2023년 부산울산고속도로 구조물 정밀안전진단 용역

정밀안전진단 종합보고서

[회야대교(울산,부산)]

2023. 12.

부 산 울 산 고 속 도 로(주)

백 양 엔 지 니 어 링(주)

2023년 부산울산고속도로 구조물 정밀안전진단 용역

회야대교 (울산,부산)

종합보고서

2023. 12

부산울산고속도로(주)

2023년 부산울산고속도로 구조물 정밀안전진단 용역

정밀안전진단 종합보고서

[회야대교(울산,부산)]

2023. 12.

부 산 울 산 고 속 도 로(주)

백 양 엔 지 니 어 링(주)

제 출 문

부산울산고속도로(주) 대표이사 귀하

귀 사와 2023년 02월 21일자로 계약 체결한 “2023년 부산울산고속도로 구조물 정밀안전진단 용역” 중 “회야대교(울산, 부산)” 정밀안전진단을 성실히 수행하고 그 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2023년 12월

주 소 : 서울특별시 송파구 충민로 10, 8층 제8-에스25호
상 호 : 백 양 엔 지 니 어 링 (주)
대 표 자 : 김 일 곤 (인)

회야대교(울산) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황

용 역 명	2023년 부산울산고속도로 구조물 정밀안전진단 용역	진단기간	2023. 02. 21 ~ 2021. 12. 26		
관리주체명	부산울산고속도로 주식회사	대 표 자	김 기 환		
공동수급	백양엔지니어링(주)	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2008년 12월 31일	진단금액 (천원)	97,689	안전등급	B
시설물 위치	울산광역시 울주군 청량면 (부산울산선 35.6km)	시설물 규모	L=1020.0m, B=15.7m		

나. 진단 실시결과 현황

중대결함	■ 없음
진 단 주요결과	■ 바닥판 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 망상균열, 백태, 재료분리 ■ PSC Box 거더 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 망상균열, 박락, 박리 등 ■ 격벽 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 망상균열, 출입문 파손 ■ PSC Beam 거더 망상균열, 재료분리 ■ 가로보 박락, 들뜸, 철근노출 ■ 교대/교각 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 백태, 철근노출 등 ■ 교량받침 플레이트 부식, 받침콘크리트 박리, 파손 받침 몰탈 균열, 박리 ■ 신축이음 후타재 균열, 망상균열, 파손, 유간 토사퇴적 등 ■ 교면포장 LMC포장균열, 망상균열 ■ 배수시설 배수관 위치불량, 배수관 파손, 배수관 탈락 등 ■ 난간 및 연석 균열(Cw=0.3㎜미만). 망상균열, 백태, 파손, 철근노출 등
주 요 보수·보강	■ 표면보수, 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청), 청소, 물받이 설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임기술자	오현승	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
분야별책임기술자	정정식	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
분야별책임기술자	엄남호	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
분야별참여기술자	반대우	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
분야별참여기술자	김동영	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	임명재	2023.02.21. ~ 2023.08.06.	토목중급기술자
참여기술자	최재범	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	조범균	2023.02.21. ~ 2023.04.11.	토목초급기술자
참여기술자	김기덕	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	조준영	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	이현진	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	양홍용	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자

다. 책임(참여)기술자 현황(계속)

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
참여기술자	최길림	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	이형준	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	안영재	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	박근우	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목중급기술자
참여기술자	서동민	2023.02.21. ~ 2023.03.31.	토목초급기술자
참여기술자	이희철	2023.03.16. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	정성환	2023.03.16. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	김대인	2023.04.25. ~ 2023.10.19.	토목특급기술자
참여기술자	손범수	2023.04.25. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	김보헌	2023.08.07. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	박의수	2023.10.20. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자

라. 참고사항

■ 차기 점검·진단 시 중점 점검부위
- 신축이음부 하부 누수 확인
- 교각 균열(Cw=0.3㎜이상) 진행 여부 확인

■ 보수·보강 필요여부 판단을 위한 정밀안전진단 실시여부 : 없음

■ 중대결함이 있는 경우 후속조치 : 없음

회야대교(울산) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견

■ 회야대교(울산)의 상태평가결과, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B(0.218)”로 산정되었다.

■ 회야대교(울산)의 주요 손상으로 상부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태, 재료분리 등이 조사되었고, 균열 손상에 대해서는 표면보수가 필요한 것으로 판단된다.
하부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 단면손상(파손, 보수부 들뜸 등), 철근노출 이 조사되었고, 조사된 손상에 대해서는 표면보수, 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청) 등이 필요한 것으로 판단된다.
교량받침의 온도변화에 따른 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.
포장균열, 포장 망상균열은 주의관찰을 실시하며, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시하고, 배수구막힘, 탈락 등은 재설치가 요구된다.
공용중 유지보수를 실시하고 있으나, 국부적인 추가손상이 확인되고 있는 것으로 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보를 위해서는 손상의 진전여부, 추가손상 발생여부 확인 등의 중점관리가 요구된다.

■ 구조검토를 통한 안전성 검토결과, 상부구조(거더 및 바닥판) 및 하부구조(교대 및 교각)은 최소안전율이 1.0이상으로 나타나 안전성을 확보하고 있으며, 내하율도 1.0이상으로 설계하중 DB(DL)-24이상의 내하력을 보유하고 있는 상태로 평가되었다.

■ 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

책임기술자 : 오 현 승 (서명)

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수보강(안)
상부구조	바닥판	a~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태 - 균열(Cw=0.3㎜이상) - 재료분리	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수
	거더(PSC Box)	b~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태 - 균열(Cw=0.3㎜이상) - 박락(외부), 박리, 파손	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수+탄산화방지제도포
	거더(PSC Beam)	a~b	- 망상균열 - 재료분리	- 표면보수 - 단면보수+탄산화방지제도포
	격벽	b~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열 - 균열(Cw=0.3㎜이상)	- 표면보수 - 주입보수
	가로보	b~c	- 박락, 들뜸 - 철근노출	- 단면보수 - 단면보수(방청)
하부구조		b~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태 - 균열(Cw=0.3㎜이상) - 박락, 보수부 들뜸 - 철근노출	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수+탄산화방지제도포 - 단면보수(방청)
교량받침		a~b	- 플레이트 부식 - 받침콘크리트 균열, 몰탈 균열 - 받침콘크리트 박리, 파손, 몰탈 박리	- 재도장 - 표면보수 - 단면보수
기타부재	신축이음장치	b~c	- 후타재 균열, 망상균열 - 후타재 파손 - 유간토사퇴적 - 너트 및 볼트 탈락	- 주의관찰 - 주의관찰 - 청소 - 재체결
	교면포장	a~b	- LMC포장 균열, 망상균열	- 주의관찰
	배수시설	a~c	- 배수관 탈락, 파손, 위치불량 - 지지대 파손, 볼트풀림	- 재설치 - 주의관찰
	난간 및 연석(방호벽)	a~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열 - 백태, 긁힘, 파손 - 박락 - 철근노출	- 표면보수 - 주의관찰 - 단면보수 - 단면보수(방청)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
콘크리트	바닥판	강도설계법	최소 안전율 1.300으로 양호	1.0이상	A
	거더	강도설계법	최소 안전율 1.041으로 양호	1.0이상	
교대		강도설계법	최소 안전율 1.277으로 양호	1.0이상	
교각		강도설계법	최소 안전율 1.280으로 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

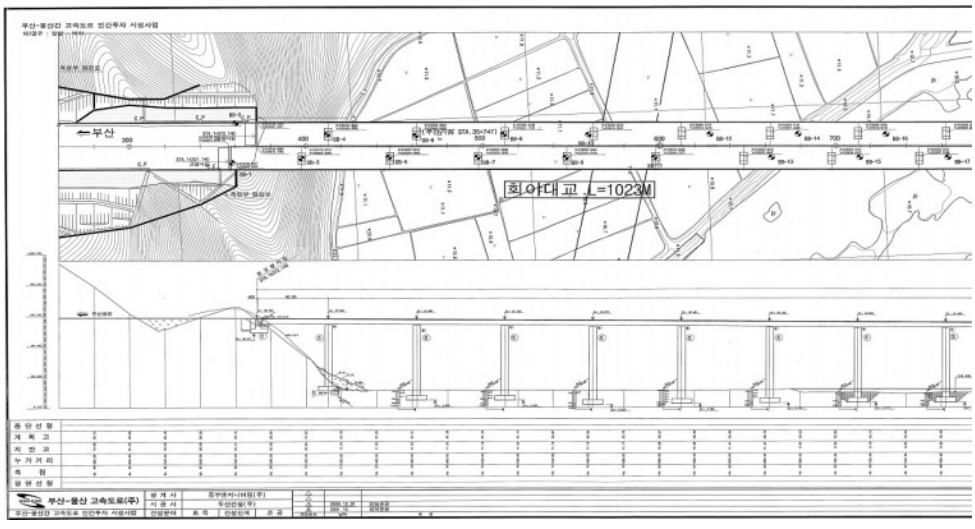
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
교각	적용	반영	-설계 당시 내진 설계 반영

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시 험 명</th><th colspan="3">시험부위</th><th colspan="2">시험결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td rowspan="10">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td>28.2～28.6
(PSC Beam)</td><td>43.5～44.9
(PSC Box)</td><td rowspan="10">•설계기준강도대비 100% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
•건전부대비 비건전부의 측정강도가 95%를 상회하여 콘크리트의 표면 품질저하는 경미한 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>43.6～44.2
(PSC Beam)</td><td>43.8～44.8
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td>30.9～31.4
(PSC Beam)</td><td>62.8～69.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td>거더</td><td>64.0～65.1
(PSC Beam)</td><td>62.8～69.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td>교대</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td colspan="2">26.6～27.7</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">25.9～28.6</td></tr>
<tr><td>교대</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td colspan="2">29.2～30.4</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">28.7～31.9</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="3">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="9">•전반적으로 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께 및 배근간격은 일부구간 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>100～136</td><td>50～59</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100～179</td><td>49～57</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>170～226</td><td>50～57</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～157</td><td>49～56</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>255～285</td><td>100～112</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>143～177</td><td>98～107</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>85～120</td><td>100～115</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>254～330</td><td>99～105</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">41.1～43.5</td><td rowspan="2">•전 개소 ‘a등급’으로 분석되어, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">91.7～93.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">0.427</td><td rowspan="2">•상태평가 기준 “a～b”로서, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">0.253～0.323</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="6">•비파괴강도 측정결과, 전 개소의 측정값이 설계기준강도를 상회하는 것으로 나타났으며, 건전부 대비 비건전부의 측정압축강도가 95%를 상회하여 본 구조물의 콘크리트 품질은 양호한 것으로 판단됨.
•탄산화 깊이 측정결과, 전개소에서 상태평가 “a”로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨.
•염화물함유량 시험결과 상부구조 1개소, 하부구조 2개소에서 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

회야대교(울산) 현황표

작성일 : 2023년 12월 26일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		회야대교(울산)	시설물번호		BR2008-0001012
준공년월		2008년 12월 31일	관리번호		-
시설물위치		울산광역시 울주군 청량면			
설계하중		DB-24 / DL-24	노선명(이정)		부산울산선(35.6㎞)
제원	연장	L = 1,020.0m (40.0 + 17 @ 50.0 + 40.0 + 3 @ 30.0)			
	폭	B=15.7m(유효폭:11.0m)(편도 3차선)			
구조형식	상 부	PSC Box PSC Girder	기초형식	교대	직접기초
	하 부	교대:역T형 교각:문형, Ⅱ형		교각	직접기초
교량받침		포트받침, 납면진받침	신축이음		A1 : 스틸 핑거 조인트 P19, A2 : 레일 조인트
교차시설물		회야강	통과높이		43.0m
설 계 사		동부엔지니어링	시 공 사		두산중공업(주)
내진설계유무		유	관리주체		부산울산고속도로(주)
부착시설내용		점검로			
기 타					

회야대교(부산) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황

용 역 명	2023년 부산울산고속도로 구조물 정밀안전진단 용역	진단기간	2023. 02. 21 ~ 2021. 12. 26		
관리주체명	부산울산고속도로 주식회사	대 표 자	김 기 환		
공동수급	백양엔지니어링(주)	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2008년 12월 31일	진단금액 (천원)	98,647	안전등급	B
시설물 위치	울산광역시 울주군 청량면 (부산울산선 35.6km)	시설물 규모	L=1030.0m, B=15.7m		

나. 진단 실시결과 현황

중대결함	■ 없음
진 단 주요결과	■ 바닥판 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태, 파손 등 ■ PSC Box 거더 균열(Cw=0.3㎜미만), 파손, 보수부 박락, 보수부 박리 등 ■ 격벽 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 망상균열 ■ PSC Beam 거더 재료분리 ■ 가로보 박락, 들뜸 ■ 교대/교각 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 백태, 철근노출 등 ■ 교량받침 플레이트 부식, 도장박리, 받침 콘크리트 박락, 파손 등 ■ 신축이음 후타재 망상균열, 마모, 박락, 유간 토사퇴적, 차수판 볼트 탈락 등 ■ 교면포장 LMC포장균열, 망상균열, 박락, 파손 ■ 배수시설 배수관 연결부 누수, 배수관 연결부 이격, 배수관 탈락 등 ■ 난간 및 연석 균열(Cw=0.3㎜미만). 균열(Cw=0.3㎜이상), 공동, 방음판 변형
주 요 보수·보강	■ 표면보수, 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청), 재도장, 물받이 설치 등

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업책임기술자	오현승	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
분야별책임기술자	정정식	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
분야별책임기술자	엄남호	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
분야별참여기술자	반대우	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
분야별참여기술자	김동영	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	임명재	2023.02.21. ~ 2023.08.06.	토목중급기술자
참여기술자	최재범	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	조범균	2023.02.21. ~ 2023.04.11.	토목초급기술자
참여기술자	김기덕	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	조준영	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	이현진	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	양홍용	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자

다. 책임(참여)기술자 현황(계속)

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
참여기술자	최길림	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	이형준	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	안영재	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	박근우	2023.02.21. ~ 2023.12.26.	토목중급기술자
참여기술자	서동민	2023.02.21. ~ 2023.03.31.	토목초급기술자
참여기술자	이희철	2023.03.16. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	정성환	2023.03.16. ~ 2023.12.26.	토목초급기술자
참여기술자	김대인	2023.04.25. ~ 2023.10.19.	토목특급기술자
참여기술자	손범수	2023.04.25. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	김보헌	2023.08.07. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자
참여기술자	박의수	2023.10.20. ~ 2023.12.26.	토목특급기술자

라. 참고사항

■ 차기 점검·진단 시 중점 점검부위
- 신축이음부 하부 누수 확인
- 교각 균열(Cw=0.3㎜이상) 진행 여부 확인

■ 보수·보강 필요여부 판단을 위한 정밀안전진단 실시여부 : 없음

■ 중대결함이 있는 경우 후속조치 : 없음

회야대교(부산) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견

■ 회야대교(부산)의 상태평가결과, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B(0.225)”로 산정되었다.

■ 회야대교(부산)의 주요 손상으로 상부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태 등이 조사되었고, 균열손상에 대해서는 표면보수가 필요한 것으로 판단된다.

하부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 단면손상(박락, 박리 등)이 조사되었고, 조사된 손상에 대해서는 표면보수, 주입보수, 단면보수 등이 필요한 것으로 판단된다.

교량받침의 온도변화에 따른 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

포장균열, 포장 망상균열은 주의관찰을 실시하며, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시하고, 배수구막힘, 막힘 등은 재설치 및 청소가 요구된다.

공용중 유지보수를 실시하고 있으나, 국부적인 추가손상이 확인되고 있는 것으로 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보를 위해서는 손상의 진전여부, 추가손상 발생여부 확인 등의 중점관리가 요구된다.

■ 구조검토를 통한 안전성 검토결과, 상부구조(거더 및 바닥판) 및 하부구조(교대 및 교각)은 최소안전율이 1.0이상으로 나타나 안전성을 확보하고 있으며, 내하율도 1.0이상으로 설계하중 DB(DL)-24이상의 내하력을 보유하고 있는 상태로 평가되었다.

■ 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

책임기술자 : 오 현 승 (서명)

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수보강(안)
상부구조	바닥판	a~b	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태 - 파손 - 거푸집 미제거	- 표면보수 - 단면보수+탄산화방지제도포 - 주의관찰
	거더(PSC Box)	b~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열 - 보수부 박락, 보수부 박리 - 파손 - 마감불량	- 표면보수 - 표면보수 - 단면보수+탄산화방지제도포 - 주의관찰
	거더(PSC Beam)	a~b	- 재료분리	- 단면보수+탄산화방지제도포
	격벽	a~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열 - 균열(Cw=0.3㎜이상)	- 표면보수 - 주입보수
	가로보	a~b	- 박락, 들뜸	- 단면보수
하부구조		b~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태, 망상균열 - 균열(Cw=0.3㎜이상) - 철근노출 - 들뜸, 마감불량, 박리, 보수부 박락 - 표면오염, 긁힘	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수(방청) - 표면보수 - 주의관찰
교량받침		a~c	- 플레이트 부식, 도장박리 - 균열, 망상균열 - 파손, 박락, 재료분리	- 재도장 - 표면보수, 주입보수 - 단면보수
기타부재	신축이음장치	b~c	- 후타재 망상균열, 마모 - 후타재 박락 - 유간토사퇴적 - 차수판 볼트탈락, 설치불량	- 주의관찰 - 단면보수 - 청소 - 주의관찰
	교면포장	a~c	- LMC포장 균열, 망상균열, 박락 - 파손	- 주의관찰 - 단면보수
	배수시설	a~c	- 배수관 연결부 누수, 탈락 - 배수구 막힘 - 배수관 연결부 용접불량, 이격	- 재설치 - 청소 - 실링처리
	난간 및 연석(방호벽)	a~c	- 균열(Cw=0.3㎜미만) - 균열(Cw=0.3㎜이상) - 공동, 박락 - 철근노출 - 파손(긁힘), 방음판 변형	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수 - 단면보수(방청) - 주의관찰

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
콘크리트	바닥판	강도설계법	최소 안전율 1.300으로 양호	1.0이상	A
	거더	강도설계법	최소 안전율 1.041으로 양호	1.0이상	
교대		강도설계법	최소 안전율 1.352으로 양호	1.0이상	
교각		강도설계법	최소 안전율 1.280으로 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

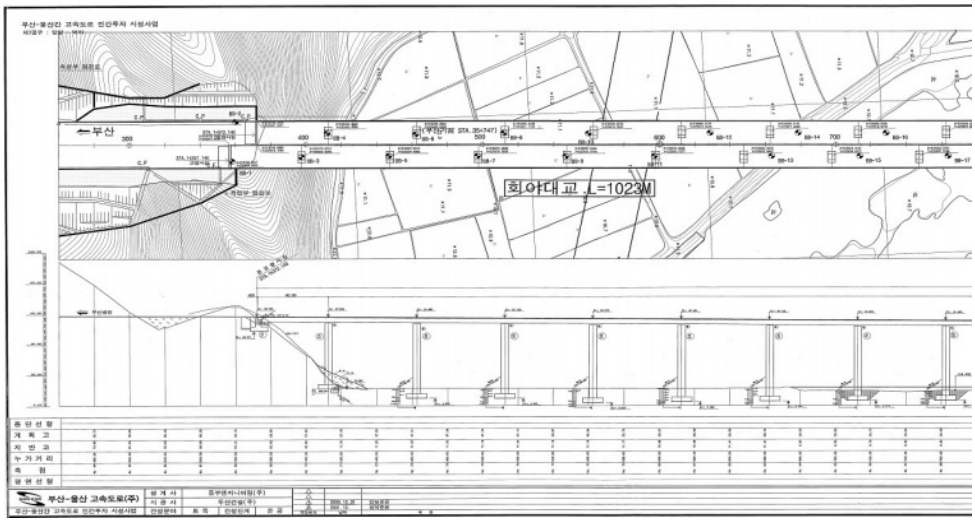
검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
교각	적용	반영	-설계 당시 내진 설계 반영

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

<table>
<tr><th>시 험 명</th><th colspan="3">시험부위</th><th colspan="2">시험결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td rowspan="10">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td>27.6～28.0
(PSC Beam)</td><td>44.3～45.2
(PSC Box)</td><td rowspan="10">•설계기준강도대비 100% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
•건전부대비 비건전부의 측정강도가 95%를 상회하여 콘크리트의 표면 품질저하는 경미한 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>44.2～46.1
(PSC Beam)</td><td>44.7～46.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td>30.6～30.9
(PSC Beam)</td><td>62.7～68.8
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td>거더</td><td>62.2～63.3
(PSC Beam)</td><td>62.7～80.3
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td>교대</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td colspan="2">27.4～28.5</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">29.0～30.7</td></tr>
<tr><td>교대</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td colspan="2">33.5～35.4</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">30.9～39.0</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="3">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="9">•전반적으로 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께 및 배근간격은 일부구간 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>104～150</td><td>49～78</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100～199</td><td>49～55</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>166～231</td><td>50～104</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>88～176</td><td>48～56</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>225～250</td><td>99～106</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>116～159</td><td>100～103</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>80～150</td><td>99～110</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>241～378</td><td>97～140</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">40.1～43.6</td><td rowspan="2">•전 개소 ‘a등급’으로 분석되어, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">90.5～92.6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">0.346</td><td rowspan="2">•상태평가 기준 “a～b”로서, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">0.264～0.882</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="6">•비파괴강도 측정결과, 전 개소의 측정값이 설계기준강도를 상회하는 것으로 나타났으며, 건전부 대비 비건전부의 측정압축강도가 95%를 상회하여 본 구조물의 콘크리트 품질은 양호한 것으로 판단됨.
•탄산화 깊이 측정결과, 전개소에서 상태평가 “a”로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨.
•염화물함유량 시험결과 상부구조 1개소, 하부구조 2개소에서 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

회야대교(부산) 현황표

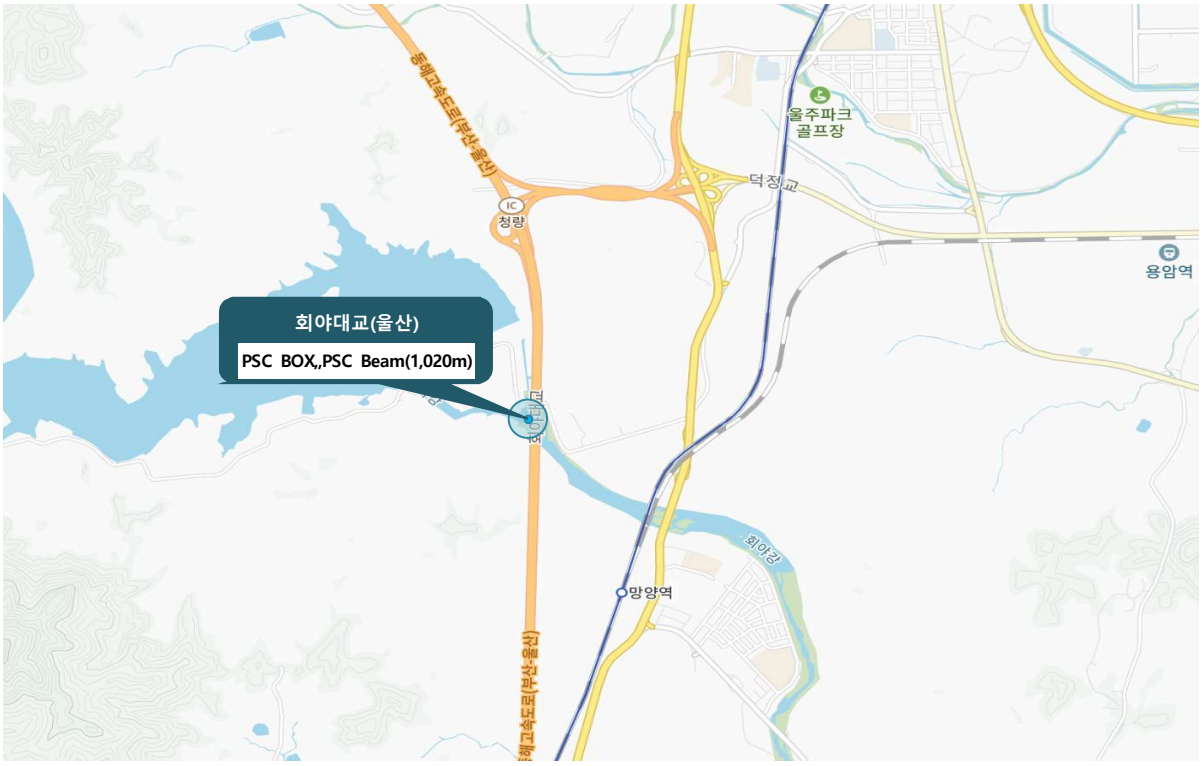
작성일 : 2023년 12월 26일

구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		회야대교(부산)	**시설물번호**		BR2008-0001011
준공년월		2008년 12월 31일	**관리번호**		-
시설물위치		울산광역시 울주군 청량면			
설계하중		DB-24 / DL-24	**노선명(이정)**		부산울산선(35.6㎞)
제원	**연장**	L = 1,030.0m (45.0 + 17 @ 50.0 + 45.0 + 3 @ 30.0)			
	폭	B=15.7m(유효폭:11.0m)(편도 3차선)			
구조형식	**상 부**	PSC Box PSC Girder	**기초형식**	**교대**	직접기초
	하 부	교대:역T형 교각:문형, Ⅱ형		**교각**	직접기초
교량받침		포트받침, 납면진받침	**신축이음**		A1 : 스틸 핑거 조인트 P19 : 레일 조인트 A2 : 모노셀 조인트
교차시설물		회야강	**통과높이**		43.0m
설 계 사		동부엔지니어링	**시 공 사**		두산중공업(주)
내진설계유무		유	**관리주체**		부산울산고속도로(주)
부착시설내용		점검로			
기 타					

정밀안전진단 참여기술진(1)

구 분	소 속	직 위	성 명	참여기간	서 명
책임기술자	백양엔지니어링(주)	이사	오현승	2023.02.21.~12.26.(309일)	오현승
분야별 책임기술자	백양엔지니어링(주)	대리	정정식	2023.02.21.~12.26.(309일)	정정식
	백양엔지니어링(주)	대리	엄남호	2023.02.21.~12.26.(309일)	엄남호
분야별 참여기술자	백양엔지니어링(주)	과장	반대우	2023.02.21.~12.26.(309일)	반대우
	백양엔지니어링(주)	대리	김동영	2023.02.21.~12.26.(309일)	김동영
참여기술자	백양엔지니어링(주)	부장	임명재	2023.02.21.~08.06.(167일)	
	백양엔지니어링(주)	과장	최재범	2023.02.21.~12.26.(309일)	
	백양엔지니어링(주)	주임	조범균	2023.02.21.~04.11.(50일)	조범균
	백양엔지니어링(주)	주임	김기덕	2023.02.21.~12.26.(309일)	김기덕
	백양엔지니어링(주)	사원	조준영	2023.02.21.~12.26.(309일)	조준영
	백양엔지니어링(주)	사원	이현진	2023.02.21.~12.26.(309일)	이현진
	백양엔지니어링(주)	부사장	양홍용	2023.02.21.~12.26.(309일)	양홍용
	백양엔지니어링(주)	부사장	최길림	2023.02.21.~12.26.(309일)	
	백양엔지니어링(주)	부사장	이형준	2023.02.21.~12.26.(309일)	이형준
	백양엔지니어링(주)	대리	안영재	2023.02.21.~12.26.(309일)	안영재
	백양엔지니어링(주)	전무	박근우	2023.02.21.~12.26.(309일)	
	백양엔지니어링(주)	부장	서동민	2023.02.21.~03.31.(39일)	서동민
	백양엔지니어링(주)	부장	이희철	2023.03.16.~12.26.(286일)	
	백양엔지니어링(주)	과장	정성환	2023.03.16.~12.26.(286일)	정성환
	백양엔지니어링(주)	부사장	김대인	2023.04.25.~10.19.(178일)	
	백양엔지니어링(주)	부사장	손범수	2023.04.25.~12.26.(246일)	손범수
	백양엔지니어링(주)	부사장	김보헌	2023.08.07.~12.26.(142일)	김보헌
	백양엔지니어링(주)	이사	박의수	2023.10.20.~12.26.(68일)	박의수

시설물의 위치도





○ 시설물 위치 : 울산광역시 울주군 청량면 (부산울산선 35.6㎞)

시설물의 전경사진(1)



상부전경



측면전경

시설물의 전경사진(2)



바닥판 전경



PSC Box 거더 전경

시설물의 전경사진(3)



PSC Beam 거더 전경



가로보 전경

시설물의 전경사진(4)



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

시설물의 전경사진(5)



교각 전경(P2)



교각 전경(P20)

시설물의 전경사진(6)

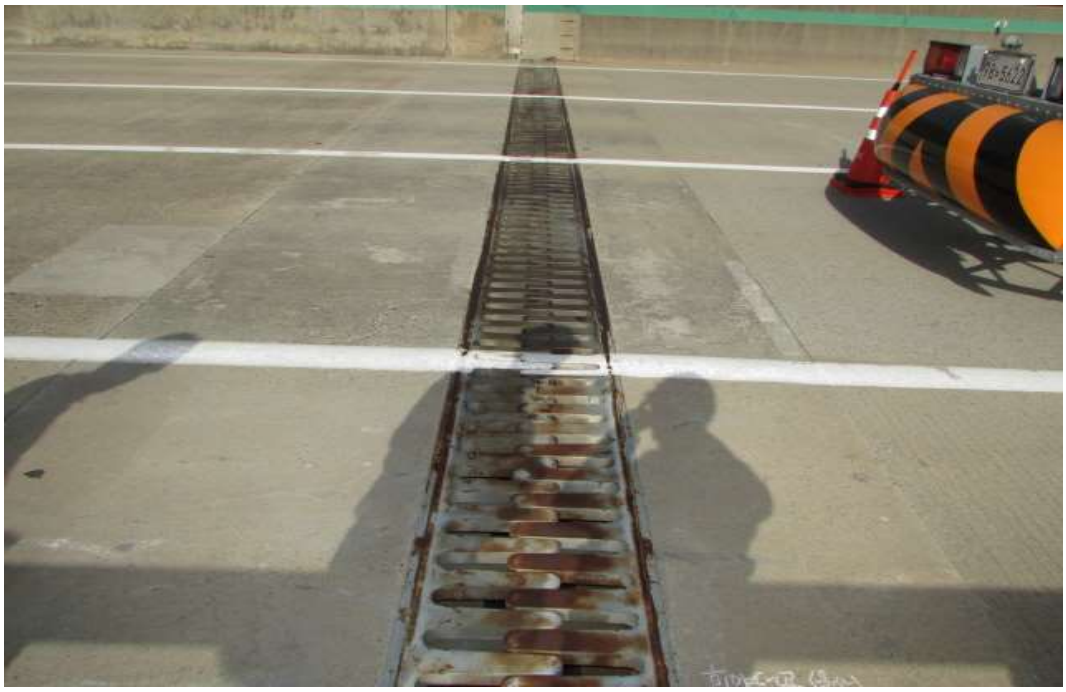


교명주



설명판

시설물의 전경사진(7)

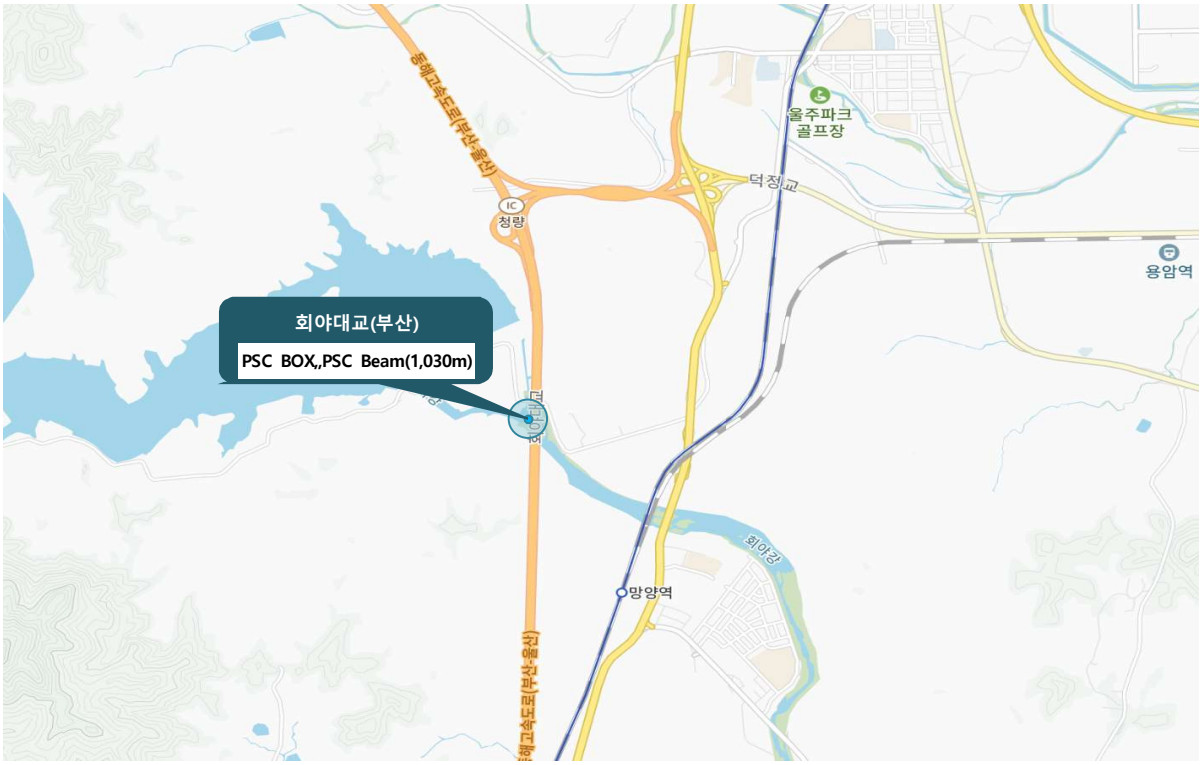


EXP.J1(A1) 전경



EXP.J4(A2) 전경

시설물의 위치도





○ 시설물 위치 : 울산광역시 울주군 청량면 (부산울산선 35.6㎞)

시설물의 전경사진(1)



상부전경



측면전경

시설물의 전경사진(2)



바닥판 전경



PSC Box 거더 전경

시설물의 전경사진(3)



PSC Beam 거더 전경



가로보 전경

시설물의 전경사진(4)



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

시설물의 전경사진(5)



교각 전경(P1)



교각 전경(P21)

시설물의 전경사진(6)

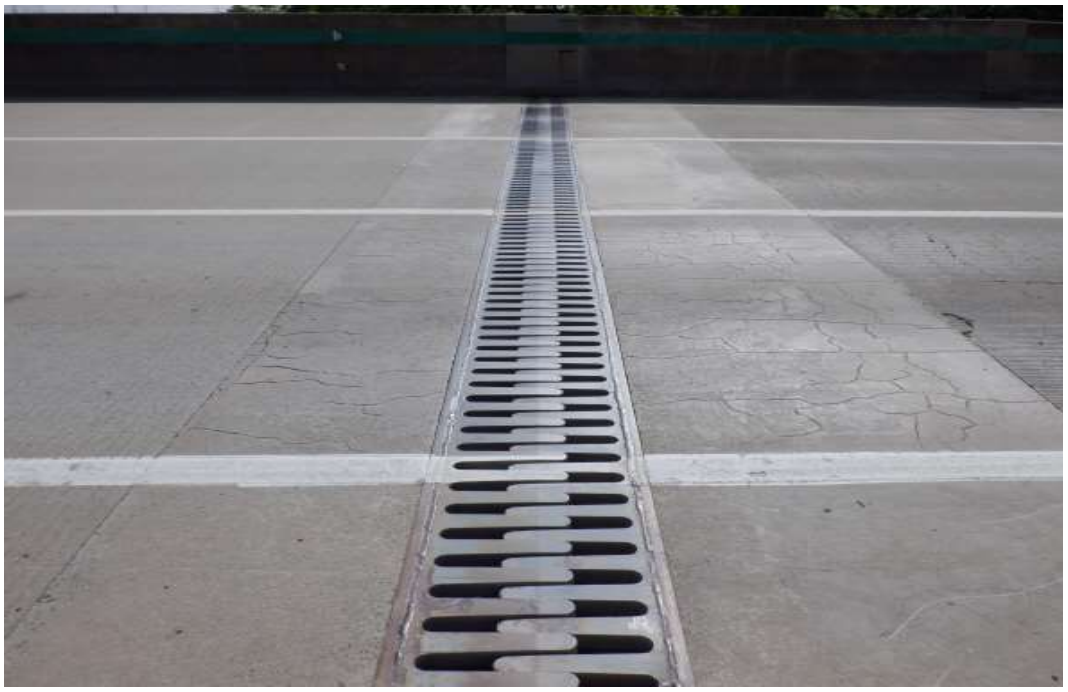


교명주



설명판

시설물의 전경사진(7)



EXP.J1(A1) 전경



EXP.J4(A2) 전경

정밀안전진단 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 ” 시설물안전법 “이라 한다.) 제12조 및 동법 시행령 제10조에 의한 정밀안전진단(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 규정에 따른 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속・정확하게 조사・평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완・보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

본 과업을 수행함에 있어서 과업의 범위는 기본적으로 과업지시서에 충실하고 과업지시서에 명기되지 않은 내용은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[안전점검・진단 편](이하 ‘세부지침’이라 한다)」을 준용하여 수행하는 것으로 하였다.

1) 자료수집 및 분석
2) 현장조사 및 시험
3) 시설물의 상태평가
4) 시설물의 안전성평가
5) 종합평가 및 안전등급 지정
6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시
7) 보고서 작성 및 정밀안전진단결과 전산입력

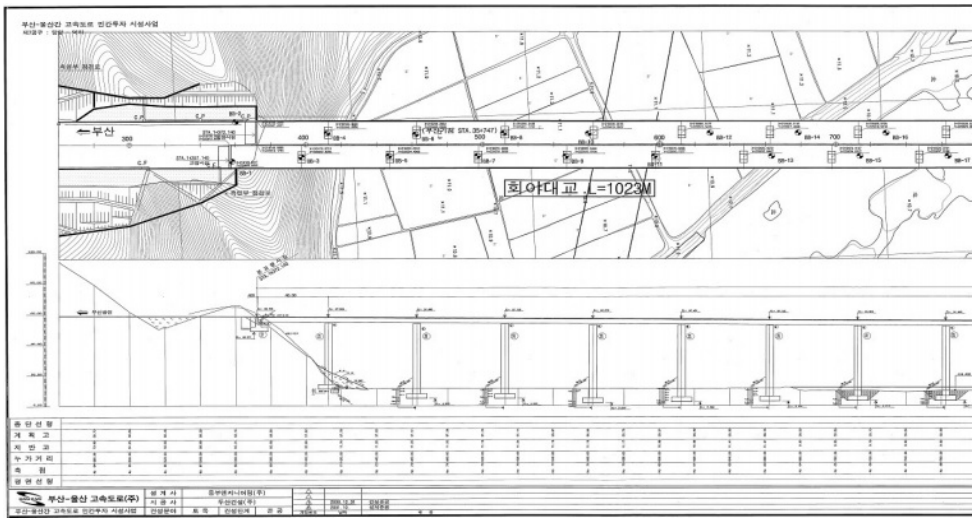
1.2.2 과업수행기간

2023. 02. 21 ~ 2023. 12. 26(착수일로부터 309일간)

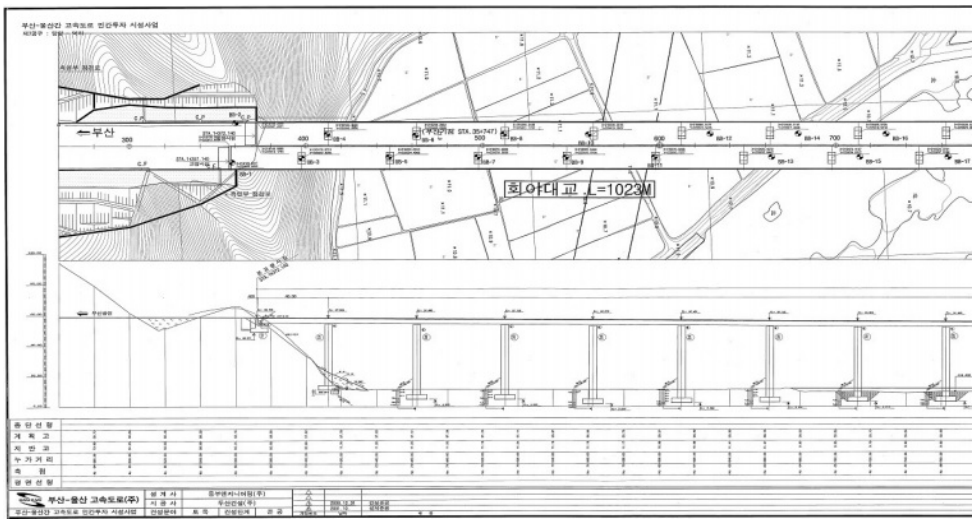
1.3 시설물의 개요

1.3.1 구조물 현황

가. 회야대교(울산)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>회야대교(울산)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2008-0001012</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2008년 12월 31일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">울산광역시 울주군 청량면</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24 / DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>부산울산선(35.6㎞)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 1,020.0m (40.0 + 17 @ 50.0 + 40.0 + 3 @ 30.0)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.7m(유효폭:11.0m)(편도 3차선)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상 부</td><td>PSC Box
PSC Girder</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대:역T형
교각:문형, Ⅱ형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침, 납면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>A1 : 스틸 핑거 조인트
P19, A2 : 레일 조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>회야강</td><td colspan="2">통과높이</td><td>43.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>동부엔지니어링</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>두산중공업(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계유무</td><td>유</td><td colspan="2">관리주체</td><td>부산울산고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">점검로</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

나. 회야대교(부산)

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td>회야대교(부산)</td><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2008-0001011</td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월</td><td>2008년 12월 31일</td><td colspan="2">관리번호</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4">울산광역시 울주군 청량면</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24 / DL-24</td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td>부산울산선(35.6㎞)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L = 1,030.0m (45.0 + 17 @ 50.0 + 45.0 + 3 @ 30.0)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B=15.7m(유효폭:11.0m)(편도 3차선)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조형식</td><td>상 부</td><td>PSC Box
PSC Girder</td><td rowspan="2">기초형식</td><td>교대</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td>하 부</td><td>교대:역T형
교각:문형, Ⅱ형</td><td>교각</td><td>직접기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침, 납면진받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td>A1 : 스틸 핑거 조인트
P19 : 레일 조인트
A2 : 모노셀 조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>회야강</td><td colspan="2">통과높이</td><td>43.0m</td></tr>
<tr><td colspan="2">설 계 사</td><td>동부엔지니어링</td><td colspan="2">시 공 사</td><td>두산중공업(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">내진설계유무</td><td>유</td><td colspan="2">관리주체</td><td>부산울산고속도로(주)</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4">점검로</td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

2. 자료수집 및 분석

2.1 보수·보강 이력

가. 희야대교(울산)

구분	공사기간	설계자	시공자	공사명	보수보강공법/내용	공사금액(원)
-	2016년 정밀점검 이후	-	-	-	방호벽 균열(0.3㎜미만) 일부	-
보수	2019-09-18 ~ 2019-12-31	이효찬	CS청산건설(주) (이건수)	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사	거더, 교량받침, 신축이음, 방호벽 재도장, 표면처리, 주입보수,	6,992,000
개량	2020-08-18 ~ 2020-12-04	구조물 안전팀	(주)가화건설 (정덕민)	2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사	교량받침 A1, P3~P16, P18, A2 강재전단키 설치	85,657,000
보수	2022-01-03 ~ 2022-11-30	-	진양건설(주) (이재명)	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	A1 교량점검시설 출입문 보수	4,000,000
※ 시설물통합정보관리시스템(FMS) 내 교량관리대장 및 보수공사현황 참조 ※ 전차 정밀안전진단(2018년) 자료 참조						

나. 희야대교(부산)

구분	공사기간	설계자	시공자	공사명	보수보강공법/내용	공사금액(원)
-	2016년 정밀점검 이후	-	-	-	신축이음 A1, P19(A1) 신축이음 교체	-
보수	2019-09-18 ~ 2019-12-31	이효찬	CS청산건설(주) (이건수)	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사	거더, 교량받침, 신축이음, 배수관, 방호벽 재도장, 표면처리, 주입보수, 배수관 설치 등	4,008,000
개량	2020-08-18 ~ 2020-12-04	구조물 안전팀	(주)가화건설 (정덕민)	2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사	교량받침 A1, P3~P16, P18, A2 강재전단키 설치	85,657,000
보수	2022-01-03 ~ 2022-11-30	-	진양건설(주) (이재명)	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	A1 신축이음장치 후타 보수	14,000,000
보수	2022-01-03 ~ 2022-11-30	-	진양건설(주) (이재명)	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	A1 배수시설 보수 등	8,000,000
보수	2022-01-03 ~ 2022-11-30	-	진양건설(주) (이재명)	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	P19(A2) 신축이음 장치 교체	59,000,000
※ 시설물통합정보관리시스템(FMS) 내 교량관리대장 및 보수공사현황 참조 ※ 전차 정밀안전진단(2018년) 자료 참조						

2.2 자료수집 및 분석 결과요약

가. 희야대교(울산)

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	• 준공도면 및 구조 및 계산서 - 준공도면 부산-울산간 고속도로 민간투자시설사업 준공도면(2008.12) - 토질조사보고서 - 구조계산서 - 수리계산서	• 준공도면, 구조 및 수리계산서, 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨. • 준공도면, 구조 및 수리계산서의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨.	• 현장조사시 부재제원을 실측하여 준공도면과 비교·검토를 실시함. • 손상에 대한 원인분석시, 시공자료 검토를 통하여 시공적인 원인에 의한 발생유무를 확인하고자 함.
유 지 관 리 자 료	• 점검 및 진단 이력 : 정밀안전진단(1회) - 2018. 12. : 1종성능평가(1회) - 2018. 12. : 정밀안전점검(5회) - 2010. 05. - 2013. 12. - 2016. 12. - 2020. 12. - 2022. 12. : 정기안전점검(22회)	• 신축이음 본체 고무재파손, 후타재 파손 등이 조사됨. • 상부구조 균열(Cw=0.3㎜미만), 들뜸, 박락, 재료분리 등이 조사됨. • 하부구조 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태 등이 조사됨. • 상태평가결과, 「B」로 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태임. • 내구성 조사결과, 설계기준 이상으로 양호한 상태임. • 안전성평가결과 구조물에 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨.	• 기 진단과의 비교·분석으로 통하여 추가적인 손상이나, 기존손상의 진전여부 등을 확인함. • 기 진단과의 비교·분석으로 내구성 저하 여부 확인
	• 보수·보강 이력 : 시설물통합정보관리시스템(FMS) 참조.	• 공용중 지속적인 유지보수 실시. - 교량점검시설 출입문 보수 - 볼트 재체결, 재도장 - 균열보수(표면처리, 주입보수) - 방수재 주입, 차수판 설치	• 보수부위의 상태점검을 통하여 보수공법의 적정성 및 재손상 발생여부 등을 확인. • 보수공법 효과성 확인을 통하여 합리적인 보수방안 도출.

나. 희야대교(부산)

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	• 준공도면 및 구조 및 계산서 - 준공도면 부산-울산간 고속도로 민간투자시설사업 준공도면(2008.12) - 토질조사보고서 - 구조계산서 - 수리계산서	• 준공도면, 구조 및 수리계산서, 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨. • 준공도면, 구조 및 수리계산서의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨.	• 현장조사시 부재제원을 실측하여 준공도면과 비교·검토를 실시함. • 손상에 대한 원인분석시, 시공자료 검토를 통하여 시공적인 원인에 의한 발생유무를 확인하고자 함.
유 지 관 리 자 료	• 점검 및 진단 이력 : 정밀안전진단(1회) - 2018. 12. : 1종성능평가(1회) - 2018. 12. : 정밀안전점검(5회) - 2010. 05. - 2013. 12. - 2016. 12. - 2020. 12. - 2022. 12. : 정기안전점검(22회)	• 신축이음 고무재 파손, 차수판 볼트유실 등이 조사됨. • 상부구조 균열(Cw=0.3㎜미만), 들뜸, 박락, 재료분리 등이 조사됨. • 하부구조 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태 등이 조사됨. • 상태평가결과, 「B」로 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태임. • 내구성 조사결과, 설계기준 이상으로 양호한 상태임. • 안전성평가결과 구조물에 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨.	• 기 진단과의 비교·분석으로 통하여 추가적인 손상이나, 기존손상의 진전여부 등을 확인함. • 기 진단과의 비교·분석으로 내구성 저하 여부 확인
	• 보수·보강 이력 : 시설물통합정보관리시스템(FMS) 참조.	• 공용중 지속적인 유지보수 실시. - 신축이음 장치 교체 - 배수시설 보수 등 - 강재전단키 설치 - 균열보수(표면처리, 주입보수) - 방수재 주입, 차수판 설치 등	• 보수부위의 상태점검을 통하여 보수공법의 적정성 및 재손상 발생여부 등을 확인. • 보수공법 효과성 확인을 통하여 합리적인 보수방안 도출.

3. 현장조사 및 시험

3.1 회야대교(울산)

3.1.1 외관조사 결과요약

가. 금회 진단 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	•주요손상으로는 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열이 조사됨.	•세그먼트 연결부(시공이음부)에서 발생한 일부 균열은 세그먼트 이어치기시 새로 타설한 콘크리트 수축이 구콘크리트에 구속되어 발생된 균열로 판단되며, 표면보수를 시행 후 지속적인 관찰이 요구됨. 캔틸레부에서 조사된 균열 및 망상균열은 특별한 방향성이 없으며, 온도변화 및 건조수축 등 콘크리트 성질에 기인해 발생된 비구조적 손상으로 주입보수와 표면보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단됨.
PSC Box	•주요 손상으로는 거더 복부 종방향으로 폭 0.1~0.2㎜의 균열이 대부분이며, 일부경간에 걸쳐 조사됨.	•복부(web) 중앙부에 발생된 수평균열은 일관된 규칙성이 없는 폭 0.1~0.2㎜ 이하의 균열로, 연속적 균열이 아닌 단속적 균열로 조사되었다. 콘크리트의 급속한 타설이나, 양생불량 등에 의한 시공초기 결함이며, 일부 시공이음부(단면변화부)에 발생된 균열은 신·구 콘크리트 간의 구속응력에 의해 발생된 비구조적 균열로 판단됨.
격벽	•주요손상으로는 균열(Cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열이 일부 경간에 걸쳐 국부적으로 조사됨.	•특별한 방향성이 없으며 균열 및 망상균열은 시공시 수화열에 의한 온도응력, 콘크리트 내·외부의 온도차, 건조수축, 부재간의 구속응력 및 개구부의 응력집중 등 복합적 원인에 의하여 발생된 비구조적 손상으로 판단됨.
PSC Beam	•S22경간 단부에서 망상균열이 1개소 국부적으로 조사됨.	•균열의 발생위치, 형상, 진행성 등을 고려할 때 온도변화 및 건조수축 등에 의한 비구조적 미세균열로 판단되며 표면보수를 통해 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.
2차부재	•S20경간(1개소), S21경간(11개소), S22(12개소)에서 들뜸을 동반한 박락손상이 24개소, 철근노출(일부 들뜸 동반)이 S21경간에서 3개소 조사됨.	•다짐불량, 거푸집 조기탈형, 콘크리트 피복두께 미확보, 품질관리미흡 및 장기간의 공용증가 등 복합적인 원인에 의한 것으로 판단됨. 또한 보수부에서 조사된 들뜸 및 박락은 보수공사시 치핑을 실시하지 않아 발생한 것으로 보여지며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수(방청) 및 표면보수가 필요함.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	•주요손상으로는 균열, 백태, 철근노출이 조사됨.	•손상규모, 형상, 위치 등을 고려해 볼 때 구조적 원인에 의해 발생된 손상이라기보다 건조수축, 수화열 등에 발생된 미세균열로 추정됨. •대에서 조사된 백태는 우수유입에 의한 것으로 교대 A1(5개소, A=0.72㎡), A2(1개소, A=6.00㎡) 흉벽에서 조사되었으며, 손상발생 규모는 비교적 경미한 것으로 확인됨. •철근노출은 교대 A1 흉벽에서 조사되었으며, 콘크리트 피복두께 미확보에 의해 발생된 것으로 판단됨. 부식이 진행될 경우 내구성의 문제를 야기시킬수 있으므로 내구성 저하 방지를 위해 방청을 실시하고 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.
교각	•주요손상으로 수평 및 수직형상을 띈 균열폭 0.1~0.3㎜ 수준의 균열 및 망상균열(17개소)이 국부적으로 조사됨.	•재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 판단되므로 내구성 확보를 위한 균열폭에 따라 균열 폭 0.3㎜이상 균열에는 주입보수, 균열 폭 0.3㎜미만의 균열에는 표면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직함.
기초부	•회야대교(울산)의 교대 기초는 직접기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P1~P21)로 시공된 것으로 확인되었으며, 교대 및 교각의 기초는 지중에 매립되어 외관조사는 불가한 것으로 조사됨.	-
교량받침	•주요손상으로 플레이트 부식, 받침콘크리트 균열이 조사됨.	•플레이트 부식 손상은 공용년수 증가로 인한 노후화 손상이며, 손상규모 및 변상정도가 경미하나, 해당 구조물의 내구성 확보를 위해 재도장을 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단됨. •내구성 확보를 위해 균열 폭 0.2㎜ 균열에 대해서는 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨.
신축이음장치	•신축이음장치 교각 P19(ExpJ2) 및 교대 A2(ExpJ4)에서 유간 토사퇴적이 조사되었고, 후타재는 콘크리트의 경우 주행차량의 충격하중 및 재료적 특성에 의한 균열 및 망상균열이 일부 일관된 규칙성이 없는 형태로 발생함.	•해당 손상에 의한 차량 주행성에는 이상이 없는 것으로 판단되며, 대부분 폭 0.2㎜ 이내의 미세균열로 즉각적인 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨. •신축이음장치에 발생한 유간 토사퇴적은 신축이음장치 ExpJ2(P19), ExpJ4(A2) 일부구간에 걸쳐 발생하였으며, 공용년수 증가에 따른 이물질 유입이 주원인으로 현재 신축이음장치에 기능을 상실한 상태는 아니나, 원활한 유지관리를 위해 청소를 실시하여 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
기타부재	교면포장	•주요손상으로 LMC 포장균열 및 망상균열이 국부적으로 조사됨.	•균열의 경우, 차량의 주행에 미치는 영향 및 균열보수 시 보수효과가 작은 점, 동일위치로 바닥판 하면의 누수, 백태와 같은 2차 손상이 없는 점 등을 고려해 볼 때, 당장의 부분적 보수는 비효율적이므로 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시함이 효율적일 것으로 판단됨.
	배수시설	•배수관 손상으로 배수관 탈락 2개소 및 배수관 파손 1개소, 배수관 위치불량 1개소가 조사됨.	•배수관 탈락 손상은 하천형 배수관에서 2개소 조사되었으며, 공용중 노후화 및 설치미흡에 의해 탈락된 것으로 판단됨. 우기시 노면수 영향으로 콘크리트 열화 발생 등의 2차손상을 야기시킬수 있으므로 보수계획에 맞춰 배수관 재설치하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단됨. •배수관 파손은 S8경간 캔틸레버 접합부에서 조사되었으며, 외력에 의한 일부구간 파손으로 인해 접합이 밀실하지 않아 배수시 누수될 것으로 판단되므로 재설치를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨. •배수시설 위치설계 및 시공미흡으로 S14경간에서 배수관 위치가 부적절한 것으로 조사되었으며, 이로인해 교각 콘크리트 부재의 표면오염, 점검통로 발판 이물질 퇴적 등의 손상을 야기하고 있어 배수시설에 대해 재설치 및 배수관 철거 등의 보수가 필요함.
	난간및연석	•방호벽 균열 및 망상균열, 박락, 철근노출이 조사됨.	•온도변화 및 건조수축, 바닥판과의 구속응력의 기인한 비구조적 균열이며, 공용중 통행차량의 진동에 의해 일부 균열들은 다소 진전된 것으로 조사됨.. 따라서 내구성 저하 방지를 위해 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨. •방호벽 내측 발생된 철근노출 및 박락은 매입철근의 콘크리트 피복두께 미확보 등 시공불량 및 품질관리 미흡에 의한 손상으로 일부 철근노출은 노출된 철근표면에 부식이 진행된 상태임. 따라서 내구성 저하방지를 위한 단면보수(방청)이 요구되며, 박락은 철근부식의 진행은 없는 것으로 확인되었으나, 추후 철근의 부식으로 인한 추가손상을 방지하기 위해 제거 후 방청을 통한 단면보수가 필요할 것으로 판단됨.

나. 기 점검(2022년) 결과와의 비교, 분석

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	m	-	34.60	▲ 34.60
		균열(cw=0.3mm이상)	m	-	4.00	▲ 4.00
		망상균열	㎡	-	1.20	▲ 1.20
		백태	㎡	-	0.54	▲ 0.54
		재료분리	㎡	-	0.65	▲ 0.65
PSC Box	내부	균열(cw=0.3mm미만)	m	4,101.70	62.70	▼ 4,039.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	2.10	0.80	▼ 1.30
		백태	㎡	0.18	0.04	▼ 0.14
		박락	㎡	-	0.02	▲ 0.02
		잡철근노출	㎡	-	0.22	▲ 0.22
		재료분리	㎡	0.84	-	▼ 0.84
		박리	㎡	0.33	-	▼ 0.33
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	m	1,009.20	671.60	▼ 337.60
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	m	-	36.00	▲ 36.00
		망상균열	㎡	-	27.70	▲ 27.70
		박락	㎡	0.12	0.05	▼ 0.07
		박리	㎡	-	0.08	▲ 0.08
		파손	㎡	-	0.43	▲ 0.43
		보수부 박락	㎡	-	1.08	▲ 1.08
		균열(cw=0.3mm이상)	m	11.00	-	▼ 11.00
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	m	455.50	89.80	▼ 365.70
		균열(cw=0.3mm이상)	m	58.70	0.50	▼ 58.20
		망상균열	㎡	90.00	46.24	▼ 43.76
		출입문 파손	개소	-	1	▲ 1
PSC Beam		망상균열	㎡	-	1.50	▲ 1.50
		재료분리	㎡	-	0.12	▲ 0.12

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
2차부재		박락, 들뜸	㎡	3.05	8.97	▲ 5.92
		철근노출	㎡	-	0.54	▲ 0.54
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	m	14.50	9.50	▼ 5.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	5.90	2.40	▼ 2.50
		망상균열	㎡	-	1.00	▲ 1.00
		백태	㎡	-	6.72	▲ 6.72
		박락	㎡	-	0.60	▲ 0.60
		철근노출	㎡	-	0.04	▲ 0.04
		파손	㎡	-	0.01	▲ 0.01
		보수부 들뜸	㎡	-	0.30	▲ 0.30
		표면오염	㎡	7.20	15.80	▲ 8.60
		녹물흔적	㎡	-	0.12	▲ 0.12
	교각	균열(cw=0.3mm미만)	m	3,877.40	397.40	▼ 3480.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	-	5.00	▲ 5.00
		망상균열	㎡	20.10	42.85	▲ 22.75
		긁힘	㎡	-	0.16	▲ 0.16
		박리	㎡	-	0.66	▲ 0.66
		박락, 파손	㎡	1.90	1.50	▼ 0.40
		표면열화	㎡	-	0.40	▲ 0.40
		표면오염	㎡	66.00	96.10	▲ 30.10
교량받침		플레이트 부식	개소	38	7	▼ 31
		받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만)	m	-	4.30	▲ 4.30
		받침콘크리트 박리	㎡	-	0.12	▲ 0.12
		받침콘크리트 파손	㎡	0.19	0.16	▼ 0.03
		받침몰탈 균열	m	-	1.80	▲ 1.80
		받침몰탈 박리	㎡	-	0.04	▲ 0.04

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
신축이음 장치		후타재 균열	m	-	8.90	▲ 8.90
		후타재 망상균열	㎡	8.75	21.00	▲ 12.25
		후타재 파손	㎡	1.40	0.68	▼ 0.72
		유간토사 퇴적	m	-	5.00	▲ 5.00
		너트 및 볼트 탈락	개소	8	1	▼ 7
		고무재 파손	m	12.00	-	▼ 12.00
교면포장		LMC포장 균열	m	-	146.00	▲ 146.00
		망상균열	㎡	-	6.94	▲ 6.94
		포장파손	㎡	28.00	-	▼ 28.00
기타 부재	배수 시설	배수관 탈락	개소	6	2	▼ 4
		배수관 파손	개소	-	1	▲ 1
		배수관 위치불량	개소	-	1	▲ 1
		지지대 파손	개소	1	1	- -
		지지대 볼트 풀림	개소	-	1	▲ 1
		배수관 고정불량	개소	1	-	▼ 1
		배수로 이물질 퇴적	개소	1	-	▼ 1
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	m	21.20	58.20	▲ 37.00
		망상균열	m	-	0.48	▲ 0.48
		백태	㎡	-	0.08	▲ 0.08
		긁힘	㎡	-	5.90	▲ 5.90
		박락	㎡	-	0.93	▲ 0.93
		파손	㎡	0.38	0.39	▲ 0.01
		철근노출	㎡	-	0.80	▲ 0.80
		난간긁힘	m	10.00	10.00	- -
		난간변형	m	-	6.00	▲ 6.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	1.10	-	▼ 1.10
검토의견		•기 진단(18년)과의 비교분석 결과, 구조물의 발생된 손상의 급격한 상태변화는 없는 것으로 확인되었으며, 공용중 실시한 유지보수로 일부 손상물량이 감소한 것으로 조사됨. •금회진단에서 조사된 신규손상은 상세조사 및 경년열화 등에 의하여 추가 확인된 것으로 판단됨.				

3.1.2 내구성 결과요약(콘크리트)

가. 금회 진단 콘크리트 내구성 결과요약

<table>
<tr><th>시 험 명</th><th colspan="3">시험부위</th><th colspan="2">시험결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td rowspan="10">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td>28.2～28.6
(PSC Beam)</td><td>43.5～44.9
(PSC Box)</td><td rowspan="10">•설계기준강도대비 100% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
•건전부대비 비건전부의 측정강도가 95%를 상회하여 콘크리트의 표면 품질저하는 경미한 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>43.6～44.2
(PSC Beam)</td><td>43.8～44.8
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td>30.9～31.4
(PSC Beam)</td><td>62.8～69.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td>거더</td><td>64.0～65.1
(PSC Beam)</td><td>62.8～69.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td>교대</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td colspan="2">26.6～27.7</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">25.9～28.6</td></tr>
<tr><td>교대</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td colspan="2">29.2～30.4</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">28.7～31.9</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="3">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="9">•전반적으로 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께 및 배근간격은 일부구간 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>100～136</td><td>50～59</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100～179</td><td>49～57</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>170～226</td><td>50～57</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～157</td><td>49～56</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>255～285</td><td>100～112</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>143～177</td><td>98～107</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>85～120</td><td>100～115</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>254～330</td><td>99～105</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">41.1～43.5</td><td rowspan="2">•전 개소 ‘a등급’으로 분석되어, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">91.7～93.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">0.427</td><td rowspan="2">•상태평가 기준 “a～b”로서, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">0.253～0.323</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="6">•비파괴강도 측정결과, 전 개소의 측정값이 설계기준강도를 상회하는 것으로 나타났으며, 건전부 대비 비건전부의 측정압축강도가 95%를 상회하여 본 구조물의 콘크리트 품질은 양호한 것으로 판단됨.
•탄산화 깊이 측정결과, 전개소에서 상태평가 “a”로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨.
•염화물함유량 시험결과 상부구조 1개소, 하부구조 2개소에서 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

나. 기 진단(2018년) 결과와의 비교, 분석

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th rowspan="2">평가의견</th></tr>
<tr><th colspan="2">2018년 정밀안전진단</th><th colspan="2">금회 정밀안전진단</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2">40.1～41.9</td><td colspan="2">28.2～44.9</td><td rowspan="4">•측정위치의 편차가 존재하나 모든 부재에서 설계기준강도를 상회하여 구조물의 공용년수 증가에 의한 강도 저하는 발생하지 않음.</td></tr>
<tr><td>초음파
전달속도</td><td colspan="2">35.6～44.5</td><td colspan="2">30.9～69.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2">26.9～32.1</td><td colspan="2">25.9～28.6</td></tr>
<tr><td>초음파
전달속도</td><td colspan="2">21.8～29.3</td><td colspan="2">28.7～31.9</td></tr>
<tr><td rowspan="11">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="2">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="11">•측정위치에 따른 편차가 일부 존재하며, 상부구조의 경우 설계간격 차이로, 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께를 상회하여 철근의 배근상태는 양호함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>90～265</td><td>41～86</td><td>100～136</td><td>50～59</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～200</td><td>41～55</td><td>100～179</td><td>49～57</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>175～220</td><td>42～61</td><td>170～226</td><td>50～57</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～165</td><td>41～59</td><td>90～157</td><td>49～56</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>200～250</td><td>96～100</td><td>255～285</td><td>100～112</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>140～160</td><td>82～100</td><td>143～177</td><td>98～107</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>75～135</td><td>89～110</td><td>85～120</td><td>100～115</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>280～320</td><td>73～96</td><td>254～330</td><td>99～105</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td colspan="2">31.7～43.9</td><td colspan="2">41.1～43.5</td><td rowspan="2">•기 진단 결과와 비교하여 전반적으로 잔여피복두께가 감소한 부재가 존재하나, 상태평가등급 “a”로 내구성저하 문제는 발생하지 않음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td colspan="2">69.8～81.1</td><td colspan="2">91.7～93.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(㎏/㎥)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td colspan="2">0.148</td><td colspan="2">0.427</td><td rowspan="2">•시험결과, 염화물에 의한 부식 발생 가능성이 낮은 상태로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td colspan="2">0.136～0.147</td><td colspan="2">0.253～0.323</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="7">•비파괴강도 측정, 탄산화 깊이측정, 염화물함유량 시험 등을 기 진단 결과와 비교 할 때 공용기간 경과에 따른 내구성 저하는 없는 것으로 분석됨.
•철근 배근상태 및 피복두께 측정값이 기 진단 결과와 측정위치별 다소 상이하며, 이는 설계 배근 간격 차이이며, 공용기간 경과에 따른 콘크리트 내부의 유동은 없다고 분석됨.</td></tr>
</table>

3.2 회야대교(부산)

3.2.1 외관조사 결과요약

가. 금회 진단 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	•주요손상으로는 균열(cw=0.3㎜미만), 균열부 백태, 망상균열이 조사됨.	•세그먼트 연결부(시공이음부)에서 발생한 일부 균열은 세그먼트 이어치기시 새로 타설한 콘크리트 수축이 구콘크리트에 구속되어 발생된 균열로 판단되며, 표면보수를 시행 후 지속적인 관찰이 요구됨. 캔틸레부에서 조사된 균열 및 망상균열은 특별한 방향성이 없으며, 온도변화 및 건조수축 등 콘크리트 성질에 기인해 발생된 비구조적 손상으로 표면보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단됨.
PSC Box	•주요 손상으로는 거더 복부 종방향으로 폭 0.1㎜의 미세균열이 일부경간에 걸쳐 조사됨.	•복부(web) 중앙부에 발생된 수평균열은 일관된 규칙성이 없는 폭 0.1㎜ 이하의 미세균열로, 연속적 균열이 아닌 단속적 균열로 조사됨. 상기 균열은 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 저하 방지를 위한 표면처리가 필요함.
격벽	•주요손상으로는 균열(Cw=0.3㎜미만, 이상), 망상균열이 일부 경간에 걸쳐 국부적으로 조사됨.	•특별한 방향성이 없으며 균열 및 망상균열은 시공시 수화열에 의한 온도응력, 콘크리트 내·외부의 온도차, 건조수축, 부재간의 구속응력 및 개구부의 응력집중 등 복합적 원인에 의하여 발생된 비구조적 손상으로 판단됨.
PSC Beam	•S21경간에서 시공시 발생한 것으로 판단되는 경미한 재료분리가 1개소 국부적으로 조사됨.	•단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단됨.
2차부재	•S20경간(8개소), S21경간(5개소)에서 들뜸을 동반한 박락손상이 13개소 조사됨.	•시공시 다짐불량, 거푸집 조기탈형, 품질관리 미흡 및 장기간의 공용증가 등 복합적인 원인에 의한 것으로 판단됨. 또한 보수부에서 조사된 들뜸 및 박락은 보수공사시 치핑을 실시하지 않아 발생한 것으로 보여지며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수 및 표면보수가 요구됨.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	•주요손상으로는 균열, 백태, 철근노출이 조사됨.	•손상규모, 형상, 위치 등을 고려해 볼 때 구조적 원인에 의해 발생된 손상이라기보다 건조수축, 수화열 등에 발생된 미세균열로 추정됨. •교대에서 조사된 백태는 우수유입에 의한 것으로 교대 A1, A2 흉벽에서 각각 1개소씩 총 2개소 조사되었으며, 손상발생 규모는 비교적 경미한 것으로 확인됨. •조사된 철근노출은 반복적인 신축이음부의 우수유입과 콘크리트 피복두께 미확보에 의해 발생. 방청을 실시하고 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.
교각	•주요손상으로 수평 및 수직형상을 띈 균열폭 0.1~0.3㎜ 수준의 균열 및 망상균열(17개소)이 국부적으로 조사됨.	•재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 판단되므로 내구성 확보를 위한 균열폭에 따라 균열 폭 0.3mm이상 균열에는 주입보수, 균열 폭 0.3mm미만의 균열에는 표면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직함.
기초부	•회야대교(부산)의 교대 기초는 직접기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P1~P21)로 시공된 것으로 확인되었으며, 교대 및 교각의 기초는 지중에 매립되어 외관조사는 불가한 것으로 조사됨.	-
교량받침	•주요손상으로 플레이트 부식, 도장박리가 조사됨.	•교량받침에서 조사된 플레이트 부식 및 도장박리 손상은 공용년수 증가로 인한 노후화 손상이며, 손상규모 및 변상정도가 경미하나, 해당 구조물의 내구성 확보를 위해 재도장을 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단됨.
신축이음장치	•신축이음장치 교각 P19(ExpJ2, ExpJ3)에서 유간 토사퇴적이 조사되었고, 후타재는 콘크리트의 경우 주행차량의 충격하중 및 재료적 특성에 의한 망상균열이 일부 일관된 규칙성이 없는 형태로 발생함.	•해당 손상에 의한 차량 주행성에는 이상이 없는 것으로 판단되며, 대부분 폭 0.2㎜ 이내의 미세균열로 즉각적인 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨. •신축이음장치에 발생한 유간 토사퇴적은 신축이음장치 ExpJ2(P19), ExpJ3(P19) 일부구간에 걸쳐 발생하였으며, 공용년수 증가에 따른 이물질 유입이 주원인으로 현재 신축이음장치에 기능을 상실한 상태는 아니나, 원활한 유지관리를 위해 청소를 실시하여 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
기타부재	교면포장	•주요손상으로 LMC 포장균열 및 망상균열이 조사됨.	•균열의 경우, 차량의 주행에 미치는 영향 및 균열보수 시 보수효과가 작은 점, 동일위치로 바닥판 하면의 누수, 백태와 같은 2차 손상이 없는 점 등을 고려해 볼 때, 당장의 부분적 보수는 비효율적이므로 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시함이 효율적일 것으로 판단됨.
	배수시설	•S10경간과 S14경간 캔틸레버부에서 배수관 탈락이 조사됨. •배수구 막힘이 S2, S6, S17, S18, S20경간에 걸쳐 총 8개소 조사됨.	•배수관 탈락 손상은 하천형 배수관에서 2개소 조사되었으며, 공용중 노후화 및 설치미흡에 의해 탈락된 것으로 판단됨. 우기시 노면수 영향으로 콘크리트 열화 발생 등의 2차손상을 야기시킬수 있으므로 보수계획에 맞춰 배수관 재설치하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단됨. •공용중 발생되는 비산먼지 및 토사 등의 퇴적물이 주행차량에 의해 주행차로 외측에 쌓여 일부 배수구로 유입이 되어 발생된 것으로 판단되며, 배수구 막힘에 의해 배수 영향이나, 교면내 체수 등 2차 손상은 발생하지 않은 비교적 경미한 상태임. 다만, 배수관 내 퇴적물에 의해 장기적인 습윤상태로 이음부 및 용접부의 부식이 진행될수 있으며, 부식으로 인한 배수관 파손, 탈락 등이 우려되므로 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요함.
	난간및연석	•방호벽 전면부로 균열 및 보수부 재균열, 박락, 철근노출이 조사됨.	•수직균열과 타설이음부에 발생한 수평균열로 바닥판과의 구속응력 및 건조수축에 기인한 비구조적 균열이며, 공용중 통행차량의 진동에 의해 보수부 재균열을 포함한 일부 균열들은 재발생 및 다소 진전된 것으로 조사됨. 따라서 내구성 저하 방지를 위한 주입보수 및 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단되며, S22경간 중앙분리에 발생한 보수부 재균열도 재보수가 필요함. •내측 발생된 철근노출 및 박락은 콘크리트 피복두께 미확보 등 시공불량에 의한 손상으로 일부 철근노출은 노출된 철근표면에 부식이 진행된 상태로서 내구성 저하방지를 위한 단면보수(방청)이 요구되며, 박락은 철근부식의 진행은 없는 것으로 확인되었으나, 추후 철근의 부식으로 인한 추가손상을 방지하기 위해 제거 후 방청을 통한 단면보수가 필요할 것으로 판단됨.

나. 기 점검(2022년) 결과와의 비교, 분석

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	m	-	170.50	▲ 170.50
		균열부 백태 (cw=0.3mm미만)	m	-	2.50	▲ 2.50
		망상균열	㎡	-	18.00	▲ 18.00
		백태	㎡	-	2.56	▲ 2.56
		파손	㎡	-	0.40	▲ 0.40
		거푸집미제거	개소	-	1	▲ 1
PSC Box	내부	균열(cw=0.3mm미만)	m	3,281.81	52.10	▼ 3,180.31
		망상균열	㎡	-	0.50	▲ 0.50
		마감불량	㎡	-	0.48	▲ 0.48
		재료분리	㎡	1.49	-	▼ 1.49
		박리	㎡	0.30	-	▼ 0.30
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	m	971.90	290.60	▼ 681.30
		망상균열	㎡	-	15.00	▲ 15.00
		파손	㎡	-	0.02	▲ 0.02
		보수부 박락	㎡	-	0.08	▲ 0.08
		보수부 박리	㎡	-	0.20	▲ 0.20
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	m	476.90	89.00	▼ 387.90
		균열(cw=0.3mm이상)	m	47.80	1.90	▼ 45.90
		망상균열	㎡	-	46.74	▲ 46.74
		들뜸, 박리	㎡	4.50	-	▼ 4.50
PSC Beam		재료분리	㎡	-	0.04	▲ 0.04
2차부재		박락, 들뜸	㎡	3.05	1.83	▼ 1.22

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	m	25.00	0.80	▼ 24.20
		백태	㎡	-	2.36	▲ 2.36
		철근노출	㎡	-	0.69	▲ 0.69
		파손	㎡	-	0.24	▲ 0.24
		표면오염	㎡	-	6.00	▲ 6.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	20.90	-	▼ 20.90
	교각	균열(cw=0.3mm미만)	m	4318.90	307.00	▼ 4,011.90
		균열(cw=0.3mm이상)	m	28.80	8.10	▼ 20.70
		망상균열	㎡	3.00	122.12	▲ 119.12
		백태	㎡	0.36	0.34	▼ 0.02
		긁힘	㎡	-	1.31	▲ 1.31
		들뜸	㎡	-	1.42	▲ 1.42
		마감불량	㎡	-	0.02	▲ 0.02
		박락, 파손	㎡	0.87	0.34	▼ 0.53
		보수부 박락	㎡	-	0.24	▲ 0.24
		박리	㎡	-	1.80	▲ 1.80
		표면오염	㎡	136.00	212.00	▲ 76.00
		철근노출	㎡	0.16	-	▼ 0.16
교량받침		플레이트 부식	개소	28	8	▼ 28
		도장박리	㎡	-	0.01	▲ 0.01
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm미만)	m	-	7.90	▲ 7.90
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm이상)	m	-	1.00	▲ 1.00
		받침콘크리트 망상균열	㎡	-	0.30	▲ 0.30
		받침콘크리트 파손	㎡	0.04	0.16	▲ 0.12
		받침콘크리트 박락	㎡	-	0.04	▲ 0.04
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.38	0.19	▼ 0.19
		받침몰탈 균열	m	-	0.40	▲ 0.40
		받침몰탈 박락	㎡	-	0.06	▲ 0.06
		받침몰탈 파손	㎡	-	0.03	▲ 0.03

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
신축이음 장치		후타재 망상균열	㎡	-	24.78	▲ 24.78
		후타재 마모	㎡	4.20	9.30	▲ 5.10
		후타재 박락	㎡	-	0.10	▲ 0.10
		유간토사 퇴적	m	-	7.00	▲ 7.00
		차수판 볼트탈락	개소	4	3	▼ 1
		차수판 설치불량	개소	-	1	▲ 1
		후타재 파손	㎡	0.09	-	▼ 0.09
		고무재 파손	㎡	7.20	-	▼ 7.20
		차수판 덮개유실	개소	1	-	▼ 1
교면포장		LMC포장 균열	m	41.00	655.00	▲ 614.00
		망상균열	㎡	-	140.00	▲ 140.00
		박락	㎡	-	1.20	▲ 1.20
		파손	㎡	0.40	0.48	▲ 0.08
기타 부재	배수 시설	배수관 연결부 누수	개소	1	2	▲ 1
		배수관 연결부 용접불량	개소	-	1	▲ 1
		배수관 연결부 이격	개소	-	2	▲ 2
		배수관 탈락	개소	2	2	- -
		배수구 막힘	개소	2	8	▲ 6
		배수관 설치불량	개소	1	-	▼ 1
		고정대 파손	개소	7	-	▼ 7
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	m	194.50	34.50	▼ 160.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	-	13.50	▲ 13.50
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	m	-	6.00	▲ 6.00
		공동	㎡	-	0.01	▲ 0.01
		박락	㎡	-	0.15	▲ 0.15
		철근노출	㎡	-	0.06	▲ 0.06
		파손(긁힘)	㎡	-	11.35	▲ 11.35
		방음판 변형	개소	-	1	▲ 1
검토의견		•기 진단(18년)과의 비교분석 결과, 구조물의 발생된 손상의 급격한 상태변화는 없는 것으로 확인되었으며, 공용중 실시한 유지보수로 일부 손상물량이 감소한 것으로 조사됨. •금회진단에서 조사된 신규손상은 상세조사 및 경년열화 등에 의하여 추가 확인된 것으로 판단됨.				

3.2.2 내구성 결과요약(콘크리트)

가. 금회 진단 콘크리트 내구성 결과요약

<table>
<tr><th>시 험 명</th><th colspan="3">시험부위</th><th colspan="2">시험결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td rowspan="10">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td>바닥판</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td>27.6～28.0
(PSC Beam)</td><td>44.3～45.2
(PSC Box)</td><td rowspan="10">•설계기준강도대비 100% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
•건전부대비 비건전부의 측정강도가 95%를 상회하여 콘크리트의 표면 품질저하는 경미한 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>거더</td><td>44.2～46.1
(PSC Beam)</td><td>44.7～46.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td>바닥판</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td>30.6～30.9
(PSC Beam)</td><td>62.7～68.8
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td>거더</td><td>62.2～63.3
(PSC Beam)</td><td>62.7～80.3
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td>교대</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td colspan="2">27.4～28.5</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">29.0～30.7</td></tr>
<tr><td>교대</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td colspan="2">33.5～35.4</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">30.9～39.0</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="3">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="9">•전반적으로 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께 및 배근간격은 일부구간 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>104～150</td><td>49～78</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100～199</td><td>49～55</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>166～231</td><td>50～104</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>88～176</td><td>48～56</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>225～250</td><td>99～106</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>116～159</td><td>100～103</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>80～150</td><td>99～110</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>241～378</td><td>97～140</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">40.1～43.6</td><td rowspan="2">•전 개소 ‘a등급’으로 분석되어, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">90.5～92.6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">0.346</td><td rowspan="2">•상태평가 기준 “a～b”로서, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">0.264～0.882</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="6">•비파괴강도 측정결과, 전 개소의 측정값이 설계기준강도를 상회하는 것으로 나타났으며, 건전부 대비 비건전부의 측정압축강도가 95%를 상회하여 본 구조물의 콘크리트 품질은 양호한 것으로 판단됨.
•탄산화 깊이 측정결과, 전개소에서 상태평가 “a”로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨.
•염화물함유량 시험결과 상부구조 1개소, 하부구조 2개소에서 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

나. 기 진단(2018년) 결과와의 비교, 분석

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th rowspan="2">평가의견</th></tr>
<tr><th colspan="2">2018년 정밀안전진단</th><th colspan="2">금회 정밀안전진단</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="2">상부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2">40.2～42.5</td><td colspan="2">27.6～46.2</td><td rowspan="4">•측정위치의 편차가 존재하나 모든 부재에서 설계기준강도를 상회하여 구조물의 공용년수 증가에 의한 강도 저하는 발생하지 않음.</td></tr>
<tr><td>초음파
전달속도</td><td colspan="2">33.6～46.0</td><td colspan="2">30.6～80.3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부
구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2">25.6～30.5</td><td colspan="2">27.4～30.7</td></tr>
<tr><td>초음파
전달속도</td><td colspan="2">20.8～31.1</td><td colspan="2">30.9～39.0</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="2">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="9">•측정위치에 따른 편차가 일부 존재하며, 상부구조의 경우 설계간격 차이로, 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께를 상회하여 철근의 배근상태는 양호함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>90～265</td><td>41～74</td><td>104～150</td><td>49～78</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～170</td><td>37～65</td><td>100～199</td><td>49～55</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>185～220</td><td>37～65</td><td>166～231</td><td>50～104</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～160</td><td>42～59</td><td>88～176</td><td>48～56</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>235～250</td><td>79～100</td><td>225～250</td><td>99～106</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>135～155</td><td>82～105</td><td>116～159</td><td>100～103</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>90～140</td><td>86～110</td><td>80～150</td><td>99～110</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>258～320</td><td>71～108</td><td>241～378</td><td>97～140</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td colspan="2">31.7～43.9</td><td colspan="2">40.1～43.6</td><td rowspan="2">•기 진단 결과와 비교하여 전반적으로 잔여피복두께가 감소한 부재가 존재하나, 상태평가등급 “a”로 내구성저하 문제는 발생하지 않음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td colspan="2">69.8～81.1</td><td colspan="2">90.5～92.6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(㎏/㎥)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td colspan="2">0.151</td><td colspan="2">0.346</td><td rowspan="2">•시험결과, 염화물에 의한 부식 발생 가능성이 낮은 상태로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td colspan="2">0.117～0.148</td><td colspan="2">0.264～0.882</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="7">•비파괴강도 측정, 탄산화 깊이측정, 염화물함유량 시험 등을 기 진단 결과와 비교 할 때 공용기간 경과에 따른 내구성 저하는 없는 것으로 분석됨.
•철근 배근상태 및 피복두께 측정값이 기 진단 결과와 측정위치별 다소 상이하며, 이는 설계 배근 간격 차이이며, 공용기간 경과에 따른 콘크리트 내부의 유동은 없다고 분석됨.</td></tr>
</table>

4. 시설물의 상태평가

4.1 상태평가 결과

4.1.1 회야대교(울산)

가. PSC Box 구간

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	격벽	포장	배수	난간/ 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
A1(S1)	PSC	b	b	b	a	a	c	c	a	c	q	a	a	-	-
P1(S2)	PSC	b	c	b	a	a	a	-	b	b	q	-	-	-	-
P2(S3)	PSC	b	c	b	a	a	b	-	b	b	q	-	-	-	-
P3(S4)	PSC	b	b	b	b	a	c	-	b	b	q	-	a	-	-
P4(S5)	PSC	a	c	b	b	a	c	-	a	b	q	-	-	-	a
P5(S6)	PSC	b	c	b	b	a	c	-	b	b	q	-	-	b	-
P6(S7)	PSC	a	c	b	b	a	c	-	a	b	q	-	-	-	-
P7(S8)	PSC	a	b	b	a	c	b	-	a	b	q	-	-	-	-
P8(S9)	PSC	b	c	b	a	a	b	-	b	a	q	-	-	-	-
P9(S10)	PSC	a	c	b	a	a	c	-	b	b	q	a	-	-	-
P10(S11)	PSC	a	b	b	a	a	c	-	a	b	q	-	-	-	-
P11(S12)	PSC	b	d	c	a	a	b	-	a	b	q	-	-	-	-
P12(S13)	PSC	b	b	b	a	c	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P13(S14)	PSC	a	c	b	a	c	c	-	b	c	q	-	-	-	-
P14(S15)	PSC	a	c	b	a	a	c	-	b	b	q	-	a	-	-
P15(S16)	PSC	b	c	b	a	c	a	-	b	b	q	-	-	-	b
P16(S17)	PSC	a	b	b	a	a	b	-	b	b	q	-	-	-	-
P17(S18)	PSC	a	b	b	a	c	c	-	a	b	q	-	-	-	-
P18(S19)	PSC	c	c	b	a	a	c	b	b	b	q	-	-	-	-
평균		0.163	0.342	0.211	0.121	0.179	0.316	0.300	0.163	0.216	-	0.100	0.100	0.200	0.150
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	-	2	2	2	1
(평균×가중치) /가중치 합		0.033	0.068	0.006	0.008	0.005	0.006	0.027	0.015	0.043	-	0.002	0.002	0.004	0.002

0.222
B

나. PSC Beam 구간

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간/ 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
P19(S20)	PSCI	a	a	b	b	a	c	b	b	c	q	a	-	-	-
P20(S21)	PSCI	b	a	c	a	a	a	-	a	b	q	-	-	-	-
P21(S22)	PSCI	a	b	c	a	a	c	-	a	b	q	-	-	-	-
A2		-	-	-	-	-	-	b	a	c	q	-	a	-	-
평균		0.133	0.133	0.333	0.133	0.100	0.300	0.200	0.125	0.300	-	0.100	0.100	-	-
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3	-	-
(평균×가중치) /가중치 합		0.024	0.027	0.017	0.009	0.003	0.006	0.018	0.011	0.060	-	0.004	0.003	-	-
														0.182	
														B	

4.1.2 개량 교량 상태평가 결과

가. PSC Box 구간

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(울산)	PSC Box Girder	0.222	B	930.0	1.000	0.222
						0.222
						B

나. PSC Beam 구간

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(울산)	PSC Beam Girder	0.182	B	90.0	1.000	0.182
						0.182
						B

4.1.3 교량 전체의 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(울산)	PSC Box Girder	0.222	B	930.0	0.912	0.202
	PSC Beam Girder	0.182	B	90.0	0.088	0.016
						0.218
						B

■ 회야대교(울산)의 결함도 점수 범위에 따른 등급

기 준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤x<0.13	0.13≤x<0.26	0.26≤x<0.49	0.49≤x<0.79	0.79≤x

■ 결함도 범위 : 0.130≤결함도 지수(0.218)≤0.260

4.1.4 회야대교(부산)

가. PSC Box 구간

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	격벽	포장	배수	난간/ 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
A1(S1)	PSC	b	b	b	c	a	b	b	b	c	q	a	a	-	-
P1(S2)	PSC	b	b	b	b	c	a	-	b	b	q	-	-	-	-
P2(S3)	PSC	b	b	b	b	a	a	-	b	b	q	-	a	-	-
P3(S4)	PSC	b	c	b	b	a	a	-	b	c	q	-	-	-	-
P4(S5)	PSC	b	c	b	b	a	a	-	c	b	q	-	-	-	b
P5(S6)	PSC	b	c	c	b	c	a	-	c	b	q	-	-	-	-
P6(S7)	PSC	a	b	b	b	a	a	-	b	c	q	-	-	-	-
P7(S8)	PSC	b	c	b	b	a	a	-	b	b	q	-	-	-	-
P8(S9)	PSC	b	b	b	b	a	b	-	b	b	q	-	-	-	-
P9(S10)	PSC	a	b	b	a	c	b	-	a	c	q	a	-	-	-
P10(S11)	PSC	b	b	b	a	c	a	-	b	b	q	-	-	-	-
P11(S12)	PSC	b	b	b	b	c	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P12(S13)	PSC	b	b	a	b	a	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P13(S14)	PSC	b	b	b	b	c	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P14(S15)	PSC	b	b	c	b	a	b	-	c	c	q	-	-	-	-
P15(S16)	PSC	b	b	b	b	c	a	-	b	b	q	-	a	-	-
P16(S17)	PSC	b	c	b	b	c	b	-	b	c	q	-	-	-	b
P17(S18)	PSC	a	c	a	b	c	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P18(S19)	PSC	b	b	b	c	a	c	c	a	b	q	-	-	-	-
평균		0.184	0.263	0.211	0.211	0.242	0.205	0.300	0.221	0.263	-	0.100	0.100	-	0.200
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	-	4	2	-	1
(평균×가중치) /가중치 합		0.037	0.053	0.006	0.015	0.007	0.004	0.027	0.020	0.053	-	0.004	0.002	-	0.002

0.229
B

나. PSC Beam 구간

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간/연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
P19(S20)	PSCI	b	a	b	a	c	b	b	b	c	q	a	-	-	-
P20(S21)	PSCI	a	b	b	a	a	c	-	a	b	q	-	-	b	-
P21(S22)	PSCI	a	a	a	a	a	b	-	b	b	q	-	-	-	-
A2		-	-	-	-	-	-	b	b	c	q	-	a		-
평균		0.133	0.133	0.167	0.100	0.200	0.267	0.200	0.175	0.300	-	0.100	0.100	0.200	-
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	2	3	2	-
(평균×가중치)/가중치 합		0.024	0.027	0.008	0.007	0.006	0.005	0.018	0.016	0.060	-	0.002	0.003	0.004	-
														0.180	
														B	

4.1.5 개량 교량 상태평가 결과

가. PSC Box 구간

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
희야대교(부산)	PSC Box Girder	0.229	B	930.0	1.000	0.229
						0.229
						B

나. PSC Beam 구간

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(부산)	PSC Beam Girder	0.180	B	90.0	1.000	0.180
						0.180
						B

4.1.6 교량 전체의 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(부산)	PSC Box Girder	0.229	B	930.0	0.912	0.209
	PSC Beam Girder	0.180	B	90.0	0.088	0.016
						0.225
						B

■ 회야대교(부산)의 결함도 점수 범위에 따른 등급

기 준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤x<0.13	0.13≤x<0.26	0.26≤x<0.49	0.49≤x<0.79	0.79≤x

■ 결함도 범위 : 0.130≤결함도 지수(0.225)≤0.260

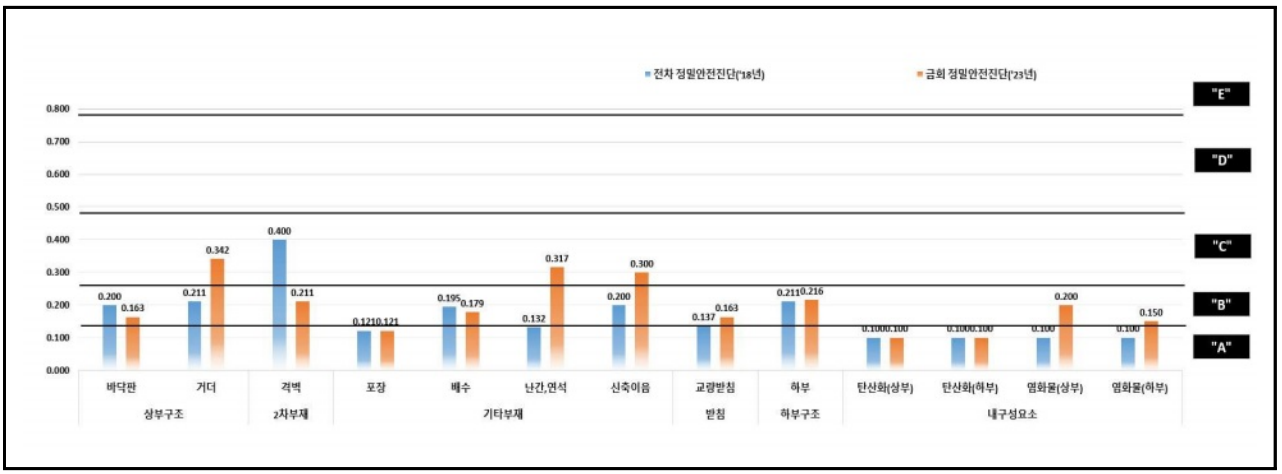
4.2 기 진단(2018년)결과와의 비교・분석

4.2.1 회야대교(울산)

가. PSC Box 구간

• 기 진단(18년)과의 비교・분석결과, 결함도 지수는 감소(0.196→0.222)하였으나, 상태평가 결과(B)의 변화는 없는 것으로 분석되었다.

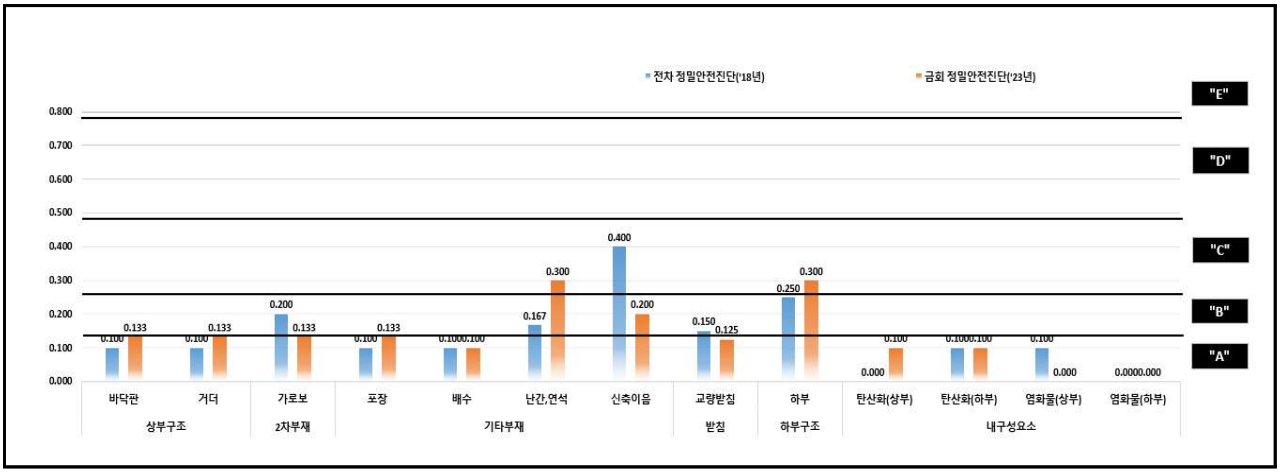
구 분		18년 진단		금회 진단		결함도지수 변화요인
		평가 결과	결함도 지수	평가 결과	결함도 지수	
상부구조	바닥판	b	0.200	b	0.163	・유지보수 실시
	거더	b	0.211	c	0.342	・추가손상(망상균열, 박락 등)
2차부재	격벽	c	0.400	b	0.211	・유지보수 실시
기타부재	포장	a	0.121	a	0.121	・변동없음.
	배수	b	0.195	b	0.179	・유지보수 실시
	난간, 연석	b	0.132	c	0.316	・추가손상(백태, 박락, 파손 등)
	신축이음	c	0.200	c	0.300	・추가손상(후타재 박락 등)
받침	교량받침	b	0.137	b	0.163	・추가손상(균열, 후타재 파손 등)
하부구조	하부	b	0.211	b	0.216	・추가손상(철근노출, 파손 등)
	기초	q	불가	q	불가	・조사불가
내구성요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	・큰 변화 없음(실시위치 상이)
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	a	0.100	b	0.200	
	염화물(하부)	a	0.100	b	0.150	
상태평가결과 / 결함도지수		**B**	**0.196**	**B**	**0.222**	결함도지수 상승(0.196→0.222)



나. PSC Beam 구간

• 기 진단(18년)과의 비교·분석결과결함도 지수는 증가(0.168→0.182)하였으나, 상태평가 결과(B)의 변화는 없는 것으로 분석되었다.

구 분		18년 진단		금회 진단		결함도지수 변화요인
		평가 결과	결함도 지수	평가 결과	결함도 지수	
상부구조	바닥판	a	0.100	b	0.133	· 추가손상(재료분리)
	거더	a	0.100	b	0.133	· 추가손상(망상균열, 재료분리)
2차부재	가로보	b	0.200	b	0.333	· 추가손상(박락, 철근노출 등)
기타부재	포장	a	0.100	b	0.133	· 변동없음.
	배수	a	0.100	a	0.100	· 변동없음.
	난간, 연석	b	0.167	c	0.300	· 추가손상(유간토사퇴적 등)
	신축이음	c	0.400	b	0.200	· 유지보수 실시
받침	교량받침	b	0.150	a	0.125	· 유지보수 실시
하부구조	하부	b	0.250	c	0.300	· 추가손상(망상균열, 박리 등)
	기초	q	불가	q	불가	· 조사불가
내구성요소	탄산화(상부)	-	-	a	0.100	· 큰 변화 없음(실시위치 상이)
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	a	0.100	-	-	
	염화물(하부)	-	-	-	-	
상태평가결과 / 결함도지수		**B**	**0.168**	**B**	**0.182**	결함도지수 상승(0.168→0.182)

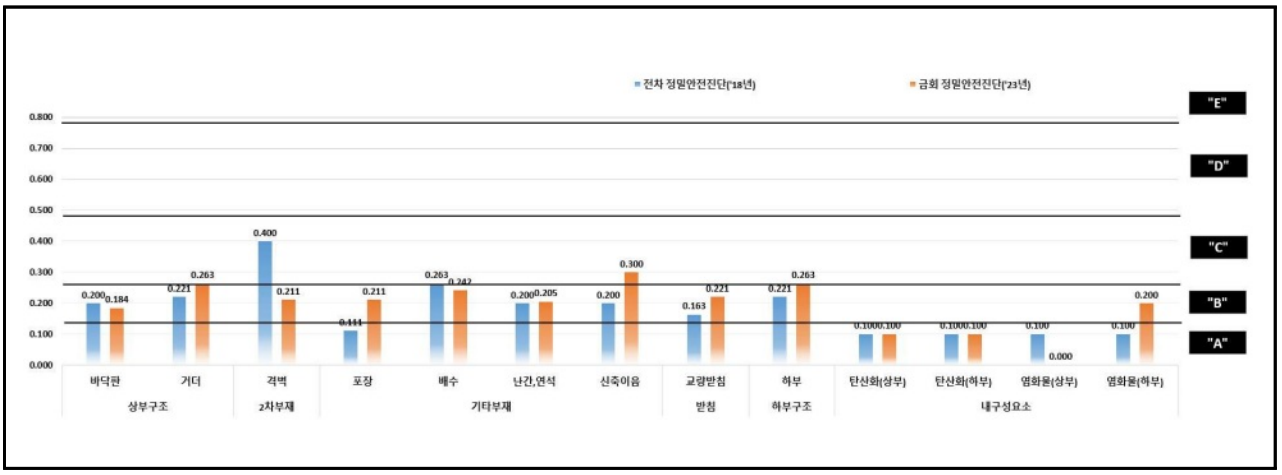


4.2.2 회야대교(부산)

가. PSC Box 구간

• 기 진단(18년)과의 비교・분석결과, 결함도 지수는 증가(0.200→0.229)하였으나, 상태평가결과(B)의 변화는 없는 것으로 분석되었다.

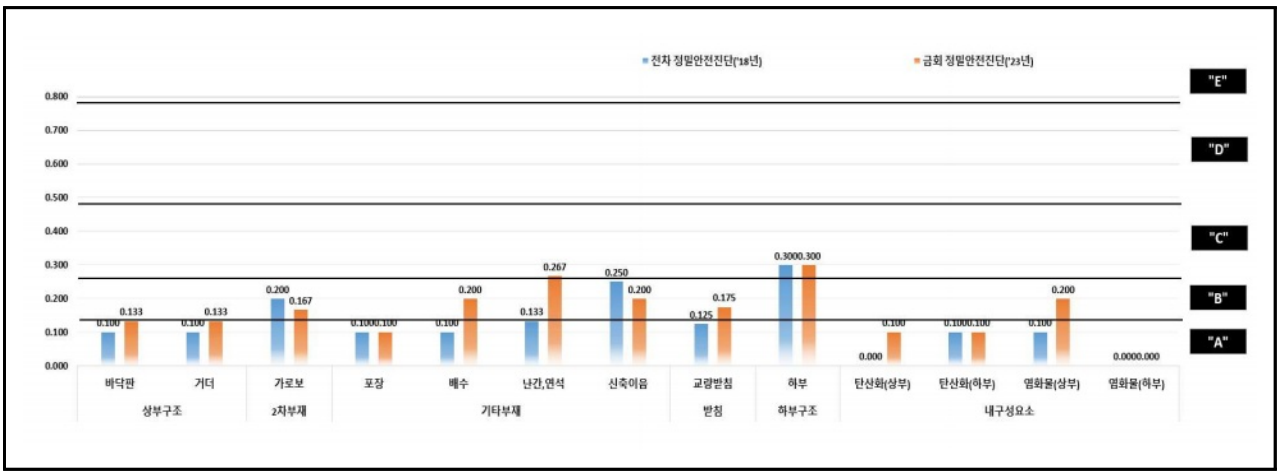
구 분		18년 진단		금회 진단		결함도지수 변화요인
		평가결과	결함도지수	평가결과	결함도지수	
상부구조	바닥판	b	0.200	b	0.184	・추가손상(균열, 망상균열 등)
	거더	b	0.221	c	0.263	・추가손상(망상균열, 파손 등)
2차부재	격벽	c	0.400	b	0.211	・유지보수 실시
기타부재	포장	a	0.111	b	0.211	・추가손상(포장균열)
	배수	c	0.263	b	0.242	・유지보수 실시
	난간, 연석	b	0.200	b	0.205	・추가손상(균열, 철근노출 등)
	신축이음	b	0.200	c	0.300	・추가손상(후타재 박락 등)
받침	교량받침	b	0.163	b	0.221	・추가손상(균열)
하부구조	하부	b	0.221	c	0.263	・추가손상(균열, 파손 등)
	기초	q	불가	q	불가	・조사불가
내구성요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	・큰 변화 없음(실시위치 상이)
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	a	0.100	-	-	
	염화물(하부)	a	0.100	a	0.200	
상태평가결과 / 결함도지수		**B**	**0.200**	**B**	**0.229**	결함도지수 상승(0.220→0.229)



나. PSC Beam 구간

• 기 진단(18년)과의 비교·분석결과결함도 지수는 증가(0.161→0.180)하였으나, 상태평가 결과(B)의 변화는 없는 것으로 분석되었다.

구 분		18년 진단		금회 진단		결함도지수 변화요인
		평가 결과	결함도 지수	평가 결과	결함도 지수	
상부구조	바닥판	a	0.100	b	0.133	· 추가손상(균열부 백태, 파손)
	거더	a	0.100	b	0.133	· 추가손상(재료분리)
2차부재	가로보	b	0.200	b	0.167	· 유지보수 실시
기타부재	포장	a	0.100	a	0.100	· 변동없음.
	배수	a	0.100	b	0.200	· 추가손상(배수구 막힘)
	난간, 연석	b	0.133	c	0.267	· 추가손상(유간토사퇴적 등)
	신축이음	b	0.250	b	0.200	· 유지보수 실시
받침	교량받침	a	0.125	b	0.175	· 추가손상(부식, 균열 등)
하부구조	하부	c	0.300	c	0.300	· 변동없음
	기초	q	불가	q	불가	· 조사불가
내구성요소	탄산화(상부)	-	-	a	0.100	· 큰 변화 없음(실시위치 상이)
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	a	0.100	b	0.200	
	염화물(하부)	-	-	-	-	
상태평가결과 / 결함도지수		**B**	**0.161**	**B**	**0.180**	결함도지수 상승(0.161→0.180)



5. 시설물의 안전성평가

5.1 안전성평가 결과

5.1.1 상부구조 안전성 검토 결과

가. 회야대교(울산)

구 분				검토결과				안전율 (SF)	비고
				설계휨강도 (kN·m)	소요휨강도 (kN·m)	허용휨응력 (MPa)	발생휨응력 (MPa)		
회야대교	종방향	허용응력 설계법	중앙부	-	-	-24.000	-9.656	2.486	
			지점부	-	-	-24.000	-13.912	1.725	
		강도 설계법	중앙부	172099.4	125236.4	-	-	1.374	
			지점부	202221.7	123188.7	-	-	1.642	
	횡방향	강도 설계법	중앙부	455.12	292.37	-	-	1.557	
			지점부	981.82	873.81	-	-	1.124	

구 분				검토결과				안전율 (SF)	비고
				설계휨강도 (kN·m)	소요휨강도 (kN·m)	허용휨응력 (MPa)	발생휨응력 (MPa)		
접속교	거더	강도 설계법	중앙부 내측	15475.7	2960.9	-	-	5.227	
			중앙부 외측	15403.9	2947.6	-	-	5.226	
			지점부 내측	3599	3527.5	-	-	1.020	
			지점부 외측	3599	3456.1	-	-	1.041	
	바닥판	강도 설계법	우측 캔틸레버	62.434	47.633	-	-	1.311	
			좌측 캔틸레버	62.434	48.032	-	-	1.300	
			중앙부	69.327	52.673	-	-	1.316	

나. 회야대교(부산)

구 분				검토결과				안전율 (SF)	비고
				설계휨강도 (kN·m)	소요휨강도 (kN·m)	허용휨응력 (MPa)	발생휨응력 (MPa)		
회야대교	종방향	허용응력 설계법	중앙부	-	-	-24.000	-9.656	2.486	
			지점부	-	-	-24.000	-13.912	1.725	
		강도 설계법	중앙부	172099.4	125236.4	-	-	1.374	
			지점부	202221.7	123188.7	-	-	1.642	
	횡방향	강도 설계법	중앙부	455.12	292.37	-	-	1.557	
			지점부	981.82	873.81	-	-	1.124	

구 분				검토결과				안전율 (SF)	비고
				설계휨강도 (kN·m)	소요휨강도 (kN·m)	허용휨응력 (MPa)	발생휨응력 (MPa)		
접속교	거더	강도 설계법	중앙부 내측	15475.7	2960.9	-	-	5.227	
			중앙부 외측	15403.9	2947.6	-	-	5.226	
			지점부 내측	3599	3527.5	-	-	1.020	
			지점부 외측	3599	3456.1	-	-	1.041	
	바닥판	강도 설계법	우측 캔틸레버	62.434	47.633	-	-	1.311	
			좌측 캔틸레버	62.434	48.032	-	-	1.300	
			중앙부	69.327	52.673	-	-	1.316	

5.1.2 하부구조 안전성 검토 결과

가. 회야대교(울산)

구 분				계산식	판정	비고
A1	단면 검토	전면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{4622.797}{1048.399} = 4.409 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{1894.272}{569.842} = 3.324 > 1$	O.K	kN
		후면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{4622.797}{272.611} = 16.960 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{1894.272}{196.288} = 9.650 > 1$	O.K	kN
		벽체	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{3593.841}{447.942} = 8.023 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{2024.912}{195.639} = 10.350 > 1$	O.K	kN
		흉벽	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{471.623}{261.914} = 1.801 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{114.250}{404.982} = 3.545 > 1$	O.K	kN
P10	기둥 검토	교축직각방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{41690.617}{32581.442} = 1.280 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{54056.592}{22208.953} = 2.434 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
		교축방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{118492.511}{30241.893} = 3.918 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{46915.611}{10633.68} = 4.412 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
	두부보	좌측지점부		1.412 > 1	O.K	kN·m
		중앙부		2.569 > 1	O.K	kN·m
		우측지점부		2.454 > 1	O.K	kN·m
	기초	교축방향		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{77678.461}{56009.643} = 1.387 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 지점부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{83456.965}{27237.045} = 3.064 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 중앙부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{83456.965}{32259.000} = 2.587 > 1$	O.K	kN·m

구 분				계산식	판정	비고
A2	단면 검토	전면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{1087.576}{661.863} = 1.643 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{914.476}{716.041} = 1.277 > 1$	O.K	kN
		후면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{2049.698}{1237.055} = 1.657 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{892.703}{455.636} = 1.959 > 1$	O.K	kN
		벽체	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{3326.662}{1715.230} = 1.939 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{1371.714}{459.671} = 2.984 > 1$	O.K	kN
		흉벽	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{286.971}{136.743} = 2.099 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{470.302}{77.918} = 6.036 > 1$	O.K	kN
P21	기둥 검토	교축직각방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{64725.168}{14000.297} = 4.623 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{16790.201}{2877.498} = 5.835 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
		교축방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{64725.168}{14000.297} = 4.623 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{12190.066}{2106.821} = 5.786 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
	두부보	좌측내민보		3.932 > 1	O.K	kN·m
		중앙부		2.089 > 1	O.K	kN·m
		우측내민보		3.217 > 1	O.K	kN·m
	기초	교축방향		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{49137.004}{14697.825} = 3.343 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 지점부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{24384.487}{6238.945} = 3.908 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 중앙부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{24384.487}{5539.762} = 4.402 > 1$	O.K	kN·m

나. 희야대교(부산)

구 분				계산식	판정	비고
A1	단면 검토	전면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{4622.797}{1048.399} = 4.409 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{1894.272}{569.842} = 3.324 > 1$	O.K	kN
		후면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{4622.797}{272.611} = 16.960 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{1894.272}{196.288} = 9.650 > 1$	O.K	kN
		벽체	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{3593.841}{447.942} = 8.023 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{2024.912}{195.639} = 10.350 > 1$	O.K	kN
		흉벽	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{471.623}{261.914} = 1.801 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{114.250}{404.982} = 3.545 > 1$	O.K	kN
P10	기둥 검토	교축직각방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{41690.617}{32581.442} = 1.280 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{54056.592}{22208.953} = 2.434 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
		교축방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{118492.511}{30241.893} = 3.918 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{46915.611}{10633.68} = 4.412 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
	두부보	좌측지점부		1.412 > 1	O.K	kN·m
		중앙부		2.569 > 1	O.K	kN·m
		우측지점부		2.454 > 1	O.K	kN·m
	기초	교축방향		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{77678.461}{56009.643} = 1.387 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 지점부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{83456.965}{27237.045} = 3.064 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 중앙부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{83456.965}{32259.000} = 2.587 > 1$	O.K	kN·m

구 분				계산식	판정	비고
A2	단면 검토	전면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{749.948}{288.664} = 2.598 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{849.156}{464.380} = 1.829 > 1$	O.K	kN
		후면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{1008.608}{595.643} = 1.693 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{849.156}{215.956} = 3.932 > 1$	O.K	kN
		벽체	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{1008.608}{745.814} = 1.352 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{849.156}{318.080} = 2.669 > 1$	O.K	kN
		흉벽	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{286.971}{215.492} = 1.352 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{470.302}{120.254} = 3.911 > 1$	O.K	kN
P21	기둥 검토	교축직각방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{64725.168}{13127.058} = 4.931 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{15349.544}{2370.220} = 6.476 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
		교축방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{64725.168}{13127.058} = 4.931 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{8745.790}{1414.261} = 6.184 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
	두부보	좌측지점부		3.962 > 1	O.K	kN·m
		중앙부		2.121 > 1	O.K	kN·m
		우측지점부		3.452 > 1	O.K	kN·m
	기초	교축방향		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{49137.004}{13865.748} = 3.544 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 지점부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{24384.487}{5843.222} = 4.173 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 중앙부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{24384.487}{5175.558} = 4.711 > 1$	O.K	kN·m

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과

6.1.1 회야대교(울산)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과			종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F		기준	
회야대교(울산)	0.218	B	상부 구조	1.0 이상	A	B
			하부 구조	1.0 이상	A	
종합평가	•회야대교(울산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B”로 평가됨 •안전성평가 결과 모두 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨 •상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 회야대교(울산)는 “B”로 평가됨					

6.1.2 회야대교(부산)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과			종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F		기준	
회야대교(부산)	0.225	B	상부 구조	1.0 이상	A	B
			하부 구조	1.0 이상	A	
종합평가	•회야대교(부산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B”로 평가됨 •안전성평가 결과 모두 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨 •상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 회야대교(부산)는 “B”로 평가됨					

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	회야대교(부산)	B등급(양호)
	회야대교(울산)	B등급(양호)

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강 및 개략공사비

7.1.1 회야대교(울산)

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	34.60	12.98	㎡	65	843	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	4.00	6.0	m	80	480	1
		망상균열	표면보수	1.20	1.80	㎡	65	117	2
		백태	표면보수	0.54	0.81	㎡	65	53	2
		재료분리	단면보수 +탄산화방지제도포	0.65	0.98	㎡	305	297	2
PSC Box	내부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	62.70	23.51	㎡	65	1,528	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	0.80	1.2	m	80	96	1
		백태	표면보수	0.04	0.06	㎡	65	4	2
		잡철근노출	단면보수 +탄산화방지제도포	0.22	0.33	㎡	305	101	2
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	671.60	251.85	㎡	65	16,370	2
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	36.00	13.50	㎡	65	878	2
		망상균열	표면보수	27.70	41.55	㎡	65	2,701	2
		박락	단면보수 +탄산화방지제도포	0.05	0.08	㎡	305	23	2
		박리	단면보수 +탄산화방지제도포	0.08	0.12	㎡	305	37	2
		파손	단면보수 +탄산화방지제도포	0.43	0.65	㎡	305	197	2
		보수부 박락	표면보수	1.08	1.62	㎡	65	105	2
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	89.80	33.68	㎡	65	2,189	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	0.50	0.75	m	80	60	1
		망상균열	표면보수	46.24	69.36	㎡	65	4,508	2
PSC Beam		망상균열	표면보수	1.50	2.25	㎡	65	146	2
		재료분리	단면보수 +탄산화방지제도포	0.12	0.18	㎡	305	55	2
2차부재		박락, 들뜸	단면보수	8.97	13.46	㎡	240	3,229	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.54	0.81	㎡	277	224	1
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	9.50	3.56	㎡	65	232	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	2.40	3.6	m	80	288	1
		망상균열	표면보수	1.00	1.50	㎡	65	98	2
		백태	표면보수	6.72	10.08	㎡	65	655	2
		박락	단면보수 +탄산화방지제도포	0.60	0.90	㎡	305	275	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.04	0.06	㎡	277	17	1

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부 구조	교대	파손	단면보수	0.01	0.02	㎡	240	4	2
		보수부 들뜸	단면보수 +탄산화방지제도포	0.30	0.45	㎡	305	137	2
	교각	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	397.40	149.03	㎡	65	9,687	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	5.00	7.50	m	80	600	1
		망상균열	표면보수	42.85	64.28	㎡	65	4,178	2
		박리	표면보수	0.66	0.99	㎡	65	64	2
		박락	단면보수 +탄산화방지제도포	0.98	1.47	㎡	305	448	2
교량받침		플레이트 부식	재도장	7	7	개소	80	560	2
		받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	4.30	1.61	㎡	65	105	2
		받침콘크리트 박리	단면보수	0.12	0.18	㎡	240	43	2
		받침콘크리트 파손	단면보수	0.16	0.24	㎡	240	58	2
		받침몰탈 균열	표면보수	1.80	0.68	m	65	44	2
		받침몰탈 박리	단면보수	0.04	0.06	㎡	240	14	2
신축이음장치		유간토사 퇴적	청소	5.00	7.5	m	18	135	3
		너트 및 볼트 탈락	재체결	1	1	개소	10	10	2
		신축이음 자수대책	물받이 설치	15.7	23.6	m	100	2,355	1
기타 부재	배수 시설	배수관 탈락	재설치	2	2	개소	1000	2,000	2
		배수관 파손	재설치	1	1	개소	1000	1,000	2
		배수관 위치불량	재설치	1	1	개소	1000	1,000	2
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	58.20	21.83	㎡	65	1,419	2
		망상균열	표면보수	0.48	0.72	m	65	47	2
		박락	단면보수	0.93	1.395	㎡	240	335	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.80	1.20	㎡	277	332	1
순공사비 합계(천원)									60,379
제경비(순공사비×50%)									30,190
부대공사비									12,076
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위						6,168
			2순위						96,231
			3순위						247
개략공사비 총계(≒)									**102,645**

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 제외한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.

