

◆ 목 차 ◆

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

1. 개요

2. 하중산정 및 모델링

3. 고정하중에 대한 해석

4. 설계 지진동

5. 고유치 해석

6. 지진 해석

7. 하중조합에 따른 단면력

8. 받침부 평가 (교대)

9. 기초부 평가

10. 지지길이평가

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

- 교대 2

A 2	구분			보유성능	소요성능	평가	
	받침부	본체 (kN)	교축	2,080	2,279	0.913	N.G
			교직	260	1,140	0.228	N.G
		앵커볼트 (kN)	교축	692	285	2.428	O.K
			교직	692	1,140	0.607	N.G
		콘크리트 (kN)	교축	5,518	2,279	2.421	O.K
			교직	508	1,140	0.446	N.G
		프라이아웃 (kN)	교축	486	285	1.706	O.K
			교직	486	1,140	0.426	N.G
	지지길이(mm)			교축	1,000	471	2.125

- 교대기초 2

A 2	구분			보유성능	소요성능	평가	
	기초부 (교축)	본체 (kN)		1,459	1,020	1.431	O.K
		인발 지지력 (kN)		421	0	∞	O.K
		수평변위 (mm)	고정	15.000	4.340	3.456	O.K
			힌지	15.000	8.670	1.730	O.K
		응력 검토 (Mpa)		210	191	1.098	O.K

1. 개요

1.1 교량현황

내진성능평가대상 교량현황			
교량명	행죽교	준공년도	1998 년
본부/지사	수원국토관리사무소	받침종류	POT
상부구조		하부구조	
형식	PSCI	교각형식	-
교량폭원	19.5m	기초형식	-
콘크리트	40Mpa	콘크리트	24Mpa
교량연장	1@25.0=25.000m		

1.2 내진설계

구분	적용
교량등급	1 등급교 (내진등급)
지진구역계수	0.11
위험도계수	1.40
지반종류	교축 : S3 , 교직 : S3
해석방법	다중모드스펙트럼해석법
고유치 해석	Ritz Vectors
MODE 조합	C.Q.C 방법

지반운동의 고려방향 결정 근거

- 내진설계에 수직방향 지진의 영향 미고려(수평방향만 고려)
- 교량받침에 부반력이 발생하지 않으며, 상부구조가 연직하중에 대체로 안전

지반분류 근거

- '기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령, 2020' 에 제시된 표준관입시험

N값과의 경험적 상관식 중 'Sun et al. 2013'의 식을 활용

for all soils,	$V_s = 65.54N^{0.407}$
for sand soils (풍화잔류토),	$V_s = 107.94N^{0.418}$
for sand soils (풍화암),	$V_s = 75.76N^{0.371}$
for sand and silt soils (충적토),	$V_s = 82.01N^{0.319}$
for Gravel (충적토),	$V_s = 78.63N^{0.361}$

1.3 사용프로그램 및 해석모델

구분		적용
탄성지진력산정	전체 모델링	프레임 모델링
	상부와 하부의 연결부 상세	ELASTIC LINK 스프링 모델
	기초와 지반의 연결부 상세	말뚝기초 스프링 강성 적용 / 직접기초 Fixed 적용
	질량산정	상부와 하부 고정하중은 단위질량으로 입력
	탄성지진력 산정 프로그램	MIDAS CIVIL

1.4 내진성능 평가방법 및 항목

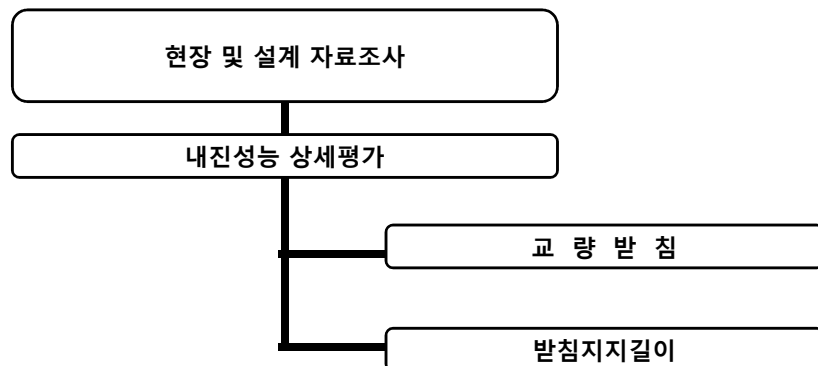
1) 내진성능상세평가 방법

내진성능 상세평가는 내진성능평가 지침에 의거하여 수행한다.

내진성능 상세평가는 교각을 비롯한 교량의 구성요소에 대하여 실시한다.

평가요령은 기존교량의 내진성능 평가 및 향상 요령'에 규정된 기준에 준한다.

2) 내진성능 평가항목



3) 참고문헌

교량내진설계기준(한계상태설계법)[KDS 24 17 11](국토교통부, 2021)

콘크리트구조 설계(강도설계법)[KDS 14 20 00](국토교통부, 2021)

내진설계 일반[KDS 17 10 00](국토교통부, 2018)

기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019)

기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2020)

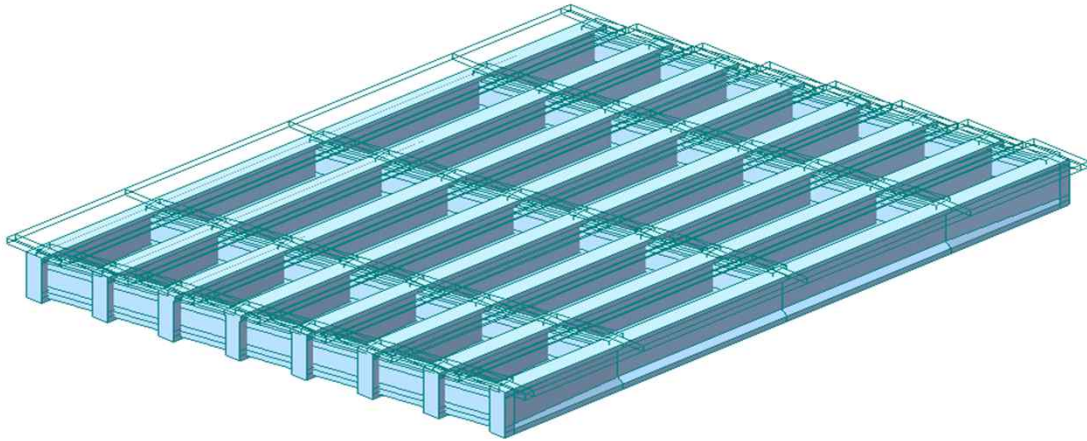
교량 내진성능평가 지침(한국도로공사, 2020)

