

# ◆ 목 차 ◆

## 0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

### 1. 개요

### 2. 하중산정 및 모델링

### 3. 고정하중에 대한 해석

### 4. 설계 지진동

### 5. 고유치 해석

### 6. 지진 해석

### 7. 하중조합에 따른 단면력

### 8. 받침부 평가 (교대)

### 9. 기초부 평가

### 10. 지지길이평가

0. 보강전(내진보강) 내진성능평가 결과 요약

- 교대 2

| A 2 | 구분       |            |    | 보유성능  | 소요성능  | 평가    |       |
|-----|----------|------------|----|-------|-------|-------|-------|
|     | 받침부      | 본체 (kN)    | 교축 | 4,080 | 1,737 | 2.349 | O.K   |
|     |          |            | 교직 | 680   | 868   | 0.783 | N.G   |
|     |          | 앵커볼트 (kN)  | 교축 | 2,432 | 289   | 8.400 | O.K   |
|     |          |            | 교직 | 2,432 | 868   | 2.800 | O.K   |
|     |          | 콘크리트 (kN)  | 교축 | 6,042 | 1,737 | 3.479 | O.K   |
|     |          |            | 교직 | 984   | 868   | 1.133 | O.K   |
|     |          | 프라이아웃 (kN) | 교축 | 896   | 289   | 3.095 | O.K   |
|     |          |            | 교직 | 896   | 868   | 1.032 | O.K   |
|     | 지지길이(mm) |            |    | 교축    | 1,200 | 295   | 4.074 |

- 교대기초 2

| A 2 | 구분          |             |    | 보유성능   | 소요성능  | 평가    |     |
|-----|-------------|-------------|----|--------|-------|-------|-----|
|     | 기초부<br>(교축) | 본체 (kN)     |    | 1,459  | 698   | 2.090 | O.K |
|     |             | 인발 지지력 (kN) |    | 178    | 0     | ∞     | O.K |
|     |             | 수평변위 (mm)   | 고정 | 15.000 | 2.710 | 5.535 | O.K |
|     |             |             | 힌지 | 15.000 | 5.410 | 2.773 | O.K |
|     |             | 응력 검토 (Mpa) |    | 210    | 125   | 1.679 | O.K |

## 1. 개요

### 1.1 교량현황

| 내진성능평가대상 교량현황 |                |      |        |
|---------------|----------------|------|--------|
| 교량명           | 진암1교           | 준공년도 | 1999 년 |
| 본부/지사         | 수원국토관리사무소      | 받침종류 | POT    |
| 상부구조          |                | 하부구조 |        |
| 형식            | STB            | 교각형식 | -      |
| 교량폭원          | 13.385m        | 기초형식 | -      |
| 콘크리트          | 27Mpa          | 콘크리트 | 24Mpa  |
| 교량연장          | 1@45.0=45.000m |      |        |

### 1.2 내진설계

| 구분      | 적용                |
|---------|-------------------|
| 교량등급    | 1 등급교 (내진등급)      |
| 지진구역계수  | 0.11              |
| 위험도계수   | 1.40              |
| 지반종류    | 교축 : S2 , 교직 : S2 |
| 해석방법    | 다중모드스펙트럼해석법       |
| 고유치 해석  | Ritz Vectors      |
| MODE 조합 | C.Q.C 방법          |

#### 지반운동의 고려방향 결정 근거

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

#### 지반분류 근거

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

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

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

### 1.3 사용프로그램 및 해석모델

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

### 1.4 내진성능 평가방법 및 항목

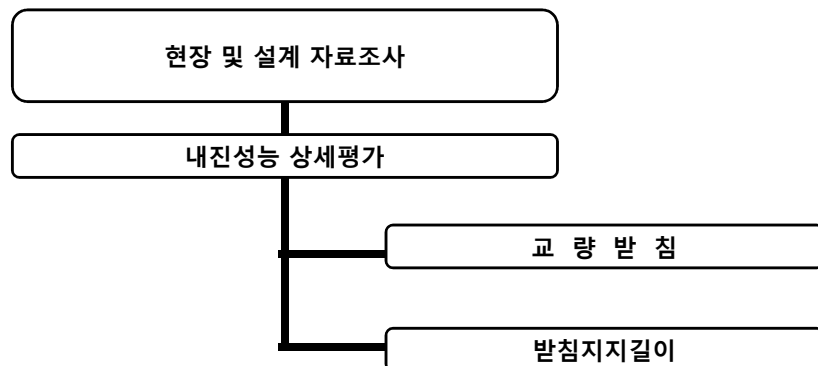
#### 1) 내진성능상세평가 방법

내진성능 상세평가는 내진성능평가 지침에 의거하여 수행한다.

내진성능 상세평가는 교각을 비롯한 교량의 구성요소에 대하여 실시한다.

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

#### 2) 내진성능 평가항목



#### 3) 참고문헌

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

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

내진설계 일반[KDS 17 10 00](국토교통부, 2018)

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

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

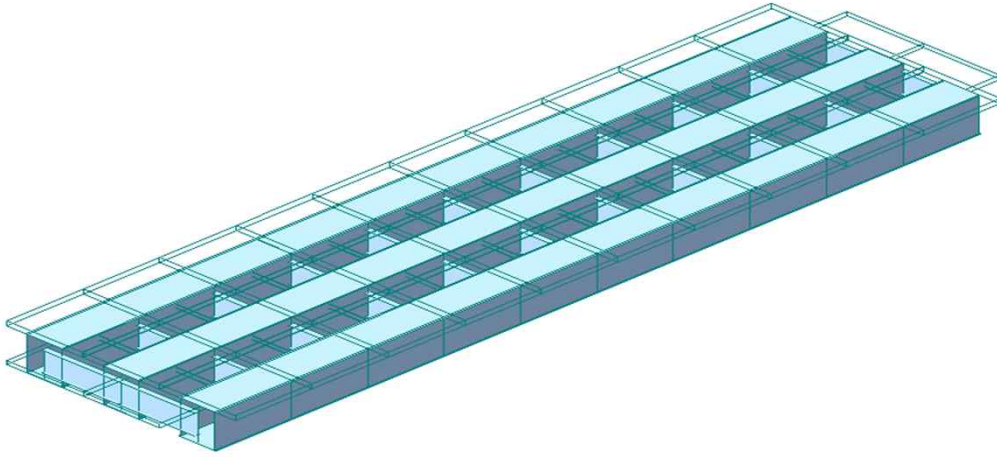
교량 내진성능평가 지침(한국도로공사, 2020)

기타 국토교통부 또는 "발주처"가 제정한 관련 지침 및 시방서

## 2. 하중산정 및 모델링

### 2.1 구조해석 모델

- 해석대상 교량 : STB
- 적용 받침 : POT



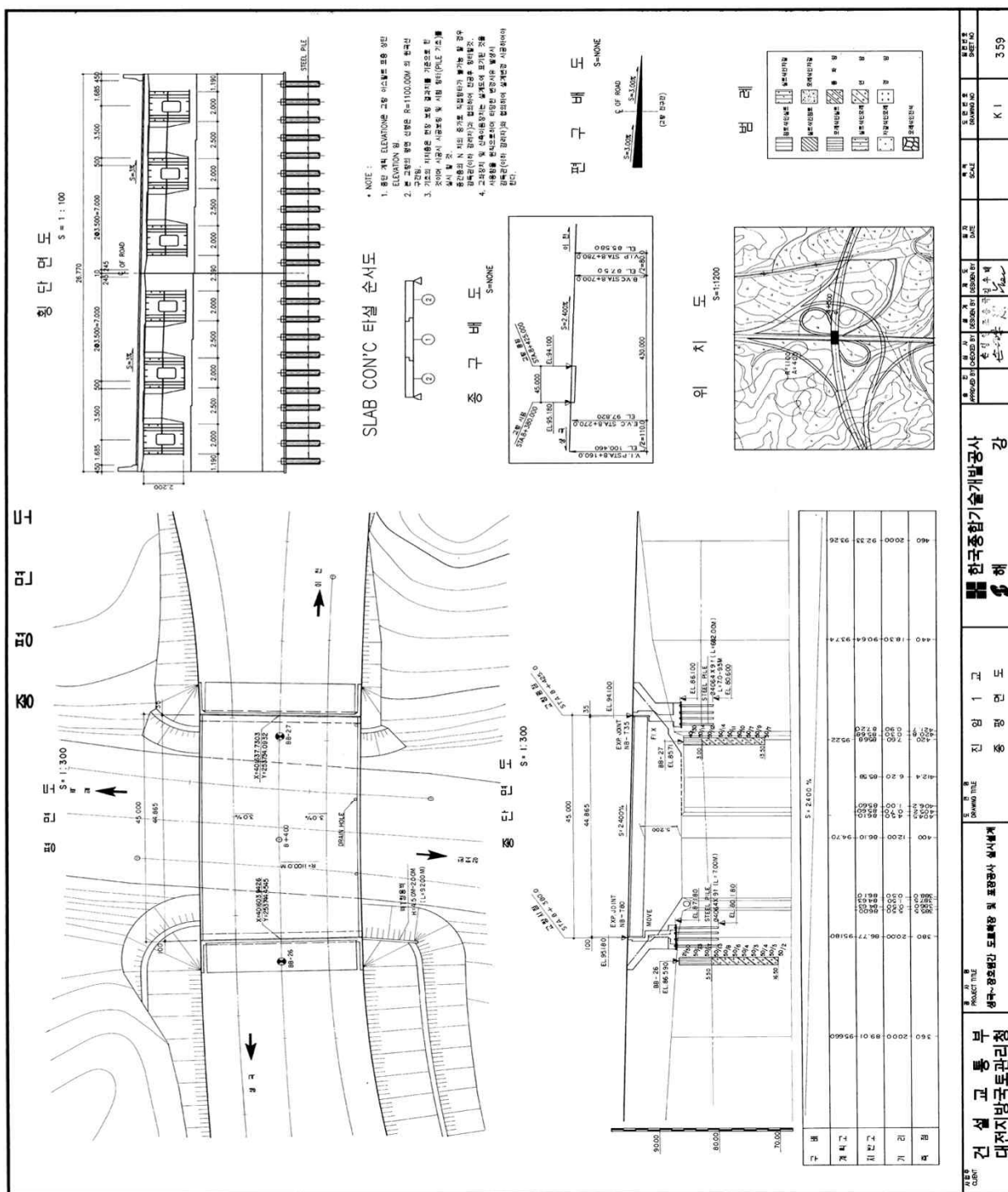
해석대상 구조물 모델링

### 2.2 하중산정 조건

- 구조계산서 반력집계

|        |         |   |      |   |      |   |     |   |            |
|--------|---------|---|------|---|------|---|-----|---|------------|
| ST고정하중 | 188.274 | / | 0.1  | / | 45.0 | / | 3.0 | = | 13.95 kN/m |
| 슬래브    | 13.385  | × | 0.3  | × | 25.0 | / | 3.0 | = | 33.46 kN/m |
| 포장     | 12.935  | × | 0.08 | × | 23.0 | / | 3.0 | = | 7.93 kN/m  |
| 중앙분리대  | 0.45    | × | 1.18 | × | 24.5 |   |     | = | 13.01 kN/m |