※ 부대공사비는 교통통제, 고소장비, 안전관리자 선임 등을 포함한 금액으로, 순공사비의 20%로 산정하였음.

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

※ 일부 손상은 보수물량 산정 시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.

※ 상기 개략공사비는 금회 현장조사 시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.(2023년 도로공사 유지보수 공종별 단가집 참조)

7.1.2 회야대교(부산)

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개락 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	170.50	63.94	m	65	4,156	2
		균열부 백태(cw=0.3mm미만)	표면보수	2.50	0.94	m	65	61	2
		망상균열	표면보수	18.00	27.00	㎡	65	1,755	2
		백태	표면보수	2.56	3.84	㎡	65	250	2
		파손	단면보수 +탄산화방지제도포	0.40	0.60	㎡	305	183	2
PSC BOX	내부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	52.10	19.54	m	65	1,270	2
		망상균열	표면보수	0.50	0.75	㎡	65	49	2
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	290.60	108.98	m	65	7,083	2
		망상균열	표면보수	15.00	22.50	㎡	65	1,463	2
		파손	단면보수 +탄산화방지제도포	0.02	0.03	㎡	305	9	2
		보수부 박락	표면보수	0.08	0.12	㎡	65	8	2
		보수부 박리	표면보수	0.20	0.30	㎡	65	20	2
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	89.00	33.38	m	65	2,169	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	1.90	2.90	m	80	228	1
		망상균열	표면보수	46.74	70.11	㎡	65	4,557	2
PSC Beam		재료분리	단면보수 +탄산화방지제도포	0.04	0.06	㎡	305	18	2
2차부재		박락, 들뜸	단면보수	1.83	2.75	㎡	240	659	2
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	0.80	0.30	m	65	20	2
		백태	표면보수	2.36	3.54	㎡	65	230	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.69	1.04	㎡	277	287	1
		파손	단면보수 +탄산화방지제도포	0.24	0.36	㎡	305	110	2

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개락 공사비 (천원)	우선 순위
하부 구조	교각	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	307.00	115.13	m	65	7,483	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	8.10	12.2	m	80	972	1
		망상균열	표면보수	122.12	183.18	㎡	65	11,907	2
		백태	표면보수	0.34	0.51	㎡	65	33	2
		들뜸	표면보수	1.42	2.13	㎡	65	138	2
		마감불량	표면보수	0.02	0.03	㎡	65	2	2
		박락, 파손	표면보수	0.34	0.51	㎡	65	33	2
		보수부 박락	표면보수	0.24	0.36	㎡	65	23	2
		박리	표면보수	1.80	2.70	㎡	65	176	2
교량받침		플레이트 부식	재도장	8	8	개소	80	640	2
		도장박리	재도장	0.01	0.02	㎡	80	1	2
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm미만)	표면보수	7.90	2.96	m	65	193	2
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	1.00	1.5	m	80	120	1
		받침콘크리트 망상균열	표면보수	0.30	0.45	㎡	65	29	2
		받침콘크리트 파손	단면보수	0.16	0.24	㎡	240	58	2
		받침콘크리트 박락	단면보수	0.04	0.06	㎡	240	14	2
		받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.19	0.29	㎡	240	68	2
		받침몰탈 균열	표면보수	0.40	0.15	m	65	10	2
		받침몰탈 박락	단면보수	0.06	0.09	㎡	240	22	2
		받침몰탈 파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	240	11	2
신축이음장치		후타재 박락	단면보수	0.10	0.15	㎡	240	36	2
		유간토사 퇴적	청소	7.0	10.5	m	18	189	3
		신축이음 차수대책	물받이 설치	15.7	23.6	m	100	2,355	1

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교면포장		파손	단면보수	0.48	0.72	㎡	240	173	2
기타 부재	배수 시설	배수관 연결부 누수	재설치	2	2	개소	1,000	2,000	2
		배수관 연결부 용접불량	실링처리	1	1	개소	50	50	2
		배수관 연결부 이격	실링처리	2	2	개소	50	100	2
		배수관 탈락	재설치	2	2	개소	1,000	2,000	2
		배수구 막힘	청소	8	8	개소	20	160	2
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	34.50	12.94	m	65	841	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	13.50	20.3	m	80	1,620	1
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	6.00	2.25	m	65	146	2
		공동	단면보수	0.01	0.02	㎡	240	4	2
		박락	단면보수	0.15	0.23	㎡	240	54	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.06	0.09	㎡	277	25	1
순공사비 합계(천원)									56,269
제경비(순공사비×50%)									28,134
부대공사비(순공사비×20%)									11,254
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위						9,531
			2순위						85,532
			3순위						593
개략공사비 총계(≒)									**95,657**

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 제외한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 부대공사비는 교통통제, 고소장비, 안전관리자 선임 등을 포함한 금액으로, 순공사비의 20%로 산정하였음.
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.
※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.
※ 일부 손상은 보수물량 산정 시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.
※ 상기 개략공사비는 금회 현장조사 시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.(2023년 도로공사 유지보수 공종별 단가집 참조)

7.2 유지관리방안

7.2.1 부재별 중점유지관리 사항

가. 희야대교(울산)

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	• 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상) 발생여부 • 재료분리 발생여부
콘크리트 거더	• 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상) 발생여부 • 박락, 박리, 파손 발생여부
2차부재 (격벽, 가로보)	• 격벽 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상) 발생여부 • 가로보 박락, 들뜸, 철근노출 발생여부
하부구조	• 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상) 발생여부 • 철근노출 발생여부 • 박리, 박락, 파손 발생여부
교량받침	• 플레이트 부식으로 인한 추가 손상발생 여부 • 받침콘크리트 및 받침몰탈 균열 발생여부 • 받침콘크리트 박리, 파손 및 받침몰탈 박리 발생여부
신축이음장치	• 온도변화에 따른 가동여유량 확보여부 및 주변부 외관상태(A1, A2) • 하부 누수 여부 및 추가 손상 발생 여부
교면포장	• 공용기간 경과에 따른 손상 여부(포장 균열, 망상균열)
배수시설	• 배수관 탈락, 배수관 탈락 등 발생여부
방호벽 (난간, 연석)	• 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태 발생여부 • 철근노출 발생여부

나. 희야대교(부산)

부재구분	중 점 점 검 내 용
바닥판	•균열(Cw=0.3㎜미만), 균열부 백태 발생여부 •파손 발생여부
콘크리트 거더	• 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열 발생여부 • 보수부 박락, 보수부 박리 발생 여부
2차부재 (격벽, 가로보)	• 격벽 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상) 발생여부 • 가로보 박락, 들뜸 발생여부
하부구조	• 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상) 발생여부 • 철근노출 발생여부 • 보수부 박락, 파손 등 발생여부
교량받침	• 플레이트 부식으로 인한 추가 손상발생 여부 • 받침콘크리트 및 받침몰탈 균열 발생여부 • 받침콘크리트 및 받침몰탈 박락, 파손 발생여부
신축이음장치	• 온도변화에 따른 가동여유량 확보여부 및 주변부 외관상태(A1, A2) • 하부 누수 여부 및 추가 손상 발생 여부
교면포장	• 공용기간 경과에 따른 손상 여부(포장 균열, 망상균열)
배수시설	• 배수관 탈락, 배수관 막힘 등 발생여부
방호벽 (난간, 연석)	• 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상) 발생여부 • 철근노출 발생여부

7.2.2 중점유지관리사항

가. 회야대교(울산)

회야대교(울산) 중점유지관리사항

▣ 중점유지관리 사항

▣ 점검방향 : ① 바닥판 균열(Cw=0.3㎜이상) ⇨ ② 바닥판 백태 ⇨ ③ 교대 흉벽 박락 및 백태 ⇨ ④ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상) ⇨ ⑤ 배수시설 배수관 탈락 ⇨ ⑥ 방호벽 철근노출

◎ 교량의 현황
- 구조물명 : 회야대교(울산)
- 노 선 명 : 부산울산선(35.6km)
- 제 원 : L=1,020m / B=15.7m
- 상부형식 : PSCB(I.L.M[주]) + PSCI
- 하부형식 : 교대 - 역T형
  교각 - 문형, Π형

① 바닥판 균열(Cw=0.3㎜이상)
- 신규 균열 발생여부
- 균열의 진전여부 확인
- 보수 후 재균열 발생 여부 확인

② 바닥판 백태
- 백태의 진전여부 확인
- 보수 후 재손상 발생 여부 확인

③ 교대 흉벽 박락 및 백태
- 손상진전여부 확인
- 신축이음 누수 발생 여부 확인

④ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)
- 신규 균열 발생여부
- 균열의 진전여부 확인
- 보수 후 재균열 발생 여부 확인

⑤ 배수시설 배수관 탈락
- 탈락으로 인한 2차손상 발생여부 확인
- 보수 후 배수시설 지속적 관리

⑥ 방호벽 철근노출
- 철근노출으로 인한 2차손상 발생여부 확인



바닥판 S19 균열(Cw=0.3㎜이상)



바닥판 S6 백태



바닥판 S12 백태



교대 A1 흉벽 박락

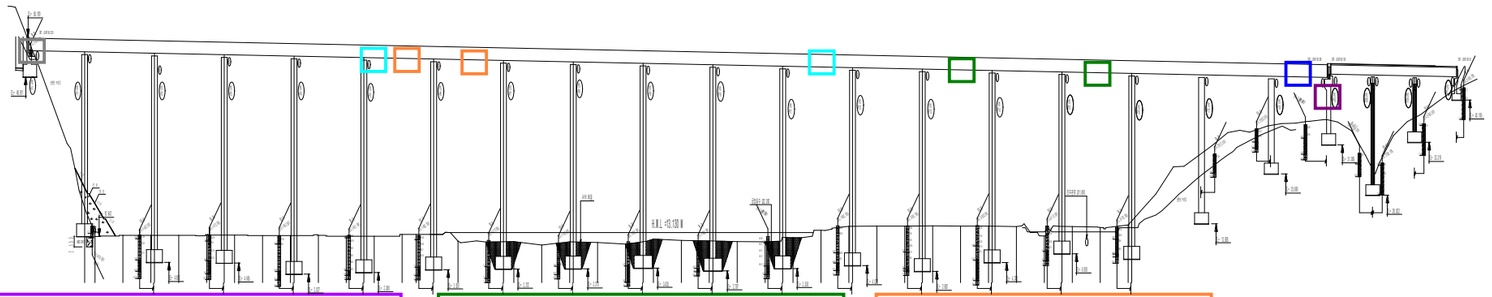


교대 A1 흉벽 백태

③ 교대 A1 흉벽 백태 및 박락
→ 손상 진전, 2차 손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

② 바닥판 백태
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

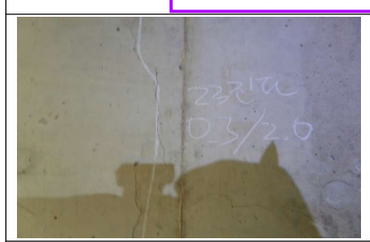
① 바닥판 균열(Cw=0.3㎜이상)
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부



④ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑤ 배수시설 배수관 탈락
→ 2차손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

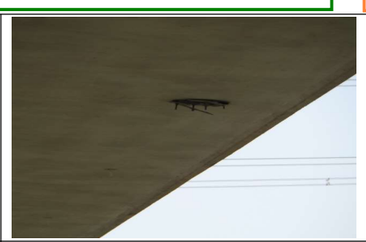
⑥ 방호벽 철근노출
→ 손상 진전, 2차손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부



교각 P19 균열(Cw=0.3㎜이상)



배수시설 S14 배수관 탈락



배수시설 S16 배수관 탈락



방호벽 S6 철근노출



방호벽 S7 철근노출

주) I.L.M공법 : 상부 구조물을 주형 제작장에서 제작하여 교축방향으로 압출하는 연속압출공법(ILM, Incremental Launching Method)

나. 회야대교(부산)

회야대교(부산) 중점유지관리사항

▣ 중점유지관리 사항

▣ 점검방향 : ① 바닥판, 거더 균열(Cw=0.3㎜미만) ⇨ ② 교대 A1 흉벽 철근노출 ⇨ ③ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상) ⇨ ④ 교량받침 P11 도장박리 ⇨ ⑤ 신축이음 S19 후타재 박락 ⇨ ⑥ 배수시설 배수관 탈락 ⇨ ⑦ 방호벽 공동

◎ 교량의 현황
- 구조물명 : 회야대교(부산)
- 노 선 명 : 부산울산선(35.6km)
- 제 원 : L=1,030m / B=15.7m
- 상부형식 : PSCB(I.L.M[주]) + PSCI
- 하부형식 : 교대 - 역T형
  교각 - 문형, Π형



바닥판 S4 균열(Cw=0.3㎜미만)



거더외부 S4 균열(Cw=0.3㎜미만)



교대 A1 흉벽 철근노출



교각 P9 균열(Cw=0.3㎜이상)



교각 P14 균열(Cw=0.3㎜이상)

① 바닥판, 거더 균열(Cw=0.3㎜미만)
- 신규 균열 발생여부
- 균열의 진전여부 확인
- 보수 후 재균열 발생 여부 확인

② 교대 흉벽 철근노출
- 철근노출으로 인한 2차손상 발생여부 확인

③ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)
- 구조적 균열 발생여부
- 균열의 진전여부 확인
- 보수 후 재균열 발생 여부 확인

④ 교량받침 P11 도장박리
- 도장박리로 추가손상 발생여부 확인
- 보수 후 도장손상 재발생 여부 확인

⑤ 신축이음 S19 후타재 박락
- 박락으로 인한 주행차량 방해여부 확인
- 보수 후 재손상 및 추가손상 발생 여부 확인

⑥ 배수시설 배수관 탈락
- 탈락으로 인한 2차손상 발생여부 확인
- 보수 후 배수시설 지속적 관리

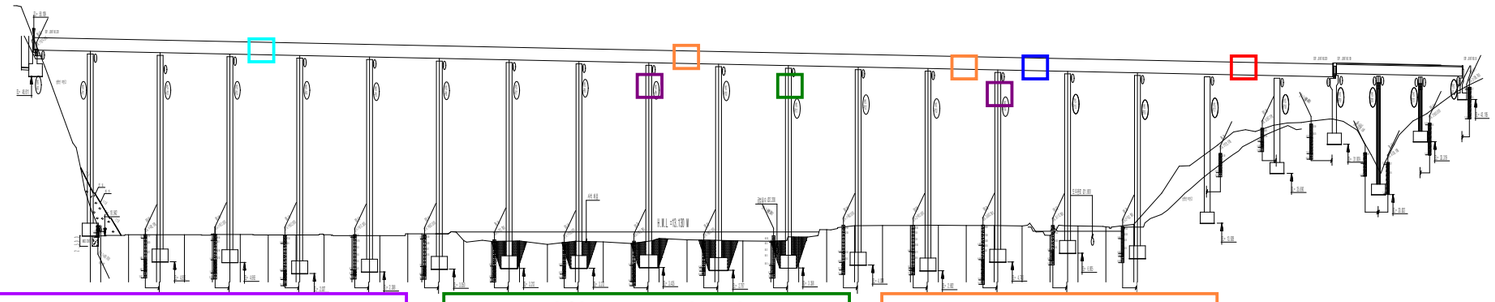
⑦ 방호벽 공동
- 공동으로 인한 내부철근 부식여부 확인

② 교대 A1 흉벽 철근노출
→ 손상 진전, 2차 손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

① 바닥판, 거더 균열(Cw=0.3㎜미만)
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑤ 신축이음 S19 후타재 박락
→ 손상 진전, 2차 손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑦ 방호벽 S15 공동
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부



③ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

④ 교량받침 P11 도장박리
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑥ 배수시설 배수관 탈락
→ 2차손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부



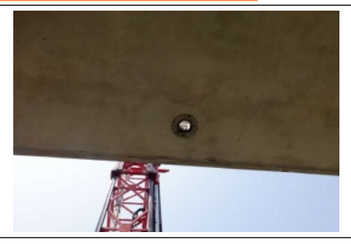
교량받침 P11 도장박리



신축이음 S19 후타재 박락



배수시설 S10 배수관 탈락



배수시설 S14 배수관 탈락



방호벽 S15 공동

주) I.L.M공법 : 상부 구조물을 주형 제작장에서 제작하여 교축방향으로 압출하는 연속압출공법(ILM, Incremental Launching Method)

8. 종합결론

회야대교(울산, 부산)는 울산광역시 울주군 청량면에 위치한 부산울산선 상(35.6㎞)의 고속도로 교량이며, 2008년 12월에 준공되었다. 시공사는 두산중공업(주)이며, 설계하중은 DB-24(DL-24)로 확인되었다.

본 교량의 연장은 1,020.0m(22경간)(울산), 1,030.0m(22경간)(부산)이며, 폭은 15.7m(유효폭:11.0m, 편도3차로)이다. 구조형식으로 상부구조는 PSC Box Girder(S1～S19경간)와 PSC Beam Girder(S20～S22경간)로 시공되었다. 하부구조는 역T형 교대와 문형, Π형 교각이며, 기초형식은 직접기초로 시공되어 있다.

본 과업은 회야대교(울산, 부산)의 준공 이후 2회차 시행하는 정밀안전진단이며, 시공자료 분석을 포함하여 외관조사, 각종시험 및 구조안전성평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

8.1 현장조사, 시험 및 상태평가 결과

○ 바닥판하면에 대한 외관조사 결과, 균열, 망상균열, 백태, 재료분리 등이 조사되었으며, 조사된 대부분의 손상은 경미한 정도로서 구조적 안전성 저하와 관련한 이상징후 및 특이 손상은 발생되지 않은 것으로 나타났다.

○ PSC Box 거더에 대한 외관조사 결과, 균열, 재료분리, 박락, 파손 등이 조사되었으며, 조사된 대부분의 손상은 경미한 정도로서 구조적 안전성 저하와 관련한 이상징후 및 특이 손상은 발생되지 않은 것으로 나타났다.

○ PSC Beam 거더에 대한 외관조사 결과, 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었다. 회야대교(울산) S22경간에서 시공시 발생한 것으로 판단되는 경미한 재료분리 2개소와 S22경간 단부에서 망상균열이 1개소 국부적으로 조사되었으며, 회야대교(부산) S21경간에서 시공시 발생한 것으로 판단되는 경미한 재료분리가 1개소 국부적으로 조사되었다.

○ 격벽에 대한 외관조사결과, 전반적인 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 균열 등 일부 손상에 대해 보수가 완료된 것으로 확인되었다.

○ 2차부재(가로보)에 대한 외관조사결과, 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었다. 회야대교(울산) S20경간(1개소), S21경간(11개소), S22(12개소)에서 들뜸을 동반한 박락손싱이 24개소, 철근노출(일부 들뜸 동반)이 S21경간에서 3개소 조사되었으며, 회야대교(부산) S20경간(8개소), S21경간(5개소)에서 들뜸을 동반한 박락손싱이 13개소 조사되었다.

○ 교대에 대한 외관조사결과, 균열, 백태, 박락, 철근노출, 파손, 보수부 들뜸, 표면오염 등이 조사되었으며, 신축이음부 우수 유입의 영향으로 대부분 흉벽에서 백태, 표면오염 등의 손상이 조사된 것으로 확인되었다.

○ 교각에 대한 외관조사결과, 균열, 망상균열 등이 조사되었으며, 조사된 대부분의 손상은 구조물 안전성에 미칠만한 중대한 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

○ 교량받침, 신축이음은 온도변화에 따른 여유량 확인결과, 회야대교(울산) 신축이음 하반기 교체 후(P19-1)전개소에서 가동여유량이 양호한 것으로 조사되었으며, 그 외 본 교량의 방호벽 균열 및 철근노출, 배수시설 배수관 탈락, 배수구 파손 등 일부 손상에 대해서 보수가 요구된다.

○ 콘크리트의 내구성조사결과 콘크리트의 강도, 철근배근상태, 탄산화 등의 시험항목에 대해서 설계기준을 만족하는 양호한 품질을 유지하고 있는 상태로 평가되었으며, 철근 깊이에서 염화물함유량 시험결과는 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태 및 부식 발생 가능이 낮은 상태인 “a～b” 으로 평가되었다.

○ 상태평가결과, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B(울산=0.218, 부산=0.225)”로 산정되었다.

8.2 안전성평가 결과

○ 구조검토를 통한 안전성 검토결과, 상부구조(거더 및 바닥판) 및 하부구조(교대 및 교각)은 최소안전율이 1.0이상으로 나타나 안전성을 확보하고 있으며, 내하율도 1.0이상으로 설계하중 DB(DL)-24이상의 내하력을 보유하고 있는 상태로 평가되었다.

8.3. 종합결언

○ 회야대교(울산)는 2008년에 준공되어 15년 이상의 공용기간이 경과한 교량시설물로서. 금회진단결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 중대결함 등은 발생되지 않은 것으로 조사되었다.

주요 손상으로 상부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태, 재료분리 등이 조사되었고, 균열손상에 대해서는 표면보수가 필요한 것으로 판단된다.

하부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 단면손상(파손, 보수부 들뜸 등),

철근노출 이 조사되었고, 조사된 손상에 대해서는 표면보수, 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청) 등이 필요한 것으로 판단된다.

교량받침의 온도변화에 따른 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

포장균열, 포장 망상균열은 주의관찰을 실시하며, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시하고, 배수구막힘, 탈락 등은 재설치가 요구된다.

공용중 유지보수를 실시하고 있으나, 국부적인 추가손상이 확인되고 있는 것으로 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보를 위해서는 손상의 진전여부, 추가손상 발생여부 확인 등의 중점관리가 요구된다.

○ 회야대교(부산)는 2008년에 준공되어 15년 이상의 공용기간이 경과한 교량시설물로서. 금회진단결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 중대결함 등은 발생되지 않은 것으로 조사되었다.

주요 손상으로 상부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태 등이 조사되었고, 균열손상에 대해서는 표면보수가 필요한 것으로 판단된다.

하부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 단면손상(박락, 박리 등)이 조사되었고, 조사된 손상에 대해서는 표면보수, 주입보수, 단면보수 등이 필요한 것으로 판단된다.

교량받침의 온도변화에 따른 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

포장균열, 포장 망상균열은 주의관찰을 실시하며, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시하고, 배수구막힘, 막힘 등은 재설치 및 청소가 요구된다.

공용중 유지보수를 실시하고 있으나, 국부적인 추가손상이 확인되고 있는 것으로 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보를 위해서는 손상의 진전여부, 추가손상 발생여부 확인 등의 중점관리가 요구된다.

○ 본 교량의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리사항으로 지정된 신축이음장치의 차수대책, 배수시설의 배수관 탈락 및 파손에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

보고서 목차

◉ 서 두

-. 정밀안전진단 결과표

-. 정밀안전진단 실시결과 요약표

-. 현황표

-. 정밀안전진단 참여기술진

-. 시설물의 위치도

-. 시설물의 전경사진

-. 정밀안전진단 결과 요약문

제 1장 정밀안전진단 개요 ····· 1

1.1 과업의 목적 ····· 3

1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 3

1.2.1 과업의 범위 ····· 3

1.2.2 과업수행기간 ····· 3

1.2.3 과업의 내용 ····· 4

1.3 과업수행 절차 및 일정 ····· 5

1.3.1 과업수행 절차 ····· 5

1.3.2 과업수행 일정 ····· 6

1.4 대상교량의 현황 ····· 7

1.4.1 교량의 현황 ····· 7

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황 ····· 31

1.6 교량기호의 정의 ····· 36

제 2장 자료수집 및 분석 ····· 37

2.1 자료수집 현황 ····· 39

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약 ····· 40

2.2.1 구조계산서 검토 ····· 40

2.2.2 토질 및 지반조사 자료검토 ····· 41

2.3 기존 정밀안전점검 및 정밀안전진단 실시결과 ····60
2.3.1 점검 및 진단이력(울산) ····60
2.3.2 점검 및 진단이력(부산) ····64
2.3.3 기존 정밀안전점검·정밀안전진단 실시결과(울산) ····68
2.3.4 기존 정밀안전점검·정밀안전진단 실시결과(부산) ····70
2.4 보수·보강 이력 ····72
2.4.1 보수·보강 이력 ····72
2.4.2 검토의견 ····73
2.5 시설물의 내진설계 여부 확인 ····74
2.5.1 준공도서 ····74
2.5.2 내진성능평가(2019년 교량 내진보강 설계용역(3구간))(접속교) ····79
2.6 자료분석 결과요약 ····81
2.7 기타 참고자료 ····82

제 3장 현장조사 및 시험 ····83
3.1 개요 ····85
3.1.1 주변현황 및 하중변화 ····89
3.1.2 부재제원 측정 ····90
3.2 외관조사(울산) ····91
3.2.1 상부구조 ····91
3.2.2 하부구조 ····129
3.2.3 기초부 ····152
3.2.4 교량받침 ····154
3.2.5 신축이음장치 ····178
3.2.6 교면포장 ····191
3.2.7 기타부재 ····195
3.2.8 공중이 이용하는 부위 ····210
3.2.9 교량의 공중이용시설 유해・위험요인(10대) 위험요소 점검결과 ····213
3.3 외관조사(부산) ····216
3.3.1 상부구조 ····216
3.3.2 하부구조 ····248
3.3.3 기초부 ····267
3.3.4 교량받침 ····269
3.3.5 신축이음장치 ····295
3.3.6 교면포장 ····309
3.3.7 기타부재 ····314
3.3.8 공중이 이용하는 부위 ····327
3.3.9 교량의 공중이용시설 유해・위험요인(10대) 위험요소 점검결과 ····330

3.4 콘크리트 내구성조사 ····333
3.4.1 개 요 ····333
3.4.2 시험내용 및 평가기준 ····338
3.4.3 시험결과 및 분석(울산) ····356
3.4.4 시험결과 및 분석(부산) ····386
3.5 현장조사 및 시험 결과요약 ····416
3.5.1 외관조사 결과요약(울산) ····416
3.5.2 외관조사 결과요약(부산) ····422
3.5.3 콘크리트 내구성 결과요약(울산) ····428
3.5.4 콘크리트 내구성 결과요약(부산) ····430

제 4장 시설물의 상태평가 ····433
4.1 개요 ····435
4.2 상태평가 항목 및 기준 ····435
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위 ····435
4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치 ····436
4.2.3 상태평가 결과 결정 ····437
4.3 상태평가 결과 ····438
4.3.1 각 부재별 상태평가 결과(울산) ····438
4.3.2 각 부재별 상태평가 결과(부산) ····448
4.3.3 시설물 전체 상태평가 결과(울산) ····458
4.3.4 시설물 전체 상태평가 결과(부산) ····461
4.3.5 기 진단결과와의 비교, 분석(울산) ····464
4.3.6 기 진단결과와의 비교, 분석(부산) ····466

제 5장 시설물의 안전성평가 ····469
5.1 개 요 ····471
5.1.1 안전성검토 ····471
5.2 상부구조 안전성 평가 ····474
5.2.1 PSC BOX구간 안전성평가(울산) ····474
5.2.2 PSC BOX구간 안전성평가(부산) ····505
5.2.3 PSC Beam구간 안전성평가(울산) ····536
5.2.4 PSC Beam구간 안전성평가(부산) ····556
5.3. 내하력 평가 ····576
5.3.1 개 요 ····576
5.3.2 내하력평가 결과(울산) ····577
5.3.3 내하력평가 결과(부산) ····578
5.4 하부구조 안전성평가 ····579
5.4.1 회야대교(울산) 교대(A1) 구조검토 ····579

5.4.2 회야대교(울산) 교각(P10) 구조검토 ····588
5.4.3 회야대교(울산) 교대(A2) 구조검토 ····599
5.4.4 회야대교(울산) 교각(P21) 구조검토 ····608
5.4.5 회야대교(부산) 교대(A1) 구조검토 ····619
5.4.6 회야대교(부산) 교각(P10) 구조검토 ····628
5.4.7 회야대교(부산) 교대(A2) 구조검토 ····639
5.4.8 회야대교(부산) 교각(P21) 구조검토 ····648
5.5 세굴에 대한 안전성평가 ····660
5.5.1 개요 ····660
5.5.2 세굴심 평가 ····662
5.6 안전성평가 결과 ····683
5.6.1 안전성평가 결과 ····683
5.6.2 안전성평가 종합결론 ····689
5.6.3 전차 정밀안전진단과의 결과비교 ····689

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정 ····691
6.1 종합평가 결과 산정절차 ····693
6.1.1 종합평가 결과 산정방법 ····693
6.2 종합평가 결과 ····694
6.2.1 종합평가 결과(울산) ····694
6.2.2 종합평가 결과(부산) ····694
6.3 안전등급 지정 ····695
6.3.1 안전등급 기준 ····695
6.3.2 안전등급 지정 ····695
6.3.3 기 진단결과와의 비교, 분석 ····696

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안 ····697
7.1 개요 ····699
7.2 보수·보강 방안 ····701
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 결정 ····701
7.2.2 결함내용별 보수·보강방안 ····707
7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법 ····712
7.3 보수·보강 개략공사비 ····734
7.4 유지관리 방안 ····739
7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항(울산) ····739
7.4.2 진단결과에 따른 중점유지관리 사항(부산) ····742
7.4.3 유지관리 시 점검요령 ····746
7.4.3 중점 유지관리사항 및 유지관리 시 점검방향 ····759

제 8장 종합결론 ·····763
8.1 현장조사, 시험 및 상태평가 결과 ·····765
8.2 안전성평가 결과 ·····766
8.3 종합결언 ·····766

◉ 부 록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 안전성평가 결과자료
4. 측정, 시험. 계측 성과표
5. 상태평가 결과자료
6. 시설물관리대장 사본
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사자료
9. 사진대지
10. 유해・위험요인(10대) 위험요소 점검결과

표 목 차

【표 1.1】 과업의 내용 ····4
【표 1.2】 정밀안전진단 및 성능평가 과업수행 일정 ····6
【표 1.3】 회야대교(울산) 현황표 ····7
【표 1.4】 회야대교(부산) 현황표 ····8
【표 1.5】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항 ····31
【표 1.6】 검·교정 성적서 현황 ····32
【표 1.7】 교량기호의 정의 ····36

【표 2.1】 자료수집 현황 ····39
【표 2.2】 구조계산 시 설계조건 및 검토결과 ····40
【표 2.3】 지질계통표 ····42
【표 2.4】 시추조사 위치 ····44
【표 2.5】 시추조사 결과 ····57
【표 2.6】 점검 및 진단이력(울산) ····60
【표 2.7】 점검 및 진단이력(부산) ····64
【표 2.8】 전차 정밀안전진단(2018년) 실시결과 요약(울산) ····68
【표 2.9】 전차 정밀안전점검(2022년) 실시결과 요약(울산) ····69
【표 2.10】 전차 정밀안전진단(2018년) 실시결과 요약(부산) ····70
【표 2.11】 전차 정밀안전점검(2022년) 실시결과 요약(부산) ····71
【표 2.12】 회야대교(울산) 보수·보강 이력(울산) ····72
【표 2.13】 회야대교(부산) 보수·보강 이력(부산) ····72
【표 2.14】 내진 설계여부 ····74
【표 2.15】 교각 현황(울산) ····74
【표 2.16】 작용하중(울산) ····75
【표 2.17】 하중 CASE(울산) ····75
【표 2.18】 기둥 검토결과(울산) ····76
【표 2.19】 교각 현황(부산) ····76
【표 2.20】 작용하중(부산) ····77
【표 2.21】 하중 CASE(부산) ····77
【표 2.22】 기둥 검토결과(부산) ····77
【표 2.23】 교량받침 설계 요약(울산) ····78
【표 2.24】 교량받침 설계 요약(부산) ····78
【표 2.25】 교량제원 및 해석방법 ····79

【표 2.26】내진성능평가 결과(울산) ·····79
【표 2.27】내진성능평가 결과(부산) ·····80
【표 2.28】자료분석 결과요약 ·····81
【표 2.29】기타 참고자료 ·····82

【표 3.1】부재별 조사항목 ·····86
【표 3.2】공중이용시설 10대 위험요소 점검요령 및 예방방법 ·····87
【표 3.3】부재별 제원 측정결과(울산) ·····90
【표 3.4】부재별 제원 측정결과(부산) ·····90
【표 3.5】바닥판 하면 외관조사 결과(울산) ·····92
【표 3.6】바닥판 하면 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····96
【표 3.7】시간경과에 따른 균열 발생도(울산) ·····97
【표 3.8】PSC Box 거더 내부 외관조사 결과(울산) ·····100
【표 3.9】PSC Box 거더 내부 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····105
【표 3.10】PSC Box 거더 외부 외관조사 결과(울산) ·····107
【표 3.11】PSC Box 거더 외부 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····115
【표 3.12】격벽 외관조사 결과(울산) ·····118
【표 3.13】격벽 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····122
【표 3.14】PSC Beam 거더 외관조사 결과(울산) ·····124
【표 3.15】PSC Beam 거더 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····125
【표 3.16】2차부재(가로보) 외관조사 결과(울산) ·····126
【표 3.17】2차부재(가로보) 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····129
【표 3.18】교대 외관조사 결과(울산) ·····130
【표 3.19】교대 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····135
【표 3.20】각종 기준에 따른 허용각 변위(울산) ·····138
【표 3.21】변위(직립도) 측정 결과(울산) ·····138
【표 3.22】교각 외관조사 결과(울산) ·····141
【표 3.23】교각 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····150
【표 3.24】교량받침 외관조사 결과(울산) ·····156
【표 3.25】연단거리 측정 결과(울산) ·····162
【표 3.26】교량받침 가동상태 검토결과(울산) ·····163
【표 3.27】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(1차 조사)(울산) ·····166
【표 3.28】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(울산) ·····167
【표 3.29】교량받침 이동량(기상청 통계) 산정(1차 조사)(울산) ·····169
【표 3.30】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(2차 조사)(울산) ·····170
【표 3.31】교량받침 이동량(기상청 통계) 산정(2차 조사)(울산) ·····173
【표 3.32】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(울산) ·····174
【표 3.33】교량받침 기 진단과의 결과 비교(울산) ·····177
【표 3.34】신축이음장치 외관조사 결과(울산) ·····179

【표 3.35】신축이음 유간 측정결과(울산) ·····181
【표 3.36】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(울산) ·····182
【표 3.37】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(1차 조사)(울산) ·····182
【표 3.38】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(울산) ··183
【표 3.39】신축이음 신축이동량(기상청 통계) 산정(1차 조사)(울산) ·····184
【표 3.40】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(1차 조사)(울산) ···184
【표 3.41】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(2차 조사)(울산) ·····185
【표 3.42】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(울산) ··185
【표 3.43】신축이음 신축이동량(기상청 통계) 산정(2차 조사)(울산) ·····186
【표 3.44】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(울산) ···186
【표 3.45】신축이음장치 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····190
【표 3.46】교면포장 외관조사 결과(울산) ·····192
【표 3.47】교면포장 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····194
【표 3.48】배수시설 외관조사 결과(울산) ·····197
【표 3.49】배수시설 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····199
【표 3.50】난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 외관조사 결과(울산) ·····201
【표 3.51】난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····209
【표 3.52】고정식 점검시설 설치현황(울산) ·····211
【표 3.53】공중이용시설 10대 위험요소(울산) ·····213
【표 3.54】바닥판 하면 외관조사 결과(부산) ·····217
【표 3.55】바닥판 하면 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····221
【표 3.56】시간경과에 따른 균열 발생도(부산) ·····222
【표 3.57】PSC Box 거더 내부 외관조사 결과(부산) ·····225
【표 3.58】PSC Box 거더 내부 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····230
【표 3.59】PSC Box 거더 외부 외관조사 결과(부산) ·····231
【표 3.60】PSC Box 거더 외부 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····234
【표 3.61】격벽 외관조사 결과(부산) ·····237
【표 3.62】격벽 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····241
【표 3.63】PSC Beam 거더 외관조사 결과(부산) ·····243
【표 3.64】PSC Beam 거더 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····244
【표 3.65】2차부재(가로보) 외관조사 결과(부산) ·····245
【표 3.66】2차부재(가로보) 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····247
【표 3.67】교대 외관조사 결과(부산) ·····249
【표 3.68】교대 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····251
【표 3.69】각종 기준에 따른 허용각 변위(부산) ·····254
【표 3.70】변위(직립도) 측정 결과(부산) ·····254
【표 3.71】교각 외관조사 결과(부산) ·····257
【표 3.72】교각 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····265
【표 3.73】교량받침 외관조사 결과(부산) ·····270

【표 3.74】 연단거리 측정 결과(부산) ·····276
【표 3.75】 교량받침 가동상태 검토결과(부산) ·····277
【표 3.76】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(1차 조사)(부산) ·····280
【표 3.77】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(부산) ·····281
【표 3.78】 교량받침 이동량(기상청 통계) 산정(1차 조사)(부산) ·····283
【표 3.79】 교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(1차 조사)(부산) ·····284
【표 3.80】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(2차 조사)(부산) ·····286
【표 3.81】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(부산) ·····287
【표 3.82】 교량받침 이동량(기상청 통계) 산정(2차 조사)(부산) ·····289
【표 3.83】 교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(부산) ·····290
【표 3.84】 교량받침 기 진단과의 결과 비교(부산) ·····293
【표 3.85】 신축이음장치 외관조사 결과(부산) ·····296
【표 3.86】 신축이음 유간 측정결과(부산) ·····299
【표 3.87】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(부산) ·····300
【표 3.88】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(1차 조사)(부산) ·····300
【표 3.89】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(부산) ·····301
【표 3.90】 신축이음 신축이동량(기상청 통계) 산정(1차 조사)(부산) ·····302
【표 3.91】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(1차 조사)(부산) ·····302
【표 3.92】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(2차 조사)(부산) ·····303
【표 3.93】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(부산) ·····303
【표 3.94】 신축이음 신축이동량(기상청 통계) 산정(2차 조사)(부산) ·····304
【표 3.95】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(부산) ···304
【표 3.96】 신축이음장치 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····307
【표 3.97】 교면포장 외관조사 결과(부산) ·····310
【표 3.98】 교면포장 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····313
【표 3.99】 배수시설 외관조사 결과(부산) ·····315
【표 3.100】 배수시설 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····319
【표 3.101】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 외관조사 결과(부산) ·····321
【표 3.102】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····326
【표 3.103】 고정식 점검시설 설치현황(부산) ·····328
【표 3.104】 공중이용시설 10대 위험요소(부산) ·····330
【표 3.105】 콘크리트 내구성조사 현황(울산) ·····333
【표 3.106】 콘크리트 내구성조사 현황(부산) ·····334
【표 3.107】 콘크리트 내구성조사 위치선정 사유 ·····334
【표 3.108】 반발경도시험 시험내용 및 평가기준 ·····338
【표 3.109】 반발경도시험 시험보고서(울산) ·····339
【표 3.110】 반발경도시험 시험보고서(부산) ·····340
【표 3.111】 초음파전달속도시험 시험내용 및 평가기준 ·····341
【표 3.112】 초음파전달속도시험 시험보고서(울산) ·····342

【표 3.113】초음파전달속도시험 시험보고서(부산) ·····343
【표 3.114】코어 압축강도시험 시험내용 및 평가기준 ·····344
【표 3.115】코어 압축강도시험 시험보고서(울산) ·····345
【표 3.116】코어 압축강도시험 시험보고서(부산) ·····346
【표 3.117】철근탐사시험 시험내용 및 평가기준 ·····347
【표 3.118】철근탐사시험 시험보고서(울산) ·····348
【표 3.119】철근탐사시험 시험보고서(부산) ·····349
【표 3.120】탄산화 깊이 측정 시험내용 및 평가기준 ·····350
【표 3.121】탄산화 깊이 측정 시험보고서(울산) ·····351
【표 3.122】탄산화 깊이 측정 시험보고서(부산) ·····352
【표 3.123】염화물 함유량시험 시험내용 및 평가기준 ·····353
【표 3.124】염화물 함유량시험 시험보고서(울산) ·····354
【표 3.125】염화물 함유량시험 시험보고서(부산) ·····354
【표 3.126】균열깊이 조사 시험내용 및 평가기준 ·····355
【표 3.127】상부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(울산) ·····357
【표 3.128】상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(울산) ·····357
【표 3.129】하부구조(보통 콘크리트) 비파괴강도 시험결과(MPa)(울산) ·····360
【표 3.130】반발경도 시험(보통 콘크리트) 결과 요약(울산) ·····361
【표 3.131】반발경도 시험(고강도 콘크리트) 결과 요약(울산) ·····361
【표 3.132】비건전부 위치선정 현황(울산) ·····362
【표 3.133】건전부/비건전부 비교 결과(울산) ·····362
【표 3.134】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 반발경도 시험 결과 비교(울산) ·····363
【표 3.135】상부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(울산) ·····364
【표 3.136】상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(울산) ·····364
【표 3.137】하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(울산) ·····367
【표 3.138】초음파 전달속도 시험 결과 요약(울산) ·····368
【표 3.139】전차 정밀안전진단 초음파 전달속도시험 결과 비교(울산) ·····369
【표 3.140】콘크리트 코어 상태조사(2023년)(울산) ·····370
【표 3.141】코어 압축강도시험 결과(MPa)(울산) ·····370
【표 3.142】보정계수의 결정(울산) ·····371
【표 3.143】하부구조(반발경도벱) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(울산) ·····371
【표 3.144】하부구조(초음파속도법) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(울산) ·····373
【표 3.145】보정계수 선정에 의한 비파괴강도 결과분석(울산) ·····374
【표 3.146】전차 정밀안전진단 추정 비파괴강도 결과 비교(울산) ·····375
【표 3.147】상부구조 철근탐사 시험결과(울산) ·····376
【표 3.148】하부구조 철근탐사 시험결과(울산) ·····379
【표 3.149】철근탐사시험 결과 요약(울산) ·····381
【표 3.150】전차 정밀안전진단 철근탐사시험 결과 비교(울산) ·····381
【표 3.151】상부구조 탄산화 깊이 측정 결과(울산) ·····382

【표 3.152】하부구조 탄산화 깊이 측정 결과(울산) ·····382
【표 3.153】탄산화 깊이 측정 결과 요약(울산) ·····383
【표 3.154】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 탄산화 깊이 측정 결과 비교(울산) 383
【표 3.155】염화물함유량 시험 결과(울산) ·····384
【표 3.156】염화물함유량 시험 결과 요약(울산) ·····385
【표 3.157】전차 정밀안전진단 염화물함유량 결과 비교(울산) ·····385
【표 3.158】상부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(부산) ·····387
【표 3.159】상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(부산) ·····387
【표 3.160】하부구조(보통 콘크리트) 비파괴강도 시험결과(MPa)(부산) ·····390
【표 3.161】반발경도 시험(보통 콘크리트) 결과 요약(부산) ·····391
【표 3.162】반발경도 시험(고강도 콘크리트) 결과 요약(부산) ·····391
【표 3.163】비건전부 위치선정 현황(부산) ·····392
【표 3.164】건전부/비건전부 비교 결과(부산) ·····392
【표 3.165】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 반발경도 시험 결과 비교(부산) ·····393
【표 3.166】상부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(부산) ·····394
【표 3.167】상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(부산) ·····394
【표 3.168】하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(부산) ·····397
【표 3.169】초음파 전달속도 시험 결과 요약(부산) ·····398
【표 3.170】전차 정밀안전진단 초음파 전달속도시험 결과 비교(부산) ·····399
【표 3.171】콘크리트 코어 상태조사(2023년)(부산) ·····400
【표 3.172】코어 압축강도시험 결과(MPa)(부산) ·····400
【표 3.173】보정계수의 결정(부산) ·····401
【표 3.174】하부구조(반발경도벱) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(부산) ·····401
【표 3.175】하부구조(초음파속도법) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(부산) ·····403
【표 3.176】보정계수 선정에 의한 비파괴강도 결과분석(부산) ·····404
【표 3.177】전차 정밀안전진단 추정 비파괴강도 결과 비교(부산) ·····405
【표 3.178】상부구조 철근탐사 시험결과(부산) ·····406
【표 3.179】하부구조 철근탐사 시험결과(부산) ·····409
【표 3.180】철근탐사시험 결과 요약(부산) ·····411
【표 3.181】전차 정밀안전진단 철근탐사시험 결과 비교(부산) ·····411
【표 3.182】상부구조 탄산화 깊이 측정 결과(부산) ·····412
【표 3.183】하부구조 탄산화 깊이 측정 결과(부산) ·····412
【표 3.184】탄산화 깊이 측정 결과 요약(부산) ·····413
【표 3.185】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 탄산화 깊이 측정 결과 비교(부산) 413
【표 3.186】염화물함유량 시험 결과(부산) ·····414
【표 3.187】염화물함유량 시험 결과 요약(부산) ·····415
【표 3.188】전차 정밀안전진단 염화물함유량 결과 비교(부산) ·····415
【표 3.189】금회 진단 외관조사 결과요약(울산) ·····416
【표 3.190】기 진단(2018년) 외관조사 결과 비교(울산) ·····419

【표 3.191】 금회 진단 외관조사 결과요약(부산) ····422
【표 3.192】 기 진단(2018년) 외관조사 결과 비교(부산) ····425
【표 3.193】 금회 정밀안전진단 내구성조사 결과요약(울산) ····428
【표 3.194】 내구성조사 전차 정밀안전진단(2018년)결과와의 비교(울산) ····429
【표 3.195】 금회 정밀안전진단 내구성조사 결과요약(부산) ····430
【표 3.196】 내구성조사 전차 정밀안전진단(2018년)결과와의 비교(부산) ····431

【표 4.1】 부재별 상태평가 적용 범위 ····435
【표 4.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치 ····436
【표 4.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준 ····437
【표 4.4】 바닥판 상태평가 결과(울산) ····438
【표 4.5】 거더 상태평가 결과(울산) ····439
【표 4.6】 2차부재(격벽) 상태평가 결과(울산) ····440
【표 4.7】 2차부재(가로보) 상태평가 결과(울산) ····440
【표 4.8】 교대 상태평가 결과(울산) ····441
【표 4.9】 교각 상태평가 결과(울산) ····441
【표 4.10】 기초 상태평가 결과(울산) ····442
【표 4.11】 교량받침 상태평가 결과(울산) ····443
【표 4.12】 신축이음 상태평가 결과(울산) ····444
【표 4.13】 교면포장 상태평가 결과(울산) ····444
【표 4.14】 배수시설 상태평가 결과(울산) ····445
【표 4.15】 난간 및 연석 상태평가 결과(울산) ····446
【표 4.16】 탄산화 상태평가 결과(울산) ····447
【표 4.17】 염화물 상태평가 결과(울산) ····447
【표 4.18】 바닥판 상태평가 결과(부산) ····448
【표 4.19】 거더 상태평가 결과(부산) ····449
【표 4.20】 2차부재(격벽) 상태평가 결과(부산) ····450
【표 4.21】 2차부재(가로보) 상태평가 결과(부산) ····450
【표 4.22】 교대 상태평가 결과(부산) ····451
【표 4.23】 교각 상태평가 결과(부산) ····451
【표 4.24】 기초 상태평가 결과(부산) ····452
【표 4.25】 교량받침 상태평가 결과(부산) ····453
【표 4.26】 신축이음 상태평가 결과(부산) ····454
【표 4.27】 교면포장 상태평가 결과(부산) ····454
【표 4.28】 배수시설 상태평가 결과(부산) ····455
【표 4.29】 난간 및 연석 상태평가 결과(부산) ····456
【표 4.30】 탄산화 상태평가 결과(부산) ····457
【표 4.31】 염화물 상태평가 결과(부산) ····457
【표 4.32】 상태평가 결과표(PSC Box 구간)(울산) ····458

【표 4.33】상태평가 결과표(PSC Beam 구간)(울산) ·····459
【표 4.34】회야대교(울산) 상태평가 결과표(PSC Box 구간)(울산) ·····459
【표 4.35】회야대교(울산) 상태평가 결과표(PSC Beam 구간)(울산) ·····459
【표 4.36】회야대교(울산) 상태평가 결과표(전체)(울산) ·····460
【표 4.37】공중이 이용하는 부위 상태평가 결과(울산) ·····460
【표 4.38】상태평가 결과표(PSC Box 구간)(부산) ·····461
【표 4.39】상태평가 결과표(PSC Beam 구간)(부산) ·····462
【표 4.40】회야대교(부산) 상태평가 결과표(PSC Box 구간)(부산) ·····462
【표 4.41】회야대교(부산) 상태평가 결과표(PSC Beam 구간)(부산) ·····462
【표 4.42】회야대교(부산) 상태평가 결과표(전체)(부산) ·····463
【표 4.43】공중이 이용하는 부위 상태평가 결과(부산) ·····463
【표 4.44】기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(PSC Box 구간)(울산) ·····464
【표 4.45】기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(PSC Beam 구간)(울산) ·····465
【표 4.46】기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(PSC Box 구간)(부산) ·····466
【표 4.47】기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(PSC Beam 구간)(부산) ·····467

【표 5.1】상부구조 및 하부구조 검토단면 선정 ·····471
【표 5.2】구조검토시 적용 물성치 및 하중조건 ·····472
【표 5.3】부재의 허용응력(울산) ·····475
【표 5.4】2차 고정하중(울산) ·····478
【표 5.5】이동하중 해석시 기본 설정내용(울산) ·····478
【표 5.6】하중조합(강도설계법 및 허용응력 설계법)(울산) ·····480
【표 5.7】주요단면 응력검토(MPa)(울산) ·····487
【표 5.8】계수단면력 산정결과(울산) ·····490
【표 5.9】허용처짐값(울산) ·····495
【표 5.10】활하중에 의한 처짐 검토(울산) ·····495
【표 5.11】받침반력 산정 결과 [단위 : kN](울산) ·····496
【표 5.12】2차 고정하중(울산) ·····499
【표 5.13】표준트럭하중(DB-24) 축중량(울산) ·····499
【표 5.14】충격계수 산정결과(울산) ·····499
【표 5.15】횡방향 검토시 하중조합(울산) ·····500
【표 5.16】허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가 단위:kN/㎡(울산) ·····504
【표 5.17】극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가 단위:kN・m(울산) ·····504
【표 5.18】횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가 단위:kN・m(울산) ·····504
【표 5.19】부재의 허용응력(부산) ·····506
【표 5.20】2차 고정하중(부산) ·····509
【표 5.21】이동하중 해석시 기본 설정내용(부산) ·····509
【표 5.22】하중조합(강도설계법 및 허용응력 설계법)(부산) ·····511
【표 5.23】주요단면 응력검토(MPa)(부산) ·····518

【표 5.24】계수단면력 산정결과(부산) ·····521
【표 5.25】허용처짐값(부산) ·····526
【표 5.26】활하중에 의한 처짐 검토(부산) ·····526
【표 5.27】받침반력 산정 결과 [단위 : kN](부산) ·····527
【표 5.28】2차 고정하중(부산) ·····530
【표 5.29】표준트럭하중(DB-24) 축중량(부산) ·····530
【표 5.30】충격계수 산정결과(부산) ·····530
【표 5.31】횡방향 검토시 하중조합(부산) ·····531
【표 5.32】허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가 단위:kN/㎡(부산) ·····535
【표 5.33】극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가 단위:kN・m(부산) ·····535
【표 5.34】횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가 단위:kN・m(부산) ·····535
【표 5.35】상부구조 검토단면 선정(울산) ·····536
【표 5.36】설계 당시와 현행 설계기준 조건비교(울산) ·····537
【표 5.37】구조검토시 적용 물성치 및 하중조건(울산) ·····537
【표 5.38】바닥판의 단면검토 결과(울산) ·····546
【표 5.39】시점경간 중앙부(울산) ·····549
【표 5.40】시점 지점부(울산) ·····549
【표 5.41】내측경간 중앙부(울산) ·····550
【표 5.42】거더의 단면검토 결과(울산) ·····554
【표 5.43】교량받침 용량검토(울산) ·····554
【표 5.44】상부구조 검토단면 선정(부산) ·····556
【표 5.45】설계 당시와 현행 설계기준 조건비교(부산) ·····557
【표 5.46】구조검토시 적용 물성치 및 하중조건(부산) ·····557
【표 5.47】바닥판의 단면검토 결과(부산) ·····566
【표 5.48】시점경간 중앙부(부산) ·····569
【표 5.49】시점 지점부(부산) ·····570
【표 5.50】내측경간 중앙부(부산) ·····570
【표 5.51】거더의 단면검토 결과(부산) ·····574
【표 5.52】교량받침 용량검토(부산) ·····574
【표 5.53】강도설계법에 의한 거더의 내하력평가 결과(울산) ·····577
【표 5.54】강도설계법에 의한 바닥판의 내하력평가 결과(울산) ·····577
【표 5.55】강도설계법에 의한 거더의 내하력평가 결과(부산) ·····578
【표 5.56】강도설계법에 의한 바닥판의 내하력평가 결과(부산) ·····578
【표 5.57】각 부재별 단면검토 결과(A1)(울산) ·····587
【표 5.58】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(A1)(울산) ·····587
【표 5.59】단면제정수 산정(P10)(울산) ·····594
【표 5.60】부재력 집계(P10)(울산) ·····595
【표 5.61】기둥 단면검토 결과(P10)(울산) ·····595
【표 5.62】각 부재별 단면검토 결과(P10)(울산) ·····598

【표 5.63】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(P10)(울산) ·····598
【표 5.64】각 부재별 단면검토 결과(A2)(울산) ·····607
【표 5.65】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(A2)(울산) ·····607
【표 5.66】단면제정수 산정(P21)(울산) ·····614
【표 5.67】부재력 집계(P21)(울산) ·····615
【표 5.68】기둥 단면검토 결과(P21)(울산) ·····615
【표 5.69】각 부재별 단면검토 결과(P21)(울산) ·····618
【표 5.70】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(P21)(울산) ·····618
【표 5.71】각 부재별 단면검토 결과(A1)(부산) ·····627
【표 5.72】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(A1)(부산) ·····627
【표 5.73】단면제정수 산정(P10)(부산) ·····634
【표 5.74】부재력 집계(P10)(부산) ·····635
【표 5.75】기둥 단면검토 결과(P10)(부산) ·····635
【표 5.76】각 부재별 단면검토 결과(P10)(부산) ·····638
【표 5.77】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(P10)(부산) ·····638
【표 5.78】각 부재별 단면검토 결과(A2)(부산) ·····647
【표 5.79】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(A2)(부산) ·····647
【표 5.80】단면제정수 산정(P21)(부산) ·····655
【표 5.81】부재력 집계(P21)(부산) ·····655
【표 5.82】기둥 단면검토 결과(P21)(부산) ·····656
【표 5.83】각 부재별 단면검토 결과(P21)(부산) ·····659
【표 5.84】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(P21)(부산) ·····659
【표 5.85】상부구조 안전성 평가결과(회야대교(울산)) ·····683
【표 5.86】상부구조 안전성 평가결과(회야대교(부산)) ·····684
【표 5.87】하부구조 안전성 평가결과(회야대교(울산)) ·····685
【표 5.88】하부구조 안전성 평가결과(회야대교(부산)) ·····687
【표 5.89】세굴에 대한 안전성 평가결과 ·····689
【표 5.90】전차 정밀안전진단과의 결과비교(울산) ·····689
【표 5.91】전차 정밀안전진단과의 결과비교(부산) ·····690

【표 6.1】종합평가 결과(울산) ·····694
【표 6.2】종합평가 결과(부산) ·····694
【표 6.3】시설물의 안전등급 ·····695
【표 6.4】안전등급 지정 ·····695
【표 6.5】기 진단 결과와의 종합평가 결과 비교 ·····696

【표 7.1】시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항 ·····700
【표 7.2】보수・보강 우선순위 결정 기준 ·····701
【표 7.3】 시특법 시행령 제12조에 의한 “대통령령이 정하는 중대한 결함” 유무(교량) ·····702

【표 7.4】 균열 보수 필요성 판단기준 ····· 703
【표 7.5】 박리 보수 필요성 판단기준 ····· 703
【표 7.6】 박락 보수 필요성 판단기준 ····· 704
【표 7.7】 누수/백태 보수 필요성 판단기준 ····· 704
【표 7.8】 철근부식 보수 필요성 판단기준 ····· 704
【표 7.9】 보수・보강 일람표(울산) ····· 707
【표 7.10】 보수・보강 일람표(부산) ····· 710
【표 7.11】 수지주입공법의 종류 ····· 713
【표 7.12】 균열폭에 알맞은 수지의 점도 ····· 713
【표 7.13】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격 ····· 714
【표 7.14】 에폭시계 수지의 규격 ····· 714
【표 7.15】 표면처리공법 공법비교안 ····· 717
【표 7.16】 주입보수공법 공법비교안 ····· 719
【표 7.17】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류 ····· 722
【표 7.18】 단면복구(보수) 공법비교안 ····· 725
【표 7.19】 보수・보강 개략공사비(울산) ····· 734
【표 7.20】 보수・보강 개략공사비(부산) ····· 736

그 림 목 차

【그림 1.1】정밀안전진단 과업수행 흐름도 ·····5
【그림 1.2】종·평면도 및 횡단면도(울산) ·····9
【그림 1.3】PSC Box 일반도(울산) ·····10
【그림 1.4】PSC Box 단면도(울산) ·····11
【그림 1.5】슬래브(PSC Beam) 일반도(울산) ·····12
【그림 1.6】PSC Beam 일반도(울산) ·····13
【그림 1.7】교대 A1 일반도(울산) ·····14
【그림 1.8】교대 A2 일반도(울산) ·····15
【그림 1.9】교각(PSC Box) 일반도(울산) ·····16
【그림 1.10】교각(PSC Beam) 일반도(울산) ·····17
【그림 1.11】교량받침(PSC Box) 배치도(울산) ·····18
【그림 1.12】교량받침(PSC Beam) 배치도(울산) ·····19
【그림 1.13】종·평면도 및 횡단면도(부산) ·····20
【그림 1.14】PSC Box 일반도(부산) ·····21
【그림 1.15】PSC Box 단면도(부산) ·····22
【그림 1.16】슬래브(PSC Beam) 일반도(부산) ·····23
【그림 1.17】PSC Beam 일반도(부산) ·····24
【그림 1.18】교대 A1 일반도(부산) ·····25
【그림 1.19】교대 A2 일반도(부산) ·····26
【그림 1.20】교각(PSC Box) 일반도(부산) ·····27
【그림 1.21】교각(PSC Beam) 일반도(부산) ·····28
【그림 1.22】교량받침(PSC Box) 배치도(부산) ·····29
【그림 1.23】교량받침(PSC Beam) 배치도(부산) ·····30

【그림 2.1】지질도 ·····43
【그림 2.2】시추조사 주상도 ·····45

【그림 3.1】바닥판 하면 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····96
【그림 3.2】PSC Box 주요도면(울산) ·····99
【그림 3.3】PSC Box 거더 내부 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····106
【그림 3.4】PSC Box 거더 외부 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····115
【그림 3.5】격벽 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····122
【그림 3.6】PSC Beam 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····125

【그림 3.7】 2차부재(가로보) 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····129
【그림 3.8】 교대 기 점검 결과와의 비교(울산) ·····135
【그림 3.9】 교각 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····151
【그림 3.10】 교량받침 배치도(울산) ·····154
【그림 3.11】 도로교설계기준 연단거리 산출방법 ·····161
【그림 3.12】 교량받침 기 점검 결과와의 비교(울산) ·····177
【그림 3.13】 신축이음장치 위치도 및 전경(울산) ·····178
【그림 3.14】 신축이음장치 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····190
【그림 3.15】 교면포장 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····194
【그림 3.16】 배수시설 위치도(울산) ·····195
【그림 3.17】 배수시설 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····199
【그림 3.18】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 기 진단 결과와의 비교(울산) ·····209
【그림 3.19】 바닥판 하면 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····221
【그림 3.20】 PSC Box 주요도면(부산) ·····224
【그림 3.21】 PSC Box 거더 내부 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····230
【그림 3.22】 PSC Box 거더 외부 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····234
【그림 3.23】 격벽 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····241
【그림 3.24】 PSC Beam 거더 횡단면도(부산) ·····242
【그림 3.25】 PSC Beam 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····244
【그림 3.26】 2차부재(가로보) 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····247
【그림 3.27】 교대 기 점검 결과와의 비교(부산) ·····251
【그림 3.28】 교각 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····265
【그림 3.29】 교량받침 배치도(부산) ·····269
【그림 3.30】 도로교설계기준 연단거리 산출방법(부산) ·····275
【그림 3.31】 교량받침 기 점검 결과와의 비교(부산) ·····294
【그림 3.32】 신축이음장치 준공당시 상세도 및 전경(부산) ·····295
【그림 3.33】 신축이음장치 위치도(부산) ·····296
【그림 3.34】 신축이음장치 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····307
【그림 3.35】 교면포장 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····313
【그림 3.36】 배수시설 위치도(부산) ·····315
【그림 3.37】 배수시설 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····31
【그림 3.38】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 기 진단 결과와의 비교(부산) ·····326

【그림 3.39】 콘크리트 내구성조사 위치도(울산) ·····336
【그림 3.40】 콘크리트 내구성조사 위치도(부산) ·····337
【그림 3.41】 상부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(울산) ·····357
【그림 3.42】 상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(울산) ·····359
【그림 3.43】 하부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(울산) ·····360
【그림 3.44】 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검 결과 비교(울산) ·····363

【그림 3.45】상부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(울산) ·····364
【그림 3.46】상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(울산) ·····366
【그림 3.47】하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(울산) ·····367
【그림 3.48】전차 정밀안전진단 결과 비교(울산) ·····369
【그림 3.49】하부구조 추정비파괴강도 결과 그래프(울산) ·····374
【그림 3.50】전차 정밀안전진단 추정 비파괴 강도 결과와 비교 ·····375
【그림 3.51】상부구조 탄산화 깊이 측정 결과(울산) ·····382
【그림 3.52】하부구조 탄산화 깊이 측정 결과(울산) ·····383
【그림 3.53】염화물함유량 시험 결과(울산) ·····384
【그림 3.54】상부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(부산) ·····387
【그림 3.55】상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(부산) ·····389
【그림 3.56】하부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(부산) ·····390
【그림 3.57】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검 결과 비교(부산) ·····393
【그림 3.58】상부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(부산) ·····394
【그림 3.59】상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(부산) ·····396
【그림 3.60】하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(부산) ·····397
【그림 3.61】전차 정밀안전진단 결과 비교(부산) ·····399
【그림 3.62】하부구조 추정비파괴강도 결과 그래프(부산) ·····404
【그림 3.63】전차 정밀안전진단 추정 비파괴 강도 결과와 비교(부산) ·····405
【그림 3.64】상부구조 탄산화 깊이 측정 결과(부산) ·····412
【그림 3.65】하부구조 탄산화 깊이 측정 결과(부산) ·····413
【그림 3.66】염화물함유량 시험 결과(부산) ·····414

【그림 4.1】전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 ·····437
【그림 4.2】기 진단 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(PSC Box 구간)(울산) ·····464
【그림 4.3】기 진단 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(PSC Beam 구간)(울산) ·····465
【그림 4.4】기 진단 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(PSC Box 구간)(부산) ·····466
【그림 4.5】기 진단 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(PSC Beam 구간)(부산) ·····467

【그림 5.1】종평면도(울산) ·····476
【그림 5.2】표준횡단면도(울산) ·····477
【그림 5.3】CEB-FIP 모델식(울산) ·····479
【그림 5.4】바닥판과 기타부분과의 온도분포(울산) ·····479
【그림 5.5】종방향 구조해석 모델링(울산) ·····481
【그림 5.6】교량받침 배치도(울산) ·····482
【그림 5.7】종방향 강선배치도(울산) ·····483
【그림 5.8】종방향 강선배치 모델링(울산) ·····484
【그림 5.9】사용하중별 단면 상·하연 휨응력도(울산) ·····485

【그림 5.10】 계수하중 단면력도(울산) ····489
【그림 5.11】 검토단면의 위치 및 제원(울산) ····498
【그림 5.12】 횡방향 구조해석 모델링(울산) ····500
【그림 5.13】 하중조합을 고려한 최대모멘트도(kN m)(울산) ····502
【그림 5.14】 하중조합을 고려한 최대전단력도(kN)(울산) ····502
【그림 5.15】 종평면도(부산) ····507
【그림 5.16】 표준횡단면도(부산) ····508
【그림 5.17】 CEB-FIP 모델식(부산) ····510
【그림 5.18】 바닥판과 기타부분과의 온도분포(부산) ····510
【그림 5.19】 종방향 구조해석 모델링(부산) ····512
【그림 5.20】 교량받침 배치도(부산) ····513
【그림 5.21】 종방향 강선배치도(부산) ····514
【그림 5.22】 종방향 강선배치 모델링(부산) ····515
【그림 5.23】 사용하중별 단면 상·하연 휨응력도(부산) ····516
【그림 5.24】 계수하중 단면력도(부산) ····520
【그림 5.25】 검토단면의 위치 및 제원(부산) ····529
【그림 5.26】 횡방향 구조해석 모델링(부산) ····531
【그림 5.27】 하중조합을 고려한 최대모멘트도(kN m)(부산) ····533
【그림 5.28】 하중조합을 고려한 최대전단력도(kN)(부산) ····533
【그림 5.29】 종·평면도(울산) ····538
【그림 5.30】 횡단면도(울산) ····538
【그림 5.31】 해석단면(울산) ····546
【그림 5.32】 해석모델링(울산) ····548
【그림 5.33】 종·평면도 ····558
【그림 5.34】 횡단면도 ····558
【그림 5.35】 해석단면(부산) ····567
【그림 5.36】 해석모델링(부산) ····569
【그림 5.37】 해석단면(A1)(울산) ····580
【그림 5.38】 해석단면(P10)(울산) ····589
【그림 5.39】 해석모델링(P10)(울산) ····594
【그림 5.40】 교축직각방향 P-M상관도(P10)(울산) ····596
【그림 5.41】 교축방향 P-M상관도(P10)(울산) ····597
【그림 5.42】 해석단면(A2)(울산) ····600
【그림 5.43】 해석단면(P21)(울산) ····609
【그림 5.44】 해석모델링(P21)(울산) ····614
【그림 5.45】 교축직각방향 P-M상관도(P21)(울산) ····616
【그림 5.46】 교축방향 P-M상관도(P21)(울산) ····617
【그림 5.47】 해석단면(A1)(부산) ····620
【그림 5.48】 해석단면(P10)(부산) ····629

【그림 5.49】해석모델링(P10)(부산) ·····634
【그림 5.50】교축직각방향 P-M상관도(P10)(부산) ·····636
【그림 5.51】교축방향 P-M상관도(P10)(부산) ·····637
【그림 5.52】해석단면(A2)(부산) ·····640
【그림 5.53】해석단면(P21)(부산) ·····649
【그림 5.54】해석모델링(P21)(부산) ·····654
【그림 5.55】교축직각방향 P-M상관도(P21)(부산) ·····657
【그림 5.56】교축방향 P-M상관도(P21)(부산) ·····658

【그림 6.1】종합평가 결과 산정절차 ·····693

【그림 7.1】보수·보강방안 추진방향(울산) ·····705
【그림 7.2】보수·보강방안 추진방향(부산) ·····706
【그림 7.3】콘크리트 표면처리 시공순서도 ·····712
【그림 7.4】균열 보수공법 개요도 ·····715
【그림 7.5】단면복구(보수) 상세도 ·····722
【그림 7.6】교량받침 도장보수 시공흐름도 ·····727
【그림 7.7】유도배수시설 설치 모식도 및 설치 예 ·····729
【그림 7.8】볼트재체결 시공순서도 ·····730

사 진 목 차

【사진 3.1】 접근장비 및 도보를 이용한 근접조사 전경 ····88
【사진 3.2】 주변현황 및 하중변화 ····89
【사진 3.3】 부재제원 확인 전경 ····90
【사진 3.4】 PSC Box구간 바닥판 전경(울산) ····91
【사진 3.5】 PSC Beam 거더구간 바닥판 전경(울산) ····92
【사진 3.6】 PSC Box구간 바닥판 손상현황(울산) ····93
【사진 3.7】 PSC Box 거더 전경(울산) ····98
【사진 3.8】 PSC Box 거더 내부 손상현황(울산) ····101
【사진 3.9】 PSC Box 거더 외부 손상현황(울산) ····109
【사진 3.10】 격벽 전경(울산) ····117
【사진 3.11】 격벽 손상현황(울산) ····119
【사진 3.12】 PSC Beam 거더 횡단면도 및 전경(울산) ····123
【사진 3.13】 PSC Beam 거더 손상현황(울산) ····124
【사진 3.14】 2차부재(가로보) 전경(울산) ····126
【사진 3.15】 2차부재(가로보) 손상현황(울산) ····127
【사진 3.16】 교대 전경(울산) ····130
【사진 3.17】 교대 손상현황(울산) ····131
【사진 3.18】 교대 변위(직립도) 측정 모식도 및 전경(울산) ····138
【사진 3.19】 교각 전경(울산) ····139
【사진 3.20】 교각 손상현황(울산) ····143
【사진 3.21】 기초부 외관조사 현황(울산) ····152
【사진 3.22】 교량받침 전경(울산) ····154
【사진 3.23】 교량받침 손상현황(울산) ····157
【사진 3.24】 연단거리 측정 전경(울산) ····161
【사진 3.25】 신축이음장치 손상현황(울산) ····179
【사진 3.26】 교면포장 전경(울산) ····191
【사진 3.27】 교면포장 손상현황(울산) ····193
【사진 3.28】 배수시설 전경(울산) ····196
【사진 3.29】 배수시설 손상현황(울산) ····198
【사진 3.30】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 전경(울산) ····200
【사진 3.31】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(울산) ····203
【사진 3.32】 PSC Box구간 바닥판 전경(부산) ····216
【사진 3.33】 PSC Beam 거더구간 바닥판 전경(부산) ····217

【사진 3.34】PSC Box구간 바닥판 손상현황(부산) ·····219
【사진 3.35】PSC Box 거더 전경(부산) ·····223
【사진 3.36】PSC Box 거더 내부 손상현황(부산) ·····226
【사진 3.37】PSC Box 거더 외부 손상현황(부산) ·····232
【사진 3.38】격벽 전경(부산) ·····236
【사진 3.39】격벽 손상현황(부산) ·····238
【사진 3.40】PSC Beam 거더 전경(부산) ·····243
【사진 3.41】PSC Beam 거더 손상현황(부산) ·····244
【사진 3.42】2차부재(가로보) 전경(부산) ·····245
【사진 3.43】2차부재(가로보) 손상현황(부산) ·····246
【사진 3.44】교대 전경(부산) ·····248
【사진 3.45】교대 손상현황(부산) ·····249
【사진 3.46】교대 변위(직립도) 측정전경(부산) ·····254
【사진 3.47】교각 전경(부산) ·····255
【사진 3.48】교각 손상현황(부산) ·····259
【사진 3.49】기초부 외관조사 현황(부산) ·····267
【사진 3.50】교량받침 전경(부산) ·····269
【사진 3.51】교량받침 손상현황(부산) ·····272
【사진 3.52】연단거리 측정 전경(부산) ·····275
【사진 3.53】신축이음장치 손상현황(부산) ·····297
【사진 3.54】교면포장 전경(부산) ·····309
【사진 3.55】교면포장 손상현황(부산) ·····311
【사진 3.56】배수시설 전경(부산) ·····314
【사진 3.57】배수시설 손상현황(부산) ·····316
【사진 3.58】난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 전경(부산) ·····320
【사진 3.59】난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(부산) ·····323
【사진 3.60】콘크리트 내구성조사 전경(울산) ·····335
【사진 3.61】콘크리트 내구성조사 전경(부산) ·····335

제 1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상교량의 현황

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 교량기호의 정의

제 1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 ” 시설물안전법 “이라 한다.) 제12조 및 동법 시행령 제10조에 의한 정밀안전진단(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 규정에 따른 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

본 과업을 수행함에 있어서 과업의 범위는 기본적으로 과업지시서에 충실하고 과업지시서에 명기되지 않은 내용은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[안전점검·진단 편](이하 ‘세부지침’이라 한다)」을 준용하여 수행하는 것으로 하였다.

1) 자료수집 및 분석

2) 현장조사 및 시험

3) 시설물의 상태평가

4) 시설물의 안전성평가

5) 종합평가 및 안전등급 지정

6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시

7) 보고서 작성 및 정밀안전진단결과 전산입력

1.2.2 과업수행기간

2023. 02. 21 ~ 2023. 12. 26(착수일로부터 309일간)

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단편)(국토교통부/국토안전관리원)(2022.12)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

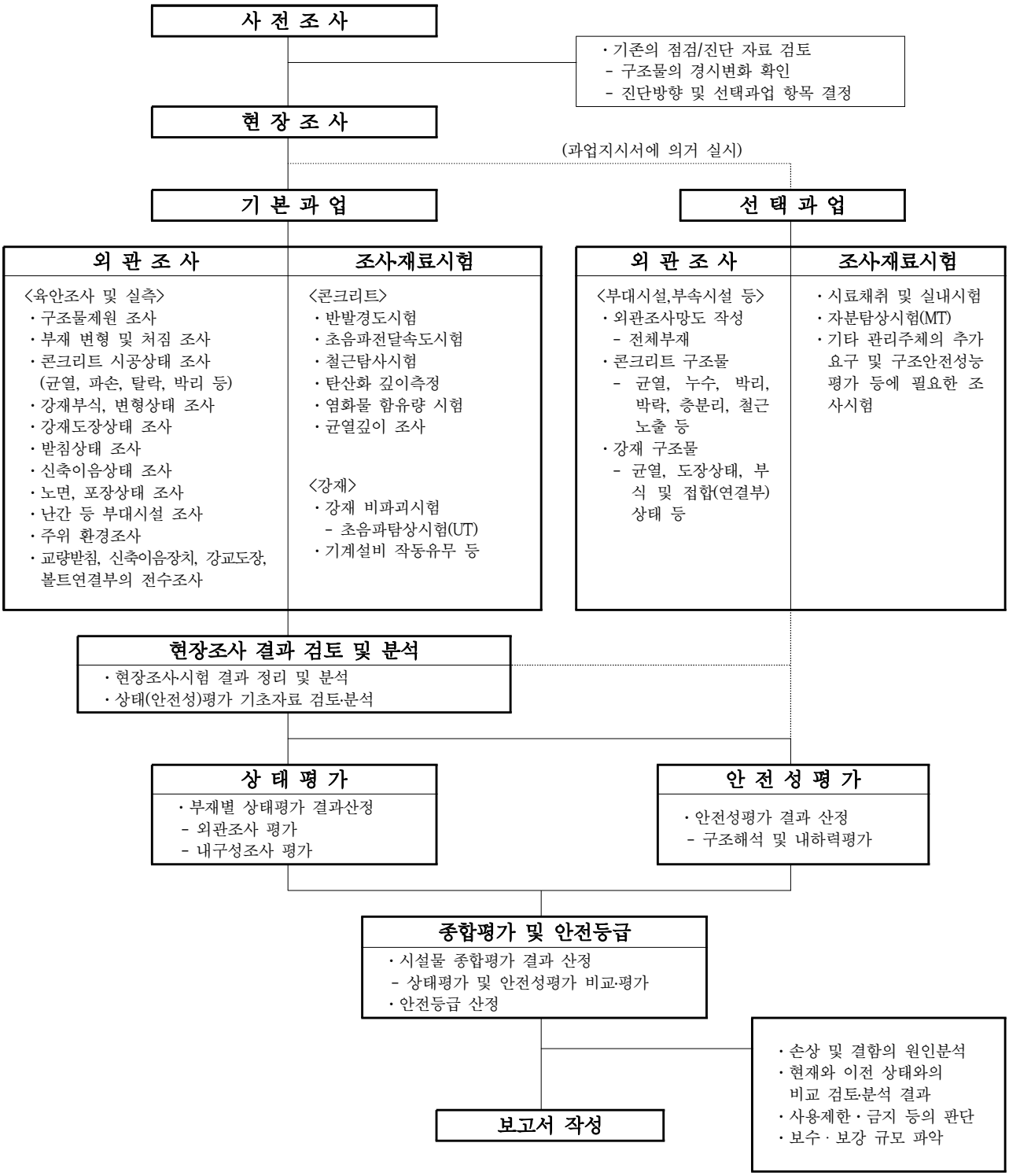
【표 1.1】과업의 내용

과 업 의 범 위		과 업 의 내 용	비 고
자료수집 및 분석		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서). 2) 시설물관리대장. 3) 기존 점검, 진단 및 유지관리자료 검토.	시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (안전점검·진단편) (2022.12) 적용
현장 조사 및 시험	외관 조사	1) 교량의 제원 및 시공상태 조사. 2) 상·하부구조 외관 결함 및 손상 등 외관조사. 3) 신축이음, 교량받침 등 기능상태 조사. 4) 교면의 코어채취를 통한 포장층 및 방수층의 상태 확인	
	내구성 조사 (콘크리트 및 강재)	1) 콘크리트 강도 조사. - 반발경도시험, 초음파전달속도시험에 의한 비파괴 압축강도시험. 2) 철근탐사시험. - 배근간격, 피복두께. 3) 콘크리트 품질시험. - 탄산화 깊이 측정. 4) 균열깊이 조사. 5) 염화물 함유량 시험. 6) 강재 비파괴시험. - 강재 초음파탐상시험(UT, MT), 도막두께 측정.	
상태평가		1) 부재별 상태평가 결과 산정 후 부재별 가중치를 고려한 시설물 전체에 대한 상태평가 결과 산정. 2) 탄산화 및 염화물 함유량에 대한 평가 후 상태평가에 반영. 3) 기 진단결과와의 비교.	
안전성평가		1) 결함부위 진단 및 결함원인 분석. 2) 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 분석. 3) 도로교 설계기준에 의한 구조검토. 4) 허용응력법 및 강도설계법에 의한 기본내하력 평가. 5) 기 진단결과와의 비교. 6) 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 시설물의 안전상태 종합평가 결과에 대한 소견. 2) 상태평가 및 안전성평가 결과를 이용하여 안전등급 지정.	
보수 및 보강 대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가. 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시. 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시.	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 문제점과 지침 기준 작성. 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시.	
보고서 작성		1) 기술심의 개최. 2) 기술심의 지적사항을 보완하여 최종보고서 작성 및 제출.	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 교량의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.1】정밀안전진단 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전진단 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.2】정밀안전진단 및 성능평가 과업수행 일정

공 종	2023년 02월 21일 ~ 2023년 12월 26일(309일간)											비 고
	2023년											
	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	
	21 28	10 20 30	10 20 31	10 20 31	10 20 30	10 20 31	10 20 30	10 20 31	10 20 31	10 20 30	10 20 26	
1. 자료수집, 계획수립 -기초자료 분석 -안전 및 점검 계획 수립 -유관기관 협의	02/21일 착수											23/ 02/21 착수
2. 조사 및 시험 -상세 외관조사 -내구성 조사 -흑서기·흑한기 추가조사		현장조사팀 투입					흑서기 조사					
3. 결과분석 및 평가 -상태평가 -안전성 평가 -종합평가 및 안전등급 지정					상태평가 및 안전성평가							
4. 보수·보강방안 -보수·보강, 유지관리 방안제시 -유지관리 전략 제안						보수·보강 및 유지관리방안 제시						
5. 보고서 작성 및 평가 -보고서 보완 및 작성 -지사 용역 준공전 평가 -기술검토 사항에 대한 자문					보고서 수정 및 보완, 점검 매뉴얼 작성 등							23/ 12/26 준공
당월 공정률(%)	5.0	10.0	15.0	15.0	15.0	10.0	10.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
누계 공정률(%)	5.0	15.0	30.0	45.0	60.0	70.0	80.0	85.0	90.0	95.0	100.0	

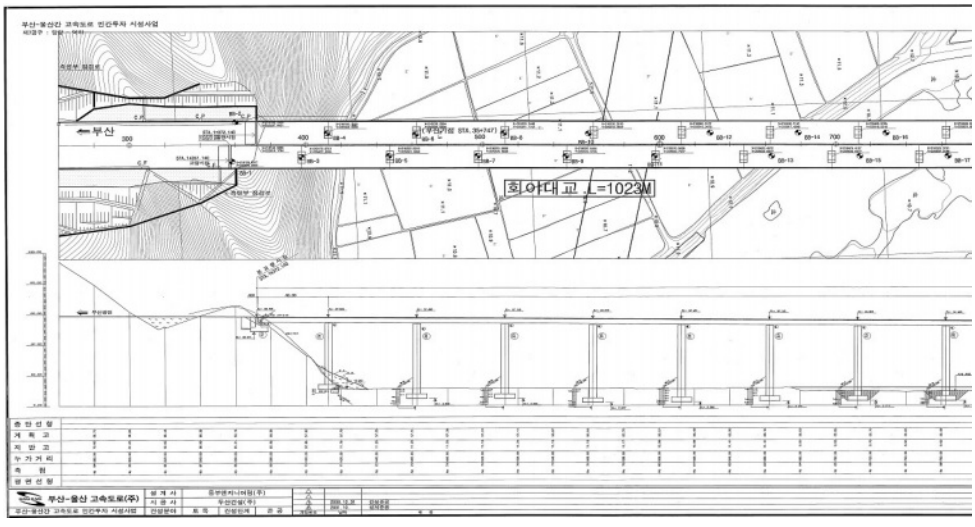
1.4 대상교량의 현황

1.4.1 교량의 현황

본 과업의 대상시설물인 회야대교(울산, 부산)의 현황은 다음과 같다.

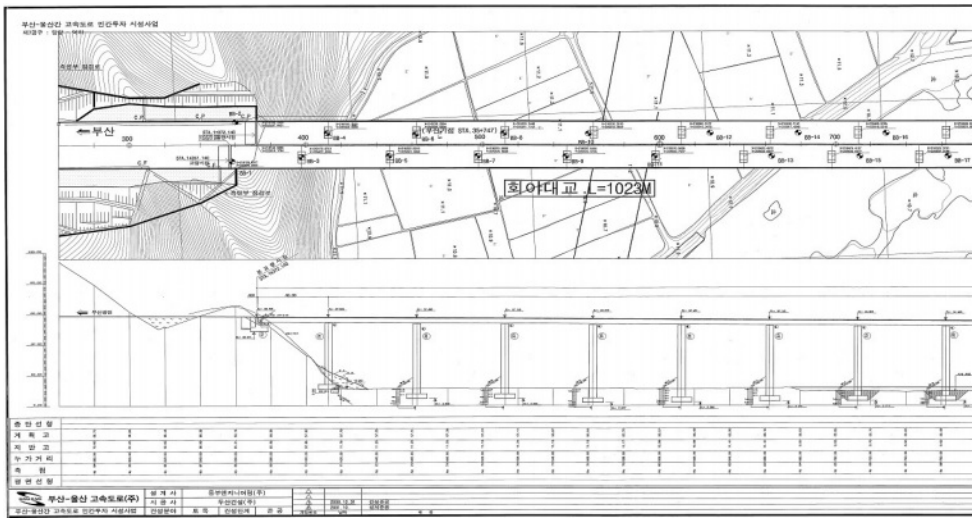
【표 1.3】 회야대교(울산) 현황표

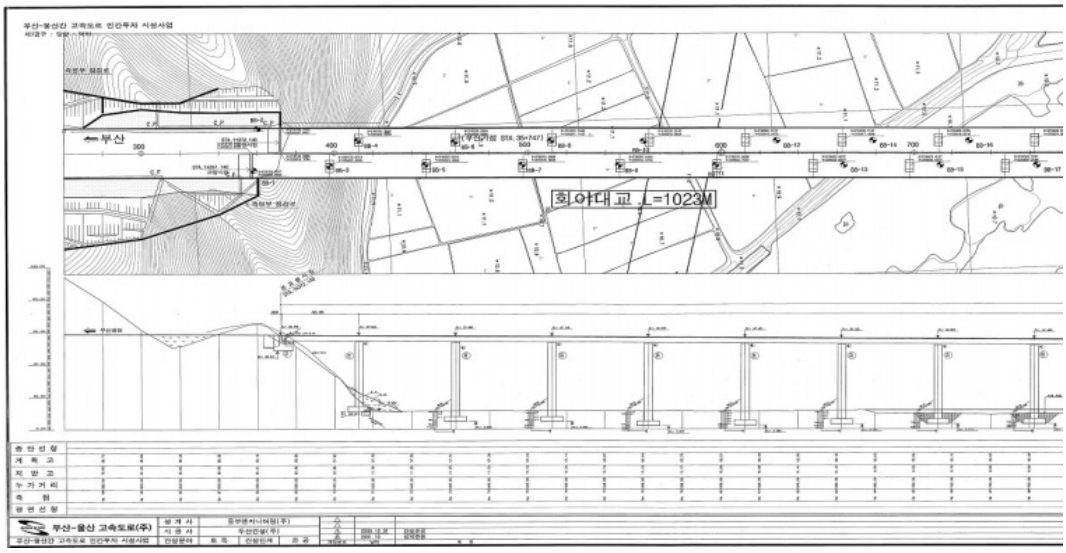
작성일 : 2023년 12월 26일

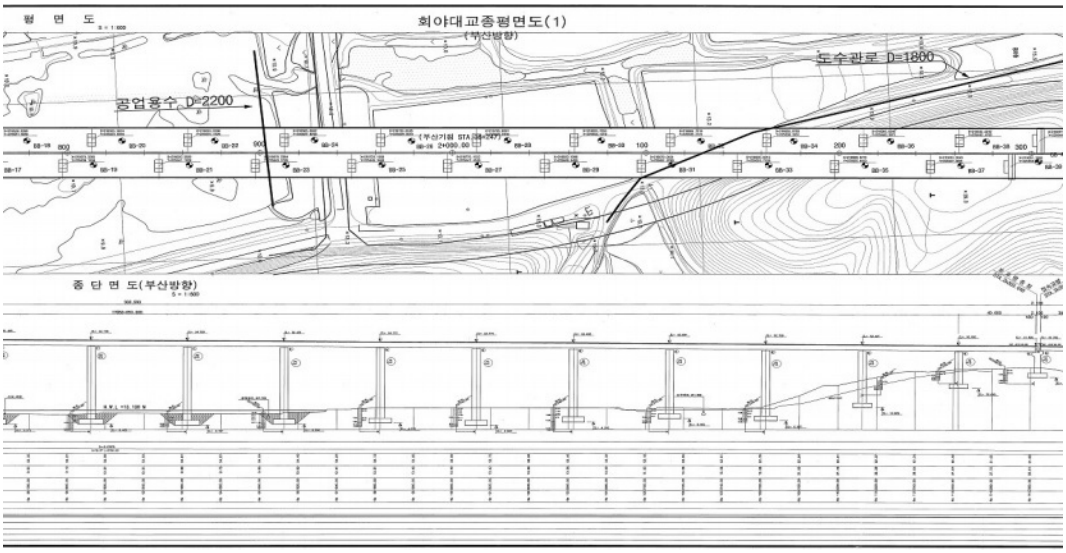
구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		회야대교(울산)	시설물번호		BR2008-0001012
준공년월		2008년 12월 31일	관리번호		-
시설물위치		울산광역시 울주군 청량면			
설계하중		DB-24 / DL-24	노선명(이정)		부산울산선(35.6㎞)
제원	연장	L = 1,020.0m (40.0 + 17 @ 50.0 + 40.0 + 3 @ 30.0)			
	폭	B=15.7m(유효폭:11.0m)(편도 3차선)			
구조형식	상 부	PSC Box PSC Girder	기초형식	교대	직접기초
	하 부	교대:역T형 교각:문형, Π형		교각	직접기초
교량받침		포트받침, 납면진받침	신축이음		A1 : 스틸 핑거 조인트 P19, A2 : 레일 조인트
교차시설물		회야강	통과높이		43.0m
설 계 사		동부엔지니어링	시 공 사		두산중공업(주)
내진설계유무		유	관리주체		부산울산고속도로(주)
부착시설내용		점검로			
기 타					

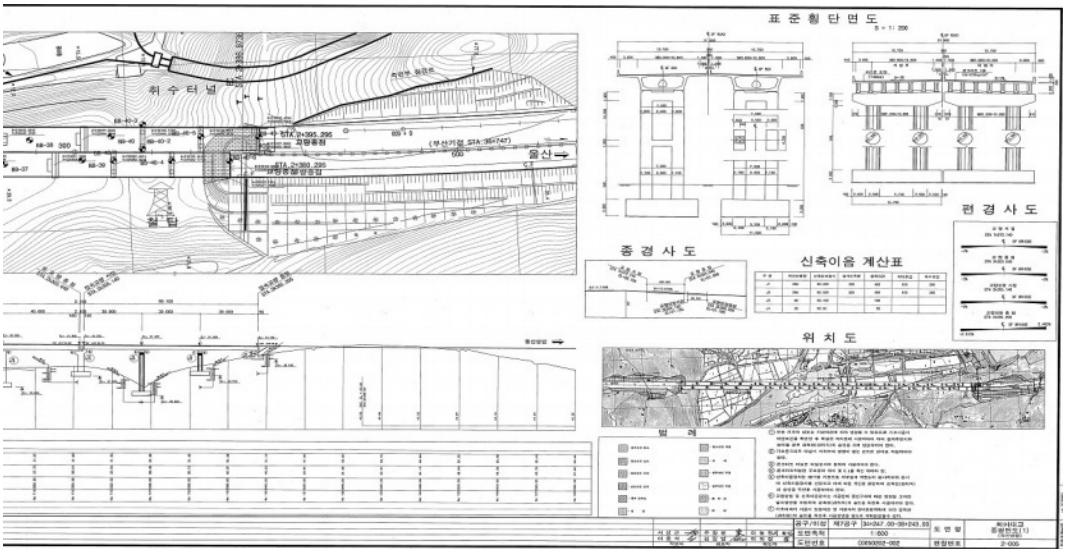
【표 1.4】 회야대교(부산) 현황표

작성일 : 2023년 12월 26일

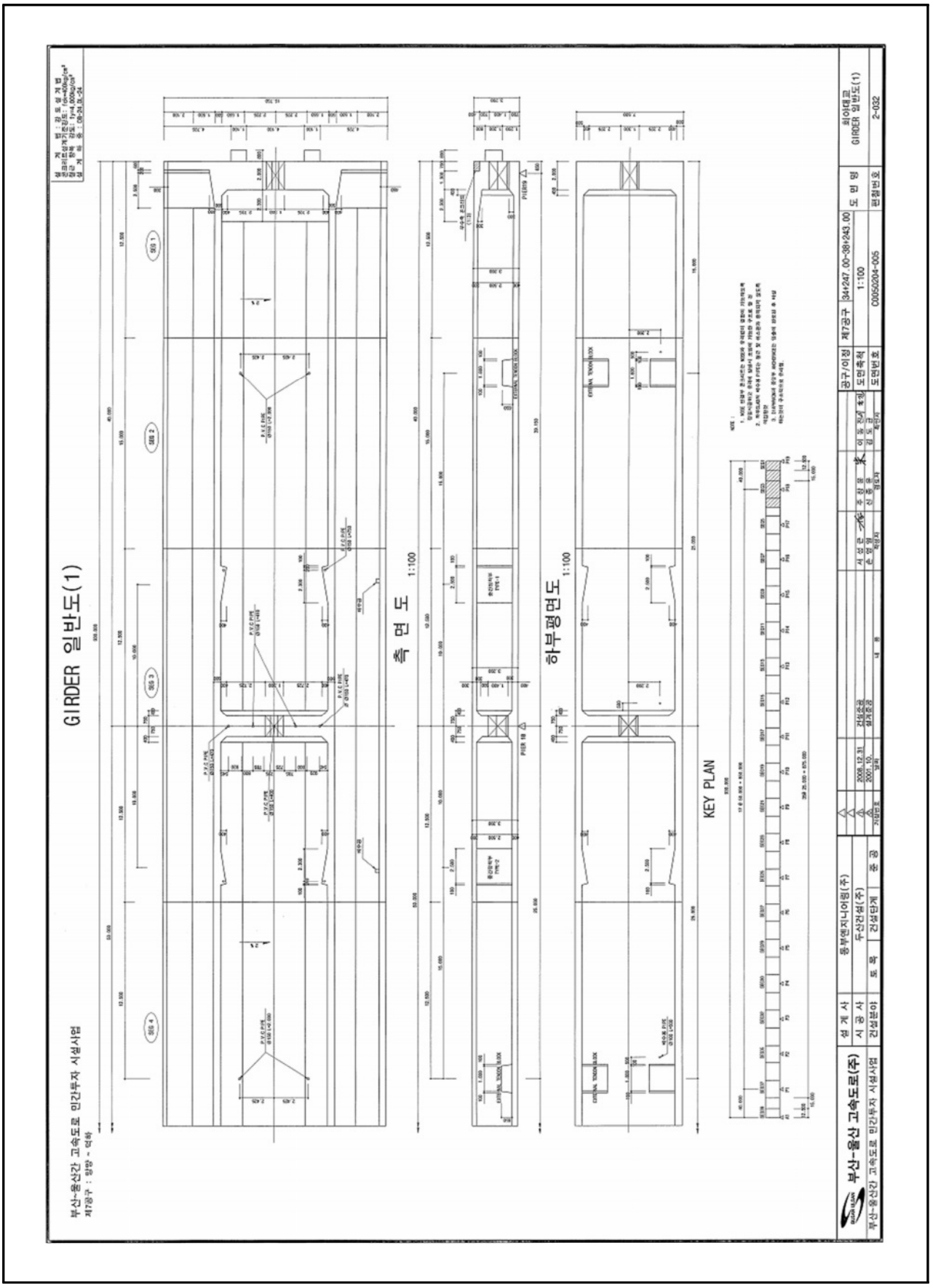
구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		회야대교(부산)	시설물번호		BR2008-0001011
준공년월		2008년 12월 31일	관리번호		-
시설물위치		울산광역시 울주군 청량면			
설계하중		DB-24 / DL-24	노선명(이정)		부산울산선(35.6㎞)
제원	연장	L = 1,030.0m (45.0 + 17 @ 50.0 + 45.0 + 3 @ 30.0)			
	폭	B=15.7m(유효폭:11.0m)(편도 3차선)			
구조형식	상 부	PSC Box PSC Girder	기초형식	교대	직접기초
	하 부	교대:역T형 교각:문형, Ⅱ형		교각	직접기초
교량받침		포트받침, 납면진받침	신축이음		A1 : 스틸 핑거 조인트 P19 : 레일 조인트 A2 : 모노셀 조인트
교차시설물		회야강	통과높이		43.0m
설 계 사		동부엔지니어링	시 공 사		두산중공업(주)
내진설계유무		유	관리주체		부산울산고속도로(주)
부착시설내용		점검로			
기 타					



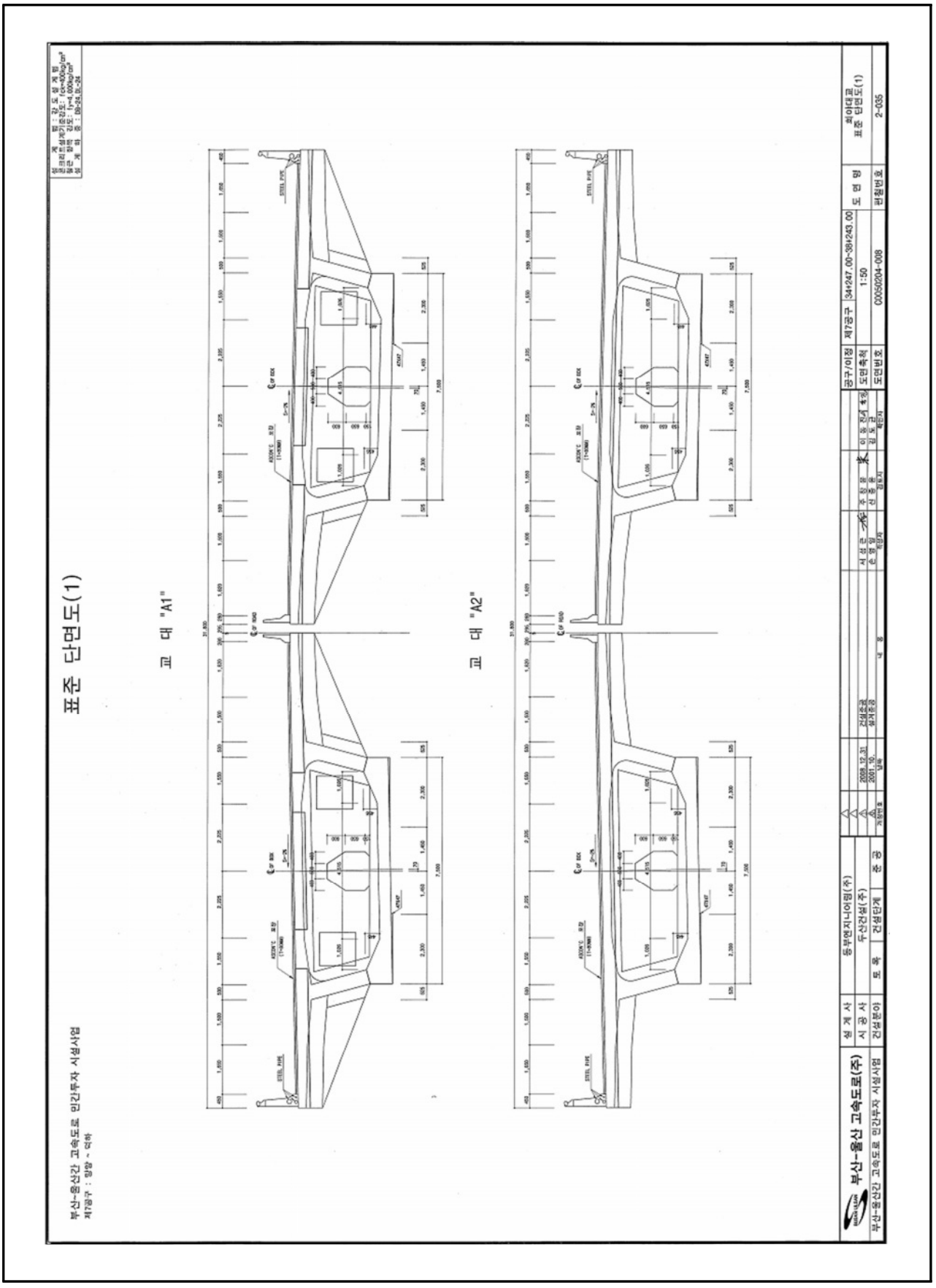




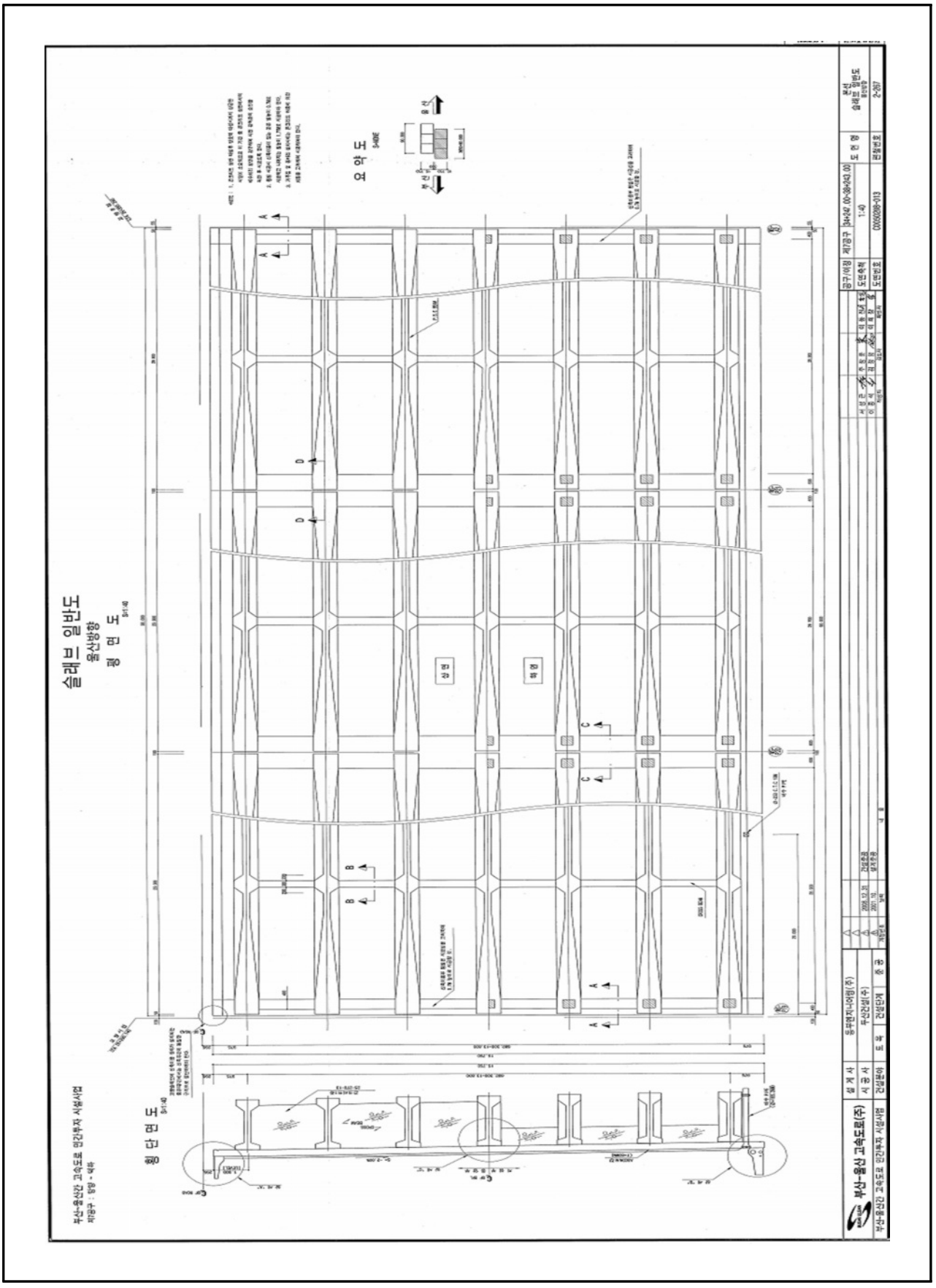
【그림 1.2】 종·평면도 및 횡단면도(울산)



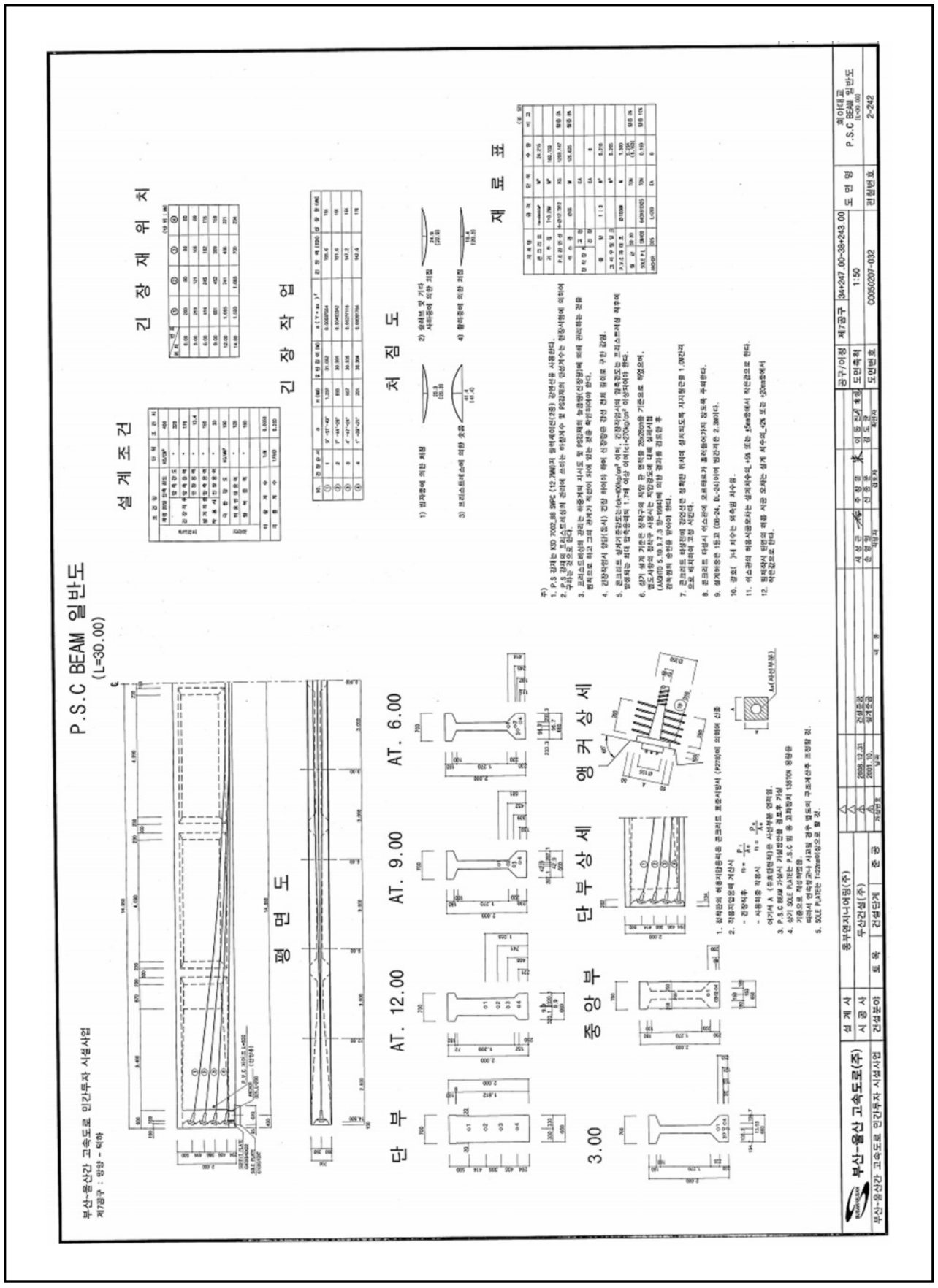
【그림 1.3】 PSC Box 일반도(울산)

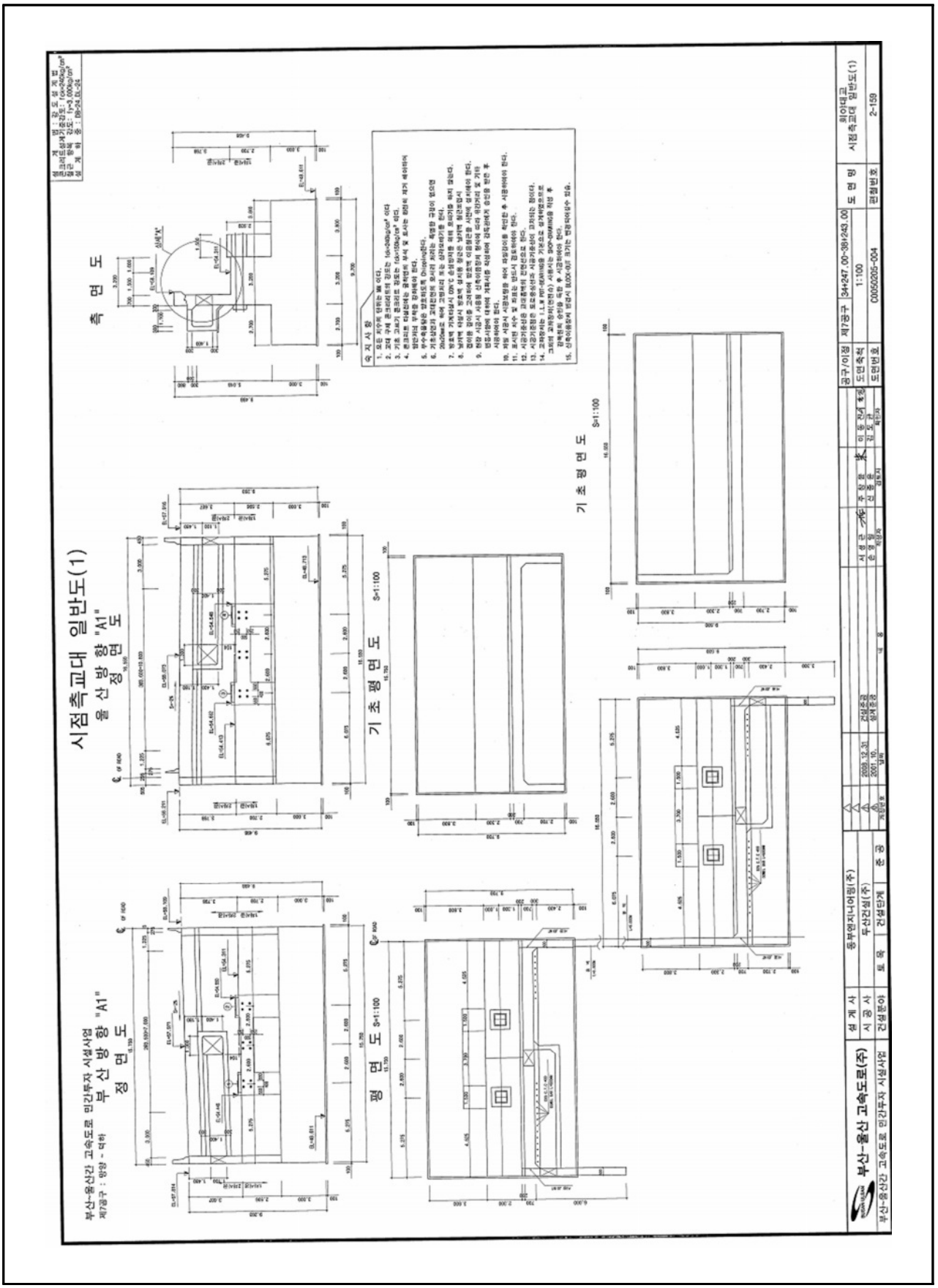


【그림 1.4】PSC Box 단면도(울산)

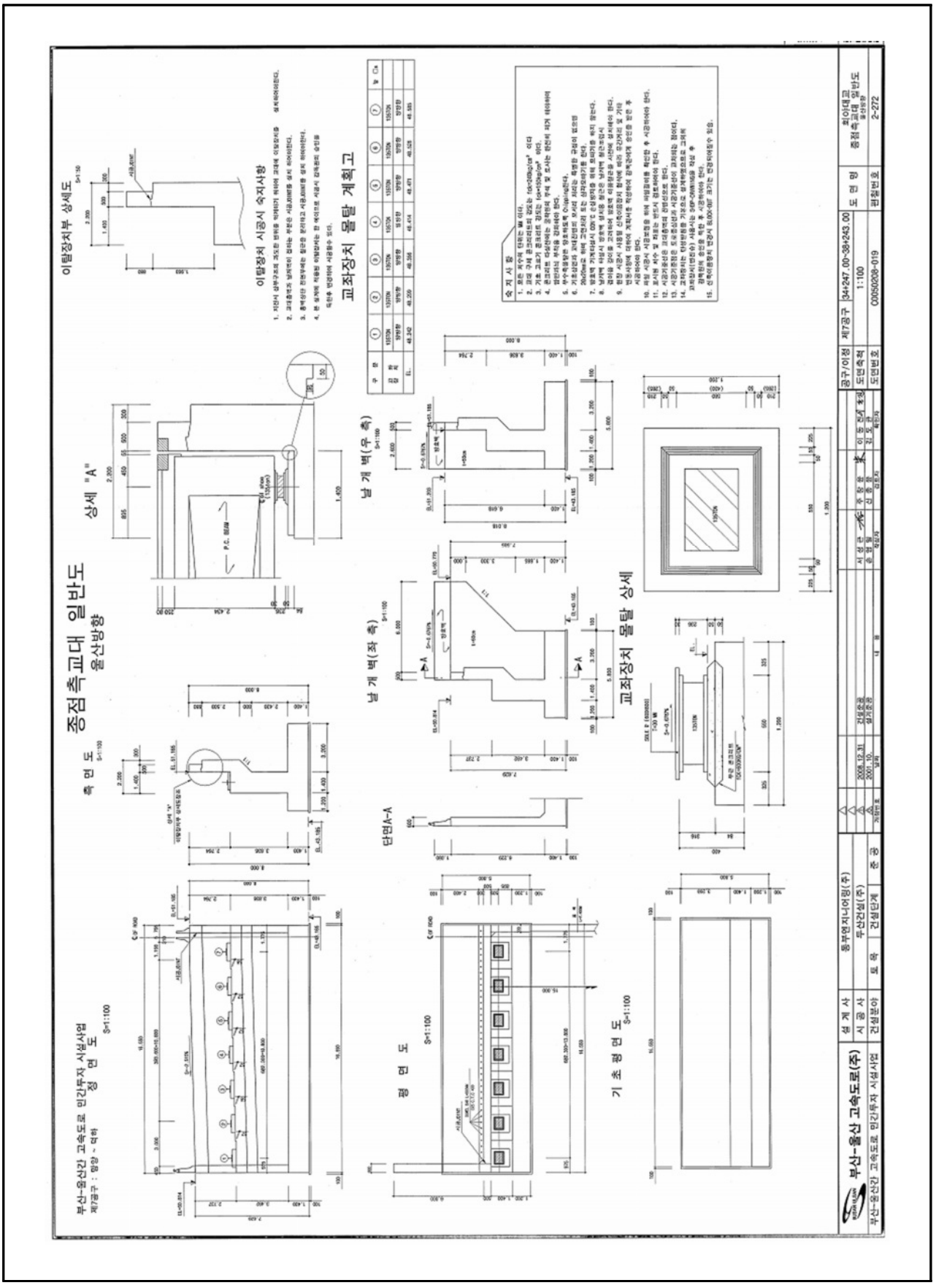


【그림 1.5】 슬래브(PSC Beam) 일반도(울산)

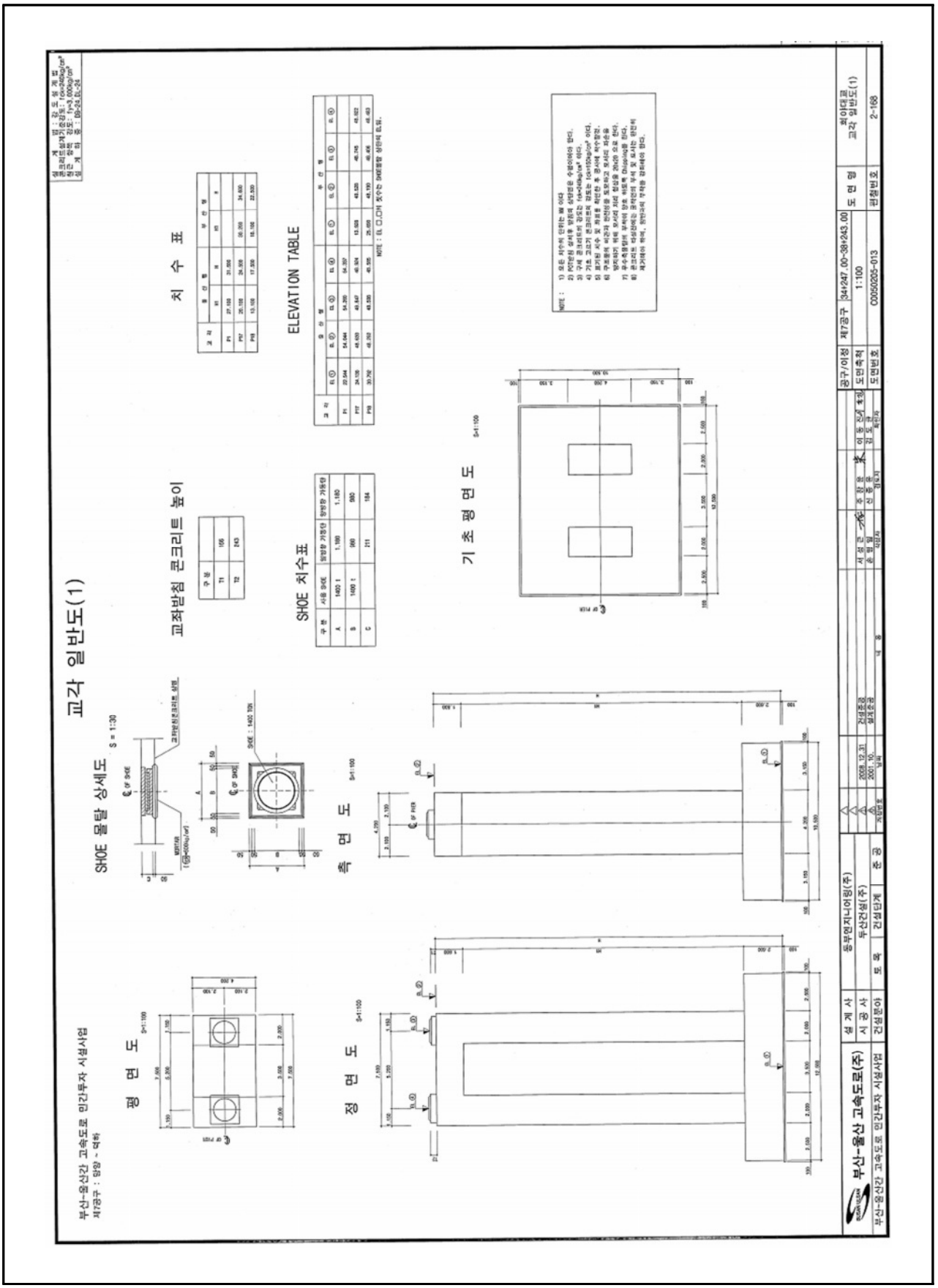

P.S.C BEAM 일반도
(L=30.00)
부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업
제2공구 : 양산 - 석하
설 계 조 건
긴 장 재 위 치
긴 장 작 업
처 짐 도
재 료 표
평 면 도
단 부 AT. 12.00 AT. 9.00 AT. 6.00
중 앙 부 3.00
단 부 상 세
앵 커 상 세
부산-울산 고속도로(주)
두산건설(주)
동부엔지니어링(주)
건설공유와
2023. 10.
2023. 10.
2023. 10.



