ed,N} : \text{연단거리 영향에 의한 인장강도 수정계수}$$

$$C_{a,min} \geq 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 1$$

$$C_{a,min} < 1.5h_{ef} \quad \phi_{ed,N} = 0.7 + 0.3(C_{a,min}/1.5h_{ef})$$

$$N_b : \text{인장력을 받는 단일 앵커의 기본 콘크리트 강도}$$

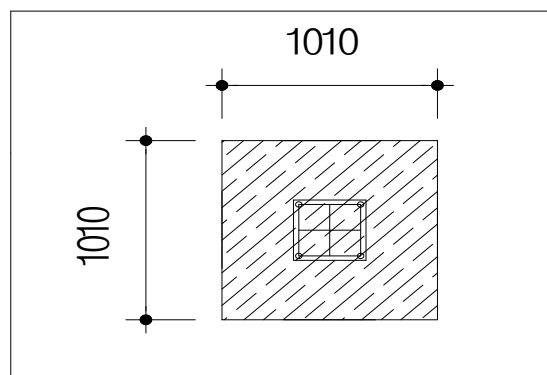
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

$$\phi_{c,N} : \text{사용하중을 받을 때 콘크리트에 균열이 발생하지 않는 위치의 강도 수정계수}$$

$$\text{선설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.25 \quad \text{후설치앵커 : } \phi_{c,N} = 1.40$$

① 교축방향

C_{a1}	=	1,010	mm	S_L	=	290	mm
C_{a1}'	=	1,010	mm	S_T	=	290	mm
C_{a2}	=	1,350	mm	S_{ax}	=	1,110	mm
C_{a2}'	=	1,350	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	240	mm	h_{ef}'	=	240	mm (유효물침깊이)
$1.5h_{ef}$	=	360.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	360.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	720.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	720.0	mm



$$h_{ef} = 240 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,020,100 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 압도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 518400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,020,100 < 4 \times 518,400 = 2,073,600 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000$$

$$\phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 182.15 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc}/A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{1,020,100}{518,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 182.1 = 448 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 448 = 896 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 896 / 1 = 896 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,640 \text{ mm}$$

$$S_L = 290 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,640 \text{ mm}$$

$$S_T = 290 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 720 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 1,110 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 720 \text{ mm}$$

$$S_{ay} = 0 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 240 \text{ mm}$$

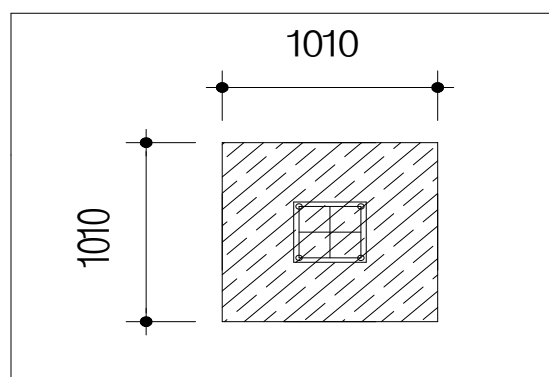
$$h_{ef}' = 240 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 360.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 360.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 720.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 720.0 \text{ mm}$$



- 프라이아웃 저항면적 산정시 4면 이상이 가장자리의 영향을 받는지 여부 검토

1면	C_{a1}	=	1,640	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	360.0	mm
2면	C_{a2}	=	720	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	360.0	mm
3면	C_{a2}'	=	720	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	360.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	1,400	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	720.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	720.0	mm

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\therefore h_{ef} = 240 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 1,020,100 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 압도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 518,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 1,020,100 < 4 \times 518,400 = 2,073,600 \text{ mm}^2$$

$$\phi_{ed,N} = 1.000 \quad \phi_{c,N} = 1.250$$

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 182.15 \text{ kN}$$

$$N_{cbg} = A_{nc} / A_{nco} * \phi_{ed,N} * \phi_{c,N} * N_b$$

$$= \frac{1,020,100}{518,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 182.1 = 448 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 448 = 896 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N (\text{받침개수}) = 896 / 1 = 896 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 289 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 868 \text{ kN}$