기타 국토교통부 또는 "발주처"가 제정한 관련 지침 및 시방서

2. 하중산정 및 모델링

2.1 구조해석 모델

- 해석대상 교량 : PSCI
- 적용 받침 : POT



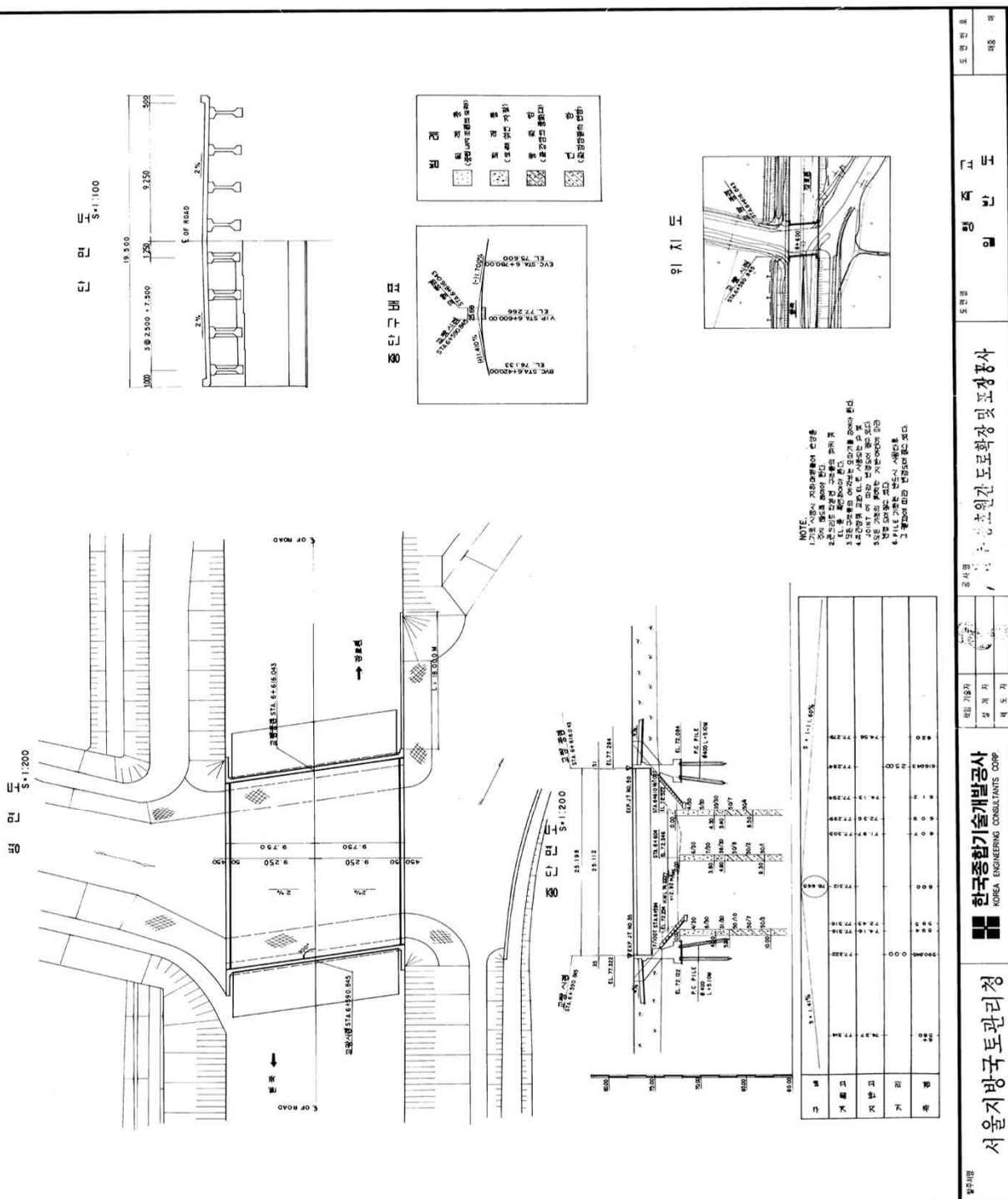
해석대상 구조물 모델링

2.2 하중산정 조건

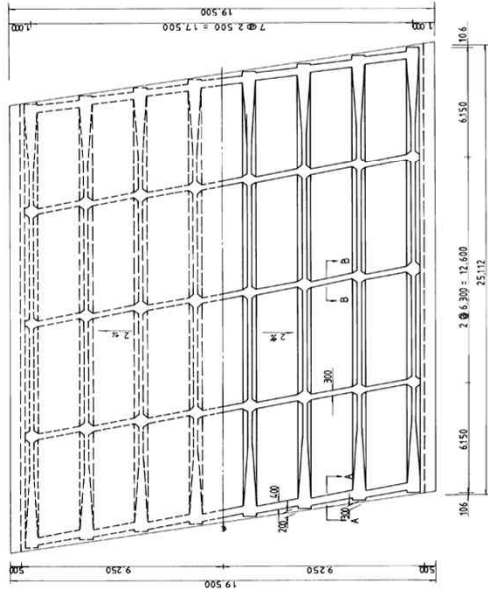
거더 Self Weight

슬래브	19.5	×	0.25	×	25.0	/	8.0	=	15.23 kN/m
포장	19	×	0.08	×	23.0	/	8.0	=	4.37 kN/m
연석	0.5	×	0.3	×	24.5			=	3.68 kN/m

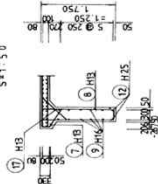
2.3 설계도면 자료



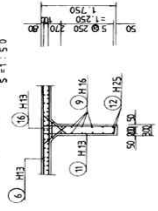
평면도
S=1:100



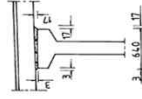
단면 A-A
S=1:50



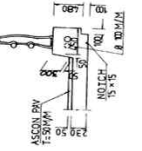
단면 B-B
S=1:50



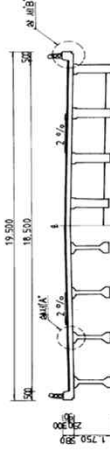
상세 A
S=1:30



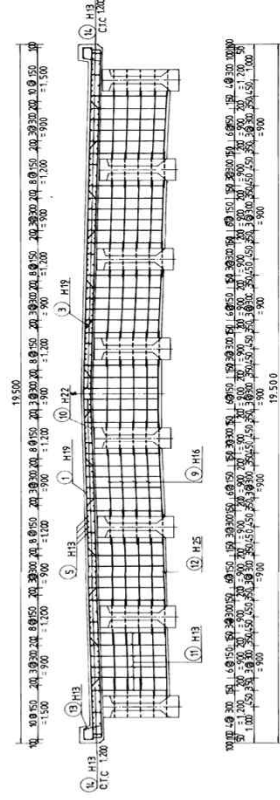
상세 B
S=1:30



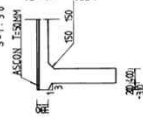
외단면도
S=1:100



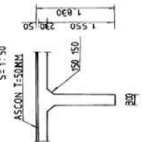
외단면도
S=1:50



단면 A-A
S=1:50



단면 B-B
S=1:50



서울지방국토관리청

인주~장호간간도화장및포장공사

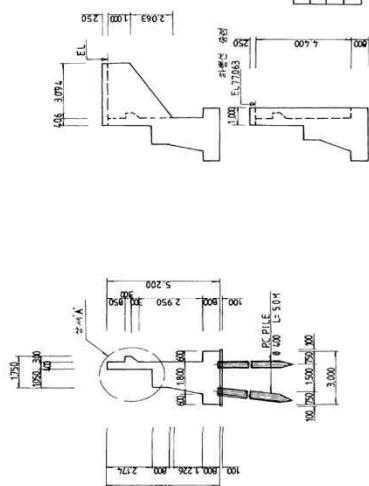
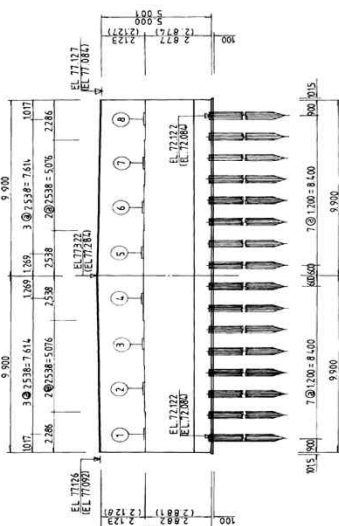
서울지방국토관리청

