

8. 받침부 평가 (교대)

8.1 교대 A2

8.1.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 260.00 \text{ kN (1000kN)} \quad f_B$$

- 교직방향

$$f_B = 260.00 \text{ kN (1000kN)} \quad f_B$$

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

- 교축방향

$$F_{BC} = 260.00 \times 8 = 2,080.00 \text{ kN (1000kN)}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 260.00 \times 1 = 260.00 \text{ kN (1000kN)}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 5,184.20 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 2,619.98 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{2,080.00}{5,184.20} = 0.401 < 1.0 \quad \text{NG}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{260.00}{2,619.98} = 0.099 < 1.0 \quad \text{NG}$$

8.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C = 320 mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B = 320 mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d _a = 40 mm	받침부 앵커소켓 직경
d _b = 16 mm	받침부 앵커볼트 직경
h _{ef} = 140 mm	받침부 앵커 근입 깊이
S _L = 230 mm	받침 교축방향 앵커 간격
S _T = 230 mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n = 4 ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도	f _{ck} = 24 MPa
앵커의 유효단면적	A _{se} = 201 mm ²
앵커의 인장강도	f _{uta} = 860 MPa
앵커의 유효 묻힘길이	h _{ef} = 140 mm
교대부 깊이	h _{cop} = 2950 mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

		V _{sa}				n : 앵커갯수					
V _{sa} = n 1.0 A _{se} f _{uta}											
교축방향:	V _{saL}	=	4	X	1	X	201	X	860	=	692 kN
교직방향:	V _{saT}	=	4	X	1	X	201	X	860	=	692 kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

		F _{ASD}									
교축방향:	F _{ASDL}	=	F _{BDL}	/	n ^L	=	5184.20	/	8	=	648 kN
교직방향:	F _{ASDT}	=	F _{BDT}	/	n ^T	=	2619.98	/	1	=	2,620 kN

3) 평가

교축방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}}$	=	$\frac{692}{648}$	=	1.067	>	1.0	OK
교직방향	$\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}}$	=	$\frac{692}{2,620}$	=	0.264	<	1.0	NG

(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

$$C_{a1} = 674 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 674 \quad mm$$

$$C_{a2} = 887 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 887 \quad mm$$

$$\sum S_i = 17539 \quad mm$$

$$S_L = 230 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 1,011 \quad mm$$

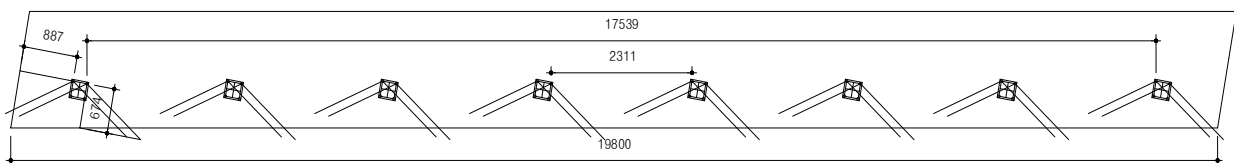
$$S_T = 230 \quad mm$$

$$S_{ax} = 2311 \quad mm$$

$$h_{cop} = 2,950 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,011 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 19,800 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 20,017,800 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 674^2 = 2,044,242 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 20,017,800 < 16 \times 2,044,242 = 32,707,872 \text{ mm}^2$$

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

$$= 0.6 \frac{140^{0.2}}{40} \times \sqrt{40} \times \sqrt{24} \times 674^{1.5}$$

$$= 417.92 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.963$$

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

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 140 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{20,017,800}{2,044,242} \times 0.963 \times 1.400 \times 1.000 \times 418 = 5,518 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,117 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,117 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 444 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 444 \text{ mm}$$

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

$$S_L = 230 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1} = 1,676 \text{ mm}$$

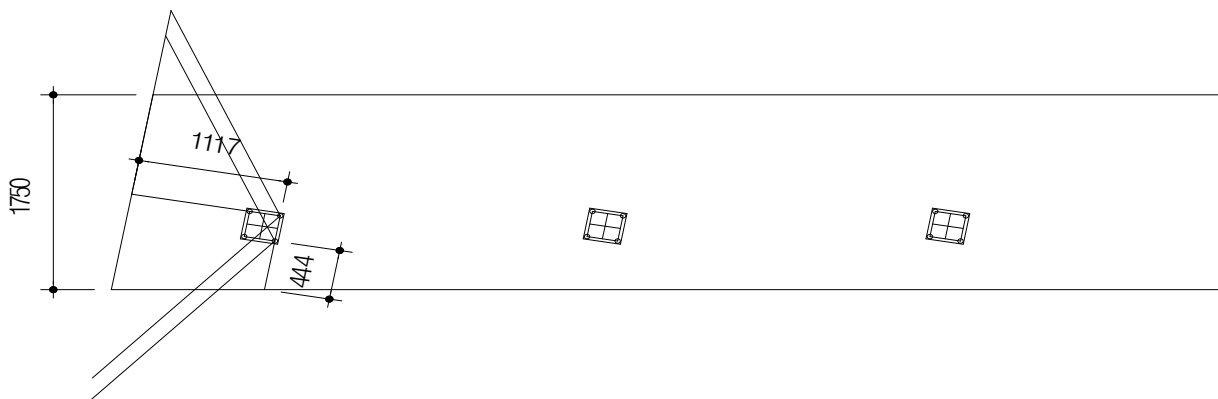
$$S_T = 230 \text{ mm}$$

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

$$h_{cop} = 2,950 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,676 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 1,750 \text{ mm}$$