3) 평가

교축방향 $\frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} = \frac{896}{289} = 3.095 > 1.0 \quad \text{OK}$

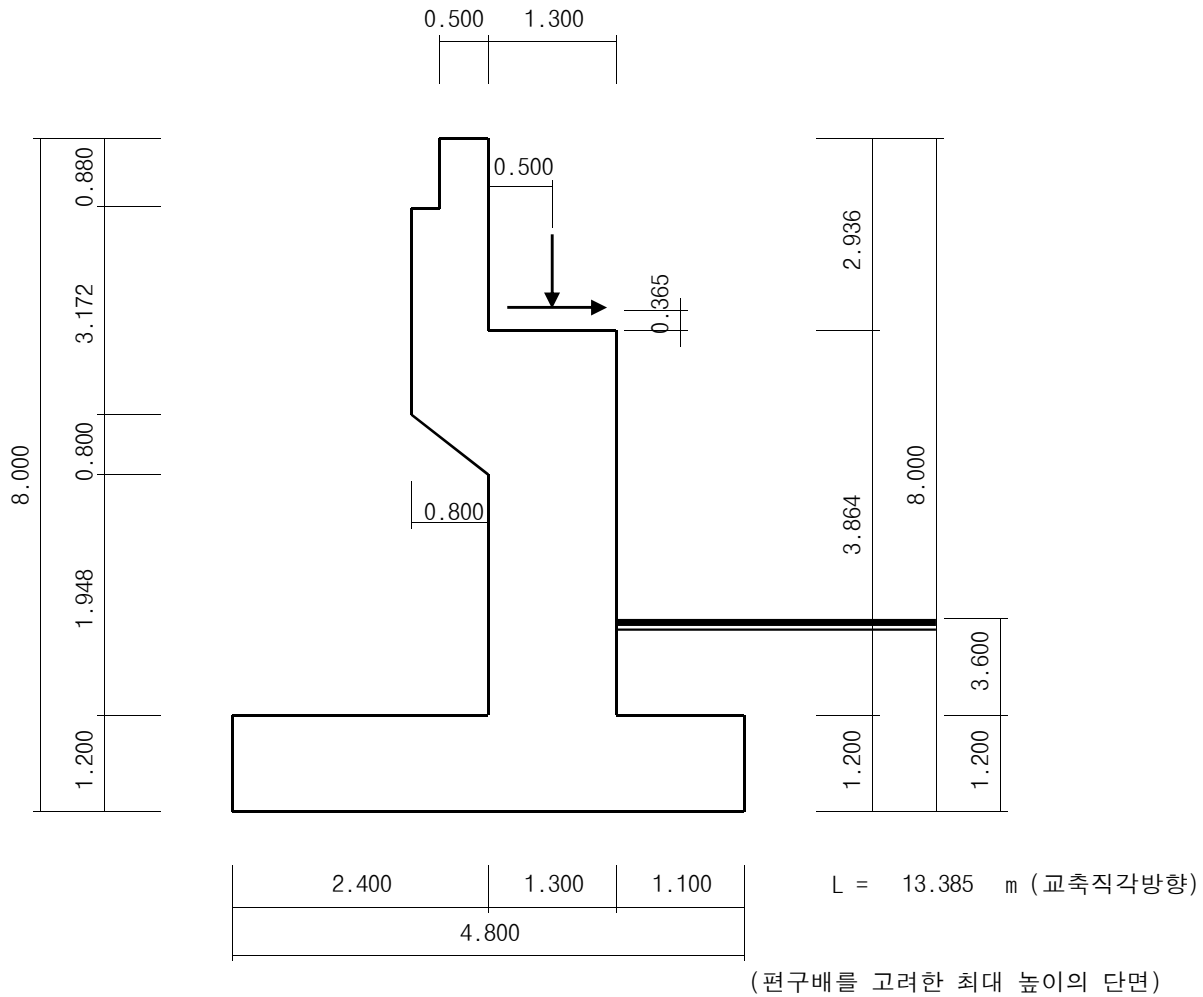
교직방향 $\frac{V_{cpGT}}{F_{ASDT}} = \frac{896}{868} = 1.032 > 1.0 \quad \text{OK}$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	4,080	1,737	2.349	OK
		교직	680	868	0.783	NG
	앵커볼트	교축	2,432	289	8.400	OK
		교직	2,432	868	2.800	OK
	콘크리트	교축	6,042	1,737	3.479	OK
		교직	984	868	1.133	OK
	프라이아웃	교축	896	289	3.095	OK
		교직	896	868	1.032	OK