공기번호

SHEET NO.54

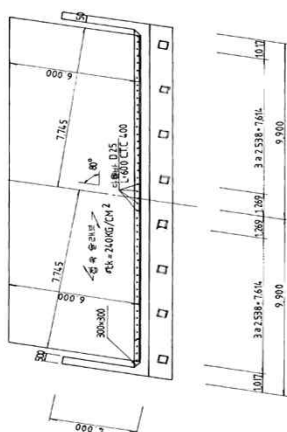
상부일반도

국문
개
보
S-1:100

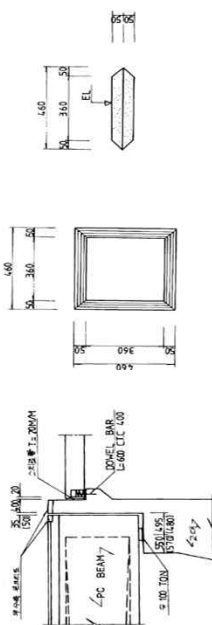


구분	EL
당행전 시월	77,121
상행전 종월	77,039
차행전 시월	77,050

내
피
의

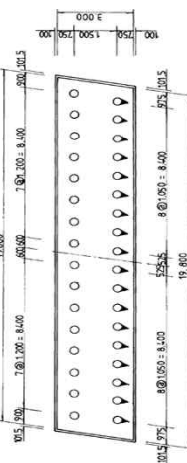


상세 "A"
S-1:50



세
로
읽
어
주
세
요

도치대학교



四
三
二
一

구분	1	2	3	4	5	6	7	8
공정(公債)	75,034	75,074	75,124	75,175	75,169	75,125	75,075	75,025
국채(國債)	74,983	75,032	75,082	75,131	75,156	75,099	75,027	74,976

* 주()에 들어갈 알맞은 말을 고르시오.

서울지방국토관리청

일주~장호원간도로확장및포장공사

「F」
「E」
「D」
「C」
「B」
「A」

Ho	호
Ho	호

3. 고정하중에 대한 해석

3.1 받침 반력

구분	받침 번호	고정하중 (kN)	받침용량 (kN)	판정	수평용량 (kN)	전단 스프링계수 (kN/m)
A1	1	573.1	1000	O.K	-	-
	2	580.3	1000	O.K	-	-
	3	580.8	1000	O.K	-	-
	4	579.7	1000	O.K	-	-
	5	582.5	1000	O.K	260.0	-
	6	585.5	1000	O.K	-	-
	7	584.6	1000	O.K	-	-
	8	581.4	1000	O.K	-	-
A2	1	581.8	1000	O.K	260.0	-
	2	583.4	1000	O.K	260.0	-
	3	583.7	1000	O.K	260.0	-
	4	584.2	1000	O.K	260.0	-
	5	582.4	1000	O.K	260.0	-
	6	580.4	1000	O.K	260.0	-
	7	579.6	1000	O.K	260.0	-
	8	572.4	1000	O.K	260.0	-

4. 설계 지진동

4.1 지진구역 구분

지진구역	행정구역		계수(Z)
Ⅰ	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 세종특별자치시	0.11g
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도	
Ⅱ	도	강원도 북부, 제주도	0.07g

4.2 위험도계수

재현주기 (년)	50	100	200	500	1000	2400	4800
위험도 계수(I)	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00	2.60

4.3 지반분류

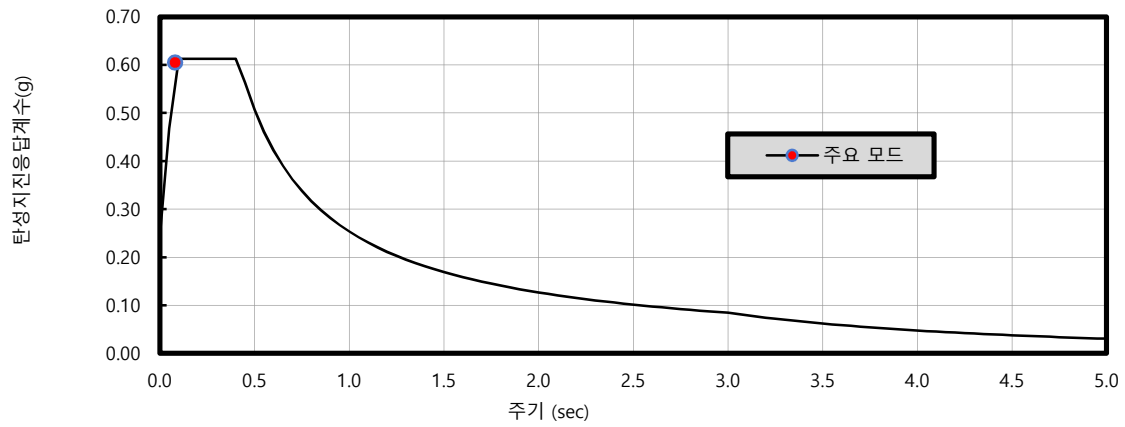
지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H(m)	토층평균전단파속도
S1	암반 지반	1 미만	-
S2	얕고 단단한 지반	1~20 이하	260 이상
S3	얕고 연약한 지반		260 미만
S4	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S5	깊고 연약한 지반		180 미만
S6	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반		

4.4 지반증폭계수(Fa, Fv)

지반종류	단주기지반증폭계수, Fa			장주기지반증폭계수, Fv		
	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3	S ≤ 0.1	S = 0.2	S = 0.3
S2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

4.5 탄성지진 응답계수

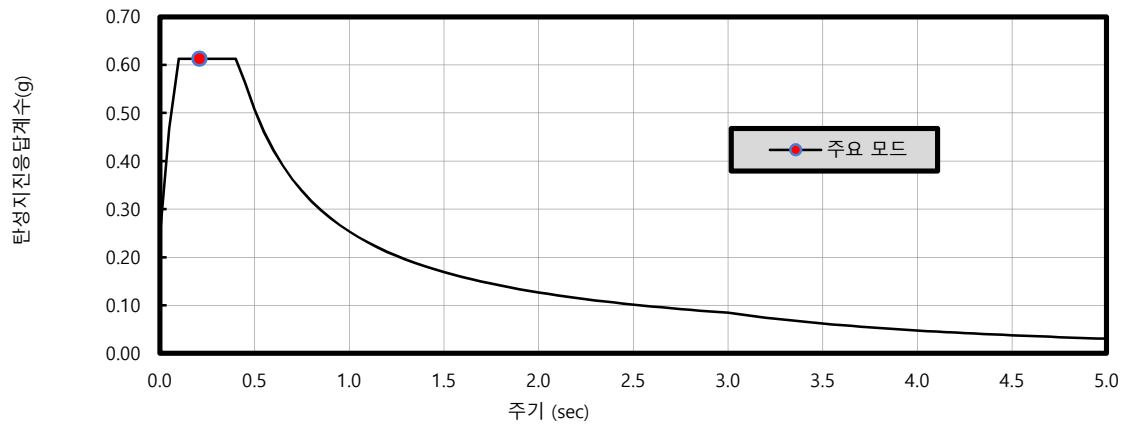
(교축방향 - 5% Damping, S3지반)



