

# 제8장 서오창IC Ramp-A1교

---

- 8.1 시설물의 개요
- 8.2 현장조사 및 시험
- 8.3 상태평가
- 8.4 교량 재하시험
- 8.5 안전성평가 및 내하력평가
- 8.6 종합평가 및 안전등급
- 8.7 종합결론



# 제8장 서오창IC Ramp-A1교

## 8.1 시설물의 개요

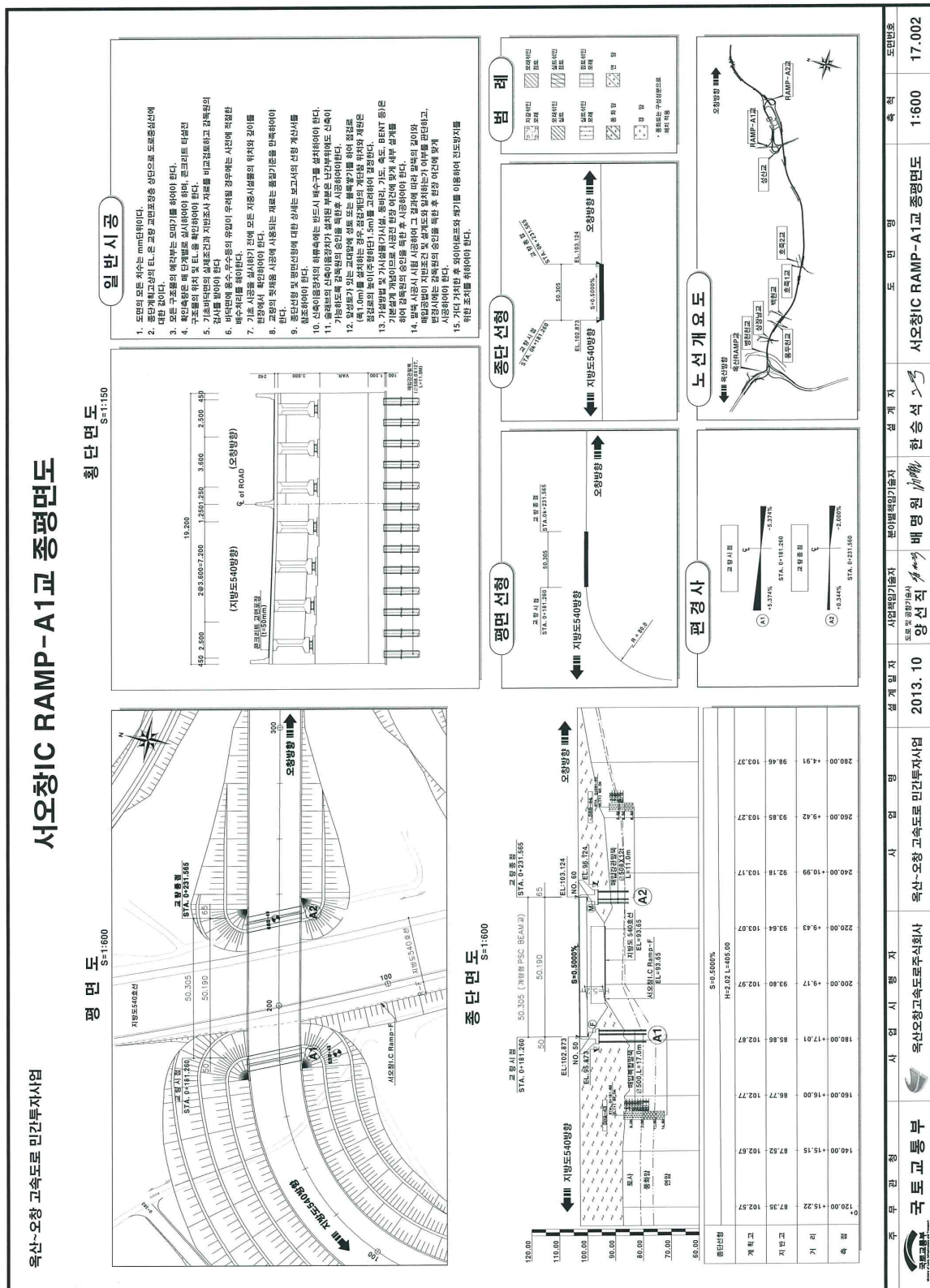
### 8.1.1 교량개요

본 초기점검 대상 시설물인 서오창IC Ramp-A1교에 대한 시설물 현황은 다음과 같다.

【표 2.8.1】 과업대상 시설물의 개요

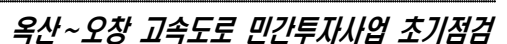
| 구 분                                                                                 |    | 내 용                 |  | 구 분                                                                                  |    | 내 용                      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------|--|
| 시설물명                                                                                |    | 서오 창IC Ramp-A1교     |  | 시설물번호                                                                                |    | -                        |  |
| 준공년월일                                                                               |    | 2018. 01. 13        |  | 관리번호                                                                                 |    | -                        |  |
| 시설물위치                                                                               |    | 충북 청주시 청원구 오창읍      |  |                                                                                      |    |                          |  |
| 설계하중                                                                                |    | DB, DL-24           |  | 노선명(이정)                                                                              |    | 아산청주고속도로(옥산-오창)          |  |
| 제원                                                                                  | 연장 | L = 50.305m         |  |                                                                                      |    |                          |  |
|                                                                                     | 폭  | B = 19.2m           |  |                                                                                      |    |                          |  |
| 구조<br>형식                                                                            | 상부 | 개량형 PSC BEAM(Bicon) |  | 기초<br>형식                                                                             | 교대 | 매입복합말뚝(A1)<br>매입강관말뚝(A2) |  |
|                                                                                     | 하부 | 교대:역T형              |  |                                                                                      | 교각 | -                        |  |
| 교량받침                                                                                |    | 탄성받침                |  | 신축이음                                                                                 |    | 뉴모노셀 조인트                 |  |
| 교차시설물                                                                               |    | 도로(지방도 540호선)       |  | 통과높이                                                                                 |    | 5.2m                     |  |
| 부착시설<br>(도로, 철도, 하천)                                                                |    | -                   |  |                                                                                      |    |                          |  |
| 기 타                                                                                 |    | -                   |  |                                                                                      |    |                          |  |
|  |    |                     |  |  |    |                          |  |
| 상면전경                                                                                |    |                     |  | 측면전경                                                                                 |    |                          |  |

### 8.1.2 관련도면



【그림 2.8.1】 종평면도

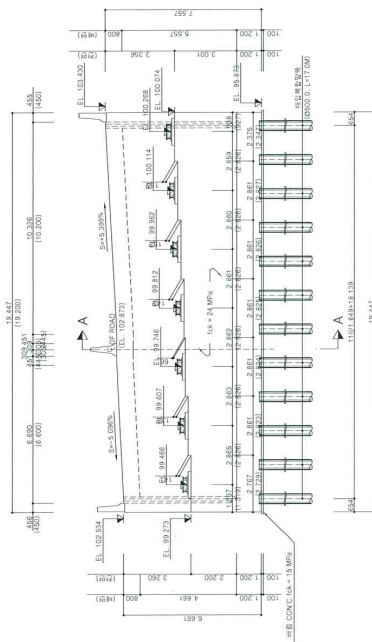
**옥산~오창 고속도로 민간투자사업 초기점검**



서오창IC RAMP-A1교 교대 일반도 (1)  
(A1)

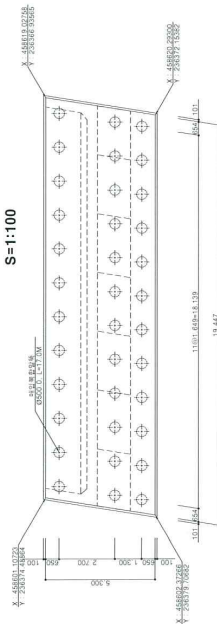
옥산~오창 고속도로 민간투자사업

정밀도  
S=1:100



- 곽호연의 시수는 적거리임.

내  
편  
중  
의  
책



말뚝기이 테이블

[illegible]

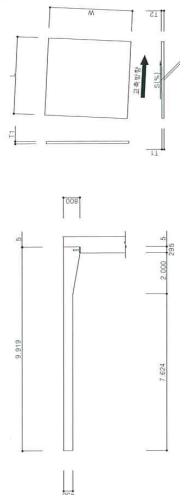
테이스트

|      |                       |
|------|-----------------------|
| 구분   | 인장                    |
| 강관길이 | $L=4\ 900\text{m}$    |
| 단면적  | $I=12\ 100\text{m}^4$ |

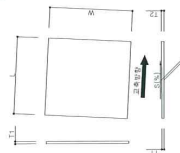
연단거리 테이블

| 구분   | 도표고 및 크기                                                                    | 적용거리         |
|------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 단면거리 | $S = 200 \pm 50L \leq 200 + 5.0 \times 50.3 = 452mm$                        | $S = 523mm$  |
| 저지거리 | $N = [200 + 1.67L + 6.66H] \times [(1 - 0.000125 \ln \frac{H}{2}) - 287mm]$ | $N = 1521mm$ |

노무현 대통령 취임식



순플레이트 상세  
S=1:20



## 솔플레이트 상세 TABLE

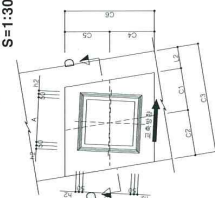
| NO | Q1%    | L   | W   | T  | T1 | T2 |
|----|--------|-----|-----|----|----|----|
| ①  | -0.371 | 750 | 800 | 24 | 26 | 22 |
| ②  | -0.191 | 750 | 800 | 23 | 24 | 22 |
| ③  | 0.090  | 750 | 800 | 22 | 22 | 22 |
| ④  | 0.373  | 800 | 750 | 23 | 22 | 24 |
| ⑤  | 0.446  | 750 | 800 | 24 | 22 | 26 |
| ⑥  | 0.684  | 750 | 800 | 25 | 22 | 28 |
| ⑦  | 0.854  | 750 | 800 | 26 |    | 28 |

NOTE

1. 모든 구조물의 두께는 mm 단위 범위.
2. 구개 콘크리트 두께는 모든 deck = 24 MPa 이다.
3. 구개 콘크리트는 지층에 지주와 함께 단층이 타설되어 있다.
4. 코팅방식은 철근의 내식성을 높이고 부식 방지를 위하여 사용한다.
5. 방수방식은 평상시 습기에 대한 보호를 위하여는 구개 콘크리트 또는 주철, 철근과 콘크리트 보기를 적용하여야 한다.
6. 모든 구조물의 콘크리트는 마가거 호의 규격(120mm $\times$ 20mm).
7. 방수 ANGLE 하의 철근은 수평으로 놓여 설치하여야 한다.
8. 방수 SHEET 하의 철근은 수평으로 놓여 설치한다.
9. 콘크리트 타설과 경면의 부수 및 모든 구조물의 지지와 하역 하중의 부수적응을 한다.

1. 설계 법: 강도설계법
2. 콘크리트 :  $f_{ck} = 24 \text{ Mpa}$
3. 철근 :  $f_y = 300 \text{ Mpa}$
4. 설계 하중: DB-24, DL-24

교량받침 상세



타이 D-D<sup>s</sup>



## 8.2 현장조사 및 시험

### 8.2.1 외관조사 결과

본 점검 대상 구조물인 서오창IC Ramp-A1교에 대하여 각각 부재별로 외관조사를 실시하여 손상발생 현황에 대한 조사를 실시하였으며, 외관조사 결과는 다음과 같다.

#### 가. 교면포장

교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되어 있으며, 포장면에 대한 점검결과, 포장균열, 파손 등의 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



#### 나. 배수시설

본 교량에 설치된 배수시설은 육교형 배수관(알루미늄 강관 Pipe)으로서, 설치된 배수구는 설계도면에 준하여 적정하게 시공된 것으로 확인되었으며, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

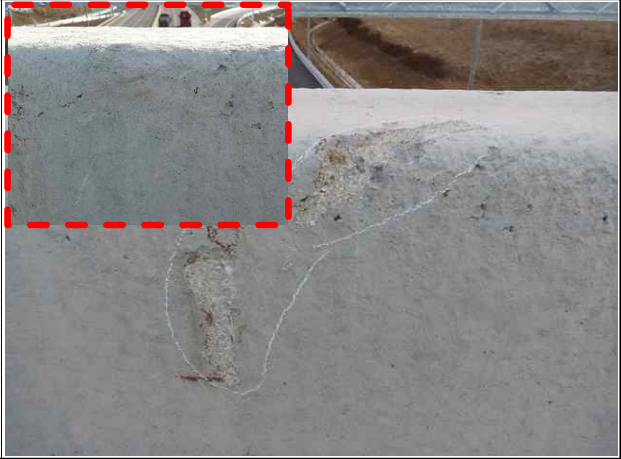


## 다. 난간 및 연석

본 교량의 좌·우측 방호벽 및 중앙분리대는 콘크리트 구조로 시공되어있다. 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 일부 구간에서 균열(폭 0.3mm미만), 박리 등의 손상이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

| 구 분 | 손상상태          | 손상물량                    | 비 고  |
|-----|---------------|-------------------------|------|
| 방호벽 | 균열(폭 0.3mm미만) | 8.7m/14ea               | 보수완료 |
|     | 박리            | 0.08m <sup>2</sup> /1ea | 보수완료 |

|                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| 방호벽 균열(폭 0.1mm)(보수완료)                                                              | 방호벽 박리(보수완료)                                                                        |

## 라. 신축이음

본 교량의 신축이음장치는 총 2개소(A1, A2)에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 점검 결과, 조인트 본체 및 후타재에 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 신축이음의 거동 상태도 양호한 것으로 나타났다.

|                                                                                     |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| 신축이음 상태양호(A1)                                                                       | 신축이음 상태양호(A2)                                                                        |

### 마. 바닥판 하면

바닥판은 철근콘크리트 구조로 시공되어 있다. 바닥판에 대한 외관조사 결과, 특별한 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



### 바. 거더

본 교량의 거더는 Bicon Girder 형식이며, 외관조사 결과 특별한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



### 사. 가로보

본 교량의 가로보는 콘크리트 가로보로 시공되어 있다. 가로보에 대한 점검결과, 구조적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.



### 아. 교량받침

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 장치로서 교량의 내구성, 안정관련된 중요한 구조요소이다. 또한 고정하중, 활하중 등에 의해서 상부구조에 발생하는 변위뿐만 아니라 온도변화 및 크리프에 의해서도 교량의 변위, 변형이 발생하므로 상·하부 구조를 별개로 한 경우 이들의 접점에 있는 받침은 그 변위를 흡수하는 구조로 하거나 변위에 의해 발생하는 하중에 저항할 수 있는 구조이다.

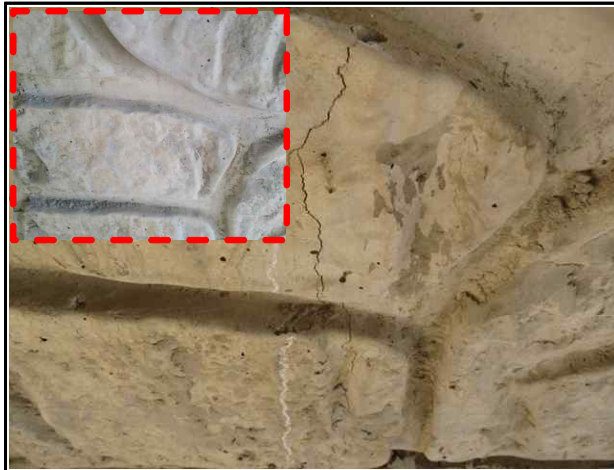
본 교량의 받침장치는 탄성받침 형식으로 총 14개소(7개소/교대 1EA당)가 설치되어 있으며, A1에 고정단이 설치되어 있다. 교량받침에 대한 점검결과, 받침 본체 및 받침콘크리트에 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.