## 2.3 설계도면 자료

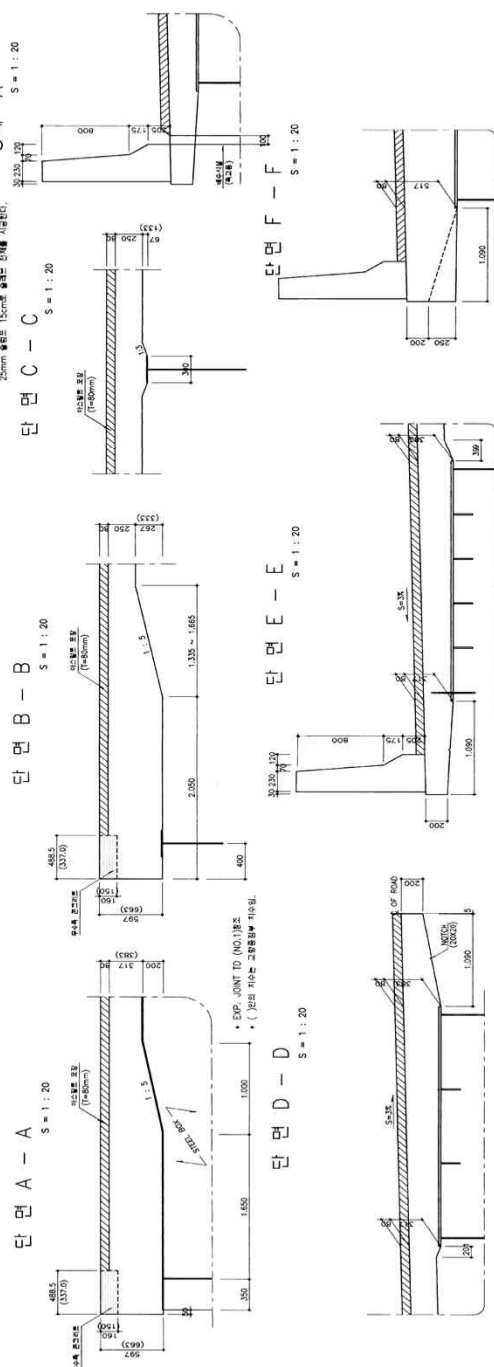


너  
 ㅁ  
 ㅁ0  
 K0

04  
10  
14  
18  
22  
26  
30  
34  
38  
42  
46  
50  
54  
58  
62  
66  
70  
74  
78  
82  
86  
90  
94  
98  
102  
106  
110  
114  
118  
122  
126  
130  
134  
138  
142  
146  
150  
154  
158  
162  
166  
170  
174  
178  
182  
186  
190  
194  
198  
202  
206  
210  
214  
218  
222  
226  
230  
234  
238  
242  
246  
250  
254  
258  
262  
266  
270  
274  
278  
282  
286  
290  
294  
298  
302  
306  
310  
314  
318  
322  
326  
330  
334  
338  
342  
346  
350  
354  
358  
362  
366  
370  
374  
378  
382  
386  
390  
394  
398  
402  
406  
410  
414  
418  
422  
426  
430  
434  
438  
442  
446  
450  
454  
458  
462  
466  
470  
474  
478  
482  
486  
490  
494  
498  
502  
506  
510  
514  
518  
522  
526  
530  
534  
538  
542  
546  
550  
554  
558  
562  
566  
570  
574  
578  
582  
586  
590  
594  
598  
602  
606  
610  
614  
618  
622  
626  
630  
634  
638  
642  
646  
650  
654  
658  
662  
666  
670  
674  
678  
682  
686  
690  
694  
698  
702  
706  
710  
714  
718  
722  
726  
730  
734  
738  
742  
746  
750  
754  
758  
762  
766  
770  
774  
778  
782  
786  
790  
794  
798  
802  
806  
810  
814  
818  
822  
826  
830  
834  
838  
842  
846  
850  
854  
858  
862  
866  
870  
874  
878  
882  
886  
890  
894  
898  
902  
906  
910  
914  
918  
922  
926  
930  
934  
938  
942  
946  
950  
954  
958  
962  
966  
970  
974  
978  
982  
986  
990  
994  
998  
1002  
1006  
1010  
1014  
1018  
1022  
1026  
1030  
1034  
1038  
1042  
1046  
1050  
1054  
1058  
1062  
1066  
1070  
1074  
1078  
1082  
1086  
1090  
1094  
1098  
1102  
1106  
1110  
1114  
1118  
1122  
1126  
1130  
1134  
1138  
1142  
1146  
1150  
1154  
1158  
1162  
1166  
1170  
1174  
1178  
1182  
1186  
1190  
1194  
1198  
1202  
1206  
1210  
1214  
1218  
1222  
1226  
1230  
1234  
1238  
1242  
1246  
1250  
1254  
1258  
1262  
1266  
1270  
1274  
1278  
1282  
1286  
1290  
1294  
1298  
1302  
1306  
1310  
1314  
1318  
1322  
1326  
1330  
1334  
1338  
1342  
1346  
1350  
1354  
1358  
1362  
1366  
1370  
1374  
1378  
1382  
1386  
1390  
1394  
1398  
1402  
1406  
1410  
1414  
1418  
1422  
1426  
1430  
1434  
1438  
1442  
1446  
1450  
1454  
1458  
1462  
1466  
1470  
1474  
1478  
1482  
1486  
1490  
1494  
1498  
1502  
1506  
1510  
1514  
1518  
1522  
1526  
1530  
1534  
1538  
1542  
1546  
1550  
1554  
1558  
1562  
1566  
1570  
1574  
1578  
1582  
1586  
1590  
1594  
1598  
1602  
1606  
1610  
1614  
1618  
1622  
1626  
1630  
1634  
1638  
1642  
1646  
1650  
1654  
1658  
1662  
1666  
1670  
1674  
1678  
1682  
1686  
1690  
1694  
1698  
1702  
1706  
1710  
1714  
1718  
1722  
1726  
1730  
1734  
1738  
1742  
1746  
1750  
1754  
1758  
1762  
1766  
1770  
1774  
1778  
1782  
1786  
1790  
1794  
1798  
1802  
1806  
1810  
1814  
1818  
1822  
1826  
1830  
1834  
1838  
1842  
1846  
1850  
1854  
1858  
1862  
1866  
1870  
1874  
1878  
1882  
1886  
1890  
1894  
1898  
1902  
1906  
1910  
1914  
1918  
1922  
1926  
1930  
1934  
1938  
1942  
1946  
1950  
1954  
1958  
1962  
1966  
1970  
1974  
1978  
1982  
1986  
1990  
1994  
1998  
2002  
2006  
2010  
2014  
2018  
2022  
2026  
2030  
2034  
2038  
2042  
2046  
2050  
2054  
2058  
2062  
2066  
2070  
2074  
2078  
2082  
2086  
2090  
2094  
2098  
2102  
2106  
2110  
2114  
2118  
2122  
2126  
2130  
2134  
2138  
2142  
2146  
2150  
2154  
2158  
2162  
2166  
2170  
2174  
2178  
2182  
2186  
2190  
2194  
2198  
2202  
2206  
2210  
2214  
2218  
2222  
2226  
2230  
2234  
2238  
2242  
2246  
2250  
2254  
2258  
2262  
2266  
2270  
2274  
2278  
2282  
2286  
2290  
2294  
2298  
2302  
2306  
2310  
2314  
2318  
2322  
2326  
2330  
2334  
2338  
2342  
2346  
2350  
2354  
2358  
2362  
2366  
2370  
2374  
2378  
2382  
2386  
2390  
2394  
2398  
2402  
2406  
2410  
2414  
2418  
2422  
2426  
2430  
2434  
2438  
2442  
2446  
2450  
2454  
2458  
2462  
2466  
2470  
2474  
2478  
2482  
2486  
2490  
2494  
2498  
2502  
2506  
2510  
2514  
2518  
2522  
2526  
2530  
2534  
2538  
2542  
2546  
2550  
2554  
2558  
2562  
2566  
2570  
2574  
2578  
2582  
2586  
2590  
2594  
2598  
2602  
2606  
2610  
2614  
2618  
2622  
2626  
2630  
2634  
2638  
2642  
2646  
2650  
2654  
2658  
2662  
2666  
2670  
2674  
2678  
2682  
2686  
2690  
2694  
2698  
2702  
2706  
2710  
2714  
2718  
2722  
2726  
2730  
2734  
2738  
2742  
2746  
2750  
2754  
2758  
2762  
2766  
2770  
2774  
2778  
2782  
2786  
2790  
2794  
2798  
2802  
2806  
2810  
2814  
2818  
2822  
2826  
2830  
2834  
2838  
2842  
2846  
2850  
2854  
2858  
2862  
2866  
2870  
2874  
2878  
2882  
2886  
2890  
2894  
2898  
2902  
2906  
2910  
2914