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

$$\begin{array}{lcl}
 \text{1면} & C_{a1} & = 1,117 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,676 \text{ mm} \\
 \text{2면} & C_{a2}' & = 444 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,676 \text{ mm} \\
 \text{3면} & h_{\text{cop}} & = 2,950 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 1,676 \text{ mm}
 \end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{array}{lcl}
 A_{vc} & = & 2,932,125 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} & = & 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 1,117^2 = 5,614,601 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} & < & n A_{vco} = 2,932,125 < 2 \times 5,614,601 = 11,229,201 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{140^{0.2}}{40} \times \sqrt{40} \times \sqrt{24} \times 1,117^{1.5} \\
 &= 891.62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{ed,v} &= 0.779 & \Phi_{h,v} &= 1.000 \\
 l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 140 \text{ mm} \\
 V_{cbg}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
 &= \frac{2,932,125}{5,614,601} \times 0.779 \times 1.400 \times 1.000 \times 892 = 508 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{lcl}
 \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = 648 \times 8 = 5,184 \text{ kN} \\
 \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = 2,620 \times 1 = 2,620 \text{ kN}
 \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{lcl}
 \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} & = \frac{5,518}{5,184} = 1.064 > 1.0 \quad \text{OK} \\
 \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} & = \frac{508}{2,620} = 0.194 < 1.0 \quad \text{NG}
 \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

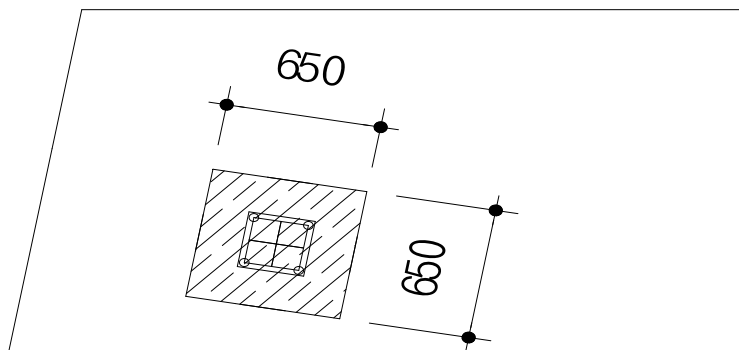
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

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

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

① 교축방향

C_{a1}	=	674	mm	S_L	=	230	mm
C_{a1}'	=	674	mm	S_T	=	230	mm
C_{a2}	=	887	mm	S_{ax}	=	2,311	mm
C_{a2}'	=	887	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	140	mm	h_{ef}'	=	140	mm (유효물침깊이)
$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	210.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	420.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	420.0	mm



$$h_{ef} = 140 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 422,500 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 삼도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 176,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 422,500 < 4 \times 176,400 = 705,600 \text{ mm}^2$$

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

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

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 81.15 \text{ kN}$$

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

$$= \frac{422,500}{176,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 81.2 = 243 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \cdot N_{cbg} = 2 \times 243 = 486 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 486 / 1 = 486 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,117 \text{ mm}$$

$$S_L = 230 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,117 \text{ mm}$$

$$S_T = 230 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 444 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 2,311 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 444 \text{ mm}$$

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

$$h_{ef} = 140 \text{ mm}$$

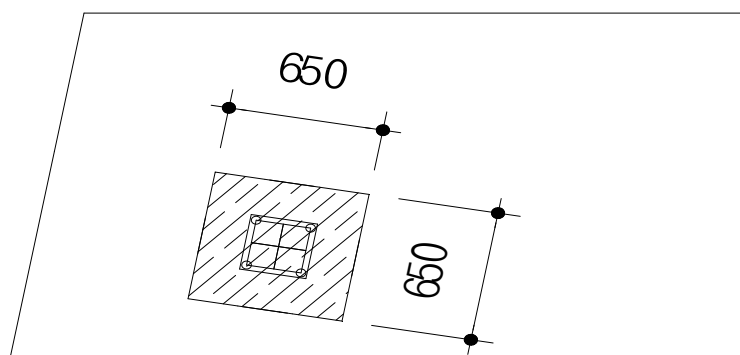
$$h_{ef}' = 140 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 210.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 210.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 420.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 420.0 \text{ mm}$$



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

$$\begin{array}{llllllll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 1,117 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 210.0 & \text{mm} \\
 2\text{면} & C_{a2} & = & 444 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 210.0 & \text{mm} \\
 3\text{면} & C_{a2}' & = & 444 & \text{mm} & > & 1.5h_{ef} & = & 210.0 & \text{mm} \\
 4\text{면} & S_T + S_{ax} & = & 2,541 & \text{mm} & > & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 420.0 & \text{mm} \\
 & S_{ay} & = & 0 & \text{mm} & < & 2 \times 1.5h_{ef} & = & 420.0 & \text{mm}
 \end{array}$$