9.1 교대

9.1.1 단면 제원



9.1.2 상부 전달 하중

1) 고정하중 반력 (D_c)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 262.330 kN/m

2) 2차 고정하중 반력 (D_w)

- 포장, 방호벽 등 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 38.616 kN/m

3) 상부 지진하중 (E_Q)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 수평력 = 129.768 kN/m

9.1.3 구체 지진하중 산출 조건

- 1) 지진구역계수 : 0.11
- 2) 위험도 계수 : 1.40
- 3) 수평지진계수 : 0.077 (A/2 적용)
- 4) 지반계수(S) : 내진설계에 의해 수평력 산출

9.2 교대

9.2.1 하중산정

- 지진시 배면에 작용하는 수평토압 (EH)

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$\phi : \text{뒷채움흙의 내부마찰각} = 35.00^\circ$$

$$\beta : \text{벽배면과 연직면이 이루는 각} = 0.00^\circ$$

$$\delta : \text{벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각} = 0.00^\circ$$

$$i : \text{지표면과 수평면이 이루는 각} = 0.00^\circ$$

$$\theta : \tan^{-1} [K_h / (1 - K_v)] = 4.403^\circ$$

$$K_E = \frac{\cos^2 30.60}{\cos 4.4 \times \cos^2 0.0 \times \cos 4.4 \times [1 + \sqrt{\{(\sin 35.0 \times \sin 30.6) / (\cos 4.4 \times \cos 0.0)\}}]^2}$$

