

8. 받침부 평가 (교대)

8.1 교대 A1

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

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 5,438.64 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 2,646.92 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{2,080.00}{5,438.64} = 0.382 < 1.0 \quad \text{NG}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{260.00}{2,646.92} = 0.098 < 1.0 \quad \text{NG}$$

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} $=$ 2095 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	=	5438.64 / 8	=	680 kN
교직방향:	F _{ASDT}	=	F _{BDT} / n ^T	=	2646.92 / 1	=	2,647 kN

3) 평가

교측방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} = \frac{692}{680} = 1.017 > 1.0$	OK
교직방향	$\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}} = \frac{692}{2,647} = 0.261 < 1.0$	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

$$C_{a1} = 645 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 645 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,010 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,010 \quad mm$$

$$\sum S_i = 17819 \quad mm$$

$$S_L = 230 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 968 \quad mm$$

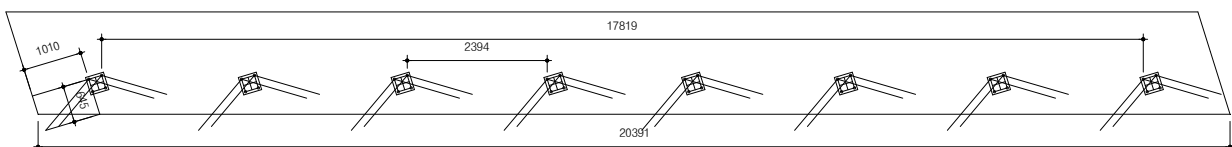
$$S_T = 230 \quad mm$$

$$S_{ax} = 2394 \quad mm$$

$$h_{cop} = 2,095 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 968 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 20,391 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 19,728,293 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 645^2 = 1,872,113 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 19,728,293 < 16 \times 1,872,113 = 29,953,800 \text{ mm}^2$$

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

$$= 0.6 \frac{140^{0.2}}{40} \times \sqrt{40} \times \sqrt{24} \times 645^{1.5}$$

$$= 391.24 \text{ kN}$$

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

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

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

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

$$= \frac{19,728,293}{1,872,113} \times 1.000 \times 1.400 \times 1.000 \times 391 = 5,772 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,240 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,240 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 415 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 415 \text{ mm}$$

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

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

$$1.5C_{a1} = 1,860 \text{ mm}$$

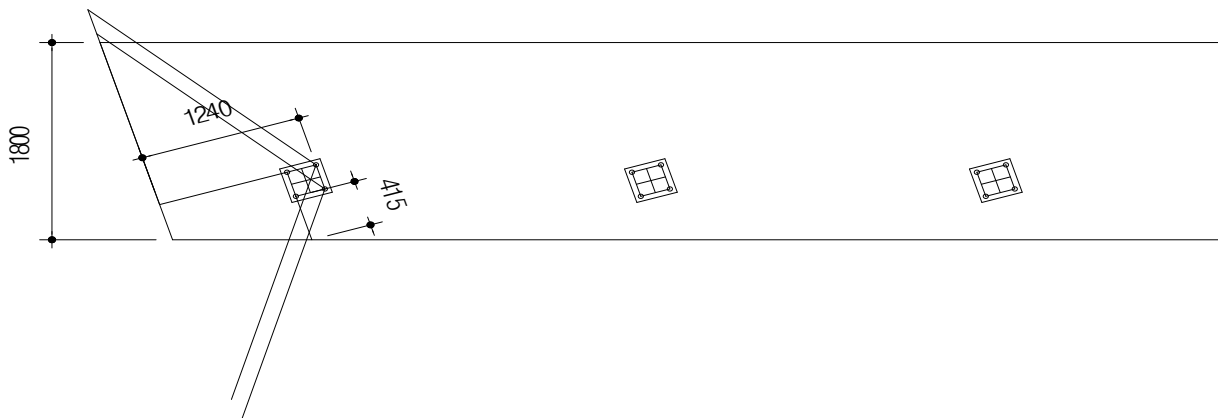
$$S_T = 230 \text{ mm}$$

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

$$h_{cop} = 2,095 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,860 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 1,800 \text{ mm}$$