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\therefore h_{ef} = 140 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 422,500 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 압도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 176,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 422,500 < 4 \times 176,400 = 705,600 \text{ mm}^2$$

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

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 81.15 \text{ kN}$$

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

$$= \frac{422,500}{176,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 81.2 = 243 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 243 = 486 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N (\text{받침개수}) = 486 / 1 = 486 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 648 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 2,620 \text{ kN}$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} &= \frac{486}{648} = 0.750 < 1.0 & \text{NG} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{cpGT}}{F_{ASDT}} &= \frac{486}{2,620} = 0.185 < 1.0 & \text{NG} \end{aligned}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	2,080	5,184	0.401	NG
		교직	260	2,620	0.099	NG
	앵커볼트	교축	692	648	1.067	OK
		교직	692	2,620	0.264	NG
	콘크리트	교축	5,518	5,184	1.064	OK
		교직	508	2,620	0.194	NG
	프라이아웃	교축	486	648	0.750	NG
		교직	486	2,620	0.185	NG

8. 받침부 평가 (교대)

8.1 교대 A2

8.1.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량(f_B)

- 교축방향

$$f_B = 260.00 \text{ kN (1000kN)} \quad f_B$$

- 교직방향

$$f_B = 260.00 \text{ kN (1000kN)} \quad f_B$$

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

- 교축방향

$$F_{BC} = 260.00 \times 8 = 2,080.00 \text{ kN (1000kN)}$$

- 교직방향

$$F_{BC} = 260.00 \times 1 = 260.00 \text{ kN (1000kN)}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력 F_{BD}

- 교축방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 2,279.01 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 1,139.50 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{2,080.00}{2,279.01} = 0.913 < 1.0 \quad \text{NG}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{260.00}{1,139.50} = 0.228 < 1.0 \quad \text{NG}$$

8.1.2 받침본체 앵커

(1) 받침제원

본체규격

C	$=$	320	mm	받침 교축방향 길이 (하판)
B	$=$	320	mm	받침 교축직각방향 길이 (하판)
d_a	$=$	40	mm	받침부 앵커소켓 직경
d_b	$=$	16	mm	받침부 앵커볼트 직경
h_{ef}	$=$	140	mm	받침부 앵커 근입 깊이
S_L	$=$	230	mm	받침 교축방향 앵커 간격
S_T	$=$	230	mm	받침 교축직각방향 앵커 간격
n	$=$	4	ea	앵커 개수
받침부 콘크리트 강도				f_{ck} $=$ 24 MPa
앵커의 유효단면적				A_{se} $=$ 201 mm ²
앵커의 인장강도				f_{uta} $=$ 860 MPa
앵커의 유효 물힘길이				h_{ef} $=$ 140 mm
교대부 깊이				h_{cop} $=$ 2950 mm

(2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

보유성능 : 강재강도 V_{sa}

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

n : 앵커갯수

교축방향:	V_{saL}	=	4	X	1	X	201	X	860	=	692	kN
교직방향:	V_{saT}	=	4	X	1	X	201	X	860	=	692	kN

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

요성능 : 받침 1기당 평가지진력				F _{ASD}			
교축방향:	F _{ASDL}	=	F _{BDL} / n ^L	=	2279.01 / 8	=	285 kN
교직방향:	F _{ASDT}	=	F _{BDT} / n ^T	=	1139.50 / 1	=	1,140 kN

3) 평가

교축방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} = \frac{692}{285} = 2.428$	> 1.0	OK
교직방향	$\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{692}{1,140} = 0.607$	< 1.0	NG

(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

$$C_{a1} = 674 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 674 \quad mm$$

$$C_{a2} = 887 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 887 \quad mm$$

$$\sum S_i = 17539 \quad mm$$

$$S_L = 230 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 1,011 \quad mm$$

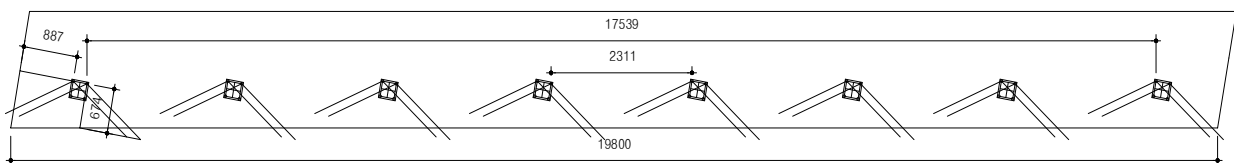
$$S_T = 230 \quad mm$$

$$S_{ax} = 2311 \quad mm$$

$$h_{cop} = 2,950 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,011 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 19,800 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 20,017,800 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 674^2 = 2,044,242 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 20,017,800 < 16 \times 2,044,242 = 32,707,872 \text{ mm}^2$$

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

$$= 0.6 \frac{140^{0.2}}{40} \times \sqrt{40} \times \sqrt{24} \times 674^{1.5}$$

$$= 417.92 \text{ kN}$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.963$$

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

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 140 \text{ mm}$$

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

$$= \frac{20,017,800}{2,044,242} \times 0.963 \times 1.400 \times 1.000 \times 418 = 5,518 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,117 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,117 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 444 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 444 \text{ mm}$$

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

$$S_L = 230 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1} = 1,676 \text{ mm}$$