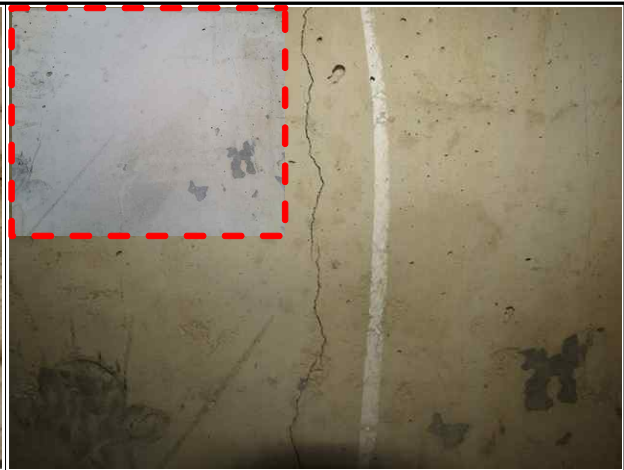
## 자. 교대

교대는 역T형으로 시공되어 있다. 교대 점검결과, 균열(폭 0.3mm미만 및 이상)이 일부 조사되었으나, 준공 전 시공사측에서 보수조치를 실시하여 현재 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

| 구 분 | 손상상태          | 손상물량     | 비 고  |
|-----|---------------|----------|------|
| 교대  | 균열(폭 0.3mm미만) | 2.5m/2ea | 보수완료 |
|     | 균열(폭 0.3mm이상) | 1.0m/1ea | 보수완료 |



교대 A1 균열(폭 0.3mm미만)(보수완료)

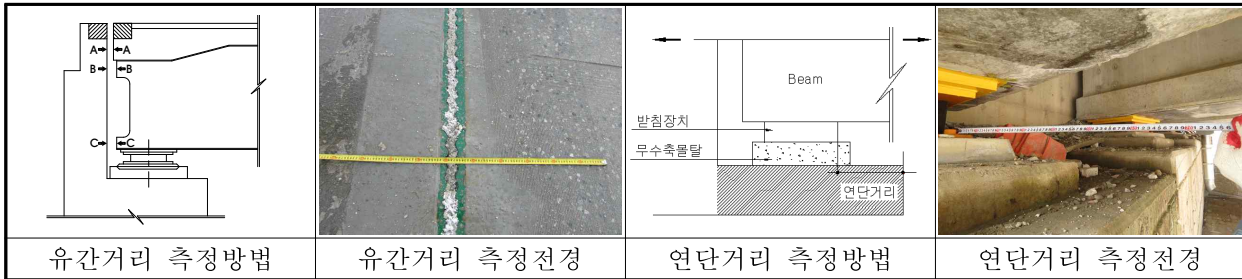


교대 A2 균열(폭 0.3mm)(보수완료)

## 8.2.2 부재별 기능조사 결과

## 가. 개요

부재별 기능조사는 유간거리 및 연단거리 측정을 실시하였으며, 측정현황은 다음과 같다.



【그림 2.8.4】 부재별 기능상태 측정방법 및 전경

## 나. 유간거리 검토

## 1) 계산 신축량 산정

【표 2.8.2】 온도변화의 범위 및 선팽창 계수

| 측 정 일                        | 2018년 1월 11일                 |           |                      |
|------------------------------|------------------------------|-----------|----------------------|
| 온도변화 범위                      | -15℃ ~ +40℃ (한냉지방)           | 선팽창 계수(α) | 1.0×10 <sup>-5</sup> |
| 점검시 기온                       | -9.3℃                        |           |                      |
| 온도에 의한 신축량(ΔL <sub>T</sub> ) | ΔLT = ΔT × α × L             |           |                      |
| 회전에 의한 이동량(ΔL <sub>r</sub> ) | ΔLr = 2h/3 × Θ (콘크리트교=1/300) |           |                      |
| 주형높이(h)                      | 3,000mm                      |           |                      |
| 지간장(L)                       | 50.0m(S1)                    |           |                      |

▶ 설계 신축량 계산(조사일 : 2018년 1월 11일, 일평균기온 : -9.3℃)

- 온도에 의한 신축량(Δlt) ; 한냉지방, 콘크리트교 : -15~+40℃ 적용

※ 유간 측정일 기온이 온도변화 범위(보통지방)를 초과하여 한냉한지방의 온도범위로 적용함.

$$\Delta l_t = \Delta T \times \alpha \times L$$

여기서, ΔT : 40℃ - (-9.3℃) = 49.3℃ (신장), -9.3℃ - (-15℃) = 5.7℃ (수축)

α (선팽창계수) : 1.0×10<sup>-5</sup>

L : 신축틀보의 길이 (L=50.0m)

{[A2지점] = 50.0m}

▷ A2지점 = (24.65mm - 신장 / 2.85mm - 수축)

☞ 신축여유량 : (기본 신축량 × 20%) + 10mm → 신축장 100m미만

→ 설치여유량 ( $\Delta \ell t$ )×20% : 본 교량은 시공이 완료된 상태이므로 여유량에서는 제외함.

→ 신장 및 신축에 대한 여유량은 각 경우에 대해 여유량의 1/2만큼을 적용함.

## 2) 유간거리 측정결과

신축이음의 유간 측정치와 계산이동량 산정치를 비교 검토한 결과 전체 개소에서 현행 설계기준에 따른(도로교설계기준 해설, 2008) 부가여유량을 고려한 경우에도 상부구조의 신축거동을 수용할 수 있는 양호한 상태로 나타났다.

【표 2.8.3】 유간거리 검토결과

| 위치 |    | 계산 신축량 (mm)     |       |       | 서오창IC Ramp-A1교 |           |           |
|----|----|-----------------|-------|-------|----------------|-----------|-----------|
|    |    |                 |       |       | 측정유간<br>(mm)   | 판정        |           |
|    |    | $\Delta \ell t$ | 여유량/2 | 합계    |                | 온도<br>이동량 | 합계<br>이동량 |
| A2 | 신장 | 24.65           | 5.0   | 29.65 | 36.0           | OK        | OK        |
|    | 수축 | 2.85            | 5.0   | 7.85  | 24.0           | OK        | OK        |

※ 신축이음 허용량(설계도면 확인) : A2=60mm

## 다. 연단거리 검토

### 1) 연단거리 계산

- 주형의 경간길이 100m 이하 연단거리(S) = 200 + 5 × L
  - 주형의 경간길이 100m 이상 연단거리(S) = 300 + 4 × L      여기서, L : 경간길이
  - 경간길이
- \* 50.0m : S = 200 + (5 × 50.0) = 450.0(mm)

### 2) 연단거리 측정결과

각 교량받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 실측 연단거리는 500mm~600mm로 도로교 설계기준(2010년) 상의 최소연단거리 450.0mm 이상 확보한 것으로 조사되어 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.

【표 2.8.4】연단거리 측정결과

| 구 분               |    | 실측거리(mm) | 경간장 L(m) | 최소연단거리 S(mm) | 평 가 |
|-------------------|----|----------|----------|--------------|-----|
| 서오창IC<br>Ramp-A1교 | A1 | 600      | 50       | 450          | O.K |
|                   | A2 | 500~520  | 50       | 450          | O.K |

## 라. 교량받침 이동 여유량 검토

## 1) 실측 이동량

가동받침은 상부구조의 신축거동에 대해 여유있는 구조로 하여야 하며, 본 절에서는 실제 측정된 가동받침의 이동량을 기준으로 교량받침의 이동 여유량을 검토하도록 한다.

【표 2.8.5】교량받침 이동량 측정결과

| 측정당시 온도 |             | 3.3℃ (2017년 11월 20일) |       |       |       | 교량받침 종류 |       | 탄성받침 |  |
|---------|-------------|----------------------|-------|-------|-------|---------|-------|------|--|
| 구분      | 가동단 변위량(mm) |                      |       |       |       |         |       | 비 고  |  |
|         | SH1         | SH2                  | SH3   | SH4   | SH5   | SH6     | SH7   |      |  |
| A1      | Fix         |                      |       |       |       |         |       |      |  |
| A2      | ↓ 5.0       | ↓ 5.0                | ↓ 5.0 | ↓ 5.0 | ↓ 5.0 | ↓ 5.0   | ↓ 5.0 |      |  |

## 2) 교량받침 이동 여유량 계산

가동받침에서 이론적으로 산정된 교량받침의 이동량은 다음과 같다.

1) 조사시 온도 : 3.3℃(2017년 11월 20일)

2) 온도변화 : -5℃~35℃(콘크리트교, 보통지방)

3) 받침 이동량 산정

온도에 의한 이동량( $\Delta \ell t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ )

여기서,  $\Delta T$  : 35℃-(3.3℃)=31.7℃(신장), 3.3℃-(-5℃)=8.3℃(수축)

$\alpha$ (선팽창계수) :  $1.0 \times 10^{-5}$

L : 신축들보의 길이(L=50.0m)

▷ A2 = (15.85mm - 신장 / 4.15mm - 수축)

【표 2.8.6】 교량 받침 이동량 검토

| 구 분                                                                                                                                       | 신축장<br>(mm) | 이론신축량(mm) |      | 신축여유량(mm) |    | 판정  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|------|-----------|----|-----|
|                                                                                                                                           |             | 신장        | 수축   | 신장        | 수축 |     |
| A2                                                                                                                                        | 50,000      | 15.85     | 4.15 | 45        | 55 | O.K |
| <p>※ 이론신축량 : 온도변화에 의한 신축량</p> <p>▶ 검토결과 : 온도 3.3℃일 때의 가동받침의 신축여유량 검토 결과, 교량에 설치된 가동받침장치의<br/>실축여유량이 이론신축량을 만족하는 것으로 평가되어 양호한 것으로 확인됨.</p> |             |           |      |           |    |     |

## 8.2.3 내구성조사

## 가. 반발경도시험

## 1) 반발경도시험 결과

반발경도시험은 바닥판, 교대의 총 5개소에서 실시하였으며, 시험결과 모든 부재에서 설계압축강도(바닥판 : 27.0MPa, 교대 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 조사되었다.

【표 2.8.7】 반발경도시험 결과

| 구 분  |     | 설계압축강도(MPa) | 반발경도법(MPa)  | 강도비(%)        |
|------|-----|-------------|-------------|---------------|
| 상부구조 | 바닥판 | 27.0        | 28.2 ~ 29.5 | 104.4 ~ 109.3 |
| 하부구조 | 교 대 | 24.0        | 25.7 ~ 26.4 | 107.1 ~ 110.0 |

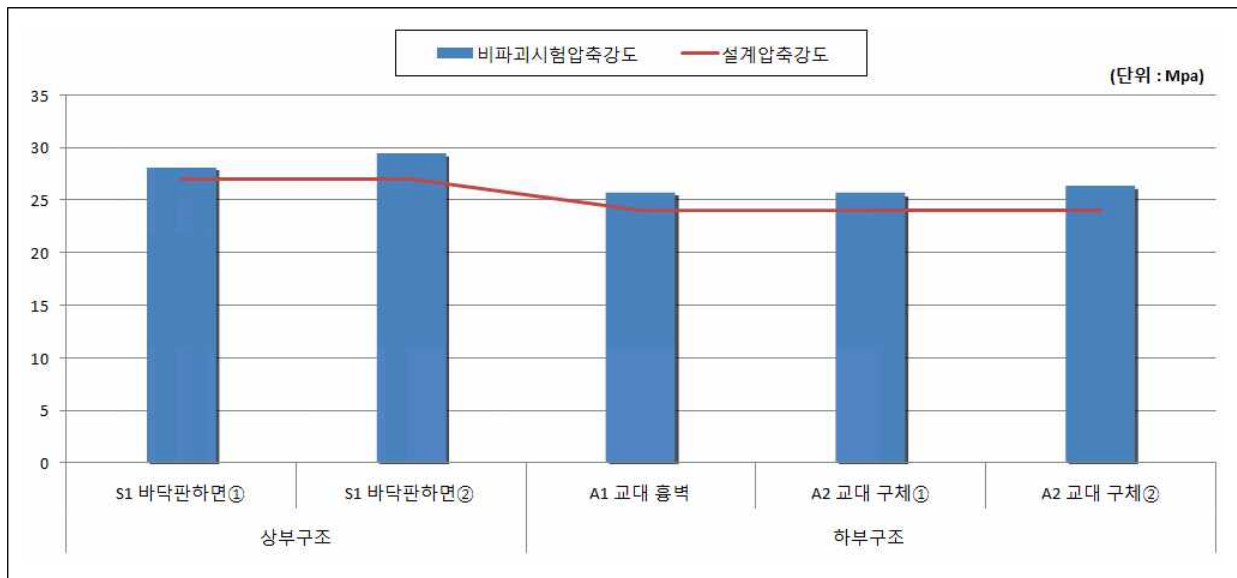
## 2) 각 부재별 반발경도 시험결과

【표 2.8.8】 각 부재별 반발경도시험 결과

| 시 험 위 치  |           | 평균치<br>R | 보정치<br>ΔR | 기준<br>경도<br>Ro | 재령<br>계수<br>an | 추정<br>압축강도<br>방법1 | 추정<br>압축강도<br>방법2 | 평균<br>강도<br>(MPa) | 설계압축<br>강도(MPa) |
|----------|-----------|----------|-----------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 상부<br>구조 | S1 바닥판하면① | 47.5     | -3.3      | 44.2           | 0.7            | 26.7              | 29.6              | 28.2              | 27.0            |
|          | S1 바닥판하면② | 49.3     | -3.2      | 46.1           | 0.7            | 28.4              | 30.5              | 29.5              | 27.0            |
| 하부<br>구조 | A1 교대 흥벽  | 41.3     | 0.0       | 41.3           | 0.69           | 23.8              | 27.7              | 25.8              | 24.0            |
|          | A2 교대 구체① | 41.3     | 0.0       | 41.3           | 0.69           | 23.7              | 27.7              | 25.7              | 24.0            |
|          | A2 교대 구체② | 42.3     | 0.0       | 42.3           | 0.69           | 24.6              | 28.2              | 26.4              | 24.0            |

주) • 추정압축강도(방법1) : 일본재료학회 추정식 ( $F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o$  (MPa))

• 추정압축강도(방법2) : 일본건축학회 추정식 ( $F_c = (7.3 \times R_o + 100) \times 0.1$  (MPa))



【그림 2.8.5】 콘크리트 강도시험 결과 그래프

#### 나. 철근탐사시험

철근탐사시험 결과, 철근배근간격 및 피복두께는 설계도면과 전반적으로 일치하는 것으로 조사되었다.

【표 2.8.9】 철근탐사시험 결과

| 탐사위치 |          | 배근종류  | 설계치(mm) |      | 측정치(mm) |      |
|------|----------|-------|---------|------|---------|------|
|      |          |       | 배근간격    | 피복두께 | 배근간격    | 피복두께 |
| 상부구조 | S1 바닥판하면 | 주 철 근 | @200    | 32   | ≒ @200  | ≒ 40 |
|      |          | 배력철근  | @250    | 48   | ≒ @250  | ≒ 55 |
| 하부구조 | 교대 A1 홍벽 | 수직철근  | @250    | 72   | ≒ @250  | ≒ 80 |
|      |          | 수평철근  | @150    | 53   | ≒ @150  | ≒ 55 |
|      | 교대 A2 구체 | 수직철근  | @250    | 90.5 | ≒ @250  | ≒ 85 |
|      |          | 수평철근  | @300    | 71.5 | ≒ @300  | ≒ 65 |

## 8.3 상태평가

## 8.3.1 상태평가 결과

본 서오창IC Ramp-A1교에 대해 경간별로 부재에 대한 최종 상태평가 결과 환산결함도 점수는 0.100으로 나타나, 결함도범위  $0.0 \leq x < 0.13$ 에 해당하는 「A등급」으로 평가되었다.