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

$$\begin{array}{llll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 1,240 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,860 \text{ mm} \\
 2\text{면} & C_{a2}' & = & 415 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,860 \text{ mm} \\
 3\text{면} & h_{cop} & = & 2,095 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 1,860 \text{ mm}
 \end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{array}{ll}
 A_{vc} & = 3,348,000 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} & = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 1,240^2 = 6,919,200 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} < n A_{vco} & = 3,348,000 < 2 \times 6,919,200 = 13,838,400 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{140^{0.2}}{40} \times \sqrt{40} \times \sqrt{24} \times 1,240^{1.5} \\
 &= 1,042.88 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{ed,v} &= 0.767 & \Phi_{h,v} &= 1.000 \\
 l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 140 \text{ mm} \\
 V_{cbg}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
 &= \frac{3,348,000}{6,919,200} \times 0.767 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,043 = 542 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llll}
 \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 680 \times 8 = 5,439 \text{ kN} \\
 \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 2,647 \times 1 = 2,647 \text{ kN}
 \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llll}
 \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} = \frac{5,772}{5,439} = 1.061 > 1.0 & \text{OK} \\
 \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{542}{2,647} = 0.205 < 1.0 & \text{NG}
 \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

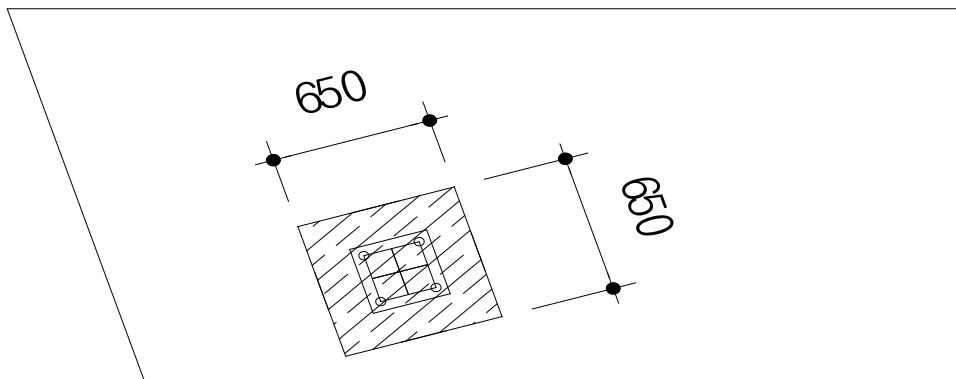
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

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

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

① 교축방향

C_{a1}	=	645	mm	S_L	=	230	mm
C_{a1}'	=	645	mm	S_T	=	230	mm
C_{a2}	=	1,010	mm	S_{ax}	=	2,394	mm
C_{a2}'	=	1,010	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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{cp} = 2$$

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

- 받침 1기당 보유성능

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

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,240 \text{ mm}$$

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

$$C_{a1}' = 1,240 \text{ mm}$$

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

$$C_{a2} = 415 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 2,394 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 415 \text{ mm}$$

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

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

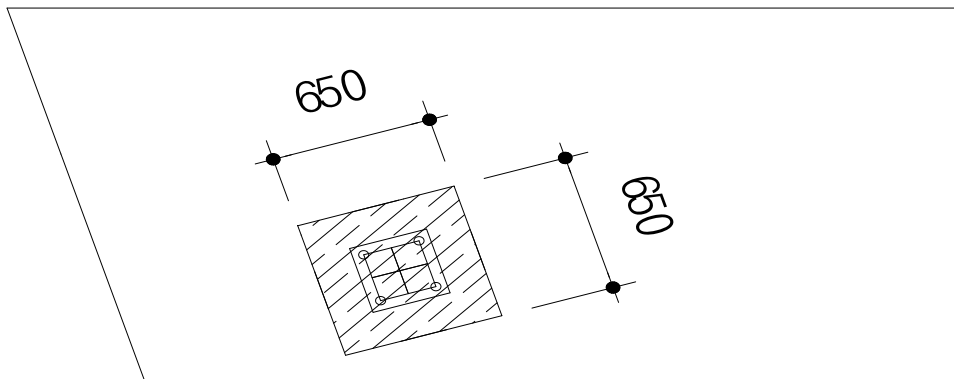
$$h_{ef}' = 140 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

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

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

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

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



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

1면	C_{a1}	=	1,240	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
2면	C_{a2}	=	415	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
3면	C_{a2}'	=	415	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	2,624	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: $F_{ASDL} = 680 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 2,647 \text{ kN}$

3) 평가

$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} &= \frac{486}{680} = 0.715 < 1.0 & \text{NG} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{cpGT}}{F_{ASDT}} &= \frac{486}{2,647} = 0.184 < 1.0 & \text{NG} \end{aligned}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	2,080	5,439	0.382	NG
		교직	260	2,647	0.098	NG
	앵커볼트	교축	692	680	1.017	OK
		교직	692	2,647	0.261	NG
	콘크리트	교축	5,772	5,439	1.061	OK
		교직	542	2,647	0.205	NG
	프라이아웃	교축	486	680	0.715	NG
		교직	486	2,647	0.184	NG