$$= 0.3138$$

$$K_{EH} = K_E \times \cos \delta = 0.3138 \times \cos 0.00 = 0.3138$$

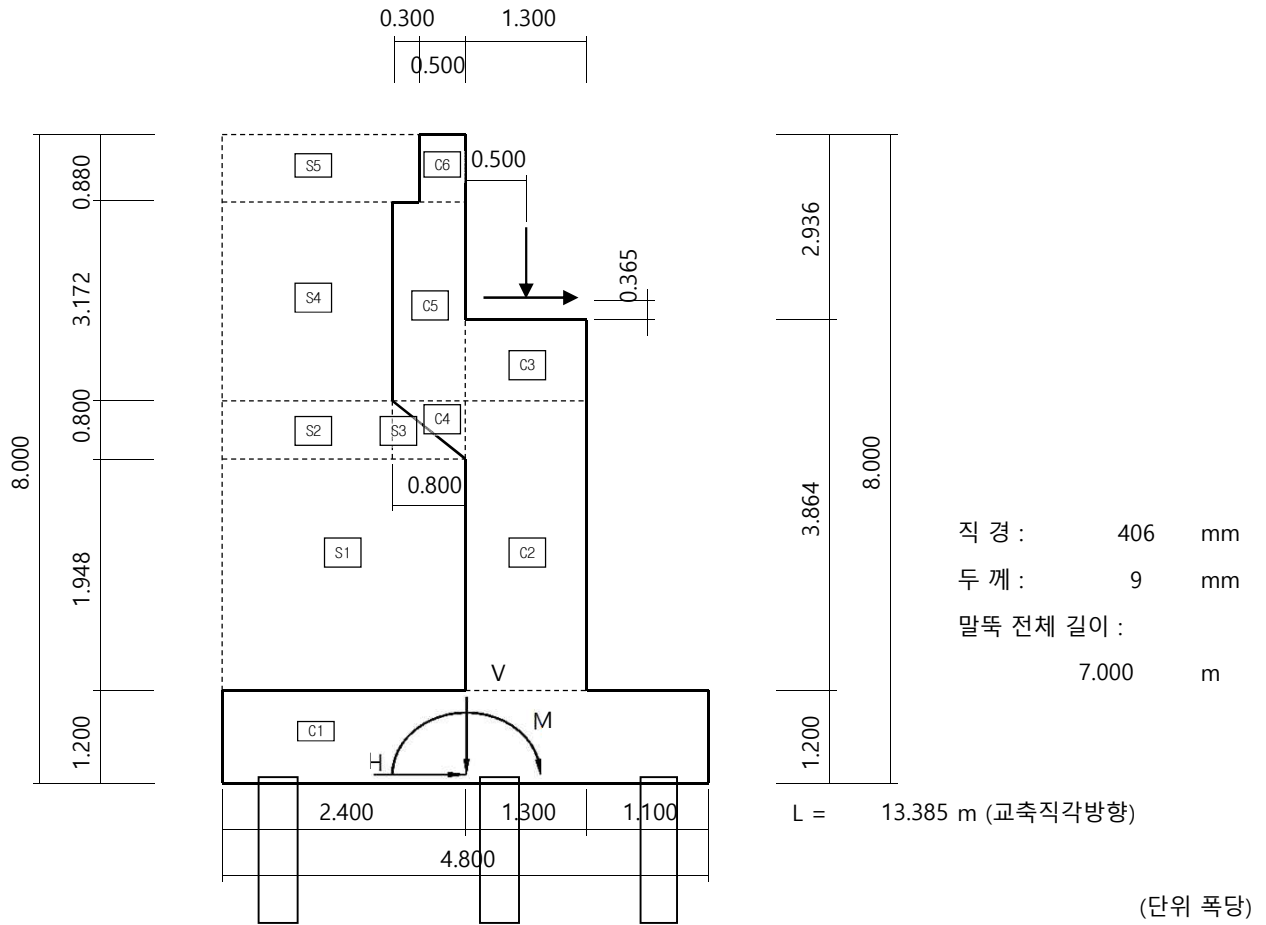
$$Z1 = 0.000 \text{ m} ; q1 = 0.3138 \times 20.00 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

$$Z2 = 8.000 \text{ m} ; q2 = 0.3138 \times 20.00 \times 8.000 = 50.208 \text{ kN/m}^2$$

$$- Pe = (q1 + q2) / 2 \times H = (0.000 + 50.208) / 2 \times 8.000 = 200.832 \text{ kN}$$

$$- Me = Pe \times H / 2 = 200.832 \times 8.000 / 2 = 803.328 \text{ kN}$$

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



구분	A	y	W	K_h	H	x	y	M_R	M
구체	C1	5.760	25.00	144.000	0.077	11.088	2.400	345.600	6.653
	C2	3.572	25.00	89.310	0.077	6.877	1.750	156.293	17.701
	C3	1.451	25.00	36.270	0.077	2.793	1.750	63.473	12.584
	C4	0.320	25.00	8.000	0.077	0.616	2.667	21.333	2.268
	C5	2.538	25.00	63.440	0.077	4.885	2.800	177.632	27.033
	C6	0.440	25.00	11.000	0.077	0.847	2.650	29.150	6.403
	소계	14.081		352.020		27.106		793.480	72.642
뒷채움	S1	4.675	20.00	93.504	0.077	7.200	3.600	336.614	15.652
	S2	1.280	20.00	25.600	0.077	1.971	4.000	102.400	6.994
	S3	0.320	20.00	6.400	0.077	0.493	2.933	18.773	1.683
	S4	5.075	20.00	101.504	0.077	7.816	4.000	406.016	43.253
	S5	1.672	20.00	33.440	0.077	2.575	3.850	128.744	19.466
	소계	13.022		260.448		20.054		992.548	87.048
총 계			612.468		47.160			1786.028	159.690