【표 2.8.10】 상태평가 결과

| 부재의 분류            |              | 상부구조  |       | 2차 부재 | 기타부재  |       |       |       | 받침    | 하부구조  |       | 내구성요소  |        |
|-------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 번호                | 구조형식         | 바닥판   | 거더    | 가로보   | 포장    | 배수    | 난간연석  | 신축이음  | 교량받침  | 하부    | 기초    | 탄산화(상) | 탄산화(하) |
| 1                 | 개량형 PSC BEAM | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | a     | Q     | a      | a      |
| 2                 | 개량형 PSC BEAM | N/A   | N/A   | N/A   | N/A   | N/A   | N/A   | a     | a     | a     | Q     | N/A    | a      |
|                   |              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |
| 평균                |              | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100  | 0.100  |
| 가중치               |              | 18    | 20    | 5     | 7     | 3     | 2     | 9     | 9     | 20    | N/A   | 4      | 3      |
| (평균X가중치)<br>/가중치합 |              | 0.018 | 0.020 | 0.005 | 0.007 | 0.003 | 0.002 | 0.009 | 0.009 | 0.020 | 0.000 | 0.004  | 0.003  |
| 1. 환산결함도 점수 =     |              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.100  |        |
| 2. 상태평가 결과 =      |              |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | a      |        |

【표 2.8.11】 상태평가 결과표

| 교량명          | 서오창IC Ramp-A1교 |        |       |    |       |       |             |
|--------------|----------------|--------|-------|----|-------|-------|-------------|
| 구성교량명        | 환산결함도점수        | 상태평가등급 | 연장(m) | 차선 | 길이×차선 | 연장비   | 환산결함도점수×연장비 |
| 본교           | 0.100          | A      | 50.0  | 2  | 100.0 | 1.000 | 0.100       |
| 합계(Σ)        |                |        | 50.0  |    | 100.0 | 1.000 | 0.100       |
| 1. 평가지수 =    |                |        |       |    |       |       | 0.100       |
| 2. 상태평가 결과 = |                |        |       |    |       |       | A 등급        |

## 8.4 교량 재하시험

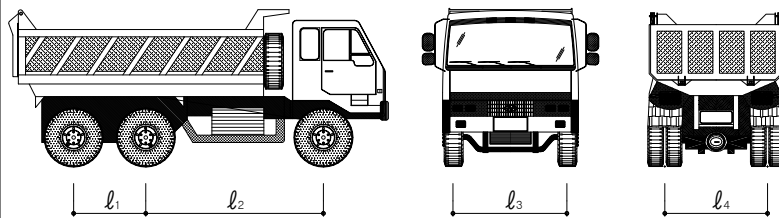
## 8.4.1 개 요

## 가. 현장시험의 개요

| 구 분       |        | 내 용                  |
|-----------|--------|----------------------|
| 시험일자      |        | 2017. 12. 20         |
| 시험시간      |        | AM 11:00 ~ PM 01:00  |
| 시험위치      |        | S1(최대 정모멘트가 작용하는 지점) |
| 재하시험차량 대수 |        | 2대                   |
| 하중 경우 수   | 정적재하시험 | Load Case 1~4 (4회)   |
|           | 동적재하시험 | 10km/hr ~ 50km/hr    |

## 나. 재하시험 차량의 제원 및 하중

대상교량의 정적재하시험에는 설계하중의 약 62~64%에 해당하는 토사를 만재한 269.10kN, 276.00kN 트럭 2대를 사용하였으며, 재하차량의 제원 및 중량은 다음과 같다.

| 차 량 제 원                                                                             |                  | 계 량 증 명 서                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------|---------|------|-------|--|-----|------|-------|------------------|---------|------------------|-------|----------|-----------|------|-------|----------|-----------|-----------|-------|--|-----|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----|------------|---------|------|-------|--|-----|------|-------|------------------|---------|------------------|-------|----------|-----------|------|-------|----------|-----------|-----------|-------|--|-----|--|
|  |                  | <div><div>계 량 확 인 서</div><div>[공급받는자용]</div><table><tr><td>일 자</td><td>2017-12-18</td></tr><tr><td>차 량 번 호</td><td>5328</td></tr><tr><td>거 래 처</td><td></td></tr><tr><td>품 명</td><td>공인계량</td></tr><tr><td>총 중 량</td><td>07시07분 26,910 kg</td></tr><tr><td>공 사 중 량</td><td>07시07분 18,930 kg</td></tr><tr><td>실 중 량</td><td>7,980 kg</td></tr><tr><td>감 율 / 감 량</td><td>0 kg</td></tr><tr><td>인 수 량</td><td>7,980 kg</td></tr><tr><td>단 가 / 총 액</td><td>0 원 / 0 원</td></tr><tr><td>계 량 자</td><td></td></tr><tr><td>비 고</td><td></td></tr></table><div>상기란 값이 계량인정서를 확인함.</div><div>126-28-13456<br/>상승공인계량소 김민영<br/>경기도 형식시 초이동 199-2<br/>도 승 인 평면계량소</div></div> |               | 일 자           | 2017-12-18 | 차 량 번 호 | 5328 | 거 래 처 |  | 품 명 | 공인계량 | 총 중 량 | 07시07분 26,910 kg | 공 사 중 량 | 07시07분 18,930 kg | 실 중 량 | 7,980 kg | 감 율 / 감 량 | 0 kg | 인 수 량 | 7,980 kg | 단 가 / 총 액 | 0 원 / 0 원 | 계 량 자 |  | 비 고 |  | <div><div>계 량 확 인 서</div><div>[공급받는자용]</div><table><tr><td>일 자</td><td>2017-12-18</td></tr><tr><td>차 량 번 호</td><td>7001</td></tr><tr><td>거 래 처</td><td></td></tr><tr><td>품 명</td><td>공인계량</td></tr><tr><td>총 중 량</td><td>16시39분 27,600 kg</td></tr><tr><td>공 사 중 량</td><td>16시39분 19,620 kg</td></tr><tr><td>실 중 량</td><td>7,980 kg</td></tr><tr><td>감 율 / 감 량</td><td>0 kg</td></tr><tr><td>인 수 량</td><td>7,980 kg</td></tr><tr><td>단 가 / 총 액</td><td>0 원 / 0 원</td></tr><tr><td>계 량 자</td><td></td></tr><tr><td>비 고</td><td></td></tr></table><div>상기란 값이 계량인정서를 확인함.</div><div>126-28-13456<br/>상승공인계량소 김민영<br/>경기도 형식시 초이동 199-2<br/>도 승 인 평면계량소</div></div> |  | 일 자 | 2017-12-18 | 차 량 번 호 | 7001 | 거 래 처 |  | 품 명 | 공인계량 | 총 중 량 | 16시39분 27,600 kg | 공 사 중 량 | 16시39분 19,620 kg | 실 중 량 | 7,980 kg | 감 율 / 감 량 | 0 kg | 인 수 량 | 7,980 kg | 단 가 / 총 액 | 0 원 / 0 원 | 계 량 자 |  | 비 고 |  |
| 일 자                                                                                 | 2017-12-18       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 차 량 번 호                                                                             | 5328             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 거 래 처                                                                               |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 품 명                                                                                 | 공인계량             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 총 중 량                                                                               | 07시07분 26,910 kg |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 공 사 중 량                                                                             | 07시07분 18,930 kg |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 실 중 량                                                                               | 7,980 kg         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 감 율 / 감 량                                                                           | 0 kg             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 인 수 량                                                                               | 7,980 kg         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 단 가 / 총 액                                                                           | 0 원 / 0 원        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 계 량 자                                                                               |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 비 고                                                                                 |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 일 자                                                                                 | 2017-12-18       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 차 량 번 호                                                                             | 7001             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 거 래 처                                                                               |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 품 명                                                                                 | 공인계량             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 총 중 량                                                                               | 16시39분 27,600 kg |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 공 사 중 량                                                                             | 16시39분 19,620 kg |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 실 중 량                                                                               | 7,980 kg         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 감 율 / 감 량                                                                           | 0 kg             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 인 수 량                                                                               | 7,980 kg         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 단 가 / 총 액                                                                           | 0 원 / 0 원        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 계 량 자                                                                               |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 비 고                                                                                 |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 구 분                                                                                 | 재하차량 제원(m)       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |               |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
|                                                                                     | $l_1$            | $l_2$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | $l_3$         | $l_4$         |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 15ton 덤프트럭                                                                          | 1.30             | 3.20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2.10          | 1.85          |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 구 분                                                                                 | 총 중 량<br>(kN)    | 전륜축중량<br>(kN)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 중륜축중량<br>(kN) | 후륜축중량<br>(kN) |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 1호차 - 덤프트럭 (5328)                                                                   | 269.10           | 79.80                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 94.65         | 94.65         |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |
| 2호차 - 덤프트럭 (7001)                                                                   | 276.00           | 79.80                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 98.10         | 98.10         |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |     |            |         |      |       |  |     |      |       |                  |         |                  |       |          |           |      |       |          |           |           |       |  |     |  |

## 다. 교량 재하시험 사진



변형률계 설치 현황



처짐계 설치 현황



가속도계 설치 현황



재하시험 계측 전경



정적 재하시험 전경



동적 재하시험 전경

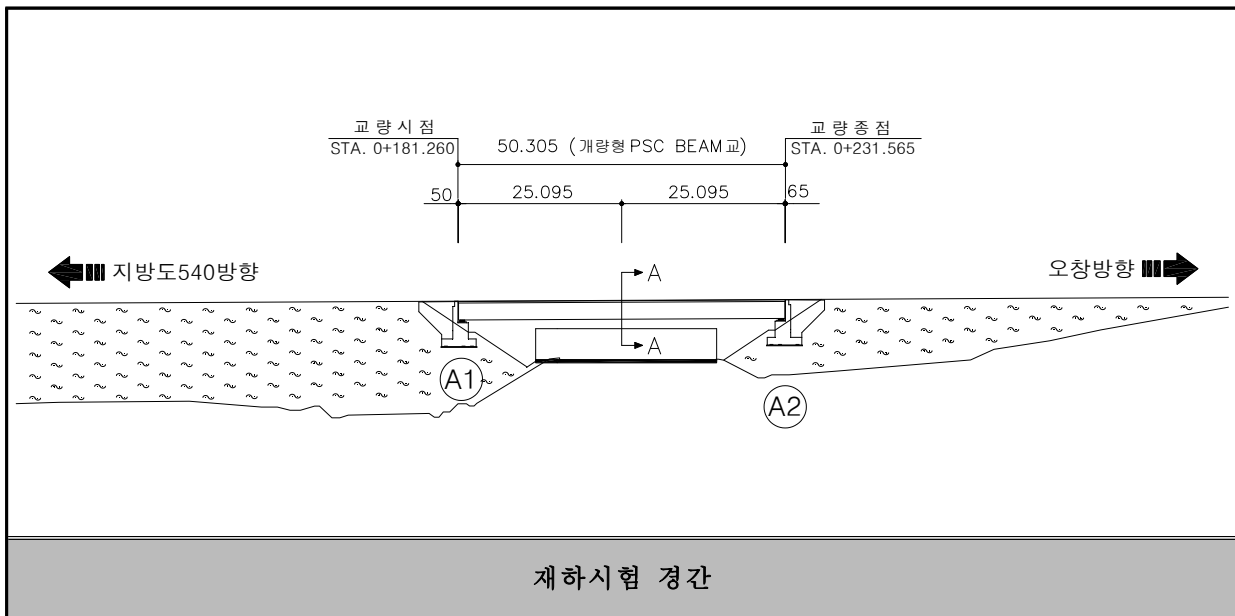
## 라. 계측센서 사양 및 수량

| 구분               | 센서명            | 모델명             | 사 양                                                                                                                                                                                                                                       | 수량(ea) |
|------------------|----------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 계<br>측<br>센<br>서 | 콘크리트<br>변형률게이지 | PL-60<br>-11-1L | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 범위 : 30000<math>\mu</math>strain</li> <li>• 저항 : 120.3<math>\pm</math>0.5<math>\Omega</math></li> <li>• 사용온도 범위 : -20<math>\sim</math>+80<math>^{\circ}</math>C</li> <li>• 형식 : 전기저항식</li> </ul> | 5      |
|                  | 치짐계            | OU-30           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 범위 : <math>\pm</math>30mm</li> <li>• 민감도: (<math>\times 10^{-6}</math>/mm) : 1000</li> <li>• 허용온도범위 : 0<math>\sim</math>+60<math>^{\circ}</math>C</li> <li>• 형식 : 전기저항식</li> </ul>               | 4      |
|                  | 가속도계           | ARF-20A         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 용량 : 2.04g</li> <li>• 응답주파수 : 80hz</li> <li>• 고유주파수 : 150hz</li> <li>• 형식 : 전기저항식</li> </ul>                                                                                                     | 1      |
| 소 계              |                |                 |                                                                                                                                                                                                                                           | 10     |
| 측<br>정<br>장<br>비 | 정, 동적<br>시험장비  | DRA-30A         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 측정점수 : 30채널</li> <li>• 측정대상 : Dynamic Strian, 전압</li> <li>• 각 채널별 112k word 데이터메모리 탑재<br/>(정적스트레인측정시 30000scans)</li> </ul>                                                                      | 1      |
| 소 계              |                |                 |                                                                                                                                                                                                                                           | 1      |

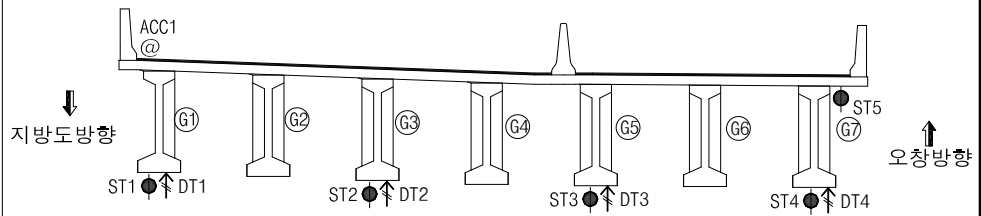
## 마. L/C별 재하시험 방법

| 재하시험 위치 | 재하목적               | 비 고 |
|---------|--------------------|-----|
| 단경간(S1) | • 최대 정모멘트가 작용하는 지점 |     |

## 바. 계측센서 설치도



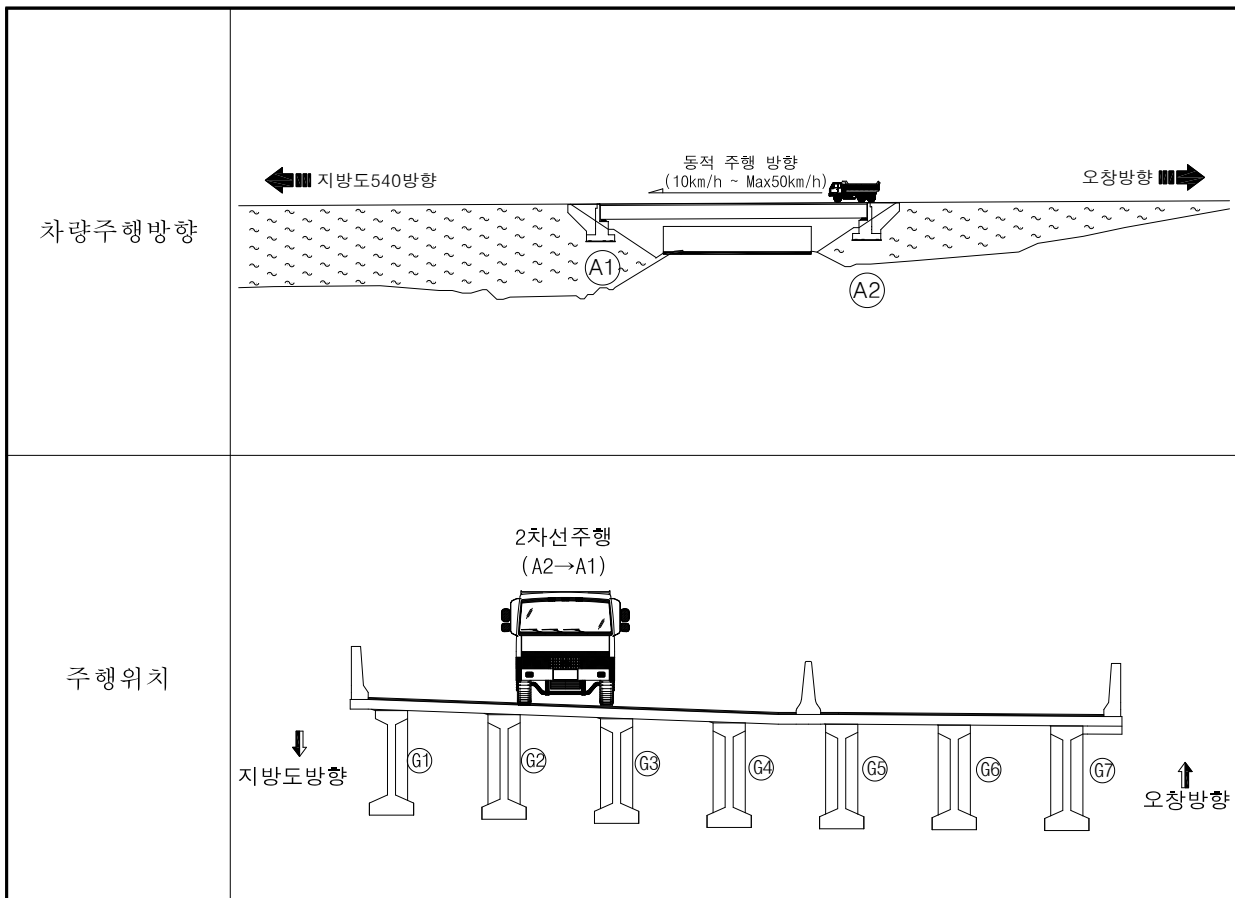
A-A단면 부착위치



| 구 분       | 계측기명      | 설치수량 | 비 고  |
|-----------|-----------|------|------|
| ●         | 콘크리트 변형률계 | 5    | 교축방향 |
| ↑         | 처짐계       | 4    | 연직방향 |
| @         | 가속도계      | 1    | 연직방향 |
| 계측센서 총 수량 |           | 10   |      |



