

10. 내리천교(울산)

10.1 시설물 개요

10.2 자료수집 및 분석

10.3 현장조사

10.4 콘크리트 내구성조사

10.5 상태평가

10.6 종합평가 및 안전등급 지정

10.7 보수·보강 및 유지관리 방안

10.8 종합결론

10. 내리천교(울산)

10.1 시설물의 개요

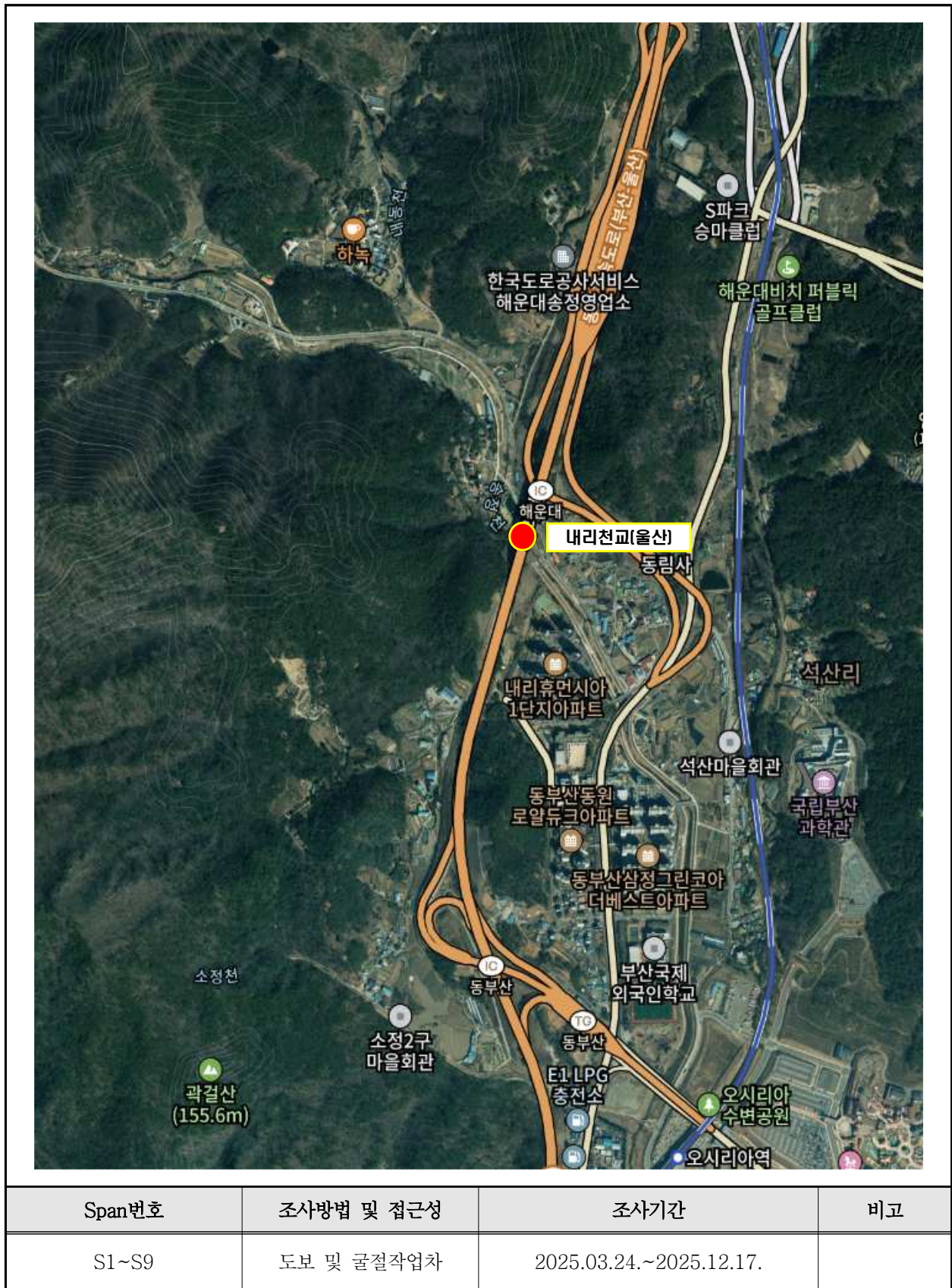
본 시설물은 부산광역시 기장군 기장읍 내리 산137-4에 위치한 교량으로 총 연장 315.0m, 폭 12.2m의 PC빔 거더교로 시공되어 있다.

10.1.1 일반사항

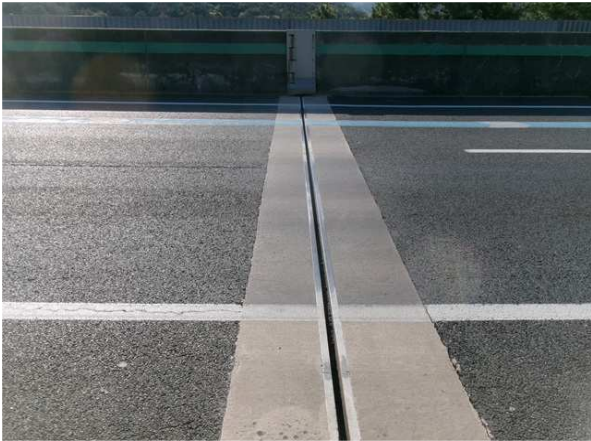
【표 10.1.1】 내리천교(울산) 일반사항

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물번호		BR2008-0000979		관리번호		-	
시설물위치		부산광역시 기장군 기장읍 내리 산137-4		준공년월일		2008년 12월 31일	
관리의정		부산울산선(5.51km)		공사이정		-	
설계하중		DB-24/DL-24		노 선 명		부산울산고속도로	
제원	연장	L = 315.0m, (3@35.0+3@35.0+3@35.0 m)					
	폭	B = 12.2m (2차로)					
구조 형식	상부	PSCI		기초 형식	교 대	PHC말뚝기초	
	하부	교대 : 역T형, 교각 : π 형			교 각	직접기초	
교량받침		탄성받침		신축이음		레일(A1, A2), 강평거(P3, P6)	
교차시설물		송정천, 내리길		통과높이		28.0m	
부착시설내용		점검시설 등					
시 공 자		한진중공업, (주)동양건설산업		관리주체		부산울산고속도로(주)	

10.1.2 위치도 및 전경사진

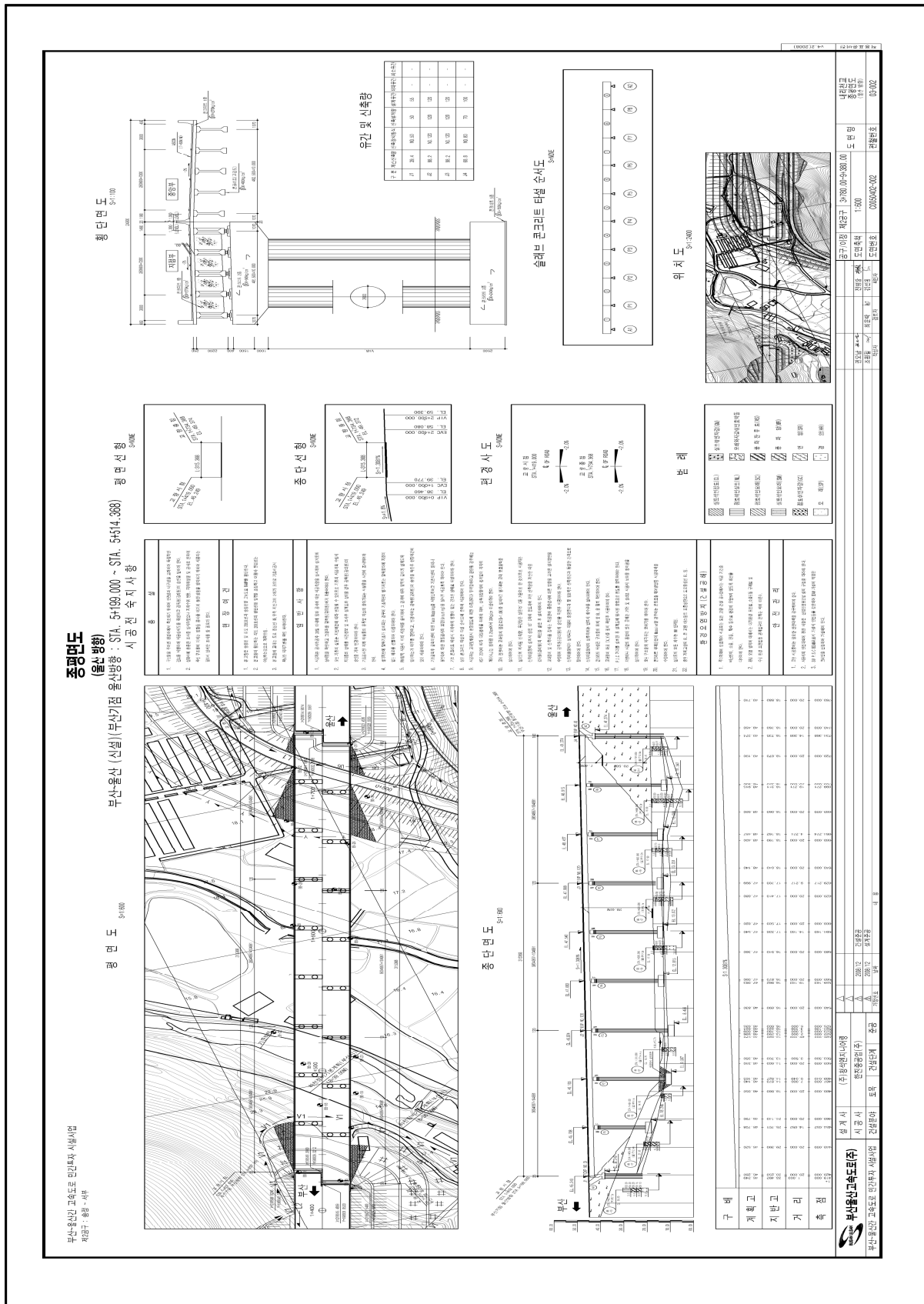


【그림 10.1.1】 위치도

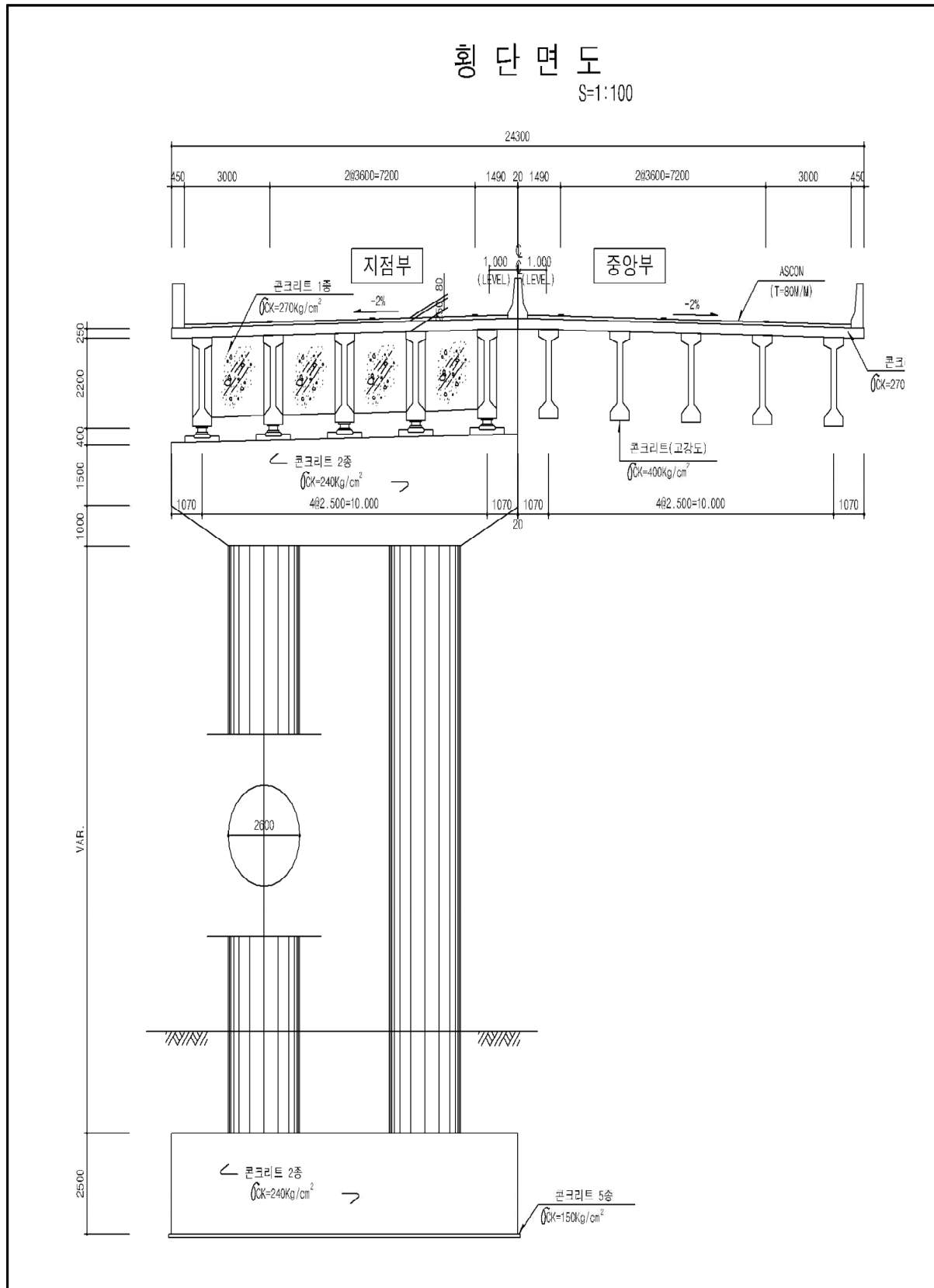
	
교면포장 전경	신축이음 전경
	
거더 전경	바닥판하면 전경
	
교대 전경	교각 전경

【사진 10.1.2】 부재별 현황

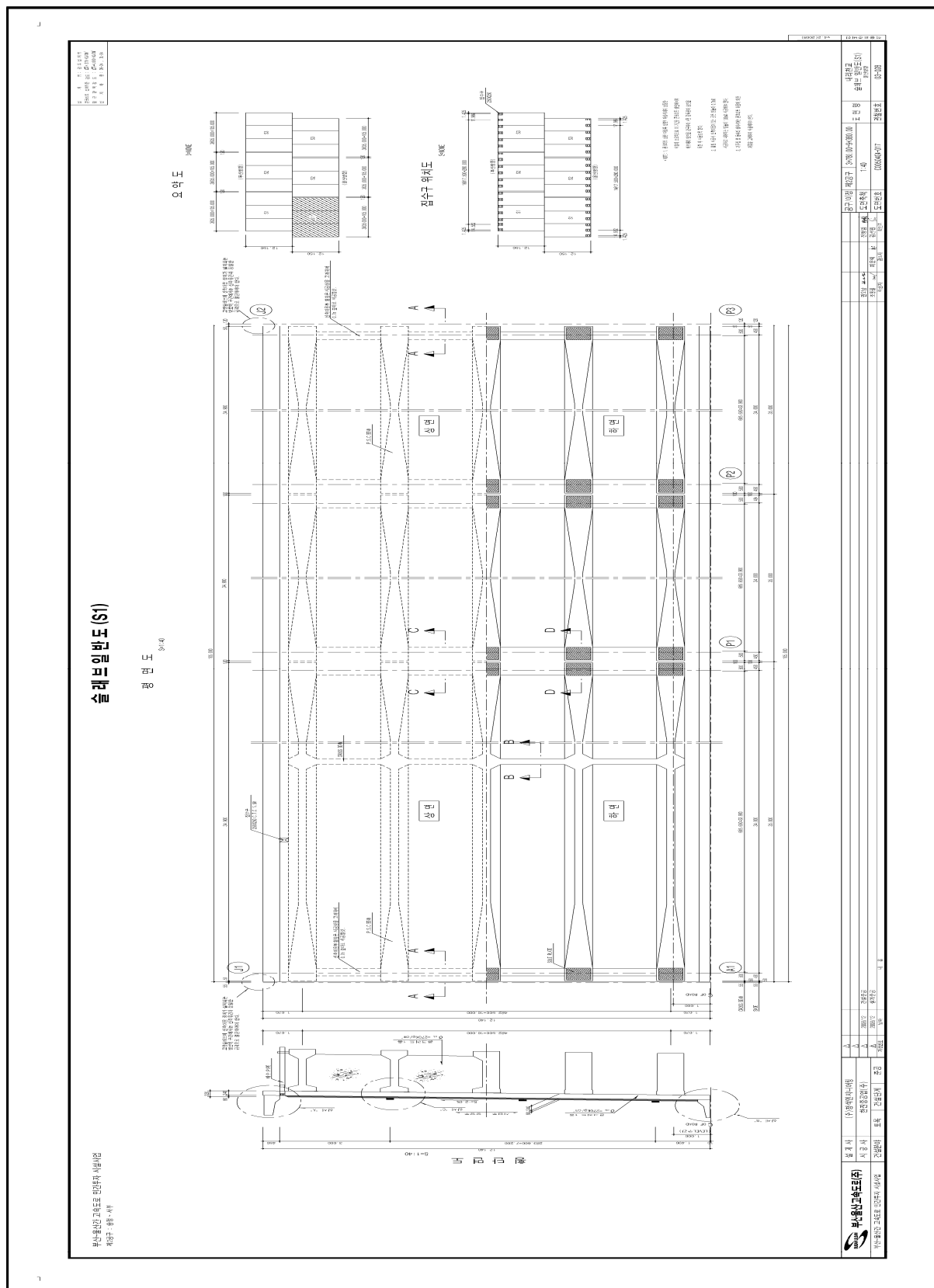
10.1.3 시설물 일반도



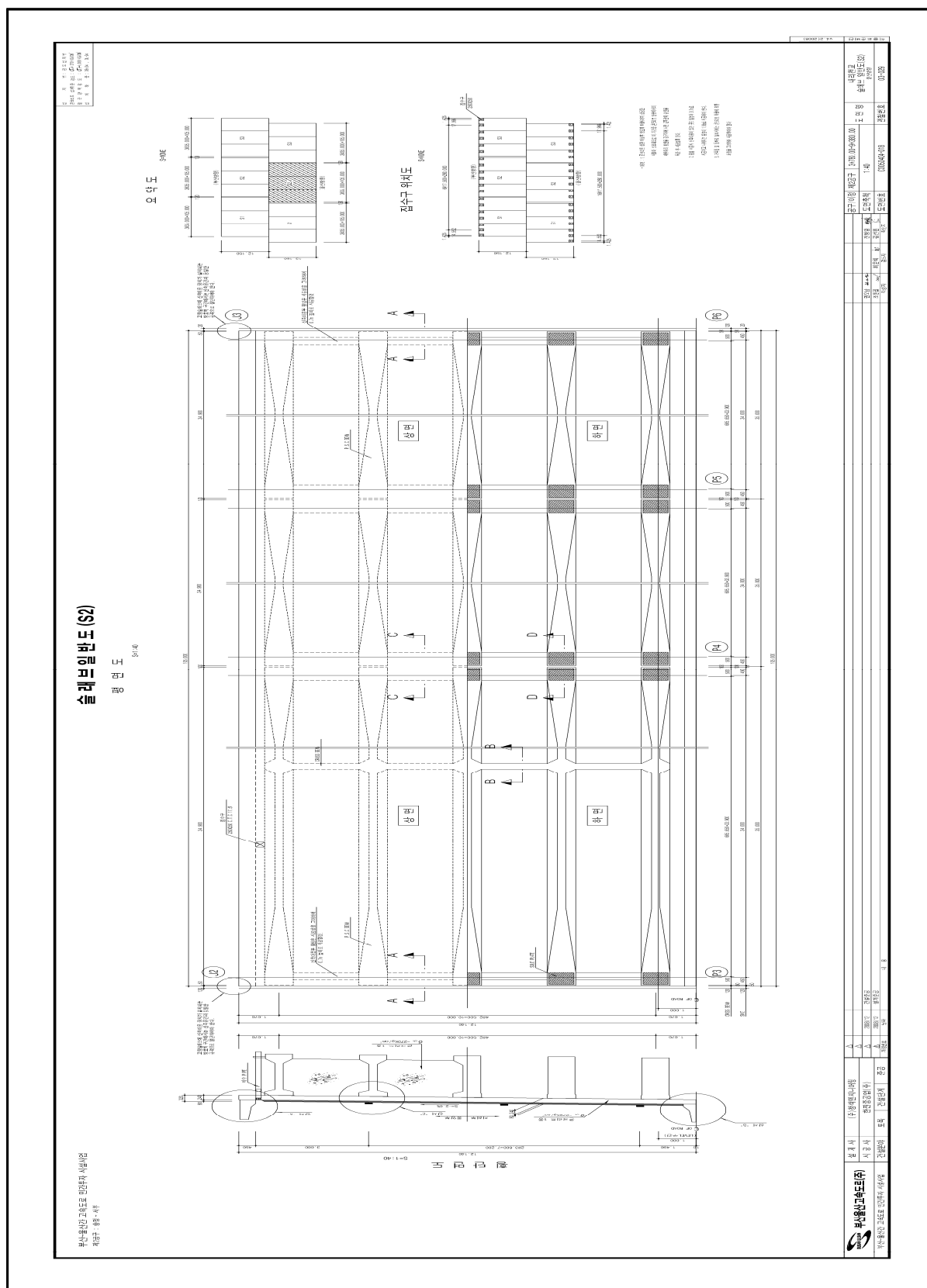
【그림 10.1.3】 평면 및 종평면도



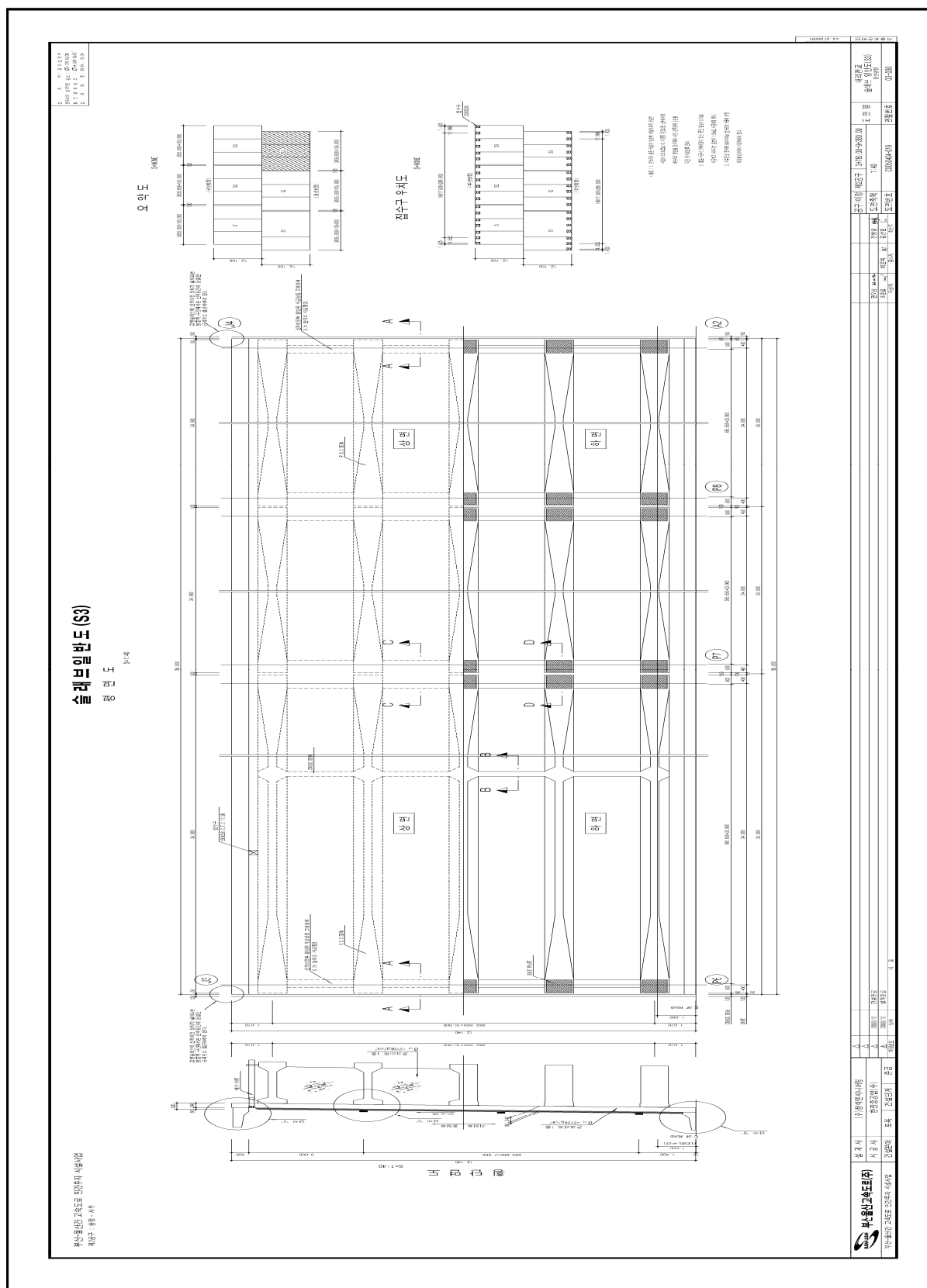
【그림 10.1.4】 횡단면도



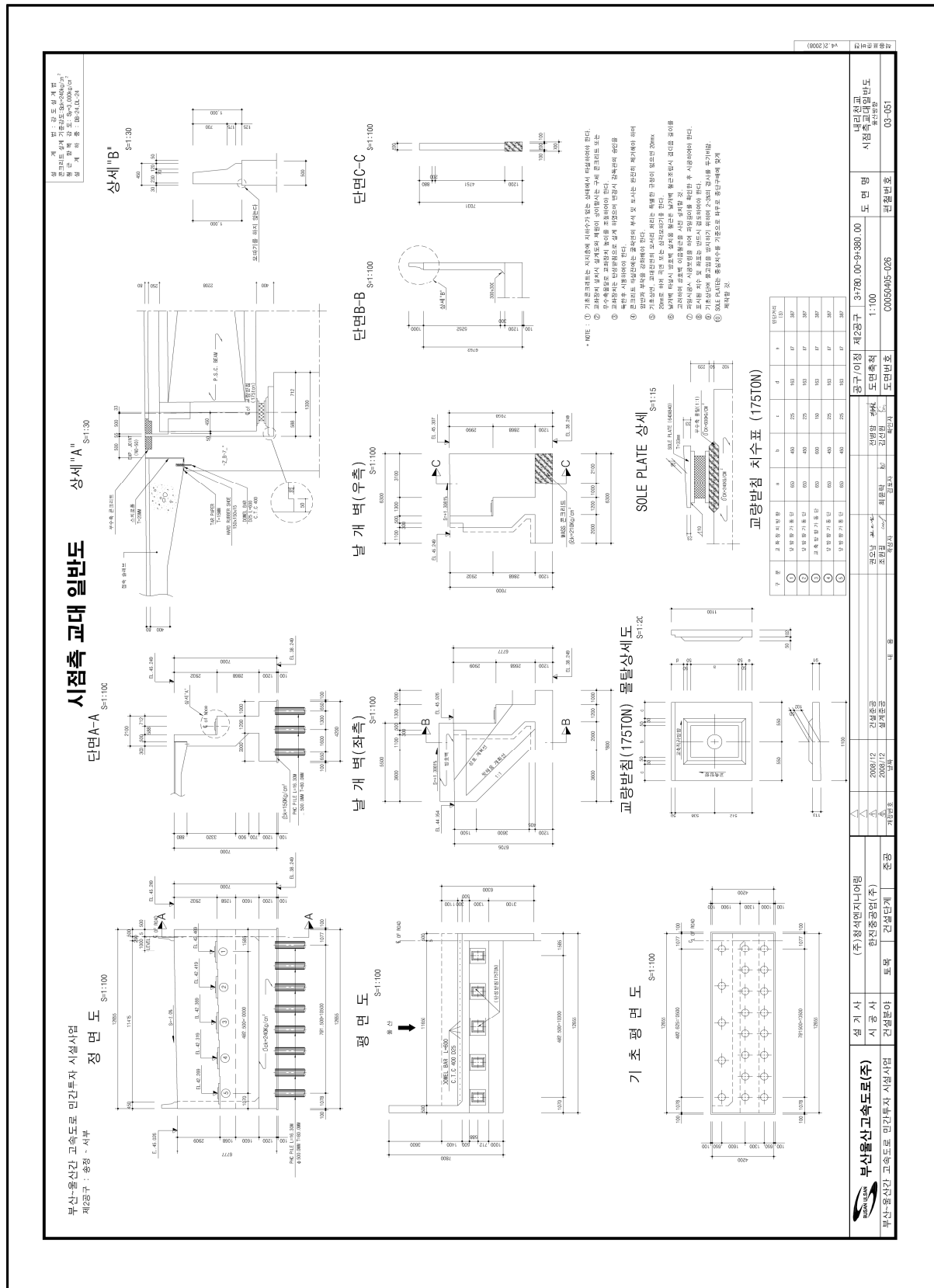
【그림 10.1.4】 슬래브 일반도(1)