9.2.3 안정검토

- 단면력 계산 : 1.0Dc+1.0Dw+1.0EH+1.0EV+1.0EQ

$$H=1.0 \times 27.106 + 1.0 \times 200.832 + 1.0 \times 20.054 + 1.0 \times 129.768$$
$$V=1.0 \times (262.330 + 352.020) + 1.0 \times 38.616 + 1.0 \times 260.448$$
$$Mr=1.0 \times (262.330 \times 1.900 + 793.480) + 1.0 \times (38.616 \times 1.900)$$
$$+ 1.0 \times 992.548$$
$$M=1.0 \times 72.642 + 1.0 \times 803.328 + 1.0 \times 87.048$$
$$+ 1.0 \times 129.768 \times 5.429$$

=

377.760

kN

=

913.415

kN

=

2357.827

kN.m

=

1667.529

kN.m

- 말뚝계산

1) 말뚝 제원

적용 공법	타입강관말뚝		말뚝 배치			
말뚝 직경	406.40	mm	번호	개수	각도	위치
말뚝 두께	9.00	mm	1	11	0.000	1.850
말뚝 길이	7.00	m	2	11	0.000	0.750
돌출 길이	0.00	m	3	11	0.000	-0.450
1/β부근의 N값	30.0		4	11	0.000	-1.850
평균 N값	31.0		5	0	0.000	0.000

2) 허용지지력 (말뚝 본당, 상시기준)

① 단면제원 (부식두께 2.00 mm)

- 말뚝의 면적

Ap

=

8695.300

mm²

- 선단폐쇄면적

A

=

127176.195

mm²

- 단면2차모멘트

I

=

169982000.000

mm⁴

- 탄성계수

E

=

40000.0

Mpa

② 수직허용지지력

- 말뚝선단의 N치 =

50

- 최대주면마찰력(f)=2N=2x31.000

=

620.0

kN/m²

>

100

kN/m²

Va=1/3x[30xNxNA+UxΣ(lxf)]

(항타 말뚝이라 가정)

=1/3x(30x50x10x127,176.195/1000000+πx402.40/1000x8.000x100.000)

=

972.99

kN/본

Va

=

972.990

kN/본

(상시 허용지지력)

③ 수평허용지지력

- 말뚝두부의 허용수평변위 δa =

15

mm

3) 스프링 정수 계산(말뚝본당)

- 무한장 말뚝 판정

(상 시)

βi = 0.00095 x 6900 =

6.56

>

3.0

∴ 반무한장 말뚝

(지진시)

βi = 0.00116 x 6900 =

8.00

>

3.0

∴ 반무한장 말뚝

구 분	상 시			지 진 시		
	고 정	힌 지	보정계수	고 정	힌 지	보정계수
K1	23318.1	11659.1	1.0	42451.9	21225.9	1.0
K2	12272.7	0.0	1.0	18298.2	0.0	1.0
K3	12272.7	0.0	1.0	18298.2	0.0	1.0
K4	12918.6	0.0	1.0	15774.3	0.0	1.0
Kv	51418.7	51418.7	-	51418.7	51418.7	-

4) 연립방정식 정수 계산(말뚝 전체)

구 분		Axx	Axy,Ayx	Ayy	Axa,Aax	Aaa	Aay,Aya
상 시	고정	1025996	0	2262423	-539999	4872678	169682
	한지	513000	0	2262423	0	4304259	169682
지진시	고정	1867884	0	2262423	-805121	4998329	169682
	한지	933940	0	2262423	0	4304259	169682

5) 말뚝도심에 작용하는 상부전달하중(전체)

구 분	지진시 말뚝에 전달되는 하중(전체)	
수평력	5056.320	kN
수직력	12226.054	kN
모멘트	20102.903	kN.m

6) 말뚝도심점의 변위

구 분		고 정	한 지
	$\delta x(\text{mm})$	4.69233	5.41397
	$\delta y(\text{mm})$	5.05851	5.06867
	$a(\text{rad.})$	4.60603	4.47065