## 아. 동적 재하시험 LOAD CASE



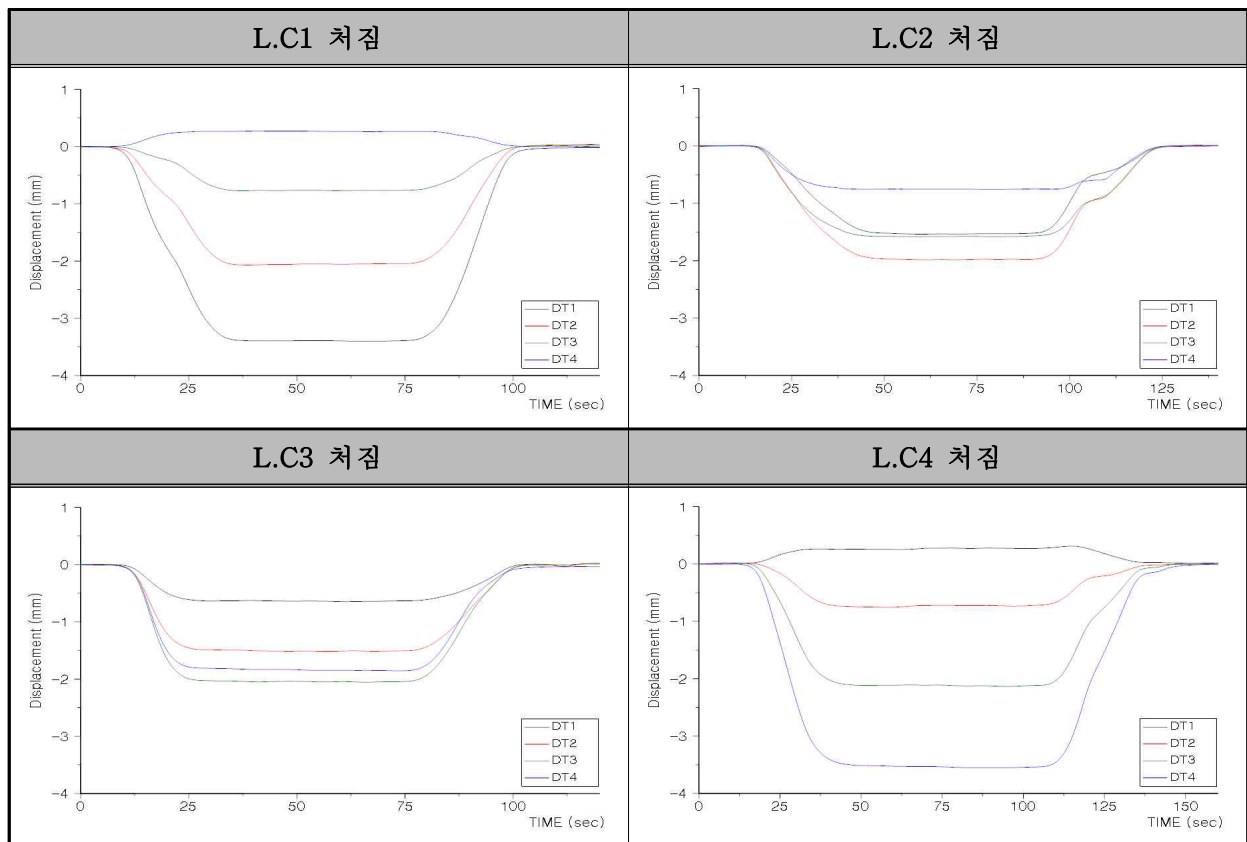
| 재하경우    | 주행방향  | 주행위치      | 비고      |
|---------|-------|-----------|---------|
| 10km/hr | 중점→시점 | 지방도방향 2차선 | 재하차량 1대 |
| 20km/hr | 중점→시점 | 지방도방향 2차선 | 재하차량 1대 |
| 30km/hr | 중점→시점 | 지방도방향 2차선 | 재하차량 1대 |
| 40km/hr | 중점→시점 | 지방도방향 2차선 | 재하차량 1대 |
| 50km/hr | 중점→시점 | 지방도방향 2차선 | 재하차량 1대 |

## 8.4.2 정적 재하시험 결과

정적재하시험에 의한 응답비는 재하시험에서 측정된 변위량과 구조해석에서 계산된 변위량을 비교하여 산정하였고, 작용하중은 재하시험에 이용한 차량하중을 적용하였으며, 재하시험과 관련된 계측 Data는 부록에 수록하였다.

## 가. 재하시험에서 측정된 계측DATA

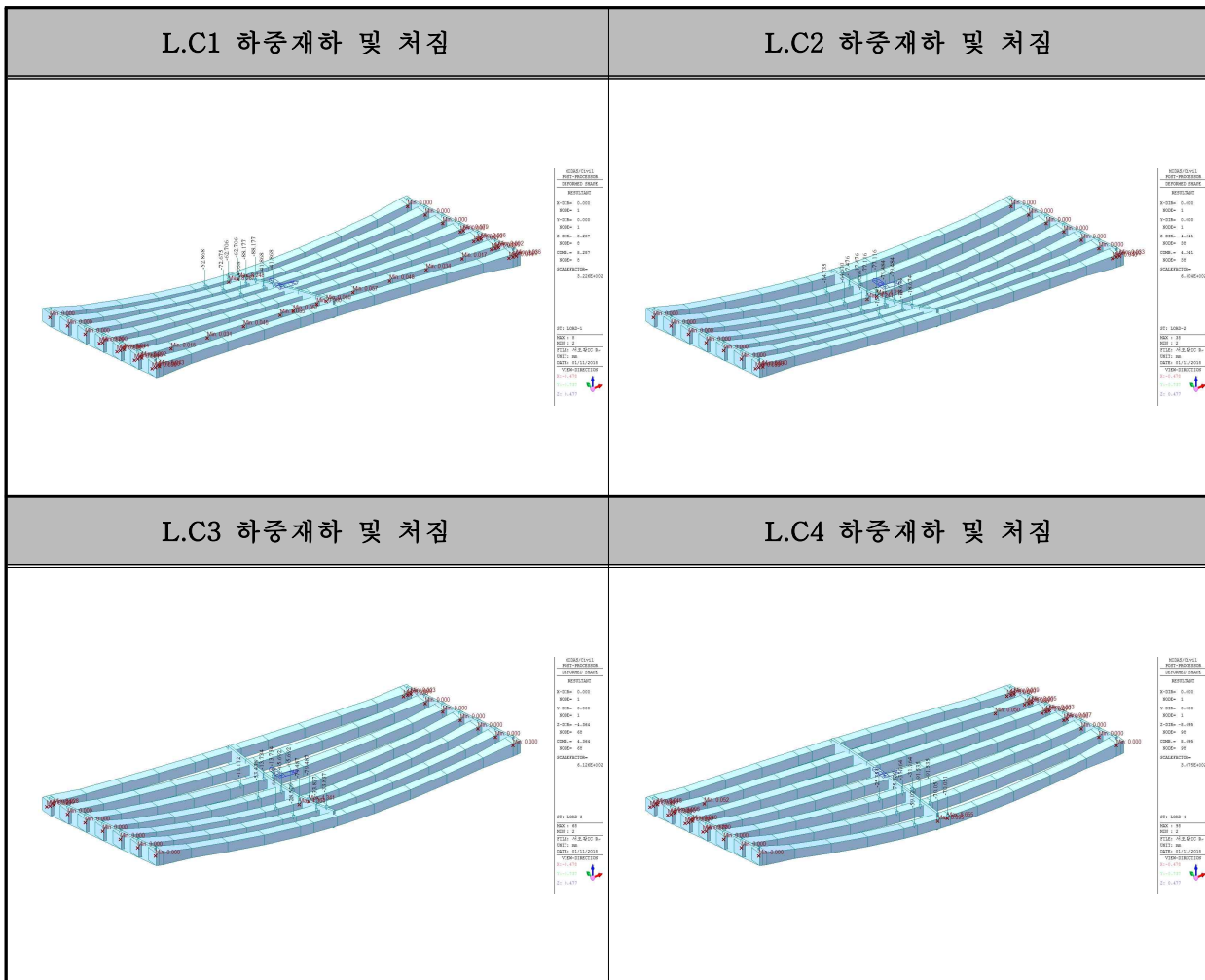
| 구 분 | L.C1   | L.C2   | L.C3   | L.C4   | 비 고                                  |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------------------------------------|
| ST1 | 39.01  | 17.44  | 4.59   | -3.82  | 단위 : $\mu\epsilon$<br>(-)압축<br>(+)인장 |
| ST2 | 20.06  | 20.67  | 13.51  | 5.39   |                                      |
| ST3 | 6.78   | 15.66  | 17.92  | 18.51  |                                      |
| ST4 | -3.26  | 4.92   | 15.35  | 38.07  |                                      |
| ST5 | 1.56   | -4.57  | -8.57  | -12.36 |                                      |
| DT1 | -3.399 | -1.533 | -0.640 | 0.277  | 단위 : mm<br>(-)하향변위<br>(+)상향변위        |
| DT2 | -2.055 | -1.983 | -1.514 | -0.725 |                                      |
| DT3 | -0.769 | -1.578 | -2.051 | -2.121 |                                      |
| DT4 | 0.261  | -0.753 | -1.848 | -3.543 |                                      |



\* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

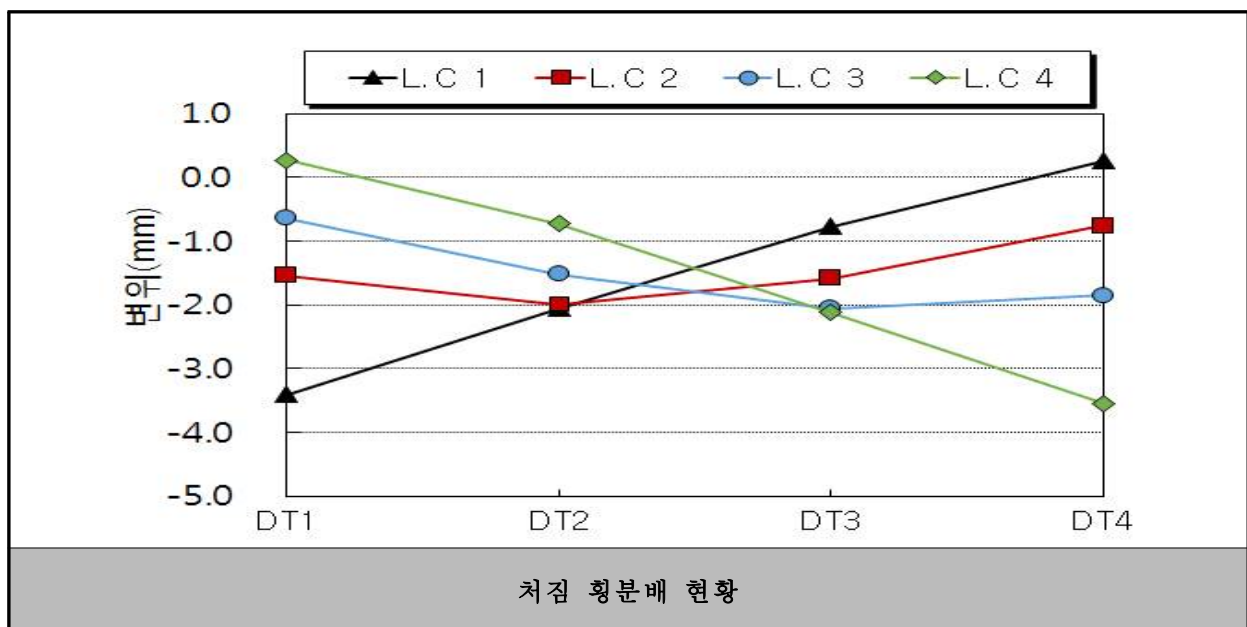
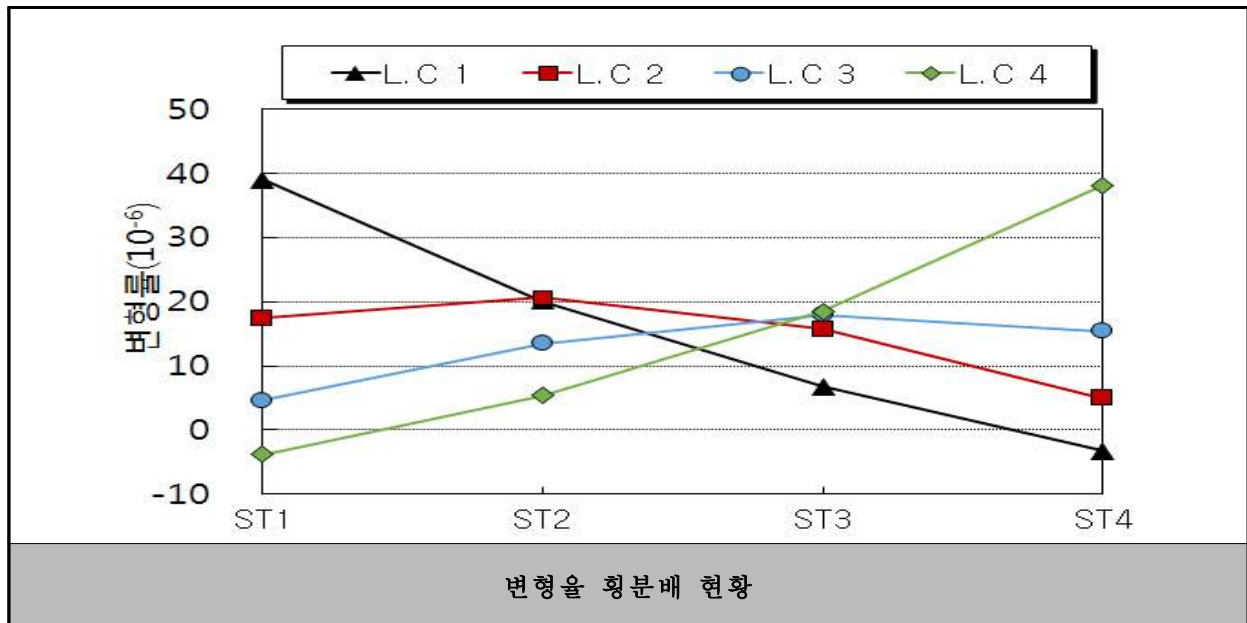
나. 구조해석에 의한 변위량

| 구 분     | L.C1   | L.C2   | L.C3   | L.C4   | 비 고                           |
|---------|--------|--------|--------|--------|-------------------------------|
| G1(DT1) | -8.287 | -3.282 | -0.812 | 1.424  | 단위 : mm<br>(-)하향변위<br>(+)상향변위 |
| G3(DT2) | -4.650 | -4.241 | -3.060 | -1.174 |                               |
| G5(DT3) | -1.290 | -3.314 | -4.364 | -4.664 |                               |
| G7(DT4) | 1.301  | -1.181 | -3.886 | -8.695 |                               |



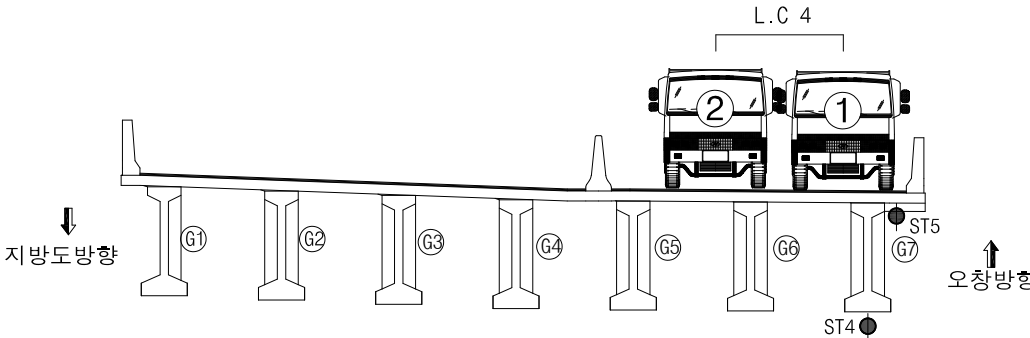
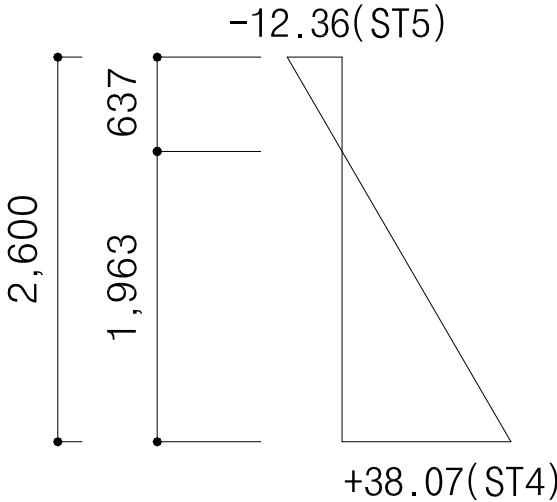
## 다. 하중 횡분배 검토 결과

거시적 관점의 교량응답을 확인할 수 있는 처짐 계측치 및 단면응력에 의한 변형률을 이용하여 하중 횡분배 상태를 검토한 결과, 하중 횡분배는 대체로 대칭성을 보이고 있는 양호한 것으로 평가되었다.