● 설계 조건

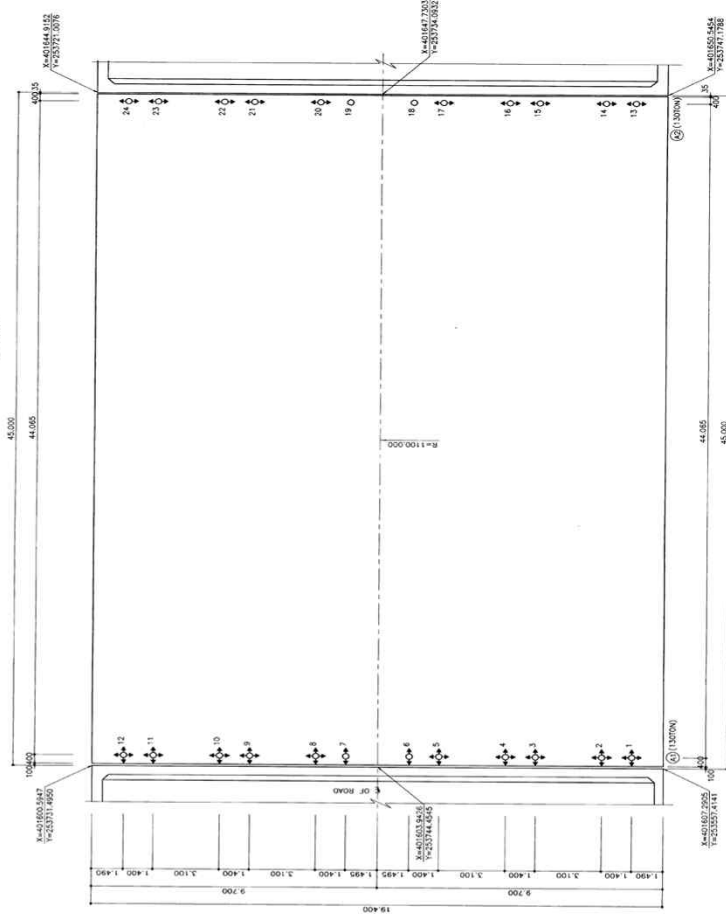
- 1) 구조재 : STEEL BOX GIRDER (합성강)
- 2) 설계종 : DB-24 (비극한 SUB)
- 3) 설계법 : 강도 설계법
- 4) 사용재료 : 콘크리트 -  $\sigma_c = 270 \text{ kg/cm}^2$   
(25-270-15)  
철근 -  $\sigma_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$

[illegible]내  
화  
영  
파  
장



SHOE 배치도

5 = NONE



SHOE 좌표

| 점  | X           | Y           | 점  | X           | Y           |
|----|-------------|-------------|----|-------------|-------------|
| 1  | 401607.3967 | 253725.8475 | 13 | 401649.8984 | 253742.7940 |
| 2  | 401607.0472 | 253734.4822 | 14 | 401649.8035 | 253744.4254 |
| 3  | 401606.2732 | 253751.4894 | 15 | 401648.9066 | 253741.3849 |
| 4  | 401605.9236 | 253750.1247 | 16 | 401648.6557 | 253742.0263 |
| 5  | 401605.1486 | 253747.1259 | 17 | 401648.8028 | 253738.8959 |
| 6  | 401604.8000 | 253745.7772 | 18 | 401647.7079 | 253735.8773 |
| 7  | 401604.0235 | 253742.8919 | 19 | 401647.3782 | 253732.7543 |
| 8  | 401603.7039 | 253741.5253 | 20 | 401646.7833 | 253731.3357 |
| 9  | 401602.8999 | 253738.5244 | 21 | 401646.1303 | 253728.3253 |
| 10 | 401602.5804 | 253737.1688 | 22 | 401645.8356 | 253726.8257 |
| 11 | 401601.8853 | 253734.1870 | 23 | 401645.1825 | 253723.5962 |
| 12 | 401601.4508 | 253732.8713 | 24 | 401644.8977 | 253722.2378 |

SHOE 재료표

| 구   | 분  | SHOE NO | 수  | 량 |
|-----|----|---------|----|---|
| 130 | 구분 | 130     | 2  |   |
| 130 | 구분 | 130     | 2  |   |
| 130 | 구분 | 130     | 10 |   |

범례

|   |       |
|---|-------|
| ○ | 통행 가능 |
| ● | 통행 불가 |
| ○ | 구분    |
| ● | 구분    |

|                  |              |              |           |           |          |            |   |           |             |
|------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|----------|------------|---|-----------|-------------|
| 건설회사<br>대진방구토관리청 | 설계<br>성국-정호원 | 도면작성<br>도면작성 | 검토<br>정호원 | 인양<br>정호원 | SHOE 배치도 | 한국종합기술개발공사 | 강 | 출판<br>K44 | 도면번호<br>402 |
|------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|----------|------------|---|-----------|-------------|

### 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        | 796.6        | 1300         | O.K | -            | -                  |
|    | 2        | 667.0        | 1300         | O.K | -            | -                  |
|    | 3        | 703.4        | 1300         | O.K | -            | -                  |
|    | 4        | 615.2        | 1300         | O.K | -            | -                  |
|    | 5        | 661.9        | 1300         | O.K | -            | -                  |
|    | 6        | 584.0        | 1300         | O.K | 680.0        | -                  |
| A2 | 1        | 801.6        | 1300         | O.K | 680.0        | -                  |
|    | 2        | 684.0        | 1300         | O.K | 680.0        | -                  |
|    | 3        | 704.8        | 1300         | O.K | 680.0        | -                  |
|    | 4        | 624.5        | 1300         | O.K | 680.0        | -                  |
|    | 5        | 667.5        | 1300         | O.K | 680.0        | -                  |
|    | 6        | 546.0        | 1300         | O.K | 680.0        | -                  |

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

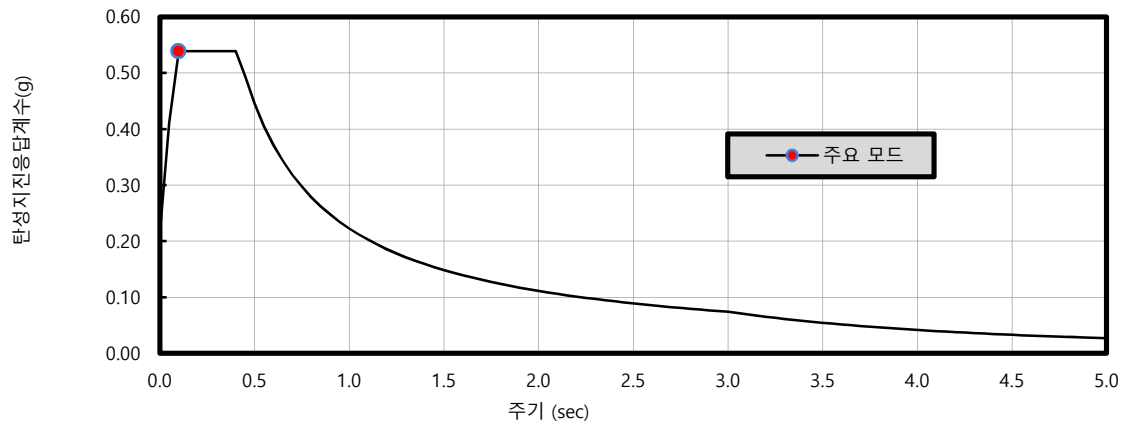
| 지반종류 | 지반종류의 호칭                     | 분류기준         |           |
|------|------------------------------|--------------|-----------|
|      |                              | 기반암 깊이, H(m) | 토층평균전단파속도 |
| S1   | 암반 지반                        | 1 미만         | -         |
| S2   | 얕고 단단한 지반                    | 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 탄성지진 응답계수

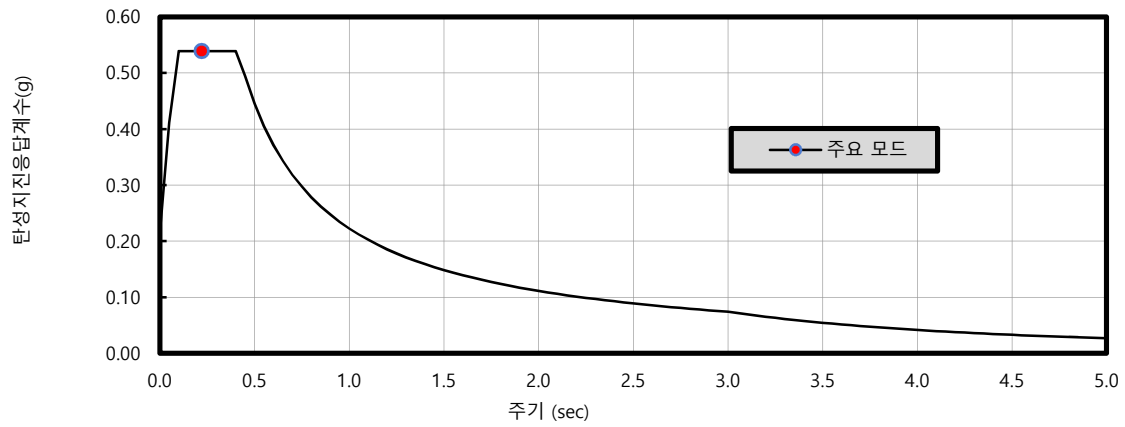
(교축방향 - 5% Damping, S2지반)