주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.245	2.550	0.099
0.050	0.467	2.600	0.097
0.100	0.613	2.650	0.096
0.150	0.613	2.700	0.094
0.200	0.613	2.750	0.092
0.250	0.613	2.800	0.091
0.300	0.613	2.850	0.089
0.350	0.613	2.900	0.087
0.400	0.613	2.950	0.086
0.450	0.563	3.000	0.084
0.500	0.507	3.050	0.082
0.550	0.461	3.100	0.079
0.600	0.422	3.150	0.077
0.650	0.390	3.200	0.074
0.700	0.362	3.250	0.072
0.750	0.338	3.300	0.070
0.800	0.317	3.350	0.068
0.850	0.298	3.400	0.066
0.900	0.282	3.450	0.064
0.950	0.267	3.500	0.062
1.000	0.253	3.550	0.060
1.050	0.241	3.600	0.059
1.100	0.230	3.650	0.057
1.150	0.220	3.700	0.056
1.200	0.211	3.750	0.054
1.250	0.203	3.800	0.053
1.300	0.195	3.850	0.051
1.350	0.188	3.900	0.050
1.400	0.181	3.950	0.049
1.450	0.175	4.000	0.048
1.500	0.169	4.050	0.046
1.550	0.164	4.100	0.045
1.600	0.158	4.150	0.044
1.650	0.154	4.200	0.043
1.700	0.149	4.250	0.042
1.750	0.145	4.300	0.041
1.800	0.141	4.350	0.040
1.850	0.137	4.400	0.039
1.900	0.133	4.450	0.038
1.950	0.130	4.500	0.038
2.000	0.127	4.550	0.037
2.050	0.124	4.600	0.036
2.100	0.121	4.650	0.035
2.150	0.118	4.700	0.034
2.200	0.115	4.750	0.034
2.250	0.113	4.800	0.033
2.300	0.110	4.850	0.032
2.350	0.108	4.900	0.032
2.400	0.106	4.950	0.031
2.450	0.103	5.000	0.030
2.500	0.101	5.050	0.030

4.6 탄성지진 응답계수

(교직방향 - 5% Damping, S3지반)



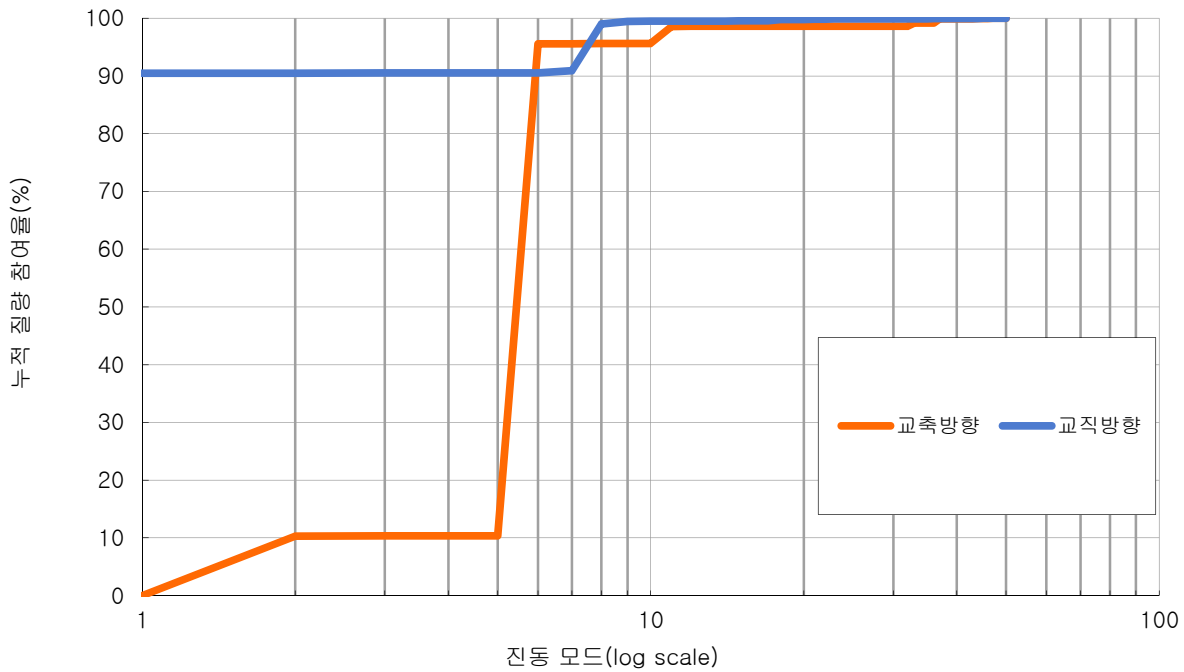
주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)	주기 (sec)	탄성지진 응답계수 (Cs)
0.000	0.245	2.550	0.099
0.050	0.467	2.600	0.097
0.100	0.613	2.650	0.096
0.150	0.613	2.700	0.094
0.200	0.613	2.750	0.092
0.250	0.613	2.800	0.091
0.300	0.613	2.850	0.089
0.350	0.613	2.900	0.087
0.400	0.613	2.950	0.086
0.450	0.563	3.000	0.084
0.500	0.507	3.050	0.082
0.550	0.461	3.100	0.079
0.600	0.422	3.150	0.077
0.650	0.390	3.200	0.074
0.700	0.362	3.250	0.072
0.750	0.338	3.300	0.070
0.800	0.317	3.350	0.068
0.850	0.298	3.400	0.066
0.900	0.282	3.450	0.064
0.950	0.267	3.500	0.062
1.000	0.253	3.550	0.060
1.050	0.241	3.600	0.059
1.100	0.230	3.650	0.057
1.150	0.220	3.700	0.056
1.200	0.211	3.750	0.054
1.250	0.203	3.800	0.053
1.300	0.195	3.850	0.051
1.350	0.188	3.900	0.050
1.400	0.181	3.950	0.049
1.450	0.175	4.000	0.048
1.500	0.169	4.050	0.046
1.550	0.164	4.100	0.045
1.600	0.158	4.150	0.044
1.650	0.154	4.200	0.043
1.700	0.149	4.250	0.042
1.750	0.145	4.300	0.041
1.800	0.141	4.350	0.040
1.850	0.137	4.400	0.039
1.900	0.133	4.450	0.038
1.950	0.130	4.500	0.038
2.000	0.127	4.550	0.037
2.050	0.124	4.600	0.036
2.100	0.121	4.650	0.035
2.150	0.118	4.700	0.034
2.200	0.115	4.750	0.034
2.250	0.113	4.800	0.033
2.300	0.110	4.850	0.032
2.350	0.108	4.900	0.032
2.400	0.106	4.950	0.031
2.450	0.103	5.000	0.030
2.500	0.101	5.050	0.030