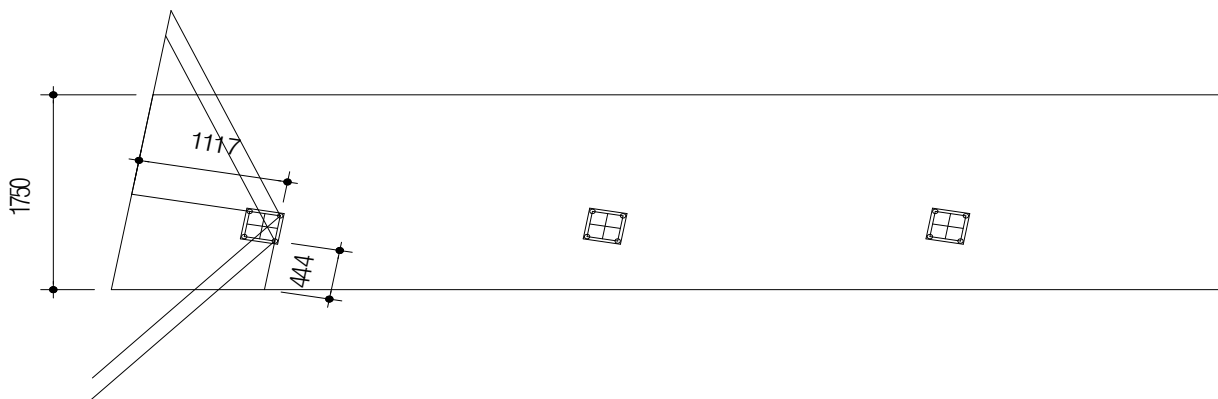
$$S_T = 230 \text{ mm}$$

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

$$h_{cop} = 2,950 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,676 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 1,750 \text{ mm}$$



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

$$\begin{array}{llll}
 \text{1면} & C_{a1} & = & 1,117 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,676 \text{ mm} \\
 \text{2면} & C_{a2}' & = & 444 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,676 \text{ mm} \\
 \text{3면} & h_{\text{cop}} & = & 2,950 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 1,676 \text{ mm}
 \end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{array}{llll}
 A_{vc} & = & 2,932,125 & \text{mm}^2 \\
 A_{vco} & = & 4.5C_{a1}^2 & = 4.5 \times 1,117^2 = 5,614,601 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} < n A_{vco} & = & 2,932,125 < 2 \times 5,614,601 & = 11,229,201 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{140^{0.2}}{40} \times \sqrt{40} \times \sqrt{24} \times 1,117^{1.5} \\
 &= 891.62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{ed,v} &= 0.779 & \Phi_{h,v} &= 1.000 \\
 l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 140 \text{ mm} \\
 V_{cbg}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
 &= \frac{2,932,125}{5,614,601} \times 0.779 \times 1.400 \times 1.000 \times 892 = 508 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llll}
 \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 285 \times 8 = 2,279 \text{ kN} \\
 \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 1,140 \times 1 = 1,140 \text{ kN}
 \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llll}
 \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} & = & \frac{5,518}{2,279} = 2.421 > 1.0 \quad \text{OK} \\
 \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} & = & \frac{508}{1,140} = 0.446 < 1.0 \quad \text{NG}
 \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

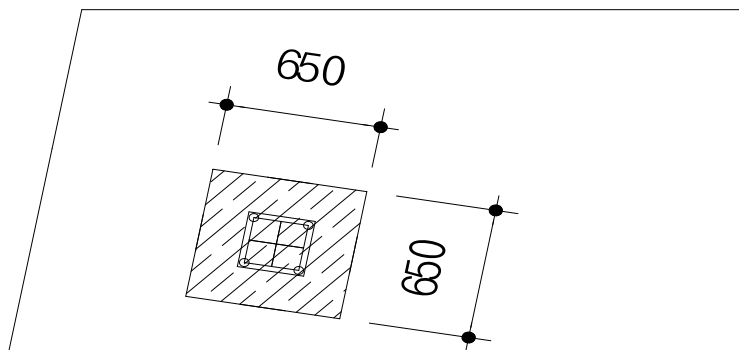
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

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

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

① 교축방향

C_{a1}	=	674	mm	S_L	=	230	mm
C_{a1}'	=	674	mm	S_T	=	230	mm
C_{a2}	=	887	mm	S_{ax}	=	2,311	mm
C_{a2}'	=	887	mm	S_{ay}	=	0	mm
h_{ef}	=	140	mm	h_{ef}'	=	140	mm (유효물침깊이)
$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm	$1.5h_{ef}'$	=	210.0	mm
$2 \times 1.5h_{ef}$	=	420.0	mm	$2 \times 1.5h_{ef}'$	=	420.0	mm



$$h_{ef} = 140 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 422,500 \text{ mm}^2 \text{ (투영면적 산정; 삼도참조)}$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 176,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 422,500 < 4 \times 176,400 = 705,600 \text{ mm}^2$$

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

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

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 81.15 \text{ kN}$$

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

$$= \frac{422,500}{176,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 81.2 = 243 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \cdot N_{cbg} = 2 \times 243 = 486 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N \text{ (받침개수)} = 486 / 1 = 486 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,117 \text{ mm}$$

$$S_L = 230 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,117 \text{ mm}$$

$$S_T = 230 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 444 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 2,311 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 444 \text{ mm}$$