| 주기<br>(sec) | 탄성지진<br>응답계수<br>(Cs) | 주기<br>(sec) | 탄성지진<br>응답계수<br>(Cs) |
|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
| 0.000       | 0.216                | 2.550       | 0.087                |
| 0.050       | 0.411                | 2.600       | 0.086                |
| 0.100       | 0.539                | 2.650       | 0.084                |
| 0.150       | 0.539                | 2.700       | 0.082                |
| 0.200       | 0.539                | 2.750       | 0.081                |
| 0.250       | 0.539                | 2.800       | 0.080                |
| 0.300       | 0.539                | 2.850       | 0.078                |
| 0.350       | 0.539                | 2.900       | 0.077                |
| 0.400       | 0.539                | 2.950       | 0.075                |
| 0.450       | 0.495                | 3.000       | 0.074                |
| 0.500       | 0.445                | 3.050       | 0.072                |
| 0.550       | 0.405                | 3.100       | 0.070                |
| 0.600       | 0.371                | 3.150       | 0.067                |
| 0.650       | 0.343                | 3.200       | 0.065                |
| 0.700       | 0.318                | 3.250       | 0.063                |
| 0.750       | 0.297                | 3.300       | 0.061                |
| 0.800       | 0.278                | 3.350       | 0.060                |
| 0.850       | 0.262                | 3.400       | 0.058                |
| 0.900       | 0.247                | 3.450       | 0.056                |
| 0.950       | 0.234                | 3.500       | 0.055                |
| 1.000       | 0.223                | 3.550       | 0.053                |
| 1.050       | 0.212                | 3.600       | 0.052                |
| 1.100       | 0.202                | 3.650       | 0.050                |
| 1.150       | 0.194                | 3.700       | 0.049                |
| 1.200       | 0.186                | 3.750       | 0.048                |
| 1.250       | 0.178                | 3.800       | 0.046                |
| 1.300       | 0.171                | 3.850       | 0.045                |
| 1.350       | 0.165                | 3.900       | 0.044                |
| 1.400       | 0.159                | 3.950       | 0.043                |
| 1.450       | 0.154                | 4.000       | 0.042                |
| 1.500       | 0.148                | 4.050       | 0.041                |
| 1.550       | 0.144                | 4.100       | 0.040                |
| 1.600       | 0.139                | 4.150       | 0.039                |
| 1.650       | 0.135                | 4.200       | 0.038                |
| 1.700       | 0.131                | 4.250       | 0.037                |
| 1.750       | 0.127                | 4.300       | 0.036                |
| 1.800       | 0.124                | 4.350       | 0.035                |
| 1.850       | 0.120                | 4.400       | 0.035                |
| 1.900       | 0.117                | 4.450       | 0.034                |
| 1.950       | 0.114                | 4.500       | 0.033                |
| 2.000       | 0.111                | 4.550       | 0.032                |
| 2.050       | 0.109                | 4.600       | 0.032                |
| 2.100       | 0.106                | 4.650       | 0.031                |
| 2.150       | 0.104                | 4.700       | 0.030                |
| 2.200       | 0.101                | 4.750       | 0.030                |
| 2.250       | 0.099                | 4.800       | 0.029                |
| 2.300       | 0.097                | 4.850       | 0.028                |
| 2.350       | 0.095                | 4.900       | 0.028                |
| 2.400       | 0.093                | 4.950       | 0.027                |
| 2.450       | 0.091                | 5.000       | 0.027                |
| 2.500       | 0.089                | 5.050       | 0.026                |

#### 4.6 탄성지진 응답계수

(교직방향 - 5% Damping, S2지반)



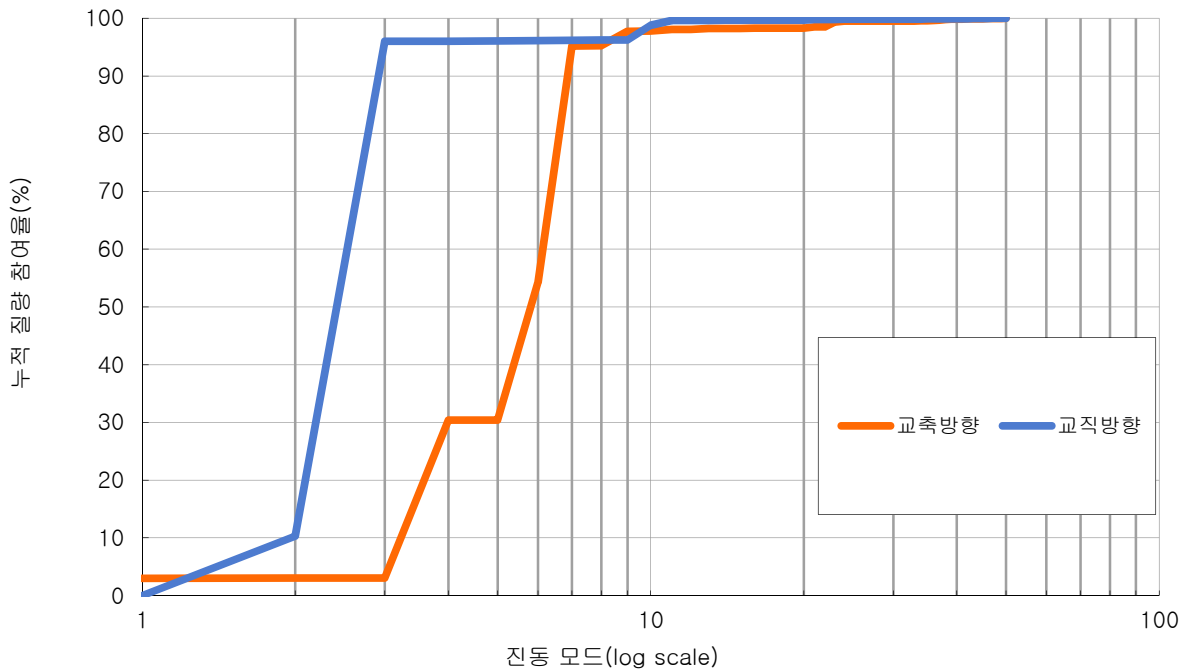
| 주기<br>(sec) | 탄성지진<br>응답계수<br>(Cs) | 주기<br>(sec) | 탄성지진<br>응답계수<br>(Cs) |
|-------------|----------------------|-------------|----------------------|
| 0.000       | 0.216                | 2.550       | 0.087                |
| 0.050       | 0.411                | 2.600       | 0.086                |
| 0.100       | 0.539                | 2.650       | 0.084                |
| 0.150       | 0.539                | 2.700       | 0.082                |
| 0.200       | 0.539                | 2.750       | 0.081                |
| 0.250       | 0.539                | 2.800       | 0.080                |
| 0.300       | 0.539                | 2.850       | 0.078                |
| 0.350       | 0.539                | 2.900       | 0.077                |
| 0.400       | 0.539                | 2.950       | 0.075                |
| 0.450       | 0.495                | 3.000       | 0.074                |
| 0.500       | 0.445                | 3.050       | 0.072                |
| 0.550       | 0.405                | 3.100       | 0.070                |
| 0.600       | 0.371                | 3.150       | 0.067                |
| 0.650       | 0.343                | 3.200       | 0.065                |
| 0.700       | 0.318                | 3.250       | 0.063                |
| 0.750       | 0.297                | 3.300       | 0.061                |
| 0.800       | 0.278                | 3.350       | 0.060                |
| 0.850       | 0.262                | 3.400       | 0.058                |
| 0.900       | 0.247                | 3.450       | 0.056                |
| 0.950       | 0.234                | 3.500       | 0.055                |
| 1.000       | 0.223                | 3.550       | 0.053                |
| 1.050       | 0.212                | 3.600       | 0.052                |
| 1.100       | 0.202                | 3.650       | 0.050                |
| 1.150       | 0.194                | 3.700       | 0.049                |
| 1.200       | 0.186                | 3.750       | 0.048                |
| 1.250       | 0.178                | 3.800       | 0.046                |
| 1.300       | 0.171                | 3.850       | 0.045                |
| 1.350       | 0.165                | 3.900       | 0.044                |
| 1.400       | 0.159                | 3.950       | 0.043                |
| 1.450       | 0.154                | 4.000       | 0.042                |
| 1.500       | 0.148                | 4.050       | 0.041                |
| 1.550       | 0.144                | 4.100       | 0.040                |
| 1.600       | 0.139                | 4.150       | 0.039                |
| 1.650       | 0.135                | 4.200       | 0.038                |
| 1.700       | 0.131                | 4.250       | 0.037                |
| 1.750       | 0.127                | 4.300       | 0.036                |
| 1.800       | 0.124                | 4.350       | 0.035                |
| 1.850       | 0.120                | 4.400       | 0.035                |
| 1.900       | 0.117                | 4.450       | 0.034                |
| 1.950       | 0.114                | 4.500       | 0.033                |
| 2.000       | 0.111                | 4.550       | 0.032                |
| 2.050       | 0.109                | 4.600       | 0.032                |
| 2.100       | 0.106                | 4.650       | 0.031                |
| 2.150       | 0.104                | 4.700       | 0.030                |
| 2.200       | 0.101                | 4.750       | 0.030                |
| 2.250       | 0.099                | 4.800       | 0.029                |
| 2.300       | 0.097                | 4.850       | 0.028                |
| 2.350       | 0.095                | 4.900       | 0.028                |
| 2.400       | 0.093                | 4.950       | 0.027                |
| 2.450       | 0.091                | 5.000       | 0.027                |
| 2.500       | 0.089                | 5.050       | 0.026                |