8. 받침부 평가 (교대)

8.1 교대 A1

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

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 2,287.65 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{\text{comb,Top}} = 1,143.83 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{2,080.00}{2,287.65} = 0.909 < 1.0 \quad \text{NG}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{260.00}{1,143.83} = 0.227 < 1.0 \quad \text{NG}$$

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} $=$ 2095 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:	$F_{ASDL} = F_{BDL} / n^L = 2287.65 / 8 = 286 \text{ kN}$		
교직방향:	$F_{ASDT} = F_{BDT} / n^T = 1143.83 / 1 = 1,144 \text{ kN}$		

3) 평가

교측방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}}$	=	$\frac{692}{286}$	=	2.419	>	1.0	OK
교직방향	$\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}}$	=	$\frac{692}{1,144}$	=	0.605	<	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

$$C_{a1} = 645 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 645 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,010 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,010 \quad mm$$

$$\sum S_i = 17819 \quad mm$$

$$S_L = 230 \quad mm$$

$$1.5C_{a1} = 968 \quad mm$$

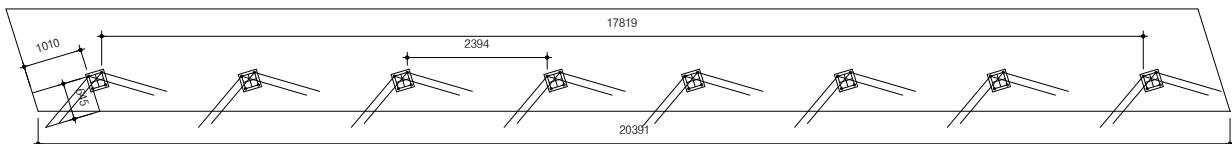
$$S_T = 230 \quad mm$$

$$S_{ax} = 2394 \quad mm$$

$$h_{cop} = 2,095 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 968 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 20,391 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 19,728,293 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 645^2 = 1,872,113 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 19,728,293 < 16 \times 1,872,113 = 29,953,800 \text{ mm}^2$$

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

$$= 0.6 \frac{140^{0.2}}{40} \times \sqrt{40} \times \sqrt{24} \times 645^{1.5}$$

$$= 391.24 \text{ kN}$$

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

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

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

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

$$= \frac{19,728,293}{1,872,113} \times 1.000 \times 1.400 \times 1.000 \times 391 = 5,772 \text{ kN}$$

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,240 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 1,240 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 415 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 415 \text{ mm}$$

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

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

$$1.5C_{a1} = 1,860 \text{ mm}$$

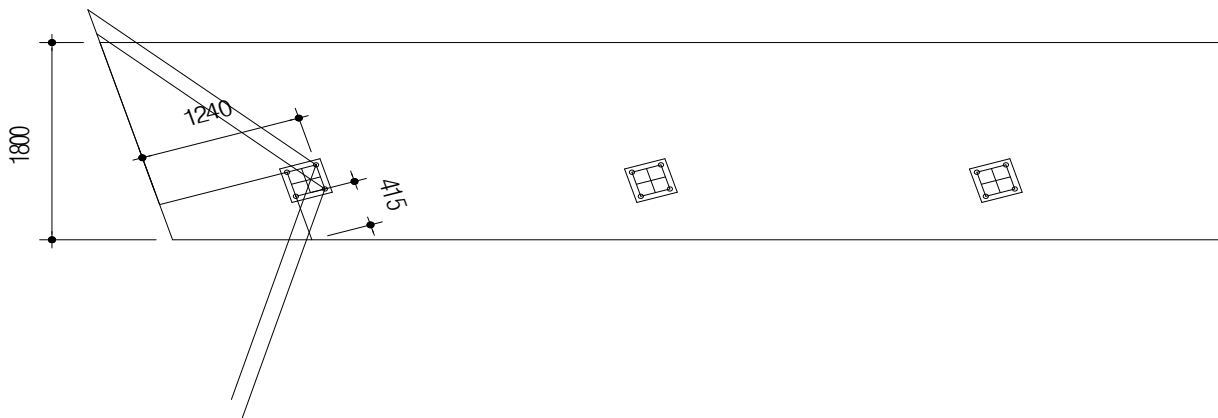
$$S_T = 230 \text{ mm}$$

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

$$h_{cop} = 2,095 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,860 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 1,800 \text{ mm}$$