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

$$h_{ef} = 140 \text{ mm}$$

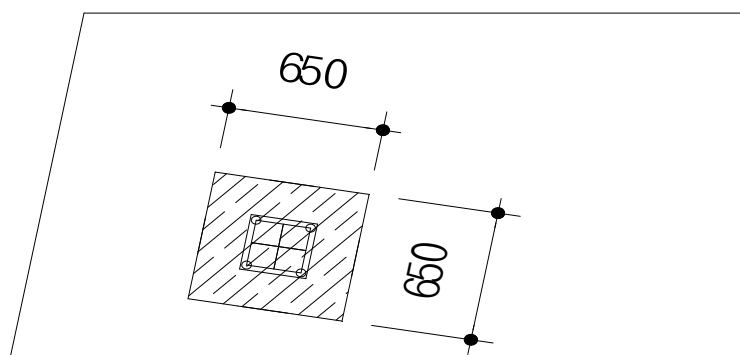
$$h_{ef}' = 140 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

$$1.5h_{ef} = 210.0 \text{ mm}$$

$$1.5h_{ef}' = 210.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef} = 420.0 \text{ mm}$$

$$2 \times 1.5h_{ef}' = 420.0 \text{ mm}$$



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

1면	C_{a1}	=	1,117	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
2면	C_{a2}	=	444	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
3면	C_{a2}'	=	444	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	2,541	mm	>	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	420.0	mm
	S_{ay}	=	0	mm	<	$2 \times 1.5h_{ef}$	=	420.0	mm

- 앵커의 유효물림깊이 h_{ef} 재산정 불필요

$$\therefore h_{ef} = 140 \text{ mm}$$

$$A_{nc} = 422,500 \text{ mm}^2 \quad (\text{투영면적 산정; 압도참조})$$

$$A_{nco} = 9h_{ef}^2 = 176,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{nc} < n A_{nco} = 422,500 < 4 \times 176,400 = 705,600 \text{ mm}^2$$

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

$$N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5} = 81.15 \text{ kN}$$

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

$$= \frac{422,500}{176,400} \times 1.000 \times 1.250 \times 81.2 = 243 \text{ kN}$$

$$k_{cp} = 2$$

$$V_{cpg} = k_{cp} * N_{cbg} = 2 \times 243 = 486 \text{ kN}$$

- 받침 1기당 보유성능

$$V_{cpg} / N (\text{받침개수}) = 486 / 1 = 486 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F_{ASD}

교축방향: $F_{ASDL} = 285 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 1,140 \text{ kN}$

3) 평가

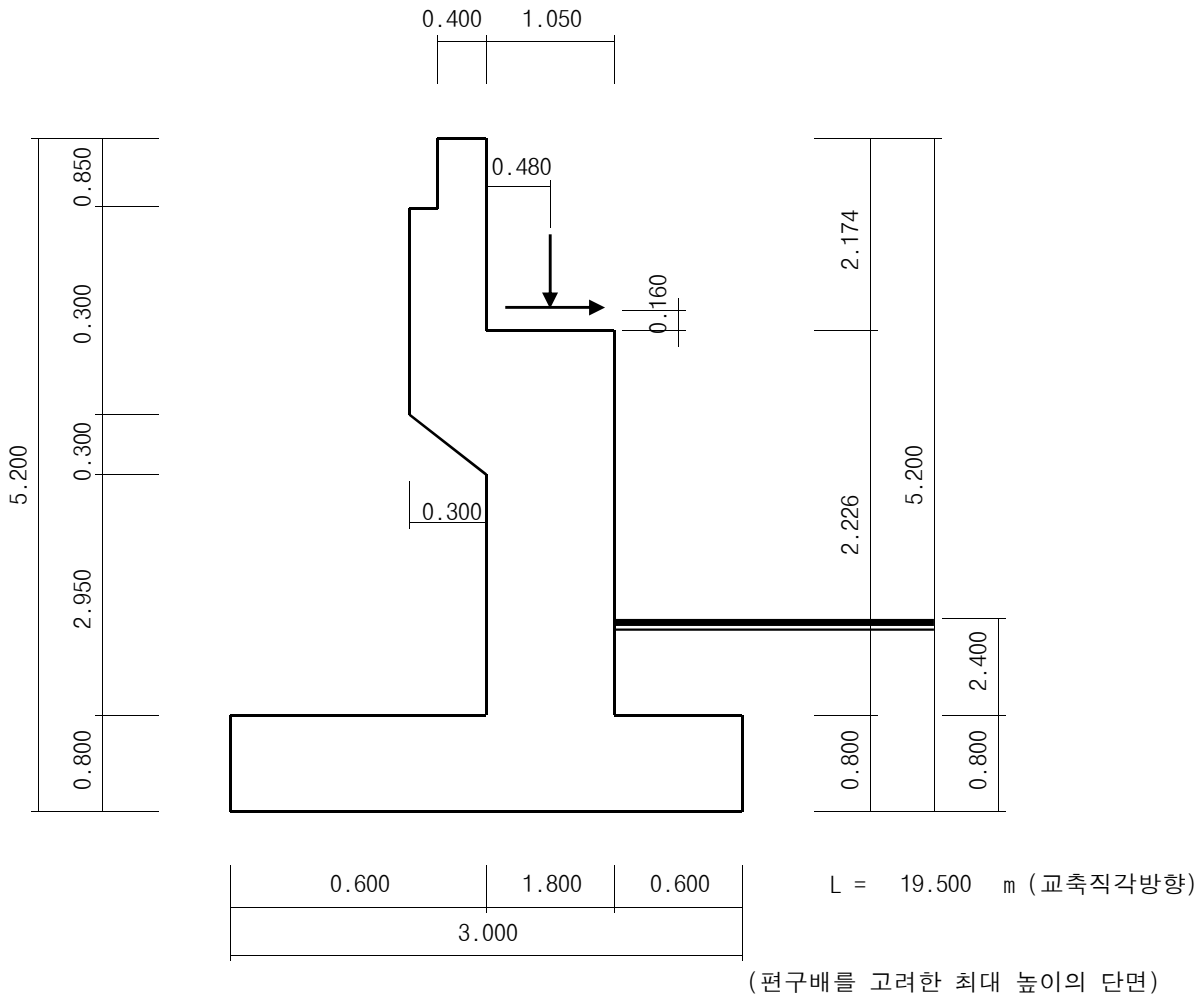
$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} &= \frac{486}{285} = 1.706 > 1.0 && \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{cpGT}}{F_{ASDT}} &= \frac{486}{1,140} = 0.426 < 1.0 && \text{NG} \end{aligned}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	2,080	2,279	0.913	NG
		교직	260	1,140	0.228	NG
	앵커볼트	교축	692	285	2.428	OK
		교직	692	1,140	0.607	NG
	콘크리트	교축	5,518	2,279	2.421	OK
		교직	508	1,140	0.446	NG
	프라이아웃	교축	486	285	1.706	OK
		교직	486	1,140	0.426	NG