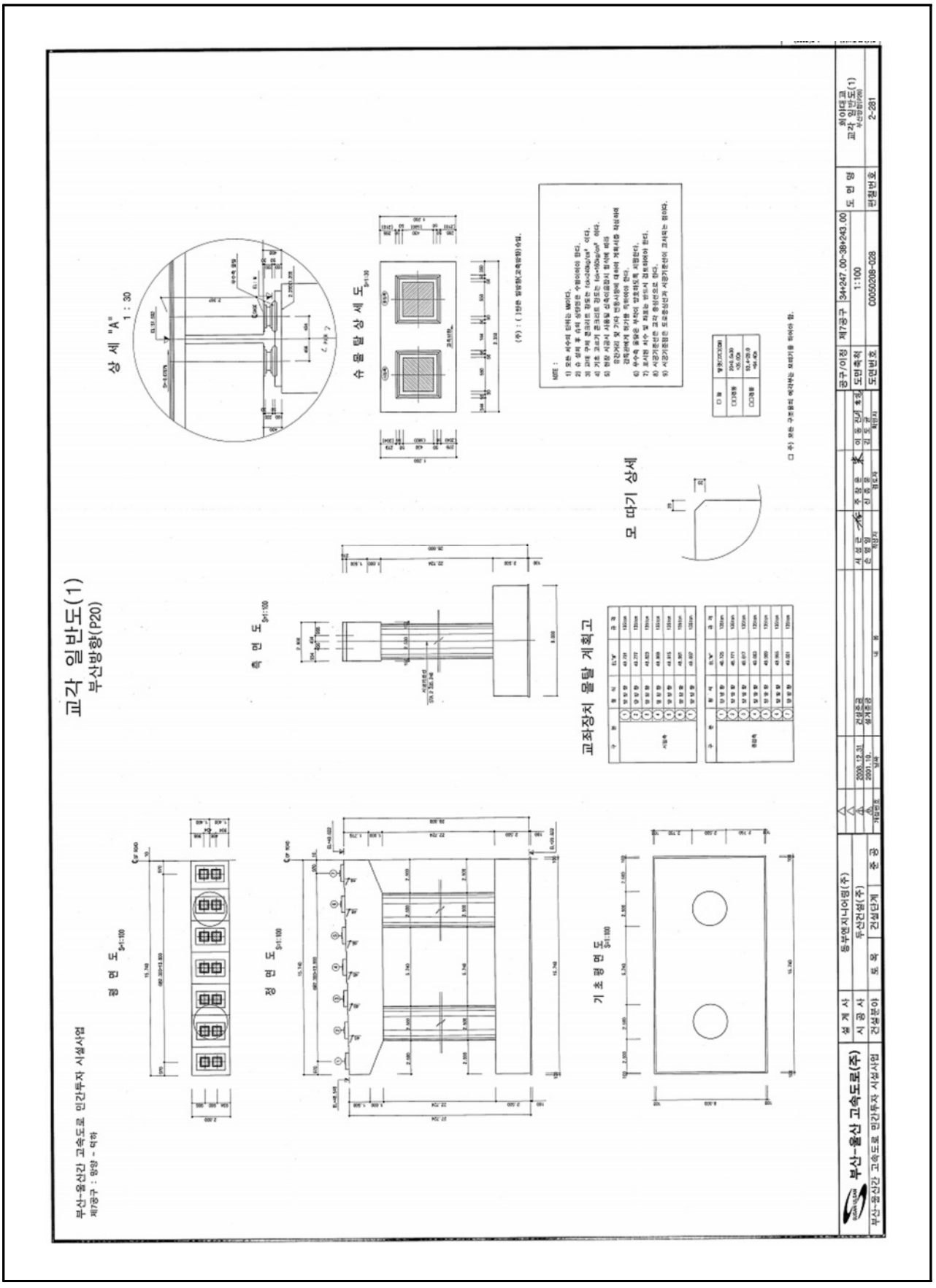
【그림 1.7】교대 A1 일반도(울산)



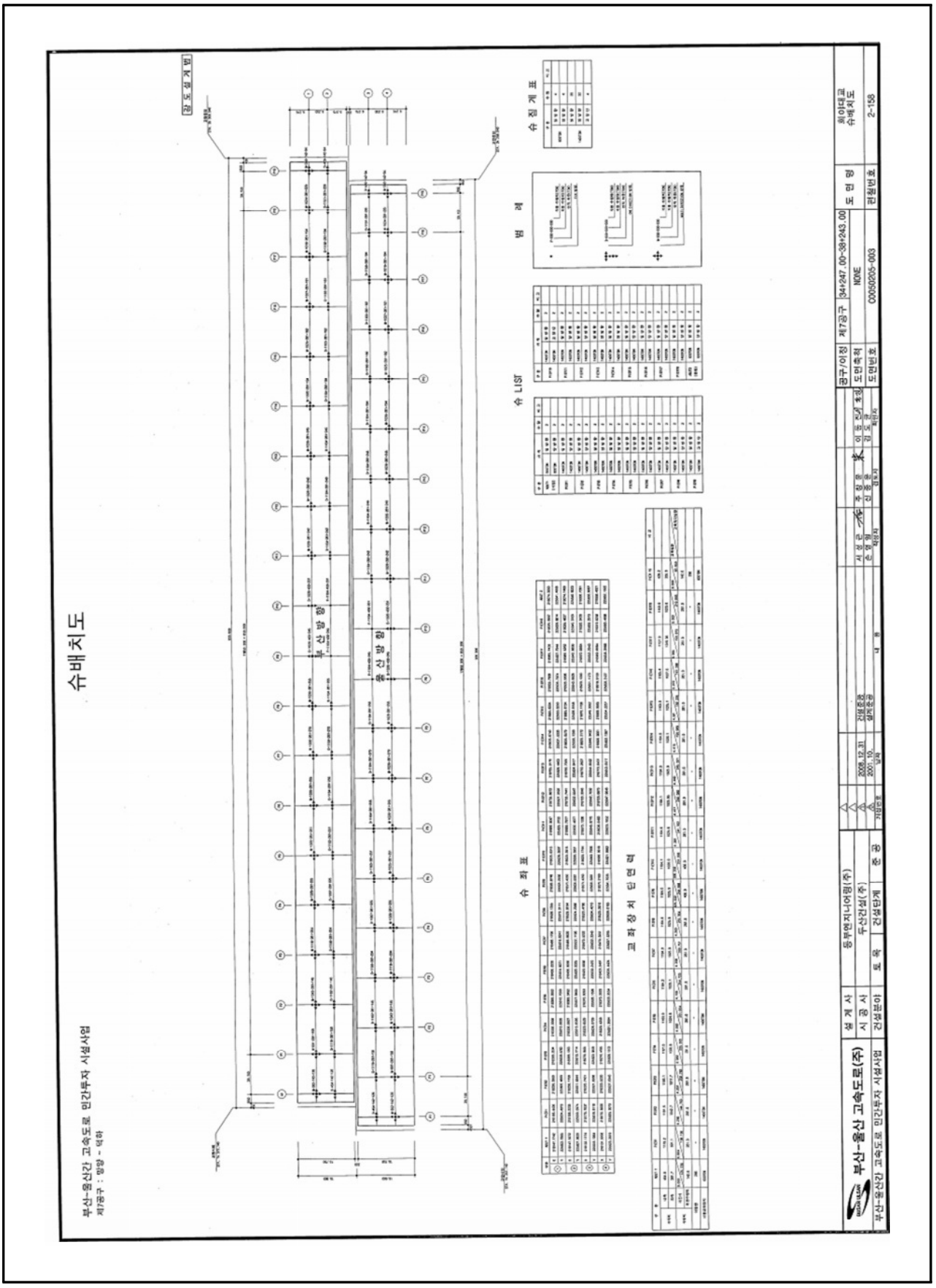
【그림 1.8】교대 A2 일반도(울산)



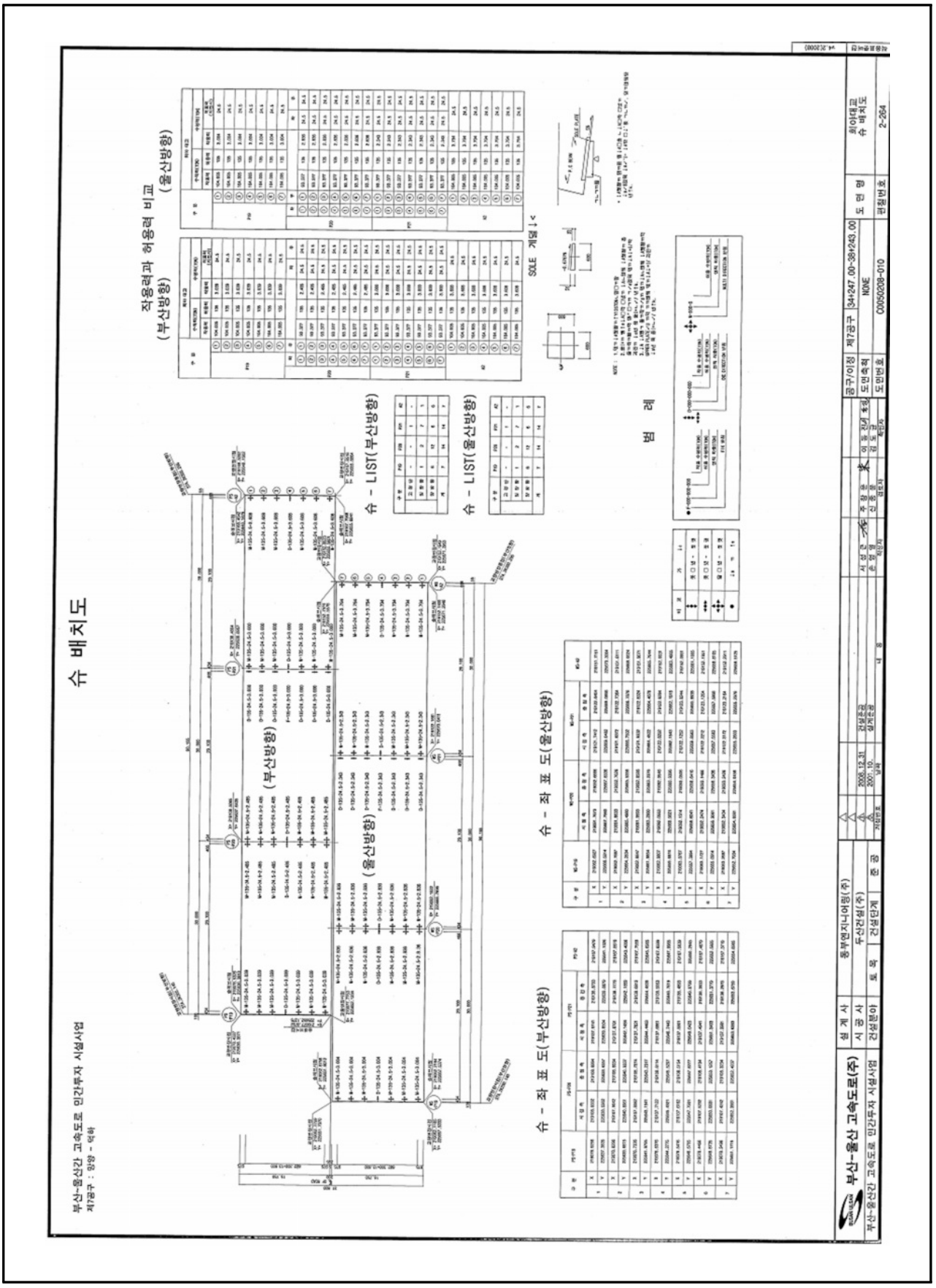
【그림 1.9】 교각(PSC Box) 일반도(울산)



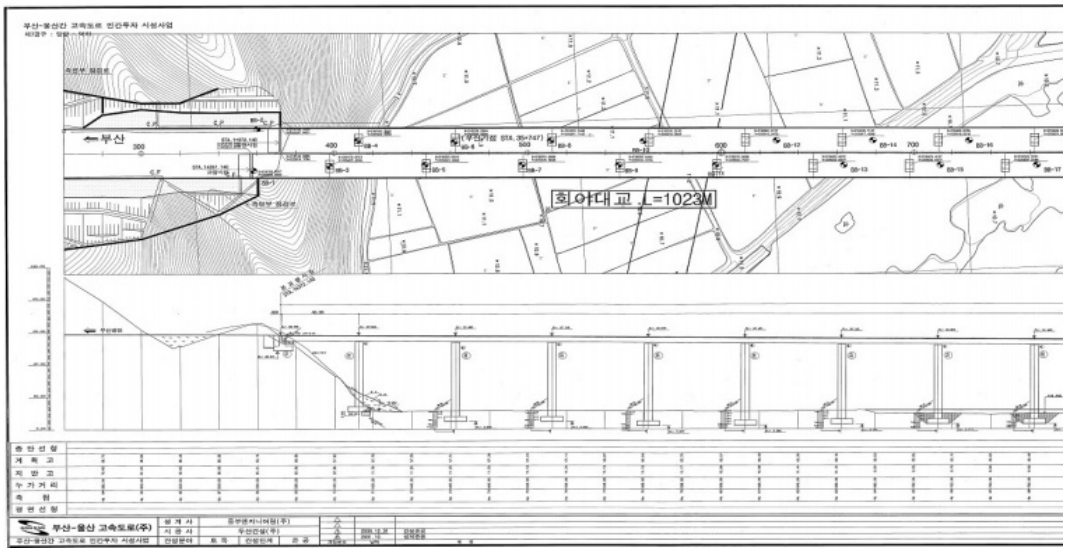
【그림 1.10】 교각(PSC Beam) 일반도(울산)

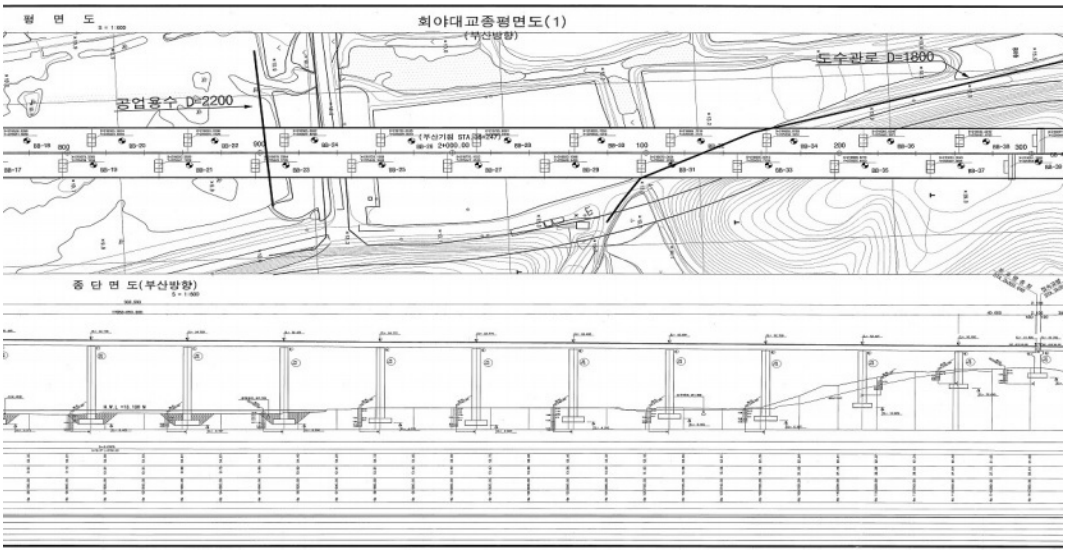


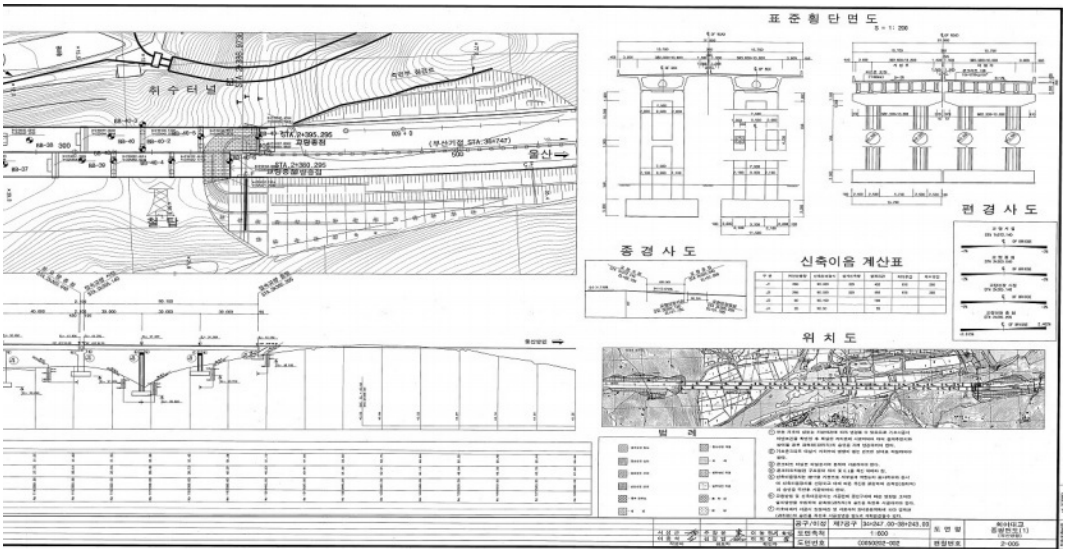
【그림 1.11】 교량받침(PSC Box) 배치도(울산)



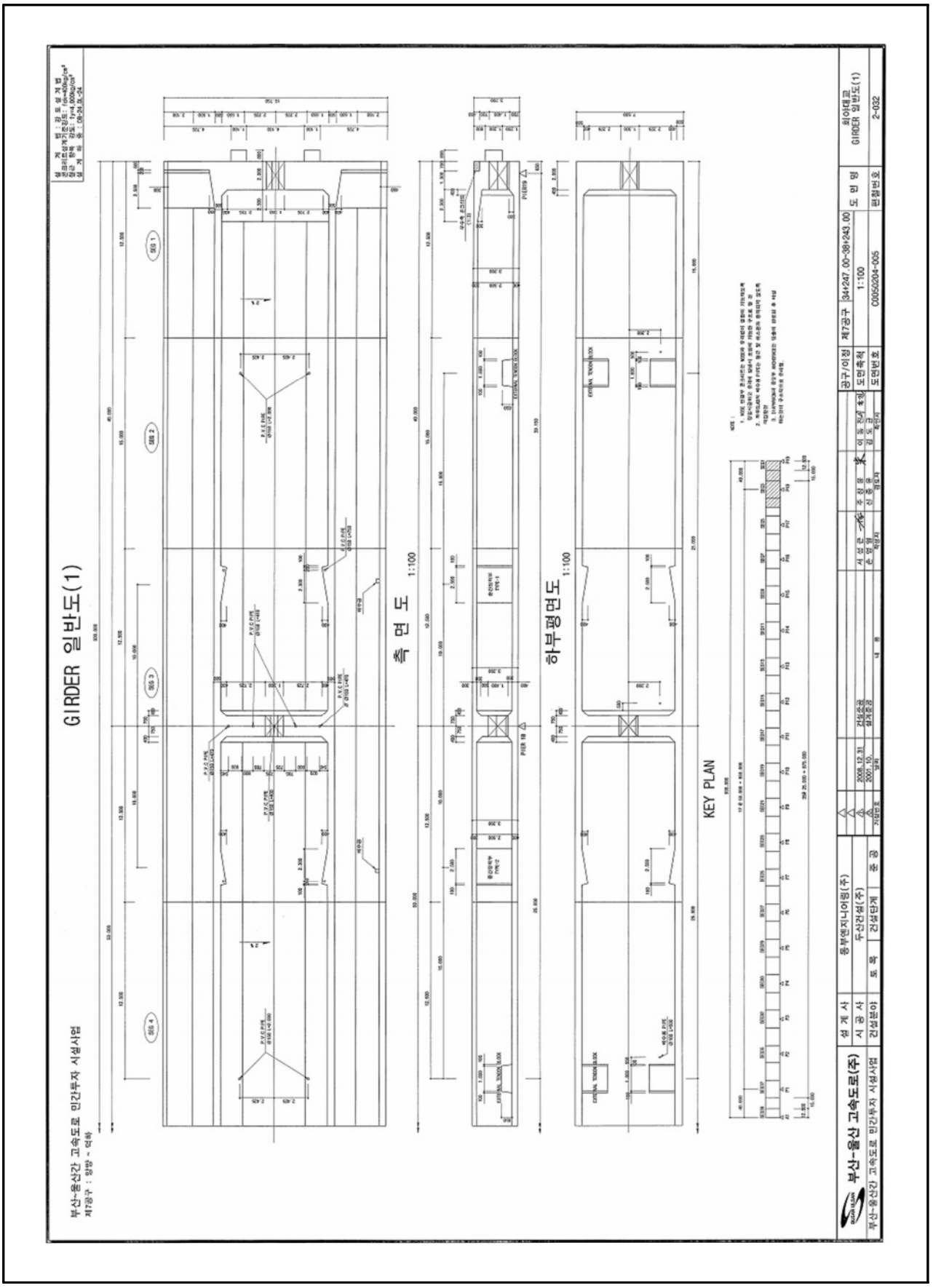
【그림 1.12】 교량받침(PSC Beam) 배치도(울산)



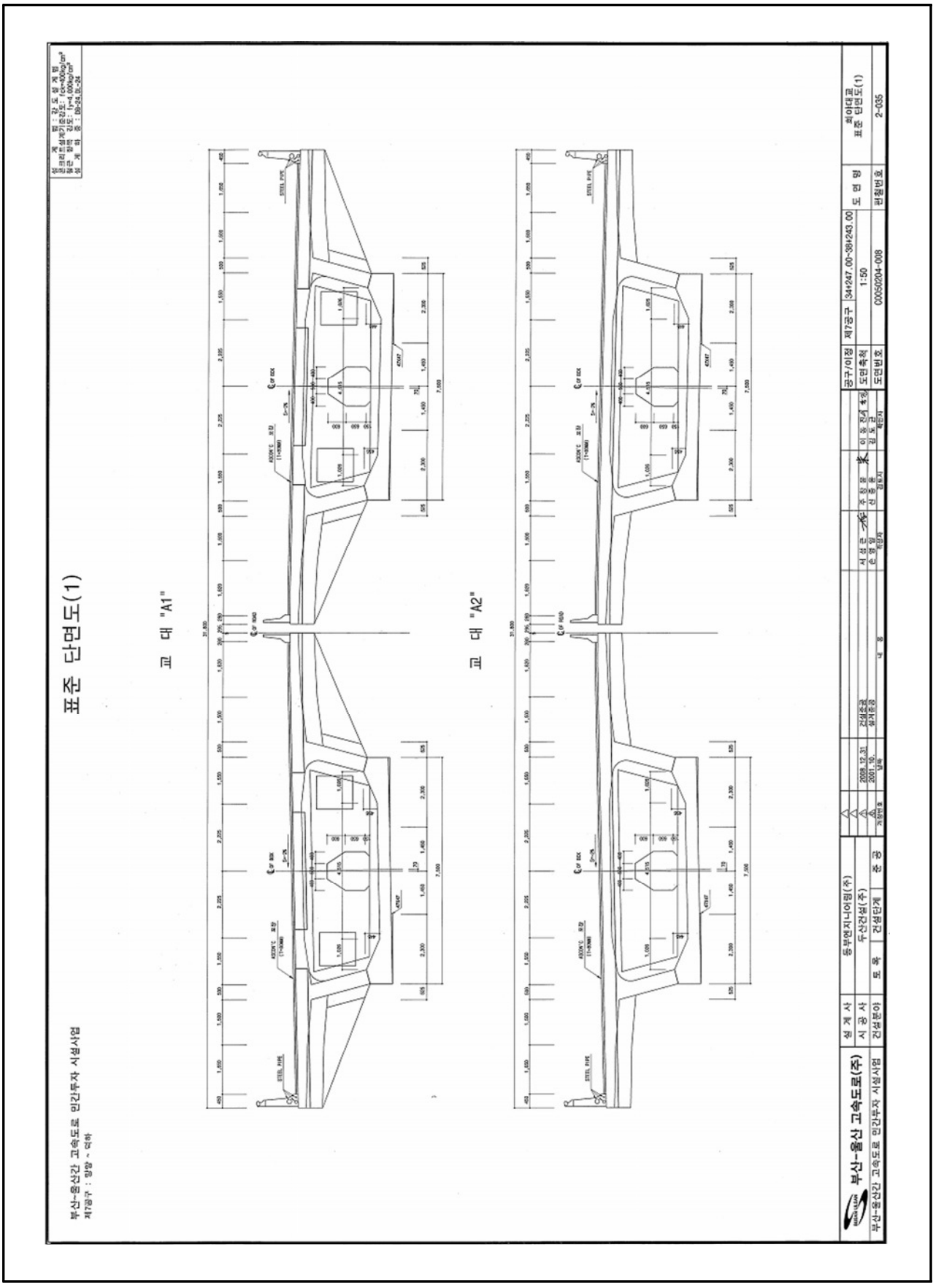




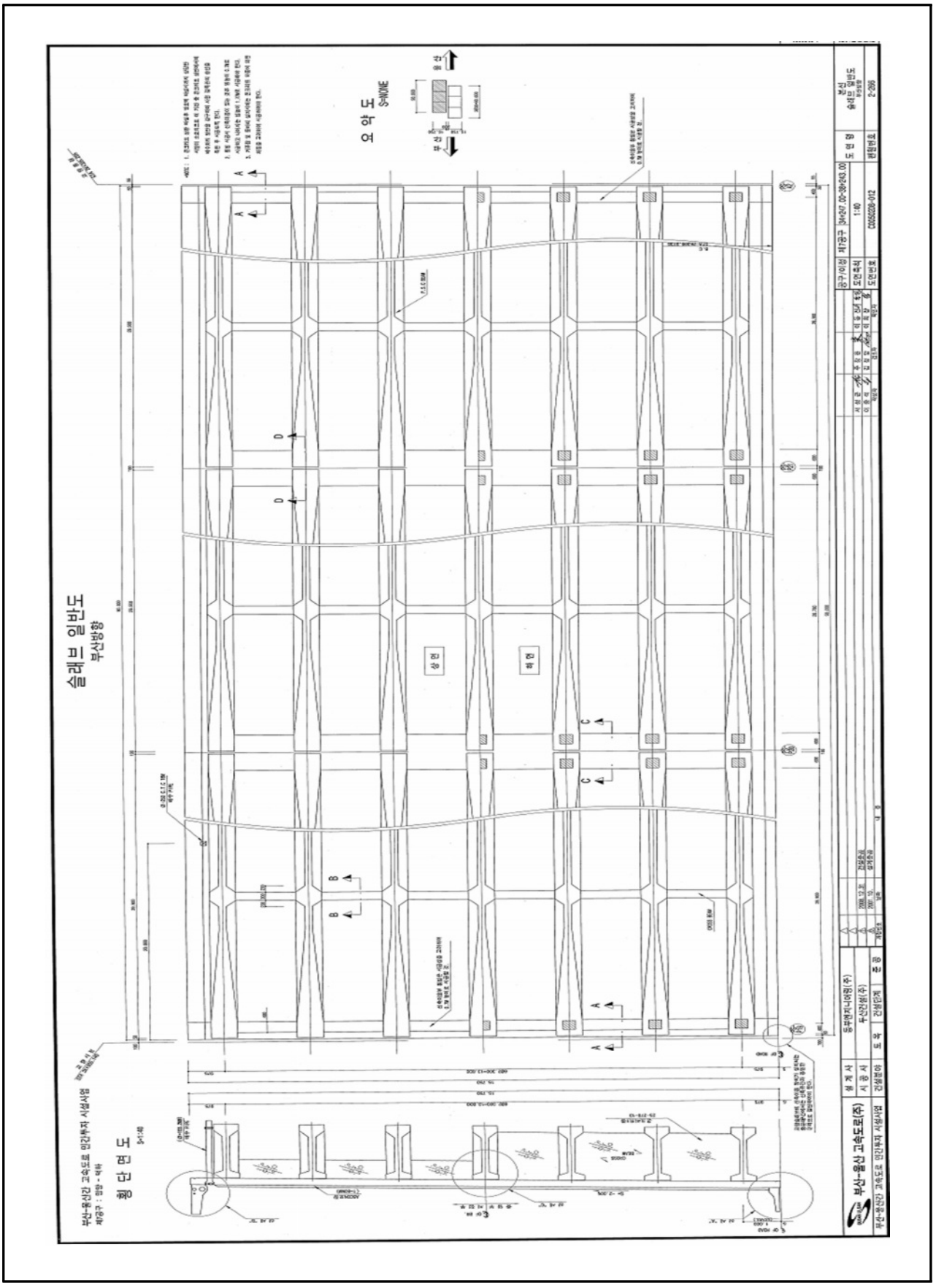
【그림 1.13】 종·평면도 및 횡단면도(부산)



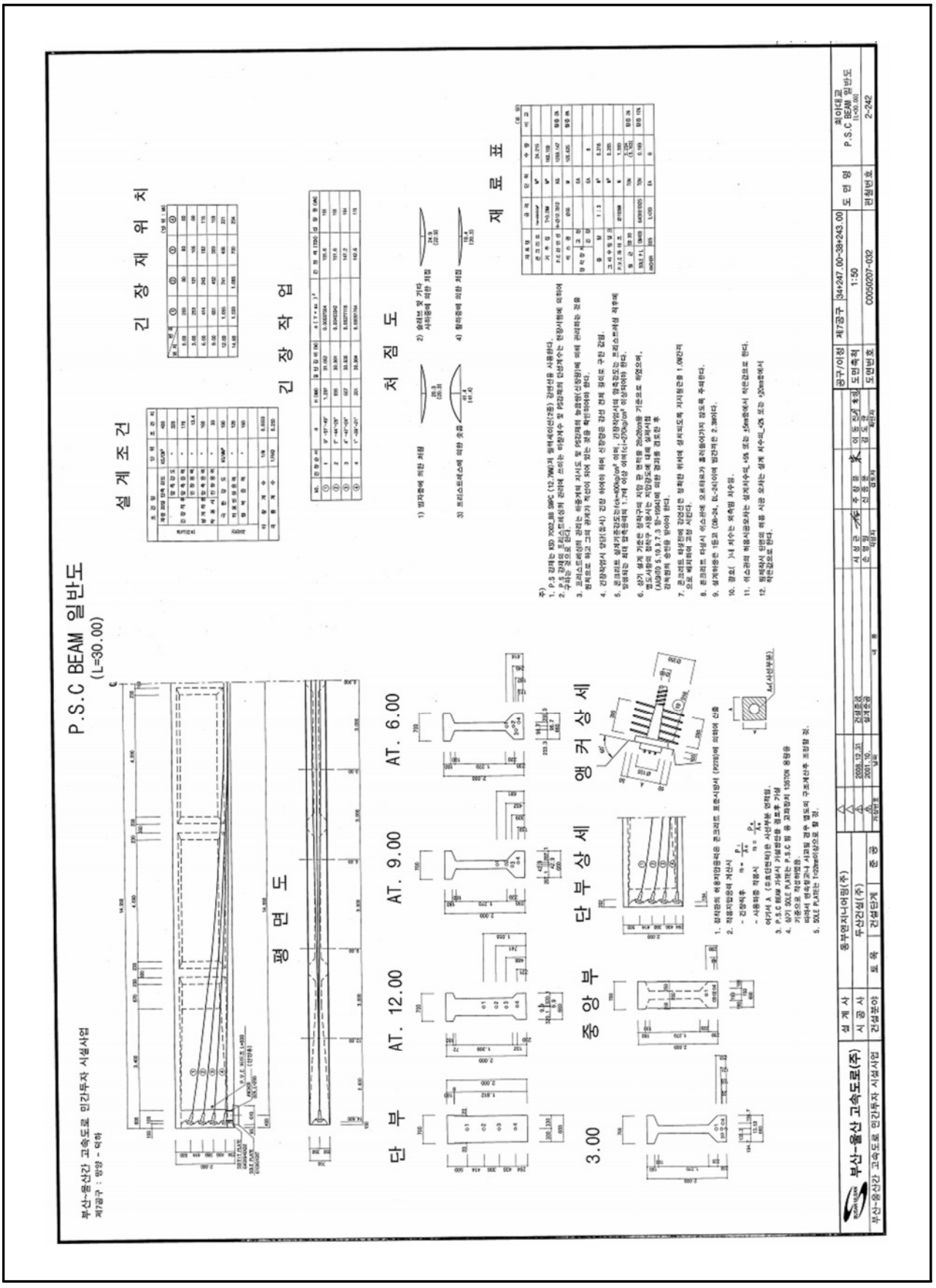
【그림 1.14】PSC Box 일반도(부산)



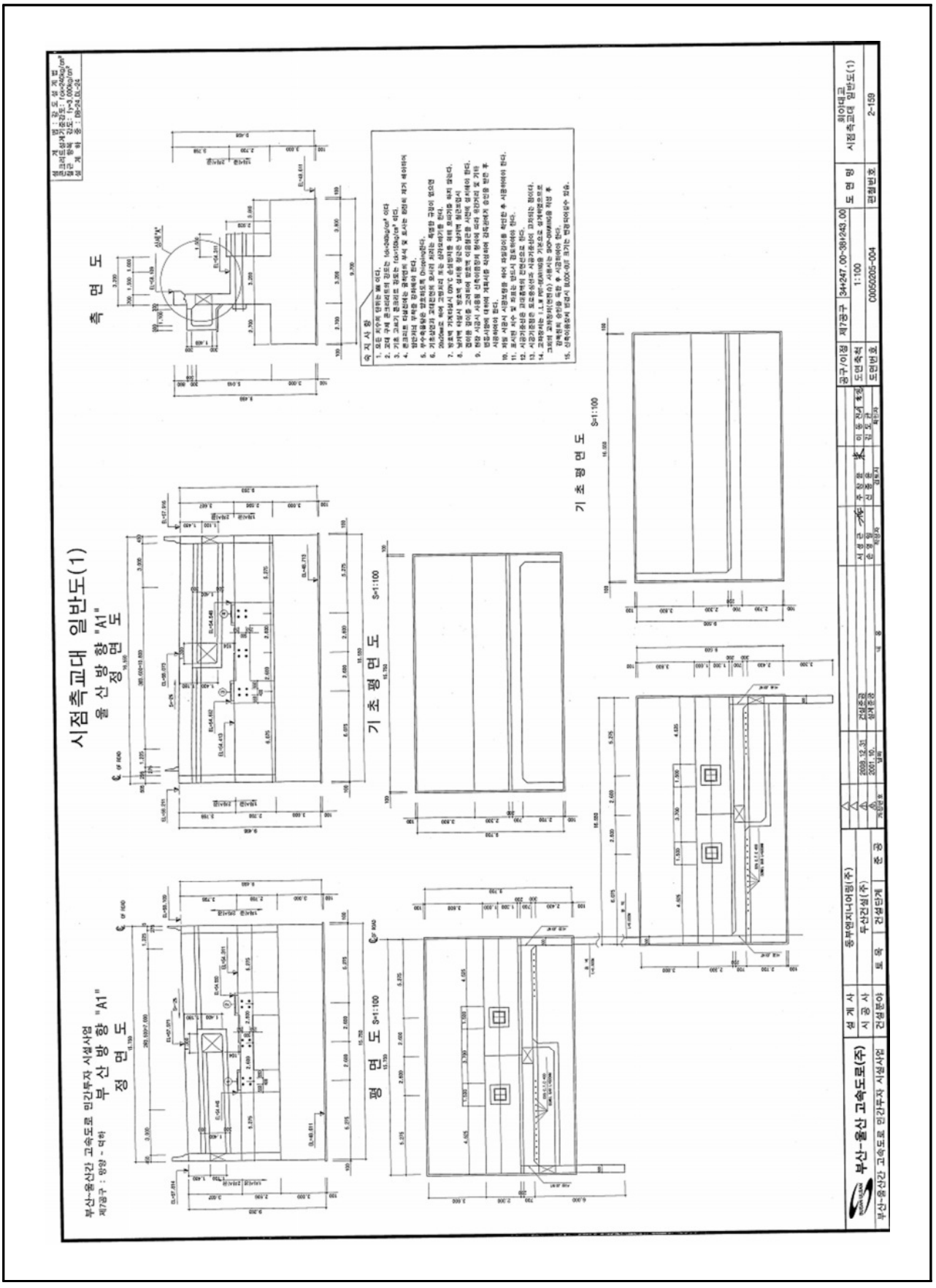
【그림 1.15】 PSC Box 단면도(부산)



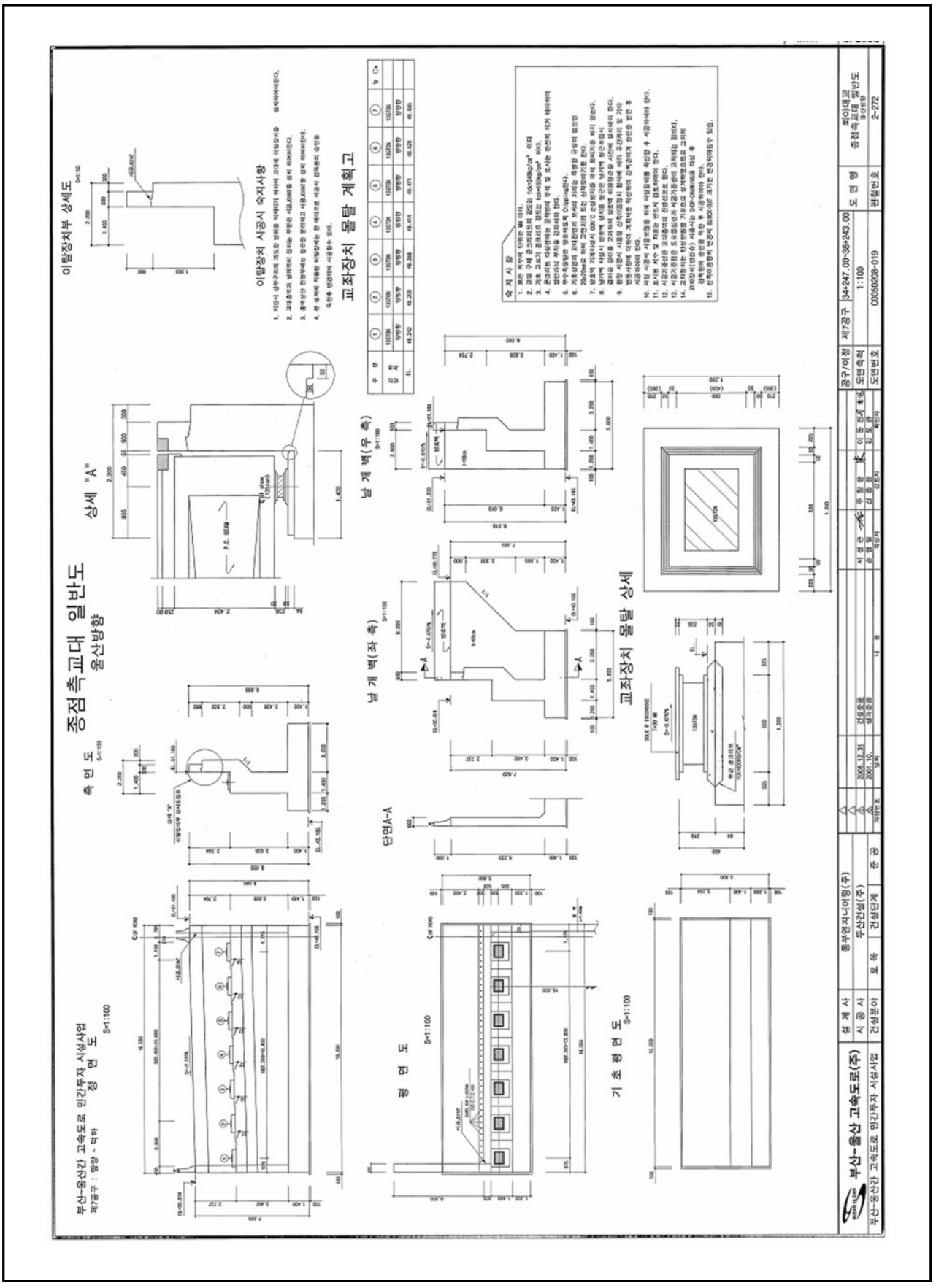
【그림 1.16】 슬래브(PSC Beam) 일반도(부산)



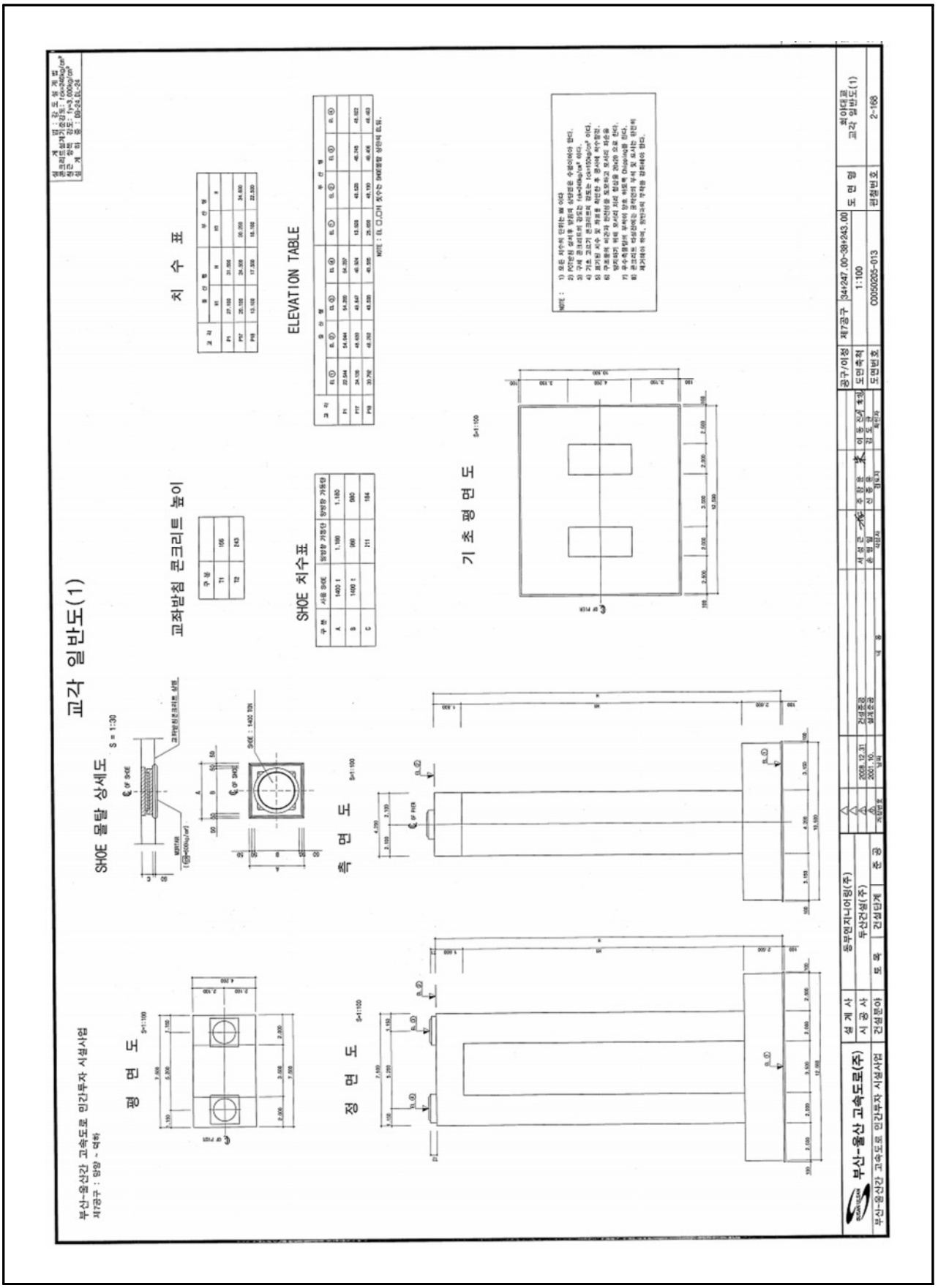
【그림 1.17】PSC Beam 일반도(부산)



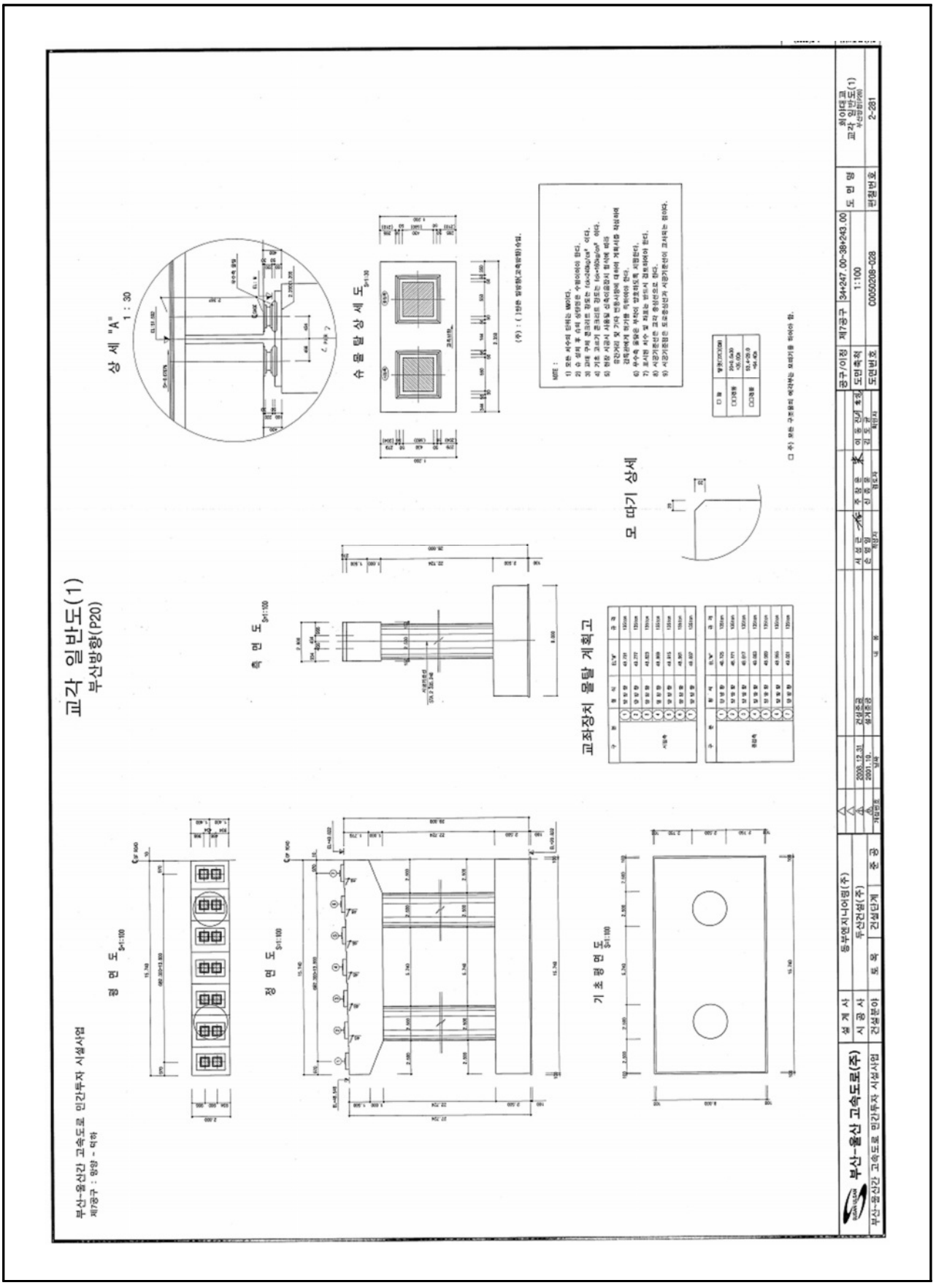
【그림 1.18】 교대 A1 일반도(부산)



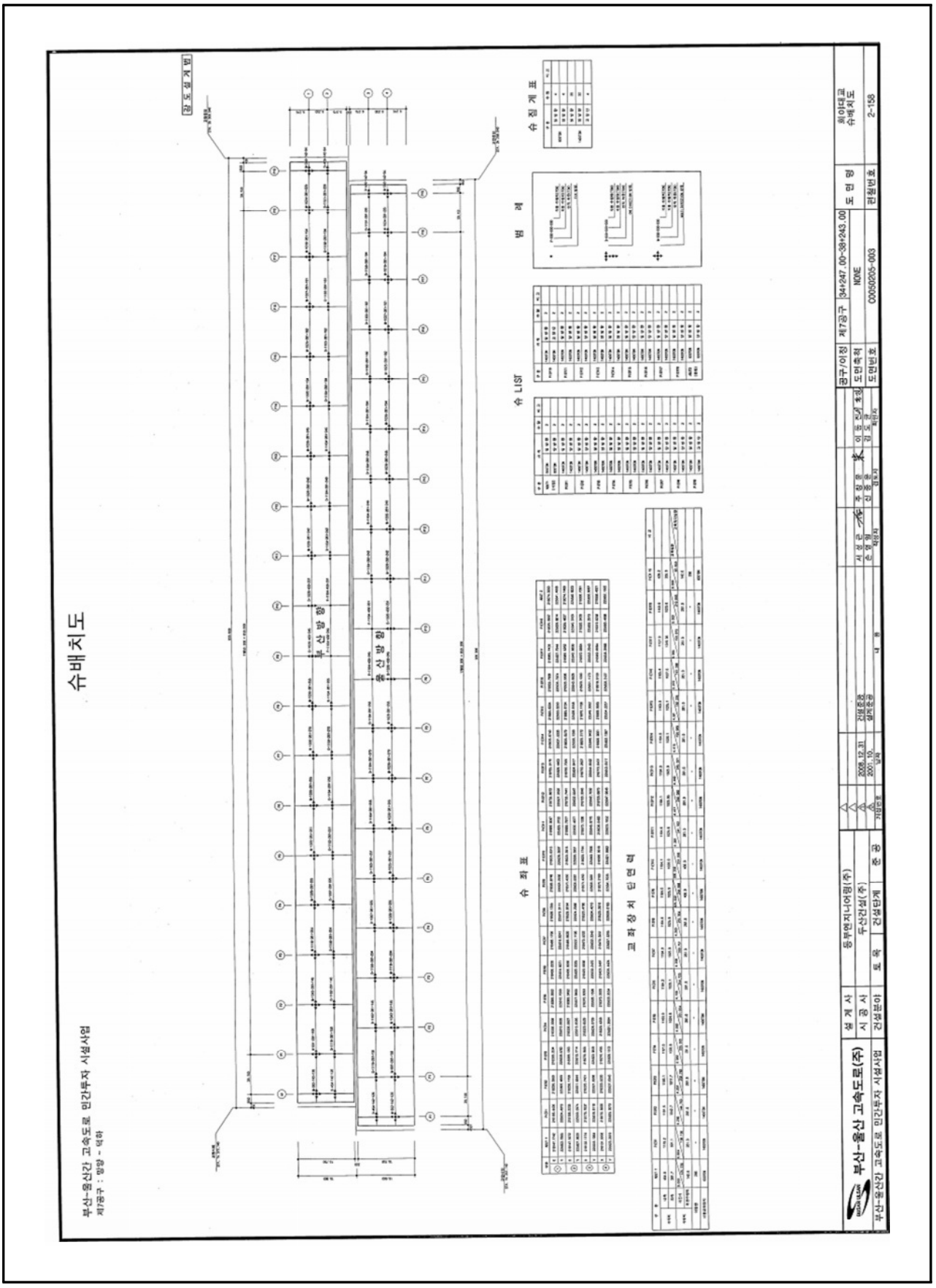
【그림 1.19】 교대 A2 일반도(부산)



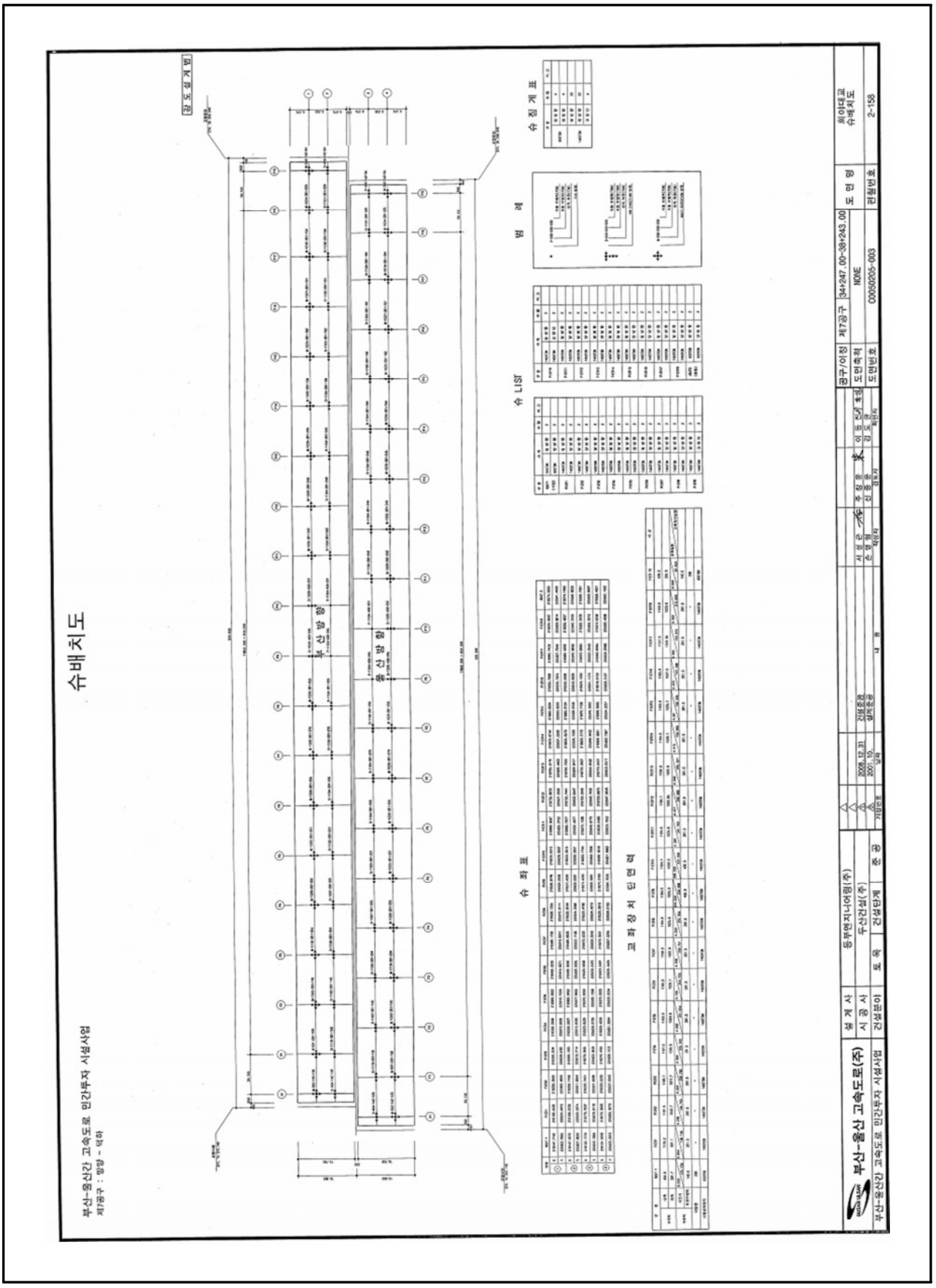
【그림 1.20】 교각(PSC Box) 일반도(부산)



【그림 1.21】 교각(PSC Beam) 일반도(부산)



【그림 1.22】 교량받침(PSC Box) 배치도(부산)



【그림 1.23】 교량받침(PSC Beam) 배치도(부산)

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 진단장비는 다음과 같다.

【표 1.5】주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

장 비 명	기 종	모델(규격)	종 류	수 량	용 도
접근장비	고소작업차	3ton, 5ton	1	1	• 교량 점검용(임대)
	교량점검차	-	1	1	• 교량 점검용(임대)
비파괴검사기기 (콘크리트)	철근탐지기	RC-Radar (NJJ-95B)	1	1	• 콘크리트 내부의 철근 크기 및 위치 검사(보유)
	반발경도측정기 (NR형)	NSR	1	1	• 콘크리트 강도 추정(보유)
비파괴검사기기 (강재)	도막두께 측정기	MG-401	1	1	• 도막두께 측정(보유)
계측기기	균열폭 측정기	PEAK	1	1	• 균열폭 측정(보유)
	탄산화측정기기	페놀프탈레인용액	1	1	• 탄산화 진행상태 측정(보유)
		버니어캘리퍼스	1	1	
	염분측정장비	CL-203Z	1	1	• 콘크리트 및 수분의 염화나트륨함유량 측정(보유)
점검기구 및 장비	카메라(하이엔드)	Canon	1	3	• 사진 촬영(보유)
	그라인더	Bosch	1	1	• 콘크리트 등 연마(보유)
	소형랜턴	XM-L2	1	4	• 거더내부 조사(보유)
	사다리	알루미늄(5.0m)	1	1	• 구조물 외관조사(보유)
		알루미늄(2.0m)	1	1	
	줄자	5m, 50m	1	1	• 거리 측정(보유)
	점검망치	Besto	1	1	• 콘크리트 부재 청음조사(보유)
	콘크리트용 드릴	Bosch	1	1	• 콘크리트용 천공(보유)
	발전기	EC-2500C	1	1	• 전력 공급(보유)

【표 1.6】검·교정 성적서 현황

장비명	철근탐사장비(NJJ-95B)



교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원
경기도 안산시 상록구 해안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

성적서 번호 : 23-000845-01-4
Certificate No.
페이지 (1) / (총 2)
Page of Pages

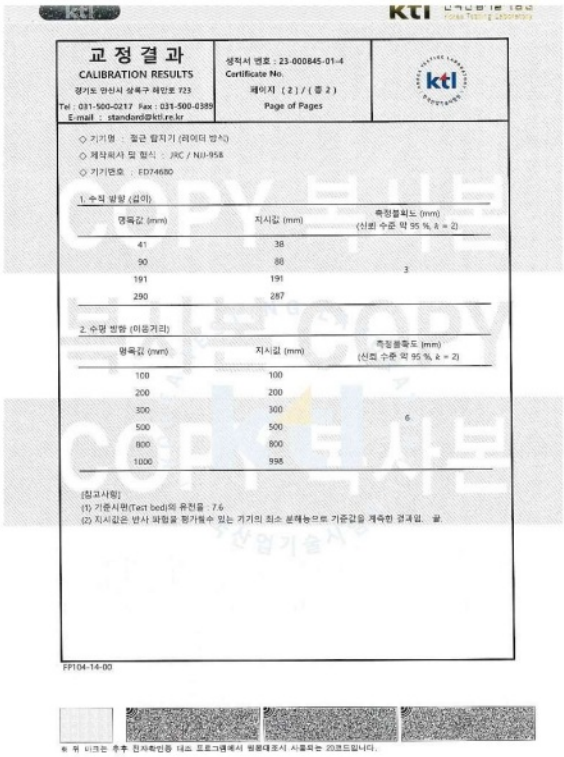
1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : 백양엔지니어링(주)
주 소 (Address) : 서울특별시 송파구 중민로 10, 8층 제8-에스25호 (문정동, 가든파이브톨)
2. 측 정 기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 철근 탐지기 (레이더 방식)
제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : JRC / NJJ-95B
기기번호 (Serial Number) : ED74680
3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2023년 01월 09일
4. 교 정 환 경 (Environment)
온 도 (Temperature) : (19.8 ± 0.1) ℃ 습 도 (Humidity) : (46 ± 1) % R.H.
교정장소 (Location) : ■ 고정표준실 (KTL Lab) □ 이동교정 (Mobile Lab) □ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)
5. 측정표준의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
위의 기기는 초음파식 두께 측정기의 교정검사기준(KH01-1634-1)의 준거에 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기를 사용하여 교정되었음.
교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 Calibration Due	교정기관 Calibration Laboratory
Ultrasonic thickness specimens	KTL / TB400	TB930819	2024. 12. 08	한국산업기술시험원
Ultrasonic thickness specimens	KTL / TB500	TB900218	2024. 12. 08	한국산업기술시험원
Wheel counter tester	KTL / AXIS-2	190800614	2024. 06. 16	한국산업기술시험원

6. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조
7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성 명 (Name) : 오세상	직 위 (Title) : 기술책임자
		성 명 (Name) : 황영수

2023년 01월 09일
한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory
FP104-13-00



교 정 결 과
CALIBRATION RESULTS

성적서 번호 : 23-000845-01-4
Certificate No.
페이지 (2) / (총 2)
Page of Pages

Tel : 031-500-0217 Fax : 031-500-0389
E-mail : standard@ktl.re.kr

◇ 기기명 : 철근 탐지기 (레이더 방식)
◇ 제작회사 및 형식 : JRC / NJJ-95B
◇ 기기번호 : ED74680

1. 수직 방향 (깊이)

명목값 (mm)	지시값 (mm)	측정불확도 (mm) (신뢰 수준 약 95 %, k = 2)
41	38	3
90	88	
191	191	
290	287	

2. 수평 방향 (이음거리)

명목값 (mm)	지시값 (mm)	측정불확도 (mm) (신뢰 수준 약 95 %, k = 2)
100	100	6
200	200	
300	300	
500	500	
800	800	
1000	998	

(참고사항)
(1) 기준시험(Test bed)의 두께 : 7.6
(2) 지시값은 반사 파형을 평가할 수 있는 기기의 최소 분해능으로 기준값을 계측한 결과임. 끝.

FP104-14-00

장비명	반발경도측정기(NSR)



시 험 성 적 서

(주) 대영씨앤티
경기도 군포시 공단로140번안길 10-10 (당정동)
Tel : 031-458-1020, Fax : 031-458-1134

성적서 번호 : 2207068-001
페이지 (1) / (총 2)

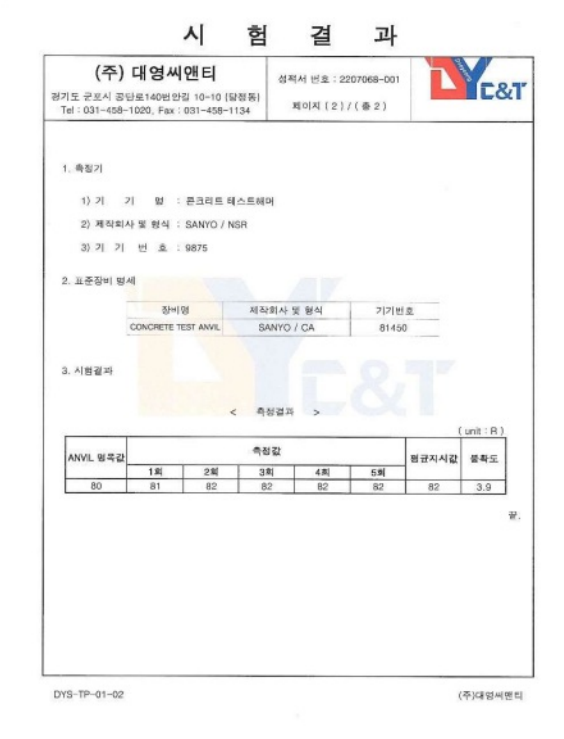
1. 의 뢰 자
기 관 명 : 백양엔지니어링(주)
주 소 : 서울특별시 송파구 중민로 10 (문정동, 가든파이브톨린 8층 S20호)
2. 측 정 기
기 기 명 : 콘크리트 테스트해머
제작회사 및 형식 : SANYO / NSR
기 기 번 호 : 9875
3. 시험일자 : 2022. 06. 07
4. 시험환경
온 도 : (20.7 ± 0.3) ℃ 습 도 : (44 ± 2) % R.H.
시험장소 : ■ 고정표준실 □ 이동시험 □ 현장시험
5. 측정표준의 소급성
시험방법 및 소급성 서술 :
상기 기기는 CONCRETE TEST HAMMER 시험지침서(DYS-TW-I101)에 따라 시험되었음.
시험에 사용한 표준장비 명세 (성적서 끝지 참조)

기기명	제작회사 및 형식	기기번호	차기교정예정일자	교정기관

6. 시험결과 : 시험결과 참조
7. 측정불확도 : 시험결과 참조

확 인	작성자	승인자
	성 명 : 이지엽 (서명)	직 위 : 기술 책임자
		성 명 : 양승재 (서명)

위 내용은 의뢰자가 제공한 시험품의 시험 결과이며, 시료명은 의뢰자가 제공한 것 입니다.
이 성적서는(주)대영씨앤티에서 발행한 성적서 임을 증명합니다.
2022. 06. 07
(주) 대영씨앤티 대표이사 (인)
(주1) 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(피루하, 온도, 습도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 유효가 끝납니다.
(주2) 본 성적서는 상품 광고 또는 기타 거래의 선전 및 법적 소송을 목적으로 사용 할 수 없음.
(주3) 본 성적서는 인장과 공관이 없음.
DYS-TP-01-01 (주)대영씨앤티



시 험 결 과

(주) 대영씨앤티
경기도 군포시 공단로140번안길 10-10 (당정동)
Tel : 031-458-1020, Fax : 031-458-1134

성적서 번호 : 2207068-001
페이지 (2) / (총 2)

1. 측정기
1) 기 기 명 : 콘크리트 테스트해머
2) 제작회사 및 형식 : SANYO / NSR
3) 기 기 번 호 : 9875
2. 표준장비 명세

장비명	제작회사 및 형식	기기번호
CONCRETE TEST ANVIL	SANYO / CA	81450

3. 시험결과

< 측정결과 >

(unit : R)

ANVIL 명목값	측정값					평균지시값	분산도
	1회	2회	3회	4회	5회		
80	81	82	82	82	82	82	3.9

끝.

DYS-TP-01-02 (주)대영씨앤티

【표 1.6】검·교정 성적서 현황(계속)

장비명	도막두께측정기(MG-401)



교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원
경기도 안산시 상록구 해안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

성적서 번호 : 23-000845-01-1
Certificate No.
페이지 (1) / (총 2)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : 백양엔지니어링(주)
주 소 (Address) : 서울특별시 송파구 중인로 10, 8층 제8-에스25호 (문정동, 가든파이브웰)
2. 측 정 기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 막두께 측정기
제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : ELMETRON / MG-401
기기번호 (Serial Number) : 0677/08
3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2023년 01월 05일
4. 교 정 환 경 (Environment)
온 도 (Temperature) : (19.9 ± 0.1) ℃ 습 도 (Humidity) : (51 ± 1) % R.H.
교정장소 (Location) : ■ 고정표준실 (KTL Lab.) □ 이동교정 (Mobile Lab.) □ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)
5. 측정표준의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
6. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조
7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 Next Calibration Date	교정기관 Calibration Laboratory
Gauge blocks	Mitutoyo / 0 grade	0603555	2024. 03. 19	한국산업기술시험원
Thickness specimens	Rcenter / (52 ~ 25.996 μm, 15 점)	FK4429	2023. 03. 05	한국산업기술시험원

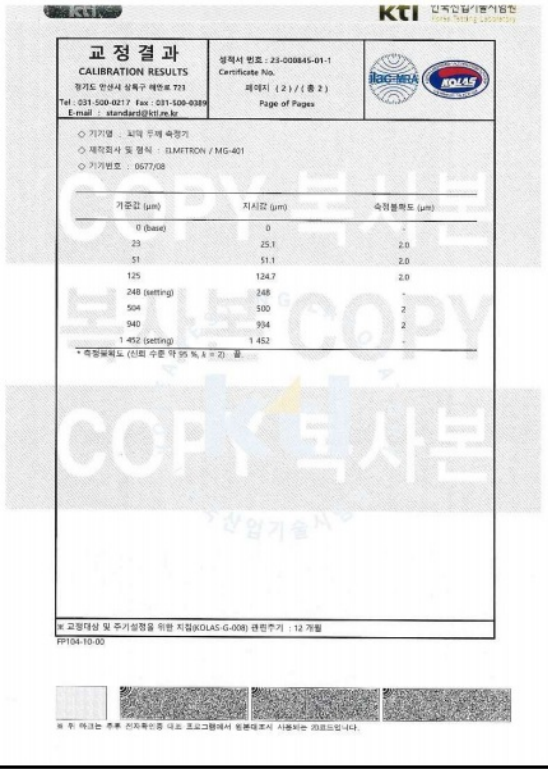
확인 (Affirmation)
작성자 (Measurements performed by) 성 명 (Name) : 박한글
승인자 (Approved by) 직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (Name) : 황영수

2023년 01월 06일

한국인정기구 인정 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA
한국산업기술시험원장 Korea Testing Laboratory

FP104-09-01

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.



교 정 결 과
CALIBRATION RESULTS

성적서 번호 : 23-000845-01-1
Certificate No.
페이지 (2) / (총 2)
Page of Pages

◇ 기기명 : 막두께 측정기
◇ 제작회사 및 형식 : ELMETRON / MG-401
◇ 기기번호 : 0677/08

기준값 (μm)	지시값 (μm)	측정불확도 (μm)
0 (base)	0	-
23	25.1	2.0
51	51.1	2.0
125	124.7	2.0
248 (setting)	248	-
504	500	2
940	934	2
1 452 (setting)	1 452	-

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 2) 끝.

※ 교정대상 및 주기설정을 위한 지침(KOLAS-G-008) 관련주기 : 12 개월

FP104-10-00

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

장비명	균열폭측정기(PEAK)



교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원
경기도 안산시 상록구 해안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

성적서 번호 : 22-003700-01-1
Certificate No.
페이지 (1) / (총 2)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : 백양엔지니어링(주)
주 소 (Address) : 서울특별시 송파구 중인로 10, 8층 제8-에스25호 (문정동, 가든파이브웰)
2. 측 정 기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 측미 현미경
제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : PEAK / 10× (±15, 1 div.=0.1) mm
기기번호 (Serial Number) : None
3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2022년 01월 18일
4. 교 정 환 경 (Environment)
온 도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) ℃ 습 도 (Humidity) : (49 ± 1) % R.H.
교정장소 (Location) : ■ 고정표준실 (KTL Lab.) □ 이동교정 (Mobile Lab.) □ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)
5. 측정표준의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
6. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조
7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 Next Calibration Date	교정기관 Calibration Laboratory
Standard scale	OLYMPUS / (0 ~ 1) mm	035037-1	2023. 11. 24	한국산업기술시험원
Standard scale	Mitutoyo / (0 ~ 80) mm	21538	2023. 09. 03	한국산업기술시험원
Standard scale	Mitutoyo / (0 ~ 50) mm	103418	2023. 03. 26	한국산업기술시험원

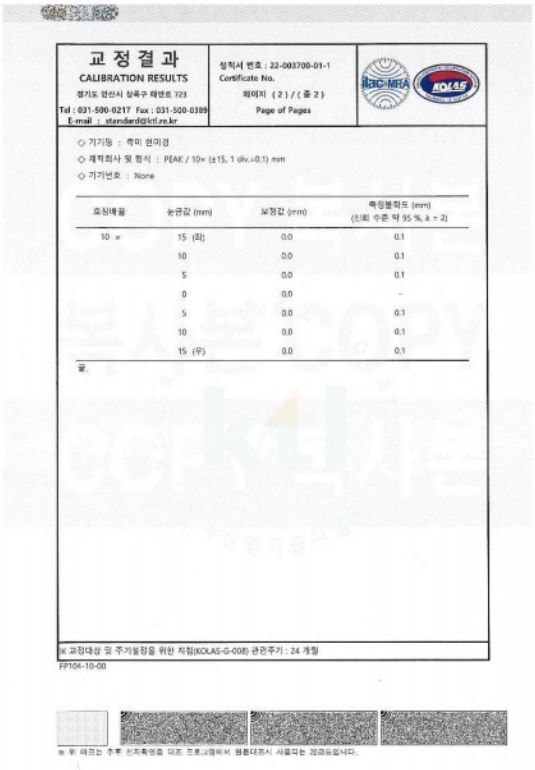
확인 (Affirmation)
작성자 (Measurements performed by) 성 명 (Name) : 오재상
승인자 (Approved by) 직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (Name) : 임관진

2022년 01월 19일

한국인정기구 인정 Accredited by KOLAS, Republic of KOREA
한국산업기술시험원장 Korea Testing Laboratory

FP104-09-00

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.



교 정 결 과
CALIBRATION RESULTS

성적서 번호 : 22-003700-01-1
Certificate No.
페이지 (2) / (총 2)
Page of Pages

◇ 기기명 : 측미 현미경
◇ 제작회사 및 형식 : PEAK / 10× (±15, 1 div.=0.1) mm
◇ 기기번호 : None

조정배율	눈금값 (mm)	보정값 (mm)	측정불확도 (mm) (신뢰 수준 약 95 %, k = 2)
10 ×	15 (좌)	0.0	0.1
	10	0.0	0.1
	5	0.0	0.1
	0	0.0	-
	5	0.0	0.1
	10	0.0	0.1
	15 (우)	0.0	0.1

끝.

※ 교정대상 및 주기설정을 위한 지침(KOLAS-G-008) 관련주기 : 24 개월

FP104-10-00

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

【표 1.6】검·교정 성적서 현황(계속)

장비명	염분측정장비(CL-203Z)



교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원
경기도 안산시 상록구 해안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

성적서 번호 : 22-072325-01-1
Certificate No.
페이지 (1) / (총 2)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : 백암엔지니어링(주)
주 소 (Address) : 서울특별시 송파구 중민로 10, 8층 제8-에스25호 (문정동, 가든파이브툴)
2. 측 정 기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 염화물 측정기
제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : KRK / CL-203Z
기기번호 (Serial Number) : 9412
3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2022년 11월 18일
4. 교 정 환 경 (Environment)
온 도 (Temperature) : (20.2 ± 0.3)℃ 습 도 (Humidity) : (45 ± 3) % R.H.
교정장소 (Location) : ■ 고정표준실 (KTL Lab.) □ 이동교정 (Mobile Lab.) □ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)
5. 측정표준의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
한국기기는 염화물측정기로 교정업무기준(FP801 20707 기)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기준 사용하여 교정 되었음.
교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 Next Calibration Date	교정기관 Calibration Laboratory
Sodium chloride	KRISS / 104-02-001	200120-08	2023. 05. 11	한국표준과학연구원
Density meter	Anton Paar / DMA 5000 M	82972912	2023. 07. 15	Anton Paar
Electric Balance	Mettler / AX504	1122212061	2024. 05. 25	한국산업기술시험원

6. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조.
7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조.
비고(NOTE)
1. 이 성적서는 국제시장기 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타강제성 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 공공인 표소하며, 일부로 재 가공된 시료 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(참조 이전 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 표명시켜 게공하는 경우 성적서를 의미합니다.)
3. 고객만족플래이지(customerkti.re.kr)에서 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서 원본 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성 명 (Name) : 강지혜	직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (Name) : 박준일

2022년 11월 21일

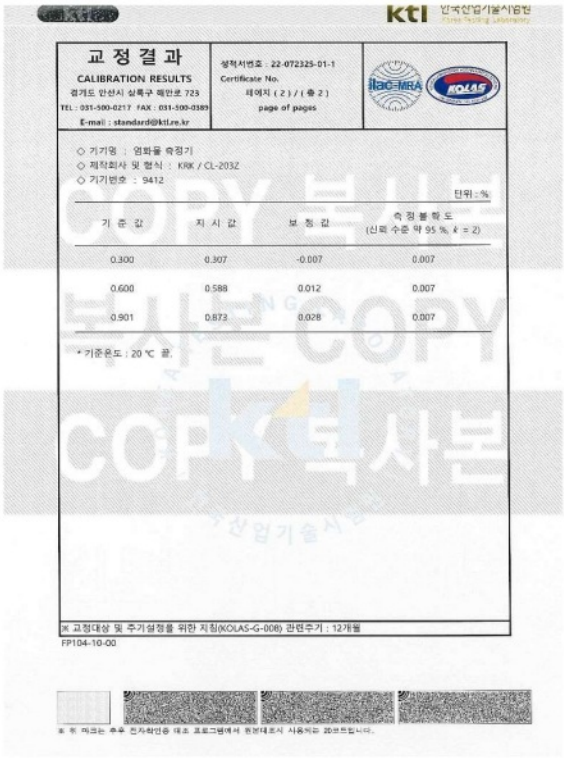
한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory

한국인정기구 인정
Accredited by KOLAS,
Republic of KOREA

(주) 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(온도, 습도, 외부 급격한 변화)가 발생할 경우에는 무효가 됩니다.

FP104-09-01

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.



교 정 결 과
CALIBRATION RESULTS
경기도 안산시 상록구 해안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389
E-mail : standard@ktl.re.kr

성적서번호 : 22-072325-01-1
Certificate No.
페이지 (2) / (총 2)
page of pages

◇ 기기명 : 염화물 측정기
◇ 제작회사 및 형식 : KRK / CL-203Z
◇ 기기번호 : 9412

단위 : %

기 준 값	지 시 값	보 정 값	측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 2)
0.300	0.307	-0.007	0.007
0.600	0.588	0.012	0.007
0.901	0.873	0.028	0.007

* 기준온도 : 20 ℃ 끝.

※ 교정대상 및 주기설정을 위한 지침(KOLAS-G-008) 관련주기 : 12개월

FP104-10-00

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

장비명	진동측정기(MICROMATE)



교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원
경기도 안산시 상록구 해안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

성적서 번호 : 22-048344-01-1
Certificate No.
페이지 (1) / (총 2)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : 백암엔지니어링(주)
주 소 (Address) : 서울특별시 송파구 중민로 10, 8층 제8-에스25호 (문정동, 가든파이브툴)
2. 측 정 기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 진동 측정기
제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : INSTANTEL / MICROMATE
기기번호 (Serial Number) : UM14802
3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2022년 08월 05일
4. 교 정 환 경 (Environment)
온 도 (Temperature) : (22.6 ± 0.1)℃ 습 도 (Humidity) : (53 ± 1) % R.H.
교정장소 (Location) : ■ 고정표준실 (KTL Lab.) □ 이동교정 (Mobile Lab.) □ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소 : 경기도 안산시 상록구 해안로 723)
5. 측정표준의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
한국 기기는 진동 측정기의 교정업무기준(FP801-60009-1)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성이 유지된 표준기를 사용하여 교정되 었음.
교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 Next Calibration Date	교정기관 Calibration Laboratory
Optical encoder	RENISHAW / T1000-1SA	94X148	2024. 07. 18	한국산업기술시험원
Data acquisition card	NI / PCI-4461	1757695	2023. 06. 15	한국산업기술시험원
Digital Multimeter	Agilent / 34410A	MY47000688	2023. 08. 05	한국산업기술시험원

6. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조.
7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조.
비고(NOTE)
1. 이 성적서는 국제시장기 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타강제성 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 공공인 표소하며, 일부로 재 가공된 시료 및 전자인쇄본 등은 유효하지 않습니다.
(참조 이전 KTL에서 정해진 절차에 따라 보안성을 표명시켜 게공하는 경우 성적서를 의미합니다.)
3. 고객만족플래이지(customerkti.re.kr)에서 아래의 2D바코드를 스캔하여 성적서 원본 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성 명 (Name) : 유해민	직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (Name) : 문재덕

2022년 08월 08일

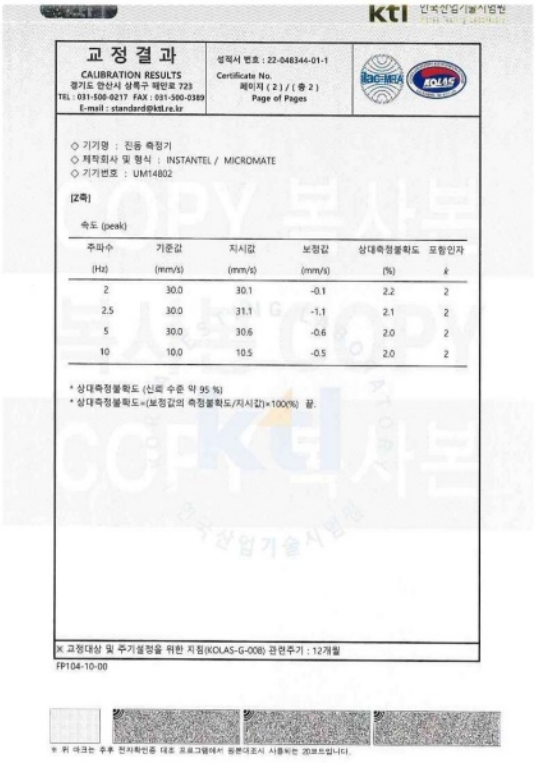
한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory

한국인정기구 인정
Accredited by KOLAS,
Republic of KOREA

(주) 이 성적서는 측정기의 정밀정확도에 영향을 미치는 요소(온도, 습도, 외부 급격한 변화)가 발생할 경우에는 무효가 됩니다.

FP104-09-00

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.



교 정 결 과
CALIBRATION RESULTS
경기도 안산시 상록구 해안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389
E-mail : standard@ktl.re.kr

성적서 번호 : 22-048344-01-1
Certificate No.
페이지 (2) / (총 2)
Page of Pages

◇ 기기명 : 진동 측정기
◇ 제작회사 및 형식 : INSTANTEL / MICROMATE
◇ 기기번호 : UM14802

[Z축]

속도 (peak)

주파수 (Hz)	기준값 (mm/s)	지시값 (mm/s)	보정값 (mm/s)	상대측정불확도 (%)	포함인자 k
2	30.0	30.1	-0.1	2.2	2
2.5	30.0	31.1	-1.1	2.1	2
5	30.0	30.6	-0.6	2.0	2
10	10.0	10.5	-0.5	2.0	2

* 상대측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %)
* 상대측정불확도=(보정값의 측정불확도/지시값)×100(%) 끝.

※ 교정대상 및 주기설정을 위한 지침(KOLAS-G-008) 관련주기 : 12개월

FP104-10-00

※ 위 마크는 추후 전자확인증 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

【표 1.6】검·교정 성적서 현황(계속)

장비명	초음파 측정기(Ultracom-170)



교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원
경기도 안산시 상록구 제안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

성적서 번호 : 23-005941-01-1
Certificate No.
페이지 (1) / (총 2)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : 백암엔지니어링(주)
주 소 (Address) : 서울특별시 송파구 중민로 10, 8층 제B-에스25호 (문정동, 가든파이브톱)
2. 측 정 기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 콘크리트용 초음파 측정기
제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : mkcndt / Ultracom-170
기기번호 (Serial Number) : 1214
3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2023년 02월 03일
4. 교 정 환 경 (Environment)
온 도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) ℃ 습 도 (Humidity) : (49 ± 1) % R.H.
교정장소 (Location) : ▣ 교정표준실 (KTL Lab) □ 이동교정 (Mobile Lab.) □ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소 : 경기도 안산시 상록구 제안로 723)
5. 측정표준의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 Next Calibration Date	교정기관 Calibration Laboratory
Ultrasonic thickness specimens	KTL / (50 ~ 300) mm	UTC900218	2023. 03. 30	한국산업기술시험원

6. 교 정 결 과 (Calibration results) : 교정결과 참조
7. 측정불확도 (Measurement uncertainty) : 교정성과 참조
비고(NOTE)
1. 이 성적서는 계량에서 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타보증의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 허용은 유효하며, 임의로 제 3 기관의 서명 및 인작인에는 동의 효력이지 않습니다.
(환경 이상 KTL에서 정해진 범위에 따라 보안성을 조절시켜 제공하는 모든 성적서로 해당합니다.)
3. 고객만족을 위하여 customer@ktl.re.kr에서 이메일 2D바코드를 스캔하여 설문 확인이 가능합니다.
4. 본 실적서는 KS Q ISO/IEC 17025 표준 및 KOLAS 방법에 근거하여 작성되었습니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성 명 (Name) : 오세상	직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (Name) : 황영수

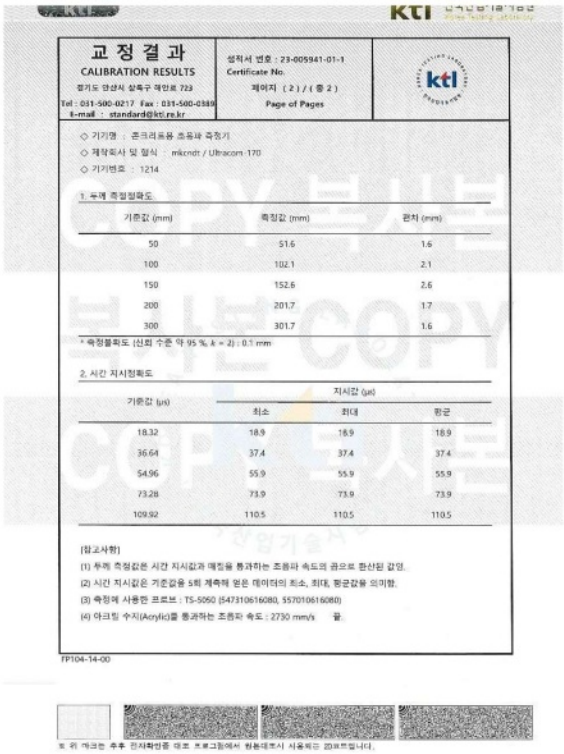
2023년 02월 03일

한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory

(주) 이 성적서는 측정기의 정밀성확도에 영향을 미치는 요소(온도계, 습도, 온도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

FP104-13-00

※ 위 마크는 추후 전자확인을 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.



교 정 결 과
CALIBRATION RESULTS

성적서 번호 : 23-005941-01-1
Certificate No.
페이지 (2) / (총 2)
Page of Pages

Tel : 031-500-0217 Fax : 031-500-0389
E-mail : standard@ktl.re.kr

◇ 기기명 : 콘크리트용 초음파 측정기
◇ 제작회사 및 형식 : mkcndt / Ultracom-170
◇ 기기번호 : 1214

1. 두께 측정정확도

기준값 (mm)	측정값 (mm)	편차 (mm)
50	51.6	1.6
100	102.1	2.1
150	152.6	2.6
200	201.7	1.7
300	301.7	1.6

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 2) : 0.1 mm

2. 시간 지시정확도

기준값 (μs)	지시값 (μs) 최소	최대	평균
18.32	18.9	18.9	18.9
36.64	37.4	37.4	37.4
54.96	55.9	55.9	55.9
73.28	73.9	73.9	73.9
109.92	110.5	110.5	110.5

(참고사항)
(1) 두께 측정값은 시간 지시값과 매질을 통과하는 초음파 속도의 곱으로 환산된 값임.
(2) 시간 지시값은 기준값을 5회 계측해 얻은 데이터의 최소, 최대, 평균값을 의미함.
(3) 측정에 사용한 프로브 : TS-5050 (5473106160B0, 5570106160B0)
(4) 아크릴 수지(Acrylic)를 통과하는 초음파 속도 : 2730 mm/s 끝.

FP104-14-00

※ 위 마크는 추후 전자확인을 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

장비명	측량기(SET5 50X)



교정성적서
CALIBRATION CERTIFICATE

한국산업기술시험원
경기도 안산시 상록구 제안로 723
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

성적서 번호 : 22-032504-01-1
Certificate No.
페이지 (1) / (총 3)
Page of Pages

1. 의 뢰 자 (Client)
기 관 명 (Name) : 백암엔지니어링(주)
주 소 (Address) : 서울특별시 송파구 중민로 10, 8층 제B-에스25호 (문정동, 가든파이브톱)
2. 측 정 기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 데오도라이트 (Total station)
제작회사 및 형식(Manufacturer and Model Name) : SOKKIA / SET5 50X
기기번호 (Serial Number) : 119672
3. 교 정 일 자 (Date of Calibration) : 2022년 06월 09일
4. 교 정 환 경 (Environment)
온 도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) ℃ 습 도 (Humidity) : (52 ± 1) % R.H.
교정장소 (Location) : ▣ 교정표준실 (KTL Lab) □ 이동교정 (Mobile Lab) □ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소 : 경기도 안산시 상록구 제안로 723)
5. 측정표준의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
교정에 사용한 표준장비 명세 (List of used standards/specifications)

기기명 Description	제작회사 및 형식 Manufacturer and Model	기기번호 Serial Number	차기교정예정일자 Next Calibration Date	교정기관 Calibration Laboratory
collective system for survey instruments	KTL / None	None	2024. 05. 27	한국표준과학연구원
Indexing table	LITAKER / CDT-AIN-SI-360	A428108	2024. 03. 09	한국표준과학연구원
Total station	Leica / TM50	368590	2024. 01. 18	한국산업기술시험원

6. 교 정 결 과 (Calibration Results) : 교정결과 참조
7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조
비고(NOTE)
1. 이 성적서는 고객자가 제출한 시료에 한하며, 법적 및 기타보증의 근거 등으로의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 외부로 제출한 목적으로 임의로 제 3 기관의 서명 및 인작인에는 동의 효력이지 않습니다.
(환경 이상 KTL에서 정해진 범위에 따라 보안성을 조절시켜 제공하는 모든 성적서로 해당합니다.)
3. 고객만족을 위하여 customer@ktl.re.kr에서 이메일 2D바코드를 스캔하여 설문 확인이 가능합니다.

확인 (Affirmation)	작성자 (Measurements performed by)	승인자 (Approved by)
	성 명 (Name) : 문정준	직 위 (Title) : 기술책임자 성 명 (Name) : 김동현

2022년 06월 09일

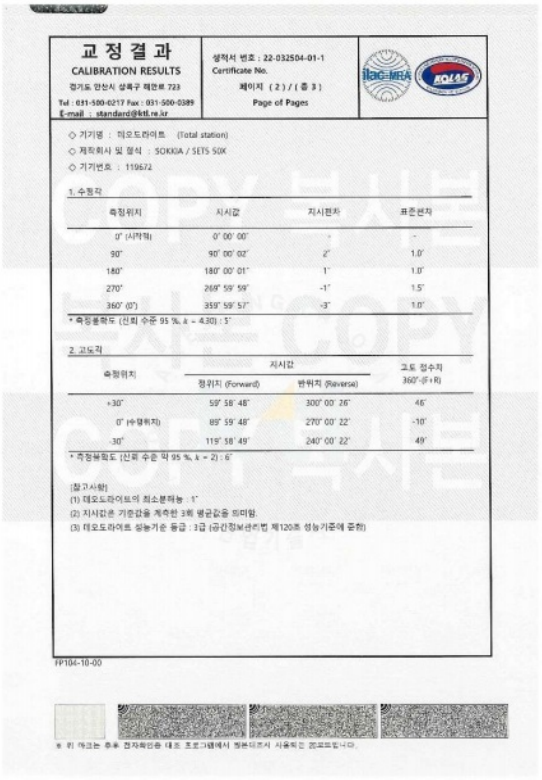
한국인정기구 인정
Accredited by KOLAS, Republic of KOREA

한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory

(주) 이 성적서는 측정기의 정밀성확도에 영향을 미치는 요소(온도계, 습도, 온도 등)의 급격한 변화가 발생한 경우에는 무효가 됩니다.

FP104-09-00

※ 위 마크는 추후 전자확인을 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.



교 정 결 과
CALIBRATION RESULTS

성적서 번호 : 22-032504-01-1
Certificate No.
페이지 (2) / (총 3)
Page of Pages

Tel : 031-500-0217 Fax : 031-500-0389
E-mail : standard@ktl.re.kr

◇ 기기명 : 데오도라이트 (Total station)
◇ 제작회사 및 형식 : SOKKIA / SET5 50X
◇ 기기번호 : 119672

1. 수평각

측정위치	지시값	지시편차	표준편차
0° (시작점)	0° 00' 00"	-	-
90°	90° 00' 02"	2"	1.0"
180°	180° 00' 01"	1"	1.0"
270°	269° 59' 59"	-1"	1.5"
360° (0°)	359° 59' 57"	-3"	1.0"

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 4.30) : 5"

2. 고도각

측정위치	지시값 정위치 (Forward)	지시값 반위치 (Reverse)	고도 정수차 360°-(F+R)
+30°	59° 58' 48"	300° 00' 26"	46"
0° (수평위치)	89° 59' 48"	270° 00' 22"	-10"
-30°	119° 58' 49"	240° 00' 22"	49"

* 측정불확도 (신뢰 수준 약 95 %, k = 2) : 6"

(참고사항)
(1) 데오도라이트의 최소분해능 : 1"
(2) 지시값은 기준값을 계측한 3회 평균값을 의미함.
(3) 데오도라이트 성능기준 등급 : 3급 (공간정보산업법 제120조 성능기준에 준함)

FP104-10-00

※ 위 마크는 추후 전자확인을 대조 프로그램에서 원본대조시 사용되는 2D코드입니다.

1.6 교량기호의 정의

【표 1.7】교량기호의 정의

부 재 구 분		사용기호	비 고
공 통	경 간	S	Span(시점에서 종점으로 순번)
	거 더	G	Main Girder
	바 닥 판	SL	Slab
	교량받침	Sh	Shoe
	신축이음	EXP. J	Expansion Joint(시점에서 종점으로 순번)
상부구조 (PSC 거더) (PSC BOX)	가 로 보	CB	Cross Beam
	상부플랜지	UF	Upper Flange
	하부플랜지	LF	Lower Flange
	격 벽	D	Diaphragm
	좌측(우측)복부	L(R)-W	Left(Right) Web
하부구조	교 대	A	Abutment(시점에서 종점으로 순번)
	교 각	P	Pier(시점에서 종점으로 순번)

EX) S1 G1 P1

- P1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 첫 번째 교각
- G1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 좌측에서 우측으로 첫 번째 거더
- S1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 첫 번째 경간

※ 교량받침장치 및 거더의 표시는 시점에서 종점을 바라볼 때 좌측에서 우측으로 번호를 부여함.

※ 격벽 및 현장이음부의 표시는 신축이음부를 기준으로 하여 구분하였으며, 시점에서 종점을 바라볼 때 순차적으로 번호를 부여함.

※ 본 교량의 시·종점 표시는「구조물 유지관리 실무자료집(2012, 한국도로공사) P.35~37」에 따라 차량 진행방향을 기준으로 진입부를 시점으로 선정하여 실시함.

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기존 정밀안전점검·정밀안전진단 실시결과

2.4 보수·보강 이력 및 용도변경

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

2.6 자료분석 결과요약

2.7 기타 관련자료

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 관련자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

가. 자료수집 현황

본 구조물에 관련된 자료는 주로 설계 및 시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 관련된 자료 등이며, 한국도로공사 강원본부의 유지관리자료 보유 현황은 다음 【표 2.1】과 같다.

【표 2.1】자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 - 일반보고서(2008.12) - 토질조사보고서(2008.12) - 준공내역서(2008.12) - 준공도면(2008.12) ◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 구조 및 수리계산서(2008.12)
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등	보유	
시설물 관 리 대 장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 ◦ 보수·보강 및 유지관리 이력	보유	◦시설물통합정보관리시스템(FMS)
시공 관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ◦ 사고기록	일부 보유	◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 시공기록보고서(2008.12) - 시공관련 자료 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	◦보수·보강 이력사항
보수·보강 자료		보유	

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

설계도서가 보존되어 있는 회야대교(울산, 부산)의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “부산울산 고속도로 건설공사(7공구)” 의 구조 및 수리계산서와 일반보고서, 토질조사 보고서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 구조계산서 검토

【표 2.2】구조계산 시 설계조건 및 검토결과

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="4">내 용</th></tr>
<tr><td>적용하중
및
사용재료</td><td colspan="4">
<table>
<tr><th rowspan="2">적용하중</th><th colspan="2">사용재료</th></tr>
<tr><th>상부</th><th>하부</th></tr>
<tr><td>◦ 고정하중
- L.M.C : 23.5kN/m^3
- 철근콘크리트 : 25.0kN/m^3

◦ 활하중
- DB24, DL24

◦ 기타
- 충격<15/(40+L)>, 원심하중, 차량횡하중, 제동하중 및 시동하중, 풍하중, 수압, 부력 및 양압력, 토압, 지진 등</td><td>◦ 콘크리트
- fck=40MPa
- fck=27MPa

◦ 철근
- SD40
- fy=400MPa</td><td>◦ 콘크리트
- fck=24MPa

◦ 철근
- fy=300MPa

◦ 뒷채움흙
- γs=2.0t/㎥
- φs=35(degress)</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>설계법
및
하중조합</td><td colspan="4">
<table>
<tr><th colspan="2">검토부재</th><th>설계법 및 하중조합</th></tr>
<tr><td rowspan="2">상부구조</td><td>바닥판</td><td>◦ 강도설계법
- 하중조합 : 고정하중, 활하중, 충격, 충돌, 풍하중, 원심하중</td></tr>
<tr><td>PSC Box
+
PSC Beam</td><td>◦ 허용응력설계법
- 하중조합 : 고정하중, 활하중, 충격, 충돌, 원심하중</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>교 대
교 각</td><td>◦ 허용응력설계법 : 안정검토 시
◦ 강도설계법 : 단면검토 시</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>검토결과</td><td colspan="4">※ 상부구조 구조계산 검토결과 단면력(응력)이 설계강도(허용력) 이내이며 안전율은 1.0 이상임.
※ 하부구조 구조계산 검토결과 교대 및 교각은 안정하며, 구조 안전성을 확보하고 있는 것으로 나타남.</td></tr>
</table>

2.2.2 토질 및 지반조사 자료검토

가. 지형 및 지질 상태

1) 지형

- 본 조사지역의 지형은 전반적으로 저구릉성 산지로 방사상의 산계를 형성하고 있으며, 수계에 의해 단절된 독립적 산계의 지형을 형성한다.
- 본 노선의 산계는 크게 시점부(남측부)와 종점부(북측부)로 나뉘어 지는데, 이는 회야강에 의해 단절된 형태를 보이며 노선이 지나는 산계는 주로 해발 100～170m 내외의 봉우리에서 뻗은 자계의 중앙부를 통과하며 때로는 소지류에 의해 형성된 계곡부를 수차례 통과하고 있다.
- 본역의 수계로는 노선의 중앙부에 위치한 회야강이 가장 큰 수계로 동절기의 유입수량은 많지 않으나 하상의 폭이 비교적 넓게 형성되며 하절기의 강우시에는 비교적 많은 양의 하천수가 유입되는 것으로 파악된다.
- 회야강을 제외한 수계의 발달은 미미하며 상기 산계에서 발원하는 소지류 및 농경지 경작을 위해 인위적으로 형성된 저수지는 여러 개소가 분포하고 있으나 규모는 작은 편이다.
- 지류에 의해 형성된 계곡부는 소규모의 퇴적지형이 나타나며 회야강 주변으로는 하상퇴적에 의해 형성된 퇴적지형이 특징을 이루고, 그 남측부는 소규모의 평야지대로 현재 농경지로 활용되고 있으며 회야강 북측(회야댐 우측), 고속도로의 좌측부는 침식에 의해 형성된 절벽부이다.

2) 지질

- 본 조사구간의 지질은 경상계의 신라통에 해당하는 울산층으로 적색셰일, 회록색셰일, 사암 및 역암으로 중상대 백악기의 지층이 기반암을 이루며 그 상부에 신생대 제4기의 충적층이 부정합으로 피복되어 있다.

【표 2.3】 지질계통표

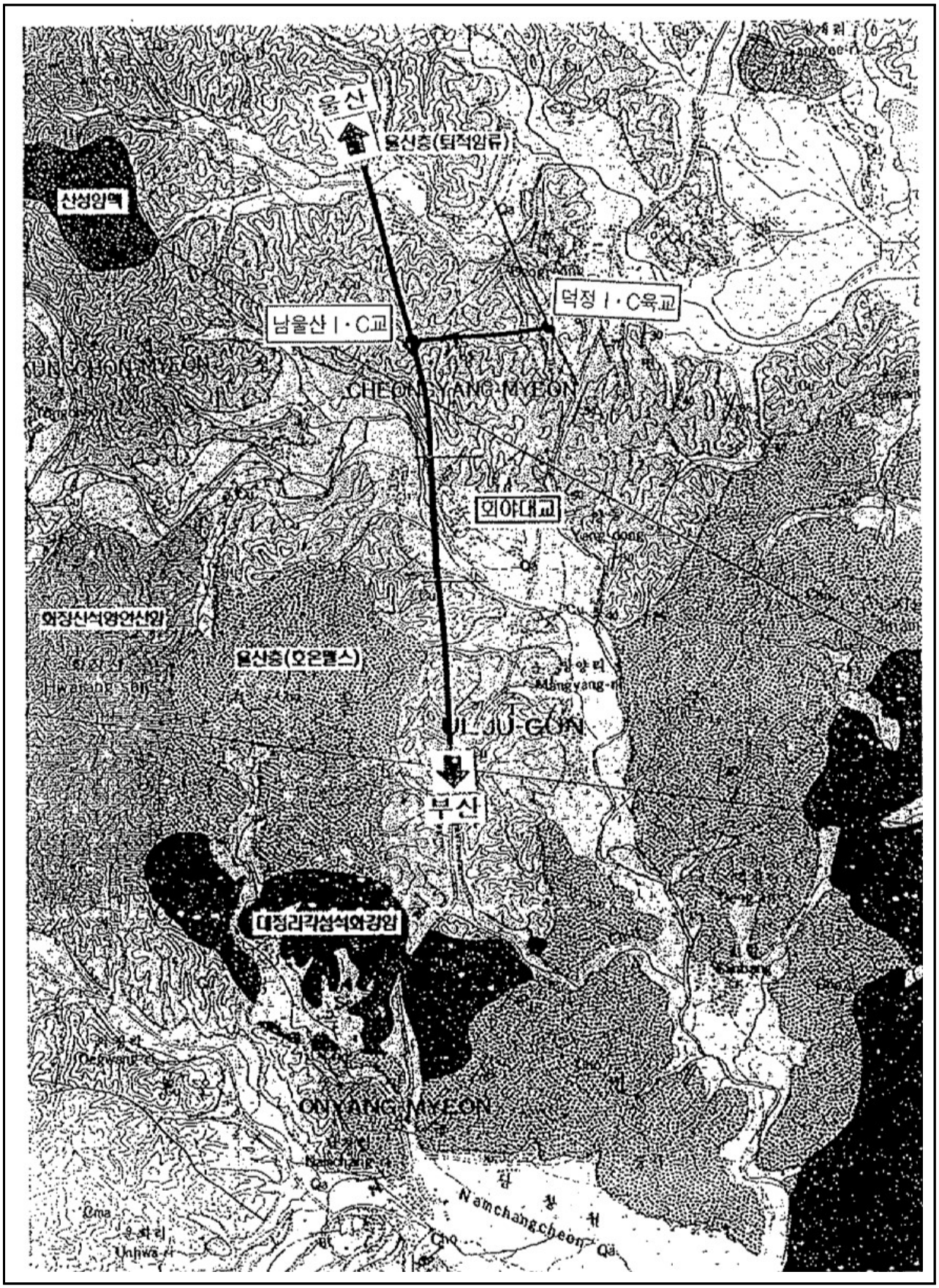
제 4 기	충 적 층
	~ 부 정 합 ~
제 3 기	당사리안산암질응회암
	당사리안산암
	~ 관입 및 분출 ~
백악기	산성암맥
	중성암맥
	화강섬록반암
	대정리각섬석화강암
	서생각섬석화강암
	반상흑운모화강암
	~ 관 입 ~
	각력안산암
	화장산석영안산암
	울산층

① 울산층

- 본층은 본역에 분포된 경상누층군중 최하부를 점유하는 지층으로 조사지역을 중심으로 광범위하게 분포되어 있다. 본암은 적색셰일, 회색~회록색 셰일, 사암 등으로 구성되며 여기에 응회질사암과 불연속성의 역암등이 혼재되어 있다.
- 그리고 이들 누층이 불국사통에 관입된 심성화성암류에 영향을 받아 관입접촉부는 호온펠스화 되어 있다.
- 본층은 하부에서 적색셰일과 회색셰일이 호층을 이루면서 발달되고 중부부근에서는 회색~회록색셰일, 사암이 적색셰일보다 우세한 편이며 상부에서 적색셰일, 사암, 회색셰일 등이 각각 분포된다.
- 응회암질 사암은 역암 부근에 발달되는 경향이 많고 불연속성을 갖는 역암은 회록색을 띠며 역의 종류는 안산암류, 적색~회록색셰일, 사암, 규암 등으로 구성되고 원형~타원형이고 크기는 0.5~3㎝ 정도이다. 기질은 모래와 점토, 응회물질들로 이루어 진다.
- 본층의 일반적인 주향과 경사는 N12~45E, 15~40SE로서 비교적 단조로운 지질구조를 보여주며 동북방향으로 발달되어 있다.
- 구성성분으로는 분급정도가 좋지 못한 석영, 사장석암편, 방해석, 운모들로 구성되며 점토광물들이 이들을 충진하고 있다.

② 충적층

- 본 조사지역에 충적층의 분포는 회야강 유역과 저구릉지대(계곡부)에서 모래, 점토 및 자갈등으로 구성되어 있다.