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

$$\begin{array}{llll}
 1\text{면} & C_{a1} & = & 1,240 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,860 \text{ mm} \\
 2\text{면} & C_{a2}' & = & 415 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 1,860 \text{ mm} \\
 3\text{면} & h_{\text{cop}} & = & 2,095 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 1,860 \text{ mm}
 \end{array}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$\begin{array}{ll}
 A_{vc} & = 3,348,000 \text{ mm}^2 \\
 A_{vco} & = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 1,240^2 = 6,919,200 \text{ mm}^2 \\
 \text{check } A_{vc} < n A_{vco} & = 3,348,000 < 2 \times 6,919,200 = 13,838,400 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= 0.6(l_e/d_a)^{0.2} \sqrt{d_a} \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} \\
 &= 0.6 \frac{140^{0.2}}{40} \times \sqrt{40} \times \sqrt{24} \times 1,240^{1.5} \\
 &= 1,042.88 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_{ed,v} &= 0.767 & \Phi_{h,v} &= 1.000 \\
 l_e &= \text{MIN}[h_{efr}, 8d_a] = 140 \text{ mm} \\
 V_{cbg}^T &= A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b \\
 &= \frac{3,348,000}{6,919,200} \times 0.767 \times 1.400 \times 1.000 \times 1,043 = 542 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\begin{array}{llll}
 \text{교축방향:} & F_{AC,DL} & = & 286 \times 8 = 2,288 \text{ kN} \\
 \text{교직방향:} & F_{AC,DT} & = & 1,144 \times 1 = 1,144 \text{ kN}
 \end{array}$$

3) 평가

$$\begin{array}{llll}
 \text{교축방향} & \frac{V_{cbgL}}{F_{AC,DL}} = \frac{5,772}{2,288} = 2.523 > 1.0 & \text{OK} \\
 \text{교직방향} & \frac{V_{cbgT}}{F_{AC,DT}} = \frac{542}{1,144} = 0.474 < 1.0 & \text{NG}
 \end{array}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

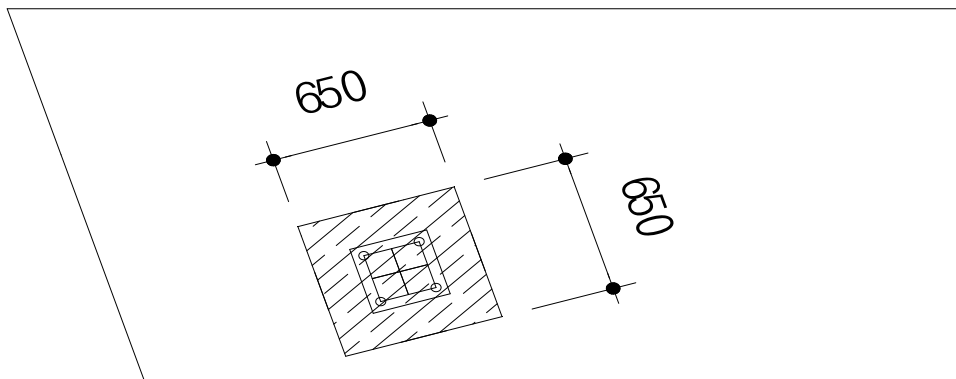
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

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

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

① 교축방향

C_{a1}	=	645	mm	S_L	=	230	mm
C_{a1}'	=	645	mm	S_T	=	230	mm
C_{a2}	=	1,010	mm	S_{ax}	=	2,394	mm
C_{a2}'	=	1,010	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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{cp} = 2$$

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

- 받침 1기당 보유성능

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

② 교직방향

$$C_{a1} = 1,240 \text{ mm}$$

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

$$C_{a1}' = 1,240 \text{ mm}$$

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

$$C_{a2} = 415 \text{ mm}$$

$$S_{ax} = 2,394 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 415 \text{ mm}$$

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

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

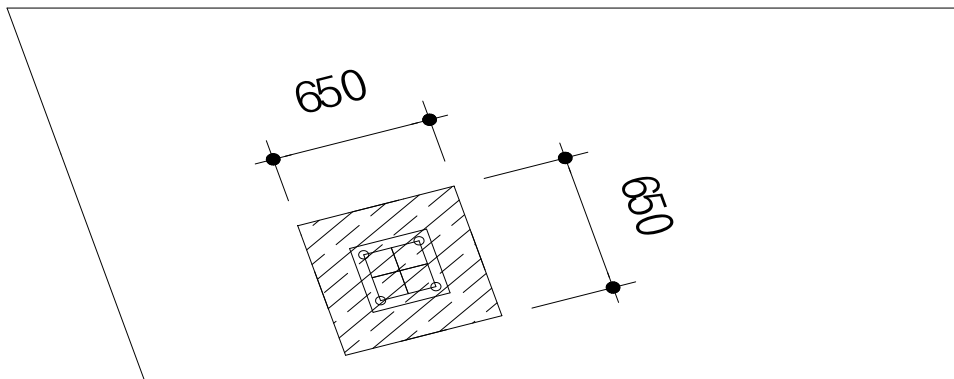
$$h_{ef}' = 140 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