9.1 교대

9.1.1 단면 제원



9.1.2 상부 전달 하중

1) 고정하중 반력 (Dc)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 216.413 kN/m

2) 2차 고정하중 반력 (Dw)

- 포장, 방호벽 등 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 21.938 kN/m

3) 상부 지진하중 (EQ)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 수평력 = 197.827 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)

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

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

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

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

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

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

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

$$= 0.3138$$

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

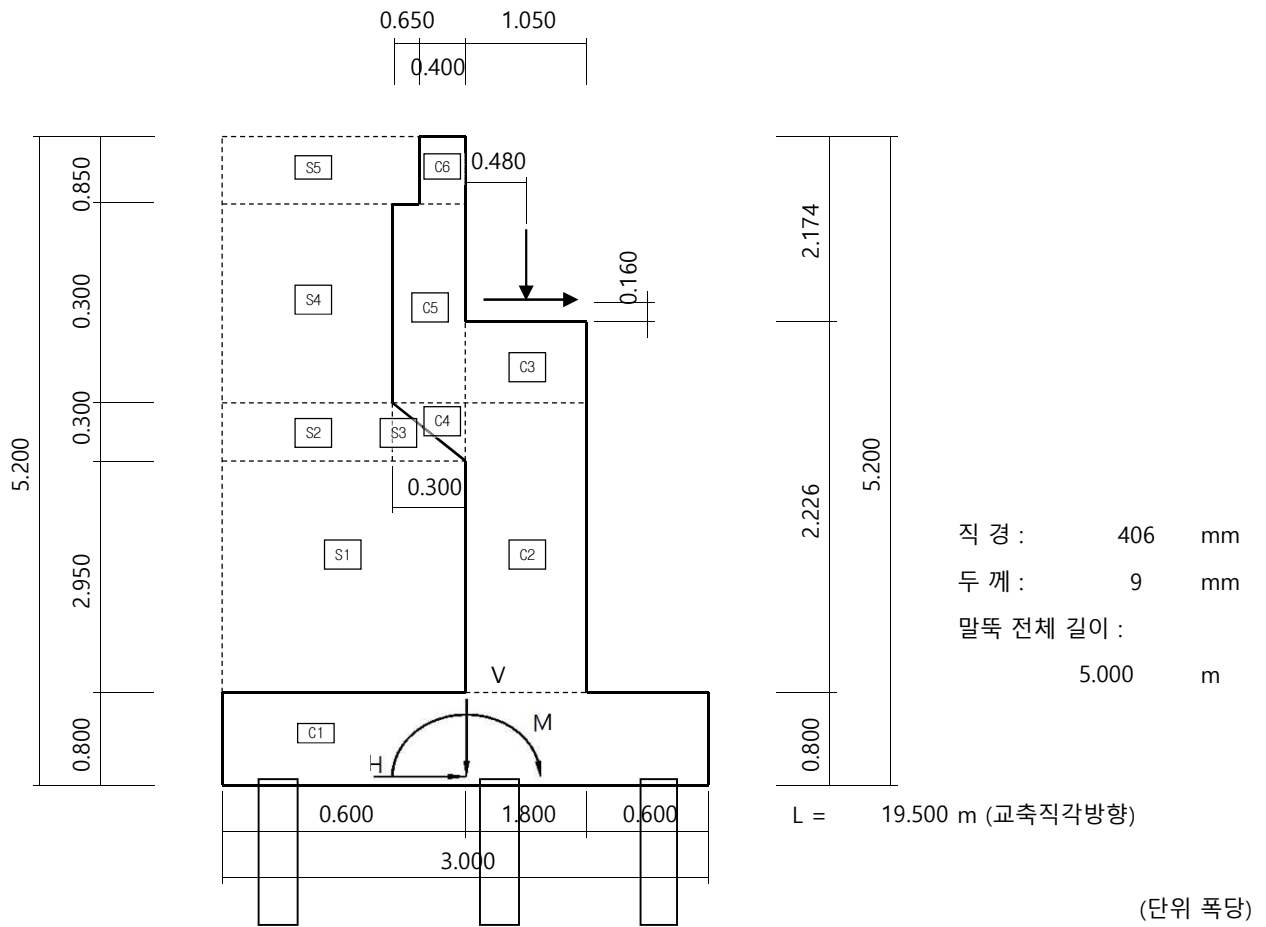
$$Z1 = 0.000 \text{ m} ; q1 = 0.3138 \times 20.00 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