5. 고유치 해석

5.1 해석 결과

모드	주기	INDIVIDUAL MODE (%)			CUMULATIVE SUM (%)			비고
	(sec)	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ	
1	0.21	0.00	90.47	0.00	0.00	90.47	0.00	
2	0.18	10.30	0.00	62.90	10.30	90.47	62.90	
3	0.17	0.03	0.09	0.22	10.33	90.56	63.12	
4	0.11	0.00	0.00	0.05	10.34	90.56	63.17	
5	0.10	0.01	0.00	0.01	10.35	90.57	63.18	
6	0.08	85.23	0.00	7.99	95.58	90.57	71.17	
7	0.08	0.01	0.39	0.00	95.59	90.96	71.17	
8	0.07	0.03	8.08	0.00	95.62	99.04	71.17	
9	0.06	0.00	0.44	0.00	95.62	99.49	71.17	
10	0.05	0.00	0.03	0.00	95.62	99.52	71.17	
11	0.05	2.98	0.00	0.26	98.60	99.52	71.43	
12	0.05	0.01	0.00	0.00	98.61	99.52	71.43	
13	0.05	0.00	0.01	0.00	98.61	99.53	71.43	
14	0.05	0.00	0.01	0.00	98.61	99.54	71.43	
15	0.04	0.00	0.01	0.00	98.61	99.55	71.43	
16	0.04	0.00	0.00	0.00	98.61	99.55	71.44	
17	0.04	0.00	0.00	0.00	98.61	99.55	71.44	
18	0.04	0.00	0.24	0.00	98.61	99.80	71.44	
19	0.03	0.00	0.00	0.00	98.61	99.80	71.44	
20	0.03	0.01	0.00	17.57	98.62	99.80	89.01	
21	0.03	0.00	0.06	0.01	98.62	99.86	89.01	
22	0.03	0.00	0.01	0.00	98.62	99.87	89.01	
23	0.03	0.00	0.01	0.11	98.62	99.88	89.12	
24	0.03	0.00	0.01	0.00	98.62	99.89	89.12	
25	0.03	0.00	0.00	0.00	98.62	99.89	89.12	
26	0.03	0.00	0.00	0.00	98.62	99.89	89.12	
27	0.03	0.00	0.00	0.00	98.62	99.89	89.12	
28	0.03	0.00	0.02	0.00	98.62	99.91	89.12	
29	0.03	0.00	0.00	0.00	98.62	99.91	89.12	
30	0.02	0.00	0.00	0.00	98.62	99.91	89.13	
31	0.02	0.02	0.00	1.66	98.64	99.91	90.78	
32	0.02	0.00	0.00	0.00	98.64	99.92	90.79	
33	0.02	0.53	0.00	8.62	99.17	99.92	99.41	
34	0.02	0.02	0.02	0.31	99.19	99.93	99.72	
35	0.02	0.01	0.00	0.15	99.20	99.93	99.87	
36	0.02	0.00	0.01	0.00	99.20	99.94	99.87	
37	0.02	0.72	0.00	0.08	99.91	99.94	99.95	
38	0.02	0.00	0.01	0.00	99.91	99.96	99.95	
39	0.02	0.00	0.00	0.00	99.91	99.96	99.95	
40	0.02	0.00	0.01	0.00	99.91	99.96	99.95	
41	0.01	0.00	0.00	0.00	99.91	99.96	99.95	
42	0.01	0.00	0.02	0.00	99.91	99.98	99.95	
43	0.01	0.00	0.01	0.00	99.91	99.99	99.95	
44	0.01	0.04	0.00	0.00	99.95	99.99	99.95	
45	0.01	0.00	0.00	0.00	99.95	100.00	99.95	
46	0.01	0.00	0.00	0.00	99.95	100.00	99.95	
47	0.01	0.05	0.00	0.00	100.00	100.00	99.95	
48	0.01	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	99.95	
49	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	99.95	
50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	99.95	

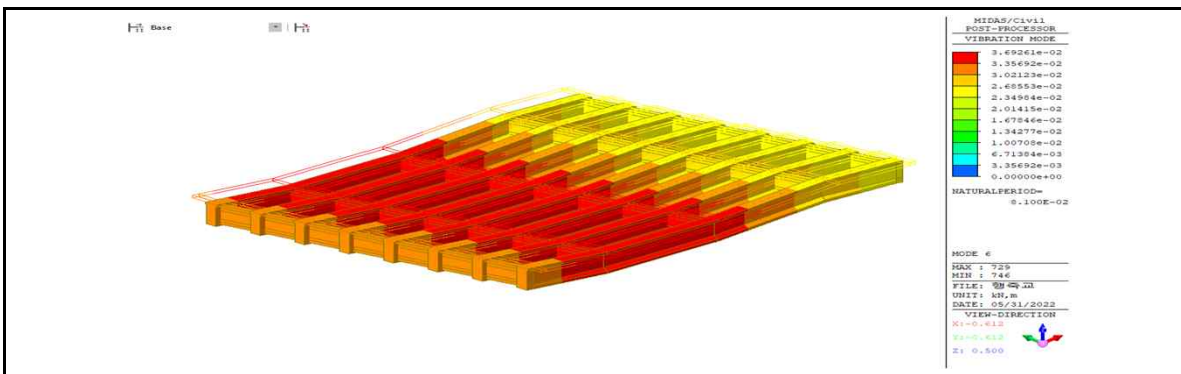
5.2 모드별 질량 참여율 그래프



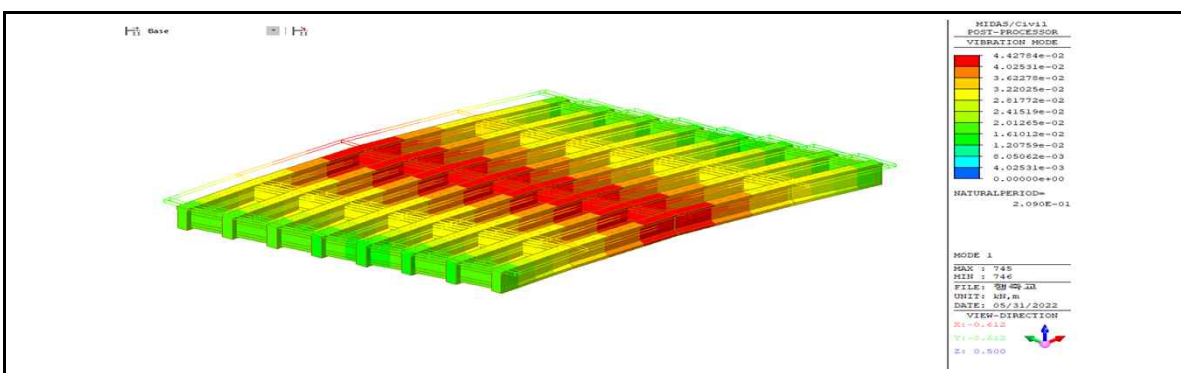
진동모드의 누적 질량 참여율 (%)

5.3 주요 모드 형상 (Mode Shape)

○ 교축방향 (T = 0.0810 sec) - 6 Mode (A = 0.6053 g)



○ 교축직각방향 (T = 0.2090 sec) - 1 Mode (A = 0.6129 g)



6. 지진 해석

- 산정된 유효강성을 구조해석 모델에 적용하여, 지진해석을 수행

6.1 교축방향 해석 (X방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각하단	상부변위	교각하단	교각하단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	1.22	0	0	0.04	0	0
A2	0.61	0	0	0.03	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

6.2 교직방향 해석 (Y방향)

구분	교축방향			교직방향		
	상부변위	교각하단	교각하단	상부변위	교각하단	교각하단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.49	0	0	3.54	0	0
A2	0.29	0	0	3.53	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

6.3 고정하중 해석

구분	상단 축력	교축방향		하단 축력	교축방향	
		교각하단	교각하단		교각하단	교각하단
	(kN)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(kN)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0	0	0	0	0	0
A2	0.00	0	0	0	0	0

구분	교축방향			교직방향		
	교각변위	교각상단	교각상단	교각변위	교각상단	교각상단
	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	(mm)	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
A1	0.00	0	0	0.00	0	0
A2	0.00	0	0	0.00	0	0