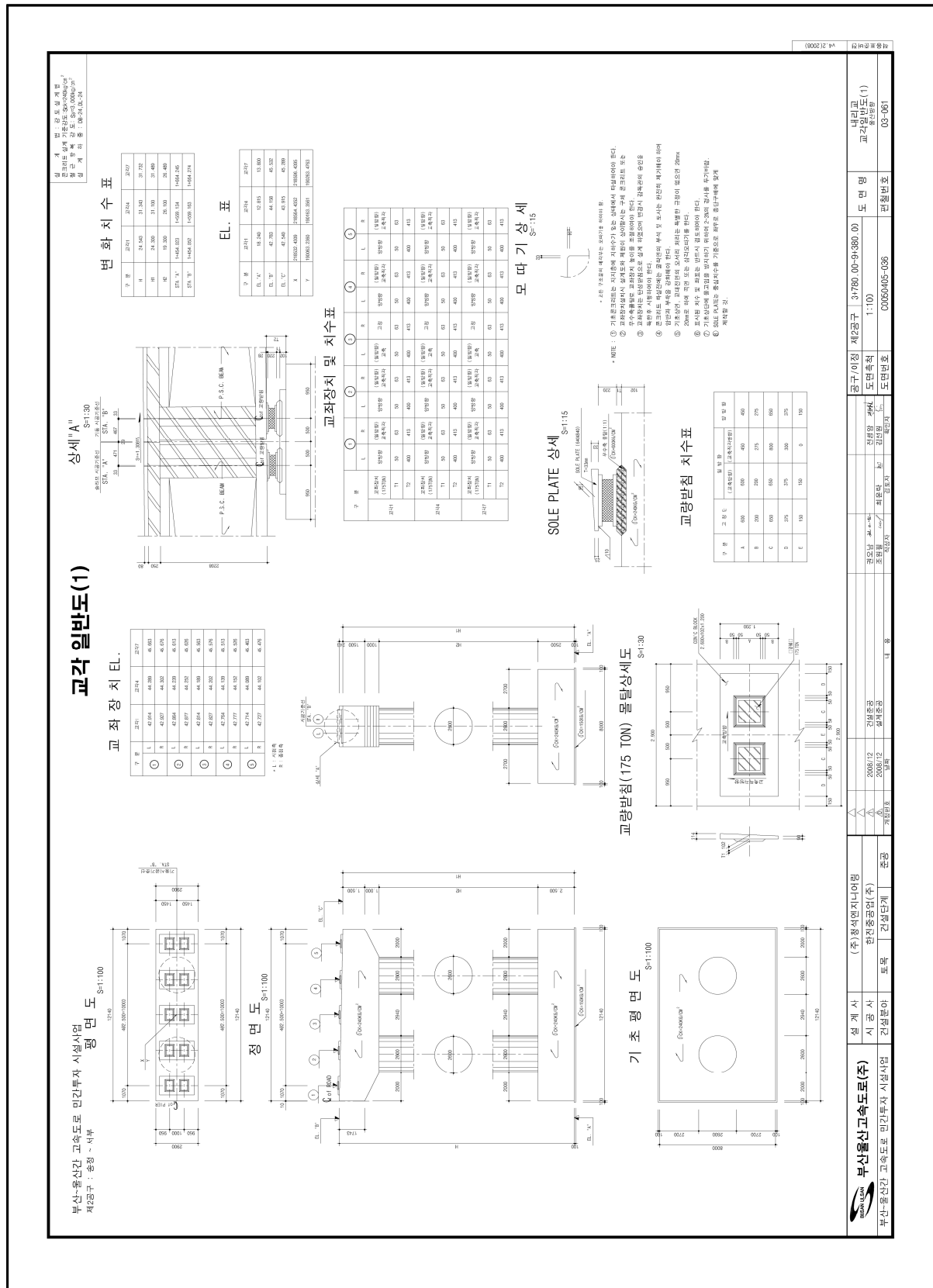
【그림 10.1.5】 슬래브 일반도(2)



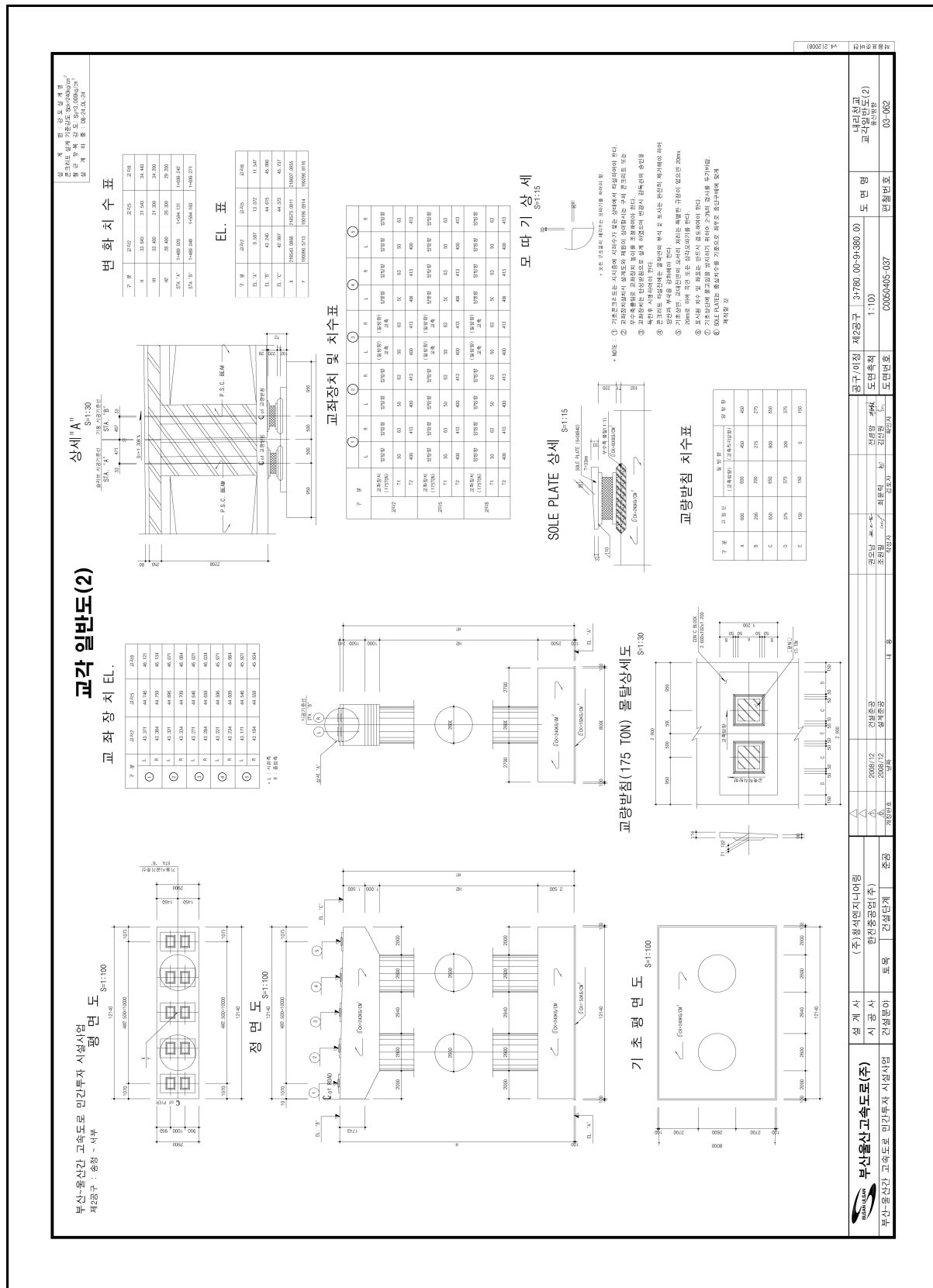
【그림 10.1.6】 슬래브 일반도(3)



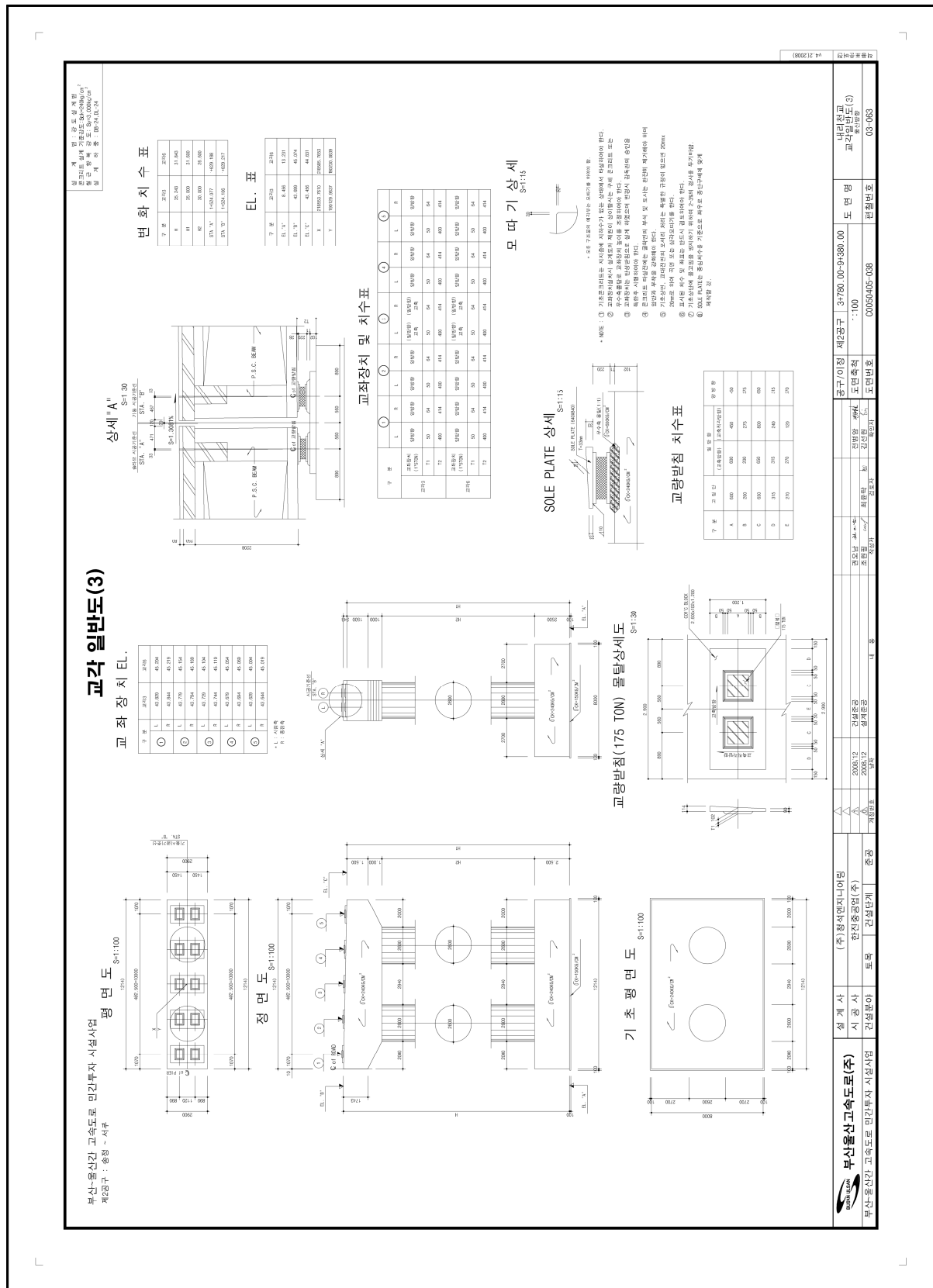
【그림 10.1.7】 교대 일반도



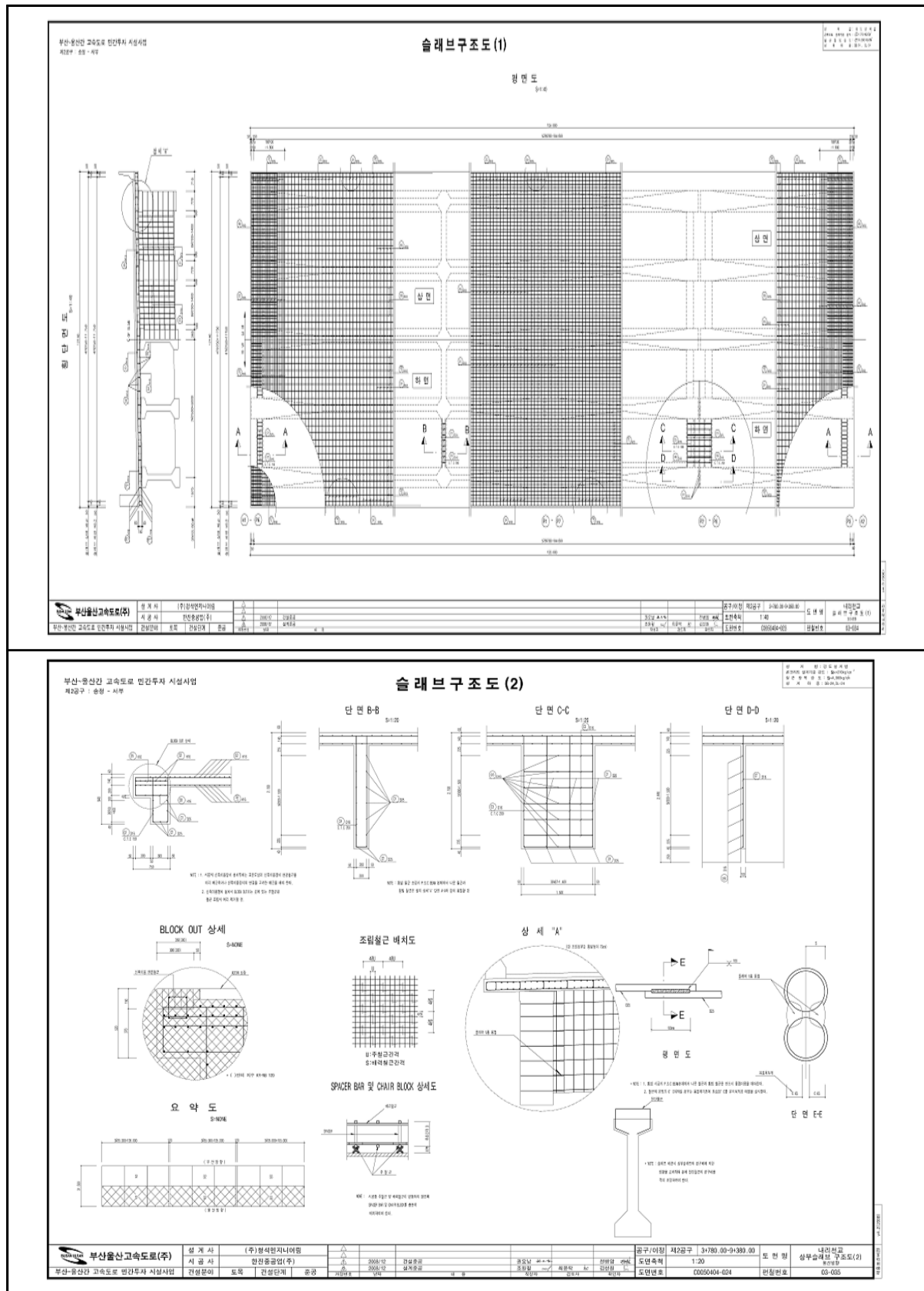
【그림 10.1.8】 교각 일반도(P1, P4, P7)



【그림 10.1.9】 교각 일반도(P2, P5, P8)

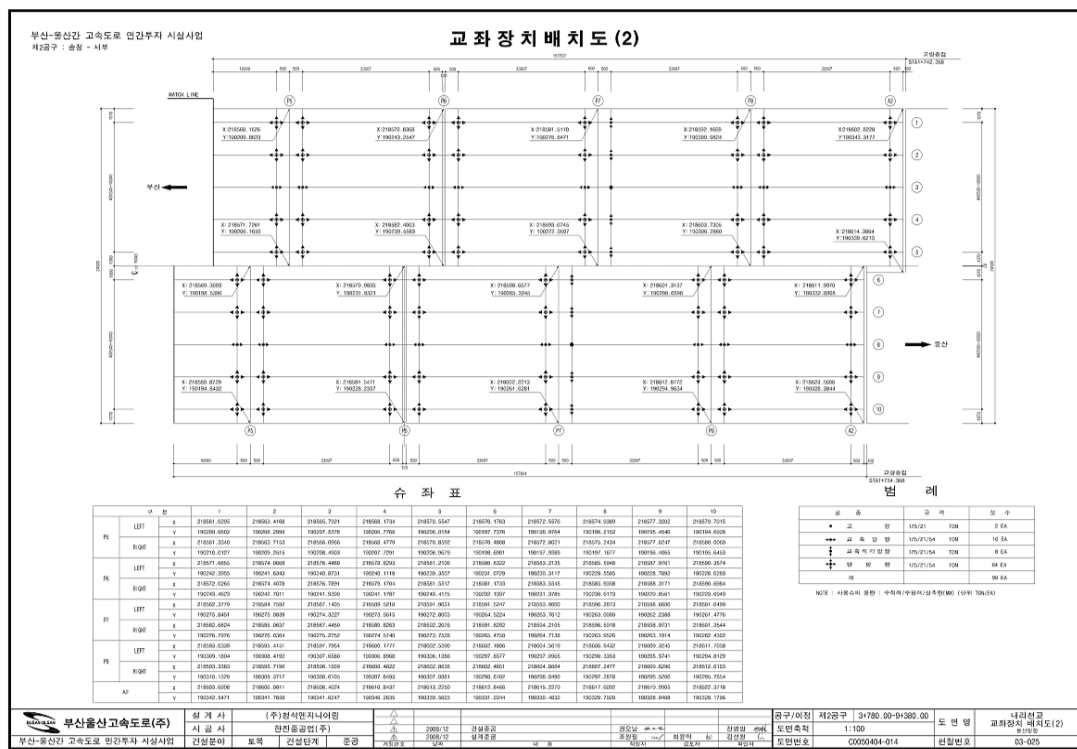


【그림 10.1.10】 교각 일반도(P3, P6)



【그림 10.1.11】 슬래브 구조도





【그림 10.1.13】 교량받침 배치도

10.2 자료수집 및 분석

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업”의 설계 및 준공도서, 각종계산서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

10.2.1 자료수집 현황

【표 10.2.1】 자료수집 목록

보존대상 목록		보유현황	관리주체 보유현황
설계도서	◦공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	◎	◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 - 일반보고서(2008.12) - 토질조사보고서(2008.12) - 준공내역서(2008.12) - 준공도면(2008.12) ◦부산울산고속도로~동부산관광단지 연결도로 건설공사 구조 및 수리계산서(2008.12)
	◦설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등		
시설물 관리대상	◦기본현황 및 상세제원 ◦점검 및 진단 이력 ◦보수·보강 및 유지관리 이력	◎	◦시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자료	◦시공관련 자료 ◦품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ◦사고기록	◎	◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 시공기록보고서(2008.12) - 감리보고서(2008.12) - 품질시험계획서(2008.12) - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록
안전점검 및 정밀안전진단 자료		◎	◦시설물정보관리 종합시스템(FMS) (2009년 ~ 2024년 정기안전점검, 정밀안전점검 등) ◦2021년 정밀안전점검 ◦2023년 정밀안전점검
보수보강 관련자료		◎	◦시설물정보관리 종합시스템(FMS) 보수·보강 ◦전차보고서

10.2.2 설계자료 검토

가. 구조계산서 및 내진설계

구 분	내 용										
설계기준	■ 도로교 표준시방서(1996, 건설교통부) ■ 콘크리트 표준 시방서(1996, 건설교통부) ■ 도로 설계 요령(1996, 한국도로공사)										
설계방법	■ P.S.C BEAM 바닥판 : 강도 설계법(USD) ■ P.S.C BEAM GIRDER : 허용응력 설계법(WSD) ■ 하부구조 : 강도 설계법(USD) ■ 적용 설계법 - 강도 설계법(USD) : 설계하중이 작용하여 부재가 파괴될때에 콘크리트 압축응력 분포를 알아내어 이에 맞도록 하중계수 (LOAD FACTOR)를 갖고 설계하는 방법 - 허용응력 설계법(WSD) : 철근콘크리트를 탄성체로 보고 재료에 적합한 안전율을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 방법										
하중조건	■ 강도 설계법 - 극한 하중을 적용 ■ 허용응력 설계법 - 사용 하중을 적용 - 사하중, 크리프, 활하중, 지지점의 부등침하, 온도변화, 풍하중, 건조수축, 지진하중 등										
사용재료	<table><tr><th rowspan="2">하중조건</th><th colspan="2">사용재료</th></tr><tr><th>상부구조</th><th>하부구조</th></tr><tr><td rowspan="2"> ■ 사하중 - 철근콘크리트 : 2.50 t/m³ - A S C O N : 2.30 t/m³ ■ 활하중 - DB-24, DL-24 </td><td> ■ 콘크리트 - fck : 270kg/cm² (바닥판) - fck : 400kg/cm² (주형) ■ 철 근 - fy : 4,000kg/cm² </td><td> ■ 콘크리트 - fck : 240kg/cm² ■ 철 근 - fy : 3,000kg/cm² </td></tr><tr><td colspan="2"> ■ 콘크리트 탄성계수 : 244,738 kgf/cm² ■ 철 근 탄성계수 : 2,040,000 kgf/cm² </td></tr></table>	하중조건	사용재료		상부구조	하부구조	■ 사하중 - 철근콘크리트 : 2.50 t/m³ - A S C O N : 2.30 t/m³ ■ 활하중 - DB-24, DL-24	■ 콘크리트 - fck : 270kg/cm² (바닥판) - fck : 400kg/cm² (주형) ■ 철 근 - fy : 4,000kg/cm²	■ 콘크리트 - fck : 240kg/cm² ■ 철 근 - fy : 3,000kg/cm²	■ 콘크리트 탄성계수 : 244,738 kgf/cm² ■ 철 근 탄성계수 : 2,040,000 kgf/cm²	
하중조건	사용재료										
	상부구조	하부구조									
■ 사하중 - 철근콘크리트 : 2.50 t/m³ - A S C O N : 2.30 t/m³ ■ 활하중 - DB-24, DL-24	■ 콘크리트 - fck : 270kg/cm² (바닥판) - fck : 400kg/cm² (주형) ■ 철 근 - fy : 4,000kg/cm²	■ 콘크리트 - fck : 240kg/cm² ■ 철 근 - fy : 3,000kg/cm²									
	■ 콘크리트 탄성계수 : 244,738 kgf/cm² ■ 철 근 탄성계수 : 2,040,000 kgf/cm²										

내리천교 -상부 승리부	구	구	주철근	배치설계	사용설계	비고
내리천교 -하부 교대	구	구	주철근	배치설계	사용설계	비고

3.3.2 바닥 중앙부 단면 검토

① 휨결구량 계산

설계전단력 : $S_u = 0.000$ (t)

설계모멘트 : $M_u = 5.552$ (t-m)

유효 높이 : $d = 19$ (cm) , $\sigma_r = 4000.0$ kg/cm²

덜 개 : $d' = 6$ (cm) , $\sigma_{st} = 270.0$ kg/cm²

폭 : $b = 100$ (cm) , $k_1 = 0.85$

$\phi_r = 0.85$, $\phi_r = 0.8$

$a = A_s \cdot \sigma_y / (0.85 \cdot \phi_r \cdot b)$ = 0.174 As

$M_u = k_1 \cdot A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2)$

$-296.296 A_s^2 + 64600 A_s - 555200 = 0$ 에서

$A_s(rea) = 8.963$ (cm²)

단면철근비 : $P = A_s / (b \cdot d)$ = 0.0047

최대철근비 : $P_{max} = 0.75 \cdot k_1 \cdot (\phi_r / \sigma_y) \cdot (6120 / (6120 + \sigma_y))$ = 0.0260

최소철근비 : $P_{min} = 14 / \sigma_y$ = 0.0035

$A_s(rea) = 8.963$

$A_s(min) = 6.650$ $\therefore A_s = 8.963$ cm² 이상 사용하여야 한다.