## 라. 중립축검토

정적재하시험을 통해 산출된 변형률 데이터를 토대로 거더의 실측 중립축을 계산하였다. 그 결과는 다음의 그림과 같으며 중립축의 위치는 거더 하면으로부터의 거리로 표기하였다.

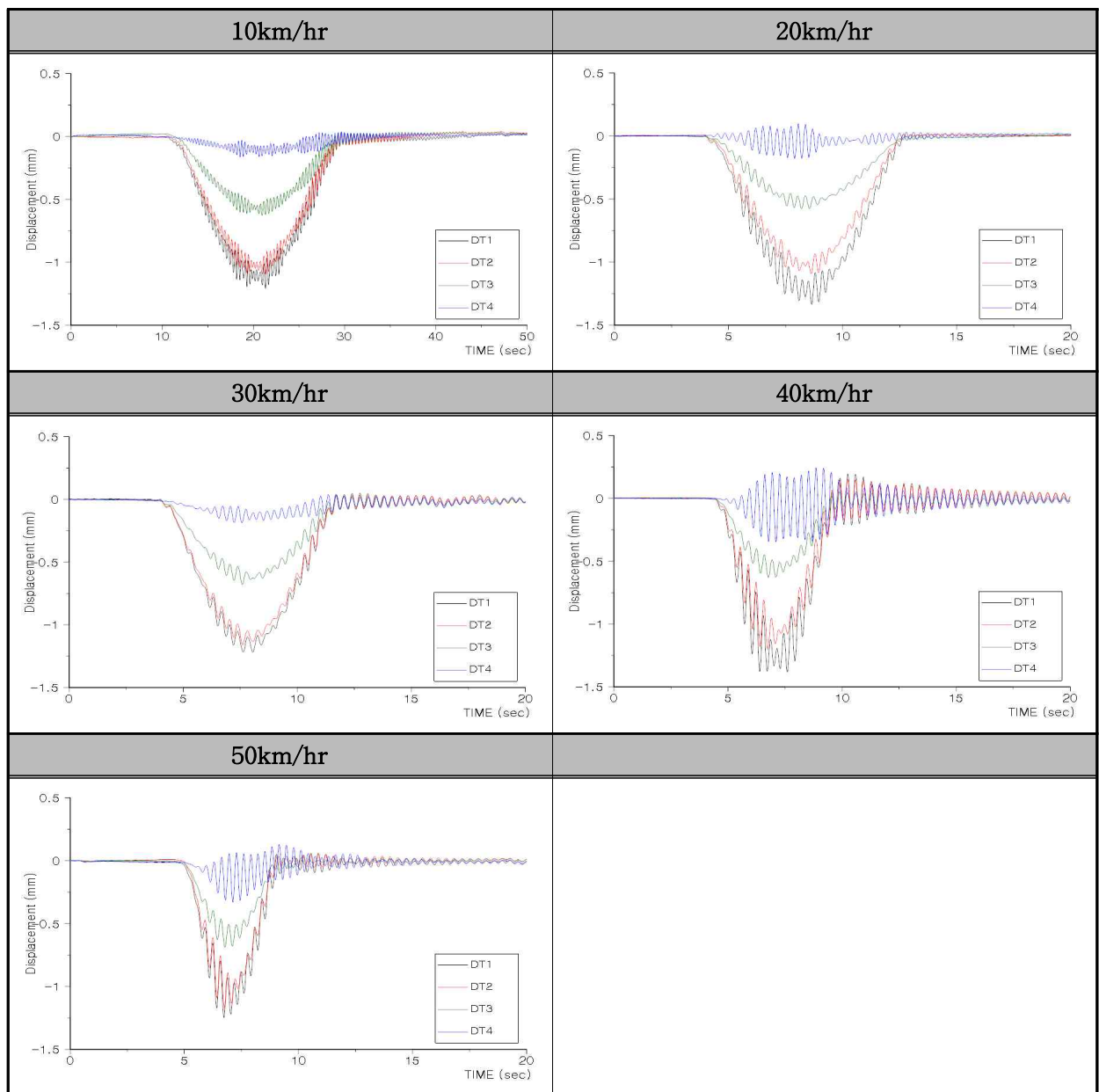
| 구 분   | L.C 4                                                                                                                                   |                 |                 |                 |     |       |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-------|
| 재하위치  |                                                       |                 |                 |                 |     |       |
| 중립축   | <p style="text-align: center;">L.C 4(1경간 - G7)</p>  |                 |                 |                 |     |       |
|       | <table><tr><th>구분</th><th>이론중립축위치<br/>(mm)</th><th>실측중립축위치<br/>(mm)</th></tr><tr><td>1경간</td><td>1,653</td><td>1,963</td></tr></table>  | 구분              | 이론중립축위치<br>(mm) | 실측중립축위치<br>(mm) | 1경간 | 1,653 |
| 구분    | 이론중립축위치<br>(mm)                                                                                                                         | 실측중립축위치<br>(mm) |                 |                 |     |       |
| 1경간   | 1,653                                                                                                                                   | 1,963           |                 |                 |     |       |
| 검토 의견 | * 실측중립축이 이론중립축 대비 대체로 건전한 거동을 보이는 것으로 검토됨.                                                                                              |                 |                 |                 |     |       |

## 8.4.3 동적 재하시험 결과

## 가. 동적처짐

동적 그래프는 차량이 주행한 구간에 대하여 표시하였고, 각 주행속도에 따른 동적 최대값은 다음과 같다.

| 구 분 |         | 주행속도 (km/h) |        |        |        |        | 비 고     |
|-----|---------|-------------|--------|--------|--------|--------|---------|
|     |         | 10          | 20     | 30     | 40     | 50     |         |
| 1경간 | G1(DT1) | -1.208      | -1.336 | -1.219 | -1.382 | -1.247 | 단위 : mm |
|     | G3(DT2) | -1.095      | -1.092 | -1.160 | -1.205 | -1.173 |         |
|     | G5(DT3) | -0.628      | -0.577 | -0.679 | -0.629 | -0.688 |         |
|     | G7(DT4) | -0.164      | -0.179 | -0.186 | -0.347 | -0.330 |         |



\* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

## 나. 충격계수 산정 결과

## 1) 충격계수 산정

동적측정결과를 Low Pass Filter를 하여 동적효과를 제거한 정적 응답결과에 대한 동적측정 결과와 비로써 각 속도별 충격계수를 구하는 방법을 사용하였다.

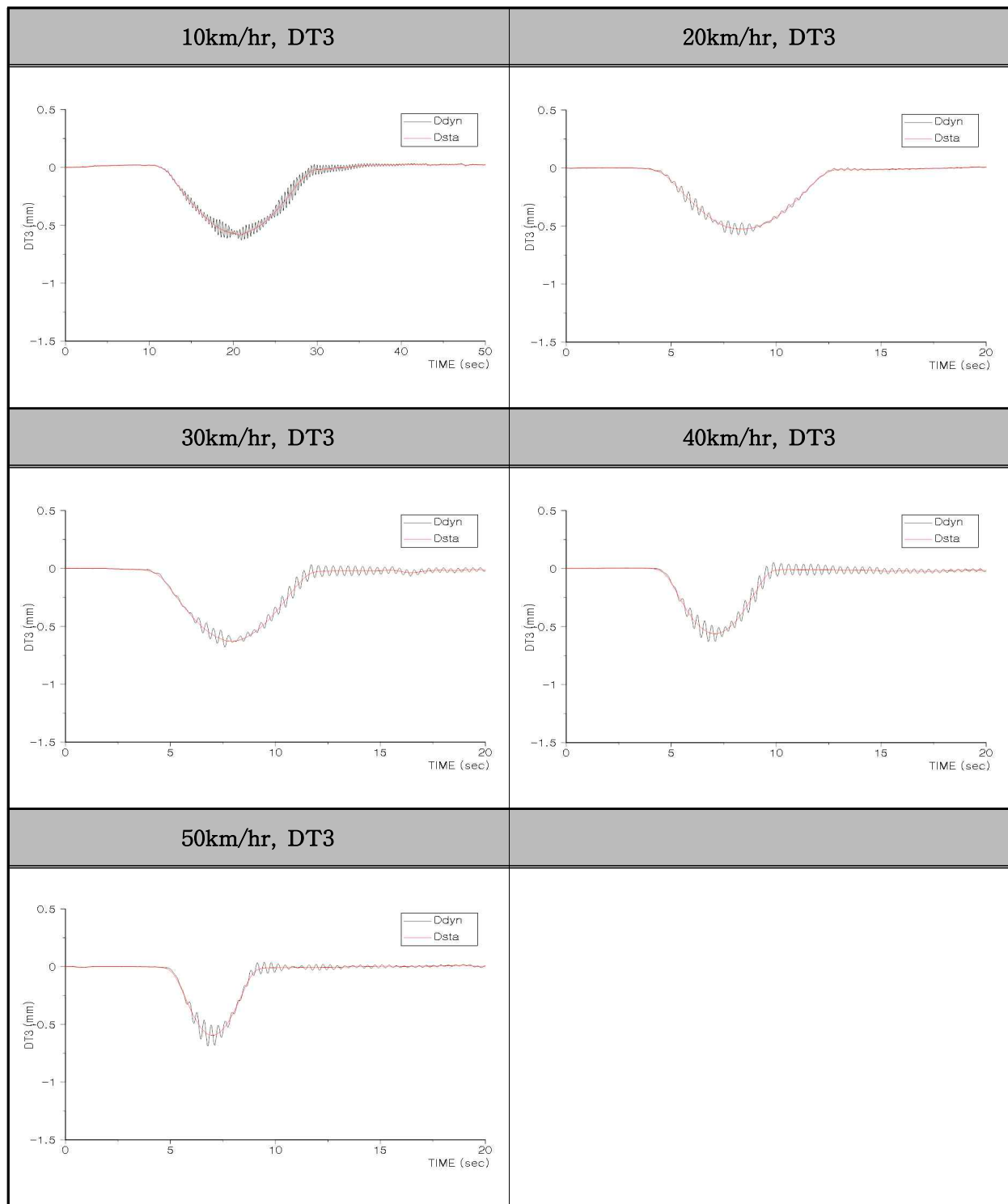
$$\cdot \text{실측충격계수 } i = (D - 1)$$

$$\text{여기서, } D = (\delta_{\text{dynamic}})_{\text{max}} / (\delta_{\text{static}})_{\text{max}}$$

| 구 분  |     |                            | 주행속도 (km/h)                                                                              |        |        |        |        | 대표<br>충격계수 |
|------|-----|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|
|      |     |                            | 10                                                                                       | 20     | 30     | 40     | 50     |            |
| 1경간  | DT1 | $\delta_{\text{dyn(max)}}$ | -1.208                                                                                   | -1.336 | -1.219 | -1.382 | -1.247 | 0.147      |
|      |     | $\delta_{\text{sta(max)}}$ | -1.122                                                                                   | -1.235 | -1.156 | -1.260 | -1.087 |            |
|      |     | 충격계수(i)                    | 0.077                                                                                    | 0.082  | 0.054  | 0.097  | 0.147  |            |
|      | DT2 | $\delta_{\text{dyn(max)}}$ | -1.095                                                                                   | -1.092 | -1.160 | -1.205 | -1.173 | 0.138      |
|      |     | $\delta_{\text{sta(max)}}$ | -1.041                                                                                   | -1.042 | -1.102 | -1.080 | -1.031 |            |
|      |     | 충격계수                       | 0.052                                                                                    | 0.048  | 0.053  | 0.116  | 0.138  |            |
|      | DT3 | $\delta_{\text{dyn(max)}}$ | -0.628                                                                                   | -0.577 | -0.679 | -0.629 | -0.688 | 0.158      |
|      |     | $\delta_{\text{sta(max)}}$ | -0.582                                                                                   | -0.526 | -0.628 | -0.562 | -0.594 |            |
|      |     | 충격계수                       | 0.079                                                                                    | 0.097  | 0.081  | 0.119  | 0.158  |            |
| 계측결과 |     |                            | • 계산충격계수 : $i = 15/(40+L) = 0.166$ (1경간, $L=50.190$ )<br>• 실측충격계수 : 1경간-0.158(50km, DT3) |        |        |        |        |            |

## 2) 산정 결과

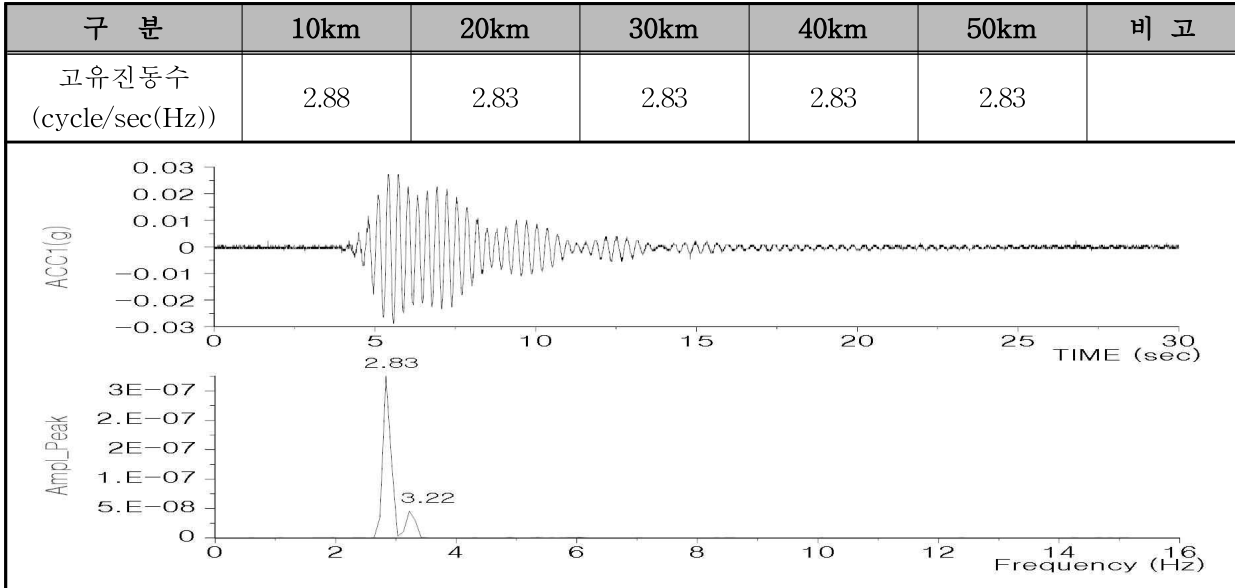
동적 재하시험시 시험차량의 주행위치가 G1~G5의 상부를 주행하였으므로, 실측 충격계수 산정을 위한 유효범위의 계측값은 DT1, DT2, DT3(1경간)을 이용하였다. 분석결과, 본 대상 교량의 실측 충격계수는 0.158(1경간)로 가장 큰 값을 나타내었으며, 도로교설계 기준 0.166(1경간)보다 작은 값으로 조사되어 차량 통행 시 충격에 의한 안전성에는 이상이 없는 것으로 판단된다.