7) 말뚝두부의 변위

구 분		고 정	한 지
구 분	$\delta x1$	4.69233	5.41397
	$\delta x2$	4.69233	5.41397
	$\delta x3$	4.69233	5.41397
	$\delta y1$	13.57967	13.33937
	$\delta y2$	8.51304	8.42165
	$\delta y3$	2.98580	3.05687
	$a(\text{rad.})$	4.60603	4.47065

8) 외력에 의한 말뚝의 분력(말뚝본당)

구 분		고 정	한 지
구 분	Pn1	698.249	685.893
	Pn2	437.729	433.030
	Pn3	153.526	157.180
	Ph1	114.916	114.916
	Ph2	114.916	114.916
	Ph3	114.916	114.916
	Mt1	-13.204	0.000
	Mt2	-13.204	0.000
	Mt3	-13.204	0.000

9) 정밀성 검토(전체하중)

구 분			고 정	한 지
	수직력	말뚝반력	12226.050	12226.040
		전달하중	12226.054	12226.054
		오 차(%)	0.000%	0.000%
	수평력	말뚝반력	5056.300	5056.300
		전달하중	5056.320	5056.320
		오 차(%)	0.000%	0.000%
	모멘트	말뚝반력	20102.920	20102.900
		전달하중	20102.903	20102.903
		오 차(%)	0.000%	0.000%

10) 말뚝의 최대반력집계(말뚝본당)

구 분	지진시	
	고정	한지
수직력	698.249	685.893
수평력	114.916	114.916
모멘트	-13.204	-38.998

11) 말뚝 본체 설계

① 말뚝머리부 수직반력 검토

$$(지진시) \quad R_v = 698.249 \text{ kN} < R_a = 1459.485 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 인발력 검토

$$\text{- 최대주면마찰력}(f)=2N=2 \times 31.000 = 620 \text{ kN/m}^2 > 100 \text{ kN/m}^2$$

$$F_a = 1/2 \times [U_x \Sigma(l_x f)] = 1/2 \times (\pi \times 402.40 / 1000 \times 8.000 \times 100.0) = -505.7 \text{ kN}$$

$$(지진시) \quad F_v = 178.045 \text{ kN} > F_a = 0.000 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

③ 말뚝머리부 수평반력 검토 (고정)

$$(지진시) \quad R_h = 114.916 \text{ kN} < R_a = 636.780 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

③ 말뚝머리부 수평변위 검토 ($\delta a = 15.00 \text{ mm}$)

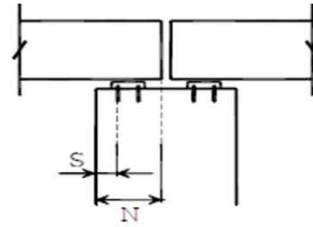
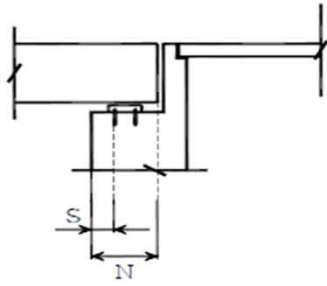
$$(지진시) \quad \text{말뚝머리 고정 : } \delta = H / (4EI\beta^3) = 2.710 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{말뚝머리 한지 : } \delta = H / (2EI\beta^3) = 5.410 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

④ 응력검토 ($f_a = 140 \times 1.5 = 210 \text{ Mpa}$)

$$(지진시) \quad f = V/A + M \cdot y/I = 125 \text{ Mpa} \quad \therefore \text{O.K}$$

10. 지지길이평가



10.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이 N_C

- $N_C = 1200.00 \text{ mm}$

2) 소요성능 N_D

- $N_D = \text{MAX}[\text{응답변위}, N_{\min}] = \text{MAX}[2.05, 294.56] = 294.56 \text{ mm}$

- $N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) * (1 + 0.000125\theta^2) = 294.56 \text{ mm}$

- $L = 45.0 \text{ m}$ (연속경간장)

- $H = 2.914 \text{ m}$ (총 교각 유효높이 평균길이)

- $\theta = 0^\circ$ (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1200}{295} = 4.070 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$