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

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

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

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



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

1면	C_{a1}	=	1,240	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
2면	C_{a2}	=	415	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
3면	C_{a2}'	=	415	mm	>	$1.5h_{ef}$	=	210.0	mm
4면	$S_T + S_{ax}$	=	2,624	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: $F_{ASDL} = 286 \text{ kN}$

교직방향: $F_{ASDT} = 1,144 \text{ kN}$

3) 평가

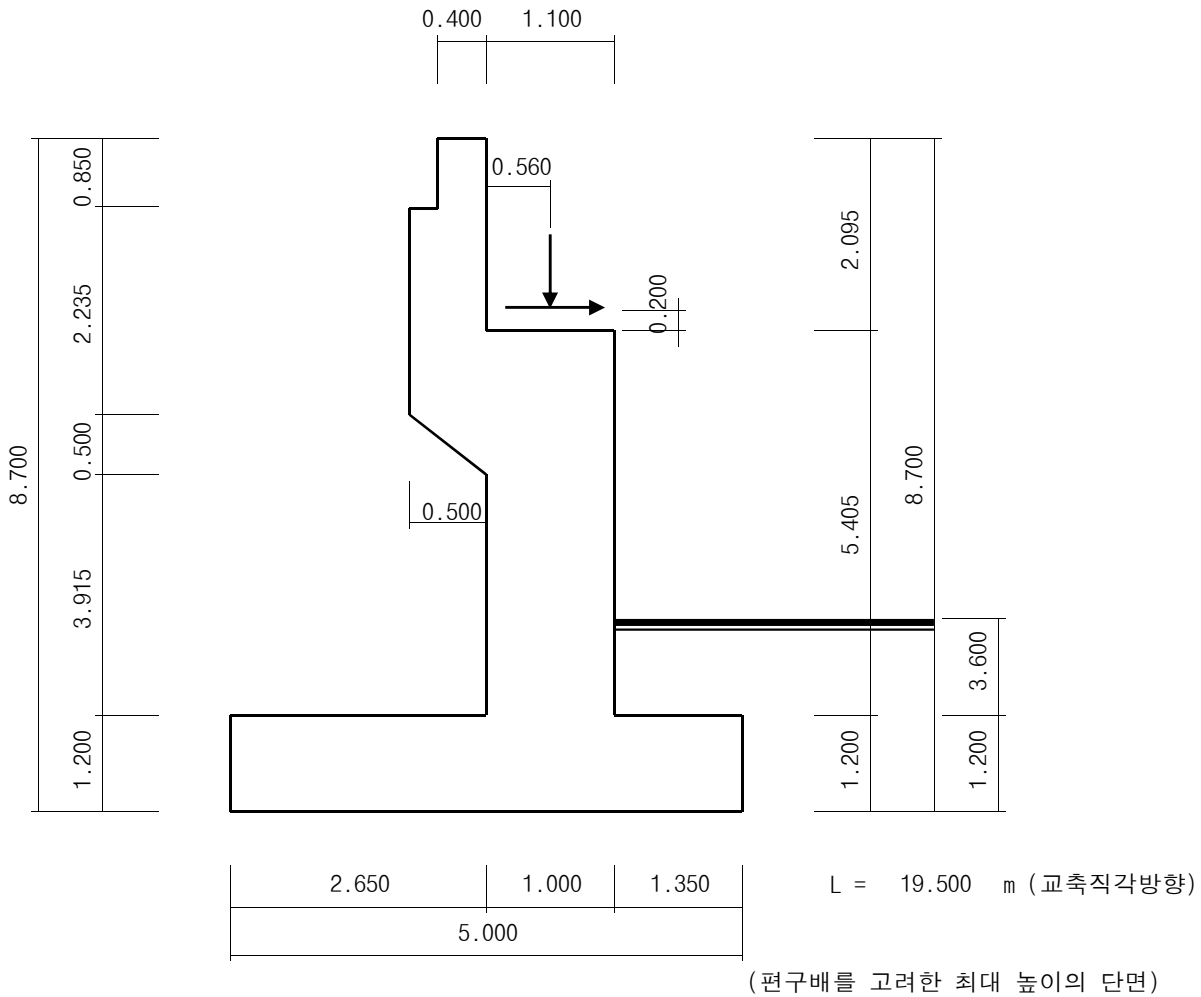
$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{cpgL}}{F_{ASDL}} &= \frac{486}{286} = 1.699 > 1.0 \quad \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{cpgT}}{F_{ASDT}} &= \frac{486}{1,144} = 0.425 < 1.0 \quad \text{NG} \end{aligned}$$