$4/3 \cdot A_s = 11.951$

사용철근량 As = H 13 @ C.T.C 125 = 10.136 cm²

$\Sigma = 10.136$ cm² — OK III

$\phi M_n = 0.85 \cdot A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2) = 624338$ kg-cm = 6.243 t-m

$a = A_s \cdot \sigma_y / (0.85 \cdot \phi_r \cdot b) = 1.767$ cm

$\therefore \phi M_n = 6.243$ t-m > $M_u = 5.552$ t-m — OK III

② 전단력 검토

설계 전단력 $S_u = 0.000$ kg = 0 t

$\phi S_c = 0.8 \cdot 0.53 \cdot \phi_r \cdot b \cdot d = 13237.359$ kg = 13.237 t

$0.5 \phi S_c = 6.619$ t

여기서, $S_u < 0.5 \phi S_c$ 이므로 전단력보강 필요없음 !!!

③ 배철결구량 산정

$120 / \sqrt{1.740} = 91 \% > 67\%$ $\therefore$ 사용철근량의 67% 배근

필요 철근량 : Req. As = 10.136 $\times$ 0.67 = 6.8 CM²

사용 철근량 : USE As = H 13 $\times$ 6.7 EA = 8.4 CM² (C.T.C 150)

3.3.3 CANTILEVER부 단면 검토

- 종단단면

① 휨결구량 계산

설계전단력 : $S_u = 0.000$ (t)

설계모멘트 : $M_u = 5.093$ (t-m)

유효 높이 : $d = 19$ (cm) , $\sigma_r = 4000.0$ kg/cm²

덜 개 : $d' = 6$ (cm) , $\sigma_{st} = 270.0$ kg/cm²

폭 : $b = 100$ (cm) , $k_1 = 0.85$

$\phi_r = 0.85$, $\phi_r = 0.8$

$a = A_s \cdot \sigma_y / (0.85 \cdot \phi_r \cdot b)$ = 0.174 As

$M_u = k_1 \cdot A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2)$

$-296.296 A_s^2 + 64600 A_s - 509300 = 0$ 에서

$A_s(rea) = 8.192$ (cm²)

단면철근비 : $P = A_s / (b \cdot d)$ = 0.0043

최대철근비 : $P_{max} = 0.75 \cdot k_1 \cdot (\phi_r / \sigma_y) \cdot (6120 / (6120 + \sigma_y))$ = 0.0260

최소철근비 : $P_{min} = 14 / \sigma_y$ = 0.0035

$A_s(rea) = 8.192$

$A_s(min) = 6.650$ $\therefore A_s = 8.192$ cm² 이상 사용하여야 한다.

$4/3 \cdot A_s = 10.923$

사용철근량 As = H 16 @ C.T.C 125 = 15.888 cm²

$\Sigma = 15.888$ cm² — OK III

$\phi M_n = 0.85 \cdot A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2) = 951575$ kg-cm = 9.516 t-m

$a = A_s \cdot \sigma_y / (0.85 \cdot \phi_r \cdot b) = 2.769$ cm

$\therefore \phi M_n = 9.516$ t-m > $M_u = 5.093$ t-m — OK III

② 전단력 검토

설계 전단력 $S_u = 0.000$ kg = 0 t

$\phi S_c = 0.8 \cdot 0.53 \cdot \phi_r \cdot b \cdot d = 13237.359$ kg = 13.237 t

$0.5 \phi S_c = 6.619$ t

여기서, $S_u < 0.5 \phi S_c$ 이므로 전단력보강 필요없음 !!!

③ 배철결구량 산정

$120 / \sqrt{0.690} = 144 \% > 67\%$ $\therefore$ 사용철근량의 67% 배근

필요 철근량 : Req. As = 15.888 $\times$ 0.67 = 10.6 CM²

사용 철근량 : USE As = H 16 $\times$ 6.7 EA = 13.2 CM² (C.T.C 150)

3.3.2 바닥 중앙부 단면 검토

① 휨결구량 계산

설계전단력 : $S_u = 0.000$ (t)

설계모멘트 : $M_u = 9.409$ (t-m)

유효 높이 : $d = 19$ (cm) , $\sigma_r = 4000.0$ kg/cm²

덜 개 : $d' = 6$ (cm) , $\sigma_{st} = 270.0$ kg/cm²

폭 : $b = 100$ (cm) , $k_1 = 0.85$

$\phi_r = 0.85$, $\phi_r = 0.8$

$a = A_s \cdot \sigma_y / (0.85 \cdot \phi_r \cdot b)$ = 0.174 As

$M_u = k_1 \cdot A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2)$

$-296.296 A_s^2 + 64600 A_s - 940900 = 0$ 에서

$A_s(rea) = 15.695$ (cm²)

단면철근비 : $P = A_s / (b \cdot d)$ = 0.0083

최대철근비 : $P_{max} = 0.75 \cdot k_1 \cdot (\phi_r / \sigma_y) \cdot (6120 / (6120 + \sigma_y))$ = 0.0260

최소철근비 : $P_{min} = 14 / \sigma_y$ = 0.0035

$A_s(rea) = 15.695$

$A_s(min) = 6.650$ $\therefore A_s = 15.695$ cm² 이상 사용하여야 한다.

$4/3 \cdot A_s = 20.927$

사용철근량 As = H 22 @ C.T.C 125 = 30.968 cm²

$\Sigma = 30.968$ cm² — OK III

$\phi M_n = 0.85 \cdot A_s \cdot \sigma_y \cdot (d - a/2) = 1716404$ kg-cm = 17.164 t-m

$a = A_s \cdot \sigma_y / (0.85 \cdot \phi_r \cdot b) = 5.397$ cm

$\therefore \phi M_n = 17.164$ t-m > $M_u = 9.409$ t-m — OK III

② 전단력 검토

설계 전단력 $S_u = 0.000$ kg = 0 t

$\phi S_c = 0.8 \cdot 0.53 \cdot \phi_r \cdot b \cdot d = 13237.359$ kg = 13.237 t

$0.5 \phi S_c = 6.619$ t

여기서, $S_u < 0.5 \phi S_c$ 이므로 전단력보강 필요없음 !!!

③ 배철결구량 산정

$120 / \sqrt{0.690} = 144 \% > 67\%$ $\therefore$ 사용철근량의 67% 배근

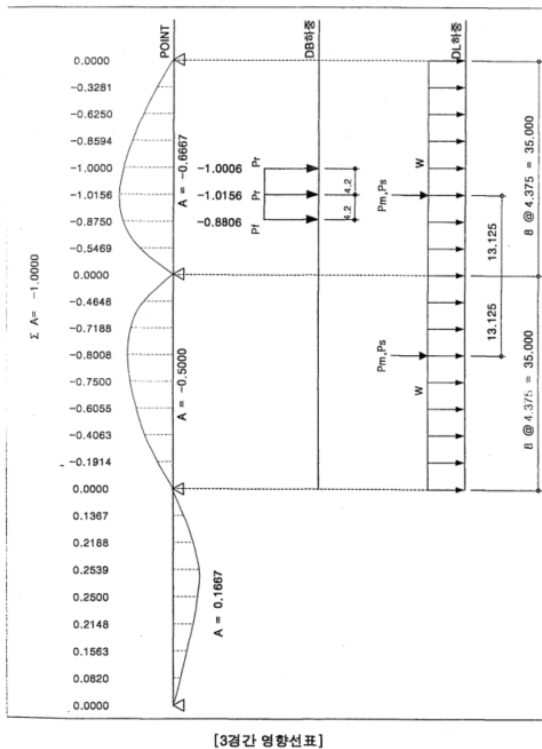
필요 철근량 : Req. As = 30.968 $\times$ 0.67 = 20.7 CM²

사용 철근량 : USE As = H 22 $\times$ 6.7 EA = 25.8 CM² (C.T.C 150)

5. 연속 지점부 보강 검토 (3경간)

5.1 1차응력 계산

5.1.1 3경간 연속보 영항선표



5.1.2 작용하중

1) 사 하중 (합성 후)

$$\begin{aligned} \text{· 방호벽 하중} &: 0.367 + 1.234 = 1.601 \text{ t/m} \\ \text{· 포장 하중} &: 0.08 \times 2.3 \times 11.415 = 2.100 \text{ t/m} \\ \hline \Sigma W_d &= 3.701 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$M_d = \Sigma A \times 10^{-1} \times l^2 \times W_d = 1.0 \times 10^{-1} \times 35.0^2 \times 3.701 = 453.373 \text{ t.m}$$

2) 활 하중

· 충격계수 : (도로교표준시방서 P 42)

$$I = \frac{15}{(40 + L)} = \frac{15}{(40 + 35.00)} = 0.2 < 0.3$$

· 차선험중 : DB-24

· 차선험중 : DL-24

Pf = 2.40 ton

W = 1.270 t/m

Pr = 9.60 ton

Pm = 10.80 ton

Ps = 15.60 ton

(1) 하중의 재하

① DB-24 (도로교표준시방서 P 208)

· 3차선 재하: 90% 적용 (3경간 영항선표 참조)

$$M_l = [(1.0156 + 1.0006) \times 9.600 + 0.8806 \times 2.400] \times 10^{-1} \times 35.0 \times 1.200 \times 6 \text{ EA} \times 0.9 = 486.916 \text{ t.m}$$

② DL-24 (영향선 면적 A = 1.000)

· 3차선 재하: 90% 적용 (3경간 영항선표 참조)

$$M_l = [(1.0156 + 0.8008) \times 10.800 \times 10^{-1} \times 35.00 + 1.270 \times (0.6667 + 0.500) \times 10^{-1} \times 35.00^2] \times 1.200 \times 3 \text{ EA} \times 0.90 = 810.548 \text{ t.m}$$

$$\therefore M_l (\text{max}) = 810.548 \text{ t.m}$$

5.2. 합성에 의한 2차응력 계산

5.2.1 합성에 의한 2차응력 계산용 제정수계산

▶ 합성후 PSC-BEAM의 소성변형이 바닥판에 의하여 구속되고 Con'c의 타설시기(재형) 차이로 인한 건조수축, 크리프가 달라지므로 내부응력이 발생한다.

▶ 본 검토에서는 공사전행시기를 다음과 같이 시행하는 것으로 가정한다.

(바닥판 Con'c 타설은 PSC-BEAM 프리스트레스 도입시점에서 90일 이내)

(바닥판 Con'c 타설후 등반의 제거는 15일 이후)

1) 크리프 계수(ψ) 산정

$$\psi_{(t,t')} = \psi_0 \cdot \beta_c (t - t')$$

(1) 바닥판의 크리프 계수(ψ_0 , $t' = 15$ 일, $t = \infty$ 일, RH = 70 %)

$$\psi_{(t,t')} = \psi_0 \cdot \beta_c (t - t')$$

$$\psi_0 = \psi_{RH} \cdot \beta_{(ocm)} \beta_{(t)} = 1.484 \times 2.854 \times 0.550 = 2.329$$

$$\psi_{RH} = 1 + \frac{1 - 0.01 \times RH}{0.099 \sqrt[3]{h}} = 1 + \frac{1 - 0.01 \times 70}{0.099 \sqrt[3]{245}} = 1.484$$

$$\text{여기서, } h = \frac{2 \text{ Ac}}{U} = \frac{2 \times 12140 \times 250}{(12140 + 250) \times 2} = 245 \text{ mm}$$

$$\beta_{(ocm)} = \frac{53.5}{\sqrt{ocm}} = \frac{53.5}{\sqrt{351.5}} = 2.854$$

$$\text{여기서, } ocm = ock + 81.5 = 270 + 81.5 = 351.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_{(t)} = \frac{1}{0.1 + (t')^{0.2}} = \frac{1}{0.1 + (15)^{0.2}} = 0.550$$

$$\beta_c (t - t') = \sqrt[3]{\frac{(t - t')}{\beta_{RH} + (t - t')}} = 1.0$$

$$\text{여기서, } \beta_{RH} = 1.50 [1 + (0.012 RH)^{18}] h + 250$$

$$= 1.50 [1 + (0.012 \times 70)^{18}] \times 245 + 250 = 633 \text{ 일} < 1500 \text{ 일}$$

$$\psi_{(t,t')} = \psi_0 \cdot \beta_c (t - t') = 2.329 \times 1.0 = 2.329$$

(2) P.S.C BEAM의 크리프 계수(ψ_0 , $t' = 90$ 일, $t = \infty$ 일, RH = 70 %)

$$\psi_{(t,t')} = \psi_0 \cdot \beta_c (t - t')$$

$$\psi_0 = \psi_{RH} \cdot \beta_{(ocm)} \beta_{(t)} = 1.481 \times 2.438 \times 0.391 = 1.412$$

$$\psi_{RH} = 1 + \frac{1 - 0.01 \times RH}{0.099 \sqrt[3]{h}} = 1 + \frac{1 - 0.01 \times 70}{0.099 \sqrt[3]{250}} = 1.481$$

$$\text{여기서, } h = \frac{2 \text{ Ac}}{U} = \frac{2 \times 8068 \times 10^3}{[0.76 + 0.72 + (1.4 + 0.2 + 0.292 + 0.347 + 0.25) \times 2 \text{ ea}] \times 10^3} = 250 \text{ mm}$$

$$\beta_{(ocm)} = \frac{53.5}{\sqrt{ocm}} = \frac{53.5}{\sqrt{481.5}} = 2.438$$

$$\text{여기서, } ocm = ock + 81.5 = 400 + 81.5 = 481.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_{(t)} = \frac{1}{0.1 + (t')^{0.2}} = \frac{1}{0.1 + (90)^{0.2}} = 0.391$$

$$\beta_c (t - t') = \sqrt[3]{\frac{(t - t')}{\beta_{RH} + (t - t')}} = 1.0$$

$$\text{여기서, } \beta_{RH} = 1.50 [1 + (0.012 RH)^{18}] h + 250$$

$$= 1.50 [1 + (0.012 \times 70)^{18}] \times 250 + 250 = 641 \text{ 일} < 1500 \text{ 일}$$

$$\psi_{(t,t')} = \psi_0 \cdot \beta_c (t - t') = 1.412 \times 1.0 = 1.412$$

5.4 설계 단면력 합계 및 단면설계

5.4.1 실 하중

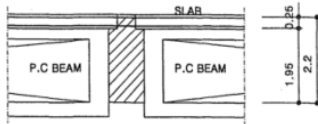
$$\begin{aligned}
 M &= M_d + M_l \\
 &= 453.373 + 810.548 = 1263.921 \text{ T.M} \\
 M &= M_d + M_l + M_p + M_c + M_q \\
 &= 453.373 + 810.548 + 73.408 + 1777.555 + 475.154 = 3590.038 \text{ T.M}
 \end{aligned}$$

5.4.2 극 한 하중

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1.3 M_d + 2.15 M_l \\
 &= 1.3 \times 453.373 + 2.15 \times 810.548 = 2332.063 \text{ T.M} \\
 M_u &= 1.3 M_d + 1.3 M_l + 1.3 M_p + 1.3 M_c \\
 &= 1.3 \times (453.373 + 810.548 + 73.408 + 1777.555 + 475.154) \\
 &= 4667.050 \text{ T.M}
 \end{aligned}$$

5.4.3 설계 단면력

$$\begin{aligned}
 M_u &= 4667.05/12.14 = 384.436 \text{ t.m} \quad B = 100.0 \text{ cm} \\
 d' &= 6.0 + (25 - 6.0 - 4.0) / 2 = 13.5 \text{ cm} \\
 d &= 195 + 25.00 - 13.5 = 206.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



$$M = 3590.038/12.14 = 295.72 \text{ t.m} \quad [\because \text{사용성 검토}]$$

$$d' = 6 + (25 - 6 - 4) / 2 = 13.5 \text{ cm}$$

$$d = 195 + 25.00 - 13.5 = 206.5 \text{ cm}$$

5.4.4 철근량 선정

- 3경간 연속지점부 보강

$$\begin{aligned}
 \text{설계전단력} : S_u &= 0.000 \text{ (t)} \\
 \text{설계모멘트} : M_u &= 384.436 \text{ (t.m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{유효 깊이} : d &= 206.5 \text{ (cm)} & \sigma_f &= 4000.0 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{덜 게} : d' &= 13.5 \text{ (cm)} & \sigma_{sk} &= 270.0 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{폭} : b &= 100 \text{ (cm)} & k_1 &= 0.85 \\
 \phi_f &= 0.723 \text{ (= } 0.85 \times 0.85 \text{)} & \phi_v &= 0.80
 \end{aligned}$$

$$a = A_s \sigma_f / (0.85 \sigma_{sk} b) = 0.174 A_s$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= k_1 A_s \sigma_f (d - a/2) \\
 -296.296 A_s^2 + 702100 A_s - 38443600 &= 0 \quad \text{에서}
 \end{aligned}$$

$$A_s(\text{req}) = 56.083 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{단면철근비} : P &= A_s / (b \times d) = 0.0027 \\
 \text{최대철근비} : P_{\text{max}} &= 0.75 \times k_1 \times (\sigma_{sk} / \sigma_f) \times (6120 / (6120 + \sigma_f)) = 0.0260 \\
 \text{최소철근비} : P_{\text{min}} &= 14 / \sigma_f = 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s(\text{req}) &= 56.083 \\
 A_s(\text{min}) &= 72.275 \quad \therefore A_s = 72.275 \text{ cm}^2 \text{ 이상 사용하여야 한다.} \\
 4/3 \times A_s &= 74.777
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{사용철근량 } A_s &= H 22 @ C.T.C 100 = 38.710 \text{ cm}^2 \\
 H 22 @ C.T.C 100 &= 38.710 \text{ cm}^2 \\
 \Sigma &= 77.420 \text{ cm}^2 \quad \text{OK !!!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0.723 \times A_s \times \sigma_f \times (d - a/2) = 52580583 \text{ kg-cm} = 525.806 \text{ t.m} \\
 a &= A_s \sigma_f / (0.85 \sigma_{sk} b) = 13.494 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\therefore \phi M_n = 525.806 \text{ t.m} > M_u = 384.436 \text{ t.m} \quad \text{OK !!!}$$

6.3 반력 집계표

1) 교대 부 반력

구 분	G1	G2	G3	G4	G5	합 계
사 하 중	105.476	82.182	82.182	82.182	86.366	438.387
DB ~24	2 차 선 31.349	38.895	26.704			96.948
	3 차 선 28.214	35.006	37.270	27.865	2.438	130.793
DL ~24	2 차 선 29.625	38.042	24.364	0.441		92.472
	3 차 선 26.663	34.238	34.238	27.049	2.121	124.309
합 계	136.825	121.077	119.452	110.047	88.804	569.180

▷ 외측 SHOE : 136.825 ton/shoe ⇒ 사용 SHOE : 175 (54mm) ton/shoe

▷ 내측 SHOE : 121.077 ton/shoe ⇒ 사용 SHOE : 175 (54mm) ton/shoe

2) 교각 부 반력

구 분	G1	G2	G3	G4	G5	합 계
사 하 중	210.951	164.364	164.364	164.364	172.731	876.774
DB ~24	2 차 선 31.349	38.895	26.704			96.948
	3 차 선 28.214	35.006	37.270	27.865	2.438	130.793
DL ~24	2 차 선 46.910	60.237	38.579	0.699		146.425
	3 차 선 42.219	54.213	54.213	42.831	3.359	196.835
합 계	257.861	224.601	218.577	207.195	176.090	1073.609

▷ 외측 SHOE : 128.931 ton/shoe ⇒ 사용 SHOE : 175 (54mm) ton/shoe

▷ 내측 SHOE : 112.301 ton/shoe ⇒ 사용 SHOE : 175 (54mm) ton/shoe

SOLE PLATE 및 ANCHOR철근 검토

1. SHOE에 작용하는 하중

(1) 연직하중

$$\begin{aligned}
 \text{사하중} : 105.476 \text{ t/ea} & \quad \text{활하중} : 31.349 \text{ t/ea} \\
 \text{합 계} : 136.825 \text{ t/ea}
 \end{aligned}$$

(2) 수평하중

① 온도변화에 의한 마찰력 Ff

$$F_f = 105.476 \times 0.15 = 15.821 \text{ t/ea}$$

② 종하중에 의한 수평력 Fw

$$\begin{aligned}
 \text{주철높이} : 2.20 \text{ m} & \quad \text{슬라브 높이} : 0.25 \text{ m} & \text{교량폭원 [B]} : 12.140 \text{ m} \\
 \text{포장두께} : 0.08 \text{ m} & \quad \text{방호벽높이} : 1.08 \text{ m} & \text{교량지간 [L]} : 35.00 \text{ m} \\
 \text{방음벽높이} : 1.00 \text{ m} \\
 \text{합 계 [D]} : 4.53 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$B = 12.140 \text{ m}$$

$$D = 4.530 \text{ m}$$

$$B/D = 12.140 / 4.530 = 2.68 < 8$$

$$W = 400 - 20 \times 2.68 = 0.346 \text{ t/m} \quad [\because \text{단위 m 당 종하중 감도 W}]$$

$$F_w = 0.346 \times 4.530 \times 35.00 / 2 = 27.429 \text{ ton}$$

③ 지진하중에 의한 수평력 Fe

$$\text{교축방향 수평력 } F_e = 22.991 \text{ ton} \quad [\because \text{내진해석참조}]$$

$$\text{교축직각방향 수평력 } F_e = 9.726 \text{ ton}$$

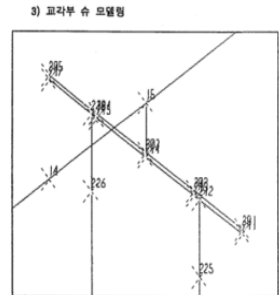
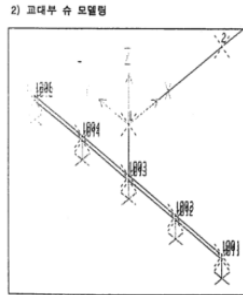
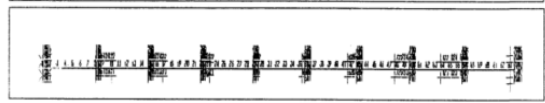
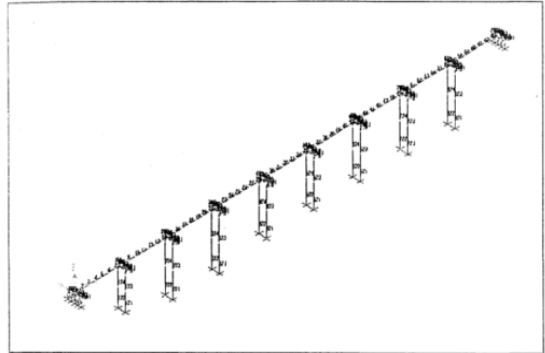
	상 시	지 진 시
교축방향	15.821	22.991
교축직각방향	27.429	9.726

1. 설계조건 (울산)

- 1) 교량 형식 : PC BEAM 교
- 2) 면 장 : $3 \times (3 \times 35.000) = 315.000$ m
- 3) 교 폭 : 12.140 m
- 4) 교량 등급 : 1등급 (DB-24 & DL-24) $\alpha = 1.1$
- 5) 내진 등급 : 내진 1 등급교 ($A = 0.154$)
- 6) 하부 형식
 - 교대 : 역 T 형 교대
 - 교각 : π 형 교각
- 7) 지반 종류
 - 지반 종류 : 1 ($S = 1.00$)
- 8) 기초 형식
 - 교대 : PILE 기초
 - 교각 : 직 접 기초
- 9) SHOE의 재원
 - 교대 : 양방향 : 4 EA 일방향 : 1 EA TOTAL : 5 EA
 - $K_v = 99,000$ t/m (개당)
 - $K_h = 196$ t/m (개당)
 - SHOE 종류 : RUBBER SHOE
 - 교각 : 양방향 : 4 (8) EA 일방향 : 5 (2) EA 고정단 : 1 (0) EA
 - TOTAL : 10(10) EA
 - $K_v = 99,000$ t/m (개당)
 - $K_h = 196$ t/m (개당)
 - SHOE 종류 : RUBBER SHOE
- 10) 해석 방법 : 다중모드 유한요소법 해석법

3. MODELING

1) 전체 모델링



단면력 및 사용철근량

구분	위 치	재질	단면력	단면치수	최대치 (As)				최소치 (As)				설계 단면력	
					최대치	사용철근	최대치	사용철근	최소치	사용철근	최소치	사용철근	φ 16	φ 20
A1	상부	상부	Mu (t-m)	H (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	φ 16	φ 20
A2	상부	상부	Mu (t-m)	H (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	φ 16	φ 20

기초안정 및 PILE 검토

구분	위 치	재질	단면력	단면치수	최대치 (As)				최소치 (As)				설계 단면력	
					최대치	사용철근	최대치	사용철근	최소치	사용철근	최소치	사용철근	φ 16	φ 20
A1	상부	상부	Mu (t-m)	H (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	φ 16	φ 20
A2	상부	상부	Mu (t-m)	H (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	φ 16	φ 20

단면력 및 사용철근량

구분	위 치	재질	단면력	단면치수	최대치 (As)				최소치 (As)				설계 단면력	
					최대치	사용철근	최대치	사용철근	최소치	사용철근	최소치	사용철근	φ 16	φ 20
A1	상부	상부	Mu (t-m)	H (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	φ 16	φ 20
A2	상부	상부	Mu (t-m)	H (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	φ 16	φ 20

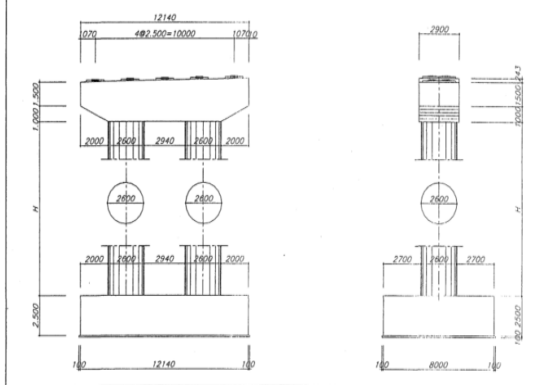
기초안정 및 PILE 검토

구분	위 치	재질	단면력	단면치수	최대치 (As)				최소치 (As)				설계 단면력	
					최대치	사용철근	최대치	사용철근	최소치	사용철근	최소치	사용철근	φ 16	φ 20
A1	상부	상부	Mu (t-m)	H (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	φ 16	φ 20
A2	상부	상부	Mu (t-m)	H (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	d (cm)	φ 16	φ 20