울산
울산층(퇴적암류)
산성암맥
남울산 I·C교
덕정 I·C육교
CHEONGYANG-MYEON
회야대교
화장산석영안산암
울산층(호온암스)
UI JU-GUN
부산
대정리각섬석화강암
OUYANG-MYEON
Namchangcheon

【그림 2.1】 지질도

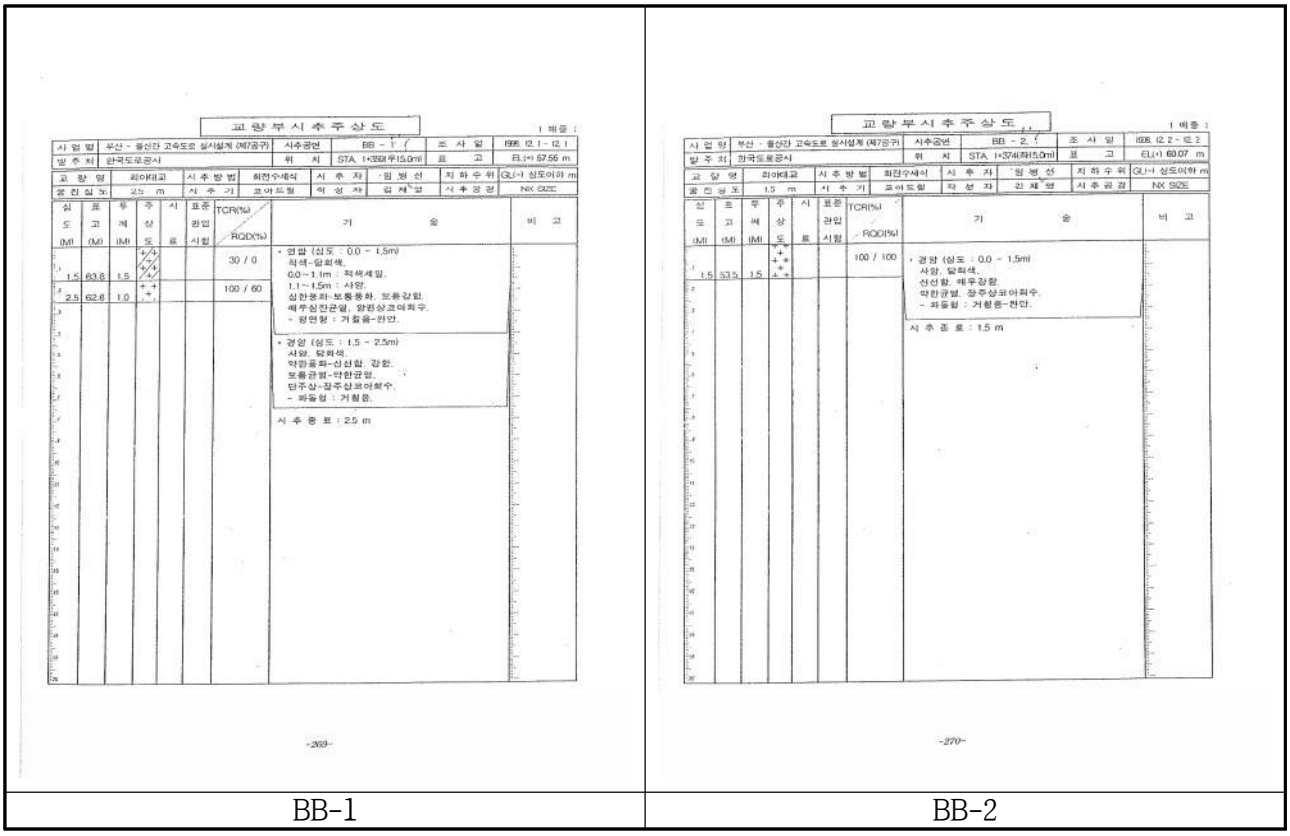
나. 시추조사 결과(부산~울산간 고속도로 민간투자사업 지반조사보고서,2008.12)

【표 2.4】 시추조사 위치

조사번호	조사위치	지반고(EL.m)	비고
BB-1	1+359	57.55	우측
BB-2	1+374	60.07	좌측
BB-3	1+397	33.96	우측
BB-4	1+412	13.44	좌측
BB-5	1+447	11.17	우측
BB-6	1+462	11.17	좌측
BB-7	1+497	11.21	우측
BB-8	1+512	11.23	좌측
BB-9	1+547	11.08	우측
BB-10	1+562	11.11	좌측
BB-11	1+597	10.95	우측
BB-12	1+612	11.21	좌측
BB-13	1+647	11.11	우측
BB-14	1+662	11.15	좌측
BB-15	1+69	9.71	우측
BB-16	1+712	9.99	좌측
BB-17	1+747	9.55	우측
BB-18	1+762	9.37	좌측
BB-19	1+797	9.51	우측
BB-20	1+812	9.64	좌측
BB-21	1+847	9.64	우측
BB-22	1+862	9.59	좌측
BB-23	1+897	9.87	우측
BB-24	1+915	10.91	좌측
BB-25	1+947	12.48	우측
BB-26	1+962	13.42	좌측
BB-27	1+997	13.27	우측
BB-28	2+012	13.35	좌측
BB-29	2+047	13.39	우측
BB-30	2+062	13.48	좌측
BB-31	2+097	11.03	우측

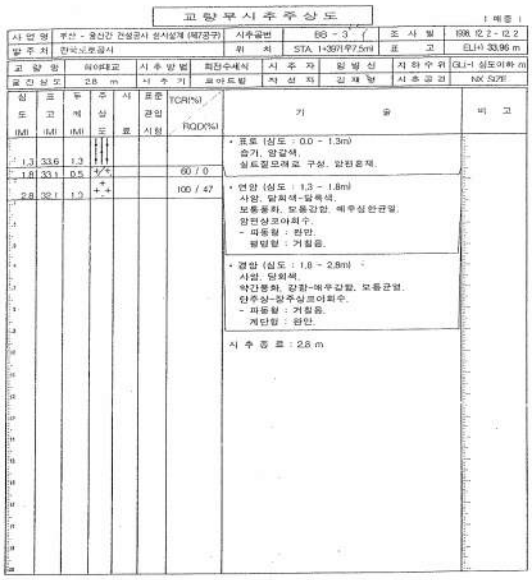
【표 2.4】 시추조사 위치(계속)

조사번호	조사위치	지반고(EL.m)	비고
BB-32	2+112	13.36	좌측
BB-33	2+147	15.25	우측
BB-34	2+162	13.08	좌측
BB-35	2+197	35.75	우측
BB-36	2+212	13.72	좌측
BB-37	2+247	37.94	우측
BB-38	2+262	36.34	좌측
BB-39	2+287	38.75	우측
BB-40	2+302	37.35	좌측
BB-40-1	2+320	36.40	우측
BB-40-2	2+335	32.50	중앙
BB-40-3	2+335	30.50	좌측
BB-40-4	2+350	36.90	우측
BB-40-5	2+365	38.80	좌측
BB-40-6	2+380	41.50	우측
BB-40-7	2+395	44.20	좌측



BB-1 BB-2

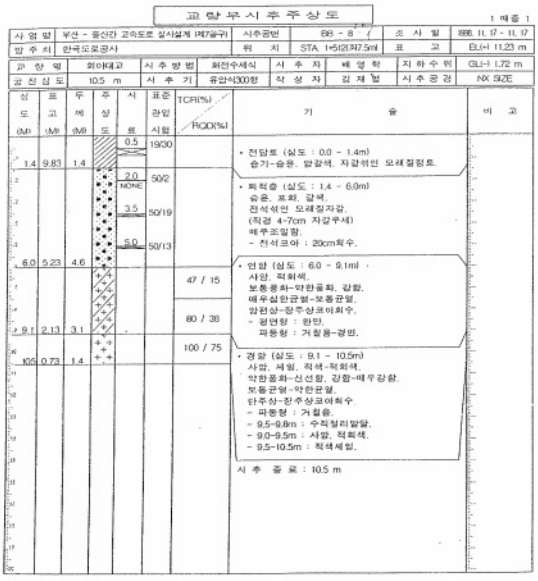
【그림 2.2】 시추조사 주상도



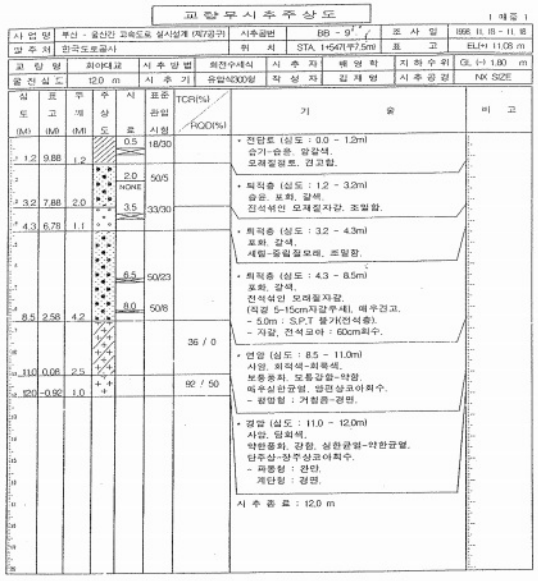
【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



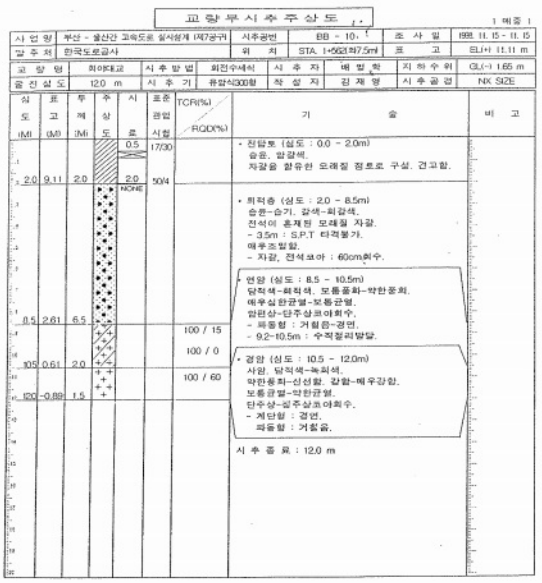
BB-7



BB-8

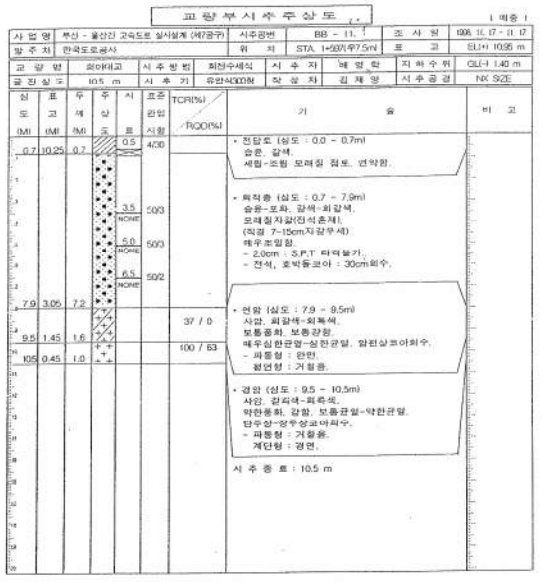


BB-9

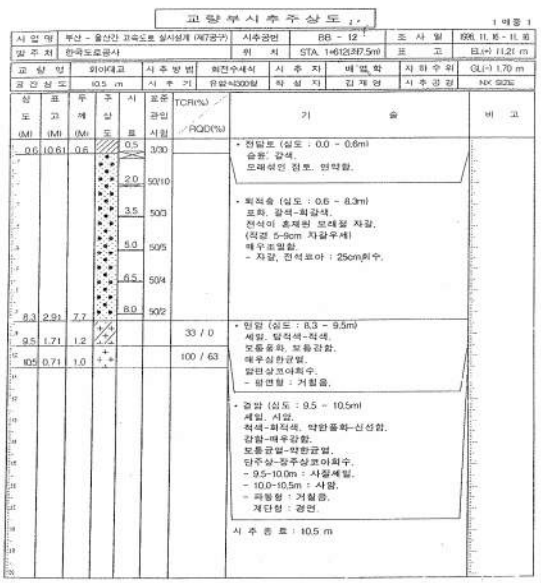


BB-10

【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



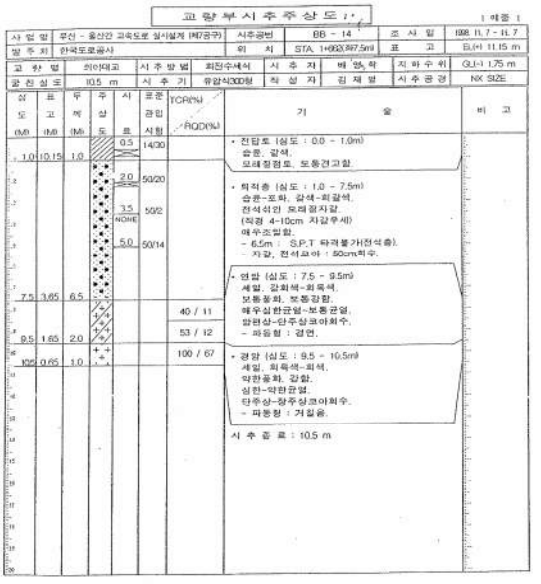
BB-11



BB-12

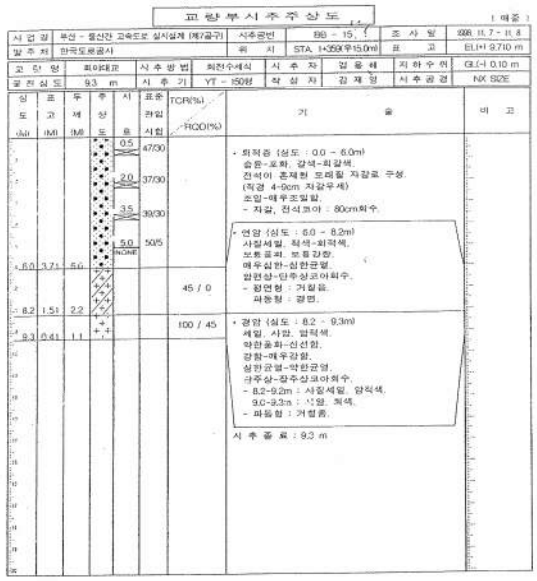


BB-13

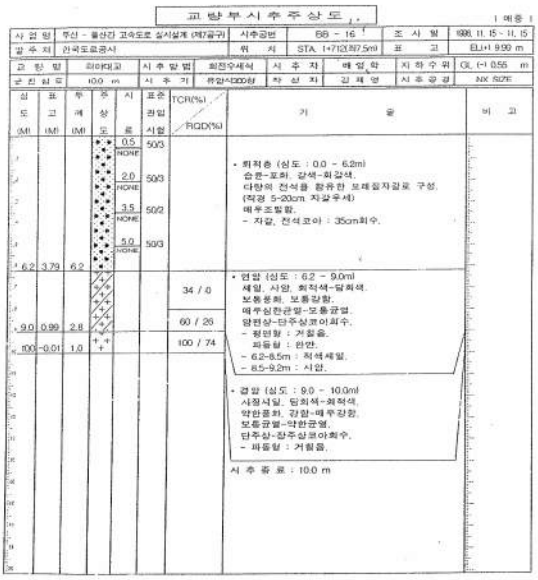


BB-14

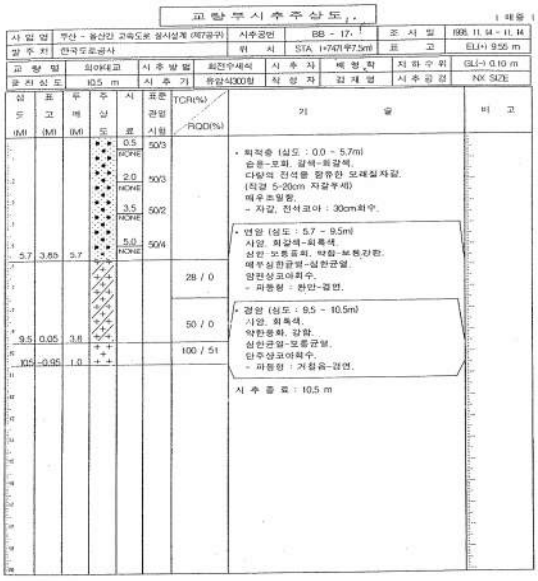
【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



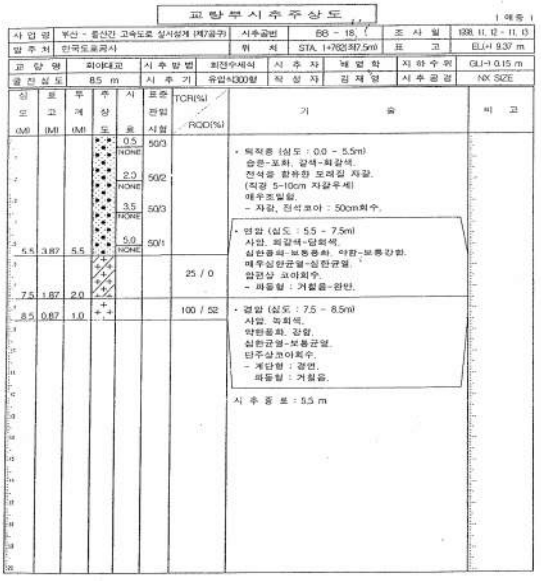
BB-15



BB-16

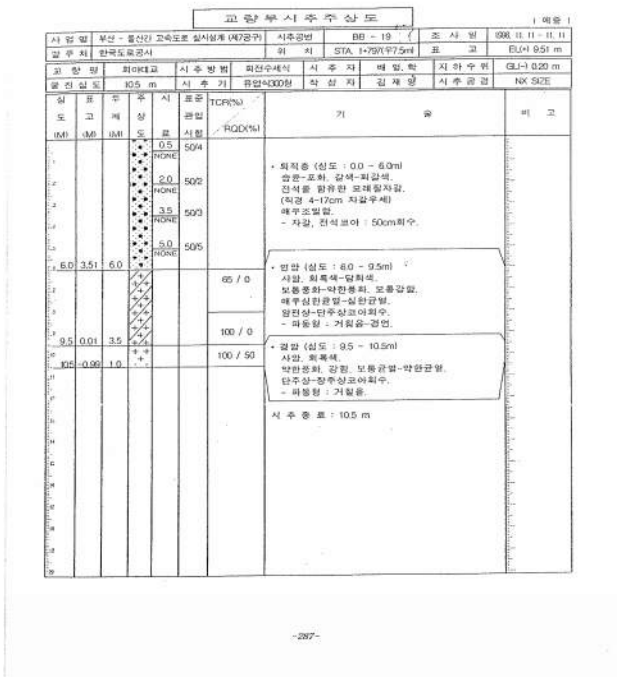


BB-17

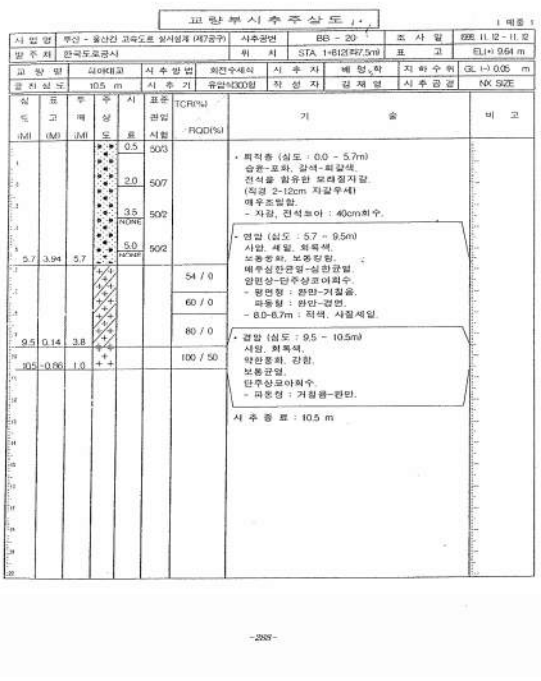


BB-18

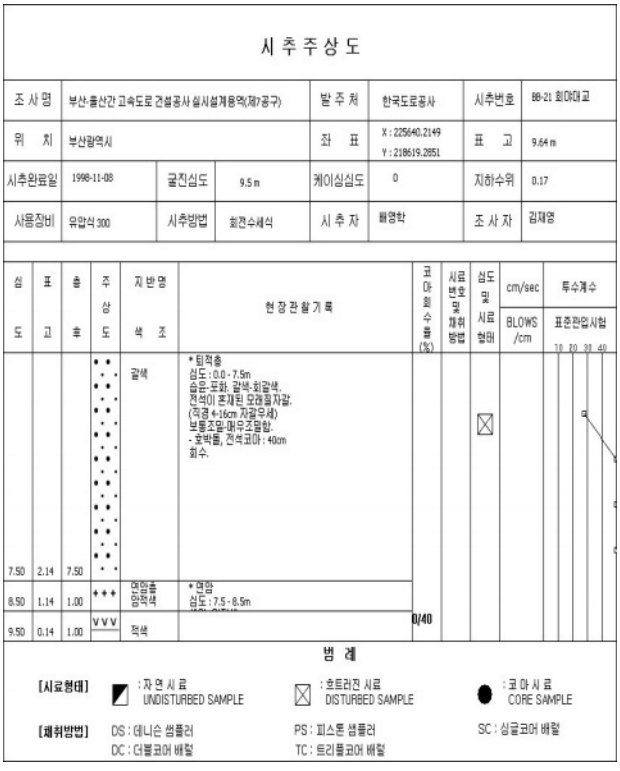
【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



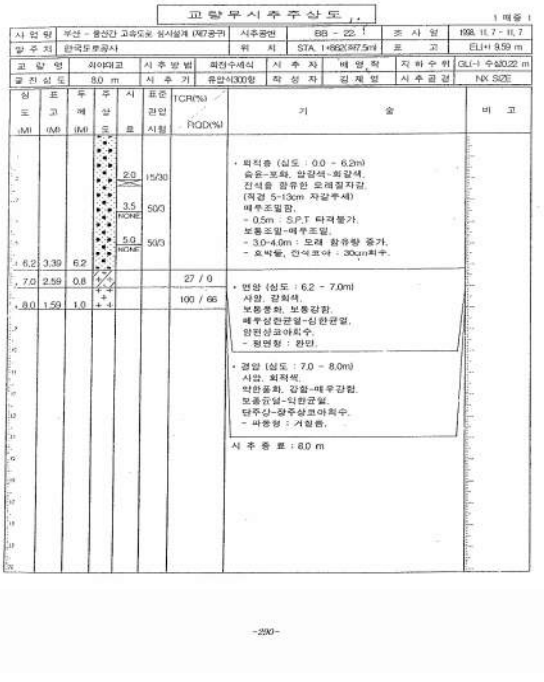
BB-19



BB-20

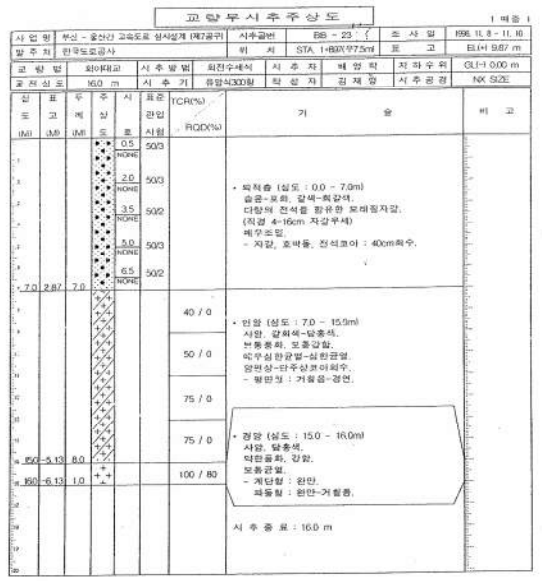


BB-21

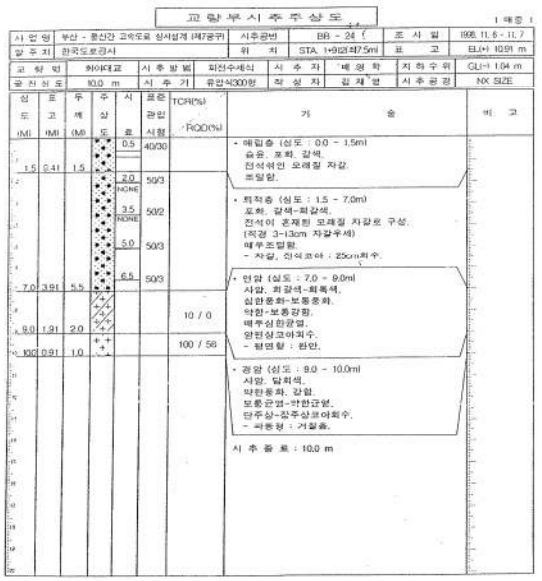


BB-22

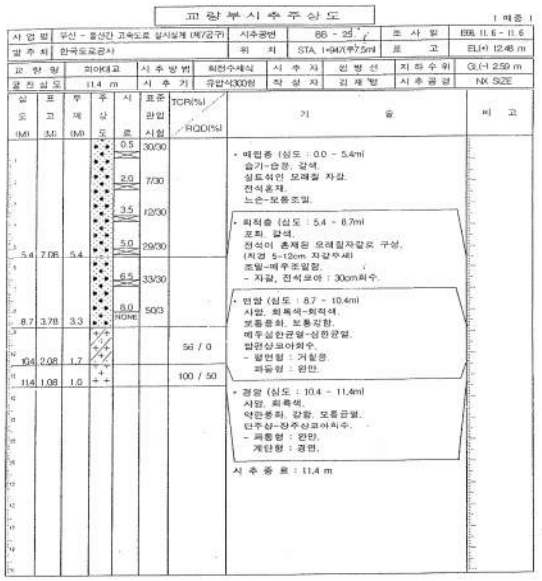
【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



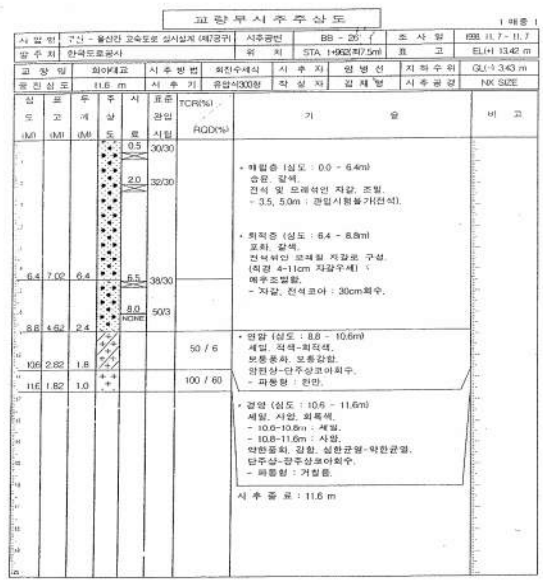
BB-23



BB-24

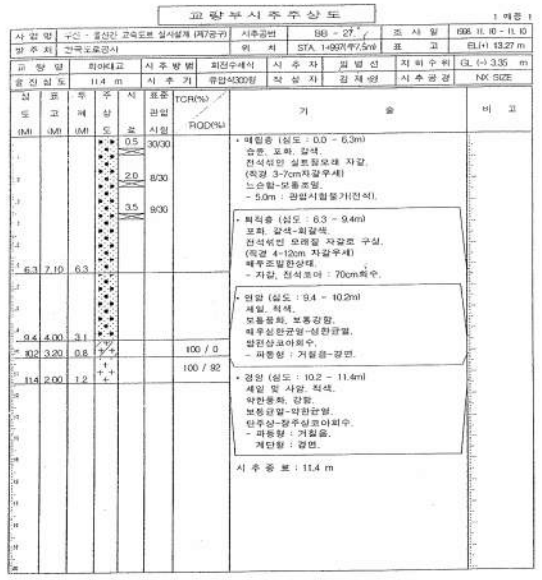


BB-25



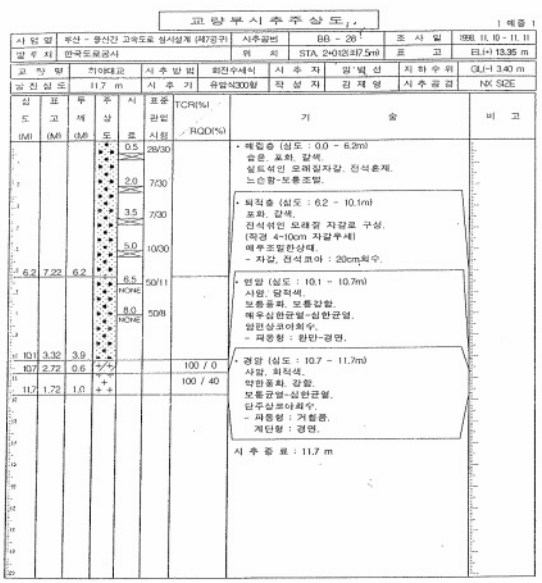
BB-26

【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)


교 량 부 시 추 주 상 도

사 업 명	부산 - 울산간 고속도로 실시설계 (제7공구)	시추공번	BB - 27
발 주 처	한국도로공사	위 치	STA. 1+997(우7.5m)
교 량 명	희야대교	시 추 방 법	회전수세식
굴 진 심 도	11.4 m	시 추 기	유압식300형

-295-

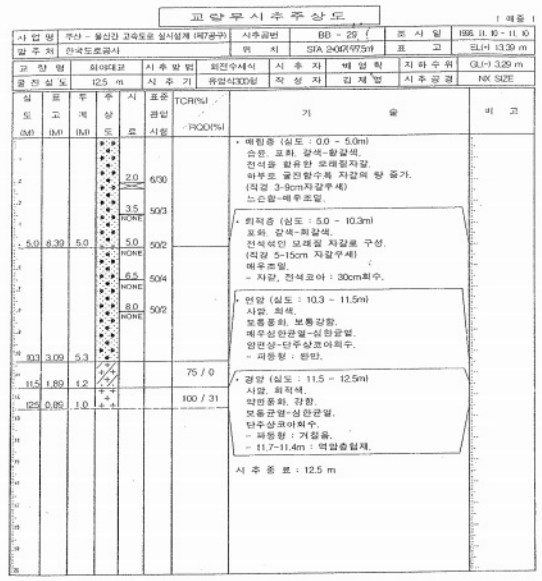

교 량 부 시 추 주 상 도

사 업 명	부산 - 울산간 고속도로 실시설계 (제7공구)	시추공번	BB - 28
발 주 처	한국도로공사	위 치	STA. 2+012(좌7.5m)
교 량 명	희야대교	시 추 방 법	회전수세식
굴 진 심 도	11.7 m	시 추 기	유압식300형

-296-

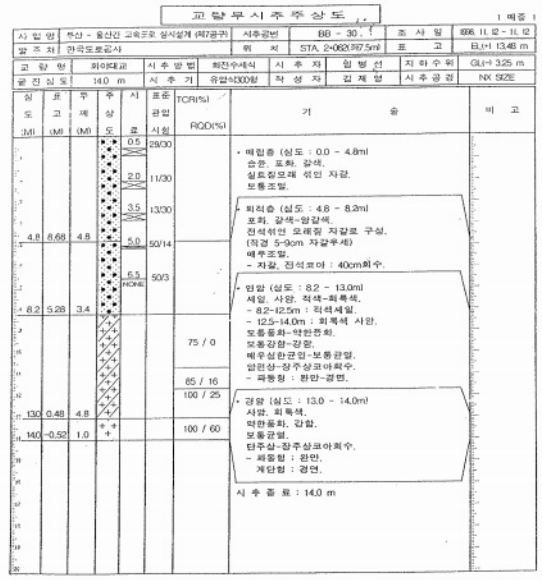
BB-27

BB-28


교 량 부 시 추 주 상 도

사 업 명	부산 - 울산간 고속도로 실시설계 (제7공구)	시추공번	BB - 29
발 주 처	한국도로공사	위 치	STA. 2+060(우7.5m)
교 량 명	희야대교	시 추 방 법	회전수세식
굴 진 심 도	12.5 m	시 추 기	유압식300형

-297-


교 량 부 시 추 주 상 도

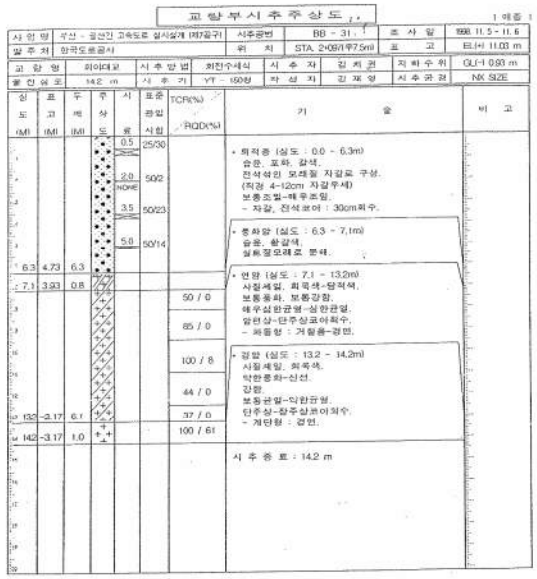
사 업 명	부산 - 울산간 고속도로 실시설계 (제7공구)	시추공번	BB - 30
발 주 처	한국도로공사	위 치	STA. 2+062(좌7.5m)
교 량 명	희야대교	시 추 방 법	회전수세식
굴 진 심 도	14.0 m	시 추 기	유압식300형

-298-

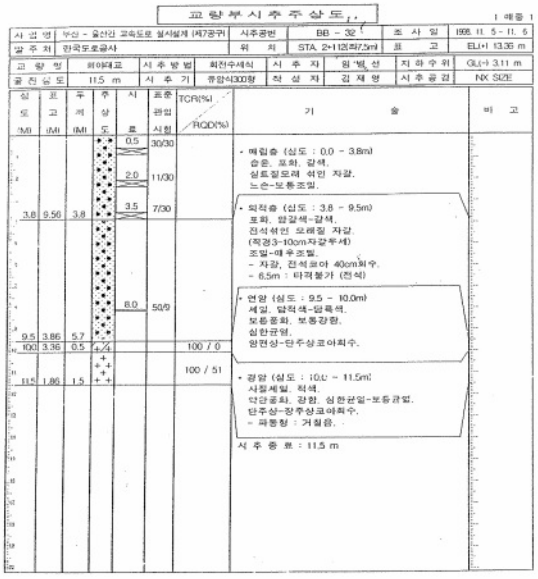
BB-29

BB-30

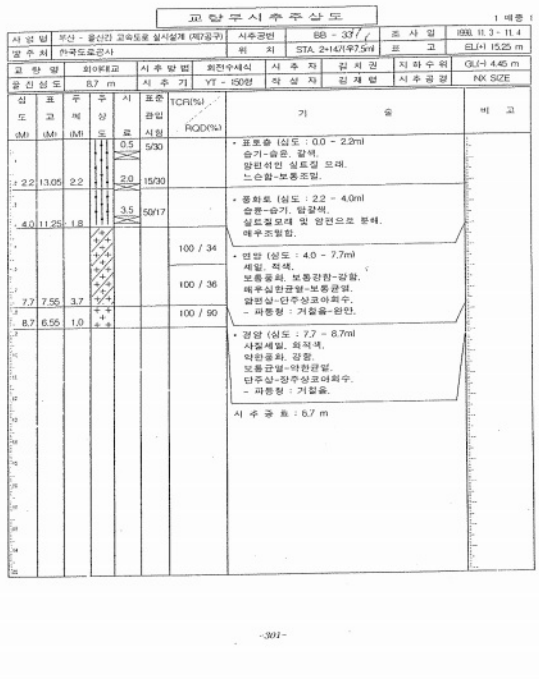
【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



BB-31



BB-32

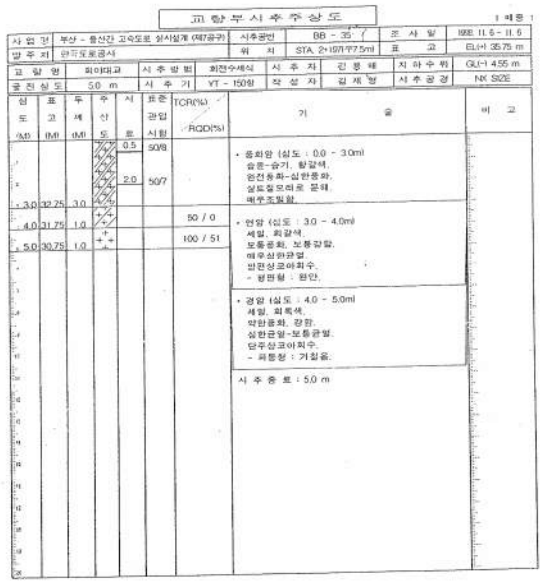


BB-33

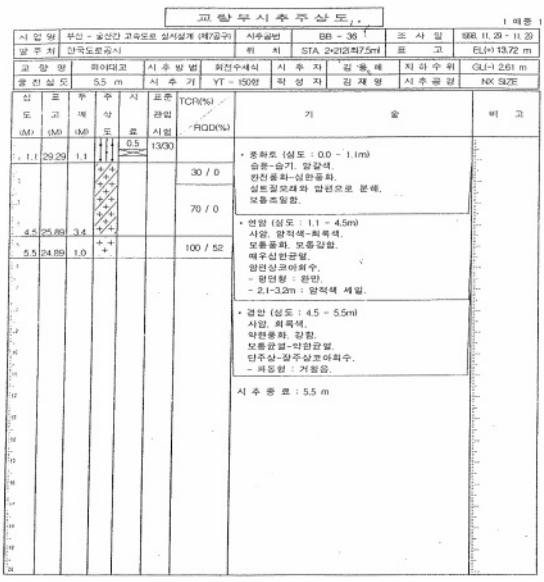


BB-34

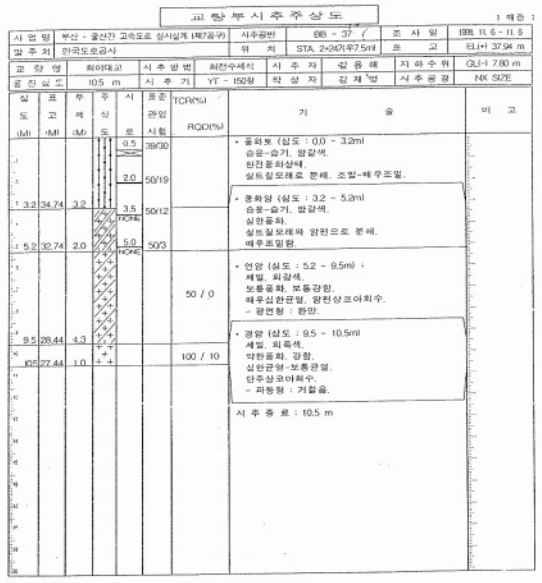
【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



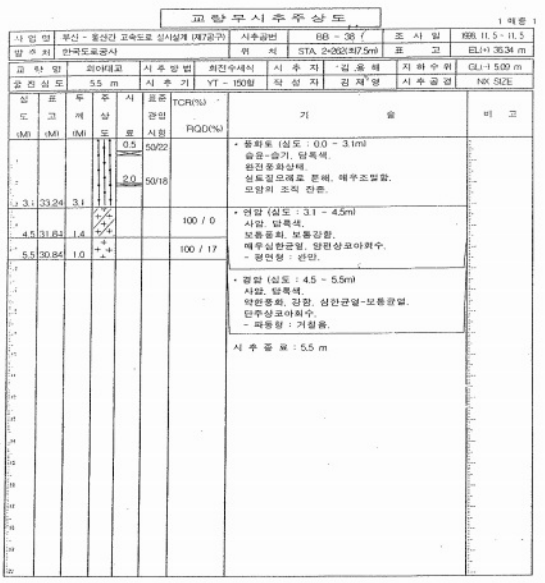
BB-35



BB-36

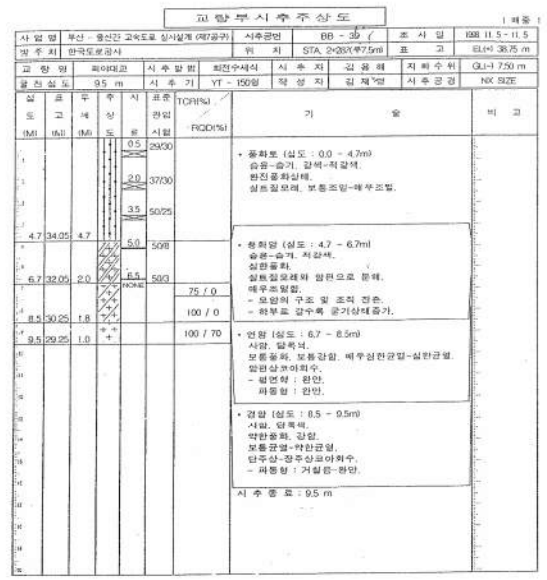


BB-37

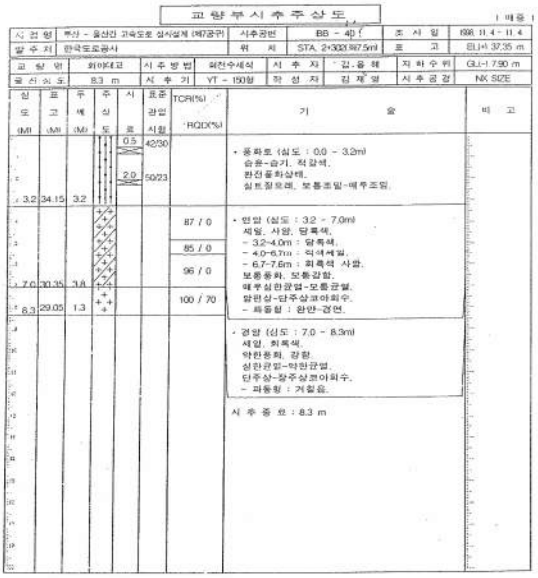


BB-38

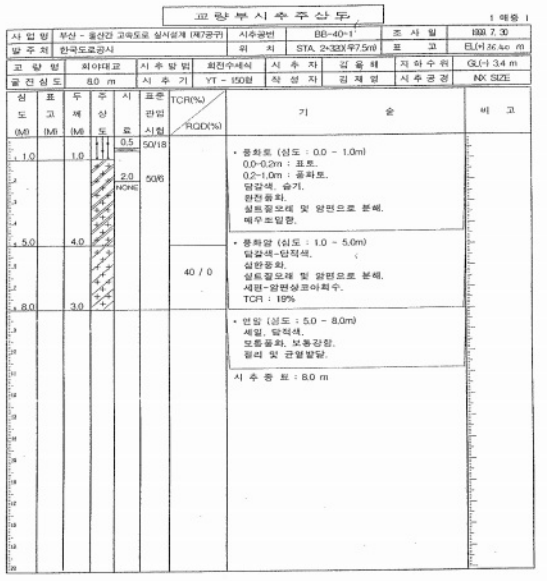
【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



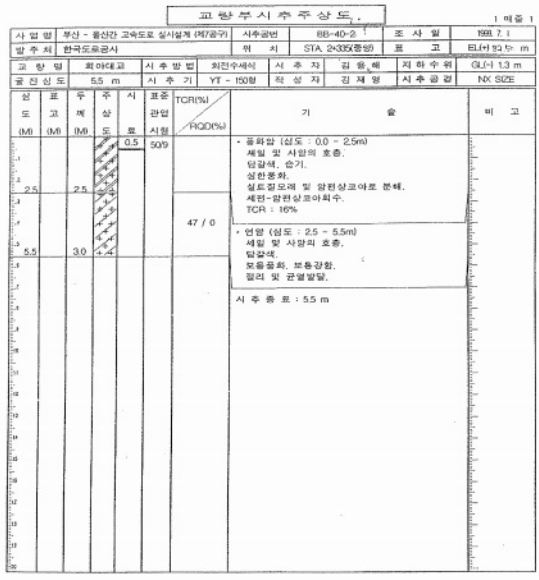
BB-39



BB-40

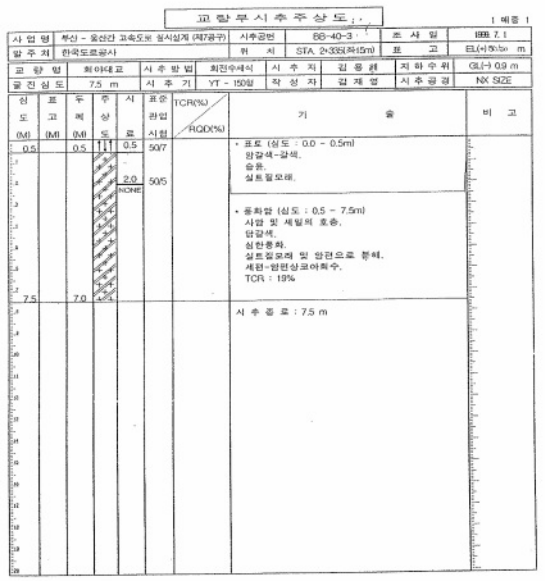


BB-40-1

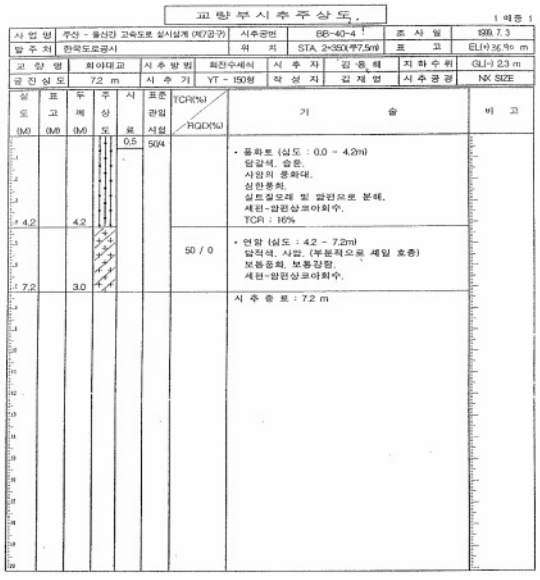


BB-40-2

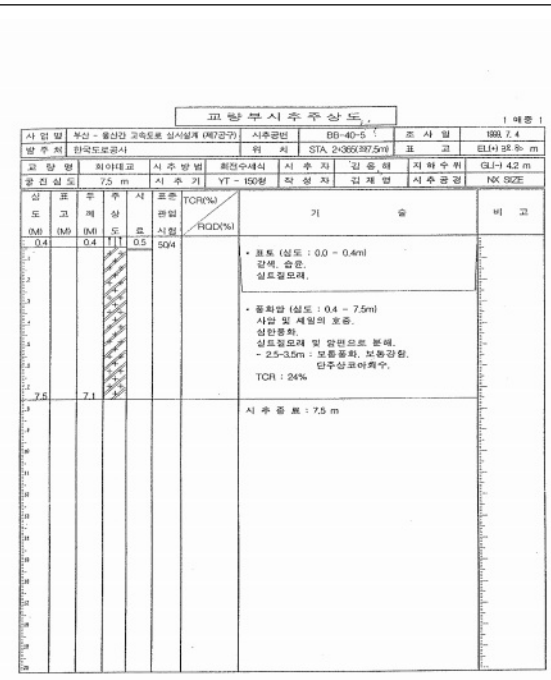
【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)



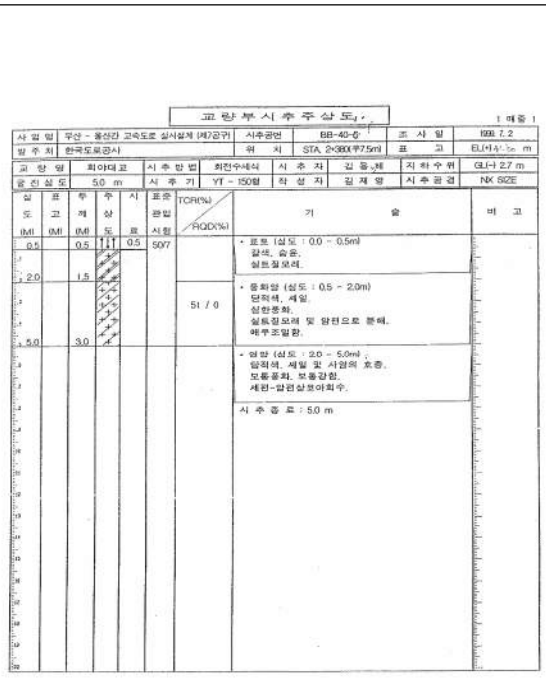
BB-40-3



BB-40-4



BB-40-5



BB-40-6

【그림 2.2】 시추조사 주상도(계속)

【표 2.5】 시추조사 결과

공번	충 적 층						지하수위 (GL-m)	SPT (회)
	점토 및 풍화암	모래	자갈	연암	경암	계		
BB-1	-	-	-	1.5	1.0	2.5	심도이하	-
BB-2	-	-	-	-	1.5	1.5	심도이하	-
BB-3	-	1.3	-	0.5	1.0	2.8	심도이하	-
BB-4	-	-	-	1.7	1.0	2.7	심도이하	-
BB-5	0.7	-	4.3	2.4	1.6	9.0	1.08	3
BB-6	0.8	-	5.0	2.7	1.7	10.2	1.62	3
BB-7	1.1	-	6.5	2.5	1.5	11.6	1.63	4
BB-8	1.4	-	4.6	3.1	1.4	10.5	1.72	4
BB-9	1.2	1.1	6.2	2.5	1.0	12.0	1.80	5
BB-10	2.0	-	6.5	2.0	1.5	12.0	1.65	2
BB-11	0.7	-	7.2	1.6	1.0	10.5	1.40	4
BB-12	0.6	-	7.7	1.2	1.0	10.5	1.70	6
BB-13	1.1	-	6.9	-	1.5	9.5	1.55	4
BB-14	1.0	-	6.5	2.0	1.0	10.5	1.75	4
BB-15	-	-	6.0	2.2	1.1	9.3	0.10	4
BB-16	-	-	6.2	2.8	1.0	10.0	0.55	4
BB-17	-	-	5.7	3.8	1.0	10.5	0.10	4
BB-18	-	-	5.5	2.0	1.0	8.5	0.15	4
BB-19	-	-	6.0	3.5	1.0	10.5	0.20	4
BB-20	-	-	5.7	3.8	1.0	10.5	0.05	4
BB-21	-	-	7.5	1.0	1.0	9.5	0.17	4
BB-22	-	-	6.2	0.8	1.0	8.0	0.22	3
BB-23	-	-	7.0	8.0	1.0	16.0	0.00	5
BB-24	-	-	7.0	2.0	1.0	10.0	1.04	5
BB-25	-	-	8.7	1.7	1.0	11.4	2.59	6
BB-26	-	-	8.8	1.8	1.0	11.6	3.43	4
BB-27	-	-	9.4	0.8	1.2	11.4	3.35	3
BB-28	-	-	10.1	0.6	1.0	11.7	3.40	6
BB-29	-	-	10.3	1.2	1.0	12.5	3.29	5
BB-30	-	-	8.2	4.8	1.0	14.0	3.25	5
BB-31	0.8	-	6.3	6.1	1.0	14.2	0.93	4
BB-32	-	-	9.5	0.5	1.5	11.5	3.11	4
BB-33	-	4.0	-	3.7	1.0	8.7	4.45	3

【표 2.5】 시추조사 결과(계속)

공번	충 적 층						지하수위 (GL-m)	SPT (회)
	점토 및 풍화암	모래	자갈	연암	경암	계		
BB-34	-	-	6.3	0.7	1.5	8.5	2.91	4
BB-35	3.0	-	-	1.0	1.0	5.0	4.55	2
BB-36	-	1.1	-	3.4	1.0	5.5	2.61	1
BB-37	2.0	3.2	-	4.3	1.0	10.5	7.80	4
BB-38	-	3.1	-	1.4	1.0	5.5	5.09	2
BB-39	2.0	4.7	-	1.8	1.0	9.5	7.50	5
BB-40	-	3.2	-	3.8	1.3	8.3	7.90	2
BB-40-1	4.0	1.0	-	3.0	-	8.0	3.40	2
BB-40-2	2.5	-	-	3.0	-	5.5	1.30	1
BB-40-3	7.0	0.5	-	-	-	7.5	0.90	2
BB-40-4	-	4.2	-	3.0	-	7.2	2.30	1
BB-40-5	7.1	0.4	-	-	-	7.5	4.20	1
BB-40-6	1.5	0.5	-	3.0	-	5.0	2.70	1
BB-40-7	7.0	0.5	-	-	-	7.5	1.20	2

1) 표토, 매립 및 전답토

- 표토층은 BB-3, BB-33 지역에 분포하며, 전답토는 현재 농경지로 이용되는 지역으로 BB-5～BB-14,매립층은 BB-24～BB-34 지역에 분포된다.
- BB=3 및 BB-33지역에 1.3～2.2m의 두께로 분포하는 표토층은 실트질모레로 구성되며 암편 및 전석 등을 함유한다. 또한, 전답토는 0.6～2.0m의 두께로 모래섞인 점토가 주성분으로 자갈이 혼재되어 있으며, 표준관입시험 결과 N치는 3/30～19/30으로 측정되어 매우연약～견고함 정도의 연경도를 보이나 대체로 보통견고함 정도로 관찰된다.
- BB-24～BB-34 지역에 분포하는 매립층은 도로 및 운동장 등의 설치를 위해 인위적으로 형성된 층으로 대부분의 지역에서 전석이 혼재된 모래질 자갈로 구성되며 시추조사와 병행되어 실시된 표준관입시험의 N치는 6/30～50/30이상으로 매우 넓은 범위로 측정되나 전반적으로 보통조밀～매우조밀 상태의 상대밀도로 파악된다.

2) 퇴적층(모래질자갈,모래)

- 본층은 유수에 의해 형성된 층으로 산지지형을 제외환 전역(BB-5～BB-34)에서 관찰되며 층의 두께는 2.4～7.7m의 범위로 분포된다.
- 주 구성성분은 모래질자갈(∅4～15cm자갈우세)이나 부분적으로 전석을 다량 함유하는 지역이 분포하며, BB-9지역의 GL-3.2～4.3m구간에서는 세림-중림질의 모래가 관찰된다.
- 본층을 대상으로 실시한 표준관입시험 결과 N치는 15/30～50/30이상으로 측정되나 대부분의 경우는 50/30이상으로 측정되어 매우조밀 상태로 나타난다.

3) 풍화대(토,암)

- 본층은 기반암(퇴적암)이 완전풍화～심한풍화를 받아 형성된 층으로 모암의 조직 및 구조가 잔존하고 있다.
- BB-31, 33, 35～40, 40-1～40-7 지역에서 관찰되는 풍화대는 0.8～4.7m의 두께로 습윤～습기 상태의 함수상태를 보이고 있으며 굴진시 실트질 모래와 암편으로 분해된다.
- 표준관입시험에 의한 상대밀도는 13/30～50/30이상으로 측정되어 보통조밀～메우조밀 상태를 보이나 대부분의 경우 조밀함～매우조밀 정도로 파악된다. 풍화토와 풍화암의 구분은 N치 50/10을 기준으로 하였다.

4) 연암층

- 본층은 퇴적암(셰일, 사암, 약암 등)으로 BB-13지역을 제외한 전역에서 지표면하 0.0～10.1m에서 출현하여 0.5～8.0m 분포하고 있다.
- 심한풍화～보통풍화 상태로 보통강함 정도의 강도를 보이고 있으며 전반적으로 암편상 코아가 회수되어 균열 및 절리가 발달되어 있는 것으로 관찰된다. 코아회수율(CR)은 10～100%, 암질지수(RQD)는 0～36%로 나타났다.

5) 경암층

- 본층은 퇴적암(셰일, 사암. 역암 등)으로 교량 전역에 분포하는 것으로 조사되었으며 지표면하 0.0～15.0m에서 1.0m이상의 두께로 나타났다.
- 본암의 풍화도는 약한풍화 ~ 신선한 상태로 강함 내지 매우강함 정도의 강도로 관찰되며 단주상～장주상코아가 회수된다. 또한 코아회수율(CR)은 80～100%, 암질지수(RQD)는 40～92%로 나타났다.

2.3 기존 정밀안전점검 및 정밀안전진단 실시결과

회야대교(울산, 부산)는 1종 시설물로써, 준공 이후 2009년 03월에 실시한 정기안전점검(상반기)을 시작으로 2023년 03월 정기안전점검(상반기)까지 공용기간 중 정기안전점검 22회, 정밀안전점검 5회, 정밀안전진단 1회, 1종성능평가 1회를 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음과 같다.

2.3.1 점검 및 진단이력(울산)

【표 2.6】 점검 및 진단이력(울산)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검/진단 결과	비용(천원)	상태 등급
1	정기 안전점검 (상반기)	2023-03-06~ 2023-06-05	강춘길/자체수행	•교면포장 LMC 포장 균열 등 •난간중분대 균열(cw=0.3㎜미만), 긁힘, 철근 노출, 난간 긁힘 및 변형 등 •배수시설 배수관 탈락, 배수관 위치 불량 등 •신축이음 후타재 균열(cw=0.3㎜미만), 후타재 망상균열, 후타재 파손, 유간토사퇴적 등 •PSC Box 바닥판 균열(cw=0.3㎜미만) 등 •PSC Box 거더 외부 균열(cw=0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 표면 박리, 파손 등 •PSC Box 거더 내부 균열(cw=0.3㎜미만, 이상), 백태, 잡철근 노출, 격벽 균열 등 •PSC beam 2차부재 가로보 들뜸, 박락 등 •교량받침 플레이트 부식, 받침 몰탈 및 콘크리트 균열 등 •하부구조 교대 균열(cw=0.3㎜미만), 백태, 표면오염 등 •하부구조 교각 균열(cw=0.3㎜미만), 망상균열, 긁힘, 파손, 박락, 표면열화, 표면오염 등 •점검시설 출입시설 출입문 파손, 출입시설 자물쇠 고정대 파손 등	-	양호
2	정밀 안전점검	2022-04-07~ 2022-12-23	(주)엠케이에스이 /허장호	•교면포장 포장균열 •방호벽 균열(0.3㎜미만), 긁힘 및 파손, 철근노출, 난간 긁힘 및 변형 •배수시설 배수관 탈락 및 위치불량(P14) •신축이음 후타재 균열 및 파손, 유간부 토사퇴적, 차수판 설치불량(A1) •PSC Box 균열(0.1㎜~0.5㎜미만), 백태, 표면박리, 박락, 파손, 잡철근노출 •PSC Beam 가로보 들뜸, 박락 •교량받침 Plate 부식, 받침 몰탈 및 콘크리트 균열(0.3㎜미만) •교대 균열(0.3㎜미만), 백태, 표면오염 •교각 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 긁힘 및 파손, 박락, 표면열화, 표면오염	11,104	B등급
3	정기 안전점검 (상반기)	2022-05-19~ 2022-06-15	강춘길/자체수행	•전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고	-	양호

【표 2.6】 점검 및 진단이력(울산)(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검/진단 결과	비용(천원)	상태 등급
4	정기 안전점검 (하반기)	2021-12-15~ 2021-12-15	강춘길/자체수행	•거더 : 균열, 박락, 파손 등 •가로보 : 들뜸, 박락 •바닥판 : 균열, 표면불량, 파손 •교량받침 : 플레이트 부식, 받침콘크리트 균열 •하부구조 : 기초부 파손, 차수판 볼트 유실 등 •신축이음 : 후타재 균열, 파손 등 •교면포장 : 포장 균열 •난간연석 : 박락, 파손, 철근 노출 등 •배수시설 : 고정대 파손, 배수관 고정 불량 등	-	양호
5	정기 안전점검 (상반기)	2021-06-28~ 2021-06-28	강춘길/자체수행	•거더 : 외부 균열, 외부 박락, 외부 파손, 내부 균열, 내부 표면 불량 •2차부재 : 가로보 들뜸, 박락 •바닥판 : 균열, 표면 불량, 파손 •교량받침 : 받침 플레이트 부식, 받침콘크리트 균열(cw=0.3㎜ 미만) •하부구조(교대) : 기초부 파손, 흉벽 박락, 들뜸, 백태, 기초부 표면오염 •하부구조(교각) : 균열(cw0.3㎜미만), 박락, 파손, 표면오염 •신축이음 : 후타재 균열 및 파손, 차수판 볼트 유실, 유간토사 퇴적, 고무재 파손 •교면포장 : 포장 균열, 포장 파손 •난간연석 : 박락, 파손, 철근 노출, 긁힘 및 변형 •배수시설 : 고정대 파손, 배수관 고정 불량, 배수관 탈락	-	양호
6	정밀 안전점검	2020-05-27~ 2020-12-31	(주)엠케이에스이 /최은철	•교면포장 포장균열 및 마모(보수미흡) •방호벽 균열(0.3㎜미만), 박락, 파손, 철근노출 •배수시설 배수관 탈락 및 고정 불량 •신축이음 고무재파손(P19, A2), 후타재 망상균열 및 파손, 유간토사퇴적 •PSC Box 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 박리, 박락, 표면불량 •가로보 들뜸, 박락 •교량받침 Plate부식, 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) •교대 균열(0.3㎜미만), 백태, 들뜸, 박락, 표면오염 •교각 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 박락, 파손, 표면오염	12,525	B등급
7	정기 안전점검 (상반기)	2020-06-30~ 2020-06-30	조재성/자체수행	•양호함	-	양호
8	정기 안전점검 (하반기)	2019-10-17~ 2019-10-17	이건수/자체수행	•외측 내측 균열 •도장박리	-	양호

【표 2.6】 점검 및 진단이력(울산)(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검/진단 결과	비용(천원)	상태 등급
9	정기 안전점검 (상반기)	2019-05-14~ 2019-05-14	이건수/자체수행	•신축이음 후타균열 •거더 콘크리트 균열 •교량받침 눈금자 탈리 및 받침 콘크리트 균열	-	양호
10	정밀 안전진단	2018-08-16~ 2018-12-31	(주)엠케이에스이 /최은철	•교면포장 보수불량(포장파손) •방호벽 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •배수시설 배수관 탈락 및 고정불량 •신축이음 고무재파손(P19, A2), 차수판 덮개이격 •PSC Box 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •가로보 들뜸, 박락 •교량받침 Plate부식, 받침콘크리트 파손 •교대 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •교각 균열(0.3㎜미만), 박락, 파손	29,240	B등급
11	1종 성능평가	2018-08-16~ 2019-08-21	(주)엠케이에스이 /최은철	•교면포장 보수불량(포장파손) •방호벽 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •배수시설 배수관 탈락 및 고정불량 •신축이음 고무재파손(P19, A2), 차수판 덮개이격 •PSC Box 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •가로보 들뜸, 박락 •교량받침 Plate부식, 받침콘크리트 파손 •교대 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •교각 균열(0.3㎜미만), 박락, 파손	41,760	B등급
12	정기 안전점검 (상반기)	2018-04-26~ 2018-04-26	박형근/자체수행	•양호함	-	양호
13	정기 안전점검 (하반기)	2017-10-12~ 2017-10-12	박형근/자체수행	•양호함	-	양호
14	정기 안전점검 (상반기)	2017-06-29~ 2017-06-29	박형근/자체수행	•양호함	-	양호
15	정밀 안전점검	2016-11-16~ 2016-12-30	씨엘엠건설(주) /강문구	•본교 주형(PSC BOX)은 전경간(S1~S19)에 걸쳐 건조수축 및 온도변화에 의한 0.1㎜미만 균열이 현재 상부 바닥판과 양쪽 복부판에 다수 발생된 것으로 조사되었으며, 전구간(A1, P1~P19) 격벽에는 건조수축 및 온도변화에 의한 0.1㎜~0.3㎜ 균열이 발생되어있는 상태이다. 또한, 본교 주형(PSC BOX) 외부는 전경간에 걸쳐 건조수축 및 온도변화에 의한 0.1㎜미만 균열이 현재 바닥판 하면과 양쪽 복부판에 다수 발생되어있는 상태이다. 접속교 주형(PSCI) 일부 건조수축으로 인한 균열(cw 0.3㎜미만)이 조사되었으나 전체적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 상기에 발생된 손상은 구조적으로 발생된 손상은 아니므로 구조물의 내구성차원에서 보수를 실시하면 문제는 없을 것으로 판단딘다.	34,429	B등급

【표 2.6】 점검 및 진단이력(울산)(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검/진단 결과	비용(천원)	상태 등급
16	정기 안전점검 (상반기)	2015-06-07~ 2015-06-07	옥병석/자체수행	•양호함	-	양호
17	정기 안전점검 (하반기)	2015-10-23~ 2015-10-23	최문용/자체수행	•양호	-	양호
18	정기 안전점검 (상반기)	2015-05-27~ 2015-05-27	최문용/자체수행	•양호	-	양호
19	정기 안전점검 (하반기)	2014-11-12~ 2014-11-12	최문용/자체수행	•양호	-	양호
20	정기 안전점검 (상반기)	2014-04-17~ 2014-04-17	최문용/자체수행	•양호	-	양호
21	정밀 안전점검	2013-10-01~ 2013-12-03	장석균/자체수행	•벽체균열	-	A등급
22	정기 안전점검 (상반기)	2013-06-11~ 2013-06-11	장석균/자체수행	•양호	-	양호
23	정기 안전점검 (하반기)	2012-12-18~ 2012-12-18	장석균/자체수행	•양호	-	양호
24	정기 안전점검 (하반기)	2011-12-26~ 2011-12-28	강춘길/자체수행	•양호	-	양호
25	정기 안전점검 (상반기)	2011-05-30~ 2011-05-31	강춘길/자체수행	•이상없음	-	양호
26	정기 안전점검 (하반기)	2010-07-07~ 2010-12-08	김동광/자체수행	•양호함	-	양호
27	정기 안전점검 (하반기)	2009-08-04~ 2009-11-25	신재환	•이상없음	-	양호
28	정기 안전점검 (상반기)	2009-03-06~ 2009-06-30	이재덕	•이상없음	-	양호

2.3.2 점검 및 진단이력(부산)

【표 2.7】 점검 및 진단이력(부산)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검/진단 결과	비용(천원)	상태 등급
1	정기 안전점검 (상반기)	2023-03-06~ 2023-06-05	강춘길/자체수행	•교면포장 LMC 포장 균열 등 •난간중분대 균열(cw=0.3㎜ 미만), 긁힘, 파손 등 •배수시설 배수관 막힘 및 탈락, 연결부 누수 등 •신축이음 후타재 망상균열 및 마모, 차수판 설치 불량 등 •PSC Box 바닥판 균열(cw=0.3㎜ 미만), 망상균열, 천공부 마감 불량 등 •PSC Beam 바닥판 균열부 백태, 파손 등 •PSC Beam 2차부재 들뜸 및 박락 등 •PSC Box 교량받침 플레이트 부식 및 도장 박리, 받침몰탈 및 콘크리트 균열 등 •하부구조 교대 균열(cw=0.3㎜미만), 백태, 파손, 표면오염 등 •하부구조 교각 균열(cw=0.3㎜ 미만, 이상), 망상균열, 백태, 박리, 박락, 들뜸 등	-	양호
2	정밀 안전점검	2022-04-07~ 2022-12-23	(주)엠케이에스이 /허장호	•교면포장 포장 균열 •방호벽 균열(0.3㎜미만), 긁힘 및 파손 •배수시설 배수관 막힘 및 탈락, 연결부 누수 •신축이음 후타재 망상균열 및 마모, 차수판 설치불량(A1) •PSC Box 균열(0.1㎜~0.5㎜미만), 망상균열, 천공부 마감불량 •PSC Beam 바닥판 균열부백태 및 파손, 가로보 들뜸 및 박락 •교량받침 Plate 부식 및 도장 박리, 받침 몰탈 및 콘크리트 균열(0.3㎜미만) •교대 균열(0.3㎜미만), 백태, 파손, 표면오염 •교각 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 망상균열, 백태, 박리, 박락, 들뜸, 표면오염	11,104	B등급
3	정기 안전점검 (상반기)	2022-05-19~ 2022-06-15	강춘길/자체수행	•전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고	-	양호

【표 2.7】 점검 및 진단이력(부산)(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검/진단 결과	비용(천원)	상태 등급
4	정기 안전점검 (하반기)	2021-12-15~ 2021-12-15	강춘길/자체수행	•거더 : 박리, 균열, 백태 •가로보 : 들뜸, 박락 •바닥판 : 균열, 재료분리 •교량받침 : 플레이트 부식 •하부구조 : 균열, 표면오염, 백태, 박락, 철근노출 등 •신축이음 : 후타재 파손, 차수판 볼트 부식 등 •교면포장 : 포장 균열, 접속부 포장 파손 •난간연석 : 파손, 방음판 파손 •배수시설 : 집수구 막힘, 배수관 설치 불량 등	-	양호
5	정기 안전점검 (상반기)	2021-06-28~ 2021-06-28	강춘길/자체수행	•거더 : 외부 균열, 내부 균열 및 백태, 박리 •2차부재 : 가로보 들뜸, 박락 •바닥판 : 균열(cw=0.3㎜미만), 재료분리 •교량받침 : 받침 플레이트 부식 •하부구조(교대) : 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 표면오염, 백태, 박락, 들뜸 •하부구조(교각) : 균열(cw=0.3㎜미만), 균열(cw=0.3㎜이상), 박락, 파손, 표면오염, 망상균열 •신축이음 : 후타재 파손 및 마모, 고무재 파손, 차수판 볼트 유실, 유간 토사 퇴적 •교면포장 : 파손 및 균열 •난간연석 : 난간 파손, 방음벽 파손 •배수시설 : 집수구 막힘, 배수관 설치 불량, 배수관 탈락, 고정대 파손	-	양호
6	정밀 안전점검	2020-05-27~ 2020-12-31	(주)엠케이에스이 /최은철	•교면포장 포장 균열 및 파손 •방호벽 파손, 방음벽 파손 •배수시설 집수구막힘, 배수관 탈락 및 설치불량 •신축이음 고무재파손(P19), 후타재파손 및 마모, 유간토사퇴적 •PSC Box 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 박리, 파손, 백태 •가로보 들뜸, 박락 •교량받침 Plate부식, 받침콘크리트 균열(0.3㎜미만) •교대 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 백태, 박락, 들뜸, 표면오염 •교각 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 백태, 박락, 철근노출, 표면오염	12,569	B등급
7	정기 안전점검 (상반기)	2020-06-30~ 2020-06-30	조재성/자체수행	•양호함	-	양호
8	정기 안전점검 (하반기)	2019-10-15~ 2019-10-15	이건수/자체수행	•거더 외벽 균열 •도장박리	-	양호

【표 2.7】 점검 및 진단이력(부산)(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검/진단 결과	비용(천원)	상태 등급
9	정기 안전점검 (상반기)	2019-05-15~ 2019-05-15	이건수/자체수행	•신축이음 후타균열 •거더 균열 •교량받침 눈금자 탈락	-	양호
10	정밀 안전진단	2018-08-16~ 2018-12-31	(주)엠케이에스이 /최은철	•교면포장 포장 균열 및 파손 •방호벽 균열(0.3㎜미만) •배수시설 집수구막힘, 배수관 탈락 및 설치불량 •신축이음 고무재파손(P19), 차수판 덮개유실 •PSC Box 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •가로보 들뜸, 박락 •교량받침 Plate부식, 받침콘크리트 파손 및 재료분리 •교대 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •교각 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 박락, 철근노출	29,240	B등급
11	1종 성능평가	2018-08-16~ 2019-08-21	(주)엠케이에스이 /최은철	•교면포장 포장 균열 및 파손 •방호벽 균열(0.3㎜미만) •배수시설 집수구막힘, 배수관 탈락 및 설치불량 •신축이음 고무재파손(P19), 차수판 덮개유실 •PSC Box 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •가로보 들뜸, 박락 •교량받침 Plate부식, 받침콘크리트 파손 및 재료분리 •교대 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상) •교각 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 박락, 철근노출	41,760	B등급
12	정기 안전점검 (상반기)	2018-05-25~ 2018-05-25	박형근/자체수행	•양호함	-	양호
13	정기 안전점검 (하반기)	2017-10-12~ 2017-10-12	박형근/자체수행	•양호함	-	양호
14	정기 안전점검 (상반기)	2017-06-29~ 2017-06-29	박형근/자체수행	•양호함	-	양호
15	정밀 안전점검	2016-11-16~ 2016-12-30	씨엘엠건설(주) /강문구	•본교 주형(PSC BOX)은 전경간(S1~S19)에 걸쳐 건조수축 및 온도변화에 의한 0.1㎜미만 균열이 현재 상부 바닥판과 양쪽 복부판에 다수 발생된 것으로 조사되었으며, 전구간(A1, P1~P19) 격벽에는 건조수축 및 온도변화에 의한 0.1㎜~0.3㎜ 균열이 발생되어 있는 상태이다. 또한, 본교 주형(PSC BOX) 외부는 전경간에 걸쳐 건조수축 및 온도변화에 의한 0.1㎜미만 균열이 현재 바닥판 하면과 양쪽 복부판 및 캔틸레버에 다수 발생되어있는 상태이다. 접속교 주형(PSCI) 일부 건조수축으로 인한 균열(cw 0.3㎜미만)이 조사되었으나 전체적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 상기에 발생된 손상은 구조적으로 발생된 손상은 아니므로 구조물의 내구성차원에서 보수를 실시하면 문제는 없을 것으로 판단된다.	34,766	B등급

【표 2.7】 점검 및 진단이력(부산)(계속)

번호	구 분	점검/ 진단기간	점검/ 진단기관	주요 점검/진단 결과	비용(천원)	상태 등급
16	정기 안전점검 (상반기)	2015-06-07~ 2015-06-07	옥병석/자체수행	•양호함	-	양호
17	정기 안전점검 (하반기)	2015-10-23~ 2015-10-23	최문용/자체수행	•양호	-	양호
18	정기 안전점검 (상반기)	2015-05-27~ 2015-05-27	최문용/자체수행	•양호	-	양호
19	정기 안전점검 (하반기)	2014-11-12~ 2014-11-12	최문용/자체수행	•양호	-	양호
20	정기 안전점검 (상반기)	2014-04-17~ 2014-04-17	최문용/자체수행	•양호	-	양호
21	정밀 안전점검	2013-10-01~ 2013-12-03	장석균/자체수행	•벽체균열	-	A등급
22	정기 안전점검 (상반기)	2013-06-11~ 2013-06-11	장석균/자체수행	•양호	-	양호
23	정기 안전점검 (하반기)	2012-12-18~ 2012-12-18	장석균/자체수행	•양호	-	양호
24	정기 안전점검 (하반기)	2011-12-26~ 2011-12-28	강춘길/자체수행	•양호	-	양호
25	정기 안전점검 (상반기)	2011-05-30~ 2011-05-31	강춘길/자체수행	•이상없음	-	양호
26	정기 안전점검 (하반기)	2010-07-07~ 2010-12-08	김동광/자체수행	•양호함	-	양호
27	정기 안전점검 (하반기)	2009-08-04~ 2009-11-25	신재환	•이상없음	-	양호
28	정기 안전점검 (상반기)	2009-03-06~ 2009-06-30	이재덕	•이상없음	-	양호

2.3.3 기존 정밀안전점검·정밀안전진단 실시결과(울산)

가. 전차 정밀안전진단 실시결과(2018.08 ~ 2018.12)

【표 2.8】 전차 정밀안전진단(2018년) 실시결과 요약(울산)

구 분		내용	비고
용 역 명		·2018년도 정밀안전진단, 정밀안전점검 및 성능평가[교량]	
용역기간		·2018. 08. 16 ~ 2018. 12. 31	
용 역 사		·(주)엠케이에스이	
외관조사	교면포장	·보수불량	a
	난간/방호벽	·균열(0.3㎜내외), 파손, 긁힘	b
	신축이음	·고무재 파손, 후타재 파손, 차수판 볼트유실	c
	배수시설	·배수관 탈락, 배수관 고정불량, 고정대 파손	b
	바닥판	·균열(0.2㎜내외), 들뜸, 박락, 재료분리	b
	거더/가로보	·균열(0.2㎜내외), 망상균열	c
	교량받침	·Plate부식, 받침콘크리트 파손	b
	교대/교각	·균열(0.2㎜내외), 망상균열, 백태, 표면오염	b
비파괴	강도	·설계기준강도 이상을 확보 (상부구조 : 40.1~ 41.9㎫, 하부구조 : 28.0 ~ 29.4㎫)	
	탄산화	·탄산화에 의한 내구성 저하는 없음 (상부구조 : 6.1 ~ 7.8㎜, 하부구조 : 5.9 ~ 8.3㎜)	
	철근배근	·준공도면과 유사하게 일정간격으로 시공됨	
	염화물	·염화물에 의한 철근부식 우려 없음 (상부:0.148kgf/㎥, 하부:0.136~0.147kgf/㎥)	
상태평가		·B등급(상태평가지수 0.195)	
안전성평가		·A등급(안전율 1.032)	
안전등급		·B등급	
종합의견		·회야대교(울산)는 준공 후 10년이 경과된 PSC Box + PSC Beam 형식의 교량으로 외관조사결과 철근콘크리트 부재(PSC Box, 교대 및 교각)의 균열이 다수 증가한 것으로 검토되었고, 교량받침 Plate부식, 신축이음 고무재파손, 배수시설 고정불량 및 배수관 탈락 등의 손상은 공용기간 증대에 따른 노후화 및 시공미흡에 의한 손상으로 조사되었다. ·또한 신축이음(P19, A2) 고무재파손은 공용기간이 증가할수록 교량의 신축거동 및 반복적인 차량윤하중 재하 등의 복적인 요인에 의해 손상이 심화될 요지가 있으므로 신축이음을 교체하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. ·본 교량은 설계하중(DB-24) 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었으며, “부재별 손상에 따른 상태평가와 안전성 평가를 종합평가한 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태” 인 B등급으로 지정되었다. ·따라서 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단되며, PSC Box 및 PSC Beam, 하부구조의 균열, 박락 등의 손상은 하자보수 대상이므로 하자담보책임만료일(2018.12.31.) 전에 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	

나. 전차 정밀안전점검 실시결과(2022.04 ~ 2022.12)

【표 2.9】 전차 정밀안전점검(2022년) 실시결과 요약(울산)

구 분		내용	비고
용 역 명		·2022년 부산울산고속도로 정기·정밀안전점검용역[교량]	
용역기간		·2022. 04. 07 ~ 2022. 12. 23	
용 역 사		·(주)엠케이에스이	
외관조사	교면포장	·포장균열	a
	난간/방호벽	·균열(0.3㎜미만), 긁힘 및 파손, 철근노출, 난간 긁힘 및 변형	b
	신축이음	·후타재 균열 및 파손, 유간부 토사퇴적, 차수판 설치불량	b
	배수시설	·배수관 탈락 및 위치불량(P14)	b
	PSC BOX	·균열(0.1㎜~0.5㎜미만), 백태, 표면박리, 박락, 잡철근노출	b
	바닥판	·상태양호	a
	거더/가로보	·들뜸, 박락	b
	교량받침	·Plate 부식, 몰탈 및 콘크리트 균열(0.3㎜미만)	b
	교대/교각	·균열(0.3㎜미만), 백태, 표면오염, 박락, 표면열화, 표면오염	b
비파괴	강도	·설계기준강도 이상을 확보 (상부구조 : 40.4 ~ 42.2㎫, 하부구조 : 26.1 ~ 27.3㎫)	
	탄산화	·탄산화에 의한 내구성 저하는 없음 (상부구조 : 5.8 ~ 7.0㎜, 하부구조 : 7.1 ~ 8.3㎜)	
상태평가		·B등급(상태평가지수 0.182)	
안전성평가		·미실시	
안전등급		·B등급	
종합의견		·회야대교(울산)는 준공 후 14년이 경과된 PSC Box + PSC Beam 형식의 교량으로 외관조사결과 주요 손상으로 교면포장 LMC 균열, 방호벽 균열(0.3㎜미만), 긁힘 및 파손, 철근노출, 난간 긁힘 및 변형, 배수시설 배수관 탈락 및 위치불량, 신축이음 후타재 균열 및 파손, 유간부 토사퇴적, 바닥판 균열(0.1㎜~0.5㎜미만), PSC Box 균열(0.1㎜~0.5㎜미만), 백태, 표면박리, 박락, 잡철근노출, 가로보 들뜸 및 박락, 교량받침 Plate 부식, 몰탈 및 콘크리트 균열(0.3㎜미만), 교대/교각 균열(0.3㎜미만), 백태, 파손, 박락, 표면열화, 표면오염 등의 손상이 발생하고 있는 것으로 조사되었다. ·PSC Box에서 균열이 발생할 경우 내하력 저하로 거더의 안전성이 우려될 수 있어 균열(0.1㎜~0.5㎜)에 대한 보수(0.3㎜미만: 표면보수, 0.3㎜이상: 주입보수)가 요구된다. ·따라서, 본 교량은 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태」인 “B등급”(양호)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.	

2.3.4 기존 정밀안전점검·정밀안전진단 실시결과(부산)

가. 전차 정밀안전진단 실시결과(2018.08 ~ 2018.12)

【표 2.10】 전차 정밀안전진단(2018년) 실시결과 요약(부산)

구 분		내용	비고
용 역 명		·2018년도 정밀안전진단, 정밀안전점검 및 성능평가[교량]	
용역기간		·2018. 08. 16 ~ 2018. 12. 31	
용 역 사		·(주)엠케이에스이	
외관조사	교면포장	·균열, 파손	a
	난간/방호벽	·균열(0.3㎜미만)	b
	신축이음	·고무재 파손, 차수판 볼트유실	b
	배수시설	·집수구 막힘, 배수관 탈락, 이음부 누수	b
	바닥판	·균열(0.2㎜내외), 들뜸, 박락, 재료분리	b
	거더/가로보	·균열(0.2㎜내외), 들뜸, 박락	d
	교량받침	·Plate부식, 받침콘크리트 균열	b
	교대/교각	·균열(0.2㎜내외), 망상균열, 백태	b
비파괴	강도	·설계기준강도 이상을 확보 (상부구조 : 40.2~ 42.5㎫, 하부구조 : 26.8 ~ 29.7㎫)	
	탄산화	·탄산화에 의한 내구성 저하는 없음 (상부구조 : 5.1 ~ 7.3㎜, 하부구조 : 5.6 ~ 8.4㎜)	
	철근배근	·준공도면과 유사하게 일정간격으로 시공됨	
	염화물	·염화물에 의한 철근부식 우려 없음 (상부:0.151kgf/㎥, 하부:0.117~0.148kgf/㎥)	
상태평가		·B등급(상태평가지수 0.204)	
안전성평가		·A등급(안전율 1.032)	
안전등급		·B등급	
종합의견		·회야대교(부산)는 준공 후 10년이 경과된 PSC Box + PSC Beam 형식의 교량으로 외관조사결과 철근콘크리트 부재(PSC Box, 교대 및 교각, 방호벽)의 균열이 다수 증가한 것으로 검토되었고, 교량받침 Plate부식, 신축이음 고무재 파손, 배수시설 설치불량 및 이음부 누수 등의 손상은 공용기간 증대에 따른 노후화 및 시공미흡에 의한 손상으로 조사되었다. ·또한 신축이음(P19) 고무재파손은 공용기간이 증가할수록 교량의 신축거동 및 반복적인 차량윤하중 재하 등의 복적인 요인에 의해 손상이 심화될 요지가 있으므로 신축이음을 교체하여 유지관리하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. ·본 교량은 설계하중(DB-24) 이상의 내하력을 확보하고 있는 것으로 평가되었으며, "부재별 손상에 따른 상태평가와 안전성 평가를 종합평가한 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태" 인 B등급으로 지정되었다. ·따라서 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단되며, PSC Box 및 PSC Beam, 하부구조의 균열, 박락, 철근노출 등의 손상은 하자보수 대상이므로 하자담보책임만료일(2018.12.31.) 전에 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.	

나. 전차 정밀안전점검 실시결과(2022.04 ~ 2022.12)

【표 2.11】 전차 정밀안전점검(2022년) 실시결과 요약(부산)

구 분		내용	비고
용 역 명		·2022년 부산울산고속도로 정기·정밀안전점검용역[교량]	
용역기간		·2022. 04. 07 ~ 2022. 12. 23	
용 역 사		·(주)엠케이에스이	
외관조사	교면포장	·포장 균열	b
	난간/방호벽	·균열(0.3㎜미만), 긁힘 및 파손	a
	신축이음	·후타재 망상균열 및 마모, 차수판 설치불량	b
	배수시설	·배수관 막힘 및 탈락, 연결부 누수	b
	PSC BOX	·균열(0.1㎜~0.5㎜미만), 망상균열, 천공부 마감불량	c
	바닥판	·균열부백태, 파손	b
	거더/가로보	·들뜸, 박락	b
	교량받침	·Plate 부식 및 도장박리, 몰탈 및 콘크리트 균열(0.3㎜미만)	b
	교대/교각	·균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 백태, 박리, 박락, 들뜸, 표면오염	b
비파괴	강도	·설계기준강도 이상을 확보 (상부구조 : 40.4 ~ 42.3㎫, 하부구조 : 26.1 ~ 27.2㎫)	
	탄산화	·탄산화에 의한 내구성 저하는 없음 (상부구조 : 5.8 ~ 7.1㎜, 하부구조 : 7.9 ~ 8.5㎜)	
상태평가		·B등급(상태평가지수 0.218)	
안전성평가		·미실시	
안전등급		·B등급	
종합의견		·회야대교(부산)는 준공 후 14년이 경과된 PSC Box + PSC Beam 형식의 교량으로 외관조사결과 주요 손상으로 교면포장 LMC 균열, 방호벽 균열(0.3㎜미만), 긁힘 및 파손, 배수시설 배수관 막힘 및 탈락, 연결부 누수, 신축이음 후타재 망상균열 및 마모, 바닥판 균열(0.3㎜미만), 망상균열, 균열부백태, 파손, PSC Box 균열(0.1㎜~0.5㎜미만), 천공부 마감불량, 가로보 들뜸 및 박락, 교량받침 Plate 부식 및 도장박리, 몰탈 및 콘크리트 균열(0.3㎜미만), 교대/교각 균열(0.3㎜미만, 0.3㎜이상), 백태, 파손, 들뜸, 박리, 박락, 표면오염 등의 손상이 발생하고 있는 것으로 조사되었다. ·PSC Box에서 균열이 발생할 경우 내하력 저하로 거더의 안전성이 우려될 수 있어 균열(0.1㎜~0.5㎜)에 대한 보수(0.3㎜미만: 표면보수, 0.3㎜이상: 주입보수)가 요구된다. ·따라서, 본 교량은 「보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태」인 “B등급”(양호)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.	

2.4 보수·보강 이력

2.4.1 보수·보강 이력

본 교량은 준공 이후 현재까지 주기적인 점검을 실시하고 있으며, 시설물통합정보관리시스템(FMS)에 입력된 보수・보강이력은 다음과 같다.

【표 2.12】 회야대교(울산) 보수·보강 이력(울산)

구분	공사기간	설계자	시공자	공사명	보수·보강공법/내용	공사금액(원)
-	2016년 정밀점검 이후	-	-	-	방호벽 균열(0.3㎜미만) 일부	-
보수	2019-09-18 ~ 2019-12-31	이효찬	CS청산건설(주) (이건수)	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사	거더, 교량받침, 신축이음, 방호벽 재도장, 표면처리, 주입보수,	6,992,000
개량	2020-08-18 ~ 2020-12-04	구조물 안전팀	(주)가화건설 (정덕민)	2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사	교량받침 A1, P3~P16, P18, A2 강재전단키 설치	85,657,000
보수	2022-01-03 ~ 2022-11-30	-	진양건설(주) (이재명)	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	A1 교량점검시설 출입문 보수	4,000,000
※ 시설물통합정보관리시스템(FMS) 내 교량관리대장 및 보수공사현황 참조 ※ 전차 정밀안전진단(2018년) 자료 참조						

【표 2.13】 회야대교(부산) 보수·보강 이력(부산)

구분	공사기간	설계자	시공자	공사명	보수·보강공법/내용	공사금액(원)
-	2016년 정밀점검 이후	-	-	-	신축이음 A1, P19(A1) 신축이음 교체	-
보수	2019-09-18 ~ 2019-12-31	이효찬	CS청산건설(주) (이건수)	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사	거더, 교량받침, 신축이음, 배수관, 방호벽 재도장, 표면처리, 주입보수, 배수관 설치 등	4,008,000
개량	2020-08-18 ~ 2020-12-04	구조물 안전팀	(주)가화건설 (정덕민)	2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사	교량받침 A1, P3~P16, P18, A2 강재전단키 설치	85,657,000
보수	2022-01-03 ~ 2022-11-30	-	진양건설(주) (이재명)	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	A1 신축이음장치 후타 보수	14,000,000
보수	2022-01-03 ~ 2022-11-30	-	진양건설(주) (이재명)	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	A1 배수시설 보수 등	8,000,000
보수	2022-01-03 ~ 2022-11-30	-	진양건설(주) (이재명)	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	P19(A2) 신축이음 장치 교체	59,000,000
※ 시설물통합정보관리시스템(FMS) 내 교량관리대장 및 보수공사현황 참조 ※ 전차 정밀안전진단(2018년) 자료 참조						

2.4.2 검토의견

회야대교(울산)의 보수·보강 이력 검토결과, 시설물통합정보관리시스템(FMS)상에는 보수·보강 이력이 2건 있는 것으로 확인되었으며, 보수·보강 이력으로는 2019년 9월에 실시한 “구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사” 및 2022년 1월에 실시한 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사”로 확인되었다. 그 외 전차보고서 검토결과, 2016년 이후에 방호벽 균열(0.3㎜ 미만) 일부 보수 및 2020년 08월에 실시한 2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사 등의 총 2건의 보수·보강 이력이 확인되었다.

회야대교(부산)의 보수·보강 이력 검토결과, 시설물통합정보관리시스템(FMS)상에는 보수·보강 이력이 5건 있는 것으로 확인되었으며, 보수·보강 이력으로는 2019년 9월에 실시한 “구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사” 및 2020년 8월에 실시한 “2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사” 및 2022년 1월에 실시한 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사”로 확인되었다. 그 외 전차보고서 검토결과, 2016년 이후에 신축이음 A1, P19 신축이음 교체 등의 총 1건의 보수·보강 이력이 확인되었다.

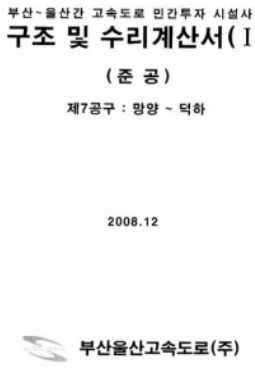
육안으로 확인 가능한 보수부의 손상 재발생 여부 및 전차 정밀안전진단 및 정밀안전점검과 금회 정밀안전진단의 상세 외관조사결과를 비교・검토하여 추가손상 및 진전여부를 확인하고 내구성 및 안전성 확보를 위해 적절한 보수・보강방안을 제시하고자 한다.

2.5 시설물의 내진설계 여부 확인

2.5.1 준공도서

회야대교(울산, 부산)에 대한 내진설계 자료는 『부산~울산간 고속도로 건설공사 구조 계산서(Ⅰ)-제7공구』을 참고하여 작성하였다.

【표 2.14】내진 설계여부

적용유무	내진설계	비고
내진설계 적용	◦ 해석방법 - 복합모드 스펙트럼 해석 ◦ 설계대상 부재 - 교각 ◦ 내진설계 상수 내진등급 : 내진 1등급 가속도계수 : 0.154 지반종류 : Ⅰ지역	

가. 기둥검토(울산)

1) 교각 현황

【표 2.15】교각 현황(울산)

교각 TYPE	해당 교각	검토 교각	구분	가로보
TYPE-1	P1, P17, P18	P1	가동단	미설치
TYPE-2	P2~P8, P11~P16	P4	가동단	설치
TYPE-3	P9, P10	P9	고정단	설치

2) 작용하중

【표 2.16】 작용하중(울산)

구분	해석방향	기둥길이(L) (m)	최대출력 Pu (t)	Mx (t.m)		My (t.m)	
				R = 1.0	R = 3.0	R = 1.0	R = 5.0
P1	COM 1	28.900	1532.875	2775.349	925.116	436.898	87.380
	COM 2	28.900	2059.884	832.605	277.535	1456.325	291.265
P4	COM 1	48.000	1996.225	3930.022	1310.007	934.564	186.913
	COM 2	31.200	3568.771	1179.007	393.002	3115.214	623.043
P9	COM 1	45.400	1938.575	14918.210	4972.737	905.686	181.137
	COM 2	28.600	3552.137	4475.463	1491.821	3018.952	603.790

3) 하중 CASE

【표 2.17】 하중 CASE(울산)

구분	해석방향	CASE	기둥길이(L) (m)	Pu (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	비고
P1	COM 1	1	28.900	1532.875	2775.349	436.898	탄성모멘트
		2	28.900	1532.875	925.116	87.380	수정모멘트
	COM 2	3	28.900	2059.884	832.605	1456.325	탄성모멘트
		4	28.900	2059.884	277.535	291.265	수정모멘트
P4	COM 1	1	48.000	1996.225	3930.022	934.564	탄성모멘트
		2	48.000	1996.225	1310.007	186.913	수정모멘트
	COM 2	3	31.200	3568.771	1179.007	3115.214	탄성모멘트
		4	31.200	3568.771	393.002	623.043	수정모멘트
P9	COM 1	1	45.400	1938.575	14918.210	905.686	탄성모멘트
		2	45.400	1938.575	4972.737	181.137	수정모멘트
	COM 2	3	28.600	3552.137	4475.463	3018.952	탄성모멘트
		4	28.600	3552.137	1491.821	603.790	수정모멘트

4) 검토결과

【표 2.18】 기둥 검토결과(울산)

구분	해석방향	CASE	지진력	결과	적용	비고
P1	COM 1	1	탄성모멘트	O.K	교축방향 R = 1.0 교축직각방향 R = 1.0	탄성설계
		2	수정모멘트	O.K		
	COM 2	3	탄성모멘트	O.K		
		4	수정모멘트	O.K		
P4	COM 1	1	탄성모멘트	N.G	교축방향 R = 3.0 교축직각방향 R = 5.0	소성설계
		2	수정모멘트	O.K		
	COM 2	3	탄성모멘트	N.G		
		4	수정모멘트	O.K		
P9	COM 1	1	탄성모멘트	N.G	교축방향 R = 3.0 교축직각방향 R = 5.0	소성설계
		2	수정모멘트	O.K		
	COM 2	3	탄성모멘트	N.G		
		4	수정모멘트	O.K		

나. 기둥검토(부산)

1) 교각 현황

【표 2.19】 교각 현황(부산)

교각 TYPE	해당 교각	검토 교각	구분	가로보
TYPE-1	P1, P17, P18	P1	가동단	미설치
TYPE-2	P2~P8, P11~P16	P4	가동단	설치
TYPE-3	P9, P10	P9	고정단	설치

2) 작용하중

【표 2.20】 작용하중(부산)

구분	해석방향	기둥길이(L) (m)	최대출력 Pu (t)	Mx (t.m)		My (t.m)	
				R = 1.0	R = 3.0	R = 1.0	R = 5.0
P1	COM 1	28.900	1532.875	2775.349	925.116	436.898	87.380
	COM 2	28.900	2059.884	832.605	277.535	1456.325	291.265
P4	COM 1	48.000	1996.225	3930.022	1310.007	934.564	186.913
	COM 2	31.200	3568.771	1179.007	393.002	3115.214	623.043
P9	COM 1	45.400	1938.575	14918.210	4972.737	905.686	181.137
	COM 2	28.600	3552.137	4475.463	1491.821	3018.952	603.790

3) 하중 CASE

【표 2.21】 하중 CASE(부산)

구분	해석방향	CASE	기둥길이(L) (m)	Pu (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	비고
P1	COM 1	1	28.900	1532.875	2775.349	436.898	탄성모멘트
		2	28.900	1532.875	925.116	87.380	수정모멘트
	COM 2	3	28.900	2059.884	832.605	1456.325	탄성모멘트
		4	28.900	2059.884	277.535	291.265	수정모멘트
P4	COM 1	1	48.000	1996.225	3930.022	934.564	탄성모멘트
		2	48.000	1996.225	1310.007	186.913	수정모멘트
	COM 2	3	31.200	3568.771	1179.007	3115.214	탄성모멘트
		4	31.200	3568.771	393.002	623.043	수정모멘트
P9	COM 1	1	45.400	1938.575	14918.210	905.686	탄성모멘트
		2	45.400	1938.575	4972.737	181.137	수정모멘트
	COM 2	3	28.600	3552.137	4475.463	3018.952	탄성모멘트
		4	28.600	3552.137	1491.821	603.790	수정모멘트

4) 검토결과

【표 2.22】 기둥 검토결과(부산)

구분	해석방향	CASE	지진력	결과	적용	비고
P1	COM 1	1	탄성모멘트	O.K	교축방향 R = 1.0 교축직각방향 R = 1.0	탄성설계
		2	수정모멘트	O.K		
	COM 2	3	탄성모멘트	O.K		
		4	수정모멘트	O.K		
P4	COM 1	1	탄성모멘트	N.G	교축방향 R = 3.0 교축직각방향 R = 5.0	소성설계
		2	수정모멘트	O.K		
	COM 2	3	탄성모멘트	N.G		
		4	수정모멘트	O.K		
P9	COM 1	1	탄성모멘트	N.G	교축방향 R = 3.0 교축직각방향 R = 5.0	소성설계
		2	수정모멘트	O.K		
	COM 2	3	탄성모멘트	N.G		
		4	수정모멘트	O.K		

다. 교량받침 검토(울산)

【표 2.23】교량받침 설계 요약(울산)

◦ 설계시 고려된 교량받침 규격(Pot Bearing)
- 교대부 = Pv = 600 Ton (수평력 H= 142 Ton)
- 교각부 = Pv = 1400 Ton (수평력 H= 430 Ton)

◦ 응답수정계수
- 교대부 = R = 0.8
- 교각부 = R = 1.0

◦ 교량받침에 작용하는 최대 수평력(지진수평력)
- 교대부 : He = 126.7051 / 0.8 = 158.381 Ton(교축직각방향)
- 교각부 : He = 263.041 / 1.0 = 263.041 Ton(교축직각방향)
- 교각부 : He = 632.522 / 1.0 / 2 = 316.261 Ton(교축방향)

◦ 교량받침 극한수평력(도.시 V-8장)
- 교대부 : Ha = 142 × 1.33 = 188.860 Ton
- 교대부 : Ha = 430 × 1.33 = 571.900 Ton

◦ 교량받침의 수평력에 대한 검토
- 교대부 He = 158.381 Ton < Ha = 188.860 Ton - O.K-
- 교각부 He = 316.261 Ton < Ha = 571.900 Ton - O.K-

라. 교량받침 검토(부산)

【표 2.24】교량받침 설계 요약(부산)

◦ 설계시 고려된 교량받침 규격(Pot Bearing)
- 교대부 = Pv = 600 Ton (수평력 H= 142 Ton)
- 교각부 = Pv = 1400 Ton (수평력 H= 430 Ton)

◦ 응답수정계수
- 교대부 = R = 0.8
- 교각부 = R = 1.0

◦ 교량받침에 작용하는 최대 수평력(지진수평력)
- 교대부 : He = 126.7051 / 0.8 = 158.381 Ton(교축직각방향)
- 교각부 : He = 263.041 / 1.0 = 263.041 Ton(교축직각방향)
- 교각부 : He = 632.522 / 1.0 / 2 = 316.261 Ton(교축방향)

◦ 교량받침 극한수평력(도.시 V-8장)
- 교대부 : Ha = 142 × 1.33 = 188.860 Ton
- 교대부 : Ha = 430 × 1.33 = 571.900 Ton

◦ 교량받침의 수평력에 대한 검토
- 교대부 He = 158.381 Ton < Ha = 188.860 Ton - O.K-
- 교각부 He = 316.261 Ton < Ha = 571.900 Ton - O.K-

2.5.2 내진성능평가(2019년 교량 내진보강 설계용역(3구간))(접속교)

【표 2.25】교량제원 및 해석방법

적용유무	내진설계	
내진설계 적용	◦ **해석방법** - 시간이력 해석 ◦ **상부형식** - PSCI ◦ **교량연장** - 3@30 = 90.0m ◦ **교량폭원** - 15.75m ◦ **교대받침** - 1350kN	◦ **준공년도** - 2008년 ◦ **받침종류** - 단성받침 ◦ **기초형식** - 직접기초 ◦ **지반종류** - S2 ◦ **교각받침** - 1350kN

【표 2.26】내진성능평가 결과(울산)

구분			교각21(고정단)				
			공급역량	소요역량	판정		비율
교각기둥 (단위:kN)	휨평가(m)	교축	0.350	0.090	O.K		3.905
		교직	0.147	0.090	O.K		5.033
	전단평가	교축	11456.000	924.947	O.K		12.386
		교직	11208.000	1668.958	O.K		6.716
	판정		O.K				
기초 (단위:kN)	휨평가	교축	58386.418	28719.796	O.K		2.033
		교직	28966.388	25506.810	O.K		1.136
	전단평가	교축	32129.141	11590.848	O.K		2.772
		교직	16329.932	13162.430	O.K		1.241
	안정평가 (교축)	휨응력	217843.604	50654.900	O.K		4.301
		변위	32676.541	2219.873	O.K		14.720
		지지력	900.000	633.643	O.K		1.420
	안정평가 (교직)	휨응력	428607.291	72153.003	O.K		5.940
		변위	32676.541	4005.499	O.K		8.158
		지지력	900.000	578.083	O.K		1.557
	판정		O.K				
받침 (단위:kN)	교대	교축	882.0	204.2	7EA	O.K	4.319
		교직	882.0	148.2	7EA	O.K	5.953
	교각	교축	3430.0	1537.9	14EA	O.K	2.230
		교직	3430.0	2733.1	14EA	O.K	1.255
	판정		O.K				
앵커볼트	교대	교축	649.214	29.172	O.K		22.255
		교직	649.214	21.166	O.K		30.673
	교각	교축	649.214	109.5851	O.K		5.910
		교직	649.214	195.221	O.K		3.326
	판정		O.K				
최소받침 지지길이 (단위:㎜)	교대		1300.0	337.3	O.K		3,854
	신축이음부		1300.0	337.3	O.K		3.854
	판정		O.K				
연단거리 (단위:㎜)	교대		610.0	350.0	O.K		1.743
	교각		695.0	350.0	O.K		1.986
	판정		O.K				

【표 2.27】 내진성능평가 결과(부산)

구분			교각21(고정단)				
			공급역량	소요역량	판정		비율
교각기둥 (단위:kN)	휨평가(m)	교축	0.178	0.039	O.K		4.551
		교직	0.069	0.007	O.K		9.856
	전단평가	교축	11248.000	1182.010	O.K		9.516
		교직	10711.000	1434.046	O.K		7.469
	판정		O.K				
기초 (단위:kN)	휨평가	교축	58389.418	29870.316	O.K		1.955
		교직	28966.388	21664.840	O.K		1.337
	전단평가	교축	32129.141	12071.923	O.K		2.661
		교직	16329.932	12019.020	O.K		1.359
	안정평가 (교축)	휨응력	217843.604	56970.552	O.K		3.824
		변위	32676.541	2836.824	O.K		11.519
		지지력	900.000	658.721	O.K		1.366
	안정평가 (교직)	휨응력	428607.291	32037.746	O.K		13.378
		변위	32676.541	3441.710	O.K		9.494
		지지력	900.000	497.132	O.K		1.810
	판정		O.K				
받침 (단위:kN)	교대	교축	882.0	143.6	7EA	O.K	6.142
		교직	882.0	163.7	7EA	O.K	5.387
	교각	교축	3430.0	2109.1	14EA	O.K	1.626
		교직	3430.0	2359.7	14EA	O.K	1.454
	판정		O.K				
앵커볼트	교대	교축	649.214	20.514	O.K		31.647
		교직	649.214	23.391	O.K		27.754
	교각	교축	649.214	150.651	O.K		4.309
		교직	649.214	168.552	O.K		3.852
	판정		O.K				
최소받침 지지길이 (단위:㎜)	교대		1300.0	349.9	O.K		3,715
	신축이음부		1300.0	349.9	O.K		3,715
	판정		O.K				
연단거리 (단위:㎜)	교대		610.0	350.0	O.K		1.743
	교각		695.0	350.0	O.K		1.986
	판정		O.K				

2.6 자료분석 결과요약

본 과업을 수행함에 있어 효과적으로 용역을 수행하기 위하여 기 실시한 정기안전점검(2023년) 등의 유지관리 자료를 입수하였다. 설계도면 및 구조계산서 등의 기타 필요한 자료는 시설물통합정보관리시스템(FMS)상의 시설물관리대장과 시설물준공자료 등을 확인하여 검토하였으며, 수집자료를 검토한 결과 및 정밀안전진단과업 진행 방향은 다음【표 2.28】과 같다.

【표 2.28】자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	• 준공도면 및 구조 및 계산서 - 준공도면 부산-울산간 고속도로 민간 투자시설사업 준공도면(2008.12) - 토질조사보고서 - 구조계산서 - 수리계산서	• 준공도면, 구조 및 수리계산서, 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨. • 준공도면, 구조 및 수리계산서의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨.	• 현장조사시 부재제원을 실측하여 준공도면과 비교·검토를 실시함. • 손상에 대한 원인분석시, 시공자료 검토를 통하여 시공적인 원인에 의한 발생유무를 확인하고자 함.
유 지 관 리 자 료	• 점검 및 진단 이력 : 정밀안전진단(1회) - 2018. 12. : 1종성능평가(1회) - 2018. 12. : 정밀안전점검(5회) - 2010. 05. - 2013. 12. - 2016. 12. - 2020. 12. - 2022. 12. : 정기안전점검(22회)	• 신축이음 본체 고무재파손, 후타재 파손 등이 조사됨. • 상부구조 균열(Cw=0.3㎜미만), 들뜸, 박락, 재료분리 등이 조사됨. • 하부구조 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열, 백태 등이 조사됨. • 상태평가결과, 「B」로 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태임. • 내구성 조사결과, 설계기준 이상으로 양호한 상태임. • 안전성평가결과 구조물에 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨.	• 기 진단과의 비교·분석으로 통하여 추가적인 손상이나, 기존손상의 진전여부 등을 확인함. • 기 진단과의 비교·분석으로 내구성 저하 여부 확인
	• 보수·보강 이력 : 시설물통합정보관리시스템(FMS) 참조.	• 공용중 지속적인 유지보수 실시. - 교량점검시설 출입문 보수 - 볼트 재체결, 재도장 - 균열보수(표면처리, 주입보수) - 방수재 주입, 차수판 설치	• 보수부위의 상태점검을 통하여 보수공법의 적정성 및 재손상 발생여부 등을 확인. • 보수공법 효과성 확인을 통하여 합리적인 보수방안 도출.

2.7 기타 참고자료

【표 2.29】기타 참고자료

구 분	관련기관 및 종류, 년도
적용기준	· 국토교통부, 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(시설물안전법), 2021. · 국토교통부, 시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침, 2022 · 국토교통부, 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검 · 진단 편), 2022. · 국토교통부, 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 해설서(안전점검 · 진단 편), 2022. · 국토교통부, 구조설계기준(KDS 14 00 00)(콘크리트구조 설계, 강구조설계), 2022. · 국토교통부, 구조재료공사 표준시방서(KCS 14 00 00)(콘크리트공사, 강구조공사), 2022. · 국토교통부, 교량설계기준(KDS 24 00 00), 2022. · 국토교통부, 교량공사 표준시방서(KCS 24 00 00), 2018.
참고문헌	· 건설교통부, 도로교표준시방서, 1996. · 건설교통부, 도로교표준시방서, 1999. · 건설교통부, 도로교표준시방서, 2005. · 국토해양부, 도로교표준시방서, 2013. · 국토해양부, 콘크리트표준시방서, 1996. · 국토해양부, 콘크리트표준시방서, 2003. · 국토해양부, 콘크리트표준시방서, 2009. · 건설교통부, 콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수 · 보강 전문시방서, 1999. · 건설교통부, 콘크리트 내구성 평가 절차수립, 1999. · 국토교통부, 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 등에 관한 지침, 2016. · 국토해양부, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2009. · 국토해양부, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2010. · 국토교통부, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2017. · 국토교통부, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2022. · 국토교통부, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서, 2022. · 사단법인 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조설계기준, 2003. · 사단법인 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조설계기준, 2007. · 사단법인 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조설계기준, 2012. · 한국시설안전기술공단, 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼, 2006. · 한국시설안전기술공단, 교량 내하력 평가 매뉴얼, 2006.

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사(울산)

3.3 외관조사(부산)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

회야대교(울산, 부산)는 울산광역시 울주구 청량면에 위치한 부산울산선 상(35.6㎞)의 고속도로 교량이며, 2008년 12월에 준공되었다. 시공사는 두산중공업(주)이며, 설계하중은 DB-24(DL-24)로 확인되었다.

본 교량의 연장은 1,020.0m(22경간)(울산), 1,030.0m(22경간)(부산)이며, 폭은 15.7m(유효폭:11.0m, 편도3차로)이다. 구조형식으로 상부구조는 PSC Box Girder(S1～S19경간)와 PSC Beam Girder(S20～S22경간)로 시공되었다. 하부구조는 역T형 교대와 문형, Π형 교각이며, 기초형식은 직접기초로 시공되어 있다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 근접조사에 필요한 접근방법 및 장비동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요손상을 파악한 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침_안전점검・진단편(교량)(2022.12, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

현황조사결과, 본 교량은 양천3길(S6) 및 대복동천로(S11)를 횡단하여 해당구간은 시민의 통행이 잦은 것으로 확인되어 안전에 주의하였으며, 외관조사시, 전구간(S1～S22) 도보조사 및 교량점검차, 고소작업차, 드론을 이용하여 외관조사 및 시험을 실시하였다.

또한 현장조사 시 관리주체의 감독자, 사업책임기술자의 작업지시에 의해 조사ㆍ시험을 수행하는 것을 원칙으로 하였으며, 매일 안전관리자의 감독하에 안전교육을 실시하여 안전사고를 미연에 방지할 수 있도록 노력하였다.