(5) 받침부 평가 요약

구분		방향	보유성능	소요성능	평가	
받침부	본체	교축	2,080	2,288	0.909	NG
		교직	260	1,144	0.227	NG
	앵커볼트	교축	692	286	2.419	OK
		교직	692	1,144	0.605	NG
	콘크리트	교축	5,772	2,288	2.523	OK
		교직	542	1,144	0.474	NG
	프라이아웃	교축	486	286	1.699	OK
		교직	486	1,144	0.425	NG

9.1 교대

9.1.1 단면 제원



9.1.2 상부 전달 하중

1) 고정하중 반력 (Dc)

- 상부구조 고정하중에 의한 받침부 연직력 = 217.317 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 = 11.963 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)

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

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

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

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

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

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

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

$$= 0.3138$$

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

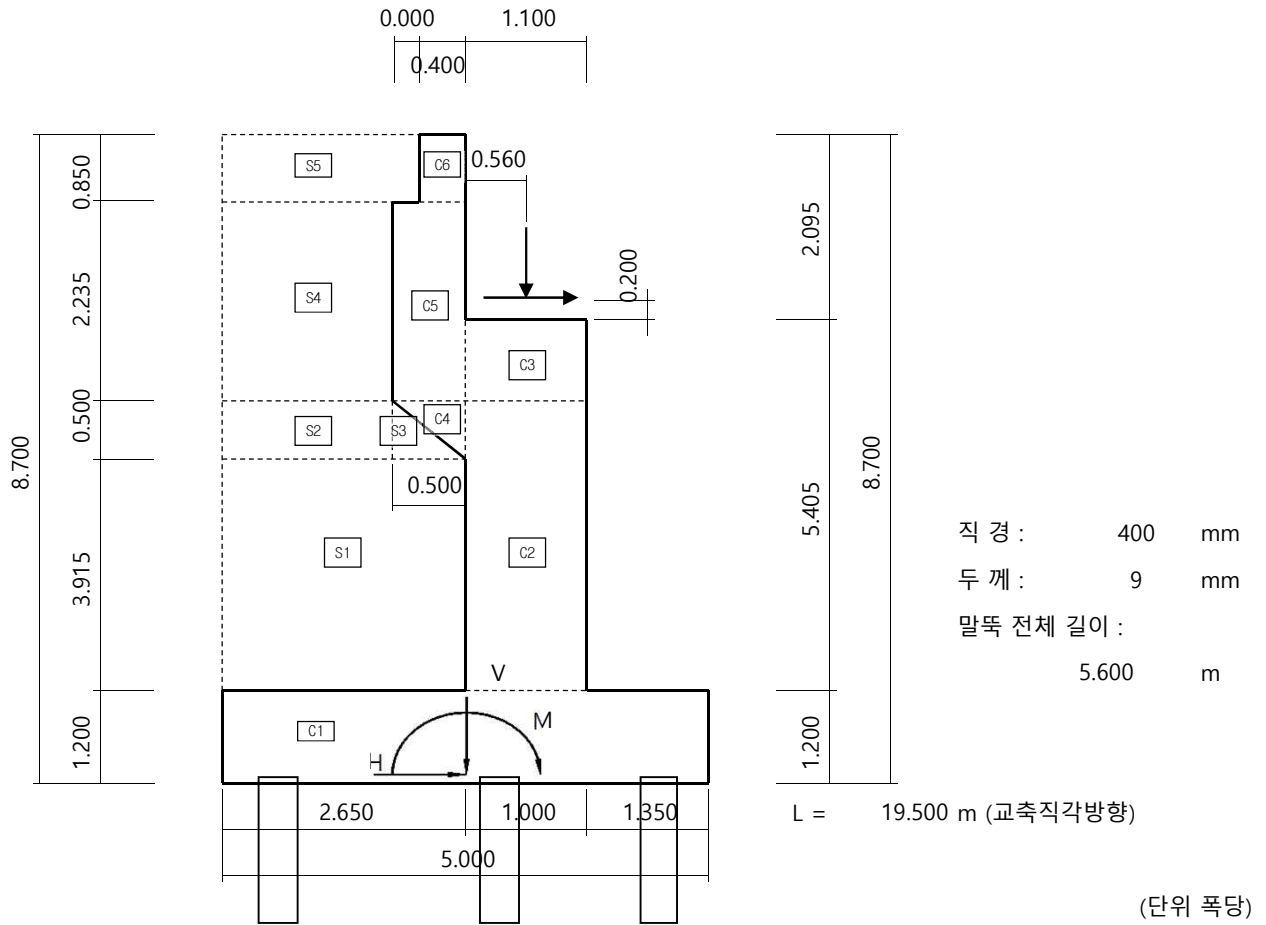
$$Z1 = 0.000 \text{ m} ; q1 = 0.3138 \times 20.00 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