7. 하중조합에 따른 단면력

7.1 받침부 개당 부재력 집계 (30% 규정 적용) (단위kN)		
교각	교축력	교직력
A1	0	2624
A2	694	2620

7.2 받침부 전체 부재력 집계 (30% 규정 적용) (단위kN)		
교각	교축력	교직력
A1	0	2624
A2	5184	2620

7. 지진하중산정

7.1 지진하중 산정

$$V = W \times S \times Fa$$

여기서, W = 상부 중량 = 9,295.69 kN

S = 유효 수평지반 가속도계수 = 0.154

Fa = 단주기 지반 증폭계수 = 1.592

구 분	설계지진하중 (kN)	
	교축방향	교직방향
교대 1	0.000	1139.503
교대 2	2279.006	1139.503

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

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

3) 평가

교측방향	$\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}} = \frac{692}{648} = 1.067 > 1.0$	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

$$C_{a2} \geq 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 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

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

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

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

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

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

$$S_L = 230 \quad mm$$

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

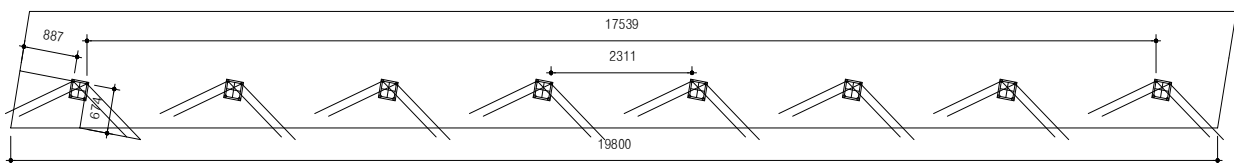
$$S_T = 230 \quad mm$$

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

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

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

$$\text{투영길이} = 19,800 \quad mm$$



'- 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

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

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

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

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

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

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

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

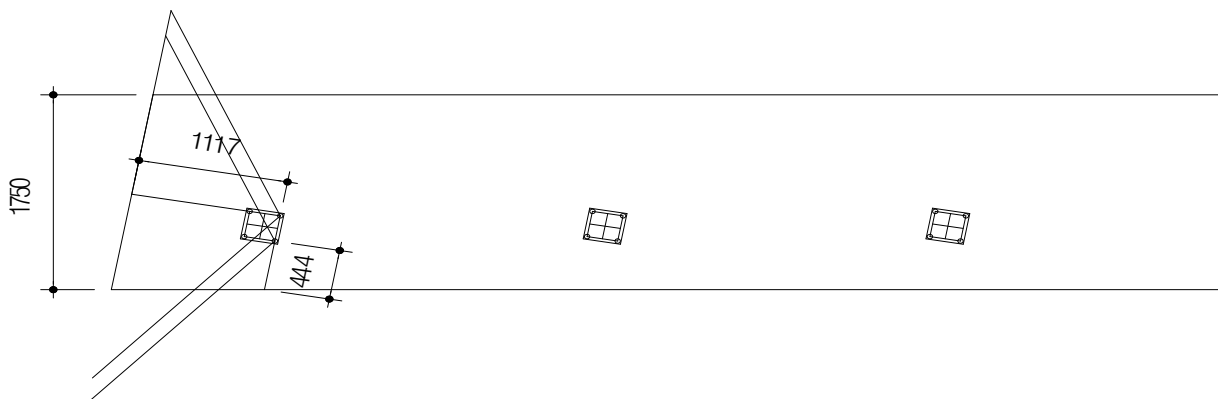
$$S_T = 230 \text{ mm}$$

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

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

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

$$\text{투영길이} = 1,750 \text{ mm}$$



- 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

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

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

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

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}

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

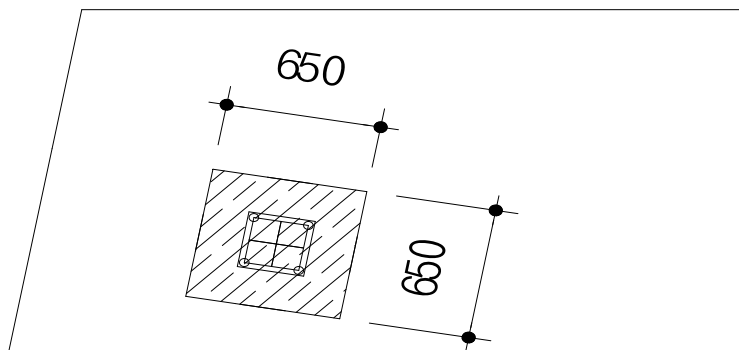
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

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

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

① 교축방향

C_{a1}	=	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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

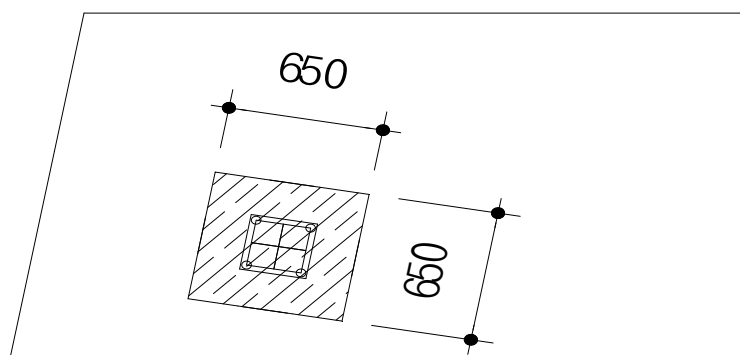
$$h_{ef}' = 140 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

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

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

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

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



- 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: $F_{ASDL} = 648 \text{ kN}$

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

$$C_{a2} \geq 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 1.0 \quad C_{a2} < 1.5C_{a1} \quad , \quad \Phi_{ed,v} = 0.7 + 0.3 * C_{a2} / 1.5C_{a1}$$