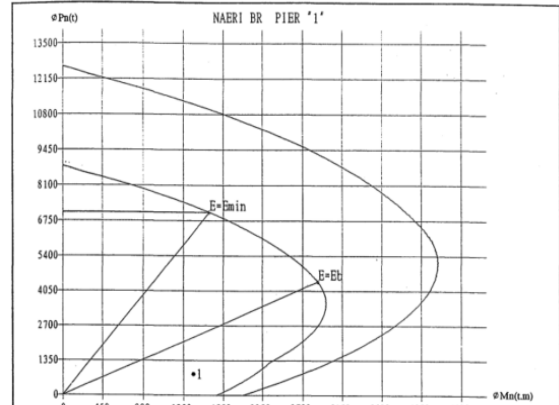
교각의 탄성설계 검토

- 교각의 단면에 비해 발생하는 지진력이 다소 적은 경우로 교각의 단상 및 소성형상을 구분하여 심부구속형상을 배치함으로써 설계내하력에 목적을 둔
- 지진력이 다소한 부산방향의 교각으로 검토하여 **출산방향** 교각에도 동일하게 적용
- 합성설계 범위 : P-III상면도로 검토하여 **응답수렴계수**를 적용하지 않고 검토

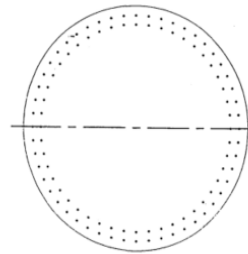
1. 기본 담면



P-M INTERACTION DIAGRAM



RE-BAR ARRANGEMENT



- * MINIMUM ECCENTRICITY
 $E_{min} = 23.243$ $\phi P_{min} = 7071.179$
 $\phi M_{min} = 1643.561$
- * BALANCED ECCENTRICITY
 $E_b = 65.120$ $\phi P_b = 4410.800$
 $\phi M_b = 2872.333$
- * RE-BAR and STEEL
 1 Layer D29 x 52EA
 2 Layer D29 x 48EA
 Total Ast = 642.400 Sq.Cm

내리고 (교각*8°:울산방향)

- 안정검토

구분	교육방향			교육적각향			비고
	설계량	허용량	안전율	설계량	허용량	안전율	
전도에대한안정	0.432	1.333	3.086	1.451	2.023	1.394	
활동에대한안정	186.228	1499.617	8.053	236.160	1499.617	6.350	
지지력에대한안정	34.073	50.000	1.467	44.190	50.000	1.131	

-단면검토

구분	주철근			사용성 검토			비고
	필요철근량 (cm ²)	사용철근량 (cm ²)	비율	허용강도 (mm)	달성강도 (mm)	비율	
포장	218,080	250,264	114.758	0.373	0.161	232.110	
기초	요구방량	32.045	40.536	126.497			
	요구적량 방량	39.520	51.392	130.040			

-기동 단면검토

구 분		단면적 검토						비고
		Pu	φPu	비 율	Mu	φMn	비 율	
교목 방향	P-Max	1569.690	7071.179	450.463				최소원심
	P-M-Max	1272.059	5726.087	450.143	537.486	2419.456	450.143	
	M-Max	1223.134	4257.826	348.108	833.461	2901.345	348.108	
	지진시	978.507	1252.298	127.980	1810.697	2317.340	127.981	
	E-Max	913.855	1180.022	129.126	1777.861	2295.677	129.126	
교목 직각 방향	P-Max	1569.690	7071.179	450.463	6.784			최소원심
	P-M-Max	1647.939	4247.970	257.775	1125.780	2901.977	257.775	
	M-Max	812.132	1965.285	241.991	1094.372	2648.279	241.991	
	지진시	1340.856	3163.636	235.956	1246.051	2409.137	235.956	
	E-Max	551.506	988.439	179.225	1244.030	2229.618	179.225	
2축 검토	P-Max	1569.690	6389.450	407.052	510.973	2079.925	407.052	
	P-M-Max	1452.022	5675.987	390.902	623.757	2436.282	390.903	
	M-Max	1276.138	3408.702	267.111	1107.234	2957.542	267.111	
	E-Max	931.038	2376.323	255.234	1091.756	2786.528	255.234	

4.4 하중 SUMMARY (전산 OUTPUT 참조)

4.4.1 교육 방향

구 분	기동 "1" (1 번 절월)			기동 "2" (2 번 절월)			비 고
	수평력 (ton)	수직력 (ton)	모멘트 (t-m)	수평력 (ton)	수직력 (ton)	모멘트 (t-m)	
자 중		-507.794			-507.794		
상부 시하중		-470.713			-406.061		
활 하중	2차선재하시	-138.433			-7.092		
	3차선재하시	-136.168			-60.667		
	4차선재하시						
운 도 하 중	6.183		188.659	6.183		188.659	
통 하 중	활하중 제 하시	7.820	148.015	7.820		148.015	
	활하중 비제 하시	15.641	296.030	15.641		296.030	
	지진시 수 평 력	46.375	1415.127	46.375		1415.127	

• 지진시 모멘트는 내진해석시와 전산해석시의 큰 값 적용

4.4.2 교육 직각 방향

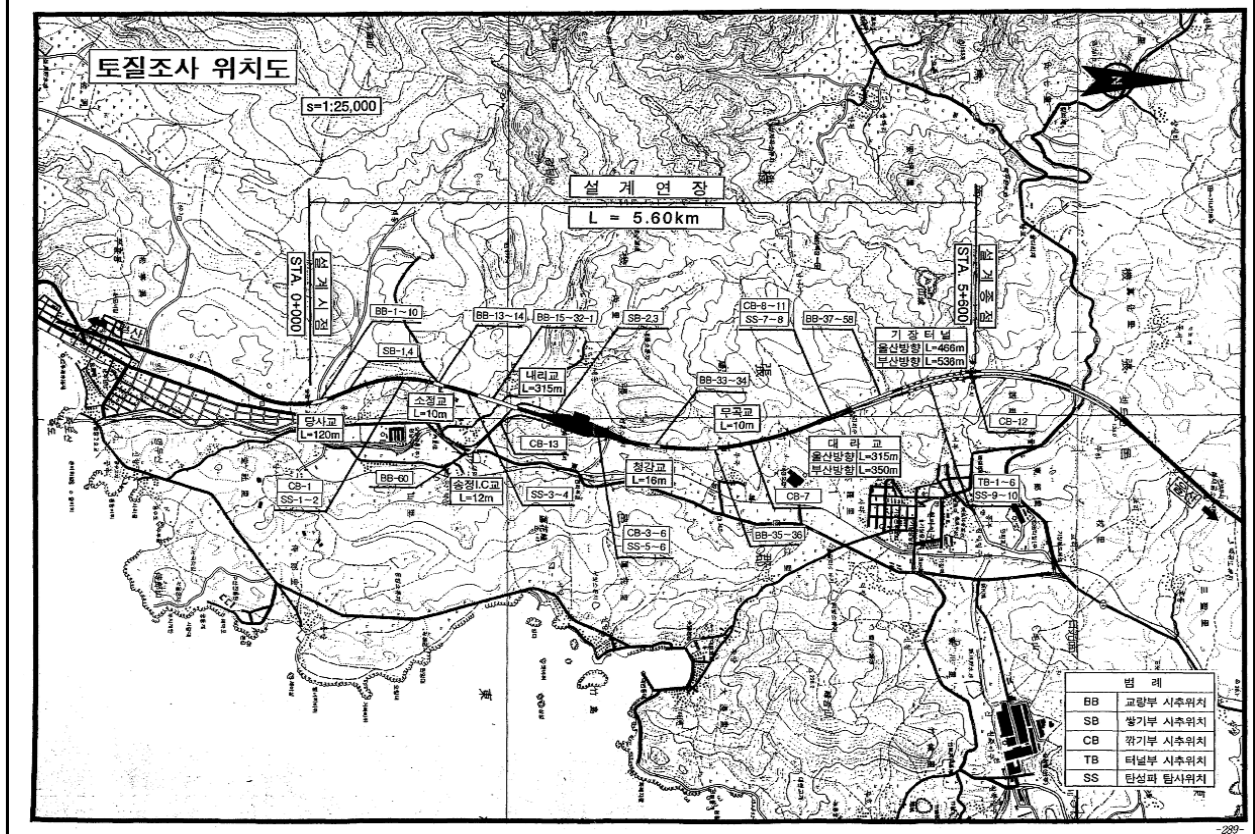
구 분	기종 "1" (1 번 월점)			기종 "2" (2 번 월점)			비 고
	수평력(ton)	수직력(ton)	모멘트(t-m)	수평력(ton)	수직력(ton)	모멘트(t-m)	
자 중	0.266	-507.794	2.885	-0.286	-507.794	-2.885	
상부 사하중	2.338	-470.713	17.580	-2.338	-406.061	-29.594	
활 하중	2차선재하시	0.153	-138.433	-0.949	-0.153	-7.992	-12.579
	3차선재하시	0.007	-136.168	-6.737	-0.007	-60.667	-6.879
	4차선재하시						
	활하중 재하시	-6.238	-11.590	-67.625	-6.238	11.590	-67.630
풍 하중	활하중 비재하시	-12.475	-23.178	-135.241	-12.475	23.178	-135.252
	상부구조	-40.541	-265.960	-671.549	-36.997	265.960	-635.931
전조수축	0.781		12.522	-0.781		-12.522	
유수압							
지진시 수 평 력	-71.341	-362.349	-1173.254	-71.341	362.349	-1173.254	

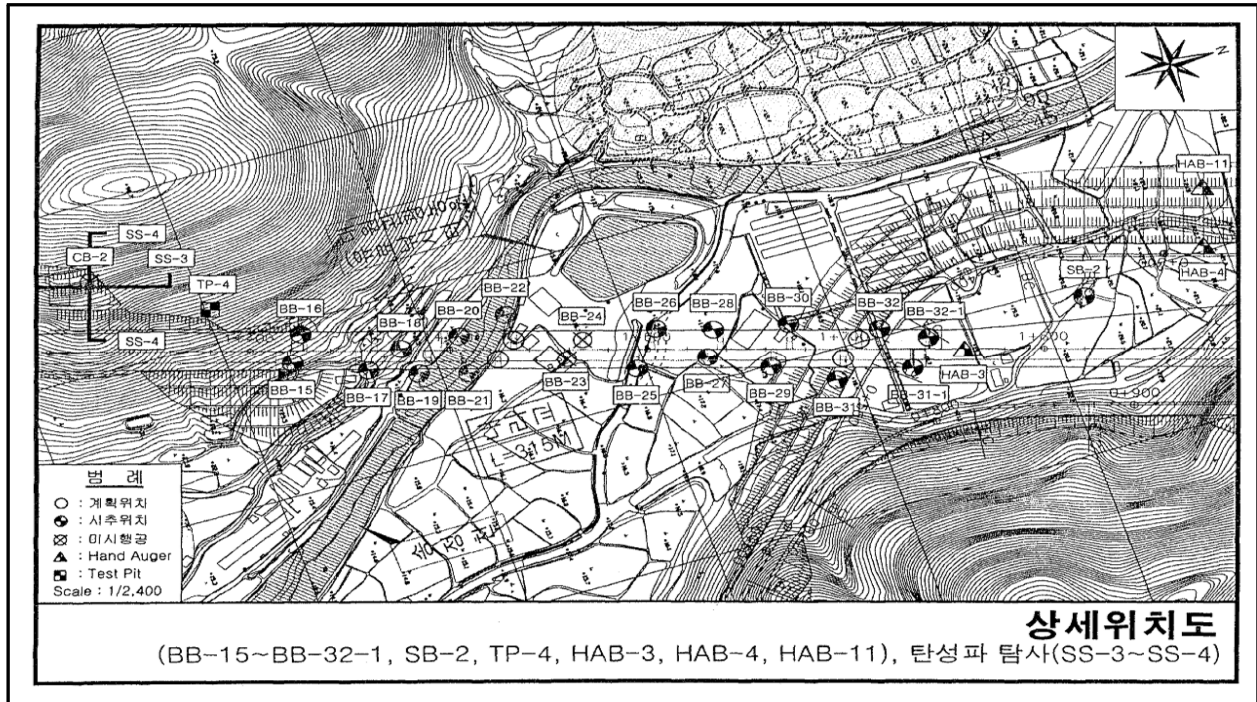
• 지진시 모멘트는 내진해석시와 전산해석시의 큰 값 적용

나. 지반 및 지질 조사보고서

본 교량의 설계 당시 18개소에 대한 시추조사를 실시하였으며 지표로부터 표토 및 붕적층, 충적층, 풍화잔류토층, 풍화암층, 기반암층 순으로 구성되어 있는 것으로 조사되었으며, 지반조사보고서(부산~울산간 고속도로 민간투자 시설사업 지반조사보고서(제2공구 송정~서부), 2005.3)를 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

조사번호	조사위치	조사번호	조사위치
BB-15	1+421.0 (울산방향)	BB-26	1+604.0 (부산방향)
BB-16	1+425.0 (부산방향)	BB-27	1+630.0 (울산방향)
BB-17	1+459.0 (울산방향)	BB-28	1+634.0 (부산방향)
BB-18	1+475.0 (부산방향)	BB-29	1+663.0 (울산방향)
BB-19	1+484.0 (울산방향)	BB-30	1+672.0 (부산방향)
BB-20	1+505.0 (부산방향)	BB-31	1+695.0 (울산방향)
BB-21	1+510.0 (울산방향)	BB-32	1+717.0 (부산방향)
BB-22	1+528.0 (부산방향)	BB-31-1	1+734.0 (울산방향)
BB-25	1+595.0 (울산방향)	BB-32-1	1+742.0 (부산방향)





구 분	지 층 특 성
표토 및 붕적층	본 지층은 BB-19, 20, 21, 22, 25지역을 제외한 조사지역에서 BB-15, 16, 17, 18(붕적층) 이외에 표토층이 분포하고 있으며 지층들은 지표면하 0.2~3.5m의 두께로 다소 불규칙하게 분포하고 있다. 지층구성은 물질은 실트섞인 모래 및 실트와 붕적층에서는 점토 섞인 모래 및 모래섞인 자갈로 구성된다.
충적층	본 지층은 유수의 운반 및 퇴적작용에 의하여 형성된 지층으로 0.0~1.2m 아래에서 1.2~4.5m의 두께로 분포하고 있다. 지층구성 물질은 실트섞인 모래, 모래섞인 자갈, 및 호박돌로 구성되어 있으며 통일분류법에 의하면 SM, GM 및 Boulder으로 분류되며 표준관입시험에 의한 N-치는 13회/30cm~50회/2cm로 보조밀 내지 매우 조밀한 상대밀도를 나타낸다.
풍화잔류토층	본 지층은 모암인 응회암 및 안산암이 풍화작용에 의하여 흙으로 변하여 원위치에 그대로 잔류되어 있는 지층으로 시추공 BB-15, 16, 17, 18, 32-1지역에서 부분적으로 나타나며 지표하 0.8~4.5m 심도에서 0.5~3.7m의 두께로 분포한다. 본 지층은 점토섞인 모래 또는 실트섞인 모래로 구성되어 있으며 통일분류법에 의하면 SC, SM으로 분류된다. 표준관입시험에 의한 N-치는 31회/30cm~50회/25cm로 조밀내지 매우 조밀한 상대밀도를 나타낸다.
풍화암층	본 지층은 모암인 응회암이 풍화작용에 의하여 흙으로 변해가는 과도기 상태의 지층으로서 시추공 BB-22, 29, 33-1을 제외한 전지역에서 지표하 1.2~6.7m 심도에서 0.1~2.8m의 두께로 분포하고 있다. 본 지층은 표준관입시험시 가해지는 타격에너지에 의해 실트섞인 모래로 분쇄되는 상태이며 회갈색의 색조를 띤다.
기반암층	- 본 지역의 기반암은 응회암 및 안산암으로 구성되어 있으며 출현심도는 지표면으로부터 0.0~9.5m 아래에서 나타나고 있다. - 연암의 경우 T.C.R은 40~100%이며 RQD는 0~64%의 범위로 나타나고 있다. - 경암의 경우 T.C.R은 84~100%이며 RQD는 0~100%를 보인다

10.2.3 시설물 점검이력

대상시설물은 2중 시설물로서 2008년 12월 31일 준공 이후 정기적으로 안전점검이 시행되었으며, 그 결과에 의한 유지관리가 실시되고 있는 상태이다.

【표 10.2.2】 내리천교(울산) 점검이력사항

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
1	정기안전점검	2025-03-03 ~ 2025-06-30	한국도로공사	양호	· 교면포장 시공이음부 균열 등 · 배수시설 배수관 누수 흔적, 유공관 탈락 등 · 난간 방호벽 보수부 들뜸, 균열 등 · 신축이음 본체 부식, 후타콘크리트 마모, 유간토사퇴적, 차수판 탈락 우려 등 · 교량받침 탄성받침 고무패드 밀림, 받침물탈 균열, 받침콘크리트 균열 등 · 바닥판 표면오염, 중앙분리대 종방향 이음부 백태, 지점부 박락 및 파손 등 · 거더 지점부 균열 및 파손 등 · 2차부재 / 가로보 백태 등 · 교대 홍벽 균열 및 박락, 홍벽 표면오염, 보호블럭 침하 등 · 교각 철근 노출 등 · 점검시설 출입문 고정대 시근장치 파손 등
2	정기안전점검	2024-09-01 ~ 2024-12-30	한국도로공사	양호	거더:지점부균열,파손,박락,인양줄미제거,콘크리트파손(일부보수) 바닥판:지점부파손,유공관누수로인한캔틸레버표면오염 교량받침:탄성받침고무재밀림,받침콘크리트박락,플레이트부식 교대:균열,보수부균열,백태,표면오염,파손,체수흔적,청소상태미흡 교각:균열,표면오염,철근노출,체수흔적 교면포장:시공이음부균열 신축이음:본체부식,후타콘크리트균열및마모,유간토사퇴적 2차부재/가로보:균열,백태,재료부족 배수시설:유공관탈락,배수관이음부누수,배수측구균열 난간및연석:굽힘,백태,균열부백태,앵커볼트미제거,보수부들뜸 점검시설:출입시설출입문시근장치파손,점검계단하부동공
3	2중성능평가	2024-03-11 ~ 2024-12-23	(주)명성엔지니어링	B등급	안전성능평가결과,성능평가점수0.219,등급b로평가 내구성능평가결과,성능평가점수0.199,등급b로평가 사용성능평가결과,성능평가점수0.552,등급d로평가 종합성능평가결과,성능평가점수0.258,등급B로평가
4	정기안전점검	2024-03-01 ~ 2024-06-30	한국도로공사	양호	교면포장ASP시공이음부균열등 배수시설이음부누수흔적,배수측구균열,집수구이물질퇴적등 난간중분대굽힘,백태,균열부백태,앵커볼트미제거,보수부들뜸등 신축이음본체부식,유간토사퇴적등 교량받침플레이트부식,받침물탈균열등 바닥판표면오염등 거더균열,박락,인양줄미제거등 2차부재가로보재료부족,가로보백태등 교대균열,체수흔적,균열부백태,보수부재균열부백태,파손등 교각표면오염,철근노출등

【표 10.2.2】 내리천교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
5	정밀안전점검	2023-02-20 ~ 2023-12-22	(주)엠케이에스 이	B등급	-교면포장시공이음부균열 -방호벽균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 백태, 긁힘, 파손 -배수시설유공관유출부처리미흡, 배수관부식, 배수관막힘 -신축이음유간토사퇴적, 본체부식, 후타재균열, 누수 -바닥판파손, 표면오염 -거더균열((0.3mm미만), 인양홀 주변 파손, 표면오염 -교량받침Plate부식, 탄성패드밀림, 탄성패드들뜸, 스토퍼밀착, 받침물탈균열, 잡철물노출 -교대/교각균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태, 긁힘, 박락및철근노출, 표면오염
6	정기안전점검	2023-03-06 ~ 2023-06-05	자체수행	양호	· 교면포장 시공이음부 균열 등 · 난간중분대 균열(cw=0.3mm 미만), 보수부 파손, 균열부 백태 등 · 배수시설 유공관 파이프 탈락, 배수관 부식, 배수관 막힘 등 · 신축이음 고무재 파손 및 누수, 차수판 설치 불량 등 · 바닥판 표면오염, 파손 등 · 거더 균열(cw=0.3mm이상), 인양홀 주변 파손, 표면오염 등 · 교량받침 플레이트 부식, 스토퍼 밀착, 받침물탈 균열 등 · 하부구조 교대 균열(cw=0.3mm미만), 표면오염 등 · 하부구조 교각 균열(cw=0.3mm미만), 망상균열, 파손, 긁힘, 표면오염 등
7	정기안전점검	2022-07-11 ~ 2022-07-29	자체수행	양호	전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고
8	정기안전점검	2022-05-12 ~ 2022-06-14	자체수행	양호	전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고
9	정밀안전점검	2021-03-03 ~ 2021-12-22	(주)엠케이에스 이	B등급	-교면포장시공이음부균열 -방호벽균열(0.3mm미만), 균열부 백태, 보수부 파손 등 -배수시설유공관유출부처리미흡, 배수관부식, 배수관 막힘 -신축이음고무재파손및누수, 차수판설치불량 등 -바닥판표면오염, 파손 -거더균열(0.3mm이상), 인양홀 주변 파손, 표면오염 -교량받침Plate부식, 스토퍼밀착, 받침물탈균열 등 -하부구조균열(0.3mm미만), 표면오염, 망상균열 등

【표 10.2.2】 내리천교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
10	정기안전점검	2021-06-28 ~ 2021-06-28	자체수행	양호	· 거더:표면오염,파손,철근노출 · 2차부재:철근노출,거푸집미제거 · 바닥판:균열(cw=0.3mm미만),표면오염 · 교량받침:Plate부식 · 하부구조(교대):균열(cw=0.3mm미만),균열(cw=0.3mm이상) · 하부구조(교각):균열(cw=0.3mm미만),균열(cw=0.3mm이상),망상균열,들뜸,재료분리,표면오염 · 신축이음:후타재균열(cw=0.3mm미만),차수판연결부마감불량,차수판탈락,강재부식 · 교면포장:ASP균열,접속부이격 · 난간연석:균열(cw=0.3mm미만),균열(cw=0.3mm이상),균열부백태 · 배수시설:배수관부식,집수구막힘
11	정기안전점검	2020-07-13 ~ 2020-07-13	자체수행	양호	· 신축이음 협착 및 유간 토사 퇴적
12	정기안전점검	2020-06-30 ~ 2020-06-30	자체수행	양호	양호함
13	정밀안전점검	2019-03-19 ~ 2019-12-22	한국시설기술단(주)	B등급	-바닥판:균열(폭0.3mm미만), 백태,파손,표면오염 -PSCI거더:파손,표면오염 -콘크리트가로보:들뜸,철근노출 -교대 : 균열(폭 0.3mm미만, 이상), 백태, 균함, 표면오염 -교각 : 균열(폭 0.3mm미만), 망상균열, 균함, 들뜸, 표면오염 -교량받침:받침부식,받침물탈락균열,받침콘크리트파손,재료분리,스토퍼밀착 -신축이음:강재부식,후타재균열,차수판연결부마감불량,설치불량 -교면포장:시공이음균열 -배수시설:배수관부식,배수관막힘,유도배수관주변누수 -방호벽및중앙분리대:균열(폭0.3mm미만,이상),균열부백태,백태,파손및철근노출 -점검시설:앵커볼트노출길이부족,앵커볼트매입길이부족,연단거리부족,브라켓이격
14	2중성능평가	2019-03-19 ~ 2019-12-22	한국시설기술단(주)	B등급	-바닥판의균열,백태,파손,표면오염,거더의파손,표면오염,가로보의들뜸,철근노출,교대및교각의균열,망상균열,백태,균함,들뜸,교량받침의부식,받침물탈락균열,파손,스토퍼밀착,신축이음의후타재균열,교면포장의시공이음균열,배수시설의배수관부식,막힘,방호벽의균열,균열부백태,파손및철근노출,점검시설의앵커볼트노출길이부족등이조사됨. -내구성시험결과,내구성저하요인은조사되지않았으며,구조해석검토결과,안전성을확보하고있음. -안전성능평가(B),내구성능평가(B),사용성능평가(B) -종합평가결과 “일부부재에경미한결함이나내구성저하가능성이조사되었으며,외부환경조건등을고려하여진행여부를지속관찰하고보수여부를결정하여야하는성능수준” 인 “B등급” 으로평가됨.

