

# 교 량 내 진 성 능 평 가

---

응암2교(성남)

보강전 내진성능평가 계산서

2026. 04

# ◆ 목 차 ◆

## 0. 내진성능평가 결과 요약

### 1. 개요

### 2. 하중산정

### 3. 고정하중에 대한 해석

### 4. 설계 지진동

### 5. 지진하중산정

### 6. 받침부 평가 (교대)

### 7. 기초부 평가

### 8. 지지길이평가

## 0. 내진성능평가 결과 요약

- 교대 1

| A 1 | 구분             |           |    | 보유성능   | 소요성능  | 평가     |     |
|-----|----------------|-----------|----|--------|-------|--------|-----|
|     | 받침부            | 본체 (kN)   | 교축 | 2,210  | 1,413 | 1.564  | O.K |
|     |                |           | 교직 | 1,170  | 706   | 1.656  | O.K |
|     |                | 앵커볼트 (kN) | 교축 | 2,101  | 706   | 2.974  | O.K |
|     |                |           | 교직 | 2,101  | 706   | 2.974  | O.K |
|     |                | 콘크리트 (kN) | 교축 | 6,282  | 1,413 | 4.446  | O.K |
|     |                |           | 교직 | 793    | 706   | 1.122  | O.K |
|     | 안정성<br>검토      | 수평변위      |    | 15.000 | 3.927 | 3.820  | O.K |
|     |                | 연직 압축지지력  |    | 1,808  | 1,413 | 1.280  | O.K |
|     |                | 연직 인발지지력  |    | 583.6  | 499.8 | 1.167  | O.K |
|     | 말뚝<br>응력<br>검토 | 휨인장응력     |    | 210.0  | 40.5  | 5.190  | O.K |
|     |                | 휨압축응력     |    | 210.0  | 141.6 | 1.483  | O.K |
|     |                | 휨전단응력     |    | 120.0  | 11.7  | 10.298 | O.K |
|     | 단면<br>검토       | 벽체        | 휨  | 17,788 | 3,299 | 5.392  | O.K |
|     |                |           | 전단 | 9,691  | 3,323 | 2.916  | O.K |
|     |                | 앞굽        | 휨  | 10,864 | 8,431 | 1.289  | O.K |
|     |                |           | 전단 | 9,691  | 9,284 | 1.044  | O.K |
|     |                | 뒷굽        | 휨  | 10,864 | 5,368 | 2.024  | O.K |
|     |                |           | 전단 | 9,691  | 5,394 | 1.797  | O.K |
|     | 지지길이(mm)       |           | 교축 | 1,340  | 326   | 4.114  | O.K |

- 교대 2

| A 2 | 구분             |           |    | 보유성능   | 소요성능  | 평가    |     |
|-----|----------------|-----------|----|--------|-------|-------|-----|
|     | 받침부            | 본체 (kN)   | 교직 | 1,040  | 706   | 1.472 | O.K |
|     |                | 앵커볼트 (kN) | 교직 | 1,459  | 706   | 2.065 | O.K |
|     |                | 콘크리트 (kN) | 교직 | 862    | 706   | 1.220 | O.K |
|     | 안정성<br>검토      | 수평변위      |    | 15.000 | 2.797 | 5.362 | O.K |
|     |                | 연직 압축지지력  |    | 1,839  | 1,338 | 1.375 | O.K |
|     |                | 연직 인발지지력  |    | 609.3  | 194.3 | 3.136 | O.K |
|     | 말뚝<br>응력<br>검토 | 휨인장응력     |    | 210.0  | 40.3  | 5.206 | O.K |
|     |                | 휨압축응력     |    | 210.0  | 132.0 | 1.591 | O.K |
|     |                | 휨전단응력     |    | 120.0  | 12.2  | 9.866 | O.K |
|     | 단면<br>검토       | 벽체        | 휨  | 7,370  | 2,500 | 2.948 | O.K |
|     |                |           | 전단 | 8,848  | 2,355 | 3.757 | O.K |
|     |                | 앞굽        | 휨  | 9,900  | 6,669 | 1.484 | O.K |
|     |                |           | 전단 | 10,225 | 8,859 | 1.154 | O.K |
|     |                | 뒷굽        | 휨  | 7,370  | 4,808 | 1.533 | O.K |
|     |                |           | 전단 | 8,848  | 4,771 | 1.854 | O.K |
|     | 지지길이(mm)       |           | 교축 | 1,325  | 320   | 4.145 | O.K |

## 1. 개요

### 1.1 교량현황

| 내진성능평가대상 교량현황 |                 |      |        |
|---------------|-----------------|------|--------|
| 교량명           | 응암2교(성남)        | 준공년도 | 2017 년 |
| 교량위치          | 경기도 이천시 부발읍 응암리 | 받침종류 | 포트받침   |
| 상부구조          |                 | 하부구조 |        |
| 형식            | HD-BOX GIRDER   | 교각형식 | -      |
| 교량폭원          | 10.125m         | 기초형식 | -      |
| 콘크리트          | 27Mpa           | 콘크리트 | -      |
| 교량연장          | 1@52=52.0m      |      |        |

### 1.2 내진설계

| 구분     | 적용                                                                                                                                                                                                       |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 교량등급   | 1 등급교 (내진등급)                                                                                                                                                                                             |
| 지진구역계수 | 0.11                                                                                                                                                                                                     |
| 위험도계수  | 1.40                                                                                                                                                                                                     |
| 지반종류   | 교축 : S3, 교직 : S3                                                                                                                                                                                         |
| 해석방법   | 상부구조와 교대 사이의 연결부에 대하여 고정하중반력에 최대지반가속도를 곱한 값의 수평지진력이 작용한다고 보고 종방향, 횡방향 및 수직방향에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다. 이 때 최대지반가속도는 암반지반(S1)의 경우는 유효수평지반가속도(S)로 하고, 토사지반(S2~S5)의 경우는 유효수평지반가속도(S)와 단주기 지반증폭계수(Fa)를 곱한 값으로 한다. |

#### 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 (풍화암),          | $V_s = 107.94N^{0.418}$ |
| for sand soils (풍화토),          | $V_s = 75.76N^{0.371}$  |
| for sand and silt soils (사질토), | $V_s = 82.01N^{0.319}$  |
| for Gravel (자갈층),              | $V_s = 78.63N^{0.361}$  |

### 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

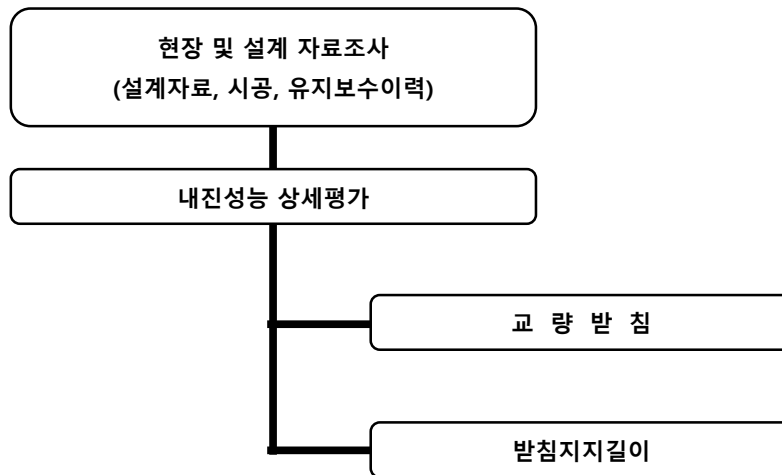
#### 1) 내진성능상세평가 방법

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

교량 내진성능평가 지침(한국도로공사, 2022)

내진설계 일반[KDS 17 10 00](국토교통부, 2018)

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

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

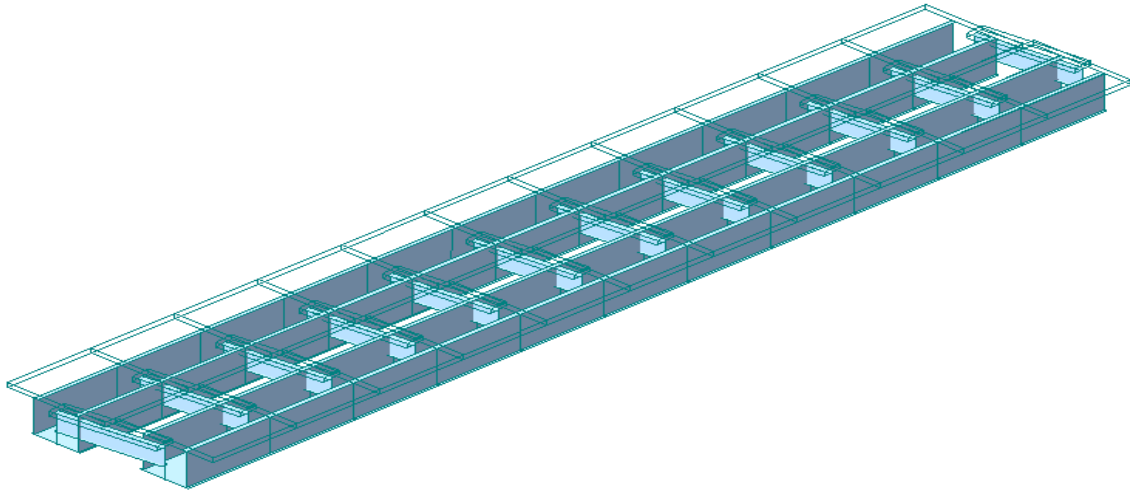
기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019)

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

## 2. 하중산정

### 2.1 구조해석 모델

- 해석대상 교량 : HD-BOX GIRDER
- 적용 받침 : 포트받침



해석대상 구조물 모델링

### 2.2 하중산정 조건

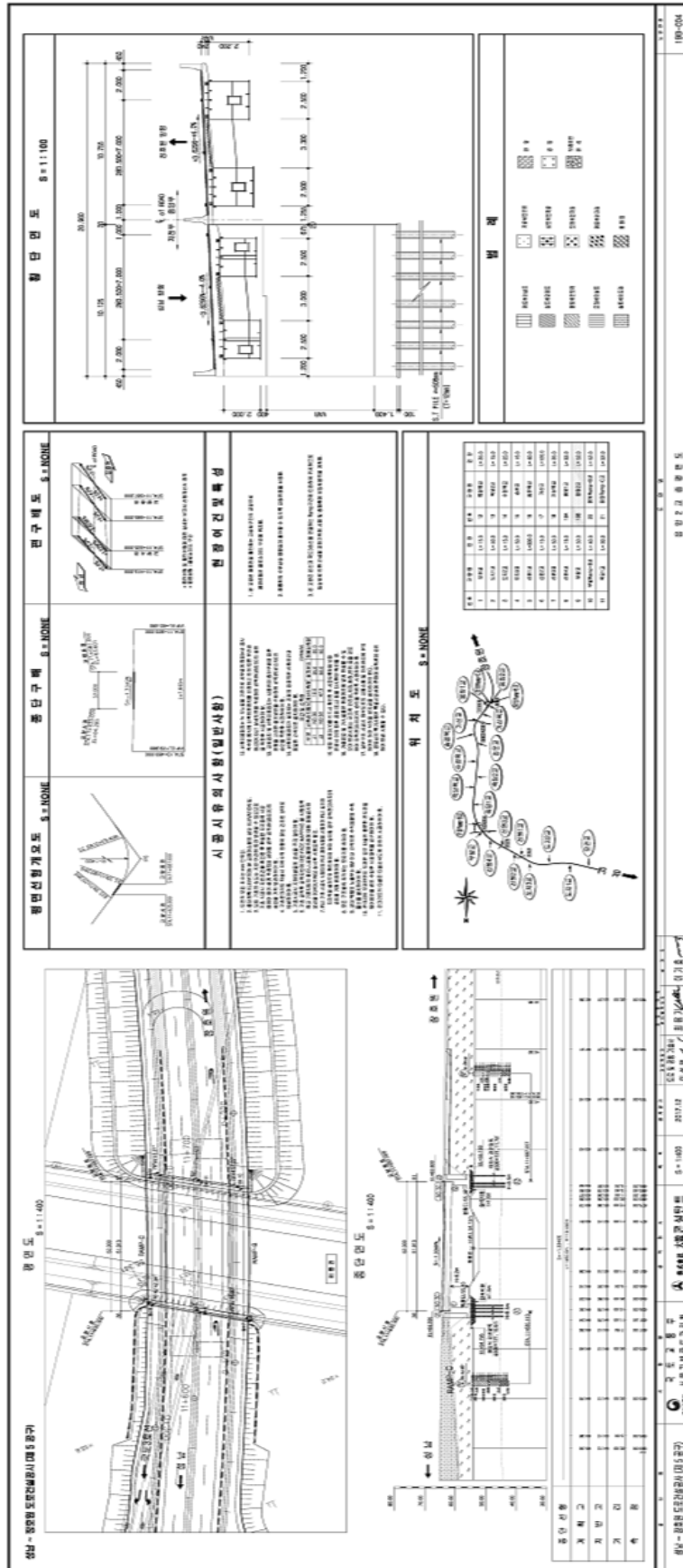
- 1차 고정하중 : Midas Civil 구조해석 프로그램에서 Self Weight 자동으로 계산
- 구조계산서 반력집계 적용

| 구 분 |    | 합성 전 고정하중 |          | 합성 후<br>고정하중 | 총 고정하중   |
|-----|----|-----------|----------|--------------|----------|
|     |    | Steel+HD  | Slab     |              |          |
| A1  | G1 | 709.087   | 1107.780 | 565.884      | 2382.751 |
|     | G2 | 410.338   | 689.966  | 74.635       | 1174.939 |
| A2  | G1 | 350.623   | 643.857  | 429.485      | 1423.965 |
|     | G2 | 769.829   | 1181.020 | 202.420      | 2153.269 |

$$\begin{aligned}
 G1 \sum &= 3806.716 \text{ kN} \\
 G1 : \text{Beam Load} &= 73.21 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G2 \sum &= 3328.208 \text{ kN} \\
 G2 : \text{Beam Load} &= 64.00 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

## 2.3 설계도면 자료



성남 - 평준화 도로건설공사 (제 5 공구)

요약도

S = 1 : 800

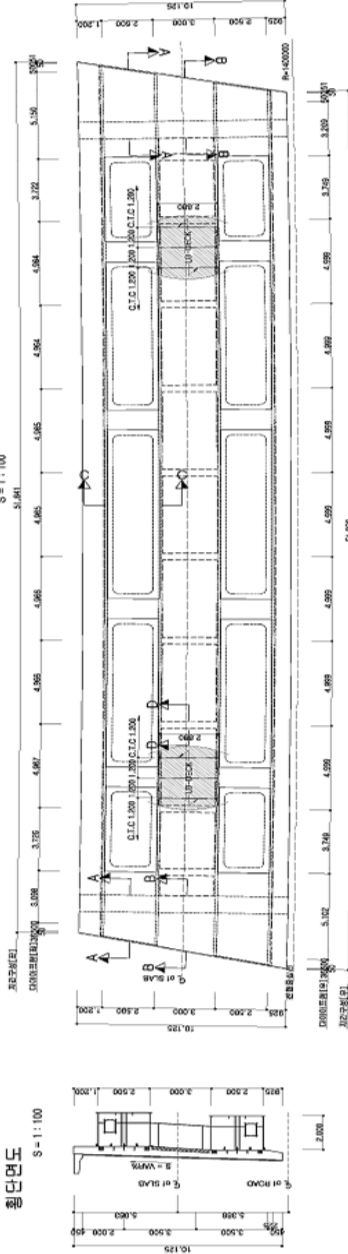
응암2교 슬래브 일반도(1)

(성남 방향)



평면도

S = 1 : 100



중단면도

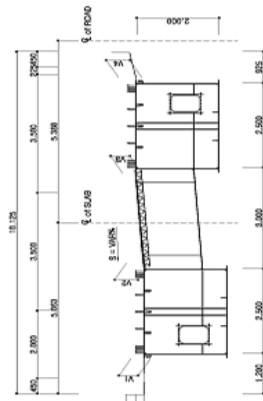
S = 1 : 100



횡단면도 상세도

(단기방수)

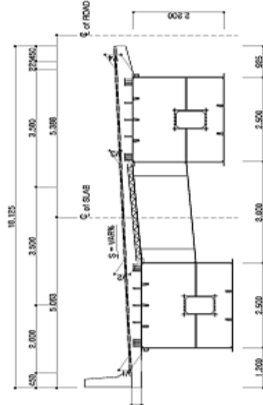
S = 1 : 50



횡단면도 상세도

(중기방수)

S = 1 : 50



변화치수표

| STATION     | 좌측     | 우측    | 좌측    | 우측    | 좌측    | 우측    |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 111+425.585 | -3.524 | 3.524 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+442.292 | -3.522 | 3.522 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+458.999 | -3.520 | 3.520 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+475.706 | -3.518 | 3.518 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+492.413 | -3.516 | 3.516 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+509.120 | -3.514 | 3.514 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+525.827 | -3.512 | 3.512 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+542.534 | -3.510 | 3.510 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+559.241 | -3.508 | 3.508 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+575.948 | -3.506 | 3.506 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+592.655 | -3.504 | 3.504 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+609.362 | -3.502 | 3.502 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+626.069 | -3.500 | 3.500 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+642.776 | -3.498 | 3.498 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+659.483 | -3.496 | 3.496 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+676.190 | -3.494 | 3.494 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+692.897 | -3.492 | 3.492 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |
| 111+709.604 | -3.490 | 3.490 | 421.2 | 421.2 | 421.2 | 421.2 |

성남 - 평준화 도로건설공사 (제 5 공구)

국토교통부  
서울지방국토관리청

한국도로공사  
서울지방국토관리청

2017.12

이 기 호

응암2교  
슬래브 일반도(1)