$\Phi_{c,v}$: 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

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

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

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

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

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

$$S_L = 230 \quad mm$$

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

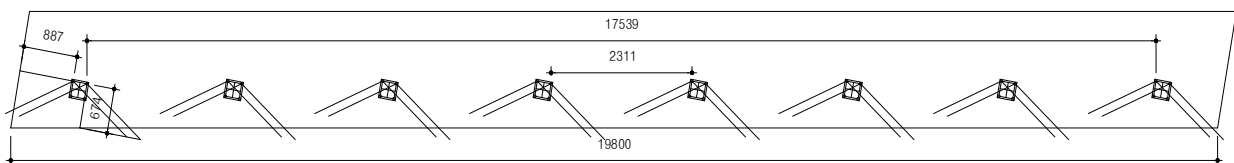
$$S_T = 230 \quad mm$$

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

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

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

$$\text{투영길이} = 19,800 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

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

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

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

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

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

$$= 417.92 \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

② 교직방향

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

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

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

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

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

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

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

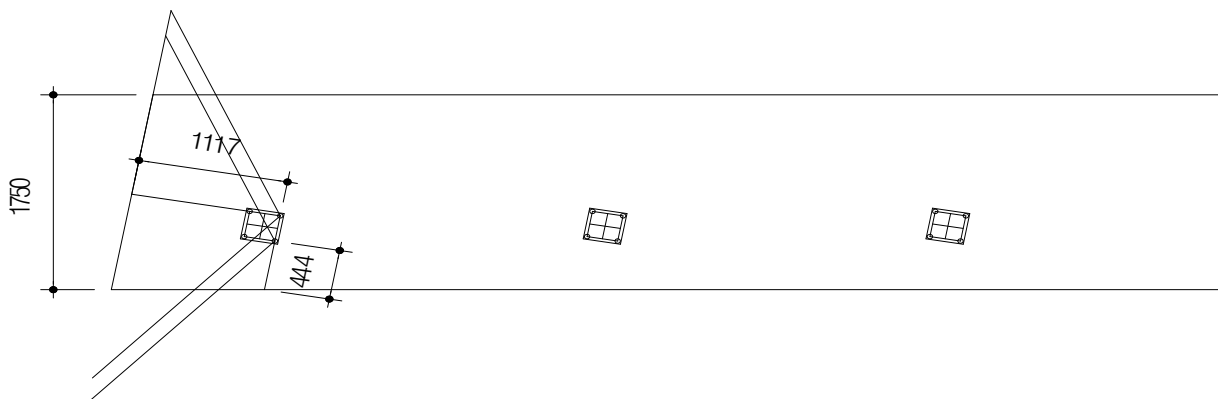
$$S_T = 230 \text{ mm}$$

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

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

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

$$\text{투영길이} = 1,750 \text{ mm}$$



- 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

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

3) 평가

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

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도 V_{cpg}

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

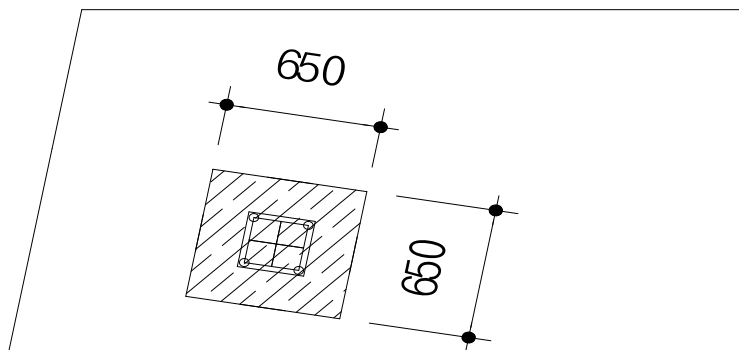
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

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

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

① 교축방향

C_{a1}	=	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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

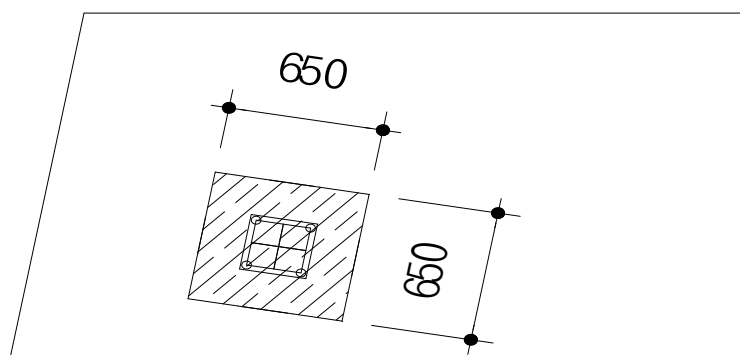
$$h_{ef}' = 140 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

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

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

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

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



- 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

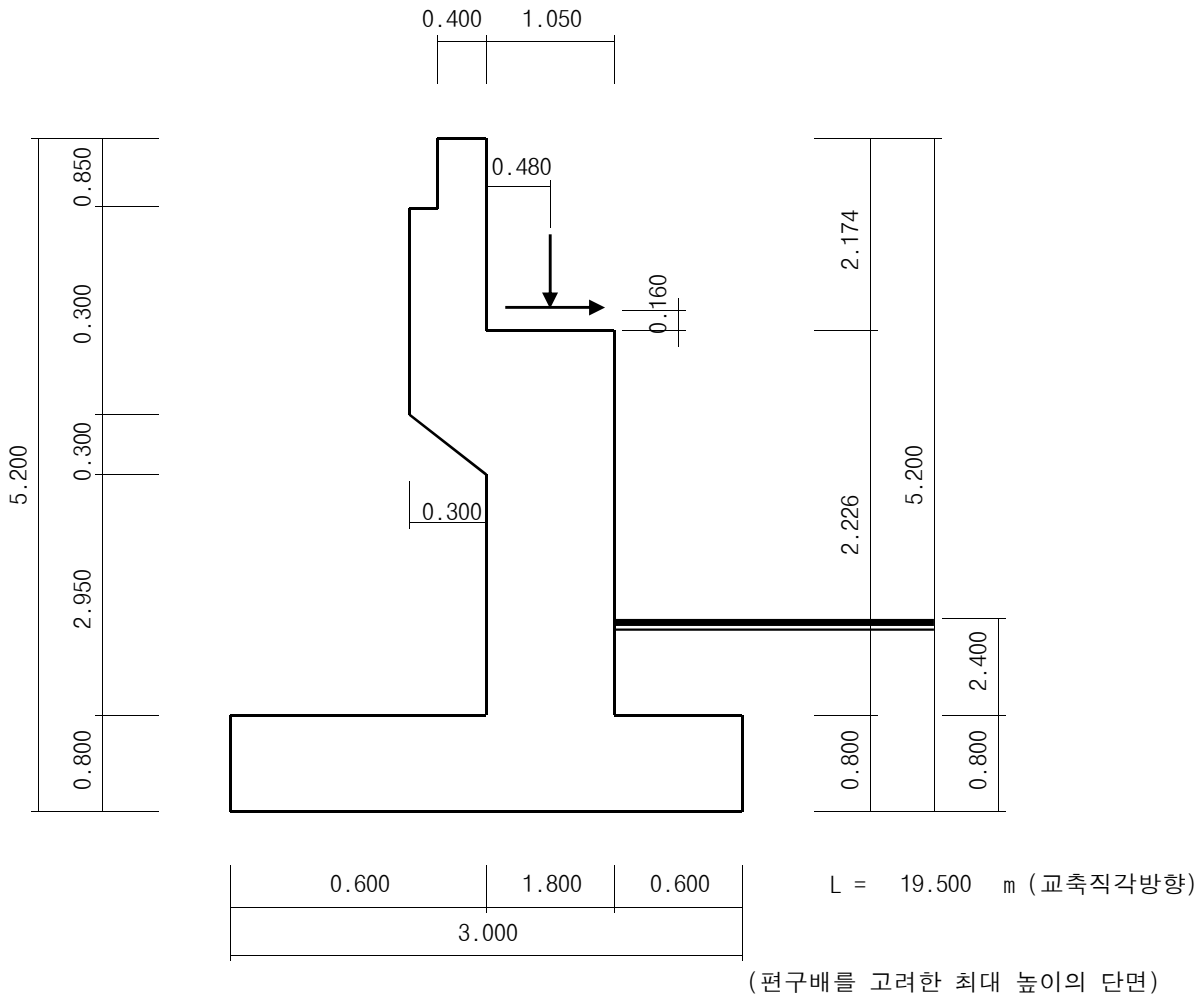
$$\begin{aligned} \text{교축방향} \quad \frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} &= \frac{486}{285} = 1.706 > 1.0 && \text{OK} \\ \text{교직방향} \quad \frac{V_{cpGT}}{F_{ASDT}} &= \frac{486}{1,140} = 0.426 < 1.0 && \text{NG} \end{aligned}$$

(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)