【표 10.2.2】 내리천교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검기관	상태등급	주요점검·진단내용
15	정기안전점검	2019-04-10 ~ 2019-04-10	자체수행	양호	양호함
16	정기안전점검	2018-07-11 ~ 2018-07-11	자체수행	양호	- 양호함
17	정기안전점검	2018-03-20 ~ 2018-03-20	자체수행	양호	- 양호함
18	정밀안전점검	2017-10-16 ~ 2017-12-22	자체수행	B등급	- 바닥판균열, 파손, 표면오염 - 거더인양홀주변파손, 철근노출및가로보철근노출, 들뜸, 박락 - 하부구조균열및망상균열, 들뜸, 재료분리, 표면오염 - 교량받침Plate부식, 받침물탈균열및파손 - 신축이음후타재균열, 차수판탈락및마감불량 - 교면포장ASP균열, 접속부이격 - 방호벽균열, 망상균열, 균열부백태, 보수부들뜸및박락 - 배수시설집수구막힘, 배수관부식
19	정기안전점검	2017-10-16 ~ 2017-12-22	자체수행	양호	- 양호함
20	정기안전점검	2017-06-19 ~ 2017-06-19	자체수행	양호	- 양호함
21	정기안전점검	2016-07-19 ~ 2016-07-19	자체수행	양호	- 양호함
22	정기안전점검	2016-04-07 ~ 2016-04-07	자체수행	양호	- 양호함
23	정밀안전점검	2015-05-27 ~ 2015-12-22	(재) 한국재난연구원	B등급	바닥판하면: 균열(cw=0.3mm미만), 파손, 표면오염/거더: 인양홀주변파손, 철근노출, 표면오염/가로보: 철근노출, 거푸집미제거/교대 및 교각: 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 망상균열, 들뜸, 재료분리 등/교량받침: 받침물탈균열, Plate부식/신축이음: 후타재균열, 강재부식, 차수판탈락, 차수판연결부 마감불량/방호벽: 균열(cw=0.3mm미만), 균열(cw=0.3mm이상), 균열부백태(0.3mm미만)/배수시설: 배수관부식, 집수구 막힘/교면포장: 아스팔트균열, 접속부이격

【표 10.2.2】 내리천교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검 기관	상태 등급	주요점검·진단내용
24	정기안전점검	2015-04-17 ~ 2015-04-17	자체수행	양호	- 양호
25	정기안전점검	2014-11-17 ~ 2014-11-17	자체수행	양호	양호
26	정기안전점검	2014-05-12 ~ 2014-05-12	자체수행	양호	양호
27	정밀안전점검	2013-10-01 ~ 2013-12-03	자체수행	A등급	벽체 누수로인한 오염
28	정기안전점검	2013-05-06 ~ 2013-05-06	자체수행	양호	양호
29	정기안전점검	2012-07-25 ~ 2012-07-26	자체수행	양호	양호
30	정기안전점검	2012-03-20 ~ 2012-03-20	자체수행	양호	양호
31	정기안전점검	2011-09-01 ~ 2011-09-01	자체수행	양호	양호
32	정기안전점검	2011-04-11 ~ 2011-04-11	자체수행	양호	양호함
33	정기안전점검	2010-07-07 ~ 2010-12-08	자체수행	양호	교면포장 포트홀 발생
34	정밀안전점검	2010-03-10 ~ 2010-05-09	자체수행	A등급	교대상단 일부 물고임
35	정기안전점검	2009-08-04 ~ 2009-11-25	-	양호	이상없음
36	정기안전점검	2009-03-06 ~ 2009-06-30	-	양호	이상없음
37	초기안전점검	2008-10-01 ~ 2008-12-31	나우이엔씨(주)	A등급	초기점검결과 시설물상태평가 등급이 A등급으로 평가되었다. A등급은 모든부재에 문제점이 없는 최상의 상태를 말하며, 추후 지속적인 유지관리 및 정기적인 점검을 실시하여 구조물의 안전성 및 사용성을 확보하여야 할 것이다.

10.2.4 전차 정밀안전점검 실시결과(2023년12월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전점검 결과	비고
교면포장	◦교면포장에 대한 외관조사 결과, 시공이음부 균열이 전반적으로 조사되었다.	
방호벽	◦방호벽에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만)이 전반적으로 조사되었으며, 국부적으로 백태, 긁힘 및 파손의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.	
배수시설	◦배수시설에 대한 외관조사결과, 유공관 유출부 처리미흡, 배수관 부식, 배수관 막힘의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.	
신축이음	◦신축이음에 대한 외관조사 결과, 유간토사되적, 본체부식, 누수의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. ◦신축이음 유간검토 신축이음 유간을 각 지점에서 측정한 결과 온도변화에 따른 가동량이 P3에서 동절기 최대 수축시 여유량을 확보하지 못하는 것으로 검토되었으며, 이는 신축이음 설치 시 온도기준의 프리세팅량 산정 미흡에 의한 시공불량으로 판단되나, 점검일 현재 양호한 상태로 공용중인 것으로 판단되어 주의관찰 후 신축이음 교체를 판단하는 것이 효율적일 것으로 판단된다.	
바닥판	◦바닥판에 대한 외관조사결과, 파손, 표면오염의 손상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.	
거더	◦거더에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만), 인양홀주변 파손 및 표면오염의 손상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.	
가로보	◦가로보에 대한 외관조사결과, 균열, 백태, 들뜸, 파손 등의 손상이 발견되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.	
교량받침	◦교량받침에 대한 외관조사결과, Plate 부식, 탄성패드 밀림 및 들뜸, 스토퍼 밀착, 받침물탈 균열, 받침콘크리트 재료분리 등의 손상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 본 교량의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다. ◦이동 여유량 검토 본 교량의 가동받침의 이동량 산정시 온도변화는 보통지방을 고려하여 $-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ 설계하였으며 설계 시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 측정·검토되었다. 단, 일부 교량받침(A1, A2)의 탄성패드 밀림(슬라이딩)이 조사된 받침은 건전한 거동을 하지 않은 것으로 판단하여 온도변화에 의한 여유량 검토에서 제외하고 평가하였다.	
교대	◦교대에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만), 백태, 박락 및 철근노출, 표면오염의 손상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.	
교각	◦교각에 대한 외관조사 결과, 균열(0.3mm미만) 및 망상균열, 파손, 긁힘, 표면오염의 손상이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.	
기초	◦내리천교(울산)의 설계도서 검토결과, 교대(A1, A2)는 파일기초 및 교각(P1~P8)는 직접기초로 시공된 것으로 검토되었으며, 점검일 현재 기초는 노출 없이 매립되어 있는 상태로 조사되었다.	
교량 점검시설	◦교량 점검시설에 대한 외관조사 결과, 앵커볼트의 절단흔적, 앵커볼트 주변 콘크리트 파손 및 균열, 점검난간 파손 등의 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 조사되었다.	
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설 (교량 점검시설)	
	◦도로포장 (교면포장)	
	◦도로부 신축이음부 (신축이음)	

나. 내구성 조사 및 시험결과

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판	27.8 ~ 28.5	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대 및 교각	26.0 ~ 27.0	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조	탄산화깊이	4.7 ~ 6.8	—	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
		잔여깊이	32.3 ~ 37.2	a등급	
	하부구조	탄산화깊이	5.8 ~ 8.2	—	
		잔여깊이	59.2 ~ 94.8	a등급	
종합 평가	■ 비파괴강도 측정결과, 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정·검토됨. 건전부와 비건전부 비교결과 비건전부의 강도저하는 있으나 설계기준강도 100%이상으로 강도부족에 의한 내구성저하는 없는 것으로 분석됨. ■ 탄산화시험결과, 상부구조 및 하부구조는 탄산화 잔여깊이는 30mm이상으로 상태평가 기준 “a” 등급으로 조사되어 탄산화에 대한 철근부식 발생 우려는 없는 것으로 판단됨.				

다. 종합평가 및 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F	기준	
내리천교(울산)	0.209	B	—	—	B
종합평가	• 안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀안전점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한” 로 지정되었다.				

라. 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

마. 보수·보강 방안 및 개략공사비

점검부위	결합 및 손상내용	손상물량	보수물량	단위	보수·보강(안) 공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위	비고
방호벽	균열(0.3mm미만)	59.10	14.78	m/m ²	표면처리	65	961	3	
	균열(0.3mm이상)	1.20	1.20	m	주입보수	80	96	1	
	백태	0.04	1.00	m ²	표면처리	65	65	3	
	긁힘, 파손	2.28	3.42	m ²	단면보수	240	821	2	
배수시설	유공관 유출부 처리미흡	10	1	EA/식	유공관 길이연장	20,000	20,000	2	
	배수관 막힘	1	1	EA	배수관 청소	300	300	2	
신축이음	유간토사퇴적	18.00	18.00	m	청소	20	360	1	
	후타재 균열	0.50	1.00	m/m ²	표면처리	65	65	3	
바닥판	파손	0.16	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	표면오염	1.60	2.40	m ²	표면처리	65	156	3	
거더	균열(0.3mm미만)	0.50	1.00	m/m ²	표면처리	65	65	1	
	인양홀주변 파손	0.27	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
교량받침	Plate 부식	33	33	EA	재도장	80	2,640	2	
	탄성패드 밀림	10	10	EA	교량받침 인상 +미끄럼방지턱	3,000	30,000	1	
	받침몰탈 균열(0.3mm미만)	8.90	2.23	m/m ²	표면처리	65	145	3	
	받침콘크리트 재료분리	0.04	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
	잡철물 노출	0.72	1.08	m ²	방청+단면보수	270	292	2	
교대	균열(0.3mm미만)	12.80	3.20	m/m ²	표면처리	65	208	3	
	백태	0.52	1.00	m ²	표면처리	65	65	3	
	박락 및 철근노출	0.21	1.00	m ²	방청+단면보수	270	270	1	
교각	균열(0.3mm미만)	21.60	5.40	m/m ²	표면처리	65	351	3	
	망상균열	43.51	65.27	m ²	표면처리	65	4,243	3	
	긁힘	0.09	1.00	m ²	단면보수	240	240	2	
순 공사비							62,063		
제경비(순공사비×0.5)							31,032		
총 공사비							93,095		

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

바. 종합결론

1) 내리천교(울산)는 준공 후 15년이 경과된 PSCI 교량으로 금회 정밀안전점검결과 주요 부재(바닥판, 교대/교각)에서 균열(0.3mm미만), 망상균열, 백태, 박락 및 철근노출, 굽힘, 표면오염 등이 발생하고 거더(PSCI)에서 균열(0.3mm미만), 인양홀주변 파손, 표면오염의 손상이 조사되었다. 기타 부재의 포장부에서 시공이음부 균열이 발생하고 있으며, 신축이음에서 유간토사퇴적, 본체부식, 누수, 후타재 균열의 손상이 발생하는 것으로 확인되었다.

또한, 교량받침(A1, A2)에서 탄성패드 밀림(슬라이딩)이 발생한 것으로 확인되었으며, 구조물의 건전한 거동을 위해 온도보정작업(Pre-Setting) 후 미끄럼방지턱 설치 등이 요구된다.

2) 내구성시험 결과, 반발경도법에 의한 비파괴 강도는 100%를 상회하는 것으로 측정되어 강도저하는 없는 것으로 판단되고 탄산화 시험은 모든 측정부위에서 탄산화 잔여깊이가 30mm이상으로 탄산화에 의한 내구성 저하는 발생하지 않은 것으로 검토되었다.

3) 따라서, 본 교량은 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한」인 “B등급”으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단되고 시설물 등급의 상향 또는 현 상태의 등급을 지속적으로 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

4) 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

– 금회 정밀안전점검 실시결과 시설물의 사용제한 필요 없는 것으로 판단된다.

5) 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

– 거더 균열의 진전 및 심화, 2차손상 발생 유무

– 신축이음 공용기간 증가에 따른 고무재 노후화 및 누수 확대 여부

– 탄성패드 밀림(슬라이딩)에 대한 보수 후 신축거동 상태 확인

6) 기타 필요한 사항

– 없음

10.2.5 시설물 보수 이력

【표 10.2.3】 내리천교(울산) 보수이력사항

번호	공사명	공사 구분	보수보강공사 부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비(천원)	책임기술자
1	2024년~2025년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	보수	방호벽 등	(주)엠케이에스 이	태정산업개발(주)
	2024-05-13 ~ 2024-08-30		단면보수 등	6,641	이선우
2	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	보수	A2	-	진양건설(주)
	2022-01-03 ~ 2022-11-30		신축이음장치 교체	45,000	이재명
3	2019년 구조물 정밀안전진단 및 점검 결함사항 보수공사	보수	바닥판 하면 등	지엘부	지엘부
	2020-08-28 ~ 2020-12-28		표면보수 등	19,029	조재성
4	2018년 부산포항선 교량 보수공사	보수	교량받침 PLATE 부식 - 슈 바탕처리 및 슈도장(A1, P1, P3, P4, P5,P6,P7,P8)	김병우	(주)예일개발
	2018-11-01 ~ 2018-12-26		교량받침 PLATE 부식 - 슈 바탕처리 및 슈도장(A1, P1, P3, P4, P5,P6,P7,P8) 1개소 0.98M2 * 72EA =70.56m ²	3,945	전상우
5	부산울산고속도로 하차보수공사	보수	없음	신재환	한진중공업
	2011-03-01 ~ 2011-04-15		없음	0	이진희

※ FMS상 이외에 주기적으로 일상적인 보수가 실시되고 있는 것으로 확인되었다.

10.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 10.2.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재		설계적용여부			비 고
해당사항 없음		설계도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었다.			-
설계기간		설계자	공사기간	시공자	총공사비(백만원)
1997-12-27 ~ 2008-12-31		(주)형석엔지니어링	2001-11-29 ~ 2008-12-31	한진중공업.(주)동양건설산업	4,209
내진정보	내진설계 대상 유무	내진설계 적용 유무	적용내진설계기준	내진성능평가 실시 유무	내진보강 유무
	불명	적용		불명	불명
영21조대상	감리기간	감리자(책임감리원)	사업주체(발주자)	공사명	공사감독·공사관리관
아니오			부산울산고속도로(주)	부산~울산간 고속도로 민간투자 시설사업	한국도로공사

· 해석방법 - 다중모드 스펙트럼 해석

· 내진설계 상수

내진등급 : 내진 1등급

가속도계수 : 0.154(지진구역계수 0.11, 위험도계수 1.4(1,000년 재현주기))

지반종류 : II지역 (S=1.2)

· 탄성받침 적용

10.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

10.2.8 주변환경 및 하중변화

내리천교는 부산광역시 기장군 기장읍 내리에 위치하고 송정천(S3)과 내리길(S5)을 횡단하는 2차선(편도) 교량이다.

FMS(시설물통합정보관리시스템 fms.or.kr) 및 관리주체인 부산울산고속도로(주)에 보관된 준공관련자료를 검토한 결과 준공시 고려되었던 하중 이외의 추가하중은 없는 상태이며, 방호벽 상단에 방음벽이 설치되어 있다. 향후 본 교량에 부속시설 설치시 그에 따른 구조검토를 실시하여 하중변화에 따른 교량의 안정성을 확보하여야 할 것이다.

또한, 준공도면 및 기 실시되었던 점검자료를 검토한 결과 준공시와 점검일 현재의 교량 주변 현황의 변화는 없는 것으로 검토되었다.

	
상부 전경	S3 하부 교차 시설 전경
	
S5 하부 교차 시설 전경	S7 하부 교차 시설 전경

【사진 10.2.1】 주변환경 및 하중변화 전경

10.2.9 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 10.2.5】 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	수집 자료	자료분석 결과	과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 준공도서 - 기반조사보고서 - 각종계산서 - 공사시방서 - 준공내역서 - 준공도면 - 실시설계보고서 - 기타 특이사항 보고서 - 사고기록 등	◇ 구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영(발주처협의) ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업진행 ◇ 구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인
유 지 관 련 자 료	◇ 전차 성능평가 보고서 ◇ 전차 정밀안전점검 및 안전점검 보고서 ◇ 사고기록 ◇ 보수·보강 이력 - 시설물정보관리종합시스템(FMS) 및 전차보고서, 보수 및 점검이력	◇ 부재별 중점손상 - 바닥판 표면오염, 파손 - 교대 박락, 철근노출 - 교각 망상균열, 굽힘 - 교량받침 패드 밀림 ◇ 교량받침, 하부구조 보수	◇ 전회 점검결과와 금회 점검결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇ 보수부 상태 확인

10.3 현장조사

10.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보 및 사다리, 굴절작업차, 드론을 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S9	도보 및 굴절작업차, 드론	2025.03.24.~2025.12.17.	
			
도보점검 작업전경		굴절작업차 작업전경	
			
통제 전경		비파괴시험	

【사진 10.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

10.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 내리천교(울산)은 PSC Beam Girder 9경간으로 이루어져 있으며, 연장은 약 L=315.0m 폭 12.2m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면 현장조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 표면오염, 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 10.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		표면오염 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—
S2	—	—	—	—	—	—
S3	—	—	—	—	—	—
S4	—	—	—	—	—	—
S5	—	—	0.04	1	—	—
S6	—	—	0.72	2	—	—
S7	1.00	1	—	—	—	—
S8	—	—	0.72	2	—	—
S9	—	—	—	—	0.16	1
합계	1.00	1	1.48	5	0.16	1

			
손상현황	• S5 표면오염(0.1m×0.4m)	손상현황	• S6 표면오염(0.6m×0.6m)
원 인	• 배수시설 유출부 처리미흡	원 인	• 배수시설 유출부 처리미흡
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S6 표면오염(0.6m×0.6m)	손상현황	• S7 균열(0.3mm미만)
원 인	• 배수시설 유출부 처리미흡	원 인	• 건조수축, 온도변화 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S9 파손(0.2m×0.8m)	손상현황	• S4 상태양호
원 인	• 외부충격	원 인	• -
조치방안	• 단면보수	조치방안	• -

【사진 10.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 표면오염, 파손이 확인되었고, 금회 점검에서 표면오염이 일부 보수된 것이 확인되었으며, 신규손상으로 균열이 추가로 조사되어 손상물량의 변동은 다소 증감이 있는 것으로 검토되었다.

【표 10.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	-	-	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	표면오염	m ²	1.60	7	1.48	5	▼ 0.12	일부보수
	파손	m ²	0.16	1	0.16	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 바닥판하면에서 조사된 표면오염은 배수시설 유출부 처리미흡에 의해 우수가 흐른 흔적으로 발생한 것으로 판단되며, 현재 콘크리트 열화 등의 손상은 발생하지 않은 상태이다. 하지만 장기공용시 지속적인 우수접촉으로 인해 콘크리트에 단면손상 발생 가능성이 있으므로, 손상 원인(배수시설 유출부 처리미흡) 제거, 표면처리 등의 보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 파손은 외부충격으로 인한 손상으로 전회와 비교시 면보수가 되었으나, 측면에는 미실시 된 상태로 내구성 저하 방지차원에서 단면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 균열(0.3mm미만)의 경우, 시공초기 건조수축 및 장기공용, 온도변화 등의 원인에 의한 균열로 판단되며, 콘크리트 내구성 저하방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

나. PSC Beam Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 PSC Beam Girder는 5열 9경간, 거더 폭 0.66m, 높이 2.2m로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더에 대한 현장조사 결과, 표면오염, 파손, 층분리, 들뜸 등의 손상이 조사되었다.

【표 10.3.3】 거더 현장조사 결과

구분	표면오염 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)		층분리, 들뜸 (㎡/개소)	
S1	—	—	0.07	7	0.10	1
S2	—	—	0.06	6	—	—
S3	—	—	—	—	—	—
S4	11.00	4	—	—	—	—
S5	3.00	1	0.08	8	—	—
S6	—	—	—	—	0.20	1
S7	1.50	1	—	—	—	—
S8	1.75	2	0.01	1	—	—
S9	3.00	2	0.05	5	—	—
합계	20.25	10	0.27	27	0.30	2

			
손상현황	• S1-G3 파손(0.1m×0.1m)	손상현황	• S1-G5 층분리(1.0m×0.1m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡, 장기공용 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S4-G5 표면오염(1.0m×1.5m)	손상현황	• S6-G5 층분리(1.0m×0.2m)
원 인	• 배수시설 유출부 처리미흡	원 인	• 시공미흡, 장기공용 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수
			
손상현황	• S9-G5 파손(0.1m×0.1m)	손상현황	• S9-G5 표면오염(1.0m×1.5m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 배수시설 유출부 처리미흡
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리

【사진 10.3.5】 거더 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 표면오염, 파손 등의 기존손상은 물량변동이 없는 상태이며, 금회 균열(0.3mm미만)을 충분리로 손상변경 하였고, 그 외 충분리가 추가 조사되어 손상물량의 변동은 다소 증가한 것으로 검토되었다.

【표 10.3.4】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더	균열(0.3mm미만)	m	0.50	1	—	—	▼ 0.50	손상변경
	표면오염	m ²	20.25	10	20.25	10	— —	변동없음
	파손	m ²	0.27	27	0.27	27	— —	변동없음
	충분리, 들뜸	m ²	—	—	0.30	2	▲ 0.30	신규손상

4) 검토의견

- 거더에서 조사된 표면오염은 배수시설 유출부 처리미흡에 의해 우수가 흐른 흔적으로 발생한 것으로 판단되며, 현재 콘크리트 열화 등의 손상은 발생하지 않은 상태이다. 하지만 장기 공용시 지속적인 우수접촉으로 인해 콘크리트에 단면손상 발생 가능성이 있으므로, 손상원인(배수시설 유출부 처리미흡) 제거, 표면처리 등의 보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 파손, 충분리, 들뜸의 경우, 인양홀 주변 및 거더와 교량받침이 만나는 단부에 발생하였고, 시공시 발생한 손상으로 판단되며, 손상 정도는 경미하나 공용기간 증가에 따른 우수접촉, 콘크리트 열화 등에 의해 단면손상의 증가가 발생할 수 있으므로, 단면보수를 통한 유지관리가 필요하다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 철근콘크리트로 설치되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 10.3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	—	—
S2	—	—
S3	—	—
S4	—	—
S5	—	—
S6	—	—
S7	—	—
S8	—	—
S9	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• 가로보 S1 상태양호	손상현황	• 가로보 S1 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• 가로보 S5 상태양호	손상현황	• 가로보 S6 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• 가로보 S7 상태양호	손상현황	• 가로보 S9 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 10.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 검토되었다.

【표 10.3.6】 가로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음

4) 검토의견

- 가로보의 경우, 현재 양호한 상태로 점검되었다. 주기적인 점검을 실시하여 양호한 상태를 유지하는 관리가 필요하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 교대(A1, A2)는 역T형, 기초형식은 PHC말뚝기초로 시공되어있다.
- 교대에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 백태, 표면오염 등의 손상이 조사되었다.

【표 10.3.7】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)		표면오염 (㎡/개소)	
A1	5.20	4	0.62	3	0.20	1
A2	7.60	6	—	—	2.80	4
합계	12.80	10	0.62	3	3.00	5

			
손상현황	• A1 균열(0.3mm미만)	손상현황	• A1 백태(0.2m×0.8m)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 우수유입 등	원 인	• 습기흡착, 우수유입 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A1 균열(0.3mm미만)	손상현황	• A1 표면오염(0.1m×2.0m)
원 인	• 건조수축, 장기공용, 우수유입 등	원 인	• 우수유입 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• A2 균열(0.3mm미만)	손상현황	• A2 박락 및 철근노출 보수
원 인	• 건조수축, 장기공용, 우수유입 등	원 인	• -
조치방안	• 표면처리	조치방안	• -

【사진 10.3.9】 교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만), 백태, 표면오염이 확인되었고, 금회 점검에서 박락 및 철근노출에 대해 보수를 실시한 것으로 확인되었다. 그로인해 손상물량의 변동은 다소 감소한 것으로 검토되었다.

【표 10.3.8】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3mm미만)	m	12.80	10	12.80	10	— —	변동없음
	백태	m ²	0.52	3	0.62	3	▲ 0.10	길이변경
	표면오염	m ²	3.00	5	3.00	5	— —	변동없음
	박락 및 철근노출	m ²	0.21	1	—	—	▼ 0.21	보수실시

4) 검토의견

- 교대에서 조사된 균열(0.3mm미만)의 경우, 시공초기 건조수축 및 장기공용, 온도변화, 우수유입 등의 원인에 의한 균열로 판단되며, 콘크리트 내구성 저하방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 백태, 표면오염의 경우, 신축이음부 및 종조인트부를 통한 교면수 유입에 의한 손상으로 현재 교대에 미치는 영향은 미미하나, 유지관리상 균열에 대한 보수시 일괄적으로 표면처리 보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 교각(P1~P8)은 π 형, 기초형식은 직접기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.10】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 균열 (0.3mm미만), 망상균열, 파손, 굽힘, 표면오염 등의 손상이 조사되었다.

【표 10.3.9】 교각 현장조사 결과

구분	균열 (0.3mm미만) (m/개소)		망상균열 (m/개소)		파손, 굽힘 (m/개소)		표면오염 (m/개소)	
P1	—	—	—	—	—	—	—	—
P2	—	—	11.00	3	—	—	—	—
P3	3.00	1	—	—	0.09	3	37.50	3
P4	3.30	4	—	—	—	—	7.50	1
P5	3.00	3	4.00	2	—	—	—	—
P6	6.00	3	9.01	3	0.02	1	37.40	4
P7	2.00	2	2.00	1	—	—	—	—
P8	5.30	5	2.50	1	—	—	—	—
합계	22.60	18	28.51	10	0.11	4	82.40	8

	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안
	
손상현황	손상현황
원 인	원 인
조치방안	조치방안

【사진 10.3.11】 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만), 망상균열, 파손, 굽힘, 표면오염 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상으로 균열, 파손이 조사되었고, 망상균열에 대한 손상이 변동되어 전체적인 손상물량은 다소 감소한 것으로 검토되었다.

【표 10.3.10】 교각 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3mm미만)	m	21.60	17	22.60	18	▲ 1.00	신규손상
	망상균열	m ²	43.51	11	28.51	10	▼ 15.00	물량변동
	파손, 굽힘	m ²	0.09	3	0.11	4	▲ 0.02	신규손상
	표면오염	m ²	82.40	8	82.40	8	- -	변동없음

4) 검토의견

- 교각에서 조사된 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 시공초기 건조수축 및 장기공용, 온도변화, 우수유입 등의 원인에 의한 균열로 판단되며, 콘크리트 내구성 저하방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 파손, 굽힘의 경우, 외부충격 및 시공초기 다짐미흡에 의한 손상으로 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 표면오염의 경우, 신축이음부 및 종조인트부를 통한 교면수 유입에 의한 손상으로 현재 부재에 미치는 영향은 미미하나, 유지관리상 균열에 대한 보수시 일괄적으로 표면처리 보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

바. 기초

1) 부재의 개요

- 내리천교(울산)의 기초는 교대 A1,2는 PHC파일기초, 교각 P1~8은 직접기초로 시공된 것으로 검토되었으며, 현재 매립되어 있는 상태로 현장조사는 불가하다.