$$Z2 = 5.200 \text{ m} ; q2 = 0.3138 \times 20.00 \times 5.200 = 32.635 \text{ kN/m}^2$$

$$- Pe = (q1 + q2) / 2 \times H = (0.000 + 32.635) / 2 \times 5.200 = 84.851 \text{ kN}$$

$$- Me = Pe \times H / 2 = 84.851 \times 5.200 / 2 = 220.613 \text{ kN}$$

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



구분	A	y	W	K_h	H	x	y	M_R	M
구체	C1	2.400	25.00	60.000	0.077	4.620	1.500	90.000	1.848
	C2	5.850	25.00	146.250	0.077	11.261	1.500	219.375	27.309
	C3	-1.075	25.00	-26.880	0.077	-2.070	1.125	-30.240	-7.323
	C4	0.045	25.00	1.125	0.077	0.087	2.500	2.813	0.342
	C5	0.315	25.00	7.875	0.077	0.606	2.175	17.128	2.547
	C6	0.340	25.00	8.500	0.077	0.655	1.850	15.725	3.125
	소계	7.875		196.870		15.159		314.801	27.848
뒷채움	S1	1.770	20.00	35.400	0.077	2.726	2.700	95.580	6.201
	S2	0.090	20.00	1.800	0.077	0.139	2.850	5.130	0.541
	S3	0.045	20.00	0.900	0.077	0.069	2.600	2.340	0.267
	S4	0.090	20.00	1.800	0.077	0.139	2.850	5.130	0.582
	S5	0.808	20.00	16.150	0.077	1.244	2.525	40.779	5.938
	소계	2.803		56.050		4.316		148.959	13.529
총 계			252.920		19.475			463.760	41.377

9.2.3 안정검토

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

$$H=1.0\times15.159+1.0\times84.851+1.0\times4.316+1.0\times197.827$$
$$V=1.0\times(216.413+196.870)+1.0\times21.938+1.0\times56.050$$
$$Mr=1.0\times(216.413\times1.170+314.801)+1.0\times(21.938\times1.170)$$
$$+1.0\times148.959$$
$$M=1.0\times27.848+1.0\times220.613+1.0\times13.529$$
$$+1.0\times197.827\times3.186$$

$$=302.153$$
$$=491.271$$
$$=742.631$$
$$=892.266$$

$$\text{kN}$$
$$\text{kN}$$
$$\text{kN.m}$$
$$\text{kN.m}$$

- 말뚝계산

1) 말뚝 제원

적용 공법	타입강관말뚝	말뚝 배치			
말뚝 직경	406.40 mm	번호	개수	각도	위치
말뚝 두께	9.00 mm	1	16	0.000	0.750
말뚝 길이	5.00 m	2	16	0.000	-0.750
돌출 길이	0.00 m	3	0	0.000	0.000
1/β부근의 N값	30.0	4	0	0.000	0.000
평균 N값	31.0	5	0	0.000	0.000

2) 허용지지력 (말뚝 본당, 상시기준)

① 단면제원 (부식두께 2.00 mm)

$$- \text{말뚝의 면적}$$
$$- \text{선단폐쇄면적}$$
$$- \text{단면2차모멘트}$$
$$- \text{탄성계수}$$

$$A_p$$
$$A$$
$$I$$
$$E$$

$$=$$
$$=$$
$$=$$
$$=$$

$$8695.300 \text{ mm}^2$$
$$127176.195 \text{ mm}^2$$
$$169982000.000 \text{ mm}^4$$
$$40000.0 \text{ Mpa}$$

② 수직허용지지력

$$- \text{말뚝선단의 N치}$$
$$- \text{최대주면마찰력}(f)=2N=2\times31.000$$

$$=50$$
$$=620.0 \text{ kN/m}^2$$

$$>100 \text{ kN/m}^2$$
$$\text{(항타 말뚝이라 가정)}$$

$$V_a=1/3\times[30\times N\times A+U\times\Sigma(l\times f)]$$
$$=1/3\times(30\times50\times10\times127,176.195/1000000+\pi\times402.40/1000\times8.000\times100.000)$$
$$=972.99 \text{ kN/본}$$
$$V_a = 972.990 \text{ kN/본} \quad (\text{상시 허용지지력})$$