## 5. 고유치 해석

### 5.1 해석 결과

| 모드 | 주기    | INDIVIDUAL MODE (%) |       |       | CUMULATIVE SUM (%) |        |       | 비고 |
|----|-------|---------------------|-------|-------|--------------------|--------|-------|----|
|    | (sec) | UX                  | UY    | UZ    | UX                 | UY     | UZ    |    |
| 1  | 0.49  | 2.96                | 0.00  | 77.60 | 2.96               | 0.00   | 77.60 |    |
| 2  | 0.25  | 0.05                | 10.27 | 0.04  | 3.01               | 10.27  | 77.64 |    |
| 3  | 0.22  | 0.00                | 85.78 | 0.00  | 3.01               | 96.05  | 77.65 |    |
| 4  | 0.14  | 27.39               | 0.00  | 0.55  | 30.40              | 96.05  | 78.20 |    |
| 5  | 0.11  | 0.00                | 0.05  | 0.00  | 30.41              | 96.10  | 78.20 |    |
| 6  | 0.10  | 23.81               | 0.06  | 0.23  | 54.22              | 96.16  | 78.43 |    |
| 7  | 0.10  | 40.97               | 0.02  | 0.33  | 95.19              | 96.19  | 78.76 |    |
| 8  | 0.07  | 0.06                | 0.04  | 0.25  | 95.25              | 96.23  | 79.02 |    |
| 9  | 0.06  | 2.50                | 0.00  | 8.61  | 97.75              | 96.23  | 87.63 |    |
| 10 | 0.06  | 0.08                | 2.58  | 0.46  | 97.83              | 98.81  | 88.08 |    |
| 11 | 0.06  | 0.25                | 0.80  | 1.04  | 98.08              | 99.61  | 89.12 |    |
| 12 | 0.05  | 0.00                | 0.00  | 0.00  | 98.08              | 99.61  | 89.12 |    |
| 13 | 0.04  | 0.16                | 0.00  | 0.02  | 98.24              | 99.61  | 89.14 |    |
| 14 | 0.04  | 0.00                | 0.09  | 0.01  | 98.24              | 99.69  | 89.15 |    |
| 15 | 0.04  | 0.00                | 0.00  | 0.00  | 98.24              | 99.69  | 89.15 |    |
| 16 | 0.04  | 0.05                | 0.00  | 0.01  | 98.29              | 99.69  | 89.16 |    |
| 17 | 0.03  | 0.00                | 0.00  | 2.25  | 98.29              | 99.69  | 91.41 |    |
| 18 | 0.03  | 0.00                | 0.00  | 0.00  | 98.29              | 99.69  | 91.41 |    |
| 19 | 0.03  | 0.00                | 0.00  | 1.20  | 98.29              | 99.70  | 92.61 |    |
| 20 | 0.03  | 0.01                | 0.01  | 0.02  | 98.31              | 99.71  | 92.64 |    |
| 21 | 0.03  | 0.21                | 0.07  | 0.01  | 98.52              | 99.78  | 92.65 |    |
| 22 | 0.03  | 0.03                | 0.00  | 0.00  | 98.55              | 99.78  | 92.65 |    |
| 23 | 0.03  | 0.80                | 0.00  | 0.05  | 99.35              | 99.78  | 92.70 |    |
| 24 | 0.03  | 0.17                | 0.05  | 0.00  | 99.52              | 99.83  | 92.70 |    |
| 25 | 0.02  | 0.00                | 0.00  | 0.00  | 99.52              | 99.83  | 92.70 |    |
| 26 | 0.02  | 0.00                | 0.00  | 0.78  | 99.52              | 99.83  | 93.48 |    |
| 27 | 0.02  | 0.00                | 0.00  | 0.01  | 99.52              | 99.83  | 93.49 |    |
| 28 | 0.02  | 0.00                | 0.00  | 0.57  | 99.52              | 99.84  | 94.06 |    |
| 29 | 0.02  | 0.00                | 0.00  | 0.02  | 99.53              | 99.84  | 94.08 |    |
| 30 | 0.02  | 0.01                | 0.00  | 0.03  | 99.54              | 99.84  | 94.11 |    |
| 31 | 0.02  | 0.00                | 0.01  | 0.01  | 99.54              | 99.85  | 94.12 |    |
| 32 | 0.02  | 0.00                | 0.00  | 0.02  | 99.54              | 99.85  | 94.14 |    |
| 33 | 0.02  | 0.00                | 0.00  | 0.02  | 99.54              | 99.85  | 94.16 |    |
| 34 | 0.02  | 0.01                | 0.01  | 0.25  | 99.55              | 99.86  | 94.42 |    |
| 35 | 0.02  | 0.01                | 0.02  | 0.07  | 99.55              | 99.88  | 94.49 |    |
| 36 | 0.02  | 0.06                | 0.00  | 0.22  | 99.61              | 99.88  | 94.72 |    |
| 37 | 0.01  | 0.06                | 0.00  | 0.10  | 99.67              | 99.88  | 94.81 |    |
| 38 | 0.01  | 0.15                | 0.00  | 0.77  | 99.82              | 99.88  | 95.59 |    |
| 39 | 0.01  | 0.00                | 0.03  | 0.05  | 99.83              | 99.91  | 95.64 |    |
| 40 | 0.01  | 0.02                | 0.00  | 0.27  | 99.85              | 99.91  | 95.91 |    |
| 41 | 0.01  | 0.00                | 0.01  | 0.00  | 99.85              | 99.92  | 95.91 |    |
| 42 | 0.01  | 0.04                | 0.00  | 0.04  | 99.89              | 99.92  | 95.94 |    |
| 43 | 0.01  | 0.00                | 0.01  | 0.00  | 99.89              | 99.94  | 95.94 |    |
| 44 | 0.01  | 0.02                | 0.00  | 0.01  | 99.91              | 99.94  | 95.95 |    |
| 45 | 0.01  | 0.00                | 0.03  | 0.00  | 99.91              | 99.97  | 95.95 |    |
| 46 | 0.01  | 0.03                | 0.00  | 0.01  | 99.94              | 99.97  | 95.96 |    |
| 47 | 0.01  | 0.00                | 0.03  | 0.00  | 99.94              | 100.00 | 95.96 |    |
| 48 | 0.01  | 0.02                | 0.00  | 0.00  | 99.96              | 100.00 | 95.96 |    |
| 49 | 0.01  | 0.01                | 0.00  | 0.00  | 99.97              | 100.00 | 95.96 |    |
| 50 | 0.00  | 0.03                | 0.00  | 0.00  | 100.00             | 100.00 | 95.97 |    |

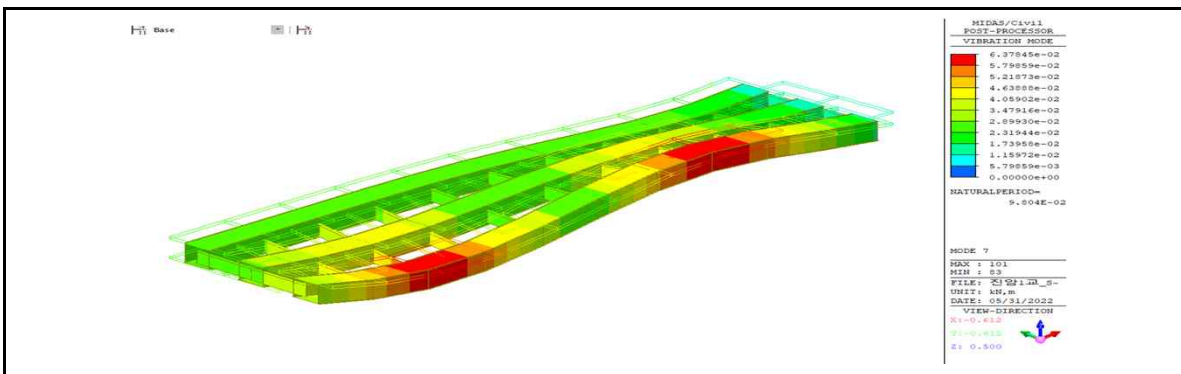
## 5.2 모드별 질량 참여율 그래프



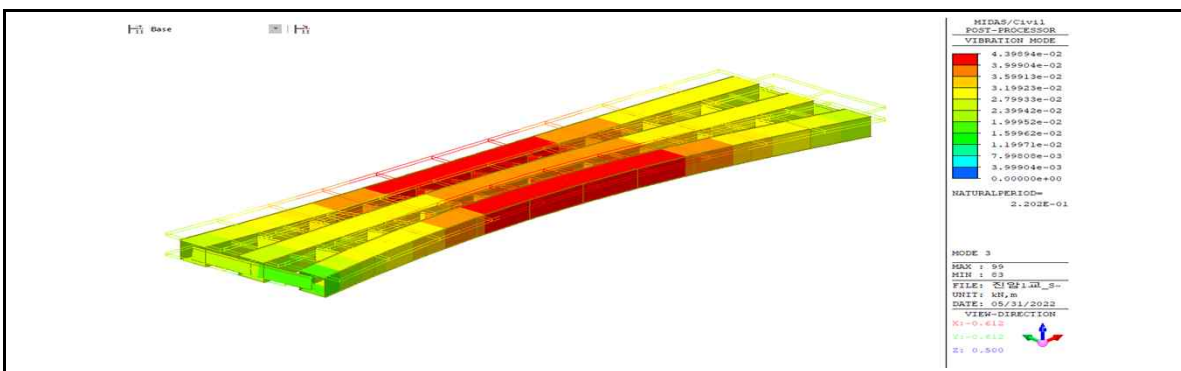
진동모드의 누적 질량 참여율 (%)

## 5.3 주요 모드 형상 (Mode Shape)

○ 교축방향 (T = 0.0980 sec) - 7 Mode (A = 0.5390 g)



○ 교축직각방향 (T = 0.2202 sec) - 3 Mode (A = 0.5390 g)