$$Z2 = 8.700 \text{ m} ; q2 = 0.3138 \times 20.00 \times 8.700 = 54.601 \text{ kN/m}^2$$

$$- Pe = (q1 + q2) / 2 \times H = (0.000 + 54.601) / 2 \times 8.700 = 237.514 \text{ kN}$$

$$- Me = Pe \times H / 2 = 237.514 \times 8.700 / 2 = 1033.186 \text{ kN}$$

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



구분	A	γ	W	K_h	H	x	y	M_R	M
구체	C1	6.000	25.00	150.000	0.077	11.550	2.500	375.000	6.930
	C2	4.415	25.00	110.375	0.077	8.499	1.850	204.194	28.960
	C3	1.089	25.00	27.225	0.077	2.096	1.900	51.728	12.809
	C4	0.125	25.00	3.125	0.077	0.241	2.517	7.865	1.311
	C5	0.894	25.00	22.350	0.077	1.721	2.650	59.228	11.586
	C6	0.340	25.00	8.500	0.077	0.655	2.650	22.525	5.416
	소계	12.863		321.575		24.761		720.538	67.012
뒷채움	S1	10.375	20.00	207.495	0.077	15.977	3.675	762.544	50.448
	S2	1.075	20.00	21.500	0.077	1.656	3.925	84.388	8.882
	S3	0.125	20.00	2.500	0.077	0.193	2.683	6.708	1.017
	S4	4.805	20.00	96.105	0.077	7.400	3.925	377.212	49.821
	S5	1.828	20.00	36.550	0.077	2.814	3.925	143.459	23.289
	소계	18.208		364.150		28.040		1374.311	133.456
총 계			685.725		52.801			2094.849	200.468

9.2.3 안정검토

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

$$H=1.0 \times 24.761 + 1.0 \times 237.514 + 1.0 \times 28.040 + 1.0 \times 11.963$$
$$V=1.0 \times (217.317 + 321.575) + 1.0 \times 21.938 + 1.0 \times 364.150$$
$$Mr=1.0 \times (217.317 \times 1.890 + 720.538) + 1.0 \times (21.938 \times 1.890)$$
$$+ 1.0 \times 1,374.311$$
$$M=1.0 \times 67.012 + 1.0 \times 1,033.186 + 1.0 \times 133.456$$
$$+ 1.0 \times 11.963 \times 6.805$$

=

302.278

kN

=

924.980

kN

=

2547.042

kN.m

=

1315.061

kN.m

- 말뚝계산

1) 말뚝 제원

적용 공법	타입강관말뚝	말뚝 배치			
말뚝 직경	400.00 mm	번호	개수	각도	위치
말뚝 두께	9.00 mm	1	20	11.000	1.800
말뚝 길이	5.60 m	2	20	0.000	0.600
돌출 길이	0.00 m	3	20	0.000	-0.600
1/β부근의 N값	30.0	4	20	0.000	-1.800
평균 N값	31.0	5	0	0.000	0.000

2) 허용지지력 (말뚝 본당, 상시기준)

① 단면제원 (부식두께 2.00 mm)

- 말뚝의 면적

Ap

=

8554.557 mm²

- 선단폐쇄면적

A

=

123162.998 mm²

- 단면2차모멘트

I

=

161863000.000 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(30x50x10x123,162.998/1000000+πx396.00/1000x8.000x100.000)

=

947.57 kN/본

Va

=

947.570 kN/본

(상시 허용지지력)

③ 수평허용지지력

- 말뚝두부의 허용수평변위 δa =

15 mm

3) 스프링 정수 계산(말뚝본당)

- 무한장 말뚝 판정

(상 시)

βl = 0.00096 x 5500 =

5.28

>

3.0

∴ 반무한장 말뚝

(지진시)

βl = 0.00117 x 5500 =

6.44

>

3.0

∴ 반무한장 말뚝

구 분	상 시			지 진 시		
	고 정	힌 지	보정계수	고 정	힌 지	보정계수
K1	22913.0	11456.5	1.0	41478.7	20739.4	1.0
K2	11933.9	0.0	1.0	17725.9	0.0	1.0
K3	11933.9	0.0	1.0	17725.9	0.0	1.0
K4	12431.1	0.0	1.0	15150.4	0.0	1.0
Kv	60625.0	60625.0	-	60625.0	60625.0	-

4) 연립방정식 정수 계산(말뚝 전체)