198-007

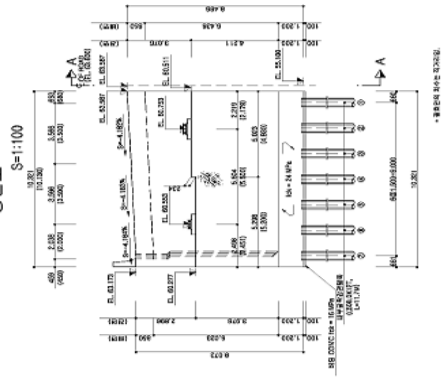
슬래브 일반도



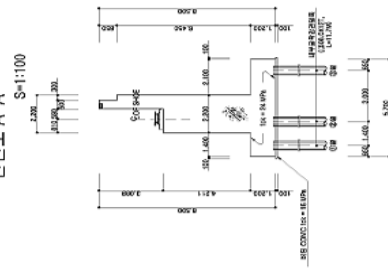
성남 ~ 장호원 도로건설공사 (제 5 공구)

응암2교 교대2 원반도(1)  
(성남 방향)

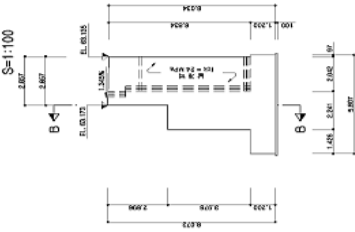
평면도



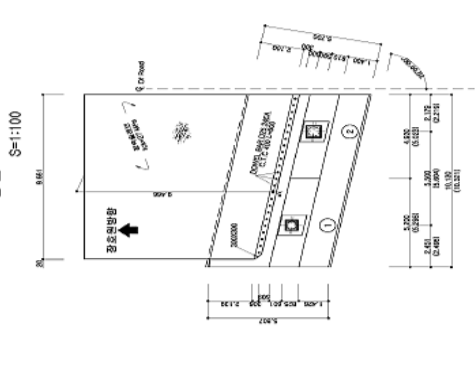
단면도 A-A



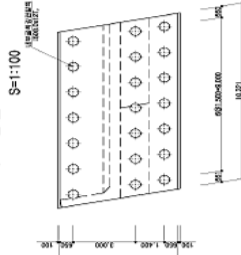
남개벽(좌측)



평면도



기초 평면도



연단거리 테이블

| 구분   | 도면상 표시치                                 | 제치        |
|------|-----------------------------------------|-----------|
| 연단거리 | S = 200 + 1.5L + 200 + 1.5L (L = 400mm) | S = 500mm |
| 연단거리 | N = 200 + 1.5L + 200 + 1.5L (L = 400mm) | N = 320mm |

함몰깊이 테이블

| 구분   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 함몰깊이 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 |
| 함몰깊이 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 |
| 함몰깊이 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 | 11700 |

NOTE

1. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
2. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
3. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
4. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
5. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
6. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
7. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
8. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
9. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
10. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
11. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
12. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
13. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
14. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.
15. 본 도면은 설계도면의 1/100에 해당함.

성남 ~ 장호원 도로건설공사 (제 5 공구)

국토교통부  
서울지방국토관리청

1 : 100 2017.12

최종기  
이성민

응암2교 교대2 원반도(1)  
(성남 방향)

199-160

교대 원반도 (2)



3. 고정하중에 대한 해석

3.1 받침 반력

| 구분 | 받침<br>번호 | 고정하중<br>(kN) | 받침용량<br>(kN) | 판정  | 수평용량<br>(kN) | 전단 스프링계수<br>(kN/m) |
|----|----------|--------------|--------------|-----|--------------|--------------------|
| A1 | 1        | 2183.8       | 4,000        | O.K | 1040.0       | -                  |
|    | 2        | 1284.0       | 3,000        | O.K | 1170.0       | -                  |
| A2 | 1        | 1516.8       | 3,000        | O.K | -            | -                  |
|    | 2        | 1951.0       | 4,000        | O.K | 1040.0       | -                  |

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<br>(년)  | 50   | 100  | 200  | 500  | 1000 | 2400 | 4800 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 위험도<br>계수(I) | 0.40 | 0.57 | 0.73 | 1.00 | 1.40 | 2.00 | 2.60 |

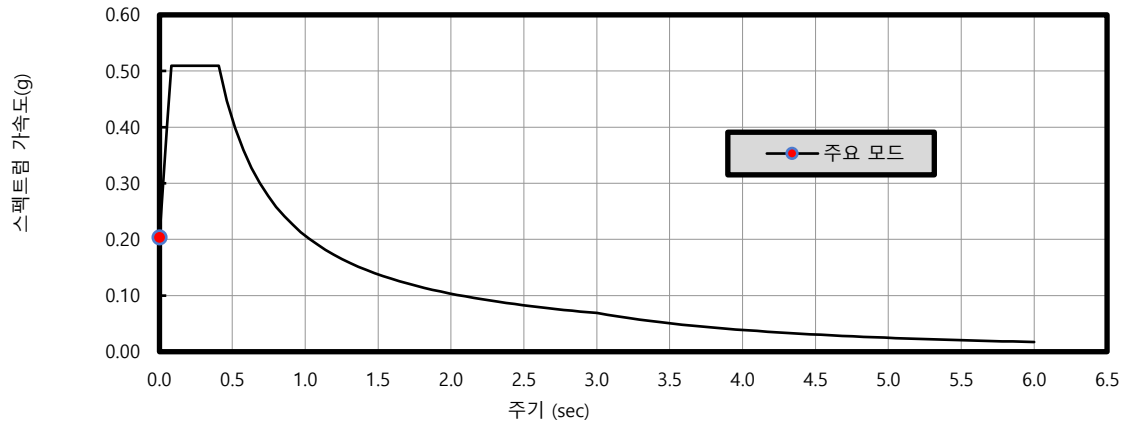
4.3 지반분류

| 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)

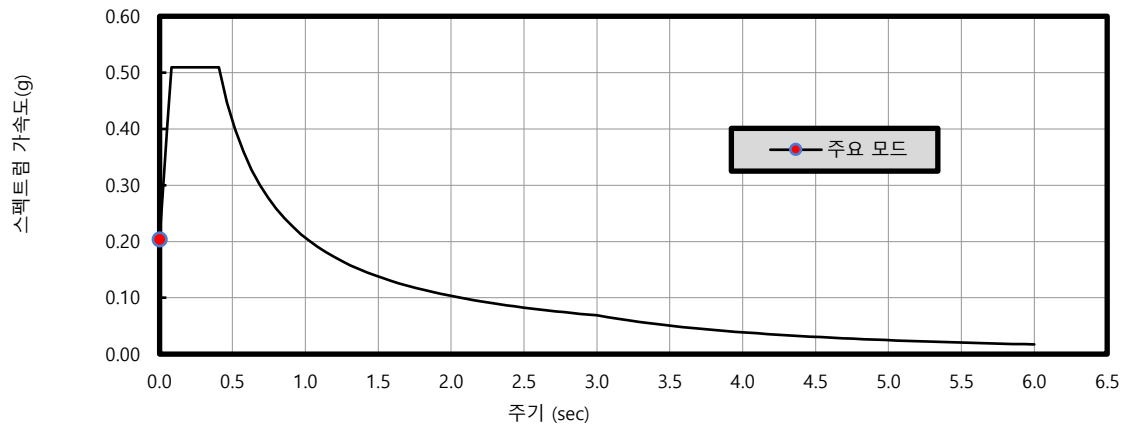
| 지반종류 | 단주기지반증폭계수, Fa |         |         | 장주기지반증폭계수, Fv |         |         |
|------|---------------|---------|---------|---------------|---------|---------|
|      | S ≤ 0.1       | S = 0.2 | S = 0.3 | S ≤ 0.1       | S = 0.2 | S = 0.3 |
| S2   | 1.4           | 1.4     | 1.3     | 1.5           | 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 스펙트럼 가속도(교축방향 - 5% Damping, S3지반)



| 주기<br>(sec) | 스펙트럼가속도<br>(S) | 주기<br>(sec) | 스펙트럼가속도<br>(S) |
|-------------|----------------|-------------|----------------|
| 0.000       | 0.204          | 2.492       | 0.083          |
| 0.027       | 0.306          | 2.549       | 0.081          |
| 0.054       | 0.407          | 2.605       | 0.079          |
| 0.081       | 0.509          | 2.662       | 0.078          |
| 0.111       | 0.509          | 2.718       | 0.076          |
| 0.140       | 0.509          | 2.774       | 0.074          |
| 0.170       | 0.509          | 2.831       | 0.073          |
| 0.199       | 0.509          | 2.887       | 0.072          |
| 0.229       | 0.509          | 2.944       | 0.070          |
| 0.258       | 0.509          | 3.000       | 0.069          |
| 0.288       | 0.509          | 3.073       | 0.066          |
| 0.317       | 0.509          | 3.146       | 0.063          |
| 0.347       | 0.509          | 3.220       | 0.060          |
| 0.376       | 0.509          | 3.293       | 0.057          |
| 0.406       | 0.509          | 3.366       | 0.055          |
| 0.462       | 0.447          | 3.439       | 0.052          |
| 0.518       | 0.398          | 3.512       | 0.050          |
| 0.575       | 0.359          | 3.585       | 0.048          |
| 0.631       | 0.327          | 3.659       | 0.046          |
| 0.688       | 0.300          | 3.732       | 0.045          |
| 0.744       | 0.278          | 3.805       | 0.043          |
| 0.800       | 0.258          | 3.878       | 0.041          |
| 0.857       | 0.241          | 3.951       | 0.040          |
| 0.913       | 0.226          | 4.024       | 0.038          |
| 0.970       | 0.213          | 4.098       | 0.037          |
| 1.026       | 0.201          | 4.171       | 0.036          |
| 1.082       | 0.191          | 4.244       | 0.034          |
| 1.139       | 0.181          | 4.317       | 0.033          |
| 1.195       | 0.173          | 4.390       | 0.032          |
| 1.252       | 0.165          | 4.463       | 0.031          |
| 1.308       | 0.158          | 4.537       | 0.030          |
| 1.364       | 0.151          | 4.610       | 0.029          |
| 1.421       | 0.145          | 4.683       | 0.028          |
| 1.477       | 0.140          | 4.756       | 0.027          |
| 1.534       | 0.135          | 4.829       | 0.027          |
| 1.590       | 0.130          | 4.902       | 0.026          |
| 1.646       | 0.125          | 4.976       | 0.025          |
| 1.703       | 0.121          | 5.049       | 0.024          |
| 1.759       | 0.117          | 5.122       | 0.024          |
| 1.816       | 0.114          | 5.195       | 0.023          |
| 1.872       | 0.110          | 5.268       | 0.022          |
| 1.928       | 0.107          | 5.341       | 0.022          |
| 1.985       | 0.104          | 5.415       | 0.021          |
| 2.041       | 0.101          | 5.488       | 0.021          |
| 2.098       | 0.098          | 5.561       | 0.020          |
| 2.154       | 0.096          | 5.634       | 0.020          |
| 2.210       | 0.093          | 5.707       | 0.019          |
| 2.267       | 0.091          | 5.780       | 0.019          |
| 2.323       | 0.089          | 5.854       | 0.018          |
| 2.380       | 0.087          | 5.927       | 0.018          |
| 2.436       | 0.085          | 6.000       | 0.017          |

#### 4.6 스펙트럼 가속도(교직방향 - 5% Damping, S3지반)



| 주기<br>(sec) | 스펙트럼가속도<br>(S) | 주기<br>(sec) | 스펙트럼가속도<br>(S) |
|-------------|----------------|-------------|----------------|
| 0.000       | 0.204          | 2.492       | 0.083          |
| 0.027       | 0.306          | 2.549       | 0.081          |
| 0.054       | 0.407          | 2.605       | 0.079          |
| 0.081       | 0.509          | 2.662       | 0.078          |
| 0.111       | 0.509          | 2.718       | 0.076          |
| 0.140       | 0.509          | 2.774       | 0.074          |
| 0.170       | 0.509          | 2.831       | 0.073          |
| 0.199       | 0.509          | 2.887       | 0.072          |
| 0.229       | 0.509          | 2.944       | 0.070          |
| 0.258       | 0.509          | 3.000       | 0.069          |
| 0.288       | 0.509          | 3.073       | 0.066          |
| 0.317       | 0.509          | 3.146       | 0.063          |
| 0.347       | 0.509          | 3.220       | 0.060          |
| 0.376       | 0.509          | 3.293       | 0.057          |
| 0.406       | 0.509          | 3.366       | 0.055          |
| 0.462       | 0.447          | 3.439       | 0.052          |
| 0.518       | 0.398          | 3.512       | 0.050          |
| 0.575       | 0.359          | 3.585       | 0.048          |
| 0.631       | 0.327          | 3.659       | 0.046          |
| 0.688       | 0.300          | 3.732       | 0.045          |
| 0.744       | 0.278          | 3.805       | 0.043          |
| 0.800       | 0.258          | 3.878       | 0.041          |
| 0.857       | 0.241          | 3.951       | 0.040          |
| 0.913       | 0.226          | 4.024       | 0.038          |
| 0.970       | 0.213          | 4.098       | 0.037          |
| 1.026       | 0.201          | 4.171       | 0.036          |
| 1.082       | 0.191          | 4.244       | 0.034          |
| 1.139       | 0.181          | 4.317       | 0.033          |
| 1.195       | 0.173          | 4.390       | 0.032          |
| 1.252       | 0.165          | 4.463       | 0.031          |
| 1.308       | 0.158          | 4.537       | 0.030          |
| 1.364       | 0.151          | 4.610       | 0.029          |
| 1.421       | 0.145          | 4.683       | 0.028          |
| 1.477       | 0.140          | 4.756       | 0.027          |
| 1.534       | 0.135          | 4.829       | 0.027          |
| 1.590       | 0.130          | 4.902       | 0.026          |
| 1.646       | 0.125          | 4.976       | 0.025          |
| 1.703       | 0.121          | 5.049       | 0.024          |
| 1.759       | 0.117          | 5.122       | 0.024          |
| 1.816       | 0.114          | 5.195       | 0.023          |
| 1.872       | 0.110          | 5.268       | 0.022          |
| 1.928       | 0.107          | 5.341       | 0.022          |
| 1.985       | 0.104          | 5.415       | 0.021          |
| 2.041       | 0.101          | 5.488       | 0.021          |
| 2.098       | 0.098          | 5.561       | 0.020          |
| 2.154       | 0.096          | 5.634       | 0.020          |
| 2.210       | 0.093          | 5.707       | 0.019          |
| 2.267       | 0.091          | 5.780       | 0.019          |
| 2.323       | 0.089          | 5.854       | 0.018          |
| 2.380       | 0.087          | 5.927       | 0.018          |
| 2.436       | 0.085          | 6.000       | 0.017          |

#### 4.7 국가지진지도

##### 1) 국가지진지도 적용 근거

지역적 특성을 고려한 유효지반 가속도 값 산정

소방방제청 공고 제2013-179호

내진설계기준 공통적용사항(2017, 국민안전처)3.2.1 (3)항

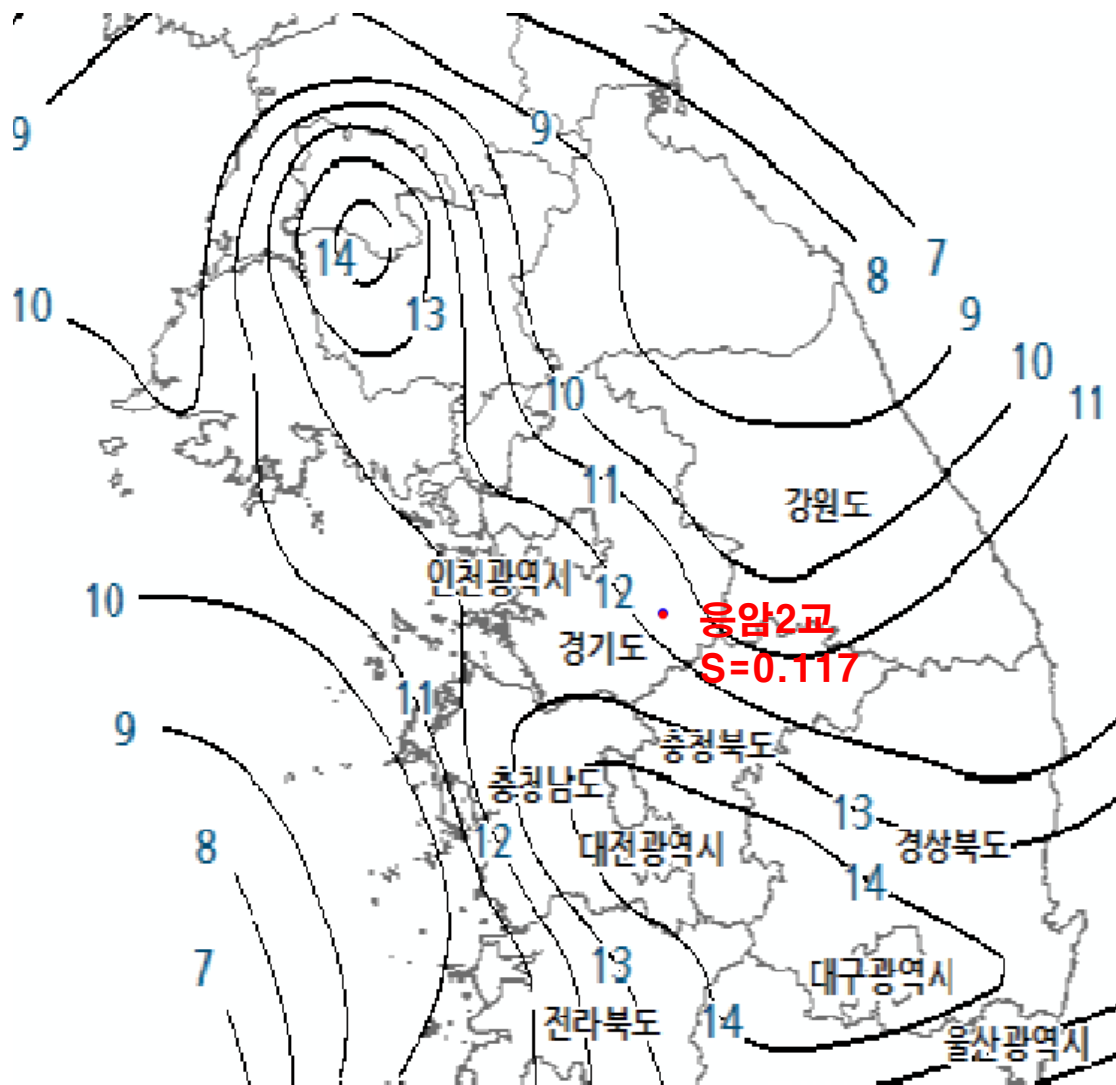
##### 2) 국가지진지도 적용 (0.1232)

∴ 적용대상

- 내진성능평가 결과 안전율이 모자라 내진성능 부적합 판정을 받은 교량

∴ 적용방법

- 국가지진지도로부터 유효수평지반 가속도값 산정 0.117(최대한 보수적으로 산정)
- 행정구역에 의해 결정된 값과 비교하였을 때 최소80%이상의 값 사용
- $0.154 \times 80\% = 0.1232$  적용
- 재산정된 유효수평지반가속도 값을 해석결과에 적용.