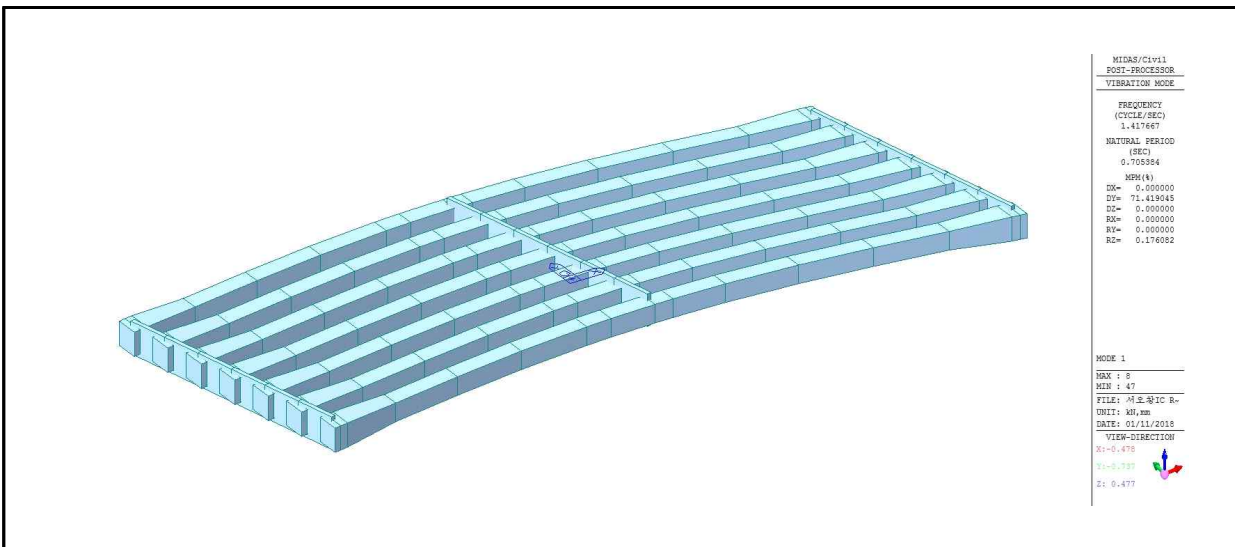
\* 미 기재 그래프는 부록편 참조.

## 다. 고유진동수 산정 결과

## 1) 재하시험에 의한 고유진동수 산정



## 2) 구조해석에 의한 고유진동수 계산



## 3) 고유진동수 산정결과

동적 재하시험시 재하경간의 중앙부에 가속도계를 설치하여 고유진동수를 산정한 결과 실측 고유진동수는 2.83~2.88Hz로 구조해석에 의한 이론 고유진동수 1.418Hz보다 큰 것으로 나타나 교량의 강성은 양호한 것으로 판단된다.

## 라. 응력보정계수 산정

응답비 산정은 교량의 전체적인 거동특성을 반영하고 데이터의 신뢰성이 높은 처짐에 대하여 응답비를 산출하였으며 측정지점과의 거리가 멀어 편차가 심한 계산치에 대해서는 응답비 산정에서 제외하였다.

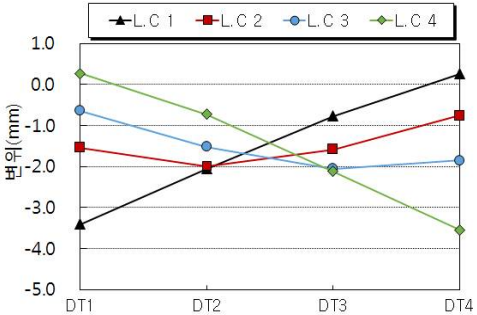
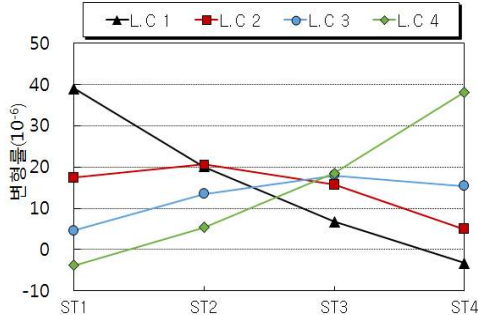
## 1) 응답비 산정

| 구 분 |      | 처 짐(mm)      |              |              |              | 비 고 |
|-----|------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|
|     |      | L.C1         | L.C2         | L.C3         | L.C4         |     |
| G1  | 계산처짐 | -8.287       | -3.282       | -0.812       | 1.424        | DT1 |
|     | 실측처짐 | -3.399       | -1.533       | -0.640       | 0.277        |     |
|     | 응답비  | 2.438        | 2.141        | <b>1.269</b> | 5.141        |     |
| G3  | 계산처짐 | -4.650       | -4.241       | -3.060       | -1.174       | DT2 |
|     | 실측처짐 | -2.055       | -1.983       | -1.514       | -0.725       |     |
|     | 응답비  | 2.263        | 2.139        | 2.021        | <b>1.619</b> |     |
| G5  | 계산처짐 | -1.290       | -3.314       | -4.364       | -4.664       | DT3 |
|     | 실측처짐 | -0.769       | -1.578       | -2.051       | -2.121       |     |
|     | 응답비  | <b>1.678</b> | 2.100        | 2.128        | 2.199        |     |
| G7  | 계산처짐 | 1.301        | -1.181       | -3.886       | -8.695       | DT4 |
|     | 실측처짐 | 0.261        | -0.753       | -1.848       | -3.543       |     |
|     | 응답비  | 4.985        | <b>1.568</b> | 2.103        | 2.454        |     |

## 2) 응답보정계수 산정

| 구 분            |         | 응답비   | i(충격 계수) |       | $\frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$ | 위치별<br>Ks |
|----------------|---------|-------|----------|-------|-------------------------------------------|-----------|
|                |         |       | 계산       | 실측max |                                           |           |
| 응답<br>보정<br>계수 | DT1(G1) | 1.269 | 0.166    | 0.158 | 1.007                                     | 1.278     |
|                | DT2(G3) | 1.619 |          |       |                                           | 1.630     |
|                | DT3(G5) | 1.678 |          |       |                                           | 1.690     |
|                | DT4(G7) | 1.568 |          |       |                                           | 1.579     |

## 8.4.4 정·동적 재하시험 고찰

| 분석항목           |             | 분석결과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 시험트럭           |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>재하하중 : 설계하중의 약 62~64%</li> <li>총 중 량 : 269.10kN(1호차), 276.00kN(2호차)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 정적<br>재하<br>시험 | 최대<br>응답    | <ul style="list-style-type: none"> <li>처 짐 : -3.543 mm</li> <li>변형률 : 39.01 <math>\mu\epsilon</math></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                | 횡방향<br>거동특성 | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>처 짐</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>변형률</p> </div> </div> <p>• 변형률 및 처짐에 의한 횡방향 거동특성 분석결과, 하중 경우에 따른 계측 DATA가 각 단면별로 재하위치에 따라 일정한 양상을 보이는 것으로 분석됨.</p> |
|                | 충격<br>계수    | <ul style="list-style-type: none"> <li>충격계수 분석결과 실측충격계수의 최대값은 0.158(DT3)로 이론 충격계수 0.166보다 작게 나타나 이동하중에 대한 충격의 영향은 양호한 것으로 분석됨.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 동적<br>재하<br>시험 | 고유<br>진동수   | <ul style="list-style-type: none"> <li>실측고유진동수(2.83~2.88Hz)가 이론 고유진동수(1.418Hz)보다 크게 나타나고 있어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단됨.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## 8.5 안전성평가 및 내하력평가

### 8.5.1 구조해석 방법 및 개요

서오창IC Ramp-A1교는 연장 50.00m, 총폭 19.200m, 설계활하중 DB, DL-24의 1등교로서 평면선형은 사각이 9~12°이며 평면선형 R=80.0 곡선교 이다. 상부구조는 BICON GIRDER 로 이루어져 있으며, 하부구조는 풍화암 위에 직접기초인 역T형의 교대와 T형 교각으로 구성되어 있다.

대상교량은 활하중합성 교량으로서 상부구조의 안전성은 구조형식별로 도로교설계기준 및 콘크리트구조설계기준 등의 적용기준에 의거, 구조계가 변화하는 각 시공단계별 하중이력에 대한 응력검토를 수행하였다.

안전성평가를 위한 구조해석은 3차원 해석과 활하중 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램 Midas Civil을 이용하였다.

### 8.5.2 검토 조건

#### 가. 기본 사항

- 1) 형 식 : Bicon 교
- 2) 연 장 : 50.000m
- 3) 교 폭 : B = 19.200m
- 4) 거더높이 : H = 2.600m
- 5) 거더간격 : 2.900m
- 6) 사 각 : 9~12°
- 7) 교량등급 : 1등급 (DB-24, DL-24)
- 8) 단위중량
  - 철근 콘크리트 :  $W_{c1} = 2500.0\text{kg/m}^3$
  - 무근 콘크리트 :  $W_{c2} = 2350.0\text{kg/m}^3$
- 9) 사용 프로그램 : SAP2000
- 10) 구조 검토방식 : 강도설계법(바닥판), 허용응력설계법(거더)
- 11) 참고문헌
  - ① 도로교 설계기준(2010)
  - ② 콘크리트 구조설계기준(2007), 콘크리트 구조기준(2012)
  - ③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편-2013)

## 나. 사용재료 및 허용응력

## 1) 콘크리트

① 압축강도( $f_{ck}$ ) 및 탄성계수

【표 2.8.12】 콘크리트의 설계기준강도 및 탄성계수(단위 : MPa)

| 구 분 | 설계기준강도 | 탄성계수 추정식                                | 적용 탄성계수 |
|-----|--------|-----------------------------------------|---------|
| 거 더 | 40     | $0.85 \times \sqrt{(f_{ck} + 8)^{1/3}}$ | 30,891  |
| 바닥판 | 27     | $0.85 \times \sqrt{(f_{ck} + 8)^{1/3}}$ | 27,804  |

## ② 허용응력

【표 2.8.13】 프리스트레스트 콘크리트의 허용응력( $f_{ck} = 40$  MPa일 경우)

| 응력의 발생시기                         | 응력구분                 | 설계기준                  | 허용응력   |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| 프리스트레스 도입 시                      | 압축강도                 | $f_{ci}' = 0.8f_{ck}$ | 32.000 |
| 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력 | 압축응력(Posttensioning) | $0.60f_{ci}'$         | 19.200 |
|                                  | 부착된 철근이 없는 인장응력      | $0.25 \sqrt{f_{ci}'}$ | 1.414  |
| 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력       | 압축응력                 | $0.45f_{ck}$          | 18.000 |
|                                  | 부착된 철근이 있는 인장응력      | $0.50 \sqrt{f_{ck}}$  | 3.16   |
|                                  | 부착된 철근이 없는 인장응력      | 0                     | 0      |
|                                  | 균열응력                 | $0.63 \sqrt{f_{ck}}$  | 3.98   |

## ③ 바닥판

허용휨압축응력 :  $0.4 \times f_{ck} = 0.4 \times 27 = 10.800$  MPa

## 2) PS 강연선(KS D 7002 SWPC 7B, 저릴렉세이션 강재)

긴장력 및 강선에 대한 계수값 들은 도면에 표기된 값을 사용하였다.

① 극한강도 :  $f_{put} = 1900.0$  MPa

② 항복강도 :  $f_{pyt} = 1600.0$  MPa

③ 탄성계수 :  $E_p = 200,000$  MPa

④ 긴장시 최대응력 :  $\text{MIN}(0.94 \times f_{pyt}, 0.8 \times f_{put}) = 1,504$  MPa

⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 :  $\text{MIN}(0.74 \times f_{pyt}, 0.82 \times f_{put}) = 1,312$  MPa

⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 :  $\text{MIN}(0.74 \times f_{pyt}, 0.82 \times f_{put}) = 1,312$  MPa

## 3) PS 강봉(KS D 3505, 저릴렉세이션 강재)

① 극한강도 :  $f_{puc} = 1050.0$  MPa

- ② 항복강도 :  $f_{pyc} = 950.0\text{MPa}$
- ③ 탄성계수 :  $E_p = 200,000\text{MPa}$
- ④ 긴장시 최대응력 :  $\text{MIN}(0.94 \times f_{pyc}, 0.8 \times f_{puc}) = 840\text{MPa}$
- ⑤ 정착 후 정착부에서의 허용응력 :  $\text{MIN}(0.74 \times f_{pyc}, 0.82 \times f_{puc}) = 777\text{MPa}$
- ⑥ 사용하중 상태에서의 허용응력 :  $\text{MIN}(0.74 \times f_{pyc}, 0.82 \times f_{puc}) = 777\text{MPa}$

## 4) 포스트텐션 긴장재 배치에 위한 쉬스 규격

| 구 분             | 단 위             | 강 연 선 |       |       |       |       |       | 강 봉   |
|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PS강재 개수         | 개, mm           | 7     | 10    | 11    | 13    | 16    | 19    | 40    |
| 쉬스관 내경          | mm              | 65    | 75    | 75    | 85    | 85    | 100   | 50    |
| 쉬스관 외경          | mm <sup>2</sup> | 70    | 80    | 80    | 90    | 90    | 105   | 55    |
| 곡률마찰계수 $\mu$    | 1/rad           | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | 0.25  | -     |
| 파상마찰계수 $\kappa$ | 1/m             | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.008 |

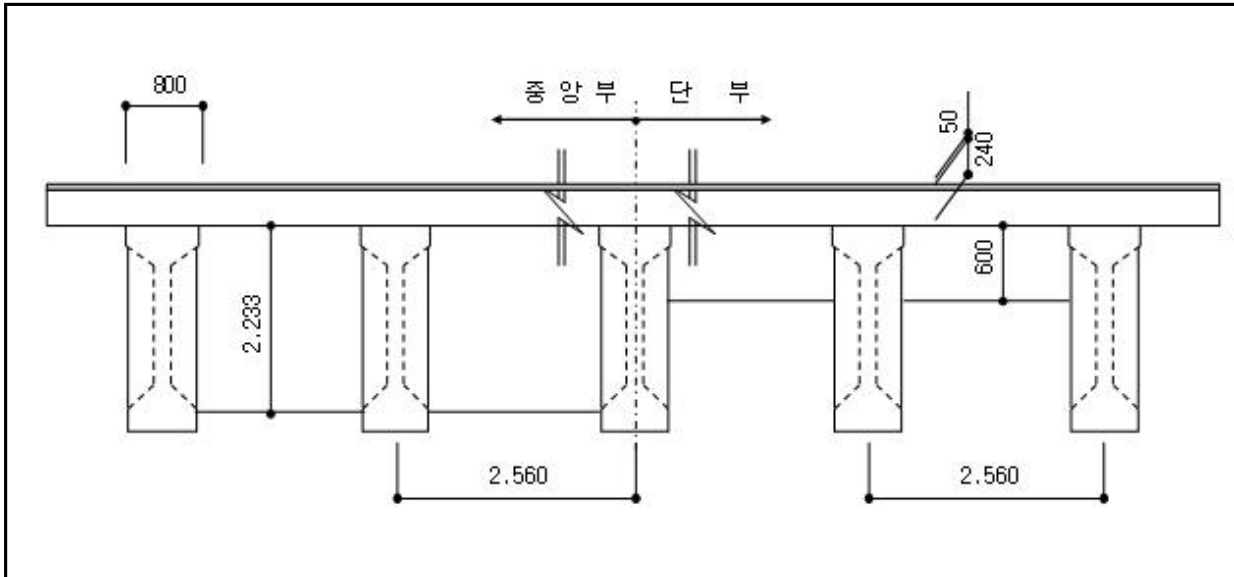
## 5) 철근

| 구 분 | 항복강도( $f_y$ ) | 탄성계수( $E_s$ ) | 허용인장응력( $f_{ta}$ ) | 비고    |
|-----|---------------|---------------|--------------------|-------|
| 바닥판 | 400MPa        | 200,000       | 180MPa             | SD400 |
| 거터  | 300MPa        | 200,000       |                    | SD300 |