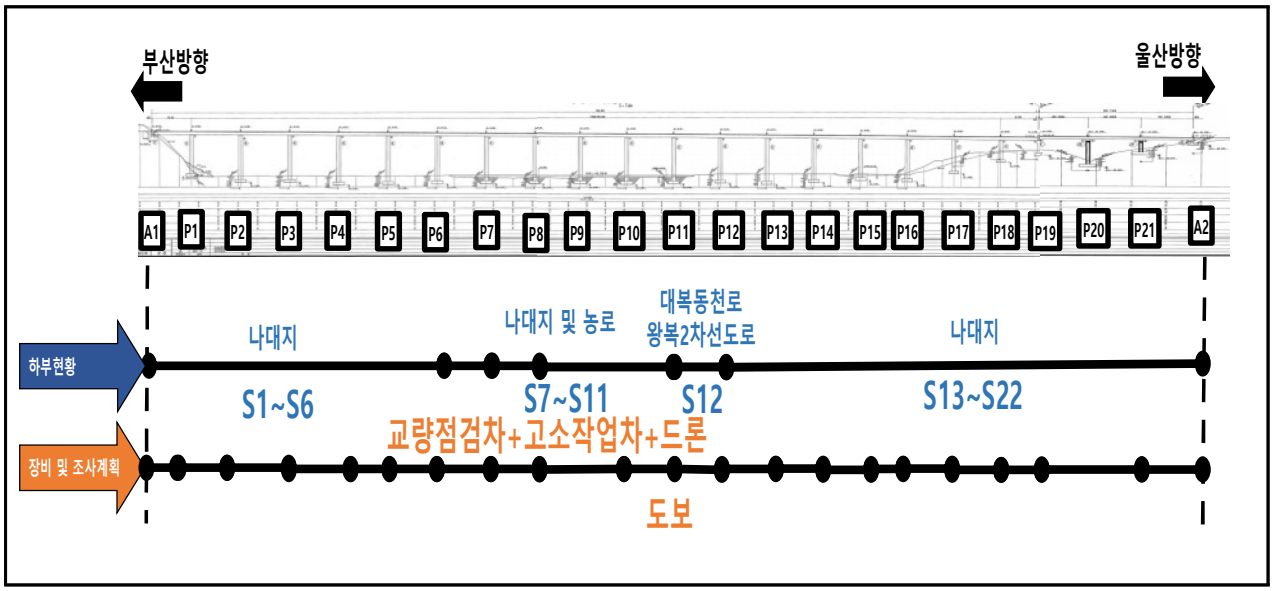
본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상상태에 대하여 교량의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 교량의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

【표 3.1】 부재별 조사항목

구 분		조 사 항 목	하중변화 상태
상부 구조	바닥판	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 • 누수, 백태, 표면오염.	• 이상 없음
	PSC Box	• 균열(중앙부 횡방향 균열, 복부 사인장 균열 등) • 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 재료분리, 백태 • 쉬스관 노출 및 파손. • 강선 적창부 균열 및 파손	• 이상 없음
하부 구조	교대	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 누수, 백태, 박락, 파손, 재료분리. • 교대의 이동 및 회전 유무. • 거더 또는 바닥판과의 협착 유무.	• 이상 없음
	교각	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리.	• 이상 없음
	기초	• 세굴, 침하, 파손, 침식.	• 이상 없음
교면포장		• 균열, 요철, 단차, 포트홀, 물고임(체수)	• 이상 없음
배수시설		• 파손, 배수관 길이 부족, 배수관 주변 및 연결부 누수, 배수구 위치불량	• 이상 없음
연석 및 난간		• 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	• 이상 없음
교량 받침	강재 받침	• 균열, 부식, 변형, 파손	• 이상 없음
	탄성 받침	• 부풀음 및 갈라짐 • 고무판의 과도한 변형	• 이상 없음
	기타	• 유간 부족, 편기, 수평불량, 가동불량, 교량받침 설치오류, 앵커볼트 파손	• 이상 없음
신축이음		• 본체의 파손, 부식, 누수, 이상음 및 진동, 유간 부족 • 후타재의 균열, 파손, 단차 • 후타재와 포장면 사이 이격	• 이상 없음

【표 3.2】공중이용시설 10대 위험요소 점검요령 및 예방방법

연번	구 분	점검요령	예방방법 [예시]	해당사항
①	교각 코핑 콘크리트 탈락	•인접 교각에서 망원경으로 균열여부 확인	•신축이음 누수예방 또는 하천형 배수관 길이 연장	○
②	중분대 하면 콘크리트 탈락	•교량 하부에서 망원경으로 백태, 균열여부 확인	•중분대 바닥판 이음부 누수방지(폴리우레아 등)	○
③	교량 배수관 낙하사고	•교량하부 및 점검시설에서 망원경으로 부식여부 확인	•배수관 중량, 하부조건 등을 고려하여 취약교량 선정 후 중점관리	○
④	터널 고드름 낙하사고	•터널 입·출구부 라이닝 누수여부 조사	•입·출구부 L채널 설치, 라이닝 차수 등	-
⑤	주유소 및 충전소 화재사고	•누유·소방 경보설비 작동여부 등 점검	•접지단자, 정전기 방지패드 및 경보 설비 설치	-
⑥	신축이음장치 솟음현상(Blow-up)	•갓길측 노견부에서 거더·교대 유간 및 신축장치 유간 확인	•하절기 솟음 우려 교량의 경우 기술자문 등을 거쳐 보수·보강공법 검토	○
⑦	포장 부분 보수부 파손	•갓길측 차량진행 반대방향으로 도보점검 (포장 파손 여부 확인)	•임시보수부 주의관찰 후 동절기 전 교면포장부 항구보수·보강 실시	○
⑧	교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	•교통차단 후 도보로 배수구 육안점검 실시	•고압 살수 방법으로 상부집수구 청소 및 소형굴착기로 하부배수관 청소	○
⑨	절토사면·옹벽 표면 손상	•도보로 비탈면에 접근하여 육안조사를 통한 유실 징후 확인	•배수시설 내 이물질 제거 및 유실 우려지점 집중관리	-
⑩	터널 배수구 뚜껑파손	•뚜껑의 구조계산 및 유격발생(들뜸)여부 조사 등 파손 원인 파악	•최근 점검·진단결과를 확인하여 공동구 덮개 열화로 파손이 우려되는 지점 집중관리	-

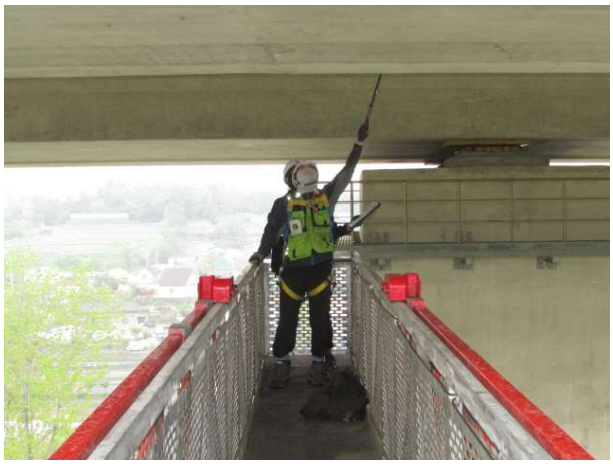




도보를 이용한 현장조사(교면상부, 박스내부 등)



도보를 이용한 현장조사(점검로)



교량점검차를 이용한 현장조사



고소작업차를 이용한 현장조사

【사진 3.1】 접근장비 및 도보를 이용한 근접조사 전경

3.1.1 주변현황 및 하중변화

회야대교(울산, 부산) 울산광역시 울주군 청량읍에 위치하며 회야강(S7~S10)과 양천3길(S6) 및 대복동천로(S11)를 횡단하고 있는 것으로 확인되었다. 또한 부산울산고속도로의 본선 교량이며 인접 주택밀집지역의 소음을 고려하여 콘크리트 방호벽(H=1.08m) 상단에 방음벽(H=1.0m)이 시공된 것으로 확인되었다. FMS(시설물통합정보관리시스템 fms.or.kr) 및 위탁관리기관인 한국도로공사 울산지사에 본 교량 상부에 시공된 방음벽의 도면과 방음벽의 시공에 따른 추가 사하중·풍하중 등을 고려한 구조해석자료가 입력·보관되지 않은 것으로 확인되었으나 2018년 실시한 정밀안전진단 시 상부방음벽을 고려한 구조해석을 실시한 것으로 검토되었다.

기타 준공시와 변화된 하중의 변화는 상기에서 언급한 방음벽을 제외한 사항 외는 없는 것으로 조사·검토 되었으며, 주변현황의 변화도 없는 것으로 확인되었다.



2018년 위성지도 전경	2023년 위성지도 전경

【사진 3.2】 주변현황 및 하중변화

3.1.2 부재제원 측정

회야대교(울산)의 부재제원 확인을 위해 조사 가능한 부재에 대하여 실측하고 이를 준공도와 비교·검토하여 주요 부재의 규격을 확인한 결과 모든 부재가 준공도서와 유사하여 적절한 시공이 이루어 진 것으로 확인되었다.

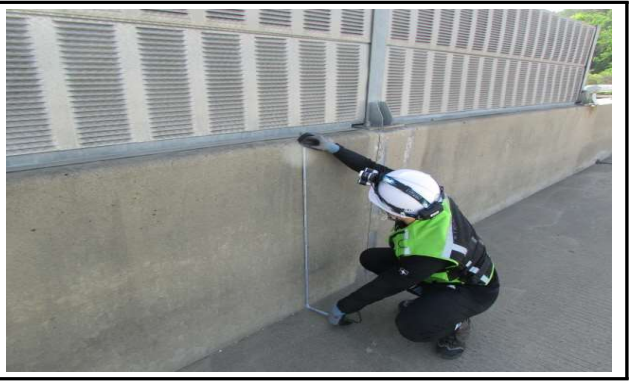
【표 3.3】부재별 제원 측정결과(울산)

구 분		제원(준공도면)	제원(실측결과)	비고
상부구조	PSCB 거더	B= 7.50m	B= 7.50m	
	PSCI 거더	H= 2.00m	H= 2.00m	
하부구조	코핑측면(PSCB)	B= 4.20m	B= 4.20m	
	코핑측면(PSCI)	B= 2.80m	B= 2.80m	
교량받침	받침콘크리트(PSCB)	B= 1.50m	B= 1.50m	
기타시설	방호벽	H= 1.08m	H= 1.09m	
	안전난간	H= 0.27m	H= 0.28m	
	점검통로 안전난간	H= 1.00m	H= 1.01m	
	점검통로 수직사다리	H= 0.30m	H= 0.30m	
측정결과	• 부재제원 실측결과, 전반적으로 준공도면의 제원과 일치함			

【표 3.4】부재별 제원 측정결과(부산)

구 분		제원(준공도면)	제원(실측결과)	비고
상부구조	PSCB 거더	B= 7.50m	B= 7.50m	
	PSCI 거더	H= 2.00m	H= 2.00m	
하부구조	코핑측면(PSCB)	B= 4.20m	B= 4.20m	
	코핑측면(PSCI)	B= 2.80m	B= 2.80m	
교량받침	받침콘크리트(PSCB)	B= 1.50m	B= 1.50m	
기타시설	방호벽	H= 1.08m	H= 1.09m	
	안전난간	H= 0.27m	H= 0.27m	
	점검통로 안전난간	H= 1.00m	H= 1.01m	
	점검통로 수직사다리	H= 0.30m	H= 0.31m	
측정결과	• 부재제원 실측결과, 전반적으로 준공도면의 제원과 일치함			





【사진 3.3】부재제원 확인 전경

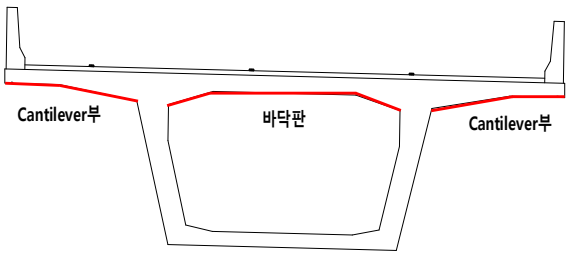
3.2 외관조사(울산)

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

1) 개요

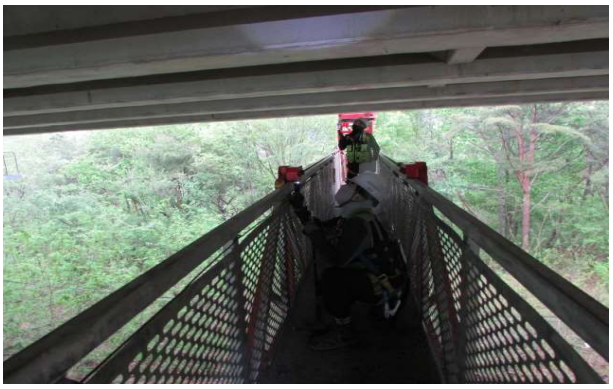
- 바닥판은 활하중을 지지하고 하중을 거더로 전달하는 역할을 하며, 거더와 결합하여 구조물의 강성을 확보하는 기능을 한다.
- 회야대교(울산)의 바닥판은 PSC Box 내부 상부플랜지와 PSC Beam구간의 상부 바닥판으로 구성되어 있다. PSC Box의 상·하부 플랜지와 복부판은 일체가 되어 거더로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부 플랜지는 바닥판으로 분류하여 상태평가를 수행하도록 명시하고 있어, 금회 정밀안전진단에서는 상부 플랜지를 바닥판으로 구분하여 PSC Beam 구간의 바닥판과 같이 외관조사를 실시하였다.
- 바닥판 하면에 대한 조사는 근접장비(교량점검차) 및 교각 점검로, PSC Box 내부 진입을 통한 도보조사를 이용하여 실시하였다.

<table>
<tr><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td>바닥판(상부플랜지) 세부 명칭</td><td>PSC Box구간 바닥판 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>PSC Box구간 바닥판 캔틸레버 전경</td><td>PSC Box 내부 바닥판 전경</td></tr>
</table>

【사진 3.4】PSC Box구간 바닥판 전경(울산)



PSC Beam 거더구간 바닥판 전경



PSC Beam 거더구간 외관조사 전경

【사진 3.5】PSC Beam 거더구간 바닥판 전경(울산)

2) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과, 하중의 증가 및 내하력 저하에 따른 구조적 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었으며, 금회 상세조사를 통해 조사된 손상은 재료적 특성, 환경요인에 의해 발생된 비구조적 손상이 대부분인 것으로 확인되었다.
- 주요손상으로는 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열, 백태 조사되었으며, 거더 내부 상부플랜지에 종방향 균열이 일부 경간에 걸쳐 발생된 것으로 분석되었다. 또한 대부분의 균열은 폭 0.2㎜이하의 연속성이 없는 단속적 균열로 확인되었다.

【표 3.5】바닥판 하면 외관조사 결과(울산)

구 분		균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열 (cw=0.3mm이상) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	비고
PSCB	S1	0.60/1	-	-	-	-	
	S2	10.00/2	-	-	-	-	
	S3	7.00/1	-	-	-	-	
	S4	-	-	-	0.22/3	-	
	S5	-	-	-	-	-	
	S6	-	-	-	0.08/1	-	
	S7	-	-	-	-	-	
	S8	-	-	-	-	-	
	S9	-	-	-	0.14/2	-	
	S10	-	-	-	-	-	
	S11	-	-	-	-	-	
	S12	-	-	-	0.10/1	0.25/1	
	S13	4.00/4	-	-	-	-	
	S14	-	-	-	-	-	
	S15	-	-	-	-	-	
	S16	7.00/1	-	-	-	-	
	S17	-	-	-	-	-	
	S18	-	-	-	-	-	
	S19	6.00/3	4.00/2	1.20/1	-	-	

【표 3.5】바닥판 하면 외관조사 결과(울산)(계속)

구 분		균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열 (cw=0.3mm이상) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	비고
PSCI	S20	-	-	-	-	-	
	S21	-	-	-	-	0.40/1	
	S22	-	-	-	-	-	
합 계		34.60/12	4.00/2	1.20/1	0.54/7	0.65/2	



S19 캔틸레버 균열(Cw=0.3/L=2.0m)



S19 캔틸레버 균열(Cw=0.3/L=2.0m)



S2 슬래브 균열(Cw=0.2/L=7.0m)



S2 슬래브 균열(Cw=0.1/L=3.0m)

【사진 3.6】PSC Box구간 바닥판 손상현황(울산)

	
S3 슬래브 균열(Cw=0.1/L=7.0m)	S16 슬래브 균열(Cw=0.1/L=7.0m)
	
S19 캔틸레버 균열(Cw=0.2/L=0.2m)	S19 캔틸레버 망상균열(A=1.0×1.2=1.20㎡)
	
S4 캔틸레버 백태(A=0.1×0.2=0.02㎡)	S6 캔틸레버 백태(A=0.1×0.8=0.08㎡)

【사진 3.6】PSC Box구간 바닥판 손상현황(울산)(계속)

	
S9 캔틸레버 백태(A=1.0×0.1=0.10㎡)	S9 캔틸레버 백태(A=0.1×0.4=0.04㎡)
	
S12 캔틸레버 백태(A=0.1×1.0=0.10㎡)	S12 슬래브 재료분리(A=0.5×0.5=0.25㎡)
	
S21 G6-G7 재료분리(A=1.0×0.4=0.40㎡)	S1 슬래브 균열(Cw=0.1L=0.6m)

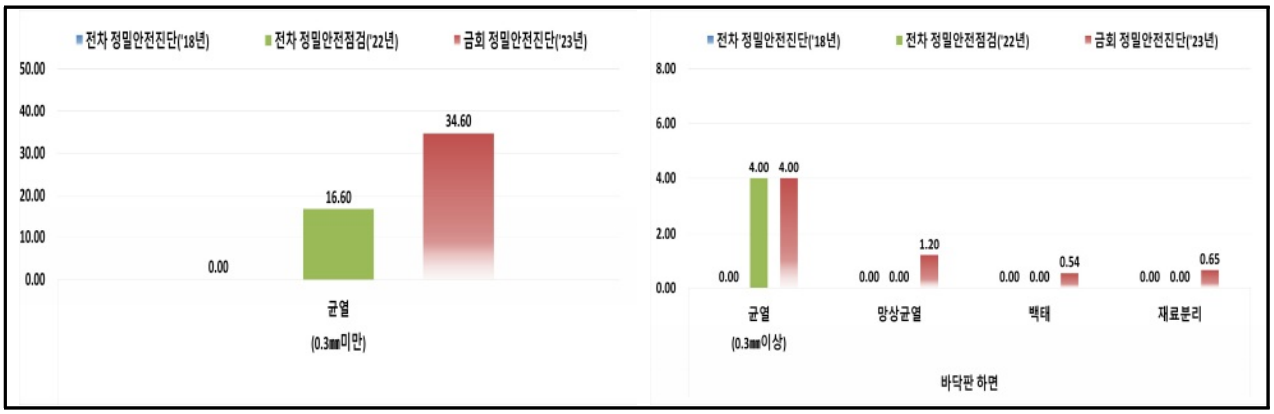
【사진 3.6】PSC Box구간 바닥판 손상현황(울산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 바닥판에 대한 기 진단 결과와의 비교 결과, 균열 및 망상균열, 백태, 재료분리의 손상물량 전 개소 신규 조사된 것으로 확인되었으며, 균열(cw=0.3mm미만)의 손상물량이 다소 증가된 것으로 분석되었다. 이는 구조물에 발생된 균열의 형상, 발생위치 등을 고려할 때 대부분이 시공시 경화과정에서 발생한 미세균열로서 금회 상세조사 및 점검자의 주관적 견해 차이에 의한 것으로 판단된다.

【표 3.6】바닥판 하면 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	-	16.60	34.60	▲ 34.60
균열(cw=0.3mm이상)	m	-	4.00	4.00	▲ 4.00
망상균열	㎡	-	-	1.20	▲ 1.20
백태	㎡	-	-	0.54	▲ 0.54
재료분리	㎡	-	-	0.65	▲ 0.65



【그림 3.1】바닥판 하면 기 진단 결과와의 비교(울산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 박스 내부 상부플랜지 하면에 발생한 종방향 균열은 일부 경간에 걸쳐 분포하고 있는 것으로 확인되었으며, 조사된 균열은 대부분 폭 0.2㎜ 이하의 미세균열로서 시공초기 온도응력 및 건조수축에 의한 비구조적인 균열로 판단된다. 세그먼트 연결부(시공이음부)에서 발생한 일부 균열은 세그먼트 이어치기시 새로 타설한 콘크리트 수축이 구콘크리트에 구속되어 발생된 균열로 판단되며, 표면보수를 시행 후 지속적인 관찰이 요구된다.

- 또한 캔틸레부에서 조사된 균열(cw=0.3mm미만/이상) 및 망상균열은 특별한 방향성이 없으며, 온도변화 및 건조수축 등 콘크리트 성질에 기인해 발생된 비구조적 손상으로 균열폭에 따른 주입보수와 표면보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3.7】 시간경과에 따른 균열 발생도(울산)

원인 \ 발생시기	타설후 수시간	수시간~1일	타설후수일	타설후 수10일	시공후 수개월	수년~
하중·외력의 작용			하중작용의 재하조건에 의한 균열			
수 축	소성수축균열					
		경화수축균열				
			단기건조수축균열			
					장기건조수축균열	
온 도 변 화		온도균열(시멘트의 수화열)				
					온도균열 (자연조건에 따른 온도변화)	
콘크리트의 분리	침하균열					
철근의 부식 화학반응						환경조건에 의함

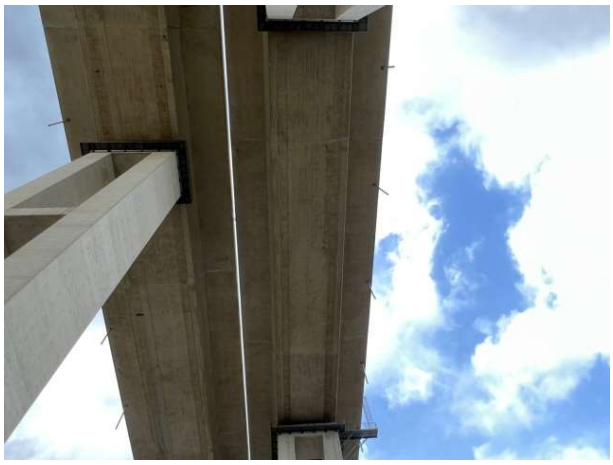
주1) 소성수축균열 : 타설직후 물증발 속도가 블리딩 속도보다 빠른 경우에 발생되는 균열
주2) 경화수축균열 : 수화반응에 의해 체적이 감소되어 발생되는 균열
주3) 단기건조수축균열 : 양생초기 콘크리트내 수분의 빠른 증발로 발생되는 균열
주4) 장기건조수축균열 : 콘크리트 구조물의 장기적인 수분증발에 의해 발생되는 균열(보통 10년 이상 진행되며, 콘크리트 탄산화에 의해서도 건조수축과 마찬가지로 탄산수축이 발생됨)
주5) 불규칙한 그물형태의 표면 망상균열은 콘크리트의 소성수축·경화수축·단기건조수축 모두에서 발생될 수 있음.

- 백태는 일반적으로 수화반응 초기에 비결정성 수산화칼슘이 수분에 용해되어 표면에 퇴적되는 초기백태와 공기 중 이산화탄소와 수산화칼슘이 반응하여 석회석을 생성하면서 물에 용해되는 후기백태로 구분된다. 금회 조사된 손상은 후기백태에 해당되는 것으로 시공초기 방수층의 시공미흡, 공용년수 증가에 따른 열화 등으로 인해 발생된 손상으로 판단되며, 손상규모는 비교적 경미하나, 내구성 확보 및 원활한 유지관리를 위해 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 단면손상으로 재료분리가 PSC Box 내부 슬래브, PSC Beam구간에서 각각 1개소씩 조사되었으며, 다짐미흡에 의한 것으로 판단된다. 발생규모는 비교적 경미하나, 내구성 저하 방지를 위해 보수가 필요하며, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

나. PSC Box 거더

1) 개요

- 회야대교(울산)는 연속압출공법(ILM, Incremental Launching Method)으로 시공된 교량으며, 상부 구조물을 주형 제작장에서 제작하여 교축방향으로 압출하여 시공되었다.
- PSC Box 거더는 연장 940.0m(45.0+17@50.0+45.0)에 19경간(S1~S19)으로 시공되어 있으며, PSC Box는 U형 단면에서 상부플랜지를 폐합하고 복부 외측으로 캔틸레버부를 형성시켜 단면 중립축을 상부로 이동시킴에 따라 거더 상·하부 응력값을 최적화하여 단면효율을 극대화 시킨 BOX형 프리스트레스 콘크리트 거더교이다.
- PSC Box 거더는 좌, 우측 복부(WEB)와 하부플랜지를 거더부재로 분류하였고, 내부는 도보를 통한 조사를 시행하였으며, 외부는 교량점검차 및 점검로를 이용하여 근접 접근을 통한 조사를 시행하였다.



박스 외부 전경



박스 외부 조사 전경

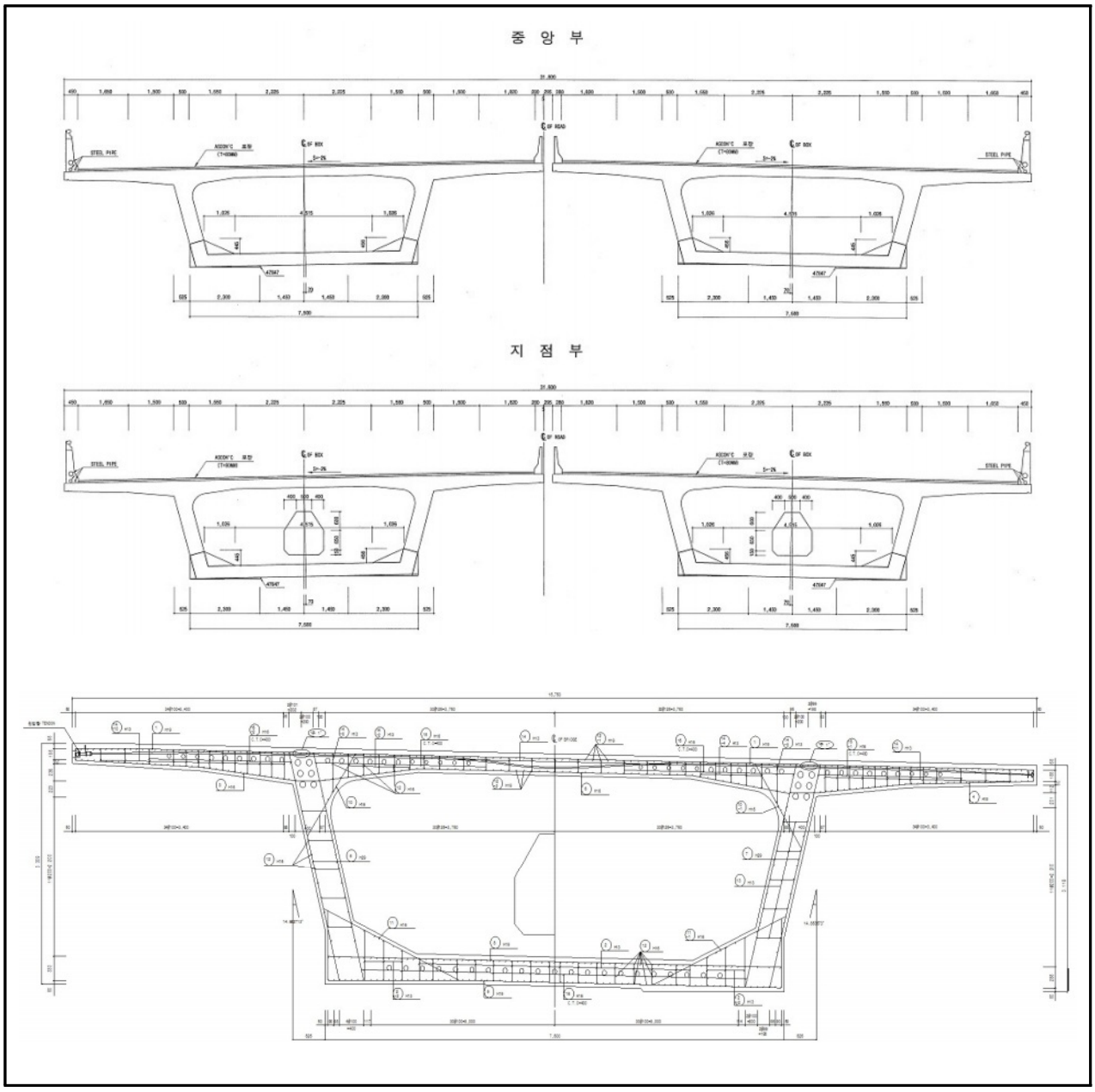


박스 내부 전경



박스 내부 조사 전경

【사진 3.7】PSC Box 거더 전경(울산)



【그림 3.2】PSC Box 주요도면(울산)

2) PSC Box 거더 내부

① 외관조사 결과

- PSC Box 거더내부 점검결과, 발생된 주요 손상으로는 거더 복부 종방향으로 폭 0.1~0.2㎜의 균열이 대부분이며, 일부경간에 걸쳐 조사되었다. 또한, 정착단 채움재 구간으로 균열폭 0.3mm의 균열 1개소가 국부적으로 조사되었으며, 단부측으로는 국부적인 사방향 균열이 확인되었다.
- S6경간 우측벽체 정착단 채움재 구간에서 소규모의 백태가 1개소 조사되었으며, 일부경간에서 국부적인 박락과 잡철근노출이 조사되었다.

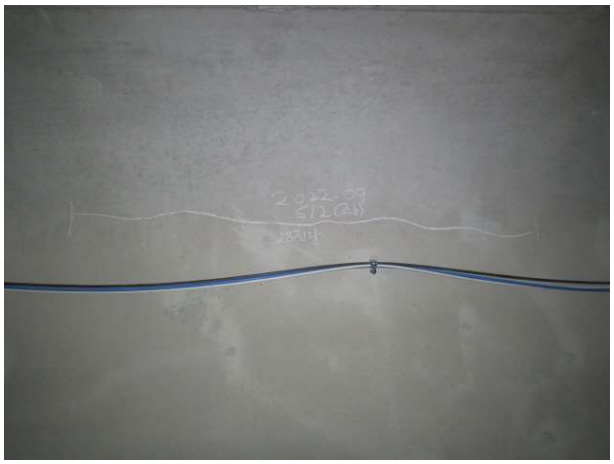
- 조사된 대부분의 손상은 경미한 정도로서 구조적 안전성 저하와 관련한 이상징후 및 특이 손상은 발생되지 않은 것으로 나타났다.

【표 3.8】PSC Box 거더 내부 외관조사 결과(울산)

구 분	균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열 (cw=0.3mm이상) (m/개소)	백태 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	잡철근노출 (㎡/개소)	비고
S1	-	-	-	-	-	
S2	-	-	-	-	-	
S3	5.00/1	-	-	-	-	
S4	11.00/2	-	-	-	-	
S5	2.40/2	-	-	-	-	
S6	6.50/2	-	0.04/1	-	-	
S7	1.40/2	-	-	-	-	
S8	-	-	-	-	-	
S9	2.10/3	-	-	-	-	
S10	1.30/1	-	-	-	-	
S11	-	-	-	-	-	
S12	16.00/3	0.80/1	-	-	-	
S13	-	-	-	-	-	
S14	10.50/5	-	-	-	0.06/3	
S15	-	-	-	-	0.16/8	
S16	3.00/1	-	-	0.02/1	-	
S17	-	-	-	-	-	
S18	3.50/2	-	-	-	-	
S19	-	-	-	-	-	
합 계	**62.70/24**	**0.80/1**	**0.04/1**	**0.02/1**	**0.22/11**	

	
S12 좌측 균열(Cw=0.3/L=0.8m)	S4 우측 균열(Cw=0.1/L=10.0m)
	
S4 우측 균열(Cw=0.1/L=1.0m)	S5 좌측 균열(Cw=0.1/L=1.2m)
	
S5 좌측 균열(Cw=0.1/L=1.2m)	S6 우측 균열(Cw=0.2/L=0.3m)

【사진 3.8】PSC Box 거더 내부 손상현황(울산)

	
S6 우측 균열(Cw=0.1/L.3.5=m)	S7 좌측 균열(Cw=0.1/L=0..7m)
	
S9 좌측 균열(Cw=0.2/L0.7=m)	S10 우측헌치 균열(Cw=0.2/L=1.3m)
	
S12 좌측헌치 균열(Cw=0.2/L=1.0m)	S12 좌측헌치 균열(Cw=0.1/L=2.0m)

【사진 3.8】PSC Box 거더 내부 손상현황(울산)(계속)

	
S12 좌측 균열(Cw=0.1/L=13.0m)	S14 좌측헌치 균열(Cw=0.1/L=2.0m)
	
S14 좌측헌치 균열(Cw=0.2/L=1.2m)	S14 우측헌치 균열(Cw=0.2/L=3.3m)
	
S14 바닥 균열(Cw=0.1/L=2.0m)	S16 좌측 균열(Cw=0.2/L=3.0m)

【사진 3.8】PSC Box 거더 내부 손상현황(울산)(계속)

	
S18 좌측 균열(Cw=0.1/L=1.5m)	S3 우측 균열(Cw=0.1/L=5.0m)
	
S6 우측 백태(A=0.2×0.2=0.04㎡)	S16 좌측 박락(A=0.1×0.2=0.02m^2)
	
S14 바닥 잡철근노출(A=0.1×0.2=0.02㎡)	S15 바닥 잡철근노출(A=0.1×0.2=0.02㎡)

【사진 3.8】PSC Box 거더 내부 손상현황(울산)(계속)

② 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 금회 거더 내부에 대해 기 진단 결과와 비교・분석한 결과 균열(cw=0.3mm미만)이 다소 감소한 것으로 확인되었다. 이는 기 진단 시 거더내부 상면 슬래브의 손상물량을 거더 내부로 오류 집계한 것으로 판단되며, 일부손상은 보수에 시행에 따라 감소된 것으로 분석되었다.
- 금회 균열 및 박락 등의 손상이 추가 조사되었으며, 균열, 백태, 재료분리, 박리 등의 손상이 기 진단이후 일부 보수조치 되어 거더내부의 전반적인 손상물량은 증・감이 있는 것으로 분석되었다.

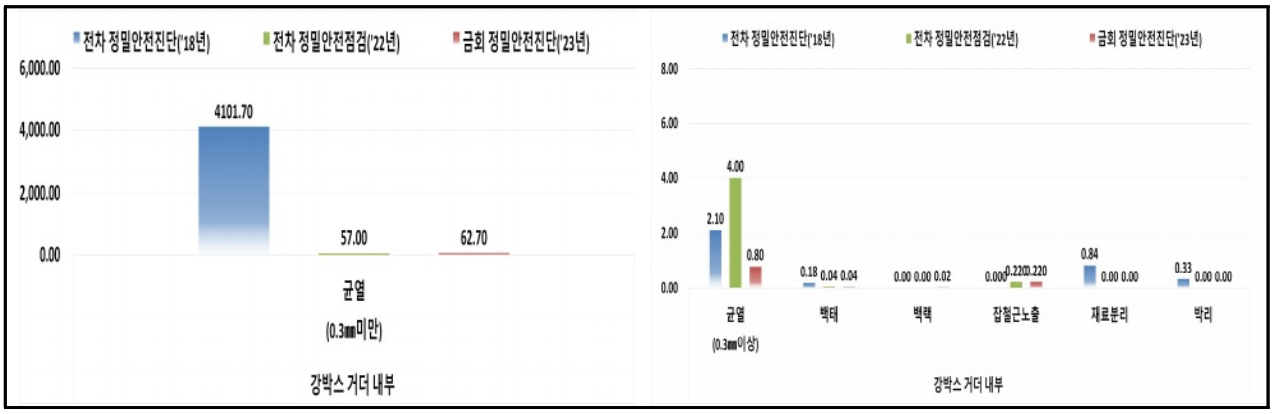




S6 우측 백태(A=0.2×0.2=0.04㎡)

【표 3.9】PSC Box 거더 내부 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	4,101.70	57.00	62.70	▼ 4,039.00
균열(cw=0.3mm이상)	m	2.10	4.00	0.80	▼ 1.30
백태	㎡	0.18	0.04	0.04	▼ 0.14
박락	㎡	-	-	0.02	▲ 0.02
잡철근노출	㎡	-	0.22	0.22	▲ 0.22
재료분리	㎡	0.84	-	-	▼ 0.84
박리	㎡	0.33	-	-	▼ 0.33



【그림 3.3】PSC Box 거더 내부 기 진단 결과와의 비교(울산)

③ 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 주요 균열은 수평균열과 사방향균열로 구분되는데 복부(web) 중앙부에 발생된 수평균열은 일관된 규칙성이 없는 폭 0.1~0.2㎜ 이하의 균열로, 연속적 균열이 아닌 단속적 균열로 조사되었다. 콘크리트의 급속한 타설이나, 양생불량 등에 의한 시공초기 결함이며, 일부 시공이음부(단면변화부)에 발생된 균열은 신·구 콘크리트 간의 구속응력에 의해 발생된 비구조적 균열로 판단된다.
- 또한 S12 좌측 정착단 채움재 인접부에서 조사된 폭 0.3mm(L=0.8m, 1개소) 균열은 단속적인 균열로서 온도변화 및 건조수축에 의해 발생한 경미한 손상으로 판단된다.
- 일부 경간에 걸쳐 발생된 사방향 균열은 단부 인접부에 발생하였으며, 온도변화에 따른 건조수축시 거더복부(Web)가 접합되어있는 상부플랜지 및 격벽에 구속되어 발생된 비구조적 손상이다.
- 거대내부의 균열은 상기 원인에 의한 것으로 대부분이 폭 0.1~0.2㎜ 이하의 균열이며, 좌·우측 벽체 및 헌치부에서 폭 0.2mm의 균열이 9개소 조사되었고 정착단 인접부에서 폭 0.3mm의 균열이 1개소 확인되었다.
- 상기 조사된 균열은 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 적절한 보수를 실시한다면 구조물의 사용성 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단되므로, 균열폭에 따른 주입보수 및 표면보수가 필요하다.
- 백태는 시멘트중에 포함된 용해 성분이 경화된 콘크리트 표면으로 이동하여 공기중의 탄산가스와 반응 탄산칼슘, 탄산나트륨 등으로 되어 수분 증발 후에 흰색의 결정화된 가루 형태로 표면에 발생되는 현상으로 금회 S6경간 정착단 채움재 구간에서 1개소(A=0.04㎡) 국부적으로 조사되었으며, 표면보수를 통한 유지관리가 필요하다.
- 금회 S16경간 좌측 벽체에서 신규조사된 박락의 손상규모는 A=0.02㎡로서 경미하며, 품질관리 미흡에 의해 발생한 것으로 단기적 보수보다는 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 적합할 것으로 판단된다.

- PSC Box 내부 일부 경간에 걸쳐 바닥 헌치부에서 품질관리 미흡에 의해 마감처리가 되지 않은 잡철근노출 구간이 국부적으로 조사되었다. 조사된 바 잡절근 노출의 면적은 비교적 경미하고, 주변으로 2차손상이 발생하지 않아 시급한 보수를 요하지 않으나, 내구성 저하 방지를 위해 보수가 필요하며, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 방청 후 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

3) PSC Box 거더 외부

① 외관조사 결과

- 회야대교(울산) PSC Box 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 전반적인 외관상태는 특이한 손상이 없는 상태인 것으로 조사되었으며, 미세균열 및 망상균열, 박락, 박리, 파손, 보수부 손상이 국부적으로 조사되었다.
- PSC Box 거더 외부에 발생한 주요손상은 균열로, 점검결과 좌·우 복부 및 하부플랜지에 폭 0.2㎜ 이하의 종방향 균열이 산발적으로 조사되었다.
- 또한 일부경간에 걸쳐 품질관리미흡과 외력에 의한 박락, 박리, 파손 등의 단면손상이 국부적으로 조사되었다.

【표 3.10】PSC Box 거더 외부 외관조사 결과(울산)

구 분	균열(cw=0.3㎜미만) (m/개소)	보수부 재균열 (cw=0.3㎜미만) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	비고
S1	7.00/2	-	10.00/1	-	
S2	58.40/14	4.00/3	1.50/1	-	
S3	31.50/10	8.00/4	7.00/2	-	
S4	30.00/5	-	1.60/1	-	
S5	17.00/5	1.00/1	4.00/1	-	
S6	41.00/5	-	-	-	
S7	22.00/4	-	-	-	
S8	28.00/4	-	-	-	
S9	31.00/4	-	-	-	
S10	16.00/3	-	-	-	
S11	91.00/16	-	-	0.01/1	
S12	31.20/4	-	-	-	
S13	11.50/3	-	3.60/2	-	
S14	69.00/10	2.00/1	-	-	
S15	34.00/3	11.00/1	-	0.04/1	
S16	24.00/4	-	-	-	
S17	26.00/4	10.00/1	-	-	
S18	35.00/7	-	-	-	
S19	78.00/9	-	-	-	
합 계	**671.60/116**	**36.00/11**	**27.70/8**	**0.05/2**	

【표 3.10】PSC Box 거더 외부 외관조사 결과(울산)(계속)

구 분	박리 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	보수부 박락 (㎡/개소)	-	비고
S1	-	0.21/2	-	-	
S2	-	0.02/1	-	-	
S3	0.08/1	0.16/1	-	-	
S4	-	0.04/1	-	-	
S5	-	-	-	-	
S6	-	-	-	-	
S7	-	-	-	-	
S8	-	-	-	-	
S9	-	-	-	-	
S10	-	-	-	-	
S11	-	-	-	-	
S12	-	-	-	-	
S13	-	-	-	-	
S14	-	-	-	-	
S15	-	-	-	-	
S16	-	-	0.40/1	-	
S17	-	-	0.10/1	-	
S18	-	-	0.52/2	-	
S19	-	-	0.06/1	-	
합 계	**0.08/1**	**0.43/5**	**1.08/5**	-	

	
S1 하면 균열(Cw=0.1/L=1.0m)	S1 우측 균열(Cw=0.1/L=6.0m)
	
S2 하면 균열(Cw=0.1/L=6.0m)	S2 하면 균열(Cw=0.1/L=2.0m)
	
S2 우측 균열(Cw=0.1/L=3.0m)	S2 우측 균열(Cw=0.2/L=2.0m)

【사진 3.9】PSC Box 거더 외부 손상현황(울산)

	
S2 우측 균열(Cw=0.2/L=1.0m)	S2 우측 균열(Cw=0.1/L=15.0m)
	
S2 좌측 균열(Cw=0.2/L=0.4m)	S2우측 균열(Cw=0.1/L=10.0m)
	
S3 하면 균열(Cw=0.2/L=1.0m)	S3우측 균열(Cw=0.1/L=12.0m)

【사진 3.9】PSC Box 거더 외부 손상현황(울산)(계속)

	
S3 우측 망상균열(A=3.0×0.7=2.10㎡)	S4 우측 망상균열(A=2.0×0.8=1.60㎡)
	
S5 우측 망상균열(A=5.0×0.8=4.00㎡)	S13 우측 망상균열(A=1.0×2.0=2.00㎡)
	
S13 우측 망상균열(A=2.0×0.8=1.60㎡)	S11 하면 박락(A=0.1×0.1=0.01㎡)

【사진 3.9】PSC Box 거더 외부 손상현황(울산)(계속)

	
S15 하면 박락(A=0.2×0.2=0.04㎡)	S3 좌측 박리(A=0.4×0.2=0.08㎡)
	
S4 좌측 백태(A=1.0×0.1=0.20㎡)	S16 좌측 보수부박락(A=1.0×0.4=0.40㎡)
	
S17 하면 보수부박락(A=1.0×0.1=0.10㎡)	S18 하면 보수부박락(A=1.0×0.4=0.40㎡)

【사진 3.9】PSC Box 거더 외부 손상현황(울산)(계속)

	
S18 좌측 보수부박락(A=1.2×0.1=0.12㎡)	S19 좌측 보수부박락(A=0.1×0.6=0.06㎡)
	
S2 하면 보수부재균열(Cw=0.1/L=2.0m)	S2 하면 보수부재균열(Cw=0.1/L=1.0m)
	
S3 하면 보수부재균열(Cw=0.1/L=2.0m)	S3 하면 보수부재균열(Cw=0.2/L=2.0m)

【사진 3.9】PSC Box 거더 외부 손상현황(울산)(계속)

	
S15 하면 보수부재균열(Cw=0.1/L=11.0m)	S17 하면 보수부재균열(Cw=0.1/L=10.0m)
	
S1 하면 파손(A=0.1×0.1=0.01㎡)	S1 하면 파손(A=0.2×1.0=0.20㎡)
	
S2 하면 파손(A=0.1×0.2=0.02㎡)	S3 하면 파손(A=0.4×0.4=0.16㎡)

【사진 3.9】PSC Box 거더 외부 손상현황(울산)(계속)

② 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

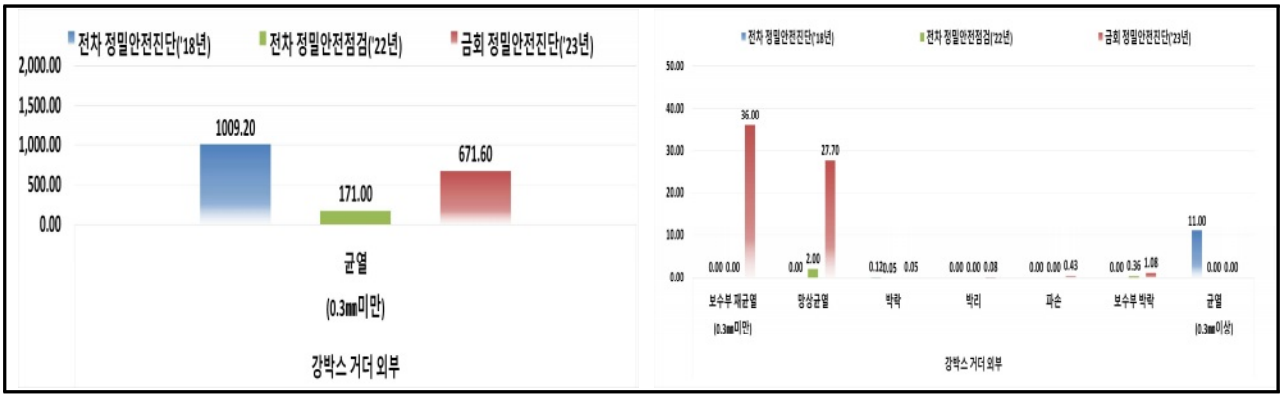
- 금회 PSC Box 거더 외부에 대해 기 진단 결과와 비교・분석한 결과, 균열(cw=0.3mm미만) 손상이 보수로 인해 기 진단 대비 약 3분의1(337.60m) 감소한 것으로 확인되었으며, 금회 균열 및 보수부 재균열, 망상균열 단면손상이 일부경간에 걸쳐 추가 조사되어 거더 외부 손상물량의 증・감이 발생한 것으로 분석되었다.



S1 우측 균열(Cw=0.1/L=6.0m)

【표 3.11】PSC Box 거더 외부 기 진단 결과와의 비교(울산)

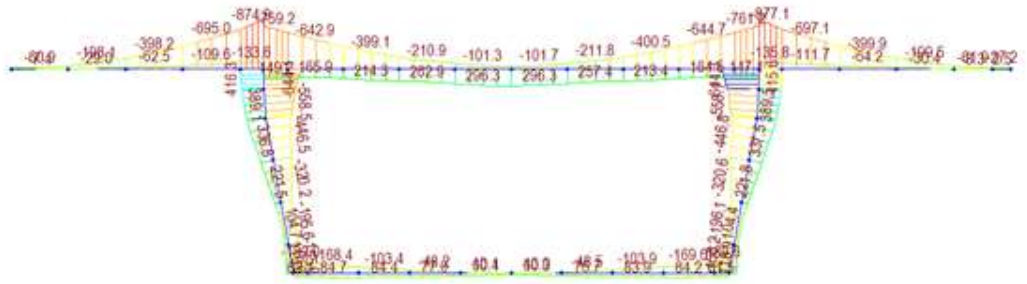
구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	1,009.20	171.00	671.60	▼ 337.60
보수부 재균열 (cw=0.3mm미만)	m	-	-	36.00	▲ 36.00
망상균열	㎡	-	2.00	27.70	▲ 27.70
박락	㎡	0.12	0.05	0.05	▼ 0.07
박리	㎡	-	-	0.08	▲ 0.08
파손	㎡	-	-	0.43	▲ 0.43
보수부 박락	㎡	-	0.36	1.08	▲ 1.08
균열(cw=0.3mm이상)	m	11.00	-	-	▼ 11.00



【그림 3.4】PSC Box 거더 외부 기 진단 결과와의 비교(울산)

③ 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 경간의 거더 좌·우 복부(Web) 및 하부플랜지에 종방향으로 발생된 균열은 12개소(cw=0.2mm/22.00m)를 제외하고 전 개소 폭 0.1㎜의 미세균열인 것으로 조사되었다. 균열의 발생위치, 형상, 진행성을 고려할 때 공용중 건조수축 등에 의한 비구조적 균열로 판단되며, 그 외 횡방향균열, 사방향균열, 타설이음부 주변이나 경간 단부측에 발생된 균열, 망상균열은 1개소(횡방향, Cw=0.2mm/L=0.4m)를 제외하고 전 개소 폭 0.1㎜의 미세균열로 온도변화에 따른 건조수축, 부재간의 구속응력 등에 의한 것으로 판단된다.
- 차량하중이 직접 작용하는 콘크리트 구조물에서의 균열 발생은 일반적인 현상으로, 균열 발생의 원인이 구조적 원인에 기인한 것이 아닌 것으로 안전성 평가 결과 확인되어 문제 될 것은 없을 것으로 판단된다.



부 재	A_s	휨 검 토		안전율
		M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	
캔틸레버부 단부	H19 @150	874.87	981.82	1.122
내부슬래브 중앙부	H16 @150	296.34	455.12	1.536

부 재	A_s	전 단 검 토		안전율
		V_u (kN)	ΦV_n (kN)	
캔틸레버부 단부	H13 @250	481.3	646.4	1.343
내부슬래브 중앙부	H13 @250	240.5	472.9	1.966

- 다만, 균열을 수반할 때 발생되는 휨강성의 감소에 따라 처짐의 영향을 받기 때문에, 금회 발생된 균열에 대해 내구성 저하 방지를 위한 표면처리 등의 보수가 필요하다.
- 파손 및 박리, 박락 일부구간에 걸쳐 국부적으로 조사되었으며, 품질관리미흡 및 외부충격 등에 의한 것으로 손상발생 규모는 경미하다. 열화진전시 손상범위가 확대될 수 있으므로 내구성 확보차원에서 단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.
- 보수부 재균열 및 보수부 박락의 보수부 손상은 보수 미흡 및 보수재 접착력 저하, 공용년수 증가에 따른 우수접촉 및 외기노출 등 복합적인 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상규모는 비교적 경미한 상태이다. 상기 손상은 표면처리 등의 재보수를 실시하여 내구성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다. 격벽

1) 개요

- 본 교량의 격벽은 통행차량에서 발생되는 윤하중의 횡분배 및 세그먼트 뒤틀림 예방을 위해 시공된 부재로 철근콘크리트 구조로 시공되어 있으며. 격벽은 각 Span의 시·종점부(교대 및 교각 지점부)에 시공되어 있다.
- 격벽에 대한 외관조사는 PSC Box 거더 내부와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였으며, 균열, 단면손상 등의 발생여부를 주안점으로 두고 조사하였다.




격벽 전경

【사진 3.10】격벽 전경(울산)

2) 외관조사 결과

- 격벽에 대한 외관조사 결과, 전반적인 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 균열 등 일부 손상에 대해 보수가 완료된 것으로 확인되었다.




격벽 보수상태 양호

- 격벽에 발생한 주요손상으로는 균열(Cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열이 일부 경간에 걸쳐 국부적으로 조사되었다.

【표 3.12】격벽 외관조사 결과(울산)

구 분	균열(cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열(cw=0.3mm이상) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	출입문 파손 (개소/개소)	비고
A1	3.20/3	-	0.50/1	1/1	
P1	3.90/6	-	2.90/3	-	
P2	3.80/6	-	-	-	
P3	6.10/6	-	2.30/2	-	
P4	6.00/7	-	2.90/2	-	
P5	11.80/11	-	2.70/1	-	
P6	5.00/6	-	5.40/3	-	
P7	9.60/8	-	-	-	
P8	5.70/7	-	14.40/2	-	
P9	8.80/7	-	0.99/1	-	
P10	2.40/4	-	-	-	
P11	1.00/2	0.50/1	-	-	
P12	1.20/2	-	-	-	
P13	3.10/5	-	-	-	
P14	3.30/4	-	-	-	
P15	3.40/3	-	0.72/1	-	
P16	5.00/4	-	5.34/3	-	
P17	0.60/1	-	6.09/3	-	
P18	2.90/4	-	2.00/2	-	
P19	3.00/1	-	-	-	
합 계	**89.80/97**	**0.50/1**	**46.24/24**	**1/1**	

	
P11 배면 균열(Cw=0.3/L=0.5m)	P7 전면 균열(Cw=0.2/L=0.6m)
	
P7 전면 균열(Cw=0.2/L=1.5m)	P7 배면 균열(Cw=0.2/L=1.2m)
	
P7 배면 균열(Cw=0.2/L=0.6m)	P8 내부 균열(Cw=0.2/L=1.5m)

【사진 3.11】 격벽 손상현황(울산)

	
P12 전면 균열(Cw=0.2/L=1.0m)	P16 전면 균열(Cw=0.2/L=1.5m)
	
P16 전면 균열(Cw=0.2/L=2.5m)	A1 내부 출입문 파손
	
A1 배면 망상균열(A=0.5×1.0=0.50㎡)	P1 내부 망상균열(A=1.0×1.5=1.50㎡)

【사진 3.11】 격벽 손상현황(울산)(계속)

	
P9 내부 망상균열(A=1.1×0.9=0.99㎡)	P15 내부 망상균열(A=0.6×1.2=0.72㎡)
	
P16 배면 망상균열(A=1.3×1.8=2.34㎡)	P16 배면 망상균열(A=1.0×1.5=1.50㎡)
	
P16 전면 망상균열(A=1.0×1.5=1.50㎡)	P17 전면 망상균열(A=1.0×1.5=1.50㎡)

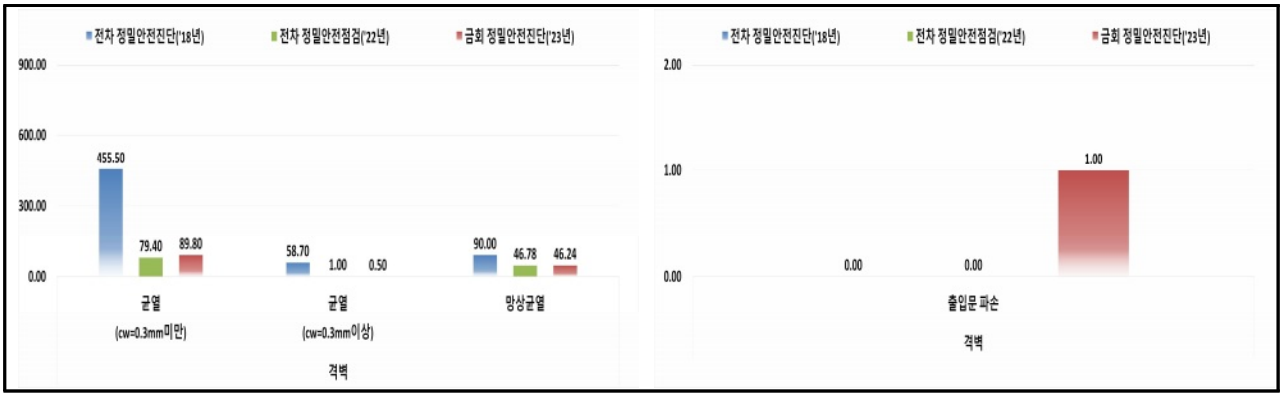
【사진 3.11】 격벽 손상현황(울산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- 금회 격벽에 대해 기 진단 결과와 비교·분석한 결과, FMS 유지관리 이력에는 없으나, 일부 손상(균열, 망상균열)에 대해서는 보수가 시행된 것으로 현장조사결과 확인되었다. 또한 기 진단이후 균열 및 망상균열, 출입문 파손이 추가 조사되었으나, 보수된 손상물량이 더 많아 격벽의 손상물량의 증·감이 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.13】격벽 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	455.50	79.40	89.80	▼ 365.70
균열(cw=0.3mm이상)	m	58.70	1.00	0.50	▼ 58.20
망상균열	㎡	90.00	46.78	46.24	▼ 43.76
출입문 파손	개소	-	-	1	▲ 1



【그림 3.5】격벽 기 진단 결과와의 비교(울산)

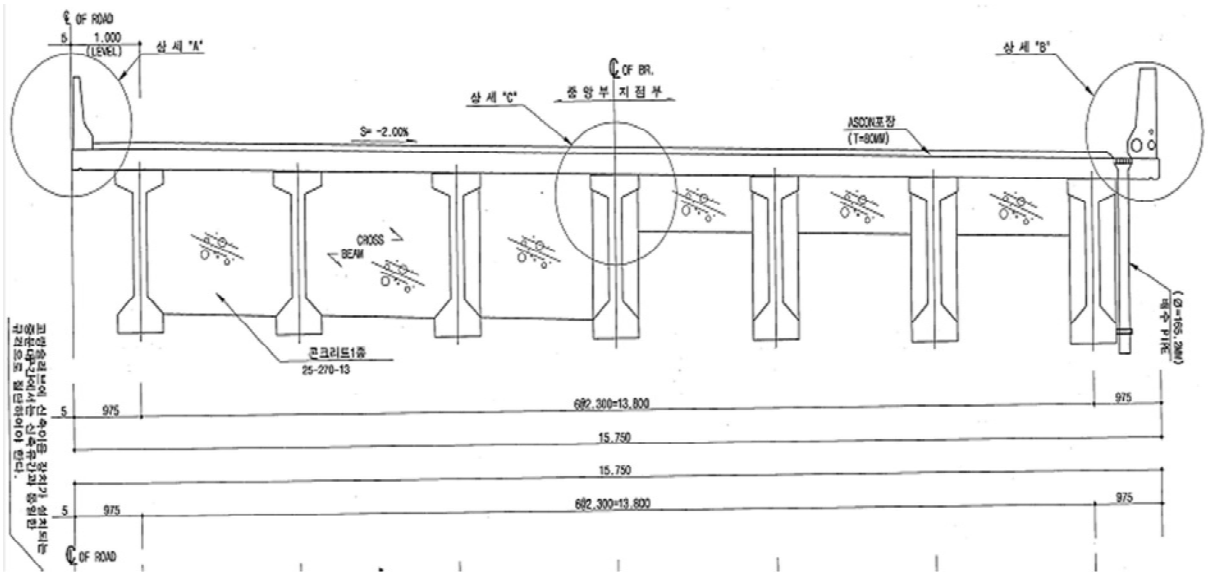
4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 격벽에 조사된 균열은 특별한 방향성이 없으며 균열 및 망상균열은 시공시 수화열에 의한 온도응력, 콘크리트 내·외부의 온도차, 건조수축, 부재간의 구속응력 및 개구부의 응력집중 등 복합적 원인에 의하여 발생된 비구조적 손상으로 판단된다.
- 대부분이 폭 0.2㎜이하의 미세균열이나, 폭 0.3mm의 균열이 S11경간 배면에서 1개소(L=0.50m) 조사되었다. 따라서 내구성 확보를 위한 균열폭에 따라 균열 폭 0.3mm에 대해서는 주입보수, 균열 폭 0.2㎜ 이하 손상에 대해서는 표면보수가 요구된다.

라. PSC Beam 거더

1) 개요

- 회야대교(울산)의 PSC Beam 거더는 연장 90.0m(3@30.0)에 3경간(S20~S22) 7열로 시공되어 있다. PSC Beam은 외력에 의해 발생된 부재내의 인장응력을 대응하기 위해 강선을 사용하여 미리 부재내에 압축응력을 가하여 줌으로써 외력에 대응토록 하는 원리로 만든 콘크리트 거더를 말하며, 주로 20～40m의 단지간에 많이 적용되는 공법이다.
- PSC Beam 거더에 대한 외관조사는 PSC Box 거더와 마찬가지로 교량점검차 및 점검로를 이용하여 근접 접근을 통한 조사를 시행하였다.





PSC Beam 거더 전경



PSC Beam 거더 외관조사 전경

【사진 3.12】PSC Beam 거더 횡단면도 및 전경(울산)

2) 외관조사 결과

- S20경간~S22경간에 위치한 PSC Beam 거더에 대한 외관조사결과, 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었으나, S22경간에서 시공시 발생한 것으로 판단되는 경미한 재료분리 2개소와 S22경간 단부에서 망상균열이 1개소 국부적으로 조사되었다.

【표 3.14】PSC Beam 거더 외관조사 결과(울산)

구 분	망상균열 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)	비고
S20	-	-	
S21	-	-	
S22	1.50/1	0.12/2	
합 계	**1.50/1**	**0.12/2**	



S22 G3 재료분리(A=0.8×0.1=0.08㎡)



S22 G3 재료분리(A=0.2×0.2=0.04㎡)



S22 G7 망상균열(A=1.5×1.0=1.50㎡)

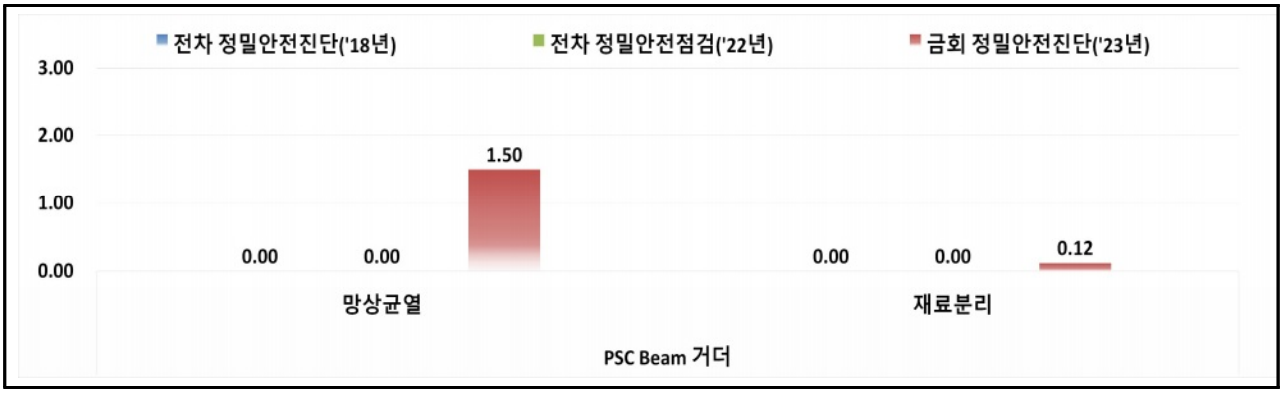
【사진 3.13】PSC Beam 거더 손상현황(울산)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- PSC Beam 거더에 대한 기 진단 결과와의 비교·분석결과 망상균열 및 재료분리는 금회 상세조사를 통해 신규 조사된 손상으로 판단된다.
- 해당 손상의 발생규모는 비교적 경미한 것으로 확인되었으며, 신규손상으로 인해 PSC Beam 거더의 손상물량은 소폭 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.15】PSC Beam 거더 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
망상균열	㎡	-	-	1.50	▲ 1.50
재료분리	㎡	-	-	0.12	▲ 0.12



【그림 3.6】PSC Beam 기 진단 결과와의 비교(울산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- S22경간 단부 인접부 측면에서 조사된 망상균열은 균열의 발생위치, 형상, 진행성 등을 고려할 때 온도변화 및 건조수축 등에 의한 비구조적 미세균열로 판단되며 표면보수를 통해 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- S22경간 3번째 거더 측면 하부 플랜지에 발생한 재료분리 2개소는 시공시 다짐불량 및 거푸집에 묻어있던 이물질 등에 의해 발생한 것으로 손상규모는 비교적 경미한 상태이다. 단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

마. 2차부재(가로보)

1) 개요

- 가로보는 교축 직각방향으로 강성을 갖는 부재로 하중을 횡분배하는 역할을 하며 PSC Beam 거더 사이로 각 3개소씩 6련 배치되어 시공되었다.
- 가로보에 대한 외관조사는 거더 외부와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였으며, 균열 및 단면손상 등의 발생여부를 주안점으로 두고 조사하였다.




가로보 전경

【사진 3.14】 2차부재(가로보) 전경(울산)

2) 외관조사 결과

- 2차부재(가로보) 에 대한 외관조사결과, 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었으나, S20경간(1개소), S21경간(11개소), S22(12개소)에서 들뜸을 동반한 박락손상이 24개소, 철근노출(일부 들뜸 동반)이 S21경간에서 3개소 조사되었다.

【표 3.16】 2차부재(가로보) 외관조사 결과(울산)

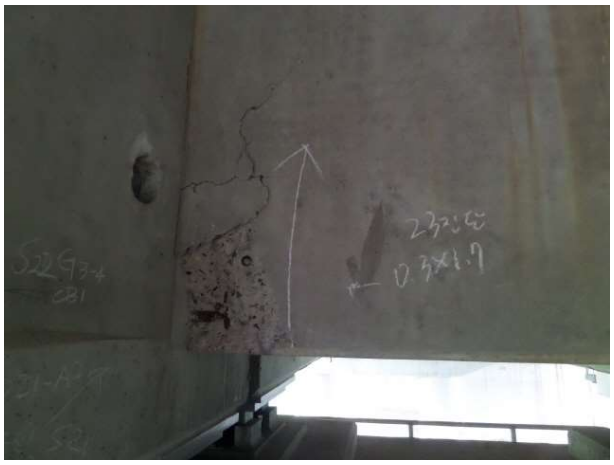
구 분	박락, 들뜸 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	비고
S20	0.09/1	-	
S21	4.25/11	0.54/3	
S22	4.63/12	-	
합 계	**8.97/24**	**0.54/3**	

	
S20 G6-G7 박락(A=0.3×0.3=0.09㎡)	S21 G5-G6 박락(A=0.4×1.1=0.44㎡)
	
S21 G6-G7 박락(A=0.3×1.7=0.51㎡)	S22 G2-G3 박락(A=0.3×1.0=0.30㎡)
	
S22 G3-G4 박락(A=0.3×1.3=0.39㎡)	S22 G4-G5 박락(A=0.3×1.5=0.45㎡)

【사진 3.15】 2차부재(가로보) 손상현황(울산)



S22 G5-G6 박락(A=0.3×1.5=0.45㎡)



S21 G3-4 철근노출(A=0.3×0.3=0.09㎡)

【사진 3.15】2차부재(가로보) 손상현황(울산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- 2차부재(가로보)에 대한 기 진단 결과와의 비교·분석결과 FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 들뜸을 동반한 박락손상이 일부 보수된 것으로 현장조사시 확인되었으며, 금회 7개소(A=2.44㎡)가 추가조사 되었다. 또한 금회 철근노출 3개소가(A=0.54㎡) 국부적으로 조사되었다.
- 기 진단결과와 비교시 금회 신규조사된 단면손상으로 인해 2차부재(가로보)의 손상물량은 소폭 증가한 것으로 분석되었다.

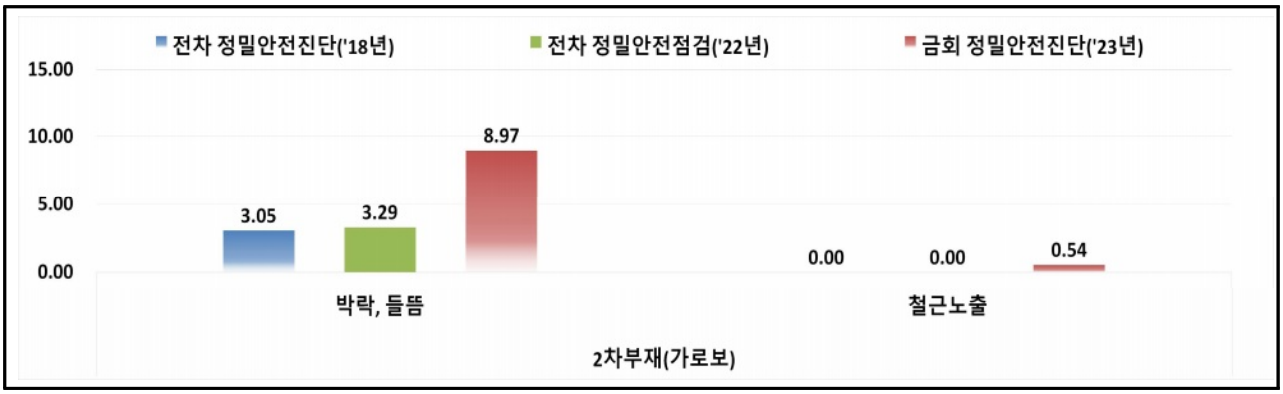




S21 G5-G6 박락(A=0.4×1.1=0.44㎡)

【표 3.17】 2차부재(가로보) 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
박락, 들뜸	㎡	3.05	3.29	8.97	▲ 5.92
철근노출	㎡	-	-	0.54	▲ 0.54



【그림 3.7】 2차부재(가로보) 기 진단 결과와의 비교(울산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 거더 사이 당 3개씩 배치되어 있는 가로보 중 지점부에 시공된 가로보에서 국부적인 콘크리트 들뜸, 박락 및 철근노출이이 발생하였다. 이는 시공시 다짐불량, 거푸집 조기탈형, 콘크리트 피복두께 미확보, 품질관리미흡 및 장기간의 공용증가 등 복합적인 원인에 의한 것으로 판단된다. 또한 보수부에서 조사된 들뜸 및 박락은 보수공사시 치핑을 실시하지 않아 발생한 것으로 보여지며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수(방청) 및 표면보수가 필요하다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

1) 개요

- 교대는 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재로서 외관조사 시 최대한 근접하여 외관조사를 상세히 실시하였다.
- 회야대교(울산)의 교대는 역T형의 철근콘크리트 구조로서 기초는 직접기초 형식으로 시공되어 있으며, A1 전면에는 숏크리트로 보강된 법면이, A2 전면에는 법면 보호블럭이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

	
교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 3.16】교대 전경(울산)

2) 외관조사 결과

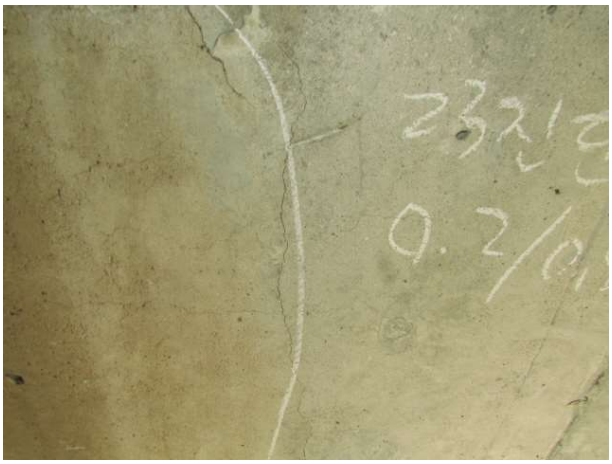
- 교대 외관조사 결과, 교대 본체의 이동 및 회전의 징후는 발생하지 않은 상태이며, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 구조적 손상은 조사되지 않았으나, 내구성저하를 유발하는 손상이 일부 발생된 것으로 조사되었다.
- 주요손상으로는 균열, 백태, 박락, 철근노출, 파손, 보수부 들뜸, 표면오염 등이 조사되었으며, 신축이음부 우수 유입의 영향으로 대부분 흉벽에서 백태, 표면오염 등의 손상이 조사된 것으로 확인되었다.

【표 3.18】교대 외관조사 결과(울산)

구 분	균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열 (cw=0.3mm이상) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	비고
A1	3.00/2	-	1.00/1	0.72/5	0.60/1	
A2	6.50/6	2.40/3	-	6.00/1	-	
합 계	**9.50/8**	**2.40/3**	**1.00/1**	**6.72/6**	**0.60/1**	
구 분	**철근노출 (㎡/개소)**	**파손 (㎡/개소)**	**보수부 들뜸 (㎡/개소)**	**표면오염 (㎡/개소)**	**녹물흔적 (㎡/개소)**	**비고**
A1	0.04/1	0.01/1	0.30/1	-	-	
A2	-	-	-	15.80/8	0.12/1	
합 계	**0.04/1**	**0.01/1**	**0.30/1**	**15.80/8**	**0.12/1**	

	
A2 흉벽 균열(Cw=0.3/L=0.8m)	A2 흉벽 균열(Cw=0.2/L=1.0m)
	
A2 흉벽 균열(Cw=0.2/L=1.3m)	A2 구체 균열(Cw=0.2/L=1.2m)
	
A2 구체 균열(Cw=0.2/L=1.2m)	A2 흉벽 균열(Cw=0.2/L=1.0m)

【사진 3.17】교대 손상현황(울산)

	
A2 흉벽 균열(Cw=0.2/L=0.8m)	A1 흉벽 균열(Cw=0.2/L=1.0m)
	
A2 날개벽 녹물흔적(A=0.1×1.2=0.12㎡)	A1 흉벽 망상균열(A=1.0×1.0=1.00㎡)
	
A1 흉벽 박락(A=1.0×0.6=0.60㎡)	A1 흉벽 백태(A=0.4×0.2=0.08㎡)

【사진 3.17】교대 손상현황(울산)(계속)

	
A1 흉벽 백태(A=0.2×1.0=0.60㎡)	A1 흉벽 백태(A=0.2×0.2=0.04㎡)
	
A1 흉벽 백태(A=2.0×3.0=6.00㎡)	A1 흉벽 보수부들뜸(A=0.6×0.5=0.30㎡)
	
A1 흉벽 철근노출(A=0.4×0.1=0.04㎡)	A2 흉벽 표면오염(A=1.0×2.5=2.50㎡)

【사진 3.17】교대 손상현황(울산)(계속)

	
A2 교대 표면오염(A=0.5×4.0=10.00㎡)	A2 구체 표면오염(A=0.5×1.2=0.60㎡)

【사진 3.17】교대 손상현황(울산)(계속)

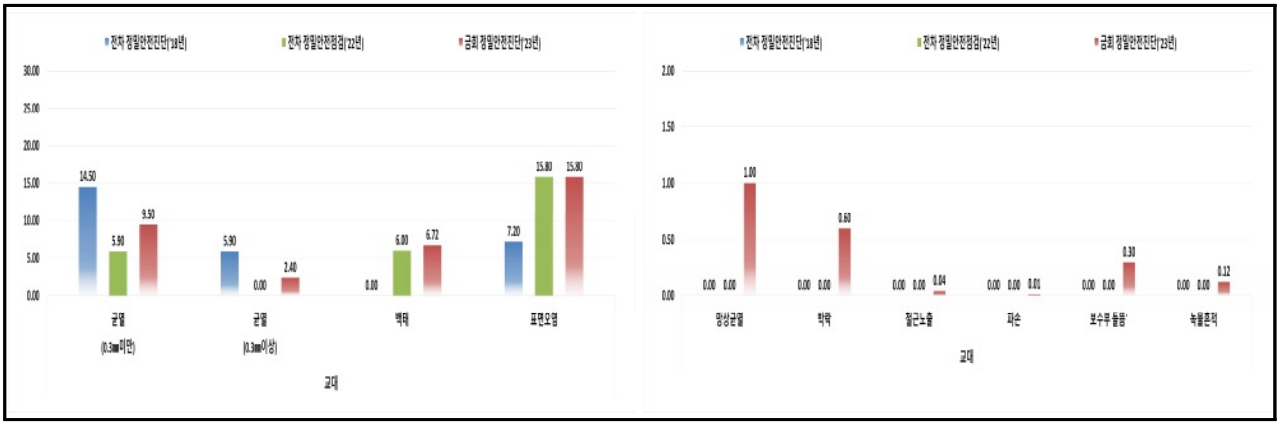
3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- 교대에 대한 기 진단 결과와의 비교・분석결과 FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 일부 손상에 대해 표면보수 등의 보수가 시행된 것으로 현장조사시 확인되었으며, 보수부의 상태는 비교적 양호한 것으로 조사되었다.
- 기 진단(18년) 비교・분석결과, 균열(cw=0.3mm이상, 미만)은 일부분 보수되어 손상물량이 감소한 것으로 확인되었으며, 금회 상세조사로 인해 망상균열 및 백태, 박락, 철근노출, 파손, 보수부 들뜸, 표면오염 등의 손상이 기 진단 대비 신규 조사되어 교대 손상물량의 증・감이 발생한 것으로 분석되었다. 신규 조사된 손상은 신축이음부의 노면수 유입과 공용년수 증가, 재료의 경년열화 등의 손상이 주요 요인으로 판단된다.

	
S21 G5-G6 박락(A=0.4×1.1=0.44㎡)	

【표 3.19】교대 기 진단 결과와의 비교(울산)

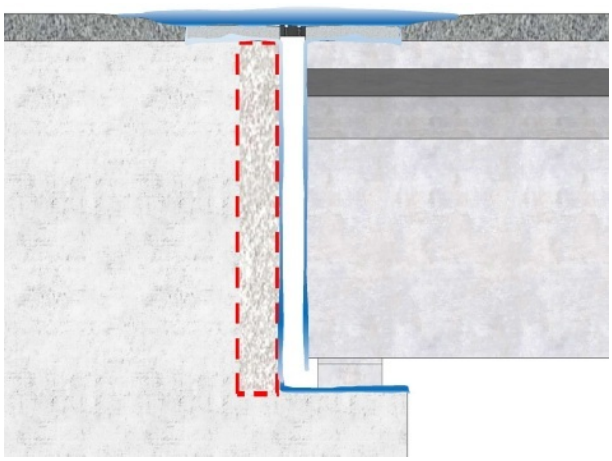
구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	14.50	5.90	9.50	▼ 5.00
균열(cw=0.3mm이상)	m	5.90	-	2.40	▼ 2.50
망상균열	㎡	-	-	1.00	▲ 1.00
백태	㎡	-	6.00	6.72	▲ 6.72
박락	㎡	-	-	0.60	▲ 0.60
철근노출	㎡	-	-	0.04	▲ 0.04
파손	㎡	-	-	0.01	▲ 0.01
보수부 들뜸	㎡	-	-	0.30	▲ 0.30
표면오염	㎡	7.20	15.80	15.80	▲ 8.60
녹물흔적	㎡	-	-	0.12	▲ 0.12

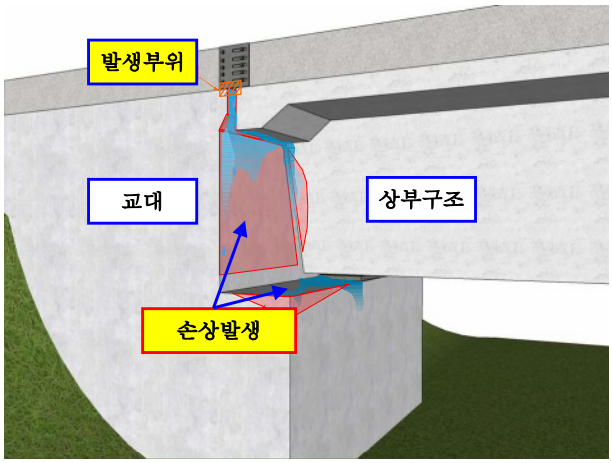


【그림 3.8】교대 기 점검 결과와의 비교(울산)

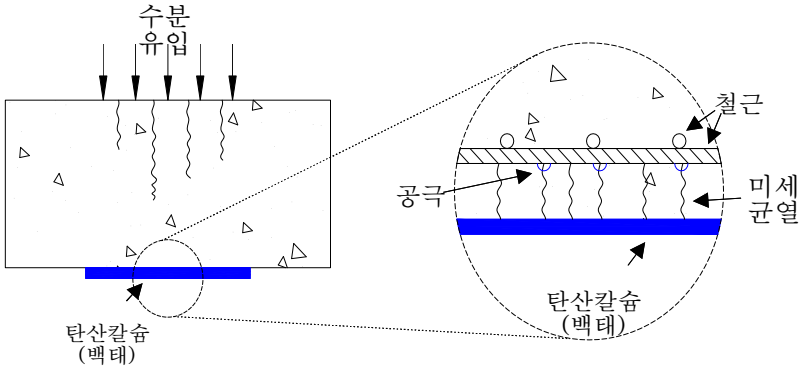
4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 교대의 발생된 일방향 균열은 수직 방향의 형태로 조사되었으며, 흉벽 및 구체 전면에서 발생한 것으로 확인되었다. 또한 교대 A1 흉벽에서 망상균열 1개소가 조사되었으며, 상기 조사된 균열손상은 손상규모, 형상, 위치 등을 고려해 볼 때 구조적 원인에 의해 발생된 손상이라기보다 건조수축, 수화열 등에 발생된 미세균열로 추정된다. 따라서 내구성 확보를 위한 표면처리가 필요하다.
- 교대의 발생된 우수관련 손상은 신축이음부를 통한 반복적인 노면수 유입 및 우기시 우수 접촉에 의해 발생된 것으로 백태 및 표면오염 등 손상모식도는 다음과 같다.





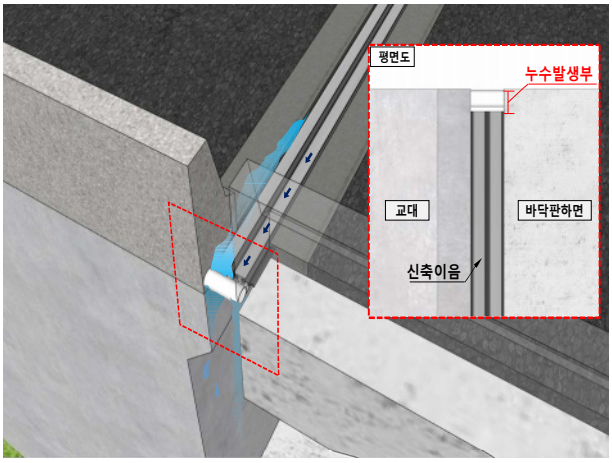
- 백태는 시공초기 시멘트중에 포함된 용해 성분이 경화된 콘크리트 표면으로 이동하여 공기중의 탄산가스와 반응 탄산칼슘, 탄산나트륨 등으로 되어 수분 증발 후에 흰색의 결정화된 가루 형태로 표면에 발생되는 현상이다. 교대에서 조사된 백태는 우수유입에 의한 것으로 교대 A1(5개소, A=0.72㎡), A2(1개소, A=6.00㎡) 흉벽에서 조사되었으며, 손상발생 규모는 비교적 경미한 것으로 확인되었다.



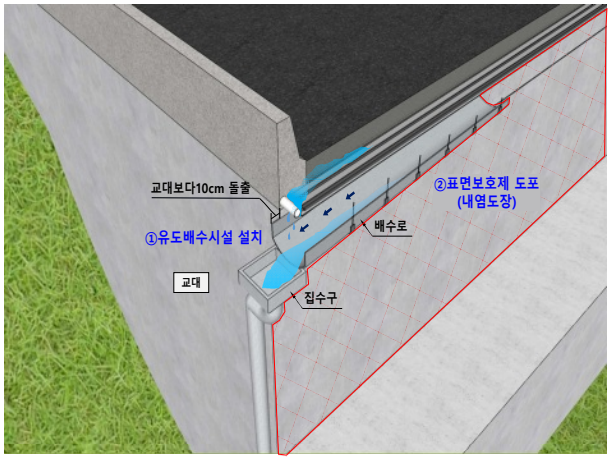
백태의 발생경로

- 위에서 서술한 상기 손상은 신축이음부에 인접한 부재로 방수성, 손상진전 방지를 위한 보수가 필요하며, 흉벽 및 교대 전체의 콘크리트 열화 방지를 위해 전면의 표면보호제(중성화 및 염해방지)도포가 필요할 것으로 판단된다.
- 철근노출은 교대 A1 흉벽에서 조사되었으며, 콘크리트 피복두께 미확보에 의해 발생된 것으로 판단된다. 부식이 진행될 경우 내구성의 문제를 야기시킬수 있으므로 내구성 저하 방지를 위해 방청을 실시하고 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

- 박락 및 보수부 들뜸은 지속적인 우수접촉에 의해 발생된 것으로 판단되며, 파손 1개소는 공용중 외력에 의한 것으로 금회 신규조사된 것으로 확인되었다. 단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.
- 신축이음(교대 A1, A2)이 설치된 지점의 단부에서 우수 및 표면수가 반복 유입되어 표면오염이 발생한 것으로 조사되었으며, 점검일 현재 손상정도가 경미하고, 전차 점검결과와 비교시 진전이 미미한 것으로 확인되었다. 따라서 즉각적인 보수보다는 지속적인 점검을 통한 주의관찰을 실시한 후 손상범위 확대시 일괄보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 또한 신축이음부를 통해 유입되는 노면수는 우기시 바닥판 및 교대 흉벽을 타고 흐르는 정도이나, 교대 흉벽, 거더외부에 콘크리트 부재의 화학적 열화를 유발하고 있다. 따라서, 유도배수시설 설치 등의 신축이음부 차수대책을 고려해보는 방안도 합리적일 것으로 판단된다.



신축이음부 노면수 유입 경로



신축이음부 차수대책에 따른 보수방안

※ 현장조사결과 일부구간 표면보호제 도포 완료

- 녹물흔적은 교대 A2 우측 날개벽에서 조사되었으며, 외기노출 환경에 의해 잡철물부로 우수가 지속 침투되어 발생하였다. 손상규모는 비교적 경미하나, 콘크리트 열화 등의 2차손상을 발생시킬 수 있으므로 지속적인 주의관찰이 필요하다.

5) 교대 기울기 측정

- 교대는 상부구조로부터의 하중과 하부구조 본체의 자중을 기초지반으로 전달하여 지지하기 위한 구조물로 큰 수직하중이 작용하는 곳이며 교각의 기울음 및 전도, 교대의 측방유동은 교량의 안전성에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022.12. 국토교통부/국토안전관리원)에 따라 교대 및 교각의 직립도를 측정하였다. 금회 과업에서는 교각 및 교대의 기울기를 전면, 우측면 측정하여 교축방향, 교축직각방향으로의 변위여부를 조사하였다.

【표 3.20】 각종 기준에 따른 허용각 변위(울산)

구 분	구조형식	허용각변위	구 분	구조형식	허용각변위
Skempton	단독기초	1/300	Meyerhof	철근콘크리트구조(라멘)	1/300
	전면기초		Moulton (미 교통국)	연속교	1/250
MacDonald& Skempton	독립기초	1/300		단순교	1/200
	확대기초		Bjerrum	칸막이벽, 고가크레인	1/300
Sowers	철근콘크리트 뼈대구조	1/300		균열 허용 않는 빌딩	1/500
	빌딩의 벽돌벽체	1/200~1/500	-	-	-

※금회 적용 허용각 범위는 약 1/300(0.19°) ~ 1/250(0.23°)



교대 직립도 측정 전경(A1)



교대 직립도 측정 전경(A2)

【사진 3.18】 교대 변위(직립도) 측정 모식도 및 전경(울산)

【표 3.21】 변위(직립도) 측정 결과(울산)

구 분	설 계 기울기(°)	측정 기울기(°)		각 변위(°)	
		측정점1(좌측)	측정점2(우측)	측정점1(좌측)	측정점2(우측)
A1	90	89.86	89.84	0.14	0.16
A2	90	89.91	89.92	0.09	0.08

- 각 교대 및 교각에 대하여 변위(직립도) 조사를 실시하였으며, 앞서 제시한 기준 중 본 교량의 형식에 맞는 기준 값인 1/300(0.19°) ~ 1/200(0.23°)을 적용하여 평가하였다.
- 금회 측정 결과, 0.08° ~ 0.16° 로 측정되었으며, 측정결과는 허용범위를 만족하는 상태로 교대의 직립도는 양호한 것으로 분석되었다. 다만 측정위치, 측정자의 오차에 따라 측정결과가 상이할 수 있으므로 점검시마다 재측정을 실시한 후 결과값을 지속적으로 참고하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

나. 교각

1) 개요

- 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재로서 회야대교(울산)의 교각은 문형 및 Π형 구조형식이며, 기초는 직접기초로 시공되어 있는 것으로 확인되었다.
- 또한 점검시설이 전 교각에 설치되어 있어 최대한 도보를 이용한 근접 외관조사를 실시하였으며, 도보접근이 어려운 코핑부 하단, 기둥부 상단은 교량점검차 및 고소작업차, 드론을 이용하여 근접외관조사를 실시하였다.

		
교각 전경(P1)	교각 전경(P2)	교각 전경(P3)
		
교각 전경(P4)	교각 전경(P5)	교각 전경(P6)
		
교각 전경(P7)	교각 전경(P8)	교각 전경(P9)

【사진 3.19】교각 전경(울산)

		
교각 전경(P10)	교각 전경(P11)	교각 전경(P12)
		
교각 전경(P13)	교각 전경(P14)	교각 전경(P15)
		
교각 전경(P16)	교각 전경(P17)	교각 전경(P18)
		
교각 전경(P19)	교각 전경(P20)	교각 전경(P21)

【사진 3.19】교각 전경(울산)(계속)

2) 외관조사 결과

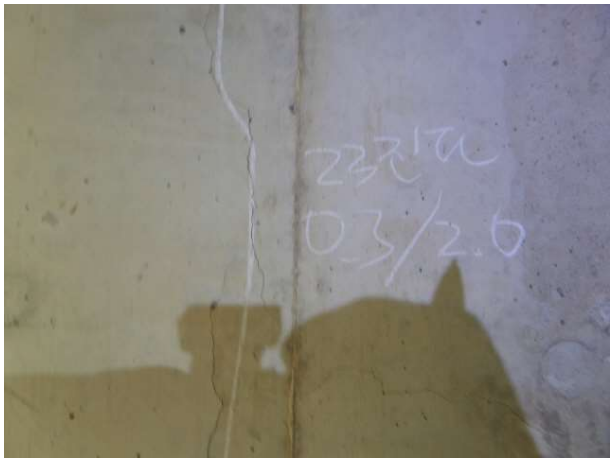
- 회야대교(울산) 교각에 대한 외관조사 결과, 구조물 안전성에 미칠만한 중대한 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 교각의 주요손상으로 수평 및 수직형상을 띈 균열폭 0.1~0.3㎜ 수준의 균열 및 망상균열(17개소)이 국부적으로 조사되었으며, 긁힘(4개소), 박락(4개소), 파손(10개소) 등이 일부구간에 걸쳐 조사되었다.

【표 3.22】교각 외관조사 결과(울산)

구 분	균열(cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열(cw=0.3mm이상) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	긁힘 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	비고
P1	7.40/8	-	0.40/1	-	-	
P2	2.00/1	-	-	-	-	
P3	6.00/2	-	4.55/2	-	0.48/1	
P4	22.30/4	-	-	-	-	
P5	8.80/9	-	1.28/1	0.04/1	-	
P6	8.40/6	-	-	-	-	
P7	28.00/15	-	-	-	-	
P8	-	-	-	-	-	
P9	85.90/28	-	-	-	-	
P10	15.50/6	-	-	-	-	
P11	23.00/8	-	1.80/1	-	-	
P12	18.60/7	-	3.00/1	-	0.18/1	
P13	12.00/9	3.00/1	-	-	-	
P14	4.70/5	-	-	-	-	
P15	47.50/11	-	-	-	-	
P16	25.00/5	-	-	-	-	
P17	20.00/8	-	2.48/2	-	-	
P18	15.50/5	-	-	0.12/3	-	
P19	23.90/12	2.00/1	9.00/3	-	-	
P19 (내부)	9.00/22	-	12.34/7	-	-	
P20	7.10/4	-	-	-	-	
P21	6.80/6	-	8.00/1	-	-	
합 계	**397.40/181**	**5.00/2**	**42.85/19**	**0.16/4**	**0.66/2**	

【표 3.22】교각 외관조사 결과(울산)(계속)

구 분	박락 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	표면열화 (㎡/개소)	표면오염 (㎡/개소)	비고
P1	-	0.02/2	-	-	
P2	-	-	-	-	
P3	-	0.01/1	-	-	
P4	0.40/1	0.06/1	-	-	
P5	-	-	-	-	
P6	-	-	-	-	
P7	-	-	-	-	
P8	-	-	-	-	
P9	-	0.02/1	-	-	
P10	-	0.01/1	-	-	
P11	-	-	-	-	
P12	0.20/1	0.04/1	-	-	
P13	-	-	-	-	
P14	0.08/1	-	0.40/1	36.00/2	
P15	0.30/1	0.04/1	-	-	
P16	-	-	-	-	
P17	-	0.32/2	-	-	
P18	-	-	-	-	
P19	-	-	-	60.10/8	
P19 (내부)	-	-	-	-	
P20	-	-	-	-	
P21	-	-	-	-	
합 계	**0.98/4**	**0.52/10**	**0.40/1**	**96.10/10**	

	
P13 균열(Cw=0.3/L=3.0m)	P19 균열(Cw=0.3/L=2.0m)
	
P21 균열(Cw=0.2/L=0.9m)	P9 균열(Cw=0.1/L=5.0m)
	
P7 균열(Cw=0.2/L=1.0m)	P9 균열(Cw=0.1/L=0.6m)

【사진 3.20】교각 손상현황(울산)

	
P21 균열(Cw=0.2/L=0.8m)	P5 망상균열(A=1.6×0.8=1.28㎡)
	
P11 망상균열(A=3.0×0.6=1.80㎡)	P17 망상균열(A=2.0×1.0=2.00㎡)
	
P17 망상균열(A=0.8×0.6=㎡)	P19 망상균열(A=2.0×2.0=4.00㎡)

【사진 3.20】교각 손상현황(울산)(계속)

	
P19 망상균열(A=1.0×3.0=3.00㎡)	P19 망상균열(A=2.0×1.0=2.00㎡)
	
P21 망상균열(A=2.0×4.0=8.00㎡)	P4 박락(A=0.4×1.0=0.40㎡)
	
P12 박락(A=1.0×0.2=0.20㎡)	P14 박락(A=0.2×0.4=0.08㎡)

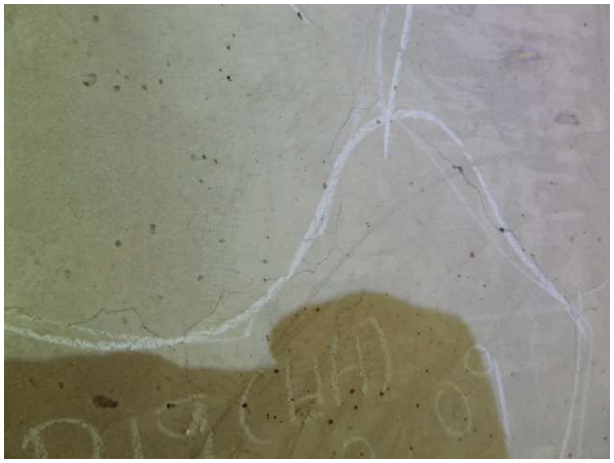
【사진 3.20】교각 손상현황(울산)(계속)

	
P15 박락(A=0.3×1.0=0.30㎡)	P1 파손(A=0.1×0.1=0.02㎡)
	
P3 파손(A=0.1×0.1=0.01㎡)	P4 파손(A=0.2×0.3=0.06㎡)
	
P9 파손(A=0.2×0.1=0.02㎡)	P10 파손(A=0.1×0.1=0.01㎡)

【사진 3.20】교각 손상현황(울산)(계속)

	
P15 파손(A=0.2×0.2=0.04㎡)	P17 파손(A=1.4×0.2=0.28㎡)
	
P17 파손(A=0.2×0.2=0.04㎡)	P14 표면열화(A=0.4×1.0=0.40㎡)
	
P14 표면오염(A=0.5×36.0=36.0㎡)	P19 표면오염(A=1.0×9.0=54.00㎡)

【사진 3.20】 교각 손상현황(울산)(계속)

	
P19 균열(Cw=0.2/L=1.0m)	P19 균열(Cw=0.2/L=1.7m)
	
P19 균열(Cw=0.2/L=2.0m)	P19 균열(Cw=0.2/L=1.2m)
	
P19 균열(Cw=0.2/L=3.5m)	P19 균열(Cw=0.2/L=4.0m)

【사진 3.20】교각 손상현황(울산)(계속)

	
P19 표면오염(A=1.0×2.5=2.50㎡)	P19내부 전면 균열(Cw=0.1/L=0.6m)
	
P19내부 좌측 망상균열(A=0.6×0.4=0.24㎡)	P19내부 배면 망상균열(A=1.0×1.8=1.80㎡)
	
P19내부 우측 망상균열(A=2.0×1.0=2.00㎡)	P19내부 우측 망상균열(A=1.5×0.6=0.90㎡)

【사진 3.20】교각 손상현황(울산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- 교대에 대한 기 진단 결과와의 비교·분석결과 FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 일부 손상에 대해 표면보수, 단면보수 등의 보수가 시행된 것으로 현장조사시 확인되었으며, 보수부의 상태는 비교적 양호한 것으로 조사되었다.
- 금회 교각에 대해 기 진단 결과와 비교·분석한 결과, 균열(cw=0.3mm미만) 손상이 보수로 인해 기 진단 대비 약 10배(3489.00m)이상 감소한 것으로 확인되었으며 박락, 파손 등의 손상도 일부 보수된 것으로 현장조사 되었다. 또한 금회 균열 및 망상균열, 단면손상, 표면오염 등이 추가 조사되어 교각의 전반적인 손상물량은 증·감이 발생한 것으로 분석되었다. 기 진단 대비 신규 손상물량 증가의 원인은 단기적인 물량 증가가 아닌 공용년수 증가 금회 상세외관조사 등에 의한 것으로 판단된다.

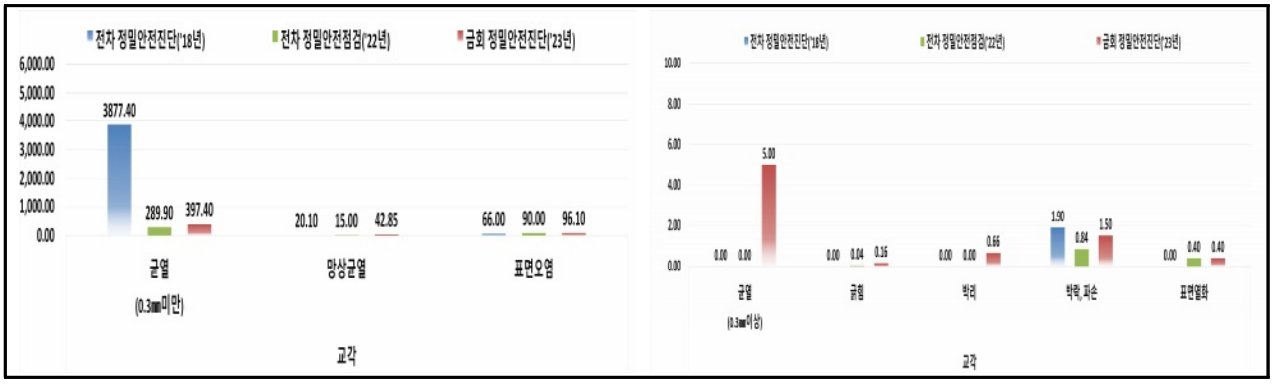




P15 박락(A=0.3×1.0=0.30㎡)

【표 3.23】교각 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	3,877.40	289.90	397.40	▼ 3480.00
균열(cw=0.3mm이상)	m	-	-	5.00	▲ 5.00
망상균열	㎡	20.10	15.00	42.85	▲ 22.75
긁힘	㎡	-	0.04	0.16	▲ 0.16
박리	㎡	-	-	0.66	▲ 0.66
박락, 파손	㎡	1.90	0.84	1.50	▼ 0.40
표면열화	㎡	-	0.40	0.40	▲ 0.40
표면오염	㎡	66.00	90.00	96.10	▲ 30.10



【그림 3.9】교각 기 진단 결과와의 비교(울산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 교각의 균열 발생패턴을 분석한 결과, 수직균열 대부분은 단면변화부위(우각부, 직각부)에 및 타설이음부, 보수된 천공부 사이에서 단속적으로 발생하였으며, 건조수축 및 온도변화 등에 의한 인장력 발생시 단면변화 부위나 천공부위에서는 일반단면부위 보다 큰 인장력이 집중되어 발생하게 되는데 상기 균열은 해당원인에 의해 발생된 균열로 판단된다. 또한 교각에 발생한 균열 폭 0.3mm균열 중 1개소(P13(cw0.3/L=3.0m)는 상면 단면불량부, 1개소는 수직균열 인 것으로 확인되었으며, 균열 발생길이는 전부 3.0m 내·외인 것으로 조사되었다.
- 일부구간에 걸쳐 수평방향의 균열이 국부적으로 조사되었으며, 건조수축 및 콘크리트 분할 타설에 의한 시간차이로 신·구 콘크리트 간에 구속응력, 점검로 설치시 앵커홀 주변으로 응력이 집중되어 발생된 균열 등으로 판단된다. 교각에서 조사된 망상균열(17개소)은 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때, 수화열에 의한 온도응력 및 건조수축 등 콘크리트의 재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 판단된다.
- 상기 균열들은 재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 판단되므로 내구성 확보를 위한 균열폭에 따라 균열 폭 0.3mm이상 균열에는 주입보수, 균열 폭 0.3mm미만의 균열에는 표면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직하다.
- 긁힘은 기 진단이후 금회 전개소 신규 조사된 손상으로 교각 하단부에서 조사되었으며, 공용중 외력에 의해 발생되었다. 손상규모는 비교적 경미한 것으로 확인되어, 점검시 지속적인 주의관찰을 실시한 후 손상진전시 일괄보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 박락은 시공시 배합비의 오류, 다짐불량, 재료품질, 거푸집 이물질 등 품질관리 미흡에 의해 발생된 것으로 판단된다. 또한 박락 손상은 기둥상단 직각부 및 기둥 우각부에서 조사되었다. 상기 손상은 내구성 저하 방지를 위해 단면보수가 필요하며, 단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

- 파손은 대부분 교각 우각부 및 직각부에서 국부적으로 조사되었으며, 공용중 외부충격 등으로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 파손은 손상규모가 대부분 소규모이며 기 점검 대비 손상의 진행성이나 우수 유입에 따른 추가손상 발생 가능성이 적을 것으로 판단되나, 내구성 저하 방지를 위해 보수계획에 맞춰 일괄보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 표면오염 및 표면열화는 우수접촉에 의해 발생한 것으로 교고가 높아 우기시 교각부로 침투수가 접촉될 확률이 높다. 또한 신축이음부를 통한 소량의 우수침투 및 공용년수 증가에 따른 외기노출 등 복합적인 원인에 의해 표면오염이 발생된 것으로 판단되며, 내구성에 미치는 영향은 미미한 수준이나, 내구성 저하 방지를 위해 차후 보수계획에 맞춰 일괄 보수를 실시함이 바람직할 것으로 판단된다.

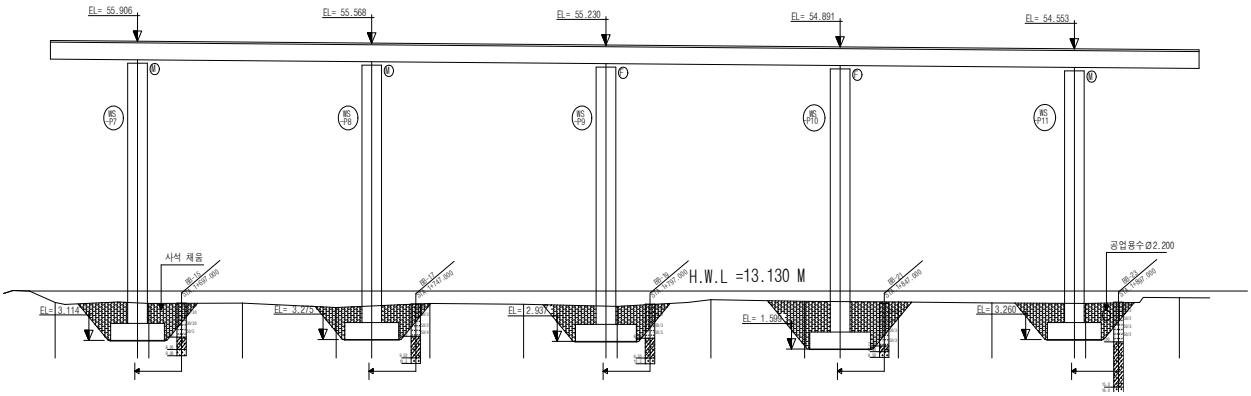
3.2.3 기초부

가. 개요

- 희야대교(울산)의 교대 기초는 직접기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P1~P21)로 시공된 것으로 확인되었으며, 교대 및 교각의 기초는 지중에 매립되어 외관조사는 불가한 것으로 조사되었으나, 금회 세굴에 대한 안전성평가를 위해 하천구간 교각하부에 대한 상세외관조사를 실시하였다.

<table>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">교대(A1) 기초부 전경</td><td colspan="2">교대(A2) 기초부 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="4">교각 기초부 전경</td></tr>
</table>

【사진 3.21】 기초부 외관조사 현황(울산)







구분	전면	배면	좌측면	우측면
P7	20	30	30	20
P8	80	80	70	30
P9	50	40	50	30
P10	-	-	-	-
P11	-	-	-	-

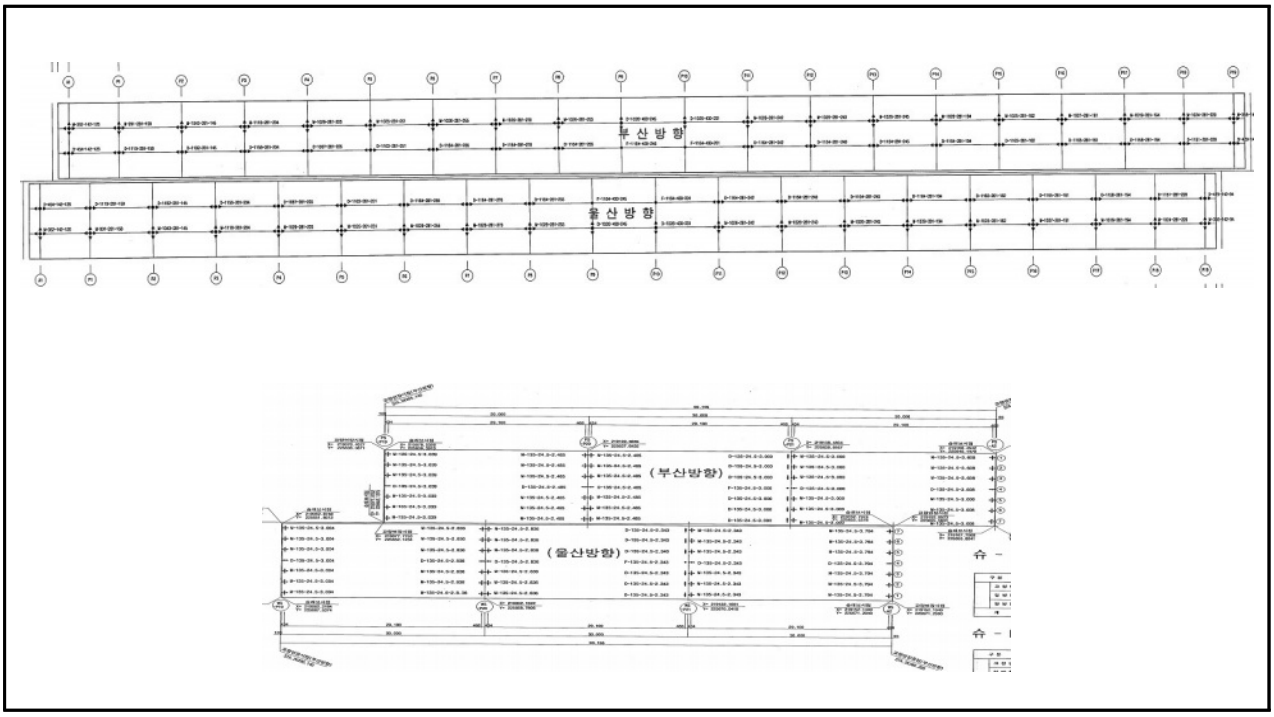
수상구간 위치도 및 측정현황

- 하천(해상)을 횡단하는 공용 중인 교량에 대해 세굴을 포함한 기초안전성에 대해 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편)』(2022)에 따라 검토를 실시하여야 한다. 설계도서 검토결과 하천구간으로 세굴을 방지하기 위해 쇄석 및 하상골재 채움후 그 위로 세굴심 2배이상의 사석(개당 무게30kg이상)을 설치하였으며, 기초의 노출이 발생하지 않은 상태로 조사되었다.
- 세굴에 대한 안전성평가는 “시설물의 안전성 평가” 편에 보다 상세히 수록하였다.

3.2.4 교량받침

가. 개요

- 교량받침은 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 본 조사에서는 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재부식, 콘크리트 손상 여부 등에 대해 주안점을 두고 현장조사를 실시하였다.
- 본 교량의 교량받침은 2가지 종류로 포트받침이 교대, 교각(A1~P19) 각 열당 2개소씩 60개소, 탄성받침이 교대, 교각(P19~A2) 각 열당 7개씩 42개소 총 82개의 교량받침이 시공되어 있으며, 교량받침 설치현황은 다음과 같다.



【그림 3.10】교량받침 배치도(울산)

		
포트받침 전경(양방향)	포트받침 전경(일방향)	포트받침 전경(고정단)

【사진 3.22】교량받침 전경(울산)




탄성받침 전경

【사진 3.22】교량받침 전경(울산)(계속)

나. 외관조사 결과

- 교량받침 점검결과, 주요손상으로 플레이트 부식, 받침콘크리트 균열, 받침콘크리트 파손, 받침콘크리트 박리, 받침몰탈 균열 등이 조사되었다.
- 금회 교량받침에 상세조사에 의한 신규손상으로 받침 콘크리트 균열(cw=0.3mm이상), 받침콘크리트 박리, 받침몰탈 균열, 받침몰탈 박리 등의 손상이 추가 조사된 것으로 확인되었다.
- 또한, FMS 유지관리이력에는 없으나, 회야대교(부산)의 유지관리 이력을 확인한 결과 “2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사(2020.08.18.~2020.12.04)” 를 통해 강재 전단키(A1, P3~P16, P18, A2)가 교대 및 교각 일부 구간에 걸쳐 설치된 것으로 조사되었으며, 회야대교(울산) 또한 일부구간에 걸쳐 전단키가 설치된 것으로 확인되었다.




전단키 설치 전경

【표 3.24】교량받침 외관조사 결과(울산)

구 분	플레이트 부식 (개소/개소)	받침콘크리트균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	받침콘크리트 박리 (㎡/개소)	받침콘크리트 파손 (㎡/개소)	받침몰탈균열 (m/개소)	받침몰탈박리 (㎡/개소)	비고
A1	-	-	-	-	-	-	
P1	-	0.40/2	-	-	0.90/9	-	
P2	1/1	0.60/3	-	-	0.10/1	-	
P3	-	0.40/2	-	-	-	0.04/1	
P4	-	-	-	-	-	-	
P5	1/1	-	-	-	-	-	
P6	-	-	-	-	-	-	
P7	-	-	-	-	-	-	
P8	1/1	-	-	-	0.40/2	-	
P9	1/1	-	-	-	-	-	
P10	-	-	-	-	-	-	
P11	-	-	-	-	-	-	
P12	1/1	0.40/2	-	-	-	-	
P13	1/1	0.80/2	-	0.16/1	-	-	
P14	-	0.70/4	-	-	0.20/2	-	
P15	1/1	0.402	-	-	-	-	
P16	-	0.20/1	0.12/2	-	-	-	
P17	-	-	-	-	-	-	
P18	-	0.20/1	-	-	-	-	
P19	-	-	-	-	0.20/2	-	
P20	-	-	-	-	-	-	
P21	-	-	-	-	-	-	
A2	-	-	-	-	-	-	
합 계	**7/7**	**4.10/19**	**0.12/2**	**0.16/1**	**1.80/16**	**0.04/1**	

※ P3 받침콘크리트균열(Cw=0.2mm/L=0.20m)은 보수부 재손상임.

	
P12 받침콘크리트 균열(Cw=0.2/L=0.2m)	P13 받침콘크리트 균열(Cw=0.2/L=0.2m)
	
P13 받침콘크리트 균열(Cw=0.1/L=0.6m)	P14 받침콘크리트 균열(Cw=0.1/L=0.2m)
	
P14 받침콘크리트 균열(Cw=0.1/L=0.1m)	P15 받침콘크리트 균열(Cw=0.2/L=0.2m)

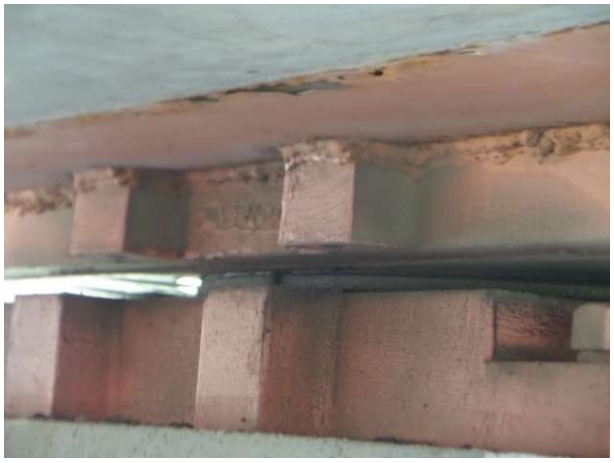
【사진 3.23】교량받침 손상현황(울산)

	
P16 받침콘크리트 균열(Cw=0.2/L=0.2m)	P18 받침콘크리트 균열(Cw=0.1/L=0.2m)
	
P16 받침콘크리트 박리(A=0.4×0.2=0.08㎡)	P16 받침콘크리트 박리(A=0.2×0.2=0.04㎡)
	
P13 받침콘크리트 파손(A=0.4×0.4=0.16㎡)	P3 보수부 받침콘크리트 균열(Cw=0.2/L=0.2m)

【사진 3.23】교량받침 손상현황(울산)(계속)

	
P14 몰탈균열(Cw=0.1/L=0.1m)	P19 몰탈균열(Cw=0.1/L=0.1m)
	
P3 몰탈박리(A=0.2×0.2=0.04㎡)	P1 받침콘크리트 균열(Cw=0.1/L=0.2m)
	
P2 받침콘크리트 균열(Cw=0.1/L=0.2m)	P3 받침콘크리트 균열(Cw=0.1/L=0.2m)

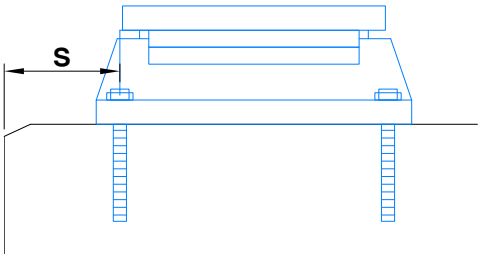
【사진 3.23】교량받침 손상현황(울산)(계속)

	
P9 균열(Cw=0.2/L=1.0m)	P6 플레이트 부식 1EA
	
P8 플레이트 부식 1EA	P9 플레이트 부식 1EA
	
P12 플레이트 부식 1EA	P13 플레이트 부식 1EA

【사진 3.23】교량받침 손상현황(울산)(계속)

다. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진 시에는 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(2010, 국토해양부)' 에서는 최소값을 규정하고 있다.



< 모식도 >

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

【그림 3.11】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=30.0m) : 200+5×30.0 = 350.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정 결과

- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.



연단거리 측정 전경 ①



연단거리 측정 전경 ②

【사진 3.24】 연단거리 측정 전경(울산)

【표 3.25】 연단거리 측정 결과(울산)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	연단거리		판 정
			Sh1	Sh2	
A1		425	2,220	2,220	O.K
P1	A1측	425	1,690	1,670	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P2	A1측	450	1,680	1,690	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P3	A1측	450	1,690	1,670	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P4	A1측	450	1,690	1,670	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P5	A1측	450	1,650	1,690	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P6	A1측	450	1,650	1,650	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P7	A1측	450	1,680	1,680	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P8	A1측	450	1,640	1,700	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P9	A1측	450	1,670	1,650	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P10	A1측	450	1,670	1,670	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P11	A1측	450	1,660	1,680	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P12	A1측	450	1,600	1,670	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P13	A1측	450	1,670	1,720	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P14	A1측	450	1,710	1,730	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P15	A1측	450	1,660	1,670	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P16	A1측	450	1,680	1,720	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P17	A1측	450	1,660	1,700	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P18	A1측	450	1,680	1,700	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P19	A1측	450	710	690	O.K

【표 3.25】 연단거리 측정 결과(울산)(계속)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	연단거리							판 정
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	
P19	A2측	350	620	620	620	620	620	620	620	O.K
P20	A1측	350	660	660	660	670	660	660	690	O.K
	A2측	350	660	660	660	710	660	660	750	O.K
P21	A1측	350	660	660	670	680	650	640	650	O.K
	A2측	350	700	700	700	700	700	700	700	O.K
A2		350	630	630	640	640	640	640	630	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침 가동상태의 적정성을 평가하기 위해 2회(1차:17.1℃(4월 19일), 2차:29.6℃(8월 2일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 변동량 측정결과는 다음과 같다.