구 분		Axx	Axy,Ayx	Ayy	Axa,Aax	Aaa	Aay,Aya
상 시	고정	5059264012	141272	4822540	-696038	9643714	-3887
	한지	2529632006	184188	4814197	331539	8614000	-64445
지진시	고정	9158630218	71723	4836058	-1282457	9909037	42550
	한지	4579326149	149414	4820957	268945	8635900	-52278

5) 말뚝도심에 작용하는 상부전달하중(전체)

구 분	지진시 말뚝에 전달되는 하중(전체)	
수평력	5894.417	kN
수직력	18037.118	kN
모멘트	21069.164	kN.m

6) 말뚝도심점의 변위

구 분		고 정	한 지
	$\delta x(mm)$	0.00091	0.00102
	$\delta y(mm)$	3.71113	3.76807
	$a(rad.)$	2.11044	2.46250

7) 말뚝두부의 변위

구 분		고 정	한 지
구 분	$\delta x1$	-1.43207	-1.56374
	$\delta x2$	0.00091	0.00102
	$\delta x3$	0.00091	0.00102
	$\delta y1$	7.37212	8.05009
	$\delta y2$	4.97740	5.24557
	$\delta y3$	2.44487	2.29057
	$a(rad.)$	2.11044	2.46250

8) 외력에 의한 말뚝의 분력(말뚝본당)

구 분		고 정	한 지
구 분	Pn1	446.935	488.037
	Pn2	301.755	318.013
	Pn3	148.220	138.866
	Ph1	-96.810	-32.431
	Ph2	-37.372	0.021
	Ph3	-37.372	0.021
	Mt1	57.359	0.000
	Mt2	31.958	0.000
	Mt3	31.958	0.000

9) 정밀성 검토(전체하중)

구 분			고 정	현 지
	수직력	말뚝반력	18037.140	18037.130
		전달하중	18037.118	18037.118
		오 차(%)	0.000%	0.000%
	수평력	말뚝반력	-2437.360	1226.990
		전달하중	5894.417	5894.417
		오 차(%)	-141.350%	-79.184%
	모멘트	말뚝반력	21188.040	21169.210
		전달하중	21069.164	21069.164
		오 차(%)	0.564%	0.475%

10) 말뚝의 최대반력집계(말뚝본당)

구 분	지진시	
	고정	현지
수직력	446.935	488.037
수평력	-37.372	0.021
모멘트	57.359	10.891

11) 말뚝 본체 설계

① 말뚝머리부 수직반력 검토

$$(지진시) \quad R_v = 488.037 \text{ kN} < R_a = 1421.355 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 인발력 검토

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

$$F_a = 1/2 \times [U_x \Sigma (l_x f)] = 1/2 \times (\pi \times 396.00 / 1000 \times 8.000 \times 100.0) = -497.6 \text{ kN}$$

$$(지진시) \quad F_v = 40.281 \text{ kN} > F_a = 0.000 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

③ 말뚝머리부 수평반력 검토 (고정)

$$(지진시) \quad R_h = 37.372 \text{ kN} < R_a = 622.180 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

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

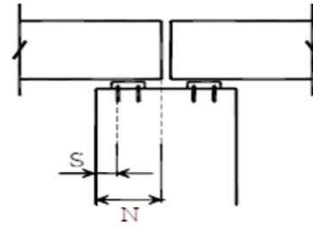
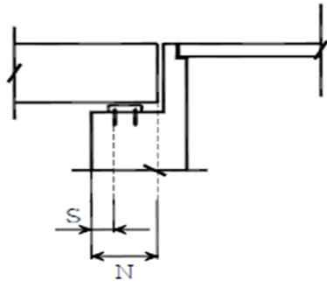
$$(지진시) \quad \text{말뚝머리 고정 : } \delta = H / (4EI\beta^3) = 0.900 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\text{말뚝머리 현지 : } \delta = H / (2EI\beta^3) = 0.000 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

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

$$(지진시) \quad f = V/A + M \cdot y/I = 122 \text{ Mpa} \quad \therefore \text{O.K}$$

10. 지지길이평가



10.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이 N_C

- $N_C = 1050.00 \text{ mm}$

2) 소요성능 N_D

- $N_D = \text{MAX}[\text{응답변위}, N_{\min}] = \text{MAX}[0.61, 426.03] = 426.03 \text{ mm}$

- $N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) * (1 + 0.000125\theta^2) = 426.03 \text{ mm}$

- $L = 25.0 \text{ m}$ (연속경간장)

- $H = 2.095 \text{ m}$ (총 교각 유효높이 평균길이)

- $\theta = 73^\circ$ (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1050}{426} = 2.460 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$