## 8.5.3 구조해석

## 가. 바닥판 검토

## 1) 단면제원



## 2) 좌측 캔틸레버부

## ① 검토조건

| 단위중량(콘크리트)              | 단위중량(무근콘크리트)            | 설계속도      | 후륜하중(Pr) | 곡선 반경(R) | 비 고 |
|-------------------------|-------------------------|-----------|----------|----------|-----|
| 25.000kN/m <sup>3</sup> | 23.500kN/m <sup>3</sup> | 60.0km/hr | 96.000kN | 80       |     |

## ② 하중산정

## ㉠ 고정하중

| 구 분 | 면적<br>(m <sup>2</sup> ) | 단위중량<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 하중<br>(kN) | 작용거리<br>(m) | 휨모멘트<br>(kN·m) |
|-----|-------------------------|------------------------------|------------|-------------|----------------|
| 방호벽 | 0.394                   | 25.000                       | 9.850      | 0.775       | 7.634          |
| 바닥판 | 0.230                   | 25.000                       | 5.750      | 0.480       | 2.760          |
| 포 장 | 0.026                   | 23.500                       | 0.599      | 0.255       | 0.153          |
| 방음판 |                         |                              | 0.000      | 0.815       | 0.000          |
| 합 계 |                         |                              | 16.199     |             | 10.547         |

## ㉠ 차량충돌하중

| 구 분   | h      | H          | $M_{co} = H \times h$ | 곡선반경        | 적용 $M_{co}$  |
|-------|--------|------------|-----------------------|-------------|--------------|
| Case1 | 1.000m | 7.708kN/m  | 7.708kN·m/m           | R=80 < 200m | 11.700kN·m/m |
| Case2 | 1.170m | 10.000kN/m | 11.700kN·m/m          |             |              |

※ Case1 : 수평충돌력 H가 노면상 1m 높이에 교축을 따라 1m 마다 작용시, 여기서  $H=(V/60)^2 \times 7500 + 2500$   
Case2 : 방호벽 상단에 횡방향으로 H = 10kN/m의 수평하중 재하시

## ㉡ 원심하중(도.설.해 2.1.17)

| 곡선반경(R) | $CF = 0.79 \times V^2 / R$ | $P_{cf} = P_r / E \times CF / 100$ | $M_{cf} = P_{cf} \times 1.8$ |
|---------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 80      | 7.5%                       | 5.608 kN/m                         | 10.094kN·m                   |

※ 원심하중은 교면상 1.8m 높이에 작용하는 것으로 한다.

## ㉢ 풍하중

| 각 형 부 재  | 풍상측 부재(MPa) | 재하위치(mm) | 휨모멘트(kN·m) |
|----------|-------------|----------|------------|
| 활하중 재하시  | 0.0015      | 1500     | 2.970      |
| 활하중 비재하시 | 0.0030      | 805      | 3.188      |

## ㉣ 하중조합(도.설 2.2.3.2)

| 하중경우   | 고정하중 | 활 하 중 | 차량충돌하중 | 원심하중 | 풍 하 중 | 합 계(kN·m/m) |
|--------|------|-------|--------|------|-------|-------------|
| Case 1 | 1.30 | 2.15  |        | 1.30 |       | 30.584      |
| Case 2 | 1.30 |       | 1.30   |      |       | 13.735      |
| Case 3 | 1.30 | 1.30  | 0.65   | 1.30 |       | 33.554      |
| Case 4 | 1.30 | 1.30  |        | 1.30 |       | 30.584      |
| Case 5 | 1.25 | 1.25  | 0.625  | 1.25 |       | 33.554      |
| Case 6 | 1.30 | 1.30  |        | 1.30 | 1.30  | 42.284      |
| Case 7 | 1.20 |       | 1.20   |      | 1.20  | 25.435      |

## ③ 단면력 검토

## ㉠ 검토조건

|             |                                      |          |                         |
|-------------|--------------------------------------|----------|-------------------------|
| 콘크리트 설계기준강도 | $f_{ck} = 27.0\text{MPa}$            | 철근의 항복강도 | $f_y = 400.0\text{MPa}$ |
| 설계 모멘트      | $M_u = 56.790\text{kN}\cdot\text{m}$ | 휨강도 감소계수 | $\Phi_f = 0.85$         |
| 부재 높이       | $h = 240.0\text{mm}$                 | 부재 폭     | $b = 1000.0\text{mm}$   |
| 인장 피복       | $d' = 60.0\text{mm}$                 | 유효 높이    | $d = 180.0\text{mm}$    |

## ㉔ 검토결과

| 구 분           | 폭(mm)                  | 높이(mm) | 피복(mm)  | 사용철근량(㎡)                             | $M_u(kN \cdot m)$ | $\Phi M_n(kN \cdot m)$ | 결 과              |
|---------------|------------------------|--------|---------|--------------------------------------|-------------------|------------------------|------------------|
| 휨 검 토         | 1000.0                 | 240.0  | 60.0    | H16@200 = 993.00<br>H13@200 = 633.50 | 56.790            | 91.703                 | O.K<br>S.F=1.615 |
| 사 용 성<br>검 토  | 허용최대중심간격               |        |         | 최대중심간격                               |                   |                        | 결 과              |
|               | 358.218mm              |        |         | 100mm                                |                   |                        | O.K              |
| 바 닥 판<br>최소두께 | $h_{min} = (280L+180)$ |        | 최소h     |                                      | 적용h               |                        | 결 과              |
|               | 238.80mm               |        | 220.0mm |                                      | 240.0mm           |                        | O.K              |

## 3) 중앙부

## ① 검토조건

- 지간방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.4% 이상  
상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상
- 지간방향에 직각방향 : 하부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3% 이상  
상부철근량 - 콘크리트 바닥판 단면의 0.3%이상

| 구 분                                                            |      |         | 산 정 식                                   |  |  | 검 토 |
|----------------------------------------------------------------|------|---------|-----------------------------------------|--|--|-----|
| 주철근                                                            | 하면철근 | 필요철근량   | 240,000mm × 0.4% = 960.0mm <sup>2</sup> |  |  | o.k |
|                                                                |      | 1 Cycle | H16@400 = 496.5mm <sup>2</sup>          |  |  |     |
|                                                                |      | 2 Cycle | H16@400 = 496.5mm <sup>2</sup>          |  |  |     |
|                                                                | 상면철근 | 필요철근량   | 240,000mm × 0.3% = 720.0mm <sup>2</sup> |  |  | o.k |
|                                                                |      | 1 Cycle | H16@400 = 496.5mm <sup>2</sup>          |  |  |     |
|                                                                |      | 2 Cycle | H16@400 = 496.5mm <sup>2</sup>          |  |  |     |
| 배력<br>철근                                                       | 하면철근 | 필요철근량   | 240,000mm × 0.3% = 720.0mm <sup>2</sup> |  |  | o.k |
|                                                                |      | 사용철근량   | H16@250 = 794.4mm <sup>2</sup>          |  |  |     |
|                                                                | 상면철근 | 필요철근량   | 240,000mm × 0.3% = 720.0mm <sup>2</sup> |  |  | o.k |
|                                                                |      | 사용철근량   | H16@250 = 794.4mm <sup>2</sup>          |  |  |     |
| ㉔ • 여기서 바닥판 슬래브 단면적 = 1,000mm × 240mm = 240,000mm <sup>2</sup> |      |         |                                         |  |  |     |

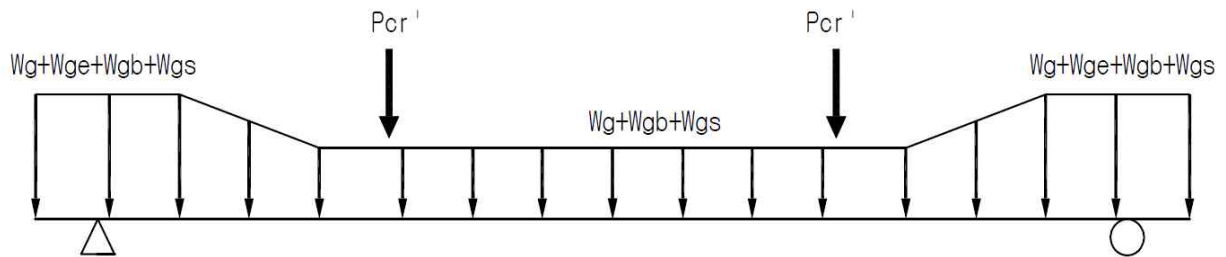
## 나. 거더 검토

## 1) 거더 자중

## ① 하중산정

| 구 분              | 산 출 근 거                                                                                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 거더본체 (Wg)        | $A_{net} \times w_{gc} = 1.011 \times 25000 = 25274 \text{ N/m}$                                                     |
| 단부보강 (Wge)       | $A_{var} \times w_{gc} = 1.135 \times 25000 = 28375 \text{ N/m}$                                                     |
| 가 로 보 (Pcr')     | $A_{var} \times L_{cr} \times w_{gc} \times e_a = 1.135 \times 1 \times 25000 \times 1 \text{ EA} = 17025 \text{ N}$ |
| 강 봉 (Wgb)        | $w_{1cm} \times C_{ea} = 102.1 \times 2 \text{ EA} = 204 \text{ N/m}$                                                |
| T1 강연선 (Wgs1)    | $w_{1tm} \times T_{ea} = 11.01 \times 7 \text{ EA} = 77 \text{ N/m}$                                                 |
| T2~T5 강연선 (Wgs2) | $w_{2tm} \times T_{ea} = 11.01 \times 4 \text{ EA} \times 16 \text{ EA} = 705 \text{ N/m}$                           |

## ② 모델링



## 2) 합성전 고정하중

## ① 바닥판 콘크리트(Wsc)

$$\text{㉠ G1 거더} : 0.24 \times 2.668 \times 25000 = 16008 \text{ N/m}$$

$$\text{㉡ G2 ~ G5 거더} : 0.24 \times 2.800 \times 25000 = 16800 \text{ N/m}$$

$$\text{㉢ G6 거더} : 0.24 \times 2.534 \times 25000 = 15204 \text{ N/m}$$

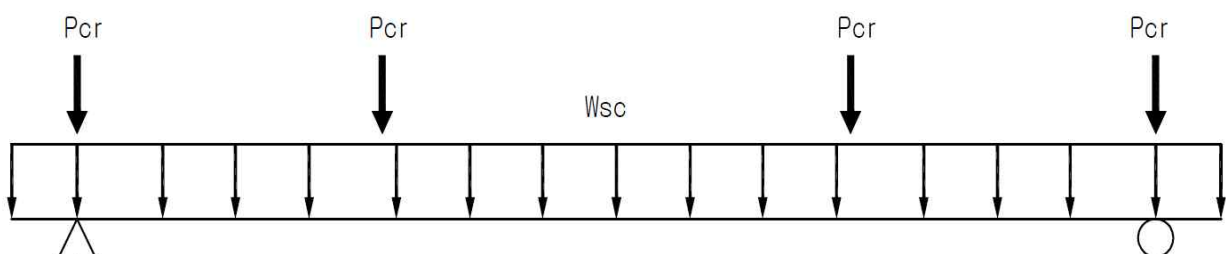
## ② 가로보 콘크리트(Pcr)

$$\text{㉠ G1 거더} : 0.300 \times 2.233 \times 1.40 \times 25000 = 23450 \text{ N}$$

$$\text{㉡ G2 ~ G5 거더} : 0.300 \times 2.233 \times 2.80 \times 25000 = 46900 \text{ N}$$

$$\text{㉢ G6 거더} : 0.300 \times 2.233 \times 1.40 \times 25000 = 23450 \text{ N}$$

## ③ 모델링



## 3) 합성후 고정하중

## ① 좌측 캔틸레버 하중

- 방호벽 (좌) :  $A \times w = 0.394 \times 25000 = 9839 \text{ N/m}$

## ② 우측 캔틸레버 하중

- 중분대 (우) :  $A \times w = 0.421 \times 25000 = 10531 \text{ N/m}$

## ③ 중앙부 하중

- 콘크리트 포장 :  $t \times w = 0.050 \times 23500 = 1175 \text{ N/m}^2$

## 4) 활하중

## ① 차로수 : 5 차로

## ② 차로폭 : 3.0m

## ③ 적용하중 (1등급)

| DB하중 | DL하중 |
|------|------|
|      |      |

㉠ DB-24 :  $DBr = 96.00 \text{ kN}$

$DBf = 24.00 \text{ kN}$

㉡ DL-24 :  $DLw = 12.70 \text{ kN/m}$

$DLm = 108.00 \text{ kN}$

$DLs = 156.00 \text{ kN}$

## 5) 단면력 집계표

## ① 지간중앙부의 휨모멘트 집계(kN·m)

| 구 분      | G1      | G2~G6   | G7      | 저 항 단 면   | 비 고 |
|----------|---------|---------|---------|-----------|-----|
| 거더 자중    | 8215.5  | 8215.5  | 8215.5  | 순 단 면     |     |
| 합성전 고정하중 | 5090.0  | 5614.9  | 4848.8  | PS강재 환산단면 |     |
| 합성후 고정하중 | 2004.8  | 2171.1  | 2361.8  | 바닥판 합성단면  |     |
| DB 활하중   | 4493.0  | 3759.2  | 4073.7  |           |     |
| DL 활하중   | 4841.5  | 3996.7  | 4382.3  |           |     |
| 균중하중     | 0.0     | 0.0     | 0.0     |           |     |
| MAX      | 4841.5  | 3996.7  | 4382.3  |           |     |
| 합 계      | 20151.8 | 19998.2 | 19808.4 |           |     |

## ② 지간지점부의 전단력 집계(kN)

| 구 분      | G1     | G2~G6  | G7     | 저 항 단 면   | 비 고 |
|----------|--------|--------|--------|-----------|-----|
| 거더 자중    | 725.9  | 725.9  | 725.9  | 순 단 면     |     |
| 합성전 고정하중 | 403.9  | 435.1  | 384.2  | PS강재 환산단면 |     |
| 합성후 고정하중 | 205.6  | 166.3  | 226.3  | 바닥판 합성단면  |     |
| DB 활하중   | 443.4  | 438.0  | 424.5  |           |     |
| DL 활하중   | 455.3  | 429.0  | 429.9  |           |     |
| 균중하중     | 0.0    | 0.0    | 0.0    |           |     |
| MAX      | 455.3  | 438.0  | 429.9  |           |     |
| 합 계      | 1790.7 | 1765.2 | 1766.3 |           |     |