## 6. 지진 해석

- 산정된 유효강성을 구조해석 모델에 적용하여, 지진해석을 수행

### 6.1 교축방향 해석 (X방향)

| 구분 | 교축방향 |         |           | 교직방향 |         |           |
|----|------|---------|-----------|------|---------|-----------|
|    | 상부변위 | 교각하단    | 교각하단      | 상부변위 | 교각하단    | 교각하단      |
|    | (mm) | 전단력(kN) | 모멘트(kN·m) | (mm) | 전단력(kN) | 모멘트(kN·m) |
| A1 | 2.05 | 0       | 0         | 0.16 | 0       | 0         |
| A2 | 0.51 | 0       | 0         | 0.11 | 0       | 0         |

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

### 6.2 교직방향 해석 (Y방향)

| 구분 | 교축방향 |         |           | 교직방향 |         |           |
|----|------|---------|-----------|------|---------|-----------|
|    | 상부변위 | 교각하단    | 교각하단      | 상부변위 | 교각하단    | 교각하단      |
|    | (mm) | 전단력(kN) | 모멘트(kN·m) | (mm) | 전단력(kN) | 모멘트(kN·m) |
| A1 | 1.14 | 0       | 0         | 3.79 | 0       | 0         |
| A2 | 0.42 | 0       | 0         | 4.41 | 0       | 0         |

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

### 6.3 고정하중 해석

| 구분 | 상단<br>축력 | 교축방향    |           | 하단<br>축력 | 교축방향    |           |
|----|----------|---------|-----------|----------|---------|-----------|
|    |          | 교각하단    | 교각하단      |          | 교각하단    | 교각하단      |
|    | (kN)     | 전단력(kN) | 모멘트(kN·m) | (kN)     | 전단력(kN) | 모멘트(kN·m) |
| A1 | 0        | 0       | 0         | 0        | 0       | 0         |
| A2 | 0.00     | 0       | 0         | 0        | 0       | 0         |

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

7. 하중조합에 따른 단면력

| 7.1 받침부 개당 부재력 집계 (30% 규정 적용) (단위kN) |     |      |
|--------------------------------------|-----|------|
| 교각                                   | 교축력 | 교직력  |
| A1                                   | 0   | 1887 |
| A2                                   | 720 | 2182 |

| 7.2 받침부 전체 부재력 집계 (30% 규정 적용) (단위kN) |      |      |
|--------------------------------------|------|------|
| 교각                                   | 교축력  | 교직력  |
| A1                                   | 0    | 1887 |
| A2                                   | 3878 | 2182 |

7. 지진하중산정

7.1 지진하중 산정

$V = W \times S \times Fa$

여기서,  $W$  = 상부 중량 = 8,056.34 kN

$S$  = 유효 수평지반 가속도계수 = 0.154

$Fa$  = 단주기 지반 증폭계수 = 1.400

| 구 분  | 설계지진하중 (kN) |         |
|------|-------------|---------|
|      | 교축방향        | 교직방향    |
| 교대 1 | 0.000       | 868.473 |
| 교대 2 | 1736.947    | 868.473 |

## 8. 받침부 평가 (교대)

### 8.1 교대 A2

#### 8.1.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량( $f_B$ )

- 교축방향

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

- 교직방향

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

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

- 교축방향

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

- 교직방향

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

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력  $F_{BD}$

- 교축방향

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

- 교직방향

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

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

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

- 교축직각방향

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

### 8.1.2 받침본체 앵커

#### (1) 받침제원

본체규격

|                   |                    |      |                   |
|-------------------|--------------------|------|-------------------|
| C =               | 340                | mm   | 받침 교축방향 길이 (하판)   |
| B =               | 340                | mm   | 받침 교축직각방향 길이 (하판) |
| d <sub>a</sub> =  | 70                 | mm   | 받침부 앵커소켓 직경       |
| d <sub>b</sub> =  | 30                 | mm   | 받침부 앵커볼트 직경       |
| h <sub>ef</sub> = | 240                | mm   | 받침부 앵커 근입 깊이      |
| S <sub>L</sub> =  | 290                | mm   | 받침 교축방향 앵커 간격     |
| S <sub>T</sub> =  | 290                | mm   | 받침 교축직각방향 앵커 간격   |
| n =               | 4                  | ea   | 앵커 개수             |
| 받침부 콘크리트 강도       | f <sub>ck</sub> =  | 24   | MPa               |
| 앵커의 유효단면적         | A <sub>se</sub> =  | 707  | mm <sup>2</sup>   |
| 앵커의 인장강도          | f <sub>uta</sub> = | 860  | MPa               |
| 앵커의 유효 묻힘길이       | h <sub>ef</sub> =  | 240  | mm                |
| 교대부 깊이            | h <sub>cop</sub> = | 2914 | mm                |

#### (2) 강재파괴

##### 1) 보유성능 : 강재강도

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

V<sub>sa</sub> : 앵커갯수

|       |                  |   |   |   |   |   |     |   |     |   |       |    |
|-------|------------------|---|---|---|---|---|-----|---|-----|---|-------|----|
| 교축방향: | V <sub>saL</sub> | = | 4 | X | 1 | X | 707 | X | 860 | = | 2,432 | kN |
| 교직방향: | V <sub>saT</sub> | = | 4 | X | 1 | X | 707 | X | 860 | = | 2,432 | kN |

##### 2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$$F_{ASD}$$

|       |                   |   |                                   |   |             |   |       |    |
|-------|-------------------|---|-----------------------------------|---|-------------|---|-------|----|
| 교축방향: | F <sub>ASDL</sub> | = | F <sub>BDL</sub> / n <sup>L</sup> | = | 3877.81 / 6 | = | 646   | kN |
| 교직방향: | F <sub>ASDT</sub> | = | F <sub>BDT</sub> / n <sup>T</sup> | = | 2182.01 / 1 | = | 2,182 | kN |

##### 3) 평가

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

### (3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도  $V_{cbg}$

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

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

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

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

$\Phi_{ed,v}$  : 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

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

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

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

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

$V_b$  : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

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

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

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

$h_a$  : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향 (전열 앵커로 검토하므로 V/2 적용)

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

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

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

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

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

$$S_L = 290 \quad mm$$

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

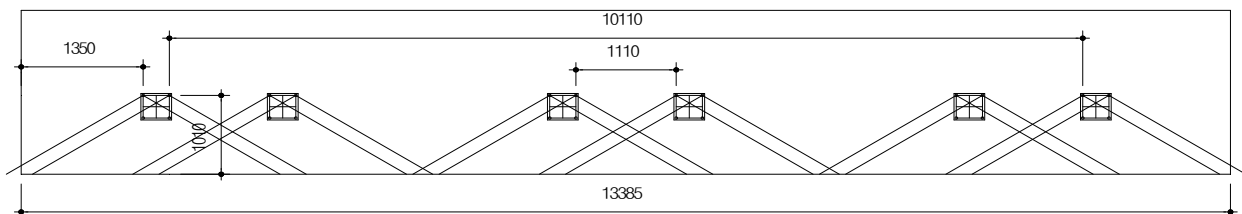
$$S_T = 290 \quad mm$$

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

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

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

$$\text{투영길이} = 13,385 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## ② 교직방향

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

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

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

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

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

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

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

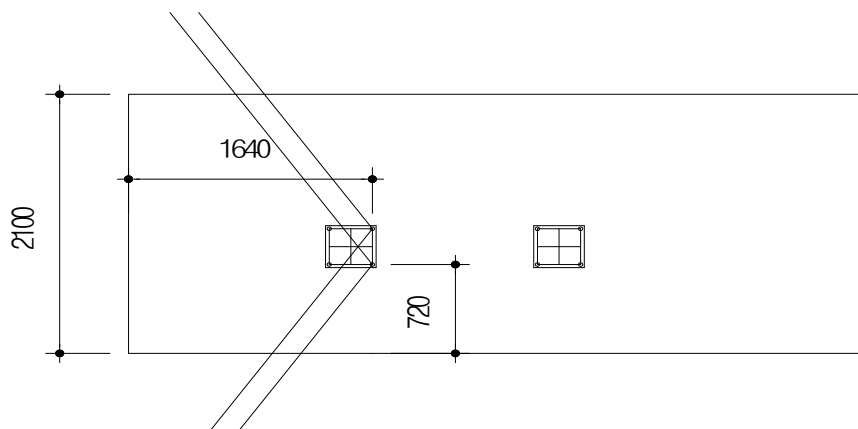
$$S_T = 290 \text{ mm}$$

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

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

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

$$\text{투영길이} = 2,100 \text{ mm}$$



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

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

- 연단거리 재산정 불필요

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

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

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

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

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

3) 평가

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

#### (4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도  $V_{cpg}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

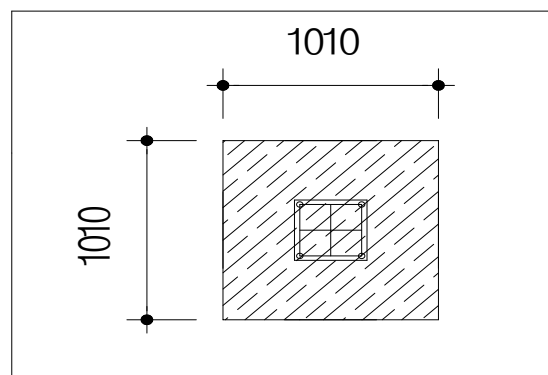
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

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

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

#### ① 교축방향

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{cp} = 2$$

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

- 받침 1기당 보유성능

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

## ② 교직방향

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

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

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

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

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

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

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

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

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

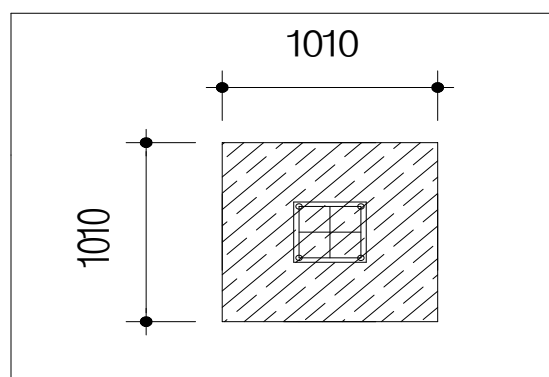
$$h_{ef}' = 240 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