5. 지진하중산정

5.1 지진하중 산정

$V = W \times S \times Fa$

여기서,  $W$  = 상부 중량

$S$  = 유효 수평지반 가속도계수

$Fa$  = 단주기 지반 증폭계수

| 구 분  | 설계지진하중 (kN) |         |
|------|-------------|---------|
|      | 교축방향        | 교직방향    |
| 교대 1 | 1412.933    | 706.466 |
| 교대 2 | 0.000       | 706.466 |

## 6. 받침부 평가 (교대)

### 6.1 교대 A1

#### 6.1.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량( $f_B$ )

- 교축방향

$$f_{B1} = 1,170.00 \text{ kN} \qquad f_{B1} = 1,040.00 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$f_{B1} = 1,170.00 \text{ kN}$$

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

- 교축방향

$$\begin{aligned} F_{BC1} &= 1,170.00 \times 1 = 1,170.00 \text{ kN} \\ &= 1,040.00 \times 1 = 1,040.00 \text{ kN} \end{aligned}$$

- 교직방향

$$F_{BC1} = 1,170.00 \times 1 = 1,170.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력  $F_{BD}$

- 교축방향

$$F_{BD} = [V]_{comb} = 1,412.93 \text{ kN}$$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{comb} = 706.47 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{2,210.00}{1,412.93} = 1.564 > 1.0 \quad \text{OK}$$

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{1,170.00}{706.47} = 1.656 > 1.0 \quad \text{OK}$$

## 6.1.2 받침본체 앵커

### (1) 받침제원

본체규격

|                 |                  |     |      |                                  |
|-----------------|------------------|-----|------|----------------------------------|
| C               | =                | 505 | mm   | 받침 교축방향 길이 (하판)                  |
| B               | =                | 505 | mm   | 받침 교축직각방향 길이 (하판)                |
| d <sub>a</sub>  | =                | 90  | mm   | 받침부 앵커소켓 직경                      |
| d <sub>b</sub>  | =                | 36  | mm   | 받침부 앵커볼트 직경                      |
| h <sub>ef</sub> | =                | 270 | mm   | 받침부 앵커 근입 깊이                     |
| S <sub>L</sub>  | =                | 395 | mm   | 받침 교축방향 앵커 간격                    |
| S <sub>T</sub>  | =                | 395 | mm   | 받침 교축직각방향 앵커 간격                  |
| n               | =                | 4   | ea   | 앵커 개수 , ( 교축 = 2 ea, 교직 = 2 ea ) |
| 받침부 콘크리트 강도     | f <sub>ck</sub>  | =   | 24   | MPa                              |
| 앵커의 유효단면적       | A <sub>se</sub>  | =   | 1018 | mm <sup>2</sup>                  |
| 앵커의 인장강도        | f <sub>uta</sub> | =   | 860  | MPa                              |
| 앵커의 유효 묻힘길이     | h <sub>ef</sub>  | =   | 270  | mm                               |
| 코핑부 깊이          | h <sub>cop</sub> | =   | 5109 | mm                               |

### (2) 강재파괴

|                |                                                                   |   |                                     |   |      |   |       |   |     |            |
|----------------|-------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------|---|------|---|-------|---|-----|------------|
| 1) 보유성능 : 강재강도 | $V_{sa} = \max [n \cdot 0.6 \cdot A_{se} \cdot f_{uta}, \mu_D N]$ |   |                                     |   |      |   |       |   |     |            |
|                | $\mu_D = 0.45, N = D + D_{eqH} - D_{eqV}$                         |   |                                     |   |      |   |       |   |     |            |
| 교축방향:          | V <sub>saL</sub>                                                  | = | 4                                   | X | 0.6  | X | 1,018 | X | 860 | = 2,101 kN |
|                | $\mu_D N$                                                         | = | 0.45                                | X | 0.88 | X | 1,734 |   |     | = 687 kN   |
| 교직방향:          | V <sub>saT</sub>                                                  | = | 4                                   | X | 0.6  | X | 1,018 | X | 860 | = 2,101 kN |
|                | $\mu_D N$                                                         | = | 0.45                                | X | 0.88 | X | 1,734 |   |     | = 687 kN   |
|                | V <sub>sa</sub>                                                   | = | max[ V <sub>saL</sub> , $\mu_D N$ ] |   |      |   |       |   |     | = 2,101 kN |

|                        |                   |   |                  |   |                |   |         |   |   |          |
|------------------------|-------------------|---|------------------|---|----------------|---|---------|---|---|----------|
| 2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력 | $F_{ASD}$         |   |                  |   |                |   |         |   |   |          |
| 교축방향:                  | F <sub>ASDL</sub> | = | F <sub>BDL</sub> | / | n <sup>L</sup> | = | 1412.93 | / | 2 | = 706 kN |
| 교직방향:                  | F <sub>ASDT</sub> | = | F <sub>BDT</sub> | / | n <sup>T</sup> | = | 706.47  | / | 1 | = 706 kN |

### 3) 평가

|      |                            |   |                     |   |       |   |     |    |
|------|----------------------------|---|---------------------|---|-------|---|-----|----|
| 교축방향 | $\frac{V_{saL}}{F_{ASDL}}$ | = | $\frac{2,101}{706}$ | = | 2.974 | > | 1.0 | OK |
| 교직방향 | $\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}}$ | = | $\frac{2,101}{706}$ | = | 2.974 | > | 1.0 | OK |

### (3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도  $V_{cbg}$

$$V_{cbg} = V_{cbgo} + 0.6N \quad (\leq 1.6V_{cbgo})$$

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

$A_{vc}$  : 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

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

$\Phi_{c,v}$  : 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

$$C_{a1} = 1,000 \quad mm$$

$$C_{a1}' = 1,000 \quad mm$$

$$C_{a2} = 1,800 \quad mm$$

$$C_{a2}' = 1,800 \quad mm$$

$$S_L = 395 \quad mm$$

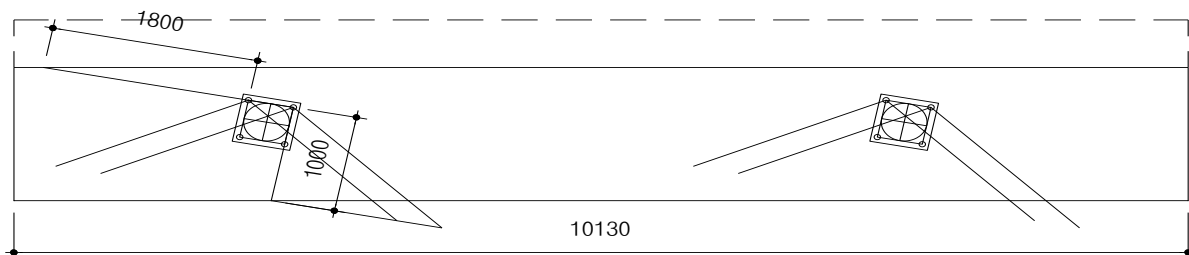
$$1.5C_{a1} = 1,500 \quad mm$$

$$S_T = 395 \quad mm$$

$$h_{cop} = 5,109 \quad mm$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 1,500 \quad mm$$

$$\text{투영길이} = 10,130 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

$$A_{vc} = 15,195,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5 C_{a1}^2 = 4.5 \times 1000^2 = 4,500,000 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 15,195,000 < 4 \times 4,500,000 = 18,000,000 \text{ mm}^2$$

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

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

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

$$= 0.6 \frac{270^{0.2}}{90} \times \sqrt{90} \times \sqrt{24} \times 1000^{1.5}$$

$$= 1,098.51 \text{ kN}$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{ef}, 8d_a] = 270 \text{ mm}$$

$$V_{b2} = 3.7 \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} = 3.7 \times \sqrt{24} \times 1,000^{1.5} = 573.202 \text{ kN}$$

$$\therefore V_b = \text{MIN} [1,098.51, 573.202] = 573.202 \text{ kN}$$

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

$$= \frac{15,195,000}{4,500,000} \times 1.000 \times 1.200 \times 1.000 \times 1,099 = 4,451 \text{ kN}$$

$$V_{cbg}^L = V_{cbgo}^L + 0.6N (\leq 1.6V_{cbgo}^L)$$

$$\therefore V_{cbg}^L = \text{min} [6,282.128, 7121.833] = 6282.128 \text{ kN}$$

## ② 교직방향

$$C_{a1} = 2,195 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,195 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 605 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 605 \text{ mm}$$

$$S_L = 395 \text{ mm}$$

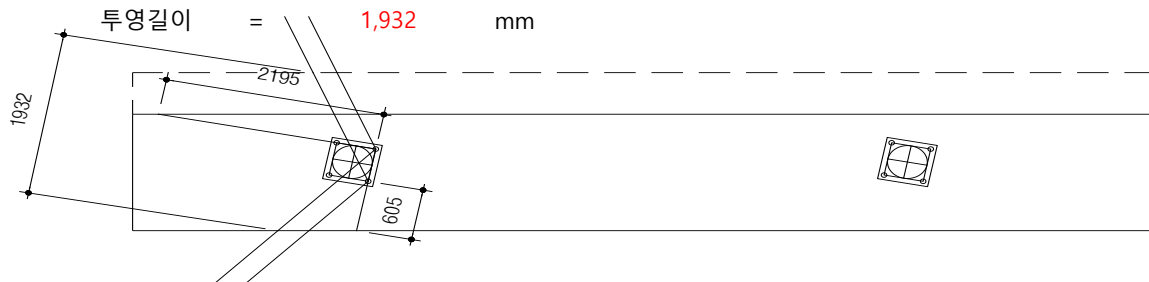
$$1.5C_{a1} = 3,293 \text{ mm}$$

$$S_T = 395 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 5,109 \text{ mm}$$

$$h_a = \text{min}[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 3,293 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 1,932 \text{ mm}$$



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

$$1\text{면} \quad C_{a1} = 2,195 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 3,293 \text{ mm}$$

$$2\text{면} \quad C_{a2}' = 605 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 3,293 \text{ mm}$$

$$3\text{면} \quad h_{\text{cop}} = 5,109 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 3,293 \text{ mm}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$A_{vc} = 6,361,110 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 2,195^2 = 21,681,113 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 6,361,110 < 2 \times 21,681,113 = 43,362,225 \text{ mm}^2$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.755 \quad \Phi_{h,v} = 1.000$$

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

$$= 0.6 \frac{270^{0.2}}{90} \times \sqrt{90} \times \sqrt{24} \times 2,195^{1.5}$$

$$= 3,572.35 \text{ kN}$$

$$V_{b2} = 3.7 \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} = 3.7 \times \sqrt{24} \times 2,195^{1.5} = 1864.057 \text{ kN}$$

$$\therefore V_b = \text{MIN} [ 3,572.35, 1864.057 ] = 1,864.057 \text{ kN}$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{\text{efr}} 8d_a] = 270 \text{ mm}$$

$$V_{\text{cbg0}}^T = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

$$= \frac{6,361,110}{21,681,113} \times 0.755 \times 1.200 \times 1.000 \times 1864 = 496 \text{ kN}$$

$$V_{\text{cbg}}^T = V_{\text{cbg0}}^T + 0.6N (\leq 1.6V_{\text{cbg0}}^T)$$

$$\therefore V_{\text{cbg}}^T = \text{min} [ 1,411.068, 792.922 ] = 792.922 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\text{교축방향: } F_{AC,DL} = 706 \times 2 = 1,413 \text{ kN}$$

$$\text{교직방향: } F_{AC,DT} = 706 \times 1 = 706 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교축방향} \quad \frac{V_{\text{cbgL}}}{F_{AC,DL}} = \frac{6,282}{1,413} = 4.446 > 1.0 \quad \text{OK}$$

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{\text{cbgT}}}{F_{AC,DT}} = \frac{793}{706} = 1.122 > 1.0 \quad \text{OK}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

받침에 고정하중에 의한 압축력이 작용하는 경우

콘크리트 프라이아웃 파괴는 발생하지 않으므로 검토하지 아니한다.

$$\text{받침부의 유효수직력 } 0.88D = 0.88 \times 1733.885 = 1525.8188 \text{ kN}$$

$$\text{교축방향: } 0.25V_{\text{pry,ec}}^L = 628 \times 0.25 = 157.0532 \text{ kN} \leq 0.88D$$

∴ 유효 수직력 0.88D가  $0.25V_{\text{pry,ec}}^L$  이상이므로 프라이아웃 평가 불필요

$$\text{교직방향: } 0.25V_{\text{pry,ec}}^T = 793 \times 0.25 = 198.2305 \text{ kN} \leq 0.88D$$

∴ 유효 수직력 0.88D가  $0.25V_{\text{pry,ec}}^L$  이상이므로 프라이아웃 평가 불필요

(5) 받침부 평가 요약

| 구분  |      | 방향 | 보유성능  | 소요성능  | 평가    |    |
|-----|------|----|-------|-------|-------|----|
| 받침부 | 본체   | 교축 | 2,210 | 1,413 | 1.564 | OK |
|     |      | 교직 | 1,170 | 706   | 1.656 | OK |
|     | 앵커볼트 | 교축 | 2,101 | 706   | 2.974 | OK |
|     |      | 교직 | 2,101 | 706   | 2.974 | OK |
|     | 콘크리트 | 교축 | 6,282 | 1,413 | 4.446 | OK |
|     |      | 교직 | 793   | 706   | 1.122 | OK |

## 6. 받침부 평가 (교대)

### 6.2 교대 A2

#### 6.2.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량( $f_B$ )

- 교직방향

$$f_{B1} = 1,040.00 \text{ kN}$$

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

- 교직방향

$$F_{BC1} = 1,040.00 \times 1 = 1,040.00 \text{ kN}$$

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력  $F_{BD}$

- 교직방향

$$F_{BD} = [V]_{comb} = 706.47 \text{ kN}$$

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축직각방향

$$\frac{F_{BC}}{F_{BD}} = \frac{1,040.00}{706.47} = 1.472 > 1.0 \quad \text{OK}$$

## 6.2.2 받침본체 앵커

### (1) 받침제원

본체규격

|             |           |     |      |                                  |
|-------------|-----------|-----|------|----------------------------------|
| $C$         | $=$       | 540 | mm   | 받침 교축방향 길이 (하판)                  |
| $B$         | $=$       | 540 | mm   | 받침 교축직각방향 길이 (하판)                |
| $d_a$       | $=$       | 75  | mm   | 받침부 앵커소켓 직경                      |
| $d_b$       | $=$       | 30  | mm   | 받침부 앵커볼트 직경                      |
| $h_{ef}$    | $=$       | 230 | mm   | 받침부 앵커 근입 깊이                     |
| $S_L$       | $=$       | 450 | mm   | 받침 교축방향 앵커 간격                    |
| $S_T$       | $=$       | 450 | mm   | 받침 교축직각방향 앵커 간격                  |
| $n$         | $=$       | 4   | ea   | 앵커 개수 , ( 교축 = 2 ea, 교직 = 2 ea ) |
| 받침부 콘크리트 강도 | $f_{ck}$  | $=$ | 24   | MPa                              |
| 앵커의 유효단면적   | $A_{se}$  | $=$ | 707  | mm <sup>2</sup>                  |
| 앵커의 인장강도    | $f_{uta}$ | $=$ | 860  | MPa                              |
| 앵커의 유효 물힘길이 | $h_{ef}$  | $=$ | 230  | mm                               |
| 코핑부 깊이      | $h_{cop}$ | $=$ | 4211 | mm                               |

### (2) 강재파괴

1) 보유성능 : 강재강도

$$V_{sa} = \max [n \cdot 0.6 \cdot A_{se} \cdot f_{uta}, \mu_D N]$$

$\mu_D = 0.45, N = D + D_{eqH} - D_{eqV}$

|       |           |     |                            |          |      |          |       |          |     |       |       |    |
|-------|-----------|-----|----------------------------|----------|------|----------|-------|----------|-----|-------|-------|----|
| 교직방향: | $V_{saT}$ | $=$ | 4                          | $\times$ | 0.6  | $\times$ | 707   | $\times$ | 860 | $=$   | 1,459 | kN |
|       | $\mu_D N$ | $=$ | 0.45                       | $\times$ | 0.88 | $\times$ | 1,734 |          |     | $=$   | 687   | kN |
|       | $V_{sa}$  | $=$ | $\max[ V_{saL}, \mu_D N ]$ |          |      |          |       |          | $=$ | 1,459 | kN    |    |

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력  $F_{ASD}$

|       |            |     |                 |     |            |     |     |    |
|-------|------------|-----|-----------------|-----|------------|-----|-----|----|
| 교직방향: | $F_{ASDT}$ | $=$ | $F_{BDT} / n^T$ | $=$ | 706.47 / 1 | $=$ | 706 | kN |
|-------|------------|-----|-----------------|-----|------------|-----|-----|----|