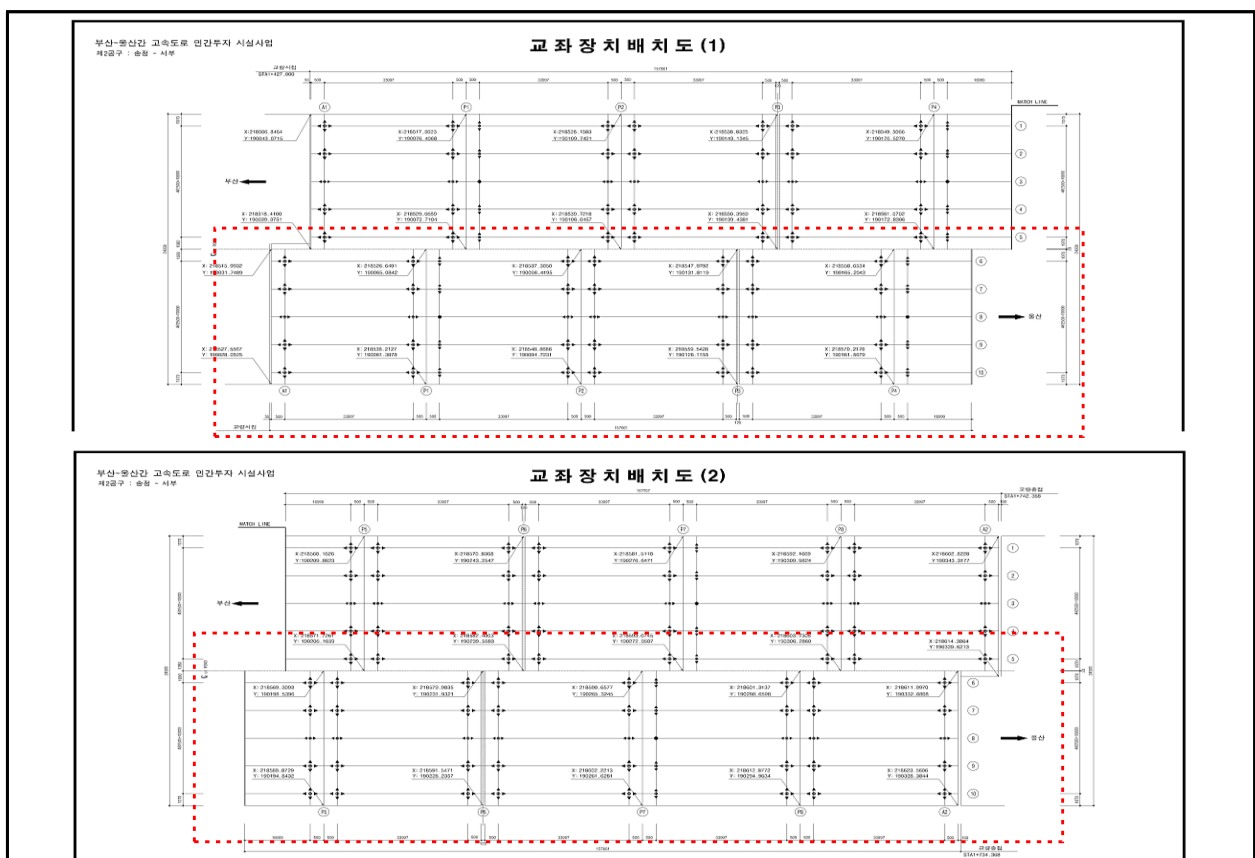


【사진 10.3.12】 기초 전경

사. 교량받침

1) 부재의 개요

- 공용중 상부구조에서 발생한 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 교량받침은 상·하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.
- 본 교량의 교량받침은 탄성고무받침으로 교대 A1, A2에 각 5개소, 교각 P1~8에 각 10개소로 총 90개소가 설치되어있다.
- 교량받침 상세현황 사진은 부록 ‘현장조사 및 외관조사 사진첩’에 수록하였다.
- 교량받침에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차로 근접조사를 실시하였다.



【그림 10.3.1】 교량받침 배치도



【사진 10.3.13】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과, Plate 부식, 스토퍼 밀착, 탄성패드 밀림 및 이격, 몰탈균열 (0.3mm미만), 몰탈 및 받침콘크리트 파손, 박리, 재료분리, 잡철노출 등의 손상이 조사되었다.

【표 10.3.11】 교량받침 현장조사 결과

구분	Plate 부식 (개소/개소)		스토퍼 밀착 (개소/개소)		탄성패드 밀림 (개소/개소)		탄성패드 이격 (개소/개소)	
A1	2.00	2	-	-	5.00	5	-	-
P1	-	-	6.00	6	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	1.00	1	-	-	5.00	5
P4	10.00	10	-	-	-	-	-	-
P5	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	10.00	10	-	-	-	-	-	-
P7	8.00	8	-	-	-	-	-	-
P8	4.00	4	1.00	1	-	-	-	-
A2	5.00	5	-	-	5.00	5	-	-
합계	39.00	39	8.00	8	10.00	10	5.00	5

구분	몰탈균열 (0.3mm미만) (m/개소)		받침콘크리트 박락, 층분리, 재료분리 (㎡/개소)		받침콘크리트 파손 (㎡/개소)		받침콘크리트 잡철물노출 (㎡/개소)	
A1	-	-	-	-	0.01	1	0.04	4
P1	1.80	9	-	-	-	-	-	-
P2	1.00	5	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	0.04	1	-	-	-	-
P4	1.20	6	0.02	1	-	-	-	-
P5	0.40	3	-	-	-	-	0.16	8
P6	1.20	6	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	0.08	4	-	-	-	-
P8	1.80	9	0.02	1	-	-	-	-
A2	1.60	8	-	-	-	-	-	-
합계	9.00	46	0.16	7	0.01	1	0.20	12

			
손상현황	• P1-SH2(A1) 잡철노출(0.1m×0.1m)	손상현황	• P1-SH2(A2) 몰탈 균열(0.3mm미만)
원 인	• 외부충격, 시공미흡 등	원 인	• 건조수축, 온도변화 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• P1-SH3(A1) 스토퍼 밀착	손상현황	• A1-SH5 탄성패드 밀립
원 인	• 시공오차 등	원 인	• 탄성패드 마찰력부족 등
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• P4-SH1(A1) 층분리(0.1m×0.2m)	손상현황	• P7-SH5(A2) 플레이트 부식
원 인	• 다짐 및 시공미흡 등	원 인	• 우수유입, 외기노출, 공용기간 경과 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 재도장

【사진 10.3.14】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 플레이트 부식, 스토퍼 밀착, 탄성패드 밀림 및 이격 몰탈 균열, 콘크리트 재료분리 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상으로 플레이트 부식, 몰탈균열, 받침콘크리트 파손 및 박락 등의 손상이 추가 조사되었고, 잡철노출에 대해서는 일부 보수를 실시한 것이 확인되었다. 그로 인해 손상물량이 소폭 증가한 것으로 검토되었다.

【표 10.3.12】 교량받침 기 점검 결과 비교

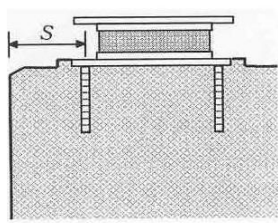
구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 받침	Plate 부식	EA	33.00	33	39.00	39	▲ 6.00	신규손상
	스토퍼 밀착	EA	8.00	8	8.00	8	— —	변동없음
	탄성패드 밀림	EA	10.00	10	10.00	10	— —	변동없음
	탄성패드 이격	EA	5.00	5	5.00	5	— —	변동없음
	몰탈균열(0.3mm미만)	m	8.90	45	9.00	46	▲ 0.10	신규손상
	콘크리트 박락, 층분리, 재료분리	m ²	0.04	1	0.16	7	▲ 0.12	신규손상
	콘크리트 파손	m ²	—	—	0.01	1	▲ 0.01	신규손상
	잡철노출	m ²	0.72	38	0.20	12	▼ 0.52	보수실시

4) 검토의견

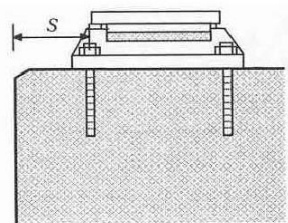
- 교량받침에 조사된 몰탈 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 지속적인 우수접촉, 온도변화 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 시설물에 영향을 미치는 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 Plate 부식의 경우 공용기간 증가로 인한 도장미흡부 습기흡착, 신축이음 하부 누수로 인한 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 재도장 등 적절한 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 탄성패드 밀림, 탄성패드 이격, 스토퍼 밀착의 경우, 시공초기 거더 거치 및 바닥판 타설시 탄성패드 유동, 플레이트-탄성패드 마찰력부족 및 감소, 시공오차 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 금회 점검 시기에 상기 발생한 손상에 의한 교량받침의 기능성을 저해할만한 영향은 없는 것으로 확인되었으나 추후 손상의 진전(탄성패드 이탈)을 방지하기 위한 스토퍼 설치 등 탄성패드의 밀림 방지책 형식의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료되며, 스토퍼 간섭의 경우 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하고 손상의 진전시 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 받침콘크리트 파손, 박락, 재료분리의 경우, 공용중 외력 및 시공미흡에 의한 손상으로 단면 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2009, 국토교통부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침



(b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
: $S(\text{mm}) = 200 + 5L$
 - 거더의 경간길이 100m 이상
: $S(\text{mm}) = 300 + 4L$
- 여기서, L은 경간길이(m)

【그림 10.3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법



받침장치 연단거리 측정

받침장치 연단거리 측정

【사진 10.3.15】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : $200 + 5 \times 35.0 = 375.0(\text{mm})$

【표 10.3.13】연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)					검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	
A1		375.0	420	420	420	420	410	O.K
P1	A1측	375.0	690	690	690	690	690	O.K
	A2측	375.0	680	670	670	670	670	O.K
P2	A1측	375.0	660	660	660	660	650	O.K
	A2측	375.0	700	700	700	690	690	O.K
P3	A1측	375.0	650	650	650	650	650	O.K
	A2측	375.0	600	600	600	600	600	O.K
P4	A1측	375.0	680	680	680	680	680	O.K
	A2측	375.0	680	680	680	680	680	O.K
P5	A1측	375.0	600	600	600	600	600	O.K
	A2측	375.0	650	650	650	650	650	O.K
P6	A1측	375.0	630	630	630	630	630	O.K
	A2측	375.0	630	630	630	630	630	O.K
P7	A1측	375.0	650	650	650	650	650	O.K
	A2측	375.0	730	730	730	730	730	O.K
P8	A1측	375.0	680	680	680	680	680	O.K
	A2측	375.0	670	650	650	660	660	O.K
A2		375.0	440	440	440	440	440	O.K

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다.

금회 점검에서 교량받침(A1, A2)의 탄성패드 밀림(슬라이딩)이 조사된 받침은 건전한 거동을 하지 않은 것으로 판단하여 온도변화에 의한 여유량 검토에서 제외하고 평가하였다.



【사진 10.3.16】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도($-5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ (보통지방))에 따른 여유량 검토

【표 10.3.14】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분		온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		비고
		동절기	하절기			동절기	하절기	
A1		26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
P1		고정단						
P2	A1	26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
	A2	26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
P3	A1	26.6	13.4	0.00001	70.0	18.6	9.4	
	A2	26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
P4		고정단						
P5	A1	26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
	A2	26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
P6	A1	26.6	13.4	0.00001	70.0	18.6	9.4	
	A2	26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
P7		고정단						
P8	A1	26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
	A2	26.6	13.4	0.00001	35.0	9.3	4.7	
A2		26.6	13.4	0.00001	70.0	18.6	9.4	
1) 조사당시 온도 : 21.6 $^{\circ}\text{C}$ (조사일 : 2025년 05월 20일, 평균온도, 부산) 2) 검토온도 : -5 $^{\circ}\text{C}$ ~ 35 $^{\circ}\text{C}$ (보통지방)								

【표 10.3.15】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		실측 이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	검토결과	
			수축	신장	최대수축	최대신장			
A1	SH1	—	—	—	9.3	4.7	±54	패드 밀림	
	SH2	—	—	—			±54	패드 밀림	
	SH3	—	—	—			±54	패드 밀림	
	SH4	—	—	—			±54	패드 밀림	
	SH5	—	—	—			±54	패드 밀림	
P1	고정단								
P2	A1	SH1	0	54	54	9.3	4.7	±54	O.K
		SH2	0	54	54			±54	O.K
		SH3	0	54	54			±54	O.K
		SH4	0	54	54			±54	O.K
		SH5	0	54	54			±54	O.K
	A2	SH1	5	59	49	9.3	4.7	±54	O.K
		SH2	5	59	49			±54	O.K
		SH3	5	59	49			±54	O.K
		SH4	5	59	49			±54	O.K
		SH5	5	59	49			±54	O.K
P3	A1	SH1	−5	49	59	18.6	9.4	±54	O.K
		SH2	−5	49	59			±54	O.K
		SH3	−5	49	59			±54	O.K
		SH4	−5	49	59			±54	O.K
		SH5	−5	49	59			±54	O.K
	A2	SH1	−5	49	59	9.3	4.7	±54	O.K
		SH2	−5	49	59			±54	O.K
		SH3	−5	49	59			±54	O.K
		SH4	−5	49	59			±54	O.K
		SH5	−5	49	59			±54	O.K
P4	고정단								
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 10.3.15】 교량반침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치			실측 이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	검토결과
				수축	신장	최대수축	최대신장		
P5	A1	SH1	0	54	54	9.3	4.7	±54	O.K
		SH2	0	54	54			±54	O.K
		SH3	0	54	54			±54	O.K
		SH4	0	54	54			±54	O.K
		SH5	0	54	54			±54	O.K
	A2	SH1	0	54	54	9.3	4.7	±54	O.K
		SH2	0	54	54			±54	O.K
		SH3	0	54	54			±54	O.K
		SH4	0	54	54			±54	O.K
		SH5	0	54	54			±54	O.K
P6	A1	SH1	-30	24	84	18.6	9.4	±54	O.K
		SH2	-30	24	84			±54	O.K
		SH3	-30	24	84			±54	O.K
		SH4	-30	24	84			±54	O.K
		SH5	-30	24	84			±54	O.K
	A2	SH1	+5	59	49	9.3	4.7	±54	O.K
		SH2	+5	59	49			±54	O.K
		SH3	+5	59	49			±54	O.K
		SH4	+5	59	49			±54	O.K
		SH5	+5	59	49			±54	O.K
P7		고정단							
P8	A1	SH1	-20	34	74	9.3	4.7	±54	O.K
		SH2	-20	34	74			±54	O.K
		SH3	-20	34	74			±54	O.K
		SH4	-20	34	74			±54	O.K
		SH5	-20	34	74			±54	O.K
	A2	SH1	-10	44	64	9.3	4.7	±54	O.K
		SH2	-10	44	64			±54	O.K
		SH3	-10	44	64			±54	O.K
		SH4	-10	44	64			±54	O.K
		SH5	-10	44	64			±54	O.K
주) 판정 : 최대 반침 이동량 ≤ 실측 반침 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 10.3.15】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(계속)

위치		실측 이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)	검토결과
			수축	신장	최대수축	최대신장		
A2	SH1	—	—	—	18.6	9.4	±54	패드 밀림
	SH2	—	—	—			±54	패드 밀림
	SH3	—	—	—			±54	패드 밀림
	SH4	—	—	—			±54	패드 밀림
	SH5	—	—	—			±54	패드 밀림
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

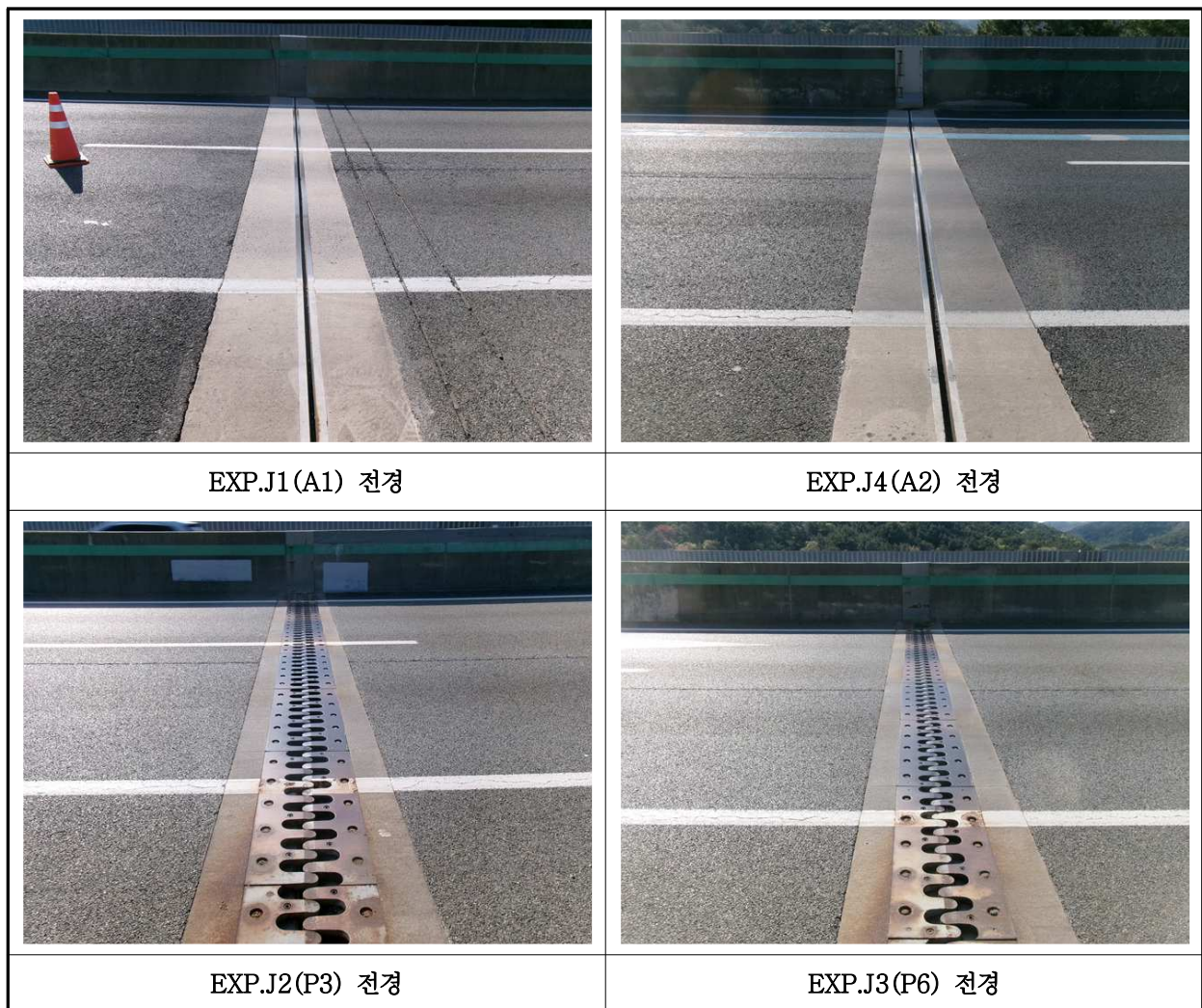
② 교량받침 이동량 검토의견

- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

아. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조 수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 A1(No.50), A2(No.80) Rail Joint, P3, P6(No.120) Finger Joint로 시공되어 있다.
- 신축이음장치에 대한 현장조사는 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.17】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

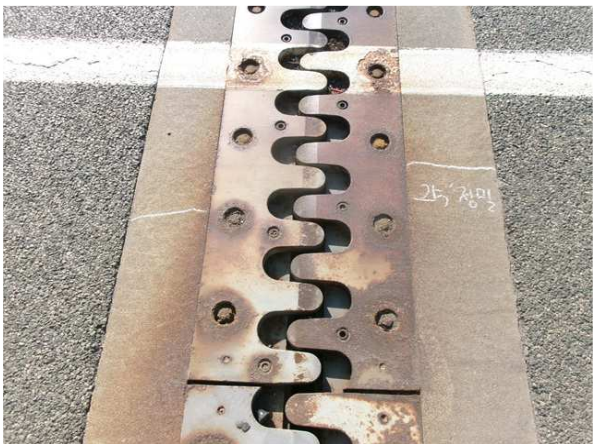
- 신축이음 현장조사 결과, 후타재 균열, 본체부식, 고무재 파손, 누수, 유간 토사퇴적, 차수판 마감불량 등의 손상이 조사되었다.

【표 10.3.16】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		본체부식 (m/개소)		고무재 파손 (m/개소)		하부 누수 (m/개소)		유간 토사퇴적 (m/개소)		차수판 마감불량 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	1.00	2	5.00	2	-	-	-	-	1.00	1	-	-
P3 (EXP J2)	-	-	9.00	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P6 (EXP J3)	0.20	2	9.00	1	-	-	3.00	1	-	-	-	-
A2 (EXP J4)	8.50	12	-	-	0.50	1	-	-	-	-	1.00	1
합계	9.70	16	23.00	4	0.50	1	3.00	1	1.00	1	1.00	1

			
손상현황	• A1 후타재 균열(0.3mm미만)	손상현황	• A2 고무재 파손
원 인	• 건조수축, 장기공용 등	원 인	• 우수유입, 공용중 열화 등
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

【사진 10.3.18】 신축이음 손상현황

			
손상현황	• A2 차수관 마감불량	손상현황	• A2 후타재 균열(0.3mm미만)
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• 건조수축, 장기공용 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• P3 본체 부식(L=9.0m)	손상현황	• P6 본체 부식(L=9.0m)
원 인	• 우수유입, 공용중 열화 등	원 인	• 우수유입, 공용중 열화 등
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• P6 하부 누수	손상현황	• P6 후타재 균열(0.3mm미만)
원 인	• 우수유입, 장기공용 등	원 인	• 건조수축, 장기공용 등
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

【사진 10.3.18】 신축이음 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 후타재 균열, 본체 부식 및 누수, 유간 토사퇴적 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 후타재 균열, 본체부식, 고무재 파손, 유간 토사퇴적, 차수판 마감불량이 추가 추가로 조사되었고, 유간토사퇴적에 대해 정비를 실시한 것이 확인되었다. 이로 인해 손상물량은 다소 감소한 것으로 검토되었다.

【표 10.3.17】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열	m	0.50	1	9.70	16	▲ 9.20	신규손상
	본체 부식	m ²	21.00	3	23.00	4	▲ 2.00	신규손상
	고무재 파손	m	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상
	하부 누수	m	3.00	1	3.00	1	— —	변동없음
	유간 토사퇴적	m	18.00	2	1.00	1	▼ 17.00	보수실시
	차수판 마감불량	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상

4) 검토의견

- 신축이음에서 조사된 후타재 균열의 경우 시공시 다짐불량, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 차량의 주행성에 영향을 미치는 상태는 아니므로 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시한 후 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 본체부식, 고무재 파손, 하부 누수의 경우 유간 토사퇴적으로 인한 포장부 배수미흡, 공용기간 증가에 의한 도장재 품질 저하, 외기영향 등에 의한 손상으로 주의관찰을 실시하고, 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 차수판 마감불량, 유간 토사퇴적의 경우 공용기간 증가, 차량의 반복통행 진동 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 신축이음장치의 기능성 확보 및 원활한 배수 기능을 위한 정비 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

구분	계산방법				비고	
이론 신축량	- 온도변화에 의한 이동량 $\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$ - 여기서, Δl_t : 온도변화에 의한 이동량 ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α (강재): 1.2×10^{-5}, α (콘크리트): 1.0×10^{-5} - L : 신축보의 길이(mm)					
	- 소요 가동량 산정 - 조사일 : 2025. 04. 15. 기온 적용: 10.9℃(일평균) ΔT(신장시) : $35.0^{\circ}\text{C} - 10.9^{\circ}\text{C} = 24.1^{\circ}\text{C}$ ΔT(수축시) : $-5.0^{\circ}\text{C} - (10.9^{\circ}\text{C}) = 15.9^{\circ}\text{C}$ Δl_t(최소필요유간) : $\Delta T \times \alpha \times L$ - 형식별 온도변화범위(℃)					
소요 신축량	교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α (/℃)	
	강 교	상로교	-10~+40	-20~+40	1.2×10^{-5}	
		하로교, 강바닥판교	-10~+50	-20~+40	1.2×10^{-5}	
	RC, PSC교		-5~+35	-15~+35	1.0×10^{-5}	
						

【사진 10.3.19】 신축이음 유간 측정방법

【표 10.3.18】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)	
A1	15.9	24.1	0.00001	35.0	5.6	8.4	—	5.6	8.4	
P3	15.9	24.1	0.00001	105.0	16.7	25.3	—	16.7	25.3	
P6	15.9	24.1	0.00001	105.0	16.7	25.3	—	16.7	25.3	
A2	15.9	24.1	0.00001	70.0	11.1	16.9	—	11.1	16.9	

1) 조사당시 온도 : 10.9℃(조사일 : 2025년 04월 15일, 평균온도, 부산)

2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(PSCI거더, 보통지방)

3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 : 신축장 100m이상 교량의 경우 수축시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 10.3.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (mm) ③	허용량 (mm) ④	신축 여유량(mm)		수축 검토 결과	신장 검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 (③-②)		
A1	신축이음	5.6	8.4	31.0	50.0	13.4	22.6	OK	OK
	바닥판	5.6	8.4	65.0	—	—	56.6	—	OK
	거더	5.6	8.4	95.0	—	—	86.6	—	OK
P3	신축이음	16.7	25.3	42.0	120.0	61.3	16.7	OK	OK
	바닥판	16.7	25.3	69.0	—	—	43.7	—	OK
	거더	16.7	25.3	85.0	—	—	59.7	—	OK
P6	신축이음	16.7	25.3	110.0	120.0	-6.7	84.7	OK	OK
	바닥판	16.7	25.3	135.0	—	—	109.7	—	OK
	거더	16.7	25.3	280.0	—	—	254.7	—	OK
A2	신축이음	11.1	16.9	68.0	80.0	0.9	51.1	OK	OK
	바닥판	11.1	16.9	115.0	—	—	98.1	—	OK
	거더	11.1	16.9	234.0	—	—	217.1	—	OK
주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$									

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음장치 유간에 대하여 수축 및 신장 여유량 검토를 실시하였고, 측정일 온도는 10.9℃(04월 15일)로써 이때 신축 여유량은 충분한 것으로 검토되어 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

자. 교면포장

1) 부재의 개요

- 공용중 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 ASP 포장으로 되어있다.
- 교면포장에 대한 현장조사는 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.



【사진 10.3.20】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과, 기존손상인 아스콘 시공이음 균열 및 파손이 확인되었다.

【표 10.3.20】 교면포장 현장조사 결과

구분	아스콘 시공이음 균열 (m/개소)		아스콘 패임 (㎡/개소)	
S1	35.00	1	—	—
S2	35.00	1	0.06	1
S3	35.00	1	—	—
S4	35.00	1	—	—
S5	35.00	1	—	—
S6	35.00	1	—	—
S7	35.00	1	—	—
S8	35.00	1	—	—
S9	35.00	1	—	—
합계	315.00	9	0.06	1

			
손상현황	• S2 아스콘 패임 (0.2m×0.3m)	손상현황	• S8 시공이음 균열 (L=35.0m)
원 인	• 외부충격	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• S1 시공이음 균열 (L=35.0m)	손상현황	• S2 시공이음 균열 (L=35.0m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• S4 시공이음 균열 (L=35.0m)	손상현황	• S7 시공이음 균열 (L=35.0m)
원 인	• 시공미흡	원 인	• 시공미흡
조치방안	• 주의관찰	조치방안	• 주의관찰

【사진 10.3.21】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 아스콘 시공이음 균열 및 파손이 확인되었으며, 손상의 진전은 미미한 상태이다. 또한, 상기 손상 외에 추가 발생한 손상은 없는 것으로 확인되었다.