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

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

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

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



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

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

- 앵커의 유효물림깊이  $h_{ef}$  재산정 불필요

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{cp} = 2$$

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

- 받침 1기당 보유성능

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

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$F_{ASD}$

교축방향:  $F_{ASDL} = 646 \text{ kN}$

교직방향:  $F_{ASDT} = 2,182 \text{ kN}$

3) 평가

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

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

(5) 받침부 평가 요약

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

## 8. 받침부 평가 (교대)

### 8.1 교대 A2

#### 8.1.1 받침본체 검토

(1) 받침 1기당 횡방향 저항용량( $f_B$ )

- 교축방향

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

- 교직방향

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

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

- 교축방향

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

- 교직방향

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

(3) 소요성능 : 받침부 평가지진력  $F_{BD}$

- 교축방향

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

- 교직방향

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

(4) 받침본체 내진성능평가

- 교축방향

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

- 교축직각방향

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

### 8.1.2 받침본체 앵커

#### (1) 받침제원

본체규격

|                   |                    |      |                   |
|-------------------|--------------------|------|-------------------|
| C =               | 340                | mm   | 받침 교축방향 길이 (하판)   |
| B =               | 340                | mm   | 받침 교축직각방향 길이 (하판) |
| d <sub>a</sub> =  | 70                 | mm   | 받침부 앵커소켓 직경       |
| d <sub>b</sub> =  | 30                 | mm   | 받침부 앵커볼트 직경       |
| h <sub>ef</sub> = | 240                | mm   | 받침부 앵커 근입 깊이      |
| S <sub>L</sub> =  | 290                | mm   | 받침 교축방향 앵커 간격     |
| S <sub>T</sub> =  | 290                | mm   | 받침 교축직각방향 앵커 간격   |
| n =               | 4                  | ea   | 앵커 개수             |
| 받침부 콘크리트 강도       | f <sub>ck</sub> =  | 24   | MPa               |
| 앵커의 유효단면적         | A <sub>se</sub> =  | 707  | mm <sup>2</sup>   |
| 앵커의 인장강도          | f <sub>uta</sub> = | 860  | MPa               |
| 앵커의 유효 묻힘길이       | h <sub>ef</sub> =  | 240  | mm                |
| 교대부 깊이            | h <sub>cop</sub> = | 2914 | mm                |

#### (2) 강재파괴

##### 1) 보유성능 : 강재강도

V<sub>sa</sub>

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

n : 앵커갯수

|       |                  |   |   |   |   |   |     |   |     |   |       |    |
|-------|------------------|---|---|---|---|---|-----|---|-----|---|-------|----|
| 교축방향: | V <sub>saL</sub> | = | 4 | X | 1 | X | 707 | X | 860 | = | 2,432 | kN |
| 교직방향: | V <sub>saT</sub> | = | 4 | X | 1 | X | 707 | X | 860 | = | 2,432 | kN |

##### 2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

F<sub>ASD</sub>

|       |                   |   |                  |   |                |   |         |   |   |   |     |    |
|-------|-------------------|---|------------------|---|----------------|---|---------|---|---|---|-----|----|
| 교축방향: | F <sub>ASDL</sub> | = | F <sub>BDL</sub> | / | n <sup>L</sup> | = | 1736.95 | / | 6 | = | 289 | kN |
| 교직방향: | F <sub>ASDT</sub> | = | F <sub>BDT</sub> | / | n <sup>T</sup> | = | 868.47  | / | 1 | = | 868 | kN |

##### 3) 평가

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

### (3) 콘크리트 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도  $V_{cbg}$

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

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

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

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

$\Phi_{ed,v}$  : 연단거리 영향에 대한 전단강도 수정계수

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

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

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

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

$V_b$  : 전단력을 받는 단일 앵커의 기본콘크리트 파괴강도 (kN)

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

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

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

$h_a$  : 앵커가 정착되는 콘크리트 두께(mm)

① 교축방향 (전열 앵커로 검토하므로 V/2 적용)

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

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

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

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

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

$$S_L = 290 \quad mm$$

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

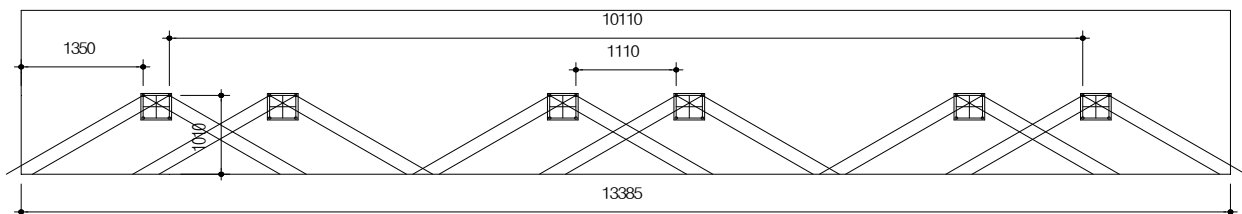
$$S_T = 290 \quad mm$$

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

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

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

$$\text{투영길이} = 13,385 \quad mm$$



'- 파괴선이 겹치므로 전체받침 앵커그룹으로 저항

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## ② 교직방향

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

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

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

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

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

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

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

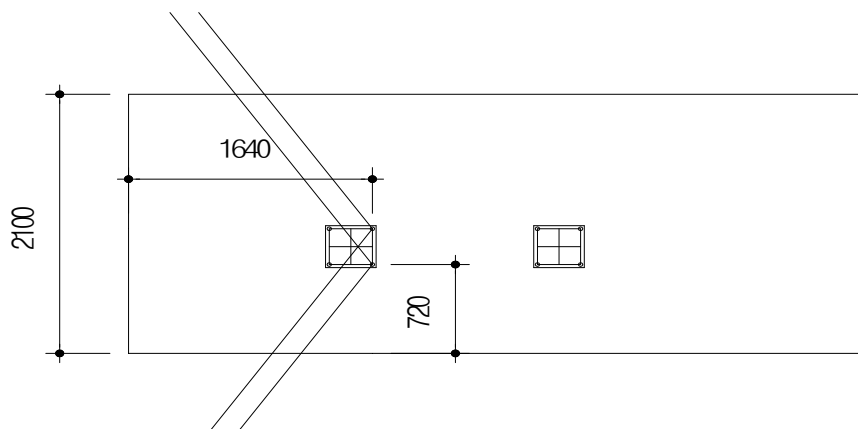
$$S_T = 290 \text{ mm}$$

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

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

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

$$\text{투영길이} = 2,100 \text{ mm}$$



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

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

- 연단거리 재산정 불필요

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

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

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

2) 소요성능 : 앵커부 요구성능

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

3) 평가

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

#### (4) 콘크리트 프라이 아웃 파괴

1) 보유성능 : 콘크리트 파괴강도  $V_{cpg}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

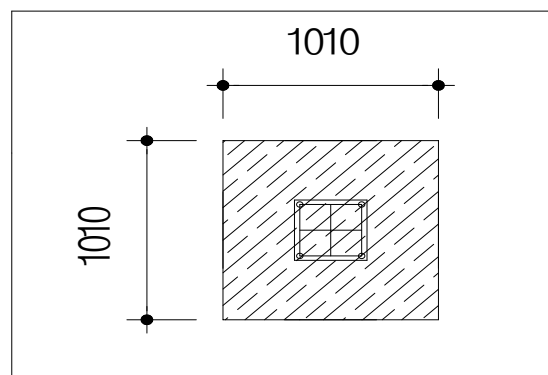
$$N_b = 3.9\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3} \quad (280 < h_{ef} < 635) \quad N_b = 10\sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$$

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

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

#### ① 교축방향

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{cp} = 2$$

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

- 받침 1기당 보유성능

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

## ② 교직방향

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

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

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

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

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

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

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

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

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

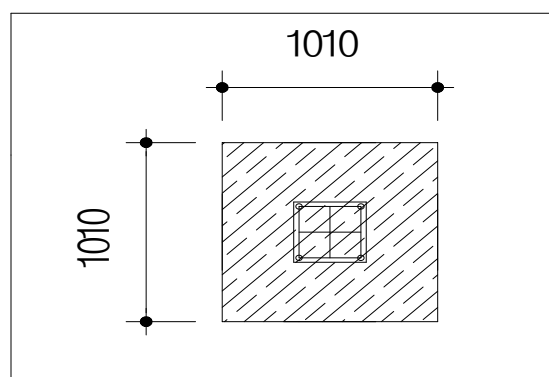
$$h_{ef}' = 240 \text{ mm (유효물침깊이)}$$

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

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

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

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



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

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

- 앵커의 유효물림깊이  $h_{ef}$  재산정 불필요

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

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

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

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

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

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

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

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

$$k_{cp} = 2$$

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

- 받침 1기당 보유성능

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

2) 소요성능 : 받침 1기당 평가지진력

$F_{ASD}$

교축방향:  $F_{ASDL} = 289 \text{ kN}$

교직방향:  $F_{ASDT} = 868 \text{ kN}$

3) 평가

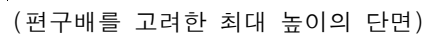
교축방향  $\frac{V_{cpGL}}{F_{ASDL}} = \frac{896}{289} = 3.095 > 1.0 \quad \text{OK}$

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

(5) 받침부 평가 요약

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

### 9.1.1 단면 제원



1) 고정하중 반력 (Dc)

262.330 kN/m

## 38.616 kN/m

129.768 kN/m

## 0.11

1.40

0.077 (A/2 적용)

내진설계에 의해 수평력 산출

## 9.2 교대

### 9.2.1 하중산정

- 지진시 배면에 작용하는 수평토압 (EH)