### 3) 평가

|      |                            |     |                     |     |       |     |     |    |
|------|----------------------------|-----|---------------------|-----|-------|-----|-----|----|
| 교직방향 | $\frac{V_{saT}}{F_{ASDT}}$ | $=$ | $\frac{1,459}{706}$ | $=$ | 2.065 | $>$ | 1.0 | OK |
|------|----------------------------|-----|---------------------|-----|-------|-----|-----|----|

### (3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도  $V_{cbg}$

$$V_{cbg} = V_{cbgo} + 0.6N \quad ( \leq 1.6V_{cbgo} )$$

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

$A_{vc}$  : 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

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

$\Phi_{c,v}$  : 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)

② 교직방향

$$C_{a1} = 2,401 \text{ mm}$$

$$C_{a1}' = 2,401 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 556 \text{ mm}$$

$$C_{a2}' = 556 \text{ mm}$$

$$S_L = 450 \text{ mm}$$

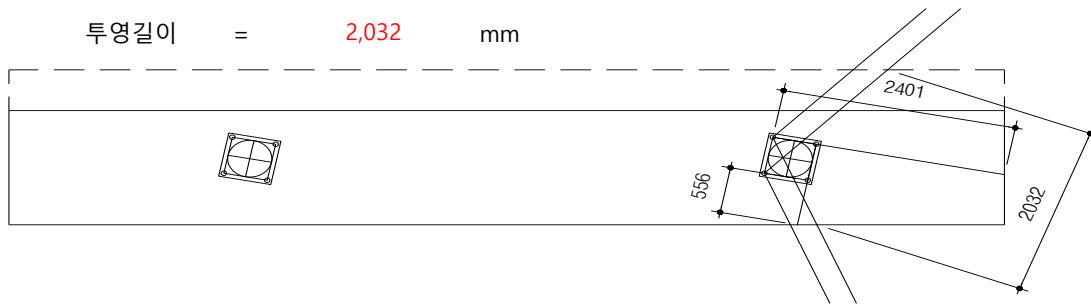
$$S_T = 450 \text{ mm}$$

$$h_{cop} = 4,211 \text{ mm}$$

$$1.5C_{a1} = 3,602 \text{ mm}$$

$$h_a = \min[h_{cop}, 1.5C_{a1}] = 3,602 \text{ mm}$$

$$\text{투영길이} = 2,032 \text{ mm}$$



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

$$1\text{면} \quad C_{a1} = 2,401 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 3,602 \text{ mm}$$

$$2\text{면} \quad C_{a2}' = 556 \text{ mm} < 1.5C_{a1} = 3,602 \text{ mm}$$

$$3\text{면} \quad h_{\text{cop}} = 4,211 \text{ mm} > 1.5C_{a1} = 3,602 \text{ mm}$$

- 연단거리 재산정 불필요

$$A_{vc} = 7,318,248 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4.5C_{a1}^2 = 4.5 \times 2,401^2 = 25,941,605 \text{ mm}^2$$

$$\text{check } A_{vc} < n A_{vco} = 7,318,248 < 2 \times 25,941,605 = 51,883,209 \text{ mm}^2$$

$$\Phi_{ed,v} = 0.746 \quad \Phi_{h,v} = 1.000$$

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

$$= 0.6 \frac{230^{0.2}}{75} \times \sqrt{75} \times \sqrt{24} \times 2,401^{1.5}$$

$$= 3,747.22 \text{ kN}$$

$$V_{b2} = 3.7 \sqrt{f_{ck}} C_{a1}^{1.5} = 3.7 \times \sqrt{24} \times 2,401^{1.5} = 2,132.532 \text{ kN}$$

$$\therefore V_b = \text{MIN} [ 3,747.22, 2,132.532 ] = 2,132.532 \text{ kN}$$

$$l_e = \text{MIN}[h_{\text{efr}} 8d_a] = 230 \text{ mm}$$

$$V_{\text{cbg0}}^T = A_{vc} / A_{vco} * \Phi_{ed,v} * \Phi_{c,v} * \Phi_{h,v} * V_b$$

$$= \frac{7,318,248}{25,941,605} \times 0.746 \times 1.200 \times 1.000 \times 2,133 = 539 \text{ kN}$$

$$V_{\text{cbg}}^T = V_{\text{cbg0}}^T + 0.6N ( \leq 1.6V_{\text{cbg0}}^T )$$

$$\therefore V_{\text{cbg}}^T = \text{min} [ 1,454.268, 862.043 ] = 862.043 \text{ kN}$$

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

$$\text{교직방향: } F_{AC,DT} = 706 \times 1 = 706 \text{ kN}$$

3) 평가

$$\text{교직방향} \quad \frac{V_{\text{cbgT}}}{F_{AC,DT}} = \frac{862}{706} = 1.220 > 1.0 \quad \text{OK}$$

(4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

받침에 고정하중에 의한 압축력이 작용하는 경우

콘크리트 프라이아웃 파괴는 발생하지 않으므로 검토하지 아니한다.

$$\text{받침부의 유효수직력 } 0.88D = 0.88 \times 1733.885 = 1525.8188 \text{ kN}$$

$$\text{교직방향: } 0.25V_{\text{pry,ec}}^T = 862 \times 0.25 = 215.51075 \text{ kN} \leq 0.88D$$

∴ 유효 수직력 0.88D가  $0.25V_{\text{pry,ec}}^L$  이상이므로 프라이아웃 평가 불필요

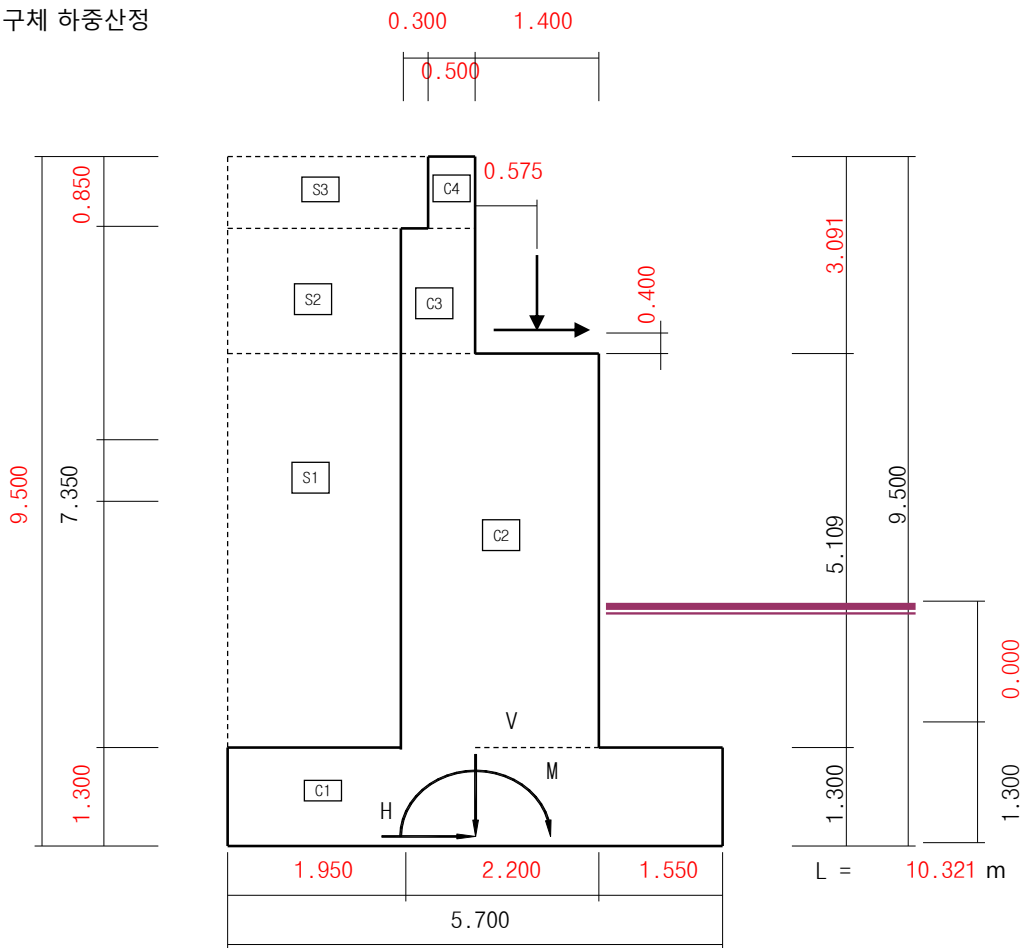
(5) 받침부 평가 요약

| 구분  |      | 방향 | 보유성능  | 소요성능 | 평가    |    |
|-----|------|----|-------|------|-------|----|
| 받침부 | 본체   | 교직 | 1,040 | 706  | 1.472 | OK |
|     | 앵커볼트 | 교직 | 1,459 | 706  | 2.065 | OK |
|     | 콘크리트 | 교직 | 862   | 706  | 1.220 | OK |

7. 기초부 평가

7.1 교대 A1 하중산정

1) 교대 구체 하중산정



| 구분  |    | 체적      | 단위중량     | 수직력      | 수평지진계수 | 수평력      | 팔길이   |       | 모멘트       |          |
|-----|----|---------|----------|----------|--------|----------|-------|-------|-----------|----------|
|     |    | A       | $\gamma$ | W        | $K_h$  | H        | x     | y     | Mx        | My       |
| 구체  | C1 | 76.479  | 25.00    | 1911.965 | 0.108  | 206.11   | 2.850 | 0.650 | 5449.101  | 133.971  |
|     | C2 | 166.891 | 25.00    | 4172.264 | 0.108  | 449.770  | 2.650 | 4.975 | 11056.500 | 2237.606 |
|     | C3 | 18.503  | 25.00    | 462.587  | 0.108  | 49.867   | 2.200 | 5.289 | 1017.692  | 263.721  |
|     | C4 | 4.386   | 25.00    | 109.661  | 0.108  | 11.821   | 3.600 | 9.075 | 394.778   | 107.279  |
|     | 소계 | 266.259 |          | 6656.477 |        | 717.568  |       |       | 17918.071 | 2742.578 |
| 뒷채움 | S1 | 85.716  | 20.00    | 1714.328 | 0.108  | 184.805  | 2.525 | 4.975 | 4328.679  | 919.403  |
|     | S2 | 45.102  | 20.00    | 902.045  | 0.108  | 97.240   | 4.725 | 8.650 | 4262.163  | 841.130  |
|     | S3 | 5.132   | 20.00    | 102.642  | 0.108  | 11.065   | 1.550 | 1.300 | 159.096   | 14.384   |
|     | 소계 | 135.951 |          | 2719.016 |        | 293.110  |       |       | 8749.938  | 1774.917 |
| 총 계 |    |         |          | 9375.493 |        | 1010.678 |       |       | 26668.009 | 4517.495 |

※ 수평력(지진시 관성력)  $H = K_h \times V_i$  (수평지진계수,  $K_h = 0.5A Fa$ )

2) 지반조건

| 구 분    |                                 | 단 위               | 내 용   | 비 고 |
|--------|---------------------------------|-------------------|-------|-----|
| 뒷채움재   | 단위중량 ( $\gamma_1$ )             | kN/m <sup>3</sup> | 20.0  |     |
|        | 내부마찰각 ( $\Phi_1$ )              | °                 | 35    |     |
| 기초지반   | 단위중량 ( $\gamma_2$ )             | kN/m <sup>3</sup> | 18.0  |     |
|        | 내부마찰각 ( $\Phi_2$ )              | °                 | 30    |     |
|        | N값                              | -                 | 50    |     |
|        | 극한지지력( $q_u$ )                  | kN/m <sup>2</sup> | 900   |     |
| 수평지진계수 | $K_h = 0.5 \times F_a \times S$ | -                 | 0.108 |     |
| 교대     | 콘크리트 압축강도                       | Mpa               | 24    |     |
|        | 철근 항복강도                         | Mpa               | 300   |     |
|        | 단위중량                            | kN/m <sup>3</sup> | 25    |     |

3) 교대 지점부 하중

| 구 분    | SH1  | SH2  | SH3  | SH4  | SH5  | SH6  | SH7  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 반력(kN) | 2184 | 1284 |      |      |      |      |      |
| 구 분    | SH8  | SH9  | SH10 | SH11 | SH12 | SH13 | SH14 |
| 반력(kN) |      |      |      |      |      |      |      |
| 구 분    | SH15 | SH16 | SH17 | SH18 | SH19 | SH20 | SH21 |
| 반력(kN) |      |      |      |      |      |      |      |
| 구 분    | SH22 | SH23 | SH24 | SH25 | SH26 | SH27 | SH28 |
| 반력(kN) |      |      |      |      |      |      |      |

4) 토압 산정

① 지진시 주동토압계수 산정 (Mononobe-Okabe)

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} = 0.300$$

|                                              |   |         |
|----------------------------------------------|---|---------|
| $\phi$ : 뒷채움흙의 내부마찰각                         | = | 35.00 ° |
| $\beta$ : 벽배면과 연직면이 이루는 각                    | = | 0.00 °  |
| $\delta$ : 벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각                 | = | 0.00 °  |
| $i$ : 지표면과 수평면이 이루는 각                        | = | 0.00 °  |
| $\theta$ : $\tan^{-1} [ K_h / ( 1 - K_v ) ]$ | = | 3.085 ° |

② 토압 산정

| 구 분      |       | 계 산 과 정                                                                                                       | 결 과            |
|----------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| $P_{AE}$ | 안정검토시 | $= 1/2 \times \gamma_1 \times H^2 \times K_{AE} \times L = 1/2 \times 20 \times 9.5 \times 0.3 \times 10.321$ | 2798.136631 kN |
|          | 단면검토시 | $= 1/2 \times \gamma_1 \times H^2 \times K_{AE} \times L = 1/2 \times 20 \times 8.2 \times 0.3 \times 10.321$ | 2084.728056 kN |

H(안정검토) = 9.500 m , 지진시 토압 작용높이 y = H/2 = 4.75 m

H(단면검토) = 1.300 m , 지진시 토압 작용높이 y = H/2 = 0.65 m

※ 안정검토시 H는 기초하면을 기준으로, 단면검토시 H는 기초 상면을 기준으로 한다

③ 뒷채움 지표면의 상재하중 산정

| 구 분   | 계 산 과 정                                    | 결 과         |
|-------|--------------------------------------------|-------------|
| $P_I$ | $= q_1 \times B_{q1} = 103.21 \times 1.45$ | 149.6545 kN |

$q_1$  = 뒷채움 지표면의 상재하중 = 103.2 kN/m

$B_{q1}$  = 상재하중 분포길이 = 1.5 m

X = 상재하중 작용 위치 = 4.975 m

④ 상부구조에 의한 하중산정

| 구 분   | 계 산 과 정                                                        | 결 과       |
|-------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| $R_u$ | $= R \div (1 / \sin(90-\Theta)) = 3468 \div (1 / \sin(90-11))$ | 3404 kN/m |

R = 교대상부 고정하중에 의한 연직반력의 총 합 = 3468 kN

⑤ 고정단 하부구조에 작용하는 관성력 산정

| 구 분   | 계 산 과 정       | 결 과          |
|-------|---------------|--------------|
| $F_M$ | $= F_1 + F_2$ | 520.812 kN/m |

$f_s$  = 마찰계수 = 0.15

$K_h$  = 설계 수평지진계수 = 0.108

$F_1$  =  $R_u \times f_s \times K_h \times \cos(90-\Theta)$  = 10.212 kN

$F_2$  =  $R_u \times f_s \times K_h \times \sin(90-\Theta)$  = 510.600 kN

## 7.2 교대 A1 검토

### 1) 지진시 작용하중 하중조합

| 구분   | 수직력 V     | 수평력 H    | 작용거리(m) |       | 모멘트 (kN·m)     |                |
|------|-----------|----------|---------|-------|----------------|----------------|
|      | (kN)      | (kN)     | X       | Y     | M <sub>V</sub> | M <sub>H</sub> |
| 교대구체 | 6656.477  | 717.568  | -       | -     | 17918.071      | 2742.578       |
| 뒷채움제 | 2719.016  | 293.110  | -       | -     | 8749.938       | 1774.917       |
| 배면토압 | -         | 2798.137 | -       | 4.750 | -              | 13291.149      |
| 연직반력 | 3404.000  | 733.902  | 0.975   | 6.809 | 3318.900       | 4997.141       |
| 관성력  | -         | 520.812  | -       | 6.409 | -              | 3337.884       |
| 하중조합 | 12779.493 | 5063.529 | -       | -     | 29986.909      | 26143.670      |

$$\begin{aligned}
 e \text{ (편심거리)} &= B / 2 - (M_V - M_H) / V \\
 &= 5.700 / 2 - (29986.909 - 26143.670) / 12779.493 \\
 &= 2.549 \text{ m} \\
 M &= V \times e = 12779.493 \times 2.549 = 32578.316 \text{ kN·m}
 \end{aligned}$$

### 2) 말뚝 제원

| 말뚝종류 | 직경(mm) | 두께(mm) | 부식(mm) | 길이(m)  |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 강관말뚝 | 508.0  | 12.0   | 2      | 10.600 |

### 3) 안정성 검토

#### (a) 말뚝의 허용연직지지력 산정

##### ① 말뚝의 허용연직압축지지력(Ra)

| 구분 | 계산과정                  | 결과      |
|----|-----------------------|---------|
| Ra | $\gamma/n \times R_u$ | 1808 kN |

Ra : 말뚝의 허용연직압축지지력

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

n : 안전율 (지지말뚝의 경우 지진시 ;  $n = 2$ )