③ 수평허용지지력

$$- \text{말뚝두부의 허용수평변위 } \delta_a$$

$$=15 \text{ mm}$$

3) 스프링 정수 계산(말뚝본당)

- 무한장 말뚝 판정

$$(\text{상 시}) \quad \beta_l = 0.00095 \times 4900 = 4.66 > 3.0 \quad \therefore \text{반무한장 말뚝}$$
$$(\text{지진시}) \quad \beta_l = 0.00116 \times 4900 = 5.68 > 3.0 \quad \therefore \text{반무한장 말뚝}$$

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	67466.8	67466.8	-	67466.8	67466.8	-

4) 연립방정식 정수 계산(말뚝 전체)

구 분		Axx	Axy,Ayx	Ayy	Axa,Aax	Aaa	Aay,Aya
상 시	고정	746179	0	2158938	-392726	1627798	0
	힌지	373091	0	2158938	0	1214402	0
지진시	고정	1358461	0	2158938	-585542	1719180	0
	힌지	679229	0	2158938	0	1214402	0

5) 말뚝도심에 작용하는 상부전달하중(전체)

구 분	지진시 말뚝에 전달되는 하중(전체)	
수평력	5891.981	kN
수직력	9579.790	kN
모멘트	17287.576	kN.m

6) 말뚝도심점의 변위

구 분		고 정	힌 지
	$\delta x(mm)$	10.16370	8.67451
	$\delta y(mm)$	4.43727	4.43727
	$a(rad.)$	13.51740	14.23546

7) 말뚝두부의 변위

구 분		고 정	힌 지
구 분	$\delta x1$	10.16370	8.67451
	$\delta x2$	10.16370	8.67451
	$\delta x3$	10.16370	8.67451
	$\delta y1$	14.57532	15.11387
	$\delta y2$	-5.70078	-6.23933
	$\delta y3$	4.43727	4.43727
	$a(rad.)$	13.51740	14.23546

8) 외력에 의한 말뚝의 분력(말뚝분당)

구 분		고 정	힌 지
구 분	Pn1	983.350	1019.684
	Pn2	-384.614	-420.948
	Pn3	299.368	299.368
	Ph1	184.124	184.124
	Ph2	184.124	184.124
	Ph3	184.124	184.124
	Mt1	27.250	0.000
	Mt2	27.250	0.000
	Mt3	27.250	0.000

9) 정밀성 검토(전체하중)

구 분			고 정	한 지
	수직력	말뚝반력	9579.780	9579.780
		전달하중	9579.790	9579.790
		오 차(%)	0.000%	0.000%
	수평력	말뚝반력	5891.970	5891.970
		전달하중	5891.981	5891.981
		오 차(%)	0.000%	0.000%
	모멘트	말뚝반력	17287.570	17287.580
		전달하중	17287.576	17287.576
		오 차(%)	0.000%	0.000%

10) 말뚝의 최대반력집계(말뚝본당)

구 분	지진시	
	고정	한지
수직력	983.350	1019.684
수평력	184.124	184.124
모멘트	27.250	-62.485

11) 말뚝 본체 설계

① 말뚝머리부 수직반력 검토

$$(지진시) \quad R_v = 1019.684 \text{ kN} < R_a = 1459.485 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 인발력 검토

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

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

$$(지진시) \quad F_v = 420.948 \text{ kN} > F_a = 0.000 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

③ 말뚝머리부 수평반력 검토 (고정)

$$(지진시) \quad R_h = 184.124 \text{ kN} < R_a = 636.780 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

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

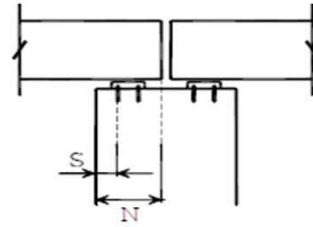
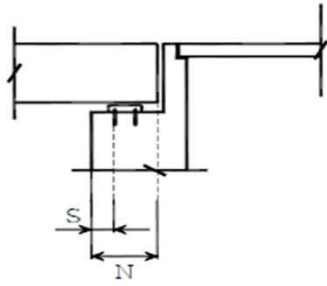
$$(지진시) \quad \text{말뚝머리 고정 : } \delta = H / (4EI\beta^3) = 4.340 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{말뚝머리 한지 : } \delta = H / (2EI\beta^3) = 8.670 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

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

$$(지진시) \quad f = V/A + M \cdot y/I = 191 \text{ Mpa} \quad \therefore \text{O.K}$$

10. 지지길이평가



10.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이 N_C

- $N_C = 1000.00 \text{ mm}$

2) 소요성능 N_D

- $N_D = \text{MAX}[\text{응답변위}, N_{\min}] = \text{MAX} [1.22 , 470.51]$
 $= 470.51 \text{ mm}$

- $N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) * (1 + 0.000125\theta^2) = 470.51 \text{ mm}$

- $L = 25.0 \text{ m}$ (연속경간장)

- $H = 2.950 \text{ m}$ (총 교각 유효높이 평균길이)

- $\theta = 80^\circ$ (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1000}{471} = 2.130 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$