【표 10.3.21】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	아스콘 패임	m ²	—	—	0.06	1	▲ 0.06	신규손상
	시공이음 균열	m	315.00	9	315.00	9	— —	변동없음

4) 검토의견

- 교면포장에서 조사된 아스콘 패임의 경우 공용중 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 현재 차량의 주행성에 영향을 미치는 손상은 아니므로, 주의관찰을 실시하고 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 시공이음 균열은 교면포장 시공시 발생할 수밖에 없는 손상으로 전회와 비교시 진전은 미미한 상태이다. 상기 손상은 주의관찰을 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

차. 배수시설

1) 부재의 개요

- 내리천교(울산)의 배수시설은 중단구배 (+)1.3081%, 횡단구배 (-)2.000%로 물흐름에 의거하여 바닥판하면 하부 배수관을 따라 하부로 배수되도록 시공되어있다.
- 배수시설에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론을 통한 근접조사를 실시하였다.



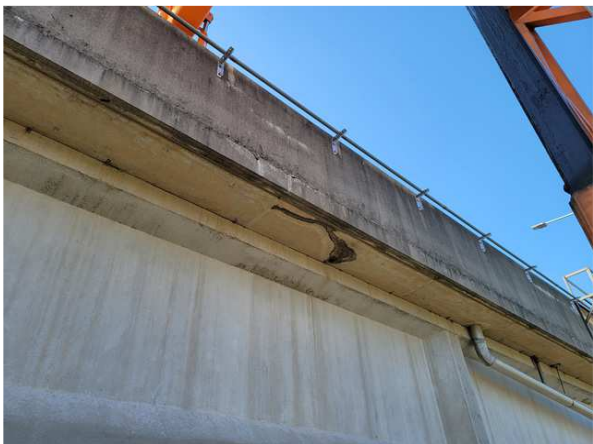
【사진 10.3.22】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 기존손상인 유도배수관 주변 누수, 배수관 부식, 막힘이 확인되었고, 추가로 배수관 길이부족이 조사되었다.

【표 10.3.22】 배수시설 현장조사 결과

구분	유도배수관 주변 누수 (개소/개소)		배수관 부식 (개소/개소)		배수관 막힘 (개소/개소)	
S1	—	—	—	—	—	—
S2	—	—	—	—	—	—
S3	1.00	1	—	—	1.00	1
S4	—	—	1.00	1	—	—
S5	—	—	1.00	1	—	—
S6	1.00	1	—	—	—	—
S7	3.00	3	—	—	—	—
S8	1.00	1	—	—	—	—
S9	—	—	—	—	—	—
합계	6.00	6	2.00	2	1.00	1

			
손상현황	• P3 배수관 막힘(1EA)	손상현황	• S5 배수관 부식(1EA)
원 인	• 토사퇴적	원 인	• 유출부 처리미흡, 장기공용 등
조치방안	• 정비	조치방안	• 주의관찰
			
손상현황	• S6 유도배수관 주변 누수(1EA)	손상현황	• S6 유도배수관 주변 누수(1EA)
원 인	• 유출부 처리미흡	원 인	• 유출부 처리미흡
조치방안	• 정비	조치방안	• 정비
			
손상현황	• S7 유도배수관 주변 누수(1EA)	손상현황	• S8 유도배수관 주변 누수(1EA)
원 인	• 유출부 처리미흡	원 인	• 유출부 처리미흡
조치방안	• 정비	조치방안	• 정비

【사진 10.3.23】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 유도배수관 주변 누수, 배수관 부식, 배수관 막힘이 확인되었고, 추가 조사된 손상은 없으며, 유도배수관 주변 누수는 일부 보수를 실시하여 손상물량은 다소 감소한 상태로 검토되었다.

【표 10.3.23】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	유도배수관 주변 누수	EA	10.00	10	6.00	6	▼ 4.00	일부보수
	배수관 부식	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	배수관 막힘	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음

4) 검토의견

- 배수시설에서 조사된 유도배수관 주변 누수는 교량내부 침투수를 배출하기 위해 설치된 유공관의 유출구에서 처리미흡에 의해 발생한 손상으로, 장기공용시 콘크리트 캔틸레버의 열화를 발생시킬 가능성이 있으므로, 정비가 필요한 상태이다.
- 배수관 부식의 경우, 장기공용 및 사단의 유공관에서 흘러나온 우수에 의한 부식으로 판단되며, 전회와 비교시 진전이 미미한 상태로, 주의관찰을 실시하고, 유공관 유출구 보수시 일괄적으로 정비를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 배수관 막힘은 상부 교면에서부터 내려온 토사 및 이물질 등이 퇴적되어 발생한 손상으로 정비가 요망된다.

카. 난간 및 연석(방호벽 및 중분대)

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 높이 H=0.81m로 시공되어 있다.
- 난간 및 연석에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론을 통한 근접조사를 실시하였다.



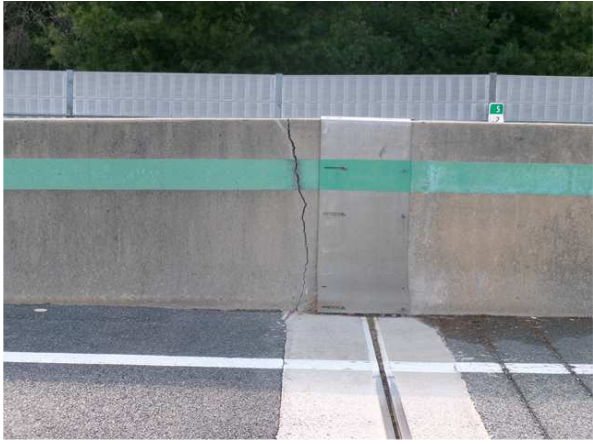
【사진 10.3.24】 방호벽 및 중분대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽 및 중분대에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만), 백태, 파손 등의 손상이 확인되었다.

【표 10.3.24】 방호벽 및 중분대 현장조사 결과

구분	균열(0.3mm미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
S1	—	—	—	—	0.20	1
S2	3.40	3	—	—	—	—
S3	0.60	1	—	—	—	—
S4	1.50	1	—	—	—	—
S5	20.00	1	—	—	—	—
S6	18.00	12	—	—	—	—
S7	11.00	4	—	—	—	—
S8	11.50	4	—	—	—	—
S9	4.10	4	0.06	3	—	—
합계	70.10	30	0.06	3	0.20	1

			
손상현황	• S1 접속부 파손(0.2m×1.0m)	손상현황	• S2 균열(0.3mm미만)
원 인	• 접속부 침하, 장기공용 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S5 균열(0.3mm미만)	손상현황	• S7 균열(0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리
			
손상현황	• S9 백태(0.1m×0.1m)	손상현황	• S9 백태(0.2m×0.2m)
원 인	• 장기공용, 수분접촉 등	원 인	• 장기공용, 수분접촉 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 10.3.25】 방호벽 및 중분대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 균열(0.3mm미만), 백태, 파손 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상으로 균열 및 백태가 추가적으로 조사되었다. 또한, 일부 균열 및 파손에 대해 보수를 실시한 것이 확인되었다. 이로 인해 손상물량이 다소 증가한 것으로 평가되었다.

【표 10.3.25】 방호벽 및 중분대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽 및 중분대	균열(0.3mm미만)	m	59.10	26	70.10	30	▲ 11.00	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	1.20	1	—	—	▼ 1.20	보수실시
	백태	m ²	0.04	1	0.06	3	▲ 0.02	신규손상
	파손	m ²	2.28	3	0.20	1	▼ 2.08	보수실시

4) 검토의견

- 방호벽에서 조사된 균열(0.3mm미만), 백태의 경우 건조수축 및 온도변화, 손상부 우수유입, 외기노출 등의 원인에 의한 손상으로 시설물에 구조적인 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 접속부 방호벽에 조사된 파손은 접속부 침하에 의한 손상으로, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

타. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 내리천교(울산)의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1~2에 철근콘크리트 재질의 점검계단이, P1~8에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면에 시공된 것으로 확인되었다.



【사진 10.3.26】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교량 점검시설에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 용접상태, 앵커매립 깊이는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 10.3.26】 교량 점검시설 현장조사 결과

구분	상태양호	
A1	—	—
P1	—	—
P2	—	—
P3	—	—
P4	—	—
P5	—	—
P6	—	—
P7	—	—
P8	—	—
A2	—	—
합계	—	—

			
손상현황	• P2 점검로 상태양호	손상현황	• P2 점검로 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -
			
손상현황	• P4 점검로 상탱양호	손상현황	• P4 점검로 상탱양호
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 10.3.27】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 손상이 없는 양호한 상태로, 물량의 변동은 없는 것으로 평가되었다.

【표 10.3.27】 교량 점검시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 점검시설	상태양호	-	-	-	-	-	- -	변동없음

4) 검토의견

- 교량 점검시설은 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으며, 점검자의 안전을 위해 지속적인 주의관찰이 요망된다.

파. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 “현장조사 결과 - 방호벽, 교량 점검시설”에 기입된 사항으로 대체하였다.

2) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 “현장조사 결과 - 교면포장”에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 “현장조사 결과 - 신축이음장치”에 기입된 사항으로 대체하였다.

4) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

하. 교량의 공중이용시설 유해·위험요인(10대) 위험요소 점검결과

1) 개요

- 공중이용시설의 중대시민재해 유발 가능성이 높은 유해·위험요소를 선정하여 집중관리 함으로써 국민의 안전을 도모한다.

【표 10.3.28】 공중이용시설 10대 위험요소

구분	유해·위험요인	비고
낙하물	① 교각 코핑 콘크리트 탈락 ② 중분대 하면 콘크리트 낙하 ③ 배수관 낙하사고 ④ 고드름 낙하사고	
화재	⑤ 주유소 및 충전소 화재사고	
교량접속부 파손	⑥ 신축이음장치 솟음(Blow-up)	
포장불량	⑦ 교면포장 부분보수부 파손	
배수시설 기능저하	⑧ 교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	
사면붕괴	⑨ 절토사면·옹벽 표면 손상	
콘크리트 열화	⑩ 터널 배수구 뚜껑파손	

2) 외관조사 결과

- 본 과업대상 시설물은 송정천(S3) 및 내리길(S5)을 횡단하는 교량이다.
- 중대시민재해를 유발할 수 있는 위험요소로 낙하물, 교량접속부 파손, 포장불량, 배수시설 기능저하 등 항목이 해당된다.
- 공중이용시설 10대 위험요소 중 교량에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 중대시민재해 사고가 우려되는 이상징후는 발견되지 않아 중대한 결함은 없는 것으로 조사되었다.
- 점검일 현재는 중대결함이 없는 비교적 양호한 상태이지만 향후, 소형결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방 차원의 보수·보강 등의 유지관리가 필요하다.

구분	유해·위험요인	점검결과	내용	보수방안	비고
1	교량 교각 코핑 콘크리트 탈락	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
2	중분대 하면 콘크리트 탈락	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
3	배수관 낙하사고	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
4	신축이음장치 솟음(Blow-up)	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
5	교면포장 부분 보수부 파손	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	
6	교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	☐ 유, ☒ 무	이상없음	—	

바닥판 종조인트 상태양호	
신축이음 상태양호	
교면포장 상태양호	교량 집수구 상태양호

【사진 10.3.28】 교량의 공중이용시설 10대 위험요소 손상현황

10.3.3 외관조사 총괄표

【표 10.3.29】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	균열 (0.3mm미만)	m	1.00	1	
	표면오염	m ²	1.48	5	
	파손	m ²	0.16	1	
거더	표면오염	m ²	20.25	10	
	파손	m ²	0.27	27	
	충분리, 들뜸	m ²	0.30	2	
가로보	상태양호	—	—	—	
교대	균열 (0.3mm미만)	m	12.80	10	
	백태	m ²	0.62	3	
	표면오염	m ²	3.00	5	
교각	균열 (0.3mm미만)	m	22.60	18	
	망상균열	m ²	28.51	10	
	파손, 굽힘	m ²	0.11	4	
	표면오염	m ²	82.40	8	
교량받침	Plate 부식	EA	39.00	39	
	스토퍼 밀착	EA	8.00	8	
	탄성패드 밀립	EA	10.00	10	
	탄성패드 이격	EA	5.00	5	
	몰탈균열 (0.3mm미만)	m	9.00	46	
	콘크리트 박락, 충분리, 재료분리	m ²	0.16	7	
	콘크리트 파손	m ²	0.01	1	
	잡철노출	m ²	0.20	12	
신축이음	후타재 균열	m	9.70	16	
	본체 부식	m ²	23.00	4	
	고무재 파손	m	0.50	1	
	하부 누수	m	3.00	1	
	유간 토사퇴적	m	1.00	1	
	차수판 마감불량	EA	1.00	1	
교면포장	아스콘 패임	m ²	0.06	1	
	시공이음 균열	m	315.00	9	
배수시설	유도배수관 주변 누수	EA	6.00	6	
	배수관 부식	EA	2.00	2	
	배수관 막힘	EA	1.00	1	
방호벽 및 중분대	균열 (0.3mm미만)	m	70.10	30	
	백태	m ²	0.06	3	
	파손	m ²	0.20	1	
교량 점검시설	상태양호	—	—	—	

10.3.4 전회차 손상물량 비교

【표 10.3.30】 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3mm미만)	m	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
	표면오염	m ²	1.60	7	1.48	5	▼ 0.12	일부보수
	파손	m ²	0.16	1	0.16	1	— —	변동없음
거더	균열(0.3mm미만)	m	0.50	1	—	—	▼ 0.50	손상변경
	표면오염	m ²	20.25	10	20.25	10	— —	변동없음
	파손	m ²	0.27	27	0.27	27	— —	변동없음
	충분리, 들뜸	m ²	—	—	0.30	2	▲ 0.30	신규손상
가로보	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음
교대	균열(0.3mm미만)	m	12.80	10	12.80	10	— —	변동없음
	백태	m ²	0.52	3	0.62	3	▲ 0.10	길이변경
	표면오염	m ²	3.00	5	3.00	5	— —	변동없음
	박락 및 철근노출	m ²	0.21	1	—	—	▼ 0.21	보수실시
교각	균열(0.3mm미만)	m	21.60	17	22.60	18	▲ 1.00	신규손상
	망상균열	m ²	43.51	11	28.51	10	▼ 15.00	물량변동
	파손, 굽힘	m ²	0.09	3	0.11	4	▲ 0.02	신규손상
	표면오염	m ²	82.40	8	82.40	8	— —	변동없음
교량 받침	Plate 부식	EA	33.00	33	39.00	39	▲ 6.00	신규손상
	스토퍼 밀착	EA	8.00	8	8.00	8	— —	변동없음
	탄성패드 밀림	EA	10.00	10	10.00	10	— —	변동없음
	탄성패드 이격	EA	5.00	5	5.00	5	— —	변동없음
	몰탈균열(0.3mm미만)	m	8.90	45	9.00	46	▲ 0.10	신규손상
	콘크리트 박락, 충분리, 재료분리	m ²	0.04	1	0.16	7	▲ 0.12	신규손상
	콘크리트 파손	m ²	—	—	0.01	1	▲ 0.01	신규손상
	잡철노출	m ²	0.72	38	0.20	12	▼ 0.52	보수실시

【표 10.3.30】 손상물량 비교표(계속)

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축 이음	후타재 균열	m	0.50	1	9.70	16	▲ 9.20	신규손상
	본체 부식	m ²	21.00	3	23.00	4	▲ 2.00	신규손상
	고무재 파손	m	—	—	0.50	1	▲ 0.50	신규손상
	하부 누수	m	3.00	1	3.00	1	— —	변동없음
	유간 토사퇴적	m	18.00	2	1.00	1	▼ 17.00	보수실시
	차수판 마감불량	EA	—	—	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
교면 포장	아스콘 패임	m ²	—	—	0.06	1	▲ 0.06	신규손상
	시공이음 균열	m	315.00	9	315.00	9	— —	변동없음
배수 시설	유도배수관 주변 누수	EA	10.00	10	6.00	6	▼ 4.00	일부보수
	배수관 부식	EA	2.00	2	2.00	2	— —	변동없음
	배수관 막힘	EA	1.00	1	1.00	1	— —	변동없음
방호벽 및 중분대	균열(0.3mm미만)	m	59.10	26	70.10	30	▲ 11.00	신규손상
	균열(0.3mm이상)	m	1.20	1	—	—	▼ 1.20	보수실시
	백태	m ²	0.04	1	0.06	3	▲ 0.02	신규손상
	파손	m ²	2.28	3	0.20	1	▼ 2.08	보수실시
점검 시설	상태양호	—	—	—	—	—	— —	변동없음

10.4 콘크리트 내구성 조사

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2024. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

10.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 10.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 50m 마다	• 50m 마다	7	7	8	8	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 3~6개소 ²⁾		2	1	2	2	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

대상 구조물에 대한 재료시험은 도로로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도로로 접근이 가능하지 못한 부위는 고소점검차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 콘크리트 강도시험은 외관상 양호한 부위와 건전부와의 비교·검토를 위하여 불량한 부위를 선정하여 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

10.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 16개소)을 실시하였으며, 측정결과는 표준편차와 변동계수가 적은 값으로 콘크리트 비파괴강도를 추정하는데 이용하였다.



【사진 10.4.2】 반발경도시험 현장사진

1) 비파괴강도 시험결과

【표 10.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	바닥판	55.3	32.9	31.1	0.63	27.0	건전부
	S2	바닥판	55.8	33.3	31.3			건전부
	S3	바닥판	57.4	34.6	32.1			건전부
	S4	바닥판	59.0	35.8	32.7			건전부
	S6	바닥판	56.8	34.1	31.8			건전부
	S7	바닥판	56.2	33.6	31.5			건전부
	S8	바닥판	56.7	34.0	31.7			건전부
평균			—	34.0	31.7	—	—	
표준편차			—	0.95	0.53	—	—	
변동계수			—	0.028	0.017	—	—	
최대값			—	35.8	32.7	—	—	
최소값			—	32.9	31.1	—	—	

【표 10.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	A1	교대	47.0	26.2	27.3	0.63	24.0	건전부
	A2	교대	45.9	25.3	26.8			건전부
평균			—	25.8	27.1	—	—	
표준편차			—	0.64	0.35	—	—	
변동계수			—	0.025	0.013	—	—	
최대값			—	26.2	27.3	—	—	
최소값			—	25.3	26.8	—	—	

【표 10.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	P1	교각	46.8	26.1	27.2	0.63	24.0	건전부
	P2	교각	45.3	24.9	26.6			건전부
	P4	교각	48.0	27.0	27.8			건전부
	P4	교각	46.1	25.5	26.9			비건전부
	P7	교각	45.5	25.0	26.7			건전부
	P8	교각	48.4	27.3	28.0			건전부
평균			—	26.0	27.2	—	—	
표준편차			—	0.74	0.42	—	—	
변동계수			—	0.028	0.016	—	—	
최대값			—	27.3	28.0	—	—	
최소값			—	24.9	26.6	—	—	

【표 10.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회					
바닥판	31.1	~ 32.7	27.0	31.7	115.2 ~ 121.1	
교대	26.8	~ 27.3	24.0	27.1	111.7 ~ 113.8	
교각	26.6	~ 28.0	24.0	27.2	110.8 ~ 116.7	

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 하면) 31.1~32.7MPa, 하부구조(교대) 26.8~27.3MPa, 하부구조(교각) 26.6~28.0MPa로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판 하면: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 24.0MPa)를 전반적으로 상회하여 콘크리트의 강도상태는 양호한 것으로 확인되었으며, 비건전부에서 측정한 콘크리트 강도가 건전부 대비 하부구조 96.0%로 큰 차이가 없어 콘크리트 강도상태가 양호한 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

2) 기 점검결과와의 비교

【표 10.4.6】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2023년 정밀안전점검	2025년 정밀안전점검	설계기준강도
반발경도법	바닥판	27.8 ~ 28.8	31.1 ~ 32.7	27.0
	교대	26.3 ~ 26.4	26.8 ~ 27.3	24.0
	교각	26.2 ~ 27.4	26.6 ~ 28.0	24.0
검토의견		■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계기준강도를 전반적으로 상회하므로 콘크리트의 강도상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.		

3) 반발경도 시험보고서

【표 10.4.7】 반발경도 시험보고서

반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 04. 15 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	내리천교(울산)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판 하면 : 27.0MPa, 교대 및 교각 : 24.0MPa
시험 위치의 표면 상태	건전부 : 균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거) 비건전부 : 균열, 박리 등이 있는 불량한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	10.9℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구 분	내 용
측정기의 종류	NR-Type(NR-10)
제품번호	28191
시험기기의 교정	한국산업기술시험원 교정(엔빌테스트 : 80 ± 2)
3. 시험 방법	
구 분	내 용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정 평균치의 $\pm 20\%$ 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
머린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.



【사진 10.4.3】 탄산화 깊이 측정 현장사진

1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 10.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	경과년수	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	평가등급	비 고
상부 구조	S1 바닥판	5.5	41.0	35.5	17	1.33	100년 이상	a	
	S6 바닥판	7.0	38.0	31.0	17	1.70	100년 이상	a	
하부 구조	P1 교각	7.0	89.0	82.0	17	1.70	100년 이상	a	
	P7 교각	6.0	98.0	92.0	17	1.46	100년 이상	a	

- 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 5.5 ~ 7.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 6.0 ~ 7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 10.4.9】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
상부구조	5.5~7.0	31.0~35.5	
하부구조	6.0~7.0	82.0~92.0	

2) 시설물 내구성 예측 서비스를 활용한 내구성 예측

국토안전관리원에서 시행하고 있는 시설물 내구성 예측 서비스를 활용하여 공용년수 증가에 따른 탄산화의 향후 추이를 예측해 보았다. 내리천교(울산)의 상하부 구조를 대상으로 내구성 예측 서비스를 활용하여 100년 후 탄산화 깊이 및 탄산화 속도계수를 예측하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

【표 10.4.10】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

상부구조 - 바닥판 S1	
실측 피복두께(mm)	41.0
탄산화 진행깊이(mm)	5.5
잔여깊이(mm)	35.5
탄산화 속도계수	1.33
공용년수	17년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급
a
(35.5)

A (탄산화 속도 계수)
1.33395
(mm/year0.5)

등급 산정 기준

등급	a	b	c	d
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

탄산화 등급
a
(31)

A (탄산화 속도 계수)
1.69775
(mm/year0.5)

등급 산정 기준

등급	a	b	c	d
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

【표 10.4.10】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교각 P1	
실측 피복두께(mm)	89.0
탄산화 진행깊이(mm)	7.0
잔여깊이(mm)	82.0
탄산화 속도계수	1.70
공용년수	17년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

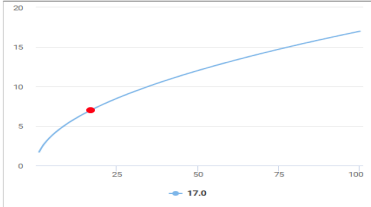
a
(82)

1.69775
(mm/year0.5)

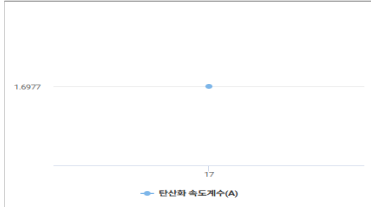
등급 산정 기준

등급	a	b	c	d
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

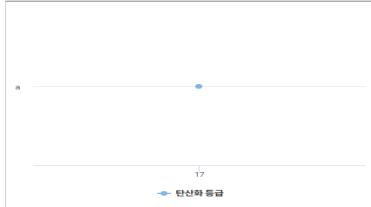
탄산화 깊이(Cx)



탄산화 속도계수(A)



탄산화 등급



하부구조 - 교각 P7	
실측 피복두께(mm)	98.0
탄산화 진행깊이(mm)	6.0
잔여깊이(mm)	92.0
탄산화 속도계수	1.46
공용년수	17년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

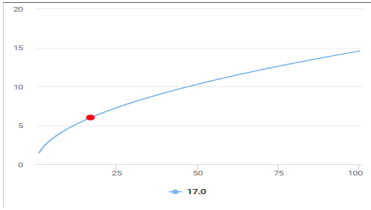
a
(92)

1.45521
(mm/year0.5)

등급 산정 기준

등급	a	b	c	d
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 30mm 미만	0mm 이상 10mm 미만	0mm 이하

탄산화 깊이(Cx)



탄산화 속도계수(A)



탄산화 등급



3) 기 점검결과와의 비교

【표 10.4.11】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2023년 정밀안전점검			2025년 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화깊이 (mm)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	
상부구조	4.7~6.8	32.3~37.2	a	5.5~7.0	31.0~35.5	a	
하부구조	5.8~8.2	59.2~94.8	a	6.0~7.0	82.0~92.0	a	
검토의견	■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 시험 위치에 따른 편차로 인해 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30mm 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

4) 시험보고서

【표 10.4.12】 탄산화 깊이 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2025년 04월 15일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	보고서 ‘콘크리트 강도시험’ 참조
연한 적자색 변색 유무	유

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 10.4.13】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면	31.1 ~ 32.7	27.0	■ 전반적으로 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	26.8 ~ 27.3	24.0	
		교각	26.6 ~ 28.0	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		31.0~35.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30mm이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		82.0~92.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 전반적으로 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

【표 10.4.14】 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고		
			2023년 정밀안전점검		2025년 정밀안전점검				
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면	27.8	~	28.8	31.1	~	32.7	■ 강도저하 없음
	하부구조	교대	26.3	~	26.4	26.8	~	27.3	
		교각	26.2	~	27.4	26.6	~	28.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조		32.3~37.2		a	31.0~35.5		a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		59.2~94.8		a	82.0~92.0		a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨								

10.5 상태평가

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단 편 -2024. 12.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

10.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

현장조사 및 시험결과에 의한 상태평가를 수행한 결과, 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 상태로서 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 ‘B등급’으로 산정되었다.

부재별 손상에 대한 상태평가 상세 내용은 ‘부록. 상태평가 결과 자료’에 수록하였다.