Ru : 지반조건에 따라 결정되는 말뚝의 극한지지력

$$R_u = q_d + U \times \sum (l_i \cdot f_i) = 3616 \text{ kN}$$

qd : 말뚝 선단 지반의 극한지지력

$$q_d = \alpha \times q_u \times A = 2027 \text{ kN}$$

$\alpha$  : 감소계수는 0.2~0.5의 값을 가지며 평균값 0.35의 값을 적용

$$q_u : \text{말뚝 선단 지반의 일축압축강도} = 10000 \text{ kN/m}^2$$

A : 말뚝의 선단면적

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

U : 말뚝의 둘레길이 = 1.596 m

li : 주면마찰력을 고려하는 층의 두께

fi : 주면마찰력을 고려하는 층의 최대 주면마찰력

| 지 층                   | li (m) | N  | fi (kN/m <sup>2</sup> ) | li·fi (kN/m) |
|-----------------------|--------|----|-------------------------|--------------|
| 사질토                   | 2.0    | 50 | 100                     | 200.00       |
| 자갈층                   | 4.0    | 42 | 84                      | 336.00       |
| 풍화토                   | 4.6    | 50 | 100                     | 460.00       |
|                       |        |    |                         |              |
| $\sum(li \cdot fi) =$ |        |    |                         | 996.00       |

② 말뚝의 허용연직인발지지력(Pa)

| 구 분 | 계 산 과 정              | 결 과    |
|-----|----------------------|--------|
| Pa  | $1/n \times P_u + W$ | 584 kN |

Pa : 말뚝의 허용연직인발지지력

n : 안전율 (지진시 ; n = 3)

Pu : 말뚝의 극한인발력

$$P_u = U \times \sum(li \cdot fi) = 1590 \text{ kN}$$

W : 말뚝의 유효중량

$$= 54 \text{ kN}$$

(b) 말뚝의 스프링정수 산정

① 말뚝의 축방향 스프링정수(Kv)

| 구 분 | 계 산 과 정                       | 결 과         |
|-----|-------------------------------|-------------|
| Kv  | $a \times A_p \times E_p / L$ | 175350 kN/m |

|    |                                 |   |        |                   |
|----|---------------------------------|---|--------|-------------------|
|    | $a = 0.010 \times (L/D) + 0.36$ | = | 0.570  |                   |
| do | : 부식을 고려한 지름                    | = | 504    | mm                |
| Ap | : 말뚝의 순단면적                      | = | 15519  | mm <sup>2</sup>   |
| Ep | : 말뚝의 탄성계수                      | = | 210000 | N/mm <sup>2</sup> |
| L  | : 말뚝 길이                         | = | 10600  | mm                |

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

| 구 분 | 계 산 과 정      | 결 과             |
|-----|--------------|-----------------|
| K1  | $4EI\beta^3$ | 94063 kN/m      |
| K2  | $2EI\beta^2$ | 76058 kN/rad    |
| K3  | $2EI\beta^2$ | 76058 kN·m/m    |
| K4  | $2EI\beta$   | 123001 kN·m/rad |

|         |                                                                                                   |                     |          |                   |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|-------------------|
| $\beta$ | $= \sqrt[4]{[(kh \times D)/(4 \times E_p \times I_p)]}$                                           | =                   | 0.6184   | m <sup>-1</sup>   |
| kh      | $= kh_0 \times (BH/0.3)^{-3/4}$                                                                   | =                   | 114497   | kN/m <sup>3</sup> |
| kh0     | $= 1/0.3 \times \alpha \times E_o$                                                                | (지진시 $\alpha=2$ ) = | 280000   | kN/m <sup>3</sup> |
| Eo      | $= 2800 \times N$                                                                                 | (1/β 깊이에서의 N치) =    | 42000    | kN/m <sup>2</sup> |
| BH      | $= \sqrt{(D/\beta)}$                                                                              | (β상시 적용) =          | 0.9884   | m                 |
| β상시     | $= \sqrt[29]{[(\alpha \times E_o)^8 \times D^5]/(0.3^2 \times 2^{16} \times (E_p \times I_p)^8)}$ | =                   | 0.5200   | m <sup>-1</sup>   |
| Ep      | : 말뚝의 탄성계수                                                                                        | =                   | 210000   | N/mm <sup>2</sup> |
| Ip      | : 말뚝의 단면 2차 모멘트                                                                                   | =                   | 0.000474 | m <sup>4</sup>    |

(c) 기초의 두께 검토

| 구 분 | 계 산 과 정       | 결 과  |
|-----|---------------|------|
| β·λ | 0.288 < 1.000 | 강제취급 |

|   |                                                |   |       |                   |
|---|------------------------------------------------|---|-------|-------------------|
| β | $= \sqrt[4]{(3 \times k)/(E \times h^3)}$      | = | 0.186 | m <sup>-1</sup>   |
| k | $= K_p = K_v \times (m \times n)/(B \times L)$ | = | 11923 | kN/m <sup>3</sup> |
| E | $= 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}}$                     | = | 13613 | Mpa               |
| λ | $= \text{Max}[l, b]$                           | = | 1.550 | m                 |
| h | = 직접기초의 두께                                     | = | 1.300 | m                 |

(d) 말뚝머리의 안정성 검토

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

| 구 분 | 계 산 과 정                                                                                                                                                                                                                                     | 결 과                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 교 축 | $A_{xx} \times \delta_x + A_{xy} \times \delta_y - A_{x\alpha} \times \alpha = V$                                                                                                                                                           | $\delta_x = 0.003927 \text{ m}$ |
|     | $A_{yx} \times \delta_x + A_{yy} \times \delta_y - A_{y\alpha} \times \alpha = H_{\text{교축}}$                                                                                                                                               | $\delta_y = 0.002603 \text{ m}$ |
|     | $A_{\alpha x} \times \delta_x + A_{\alpha y} \times \delta_y - A_{\alpha\alpha} \times \alpha = M_{\text{교축}}$                                                                                                                              | $\alpha = 0.002479 \text{ rad}$ |
| 일반식 | $\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xx} & A_{xy} & A_{xa} \\ A_{yx} & A_{yy} & A_{ya} \\ A_{ax} & A_{ay} & A_{aa} \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} H_o \\ V_o \\ M_o \end{bmatrix}$ |                                 |

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

i) 교축방향

| 구 분                         | 계 산 과 정                                                                                          | 결 과      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| $A_{xx}$                    | $\sum (K_1 \cos^2 \theta_i + K_v \sin^2 \theta_i)$                                               | 2633755  |
| $A_{xy}, A_{yx}$            | $\sum (K_v - K_1) \sin \theta_i \cos \theta_i$                                                   | 0        |
| $A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$ | $\sum \{(K_v - K_1)x_i \sin \theta_i \cos \theta_i - K_2 \cos \theta_i\}$                        | -2129637 |
| $A_{yy}$                    | $\sum (K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)$                                               | 4909813  |
| $A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$ | $\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i + K_2 \sin \theta_i\}$                    | 0        |
| $A_{\alpha\alpha}$          | $\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i^2 + (K_2 + K_3)x_i \sin \theta_i + K_4\}$ | 16516398 |

| 구 분 | n | xi     | $A_{xx}$ | $A_{xy}, A_{yx}$ | $A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$ | $A_{yy}$ | $A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$ | $A_{\alpha\alpha}$ |
|-----|---|--------|----------|------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|--------------------|
| 1열  | 7 | 2.200  | 658439   | 0                | -532409                     | 1227453  | 0                           | 6801879            |
| 2열  | 7 | 0.900  | 658439   | 0                | -532409                     | 1227453  | 0                           | 1855242            |
| 3열  | 7 | -0.400 | 658439   | 0                | -532409                     | 1227453  | 0                           | 1057398            |
| 4열  | 7 | -2.200 | 658439   | 0                | -532409                     | 1227453  | 0                           | 6801879            |
|     |   |        |          |                  |                             |          |                             |                    |

② 말뚝머리의 변위량 및 반력 산정

i) 교축방향

| 구 분 | $\delta_{xi}$ | $\delta_{yi}$ | $P_{Ni}$ | $P_{Hi}$ | $M_{ti}$ |
|-----|---------------|---------------|----------|----------|----------|
| 1열  | 0.003927      | 0.008056      | 1412.668 | 180.840  | 6.222    |
| 2열  | 0.003927      | 0.004834      | 847.607  | 180.840  | 6.222    |
| 3열  | 0.003927      | 0.001611      | 282.545  | 180.840  | 6.222    |
| 4열  | 0.003927      | -0.002851     | -499.847 | 180.840  | 6.222    |
|     |               |               |          |          |          |

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

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

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

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

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

③ 말뚝머리의 변위량과 지지력에 대한 안정성 검토

| 구 분 |             | 보유성능   | 소요성능  | S.F   | 판정  |
|-----|-------------|--------|-------|-------|-----|
| 교축  | 수평변위(mm)    | 15.000 | 3.927 | 3.820 | O.K |
|     | 연직압축지지력(kN) | 1808   | 1413  | 1.280 | O.K |
|     | 연직인발지지력(kN) | 584    | 500   | 1.167 | O.K |

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

경우에는  $\delta_a = 15\text{mm}$ 를 사용한다.

(e) 말뚝본체의 안정성 검토

i) 교축방향

① 말뚝의 변위 및 부재력

| 구 분 | 깊이<br>x(m) | 변위<br>y(mm) | 모멘트, M(kN·m) |         | 전단력<br>S(kN) |
|-----|------------|-------------|--------------|---------|--------------|
|     |            |             | 말뚝머리 고정      | 말뚝머리 힌지 |              |
| 1   | 0.000      | 3.763295    | 6.222        | 0.000   | -180.840     |
| 2   | 1.060      | 1.574892    | -88.021      | -92.552 | -19.641      |
| 3   | 2.120      | 0.281996    | -74.138      | -76.190 | 32.581       |
| 4   | 3.180      | -0.192404   | -37.303      | -37.771 | 32.116       |
| 5   | 4.240      | -0.234408   | -10.723      | -10.555 | 17.655       |
| 6   | 5.300      | -0.141102   | 1.228        | 1.493   | 5.877        |
| 7   | 6.360      | -0.052967   | 3.902        | 4.074   | 0.078        |
| 8   | 7.420      | -0.005566   | 2.881        | 2.952   | -1.520       |
| 9   | 8.480      | 0.009696    | 1.320        | 1.332   | -1.272       |
| 10  | 9.540      | 0.009483    | 0.310        | 0.300   | -0.638       |
| 11  | 10.600     | 0.005192    | -0.101       | -0.112  | -0.182       |

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

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

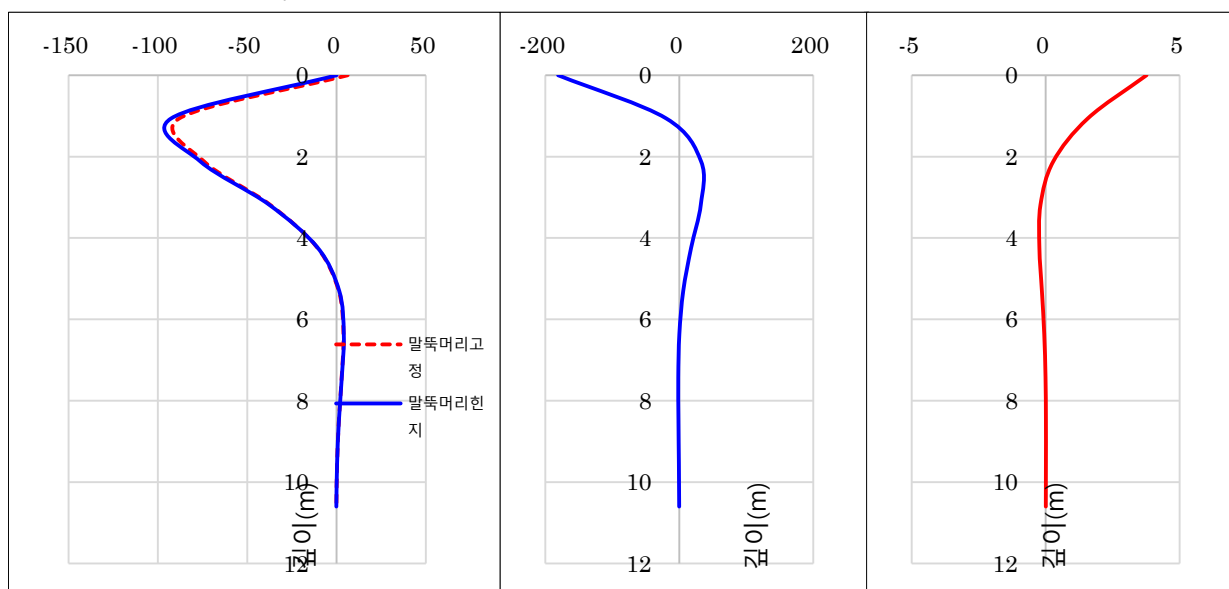
$$M_{\text{힌지}} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times \sin(\beta x)$$

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

$$P_{Hi} = 180.840 \quad \text{kN}$$

$$\beta = 0.618 \quad \text{m}^{-1}$$

$$h_o = M_{ti} / P_{Hi} = -34.407 \quad \text{mm}$$



< 모멘트선도 >

< 전단력선도 >

< 변위선도 >

② 말뚝의 응력 검토

| 구 분            | 계 산 과 정                                                                                                         | 결 과          |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 말뚝머리<br>고정     | $l_{mf} = 1/\beta \times \tan^{-1}[1/(1+2 \times \beta \times h_o)]$                                            | 1305 mm      |
|                | $M_{mf} = -(P_{Hi}/2\beta) \times \sqrt{[(1+2 \times \beta \times h_o)^2 + 1]} \times e^{-\beta \times l_{mf}}$ | -90.317 kN·m |
| 말뚝머리<br>힌지     | $l_{mh} = \pi/(4 \times \beta)$                                                                                 | 1270 mm      |
|                | $M_{mh} = -0.3224 \times (P_{Hi}/\beta)$                                                                        | -94.287 kN·m |
| 최대<br>부재력      | $M_{max} = \max[   M_{고정}   ,   M_{힌지}   ,   M_{mf}   ,   M_{mh}   ]$                                           | 94.287 kN·m  |
|                | $S_{max} =   S  $                                                                                               | 180.840 kN   |
| 말뚝<br>응력<br>검토 | $f_t = 40.459 \leq 210.000$                                                                                     | O.K          |
|                | $f_c = 141.592 \leq 210.000$                                                                                    | O.K          |
|                | $f_s = 11.652 \leq 120.000$                                                                                     | O.K          |

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

$M_{mf}, M_{mh}$  : 지중부 최대 모멘트의 크기

$f_t$  : 말뚝의 최대 인장응력

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

$f_{ta}$  : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

$f_c$  : 말뚝의 최대 압축응력

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

$f_{ca}$  : 말뚝의 허용 휨압축응력 = 210.000 Mpa

$f_s$  : 말뚝의 최대 전단응력

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

$f_{sa}$  : 말뚝의 허용 휨전단응력 = 120.000 Mpa

$\mu_1$  : 이음에 의한 허용응력 감소율

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

$\mu_2$  : 세장비 의한 허용응력 감소율

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

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

## 2) 단면 평가

### (a) 벽체의 단면검토

#### ① 단면력 산정

| 구분   | 수평력<br>(kN) | 전단력<br>(kN) | 작용거리<br>(Y,m) | 모멘트<br>(kN·m) |
|------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 배면토압 | 2084.728    | 2084.728    | 0.650         | 1355.073      |
| 교대구체 | 717.568 kN  | 717.568     | 2.709         | 1943.711      |
| 관성력  | 520.812     | 520.812     | 0             | 0.000         |
| 단면력  |             | 3323.108    |               | 3298.784      |

여기서, 지진시 하중계수 :  $\Phi = 1.0$

교대구체 수평력,  $H_i$  = 교대 기초부를 제외한 수평력 = 717.568 kN

$$M_o = \sum_{i=2}^6 ((H_i \times (Y_i - \text{교대기초}))) = 1943.711 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Y = M_o / H_o = 2.709\text{m}$$

#### ② 단면력 검토

| 구분 | 계산과정                         | 결과  |
|----|------------------------------|-----|
| 휨  | $\Phi M_n = 17788 \geq 3299$ | O.K |
| 전단 | $\Phi V_n = 9691 \geq 3323$  | O.K |

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

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

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

$$b = 10321 \text{ mm} \quad d = 1150 \text{ mm}$$

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

- 휨 검토 1단 : D 29 - 83 ea

$$A_s = 53319 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 76.0 \text{ mm}$$

- 전단 검토

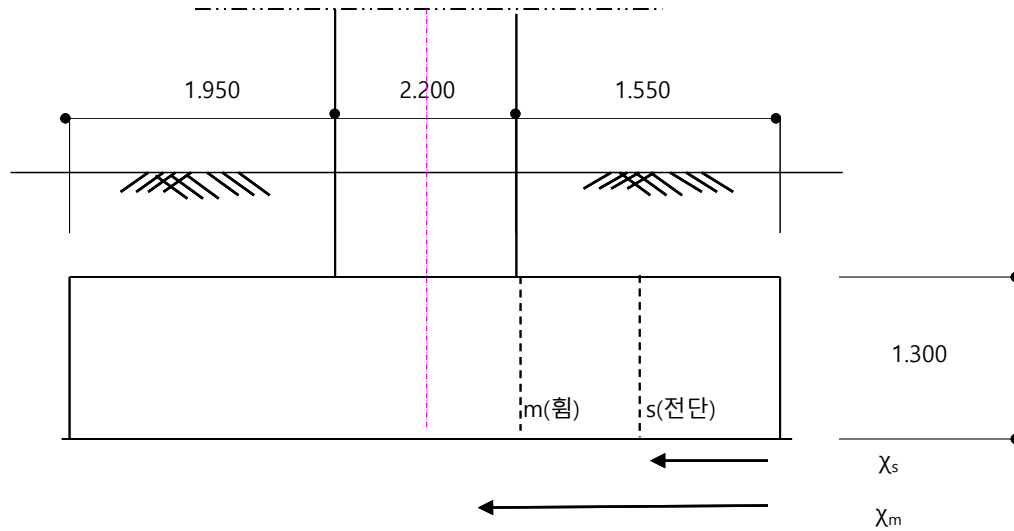
$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 9691 \text{ kN}$$