교량받침 이동량 측정(교대) 현황 ①



교량받침 이동량 측정(교대) 현황 ②

【표 3.26】 교량받침 가동상태 검토결과(울산)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	85(A2)	90(A2)	5.0	55.0	1차 : 17.1℃ 2차 : 29.6℃ 온도차 : 12.5℃
	Sh2	88(A2)	93(A2)	5.0		
P1	Sh1	105(A2)	110(A2)	5.0	50.0	
	Sh2	107(A2)	112(A2)	5.0		
P2	Sh1	116(A2)	121(A2)	5.0	43.8	
	Sh2	115(A2)	124(A2)	9.0		

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P3	Sh1	107(A2)	112(A2)	5.0	37.5	1차 : 17.1℃ 2차 : 29.6℃ 온도차 : 12.5℃
	Sh2	108(A2)	115(A2)	7.0		
P4	Sh1	70(A2)	75(A2)	5.0	31.3	
	Sh2	70(A2)	75(A2)	5.0		
P5	Sh1	40(A2)	45(A2)	5.0	25.0	
	Sh2	40(A2)	45(A2)	5.0		
P6	Sh1	55(A2)	60(A2)	5.0	18.8	
	Sh2	65(A2)	65(A2)	5.0		
P7	Sh1	25(A2)	30(A2)	5.0	12.5	
	Sh2	25(A2)	30(A2)	5.0		
P8	Sh1	16(A2)	22(A2)	5.0	6.3	
	Sh2	20(A2)	25(A2)	5.0		
P9	고 정 단					
P10	고 정 단					
P11	Sh1	45(A1)	50(A1)	5.0	6.3	
	Sh2	45(A1)	50(A1)	5.0		
P12	Sh1	50(A1)	55(A1)	5.0	12.5	
	Sh2	55(A1)	60(A1)	5.0		
P13	Sh1	60(A1)	65(A1)	5.0	18.8	
	Sh2	55(A1)	60(A1)	5.0		
P14	Sh1	65(A1)	70(A1)	5.0	25.0	
	Sh2	65(A1)	70(A1)	5.0		
P15	Sh1	70(A1)	75(A1)	5.0	31.3	
	Sh2	70(A1)	75(A1)	5.0		
P16	Sh1	97(A1)	102(A1)	5.0	25.0	
	Sh2	100(A1)	105(A1)	5.0		
P17	Sh1	105(A1)	110(A1)	5.0	18.8	
	Sh2	105(A1)	110(A1)	5.0		
P18	Sh1	119(A1)	125(A1)	6.0	12.5	
	Sh2	122(A1)	128(A1)	6.0		
P19(A1)	Sh1	90(A1)	95(A1)	5.0	55.0	
	Sh2	90(A1)	95(A1)	5.0		
P19(A2)	Sh1	10(A2)	15(A2)	5.0	7.5	
	Sh2	10(A2)	15(A2)	5.0		
	Sh3	10(A2)	15(A2)	5.0		
	Sh4	10(A2)	15(A2)	5.0		
	Sh5	10(A2)	15(A2)	5.0		
	Sh6	10(A2)	15(A2)	5.0		
	Sh7	10(A2)	15(A2)	5.0		

【표 3.26】교량받침 가동상태 검토결과(울산)(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P20(A1)	Sh1	3(A2)	5(A2)	2.0	3.8	1차 : 17.1℃ 2차 : 29.6℃ 온도차 : 12.5℃
	Sh2	3(A2)	5(A2)	2.0		
	Sh3	4(A2)	6(A2)	2.0		
	Sh4	5(A2)	7(A2)	2.0		
	Sh5	3(A2)	5(A2)	2.0		
	Sh6	3(A2)	5(A2)	2.0		
	Sh7	2(A2)	4(A2)	2.0		
P20(A2)	Sh1	2(A2)	4(A2)	2.0	3.8	
	Sh2	3(A2)	5(A2)	2.0		
	Sh3	3(A2)	5(A2)	2.0		
	Sh4	4(A2)	6(A2)	2.0		
	Sh5	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh6	5(A2)	7(A2)	2.0		
	Sh7	3(A2)	5(A2)	2.0		
P21	고 정 단					
A2	Sh1	15(A1)	10(A1)	5.0	3.8	
	Sh2	15(A1)	10(A1)	5.0		
	Sh3	20(A1)	10(A1)	10.0		
	Sh4	20(A1)	10(A1)	10.0		
	Sh5	20(A1)	10(A1)	10.0		
	Sh6	15(A1)	10(A1)	5.0		
	Sh7	15(A1)	10(A1)	5.0		

2) 설계기준 온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토(1차 조사)

- 가동여유량 검토한 결과, 전반적으로 설계기준에서 제시되는 최대 및 최소 온도에 대하여 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

【표 3.27】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(1차 조사)(울산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	440.0	97.2	78.8	7.11	97.2	85.9
P1	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	400.0	88.4	71.6	7.11	88.4	78.7
P2	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	350.0	77.4	62.7	7.11	77.4	69.8
P3	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	300.0	66.3	53.7	7.11	66.3	60.8
P4	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	250.0	55.3	44.8	7.11	55.3	51.9
P5	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	200.0	44.2	35.8	7.11	44.2	42.9
P6	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	150.0	33.2	26.9	7.11	33.2	34.0
P7	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	100.0	22.1	17.9	7.11	22.1	25.0
P8	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	50.0	11.1	9.0	-	11.1	9.0
P9	고 정 단								
P10	고 정 단								
P11	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	50.0	11.1	9.0	-	11.1	9.0
P12	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	100.0	22.1	17.9	7.11	22.1	25.0
P13	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	150.0	33.2	26.9	7.11	33.2	34.0
P14	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	200.0	44.2	35.8	7.11	44.2	42.9
P15	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	250.0	55.3	44.8	7.11	55.3	51.9
P16	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	200.0	44.2	35.8	7.11	44.2	42.9
P17	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	150.0	33.2	26.9	7.11	33.2	34.0
P18	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	100.0	22.1	17.9	7.11	22.1	25.0
P19	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	60.0	13.3	10.7	-	13.3	10.7
P20	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	30.0	6.6	5.4	-	6.6	5.4
P21	고 정 단								
A2	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	30.0	6.6	5.4	-	6.6	5.4

1) 1차조사당시 온도 : 17.1℃(조사일 : 2023년 4월 19일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방/콘크리트교)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축거더길이 100m 이상인 모든 지점에서 보수적인 관점에서 하절기(최대 신장시)에 대하여만 고려하였음.

【표 3.28】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(울산)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 반침 이동량(㎜)		실측 반침 가동여유량(㎜)		반침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	85(A2)	97.2	85.9	535.0	365.0	±450	O.K
	Sh2	88(A2)			538.0	362.0	±450	O.K
P1	Sh1	105(A2)	88.4	78.7	555.0	345.0	±450	O.K
	Sh2	107(A2)			557.0	343.0	±450	O.K
P2	Sh1	116(A2)	77.4	69.8	566.0	334.0	±450	O.K
	Sh2	115(A2)			565.0	335.0	±450	O.K
P3	Sh1	107(A2)	66.3	60.8	557.0	343.0	±450	O.K
	Sh2	108(A2)			558.0	342.0	±450	O.K
P4	Sh1	70(A2)	55.3	51.9	520.0	380.0	±450	O.K
	Sh2	70(A2)			520.0	380.0	±450	O.K
P5	Sh1	40(A2)	44.2	42.9	490.0	410.0	±450	O.K
	Sh2	40(A2)			490.0	410.0	±450	O.K
P6	Sh1	55(A2)	33.2	34.0	505.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	65(A2)			515.0	385.0	±450	O.K
P7	Sh1	25(A2)	22.1	25.0	475.0	425.0	±450	O.K
	Sh2	25(A2)			475.0	425.0	±450	O.K
P8	Sh1	16(A2)	11.1	9.0	466.0	434.0	±450	O.K
	Sh2	20(A2)			470.0	430.0	±450	O.K
P9		고 정 단						
P10		고 정 단						
P11	Sh1	45(A1)	11.1	9.0	495.0	405.0	±450	O.K
	Sh2	45(A1)			495.0	405.0	±450	O.K
P12	Sh1	50(A1)	22.1	25.0	500.0	400.0	±450	O.K
	Sh2	55(A1)			505.0	395.0	±450	O.K
P13	Sh1	60(A1)	33.2	34.0	510.0	390.0	±450	O.K
	Sh2	55(A1)			505.0	395.0	±450	O.K
P14	Sh1	65(A1)	44.2	42.9	515.0	385.0	±450	O.K
	Sh2	65(A1)			515.0	385.0	±450	O.K
P15	Sh1	70(A1)	55.3	51.9	520.0	380.0	±450	O.K
	Sh2	70(A1)			520.0	380.0	±450	O.K
P16	Sh1	97(A1)	44.2	42.9	547.0	353.0	±450	O.K
	Sh2	100(A1)			550.0	350.0	±450	O.K

【표 3.28】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(울산)(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P17	Sh1	105(A1)	55.3	51.9	555.0	345.0	±450	O.K
	Sh2	105(A1)			555.0	345.0	±450	O.K
P18	Sh1	119(A1)	44.2	42.9	569.0	331.0	±450	O.K
	Sh2	122(A1)			572.0	328.0	±450	O.K
P19 (A1)	Sh1	90(A1)	33.2	34.0	540.0	360.0	±450	O.K
	Sh2	90(A1)			540.0	360.0	±450	O.K
P19 (A2)	Sh1	10(A2)	22.1	25.0	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh2	10(A2)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh3	10(A2)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh4	10(A2)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh5	10(A2)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh6	10(A2)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh7	10(A2)			60.0	40.0	±50	O.K
P20 (A1)	Sh1	3(A2)	13.3	10.7	53.0	47.0	±50	O.K
	Sh2	3(A2)			53.0	47.0	±50	O.K
	Sh3	4(A2)			54.0	46.0	±50	O.K
	Sh4	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh5	3(A2)			53.0	47.0	±50	O.K
	Sh6	3(A2)			53.0	47.0	±50	O.K
	Sh7	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
P20 (A2)	Sh1	2(A2)	13.3	10.7	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh2	3(A2)			53.0	47.0	±50	O.K
	Sh3	3(A2)			53.0	47.0	±50	O.K
	Sh4	4(A2)			54.0	46.0	±50	O.K
	Sh5	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh6	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh7	3(A2)			53.0	47.0	±50	O.K
P21		고 정 단						
A2	Sh1	15(A1)	13.3	10.7	65.0	35.0	±50	O.K
	Sh2	15(A1)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh3	20(A1)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh4	20(A1)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh5	20(A1)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh6	15(A1)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh7	15(A1)			65.0	35.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토(1차 조사)

기상청 통계자료	• 최근 10년간 울산(기상관측소) 자료 참조 • 최근 10년간 최저기온 : -13.6℃(측정일시 : 2023년 01월 25일) • 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2018년 08월 05일)

- 최근 10년간 기상청 통계자료를 이용한 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 상기 설계기준 온도에서 가동여유량을 검토한 교량받침은 기상청 통계자료(10년)에 기록된 최저·최대온도를 기준으로 산정한 이론 이동량을 만족하고 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.29】교량받침 이동량(기상청 통계) 산정(1차 조사)(울산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	440.0	135.1	88.9	7.11	135.1	96.0
P1	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	400.0	122.8	80.8	7.11	122.8	87.9
P2	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	350.0	107.5	70.7	7.11	107.5	77.8
P3	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	300.0	92.1	60.6	7.11	92.1	67.7
P4	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	250.0	76.8	50.5	7.11	76.8	57.6
P5	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	200.0	61.4	40.4	7.11	61.4	47.5
P6	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	150.0	46.1	30.3	7.11	46.1	37.4
P7	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	100.0	30.7	20.2	7.11	30.7	27.3
P8	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	50.0	15.4	10.1	-	15.4	10.1
P9	고 정 단								
P10	고 정 단								
P11	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	50.0	15.4	10.1	-	15.4	10.1
P12	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	100.0	30.7	20.2	7.11	30.7	27.3
P13	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	150.0	46.1	30.3	7.11	46.1	37.4
P14	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	200.0	61.4	40.4	7.11	61.4	47.5
P15	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	250.0	76.8	50.5	7.11	76.8	57.6
P16	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	200.0	61.4	40.4	7.11	61.4	47.5
P17	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	150.0	46.1	30.3	7.11	46.1	37.4
P18	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	100.0	30.7	20.2	7.11	30.7	27.3
P19	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	60.0	18.4	12.1	-	18.4	12.1
P20	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	30.0	65.0	35.0	-	65.0	35.0
P21	고 정 단								
A2	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	30.0	65.0	35.0	-	65.0	35.0

1) 1차조사당시 온도 : 17.1℃(조사일 : 2023년 4월 19일, 평균온도)
2) 검토온도 : -13.6℃ ~ 37.3℃(기상청 통계자료)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축거더길이 100m 이상인 모든 지점에서 보수적인 관점에서 하절기(최대 신장시)에 대하여만 고려하였음.

4) 설계기준 온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토(2차 조사)

- 가동여유량 검토한 결과, 전반적으로 설계기준에서 제시되는 최대 및 최소 온도에 대하여 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

【표 3.30】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(2차 조사)(울산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	440.0	152.2	23.8	7.11	152.2	30.9
P1	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	400.0	138.4	21.6	7.11	138.4	28.7
P2	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	350.0	121.1	18.9	7.11	121.1	26.0
P3	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	300.0	103.8	16.2	7.11	103.8	23.3
P4	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	250.0	86.5	13.5	7.11	86.5	20.6
P5	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	200.0	69.2	10.8	7.11	69.2	17.9
P6	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	150.0	51.9	8.1	7.11	51.9	15.2
P7	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	100.0	34.6	5.4	7.11	34.6	12.5
P8	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	50.0	17.3	2.7	-	17.3	2.7
P9	고 정 단								
P10	고 정 단								
P11	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	50.0	17.3	2.7	-	17.3	2.7
P12	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	100.0	34.6	5.4	7.11	34.6	12.5
P13	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	150.0	51.9	8.1	7.11	51.9	15.2
P14	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	200.0	69.2	10.8	7.11	69.2	17.9
P15	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	250.0	86.5	13.5	7.11	86.5	20.6
P16	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	200.0	69.2	10.8	7.11	69.2	17.9
P17	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	150.0	51.9	8.1	7.11	51.9	15.2
P18	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	100.0	34.6	5.4	7.11	34.6	12.5
P19	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	60.0	20.8	3.2	-	20.8	3.2
P20	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	30.0	10.4	1.6	-	10.4	1.6
P21	고 정 단								
A2	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	30.0	10.4	1.6	-	10.4	1.6

1) 2차조사당시 온도 : 29.6℃(조사일 : 2023년 8월 2일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방/콘크리트교)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축거더길이 100m 이상인 모든 지점에서 보수적인 관점에서 하절기(최대 신장시)에 대하여만 고려하였음.

【표 3.30】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(울산)(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 반침 이동량(㎜)		실측 반침 가동여유량(㎜)		반침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	90(A2)	152.2	30.9	540.0	360.0	±450	O.K
	Sh2	93(A2)			543.0	357.0	±450	O.K
P1	Sh1	110(A2)	138.4	28.7	560.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	112(A2)			562.0	338.0	±450	O.K
P2	Sh1	121(A2)	121.1	26.0	571.0	329.0	±450	O.K
	Sh2	124(A2)			574.0	326.0	±450	O.K
P3	Sh1	112(A2)	103.8	23.3	562.0	338.0	±450	O.K
	Sh2	115(A2)			565.0	335.0	±450	O.K
P4	Sh1	75(A2)	86.5	20.6	525.0	375.0	±450	O.K
	Sh2	75(A2)			525.0	375.0	±450	O.K
P5	Sh1	45(A2)	69.2	17.9	495.0	405.0	±450	O.K
	Sh2	45(A2)			495.0	405.0	±450	O.K
P6	Sh1	60(A2)	51.9	15.2	510.0	390.0	±450	O.K
	Sh2	65(A2)			515.0	385.0	±450	O.K
P7	Sh1	30(A2)	34.6	12.5	480.0	420.0	±450	O.K
	Sh2	30(A2)			480.0	420.0	±450	O.K
P8	Sh1	22(A2)	17.3	2.7	472.0	428.0	±450	O.K
	Sh2	25(A2)			472.0	428.0	±450	O.K
P9		고 정 단						
P10		고 정 단						
P11	Sh1	50(A1)	17.3	2.7	500.0	400.0	±450	O.K
	Sh2	50(A1)			500.0	400.0	±450	O.K
P12	Sh1	55(A1)	34.6	12.5	505.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	60(A1)			510.0	390.0	±450	O.K
P13	Sh1	65(A1)	51.9	15.2	515.0	385.0	±450	O.K
	Sh2	60(A1)			510.0	390.0	±450	O.K
P14	Sh1	70(A1)	69.2	17.9	520.0	380.0	±450	O.K
	Sh2	70(A1)			520.0	380.0	±450	O.K
P15	Sh1	75(A1)	86.5	20.6	525.0	375.0	±450	O.K
	Sh2	75(A1)			525.0	375.0	±450	O.K
P16	Sh1	102(A1)	69.2	17.9	552.0	348.0	±450	O.K
	Sh2	105(A1)			555.0	345.0	±450	O.K

【표 3.30】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(울산)(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P17	Sh1	110(A1)	51.9	15.2	540.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	110(A1)			560.0	340.0	±450	O.K
P18	Sh1	125(A1)	34.6	12.5	575.0	325.0	±450	O.K
	Sh2	128(A1)			578.0	322.0	±450	O.K
P19 (A1)	Sh1	95(A1)	20.8	3.2	545.0	355.0	±450	O.K
	Sh2	95(A1)			545.0	355.0	±450	O.K
P19 (A2)	Sh1	15(A2)	20.8	3.2	65.0	35.0	±50	O.K
	Sh2	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh3	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh4	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh5	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh6	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh7	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
P20 (A1)	Sh1	5(A2)	10.4	1.6	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh2	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh3	6(A2)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh4	7(A2)			57.0	43.0	±50	O.K
	Sh5	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh6	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh7	4(A2)			54.0	46.0	±50	O.K
P20 (A2)	Sh1	4(A2)	10.4	1.6	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh2	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh3	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh4	6(A2)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh5	4(A2)			54.0	46.0	±50	O.K
	Sh6	7(A2)			57.0	43.0	±50	O.K
	Sh7	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
P21		고 정 단						
A2	Sh1	10(A1)	10.4	1.6	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh2	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh3	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh4	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh5	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh6	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh7	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

5) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토(2차 조사)

기상청 통계자료	• 최근 10년간 울산(기상관측소) 자료 참조 • 최근 10년간 최저기온 : -13.6℃(측정일시 : 2023년 01월 25일) • 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2018년 08월 05일)

- 최근 10년간 기상청 통계자료를 이용한 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 상기 설계기준 온도에서 가동여유량을 검토한 교량받침은 기상청 통계자료(10년)에 기록된 최저·최대온도를 기준으로 산정한 이론 이동량을 만족하고 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.31】교량받침 이동량(기상청 통계) 산정(2차 조사)(울산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	440.0	190.1	33.9	7.11	190.1	41.0
P1	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	400.0	172.8	30.8	7.11	172.8	37.9
P2	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	350.0	151.2	27.0	7.11	151.2	34.1
P3	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	300.0	129.6	23.1	7.11	129.6	30.2
P4	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	250.0	108.0	26.4	7.11	108.0	26.4
P5	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	200.0	86.4	22.5	7.11	86.4	22.5
P6	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	150.0	64.8	18.7	7.11	64.8	18.7
P7	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	100.0	43.2	14.8	7.11	43.2	14.8
P8	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	50.0	21.6	3.9	-	21.6	3.9
P9	고 정 단								
P10	고 정 단								
P11	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	50.0	21.6	3.9	-	21.6	3.9
P12	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	100.0	43.2	14.8	7.11	43.2	14.8
P13	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	150.0	64.8	18.7	7.11	64.8	18.7
P14	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	200.0	86.4	22.5	7.11	86.4	22.5
P15	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	250.0	108.0	26.4	7.11	108.0	26.4
P16	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	200.0	86.4	22.5	7.11	86.4	22.5
P17	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	150.0	64.8	18.7	7.11	64.8	18.7
P18	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	100.0	43.2	14.8	7.11	43.2	14.8
P19	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	60.0	25.9	4.6	-	25.9	4.6
P20	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	30.0	13.0	2.3	-	13.0	2.3
P21	고 정 단								
A2	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	30.0	13.0	2.3	-	13.0	2.3

1) 2차조사당시 온도 : 29.6℃(조사일 : 2023년 8월 2일, 평균온도)
2) 검토온도 : -13.6℃ ~ 37.3℃(기상청 통계자료)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축거더길이 100m 이상인 모든 지점에서 보수적인 관점에서 하절기(최대 신장시)에 대하여만 고려하였음.

【표 3.32】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(울산)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	90(A2)	190.1	41.0	540.0	360.0	±450	O.K
	Sh2	93(A2)			543.0	357.0	±450	O.K
P1	Sh1	110(A2)	172.8	37.9	560.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	112(A2)			562.0	338.0	±450	O.K
P2	Sh1	121(A2)	151.2	34.1	571.0	329.0	±450	O.K
	Sh2	124(A2)			574.0	326.0	±450	O.K
P3	Sh1	112(A2)	129.6	30.2	562.0	338.0	±450	O.K
	Sh2	115(A2)			565.0	335.0	±450	O.K
P4	Sh1	75(A2)	108.0	26.4	525.0	375.0	±450	O.K
	Sh2	75(A2)			525.0	375.0	±450	O.K
P5	Sh1	45(A2)	86.4	22.5	495.0	405.0	±450	O.K
	Sh2	45(A2)			495.0	405.0	±450	O.K
P6	Sh1	60(A2)	64.8	18.7	510.0	390.0	±450	O.K
	Sh2	65(A2)			515.0	385.0	±450	O.K
P7	Sh1	30(A2)	43.2	14.8	480.0	420.0	±450	O.K
	Sh2	30(A2)			480.0	420.0	±450	O.K
P8	Sh1	22(A2)	21.6	3.9	472.0	428.0	±450	O.K
	Sh2	25(A2)			472.0	428.0	±450	O.K
P9		고 정 단						
P10		고 정 단						
P11	Sh1	50(A1)	21.6	3.9	500.0	400.0	±450	O.K
	Sh2	50(A1)			500.0	400.0	±450	O.K
P12	Sh1	55(A1)	43.2	14.8	505.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	60(A1)			510.0	390.0	±450	O.K
P13	Sh1	65(A1)	64.8	18.7	515.0	385.0	±450	O.K
	Sh2	60(A1)			510.0	390.0	±450	O.K
P14	Sh1	70(A1)	86.4	22.5	520.0	380.0	±450	O.K
	Sh2	70(A1)			520.0	380.0	±450	O.K
P15	Sh1	75(A1)	108.0	26.4	525.0	375.0	±450	O.K
	Sh2	75(A1)			525.0	375.0	±450	O.K
P16	Sh1	102(A1)	86.4	22.5	552.0	348.0	±450	O.K
	Sh2	105(A1)			555.0	345.0	±450	O.K

【표 3.32】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(울산)(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P17	Sh1	110(A1)	64.8	18.7	540.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	110(A1)			560.0	340.0	±450	O.K
P18	Sh1	125(A1)	43.2	14.8	575.0	325.0	±450	O.K
	Sh2	128(A1)			578.0	322.0	±450	O.K
P19 (A1)	Sh1	95(A1)	25.9	4.6	545.0	355.0	±450	O.K
	Sh2	95(A1)			545.0	355.0	±450	O.K
P19 (A2)	Sh1	15(A2)	25.9	4.6	65.0	35.0	±50	O.K
	Sh2	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh3	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh4	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh5	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh6	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
	Sh7	15(A2)			65.0	35.0	±50	O.K
P20 (A1)	Sh1	5(A2)	13.0	2.3	55.0	45.0	±50	O.K
	Sh2	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh3	6(A2)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh4	7(A2)			57.0	43.0	±50	O.K
	Sh5	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh6	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh7	4(A2)			54.0	46.0	±50	O.K
P20 (A2)	Sh1	4(A2)	13.0	2.3	54.0	46.0	±50	O.K
	Sh2	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh3	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
	Sh4	6(A2)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh5	4(A2)			54.0	46.0	±50	O.K
	Sh6	7(A2)			57.0	43.0	±50	O.K
	Sh7	5(A2)			55.0	45.0	±50	O.K
P21		고 정 단						
A2	Sh1	10(A1)	13.0	2.3	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh2	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh3	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh4	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh5	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh6	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh7	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

마. 기 진단(2018년) 결과와 비교·분석

- 기 진단(18년) 점검결과 비교시 받침콘크리트 균열, 받침콘크리트 박리, 받침몰탈 균열 및 박리의 손상물량이 증가한 것으로 확인되었으며, 보수로 인해 플레이트 부식 및 받침 콘크리트 파손이 감소한 것으로 분석되었다.
- 신규 조사된 손상은 단기적인 물량 증가가 아닌 공용년수 증가, 금회 상세외관조사 등에 의한 것으로 판단되며, 신규 손상과 보수 시행으로 인해 교량받침의 전반적인 손상물량은 증·감이 있는 것으로 분석되었다.
- 보수·보강 이력 및 현장조사 결과, 기 진단 이후 "구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사, 2019.09.18.~12.31"를 통해 교량받침 대해 재도장 보수 등을 실시한 것으로 조사되었으며, 현장조사 결과 보수불량에 따른 재손상이 발생하지 않은 비교적 양호한 상태로 확인되었다.



회야대교(울산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리

총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청을 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2019년 09월 18일 ~ 2019년 12월 31일
관련점검진단	정밀안전진단(2018-08-16 ~ 2018-12-31)	계약방법	제한경쟁
설계자	이효찬	시공자	CS청산건설㈜
책임기술자	이건수	공사감독	이효찬
부위	거더, 교량받침, 신축이음장치, 난간방호벽		
공사내역	볼트 재체결, 재도장, 주입보수, 방수재 주입, 차수판설치, 표면처리		
공사비	6,992천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	손동영	작성일	2020-04-08
승인상태	승인완료		

공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
거더		볼트 재체결	8	EA	47
교량받침		재도장(부분, 전면 등)	16.72	m²	1,126
교량받침		주입보수	0.19	m²	75
신축이음		주입보수	31.4	m	4,513
신축이음		차수판설치	1	EA	733
방호벽		표면처리공법	5.3	m²	272
방호벽		주입보수	0.38	m²	150
방호벽		표면처리공법	1.1	m	76

수정요청 | 결재이력 | 목록

- 또한, "2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사(2020.08.18.~2020.12.04)"를 통해 강재 전단키(A1, P3~P16, P18, A2)가 교대 및 교각 일부 구간에 걸쳐 설치된 것으로 조사되었다.



【표 3.33】교량받침 기 진단과의 결과 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
플레이트 부식	개소	38	6	7	▼ 31
받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm미만)	m	-	0.60	4.30	▲ 4.30
받침콘크리트 박리	㎡	-	-	0.12	▲ 0.12
받침콘크리트 파손	㎡	0.19	-	0.16	▼ 0.03
받침몰탈 균열	m	-	0.20	1.80	▲ 1.80
받침몰탈 박리	㎡	-	-	0.04	▲ 0.04



【그림 3.12】교량받침 기 점검 결과와의 비교(울산)

바. 손상발생 원인분석 및 검토의견

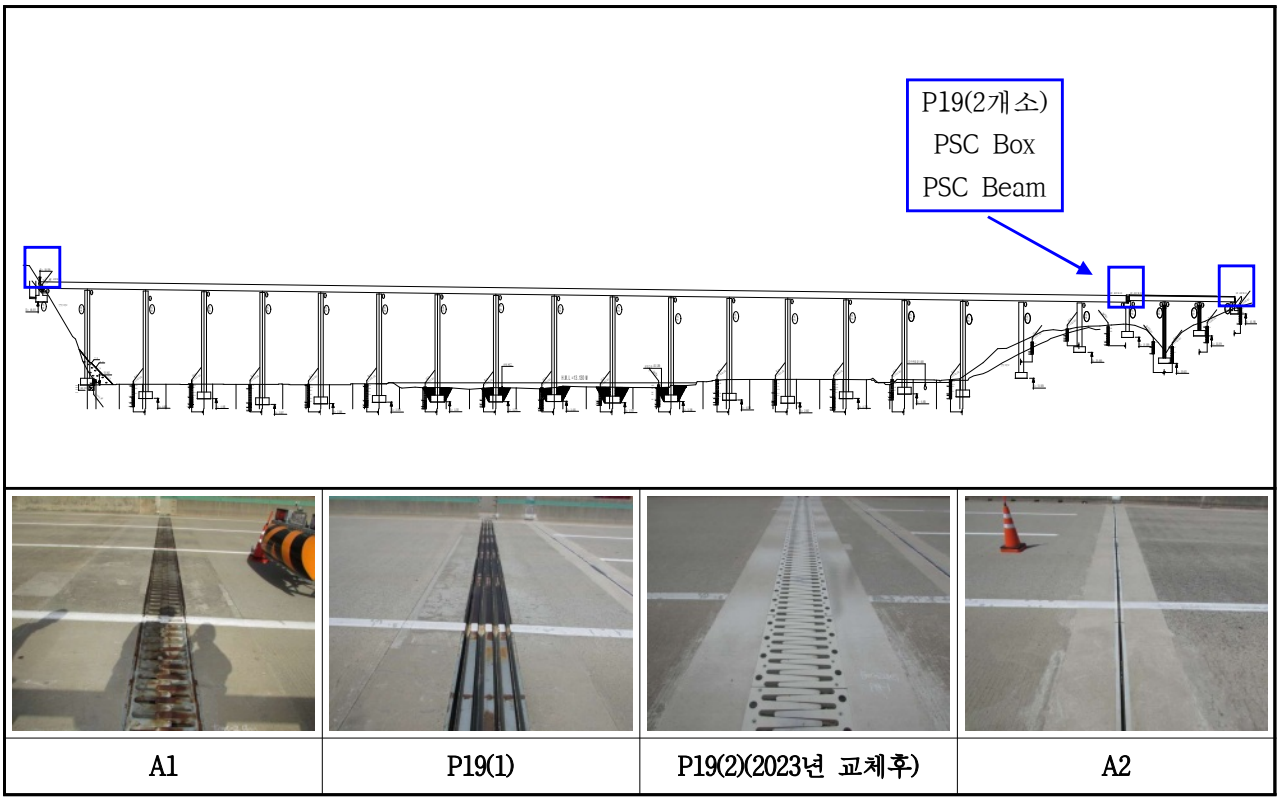
- 금회 진단시 교량받침에서 조사된 플레이트 부식 손상은 공용년수 증가로 인한 노후화 손상이며, 손상규모 및 변상정도가 경미하나, 해당 구조물의 내구성 확보를 위해 재도장을 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 및 무수축 몰탈에서 발생된 균열 은 재료적 특성에 따른 건조수축 및 온도응력에 의해 발생된 균열로, 구조적 원인에 의해 발생된 손상은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 미세균열의 경우 주의관찰이 요구되나, 내구성 확보를 위해 균열 폭 0.2㎜ 균열에 대해서는 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 및 받침몰탈에 발생된 박리 및 파손 등의 단면손상은 시공시 다짐미흡과 품질관리 미흡, 콘크리트 재료적 성질 등에 의해 발생한 것으로 발생규모는 경미하나 내구성 저하 방지를 위해 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 교량받침 설계시 ①온도변화, ②건조수축 ③크리프 등에 대한 요소를 검토하고 이를 고려하여 시공을 실시하며, 이 중 건조수축 및 크리프는 구조물 시공 후 몇 년에 걸쳐서 변형이 진행된다.

- 설계기준온도를 통한 검토 및 기상청 통계자료에 따른(최저, 최대온도) 가동여유량 분석 결과, 교량받침 모두 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나, 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이므로 주기적인(하·동절기) 점검을 통한 중점관리를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

3.2.5 신축이음장치

가. 개요

- 신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조수축 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 부재이다. 신축이음장치는 총 4개소(A1, A2, P19(2개소))에 설치되어 있으며, Steel Finger Joint(A1, P19(1), P19(2)), Monocell Joint(A2)로 시공되어 있다. 또한 금회 진단과업 중 PSC Beam구간 ExpJ3(P19)가 Rail Joint → Steel Finger Joint로 교체되었으며, 준공도면 및 교체이력을 확인한 결과, 설계유간은 No.320(A1), No.320(P19(1)), No.100(P19(2)), No.50(A2)인 것으로 확인되었다.



A1	P19(1)	P19(2)(2023년 교체후)	A2

【그림 3.13】 신축이음장치 위치도 및 전경(울산)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 신축이음장치 교각 P19(ExpJ2) 및 교대 A2(ExpJ4)에서 유간 토사퇴적이 조사되었고, 후타재는 콘크리트의 경우 주행차량의 충격하중 및 재료적 특성에 의한 균열 및 망상균열이 일부 일관된 규칙성이 없는 형태로 발생하였다. 후타재 파손 또한 경미한 규모로 발생하였으며, 차수판의 경우 너트 및 볼트탈락이 ExpJ1(A1)에서 1개소 조사되었다.
- 온도변화에 따른 신축여유량 검토결과, Exp.J1(A1), J2(A2)는 설계온도(35.0℃)에 대한 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 측정되었다.

【표 3.34】신축이음장치 외관조사 결과(울산)

구 분		후타재 균열 (m/개소)	후타재 망상균열 (㎡/개소)	후타재 파손 (㎡/개소)	유간토사 퇴적 (m/개소)	너트 및 볼트 탈락 (개소/개소)	비고
PSCB	A1	-	14.00/2	0.68/3	-	1/1	
	P19	-	7.00/2	-	4.00/2	-	
PSCI	P19	3.70/9	-	-	-	-	
	A2	5.20/12	-	-	1.00/1	-	
합 계		8.90/21	21.00/4	0.68/3	5.00/3	1/1	



ExpJ4 후타재 균열(Cw=0.2/L=0.5m)



ExpJ4 후타재 균열(Cw=0.2/L=0.3m)



ExpJ1 후타재 망상균열(A=1.5×7.0=10.50㎡)



ExpJ1 후타재 망상균열(A=1.0×3.5=3.50㎡)

【사진 3.25】신축이음장치 손상현황(울산)

	
ExpJ1 후타재 파손(A=0.5×1.0=0.50㎡)	ExpJ1 후타재 파손(A=0.1×1.0=0.10㎡)
	
ExpJ2 유간토사퇴적(L=2.00m)	ExpJ4 유간토사퇴적(L=1.00m)
	
ExpJ1 파손(A=0.2×0.4=0.08㎡)	ExpJ1 너트 및 볼트탈락

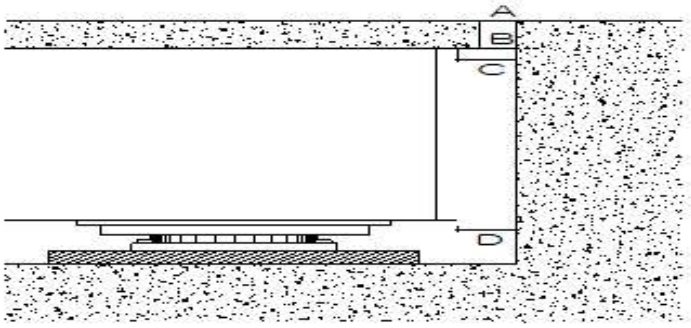
【사진 3.25】 신축이음장치 손상현황(울산)(계속)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

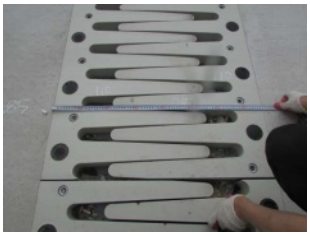
1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동 상태를 확인하기 위해 2회(1차:17.1℃(4월 19일), 2차:29.6℃(8월 2일))에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판, 거더 상·하부에 대해서 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동 상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승 시 신장량과 최저 온도 하강 시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

① 신축이음 유간 측정방법



< 측정 개요도 >


신축이음장치 유간 - A


바닥판 슬래브 유간 - B


거더 상부 유간 - C


거더 하부 유간 - D

② 신축이음 유간 측정결과

【표 3.35】신축이음 유간 측정결과(울산)

측정위치	측 정 값(㎜)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	170.0	90.0	630.0	560.0	1,270.0	1,230.0	1,260.0	1,190.0	Steel Finger Joint
EXP.J2(19-1)	282.0	110.0	580.0	300.0	850.0	800.0	850.0	840.0	Steel Finger Joint
EXP.J3(19-2)	40.0	30.0	85.0	80.0	140.0	135.0	140.0	135.0	Steel Finger Joint
EXP.J4(A2)	25.0	20.0	60.0	40.0	115.0	110.0	145.0	120.0	monocell Joint

• 4월(17.1℃)과 8월(29.6℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과는 다음과 같다.

【표 3.36】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(울산)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	170.0	90.0	80.0	55.0	1차 : 17.1℃ 2차 : 29.6℃ 온도차 : 12.5℃
	바닥판 단부	630.0	560.0	70.0		
EXP.J2(P19-1)	신축이음장치	282.0	110.0	172.0	55.0	
	바닥판 단부	580.0	300.0	280.0		
EXP.J3(P19-2)	신축이음장치	40.0	30.0	10.0	7.5	
	바닥판 단부	85.0	80.0	5.0		
EXP.J4(A2)	신축이음장치	25.0	20.0	5.0	3.8	
	바닥판 단부	60.0	40.0	20.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃)에 따른 여유량 검토(1차 조사)

• 신축이음 및 바닥판의 실측 유간을 계산 이동량과 비교·검토한 결과, EXP.J1(A1), J2(P19-1), J3(P19-2), J4(A2) 설계온도 최대시 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었으나, J2(P19-1) 수축여유량을 확보하지 못한 것으로 확인되었다. 다만, 1차조사 이후 신축이음장치가 교체되어 2차조사 평가는 교체된 신축이음장치로 재평가하였다.

【표 3.37】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(1차 조사)(울산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	440.0	97.2	78.8	7.11	104.4	78.8
EXP.J2(P19-1)	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	440.0	97.2	78.8	7.11	104.4	78.8
EXP.J3(P19-2)	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	60.0	13.3	10.7	-	13.3	10.7
EXP.J4(A2)	22.1	17.9	1.0×10^{-5}	30.0	6.6	5.4	-	6.6	5.4

1) 1차조사당시 온도 : 17.1℃(조사일 : 2023년 4월 19일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방/콘크리트교)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(수축시에만 고려)

【표 3.38】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(울산)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	104.4	78.8	170.0	320.0	45.6	91.2	O.K
	바닥판 단부			630.0	-	-	551.2	O.K
EXP.J2 (19-1)	신축이음장치	104.4	78.8	282.0	320.0	-66.4	203.2	N.G
	바닥판 단부			580.0	-	-	501.2	O.K
EXP.J3 (P19-2)	신축이음장치	13.3	10.7	40.0	100.0	46.7	29.3	O.K
	바닥판 단부			85.0	-	-	74.3	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음장치	6.6	5.4	25.0	50.0	18.4	19.6	O.K
	바닥판 단부			60.0	-	-	54.6	O.K
주1) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토(1차 조사)

기상청 통계자료	• 최근 10년간 울산(기상관측소) 자료 참조 • 최근 10년간 최저기온 : -13.6℃(측정일시 : 2023년 01월 25일) • 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2018년 08월 05일)

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 울산(기상관측소)의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 신축이음장치의 가동여유량 평가를 실시하였다.
- 최근 10년간 기상청 통계자료를 이용한 신축이음의 이동량을 검토한 결과, Exp.J1(A1), J2(P19-1), J3(P19-2), J4(A2)에서 관측온도 최대시, 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었으나, J2(P19-1) 수축여유량을 확보하지 못한 것으로 확인되었다. 다만, 1차조사 이후 신축이음장치가 교체되어 2차조사 평가는 교체된 신축이음장치로 재평가하였다.

【표 3.39】 신축이음 신축이동량(기상청 통계) 산정(1차 조사)(울산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	440.0	135.1	88.9	7.11	142.2	88.9
EXP.J2(P19-1)	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	440.0	135.1	88.9	7.11	142.2	88.9
EXP.J3(P19-2)	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	60.0	18.4	12.1	-	18.4	12.1
EXP.J4(A2)	30.7	20.2	1.0×10^{-5}	30.0	9.2	6.1	-	9.2	6.1

1) 1차조사당시 온도 : 17.1℃(조사일 : 2023년 4월 19일, 평균온도)
2) 검토온도 : -13.6℃ ~ 37.3℃(기상청 통계자료)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(수축시에만 고려)

【표 3.40】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(1차 조사)(울산)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	142.2	88.9	170.0	320.0	7.8	81.1	O.K
	바닥판 단부			630.0	-	-	541.1	O.K
EXP.J2 (19-1)	신축이음장치	142.2	88.9	282.0	320.0	-104.2	193.1	N.G
	바닥판 단부			580.0	-	-	491.1	O.K
EXP.J3 (P19-2)	신축이음장치	18.4	12.1	40.0	100.0	41.6	27.9	O.K
	바닥판 단부			85.0	-	-	72.9	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음장치	9.2	6.1	25.0	50.0	15.8	18.9	O.K
	바닥판 단부			60.0	-	-	53.9	O.K

주1) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

4) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃)에 따른 여유량 검토(2차 조사)

- 신축이음 및 바닥판의 실측 유간을 계산 이동량과 비교·검토한 결과, EXP.J1(A1), J2(P19-1), J3(P19-2), J4(A2) 설계온도 최대시 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었으며, 신축이음장치 교체로 인해 재평가한 J2(P19-1)장치는 수축여유량을 확보한 것으로 확인되었다.

【표 3.41】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(2차 조사)(울산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	440.0	152.2	23.8	7.11	159.4	23.8
EXP.J2(P19-1)	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	440.0	152.2	23.8	7.11	159.4	23.8
EXP.J3(P19-2)	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	60.0	20.8	3.2	-	20.8	3.2
EXP.J4(A2)	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	30.0	10.4	1.6	-	10.4	1.6

1) 2차조사당시 온도 : 29.6℃(조사일 : 2023년 8월 2일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방/콘크리트교)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(수축시에만 고려)

【표 3.42】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(울산)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	159.4	23.8	90.0	320.0	70.6	66.2	O.K
	바닥판 단부			560.0	-	-	536.2	O.K
EXP.J2 (19-1)	신축이음장치	159.4	23.8	110.0	320.0	50.6	86.2	O.K
	바닥판 단부			300.0	-	-	276.2	O.K
EXP.J3 (P19-2)	신축이음장치	20.8	3.2	30.0	100.0	49.2	26.8	O.K
	바닥판 단부			80.0	-	-	76.8	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음장치	10.4	1.6	20.0	50.0	19.6	18.4	O.K
	바닥판 단부			40.0	-	-	38.4	O.K

주1) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

5) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토(2차 조사)

기상청 통계자료	• 최근 10년간 울산(기상관측소) 자료 참조 • 최근 10년간 최저기온 : -13.6℃(측정일시 : 2023년 01월 25일) • 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2018년 08월 05일)

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 울산(기상관측소)의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 신축이음장치의 가동여유량 평가를 실시하였다.
- 최근 10년간 기상청 통계자료를 이용한 신축이음의 이동량을 검토한 결과, Exp.J1(A1), J2(P19-1), J3(P19-2), J4(A2)에서 관측온도 최대시, 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었으며, 신축이음장치 교체로 인해 재평가한 J2(P19-1)장치는 수축여유량을 확보한 것으로 확인되었다.

【표 3.43】 신축이음 신축이동량(기상청 통계) 산정(2차 조사)(울산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	440.0	190.1	33.9	7.11	197.2	33.9
EXP.J2(P19-1)	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	440.0	190.1	33.9	7.11	197.2	33.9
EXP.J3(P19-2)	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	60.0	25.9	4.6	-	25.9	4.6
EXP.J4(A2)	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	30.0	13.0	2.3	-	13.0	2.3

1) 2차조사당시 온도 : 29.6℃(조사일 : 2023년 8월 2일, 평균온도)
2) 검토온도 : -13.6℃ ~ 37.3℃(기상청 통계자료)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(수축시에만 고려)

【표 3.44】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(울산)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	197.2	33.9	90.0	320.0	32.8	56.1	O.K
	바닥판 단부			560.0	-	-	526.1	O.K
EXP.J2 (19-1)	신축이음장치	197.2	33.9	110.0	320.0	12.8	76.1	O.K
	바닥판 단부			300.0	-	-	266.1	O.K
EXP.J3 (P19-2)	신축이음장치	25.9	4.6	30.0	100.0	44.1	25.4	O.K
	바닥판 단부			80.0	-	-	75.4	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음장치	13.0	2.3	20.0	50.0	17.0	17.7	O.K
	바닥판 단부			40.0	-	-	37.7	O.K

주1) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

구분	신축이음 평가현황															
	2018년 정밀안전진단				2020년 정밀안전점검				2022년 정밀안전점검				금회			
	A1	A2	P19 (1)	P19 (2)	A1	A2	P19 (1)	P19 (2)	A1	A2	P19 (1)	P19 (2)	A1	A2	P19 (1)	P19 (2)
회야대교 (울산)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG (수축)	OK	OK	OK	OK	NG (수축)	OK	OK	OK	OK

※P19(1)→ PSC Box구간, P19(2)→ PSC Beam구간

구분	회야대교(울산)			
	신축이음 교체현황			
	2018년 정밀안전진단	2020년 정밀안전점검	2022년 정밀안전점검	금회
A1	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint
A2	monocell Joint	monocell Joint	**Rail Joint(교체)**	**Steel Finger Joint(교체)** 금회 정밀안전진단중 2023. 04 교체
P19(1) (PSCB)	Rail Joint	Rail Joint	Rail Joint	Steel Finger Joint
P19(2) (PSCI)	monocell Joint	monocell Joint	**Rail Joint(교체)**	Rail Joint

※ 교체이력 표시 기준은 다음회차 외관점검 기준이며, 실제로 교체된 일시는 “자료수집 및 분석” 편 및 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석 참고

라. 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 기 진단(18년) 진단 이후 “구조물 안전진단 및 점검 보수공사(2019.09.18.~2019.12.31.)”을 통해 신축이음장치에 대해 차수판 설치 및 후타재 주입보수 등의 보수가 시행된 것으로 확인되었다.



- FMS의 보수이력은 없으나, 기 정밀안전점검(2020년, 2022년)과 현장조사결과, 2020년 이후 신축이음장치 2개소가 교체된 것으로 확인되었다. 따라서 회야대교(부산)방향의 보수이력을 확인한 결과 기 진단(18년) 이후 신축이음장치가 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수 공사(2022.01.03.~2022.11.30.)” 를 통해 모노셀 조인트 → 레일 조인트로 교체 시행 및 한 것으로 확인되었으며, 회야대교(울산)방향 또한 해당 공사를 통해 PSC Beam구간의 신축이음장치 2개소가(ExpJ3(P19), ExpJ4(A2)) 모노셀 조인트 → 레일 조인트로 교체 시행된 것으로 판단된다.

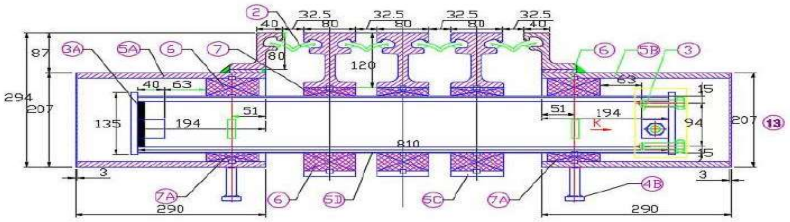
			
P19(2) Rail Joint 교체 전 현황	P19(2) 금회 정밀안전진단	A2 Rail Joint 교체 전현황	A2 금회 정밀안전진단

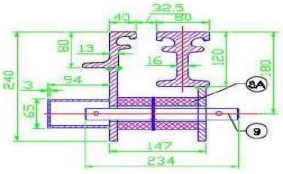
- 기 진단 이후 점검시와 금회 진단시 후타재 균열, 후타재 망상균열, 유간토사 퇴적 등이 추가 조사되었으며, 후타재 파손, 너트 및 볼트 탈락, 고무재 파손 등이 일부 보수되어 신축이음장치의 전반적인 손상물량은 증·감이 발생한 것으로 분석되었다.

	
ExpJ1 후타재 망상균열(A=1.5×7.0=10.50㎡)	

- 금회 진단 시 P19(1) PSC Box구간 신축이음장치 ExpJ2의 신축이음 리바운딩 및 슬라이딩 고무패드, 컨트롤러 스프링 파손되어 긴급공사를 통해 레일 조인트 → 강핑거 조인트로 교체 시행한 것으로 확인되었다.







<부품별 설명 : 상기 손상부품 점검03 사진참조>

6 : Sliding compressed spring (레일의 반동력을 제어하는 부품)

7A : Sliding bearing (레일의 하중 및 진동을 하부 구조물에 전달하고, 온도 변위를 수용하는 부품)

9 : Pin (레일과 레일 사이의 간격을 잡아주는 스프링을 고정시키는 핀)

8A : Spring (레일과 레일 사이의 간격을 잡아주는 스프링)

5D : Stainless steel sheet (Sliding bearing의 손상을 보호하며 이동을 용이하게 하는 미끌림판)



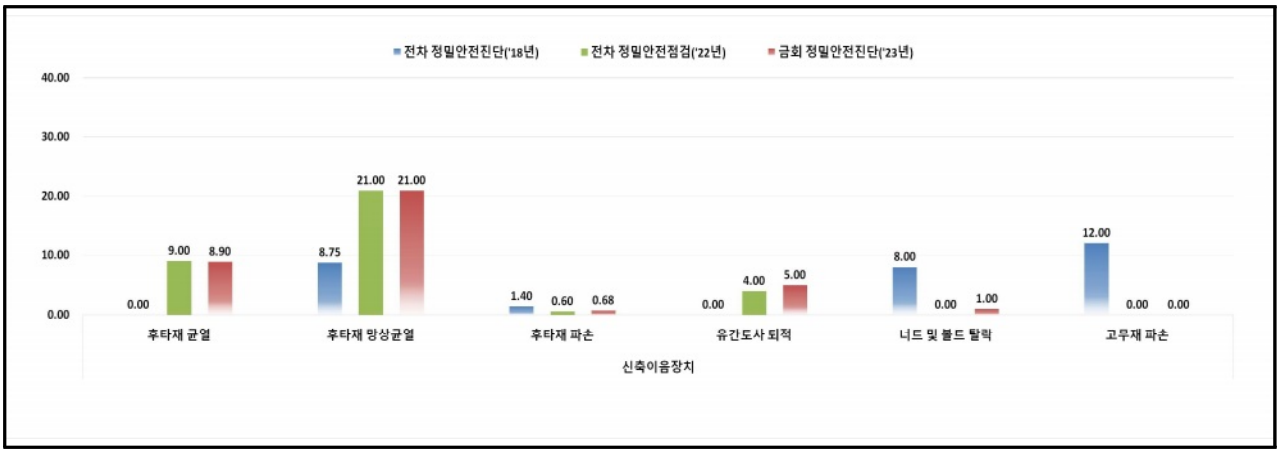
금회 정밀안전진단 교체후 상부전경



금회 정밀안전진단 교체후 하부전경

【표 3.45】신축이음장치 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
후타재 균열	m	-	9.00	8.90	▲ 8.90
후타재 망상균열	㎡	8.75	21.00	21.00	▲ 12.25
후타재 파손	㎡	1.40	0.60	0.68	▼ 0.72
유간토사 퇴적	m	-	4.00	5.00	▲ 5.00
너트 및 볼트 탈락	개소	8	-	1	▼ 7
고무재 파손	m	12.00	-	-	▼ 12.00



【그림 3.14】신축이음장치 기 진단 결과와의 비교(울산)

마. 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 후타재 콘크리트에서 발생된 균열 및 망상균열은 차량반복하중에 의한 피로균열로서 신축이음장치 PSC Box 거더 구간 일부 구간에 걸쳐 발생된 것으로 확인되었다. 해당 손상에 의한 차량 주행성에는 이상이 없는 것으로 판단되며, 대부분 폭 0.2㎜ 이내의 미세균열로 즉각적인 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다. 다만 손상확대 및 진전 시 보수가 필요하며, 진전없는 유사한 형태를 유지할 시 향후 신축이음장치 보수 및 교체 시 함께 보수를 실시하는 것이 효율적인 것으로 판단된다.
- 후타재 파손는 ExpJ1(A1)에서 3개소(A=0.68㎡) 조사되었으며, 후타재 차량통행에 의한 반복하중, 외기노출, 우수접촉, 외부충격 등에 의해 발생한 것으로 발생규모는 경미한 것으로 확인되었다. 해당손상 또한 균열과 마찬가지로 즉각적인 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단되며, 진전시에는 보수를, 진전없는 유사한 형태를 유지할 시 향후 신축이음장치 보수 및 교체 시 함께 보수를 실시하는 것이 효율적인 것으로 판단된다.

- 신축이음장치에 발생한 유간 토사퇴적은 신축이음장치 ExpJ2(P19), ExpJ4(A2) 일부구간에 걸쳐 발생하였으며, 공용년수 증가에 따른 이물질 유입이 주원인으로 현재 신축이음장치에 기능을 상실한 상태는 아니나, 원활한 유지관리를 위해 청소를 실시하여 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 차수판에서 조사된 볼트 및 너트 탈락은 체결미흡 및 반복적인 차량진동, 공용년수 증가, 등에 의해 발생한 것으로 차수판이 제 기능을 상실한 상태는 아니나, 차수판 볼트, 너트 탈락의 경우 차수판의 견고한 고정을 위해 보수계획에 맞춰 재체결을 실시하는 것이 바람직한 유지관리 방안일 것으로 판단된다.

3.2.6 교면포장

가. 개요

- 교면포장은 차량하중과 운행 중 발생되는 충격과 진동을 흡수·분산하고 외부의 불리한 환경조건으로부터 바닥판을 보호하며 주행차량의 안전운행 및 쾌적한 주행성을 제공하는 부재로서, 대상교량의 폭은 15.7m(유효폭:11.0m), 편도 3차로 교량으로 LMC(T=50mm) 포장이 시공된 상태이며, 현장조사 결과, 공용중 주기적인 유지관리를 실시한 것으로 확인되었다. 금회 회야대교(울산)의 교면포장은 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 상세히 실시하였다.



교면포장 전경(시점부)



교면포장 전경(종점부)

【사진 3.26】교면포장 전경(울산)

	
교면포장 전경(접속부)	교면표장 전경(갓길)

【사진 3.26】교면포장 전경(울산)(계속)

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 통행차량의 운행성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 전반적으로 양호한 상태이며, 주요손상으로 LMC 포장균열 및 망상균열이 국부적으로 조사되었다.

【표 3.46】교면포장 외관조사 결과(울산)

구 분	LMC포장균열 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	비고
S1	-	-	
S2	-	-	
S3	-	-	
S4	30.00/1	-	
S5	50.00/1	-	
S6	50.00/1	-	
S7	10.00/2	-	
S8	-	-	
S9	-	-	
S10	-	-	
S11	-	-	
S12	-	-	
S13	-	-	
S14	-	-	
S15	-	-	
S16	-	-	
S17	-	-	
S18	-	-	
S19	-	1.44/1	
S20	-	-	
S21	-	-	
S22	6.00/1	5.50/1	
합 계	**146.00/6**	**6.94/2**	

	
S4 LMC포장균열(Cw=0.3/L=30.0m)	S5 LMC포장균열(Cw=0.3/L=50.0m)
	
S6 LMC포장균열(Cw=0.3/L=50.0m)	S7 LMC포장균열(Cw=0.3/L=5.0m)
	
S7 LMC포장균열(Cw=0.3/L=5.0m)	S22 LMC포장균열(Cw=0.5/L=6.0m)

【사진 3.27】 교면포장 손상현황(울산)

	
S19 망상균열(A=1.2×1.2=1.44㎡)	S22 망상균열(A=1.0×5.5=5.50㎡)

【사진 3.27】교면포장 손상현황(울산)(계속)

다. 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 교면포장에 대한 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석 결과, 기 진단이후 실시한 정밀점검에서 교면차로에서 LMC포장 균열의 손상물량이 일부 증가된 것으로 확인되었으며, 금회 추가로 LMC포장균열, 망상균열이 조사되었다.
- 또한 기 진단이후 포장파손에 대해 보수가 시행된 것으로 확인되었으며, 추가 조사된 손상으로 인해 교면포장에 대한 전반적인 손상물량은 증・감이 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.47】교면포장 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
LMC포장 균열	m	-	66.00	146.00	▲ 146.00
망상균열	㎡	-	-	6.94	▲ 6.94
포장파손	㎡	28.00	-	-	▼ 28.00



【그림 3.15】교면포장 기 진단 결과와의 비교(울산)

라. 손상발생 원인분석 및 검토의견

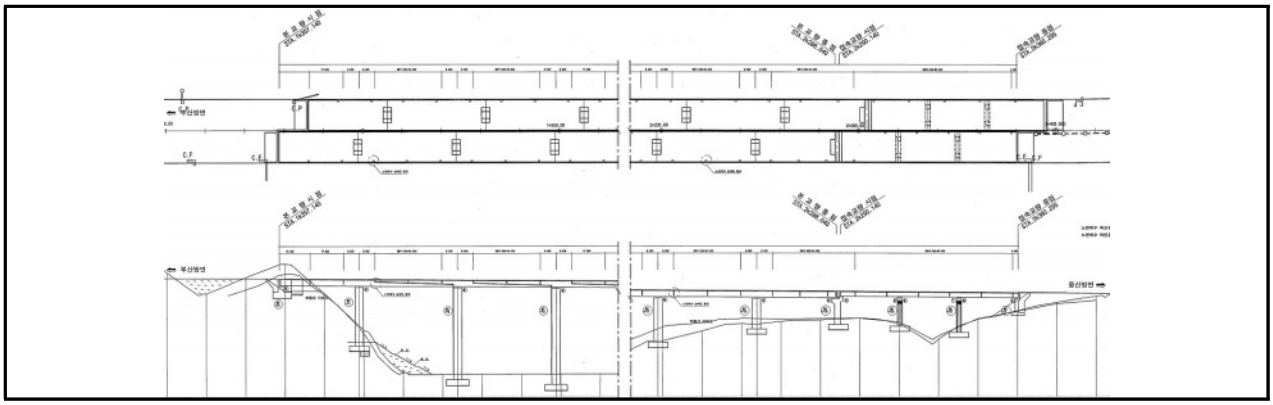
- LMC포장의 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축 및 온도변화, 공용중 통행 차량의 반복하중, 품질관리 미흡, 재료적 특성 등에 의해 빈번하게 발생되며, 균열의 경우, 차량의 주행에 미치는 영향 및 균열보수 시 보수효과가 작은 점, 동일위치로 바닥판 하면의 누수, 백태와 같은 2차 손상이 없는 점 등을 고려해 볼 때, 당장의 부분적 보수는 비효율적이라 판단된다. 따라서, 정기적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하고, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시함이 효율적일 것으로 판단된다.
- 교면포장은 3차로 중 3차로(1개 차로)를 차단한 후, 근접 육안조사로 외관조사를 실시하였다. 조사결과, LMC포장 균열, 망상균열, 파손 등이 조사되었으며 안전성 및 주행성을 저해시킬만한 손상은 조사되지 않았다. 추후, 구조물의 안전성 및 주행성이 우려될만한 손상이 발생될 경우, 한국도로공사에서 실시하는 고속도로 포장상태 평가지수(HPCI) 활용, 교차 차단 및 드론촬영을 통한 영상분석 등을 활용하는 방안도 고려될 필요가 있다.

3.2.7 기타부재

가. 배수시설

1) 개요

- 배수시설은 우수 유입에 따른 교면의 체수 및 열화를 예방하기 위해 종단구배 -0.6767%, 횡단구배 -2.000%로 물흐름에 의거하여 교면포장의 우측(A1기준)에 시공되어 있다. 각각의 경간 상부에 설치된 집수구를 통하여 STEEL Pipe(φ165㎜) 배수관을 따라 하부로 배수되도록 설치되어 있으며, 배수구 상단에는 관내의 이물질 유입을 방지하기 위한 그레이팅 덮개가 설치되어 있다.
- STEEL Pipe(φ165) 배수관은 바람 등에 의해 이동, 탈락되는 것을 방지하기 위하여 상·하부구조에 고정하여 설치되어 있고 배수관은 교대 및 교각 하면에 위치한 배수로까지 연장하여 배수관을 통한 우수유출로 인해 발생될 수 있는 침식 및 세굴을 방지하였다.



【그림 3.16】 배수시설 위치도(울산)

	
배수구 전경	상부 하천형 배수관 전경
	
상부 육교형 배수관 전경	하부 배수관 전경

【사진 3.28】 배수시설 전경(울산)

2) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 육교형 배수관의 지지 및 체결상태는 전반적으로 양호한 것으로 확인되었으며, 배수관 연결부에서도 누수 및 용접불량 등이 조사되지 않은 상태이다. 다만, 배수관 손상으로 배수관 탈락 2개소 및 배수관 파손 1개소, 배수관 위치불량 1개소가 조사되었으며, 지지대 손상으로 지지대 파손 1개소 및 지지대 볼트 풀림 1개소가 국부적으로 확인되었다.
- 또한 교면부에 설치된 배수구는 정상적으로 설치되어 있는 것으로 조사되었으며, 배수구 막힘 및 노면체수 등의 손상이 발생하지 않은 비교적 양호한 상태이다.

【표 3.48】배수시설 외관조사 결과(울산)

구 분	배수관 탈락 (개소/개소)	배수관 파손 (개소/개소)	배수관 위치불량 (개소/개소)	지지대 파손 (개소/개소)	지지대 볼트 풀림 (개소/개소)	비고
S1	-	-	-	-	-	
S2	-	-	-	-	-	
S3	-	-	-	-	-	
S4	-	-	-	-	-	
S5	-	-	-	-	-	
S6	-	-	-	-	-	
S7	-	-	-	-	-	
S8	-	1/1	-	-	-	
S9	-	-	-	-	-	
S10	-	-	-	-	-	
S11	-	-	-	-	-	
S12	-	-	-	-	-	
S13	-	-	-	1/1	-	
S14	1/1	-	1/1	-	-	
S15	-	-	-	-	-	
S16	1/1	-	-	-	-	
S17	-	-	-	-	-	
S18	-	-	-	-	1/1	
S19	-	-	-	-	-	
S20	-	-	-	-	-	
S21	-	-	-	-	-	
S22	-	-	-	-	-	
합 계	2/2	1/1	1/1	1/1	1/1	

	
S14 배수관 위치불량	S14 배수관 탈락
	
S16 배수관 탈락	S8 배수관 파손
	
S18 지지대 볼트풀림	S13 지지대 파손

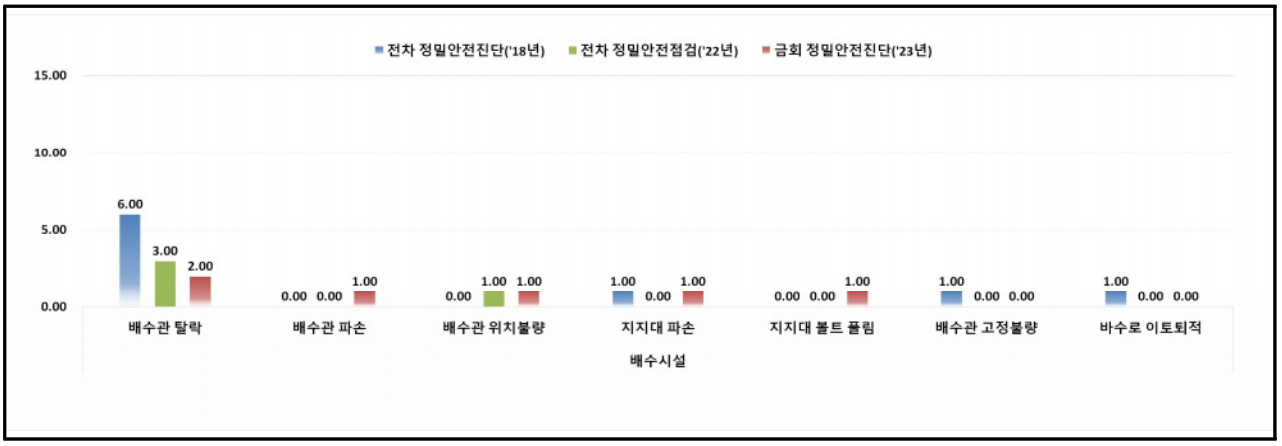
【사진 3.29】 배수시설 손상현황(울산)

3) 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 기 진단(18년) 실시이후 FMS 유지관리이력에는 없으나, 배수관 탈락 및 배수관 고정불량, 배수로 이토 퇴적이 일부 보수된 것으로 확인되었고, 기 진단이후 배수관 파손 및 배수관 위치불량, 지지대 볼트 풀림 손상이 추가 조사되어 배수시설에 전반적인 손상물량의 증・감이 발생한 것으로 분석되었다.

【표 3.49】배수시설 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
배수관 탈락	개소	6	3	2	▼ 4
배수관 파손	개소	-	-	1	▲ 1
배수관 위치불량	개소	-	1	1	▲ 1
지지대 파손	개소	1	-	1	- -
지지대 볼트 풀림	개소	-	-	1	▲ 1
배수관 고정불량	개소	1	-	-	▼ 1
배수로 이토퇴적	개소	1	-	-	▼ 1



【그림 3.17】배수시설 기 진단 결과와의 비교(울산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 배수관 탈락 손상은 하천형 배수관에서 2개소 조사되었으며, 공용중 노후화 및 설치미흡에 의해 탈락된 것으로 판단된다. 우기시 노면수 영향으로 콘크리트 열화 발생 등의 2차 손상을 야기시킬수 있으므로 보수계획에 맞춰 배수관 재설치하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

- 배수관 파손은 S8경간 캔틸레버 접합부에서 조사되었으며, 외력에 의한 일부구간 파손으로 인해 접합이 밀실하지 않아 배수시 누수될 것으로 판단되므로 재설치를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

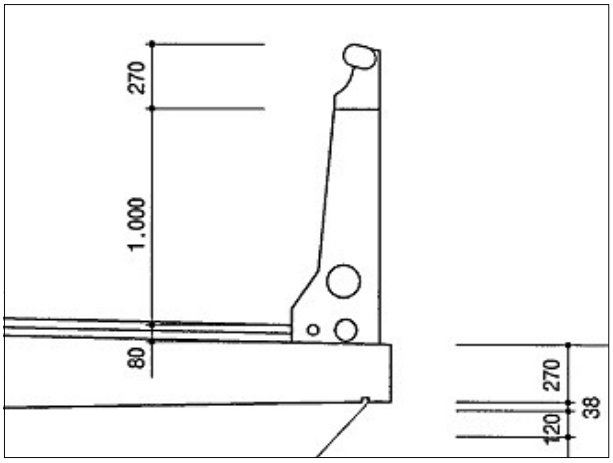
- 배수시설 위치설계 및 시공미흡으로 S14경간에서 배수관 위치가 부적절한 것으로 조사되었으며, 이로인해 교각 콘크리트 부재의 표면오염, 점검통로 발판 이물질 퇴적 등의 손상을 야기하고 있어 배수시설에 대해 재설치 및 배수관 철거 등의 보수가 필요하다.

- 하부로 연결되는 배수관의 고정을위해 거더 측면에 설치된 지지대에서 파손 및 볼트 풀림 손상이 조사되었다. 배수관의 고정상태는 양호한 것으로 조사되었으나, 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

나. 난간 및 연석(방호벽, 방음벽)

1) 개요

- 교면상부 좌·우측에 통행차량의 차도 이탈방지, 사고 시 완충작용 등을 위하여 철근콘크리트 방호벽(h=1.08m)이 시공되어 있으며, 좌측 방호벽 상단은 알루미늄 난간(H=0.27m) 및 방음벽(h=1.00m)이 설치되어 있는 것으로 확인되었다. 또한, 차량충돌에 의한 파손 및 재료적인 열화가 발생될 경우 주행차량의 불안감 및 차량충돌시 안전성 미확보가 우려되므로 주의깊게 점검을 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>종점부 방호벽 전경</td><td>방호벽 단면도</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>시점부 중앙분리대 전경</td><td>방음벽 전경</td></tr>
</table>

【사진 3.30】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 전경(울산)

2) 외관조사 결과

- 난간 및 연석(방호벽, 방음벽)에 대한 외관조사 결과, 사용성과 기능성 및 급격한 내구성을 저하시키는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 방호벽에서 균열 및 망상균열, 백태, 긁힘, 박락, 철근노출 등의 손상이 조사되었고, 방호벽 일부 상단부에 설치되어 있는 안전난간에서 난간긁힘과 난간번형이 각각 1개소씩 조사되었다.

【표 3.50】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 외관조사 결과(울산)

구 분	균열(cw=0.3mm미만) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	긁힘 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	비고
S1	-	-	-	-	-	
S2	-	-	-	-	-	
S3	0.40/1	-	0.02/1	-	-	
S4	2.00/1	0.48/1	-	-	-	
S5	-	-	-	-	-	
S6	5.00/6	-	0.06/1	-	-	
S7	1.50/1	-	-	-	-	
S8	10.00/2	-	-	-	-	
S9	22.20/5	-	-	-	-	
S10	0.50/1	-	-	-	-	
S11	1.20/2	-	-	-	-	
S12	-	-	-	5.00/1	-	
S13	0.60/1	-	-	0.90/1	-	
S14	2.40/4	-	-	-	-	
S15	2.00/4	-	-	-	-	
S16	-	-	-	-	-	
S17	-	-	-	-	-	
S18	7.80/7	-	-	-	-	
S19	-	-	-	-	-	
S20	-	-	-	-	0.15/1	
S21	-	-	-	-	-	
S22	2.60/2	-	-	-	0.78/1	
합 계	**58.20/37**	**0.48/1**	**0.08/2**	**5.90/2**	**0.93/2**	

【표 3.50】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 외관조사 결과(울산)(계속)

구 분	파손 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	난간긁힘 (m/개소)	난간변형 (m/개소)	-	비고
S1	0.22/1	-	-	-	-	
S2	-	-	-	-	-	
S3	-	-	10.00/1	-	-	
S4	0.01/1	-	-	-	-	
S5	0.03/1	-	-	-	-	
S6	-	0.01/1	-	-	-	
S7	-	0.01/1	-	-	-	
S8	-	-	-	-	-	
S9	0.02/1	-	-	-	-	
S10	0.01/1	-	-	-	-	
S11	0.02/1	0.03/1	-	-	-	
S12	-	-	-	-	-	
S13	0.02/1	-	-	-	-	
S14	-	0.08/1	-	-	-	
S15	-	0.13/2	-	-	-	
S16	-	-	-	-	-	
S17	-	-	-	6.00/1	-	
S18	0.02/1	-	-	-	-	
S19	0.04/1	-	-	-	-	
S20	-	0.54/3	-	-	-	
S21	-	-	-	-	-	
S22	-	-	-	-	-	
합 계	**0.39/9**	**0.80/9**	**10.00/1**	**6.00/1**	-	

	
S3 방호벽 균열(Cw=0.2/L=0.4m)	S4 방호벽 균열(Cw=0.1/L=2.0m)
	
S7 방호벽 균열(Cw=0.2/L=1.5m)	S6 방호벽 균열(Cw=0.1/L=0.6m)
	
S6 방호벽 균열(Cw=0.1/L=0.4m)	S6 방호벽 균열(Cw=0.1/L=0.8m)

【사진 3.31】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(울산)

	
S9 중앙분리대 균열(Cw=0.2/L=6.0m)	S9 중앙분리대 균열(Cw=0.2/L=10.0m)
	
S12 중앙분리대 긁힘(A=5.0×1.0=5.00㎡)	S13 중앙분리대 긁힘(A=0.3×3.0=0.90㎡)
	
S3 방호벽 난간긁힘(L=10.0m)	S17 방호벽 난간변형(L=6.0m)

【사진 3.31】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(울산)(계속)

	
S4 방호벽 망상균열(A=0.6×0.8=0.48㎡)	S20 방호벽 박락(A=0.5×0.3=0.15㎡)
	
S3 방호벽 백태(A=0.1×0.2=0.02㎡)	S6 백태(A=0.1×0.6=0.06㎡)
	
S6 방호벽 철근노출(A=0.1×0.1=0.01㎡)	S7 방호벽 철근노출(A=0.1×0.1=0.01㎡)

【사진 3.31】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(울산)(계속)

	
S11 방호벽 철근노출(A=0.3×0.1=0.03㎡)	S14 방호벽 철근노출(A=0.8×0.1=0.08㎡)
	
S15 방호벽 철근노출(A=1.0×0.1=0.10㎡)	S15 방호벽 철근노출(A=0.3×0.1=0.03㎡)
	
S20 방호벽 철근노출(A=0.1×5.0=0.50㎡)	S20 방호벽 철근노출(A=0.2×0.1=0.04㎡)

【사진 3.31】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(울산)(계속)

	
S4 방호벽 파손(A=0.1×0.1=0.01㎡)	S5 방호벽 파손(A=0.1×0.3=0.03㎡)
	
S9 방호벽 파손(A=0.2×0.1=0.02㎡)	S10 방호벽 파손(A=0.1×0.1=0.01㎡)
	
S11 방호벽 파손(A=0.2×0.10=0.02㎡)	S13 방호벽 파손(A=0.2×0.1=0.02㎡)

【사진 3.31】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(울산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 기 진단(18년) 점검결과 비교시 방호벽에 대해 “구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사(2019.09.18.~2019.12.31.)” 를 통해 균열 등에 대해 손상 일부가 주입보수 및 표면보수된 것으로 확인되었으며, 보수상태는 재손상이 발생하지 않은 전반적으로 양호한 상태이다.



회야대교(울산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2019년 09월 18일 ~ 2019년 12월 31일
관련점검진단	정밀안전진단(2018-08-16 ~ 2018-12-31)	계약방법	제한경쟁
설계자	이효찬	시공자	CS청산건설㈜
책임기술자	이건수	공사감독	이효찬
부위	거더, 교량받침, 신축이음장치, 난간방호벽		
공사내역	볼트 재체결, 재도장, 주입보수, 방수재 주입, 차수판설치, 표면처리		
공사비	6,992천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	손동영	작성일	2020-04-08
승인상태	승인완료		

공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
거더		볼트 재체결	8	EA	47
교량받침		재도장(부분, 전면 등)	16.72	m²	1,126
교량받침		주입보수	0.19	m²	75
신축이음		주입보수	31.4	m	4,513
신축이음		차수판설치	1	EA	733
방호벽		표면처리공법	5.3	m²	272
방호벽		주입보수	0.38	m²	150
방호벽		표면처리공법	1.1	m	76

수정요청 | 결재이력 | 목록

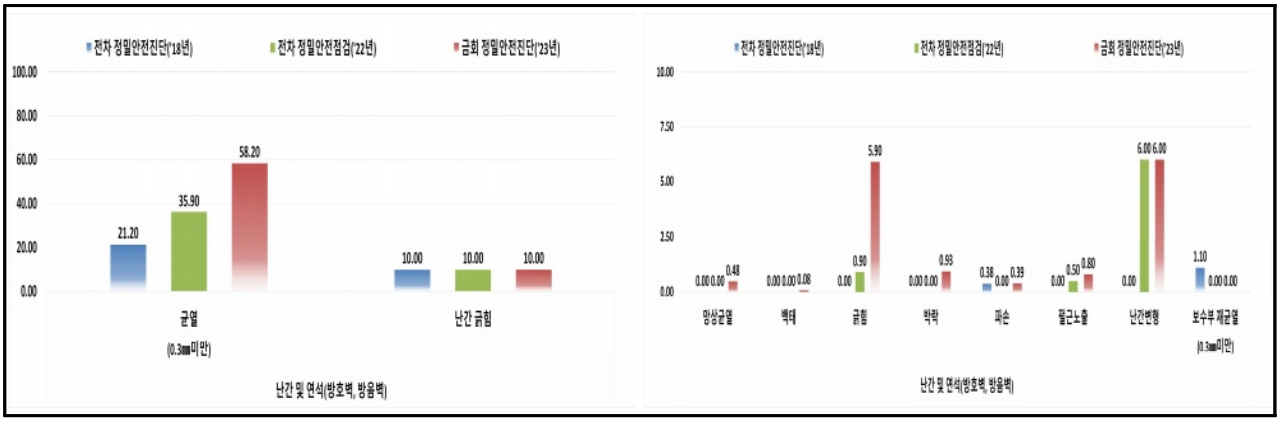
- 또한 기 진단이후 점검시와 금회 진단시 균열(cw=0.3mm미만), 망상균열, 백태, 긁힘, 박락, 파손, 철근노출 등이 추가로 조사되었으며, 일부 균열의 보수로 인해 난간 및 연석(방호벽, 방음벽)에 전반적인 손상물량은 증・감이 발생한 것으로 분석되었다.



S9 중앙분리대 균열(Cw=0.2/L=6.0m)

【표 3.51】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 기 진단 결과와의 비교(울산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	21.20	35.90	58.20	▲ 37.00
망상균열	m	-	-	0.48	▲ 0.48
백태	㎡	-	-	0.08	▲ 0.08
긁힘	㎡	-	0.90	5.90	▲ 5.90
박락	㎡	-	-	0.93	▲ 0.93
파손	㎡	0.38	-	0.39	▲ 0.01
철근노출	㎡	-	0.50	0.80	▲ 0.80
난간긁힘	m	10.00	10.00	10.00	- -
난간변형	m	-	6.00	6.00	▲ 6.00
균열(cw=0.3mm이상)	m	1.10	-	-	▼ 1.10



【그림 3.18】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 기 진단 결과와의 비교(울산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 방호벽에 발생된 균열의 형태는 수직균열과 타설이음부에 발생한 수평균열, 일부는 매입철근 부식에 의한 균열, 규칙성없는 망상균열로 확인되었다. 온도변화 및 건조수축, 바닥판과의 구속응력의 기인한 비구조적 균열이며, 공용중 통행차량의 진동에 의해 일부 균열들은 다소 진전된 것으로 조사되었다. 따라서 내구성 저하 방지를 위해 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 방호벽 내측 발생된 철근노출 및 박락은 매입철근의 콘크리트 피복두께 미확보 등 시공불량 및 품질관리 미흡에 의한 손상으로 일부 철근노출은 노출된 철근표면에 부식이 진행된 상태이다. 따라서 내구성 저하방지를 위한 단면보수(방청)이 요구되며, 박락은 철근부식의 진행은 없는 것으로 확인되었으나, 추후 철근의 부식으로 인한 추가손상을 방지하기 위해 제거 후 방청을 통한 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 방호벽에서 조사된 콘크리트 긁힘 및 파손은 공용중 주행차량의 추돌 및 부속시설물 설치작업중 외력에 의한 손상으로 판단되며, 손상규모는 비교적 경미한 상태로 지속적인 점검을 통한 주의관찰이 필요하다.
- 방호벽 내·외측에서 조사된 백태는 우수접촉에 의한 것으로 손상규모는 비교적 경미하나. 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 방호벽 상단에 설치된 난간에 발생된 난간긁힘 및 난간변형은 공용중 주행차량의 추돌에 의한 손상으로 판단되며, 손상 발생규모는 비교적 경미한 상태로 지속적인 점검을 통한 주의관찰이 요구된다.
- 그 외 부착시설물은 양호한 것으로 조사되었다.

3.2.8 공중이 이용하는 부위

가. 개요

- 세부지침 개정('21. 12)으로 인해 "공중이 이용하는 부위"가 진단대상에 포함되었으며, 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 공중이 이용하는 부위에 속한다. 추락방지시설(난간 및 연석), 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개는 교량의 부재와 중복되어 해당부재에 조사결과를 기술하였고 추락방지시설 중에서 점검시설에 대한 조사결과는 본 절에 수록하였다.

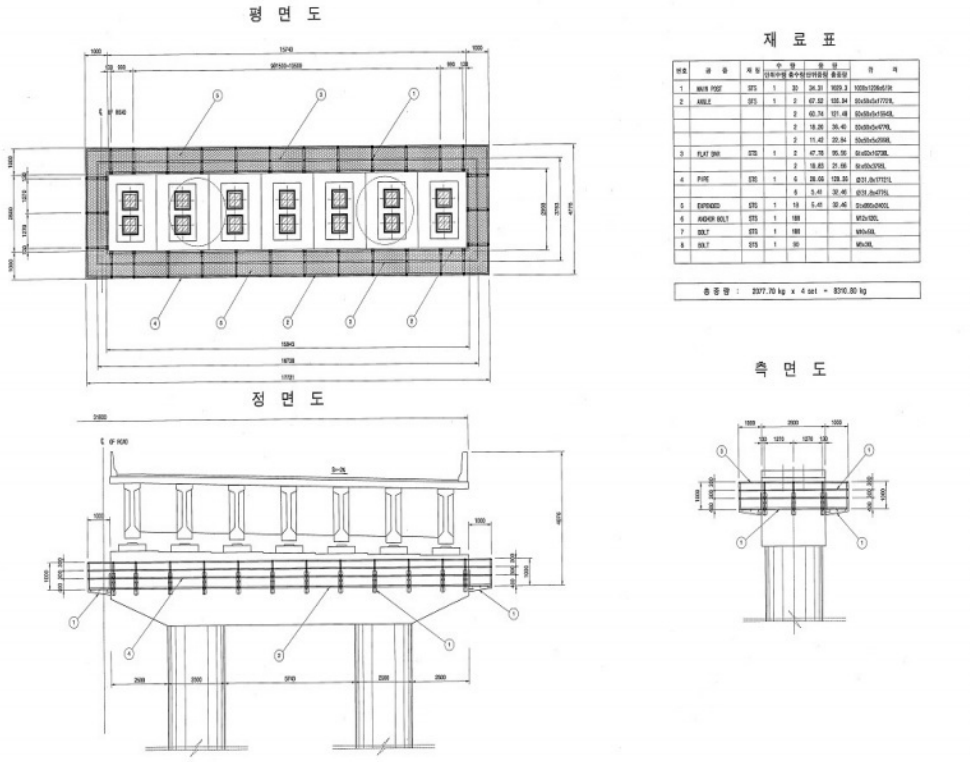
나. 추락방지시설(점검시설)

1) 개요

- 회야대교(울산)의 고정식 점검시설은 교각 P1~P21에 총 21개소가 설치되어 있으며 출입시설은 일반적인 수직형이 설치되어 있는 것으로 확인되었다. 또한, 교각에 설치된 점검통로는 지지브라켓으로 고정되어 있으며, 각 브라켓 당 Φ19 Set앵커 6개씩이 설치된 것으로 설계·시공된 것으로 확인되었다.
- 본 구조물의 추락방지시설은 난간 및 연석(방호벽), 점검시설이 해당되며, 전술한 바와 같이 방호벽은 교량부재의 중복으로 인해 해당내용은 상위절에 수록하였으므로, 본 장에는 점검시설에 대한 외관조사 결과를 수록하였다.
- 점검시설의 출입시설은 수직형 점검사다리가 설치되어 있으며, 금회 앵커매입 깊이, 용접상태 등 안전성과 결부된 손상발생 유무를 주안점으로 조사하였다.

【표 3.52】 고정식 점검시설 설치현황(울산)

구 분	점검시설 설치여부	점검시설 현황
P1~P21	○	고정식 점검시설(점검통로)





점검시설 전경



점검시설 전경



점검사다리 전경



점검시설 볼트체결 전경



점검시설 볼트체결 전경



점검시설 제원측정 전경

2) 외관조사 결과

- 점검시설 외관조사결과 구조물과의 결속상태, 부재간의 체결상태 등은 견고하게 설치된 것으로 조사되었으나, 외부 충격 등 외력에 의한 점검로 변형 및 수직출입구 파손이 각각 1개소씩 조사되었다.

<table>
<tr><td>  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>P10 점검로변형 (A=0.2×0.2=0.04㎡)</td><td>S4 수직출입구 파손</td></tr>
</table>

3) 검토의견

- 금회진단결과 및 보수·보상 이력 검토결과 점검시설의 관리는 적절하게 이루어지고 있는 것으로 판단되며, 조사된 손상은 원활한 유지관리를 위해 보수가 필요하다.



회야대교(울산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청을 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2022년 01월 03일 ~ 2022년 11월 30일
관련점검진단	정기안전점검(2022-05-13 ~ 2022-06-15)	계약방법	제한경쟁
설계자	-	시공자	진양건설(주)
책임기술자	이재명	공사감독	강훈길
부위	A1		
공사내역	교량점검시설 출입문 보수		
공사비	4,000천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	김진석	작성일	2022-12-23
승인상태	승인완료		

공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
A1지점 -점검시설	교대A1	교체	1	개소	4,000

수정요청 | 결재이력 | 목록

- 또한 시설물 유지관리에 있어 작업자의 편의 및 안전사고 방지를 위해서는 해당시설물에 대한 주기적인 점검 및 일상적인 관리가 요구된다.

다. 도로포장

- 도로포장은 “교면포장”에 기술하였으며, 포장균열 및 LMC포장균열 및 망상균열이 국부적으로 발생하였다. 전반적으로 주행성에 영향을 미칠만한 손상정도는 아니나, 지속적인 주의관찰이 필요한 상태이다.

라. 도로부 신축이음부

- 도로부 신축이음부는 “신축이음장치”에 결과를 기술하였으며, 전반적으로 양호한 상태이나, 후타재 균열 및 망상균열, 후타재 파손, 유간 토사퇴적의 손상이 발생한 상태로, 지속적인 주의관찰과 유간청소가 필요한 상태이다.

마. 환기구 등의 덮개

- 환기구 등의 덮개는 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량구간에 설치된 덮개를 말하며, 본 교량은 거더내부 출입문, 신축이음부 차수덮개판이 이에 해당된다. 따라서, 시설물의 출입문은 “상부구조”에 기술하였으며, 차수덮개판은 “신축이음장치”에 결과를 기술하였다. 금회 외관조사 결과, 경미한 수직 출입문 파손과 차수판 너트 및 볼트 탈락이 국부적으로 조사되었다. 출입문 파손은 공용중 외력에 의해 발생한 것으로 판단되며, 너트 및 볼트 탈락은 체결미흡 및 차량통행에 따른 지속적인 진동발생에 의해 발생한 것으로 판단된다. 출입문 파손과 차수판 너트 및 볼트 탈락 손상은 보수계획에 맞춰 재설치 및 재체결을 실시한 후 지속적인 주의관찰이 필요하다.

3.2.9 교량의 공중이용시설 유해・위험요인(10대) 위험요소 점검결과

가. 개요

- 공중이용시설의 중대시민재해 유발 가능성이 높은 유해・위험요소를 선정하여 집중관리함으로써 국민의 안전을 도모한다.

【표 3.53】 공중이용시설 10대 위험요소(울산)

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	

나. 외관조사 결과

- 본 과업대상 회야대교(울산)은 울산광역시 울주군 청량읍에 위치하며 회야강(S7~S10)과 양천3길(S6) 및 대복동천로(S11)를 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, 배수관 낙하사고에 해당되는 배수관 탈락 2개소는 통행차량 및 통행인 이용하지 않는 회야강 하천구간 및 나대지이며, 이미 배수관이 탈락된 상태로 중대시민재해 사고가 우려되는 이상징후는 발견되지 않아 중대한 결함은 없는 것으로 확인되었다.
- 점검일 현재는 중대결함이 없는 비교적 양호한 상태이지만 향후, 소형결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방차원의 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	-	



교각 상태양호



중분대 상태양호




배수관 고정상태 양호




신축이음 상태양호




교면포장 상태양호

교량 집수구 상태양호

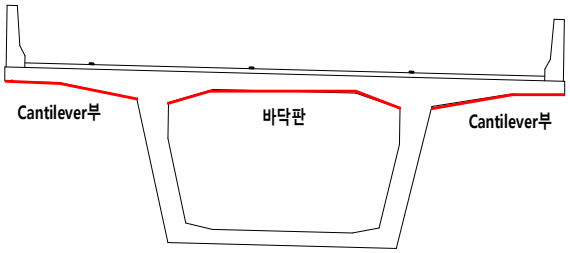
3.3 외관조사(부산)

3.3.1 상부구조

가. 바닥판

1) 개요

- 바닥판은 활하중을 지지하고 하중을 거더로 전달하는 역할을 하며, 거더와 결합하여 구조물의 강성을 확보하는 기능을 한다.
- 회야대교(부산)의 바닥판은 PSC Box 내부 상부플랜지와 PSC Beam구간의 상부 바닥판으로 구성되어 있다. PSC Box의 상·하부 플랜지와 복부판은 일체가 되어 거더로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부 플랜지는 바닥판으로 분류하여 상태평가를 수행하도록 명시하고 있어, 금회 정밀안전진단에서는 상부 플랜지를 바닥판으로 구분하여 PSC Beam 구간의 바닥판과 같이 외관조사를 실시하였다.
- 바닥판 하면에 대한 조사는 근접장비(교량점검차) 및 교각 점검로, PSC Box 내부 진입을 통한 도보조사를 이용하여 실시하였다.

<table>
<tr><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td>바닥판(상부플랜지) 세부 명칭</td><td>PSC Box구간 바닥판 캔틸레버 전경</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>PSC Box 내부 바닥판 전경</td><td>PSC Box구간 바닥판 조사전경</td></tr>
</table>

【사진 3.32】PSC Box구간 바닥판 전경(부산)

	
PSC Beam 거더구간 바닥판 전경	PSC Beam 거더구간 캔틸레버 전경

【사진 3.33】PSC Beam 거더구간 바닥판 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 바닥판 하면에 대한 외관조사 결과, 하중의 증가 및 내하력 저하에 따른 구조적 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었으며, 금회 상세조사를 통해 조사된 손상은 재료적 특성, 환경요인에 의해 발생된 비구조적 손상이 대부분인 것으로 확인되었다.
- 주요손상으로는 균열(cw=0.3mm미만), 균열부 백태, 망상균열이 조사되었으며, 거더 내부 상부플랜지에 종방향 균열이 일부 경간에 걸쳐 발생된 것으로 분석되었다. 또한 대부분의 균열은 폭 0.2㎜이하의 연속성이 없는 단속적 균열로 확인되었다.

【표 3.54】바닥판 하면 외관조사 결과(부산)

구 분		균열(cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열부 백태(cw=0.3mm미만) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	비고
PSCB	S1	16.00/8	-	-	
	S2	12.00/4	-	-	
	S3	8.00/2	-	-	
	S4	2.00/2	-	-	
	S5	1.00/1	-	-	
	S6	7.00/2	-	-	
	S7	-	-	-	
	S8	9.00/3	-	-	
	S9	-	-	-	
	S10	-	-	-	
	S11	13.00/1	-	-	
	S12	5.00/2	-	-	
	S13	15.00/5	-	-	
	S14	24.50/6	-	-	
	S15	12.50/2	-	-	
	S16	12.00/4	-	-	
	S17	12.00/4	-	-	
	S18	-	-	-	
	S19	21.50/14	-	18.00/2	

【표 3.54】바닥판 하면 외관조사 결과(부산)(계속)

구 분		균열(cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열부 백태(cw=0.3mm미만) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	비고
PSCI	S20	-	2.50/1	-	
	S21	-	-	-	
	S22	-	-	-	
합 계		170.50/60	2.50/1	18.00/2	
구 분		백태 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	거푸집미제거 (개소/개소)	비고
PSCB	S1	0.06/1	-	-	
	S2	1.60/2	-	-	
	S3	0.20/3	-	-	
	S4	0.20/1	-	-	
	S5	-	-	-	
	S6	-	-	-	
	S7	-	-	-	
	S8	-	-	-	
	S9	0.06/1	-	-	
	S10	-	-	-	
	S11	0.10/1	-	1/1	
	S12	0.02/1	-	-	
	S13	0.22/3	-	-	
	S14	-	-	-	
	S15	-	-	-	
	S16	0.10/3	-	-	
	S17	-	-	-	
	S18	-	-	-	
	S19	-	-	-	
PSCI	S20	-	0.40/1	-	
	S21	-	-	-	
	S22	-	-	-	
합 계		2.56/16	0.40/1	1/1	

	
S1내부 바닥판 균열(Cw=0.2/L=2.0m)	S2내부 바닥판 균열(Cw=0.2/L=3.0m)
	
S19내부 바닥판 균열(Cw=0.2/L=1.5m)	S12내부 바닥판 균열(Cw=0.2/L=2.0m)
	
S14내부 바닥판 균열(Cw=0.2/L=3.0m)	S15내부 바닥판 균열(Cw=0.1/L=10.m)

【사진 3.34】PSC Box구간 바닥판 손상현황(부산)

	
S1 캔틸레버 균열(Cw=0.2/L=5.0m)	S4 캔틸레버 균열(Cw=0.2/L=1.0m)
	
S19 캔틸레버 망상균열(A=3.0×5.0=15.00m^2)	S16 캔틸레버 백태(A=0.4×0.1=0.04m^2)
	
S16 캔틸레버 백태(A=0.2×0.1=0.02m^2)	S11 캔틸레버 거푸집미제거(1개소)

【사진 3.34】PSC Box구간 바닥판 손상현황(부산)(계속)

	
S20 파손(A=0.2×2.0=0.40m²)	S20 균열부 백태(Cw=0.1/L=2.5m)

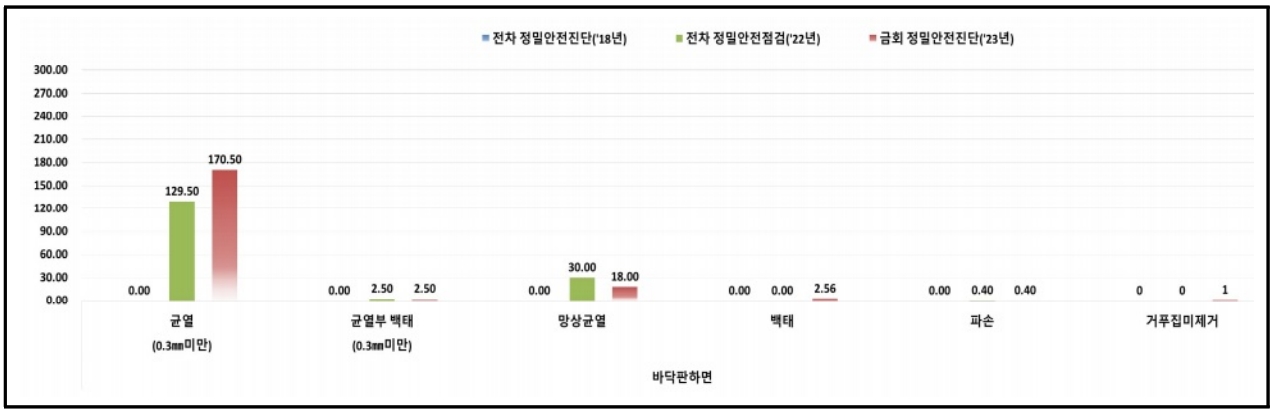
【사진 3.34】PSC Beam구간 바닥판 손상현황(부산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 바닥판에 대한 기 진단 결과와의 비교 결과, 균열 및 백태, 단면손상 등 손상물량 전 개소 신규 조사되었으며, 균열(cw=0.3mm미만)의 손상물량이 다소 증가된 것으로 확인되었다. 이는 구조물에 발생된 균열의 형상, 발생위치 등을 고려할 때 대부분이 시공시 경화과정에서 발생한 미세균열로서 금회 상세조사 및 점검자의 주관적 견해 차이에 의한 것으로 판단된다.

【표 3.55】바닥판 하면 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	-	129.50	170.50	▲ 170.50
균열부 백태 (cw=0.3mm미만)	m	-	2.50	2.50	▲ 2.50
망상균열	㎡	-	30.00	18.00	▲ 18.00
백태	㎡	-	-	2.56	▲ 2.56
파손	㎡	-	0.40	0.40	▲ 0.40
거푸집미제거	개소	-	-	1	▲ 1



【그림 3.19】바닥판 하면 기 진단 결과와의 비교(부산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 박스 내부 상부플랜지 하면에 발생한 종방향 균열은 일부 경간에 걸쳐 분포하고 있는 것으로 확인되었다. 조사된 균열은 대부분 폭 0.2㎜ 이하의 미세균열로서 시공초기 온도응력 및 건조수축에 의한 비구조적인 균열로 판단된다. 세그먼트 연결부(시공이음부)에서 발생한 일부 균열은 세그먼트 이어치기시 새로 타설한 콘크리트 수축이 구콘크리트에 구속되어 발생된 균열로 판단되며, 표면보수를 시행 후 지속적인 관찰이 요구된다.
- 또한 캔틸레부에서 조사된 균열 및 망상균열은 특별한 방향성이 없으며, 온도변화 및 건조수축 등 콘크리트 성질에 기인해 발생된 비구조적 손상으로 표면보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3.56】시간경과에 따른 균열 발생도(부산)

<table>
<tr><th>발생시기
원인</th><th>타설후 수시간</th><th>수시간~1일</th><th>타설후수일</th><th>타설후 수10일</th><th>시공후 수개월</th><th>수년~</th></tr>
<tr><td>하중·외력의 작용</td><td colspan="2"></td><td colspan="4">하중작용의 재하조건에 의한 균열</td></tr>
<tr><td rowspan="3">수 축</td><td>소성수축균열</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">경화수축균열</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="3">단기건조수축균열</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">온 도 변 화</td><td colspan="2">온도균열(시멘트의 수화열)</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td colspan="2">온도균열
(자연조건에 따른 온도변화)</td></tr>
<tr><td>콘크리트의 분리</td><td>침하균열</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>철근의 부식
화학반응</td><td colspan="5"></td><td>환경조건에
의함</td></tr>
</table>

주1) 소성수축균열 : 타설직후 물증발 속도가 블리딩 속도보다 빠른 경우에 발생되는 균열
주2) 경화수축균열 : 수화반응에 의해 체적이 감소되어 발생되는 균열
주3) 단기건조수축균열 : 양생초기 콘크리트내 수분의 빠른 증발로 발생되는 균열
주4) 장기건조수축균열 : 콘크리트 구조물의 장기적인 수분증발에 의해 발생되는 균열(보통 10년 이상 진행되며, 콘크리트 탄산화에 의해서도 건조수축과 마찬가지로 탄산수축이 발생됨)
주5) 불규칙한 그물형태의 표면 망상균열은 콘크리트의 소성수축·경화수축·단기건조수축 모두에서 발생될 수 있음.

- 백태는 일반적으로 수화반응 초기에 비결정성 수산화칼슘이 수분에 용해되어 표면에 퇴적되는 초기백태와 공기 중 이산화탄소와 수산화칼슘이 반응하여 석회석을 생성하면서 물에 용해되는 후기백태로 구분된다. 금회 조사된 손상은 후기백태에 해당되는 것으로 시공초기 방수층의 시공미흡, 공용년수 증가에 따른 열화 등으로 인해 발생된 손상으로 판단되며, 손상규모는 비교적 경미하나, 내구성 확보 및 원활한 유지관리를 위해 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 단면손상으로 파손이 1개소 PSC Beam구간 신축이음구간 단부에서 조사되었으며, 2022년 신축이음장치 교체 시 블록아웃에 의해 발생된 것으로 판단된다. 발생규모는 비교적 경미하나, 내구성 저하 방지를 위해 단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

나. PSC Box 거더

1) 개요

- 회야대교(부산)는 연속압출공법(ILM, Incremental Launching Method)으로 시공된 교량으며, 상부 구조물을 주형 제작장에서 제작하여 교축방향으로 압출하여 시공되었다.
- PSC Box 거더는 연장 940.0m(45.0+17@50.0+45.0)에 19경간(S1~S19)으로 시공되어 있으며, PSC Box는 U형 단면에서 상부플랜지를 폐합하고 복부 외측으로 캔틸레버부를 형성시켜 단면 중립축을 상부로 이동시킴에 따라 거더 상·하부 응력값을 최적화하여 단면효율을 극대화 시킨 BOX형 프리스트레스 콘크리트 거더교이다.
- PSC Box 거더는 좌, 우측 복부(WEB)와 하부플랜지를 거더부재로 분류하였고, 내부는 도보를 통한 조사를 시행하였으며, 외부는 교량점검차 및 점검로를 이용하여 근접 접근을 통한 조사를 시행하였다.



박스 외부 전경



박스 외부 조사 전경

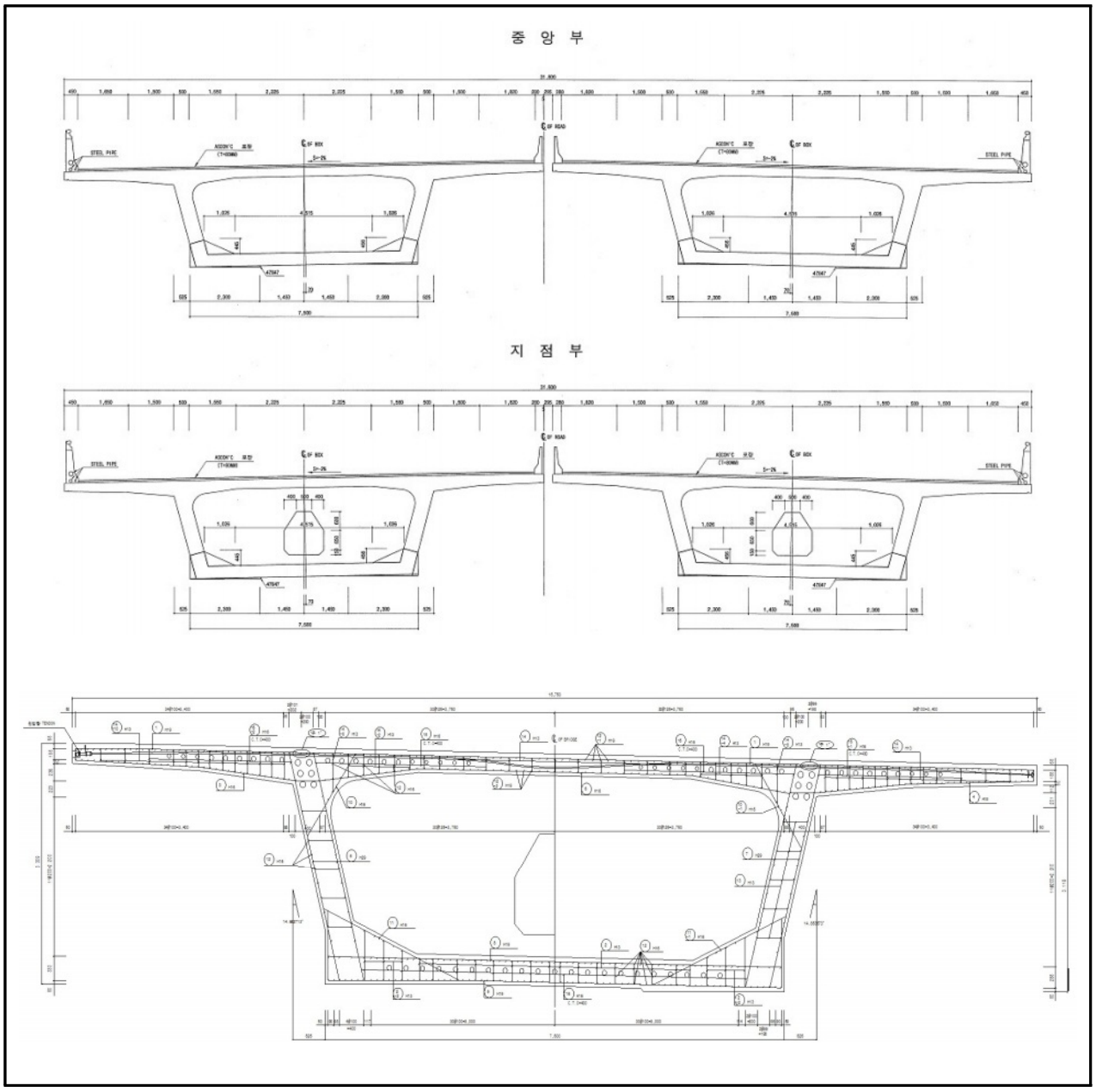


박스 내부 전경



박스 내부 조사 전경

【사진 3.35】PSC Box 거더 전경(부산)



【그림 3.20】PSC Box 주요도면(부산)

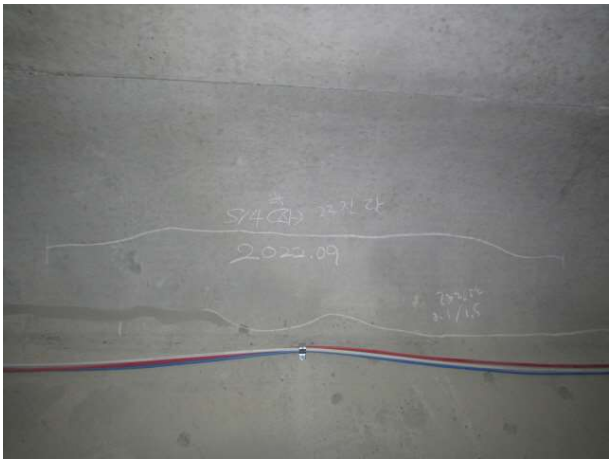
2) PSC Box 거더 내부

① 외관조사 결과

- PSC Box 거더내부 점검결과, 발생된 주요 손상으로는 거더 복부 종방향으로 폭 0.1㎜의 미세균열이 일부경간에 걸쳐 조사되었으며, 단부측으로는 국부적인 사방향 균열이 확인되었다. 또한 S8경간 좌측벽체 정착단 측면에서 소규모의 망상균열이 1개소 조사되었으며, 천공부 마감불량이 일부구간에 걸쳐 48개소가 확인되었다.
- 조사된 대부분의 손상은 경미한 정도로서 구조적 안전성 저하와 관련한 이상징후 및 특이 손상은 발생되지 않은 것으로 나타났다.

【표 3.57】PSC Box 거더 내부 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(cw=0.3mm미만) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	마감불량 (㎡/개소)	비고
S1	4.70/5	-	-	
S2	-	-	-	
S3	2.00/1	-	0.12/12	
S4	-	-	0.24/24	
S5	2.00/1	-	-	
S6	1.20/1	-	-	
S7	-	-	0.12/12	
S8	1.30/1	0.50/1	-	
S9	18.00/3	-	-	
S10	2.50/1	-	-	
S11	-	-	-	
S12	2.50/2	-	-	
S13	-	-	-	
S14	1.20/1	-	-	
S15	6.00/3	-	-	
S16	3.20/4	-	-	
S17	7.50/3	-	-	
S18	-	-	-	
S19	-	-	-	
합 계	**52.10/26**	**0.50/1**	**0.48/48**	

	
S12 균열(Cw=0.2/L=1.5m)	S12 균열(Cw=0.2/L=1.0m)
	
S14 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=1.2m)	S15 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=0.5m)
	
S15 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=5.0m)	S16 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=0.5m)

【사진 3.36】PSC Box 거더 내부 손상현황(부산)

	
S1 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=1.5m)	S1 우측벽체 균열(Cw=0.1/L=0.8m)
	
S5 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=2.0m)	S6 우측벽체 균열(Cw=0.2/L=1.2m)
	
S3 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=2.0m)	S10 우측벽체 균열(Cw=0.1/L=2.5m)

【사진 3.36】PSC Box 거더 내부 손상현황(부산)(계속)

	
S16 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=1.2m)	S16 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=0.7m)
	
S16 좌측벽체 균열(Cw=0.1/L=0.8m)	S17 좌측벽체 균열(Cw=0.2/L=1.5m)
	
S17 우측벽체 균열(Cw=0.1/L=1.0m)	S17 우측벽체 균열(Cw=0.1/L=5.0m)

【사진 3.36】PSC Box 거더 내부 손상현황(부산)(계속)

	
S9 우측벽체 균열(Cw=0.1/L=4.0m)	S8 좌측벽체 망상균열(Cw=0.1/A=1.0m×0.5=0.50㎡)
	
S7 우측헌치 마감불량(A=0.1×0.1=0.01m^2)	S7 좌측헌치 마감불량(A=0.1×0.1=0.01m^2)
	
S3 좌측헌치 마감불량(A=0.1×0.1=0.01m^2)	S3 우측헌치 마감불량(A=0.1×0.1=0.01m^2)

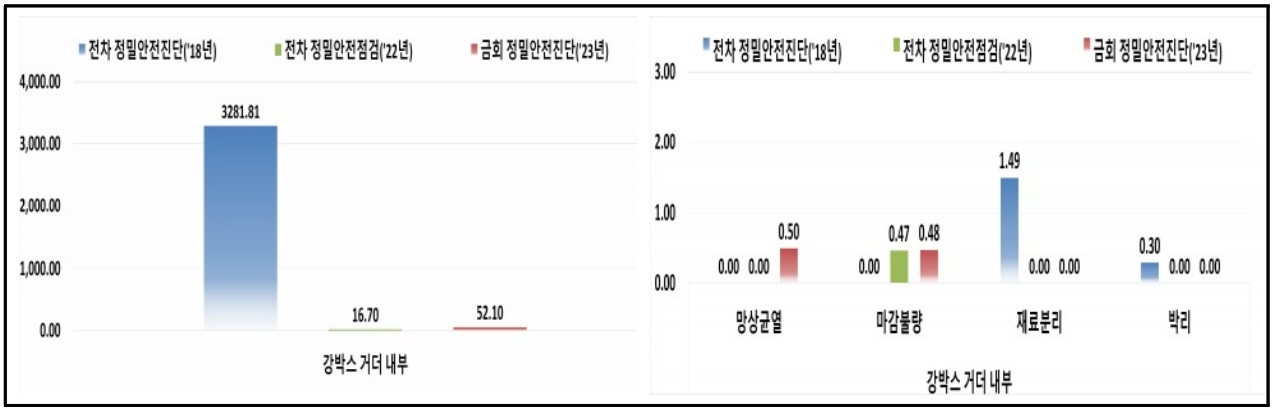
【사진 3.36】PSC Box 거더 내부 손상현황(부산)(계속)

② 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 금회 거더 내부에 대해 기 진단 결과와 비교・분석한 결과 균열(cw=0.3mm미만)이 대폭 감소한 것으로 확인되었다. 이는 기 진단 시 거더내부 상면 슬래브의 손상물량을 거더 내부로 오류 집계한 것으로 판단되며, 일부손상은 보수에 시행에 따라 감소된 것으로 분석되었다.
- 금회 망상균열 및 마감불량이 추가 조사되었으며, 재료분리 및 박리 손상이 기 진단이후 보수조치 되어 거더내부의 전반적인 손상물량의 증・감이 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.58】PSC Box 거더 내부 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	3,281.81	16.70	52.10	▼ 3,180.31
망상균열	㎡	-	-	0.50	▲ 0.50
마감불량	㎡	-	0.47	0.48	▲ 0.48
재료분리	㎡	1.49	-	-	▼ 1.49
박리	㎡	0.30	-	-	▼ 0.30



【그림 3.21】PSC Box 거더 내부 기 진단 결과와의 비교(부산)

③ 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 균열은 수평균열과 사방향균열, 망상균열로 구분되는데 복부(web) 중앙부에 발생된 수평균열은 일관된 규칙성이 없는 폭 0.1㎜ 이하의 미세균열로, 연속적 균열이 아닌 단속적 균열로 조사되었다. 콘크리트의 급속한 타설이나, 양생불량 등에 의한 시공초기 결함이며, 일부 시공이음부(단면변화부)에 발생된 균열은 신・구 콘크리트 간의 구속응력에 의해 발생된 비구조적 균열로 판단된다.
- 일부 경간에 걸쳐 발생된 사방향 균열은 단부(시종점으로부터 ±5.0m내) 인접부에 발생하였으며, 온도변화에 따른 건조수축시 거더복부(Web)가 접합되어있는 상부플랜지 및 격벽에 구속되어 발생된 비구조적 손상이다.
- 망상균열은 금회 신규조사된 것으로 좌측벽체 정착단 측면에서 경미하게 조사되었으며, 온도변화에 따른 건조수축 등 재료적 성질에 기인한 손상으로 판단된다.

- 거대내부의 균열은 상기 원인에 의한 것으로 대부분이 폭 0.1㎜ 이하의 미세균열이며, 바닥부 정착 박스(3개소) 및 좌·우측 벽체(3개소)에서 폭 0.2mm이하의 균열이 6개소 조사되었다. 상기 균열은 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 저하 방지를 위한 표면처리가 필요하다.
- PSC Box 내부 일부 경간에 걸쳐 바닥 헌치부에서 인위적 천공 후 마감처리가 되지 않은 구간이 국부적으로 조사되었다. 조사된 바 마감처리 불량의 면적은 비교적 경미하고, 주변으로 2차손상이 발생하지 않아 시급한 보수를 요하지 않으나, 단면감소가 발생한 점을 감안할 때 점검시 마다 지속적인 주의관찰이 필요하다.

3) PSC Box 거더 외부

① 외관조사 결과

- 회야대교(부산) PSC Box 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 전반적인 외관상태는 특이한 손상이 없는 상태인 것으로 조사되었으며, 미세균열 및 망상균열, 파손, 보수부 손상이 국부적으로 확인되었다.
- PSC Box 거더 외부에 발생한 주요손상은 균열로, 점검결과 좌·우 복부 및 하부플랜지에 폭 0.1㎜ 이하의 종방향 균열이 산발적으로 조사되었다.