【표 10.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화	
													상부	하부
S1	A1	PSC Beam	a	a	a	b	a	b	b	c	b	q	a	—
S2	P1	PSC Beam	a	a	a	b	a	b	—	a	a	q	—	a
S3	P2	PSC Beam	a	a	a	b	b	b	—	a	b	q	—	—
S4	P3	PSC Beam	a	b	a	b	a	b	a	c	c	q	—	—
S5	P4	PSC Beam	b	a	a	b	a	b	—	b	c	q	—	—
S6	P5	PSC Beam	b	b	a	b	c	b	—	a	b	q	a	—
S7	P6	PSC Beam	b	b	a	b	c	b	c	b	d	q	—	—
S8	P7	PSC Beam	b	a	a	b	c	b	—	b	b	q	—	a
S9	P8	PSC Beam	b	a	a	b	a	b	—	b	b	q	—	—
	A2	PSC Beam							b	c	c	q		—
평균			0.156	0.133	0.100	0.200	0.211	0.200	0.225	0.230	0.300	—	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	20	—	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.028	0.027	0.005	0.014	0.006	0.004	0.020	0.021	0.060	—	0.004	0.003
													0.192	
													B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도지수}(0.192) < 0.260$

나. 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태인 “b”로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

② 도로포장

포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태 “b” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

③ 도로부 신축이음부

신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태인 “b”로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

다. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 10.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
내리천교(울산)	0.192	B	315.00	2	630.00	1.000	0.192
합계(Σ)			315.00	2	630.00	1.000	0.192
1. 평가지수 =							0.192
2. 상태평가결과 =							B

10.5.2 상태평가 결과요약

【표 10.5.3】 상태평가 결과 요약

구조물명	상태평가 결과		비고
	환산결함도점수	기준	
내리천교(울산)	0.192	B	
검토의견	• 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 “B” 로 평가됨		

10.5.3 기 점검 결과와의 비교

【표 10.5.4】 전회 정밀안전점검과 상태평가 결과 비교·분석

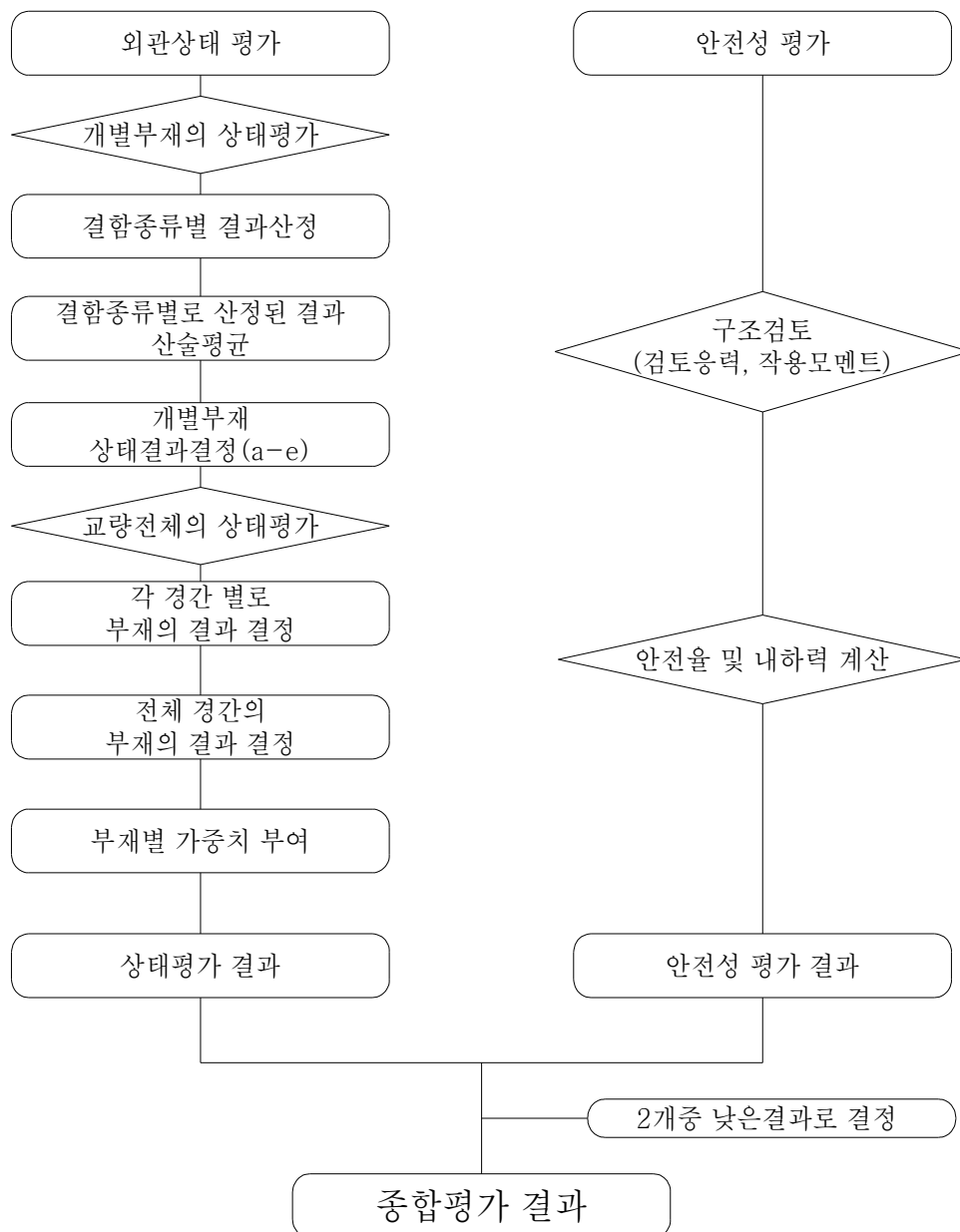
구 분	2023년 정밀안전점검	2025년 정밀안전점검
환산결함도 점수	0.209	0.192
상태평가결과	B	B
총 평	- 금회 상태평가 결과는 환산결함도 점수 0.192, 평가등급 “B” 로 산정되었다. - 전회(2023년) 정밀안전점검과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.209에서 0.192로 0.017 감소하였으며, 상태평가 등급은 “B” 로 동일하게 평가되었다. - 환산결함도 변동의 주요 원인은 금회 정밀안전점검에서 주요부재 및 보조부재에 일부 보수를 실시하여 전체 환산결함도 점수가 감소한 것으로 판단된다.	

10.6 종합평가 및 안전등급 지정

10.6.1 종합평가 결과 산정방법

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 10.6.1】 종합평가 결과 산정절차

10.6.2 종합평가 결과

본 과업에서는 안전성평가를 실시하지 않았으므로, 외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과를 검토하여 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 10.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
내리천교(울산)	0.192	B	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

10.6.3 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 시설물의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』인 “B등급” 으로 지정하였다.

【표 10.6.2】 안전등급 지정

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

10.7 보수·보강 및 유지관리방안

10.7.1 보수·보강 방안

【표 10.8.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	m	1.00	1	표면처리	3순위
	표면오염	m ²	1.48	5	표면처리	3순위
	파손	m ²	0.16	1	단면보수	2순위
거더	표면오염	m ²	20.25	10	표면처리	3순위
	파손	m ²	0.27	27	단면보수	2순위
	충분리, 들뜸	m ²	0.30	2	단면보수	2순위
교대	균열(0.3mm미만)	m	12.80	10	표면처리	3순위
	백태	m ²	0.62	3	표면처리	3순위
	표면오염	m ²	3.00	5	표면처리	3순위
교각	균열(0.3mm미만)	m	22.60	18	표면처리	3순위
	망상균열	m ²	28.51	10	표면처리	3순위
	파손, 굽힘	m ²	0.11	4	단면보수	2순위
	표면오염	m ²	82.40	8	표면처리	3순위
교량받침	Plate 부식	EA	39.00	39	재도장	3순위
	스토퍼 밀착	EA	8.00	8	주의관찰	—
	탄성패드 밀립	EA	10.00	10	주의관찰	—
	탄성패드 이격	EA	5.00	5	주의관찰	—
	몰탈균열(0.3mm미만)	m	9.00	46	표면처리	3순위
	박락, 충분리, 재료분리	m ²	0.16	7	단면보수	2순위
	콘크리트 파손	m ²	0.01	1	단면보수	2순위
신축이음	잡철노출	m ²	0.20	12	단면보수	2순위
	후타재 균열	m	9.70	16	주의관찰	—
	본체 부식	m ²	23.00	4	주의관찰	—
	고무재 파손	m	0.50	1	주의관찰	—
	하부 누수	m	3.00	1	주의관찰	—
	유간 토사퇴적	m	1.00	1	정비	3순위
	차수판 마감불량	EA	1.00	1	정비	3순위
교면포장	아스콘 패임	m ²	0.06	1	주의관찰	—
	시공이음 균열	m	315.00	9	주의관찰	—
배수시설	유도배수관 주변 누수	EA	6.00	6	정비	3순위
	배수관 부식	EA	2.00	2	주의관찰	—
	배수관 막힘	EA	1.00	1	정비	3순위
방호벽 및 충분대	균열(0.3mm미만)	m	70.10	30	표면처리	3순위
	백태	m ²	0.06	3	표면처리	3순위
	파손	m ²	0.20	1	단면보수	3순위

10.7.2 개략공사비

【표 10.8.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥면	균열(0.3mm미만)	표면처리	1.00	0.38	m ²	299	114	3순위
	표면오염	표면처리	1.48	2.22	m ²	299	664	3순위
	파손	단면보수	0.16	0.24	m ²	1,152	276	2순위
거더	표면오염	표면처리	20.25	30.38	m ²	299	9,084	3순위
	파손	단면보수	0.27	0.41	m ²	1,152	472	2순위
	층분리, 들뜸	단면보수	0.30	0.45	m ²	1,152	518	2순위
교대	균열(0.3mm미만)	표면처리	12.80	4.80	m ²	250	1,200	3순위
	백태	표면처리	0.62	0.93	m ²	250	233	3순위
	표면오염	표면처리	3.00	4.50	m ²	250	1,125	3순위
교각	균열(0.3mm미만)	표면처리	22.60	8.48	m ²	250	2,120	3순위
	망상균열	표면처리	28.51	42.77	m ²	250	10,693	3순위
	파손, 굽힘	단면보수	0.11	0.17	m ²	960	163	2순위
	표면오염	표면처리	82.40	123.60	m ²	250	30,900	3순위
교량받침	몰탈균열(0.3mm미만)	표면처리	9.00	3.38	m ²	250	845	3순위
	박락, 층분리, 재료분리	단면보수	0.16	0.24	m ²	960	230	2순위
	콘크리트 파손	단면보수	0.01	0.02	m ²	960	19	2순위
	잡철노출	단면보수	0.20	0.30	m ²	960	288	2순위
신축이음	유간 토사퇴적	정비	1.00	1.50	m	8	12	3순위
	차수판 마감불량	정비	1.00	1.00	EA	8	8	3순위
배수시설	유도배수관 주변 누수	정비	6.00	6.00	EA	128	768	3순위
	배수관 막힘	정비	1.00	1.00	EA	184	184	3순위
방호벽 및 중분대	균열(0.3mm미만)	표면처리	70.10	26.29	m ²	250	6,573	3순위
	백태	표면처리	0.06	0.09	m ²	250	23	3순위
	파손	단면보수	0.20	0.30	m ²	960	288	3순위
개략 공사비 (천원)	구분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	0		1,966		64,834		
	재경비 (순공사비의 50%)	0		983		32,417		
	합계	0		2,949		97,251		
개략공사비 총계(천원)		100,200						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

주3) 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

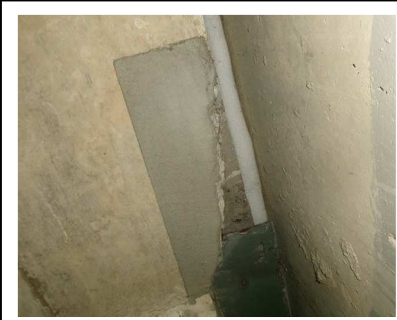
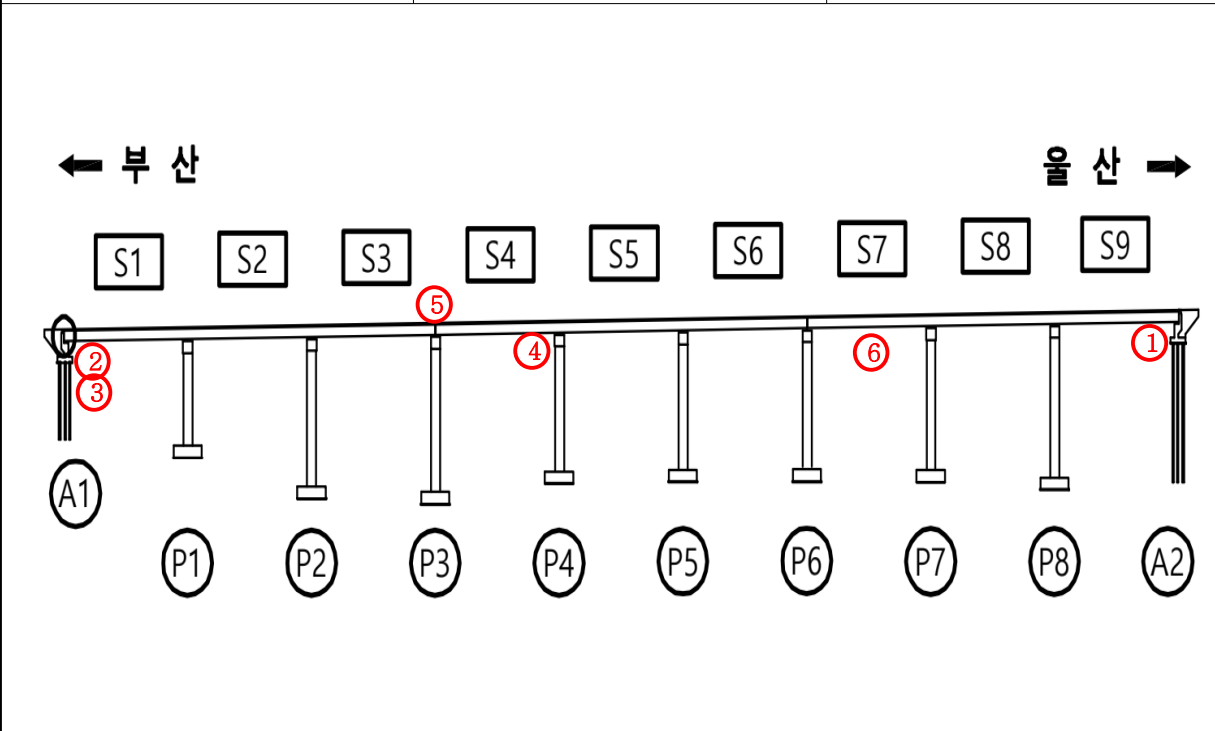
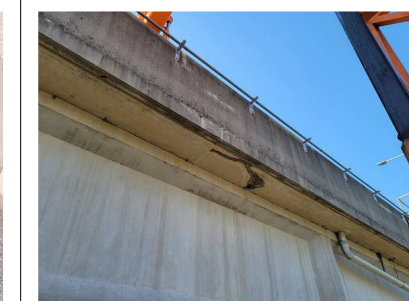
10.7.3 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 10.8.3】 중점유지관리 항목

부재구분	중 점 사 항
교면포장	• 교면포장 손상여부 점검(주행성 중심) • 기존 손상 진전 및 보수여부 확인
방호벽	• 방호벽 및 방음벽 손상여부 점검 • 기존 손상 진전 및 보수여부 확인
배수시설	• 배수구 막힘 여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전 및 보수여부 확인
바닥판	• 바닥판하면 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전 및 보수여부 확인
거더 및 가로보	• 거더 및 가로보 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전 및 보수여부 확인
교량받침	• 교량받침 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전 및 보수여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
신축이음장치	• 신축이음 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전 및 보수여부 확인 • 이동 여유량 지속적 관리
하부구조	• 하부구조 손상여부 점검(발생여부 점검) • 기존 손상 진전 및 보수여부 확인

◎ 부재별 중점점검 손상

		
① 바닥판하면 파손 - 진전 여부확인	② 거더 층분리 - 진전 여부확인	③ 교량받침 탄성패드 밀림 - 진전 여부확인
← 부 산 울 산 → 		
④ 교량받침 콘크리트 층분리 - 진전 여부확인	⑤ 신축이음 보넷 부식 - 진전 여부확인	⑥ 배수시설 유도배수관 주변누수 - 진전 여부확인
		

10.8 종합결론

본 시설물은 부산광역시 기장군 기장읍 내리 산137-4에 위치한 교량으로 총 연장 315.0m, 폭 12.2m의 PSC Beam Girder 교량으로, 2008년도에 준공되어 약 17년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

10.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판하면

- 바닥판하면에서 조사된 표면오염은 배수시설 유출부 처리미흡에 의해 우수가 흐른 흔적으로 발생한 것으로 판단되며, 현재 콘크리트 열화 등의 손상은 발생하지 않은 상태이다. 하지만 장기공용시 지속적인 우수접촉으로 인해 콘크리트에 단면손상 발생 가능성이 있으므로, 손상 원인(배수시설 유출부 처리미흡) 제거, 표면처리 등의 보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 파손은 외부충격으로 인한 손상으로 전회와 비교시 면보수가 되었으나, 측면에는 미 실시된 상태로 내구성 저하 방지차원에서 단면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 균열(0.3mm미만)의 경우, 시공초기 건조수축 및 장기공용, 온도변화 등의 원인에 의한 균열로 판단되며, 콘크리트 내구성 저하방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2) PSC Beam Girder

- 거더에서 조사된 표면오염은 배수시설 유출부 처리미흡에 의해 우수가 흐른 흔적으로 발생한 것으로 판단되며, 현재 콘크리트 열화 등의 손상은 발생하지 않은 상태이다. 하지만 장기공용시 지속적인 우수접촉으로 인해 콘크리트에 단면손상 발생 가능성이 있으므로, 손상 원인(배수시설 유출부 처리미흡) 제거, 표면처리 등의 보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 파손, 층분리, 들뜸의 경우, 인양홀 주변 및 거더와 교량받침이 만나는 단부에 발생하였고, 시공시 발생한 손상으로 판단되며, 손상 정도는 경미하나 공용기간 증가에 따른 우수접촉, 콘크리트 열화 등에 의해 단면손상의 증가가 발생할 수 있으므로, 단면보수를 통한 유지관리가 필요하다.

3) 가로보

- 가로보의 경우, 현재 양호한 상태로 점검되었다. 주기적인 점검을 실시하여 양호한 상태를 유지하는 관리가 필요하다.

4) 교대

- 교대에서 조사된 균열(0.3mm미만)의 경우, 시공초기 건조수축 및 장기공용, 온도변화, 우수유입 등의 원인에 의한 균열로 판단되며, 콘크리트 내구성 저하방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 백태, 표면오염의 경우, 신축이음부 및 종조인트부를 통한 교면수 유입에 의한 손상으로 현재 교대에 미치는 영향은 미미하나, 유지관리상 균열에 대한 보수시 일괄적으로 표면처리 보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

5) 교각

- 교각에서 조사된 균열(0.3mm미만), 망상균열의 경우 시공초기 건조수축 및 장기공용, 온도변화, 우수유입 등의 원인에 의한 균열로 판단되며, 콘크리트 내구성 저하방지를 위해 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 파손, 굽힘의 경우, 외부충격 및 시공초기 다짐미흡에 의한 손상으로 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 내구성 확보 차원의 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 표면오염의 경우, 신축이음부 및 종조인트부를 통한 교면수 유입에 의한 손상으로 현재 부재에 미치는 영향은 미미하나, 유지관리상 균열에 대한 보수시 일괄적으로 표면처리 보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

6) 기초

- 내리천교(울산)의 기초는 교대 A1,2는 PHC파일기초, 교각 P1~8은 직접기초로 시공된 것으로 검토되었으며, 현재 매립되어 있는 상태로 현장조사는 불가하다.

7) 교량받침

- 교량받침에 조사된 몰탈 균열(0.3mm미만)의 경우 건조수축 및 지속적인 우수접촉, 온도변화 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 시설물에 영향을 미치는 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

- 조사된 Plate 부식의 경우 공용기간 증가로 인한 도장미흡부 습기흡착, 신축이음 하부 누수로 인한 우수유입 등에 의한 손상으로 부재의 내구성 확보 차원의 재도장 등 적절한 보수조치를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 탄성패드 밀림, 탄성패드 이격, 스토퍼 밀착의 경우, 시공초기 거더 거치 및 바닥판 타설시 탄성패드 유동, 플레이트-탄성패드 마찰력부족 및 감소, 시공오차 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 금회 점검 시기에 상기 발생한 손상에 의한 교량받침의 기능성을 저해할만한 영향은 없는 것으로 확인되었으나 추후 손상의 진전(탄성패드 이탈)을 방지하기 위한 스토퍼 설치 등 탄성패드의 밀림 방지책 형식의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료되며, 스토퍼 간섭의 경우 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하고 손상의 진전시 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 받침콘크리트 파손, 박락, 재료분리의 경우, 공용중 외력 및 시공미흡에 의한 손상으로 단면 보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량 받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

8) 신축이음장치

- 신축이음에서 조사된 후타재 균열의 경우 시공시 다짐불량, 차량 통행하중 및 충격 등으로 인한 손상으로 판단되며, 손상의 정도가 차량의 주행성에 영향을 미치는 상태는 아니므로 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시한 후 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 본체부식, 고무재 파손, 하부 누수의 경우 유간 토사퇴적으로 인한 포장부 배수미흡, 공용기간 증가에 의한 도장재 품질 저하, 외기영향 등에 의한 손상으로 주의관찰을 실시하고, 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 차수판 마감불량, 유간 토사퇴적의 경우 공용기간 증가, 차량의 반복통행 진동 등 복합적인 원인에 의한 손상으로 신축이음장치의 기능성 확보 및 원활한 배수 기능을 위한 정비 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음장치 유간에 대하여 수축 및 신장 여유량 검토를 실시하였고, 측정일 온도는 10.9℃(04월 15일)로써 이때 신축 여유량은 충분한 것으로 검토되어 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

9) 교면포장

- 교면포장에서 조사된 아스콘 패임의 경우 공용중 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 현재 차량의 주행성에 영향을 미치는 손상은 아니므로, 주의관찰을 실시하고 손상의 진전시 일괄보수를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 시공이음 균열은 교면포장 시공시 발생할 수밖에 없는 손상으로 전회와 비교시 진전은 미미한 상태이다. 상기 손상은 주의관찰을 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

10) 배수시설

- 배수시설에서 조사된 유도배수관 주변 누수는 교량내부 침투수를 배출하기 위해 설치된 유공관의 유출구에서 처리미흡에 의해 발생한 손상으로, 장기공용시 콘크리트 캔틸레버의 열화를 발생시킬 가능성이 있으므로, 정비가 필요한 상태이다.
- 배수관 부식의 경우, 장기공용 및 사단의 유공관에서 흘러나온 우수에 의한 부식으로 판단되며, 전회와 비교시 진전이 미미한 상태로, 주의관찰을 실시하고, 유공관 유출구 보수시 일괄적으로 정비를 실시하는 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 배수관 막힘은 상부 교면에서부터 내려온 토사 및 이물질 등이 퇴적되어 발생한 손상으로 정비가 요망된다.

11) 난간 및 연석(방호벽 및 중분대)

- 방호벽에서 조사된 균열(0.3mm미만), 백태의 경우 건조수축 및 온도변화, 손상부 우수유입, 외기노출 등의 원인에 의한 손상으로 시설물에 구조적인 영향을 미치는 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 접속부 방호벽에 조사된 파손은 접속부 침하에 의한 손상으로, 단면보수를 실시하는 유지관리가 필요하다.

12) 교량 점검시설

- 교량 점검시설은 전반적으로 양호한 상태로 확인되었으며, 점검자의 안전을 위해 지속적인 주의관찰이 요망된다.

13) 공중이 이용하는 부위

- 공중이 이용하는 부위중 추락방지시설은 방호벽, 도로포장, 도로부 신축이음부는 본문의 교면포장, 신축이음장치에 기입된 내용으로 대체하였으며, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

14) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 하면) 31.1~32.7MPa, 하부구조(교대) 26.8~27.3MPa, 하부구조(교각) 26.6~28.0MPa로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판 하면: 27.0MPa, 교대: 24.0MPa, 교각: 24.0MPa)를 전반적으로 상회하여 콘크리트의 강도상태는 양호한 것으로 확인되었으며, 비건전부에서 측정한 콘크리트 강도가 건전부 대비 하부구조 96.0%로 큰 차이가 없어 콘크리트 강도상태가 양호한 것으로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 5.5 ~ 7.0mm, 하부구조 탄산화깊이는 6.0 ~ 7.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 30mm이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 내리천교(울산)의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.
- 전회(2023년) 정밀안전점검과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.209에서 0.192로 0.017 감소하였으며, 상태평가 등급은 “B” 로 동일하게 평가되었다.
- 환산결함도 변동의 주요 원인은 금회 정밀안전점검에서 주요부재 및 보조부재에 일부 보수를 실시하여 전체 환산결함도 점수가 감소한 것으로 판단된다.

다. 결론

- 금회 정밀안전점검 결과를 바탕으로 내리천교(울산)에 발생한 손상의 진전을 방지하고 보수를 통한 구조물의 내구성 확보를 위한 적절한 조치가 필요하다.
- 이상과 같이 자료조사, 외관조사, 내구성 조사 등의 결과를 분석하여 평가된 구조물의 상태평가 결과를 종합적으로 평가한 안전등급은 「기능 발휘에는 지장이 없으나 경미한 손상, 결함, 열화 등이 발생하여 내구성 증진을 위해 부분적으로 보수가 필요한 상태」인 「B」 등급으로 평가되었다. 구조적인 손상 및 결함은 없는 것으로 판단되어 별도의 정밀안전진단은 필요 없을 것으로 판단되며, 본 보고서에 제시된 방안으로 보수를 시행하고 지속적인 유지관리를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 사료된다.

10.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 국부적으로 손상이 발생하였으나 시설물의 전반적인 안전성 및 기능성에는 특별한 문제가 없는 상태로서 주기적인 점검을 통한 관리를 시행한다면 대상시설물의 사용성은 확보될 수 있을 것으로 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

10.8.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 상부구조 바닥판하면 파손, 거더 충분리, 하부구조 균열, 교량받침 탄성패드 밀림은 주기적인 점검을 실시하는 유지관리가 필요하다.

10.8.4 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.