(b) 압굽의 단면검토

① 위험단면 산정

| 구 분 | 계 산 과 정                    | 결 과     |
|-----|----------------------------|---------|
| 휨   | $\chi_m =$                 | 1.550 m |
| 전단  | $\chi_s = 1.550 - 1.150/2$ | 0.975 m |

② 위험단면 산정



③ 말뚝의 반력

| 구 분 | 계 산 과 정  |          |     | 결 과     |
|-----|----------|----------|-----|---------|
|     | $P_{Ni}$ | $\times$ | $n$ |         |
| R1  | 1412.668 | $\times$ | 7   | 9889 kN |
| R2  |          | $\times$ |     |         |
| R3  |          | $\times$ |     |         |
| R4  |          | $\times$ |     |         |
| R5  |          | $\times$ |     |         |

④ 단면력 산정

| 구 분             | 계 산 과 정                                          | 결 과       |
|-----------------|--------------------------------------------------|-----------|
| 기초자중에 의한<br>단면력 | $M_{기초} = H \times a \times \gamma_c \times a/2$ | 468 kN·m  |
|                 | $V_{기초} = H \times b \times \gamma_c$            | 605 kN    |
| 말뚝에 의한 단<br>면력  | $M_{말뚝} = R1 \times 0.900$                       | 8900 kN·m |
|                 | $V_{말뚝} = R1$                                    | 9889 kN   |
| 기초의<br>단면력      | $M_U = M_{말뚝} - M_{기초}$                          | 8431 kN·m |
|                 | $V_U = V_{말뚝} - V_{기초}$                          | 9284 kN   |

⑤ 단면 검토

| 구 분 | 계 산 과 정                      | 결 과 |
|-----|------------------------------|-----|
| 휨   | $\Phi M_n = 10864 \geq 8431$ | O.K |
| 전단  | $\Phi V_n = 9691 \geq 9284$  | O.K |

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

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

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

$$b = 10321 \text{ mm} \quad d = 1150 \text{ mm}$$

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

$$\text{- 휨 검토} \quad 1 \text{단 : } D \quad 22 \quad - \quad 83 \quad \text{ea}$$

$$A_s = 32129 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 45.8 \text{ mm}$$

$$\text{- 전단 검토}$$

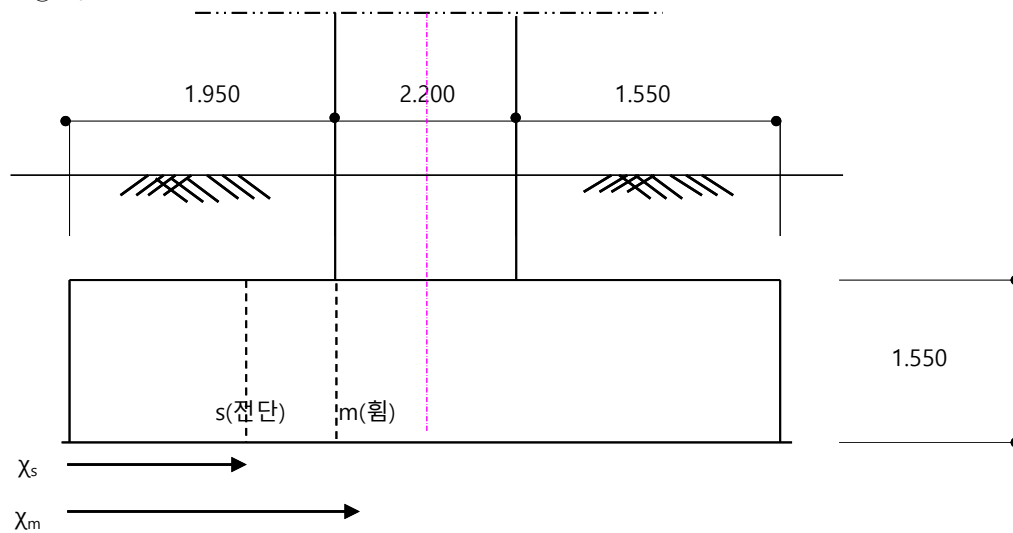
$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 9691 \text{ kN}$$

(C) 뒷굽의 단면검토

① 위험단면 산정

| 구 분 | 계 산 과 정                    | 결 과     |
|-----|----------------------------|---------|
| 힘   | $\chi_m =$                 | 1.950 m |
| 전단  | $\chi_s = 1.950 - 1.150/2$ | 1.375 m |

② 위험단면 산정



③ 말뚝의 반력

| 구 분 | 계 산 과 정  |          |     | 결 과     |
|-----|----------|----------|-----|---------|
|     | $P_{Ni}$ | $\times$ | $n$ |         |
| R1  | 1412.668 | $\times$ | 7   | 9889 kN |
| R2  |          | $\times$ |     |         |
| R3  |          | $\times$ |     |         |
| R4  |          | $\times$ |     |         |
| R5  |          | $\times$ |     |         |

|                   |               |   |          |    |
|-------------------|---------------|---|----------|----|
| $H_{wall}$ :      | 기초 상면의 뒷채움 높이 | = | 8.200    | m  |
| $\sum V_i$ :      | 뒷채움 연직하중      | = | 2719.016 | kN |
| $X_{\text{뒷채움}}$  |               | = | 1.450    | m  |
| $P_l$ :           | 지표면의 상재하중     | = | 149.655  | kN |
| $X_{\text{상재}}$ : | 상재하중 작용위치     | = | 4.975    | m  |

④ 단면력 산정

| 구 분          | 계 산 과 정                                          | 결 과        |
|--------------|--------------------------------------------------|------------|
| 기초자중에 의한 단면력 | $M_{기초} = H \times a \times \gamma_c \times a/2$ | 703 kN·m   |
|              | $V_{기초} = H \times b \times \gamma_c$            | 907 kN     |
| 뒷채움재에 의한 단면력 | $M_{뒷채움} = \sum V_i \times (X_{뒷채움} - (B-a))$    | -6254 kN·m |
|              | $V_{뒷채움} = H_{wall} \times b \times \gamma_t$    | 3383 kN    |
| 상재하중에 의한 단면력 | $M_{상재} = P_l \times (X_{상재} - (B-a))$           | 183 kN·m   |
|              | $V_{상재} = q_l \times b$                          | 206 kN     |
| 말뚝에 의한 단면력   | $M_{말뚝} = R_1 \times 1.300$                      | 0 kN·m     |
|              | $V_{말뚝} = R_1$                                   | 9889 kN    |
| 계수 단면력       | $M_U = M_{말뚝} - M_{뒷채움} - M_{기초} - M_{상재}$       | 5368 kN·m  |
|              | $V_U = V_{말뚝} - V_{뒷채움} - V_{기초} - M_{상재}$       | 5394 kN    |

⑤ 단면 검토

| 구 분 | 계 산 과 정                      | 결 과 |
|-----|------------------------------|-----|
| 휨   | $\Phi M_n = 10864 \geq 5368$ | O.K |
| 전단  | $\Phi V_n = 9691 \geq 5394$  | O.K |

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

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

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

$$b = 10321 \text{ mm} \quad d = 1150 \text{ mm}$$

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

- 휨 검토 1단 : D 22 - 83 ea

$$A_s = 32129 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 45.8 \text{ mm}$$

- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 9691 \text{ kN}$$

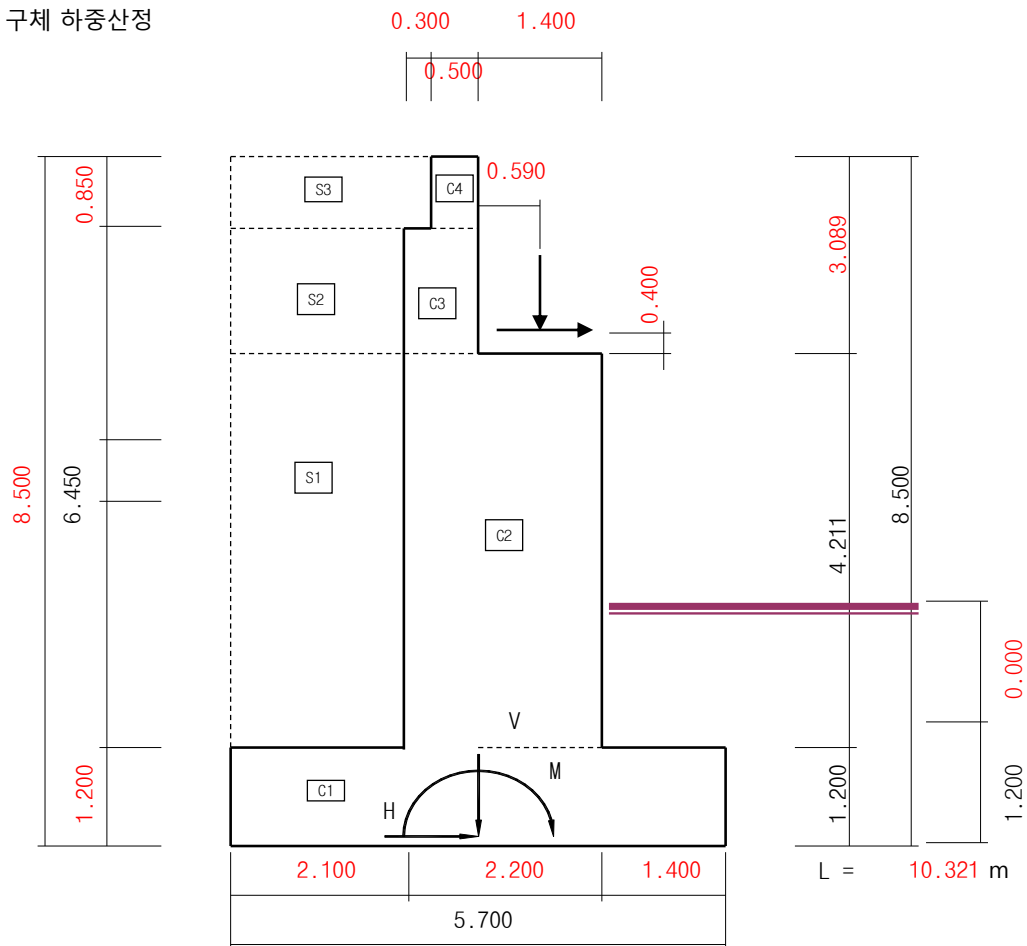
3) 결과 요약

| 구 분        |          |    | 보유성능    | 소요성능    | S.F    | 판정  |
|------------|----------|----|---------|---------|--------|-----|
| 안정성<br>검토  | 수평변위     |    | 15.000  | 3.927   | 3.820  | O.K |
|            | 연직 압축지지력 |    | 1808    | 1413    | 1.280  | O.K |
|            | 연직 인발지지력 |    | 584     | 500     | 1.167  | O.K |
| 말뚝응력<br>검토 | 힘인장응력    |    | 210.000 | 40.459  | 5.190  | O.K |
|            | 힘압축응력    |    | 210.000 | 141.592 | 1.483  | O.K |
|            | 힘전단응력    |    | 120.000 | 11.652  | 10.298 | O.K |
| 단면검토       | 벽체       | 힘  | 17788   | 3299    | 5.392  | O.K |
|            |          | 전단 | 9691    | 3323    | 2.916  | O.K |
|            | 압굽       | 힘  | 10864   | 8431    | 1.289  | O.K |
|            |          | 전단 | 9691    | 9284    | 1.044  | O.K |
|            | 뒷굽       | 힘  | 10864   | 5368    | 2.024  | O.K |
|            |          | 전단 | 9691    | 5394    | 1.797  | O.K |

7. 기초부 평가

7.3 교대 A2 하중산정

1) 교대 구체 하중산정



| 구분  |    | 체적      | 단위중량     | 수직력      | 수평지진계수 | 수평력     | 팔길이   |       | 모멘트       |          |
|-----|----|---------|----------|----------|--------|---------|-------|-------|-----------|----------|
|     |    | A       | $\gamma$ | W        | $K_h$  | H       | x     | y     | Mx        | My       |
| 구체  | C1 | 70.596  | 25.00    | 1764.891 | 0.108  | 190.26  | 2.850 | 0.600 | 5029.939  | 114.153  |
|     | C2 | 146.455 | 25.00    | 3661.375 | 0.108  | 394.696 | 2.500 | 4.425 | 9153.437  | 1746.531 |
|     | C3 | 18.487  | 25.00    | 462.174  | 0.108  | 49.822  | 2.050 | 4.292 | 947.457   | 213.813  |
|     | C4 | 4.386   | 25.00    | 109.661  | 0.108  | 11.821  | 3.450 | 8.075 | 378.329   | 95.458   |
|     | 소계 | 239.924 |          | 5998.101 |        | 646.595 |       |       | 15509.163 | 2169.955 |
| 뒷채움 | S1 | 72.847  | 20.00    | 1456.933 | 0.108  | 157.057 | 2.450 | 4.425 | 3569.486  | 694.979  |
|     | S2 | 48.528  | 20.00    | 970.566  | 0.108  | 104.627 | 4.650 | 7.650 | 4513.133  | 800.397  |
|     | S3 | 5.527   | 20.00    | 110.538  | 0.108  | 11.916  | 1.400 | 1.200 | 154.753   | 14.299   |
|     | 소계 | 126.902 |          | 2538.037 |        | 273.600 |       |       | 8237.372  | 1509.675 |
| 총 계 |    |         |          | 8536.138 |        | 920.195 |       |       | 23746.535 | 3679.630 |

※ 수평력(지진시 관성력)  $H = K_h \times V_i$  (수평지진계수,  $K_h = 0.5A$  Fa)

2) 지반조건

| 구 분    |                                 | 단 위               | 내 용   | 비 고 |
|--------|---------------------------------|-------------------|-------|-----|
| 뒷채움재   | 단위중량 ( $\gamma_1$ )             | kN/m <sup>3</sup> | 20.0  |     |
|        | 내부마찰각 ( $\Phi_1$ )              | °                 | 35    |     |
| 기초지반   | 단위중량 ( $\gamma_2$ )             | kN/m <sup>3</sup> | 18.0  |     |
|        | 내부마찰각 ( $\Phi_2$ )              | °                 | 30    |     |
|        | N값                              | -                 | 50    |     |
|        | 극한지지력( $q_u$ )                  | kN/m <sup>2</sup> | 900   |     |
| 수평지진계수 | $K_h = 0.5 \times F_a \times S$ | -                 | 0.108 |     |
| 교대     | 콘크리트 압축강도                       | Mpa               | 24    |     |
|        | 철근 항복강도                         | Mpa               | 300   |     |
|        | 단위중량                            | kN/m <sup>3</sup> | 25    |     |

3) 교대 지점부 하중

| 구 분    | SH1  | SH2  | SH3  | SH4  | SH5  | SH6  | SH7  |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 반력(kN) | 1517 | 1951 |      |      |      |      |      |
| 구 분    | SH8  | SH9  | SH10 | SH11 | SH12 | SH13 | SH14 |
| 반력(kN) |      |      |      |      |      |      |      |
| 구 분    | SH15 | SH16 | SH17 | SH18 | SH19 | SH20 | SH21 |
| 반력(kN) |      |      |      |      |      |      |      |
| 구 분    | SH22 | SH23 | SH24 | SH25 | SH26 | SH27 | SH28 |
| 반력(kN) |      |      |      |      |      |      |      |

4) 토압 산정

① 지진시 주동토압계수 산정 (Mononobe-Okabe)

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^2} = 0.300$$

|                                              |   |         |
|----------------------------------------------|---|---------|
| $\phi$ : 뒷채움흙의 내부마찰각                         | = | 35.00 ° |
| $\beta$ : 벽배면과 연직면이 이루는 각                    | = | 0.00 °  |
| $\delta$ : 벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각                 | = | 0.00 °  |
| $i$ : 지표면과 수평면이 이루는 각                        | = | 0.00 °  |
| $\theta$ : $\tan^{-1} [ K_h / ( 1 - K_v ) ]$ | = | 3.085 ° |

② 토압 산정

| 구 분      |       | 계 산 과 정                                                                                                       | 결 과            |
|----------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| $P_{AE}$ | 안정검토시 | $= 1/2 \times \gamma_1 \times H^2 \times K_{AE} \times L = 1/2 \times 20 \times 8.5 \times 0.3 \times 10.321$ | 2240.059519 kN |
|          | 단면검토시 | $= 1/2 \times \gamma_1 \times H^2 \times K_{AE} \times L = 1/2 \times 20 \times 7.3 \times 0.3 \times 10.321$ | 1652.218294 kN |

H(안정검토) = 8.500 m , 지진시 토압 작용높이 y = H/2 = 4.25 m

H(단면검토) = 1.200 m , 지진시 토압 작용높이 y = H/2 = 0.6 m

※ 안정검토시 H는 기초하면을 기준으로, 단면검토시 H는 기초 상면을 기준으로 한다

③ 뒷채움 지표면의 상재하중 산정

| 구 분   | 계 산 과 정                                   | 결 과        |
|-------|-------------------------------------------|------------|
| $P_I$ | $= q_1 \times B_{q1} = 103.21 \times 1.6$ | 165.136 kN |

$q_1$  = 뒷채움 지표면의 상재하중 = 103.21 kN/m

$B_{q1}$  = 상재하중 분포길이 = 1.6 m

X = 상재하중 작용 위치 = 4.9 m

④ 상부구조에 의한 하중산정

| 구 분   | 계 산 과 정                                                       | 결 과       |
|-------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| $R_u$ | $= R \div (1 / \sin(90-\Theta)) = 3468 \div (1 / \sin(90-0))$ | 3468 kN/m |

R = 교대상부 고정하중에 의한 연직반력의 총 합 = 3468 kN

⑤ 가동단 하부구조에 작용하는 관성력 산정

| 구 분   | 계 산 과 정       | 결 과           |
|-------|---------------|---------------|
| $F_M$ | $= F_1 + F_2$ | 56.07756 kN/m |