【표 3.59】PSC Box 거더 외부 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	보수부 박락 (㎡/개소)	보수부 박리 (㎡/개소)	비고
S1	-	-	0.01/1	-	-	
S2	12.00/1	-	-	0.08/1	-	
S3	12.00/2	-	-	-	-	
S4	13.00/5	-	-	-	-	
S5	82.20/9	-	-	-	-	
S6	8.00/2	-	0.01/1	-	-	
S7	-	-	-	-	-	
S8	6.00/3	-	-	-	-	
S9	-	-	-	-	-	
S10	32.00/4	-	-	-	-	
S11	39.00/3	-	-	-	-	
S12	-	-	-	-	-	
S13	1.90/2	-	-	-	-	
S14	21.00/8	-	-	-	-	
S15	12.00/6	-	-	-	-	
S16	-	-	-	-	-	
S17	10.00/1	-	-	-	0.20/1	
S18	13.50/5	-	-	-	-	
S19	28.00/6	15.00/1	-	-	-	
합 계	**290.60/57**	**15.00/1**	**0.02/2**	**0.08/1**	**0.20/1**	

	
S4 좌측 균열(Cw=0.2/L=2.0m)	S5 바닥부 균열(Cw=0.2/L=2.0m)
	
S18 바닥부 균열(Cw=0.2/L=3.5m)	S3 우측 균열(Cw=0.1/L=10.0m)
	
S5 좌측 균열(Cw=0.1/L=45.0m)	S13 우측 균열(Cw=0.1/L=1.5m)

【사진 3.37】PSC Box 거더 외부 손상현황(부산)

	
S10 바닥부 균열(Cw=0.1/L=5.0m)	S5 바닥부 균열(Cw=0.1/L=6.6m)
	
S19 우측 망상균열(A=3.0×5.0=15.00m^2)	S1 파손(A=0.1×0.1=0.01m^2)
	
S2 보수부 박락(A=0.8×0.1=0.08m^2)	S17 우측 보수부 박리(A=2.0×0.1=0.20m^2)

【사진 3.37】PSC Box 거더 외부 손상현황(부산)(계속)

② 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

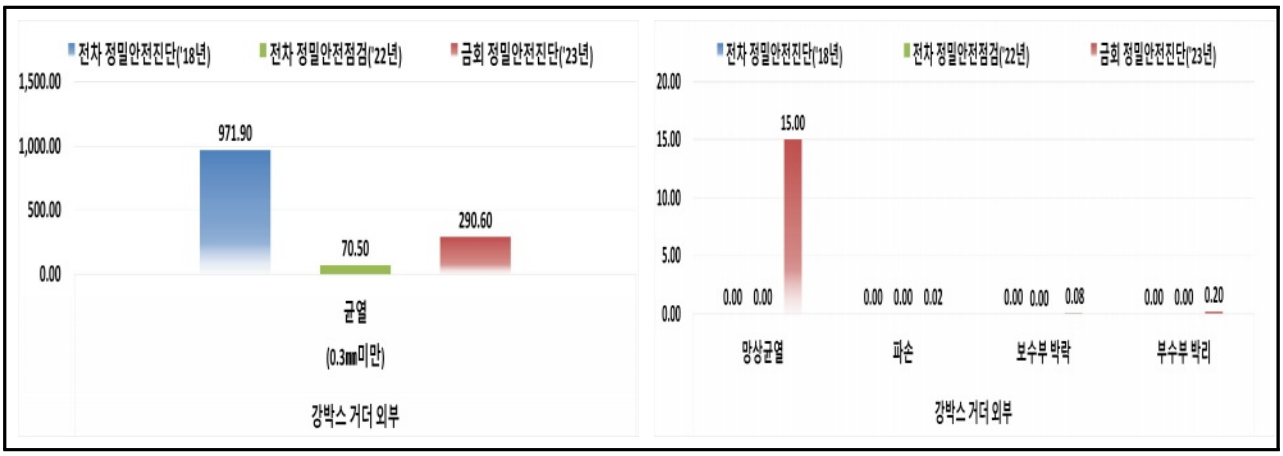
- 금회 PSC Box 거더 외부에 대해 기 진단 결과와 비교・분석한 결과, 균열(cw=0.3mm미만) 손상이 보수로 인해 기 진단 대비 약 3배(681.30m) 감소한 것으로 확인되었으며, 망상균열 및 파손, 보수부 손상의 추가 조사로 인해 거더 외부 손상물량의 증・감이 발생한 것으로 분석되었다.



S19 균열(Cw=0.1/L=1.0m)

【표 3.60】PSC Box 거더 외부 기 진단 결과와의 비교(부산)

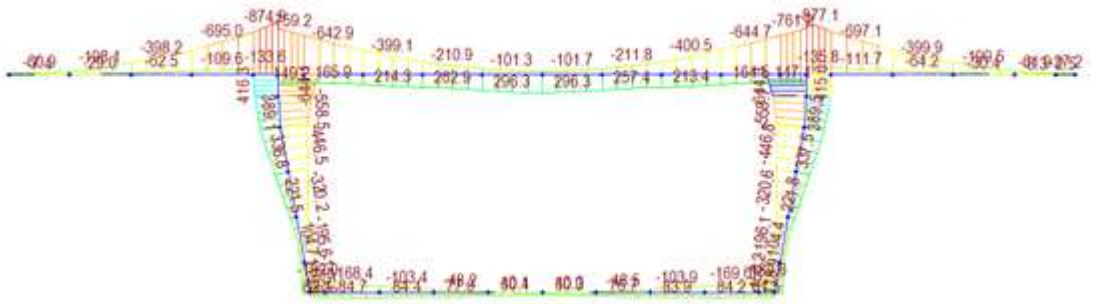
구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	971.90	70.50	290.60	▼ 681.30
망상균열	㎡	-	-	15.00	▲ 15.00
파손	㎡	-	-	0.02	▲ 0.02
보수부 박락	㎡	-	-	0.08	▲ 0.08
보수부 박리	㎡	-	-	0.20	▲ 0.20



【그림 3.22】PSC Box 거더 외부 기 진단 결과와의 비교(부산)

③ 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 경간의 거더 좌·우 복부(Web) 및 하부플랜지에 종방향으로 발생된 균열은 3개소(cw=0.2mm/7.50m)를 제외하고 전 개소 폭 0.1㎜의 미세균열인 것으로 조사되었다. 균열의 발생위치, 형상, 진행성을 고려할 때 공용중 건조수축 등에 의한 비구조적 균열로 보여지며, 그 외 횡방향균열, 타설이음부 주변이나 경간 단부측에 발생된 균열, 망상균열은 온도변화에 따른 건조수축, 부재간의 구속응력 등에 의한 것으로 판단된다.
- 차량하중이 직접 작용하는 콘크리트 구조물에서의 균열 발생은 일반적인 현상으로, 균열 발생의 원인이 구조적 원인에 기인한 것이 아닌 것으로 안전성 평가 결과 확인되어 문제 될 것은 없을 것으로 판단된다.



부 재	A_s	휨 검 토		안전율
		M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	
캔틸레버부 단부	H19 @150	874.87	981.82	1.122
내부슬래브 중앙부	H16 @150	296.34	455.12	1.536

부 재	A_s	전 단 검 토		안전율
		V_u (kN)	ΦV_n (kN)	
캔틸레버부 단부	H13 @250	481.3	646.4	1.343
내부슬래브 중앙부	H13 @250	240.5	472.9	1.966

- 다만, PSC 부재는 균열이 발생하지 않도록 설계되고 균열을 수반할 때 발생되는 휨강성의 감소에 따라 처짐의 영향을 받기 때문에, 금회 발생된 균열에 대해 내구성 저하 방지를 위한 표면처리 등의 보수가 필요하다.
- 파손은 금회 신규조사된 손상으로 S1경간 바닥부 하부플랜지에서 조사되었으며, 외부충격에 의한 것으로 손상발생 규모는 경미하다. 다만 열화진전시 손상범위가 확대될 수 있으며 내구성 확보차원에서 단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.
- 보수부 박락 및 보수부 박리의 보수부 손상은 보수 미흡 및 보수재 접착력 저하, 공용년수 증가에 따른 우수접촉 및 외기노출 등 복합적인 원인에 의해 발생한 것으로 판단되며, 손상규모는 비교적 경미한 상태이다. 상기 손상은 표면처리 등의 재보수를 실시하여 내구성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다. 격벽

1) 개요

- 본 교량의 격벽은 통행차량에서 발생되는 윤하중의 횡분배 및 세그먼트 뒤틀림 예방을 위해 시공된 부재로 철근콘크리트 구조로 시공되어 있으며. 격벽은 각 Span의 시·종점부(교대 및 교각 지점부)에 시공되어 있다.
- 격벽에 대한 외관조사는 PSC Box 거더 내부와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였으며, 균열, 단면손상 등의 발생여부를 주안점으로 두고 조사하였다.

	
격벽 전경	격벽 외관조사 전경

【사진 3.38】 격벽 전경(부산)

2) 외관조사 결과

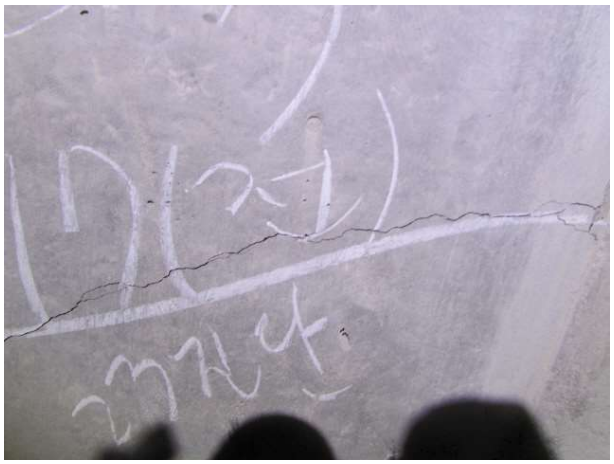
- 격벽에 대한 외관조사 결과, 전반적인 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 균열 등 일부 손상에 대해 보수가 완료된 것으로 확인되었다.

	
격벽 보수상태 양호	

- 격벽에 발생한 주요손상으로는 균열(Cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열이 일부 경간에 걸쳐 국부적으로 조사되었다.

【표 3.61】격벽 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열(cw=0.3mm이상) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	비고
A1	2.00/1	-	2.25/1	
P1	10.30/13	-	-	
P2	4.20/7	-	-	
P3	6.30/6	-	-	
P4	6.20/9	-	-	
P5	2.10/3	0.60/1	1.00/1	
P6	3.00/5	-	1.50/1	
P7	2.10/3	-	8.55/4	
P8	10.40/7	-	6.70/2	
P9	14.40/10	-	2.34/1	
P10	7.30/7	-	-	
P11	4.10/3	-	2.00/2	
P12	-	-	0.75/1	
P13	1.20/1	-	0.72/1	
P14	1.80/3	0.60/1	-	
P15	1.80/3	-	3.44/2	
P16	5.40/4	-	8.55/3	
P17	-	0.70/1	-	
P18	2.40/2	-	7.84/4	
P19	4.00/2	-	1.10/1	
합 계	**89.00/89**	**1.90/3**	**46.74/24**	

	
P14 전면 균열(Cw=0.3/L=0.6m)	P17 전면 균열(Cw=0.3/L=0.7m)
	
P5 배면 균열(Cw=0.3/L=0.6m)	P1 전면 균열(Cw=0.2/L=1.2m)
	
P1 전면 균열(Cw=0.2/L=0.6m)	P1 전면 균열(Cw=0.2/L=0.5m)

【사진 3.39】격벽 손상현황(부산)

	
P1 배면 균열(Cw=0.2/L=1.8m)	P1 배면 균열(Cw=0.2/L=1.5m)
	
P1 배면 균열(Cw=0.2/L=1.5m)	P1 배면 균열(Cw=0.2/L=0.5m)
	
P1 전면 균열(Cw=0.2/L=0.6m)	P1 전면 균열(Cw=0.1/L=2.0m)

【사진 3.39】 격벽 손상현황(부산)(계속)

	
P8 배면 망상균열(A=1.0×4.0=4.00m2)	P8 전면 망상균열(A=1.5×1.8=2.70m2)
	
P5 전면 망상균열(A=1.0×1.0=1.00㎡)	P6 전면 망상균열(A=1.0×0.5=0.50m2)
	
P7 배면 망상균열(A=1.0×0.5=0.50m2)	P7 배면 망상균열(A=1.5×1.8=2.70m2)

【사진 3.39】격벽 손상현황(부산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- 금회 격벽에 대해 기 진단 결과와 비교·분석한 결과, 균열(cw=0.3mm미만) 손상이 보수로 인해 기 진단 대비 약 4배(387.90m) 감소한 것으로 확인되었으며, 이 밖에 균열(cw=0.3mm이상) 및 들뜸, 박리 손상이 일부 보수된 것으로 분석되었다. 금회 균열 및 망상균열의 추가 조사로 인해 격벽 손상물량의 증·감이 발생한 것으로 분석되었다.

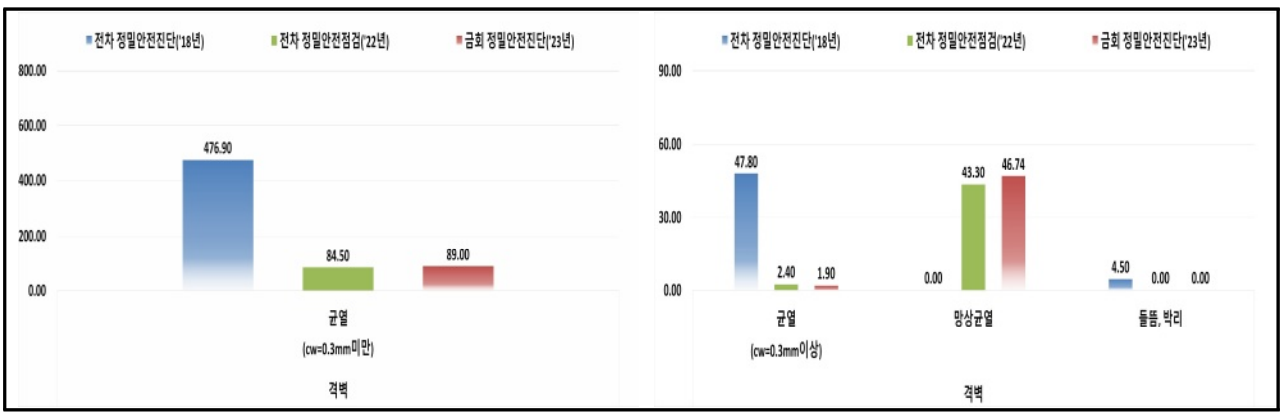




P4 전면 균열 (Cw=0.2/L=0.6m)

【표 3.62】 격벽 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	476.90	84.50	89.00	▼ 387.90
균열(cw=0.3mm이상)	m	47.80	2.40	1.90	▼ 45.90
망상균열	㎡	-	43.30	46.74	▲ 46.74
들뜸, 박리	㎡	4.50	-	-	▼ 4.50



【그림 3.23】 격벽 기 진단 결과와의 비교(부산)

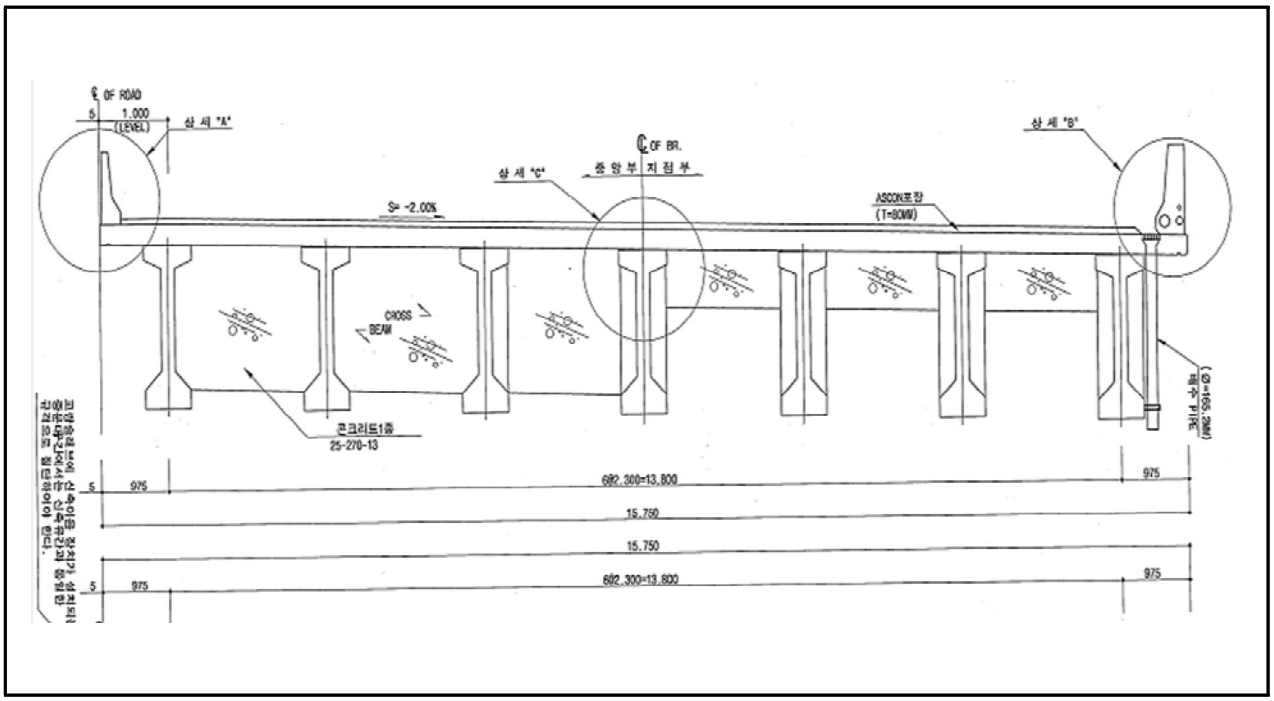
4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 격벽에 조사된 균열은 특별한 방향성이 없으며 균열 및 망상균열은 시공시 수화열에 의한 온도응력, 콘크리트 내·외부의 온도차, 건조수축, 부재간의 구속응력 및 개구부의 응력집중 등 복합적 원인에 의하여 발생된 비구조적 손상으로 판단된다.
- 대부분이 폭 0.2㎜이하의 미세균열이나, 폭 0.3mm의 균열이 S5, S14, S17 경간에서 각각 1개소씩 총 3개소(L=1.90m) 조사되었다. 따라서 내구성 확보를 위한 균열폭에 따라 균열 폭 0.3mm에 대해서는 주입보수, 균열 폭 0.2㎜ 이하 손상에 대해서는 표면보수가 요구된다.

라. PSC Beam 거더

1) 개요

- 회야대교(부산)의 PSC Beam 거더는 연장 90.0m(3@30.0)에 3경간(S20~S22) 7열로 시공되어 있다. PSC Beam은 외력에 의해 발생된 부재내의 인장응력을 대응하기 위해 강선을 사용하여 미리 부재내에 압축응력을 가하여 줌으로써 외력에 대응토록 하는 원리로 만든 콘크리트 거더를 말하며, 주로 20～40m의 단지간에 많이 적용되는 공법이다.
- PSC Beam 거더에 대한 외관조사는 PSC Box 거더와 마찬가지로 교량점검차 및 점검로를 이용하여 근접 접근을 통한 조사를 시행하였다.



【그림 3.24】PSC Beam 거더 횡단면도(부산)

	
PSC Beam 거더 전경	PSC Beam 거더 외관조사 전경

【사진 3.40】PSC Beam 거더 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- S20경간~S22경간에 위치한 PSC Beam 거더에 대한 외관조사결과, 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었으나, S21경간에서 시공시 발생한 것으로 판단되는 경미한 재료분리가 1개소 국부적으로 조사되었다.

【표 3.63】PSC Beam 거더 외관조사 결과(부산)

구 분	재료분리 (㎡/개소)	비고
S20	-	
S21	0.04/1	
S22	-	
합 계	**0.04/1**	



S21-G4 재료분리(A=0.2×0.2=0.04m2)

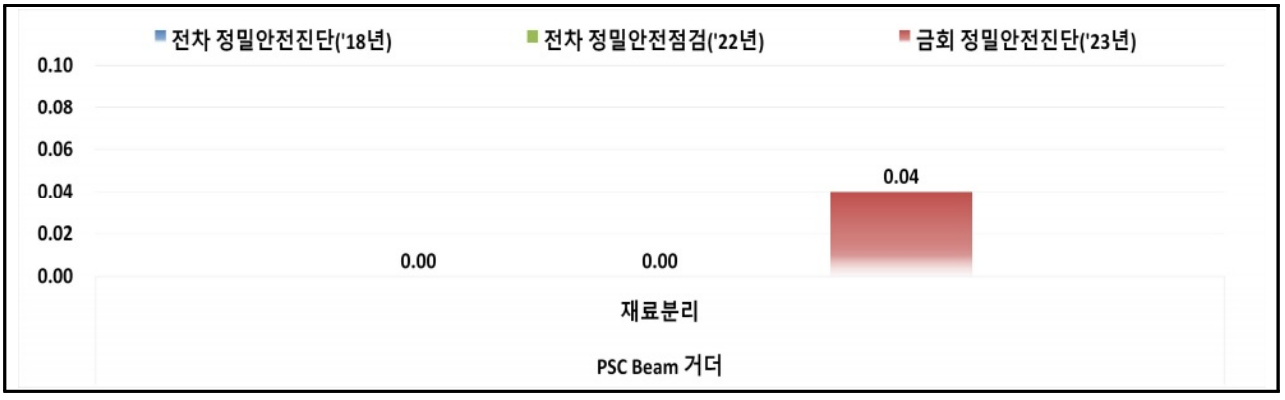
【사진 3.41】PSC Beam 거더 손상현황(부산)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- PSC Beam 거더에 대한 기 진단 결과와의 비교·분석결과 재료분리는 금회 상세조사를 통해 신규 조사된 손상이며, 발생규모는 비교적 경미한 것으로 확인되었고, 신규손상으로 인해 PSC Beam 거더의 손상물량은 소폭 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.64】PSC Beam 거더 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
재료분리	㎡	-	-	0.04	▲ 0.04



【그림 3.25】PSC Beam 기 진단 결과와의 비교(부산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- S21경간 4번째 거더 측면에 발생한 재료분리는 시공시 다짐불량 및 거푸집에 묻어있던 이물질 등에 의해 발생한 것으로 손상규모는 비교적 경미한 상태이다. 단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.

마. 2차부재(가로보)

1) 개요

- 가로보는 교축 직각방향으로 강성을 갖는 부재로 하중을 횡분배하는 역할을 하며 PSC Beam 거더 사이로 각 3개소씩 6련 배치되어 시공되었다.
- 가로보에 대한 외관조사는 거더 외부와 동일한 방법으로 외관조사를 실시하였으며, 균열 및 단면손상 등의 발생여부를 주안점으로 두고 조사하였다.




가로보 전경

【사진 3.42】 2차부재(가로보) 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 2차부재(가로보) 에 대한 외관조사결과, 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었으나, S20경간(8개소), S21경간(5개소)에서 들뜸을 동반한 박락손상이 13개소 조사되었다.

【표 3.65】 2차부재(가로보) 외관조사 결과(부산)

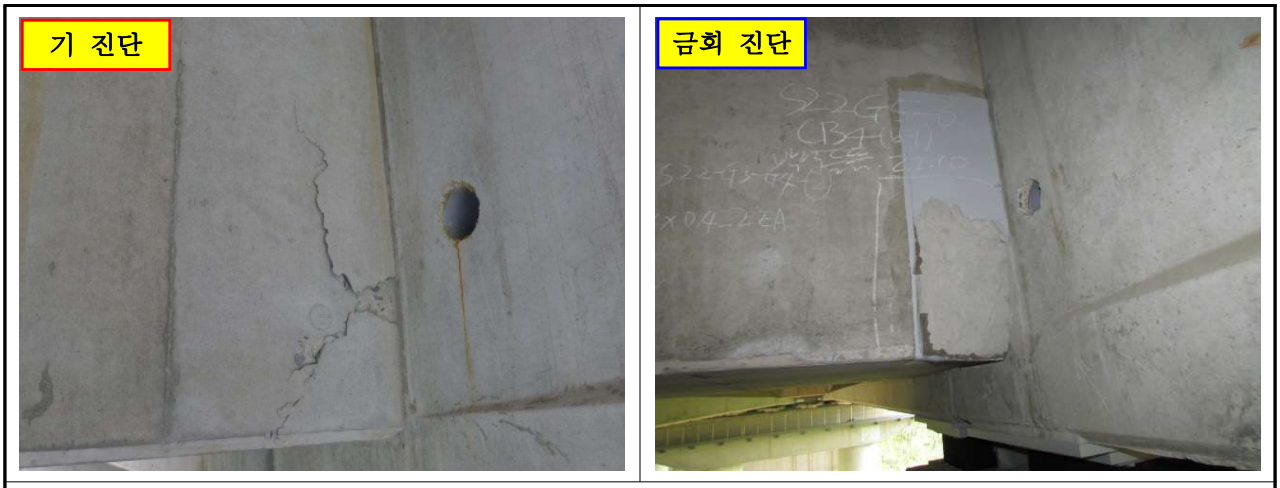
구 분	박락, 들뜸 (㎡/개소)	비고
S20	0.72/8	
S21	1.11/5	
S22	-	
합 계	**1.83/13**	

	
S20 박락,들뜸(A=0.3×0.3=0.09m²)	S20 박락,들뜸(A=0.3×0.3=0.09m²)
	
S20 박락,들뜸(A=0.3×0.3=0.09m²)	S20 박락,들뜸(A=0.3×0.3=0.09m²)
	
S21 박락,들뜸 (A=0.3×0.5=0.15m²)	S22 박락,들뜸 (A=0.3×0.5=0.15m²)

【사진 3.43】 2차부재(가로보) 손상현황(부산)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

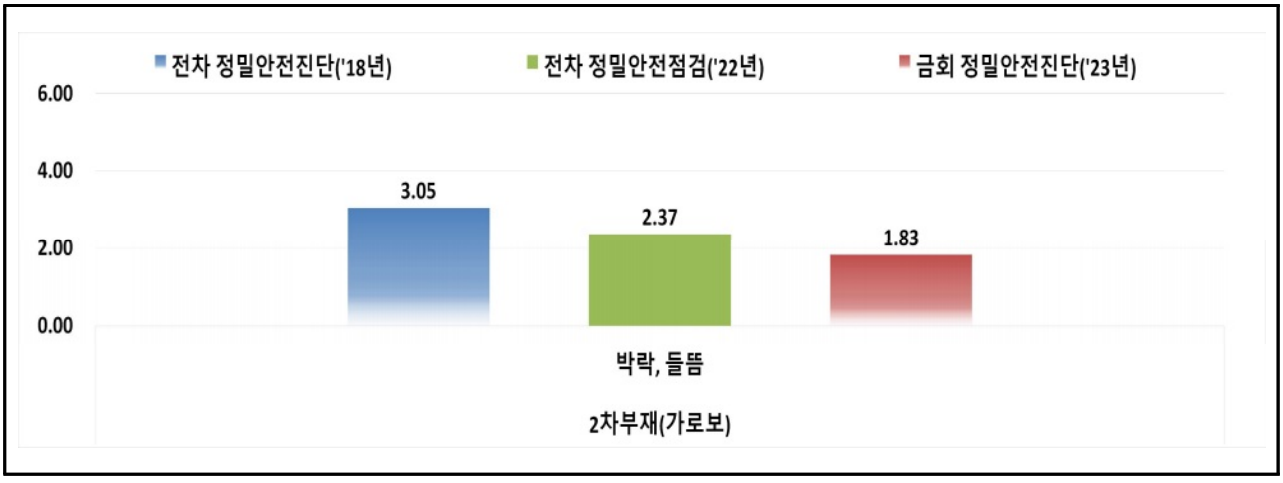
- 2차부재(가로보)에 대한 기 진단 결과와의 비교·분석결과 FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 들뜸을 동반한 박락손상이 일부 보수된 것으로 현장조사시 확인되었으며, 금회 5개소(A=0.51㎡)가 신규조사된 것으로 분석되었다.
- 기 진단결과와 비교시 금회 신규조사된 손상물량보다 보수가 시행된 손상물량이 더 많은 것으로 확인되어 2차부재(가로보)의 손상물량은 소폭 감소한 것으로 분석되었다.



S21 박락,들뜸 (A=0.4×0.4=0.16m²)

【표 3.66】2차부재(가로보) 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
박락, 들뜸	㎡	3.05	2.37	1.83	▼ 1.22



【그림 3.26】2차부재(가로보) 기 진단 결과와의 비교(부산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 거더 사이 당 3개씩 배치되어 있는 가로보 중 지점부에 시공된 가로보에서 국부적인 콘크리트 들뜸, 박락이 발생하였다. 이는 시공시 다짐불량, 거푸집 조기탈형, 품질관리미흡 및 장기간의 공용증가 등 복합적인 원인에 의한 것으로 판단된다. 또한 보수부에서 조사된 들뜸 및 박락은 보수공사시 치핑을 실시하지 않아 발생한 것으로 보여지며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수 및 표면보수가 요구된다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

1) 개요

- 교대는 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재로서 외관조사 시 최대한 근접하여 외관조사를 상세히 실시하였다.
- 회야대교(부산)의 교대는 역T형의 철근콘크리트 구조로서 기초는 직접기초 형식으로 시공되어 있으며, A1 전면에는 숏크리트로 보강된 법면이, A2 전면에는 법면 보호블럭이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

【사진 3.44】교대 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 교대 외관조사 결과, 교대 본체의 이동 및 회전의 징후는 발생하지 않은 상태이며, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 구조적 손상은 조사되지 않았으나, 내구성저하를 유발하는 손상이 일부 발생된 것으로 조사되었다.

- 주요손상으로는 균열, 백태, 철근노출, 파손등이 조사되었으며, 신축이음부 우수 유입의 영향으로 대부분 흉벽에서 백태, 표면오염 등의 손상이 조사된 것으로 확인되었다.
- 균열은 폭 0.2mm(L=0.8m)로 교대 A1에서 흉벽(1개소)에서 국한되어 조사되었으며, 단면손상인 철근노출 및 파손은 전개소 흉벽에 국한되어 확인되었다.

【표 3.67】교대 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	백태 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	표면오염 (㎡/개소)	비고
A1	0.80/1	0.36/1	0.68/2	0.24/2	4.50/3	
A2	-	2.00/1	0.01/1	-	1.50/3	
합 계	**0.80/1**	**2.36/2**	**0.69/3**	**0.24/2**	**6.00/6**	

※A1 흉벽 철근노출 1개소(0.60㎡)는 박락 동반
※A1 흉벽 파손(0.12㎡)은 긁힘 동반



A1 흉벽 균열(Cw=0.2/L=0.8m)



A1 흉벽 백태(A=0.2×1.8=0.36m²)



A2 흉벽 백태(A=1.0×2.0=2.00m²)



A2 흉벽 철근노출(A=1.0×0.1=0.01m²)

【사진 3.45】교대 손상현황(부산)

	
A1 흉벽 철근노출(A=1.0×0.6=0.60m^2)	A1 흉벽 파손(A=0.2×0.6=0.12m^2)
	
A1 흉벽 표면오염(A=0.6×2.5=1.50m^2)	A1 구체 표면오염(A=0.5×1.0=0.50m^2)
	
A2 구체 표면오염(A=3.0×1.0=0.30m^2)	A2 구체 표면오염(A=3.0×1.0=0.30m^2)

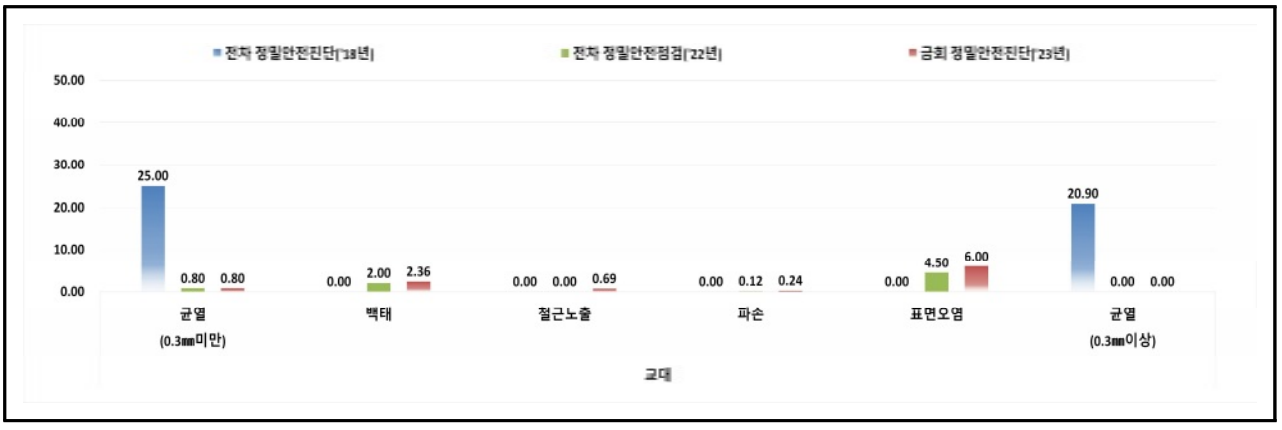
【사진 3.45】교대 손상현황(부산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- 교대에 대한 기 진단 결과와의 비교·분석결과 FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 일부 손상에 대해 표면보수 등의 보수가 시행된 것으로 현장조사시 확인되었으며, 보수부의 상태는 비교적 양호한 것으로 조사되었다.
- 기 진단(18년) 비교·분석결과, 균열(cw=0.3mm이상, 미만)은 대부분 보수되어 손상물량이 감소한 것으로 확인되었으며, 금회 상세조사로 인해 백태 및 철근노출, 파손, 표면오염 등의 손상이 기 진단 대비 신규 조사되어 교대 손상물량의 증·감이 발생한 것으로 분석되었다. 신규 조사된 손상은 신축이음부의 노면수 유입과 공용년수 증가, 재료의 경년열화 등의 손상이 주요 요인으로 판단된다.

【표 3.68】교대 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	25.00	0.80	0.80	▼ 24.20
백태	㎡	-	2.00	2.36	▲ 2.36
철근노출	㎡	-	-	0.69	▲ 0.69
파손	㎡	-	0.12	0.24	▲ 0.24
표면오염	㎡	-	4.50	6.00	▲ 6.00
균열(cw=0.3mm이상)	m	20.90	-	-	▼ 20.90

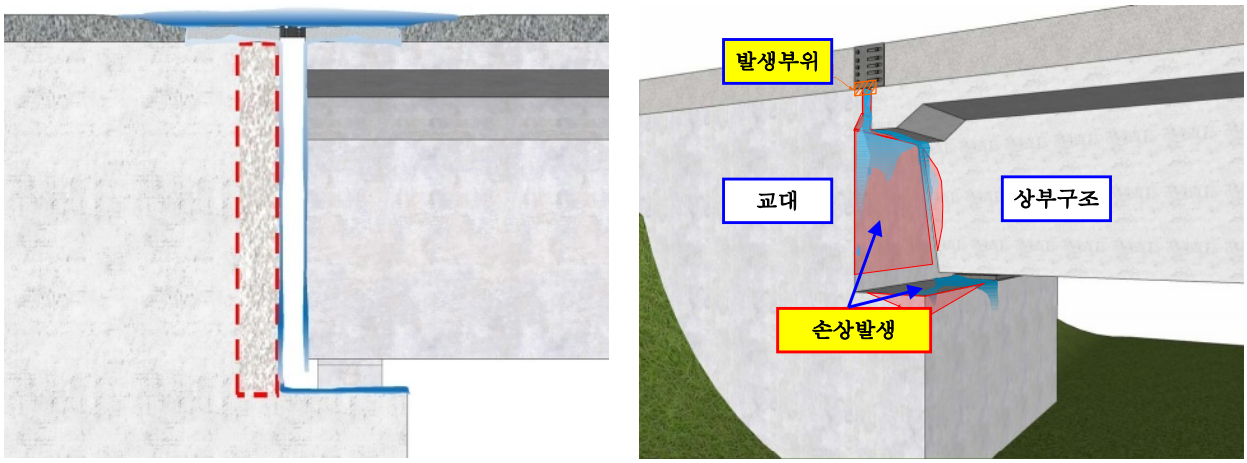


【그림 3.27】교대 기 점검 결과와의 비교(부산)

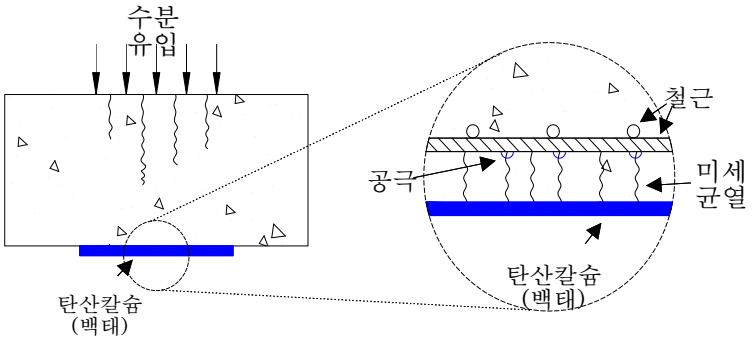
4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 교대의 발생된 일방향 균열은 교대 수직의 형태를 나타내고 있으며, 흉벽 전면에서 발생한 것으로 확인되었다. 손상규모, 형상, 위치 등을 고려해 볼 때 구조적 원인에 의해 발생된 손상이라기보다 건조수축, 수화열 등에 발생된 미세균열로 추정된다. 따라서 표면보수를 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

- 교대의 발생된 우수관련 손상은 신축이음부를 통한 반복적인 노면수 유입 및 우기시 우수접촉에 의해 발생된 것으로 백태 및 표면오염, 철근부식 발생의 손상모식도는 다음과 같다.



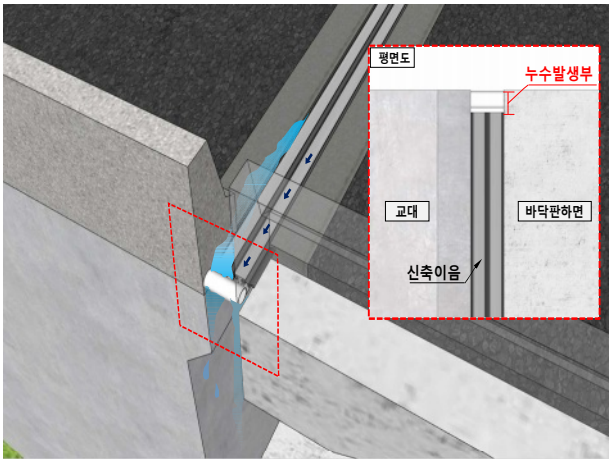
- 백태는 시공초기 시멘트중에 포함된 용해 성분이 경화된 콘크리트 표면으로 이동하여 공기중의 탄산가스와 반응 탄산칼슘, 탄산나트륨 등으로 되어 수분 증발 후에 흰색의 결정화된 가루 형태로 표면에 발생되는 현상이다. 교대에서 조사된 백태는 우수유입에 의한 것으로 교대 A1, A2 흉벽에서 각각 1개소씩 총 2개소 조사되었으며, 손상발생 규모는 비교적 경미한 것으로 확인되었다.



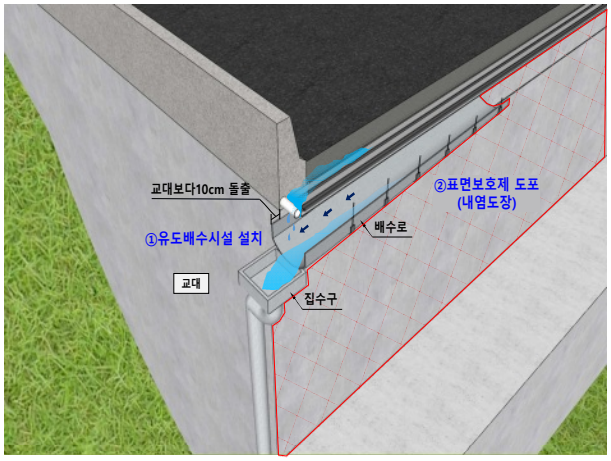
백태의 발생경로

- 위에서 서술한 상기 손상은 신축이음부에 인접한 부재로 방수성, 손상진전 방지를 위한 보수가 필요하며, 흉벽 및 교대 전체의 콘크리트 열화 방지를 위해 전면의 표면보호제(중성화 및 염해방지)도포가 필요할 것으로 판단된다.
- 철근노출은 교대 A1, A2 흉벽에서 전개소 조사되었으며, 1개소는 보수부에서 박락을 동반하고 있는 것으로 확인되었다. 조사된 철근노출은 반복적인 신축이음부의 우수유입과 콘크리트 피복두께 미확보에 의해 발생된 것으로 보여지며, 방청을 실시하고 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

- 교대 A1 흉벽에서 조사된 파손 1개소는 기존부터 관리중인 손상이며, 금회 같은 부위 인접구간으로 파손이 1개소 신규 조사되었다. 흉벽 단면변화부 인접구간에 발생한 것으로 확인되었으며, 공용중 외력에 의한 것으로 판단된다. 단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단된다.
- 신축이음(교대 A1, A2)이 설치된 지점의 단부에서 우수 및 표면수가 반복 유입되어 표면 오염이 발생한 것으로 조사되었으며, 점검일 현재 손상정도가 경미하고, 전차 점검결과와 비교시 진전이 미미한 것으로 확인되었다. 따라서 즉각적인 보수보다는 지속적인 점검을 통한 주의관찰을 실시한 후 손상범위 확대시 일괄보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 또한 신축이음부를 통해 유입되는 노면수는 우기시 바닥판 및 교대 흉벽을 타고 흐르는 정도이나, 교대 흉벽, 거더외부에 콘크리트 부재의 화학적 열화를 유발하고 있다. 따라서, 유도배수시설 설치 등의 신축이음부 차수대책을 고려해보는 방안도 합리적일 것으로 판단된다.



신축이음부 노면수 유입 경로



신축이음부 차수대책에 따른 보수방안

※ 현장조사결과 일부구간 표면보호제 도포 완료

5) 교대 기울기 측정

- 교대는 상부구조로부터의 하중과 하부구조 본체의 자중을 기초지반으로 전달하여 지지하기 위한 구조물로 큰 수직하중이 작용하는 곳이며 교각의 기울음 및 전도, 교대의 측방유동은 교량의 안전성에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2022.12. 국토교통부/국토안전관리원)에 따라 교대 및 교각의 직립도를 측정하였다. 금회 과업에서는 교각 및 교대의 기울기를 전면, 우측면 측정하여 교축방향, 교축직각방향으로의 변위여부를 조사하였다.

【표 3.69】 각종 기준에 따른 허용각 변위(부산)

구 분	구조형식	허용각변위	구 분	구조형식	허용각변위
Skempton	단독기초	1/300	Meyerhof	철근콘크리트구조(라멘)	1/300
	전면기초		Moulton (미 교통국)	연속교	1/250
MacDonald& Skempton	독립기초	1/300		단순교	1/200
	확대기초		Bjerrum	칸막이벽, 고가크레인	1/300
Sowers	철근콘크리트 뼈대구조	1/300		균열 허용 않는 빌딩	1/500
	빌딩의 벽돌벽체	1/200~1/500	-	-	-

※금회 적용 허용각 범위는 약 1/300(0.19°) ~ 1/250(0.23°)



교대 직립도 측정 전경(A1)



교대 직립도 측정 전경(A2)

【사진 3.46】 교대 변위(직립도) 측정전경(부산)

【표 3.70】 변위(직립도) 측정 결과(부산)

구 분	설 계 기울기(°)	측정 기울기(°)		각 변위(°)	
		측정점1(좌측)	측정점2(우측)	측정점1(좌측)	측정점2(우측)
A1	90	89.89	89.87	0.11	0.13
A2	90	89.88	89.90	0.12	0.10

- 각 교대 및 교각에 대하여 변위(직립도) 조사를 실시하였으며, 앞서 제시한 기준 중 본 교량의 형식에 맞는 기준 값인 1/300(0.19°) ~ 1/200(0.23°)을 적용하여 평가하였다.
- 금회 측정 결과, 0.10° ~ 0.13° 로 측정되었으며, 측정결과는 허용범위를 만족하는 상태로 교대의 직립도는 양호한 것으로 분석되었다. 다만 측정위치, 측정자의 오차에 따라 측정결과가 상이할 수 있으므로 점검시마다 재측정을 실시한 후 결과값을 지속적으로 참고하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.

나. 교각

1) 개요

- 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재로서 회야대교(부산)의 교각은 문형 및 Π형 구조형식이며, 기초는 직접기초로 시공되어 있는 것으로 확인되었다.
- 또한 점검시설이 전 교각에 설치되어 있어 최대한 도보를 이용한 근접 외관조사를 실시하였으며, 도보접근이 어려운 코핑부 하단, 기둥부 상단은 교량점검차 및 고소작업차, 드론을 이용하여 근접외관조사를 실시하였다.

		
교각 전경(P1)	교각 전경(P2)	교각 전경(P3)
		
교각 전경(P4)	교각 전경(P5)	교각 전경(P6)
		
교각 전경(P7)	교각 전경(P8)	교각 전경(P9)

【사진 3.47】 교각 전경(부산)

		
교각 전경(P10)	교각 전경(P11)	교각 전경(P12)
		
교각 전경(P13)	교각 전경(P14)	교각 전경(P15)
		
교각 전경(P16)	교각 전경(P17)	교각 전경(P18)
		
교각 전경(P19)	교각 전경(P120)	교각 전경(P21)

【사진 3.47】 교각 전경(부산)(계속)

2) 외관조사 결과

- 회야대교(부산) 교각에 대한 외관조사 결과, 구조물 안전성에 미칠만한 중대한 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 교각의 주요손상으로 수평 및 수직형상을 띈 균열폭 0.1~0.3㎜ 수준의 균열 및 망상균열(17개소)이 국부적으로 조사되었으며, 백태(3개소), 박락(4개소), 보수부 박락(1개소), 파손(7개소), 들뜸(6개소) 등이 국부적으로 확인되었다.

【표 3.71】교각 외관조사 결과(부산)

구 분	균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열 (cw=0.3mm이상) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	긁힘 (㎡/개소)	들뜸 (㎡/개소)	비고
P1	18.10/8	-	1.08/1	-	-	-	
P2	0.70/2	-	6.00/1	-	-	-	
P3	8.80/7	0.20/1	1.04/1	-	-	-	
P4	1.50/3	-	-	-	0.03/3	-	
P5	2.20/4	-	-	-	-	-	
P6	5.30/6	1.00/1	-	-	1.28/2	-	
P7	20.50/3	-	15.00/1	-	-	0.21/1	
P8	27.00/10	-	-	-	-	0.36/1	
P9	23.50/12	4.80/3	-	0.34/3	-	-	
P10	23.20/9	-	-	-	-	0.24/1	
P11	34.30/12	-	-	-	-	0.09/1	
P12	26.50/8	-	-	-	-	0.27/1	
P13	8.20/5	-	-	-	-	-	
P14	16.00/6	0.50/1	1.00/1	-	-	-	
P15	52.80/20	-	-	-	-	-	
P16	1.60/3	0.60/1	1.80/1	-	-	0.25/1	
P17	13.20/8	-	3.00/1	-	-	-	
P18	6.50/3	-	-	-	-	-	
P19	4.00/2	-	36.60/3	-	-	-	
P19 (내부)	8.40/21	1.00/1	53.00/4	-	-	-	
P20	1.50/3	-	2.60/2	-	-	-	
P21	3.20/4	-	1.00/1	-	-	-	
합 계	**307.00/159**	**8.10/8**	**122.12/17**	**0.34/3**	**1.31/5**	**1.42/6**	

【표 3.71】교각 외관조사 결과(부산)(계속)

구 분	마감불량 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	보수부 박락 (㎡/개소)	박리 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	표면오염 (㎡/개소)	비고
P1	-	-	-	-	-	-	
P2	-	-	-	-	-	70.00/1	
P3	-	-	-	-	-	-	
P4	-	-	-	1.80/2	-	-	
P5	-	-	0.24/1	-	0.01/1	-	
P6	-	-	-	-	-	-	
P7	-	-	-	-	-	-	
P8	0.02/2	-	-	-	-	-	
P9	-	-	-	-	-	-	
P10	-	0.08/2	-	-	-	21.00/1	
P11	-	-	-	-	-	-	
P12	-	-	-	-	0.02/1	-	
P13	-	0.14/1	-	-	-	-	
P14	-	0.01/1	-	-	0.01/1	-	
P15	-	-	-	-	0.06/3	-	
P16	-	-	-	-	0.01/1	-	
P17	-	-	-	-	-	20.00/1	
P18	-	-	-	-	-	22.50/1	
P19	-	-	-	-	-	78.50/5	
P19 (내부)	-	-	-	-	-	-	
P20	-	-	-	-	-	-	
P21	-	-	-	-	-	-	
합 계	**0.02/2**	**0.23/4**	**0.24/1**	**1.80/2**	**0.11/7**	**212.00/9**	

	
P3 균열(Cw=0.3/L=0.2m)	P6 균열(Cw=0.3/L=1.0m)
	
P9 균열(Cw=0.3/L=0.4m)	P9 균열(Cw=0.3/L=0.2m)
	
P9 균열(Cw=0.3/L=0.6m)	P14 균열(Cw=0.3/L=0.5m)

【사진 3.48】교각 손상현황(부산)

	
P3 균열(Cw=0.3/L=0.2m)	P2 균열(Cw=0.2/L=0.3m)
	
P1 망상균열(A=1.2×0.9=1.08m^2)	P3 망상균열(A=1.3×0.8=1.04m^2)
	
P9 백태(A=0.2×0.3=0.06m^2)	P9 백태(A=0.2×1.0=0.20m^2)

【사진 3.48】교각 손상현황(부산)(계속)

	
P6 긁힘(A=1.2×0.4=0.48m^2)	P6 긁힘(A=2.0×0.4=0.80m^2)
	
P7 들뜸(A=0.3×0.7=0.21m^2)	P8 들뜸(A=0.3×1.2=0.36m^2)
	
P10 들뜸(A=1.2×0.2=0.24m^2)	P11 들뜸(A=0.9×0.1=0.09m^2)

【사진 3.48】교각 손상현황(부산)(계속)

	
P12 들뜸(A=0.9×0.3=0.27m^2)	P8 마감불량(A=0.1×0.1=0.01m^2)
	
P10 박락(A=0.2×0.2=0.04m^2)	P13 박락(A=0.7×0.2=0.14m^2)
	
P14 박락(A=0.1×0.1=0.01m^2)	P5 보수부 박락(A=1.2×0.2=0.24m^2)

【사진 3.48】교각 손상현황(부산)(계속)

	
P4 박리(A=0.5×1.2=0.60m^2)	P4 박리(A=0.4×3.0=1.20m^2)
	
P12 파손(A=0.2×0.1=0.02m^2)	P14 파손(A=0.1×0.1=0.01m^2)
	
P10 표면오염(A=0.7×30.0=21.00m^2)	P19 표면오염(A=2.5×8.0=40.00m^2)

【사진 3.48】 교각 손상현황(부산)(계속)

	
P19내부 바닥 균열(Cw=0.3/L=1.0m)	P19내부 좌측헌치 균열(Cw=0.2/L=0.4m)
	
P19내부 우측헌치 균열(Cw=0.2/L=0.4m)	P19내부 우측 망상균열(A=15.0×1.7=25.50m^2)
	
P19내부 좌측 망상균열(A=15.0×1.7=25.50m^2)	P19내부 전면 망상균열(A=1.0×1.0=1.00m^2)

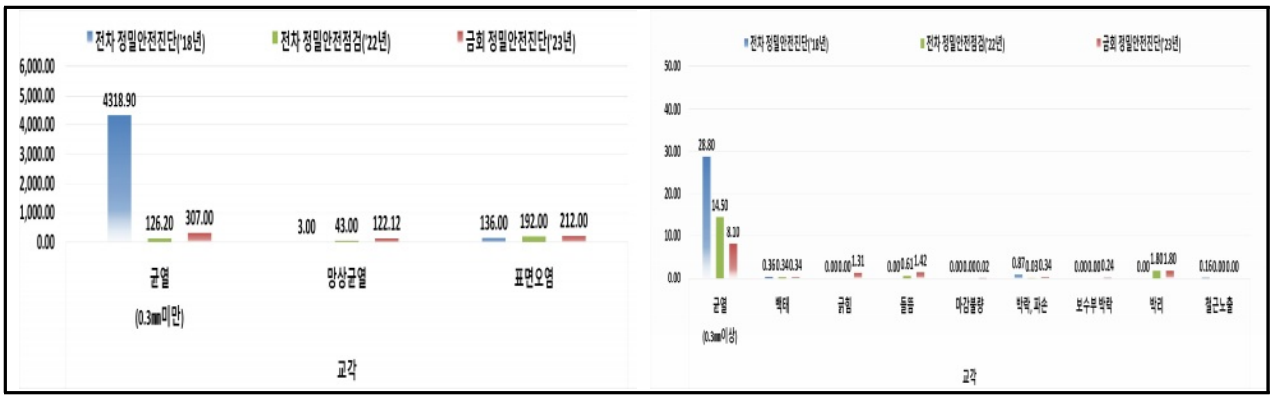
【사진 3.48】교각 손상현황(부산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와 비교, 분석

- 교각에 대한 기 진단 결과와의 비교·분석결과 FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 일부 손상에 대해 표면보수, 단면보수 등의 보수가 시행된 것으로 현장조사시 확인되었으며, 보수부의 상태는 비교적 양호한 것으로 조사되었다.
- 금회 교각에 대해 기 진단 결과와 비교·분석한 결과, 균열(cw=0.3mm미만) 손상이 보수로 인해 기 진단 대비 약 10배(4018.40m)이상 감소한 것으로 확인되었으며, 균열(cw=0.3mm이상) 및 백태, 박락, 파손, 철근노출 손상도 일부 보수된 것으로 현장조사 되었다. 또한 금회 균열 및 망상균열, 단면손상, 표면오염 등이 추가 조사되어 교각의 전반적인 손상물량은 증·감이 발생한 것으로 분석되었다. 기 진단 대비 신규 손상물량 증가의 원인은 단기적인 물량 증가가 아닌 공용년수 증가, 금회 상세외관조사 등에 의한 것으로 판단된다.

【표 3.72】교각 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	4318.90	126.20	307.00	▼ 4,011.90
균열(cw=0.3mm이상)	m	28.80	14.50	8.10	▼ 20.70
망상균열	㎡	3.00	43.00	122.12	▲ 119.12
백태	㎡	0.36	0.34	0.34	▼ 0.02
긁힘	㎡	-	-	1.31	▲ 1.31
들뜸	㎡	-	0.61	1.42	▲ 1.42
마감불량	㎡	-	-	0.02	▲ 0.02
박락, 파손	㎡	0.87	0.03	0.34	▼ 0.53
보수부 박락	㎡	-	-	0.24	▲ 0.24
박리	㎡	-	1.80	1.80	▲ 1.80
표면오염	㎡	136.00	192.00	212.00	▲ 76.00
철근노출	㎡	0.16	-	-	▼ 0.16



【그림 3.28】교각 기 진단 결과와의 비교(부산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 교각의 균열 발생패턴을 분석한 결과, 수직균열 대부분은 단면변화부위(우각부, 직각부)에 및 타설이음부, 보수된 천공부 사이에서 단속적으로 발생하였으며, 건조수축 및 온도변화 등에 의한 인장력 발생시 단면변화 부위나 천공부위에서는 일반단면부위 보다 큰 인장력이 집중되어 발생하게 되는데 상기 균열은 해당원인에 의해 발생된 균열로 판단된다. 또한 교각에 발생한 균열 폭 0.3mm균열 중 1개소(P9(cw0.3/L=4.0m) 시공이음부 인접부 균열을 제외하고 전개소(6개소) 수직균열 인 것으로 확인되었으며, 균열 발생길이는 전부 1.0m 내·외인 것으로 조사되었다.
- 일부구간에 걸쳐 수평방향의 균열이 국부적으로 조사되었으며, 건조수축 및 콘크리트 분할 타설에 의한 시간차이로 신·구 콘크리트 간에 구속응력, 점검로 설치시 앵커홀 주변으로 응력이 집중되어 발생된 균열 등으로 판단된다. 교각에서 조사된 망상균열(17개소)은 균열의 형상, 방향성, 발생 위치 등을 고려해 볼 때, 수화열에 의한 온도응력 및 건조수축 등 콘크리트의 재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 판단된다.
- 상기 균열들은 재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 판단되므로 내구성 확보를 위한 균열폭에 따라 균열 폭 0.3mm이상 균열에는 주입보수, 균열 폭 0.3mm미만의 균열에는 표면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직하다.
- 긁힘은 금회 전개소 신규 조사된 손상으로 교각 하단부에서 조사되었으며, 공용중 외력에 의해 발생되었다. 손상규모는 비교적 경미한 것으로 확인되어, 점검시 지속적인 주의관찰을 실시한 후 손상진전시 일괄보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 들뜸, 박락(보수부), 박리, 마감불량은 시공시 배합비의 오류, 다짐불량, 재료품질, 거푸집 이물질 등 품질관리 미흡에 의해 발생된 것으로 판단된다. 또한 박락(1개소) 및 박리(2개소), 마감불량(1개소)(기둥 타설이음부)를 제외하고 기둥상단 직각부 및 기둥 우각부에서 대부분 조사되었다. 상기 손상은 내구성 저하 방지를 위해 단면보수가 필요하며, 단면보수 시 탈락 우려가 있으므로 탈락되지 않도록 표면보수 등의 보수방안도 고려하여 보수해야될 것으로 판단된다.
- 백태는 시공시 시멘트중에 포함된 용해 성분이 경화된 콘크리트 표면으로 이동하여 공기중의 탄산가스와 반응 탄산칼슘, 탄산나트륨 등으로 되어 수분 증발 후에 흰색의 결정화된 가루 형태로 표면에 발생되는 현상이며, 금회 조사된 백태는 기존부터 관리중인 손상으로 교각 P9 좌측면 하단부 하천 인접구간에서 조사되었다. 우기시 우수의 영향을 받는 손상인 만큼 표면보수를 실시하여 내구성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 파손은 교각부에서 국부적으로 조사되었으며, 공용중 외부충격 등으로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 파손은 손상규모가 대부분 소규모이며 전차 점검 대비 손상의 진행성이나 우수 유입에 따른 추가손상 발생 가능성이 적을 것으로 판단되나, 내구성 저하 방지

를 위해 보수계획에 맞춰 일괄보수를 실시하는 것이 바람직하다.

- 조사된 표면오염은 우수접촉에 의해 발생한 것으로 교고가 높아 우기시 교각부로 침투수가 접촉될 확률이 높다. 또한 신축이음부를 통한 소량의 우수침투 및 공용년수 증가에 따른 외기노출 등 복합적인 원인에 의해 표면오염이 발생된 것으로 판단되며, 내구성에 미치는 영향은 미미한 수준이나, 내구성 저하 방지를 위해 차후 보수계획에 맞춰 일괄보수를 실시함이 바람직할 것으로 판단된다.

3.3.3 기초부

가. 개요

- 회야대교(부산)의 교대 기초는 직접기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P1~P21)로 시공된 것으로 확인되었으며, 교대 및 교각의 기초는 지중에 매립되어 외관조사는 불가한 것으로 조사되었으나, 금회 세굴에 대한 안전성평가를 위해 하천구간 교각하부에 대한 상세외관조사를 실시하였다.



교대(A1) 기초부 전경



교대(A2) 기초부 전경



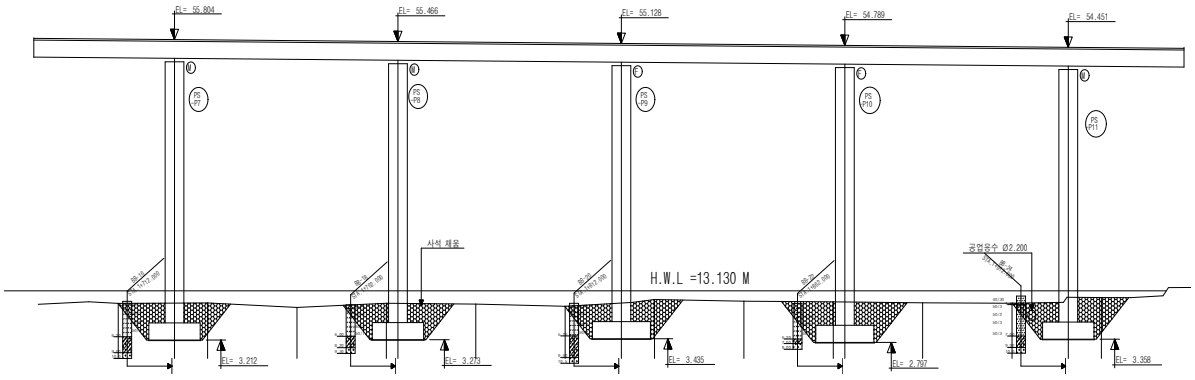


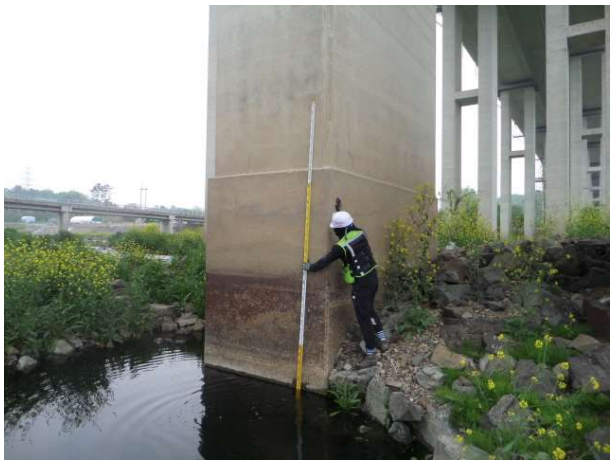




교각 기초부 전경

【사진 3.49】기초부 외관조사 현황(부산)







구분	전면	배면	좌측면	우측면
P7	30	50	60	40
P8	70	80	60	60
P9	40	40	40	30
P10	-	-	-	-
P11	-	-	-	-

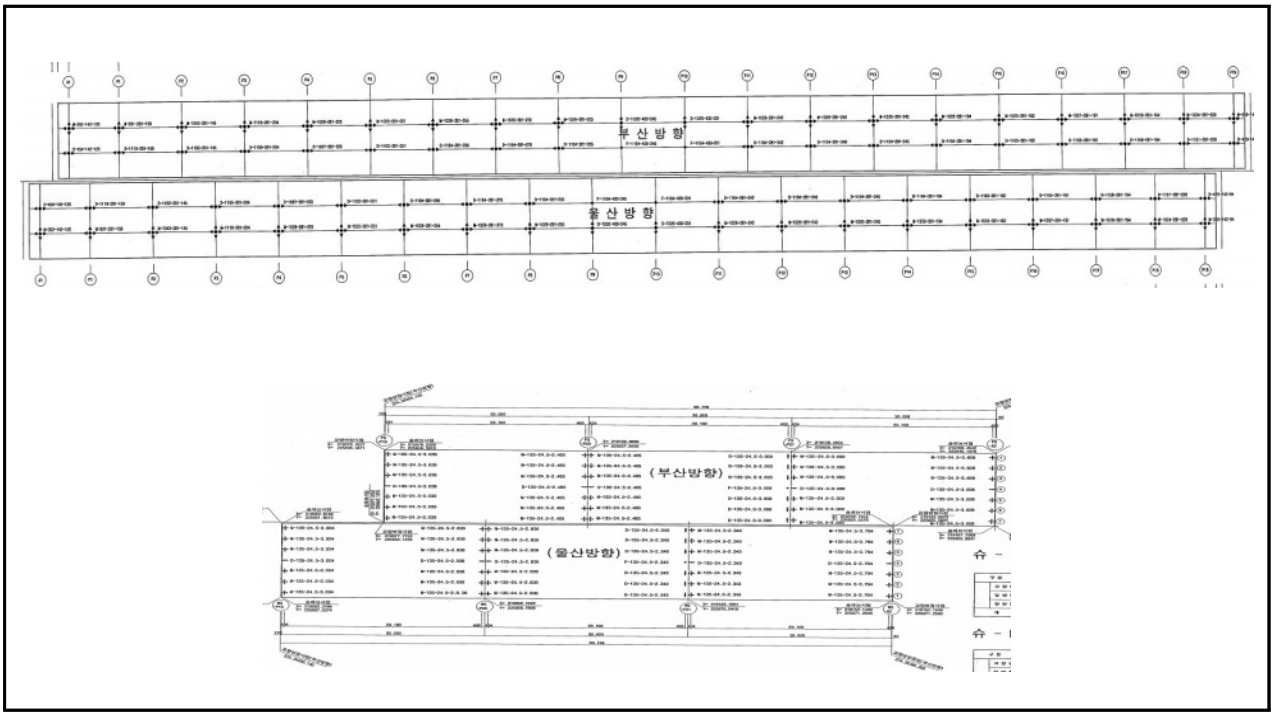
수상구간 위치도 및 측정현황

- 하천(해상)을 횡단하는 공용 중인 교량에 대해 세굴을 포함한 기초안전성에 대해 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편)』(2022)에 따라 검토를 실시하여야 한다. 설계도서 검토결과 하천구간으로 세굴을 방지하기 위해 쇄석 및 하상골재 채움후 그 위로 세굴심 2배이상의 사석(개당 무게30kg이상)을 설치하였으며, 기초의 노출이 발생하지 않은 상태로 조사되었다.
- 세굴에 대한 안전성평가는 “시설물의 안전성 평가” 편에 보다 상세히 수록하였다.

3.3.4 교량받침

가. 개요

- 교량받침은 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 본 조사에서는 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재부식, 콘크리트 손상 여부 등에 대해 주안점을 두고 현장조사를 실시하였다.
- 본 교량의 교량받침은 2가지 종류로 포트받침이 교대, 교각(A1~P19) 각 열당 2개소씩 60개소, 탄성받침이 교대, 교각(P19~A2) 각 열당 7개씩 42개소 총 82개의 교량받침이 시공되어 있으며, 교량받침 설치현황은 다음과 같다.



【그림 3.29】교량받침 배치도(부산)

		
포트받침 전경(양방향)	포트받침 전경(일방향)	포트받침 전경(고정단)

【사진 3.50】교량받침 전경(부산)




탄성받침 전경

【사진 3.50】교량받침 전경(부산)(계속)

나. 외관조사 결과

- 교량받침 점검결과, 주요손상으로 플레이트 부식, 도장박리, 받침콘크리트 균열, 받침콘크리트 파손, 받침콘크리트 재료분리, 받침몰탈 균열 등이 조사되었다.
- 금회 교량받침에 상세조사에 의한 신규손상으로 받침 콘크리트 균열(cw=0.3mm이상), 받침 콘크리트 망상균열, 받침 콘크리트 박락, 받침몰탈 박락, 받침몰탈 파손 등의 손상이 추가 조사된 것으로 확인되었다.

【표 3.73】교량받침 외관조사 결과(부산)

구 분	플레이트 부식 (개소/개소)	도장박리 (㎡/개소)	받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm이상) (m/개소)	받침콘크리트 망상균열 (㎡/개소)	받침콘크리트 파손 (㎡/개소)	비고
A1	-	-	0.20/1	-	-	-	
P1	1/1	-	0.20/1	-	-	-	
P2	-	-	0.60/3	-	-	-	
P3	-	-	0.60/3	-	-	-	
P4	-	-	0.40/2	0.30/1	-	-	
P5	-	-	0.60/3	0.40/2	-	-	
P6	1/1	-	-	-	-	-	
P7	-	-	0.20/1	-	-	-	
P8	-	-	0.40/2	-	-	-	
P9	-	-	-	-	-	-	
P10	-	-	0.50/2	-	-	-	
P11	1/1	0.01/1	0.20/1	-	-	-	
P12	-	-	0.80/4	-	-	0.06/1	
P13	1/1	-	0.20/1	-	-	0.04/1	
P14	1/1	-	1.00/5	0.30/1	-	-	
P15	1/1	-	-	-	0.30/1	-	
P16	-	-	0.20/1	-	-	-	
P17	-	-	-	-	-	0.06/2	
P18	-	-	-	-	-	-	
P19	-	-	0.60/3	-	-	-	
P20	-	-	-	-	-	-	
P21	-	-	1.20/6	-	-	-	
A2	1/1	-	-	-	-	-	
합 계	**8/8**	**0.01/1**	**7.90/39**	**1.00/4**	**0.30/1**	**0.16/4**	

【표 3.73】 교량받침 외관조사 결과(부산)(계속)

구 분	받침콘크리트 박락 (㎡/개소)	받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)	받침몰탈균열 (m/개소)	받침몰탈 박락 (㎡/개소)	받침몰탈 파손 (㎡/개소)	비고
A1	-	-	-	-	-	
P1	-	-	-	-	-	
P2	-	-	-	-	-	
P3	-	-	-	-	-	
P4	-	-	-	-	-	
P5	-	0.03/1	-	-	-	
P6	-	-	-	0.06/1	-	
P7	-	-	-	-	-	
P8	-	-	-	-	-	
P9	-	-	-	-	-	
P10	-	-	-	-	-	
P11	-	-	-	-	-	
P12	-	0.12/1	-	-	-	
P13	0.04/1	0.04/1	-	-	-	
P14	-	-	-	-	-	
P15	-	-	-	-	-	
P16	-	-	-	-	-	
P17	-	-	-	-	0.03/1	
P18	-	-	-	-	-	
P19	-	-	-	-	-	
P20	-	-	-	-	-	
P21	-	-	0.40/2	-	-	
A2	-	-	-	-	-	
합 계	**0.04/1**	**0.19/3**	**0.40/2**	**0.06/1**	**0.03/1**	

	
P2 플레이트 부식(1개소)	P6 플레이트 부식(1개소)
	
P11 도장박리(A=0.1×0.1=0.01m^2)	P4 받침콘크리트 균열(Cw=0.3/L=0.3m)
	
P5 받침콘크리트 균열(Cw=0.3/L=0.2m)	P14 받침콘크리트 균열(Cw=0.3/L=0.3m)

【사진 3.51】교량받침 손상현황(부산)

	
P2 받침콘크리트 균열(Cw=0.2/L=0.2m)	P3 받침콘크리트 균열(Cw=0.2L=0.2m), 2개소
	
P15 받침콘크리트 망상균열(A=1.5×0.2=0.30m^2)	P17 받침콘크리트 파손(A=0.2×0.2=0.04m^2)
	
P17 받침콘크리트 파손(A=0.2×0.1=0.02m^2)	P12 받침콘크리트 파손(A=0.3×0.2=0.06m^2)

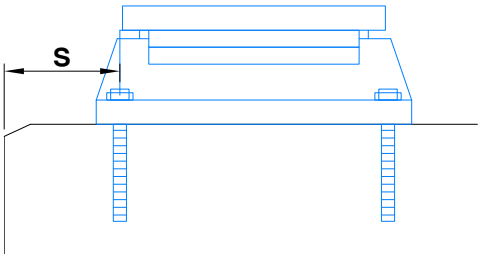
【사진 3.51】교량받침 손상현황(부산)(계속)

	
P13 받침콘크리트 박락(A=0.2×0.2=0.04m²)	P12 받침콘크리트 재료분리(A=0.4×0.3=0.12m²)
	
P5 받침콘크리트 재료분리(A=0.3×0.1=0.03m²)	P21 받침몰탈 균열(Cw=0.1/L=0.2m)
	
P6 받침몰탈 박락(A=0.1×0.6=0.06m²)	P17 받침몰탈 파손(A=0.3×0.1=0.03m²)

【사진 3.51】교량받침 손상현황(부산)(계속)

다. 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진 시에는 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(2010, 국토해양부)' 에서는 최소값을 규정하고 있다.



< 모식도 >

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

【그림 3.30】 도로교설계기준 연단거리 산출방법(부산)

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=30.0m) : 200+5×30.0 = 350.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=45.0m) : 200+5×45.0 = 425.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450.0(㎜)

2) 연단거리 측정 결과

- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.



연단거리 측정 전경 ①



연단거리 측정 전경 ②

【사진 3.52】 연단거리 측정 전경(부산)

【표 3.74】 연단거리 측정 결과(부산)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	연단거리		판 정
			Sh1	Sh2	
A1		425	2,300	2,300	O.K
P1	A1측	425	1,700	1,680	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P2	A1측	450	1,660	1,650	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P3	A1측	450	1,680	1,690	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P4	A1측	450	1,700	1,700	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P5	A1측	450	1,680	1,700	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P6	A1측	450	1,690	1,660	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P7	A1측	450	1,640	1,660	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P8	A1측	450	1,700	1,670	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P9	A1측	450	1,670	1,680	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P10	A1측	450	1,680	1,670	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P11	A1측	450	1,680	1,660	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P12	A1측	450	1,660	1,700	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P13	A1측	450	1,710	1,650	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P14	A1측	450	1,670	1,660	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P15	A1측	450	1,670	1,650	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P16	A1측	450	1,690	1,700	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P17	A1측	450	1,720	1,680	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P18	A1측	450	1,690	1,690	O.K
	A2측	450	1,600	1,600	O.K
P19	A1측	450	740	740	O.K

【표 3.74】 연단거리 측정 결과(부산)(계속)

구 분		계산 연단거리 (㎜)	연단거리							판 정
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	Sh7	
P19	A2측	350	700	700	700	700	700	700	700	O.K
P20	A1측	350	700	700	700	700	700	700	700	O.K
	A2측	350	700	700	700	700	700	700	700	O.K
P21	A1측	350	700	700	700	700	700	700	700	O.K
	A2측	350	700	700	700	700	700	700	700	O.K
A2		350	700	700	700	700	700	700	700	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침 가동상태의 적정성을 평가하기 위해 2회(1차:19.6℃(4월 20일), 2차:29.6℃(8월 2일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 변동량 측정결과는 다음과 같다.



교량받침 이동량 측정(교대) 현황 ①



교량받침 이동량 측정(교대) 현황 ②

【표 3.75】 교량받침 가동상태 검토결과(부산)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	110(A2)	115(A2)	5.0	44.0	1차 : 19.6℃ 2차 : 29.6℃ 온도차 : 10.0℃
	Sh2	100(A2)	105(A2)	5.0		
P1	Sh1	135(A2)	147(A2)	12.0	35.0	
	Sh2	137(A2)	150(A2)	13.0		
P2	Sh1	133(A2)	145(A2)	12.0	35.0	
	Sh2	136(A2)	148(A2)	12.0		

【표 3.75】교량받침 가동상태 검토결과(부산)(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P3	Sh1	131(A2)	142(A2)	11.0	30.0	1차 : 19.6℃ 2차 : 29.6℃ 온도차 : 10.0℃
	Sh2	131(A2)	142(A2)	11.0		
P4	Sh1	113(A2)	118(A2)	5.0	25.0	
	Sh2	115(A2)	120(A2)	5.0		
P5	Sh1	75(A2)	95(A2)	15.0	20.0	
	Sh2	70(A2)	80(A2)	10.0		
P6	Sh1	55(A2)	61(A2)	6.0	15.0	
	Sh2	60(A2)	65(A2)	5.0		
P7	Sh1	53(A2)	58(A2)	5.0	10.0	
	Sh2	57(A2)	62(A2)	5.0		
P8	Sh1	38(A2)	43(A2)	5.0	5.0	
	Sh2	40(A2)	45(A2)	5.0		
P9	고 정 단					
P10	고 정 단					
P11	Sh1	28(A1)	32(A1)	5.0	5.0	
	Sh2	30(A1)	35(A1)	5.0		
P12	Sh1	55(A1)	61(A1)	6.0	10.0	
	Sh2	57(A1)	63(A1)	6.0		
P13	Sh1	60(A1)	65(A1)	5.0	15.0	
	Sh2	62(A1)	67(A1)	5.0		
P14	Sh1	80(A1)	88(A1)	8.0	20.0	
	Sh2	85(A1)	92(A1)	7.0		
P15	Sh1	55(A1)	60(A1)	5.0	25.0	
	Sh2	75(A1)	80(A1)	5.0		
P16	Sh1	103(A1)	110(A1)	7.0	20.0	
	Sh2	107(A1)	112(A1)	5.0		
P17	Sh1	127(A1)	132(A1)	5.0	15.0	
	Sh2	130(A1)	135(A1)	5.0		
P18	Sh1	150(A1)	160(A2)	10.0	10.0	
	Sh2	150(A1)	160(A2)	10.0		
P19(A1)	Sh1	110(A1)	115(A1)	5.0	44.0	
	Sh2	110(A1)	115(A1)	5.0		
P19(A2)	Sh1	20(A2)	24(A2)	4.0	6.0	
	Sh2	20(A2)	24(A2)	4.0		
	Sh3	20(A2)	24(A2)	4.0		
	Sh4	20(A2)	24(A2)	4.0		
	Sh5	20(A2)	24(A2)	4.0		
	Sh6	20(A2)	24(A2)	4.0		
	Sh7	20(A2)	24(A2)	4.0		

【표 3.75】교량받침 가동상태 검토결과(부산)(계속)

구 분		실측 이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P20(A1)	Sh1	2(A2)	3(A2)	1.0	3.0	1차 : 19.6℃ 2차 : 29.6℃ 온도차 : 10.0℃
	Sh2	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh3	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh4	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh5	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh6	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh7	2(A2)	4(A2)	2.0		
P20(A2)	Sh1	2(A2)	4(A2)	2.0	3.0	
	Sh2	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh3	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh4	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh5	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh6	2(A2)	4(A2)	2.0		
	Sh7	2(A2)	4(A2)	2.0		
P21	고 정 단					
A2	Sh1	6(A1)	10(A1)	4.0	3.0	
	Sh2	6(A1)	10(A1)	4.0		
	Sh3	6(A1)	10(A1)	4.0		
	Sh4	6(A1)	10(A1)	4.0		
	Sh5	6(A1)	10(A1)	4.0		
	Sh6	6(A1)	10(A1)	4.0		
	Sh7	6(A1)	10(A1)	4.0		

2) 설계기준 온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토(1차 조사)

- 가동여유량 검토한 결과, 전반적으로 설계기준에서 제시되는 최대 및 최소 온도에 대하여 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

【표 3.76】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(1차 조사)(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	440.0	108.2	67.8	7.11	108.2	74.9
P1	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	400.0	98.4	61.6	7.11	98.4	68.7
P2	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	350.0	86.1	53.9	7.11	86.1	61.0
P3	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	300.0	73.8	46.2	7.11	73.8	53.3
P4	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	250.0	61.5	38.5	7.11	61.5	45.6
P5	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	200.0	49.2	30.8	7.11	49.2	37.9
P6	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	150.0	36.9	23.1	7.11	36.9	30.2
P7	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	100.0	24.6	15.4	7.11	24.6	22.5
P8	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	50.0	12.3	7.7	-	12.3	7.7
P9	고 정 단								
P10	고 정 단								
P11	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	50.0	12.3	7.7	-	12.3	7.7
P12	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	100.0	24.6	15.4	7.11	24.6	22.5
P13	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	150.0	36.9	23.1	7.11	36.9	30.2
P14	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	200.0	49.2	30.8	7.11	49.2	37.9
P15	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	250.0	61.5	38.5	7.11	61.5	45.6
P16	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	200.0	49.2	30.8	7.11	49.2	37.9
P17	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	150.0	36.9	23.1	7.11	36.9	30.2
P18	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	100.0	24.6	15.4	7.11	24.6	22.5
P19	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	60.0	14.8	9.2	-	14.8	9.2
P20	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6
P21	고 정 단								
A2	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6

1) 1차조사당시 온도 : 19.6℃(조사일 : 2023년 4월 20일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방/콘크리트교)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축거더길이 100m 이상인 모든 지점에서 보수적인 관점에서 하절기(최대 신장시)에 대하여만 고려하였음.

【표 3.77】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(부산)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 반침 이동량(㎜)		실측 반침 가동여유량(㎜)		반침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	110(A2)	108.2	74.9	560.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	100(A2)			550.0	350.0	±450	O.K
P1	Sh1	135(A2)	98.4	68.7	585.0	315.0	±450	O.K
	Sh2	137(A2)			587.0	313.0	±450	O.K
P2	Sh1	133(A2)	86.1	61.0	583.0	317.0	±450	O.K
	Sh2	136(A2)			586.0	314.0	±450	O.K
P3	Sh1	131(A2)	73.8	53.3	581.0	319.0	±450	O.K
	Sh2	131(A2)			581.0	319.0	±450	O.K
P4	Sh1	113(A2)	61.5	45.6	563.0	337.0	±450	O.K
	Sh2	115(A2)			565.0	335.0	±450	O.K
P5	Sh1	75(A2)	49.2	37.9	525.0	375.0	±450	O.K
	Sh2	70(A2)			520.0	380.0	±450	O.K
P6	Sh1	55(A2)	36.9	30.2	50.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	60(A2)			510.0	390.0	±450	O.K
P7	Sh1	53(A2)	24.6	22.5	503.0	397.0	±450	O.K
	Sh2	57(A2)			507.0	393.0	±450	O.K
P8	Sh1	38(A2)	12.3	7.7	488.0	412.0	±450	O.K
	Sh2	40(A2)			490.0	410.0	±450	O.K
P9		고 정 단						
P10		고 정 단						
P11	Sh1	28(A1)	12.3	7.7	478.0	422.0	±450	O.K
	Sh2	30(A1)			480.0	420.0	±450	O.K
P12	Sh1	55(A1)	24.6	22.5	505.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	57(A1)			507.0	393.0	±450	O.K
P13	Sh1	60(A1)	36.9	30.2	510.0	390.0	±450	O.K
	Sh2	62(A1)			512.0	388.0	±450	O.K
P14	Sh1	80(A1)	49.2	37.9	530.0	370.0	±450	O.K
	Sh2	85(A1)			535.0	365.0	±450	O.K
P15	Sh1	55(A1)	61.5	45.6	505.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	75(A1)			525.0	375.0	±450	O.K
P16	Sh1	103(A1)	49.2	37.9	553.0	347.0	±450	O.K
	Sh2	107(A1)			557.0	343.0	±450	O.K

【표 3.77】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(부산)(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P17	Sh1	127(A1)	36.9	30.2	577.0	323.0	±450	O.K
	Sh2	130(A1)			580.0	320.0	±450	O.K
P18	Sh1	150(A1)	24.6	22.5	600.0	300.0	±450	O.K
	Sh2	150(A1)			600.0	300.0	±450	O.K
P19 (A1)	Sh1	110(A1)	14.8	9.2	560.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	110(A1)			560.0	340.0	±450	O.K
P19 (A2)	Sh1	20(A2)	14.8	9.2	70.0	30.0	±50	O.K
	Sh2	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh3	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh4	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh5	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh6	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh7	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
P20 (A1)	Sh1	2(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh2	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh4	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh5	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh6	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh7	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
P20 (A2)	Sh1	2(A2)	7.4	4.6	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh2	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh4	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh5	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh6	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh7	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
P21		고 정 단						
A2	Sh1	6(A1)	7.4	4.6	56.0	44.0	±50	O.K
	Sh2	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh3	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh4	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh5	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh6	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh7	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토(1차 조사)

기상청 통계자료	• 최근 10년간 울산(기상관측소) 자료 참조 • 최근 10년간 최저기온 : -13.6℃(측정일시 : 2023년 01월 25일) • 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2018년 08월 05일)

- 최근 10년간 기상청 통계자료를 이용한 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 상기 설계기준 온도에서 가동여유량을 검토한 교량받침은 기상청 통계자료(10년)에 기록된 최저·최대온도를 기준으로 산정한 이론 이동량을 만족하고 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.78】교량받침 이동량(기상청 통계) 산정(1차 조사)(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	440.0	146.1	77.9	7.11	146.1	85.0
P1	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	400.0	132.8	70.8	7.11	132.8	77.9
P2	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	350.0	116.2	62.0	7.11	116.2	69.1
P3	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	300.0	99.6	53.1	7.11	99.6	60.2
P4	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	250.0	83.0	44.3	7.11	83.0	51.4
P5	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	200.0	66.4	35.4	7.11	66.4	42.5
P6	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	150.0	49.8	26.6	7.11	49.8	33.7
P7	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	100.0	33.2	17.7	7.11	33.2	24.8
P8	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	50.0	16.6	8.9	-	16.6	8.9
P9	고 정 단								
P10	고 정 단								
P11	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	50.0	16.6	8.9	-	16.6	8.9
P12	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	100.0	33.2	17.7	7.11	33.2	24.8
P13	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	150.0	49.8	26.6	7.11	49.8	33.7
P14	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	200.0	66.4	35.4	7.11	66.4	42.5
P15	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	250.0	83.0	44.3	7.11	83.0	51.4
P16	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	200.0	66.4	35.4	7.11	66.4	42.5
P17	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	150.0	49.8	26.6	7.11	49.8	33.7
P18	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	100.0	33.2	17.7	7.11	33.2	24.8
P19	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	60.0	19.9	10.6	-	19.9	10.6
P20	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	30.0	10.0	5.3	-	10.0	5.3
P21	고 정 단								
A2	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	30.0	10.0	5.3	-	10.0	5.3

1) 1차조사당시 온도 : 19.6℃(조사일 : 2023년 4월 20일, 평균온도)
2) 검토온도 : -13.6℃ ~ 37.3℃(기상청 통계자료)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축거더길이 100m 이상인 모든 지점에서 보수적인 관점에서 하절기(최대 신장시)에 대하여만 고려하였음.

【표 3.79】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(1차 조사)(부산)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	110(A2)	146.1	85.0	560.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	100(A2)			550.0	350.0	±450	O.K
P1	Sh1	135(A2)	132.8	77.9	585.0	315.0	±450	O.K
	Sh2	137(A2)			587.0	313.0	±450	O.K
P2	Sh1	133(A2)	116.2	69.1	583.0	317.0	±450	O.K
	Sh2	136(A2)			586.0	314.0	±450	O.K
P3	Sh1	131(A2)	99.6	60.2	581.0	319.0	±450	O.K
	Sh2	131(A2)			581.0	319.0	±450	O.K
P4	Sh1	113(A2)	83.0	51.4	563.0	337.0	±450	O.K
	Sh2	115(A2)			565.0	335.0	±450	O.K
P5	Sh1	75(A2)	66.4	42.5	525.0	375.0	±450	O.K
	Sh2	70(A2)			520.0	380.0	±450	O.K
P6	Sh1	55(A2)	49.8	33.7	50.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	60(A2)			510.0	390.0	±450	O.K
P7	Sh1	53(A2)	33.2	24.8	503.0	397.0	±450	O.K
	Sh2	57(A2)			507.0	393.0	±450	O.K
P8	Sh1	38(A2)	16.6	8.9	488.0	412.0	±450	O.K
	Sh2	40(A2)			490.0	410.0	±450	O.K
P9		고 정 단						
P10		고 정 단						
P11	Sh1	28(A1)	16.6	8.9	478.0	422.0	±450	O.K
	Sh2	30(A1)			480.0	420.0	±450	O.K
P12	Sh1	55(A1)	33.2	24.8	505.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	57(A1)			507.0	393.0	±450	O.K
P13	Sh1	60(A1)	49.8	33.7	510.0	390.0	±450	O.K
	Sh2	62(A1)			512.0	388.0	±450	O.K
P14	Sh1	80(A1)	66.4	42.5	530.0	370.0	±450	O.K
	Sh2	85(A1)			535.0	365.0	±450	O.K
P15	Sh1	55(A1)	83.0	51.4	505.0	395.0	±450	O.K
	Sh2	75(A1)			525.0	375.0	±450	O.K
P16	Sh1	103(A1)	66.4	42.5	553.0	347.0	±450	O.K
	Sh2	107(A1)			557.0	343.0	±450	O.K

【표 3.79】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(1차 조사)(부산)(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P17	Sh1	127(A1)	49.8	33.7	577.0	323.0	±450	O.K
	Sh2	130(A1)			580.0	320.0	±450	O.K
P18	Sh1	150(A1)	33.2	24.8	600.0	300.0	±450	O.K
	Sh2	150(A1)			600.0	300.0	±450	O.K
P19 (A1)	Sh1	110(A1)	19.9	10.6	560.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	110(A1)			560.0	340.0	±450	O.K
P19 (A2)	Sh1	20(A2)	19.9	10.6	70.0	30.0	±50	O.K
	Sh2	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh3	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh4	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh5	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh6	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
	Sh7	20(A2)			70.0	30.0	±50	O.K
P20 (A1)	Sh1	2(A2)	10.0	5.3	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh2	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh4	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh5	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh6	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh7	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
P20 (A2)	Sh1	2(A2)	10.0	5.3	52.0	48.0	±50	O.K
	Sh2	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh3	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh4	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh5	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh6	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
	Sh7	2(A2)			52.0	48.0	±50	O.K
P21		고 정 단						
A2	Sh1	6(A1)	10.0	5.3	56.0	44.0	±50	O.K
	Sh2	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh3	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh4	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh5	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh6	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
	Sh7	6(A1)			56.0	44.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

4) 설계기준 온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토(2차 조사)

- 가동여유량 검토한 결과, 전반적으로 설계기준에서 제시되는 최대 및 최소 온도에 대하여 충분한 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

【표 3.80】교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정(2차 조사)(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	440.0	152.2	23.8	7.11	152.2	30.9
P1	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	400.0	138.4	21.6	7.11	138.4	28.7
P2	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	350.0	121.1	18.9	7.11	121.1	26.0
P3	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	300.0	103.8	16.2	7.11	103.8	23.3
P4	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	250.0	86.5	13.5	7.11	86.5	20.6
P5	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	200.0	69.2	10.8	7.11	69.2	17.9
P6	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	150.0	51.9	8.1	7.11	51.9	15.2
P7	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	100.0	34.6	5.4	7.11	34.6	12.5
P8	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	50.0	17.3	2.7	-	17.3	2.7
P9	고 정 단								
P10	고 정 단								
P11	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	50.0	17.3	2.7	-	17.3	2.7
P12	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	100.0	34.6	5.4	7.11	34.6	12.5
P13	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	150.0	51.9	8.1	7.11	51.9	15.2
P14	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	200.0	69.2	10.8	7.11	69.2	17.9
P15	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	250.0	86.5	13.5	7.11	86.5	20.6
P16	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	200.0	69.2	10.8	7.11	69.2	17.9
P17	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	150.0	51.9	8.1	7.11	51.9	15.2
P18	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	100.0	34.6	5.4	7.11	34.6	12.5
P19	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	60.0	20.8	3.2	-	20.8	3.2
P20	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	30.0	10.4	1.6	-	10.4	1.6
P21	고 정 단								
A2	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	30.0	10.4	1.6	-	10.4	1.6

1) 2차조사당시 온도 : 29.6℃(조사일 : 2023년 8월 2일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방/콘크리트교)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축거더길이 100m 이상인 모든 지점에서 보수적인 관점에서 하절기(최대 신장시)에 대하여만 고려하였음.

【표 3.81】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(부산)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 반침 이동량(㎜)		실측 반침 가동여유량(㎜)		반침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	115(A2)	152.2	30.9	565.0	335.0	±450	O.K
	Sh2	105(A2)			55.0	345.0	±450	O.K
P1	Sh1	147(A2)	138.4	28.7	597.0	303.0	±450	O.K
	Sh2	150(A2)			600.0	300.0	±450	O.K
P2	Sh1	145(A2)	121.1	26.0	595.0	305.0	±450	O.K
	Sh2	148(A2)			598.0	302.0	±450	O.K
P3	Sh1	142(A2)	103.8	23.3	592.0	308.0	±450	O.K
	Sh2	142(A2)			592.0	308.0	±450	O.K
P4	Sh1	118(A2)	86.5	20.6	568.0	332.0	±450	O.K
	Sh2	120(A2)			570.0	330.0	±450	O.K
P5	Sh1	95(A2)	69.2	17.9	545.0	355.0	±450	O.K
	Sh2	80(A2)			530.0	370.0	±450	O.K
P6	Sh1	61(A2)	51.9	15.2	511.0	389.0	±450	O.K
	Sh2	65(A2)			515.0	385.0	±450	O.K
P7	Sh1	58(A2)	34.6	12.5	508.0	392.0	±450	O.K
	Sh2	62(A2)			512.0	388.0	±450	O.K
P8	Sh1	43(A2)	17.3	2.7	493.0	407.0	±450	O.K
	Sh2	45(A2)			495.0	405.0	±450	O.K
P9		고 정 단						
P10		고 정 단						
P11	Sh1	32(A1)	17.3	2.7	482.0	418.0	±450	O.K
	Sh2	35(A1)			485.0	415.0	±450	O.K
P12	Sh1	61(A1)	34.6	12.5	511.0	389.0	±450	O.K
	Sh2	63(A1)			513.0	387.0	±450	O.K
P13	Sh1	65(A1)	51.9	15.2	515.0	385.0	±450	O.K
	Sh2	67(A1)			517.0	383.0	±450	O.K
P14	Sh1	88(A1)	69.2	17.9	538.0	362.0	±450	O.K
	Sh2	92(A1)			542.0	358.0	±450	O.K
P15	Sh1	60(A1)	86.5	20.6	510.0	390.0	±450	O.K
	Sh2	80(A1)			530.0	370.0	±450	O.K
P16	Sh1	110(A1)	69.2	17.9	560.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	112(A1)			562.0	338.0	±450	O.K

【표 3.81】교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(부산)(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P17	Sh1	132(A1)	51.9	15.2	582.0	318.0	±450	O.K
	Sh2	135(A1)			585.0	315.0	±450	O.K
P18	Sh1	160(A2)	34.6	12.5	610.0	290.0	±450	O.K
	Sh2	160(A2)			610.0	290.0	±450	O.K
P19 (A1)	Sh1	115(A1)	20.8	3.2	565.0	335.0	±450	O.K
	Sh2	115(A1)			565.0	335.0	±450	O.K
P19 (A2)	Sh1	24(A2)	20.8	3.2	74.0	26.0	±50	O.K
	Sh2	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh3	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh4	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh5	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh6	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh7	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
P20 (A1)	Sh1	3(A2)	10.4	1.6	53.7	47.0	±50	O.K
	Sh2	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh3	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh4	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh5	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh6	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh7	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
P20 (A2)	Sh1	4(A2)	10.4	1.6	53.7	47.0	±50	O.K
	Sh2	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh3	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh4	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh5	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh6	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh7	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
P21		고 정 단						
A2	Sh1	10(A1)	51.9	15.2	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh2	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh3	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh4	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh5	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh6	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh7	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

5) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토(2차 조사)

기상청 통계자료	• 최근 10년간 울산(기상관측소) 자료 참조 • 최근 10년간 최저기온 : -13.6℃(측정일시 : 2023년 01월 25일) • 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2018년 08월 05일)

- 최근 10년간 기상청 통계자료를 이용한 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 상기 설계기준 온도에서 가동여유량을 검토한 교량받침은 기상청 통계자료(10년)에 기록된 최저·최대온도를 기준으로 산정한 이론 이동량을 만족하고 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.82】교량받침 이동량(기상청 통계) 산정(2차 조사)(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	440.0	190.1	33.9	7.11	190.1	41.0
P1	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	400.0	172.8	30.8	7.11	172.8	37.9
P2	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	350.0	151.2	27.0	7.11	151.2	34.1
P3	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	300.0	129.6	23.1	7.11	129.6	30.2
P4	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	250.0	108.0	19.3	7.11	108.0	26.4
P5	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	200.0	86.4	15.4	7.11	86.4	22.5
P6	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	150.0	64.8	11.6	7.11	64.8	18.7
P7	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	100.0	43.2	7.7	7.11	43.2	14.8
P8	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	50.0	21.6	3.9	-	21.6	3.9
P9	고 정 단								
P10	고 정 단								
P11	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	50.0	21.6	3.9	-	21.6	3.9
P12	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	100.0	43.2	7.7	7.11	43.2	14.8
P13	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	150.0	64.8	11.6	7.11	64.8	18.7
P14	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	200.0	86.4	15.4	7.11	86.4	22.5
P15	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	250.0	108.0	19.3	7.11	108.0	26.4
P16	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	200.0	86.4	15.4	7.11	86.4	22.5
P17	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	150.0	64.8	11.6	7.11	64.8	18.7
P18	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	100.0	43.2	7.7	7.11	43.2	14.8
P19	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	60.0	25.9	4.6	-	25.9	4.6
P20	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	30.0	13.0	2.3	-	13.0	2.3
P21	고 정 단								
A2	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	30.0	13.0	2.3	-	13.0	2.3

1) 2차조사당시 온도 : 29.6℃(조사일 : 2023년 8월 2일, 평균온도)
2) 검토온도 : -13.6℃ ~ 37.3℃(기상청 통계자료)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 신축거더길이 100m 이상인 모든 지점에서 보수적인 관점에서 하절기(최대 신장시)에 대하여만 고려하였음.

【표 3.83】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(부산)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	115(A2)	190.1	41.0	565.0	335.0	±450	O.K
	Sh2	105(A2)			55.0	345.0	±450	O.K
P1	Sh1	147(A2)	172.8	37.9	597.0	303.0	±450	O.K
	Sh2	150(A2)			600.0	300.0	±450	O.K
P2	Sh1	145(A2)	151.2	34.1	595.0	305.0	±450	O.K
	Sh2	148(A2)			598.0	302.0	±450	O.K
P3	Sh1	142(A2)	129.6	30.2	592.0	308.0	±450	O.K
	Sh2	142(A2)			592.0	308.0	±450	O.K
P4	Sh1	118(A2)	108.0	26.4	568.0	332.0	±450	O.K
	Sh2	120(A2)			570.0	330.0	±450	O.K
P5	Sh1	95(A2)	86.4	22.5	545.0	355.0	±450	O.K
	Sh2	80(A2)			530.0	370.0	±450	O.K
P6	Sh1	61(A2)	64.8	18.7	511.0	389.0	±450	O.K
	Sh2	65(A2)			515.0	385.0	±450	O.K
P7	Sh1	58(A2)	43.2	14.8	508.0	392.0	±450	O.K
	Sh2	62(A2)			512.0	388.0	±450	O.K
P8	Sh1	43(A2)	21.6	3.9	493.0	407.0	±450	O.K
	Sh2	45(A2)			495.0	405.0	±450	O.K
P9		고 정 단						
P10		고 정 단						
P11	Sh1	32(A1)	21.6	3.9	482.0	418.0	±450	O.K
	Sh2	35(A1)			485.0	415.0	±450	O.K
P12	Sh1	61(A1)	43.2	14.8	511.0	389.0	±450	O.K
	Sh2	63(A1)			513.0	387.0	±450	O.K
P13	Sh1	65(A1)	64.8	18.7	515.0	385.0	±450	O.K
	Sh2	67(A1)			517.0	383.0	±450	O.K
P14	Sh1	88(A1)	86.4	22.5	538.0	362.0	±450	O.K
	Sh2	92(A1)			542.0	358.0	±450	O.K
P15	Sh1	60(A1)	108.0	26.4	510.0	390.0	±450	O.K
	Sh2	80(A1)			530.0	370.0	±450	O.K
P16	Sh1	110(A1)	86.4	22.5	560.0	340.0	±450	O.K
	Sh2	112(A1)			562.0	338.0	±450	O.K

【표 3.83】교량받침 이동량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(부산)(계속)

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P17	Sh1	132(A1)	64.8	18.7	582.0	318.0	±450	O.K
	Sh2	135(A1)			585.0	315.0	±450	O.K
P18	Sh1	160(A2)	43.2	14.8	610.0	290.0	±450	O.K
	Sh2	160(A2)			610.0	290.0	±450	O.K
P19 (A1)	Sh1	115(A1)	25.9	4.6	565.0	335.0	±450	O.K
	Sh2	115(A1)			565.0	335.0	±450	O.K
P19 (A2)	Sh1	24(A2)	25.9	4.6	74.0	26.0	±50	O.K
	Sh2	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh3	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh4	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh5	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh6	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
	Sh7	24(A2)			74.0	26.0	±50	O.K
P20 (A1)	Sh1	3(A2)	13.0	2.3	53.7	47.0	±50	O.K
	Sh2	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh3	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh4	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh5	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh6	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh7	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
P20 (A2)	Sh1	4(A2)	13.0	2.3	53.7	47.0	±50	O.K
	Sh2	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh3	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh4	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh5	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh6	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
	Sh7	4(A2)			53.7	47.0	±50	O.K
P21		고 정 단						
A2	Sh1	10(A1)	13.0	2.3	60.0	40.0	±50	O.K
	Sh2	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh3	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh4	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh5	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh6	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
	Sh7	10(A1)			60.0	40.0	±50	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

마. 기 진단(2018년) 결과와 비교・분석

- 기 진단(18년) 점검결과 비교시, 도장박리, 받침콘크리트 균열 및 망상균열, 받침콘크리트 파손 및 박락, 받침몰탈 균열 및 박락, 파손의 손상물량이 증가한 것으로 확인되었으며, 보수로 인해 플레이트 부식 및 재료분리 손상이 감소한 것으로 분석되었다.
- 신규 조사된 손상은 단기적인 물량 증가가 아닌 공용년수 증가, 금회 상세외관조사 등에 의해 조사된 것으로 판단되며, 신규 손상과 보수 시행으로 인해 교량받침의 전반적인 손상물량은 증・감이 있는 것으로 분석되었다.
- 보수・보강 이력 및 현장조사 결과, 기 진단 이후 “구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사, 2019.09.18.~12.31”를 통해 교량받침 대해 재도장 보수 등을 실시한 것으로 조사되었으며, 현장조사 결과 보수불량에 따른 재손상이 발생하지 않은 비교적 양호한 상태로 확인되었다.



회야대교(부산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2019년 09월 18일 ~ 2019년 12월 31일
관련점검진단	정밀안전진단(2018-09-16 ~ 2018-12-31)	계약방법	제한경쟁
설계자	이효찬	시공자	CS청산건설㈜
책임기술자	이건수	공사감독	이효찬
부위	거더, 교량받침, 신축이음장치, 배수관, 난간방호벽		
공사내역	볼트 재체결, 재도장, 주입보수, 방수재주입, 차수판설치, 배수관설치, 표면처리		
공사비	4,008천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	손동영	작성일	2020-04-08
승인상태	승인완료		

공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
거더	내부	볼트 재체결	4	EA	23
교량받침		재도장(부분, 전면 등)	12.32	m²	830
교량받침		주입보수	0.42	m²	166
신축이음		주입보수	15.7	m	2,256
신축이음		차수판설치	1	EA	733
배수시설	배수관	배수관설치	7	m	1,183
방호벽		표면처리공법	48.63	m²	2,500

- 또한, “2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사(2020.08.18.~2020.12.04)”를 통해 강재 전단키(A1, P3~P16, P18, A2)가 교대 및 교각 일부 구간에 걸쳐 설치된 것으로 조사되었다.



회야대교(부산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사		
공사구분	개량	공사기간	2020년 08월 18일 ~ 2020년 12월 04일
관련점검진단		계약방법	제한경쟁
설계자	구조물안전팀	시공자	(주)가화건설
책임기술자	정덕민	공사감독	이득현
부위	교량받침 A1, P3~P16, P18, A2		
공사내역	강재전단키 설치		
공사비	85,657천원(VAT포함)	내진보강	실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	이효찬	작성일	2020-12-29
승인상태	승인완료		




강재 전단키 현황

【표 3.84】교량받침 기 진단과의 결과 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
플레이트 부식	개소	28	5	8	▼ 28
도장박리	㎡	-	0.01	0.01	▲ 0.01
받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm미만)	m	-	0.30	7.90	▲ 7.90
받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm이상)	m	-	-	1.00	▲ 1.00
받침콘크리트 망상균열	㎡	-	-	0.30	▲ 0.30
받침콘크리트 파손	㎡	0.04	-	0.16	▲ 0.12
받침콘크리트 박락	㎡	-	-	0.04	▲ 0.04
받침콘크리트 재료분리	㎡	0.38	-	0.19	▼ 0.19
받침몰탈 균열	m	-	0.40	0.40	▲ 0.40
받침몰탈 박락	㎡	-	-	0.06	▲ 0.06
받침몰탈 파손	㎡	-	-	0.03	▲ 0.03



【그림 3.31】교량받침 기 점검 결과와의 비교(부산)

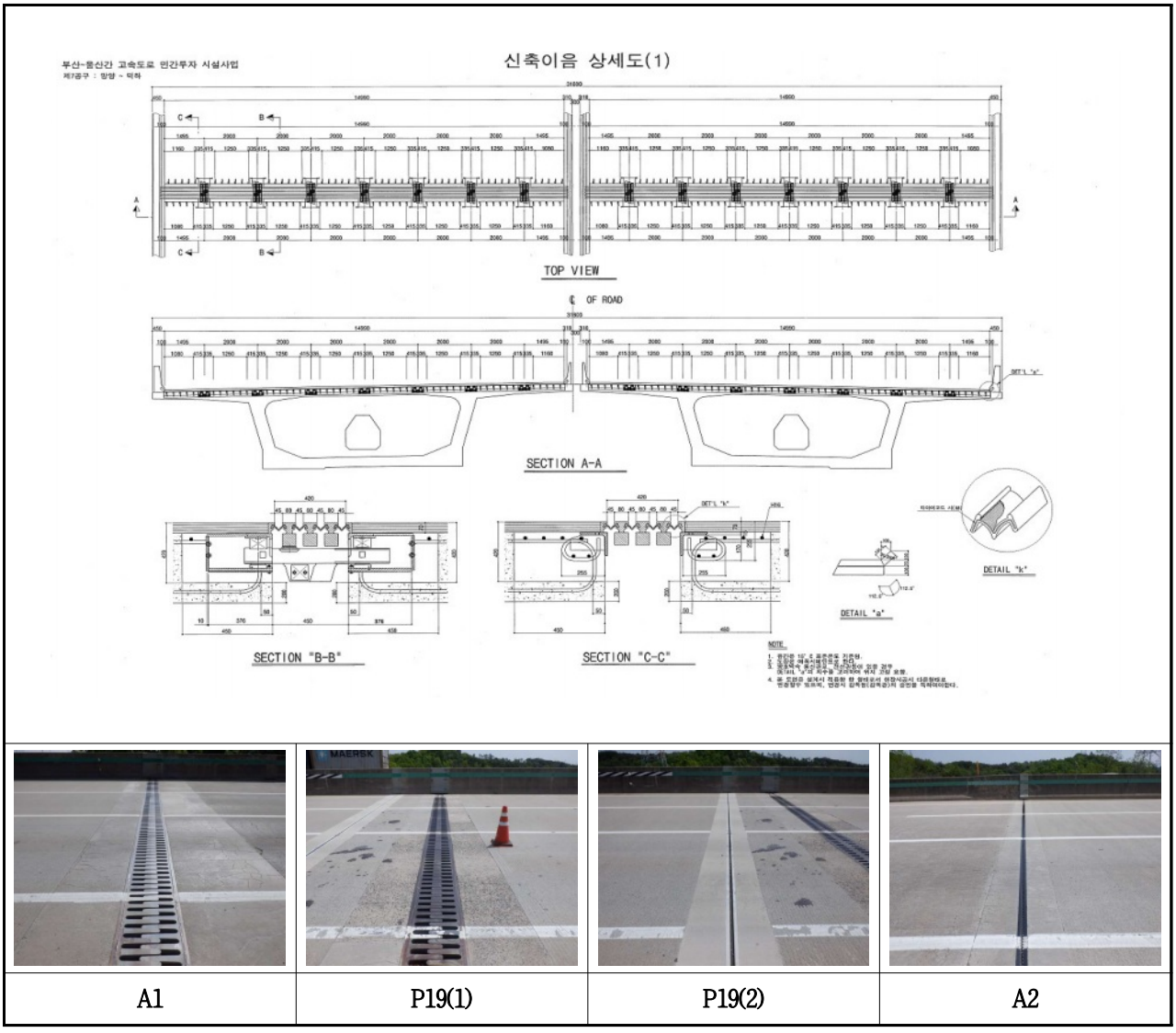
바. 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 금회 진단시 교량받침에서 조사된 플레이트 부식 및 도장박리 손상은 공용년수 증가로 인한 노후화 손상이며, 손상규모 및 변상정도가 경미하나, 해당 구조물의 내구성 확보를 위해 재도장을 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 및 무수축 몰탈에서 발생된 균열 및 망상균열은 재료적 특성에 따른 건조수축 및 온도응력에 의해 발생된 균열로, 구조적 원인에 의해 발생된 손상은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 미세균열의 경우 주의관찰이 요구되나, 내구성 확보를 위해 균열 폭 0.2㎜ 균열에 대해서는 표면보수, 균열 폭 0.3mm이상 균열에 대해서는 주입보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트 및 받침몰탈에 발생된 박락 및 파손 재료분리 등의 단면손상은 시공시 다짐 미흡과 품질관리 미흡, 콘크리트 재료적 성질 등에 의해 발생한 것으로 발생규모는 경미하나 내구성 저하 방지를 위해 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 교량받침 설계시 ①온도변화, ②건조수축 ③크리프 등에 대한 요소를 검토하고 이를 고려하여 시공을 실시하며, 이 중 건조수축 및 크리프는 구조물 시공 후 몇 년에 걸쳐서 변형이 진행된다.
- 설계기준온도를 통한 검토 및 기상청 통계자료에 따른(최저, 최대온도) 가동여유량 분석결과, 교량받침 모두 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나, 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이므로 주기적인(하・동절기) 점검을 통한 중점관리를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

3.3.5 신축이음장치

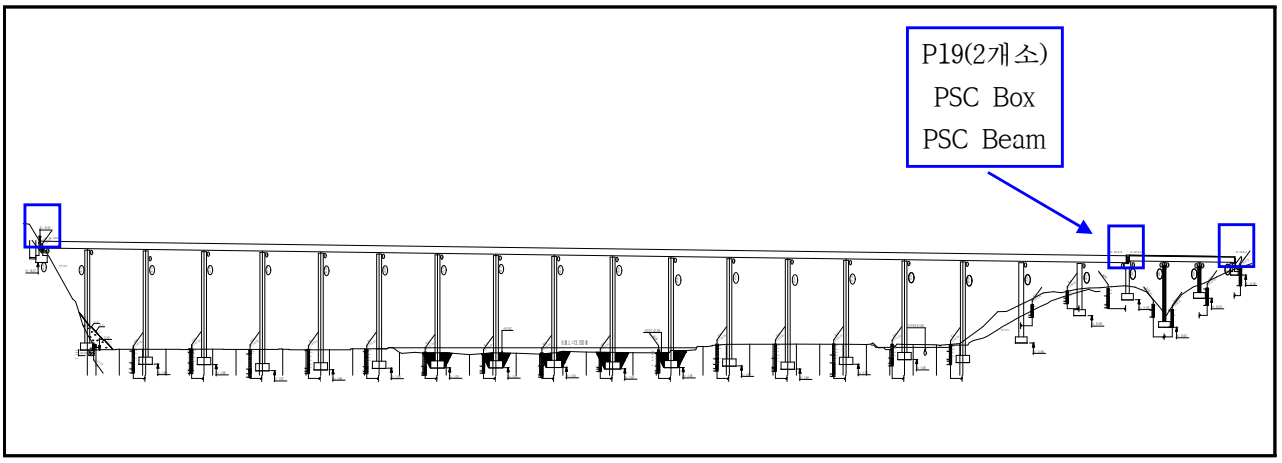
가. 개요

- 신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조수축 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 부재이다.
- 신축이음장치는 총 4개소(A1, A2, P19(2개소))에 설치되어 있으며, Steel Finger Joint(A1, P19) 및 Rail Joint(P19), Monocell Joint(A2)로 시공되어 있다. 또한 준공도면 및 교체이력을 확인한 결과, 설계유간은 No.320(A1), No.320(P19(1)), No.100(P19(2)), No.50(A2)인 것으로 확인되었다.



A1	P19(1)	P19(2)	A2

【그림 3.32】신축이음장치 준공당시 상세도 및 전경(부산)



【그림 3.33】 신축이음장치 위치도(부산)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 신축이음장치 교각 P19(ExpJ2, ExpJ3)에서 유간 토사 퇴적이 조사되었고, 후타재는 콘크리트의 경우 주행차량의 충격하중 및 재료적 특성에 의한 망상균열이 일부 일관된 규칙성이 없는 형태로 발생하였다. 후타재 마모 및 박락 또한 경미한 규모로 발생하였으며, 차수판의 경우 볼트탈락과 Exp.J1(A1)에서 차수판 설치불량이 조사되었다.