## 6) 응력검토

## ① G1거더 응력산출

## ㉠ G1거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.831

| 하중 단계    |      | 바닥판    |        | 거더      |         | PS 강재   |           | 비고 |
|----------|------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|----|
|          |      | 상연     | 하연     | 상연      | 하연      | 강봉      | 강선        |    |
| 1        | fsw  |        |        | 13.805  | -10.571 | 0.000   | 0.000     |    |
| 2        | fps  |        |        | -11.807 | 28.061  | 424.845 | -1214.251 |    |
| 계        |      |        |        | 1.997   | 17.490  | 424.845 | -1214.251 |    |
| 응력<br>검토 |      |        |        | -1.410  | ±19.200 | ±777.00 | ±1312.00  |    |
|          |      |        |        | 0.K     | 0.K     | 0.K     | 0.K       |    |
| 3        | fbl  | 0.000  | 0.000  | 7.942   | -5.723  | 47.161  | -32.834   |    |
| 4        | fal  | 1.085  | 0.866  | 0.962   | -1.678  | 5.405   | -10.049   |    |
| 5        | flI  | 2.620  | 2.091  | 2.323   | -4.053  | 13.054  | -24.269   |    |
| 6        | fsh  | 0.103  | 0.043  | 0.048   | -0.674  | 0.086   | 4.139     |    |
| 7        | fcr  | 0.438  | 0.183  | 0.204   | -2.863  | 0.364   | 17.586    |    |
| 8        | frgb | -0.035 | -0.032 | -0.036  | 0.003   | -0.220  | 0.009     |    |
| 9        | frgs | 0.041  | 0.017  | 0.019   | -0.270  | 0.034   | 1.657     |    |
| 10       | f2   | 2.638  | 2.727  | -5.350  | 1.417   | -4.907  | 1.256     |    |
| 계        |      | 6.890  | 5.895  | 8.109   | 3.650   | 485.821 | -1256.757 |    |
| 응력<br>검토 |      | 10.800 | -2.598 | 18.000  | -3.162  | ±777.00 | ±1312.00  |    |
|          |      | 0.K    | 0.K    | 0.K     | 0.K     | 0.K     | 0.K       |    |

(+) : 압축, (-) : 인장

## ㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

| 구 분             |                   | C1       | C2       | T1       | T2       | T3       | T4       | T5        |
|-----------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 강선수             | (EA)              |          |          | 7        | 16       | 16       | 16       | 16        |
| P <sub>CT</sub> | (kN)              | -534.030 | -534.030 | 1038.299 | 2824.811 | 2575.914 | 2697.763 | ±2820.794 |
| A <sub>p</sub>  | (m <sup>2</sup> ) | 0.00126  | 0.00126  | 0.00097  | 0.00222  | 0.00222  | 0.00222  | ±0.0022   |
| fps             | (MPa)             | -424.845 | -424.845 | 1069.419 | 1272.896 | 1160.740 | 1215.647 | ±1271.086 |
| 응 력 검 토         |                   | ±777.00  | ±777.00  | ±1312.00 | ±1312.00 | ±1312.00 | ±1312.00 | ±1312.000 |
|                 |                   | 0.K      | 0.K      | 0.K      | 0.K      | 0.K      | 0.K      | 0.K       |

## ② G2~G5거더 응력산출

## ㉠ G2~G5거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.834

| 하중 단계 |      | 바닥판    |        | 거더      |         | PS 강재   |           | 비고 |
|-------|------|--------|--------|---------|---------|---------|-----------|----|
|       |      | 상연     | 하연     | 상연      | 하연      | 강봉      | 강선        |    |
| 1     | fsw  |        |        | 13.805  | -10.571 | 0.000   | 0.000     |    |
| 2     | fps  |        |        | -11.807 | 28.061  | 424.845 | -1214.251 |    |
| 계     |      |        |        | 1.997   | 17.490  | 424.845 | -1214.251 |    |
| 응력 검토 |      |        |        | -1.410  | 19.200  | ±777.00 | ±1312.00  |    |
|       |      |        |        | 0.K     | 0.K     | 0.K     | 0.K       |    |
| 3     | fbl  | 0.000  | 0.000  | 8.761   | -6.314  | 52.024  | -36.220   |    |
| 4     | fal  | 1.139  | 0.905  | 1.006   | -1.808  | 5.634   | -10.835   |    |
| 5     | fil  | 2.096  | 1.666  | 1.851   | -3.328  | 10.372  | -19.945   |    |
| 6     | fsh  | 0.097  | 0.038  | 0.042   | -0.668  | 0.054   | 4.103     |    |
| 7     | fcr  | 0.401  | 0.158  | 0.175   | -2.757  | 0.221   | 16.942    |    |
| 8     | frgb | -0.035 | -0.032 | -0.035  | 0.003   | -0.217  | 0.010     |    |
| 9     | frgs | 0.039  | 0.016  | 0.017   | -0.271  | 0.022   | 1.667     |    |
| 10    | f2   | 2.979  | 3.012  | -5.675  | 1.504   | -5.205  | 1.332     |    |
| 계     |      | 6.717  | 5.763  | 8.140   | 3.852   | 487.751 | -1257.196 |    |
| 응력 검토 |      | 10.800 | -2.598 | 18.000  | -3.162  | ±777.00 | ±1312.00  |    |
|       |      | 0.K    | 0.K    | 0.K     | 0.K     | 0.K     | 0.K       |    |

(+) : 압축, (-) : 인장

## ㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

| 구 분             |                   | C1       | C2       | T1       | T2       | T3       | T4       | T5       |
|-----------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 강선수             | (EA)              |          |          | 7        | 16       | 16       | 16       | 16       |
| P <sub>CT</sub> | (kN)              | -534.030 | -534.030 | 1038.299 | 2824.811 | 2575.914 | 2697.763 | 2820.794 |
| A <sub>p</sub>  | (m <sup>2</sup> ) | 0.00126  | 0.00126  | 0.00097  | 0.00222  | 0.00222  | 0.00222  | 0.00222  |
| fps             | (MPa)             | -424.845 | -424.845 | 1069.419 | 1272.896 | 1160.740 | 1215.647 | 1271.086 |
| 응 력 검 토         |                   | ±777.00  | ±777.00  | ±1312.00 | ±1312.00 | ±1312.00 | ±1312.00 | ±1312.00 |
|                 |                   | 0.K      | 0.K      | 0.K      | 0.K      | 0.K      | 0.K      | 0.K      |

## ③ G6거더 응력산출

## ㉠ G6거더 중앙부 응력검토

▷ 유효율 : 0.831

| 하중 단계    |      | 바닥판    |        | 거더      |         | PS 강재    |           | 비고 |
|----------|------|--------|--------|---------|---------|----------|-----------|----|
|          |      | 상연     | 하연     | 상연      | 하연      | 강봉       | 강선        |    |
| 1        | fsw  |        |        | 13.805  | -10.571 | 0.000    | 0.000     |    |
| 2        | fps  |        |        | -11.807 | 28.061  | 424.845  | -1214.251 |    |
| 계        |      |        |        | 1.997   | 17.490  | 424.845  | -1214.251 |    |
| 응력<br>검토 |      |        |        | -1.410  | 19.200  | ± 777.00 | ± 1312.00 |    |
|          |      |        |        | 0.K     | 0.K     | 0.K      | 0.K       |    |
| 3        | fbl  | 0.000  | 0.000  | 7.565   | -5.452  | 44.926   | -31.278   |    |
| 4        | fal  | 1.321  | 1.058  | 1.176   | -1.988  | 6.627    | -11.896   |    |
| 5        | fil  | 2.451  | 1.963  | 2.182   | -3.689  | 12.296   | -22.073   |    |
| 6        | fsh  | 0.110  | 0.049  | 0.054   | -0.680  | 0.121    | 4.177     |    |
| 7        | fcr  | 0.464  | 0.206  | 0.229   | -2.881  | 0.513    | 17.692    |    |
| 8        | frgb | -0.036 | -0.033 | -0.037  | 0.003   | -0.225   | 0.007     |    |
| 9        | frgs | 0.044  | 0.019  | 0.022   | -0.273  | 0.049    | 1.675     |    |
| 10       | f2   | 2.620  | 2.721  | -5.058  | 1.340   | -4.639   | 1.187     |    |
| 계        |      | 6.973  | 5.984  | 8.130   | 3.869   | 484.513  | -1254.760 |    |
| 응력<br>검토 |      | 10.800 | -2.598 | 18.000  | -3.162  | ± 777.00 | ± 1312.00 |    |
|          |      | 0.K    | 0.K    | 0.K     | 0.K     | 0.K      | 0.K       |    |

(+) : 압축, (-) : 인장

## ㉡ PS 강재 긴장시 응력검토

| 구 분             |                   | C1       | C2       | T1        | T2        | T3        | T4        | T5        |
|-----------------|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 강선수             | (EA)              |          |          | 7         | 16        | 16        | 16        | 16        |
| P <sub>CT</sub> | (kN)              | -534.030 | -534.030 | 1038.299  | 2824.811  | 2575.914  | 2697.763  | 2820.794  |
| A <sub>P</sub>  | (m <sup>2</sup> ) | 0.00126  | 0.00126  | 0.00097   | 0.00222   | 0.00222   | 0.00222   | 0.00222   |
| fps             | (MPa)             | -424.845 | -424.845 | 1069.419  | 1272.896  | 1160.740  | 1215.647  | 1271.086  |
| 응 력 검 토         |                   | ± 777.00 | ± 777.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 | ± 1312.00 |
|                 |                   | 0.K      | 0.K      | 0.K       | 0.K       | 0.K       | 0.K       | 0.K       |

## 7) 거더 안전성평가 결과

【표 2.8.14】 거더 안전성평가 결과

| 구 분   |      | 거더 응력 검토     |       |        |       |              |           |
|-------|------|--------------|-------|--------|-------|--------------|-----------|
|       |      | 바닥판          |       | 거더     |       | PS강재         |           |
|       |      | 상연           | 하연    | 상연     | 하연    | 상연           | 하연        |
| G1    | 응력   | 6.890        | 5.895 | 8.109  | 3.650 | 485.821      | -1256.757 |
|       | 허용응력 | 10.800       | -     | 18.000 | -     | 777.00       | -         |
|       | 안전율  | <b>1.567</b> |       | 2.220  |       | 1.599        |           |
| G2~G5 | 응력   | 6.717        | 5.763 | 8.140  | 3.852 | 487.751      | -1257.196 |
|       | 허용응력 | 10.800       | -     | 18.000 | -     | 777.00       |           |
|       | 안전율  | 1.608        |       | 2.211  |       | <b>1.593</b> |           |
| G6    | 응력   | 6.973        | 5.984 | 8.130  | 3.869 | 484.513      | -1254.760 |
|       | 허용응력 | 10.800       | -     | 18.000 | -     | 777.00       |           |
|       | 안전율  | <b>1.549</b> |       | 2.214  |       | 1.604        |           |

## 다. 안전성평가 결과

바닥판 및 거더의 안전성 검토결과, 전체적으로 안전율이 1.0을 상회하는 것으로 분석되어 본 교량의 안전성 평가 결과는 “A”로 검토되었다.

【표 2.8.15】 안전성 평가 결과

| 바닥판 | 구 분   | 켄틸레버부       |       | 중양부 |       |
|-----|-------|-------------|-------|-----|-------|
|     | 안전율   | 1.615       |       | -   |       |
|     | 최소안전율 | S.F = 1.615 |       |     |       |
| 거 더 | 구 분   | G1          | G2~G6 |     | G7    |
|     | 안전율   | 1.567       | 1.593 |     | 1.549 |
|     | 최소안전율 | S.F = 1.549 |       |     |       |

## 8.5.4 내하력평가

현재 도로교설계기준을 토대로 거더의 경우 허용응력설계법, 바닥판의 경우 극한강도설계법을 적용하여 내하력평가를 실시하였으며, 기본내하력 계산에서는 설계하중인 DB-24, DL-24 하중을 적용하였다.

## 가. 개요

## 1) 강도설계법에 의한 내하력평가

## ① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell M_{\ell(1+i)}}$$

여기서,  $\phi M_n$  = 설계휨강도  $M_d$  = 고정하중모멘트

$M_{\ell(1+i)}$  = 설계활하중에 의한 모멘트

$\gamma_d$  = 고정하중 계수 (1.30)  $\gamma_\ell$  = 활하중 계수 (2.15)

## ② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서,  $K_s$  = 응력 보정계수  $P_\ell$  = 설계 활하중 (DB-24)

## 2) 허용응력설계법에 의한 내하력평가

## ① 기본내하율(RF) 산정방법

$$RF = \frac{f_a - f_d}{f_\ell}$$

여기서,  $f_\ell$  = 충격을 포함한 설계 활하중 응력

$f_a$  = 재료의 허용응력  $f_d$  = 고정하중 응력

## ② 공용내하력(P) 산정방법

$$P = K_s \times RF \times P_\ell$$

여기서,  $K_s$  = 응력 보정계수

$P_\ell$  = 설계 활하중 (DB-24, DL-24)

## 나. 기본내하율 산정

【표 2.8.16】 바닥판 기본내하율(극한강도설계법) 산정결과

| 구 분 |      | $\phi M_n(kN \cdot m)$ | $M_d(kN \cdot m)$ | $M_l(1+i)(kN \cdot m)$ | 기본내하율(RF) |
|-----|------|------------------------|-------------------|------------------------|-----------|
| 바닥판 | 켄틸레버 | 91.703                 | 10.547            | 20.037                 | 1.810     |
|     | -    | -                      | -                 | -                      | -         |

【표 2.8.17】 거더 기본내하율(허용응력설계법) 산정결과

| 구 분   |    | 허용응력<br>( $f_a$ )(MPa) | 고정하중응력<br>( $f_d$ )(MPa) | 활하중응력<br>( $f_l$ )(MPa) | 기본내하율<br>(RF) | 비고 |
|-------|----|------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|----|
| G1    | 상연 | 18.000                 | 5.786                    | 2.323                   | 5.258         |    |
|       | 하연 | 0                      | 7.703                    | -4.053                  | <b>1.901</b>  |    |
| G2~G5 | 상연 | 18.000                 | 5.948                    | 2.182                   | 5.523         |    |
|       | 하연 | 0                      | 7.18                     | -3.328                  | <b>2.157</b>  |    |
| G6    | 상연 | 18.000                 | 5.780                    | 1.851                   | 6.602         |    |
|       | 하연 | 0                      | 7.18                     | -3.328                  | <b>2.157</b>  |    |

## 다. 내하력평가 결과

【표 2.8.18】 공용내하력 산정결과

| 구 분     |       | 응답보정계수<br>( $K_s$ )                                                        | 기본내하율<br>(RF) | 공용내하율<br>( $K_s \times RF$ ) | 공용내하력<br>(P) |
|---------|-------|----------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------|--------------|
| 거 더     | G1    | 1.278                                                                      | 1.901         | 2.429                        | DB, DL-24 이상 |
|         | G2~G5 | 1.278                                                                      | 2.157         | 2.757                        | DB, DL-24 이상 |
|         | G6    | 1.278                                                                      | 2.157         | 2.757                        | DB, DL-24 이상 |
| 결 과 분 석 |       | • 내하력평가 결과, 공용내하력이 설계내하력(DB, DL-24) 보다 큰 것으로 나타나 본 구조물의 공용내하력은 양호한 상태로 평가됨 |               |                              |              |

## 8.6 종합평가 및 안전등급

### 8.6.1 종합평가 결과

대상 구조물의 종합평가는 『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침(국토교통부 2016. 12.)』에 의거 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정하였다.

서오창IC Ramp-A1교의 상태평가등급은 “A”, 안전성평가 등급은 “A”로 평가되어 본 시설물의 종합평가 결과, 종합평가등급은 “A(우수)등급”으로 평가되었다.

【표 2.8.19】 종합평가 결과

| 평가구분    | 결합지수        | 평가등급 | 비 고        |
|---------|-------------|------|------------|
| 상태평가    | F = 0.100   | A    |            |
| 안전성평가   | S.F = 1.0이상 | A    | 설계내하력 이상확보 |
| 종합평가 결과 | A등급         |      |            |

### 8.6.2 안전등급 지정

서오창IC RAMP-A교에 대한 외관조사 및 구조안전성평가결과 시설물의 상태는 『문제점이 없는 최상의 상태』로 안전등급 A등급으로 평가되었다.

【표 2.8.20】 서오창IC RAMP-A1교 안전등급 지정

| 안전등급 | 구조물명           | 안전등급    |
|------|----------------|---------|
|      | 서오창IC RAMP-A1교 | A등급(우수) |

## 8.7 종합결론

서오창IC RAMP-A1교는 외관조사 및 시험결과를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과와 구조검토 및 안전성평가 결과를 종합적으로 분석, 평가한 결과 종합평가 등급 및 안전등급은 문제점이 없는 최상의 상태인 “A등급”으로 평가되었다. 일부 국부적으로 손상이 조사되었으나 내구성 및 기능성 향상을 위해 보수를 실시하였으며 공용 기간 증대에 따른 손상이 발생할 수 있으므로 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요하다.