$f_s$  = 마찰계수 = 0.15

$K_h$  = 설계 수평지진계수 = 0.108

$F_1$  =  $R_u \times f_s \times K_h \times \cos(90-\Theta)$  = 0.000 kN

$F_2$  =  $K_h \times R_u$  = 56.078 kN

## 7.4 교대 A2 검토

### 1) 지진시 작용하중 하중조합

| 구분   | 수직력 V     | 수평력 H    | 작용거리(m) |       | 모멘트 (kN·m)     |                |
|------|-----------|----------|---------|-------|----------------|----------------|
|      | (kN)      | (kN)     | X       | Y     | M <sub>V</sub> | M <sub>H</sub> |
| 교대구체 | 5998.101  | 646.595  | -       | -     | 15509.163      | 2169.955       |
| 뒷채움제 | 2538.037  | 273.600  | -       | -     | 8237.372       | 1509.675       |
| 배면토압 | -         | 2240.060 | -       | 4.250 | -              | 9520.253       |
| 연직반력 | 3468.000  | 747.701  | 0.810   | 5.811 | 2809.080       | 4344.889       |
| 관성력  | -         | 56.078   | -       | 5.411 | -              | 303.436        |
| 하중조합 | 12004.138 | 3964.033 | -       | -     | 26555.615      | 17848.208      |

$$\begin{aligned}
 e \text{ (편심거리)} &= B / 2 - (M_V - M_H) / V \\
 &= 5.700 / 2 - (26555.615 - 17848.208) / 12004.138 \\
 &= 2.125 \text{ m} \\
 M &= V \times e = 12004.138 \times 2.125 = 25504.386 \text{ kN·m}
 \end{aligned}$$

### 2) 말뚝 제원

| 말뚝종류 | 직경(mm) | 두께(mm) | 부식(mm) | 길이(m)  |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 강관말뚝 | 508.0  | 12.0   | 2      | 11.700 |

### 3) 안정성 검토

#### (a) 말뚝의 허용연직지지력 산정

##### ① 말뚝의 허용연직압축지지력(Ra)

| 구분 | 계산과정                  | 결과      |
|----|-----------------------|---------|
| Ra | $\gamma/n \times R_u$ | 1839 kN |

Ra : 말뚝의 허용연직압축지지력

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

n : 안전율 (지지말뚝의 경우 지진시 ;  $n = 2$ )

Ru : 지반조건에 따라 결정되는 말뚝의 극한지지력

$$R_u = q_d + U \times \sum (l_i \cdot f_i) = 3677 \text{ kN}$$

qd : 말뚝 선단 지반의 극한지지력

$$q_d = \alpha \times q_u \times A = 2027 \text{ kN}$$

$\alpha$  : 감소계수는 0.2~0.5의 값을 가지며 평균값 0.35의 값을 적용

$$q_u : \text{말뚝 선단 지반의 일축압축강도} = 10000 \text{ kN/m}^2$$

A : 말뚝의 선단면적

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

U : 말뚝의 둘레길이 = 1.596 m

li : 주면마찰력을 고려하는 층의 두께

fi : 주면마찰력을 고려하는 층의 최대 주면마찰력

| 지 층                   | li (m) | N  | fi (kN/m <sup>2</sup> ) | li·fi (kN/m) |
|-----------------------|--------|----|-------------------------|--------------|
| 사질토                   | 3.0    | 50 | 100                     | 300.00       |
| 자갈층                   | 4.0    | 33 | 66                      | 264.00       |
| 풍화토                   | 4.7    | 50 | 100                     | 470.00       |
|                       |        |    |                         |              |
| $\sum(li \cdot fi) =$ |        |    |                         | 1034.00      |

② 말뚝의 허용연직인발지지력(Pa)

| 구 분 | 계 산 과 정              | 결 과    |
|-----|----------------------|--------|
| Pa  | $1/n \times P_u + W$ | 609 kN |

Pa : 말뚝의 허용연직인발지지력

n : 안전율 (지진시 ; n = 3)

Pu : 말뚝의 극한인발력

$$P_u = U \times \sum(li \cdot fi) = 1650 \text{ kN}$$

W : 말뚝의 유효중량

$$= 59 \text{ kN}$$

(b) 말뚝의 스프링정수 산정

① 말뚝의 축방향 스프링정수(Kv)

| 구 분 | 계 산 과 정                       | 결 과         |
|-----|-------------------------------|-------------|
| Kv  | $a \times A_p \times E_p / L$ | 164944 kN/m |

|    |                                 |   |        |                   |
|----|---------------------------------|---|--------|-------------------|
|    | $a = 0.010 \times (L/D) + 0.36$ | = | 0.592  |                   |
| do | : 부식을 고려한 지름                    | = | 504    | mm                |
| Ap | : 말뚝의 순단면적                      | = | 15519  | mm <sup>2</sup>   |
| Ep | : 말뚝의 탄성계수                      | = | 210000 | N/mm <sup>2</sup> |
| L  | : 말뚝 길이                         | = | 11700  | mm                |

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

| 구 분 | 계 산 과 정      | 결 과             |
|-----|--------------|-----------------|
| K1  | $4EI\beta^3$ | 143554 kN/m     |
| K2  | $2EI\beta^2$ | 100820 kN/rad   |
| K3  | $2EI\beta^2$ | 100820 kN·m/m   |
| K4  | $2EI\beta$   | 141614 kN·m/rad |

|         |                                                                                                   |                     |          |                   |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|-------------------|
| $\beta$ | $= \sqrt[4]{[(kh \times D)/(4 \times E_p \times I_p)]}$                                           | =                   | 0.7119   | m <sup>-1</sup>   |
| kh      | $= kh_0 \times (BH/0.3)^{-3/4}$                                                                   | =                   | 201183   | kN/m <sup>3</sup> |
| kh0     | $= 1/0.3 \times \alpha \times E_o$                                                                | (지진시 $\alpha=2$ ) = | 466667   | kN/m <sup>3</sup> |
| Eo      | $= 2800 \times N$                                                                                 | (1/β 깊이에서의 N치) =    | 70000    | kN/m <sup>2</sup> |
| BH      | $= \sqrt{(D/\beta)}$                                                                              | (β상시 적용) =          | 0.9212   | m                 |
| β상시     | $= \sqrt[29]{[(\alpha \times E_o)^8 \times D^5]/(0.3^2 \times 2^{16} \times (E_p \times I_p)^8)}$ | =                   | 0.5987   | m <sup>-1</sup>   |
| Ep      | : 말뚝의 탄성계수                                                                                        | =                   | 210000   | N/mm <sup>2</sup> |
| Ip      | : 말뚝의 단면 2차 모멘트                                                                                   | =                   | 0.000474 | m <sup>4</sup>    |

(c) 기초의 두께 검토

| 구 분 | 계 산 과 정       | 결 과  |
|-----|---------------|------|
| β·λ | 0.253 < 1.000 | 강제취급 |

|   |                                                |   |       |                   |
|---|------------------------------------------------|---|-------|-------------------|
| β | $= \sqrt[4]{(3 \times k)/(E \times h^3)}$      | = | 0.181 | m <sup>-1</sup>   |
| k | $= K_p = K_v \times (m \times n)/(B \times L)$ | = | 8411  | kN/m <sup>3</sup> |
| E | $= 8,500^3 \times f_{cu}$                      | = | 13613 | Mpa               |
| λ | $= \text{Max}[l, b]$                           | = | 1.400 | m                 |
| h | = 직접기초의 두께                                     | = | 1.200 | m                 |

(d) 말뚝머리의 안정성 검토

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

| 구 분 | 계 산 과 정                                                                                                                                                                                                                                                                     | 결 과                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 교 축 | $A_{xx} \times \delta_x + A_{xy} \times \delta_y - A_{x\alpha} \times \alpha = V$                                                                                                                                                                                           | $\delta_x = 0.002797 \text{ m}$ |
|     | $A_{yx} \times \delta_x + A_{yy} \times \delta_y - A_{y\alpha} \times \alpha = H_{\text{교축}}$                                                                                                                                                                               | $\delta_y = 0.003466 \text{ m}$ |
|     | $A_{\alpha x} \times \delta_x + A_{\alpha y} \times \delta_y - A_{\alpha\alpha} \times \alpha = M_{\text{교축}}$                                                                                                                                                              | $\alpha = 0.002111 \text{ rad}$ |
| 일반식 | $\begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xx} & A_{xy} & A_{x\alpha} \\ A_{yx} & A_{yy} & A_{y\alpha} \\ A_{\alpha x} & A_{\alpha y} & A_{\alpha\alpha} \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} H_o \\ V_o \\ M_o \end{bmatrix}$ |                                 |

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

i) 교축방향

| 구 분                         | 계 산 과 정                                                                                          | 결 과      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| $A_{xx}$                    | $\sum (K_1 \cos^2 \theta_i + K_v \sin^2 \theta_i)$                                               | 3014641  |
| $A_{xy}, A_{yx}$            | $\sum (K_v - K_1) \sin \theta_i \cos \theta_i$                                                   | 0        |
| $A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$ | $\sum \{(K_v - K_1)x_i \sin \theta_i \cos \theta_i - K_2 \cos \theta_i\}$                        | -2117221 |
| $A_{yy}$                    | $\sum (K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)$                                               | 3463826  |
| $A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$ | $\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i + K_2 \sin \theta_i\}$                    | 0        |
| $A_{\alpha\alpha}$          | $\sum \{(K_v \cos^2 \theta_i + K_1 \sin^2 \theta_i)x_i^2 + (K_2 + K_3)x_i \sin \theta_i + K_4\}$ | 14889463 |

| 구 분 | n | xi     | $A_{xx}$ | $A_{xy}, A_{yx}$ | $A_{x\alpha}, A_{\alpha x}$ | $A_{yy}$ | $A_{y\alpha}, A_{\alpha y}$ | $A_{\alpha\alpha}$ |
|-----|---|--------|----------|------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------|--------------------|
| 1열  | 7 | 2.200  | 1004880  | 0                | -705740                     | 1154609  | 0                           | 6579606            |
| 2열  | 7 | 0.800  | 1004880  | 0                | -705740                     | 1154609  | 0                           | 1730250            |
| 3열  | 7 | -2.200 | 1004880  | 0                | -705740                     | 1154609  | 0                           | 6579606            |
|     |   |        |          |                  |                             |          |                             |                    |
|     |   |        |          |                  |                             |          |                             |                    |

② 말뚝머리의 변위량 및 반력 산정

i) 교축방향

| 구 분 | $\delta_{xi}$ | $\delta_{yi}$ | $P_{Ni}$ | $P_{Hi}$ | $M_{ti}$ |
|-----|---------------|---------------|----------|----------|----------|
| 1열  | 0.002797      | 0.008109      | 1337.542 | 188.763  | 16.880   |
| 2열  | 0.002797      | 0.005154      | 850.141  | 188.763  | 16.880   |
| 3열  | 0.002797      | -0.001178     | -194.291 | 188.763  | 16.880   |
|     |               |               |          |          |          |
|     |               |               |          |          |          |

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

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

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

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

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

③ 말뚝머리의 변위량과 지지력에 대한 안정성 검토

| 구 분 |             | 보유성능   | 소요성능  | S.F   | 판정  |
|-----|-------------|--------|-------|-------|-----|
| 교축  | 수평변위(mm)    | 15.000 | 2.797 | 5.362 | O.K |
|     | 연직압축지지력(kN) | 1839   | 1338  | 1.375 | O.K |
|     | 연직인발지지력(kN) | 609    | 194   | 3.136 | O.K |

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

경우에는  $\delta_a = 15\text{mm}$ 를 사용한다.

(e) 말뚝본체의 안정성 검토

i) 교축방향

① 말뚝의 변위 및 부재력

| 구 분 | 깊이<br>x(m) | 변위<br>y(mm) | 모멘트, M(kN·m) |         | 전단력<br>S(kN) |
|-----|------------|-------------|--------------|---------|--------------|
|     |            |             | 말뚝머리 고정      | 말뚝머리 힌지 |              |
| 1   | 0.000      | 2.462425    | 16.880       | 0.000   | -188.763     |
| 2   | 1.170      | 0.774014    | -74.927      | -85.294 | -2.214       |
| 3   | 2.340      | -0.012706   | -47.016      | -49.889 | 34.384       |
| 4   | 3.510      | -0.153733   | -13.338      | -13.059 | 20.530       |
| 5   | 4.680      | -0.087519   | 1.085        | 1.791   | 5.509        |
| 6   | 5.850      | -0.022133   | 3.156        | 3.516   | -0.658       |
| 7   | 7.020      | 0.003597    | 1.641        | 1.718   | -1.426       |
| 8   | 8.190      | 0.006287    | 0.363        | 0.340   | -0.710       |
| 9   | 9.360      | 0.002998    | -0.098       | -0.126  | -0.146       |
| 10  | 10.530     | 0.000565    | -0.126       | -0.138  | 0.049        |
| 11  | 11.700     | -0.000236   | -0.055       | -0.057  | 0.056        |

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

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

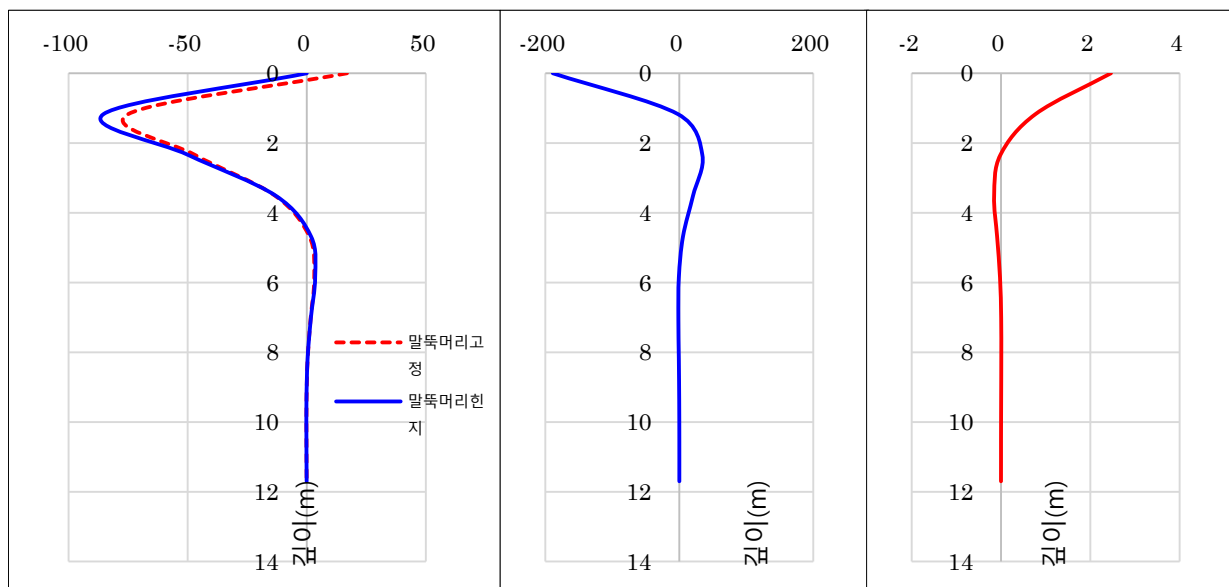
$$M_{\text{힌지}} = -(P_{Hi}/\beta) \times e^{-\beta x} \times \sin(\beta x)$$

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

$$P_{Hi} = 188.763 \quad \text{kN}$$

$$\beta = 0.712 \quad \text{m}^{-1}$$

$$h_o = M_{ti} / P_{Hi} = -89.425 \quad \text{mm}$$



< 모멘트선도 >

< 전단력선도 >

< 변위선도 >

② 말뚝의 응력 검토

| 구 분            | 계 산 과 정                                                                                                         | 결 과          |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 말뚝머리<br>고정     | $l_{mf} = 1/\beta \times \tan^{-1}[1/(1+2 \times \beta \times h_o)]$                                            | 1199 mm      |
|                | $M_{mf} = -(P_{Hi}/2\beta) \times \sqrt{[(1+2 \times \beta \times h_o)^2 + 1]} \times e^{-\beta \times l_{mf}}$ | -74.958 kN·m |
| 말뚝머리<br>힌지     | $l_{mh} = \pi/(4 \times \beta)$                                                                                 | 1103 mm      |
|                | $M_{mh} = -0.3224 \times (P_{Hi}/\beta)$                                                                        | -85.482 kN·m |
| 최대<br>부재력      | $M_{max} = \max[   M_{고정}   ,   M_{힌지}   ,   M_{mf}   ,   M_{mh}   ]$                                           | 85.482 kN·m  |
|                | $S_{max} =   S  $                                                                                               | 188.763 kN   |
| 말뚝<br>응력<br>검토 | $f_t = 40.340 \leq 210.000$                                                                                     | O.K          |
|                | $f_c = 132.029 \leq 210.000$                                                                                    | O.K          |
|                | $f_s = 12.163 \leq 120.000$                                                                                     | O.K          |

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

$M_{mf}, M_{mh}$  : 지중부 최대 모멘트의 크기

$f_t$  : 말뚝의 최대 인장응력

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

$f_{ta}$  : 말뚝의 허용 휨인장응력 = 210.000 Mpa

$f_c$  : 말뚝의 최대 압축응력

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

$f_{ca}$  : 말뚝의 허용 휨압축응력 = 210.000 Mpa

$f_s$  : 말뚝의 최대 전단응력

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

$f_{sa}$  : 말뚝의 허용 휨전단응력 = 120.000 Mpa

$\mu_1$  : 이음에 의한 허용응력 감소율

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

$\mu_2$  : 세장비 의한 허용응력 감소율

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

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

## 2) 단면 평가

### (a) 벽체의 단면검토

#### ① 단면력 산정

| 구분   | 수평력<br>(kN) | 전단력<br>(kN) | 작용거리<br>(Y,m) | 모멘트<br>(kN·m) |
|------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 배면토압 | 1652.218    | 1652.218    | 0.600         | 991.331       |
| 교대구체 | 646.595 kN  | 646.595     | 2.333         | 1508.193      |
| 관성력  | 56.078      | 56.078      | 0             | 0.000         |
| 단면력  |             | 2354.891    |               | 2499.524      |