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

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

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

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

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

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

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

$$= 0.3138$$

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

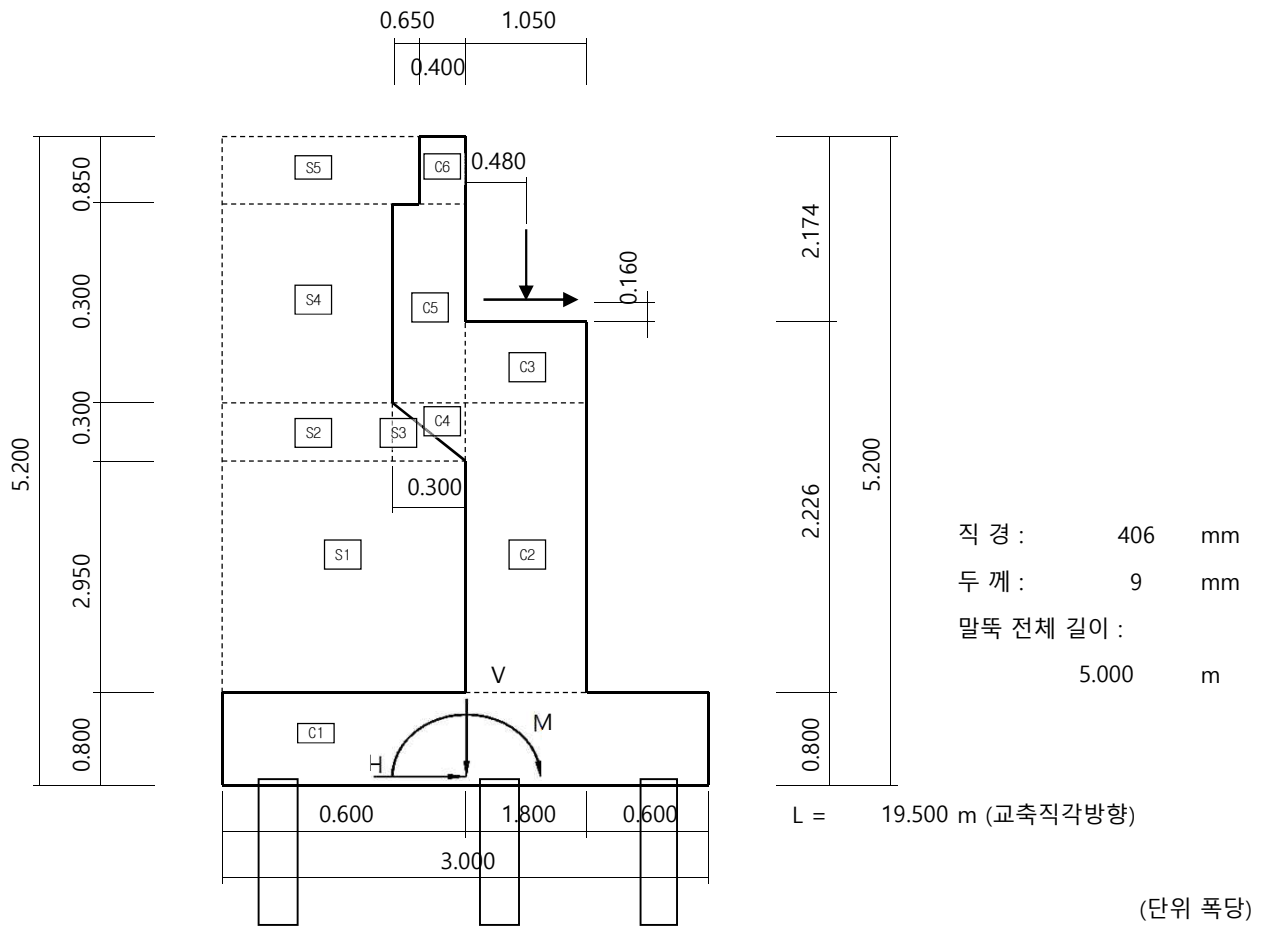
$$Z1 = 0.000 \text{ m} ; q1 = 0.3138 \times 20.00 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

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

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

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

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



구분		A	γ	W	K _h	H	x	y	M _R	M
구 체	C1	2.400	25.00	60.000	0.077	4.620	1.500	0.400	90.000	1.848
	C2	5.850	25.00	146.250	0.077	11.261	1.500	2.425	219.375	27.309
	C3	-1.075	25.00	-26.880	0.077	-2.070	1.125	3.538	-30.240	-7.323
	C4	0.045	25.00	1.125	0.077	0.087	2.500	3.950	2.813	0.342
	C5	0.315	25.00	7.875	0.077	0.606	2.175	4.200	17.128	2.547
	C6	0.340	25.00	8.500	0.077	0.655	1.850	4.775	15.725	3.125
	소계	7.875		196.870		15.159			314.801	27.848
뒷 채 움	S1	1.770	20.00	35.400	0.077	2.726	2.700	2.275	95.580	6.201
	S2	0.090	20.00	1.800	0.077	0.139	2.850	3.900	5.130	0.541
	S3	0.045	20.00	0.900	0.077	0.069	2.600	3.850	2.340	0.267
	S4	0.090	20.00	1.800	0.077	0.139	2.850	4.200	5.130	0.582
	S5	0.808	20.00	16.150	0.077	1.244	2.525	4.775	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

$$H=1.0 \times 15.159 + 1.0 \times 84.851 + 1.0 \times 4.316 + 1.0 \times 197.827$$
$$V=1.0 \times (216.413 + 196.870) + 1.0 \times 21.938 + 1.0 \times 56.050$$
$$Mr=1.0 \times (216.413 \times 1.170 + 314.801) + 1.0 \times (21.938 \times 1.170)$$
$$+ 1.0 \times 148.959$$
$$M=1.0 \times 27.848 + 1.0 \times 220.613 + 1.0 \times 13.529$$
$$+ 1.0 \times 197.827 \times 3.186$$

$$= 302.153 \text{ kN}$$
$$= 491.271 \text{ kN}$$
$$= 742.631 \text{ kN.m}$$
$$= 892.266 \text{ kN.m}$$

- 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)

$$- \text{말뚝의 면적} \quad A_p = 8695.300 \text{ mm}^2$$
$$- \text{선단폐쇄면적} \quad A = 127176.195 \text{ mm}^2$$
$$- \text{단면2차모멘트} \quad I = 169982000.000 \text{ mm}^4$$
$$- \text{탄성계수} \quad E = 40000.0 \text{ Mpa}$$

② 수직허용지지력

$$- \text{말뚝선단의 N치} = 50$$
$$- \text{최대주면마찰력}(f)=2N=2 \times 31.000 = 620.0 \text{ kN/m}^2 > 100 \text{ kN/m}^2$$
$$V_a = 1/3 \times [30 \times N \times A + U \times \sum (l \times f)] \quad (\text{항타 말뚝이라 가정})$$
$$= 1/3 \times (30 \times 50 \times 10 \times 127,176.195 / 1000000 + \pi \times 402.40 / 1000 \times 8.000 \times 100.000)$$
$$= 972.99 \text{ kN/본}$$
$$V_a = 972.990 \text{ kN/본} \quad (\text{상시 허용지지력})$$

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
	한지	373091	0	2158938	0	1214402	0
지진시	고정	1358461	0	2158938	-585542	1719180	0
	한지	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	한 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	한 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	한 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 ($\delta a = 15.00 \text{ mm}$)

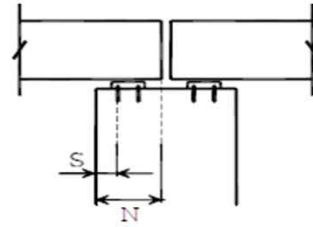
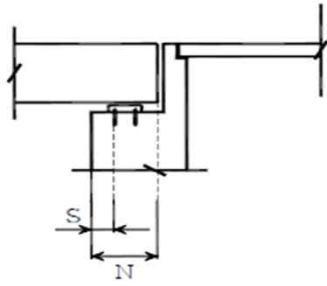
$$(지진시) \quad \text{말뚝머리 고정 : } \delta = H / (4EI\beta^3) = 4.340 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

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

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

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