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

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

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

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

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

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

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

$$= 0.3138$$

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

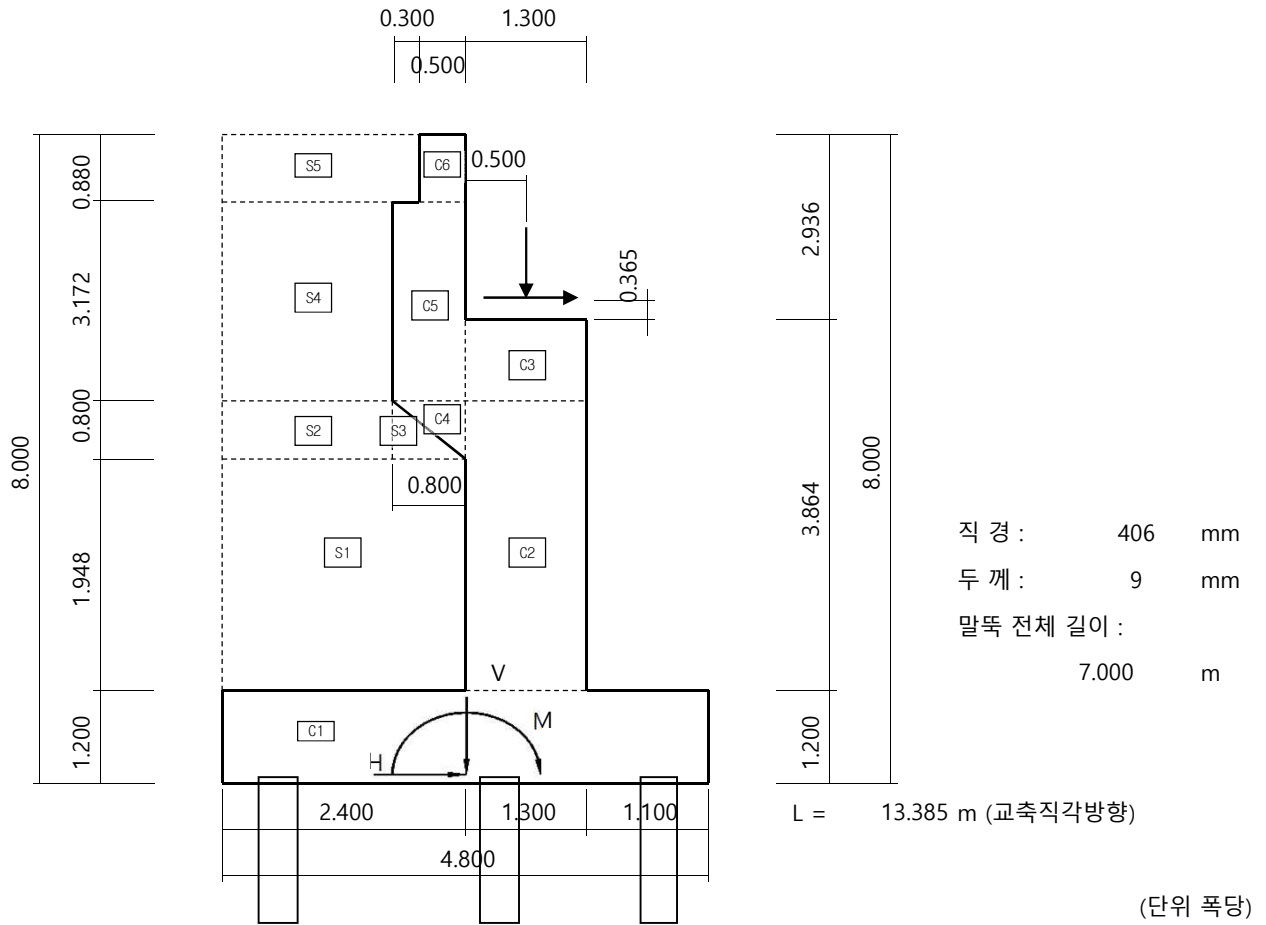
$$Z1 = 0.000 \text{ m} ; q1 = 0.3138 \times 20.00 \times 0.000 = 0.000 \text{ kN/m}^2$$

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

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

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

- 구체에 의한 작용력(Dc) 및 뒷채움에 의한 작용력(Ev)



| 구분                  |    | A      | γ     | W       | K <sub>h</sub> | H      | x     | y     | M <sub>R</sub> | M       |
|---------------------|----|--------|-------|---------|----------------|--------|-------|-------|----------------|---------|
| 구<br><br>체          | C1 | 5.760  | 25.00 | 144.000 | 0.077          | 11.088 | 2.400 | 0.600 | 345.600        | 6.653   |
|                     | C2 | 3.572  | 25.00 | 89.310  | 0.077          | 6.877  | 1.750 | 2.574 | 156.293        | 17.701  |
|                     | C3 | 1.451  | 25.00 | 36.270  | 0.077          | 2.793  | 1.750 | 4.506 | 63.473         | 12.584  |
|                     | C4 | 0.320  | 25.00 | 8.000   | 0.077          | 0.616  | 2.667 | 3.681 | 21.333         | 2.268   |
|                     | C5 | 2.538  | 25.00 | 63.440  | 0.077          | 4.885  | 2.800 | 5.534 | 177.632        | 27.033  |
|                     | C6 | 0.440  | 25.00 | 11.000  | 0.077          | 0.847  | 2.650 | 7.560 | 29.150         | 6.403   |
|                     | 소계 | 14.081 |       | 352.020 |                | 27.106 |       |       | 793.480        | 72.642  |
| 뒷<br><br>채<br><br>움 | S1 | 4.675  | 20.00 | 93.504  | 0.077          | 7.200  | 3.600 | 2.174 | 336.614        | 15.652  |
|                     | S2 | 1.280  | 20.00 | 25.600  | 0.077          | 1.971  | 4.000 | 3.548 | 102.400        | 6.994   |
|                     | S3 | 0.320  | 20.00 | 6.400   | 0.077          | 0.493  | 2.933 | 3.415 | 18.773         | 1.683   |
|                     | S4 | 5.075  | 20.00 | 101.504 | 0.077          | 7.816  | 4.000 | 5.534 | 406.016        | 43.253  |
|                     | S5 | 1.672  | 20.00 | 33.440  | 0.077          | 2.575  | 3.850 | 7.560 | 128.744        | 19.466  |
|                     | 소계 | 13.022 |       | 260.448 |                | 20.054 |       |       | 992.548        | 87.048  |
| 총 계                 |    |        |       | 612.468 |                | 47.160 |       |       | 1786.028       | 159.690 |

9.2.3 안정검토

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

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

=

377.760

kN

=

913.415

kN

=

2357.827

kN.m

=

1667.529

kN.m

- 말뚝계산

1) 말뚝 제원

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

2) 허용지지력 (말뚝 본당, 상시기준)

① 단면제원 (부식두께 2.00 mm )

- 말뚝의 면적

$A_p$

=

8695.300 mm<sup>2</sup>

- 선단폐쇄면적

$A$

=

127176.195 mm<sup>2</sup>

- 단면2차모멘트

$I$

=

169982000.000 mm<sup>4</sup>

- 탄성계수

$E$

=

40000.0 Mpa

② 수직허용지지력

- 말뚝선단의 N치 =

50

- 최대주면마찰력(f)=2N=2x31.000

=

620.0 kN/m<sup>2</sup>

>

100 kN/m<sup>2</sup>

$V_a = 1/3 \times [30 \times N \times A + U \times \sum (l \times f)]$

(항타 말뚝이라 가정)

$= 1/3 \times (30 \times 50 \times 10 \times 127,176.195 / 1000000 + \pi \times 402.40 / 1000 \times 8.000 \times 100.000)$

=

972.99 kN/본

$V_a$

=

972.990 kN/본

( 상시 허용지지력)

③ 수평허용지지력

- 말뚝두부의 허용수평변위 δa =

15 mm

3) 스프링 정수 계산(말뚝본당)

- 무한장 말뚝 판정

(상 시)

$\beta_i = 0.00095 \times 6900 =$

6.56

>

3.0

∴ 반무한장 말뚝

(지진시)

$\beta_i = 0.00116 \times 6900 =$

8.00

>

3.0

∴ 반무한장 말뚝

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

4) 연립방정식 정수 계산(말뚝 전체)

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

5) 말뚝도심에 작용하는 상부전달하중(전체)

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

6) 말뚝도심점의 변위

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

7) 말뚝두부의 변위

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

8) 외력에 의한 말뚝의 분력(말뚝본당)

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

9) 정밀성 검토(전체하중)

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

10) 말뚝의 최대반력집계(말뚝본당)

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

11) 말뚝 본체 설계

① 말뚝머리부 수직반력 검토

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

② 인발력 검토

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

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

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

③ 말뚝머리부 수평반력 검토 (고정)

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

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

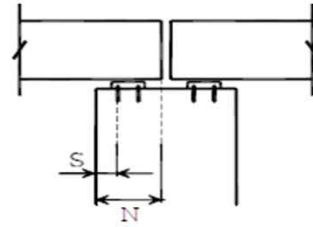
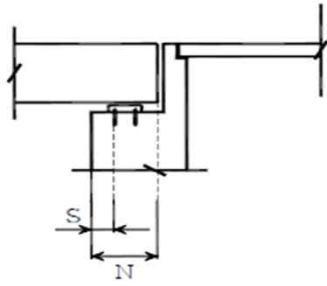
$$(지진시) \quad \text{말뚝머리 고정 : } \delta = H / (4EI\beta^3) = 2.710 \text{ mm} \quad \therefore \text{O.K}$$

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

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

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

## 10. 지지길이평가



### 10.1 교대 1

1) 보유성능 : 교각의 받침지지길이  $N_C$

- $N_C = 1200.00 \text{ mm}$

2) 소요성능  $N_D$

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

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

- $L = 45.0 \text{ m}$  (연속경간장)

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

- $\theta = 0^\circ$  (사각)

3) 평가

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