여기서, 지진시 하중계수 :  $\Phi = 1.0$

교대구체 수평력,  $H_i$  = 교대 기초부를 제외한 수평력 = 646.595 kN

$$M_o = \sum_{i=2}^6 ((H_i \times (Y_i - \text{교대기초}))) = 1508.193 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$Y = M_o / H_o = 2.333\text{m}$$

#### ② 단면력 검토

| 구분 | 계산과정                        | 결과  |
|----|-----------------------------|-----|
| 휨  | $\Phi M_n = 7370 \geq 2500$ | O.K |
| 전단 | $\Phi V_n = 8848 \geq 2355$ | O.K |

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

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

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

$$b = 10321 \text{ mm} \quad d = 1050 \text{ mm}$$

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

- 휨 검토 1단 : D 19 - 83 ea

$$A_s = 23780 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 33.9 \text{ mm}$$

- 전단 검토

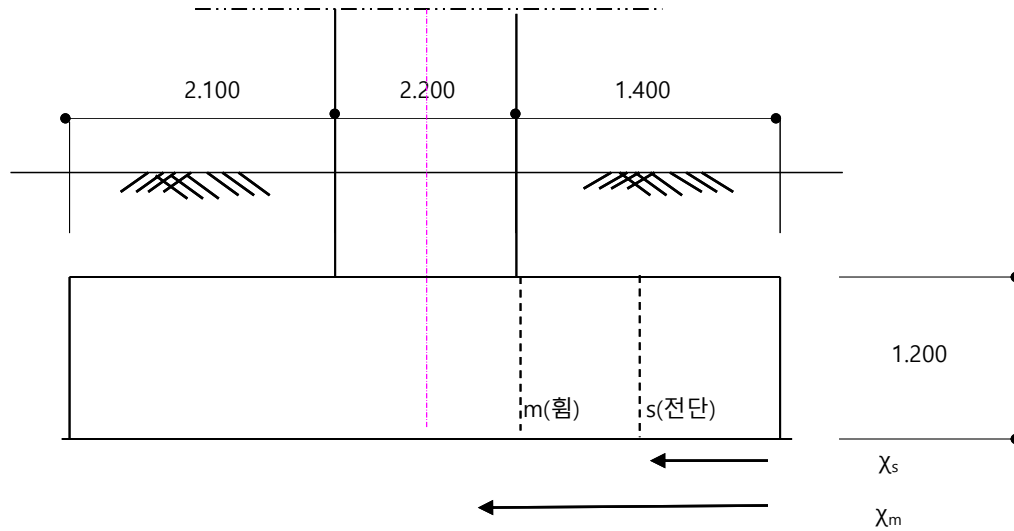
$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 8848 \text{ kN}$$

(b) 압굽의 단면검토

① 위험단면 산정

| 구 분 | 계 산 과 정                    | 결 과     |
|-----|----------------------------|---------|
| 휨   | $\chi_m =$                 | 1.400 m |
| 전단  | $\chi_s = 1.400 - 1.050/2$ | 0.875 m |

② 위험단면 산정



③ 말뚝의 반력

| 구 분 | 계 산 과 정  |          |     | 결 과     |
|-----|----------|----------|-----|---------|
|     | $P_{Ni}$ | $\times$ | $n$ |         |
| R1  | 1337.542 | $\times$ | 7   | 9363 kN |
| R2  |          | $\times$ |     |         |
| R3  |          | $\times$ |     |         |
| R4  |          | $\times$ |     |         |
| R5  |          | $\times$ |     |         |

④ 단면력 산정

| 구 분             | 계 산 과 정                                          | 결 과       |
|-----------------|--------------------------------------------------|-----------|
| 기초자중에 의한<br>단면력 | $M_{기초} = H \times a \times \gamma_c \times a/2$ | 353 kN·m  |
|                 | $V_{기초} = H \times b \times \gamma_c$            | 504 kN    |
| 말뚝에 의한 단<br>면력  | $M_{말뚝} = R1 \times 0.750$                       | 7022 kN·m |
|                 | $V_{말뚝} = R1$                                    | 9363 kN   |
| 기초의<br>단면력      | $M_U = M_{말뚝} - M_{기초}$                          | 6669 kN·m |
|                 | $V_U = V_{말뚝} - V_{기초}$                          | 8859 kN   |

⑤ 단면 검토

| 구 분 | 계 산 과 정                      | 결 과 |
|-----|------------------------------|-----|
| 휨   | $\Phi M_n = 9900 \geq 6669$  | O.K |
| 전단  | $\Phi V_n = 10225 \geq 8859$ | O.K |

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

$$\Phi V_n = \Phi V_c + \Phi V_s$$

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

$$b = 10321 \text{ mm} \quad d = 1050 \text{ mm}$$

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

- 휨 검토 1단 : D 22 - 83 ea

$$A_s = 32129 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 45.8 \text{ mm}$$

- 전단 검토 D 16 - 11 ea

$$A_v = 2185 \text{ mm}^2$$

$$s = 500 \text{ mm}$$

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 8848 \text{ kN}$$

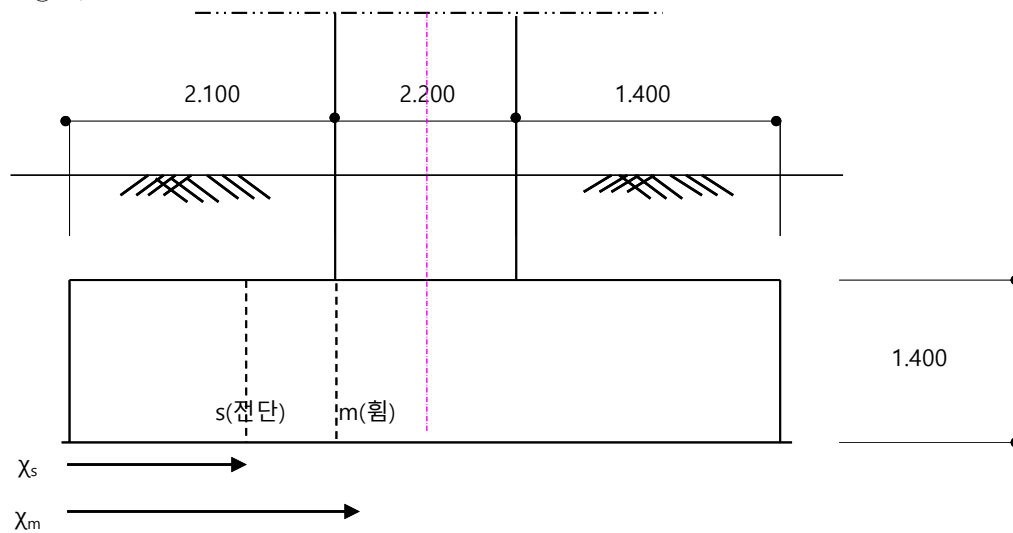
$$\Phi V_s = \Phi \times A_v \times f_y \times d / s = 1376 \text{ kN}$$

(C) 뒷굽의 단면검토

① 위험단면 산정

| 구 분 | 계 산 과 정                    | 결 과     |
|-----|----------------------------|---------|
| 휨   | $\chi_m =$                 | 2.100 m |
| 전단  | $\chi_s = 2.100 - 1.050/2$ | 1.575 m |

② 위험단면 산정



③ 말뚝의 반력

| 구 분 | 계 산 과 정  |          |     | 결 과     |
|-----|----------|----------|-----|---------|
|     | $P_{Ni}$ | $\times$ | $n$ |         |
| R1  | 1337.542 | $\times$ | 7   | 9363 kN |
| R2  | 850.141  | $\times$ | 7   | 5951 kN |
| R3  |          | $\times$ |     |         |
| R4  |          | $\times$ |     |         |
| R5  |          | $\times$ |     |         |

|                   |               |   |          |    |
|-------------------|---------------|---|----------|----|
| $H_{wall}$ :      | 기초 상면의 뒷채움 높이 | = | 7.300    | m  |
| $\sum V_i$ :      | 뒷채움 연직하중      | = | 2538.037 | kN |
| $X_{\text{뒷채움}}$  |               | = | 1.495    | m  |
| $P_l$ :           | 지표면의 상재하중     | = | 165.136  | kN |
| $X_{\text{상재}}$ : | 상재하중 작용위치     | = | 4.900    | m  |

④ 단면력 산정

| 구 분          | 계 산 과 정                                          | 결 과        |
|--------------|--------------------------------------------------|------------|
| 기초자중에 의한 단면력 | $M_{기초} = H \times a \times \gamma_c \times a/2$ | 617 kN·m   |
|              | $V_{기초} = H \times b \times \gamma_c$            | 882 kN     |
| 뒷채움재에 의한 단면력 | $M_{뒷채움} = \sum V_i \times (X_{뒷채움} - (B-a))$    | -5343 kN·m |
|              | $V_{뒷채움} = H_{wall} \times b \times \gamma_t$    | 3449 kN    |
| 상재하중에 의한 단면력 | $M_{상재} = P_l \times (X_{상재} - (B-a))$           | 215 kN·m   |
|              | $V_{상재} = q_l \times b$                          | 260 kN     |
| 말뚝에 의한 단면력   | $M_{말뚝} = R_1 \times 1.450 + R_2 \times 0.050$   | 298 kN·m   |
|              | $V_{말뚝} = R_1$                                   | 9363 kN    |
| 계수 단면력       | $M_U = M_{말뚝} - M_{뒷채움} - M_{기초} - M_{상재}$       | 4808 kN·m  |
|              | $V_U = V_{말뚝} - V_{뒷채움} - V_{기초} - M_{상재}$       | 4771 kN    |

⑤ 단면 검토

| 구 분 | 계 산 과 정                     | 결 과 |
|-----|-----------------------------|-----|
| 휨   | $\Phi M_n = 7370 \geq 4808$ | O.K |
| 전단  | $\Phi V_n = 8848 \geq 4771$ | O.K |

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

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

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

$$b = 10321 \text{ mm} \quad d = 1050 \text{ mm}$$

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

- 휨 검토 1단 : D 19 - 83 ea

$$A_s = 23780 \text{ mm}^2$$

$$a = (A_s \times f_y) / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 33.9 \text{ mm}$$

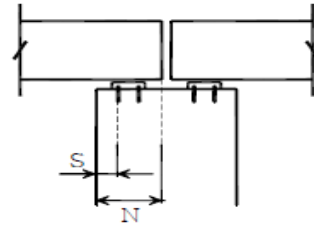
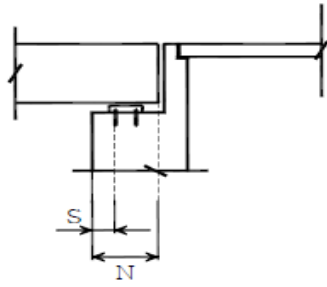
- 전단 검토

$$\Phi V_c = \Phi \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 8848 \text{ kN}$$

3) 결과 요약

| 구 분        |          |    | 보유성능    | 소요성능    | S.F   | 판정  |
|------------|----------|----|---------|---------|-------|-----|
| 안정성<br>검토  | 수평변위     |    | 15.000  | 2.797   | 5.362 | O.K |
|            | 연직 압축지지력 |    | 1839    | 1338    | 1.375 | O.K |
|            | 연직 인발지지력 |    | 609     | 194     | 3.136 | O.K |
| 말뚝응력<br>검토 | 힘인장응력    |    | 210.000 | 40.340  | 5.206 | O.K |
|            | 힘압축응력    |    | 210.000 | 132.029 | 1.591 | O.K |
|            | 힘전단응력    |    | 120.000 | 12.163  | 9.866 | O.K |
| 단면검토       | 벽체       | 힘  | 7370    | 2500    | 2.948 | O.K |
|            |          | 전단 | 8848    | 2355    | 3.757 | O.K |
|            | 압굽       | 힘  | 9900    | 6669    | 1.484 | O.K |
|            |          | 전단 | 10225   | 8859    | 1.154 | O.K |
|            | 뒷굽       | 힘  | 7370    | 4808    | 1.533 | O.K |
|            |          | 전단 | 8848    | 4771    | 1.854 | O.K |

## 8. 지지길이평가



### 8.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이  $N_C$

- $N_C = 1340.00 \text{ mm}$

2) 소요성능  $N_D$

- $N_D = \text{MAX}[\text{응답변위}, N_{\min}] = \text{MAX}[1.38, 325.72] = 325.72 \text{ mm}$

- $N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) * (1 + 0.000125\theta^2) = 325.72 \text{ mm}$

- $L = 52.00 \text{ m}$  (연속경간장)

- $H = 5.109 \text{ m}$  (총 교각 유효높이 평균길이)

- $\theta = 11.0^\circ$  (사각)

3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1340}{326} = 4.110 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$

### 8.2 교대 2

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이  $N_C$

- $N_C = 1325.00 \text{ mm}$

2) 소요성능  $N_D$

- $N_D = \text{MAX}[\text{응답변위}, N_{\min}] = \text{MAX}[3.21, 319.65] = 319.65 \text{ mm}$

- $N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H) * (1 + 0.000125\theta^2) = 319.65 \text{ mm}$

- $L = 52.00 \text{ m}$  (연속경간장)

- $H = 4.211 \text{ m}$  (총 교각 유효높이 평균길이)

- $\theta = 11.0^\circ$  (사각)

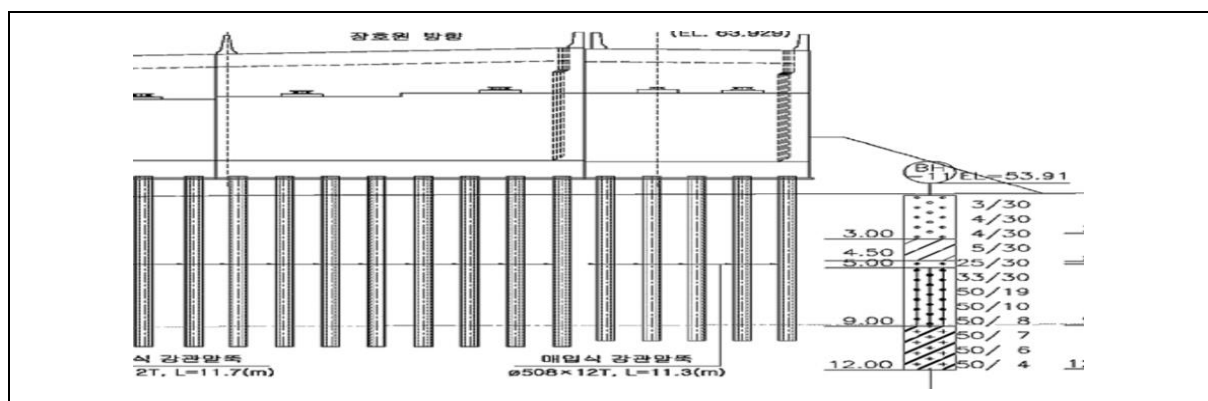
3) 평가

- $\frac{N_C}{N_D} = \frac{1325}{320} = 4.150 \geq 1.0 \quad \therefore \text{O.K}$

교량명 : 응암2교

| 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 |           |

| 지 반 조 건 산 정 |           |        |     |                  |          |                  |          |
|-------------|-----------|--------|-----|------------------|----------|------------------|----------|
| 종류          | 누계<br>(m) | 깊이D(m) | N치  | Vs (m/s)         |          | D / Vs           |          |
|             |           |        |     | Sun et al.(2013) | All Soil | Sun et al.(2013) | All Soil |
| 사질토         | 1.0       | 1.0    | 3   | 116.4            | 102.6    | 0.0086           | 0.0097   |
| 사질토         | 2.0       | 1.0    | 4   | 127.6            | 115.4    | 0.0078           | 0.0087   |
| 사질토         | 3.0       | 1.0    | 4   | 127.6            | 115.4    | 0.0078           | 0.0087   |
| 사질토         | 4.0       | 1.0    | 5   | 137.0            | 126.4    | 0.0073           | 0.0079   |
| 사질토         | 5.0       | 1.0    | 25  | 229.0            | 243.3    | 0.0044           | 0.0041   |
| 사질토         | 6.0       | 1.0    | 33  | 250.2            | 272.4    | 0.0040           | 0.0037   |
| 사질토         | 7.0       | 1.0    | 79  | 330.5            | 388.5    | 0.0030           | 0.0026   |
| 사질토         | 8.0       | 1.0    | 150 | 405.5            | 504.5    | 0.0025           | 0.0020   |
| 사질토         | 9.0       | 1.0    | 188 | 435.5            | 552.4    | 0.0023           | 0.0018   |
| 사질토         | 10.0      | 1.0    | 214 | 454.4            | 583.3    | 0.0022           | 0.0017   |
| 사질토         | 11.0      | 1.0    | 250 | 477.3            | 621.1    | 0.0021           | 0.0016   |
| 사질토         | 12.0      | 1.0    | 300 | 505.9            | 668.9    | 0.0020           | 0.0015   |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
|             |           |        |     |                  |          |                  |          |
| 합 계         |           | 12.0   |     |                  |          | 0.0540           | 0.0540   |
| 평균 전단 파속도   |           |        |     |                  |          | 222.3            | 222.4    |
| 지반조건        |           |        |     |                  |          | S3               | S3       |
|             |           |        |     |                  |          | S3               |          |



응암2교

- 교량명 : 응암2교
- 보링 위치 : -
- 지반 등급 : S3
- 지하수위 : 2.3m
- 지반정보

○ ER : 65  
○ 단위중량

| 구분   | 사실토  | 자갈층  | 풍화토  | 풍화암  |
|------|------|------|------|------|
| 단위종량 | 19.5 | 19.5 | 19.5 | 21.5 |

### - 액상화 예비평가 및 본평가

[illegible]

- 액상화 본평가

[illegible]