【표 3.85】 신축이음장치 외관조사 결과(부산)

구 분		후타재 망상균열 (㎡/개소)	후타재 마모 (㎡/개소)	후타재 박락 (㎡/개소)	비고
PSCB	A1	20.58/4	-	-	
	P19	4.20/1	9.30/2	0.10/1	
PSCI	P19	-	-	-	
	A2	-	-	-	
합 계		**24.78/5**	**9.30/2**	**0.10/1**	
구 분		**유간토사퇴적 (m/개소)**	**차수판 볼트탈락 (개소/개소)**	**차수판 설치불량 (개소/개소)**	**비고**
PSCB	A1	-	-	1/1	
	P19	4.00/1	-	-	
PSCI	P19	3.00/1	3/3	-	
	A2	-	-	-	
합 계		**7.00/2**	**3/3**	**1/1**	

	
S1 후타재 망상균열(A=1.4×7.0=9.80m²)	S1 후타재 망상균열(A=0.7×7.0=4.90m²)
	
S1 후타재 망상균열(A=1.4×2.8=3.92m²)	S19 후타재 망상균열(A=0.1×0.1=0.01m²)
	
S19 후타재 마모(A=0.1×0.1=0.01m²)	S19 후타재 박락(A=0.1×0.1=0.01m²)

【사진 3.53】 신축이음장치 손상현황(부산)

	
S19 유간토사퇴적(L=4.0m)	S20 유간토사퇴적(L=3.0m)
	
S20 신축이음 차수판 볼트탈락(3개소)	S1 신축이음 차수판 설치불량(1개소)

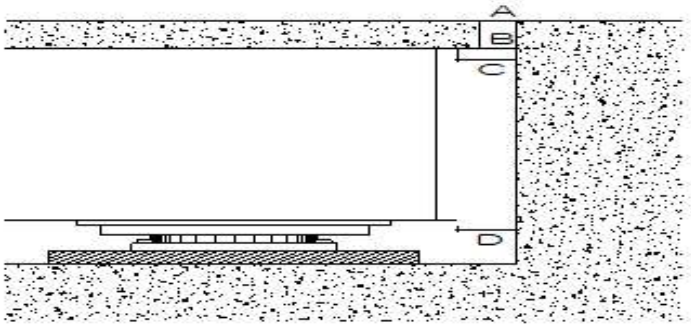
【사진 3.53】신축이음장치 손상현황(부산)(계속)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동 상태를 확인하기 위해 2회(1차:19.6℃(4월 20일), 2차:29.6℃(8월 2일))에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판, 거더 상·하부에 대해서 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동 상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승 시 신장량과 최저 온도 하강 시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

① 신축이음 유간 측정방법



A 신축이음장치 유간
B 바닥판 슬래브 유간
C Girder 상부 유간
D Girder 하부 유간

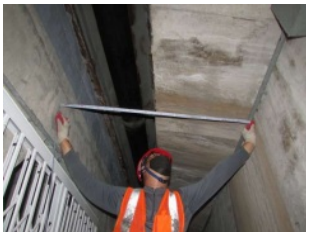
< 측정 개요도 >



신축이음장치 유간 - A



바닥판 슬래브 유간 - B



거더 상부 유간 - C



거더 하부 유간 - D

② 신축이음 유간 측정결과

【표 3.86】신축이음 유간 측정결과(부산)

측정위치	측 정 값(㎜)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	155.0	75.0	680.0	560.0	1,350.0	1,230.0	1,300.0	1,220.0	Steel Finger Joint
EXP.J2(19-1)	157.0	100.0	600.0	490.0	840.0	800.0	850.0	810.0	Steel Finger Joint
EXP.J3(19-2)	38.0	30.0	90.0	80.0	1,70.0	1,70.0	1,90.0	1,80.0	Rail Joint
EXP.J4(A2)	13.0	25.0	60.0	45.0	110.0	80.0	105.0	80.0	monocell Joint

• 4월(19.6℃)과 8월(29.6℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과는 다음과 같다.

【표 3.87】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(부산)

측정위치		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	155.0	75.0	80.0	44.0	1차 : 19.6℃ 2차 : 29.6℃ 온도차 : 10.0℃
	바닥판 단부	680.0	560.0	120.0		
EXP.J2(P19-1)	신축이음장치	157.0	100.0	57.0	44.0	
	바닥판 단부	600.0	490.0	110.0		
EXP.J3(P19-2)	신축이음장치	38.0	30.0	8.0	6.0	
	바닥판 단부	90.0	80.0	10.0		
EXP.J4(A2)	신축이음장치	13.0	25.0	12.0	3.0	
	바닥판 단부	60.0	45.0	15.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃)에 따른 여유량 검토(1차 조사)

• 신축이음 및 바닥판의 실측 유간을 계산 이동량과 비교·검토한 결과, EXP.J1(A1), J2(P19-1), J3(P19-2), J4(A2) 설계온도 최대시 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.88】신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(1차 조사)(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	440.0	108.2	67.8	7.11	115.4	67.8
EXP.J2(P19-1)	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	440.0	108.2	67.8	7.11	115.4	67.8
EXP.J3(P19-2)	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	60.0	14.8	9.2	-	14.8	9.2
EXP.J4(A2)	24.6	15.4	1.0×10^{-5}	30.0	7.4	4.6	-	7.4	4.6

1) 1차조사당시 온도 : 19.6℃(조사일 : 2023년 4월 20일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방/콘크리트교)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(수축시에만 고려)

【표 3.89】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(1차 조사)(부산)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	115.4	67.8	155.0	320.0	49.6	87.2	O.K
	바닥판 단부			680.0	-	-	612.2	O.K
EXP.J2 (19-1)	신축이음장치	115.4	67.8	157.0	320.0	47.6	89.2	O.K
	바닥판 단부			600.0	-	-	532.2	O.K
EXP.J3 (P19-2)	신축이음장치	14.8	9.2	38.0	100.0	47.2	28.8	O.K
	바닥판 단부			90.0	-	-	80.8	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음장치	7.4	4.6	13.0	50.0	29.6	8.4	O.K
	바닥판 단부			60.0	-	-	55.4	O.K
주1) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

3) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토(1차 조사)

기상청 통계자료	• 최근 10년간 울산(기상관측소) 자료 참조 • 최근 10년간 최저기온 : -13.6℃(측정일시 : 2023년 01월 25일) • 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2018년 08월 05일)

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 울산(기상관측소)의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 신축이음장치의 가동여유량 평가를 실시하였다.
- 최근 10년간 기상청 통계자료를 이용한 신축이음의 이동량을 검토한 결과, Exp.J1(A1), J2(P19-1), J3(P19-2), J4(A2)에서 관측온도 최대시, 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.90】 신축이음 신축이동량(기상청 통계) 산정(1차 조사)(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	440.0	146.1	77.9	7.11	153.2	77.9
EXP.J2(P19-1)	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	440.0	146.1	77.9	7.11	153.2	77.9
EXP.J3(P19-2)	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	60.0	19.9	10.6	-	19.9	10.6
EXP.J4(A2)	33.2	17.7	1.0×10^{-5}	30.0	10.0	5.3	-	10.0	5.3

1) 1차조사당시 온도 : 19.6℃(조사일 : 2023년 4월 20일, 평균온도)
2) 검토온도 : -13.6℃ ~ 37.3℃(기상청 통계자료)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(수축시에만 고려)

【표 3.91】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(1차 조사)(부산)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	153.2	77.9	155.0	320.0	11.8	77.1	O.K
	바닥판 단부			680.0	-	-	602.1	O.K
EXP.J2 (19-1)	신축이음장치	153.2	77.9	157.0	320.0	9.8	79.1	O.K
	바닥판 단부			600.0	-	-	522.1	O.K
EXP.J3 (P19-2)	신축이음장치	19.9	10.6	38.0	100.0	42.1	27.4	O.K
	바닥판 단부			90.0	-	-	79.4	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음장치	10.0	5.3	13.0	50.0	27.0	7.7	O.K
	바닥판 단부			60.0	-	-	54.7	O.K

주1) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

4) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃)에 따른 여유량 검토(2차 조사)

- 신축이음 및 바닥판의 실측 유간을 계산 이동량과 비교·검토한 결과, EXP.J1(A1), J2(P19-1), J3(P19-2), J4(A2) 설계온도 최대시 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.92】 신축이음 신축이동량(설계기준 온도) 산정(2차 조사)(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	440.0	152.2	23.8	7.11	159.4	23.8
EXP.J2(P19-1)	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	440.0	152.2	23.8	7.11	159.4	23.8
EXP.J3(P19-2)	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	60.0	20.8	3.2	-	20.8	3.2
EXP.J4(A2)	34.6	5.4	1.0×10^{-5}	30.0	10.4	1.6	-	10.4	1.6

1) 2차조사당시 온도 : 29.6℃(조사일 : 2023년 8월 2일, 평균온도)
2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방/콘크리트교)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(수축시에만 고려)

【표 3.93】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(설계기준 온도) 검토결과(2차 조사)(부산)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	159.4	23.8	75.0	320.0	85.6	51.2	O.K
	바닥판 단부			560.0	-	-	536.2	O.K
EXP.J2 (19-1)	신축이음장치	159.4	23.8	100.0	320.0	60.6	76.2	O.K
	바닥판 단부			490.0	-	-	466.2	O.K
EXP.J3 (P19-2)	신축이음장치	20.8	3.2	30.0	100.0	49.2	26.8	O.K
	바닥판 단부			80.0	-	-	76.8	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음장치	10.4	1.6	25.0	50.0	14.6	23.4	O.K
	바닥판 단부			45.0	-	-	43.4	O.K

주1) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

5) 기상청 통계자료에 따른 이동량 검토(2차 조사)

기상청 통계자료	• 최근 10년간 울산(기상관측소) 자료 참조 • 최근 10년간 최저기온 : -13.6℃(측정일시 : 2023년 01월 25일) • 최근 10년간 최고기온 : 37.3℃(측정일시 : 2018년 08월 05일)

- 진단주기를 감안하여 최근 10년간 울산(기상관측소)의 최저, 최대온도를 분석하여 이에 따른 신축이음장치의 가동여유량 평가를 실시하였다.
- 최근 10년간 기상청 통계자료를 이용한 신축이음의 이동량을 검토한 결과, Exp.J1(A1), J2(P19-1), J3(P19-2), J4(A2)에서 관측온도 최대시, 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

【표 3.94】 신축이음 신축이동량(기상청 통계) 산정(2차 조사)(부산)

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1(A1)	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	440.0	190.1	33.9	7.11	197.2	33.9
EXP.J2(P19-1)	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	440.0	190.1	33.9	7.11	197.2	33.9
EXP.J3(P19-2)	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	60.0	25.9	4.6	-	25.9	4.6
EXP.J4(A2)	43.2	7.7	1.0×10^{-5}	30.0	13.0	2.3	-	13.0	2.3
1) 2차조사당시 온도 : 29.6℃(조사일 : 2023년 8월 2일, 평균온도) 2) 검토온도 : -13.6℃ ~ 37.3℃(기상청 통계자료) 3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량(수축시에만 고려)									

【표 3.95】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량(기상청 통계자료) 검토결과(2차 조사)(부산)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	197.2	33.9	75.0	320.0	47.8	41.1	O.K
	바닥판 단부			560.0	-	-	526.1	O.K
EXP.J2 (19-1)	신축이음장치	197.2	33.9	100.0	320.0	22.8	66.1	O.K
	바닥판 단부			490.0	-	-	456.1	O.K
EXP.J3 (P19-2)	신축이음장치	25.9	4.6	30.0	100.0	44.1	25.4	O.K
	바닥판 단부			80.0	-	-	75.4	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음장치	13.0	2.3	25.0	50.0	12.0	22.7	O.K
	바닥판 단부			45.0	-	-	42.7	O.K
주1) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

구분	신축이음 평가현황															
	2018년 정밀안전진단				2020년 정밀안전점검				2022년 정밀안전점검				금회			
	A1	A2	P19 (1)	P19 (2)	A1	A2	P19 (1)	P19 (2)	A1	A2	P19 (1)	P19 (2)	A1	A2	P19 (1)	P19 (2)
회야대교(부산)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

※P19(1)→ PSC Box구간, P19(2)→ PSC Beam구간

구분	회야대교(부산)				
	신축이음 교체현황				
	2018년 기진단 완료 이전	2018년 정밀안전진단	2020년 정밀안전점검	2022년 정밀안전점검	금회
A1	**Rail → Steel Finger Joint(교체)**	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint
A2	monocell Joint	monocell Joint	monocell Joint	monocell Joint	monocell Joint
P19(1) (PSCB)	**Rail → Steel Finger Joint(교체)**	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint	Steel Finger Joint
P19(2) (PSCI)	monocell Joint	monocell Joint	monocell Joint	**Rail Joint(교체)**	Rail Joint

※ 교체이력 표시 기준은 다음회차 외관점검 기준이며, 실제로 교체된 일시는 “자료수집 및 분석” 편 및 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석 참고

라. 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 기 진단(18년) 진단 당시 “구조물 안전진단 및 점검 보수공사(2018.08.16.~2018.12.31.)”을 통해 신축이음장치에 대해 차수판 설치 및 후타재 주입보수 등의 보수가 시행된 것으로 확인되었다.


회야대교(부산)

사설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 사설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2019년 09월 18일 ~ 2019년 12월 31일
관련점검진단	정밀안전진단(2018-08-16 ~ 2018-12-31)	계약방법	제한경쟁
설계자	이효찬	시공자	CS청산건설㈜
책임기술자	이건수	공사감독	이효찬
부위	거더, 교량받침, 신축이음장치, 배수관, 난간방호벽		
공사내역	볼트 재체결, 재도장, 주입보수, 방수재주입, 차수판설치, 배수관설치, 표면처리		
공사비	4,008천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	손동영	작성일	2020-04-08
승인상태	승인완료		

공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
거더	내부	볼트 재체결	4	EA	23
교량받침		재도장(부분, 전면 등)	12.32	m²	830
교량받침		주입보수	0.42	m²	166
신축이음		주입보수	15.7	m	2,256
신축이음		차수판설치	1	EA	733
배수시설	배수관	배수관설치	7	m	1,183
방호벽		표면처리공법	48.63	m²	2,500

- 기 진단(18년) 이후 P19(2) PSC Beam구간 신축이음장치 ExpJ3가 “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사(2022.01.03.~2022.11.30.)” 를 통해 모노셀 조인트 → 레일 조인트로 교체 시행된 것으로 확인되었다. 또한 같은 공사를 통해 신축이음장치 ExpJ1 신축이음장치의 후타재 보수를 시행한 것으로 확인되었다.

회야대교(부산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2022년 01월 03일 ~ 2022년 11월 30일
관련점검진단	정기안전점검(2022-05-18 ~ 2022-06-15)	계약방법	
설계자	-	시공자	진양건설(주)
책임기술자	이재명	공사감독	강춘길
부위	A1		
공사내역	신축이음장치 후타 보수		
공사비	14,000천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	김진석	작성일	2022-12-23
승인상태	승인완료		

공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
A1지점 - 신축이음	2차로	단면복구공법	1	개소	14,000

회야대교(부산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

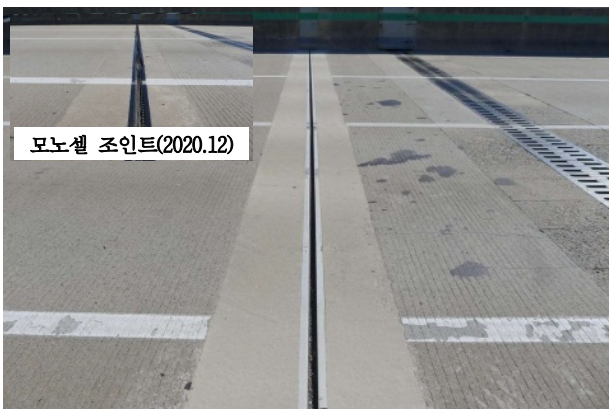
점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2022년 01월 03일 ~ 2022년 11월 30일
관련점검진단	정기안전점검(2022-05-18 ~ 2022-06-15)	계약방법	제한경쟁
설계자	-	시공자	진양건설(주)
책임기술자	이재명	공사감독	강춘길
부위	P19(A2)		
공사내역	신축이음 장치 교체		
공사비	59,000천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	김진석	작성일	2022-12-23
승인상태	승인완료		

공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
P19지점 - 신축이음	P19(A2)	교체	1	개소	59,000



P19(2) Rail Joint 교체 현황(2022년 정밀안전점검)



금회 정밀안전진단

- 기 진단 이후 후타재 망상균열 및 후타재마모, 후타재 박락, 유간 토사퇴적, 차수판 설치불량이 추가 조사되었으며, 후타재파손, 고무재 파손, 차수판 덮개유실 등이 보수되어 신축이음장치의 전반적인 손상물량은 증·감이 발생한 것으로 분석되었다.

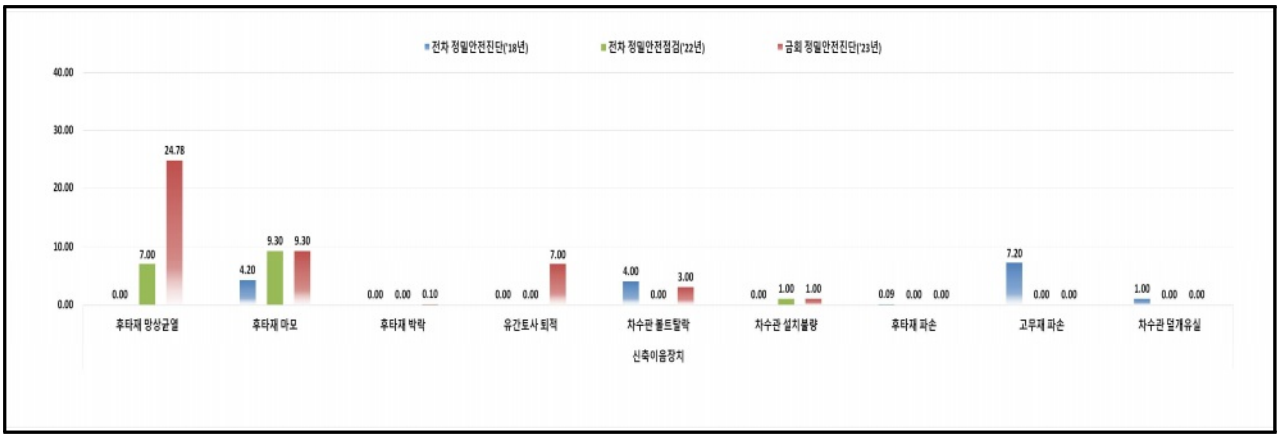




S19 후타재 마모(A=0.1×0.1=0.01m²)

【표 3.96】신축이음장치 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
후타재 망상균열	㎡	-	7.00	24.78	▲ 24.78
후타재 마모	㎡	4.20	9.30	9.30	▲ 5.10
후타재 박락	㎡	-	-	0.10	▲ 0.10
유간토사 퇴적	m	-	-	7.00	▲ 7.00
차수판 볼트탈락	개소	4	-	3	▼ 1
차수판 설치불량	개소	-	1	1	▲ 1
후타재 파손	㎡	0.09	-	-	▼ 0.09
고무재 파손	㎡	7.20	-	-	▼ 7.20
차수판 덮개유실	개소	1	-	-	▼ 1



【그림 3.34】신축이음장치 기 진단 결과와의 비교(부산)

마. 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 후타재 마모는 ExpJ2(P19)에서 1개소 조사되었으며, 후타재 차량통행에 의한 반복하중, 외기노출, 우수접촉 등에 의해 발생한 것으로 발생규모는 경미한 것으로 확인되었다. 해당 손상 또한 균열과 마찬가지로 즉각적인 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단되며, 진전시에는 보수를, 진전없는 유사한 형태를 유지할 시 향후 신축이음장치 보수 및 교체 시 함께 보수를 실시하는 것이 효율적인 것으로 판단된다.
- 신축이음장치에 발생한 유간 토사퇴적은 신축이음장치 ExpJ2(P19), ExpJ3(P19) 일부구간에 걸쳐 발생하였으며, 공용년수 증가에 따른 이물질 유입이 주원인으로 현재 신축이음장치에 기능을 상실한 상태는 아니나, 원활한 유지관리를 위해 청소를 실시하여 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 후타재 콘크리트에서 발생된 망상균열은 차량반복하중에 의한 피로균열로서 신축이음장치 PSC Box 거더 구간 ExpJ1(A1), ExpJ2(P19) 일부 구간에 걸쳐 발생되었으며, 일부 보수를 실시한 것으로 확인되었다. 해당 손상에 의한 차량 주행성에는 이상이 없는 것으로 판단되며, 대부분 폭 0.2㎜ 이내의 미세균열로 즉각적인 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다. 다만 손상확대 및 진전 시 보수가 필요하며, 진전없는 유사한 형태를 유지할 시 향후 신축이음장치 보수 및 교체 시 함께 보수를 실시하는 것이 효율적인 것으로 판단된다.





S1 후타재 망상균열(A=1.4×7.0=9.80m²)

- 차수판 볼트탈락 및 차수판 설치불량은 체결미흡 및 반복적인 차량진동, 공용년수 증가, 공용중 외력 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 차수판이 제 기능을 상실한 상태는 아니나, 차수판 볼트탈락의 경우 차수판의 고정을 위해 보수계획에 맞춰 재체결을 실시하고, 차수판 설치불량은 지속적인 주의관찰 후 차수판 탈락 등의 2차손상 발생시 교체하는 것이 바람직한 유지관리 방안일 것으로 판단된다.

3.3.6 교면포장

가. 개요

- 교면포장은 차량하중과 운행 중 발생되는 충격과 진동을 흡수·분산하고 외부의 불리한 환경조건으로부터 바닥판을 보호하며 주행차량의 안전운행 및 쾌적한 주행성을 제공하는 부재로서, 대상교량의 폭은 15.7m(유효폭:11.0m), 편도 3차로 교량으로 LMC(T=50mm) 포장이 시공된 상태이며, 현장조사 결과, 공용중 주기적인 유지관리를 실시한 것으로 확인되었다. 금회 회야대교(부산)의 교면포장은 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 상세히 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경(시점부)</td><td>교면포장 전경(종점부)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>교면포장 전경(접속부)</td><td>교면표장 전경(갓길)</td></tr>
</table>

【사진 3.54】교면포장 전경(부산)

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 통행차량의 운행성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 전반적으로 양호한 상태이며, 주요손상으로 LMC 포장균열 및 망상균열, 박락, 파손이 국부적으로 조사되었다.

【표 3.97】교면포장 외관조사 결과(부산)

구 분	LMC포장균열 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	박락 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	비고
S1	41.00/2	28.00/1	-	0.48/2	
S2	50.00/1	-	-	-	
S3	50.00/1	-	-	-	
S4	60.00/1	-	-	-	
S5	50.00/1	-	-	-	
S6	91.00/5	-	-	-	
S7	16.00/2	-	-	-	
S8	50.00/1	-	-	-	
S9	10.00/1	-	-	-	
S10	-	-	-	-	
S11	-	-	-	-	
S12	20.00/1	-	-	-	
S13	15.00/1	-	-	-	
S14	50.00/1	-	-	-	
S15	20.00/1	-	-	-	
S16	15.00/1	-	-	-	
S17	10.00/1	-	-	-	
S18	12.00/1	-	-	-	
S19	87.00/4	-	-	-	
S20	-	-	-	-	
S21	-	-	-	-	
S22	-	112.00/1	1.20/1	-	
합 계	**655.00/28**	**140.00/2**	**1.20/1**	**0.48/2**	

	
S1 포장 LMC포장균열 (Cw=0.3/L=40.0m)	S4 LMC포장균열 (Cw=0.3/L=50.0m)
	
S12 LMC포장균열 (Cw=0.3/L=20.0m)	S14 LMC포장균열 (Cw=0.3/L=50.0m)
	
S19 LMC포장균열 (Cw=0.3/L=25.0m)	S1 LMC포장균열 (Cw=0.2/L=1.0m)

【사진 3.55】 교면포장 손상현황(부산)



S16 LMC포장균열 (Cw=0.3/L=15.0m)



S19 LMC포장균열 (Cw=0.3/L=50.0m)



S1 포장 파손 (A=0.3×0.8=0.48m^2)



S22 접속슬래브 포장 박락 (A=0.3×4.0=1.20m^2)



S1 접속슬래브 망상균열 (A=0.2×14.0=28.00m^2)



S22 접속슬래브 포장 망상균열 (A=0.8×14.0=0.01m^2)

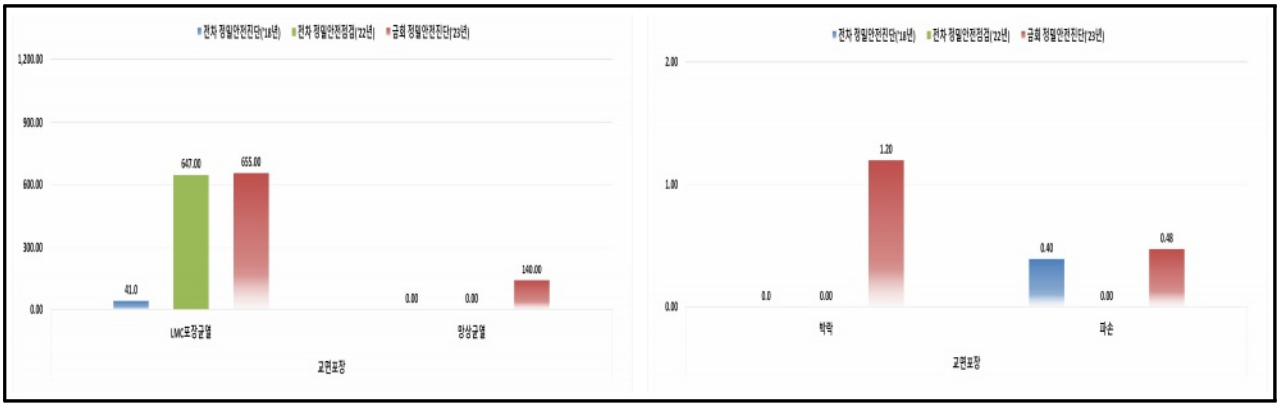
【사진 3.55】교면포장 손상현황(부산)(계속)

다. 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 교면포장에 대한 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석 결과, 기 진단이후 실시한 정밀점검에서 교면차로에서 LMC포장 균열의 손상물량이 다소 증가된 것으로 확인되었으며, 금회 추가로 LMC포장균열, 망상균열, 박락 파손이 조사되었다.
- 기 진단이후 추가 조사된 손상으로 인해 교면포장에 대한 전반적인 손상물량이 소폭 증가한 것으로 분석되었다.

【표 3.98】교면포장 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
LMC포장 균열	m	41.00	647.00	655.00	▲ 614.00
망상균열	㎡	-	-	140.00	▲ 140.00
박락	㎡	-	-	1.20	▲ 1.20
파손	㎡	0.40	-	0.48	▲ 0.08



【그림 3.35】교면포장 기 진단 결과와의 비교(부산)

라. 손상발생 원인분석 및 검토의견

- LMC포장의 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축 및 온도변화, 공용중 통행 차량의 반복하중, 품질관리 미흡, 재료적 특성 등에 의해 빈번하게 발생되며, 균열의 경우, 차량의 주행에 미치는 영향 및 균열보수 시 보수효과가 작은 점, 동일위치로 바닥판 하면의 누수, 백태와 같은 2차 손상이 없는 점 등을 고려해 볼 때, 당장의 부분적 보수는 비효율적이라 판단된다. 따라서, 정기적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하고, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시함이 효율적일 것으로 판단된다.
- 금회 신규조사된 접속부 포장 박락 및 파손은 갓길차로 방호벽 접합부에 발생한 것으로 시공시 다짐불량 및 재료적 성질에 의해 발생한 것으로 판단된다. 상기 손상에 대해 치핑을 실시하고 단면보수를 실시한다면, 내구성확보에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

- 교면포장은 3차로 중 3차로(1개 차로)를 차단한 후, 근접 육안조사로 외관조사를 실시하였다. 조사결과, LMC포장 균열, 망상균열, 파손 등이 조사되었으며 안전성 및 주행성을 저해시킬만한 손상은 조사되지 않았다. 추후, 구조물의 안전성 및 주행성이 우려될만한 손상이 발생될 경우, 한국도로공사에서 실시하는 고속도로 포장상태 평가지수(HPCI) 활용, 교차 차단 및 드론촬영을 통한 영상분석 등을 활용하는 방안도 고려될 필요가 있다.

3.3.7 기타부재

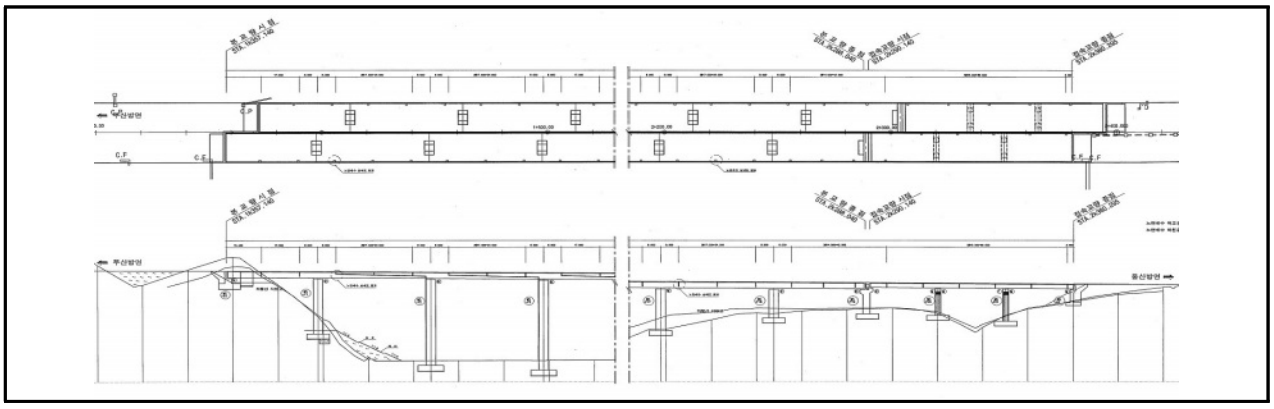
가. 배수시설

1) 개요

- 배수시설은 우수 유입에 따른 교면의 체수 및 열화를 예방하기 위해 종단구배 -0.6767%, 횡단구배 -2.000%로 물흐름에 의거하여 교면포장의 우측(A1기준)에 시공되어 있다. 각각의 경간 상부에 설치된 집수구를 통하여 STEEL Pipe(φ165㎜) 배수관을 따라 하부로 배수되도록 설치되어 있으며, 배수구 상단에는 관내의 이물질 유입을 방지하기 위한 그레이팅 덮개가 설치되어 있다.
- STEEL Pipe(φ165) 배수관은 바람 등에 의해 이동, 탈락되는 것을 방지하기 위하여 상·하부구조에 고정하여 설치되어 있고 배수관은 교대 및 교각 하면에 위치한 배수로까지 연장하여 배수관을 통한 우수유출로 인해 발생될 수 있는 침식 및 세굴을 방지하였다.

	
배수구 전경	상부 하천형 배수관 전경

【사진 3.56】배수시설 전경(부산)



【그림 3.36】 배수시설 위치도(부산)

2) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 육교형 배수관의 지지 및 체결상태는 전반적으로 양호한 것으로 확인되었으나, 배수관 연결부에서 누수 및 용접불량, 이격이 조사되었으며, S10경간과 S14경간 캔틸레버부에서 배수관 탈락이 확인되었다.
- 또한 교면부에 설치된 배수구는 정상적으로 설치되어 있는 것으로 조사되었으며, 배수구 막힘이 S2, S6, S17, S18, S20경간에 걸쳐 총 8개소 확인되었다. 배수구 막힘에 의해 노면 체수 등의 2차손상은 발생하지 않은 상태이다.

【표 3.99】 배수시설 외관조사 결과(부산)

구 분	배수관 연결부 누수 (개소/개소)	배수관 연결부 용접불량 (개소/개소)	배수관 연결부 이격 (개소/개소)	배수관 탈락 (개소/개소)	배수구 막힘 (개소/개소)	비고
S1	-	-	-	-	-	
S2	-	-	-	-	2/2	
S3	-	-	-	-	-	
S4	-	-	-	-	-	
S5	-	-	-	-	-	
S6	-	-	-	-	1/1	
S7	-	-	-	-	-	
S8	-	-	-	-	-	
S9	-	-	-	-	-	
S10	-	-	-	1/1	-	
S11	-	-	1/1	-	-	
S12	-	-	1/1	-	1/1	
S13	-	-	-	-	-	
S14	-	-	-	1/1	-	
S15	-	-	-	-	-	
S16	-	1/1	-	-	-	
S17	1/1	-	-	-	1/1	
S18	1/1	-	-	-	2/2	
S19	-	-	-	-	-	
S20	-	-	-	-	1/1	
S21	-	-	-	-	-	
S22	-	-	-	-	-	
합 계	**2/2**	**1/1**	**2/2**	**2/2**	**8/8**	

	
S17 바닥판하면 배수관 연결부 누수	S18 바닥판하면 배수관 연결부 누수
	
S16 바닥판하면 배수관 연결부 용접불량	S12 바닥판하면 배수관 연결부 이격
	
S11 바닥판하면 배수관 연결부 이격	S14 바닥판하면 배수관 탈락

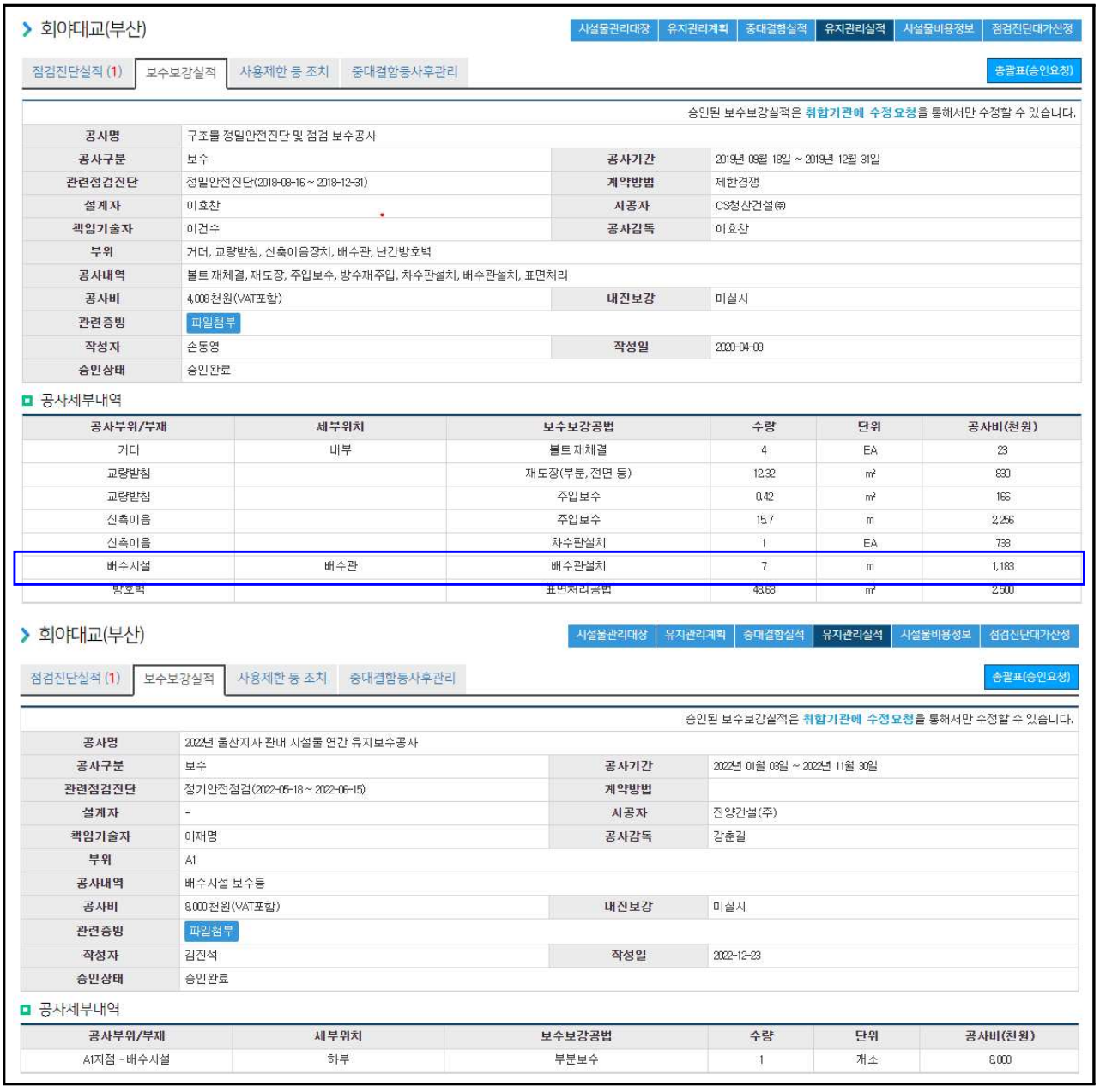
【사진 3.57】 배수시설 손상현황(부산)

	
S10 바닥판하면 배수관 탈락	S2 교면포장 배수구 막힘
	
S6 교면포장 배수구 막힘	S12 교면포장 배수구 막힘
	
S17 교면포장 배수구 막힘	S20 교면포장 배수구 막힘

【사진 3.57】 배수시설 손상현황(부산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 기 진단(18년) 실시이후, “구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사(2019.09.18.~2019.12.31.)”를 통해 배수관 고정대 탈락 7개소가 재설치된 것으로 확인되었으며, “2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사(2022.01.03.~2022.11.30.)”을 통해 A1 지점부 배수시설이 보수된 것으로 확인되었다.



회야대교(부산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2019년 09월 18일 ~ 2019년 12월 31일
관련점검진단	정밀안전진단(2018-08-16 ~ 2018-12-31)	계약방법	제한경쟁
설계자	이효찬	시공자	CS청산건설㈜
책임기술자	이건수	공사감독	이효찬
부위	거더, 교량받침, 신축이음장치, 배수관, 난간방호벽		
공사내역	볼트 재체결, 재도장, 주입보수, 방수재주입, 차수판설치, 배수관설치, 표면처리		
공사비	4,008천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	손동영	작성일	2020-04-08
승인상태	승인완료		

공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
거더	내부	볼트 재체결	4	EA	23
교량받침		재도장(부분, 전면 등)	12.32	m²	830
교량받침		주입보수	0.42	m²	166
신축이음		주입보수	15.7	m	2,256
신축이음		차수판설치	1	EA	733
배수시설	배수관	배수관설치	7	m	1,183
방호벽		표면처리공법	48.63	m²	2,500

회야대교(부산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리 | 총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	2022년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2022년 01월 03일 ~ 2022년 11월 30일
관련점검진단	정기안전점검(2022-05-18 ~ 2022-06-15)	계약방법	
설계자	-	시공자	진양건설(주)
책임기술자	이재명	공사감독	강춘길
부위	A1		
공사내역	배수시설 보수등		
공사비	8,000천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	김진석	작성일	2022-12-23
승인상태	승인완료		

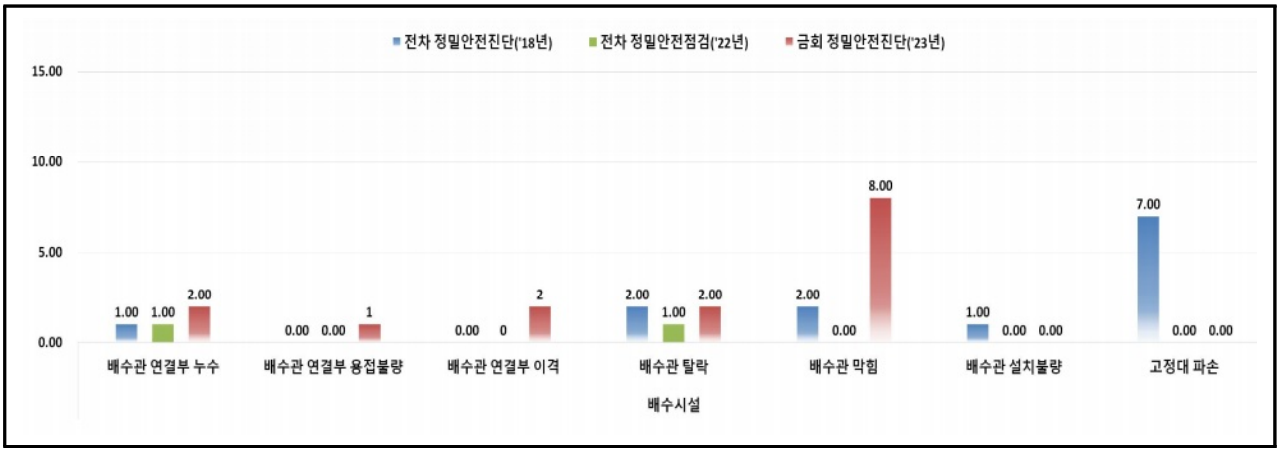
공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
A1지점 - 배수시설	하부	부분보수	1	개소	8,000

- 또한 기 진단(18년) 실시이후 손상물량 비교시 배수관 설치불량 및 고정대 파손 손상이 보수되었고, 금회 배수관 연결부 손상 및 교면 배수구 막힘 손상이 추가 조사되어 배수시설에 전반적인 손상물량은 증・감이 발생한 것으로 분석되었다.

【표 3.100】 배수시설 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
배수관 연결부 누수	개소	1	1	2	▲ 1
배수관 연결부 용접불량	개소	-	-	1	▲ 1
배수관 연결부 이격	개소	-	-	2	▲ 2
배수관 탈락	개소	2	1	2	- -
배수구 막힘	개소	2	-	8	▲ 6
배수관 설치불량	개소	1	-	-	▼ 1
고정대 파손	개소	7	-	-	▼ 7



【그림 3.37】 배수시설 기 진단 결과와의 비교(부산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

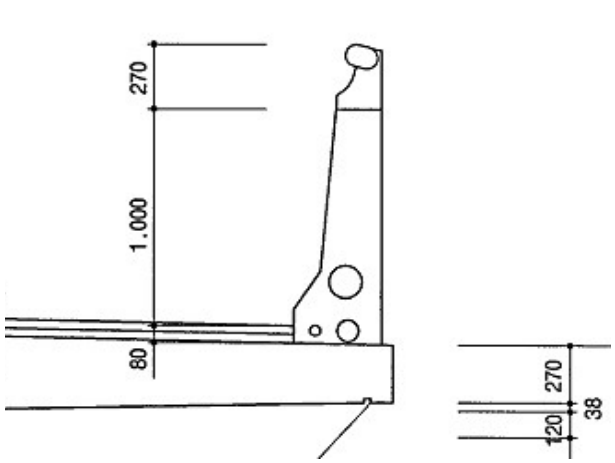
- 배수관 연결부 누수의 경우 발생된 대부분이 연결재 용접부에서 발생되었으며, 이는 공용중 발생되는 우수 및 겨울철 제설재로 인하여 용접부에 장기적으로 접촉이 되면서 손상의 가속화로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 일부 부식으로 인해 우기시 연결부에서 누수량이 증가될 것으로 판단되며, 부식이 진행되고 있어 이로 인한 배수관 탈락 등이 우려되므로 교체를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 배수관 탈락 손상은 하천형 배수관에서 2개소 조사되었으며, 공용중 노후화 및 설치미흡에 의해 탈락된 것으로 판단된다. 우기시 노면수 영향으로 콘크리트 열화 발생 등의 2차 손상을 야기시킬수 있으므로 보수계획에 맞춰 배수관 재설치하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다.
- 배수구 막힘은 공용중 발생되는 비산먼지 및 토사 등의 퇴적물이 주행차량에 의해 주행차로 외측에 쌓여 일부 배수구로 유입이 되어 발생된 것으로 판단되며, 배수구 막힘에 의해 배수 영향이나, 교면내 체수 등 2차 손상은 발생하지 않은 비교적 경미한 상태이다. 다만, 배수관 내 퇴적물에 의해 장기적인 습윤상태로 이음부 및 용접부의 부식이 진행될수 있으며, 부식으로 인한 배수관 파손, 탈락 등이 우려되므로 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요하다.

- 배수관 연결부 용접불량 및 이격은 금회 신규조사된 손상으로 용중 노후화 및 설치시 시공미흡 등에 의해 발생한 것으로 판단된다. 우기시 노면수에 원활한 배수를 위해 보수계획에 맞춰 실링처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

나. 난간 및 연석(방호벽, 방음벽)

1) 개요

- 교면상부 좌·우측에 통행차량의 차도 이탈방지, 사고 시 완충작용 등을 위하여 철근콘크리트 방호벽(h=1.08m)이 시공되어 있으며, 좌측 방호벽 상단은 알루미늄 난간(H=0.27m) 및 방음벽(h=1.00m)이 설치되어 있는 것으로 확인되었다. 또한, 차량충돌에 의한 파손 및 재료적인 열화가 발생될 경우 주행차량의 불안감 및 차량충돌시 안전성 미확보가 우려되므로 주의깊게 점검을 실시하였다.

<table>
<tr><td>  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>시점부 방호벽 전경</td><td>방호벽 단면도</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>시점부 중앙분리대 전경</td><td>방음벽 전경</td></tr>
</table>

【사진 3.58】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 난간 및 연석(방호벽, 방음벽)에 대한 외관조사 결과, 사용성과 기능성 및 급격한 내구성을 저하시키는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었다. 다만, 방호벽 전면부로 균열 및 보수부 재균열, 공동, 박락, 철근노출, 파손 등의 손상이 조사되었고, 방호벽 일부 상단부에 설치되어 있는 방음벽에서 방음판 변형이 1개소 확인되었다.

【표 3.101】난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 외관조사 결과(부산)

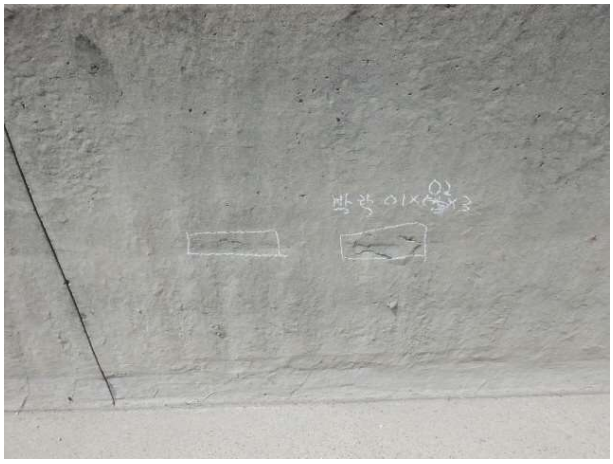
구 분	균열(cw=0.3mm미만) (m/개소)	균열(cw=0.3mm이상) (m/개소)	보수부 재균열 (cw=0.3mm미만) (m/개소)	공동 (㎡/개소)	비고
S1	6.00/2	-	-	-	
S2	-	-	-	-	
S3	-	-	-	-	
S4	-	-	-	-	
S5	-	-	-	-	
S6	-	-	-	-	
S7	-	-	-	-	
S8	-	-	-	-	
S9	-	-	-	-	
S10	0.50/1	-	-	-	
S11	-	-	-	-	
S12	-	-	-	-	
S13	-	1.50/1	-	-	
S14	-	3.00/2	-	-	
S15	-	-	-	0.01/1	
S16	-	-	-	-	
S17	28.00/1	-	-	-	
S18	-	1.50/1	-	-	
S19	-	1.50/1	-	-	
S20	-	-	-	-	
S21	-	6.00/4	-	-	
S22	-	-	6.00/4	-	
합 계	**34.50/4**	**13.50/9**	**6.00/4**	**0.01/1**	

【표 3.101】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 외관조사 결과(부산)(계속)

구 분	박락 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	파손(긁힘) (㎡/개소)	방음판 변형 (개소/개소)	비고
S1	-	-	-	-	
S2	-	-	-	-	
S3	-	-	-	-	
S4	-	-	-	-	
S5	-	-	-	-	
S6	-	-	-	-	
S7	-	-	-	-	
S8	-	-	-	-	
S9	-	-	10.00/1	-	
S10	0.09/1	-	-	-	
S11	-	-	-	-	
S12	-	0.06/1	-	1/1	
S13	-	-	-	-	
S14	-	-	1.35/3	-	
S15	-	-	-	-	
S16	-	-	-	-	
S17	-	-	-	-	
S18	-	-	-	-	
S19	-	-	-	-	
S20	0.06/3	-	-	-	
S21	-	-	-	-	
S22	-	-	-	-	
합 계	**0.15/4**	**0.06/1**	**11.35/4**	**1/1**	

	
S13 중앙분리대 균열(Cw=0.3/L=1.5m)	S14 중앙분리대 균열(Cw=0.3/L=1.5m)
	
S14 중앙분리대 균열(Cw=0.3/L=1.5m)	S21 중앙분리대 균열(Cw=0.3/L=1.5m)
	
S17 방호벽 균열(Cw=0.2/L=28.0m)	S10 방호벽 균열(Cw=0.2/L=0.5m)

【사진 3.59】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(부산)

	
S22 중앙분리대 보수부균열(Cw=0.2/L=1.5m)	S15 방호벽 공동 (A=0.1×0.1=0.01m²)
	
S20 방호벽 박락 (A=0.2×0.1=0.02m²)	S12 방호벽 철근노출 (A=0.2×0.3=0.06m²)
	
S14 방호벽 파손(긁힘) (A=0.2×1.0=0.20m²)	S14 방호벽 파손(긁힘) (A=0.5×0.5=0.25m²)

【사진 3.59】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(부산)(계속)

	
S9 파손(긁힘) (A=5.0×2.0=10.00m²)	S12 방음판 변형(1개소)

【사진 3.59】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 손상현황(부산)(계속)

3) 기 진단(2018년) 결과와의 비교・분석

- 기 진단(18년) 점검결과 비교시 방호벽에 대해 “구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사(2019.09.18.~2019.12.31.)”를 통해 균열 손상 일부가 보수된 것으로 확인되었다. 보수상태는 전반적으로 양호하나 금회 S22경간에서 보수부 재균열이 4개소 조사되었다.



회야대교(부산)

시설물관리대장 | 유지관리계획 | 중대결함실적 | 유지관리실적 | 시설물비용정보 | 점검진단대가산정

점검진단실적 (1) | 보수보강실적 | 사용제한 등 조치 | 중대결함등사후관리

총괄표(승인요청)

승인된 보수보강실적은 취합기관에 수정요청를 통해서만 수정할 수 있습니다.

공사명	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사		
공사구분	보수	공사기간	2019년 09월 18일 ~ 2019년 12월 31일
관련점검진단	정밀안전진단(2018-08-16 ~ 2018-12-31)	계약방법	제한경쟁
설계자	이효찬	시공자	CS청산건설㈜
책임기술자	이건수	공사감독	이효찬
부위	거더, 교량받침, 신축이음장치, 배수관, 난간방호벽		
공사내역	볼트 재체결, 재도장, 주입보수, 방수재주입, 차수판설치, 배수관설치, 표면처리		
공사비	4,008천원(VAT포함)	내진보강	미실시
관련증빙	파일첨부		
작성자	손동영	작성일	2020-04-08
승인상태	승인완료		

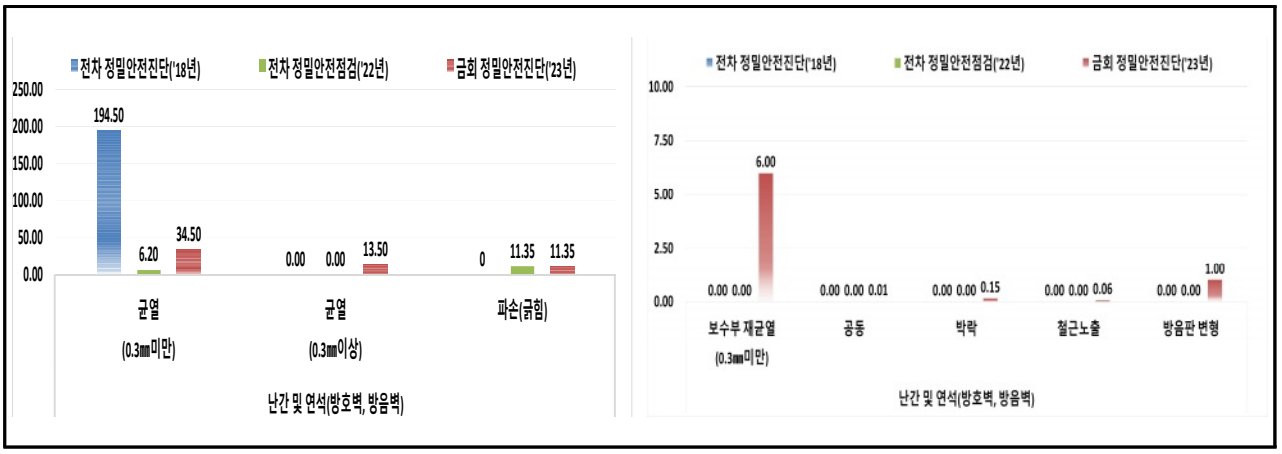
공사세부내역

공사부위/부재	세부위치	보수보강공법	수량	단위	공사비(천원)
거더	내부	볼트 재체결	4	EA	23
교량받침		재도장(부분, 전면 등)	12.32	m²	830
교량받침		주입보수	0.42	m²	166
신축이음		주입보수	15.7	m	2,256
신축이음		차수판설치	1	EA	733
배수시설	배수관	배수관설치	7	m	1,183
방호벽		표면처리공법	48.63	m²	2,500

- 또한 금회 균열(cw=0.3mm이상), 공동, 박락, 철근노출, 파손(긁힘), 방음판 변형이 추가로 조사되었으며, 해당 손상의 추가조사 및 상기 나열한 균열 보수로 인해 난간 및 연석(방호벽, 방음벽)에 전반적인 손상물량은 증・감이 발생한 것으로 분석되었다.

【표 3.102】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 기 진단 결과와의 비교(부산)

구 분	단위	2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	비고
균열(cw=0.3mm미만)	m	194.50	6.20	34.50	▼ 160.00
균열(cw=0.3mm이상)	m	-	-	13.50	▲ 13.50
보수부 재균열 (cw=0.3mm미만)	m	-	-	6.00	▲ 6.00
공동	㎡	-	-	0.01	▲ 0.01
박락	㎡	-	-	0.15	▲ 0.15
철근노출	㎡	-	-	0.06	▲ 0.06
파손(긁힘)	㎡	-	11.35	11.35	▲ 11.35
방음판 변형	개소	-	-	1	▲ 1



【그림 3.38】 난간 및 연석(방호벽, 방음벽) 기 진단 결과와의 비교(부산)

4) 손상발생 원인분석 및 검토의견

- 방호벽에 발생된 균열은 수직균열과 타설이음부에 발생한 수평균열로 바닥판과의 구속응력 및 건조수축에 기인한 비구조적 균열이며, 공용중 통행차량의 진동에 의해 보수부 재균열을 포함한 일부 균열들은 재발생 및 다소 진전된 것으로 조사되었다. 따라서 내구성 저하 방지를 위한 주입보수 및 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단되며, S22경간 중앙분리에 발생한 보수부 재균열도 재보수가 필요하다.
- 방호벽 내측 발생된 철근노출 및 박락은 콘크리트 피복두께 미확보 등 시공불량에 의한 손상으로 일부 철근노출은 노출된 철근표면에 부식이 진행된 상태로서 내구성 저하방지를 위한 단면보수(방청)이 요구되며, 박락은 철근부식의 진행은 없는 것으로 확인되었으나, 추후 철근의 부식으로 인한 추가손상을 방지하기 위해 제거 후 방청을 통한 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

- 파손 및 긁힘은 통행차량에 충돌로 인해 발생한 것으로 손상규모는 비교적 경미한 상태로 조사되었다. 따라서 즉각적인 보수보다는 지속적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 손상진전시 일괄보수가 필요하다.
- 방호벽 내측 전면에 발생한 공동은 시공시 다짐불량 및 품질관리 미흡, 재료적 성질 등에 의해 발생한 것으로 발생규모는 0.01㎡로 경미하다. 다만 우수 침투 시 방호벽 내부 철근 부식에 우려가 있으므로 단면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.
- 방음벽에서 조사된 방음판 변형은 금회 신규 조사되었으며, 차량통행시 발생한 이물질 접촉에 의한 충격 등 인위적 행위에 의해 발생된 것으로 판단된다. 현재 방음벽의 제 기능을 상실한 정도는 아닌 비교적 경미한 손상으로 확인되어 점검시 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 그 외 부착시설물은 양호한 것으로 조사되었다.

3.3.8 공중이 이용하는 부위

가. 개요

- 세부지침 개정('21. 12)으로 인해 "공중이 이용하는 부위"가 진단대상에 포함되었으며, 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 공중이 이용하는 부위에 속한다. 추락방지시설(난간 및 연석), 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개는 교량의 부재와 중복되어 해당부재에 조사결과를 기술하였고 추락방지시설 중에서 점검시설에 대한 조사결과는 본 절에 수록하였다.

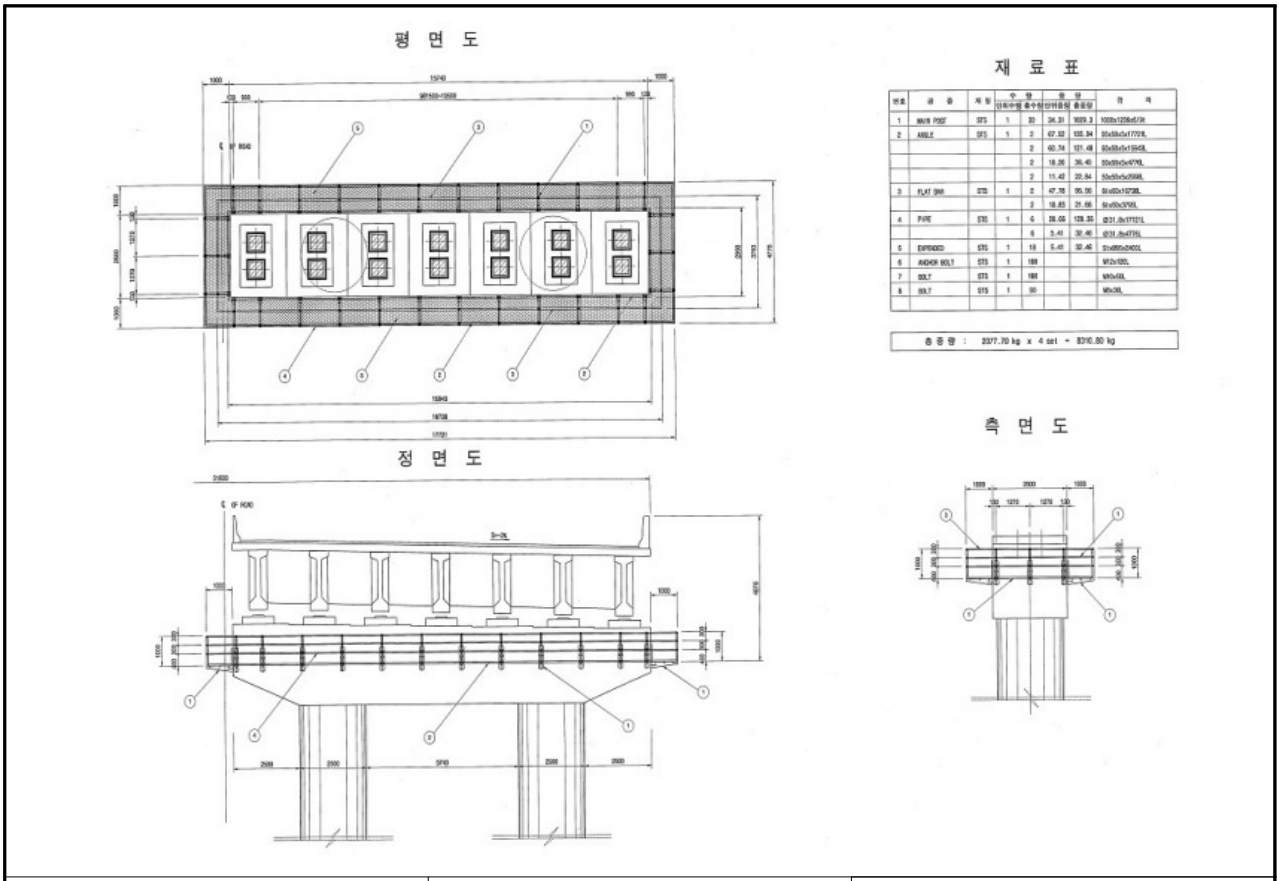
나. 추락방지시설(점검시설)

1) 개요

- 회야대교(부산)의 고정식 점검시설은 교각 P1~P21에 총 21개소가 설치되어 있으며 출입시설은 일반적인 수직형이 설치되어 있는 것으로 확인되었다. 또한, 교각에 설치된 점검통로는 지지브라켓으로 고정되어 있으며, 각 브라켓 당 Φ19 Set앵커 6개씩이 설치된 것으로 설계·시공된 것으로 확인되었다.
- 본 구조물의 추락방지시설은 난간 및 연석(방호벽), 점검시설이 해당되며, 전술한 바와 같이 방호벽은 교량부재의 중복으로 인해 해당내용은 상위절에 수록하였으므로, 본 장에는 점검시설에 대한 외관조사 결과를 수록하였다.
- 점검시설의 출입시설은 수직형 점검사다리가 설치되어 있으며, 금회 앵커매입 깊이, 용접상태 등 안전성과 결부된 손상발생 유무를 주안점으로 조사하였다.

【표 3.103】 고정식 점검시설 설치현황(부산)

구 분	점검시설 설치여부	점검시설 현황
P1~P21	○	고정식 점검시설(점검통로)




점검시설 전경


점검시설 전경


점검시설 전경


점검사다리 전경


점검시설 볼트체결 전경


점검시설 제원측정 전경

2) 외관조사 결과

- 점검시설 외관조사결과 구조물과의 결속상태, 부재간의 체결상태 등은 누락구간 없이 견고하게 설치된 것으로 조사되었으며, 공용중 외부충격에 의한 강재변형, 파손 등이 발생되지 않은 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 확인되었다.

3) 검토의견

- 금회진단결과 점검시설의 관리는 적절하게 이루어지고 있는 것으로 판단되며, 시설물 유지관리에 있어 작업자의 편의 및 안전사고 방지를 위해서는 해당시설물에 대한 주기적인 점검 및 일상적인 관리가 요구된다.

다. 도로포장

- 도로포장은 “교면포장”에 기술하였으며, 포장균열 및 LMC포장균열 및 망상균열, 박락, 파손이 국부적으로 발생하였다. 전반적으로 주행성에 영향을 미칠만한 손상정도는 아니나, 지속적인 주의관찰이 필요한 상태이다.

라. 도로부 신축이음부

- 도로부 신축이음부는 “신축이음장치”에 결과를 기술하였으며, 전반적으로 양호한 상태이나, 후타재 망상균열, 후타재 마모, 후타재 박락, 유간 토사퇴적의 손상이 발생한 상태로, 지속적인 주의관찰과 유간청소가 필요한 상태이다.

마. 환기구 등의 덮개

- 환기구 등의 덮개는 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량구간에 설치된 덮개를 말하며, 본 교량은 거더내부 출입문, 신축이음부 차수덮개판이 이에 해당된다. 따라서, 시설물의 출입문은“상부구조”에 기술하였으며, 차수덮개판은 “신축이음장치”에 결과를 기술하였다. 금회 외관조사 결과, 출입문 손상은 조사되지 않았으나, 및 차수판 설치불량(변형) 및 차수판 볼트탈락이 국부적으로 조사되었다. 차수판 설치불량은 공용중 외력에 의해 발생한 것으로 판단되며, 볼트 탈락은 체결미흡 및 차량통행에 따른 지속적인 진동발생에 의해 발생한 것으로 판단된다. 차수판 설치불량은 주의관찰을 실시하고 차수판 볼트 탈락 손상은 보수계획에 맞춰 재체결을 실시한 후 지속적인 주의관찰이 필요하다.

3.3.9 교량의 공중이용시설 유해・위험요인(10대) 위험요소 점검결과

가. 개요

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

【표 3.104】공중이용시설 10대 위험요소(부산)

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	

나. 외관조사 결과

- 본 과업대상 회야대교(부산)은 울산광역시 울주군 청량읍에 위치하며 회야강(S7~S10)과 양천3길(S6) 및 대복동천로(S11)를 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, 배수시설에서 배수관 막힘이 국부적으로 조사되었으나, 배수시설 기능저하에 따른 미끄럼・결빙이 발생할 정도는 아닌 경미한 정도로 확인되었다. 또한 배수관 탈락 2개소는 통행차량 및 통행인 이용하지 않는 회야강 하천구간 및 나대지이며, 이미 배수관이 탈락된 상태로 중대시민재해 사고가 우려되는 이상징후는 발견되지 않아 중대한 결함은 없는 것으로 확인되었다.
- 교면포장 부분 보수부 파손에 대해서는 교면포장 접속부로 경미한 파손이 1개소 조사되었으나, 교면포장편에 상기 나열한 바와 같이 비교적 경미한 규모이며, 방호벽 접합부 갓길에 발생한 상태이다. 따라서 포장불량에 따른 차량통행에는 지장이 없을 것으로 판단되어 중대한 결함은 없는 것으로 확인되었다.
- 점검일 현재는 중대결함이 없는 비교적 양호한 상태이지만 향후, 소형결함으로도 재해발생 가능성이 있으므로 유해・위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방차원의 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	-	

	
교각 코핑부 상태양호	중분대 상태양호
	
배수관 고정상태 양호	신축이음 상태양호
	
교면포장 상태양호	교량 집수구 상태양호

3.4 콘크리트 내구성조사

3.4.1 개 요

가. 개 요

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(2022. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정시험, 염화물함유량시험(분말) 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.105】콘크리트 내구성조사 현황(울산)

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(STB)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	42	22	
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	42	21	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	42	21	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		6~9		5	4	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		1	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		-		
주[1)] 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시 주[2)] 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시 주[3)] 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시 ※ 선택과업인 철근부식도시험은 책임기술자의 판단에 따라 제외하였음							

【표 3.106】 콘크리트 내구성조사 현황(부산)

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(STB)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	42	22	
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	42	21	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	42	21	42	21	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소[1)] • 5경간 이상: 6~9개소[2)]		6~9		5	4	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상[3)]		3		1	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		-		

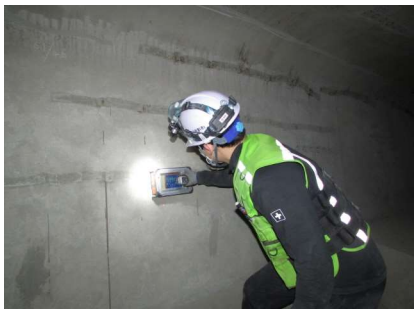
주[1)] 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시
주[2)] 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시
주[3)] 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
※ 선택과업인 철근부식도시험은 책임기술자의 판단에 따라 제외하였음

2) 내구성조사 항목별 위치선정 사유

【표 3.107】 콘크리트 내구성조사 위치선정 사유

항목	선 정 사 유		비고
콘크리트 강도 (반발경도시험 및 초음파전달속도시험)	상부 구조	• 좌·우캔틸레버 하면에 일정한 간격으로 임의로 선정하여 측정 • 기 점검과 비교 가능한 위치 선정 : 강도변화 확인 • 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 실시	
	하부 구조	• 부재에 접근성 고려 • 기 진단과 비교 가능한 위치 선정 : 강도변화 확인 • 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 실시	
탄산화깊이 측정 및 철근탐사시험	상부 구조	• 캔틸레버 하면에 임의로 선정하여 시험을 실시 • 기 점검과 비교 가능한 위치 선정 : 탄산화진행여부 확인 • 누수로 인한 철근부식의 가능성이 높은 부위 선정	
	하부 구조	• 부재에 접근성 고려 • 기 점검과 비교 가능한 위치 선정 : 탄산화진행여부 확인 • 하천구간 등 열화우려부재 선정	
염화물함유량 시험	상부 구조	• 공용 중 노후화를 유발하는 누수 등의 손상으로 철근부식의 가능성이 높은 곳에 대해 철근깊이까지 시료채취	
	하부 구조	• 열화우려구간(하천인근, 신축이음하부 등)에 대해 철근깊이까지 시료채취	

3) 조사 사진

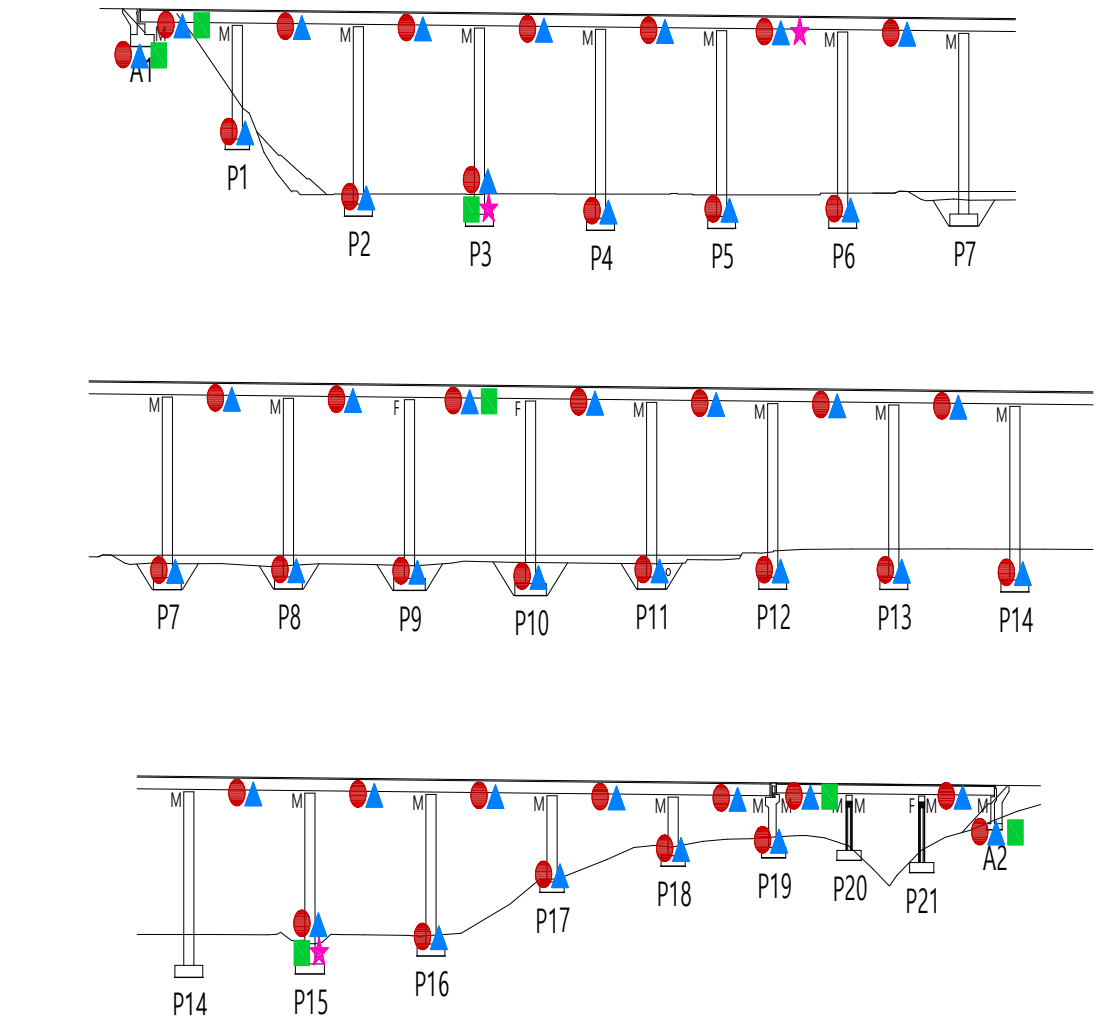
		
표면처리	반발경도시험	초음파 전달속도시험
		
탄산화 깊이측정	철근탐사 시험	코어채취 전경(P3 배면)

【사진 3.60】 콘크리트 내구성조사 전경(울산)

		
표면처리	반발경도시험	초음파 전달속도시험
		
탄산화 깊이측정	철근탐사 시험	코어채취 전경(P3 전면)

【사진 3.61】 콘크리트 내구성조사 전경(부산)

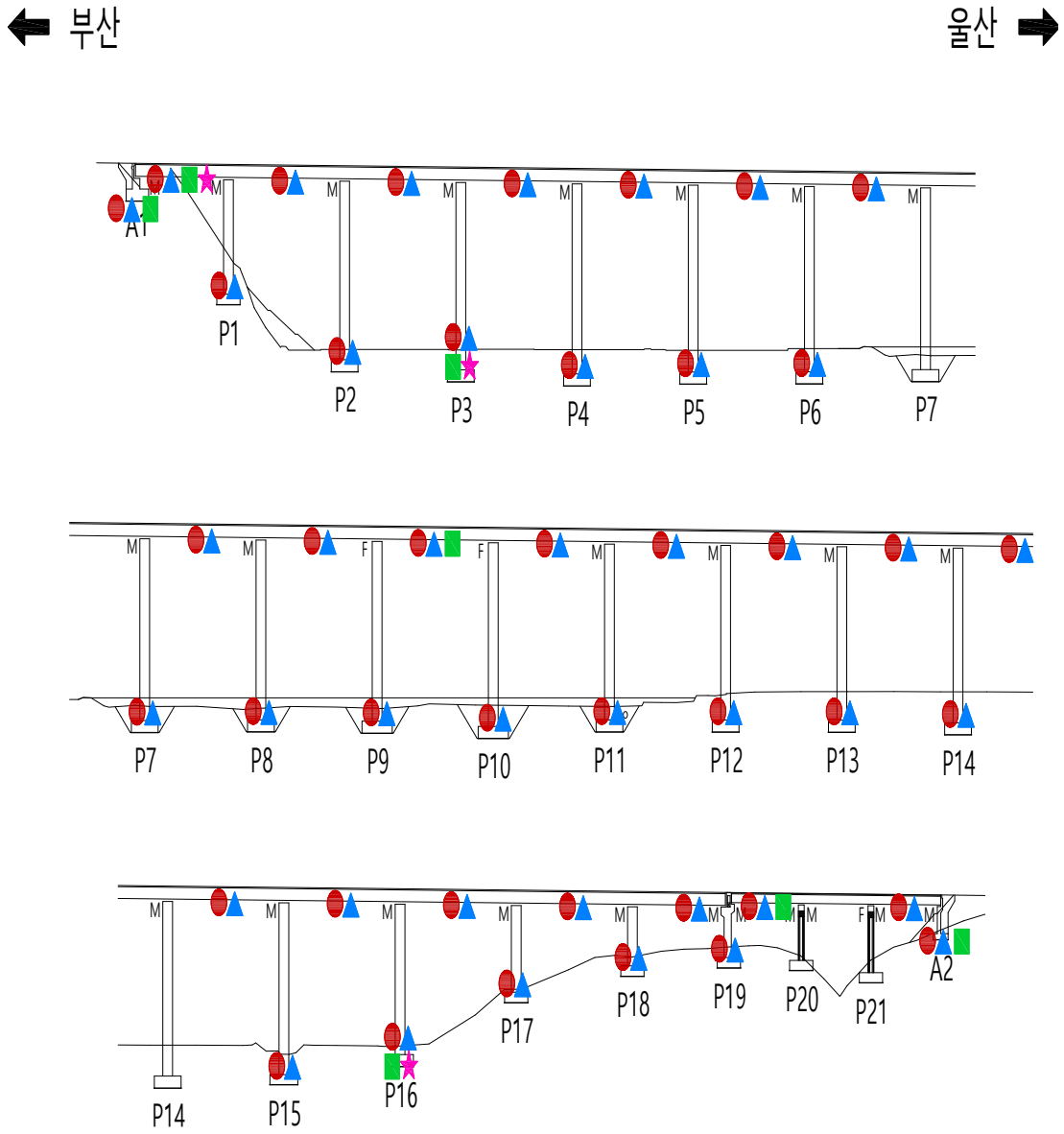
4) 콘크리트 내구성조사 위치도



<회야대교(울산)>

범례			
●	반발경도시험 / 초음파전달속도시험		
▲	철근탐사시험	■	탄산화깊이측정
★	염화물 함유량 시험	◆	균열깊이측정

【그림 3.39】 콘크리트 내구성조사 위치도(울산)



<회야대교(부산)>

범례			
●	반발경도시험 / 초음파전달속도시험		
▲	철근탐사시험	■	탄산화깊이측정
★	염화물 함유량 시험	◆	균열깊이측정

【그림 3.40】 콘크리트 내구성조사 위치도(부산)

3.4.2 시험내용 및 평가기준

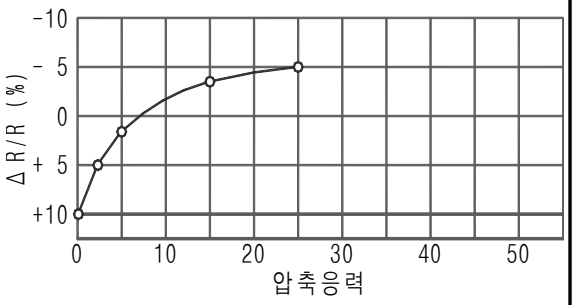
가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

① 개요

【표 3.108】반발경도시험 시험내용 및 평가기준

<table>
<tr><td>개 요</td><td>☑콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여 비파괴 압축강도를 추정하는 검사방법
☑슈미트해머를 이용해 경화된 콘크리트 표면 타격시의 반발도(R)와 콘크리트 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 함</td></tr>
<tr><td>시험방법</td><td>☑시험선정 부위의 그라인딩 표면 정리 후 종·횡 간격 30㎜로 직교되는 부위에 20점 이상의 타격점 표기
☑슈미트해머로 타격하여 얻은 반발경도(R)의 산술평균값을 구하고, 평균값의 ±20%를 벗어나는 값 제외 후 나머지 값들을 다시 산술평균하여 보정치를 적용한 수정 반발경도(Ro) 결정
☑보, 기둥 모서리에서 최소 30~60㎜ 이격하여 타격
☑측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100㎜ 이상 선정
☑표면 건조상태 부위 선정, 측정 후 건습 보정 실시
☑측정치는 원칙적으로 정수값 입력
☑압축응력에 따른 반발도/타격 방향/재령에 따른 보정 후 추정압축강도 산정

측정기 기종 선정 ↓ 테스트엔빌 이용 교정 실시 ↓ 시험부위 선정 및 요철 제거 ↓ 타격점 표시(20점 이상) ↓ 반발경도 측정 ↓ 타격 방향/습윤/재령 보정 ↓ 강도추정식에 의한 압축강도 산출 ↓ 압축강도 추정 및 설계값 비교
〈반발경도법에 의한 강도추정 흐름도〉</td></tr>
<tr><td>보정방법</td><td>☑타격방향에 따른 보정(ΔR_1)
<table>
<tr><th rowspan="2">반발경도 (R)</th><th colspan="4">수평과 이루는 각도</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>+90°</th><th>+45°</th><th>-45°</th><th>-90°</th></tr>
<tr><td>10</td><td>-</td><td>-</td><td>+2.4</td><td>+3.2</td><td rowspan="6">상향수직 : +90°
하향수직 : -90°</td></tr>
<tr><td>20</td><td>-5.4</td><td>-3.5</td><td>+2.5</td><td>+3.4</td></tr>
<tr><td>30</td><td>-4.7</td><td>-3.1</td><td>+2.3</td><td>+3.1</td></tr>
<tr><td>40</td><td>-3.9</td><td>-2.6</td><td>+2.0</td><td>+2.7</td></tr>
<tr><td>50</td><td>-3.1</td><td>-2.1</td><td>+1.6</td><td>+2.2</td></tr>
<tr><td>60</td><td>-2.3</td><td>-1.6</td><td>+1.3</td><td>+1.7</td></tr>
</table>
☑콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(ΔR_3)
기건상태 0~습윤상태 +5
☑압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정(ΔR_2)
압축응력 1.0kgf/㎠인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$
2.5kgf/㎠인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$
 

☑콘크리트 재령에 따른 보정(α)
<table>
<tr><th>구분</th><th>7일</th><th>14일</th><th>21일</th><th>28일</th><th>100일</th><th>500일</th><th>750일</th><th>1000일</th><th>2000일</th><th>3000일</th></tr>
<tr><td>재령(α)</td><td>1.72</td><td>1.36</td><td>1.12</td><td>1.00</td><td>0.78</td><td>0.67</td><td>0.66</td><td>0.65</td><td>0.64</td><td>0.63</td></tr>
</table>
☑수정 반발경도 $Ro = R + \Delta R$, ($\Delta R = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$)</td></tr>
<tr><td>압축강도 추정식</td><td>☑일반강도 식① : $Fc = -18.0 + 1.27 \times Ro$ (㎫) ⇨ 일본 재료학회 추정식
☑일반강도 식② : $Fc = (7.3 \times Ro + 100) \times 0.098$ (㎫) ⇨ 일본 건축학회 추정식
☑고강도 식① : $Fc = (13.3 \times Ro - 124) \times 0.098$ (㎫) ⇨ 고속철도공단 추정식
☑고강도 식② : $Fc = (15.2 \times Ro - 112.8) \times 0.098$ (㎫) ⇨ 과학기술부 추정식</td></tr>
</table>

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※콘크리트 내구성 평가절차 수립(건설교통부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(국토교통부, 국토안전관리원, 2022.12) 참조

【표 3.109】반발경도시험 시험보고서(울산)

시험보고서 (반발경도시험)	
시험일자, 시간	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
구조물에서 시험영역의 위치	각 시험개소별 Data Sheet 및 비파괴시험 위치도에 표기
시험대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
콘크리트 설계 조건	상부구조(PSC BOX, PSC Beam) : 40.0㎫ 상부구조(PSC Beam 바닥판) : 27.0㎫ 하부구조(교대,교각) : 24.0㎫
시험위치의 표면상태 (마무리 정도, 균열 등)	건전부 : 표면 양호부위 비건전부 : 망상균열, 누수오염 등의 부위
시험시의 온도 및 콘크리트 재령	일평균온도: 9.6 ~ 19.6℃, 재령: 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수상태 (습윤상태, 표면 건조상태, 기건상태 등)	기건상태
반발경도 측정기의 종류 및 제품번호	SANYO (NSR형) : 부록의 교정성적서 참조
반발경도 측정기의 타격방향	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
시험 부위별 반발경도의 평균값	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
	
반발경도시험	

※ 철도안전관리체계 기술기준『12.3.2 유지관리 기준』 및 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부 고시)』에 따라 시설물 콘크리트 반발경도 시험은 적정한 방법으로 시행하고 이에 대한 시험보고서를 작성하도록 관리주체에서 요청하여 면밀하게 조사를 시행하였다.

【표 3.110】 반발경도시험 시험보고서(부산)

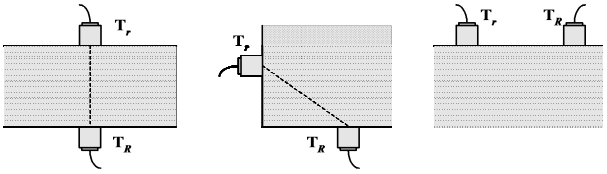
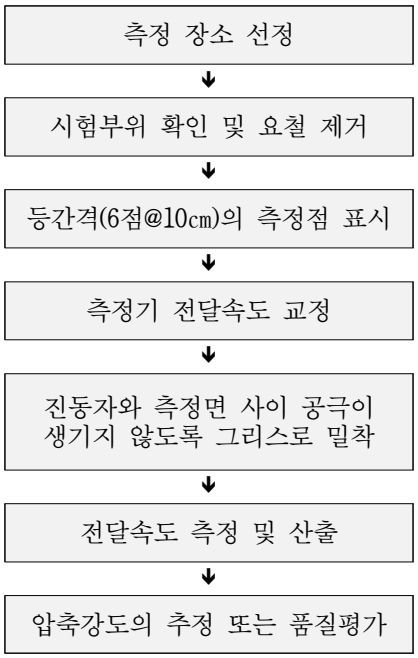
시험보고서 (반발경도시험)	
시험일자, 시간	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
구조물에서 시험영역의 위치	각 시험개소별 Data Sheet 및 비파괴시험 위치도에 표기
시험대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
콘크리트 설계 조건	상부구조(PSC BOX, PSC Beam) : 40.0㎫ 상부구조(PSC Beam 바닥판) : 27.0㎫ 하부구조(교대,교각) : 24.0㎫
시험위치의 표면상태 (마무리 정도, 균열 등)	건전부 : 표면 양호부위 비건전부 : 망상균열, 누수오염 등의 부위
시험시의 온도 및 콘크리트 재령	일평균온도: 9.6 ~ 19.6℃, 재령: 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수상태 (습윤상태, 표면 건조상태, 기건상태 등)	기건상태
반발경도 측정기의 종류 및 제품번호	SANYO (NSR형) : 부록의 교정성적서 참조
반발경도 측정기의 타격방향	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
시험 부위별 반발경도의 평균값	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
	
반발경도시험	

※ 철도안전관리체계 기술기준『12.3.2 유지관리 기준』 및 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부 고시)』에 따라 시설물 콘크리트 반발경도 시험은 적정한 방법으로 시행하고 이에 대한 시험보고서를 작성하도록 관리주체에서 요청하여 면밀하게 조사를 시행하였다.

2) 초음파전달속도시험

① 개요

【표 3.111】초음파전달속도시험 시험내용 및 평가기준

<table>
<tr><td>개 요</td><td>☑초음파전달속도시험은 초음파(주파수 50 ~ 100 kHz)의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화한다는 것을 이용하여 콘크리트의 강도, 균열상태, 내부결함 등을 조사하는 방법
☑발·수진자의 배치, 콘크리트의 배합비 및 함수율, 내부 철근의 유무 등에 따라 영향을 많이 받기 때문에 강도 추정의 정확도는 비교적 높지 않음.
☑ 초음파전달속도를 이용한 내부 콘크리트 재료의 품질 평가에 활용</td></tr>
<tr><td>시 험
방 법</td><td>☑반발경도법과 동일부재 동일위치에서 측정 후 반발경도법에 의한 결과와 비교, 평가
☑탐촉자 배열방법에 의한 분류
➜직접법, 반직접법, 간접법
☑직접법에서 구한 초음파전달속도(종파)를 강도 추정에 이용
☑현장에서 직접법을 적용할 수 없는 부재는 간접법(표면법)을 통해 속도 측정 후 환산
☑간접법을 직접법으로 환산
Vd ≈ 1.05 Vi
여기서, Vd : 직접법에 의한 초음파속도
Vi : 간접법에 의한 초음파속도
 
직접법 반직접법(사각법) 간접법
 
<초음파법에 의한 강도추정 흐름도></td></tr>
<tr><td>초음파
속 도</td><td>☑ 전달속도$(Velocity,\ mm/\mu sec)\ =\ \frac{\text{전달길이}(Path \le ngth,\ L\ :\ mm)}{\text{전달시간}(Transit\,Time,\ T:\ \mu sec)}$</td></tr>
<tr><td>강 도
추정식</td><td>☑식① : Fc’ = (102Vd - 117) × 0.1 (㎫) ⇨ 일본재료학회
☑식② : Fc’ = (215Vp - 620) × 0.1 (㎫) ⇨ 일본건축학회
☑식③ : Fc’ = (33.9Vp - 1107) × 0.1 (㎫) ⇨ 한전기술연구원</td></tr>
<tr><td>품 질
평 가</td><td><초음파속도에 의한 콘크리트 품질등급표(표면법)>
<table>
<tr><th>초음파 속도(m/s)</th><th>등급</th><th>품질상태</th><th>평가</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>4,501 이상</td><td>a</td><td>• 대단히 좋다.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3,501 ~ 4,500</td><td>b</td><td>• 좋다.</td><td>• 정기적인 관찰</td><td></td></tr>
<tr><td>3,001 ~ 3,500</td><td>c</td><td>• 검사를 요한다.</td><td>• 지속적인 관찰</td><td></td></tr>
<tr><td>2,000 ~ 3,000</td><td>d</td><td>• 나쁘다.</td><td>• 보강 또는 보수</td><td>• 부분적 내부결함</td></tr>
<tr><td>2,000 미만</td><td>e</td><td>• 대단히 나쁘다</td><td>• 교체 또는 보강</td><td>• 부식, 내부결함 다수</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※콘크리트 내구성 평가절차 수립(건설교통부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(국토교통부, 국토안전관리원, 2022.12) 참조

【표 3.112】초음파전달속도시험 시험보고서(울산)

시험보고서 (초음파전달속도시험)	
시험일자, 시간	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
구조물에서 시험영역의 위치	각 시험개소별 Data Sheet 및 비파괴시험 위치도에 표기
시험대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
콘크리트 설계 조건	상부구조(PSC BOX, PSC Beam) : 40.0㎫ 상부구조(PSC Beam 바닥판) : 27.0㎫ 하부구조(교대,교각) : 24.0㎫
초음파전달 경로와 탐촉자 위치에 대한 스케치	부록에 탐촉자 위치별 초음파전달속도 기록
시험시의 온도 및 콘크리트 재령	일평균온도: 9.6 ~ 19.6℃, 재령: 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수상태 (습윤상태, 표면 건조상태, 기건상태 등)	기건상태
장치의 종류, 신뢰도, 주파수 및 주요특징	Ultracom-170, 장비 검교정 성적서 참조
투과거리, 시험방법 및 결과의 정확도	투과 거리 10㎝×5=50㎝, 간접법
초음파전달속도의 시험값	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
철근간섭으로 보정된 초음파전달속도값	-
	
초음파전달속도시험	

【표 3.113】초음파전달속도시험 시험보고서(부산)

시험보고서 (초음파전달속도시험)	
시험일자, 시간	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
구조물에서 시험영역의 위치	각 시험개소별 Data Sheet 및 비파괴시험 위치도에 표기
시험대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
콘크리트 설계 조건	상부구조(PSC BOX, PSC Beam) : 40.0㎫ 상부구조(PSC Beam 바닥판) : 27.0㎫ 하부구조(교대,교각) : 24.0㎫
초음파전달 경로와 탐촉자 위치에 대한 스케치	부록에 탐촉자 위치별 초음파전달속도 기록
시험시의 온도 및 콘크리트 재령	일평균온도: 9.6 ~ 19.6℃, 재령: 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수상태 (습윤상태, 표면 건조상태, 기건상태 등)	기건상태
장치의 종류, 신뢰도, 주파수 및 주요특징	Ultracom-170, 장비 검교정 성적서 참조
투과거리, 시험방법 및 결과의 정확도	투과 거리 10㎝×5=50㎝, 간접법
초음파전달속도의 시험값	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
철근간섭으로 보정된 초음파전달속도값	-
	
초음파전달속도시험	

3) 코어 압축강도시험

① 개요

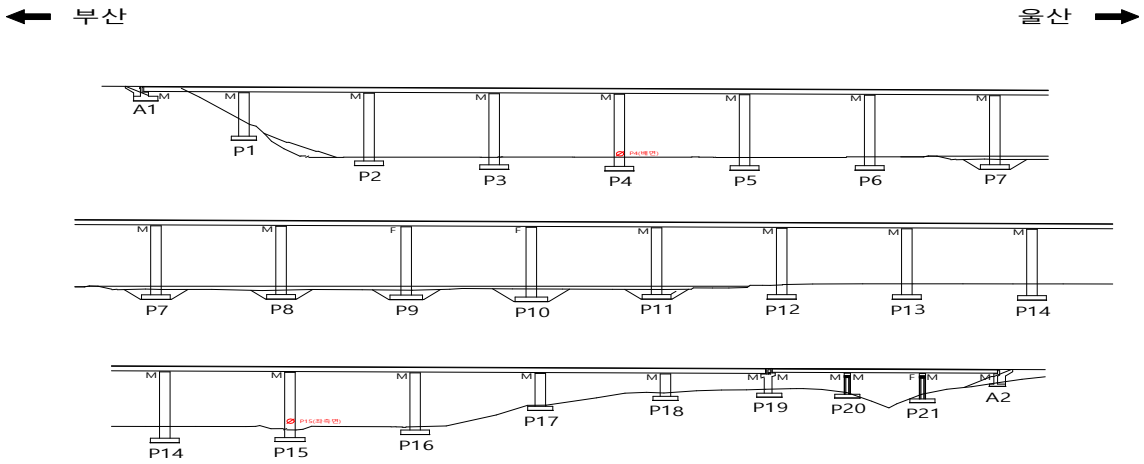
【표 3.114】코어 압축강도시험 시험내용 및 평가기준

개요	☑ 코어 강도시험은 현장에서 코어를 채취하여 압축강도를 추정하는 국부파괴시험으로 비파괴시험과는 구별되지만 구조물의 실제 강도를 추정하는데 가장 신뢰도가 높다. 다만, 현장조사에서 필요한 수량만큼 코어를 채취하는 것이 구조물에 인위적인 손상을 가하는 것이 되므로 비파괴시험에서 도출회귀식과 상관계수 적용에 필요한 수량만을 채취하여 시험하게 된다. ☑ 코어의 수분함유에 있어서 포화 건조상태는 공기 중 건조상태에 비해 10~15% 정도의 낮은 값을 나타낸다. 그러므로 실제 현장의 콘크리트 강도를 결정하는데 있어서 채취한 코어와 현장 콘크리트의 수분 상태를 고려하여 시험하는 것이 중요하다. 그리고 채취한 코어에 대해서 각종 물성과 강도시험을 실시하며, 일반적으로 비파괴 시험에 의한 자료와 비교·분석한다.
시험 방법	☑ 공시체를 공시체 지름의 1%이내의 오차에서 그 중심축이 가압판의 중심과 일치하도록 놓는다. ☑ 시험기의 가압판과 공시체의 윗면을 밀착시킨다. ☑ 공시체에 충격을 주지 않도록 똑같은 속도로 하중을 가한다. ☑ 하중을 가하는 속도는 압축 응력도의 증가율이 매초 0.6MPa가 되도록 한다. ☑ 공시체에 급변한 변형을 시작한 후에는 하중을 가하는 속도의 조정을 중지하고 하중을 계속 가한다. ☑ 공시체가 파괴될때까지 시험기가 나타내는 최대 하중을 유효숫자 3자리까지 읽는다.  <콘크리트 압축강도시험 예시>
비파괴강도 보정계수	☑ 각종 비파괴강도를 이용하여 구조물의 전반적인 강도를 추정하는 경우, 비파괴 시험위치에서 채취한 코어강도를 이용하여 비파괴강도를 수정하는 것이 원칙이다. 따라서 부재 종류별로 코어 압축강도와 코어에서 또는 코어 채취위치에서 얻은 비파괴강도의 상관관계를 구하기 위하여 RILEM Recommendation Part 2기준에 제시된 식을 사용하여 보정계수 C_t 를 구한다.
	$C_t = \sum_{i=1}^{k}\left\{\left(\frac{R_{pr}}{R_{st}}\right)/k\right\}$ 여기서, C_t : 보정계수, R_{pr} : 코어압축강도(MPa) R_{st} : 비파괴강도 (MPa), k : 시료수

※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(국토교통부, 국토안전관리원, 2022.12) 참조

【표 3.115】 코어 압축강도시험 시험보고서(울산)

시험보고서 (코어 압축강도 시험)	
구조물 명칭	회야대교(울산)
구조물의 경과 년수	10년 이상
시험일	2023.05.16
코어를 채취한 위치	보고서 참조
시험 위치의 설계기준 강도	24㎫a
사용 골재의 종류(보통골재, 경량골재)	보통골재
채취한 코어 시료의 직경(D), 높이(H)	P4(배면) : D : 68.3㎜, H : 91.8㎜ P15(좌측면) : D : 68.3㎜, H : 99.5㎜



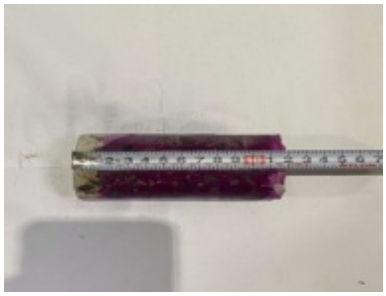
코어 압축강도 시험 위치도



코어 시료 채취(P4, 배면)



코어공 내부 상태 확인(P4, 배면)

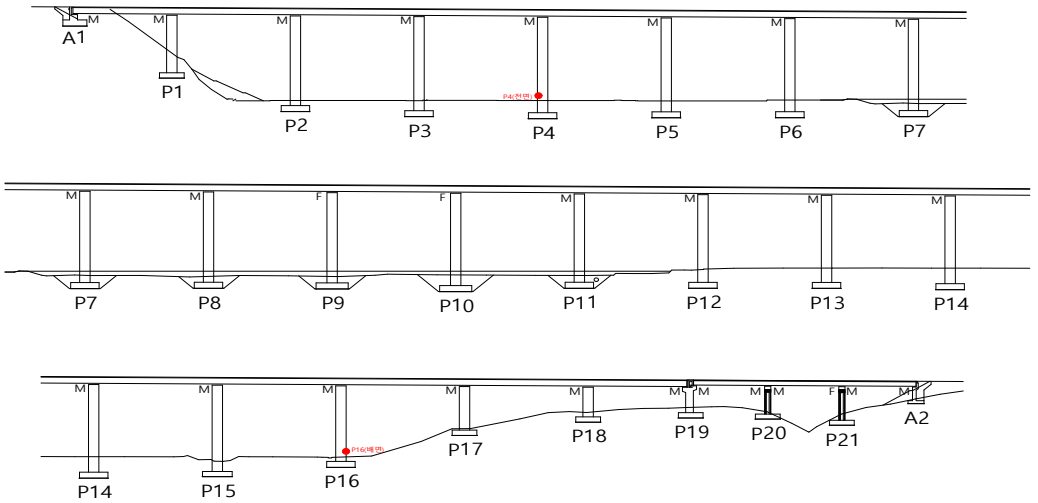


코어 상태 확인(P4, 배면)

【표 3.116】코어 압축강도시험 시험보고서(부산)

시험보고서 (코어 압축강도 시험)	
구조물 명칭	회야대교(부산)
구조물의 경과 년수	10년 이상
시험일	2023.05.16
코어를 채취한 위치	보고서 참조
시험 위치의 설계기준 강도	24㎫a
사용 골재의 종류(보통골재, 경량골재)	보통골재
채취한 코어 시료의 직경(D), 높이(H)	P4(전면) : D : 68.3㎜, H : 91.6㎜ P16(배면) : D : 68.3㎜, H : 88.2㎜

← 부산 울산 →



코어 압축강도 시험 위치도



코어 시료 채취(P4, 전면)



코어공 내부 상태 확인(P4, 전면)

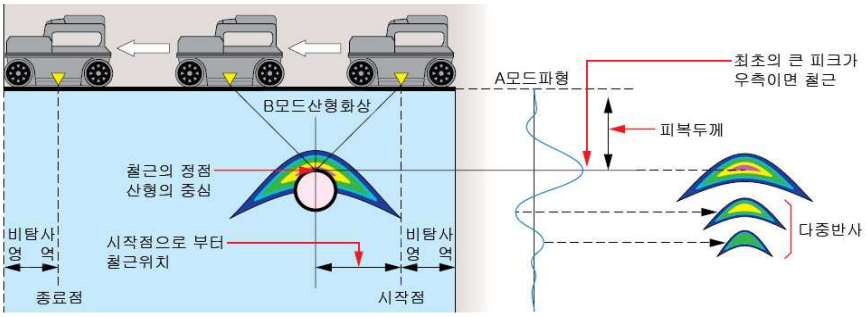


코어 상태 확인(P4, 전면)

나. 철근탐사시험

1) 개요

【표 3.117】철근탐사시험 시험내용 및 평가기준

<table>
<tr><td>개 요</td><td colspan="2">☑시공 상태 확인을 위하여 설계도서에 기록된 배근간격과의 동일 시공여부를 비교하여 구조체 배근상태의 적정성을 판단하며, 콘크리트 피복두께를 조사하여 탄산화로 인한 구조물의 내구성 평가와 장기적인 내구성 확보를 위한 대책마련을 위해 실시</td></tr>
<tr><td>탐 사
조 건</td><td>☑적용 가능한 조건
•탐사심도 200㎜ 이내
•탐사대상 철근지름이 6㎜ 이상
•콘크리트의 질이 균일한 곳
•철근이 안테나 진행 방향에 직교한 곳</td><td>☑적용 곤란한 조건
•표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑에 철근이 위치한 경우
•100㎜ 이하의 피치에서 배근된 경우
•철근이 안테나 진행 방향과 평행한 경우</td></tr>
<tr><td>측 정
방 법</td><td colspan="2">☑철근탐사장비 STRUCTURE MINI, RC-Radar의 측정원리는 전자파를 콘크리트의 표면에서 내부로 방사하여 콘크리트와 전기적 성질이 다른 철근이나 공동 등의 대상물로부터 반사되는 전파를 다시 안테나에서 수신하여 철근의 배근상태나 공동 등의 위치 및 깊이를 화상으로 기록하는 장비로 레이다 방식(화면 모니터 방식)이며, 측정가능심도는 5~200㎜ 수준임.
 
</td></tr>
<tr><td>평 가
기 준</td><td colspan="2">☑콘크리트의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리
☑콘크리트의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부 판단
☑실측된 철근배근 간격과 콘크리트 피복두께는 평균적인 개념으로 판단
☑구조안전성평가의 기초자료로 활용

〈콘크리트의 피복두께 기준〉
<table>
<tr><th>구 분</th><th>조 건</th><th>부재종류</th><th>철근직경/구분</th><th>피복두께(㎜)</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="10">현장
타설
콘크리트</td><td rowspan="5">옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위</td><td rowspan="2">슬래브
벽체, 장선</td><td>D35 초과</td><td>40</td><td></td></tr>
<tr><td>D35 이하</td><td>20</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">보
기둥</td><td>fck ≥ 40MPa</td><td>30</td><td>규정값에서 10㎜ 저감 가능</td></tr>
<tr><td>fck < 40MPa</td><td>40</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">쉘, 절판 부재</td><td>20</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">수중에서 타설 되는 콘크리트</td><td>100</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트</td><td>80</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트</td><td>D29 이상 철근</td><td>60</td><td></td></tr>
<tr><td>D25 이하 철근</td><td>50</td><td></td></tr>
<tr><td>D16 이하의 철근</td><td>40</td><td></td></tr>
</table>
※콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회, 2012) 참조
<table>
<tr><th>유효깊이(d)</th><th>유효깊이의 허용오차</th><th>피복두께의 허용오차</th></tr>
<tr><td>d ≤ 200㎜</td><td>±10㎜</td><td>-10㎜</td></tr>
<tr><td>d > 200㎜</td><td>±13㎜</td><td>-13㎜</td></tr>
</table>
※피복두께의 허용오차는 도면 또는 설계기준에서 요구하는 최소 피복두께의 -1/3로 하여야 함</td></tr>
</table>

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※진단장비 활용·관리 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(국토교통부, 국토안전관리원, 2022.12) 참조

【표 3.118】 철근탐사시험 시험보고서(울산)

시험보고서 (철근탐사시험)	
시험일자, 시간	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
구조물에서 시험영역의 위치	각 시험개소별 Data Sheet 및 비파괴시험 위치도에 표기
시험대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
시험한계 (잡음의 원인, 장애물 등등)	양호
시험값과 필터, 안테나 주파수 등의 매개변수 표시	-
시험 대상면에서의 안테나 횡단 위치, 작동방향 및 방위	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
피복두께와 철근의 지름에 대한 실측값과 보정한 값	각 시험개소별 Data Sheet 및 보고서 삽입
정밀도	양호
시험한 철근의 배근상태에 대한 그림	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
참고문헌	진단장비 활용, 관리매뉴얼 개발(2005)
	
철근탐사 전경	

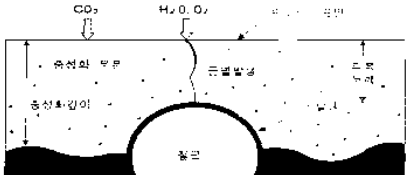
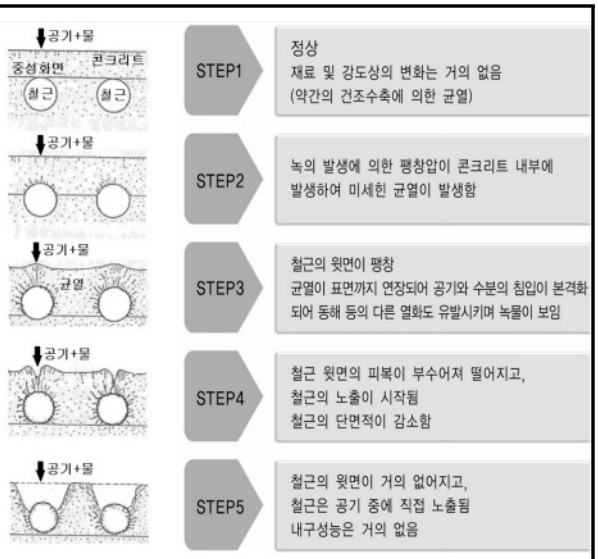
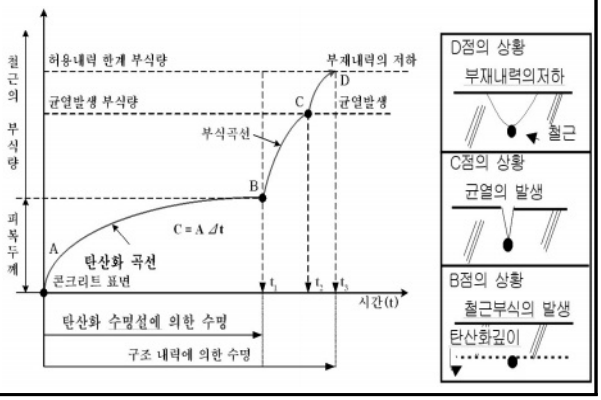
【표 3.119】 철근탐사시험 시험보고서(부산)

시험보고서 (철근탐사시험)	
시험일자, 시간	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
구조물에서 시험영역의 위치	각 시험개소별 Data Sheet 및 비파괴시험 위치도에 표기
시험대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
시험한계 (잡음의 원인, 장애물 등등)	양호
시험값과 필터, 안테나 주파수 등의 매개변수 표시	-
시험 대상면에서의 안테나 횡단 위치, 작동방향 및 방위	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
피복두께와 철근의 지름에 대한 실측값과 보정한 값	각 시험개소별 Data Sheet 및 보고서 삽입
정밀도	양호
시험한 철근의 배근상태에 대한 그림	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
참고문헌	진단장비 활용, 관리매뉴얼 개발(2005)
	
철근탐사 전경	

다. 탄산화 깊이 측정

1) 개요

【표 3.120】탄산화 깊이 측정 시험내용 및 평가기준

<table>
<tr><td>개 요</td><td>☑경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화하여 pH값이 12~13에서 8~10이하로 감소되는 과정을 콘크리트의 탄산화라고 정의
CaO + H2O → Ca(OH)2
Ca(OH)2 + CO2 → CaCO3 + H2O
 
☑콘크리트는 탄산화에 의한 직접적 성능 저하보다는 탄산화가 콘크리트 피복을 넘어 철근표면에 도달하게 되면 철근표면의 부동태 피막이 파괴되면서 부식 시작
 
</td></tr>
<tr><td>측정위치 및 방법</td><td>①철근배근 위치에서 코어 공시체 표면 또는 햄머드릴 이용 직경 1~2㎝ 정도 천공한 후 페놀프탈레인 용액을 분무하여 색변화를 통해 탄산화 진행깊이 측정
②페놀프탈레인 1% 용액 : 페놀프탈레인 1g+에탄올 90cc(순도 95%) + 증류수 = 100ml</td></tr>
<tr><td>시험순서</td><td>①철근배근 위치에서 철근 깊이까지 코어 채취 또는 천공 후 깨끗이 청소
②페놀프탈레인 1% 용액을 콘크리트 면 분무 후 색변화 관찰
③탄산화되지 않은 부분은 자주색(알칼리성), 탄산화된 부분은 무색(중성 또는 산성)
④콘크리트 표면으로부터 색이 변화되지 않은 깊이(㎜) 측정, 3회 평균값 산정</td></tr>
<tr><td>평가기준</td><td>〈토목분야 콘크리트 탄산화 상태평가 기준〉
<table><tr><th>구분</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr><tr><td>탄산화잔여깊이</td><td>30㎜≤깊이</td><td>10㎜≤깊이<30㎜</td><td>0㎜≤깊이<10㎜</td><td>깊이<0㎜</td><td>-</td></tr></table>※일본구조물진단기술협회(비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼)
〈건축분야 콘크리트 탄산화 상태평가 기준〉
<table><tr><th>구분</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr><tr><td>콘크리트 탄산화</td><td>Ct≤0.25D</td><td>0.25D<Ct≤0.5D</td><td>0.5D<Ct≤0.75D</td><td>0.75D<Ct≤D</td><td>Ct>D</td></tr></table>※Ct : 콘크리트 탄산화깊이(㎜), D : 측정된 콘크리트의 피복두께(㎜)
※상태평가 결과가 “e” 이고, 철근노출의 상태평가 결과가 “d” 이하이면 “중대한 결함” 으로 판단</td></tr>
<tr><td>내구 수명 평 가</td><td>☑t1 : 탄산화가 철근표면에 도달하는 시점
t2 : 철근 부식, 콘크리트 균열 발생 시점
t3 : 부재내력이 한계에 달하는 시점
☑탄산화속도 식 : $C = A\sqrt{t}$
C : 탄산화깊이(㎜)
A : 탄산화속도계수(㎜/√년) t : 재령(년)
☑탄산화가 철근에 도달하는 시간(td) :
td = (D2c/A2) - to
Dc : 철근까지의 콘크리트 피복두께(㎜)
to : 현재의 구조물 경과시간(년)
 
</td></tr>
</table>

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(국토교통부, 국토안전관리원, 2022.12) 참조

【표 3.121】 탄산화 깊이 측정 시험보고서(울산)

시험보고서 (탄산화깊이)	
구조물 명칭	회야대교(울산)
구조물의 경과 년수	10년 이상
시험일	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
코어채취 및 떼어냄을 행한 위치 (옥내, 옥외, 부위, 방위, 높이 등)	보고서 참조
사용골재의 종류(보통골재, 경량골재)	보통골재
측정면의 종류 (코어의 측면, 코어의 할렬면, 구조물의 떼어낸 면)	드릴링에 의한 천공, 코어의 측면
시약	페놀프탈레안 1% 용액
측정기구(버니어캘리퍼스, 눈금자 등)	버니어캘리퍼스, 줄자
시약분무로부터 탄산화 길이까지의 시간	즉시
탄산화깊이의 측정 장소의 각 측정값, 평균값, 최대값	보고서 참조
연한 적자색으로 변색된 부분의 유무 (있는 경우 그 상황을 사진 등으로 기록한다)	-





탄산화 깊이 측정 전경

【표 3.122】 탄산화 깊이 측정 시험보고서(부산)

시험보고서 (탄산화깊이)	
구조물 명칭	회야대교(부산)
구조물의 경과 년수	10년 이상
시험일	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
코어채취 및 떼어냄을 행한 위치 (옥내, 옥외, 부위, 방위, 높이 등)	보고서 참조
사용골재의 종류(보통골재, 경량골재)	보통골재
측정면의 종류 (코어의 측면, 코어의 할렬면, 구조물의 떼어낸 면)	드릴링에 의한 천공, 코어의 측면
시약	페놀프탈레안 1% 용액
측정기구(버니어캘리퍼스, 눈금자 등)	버니어캘리퍼스, 줄자
시약분무로부터 탄산화 길이까지의 시간	즉시
탄산화깊이의 측정 장소의 각 측정값, 평균값, 최대값	보고서 참조
연한 적자색으로 변색된 부분의 유무 (있는 경우 그 상황을 사진 등으로 기록한다)	-



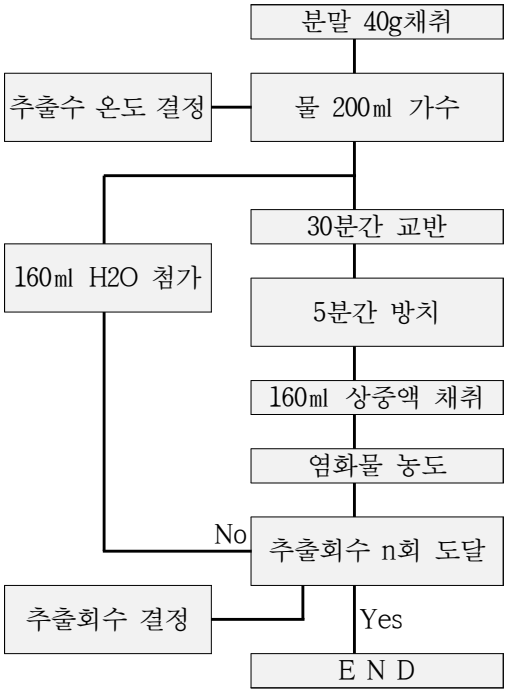


탄산화 깊이 측정 전경

라. 염화물 함유량시험

1) 개요

【표 3.123】염화물 함유량시험 시험내용 및 평가기준

<table>
<tr><td>개 요</td><td>☑콘크리트가 탄산화되거나 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 시작되어 철근의 부식방지를 위해서 염화물 이온량을 원칙적으로 제한할 필요가 있음
☑굳지 않은 콘크리트의 총 염화물 이온량은 국내의 경우 0.30kg/㎥이하로 제한하고 있으며, 책임기술인의 승인을 받는 경우 0.60kg/㎥ 까지 허용</td></tr>
<tr><td>시 험
방 법</td><td>☑대상구조물의 콘크리트 재료 중에 함유된 염화물함유량 정도를 추정하기 위하여 현장에서 채취한 분말시료 또는 코어 공시체를 이용하여 실내시험 실시
☑경화콘크리트 내 염화물함유량 측정은 일본 “건설성 토목연구소” 에서 규정한 [콘크리트 중에 포함되어 있는 염화물의 정량 방법에 관한 사안]에 따라 가용성 염분량 분석 실시
☑이미 굳은 콘크리트의 총 염화물 이온량에 대한 검토가 염소이온 농도에 의해 이루어질 경우, 재령 29일 이후의 콘크리트에서 최대 수용성 염화물 이온농도 시험은 KS F 2713(콘크리트 및 콘크리트의 재료의 염화물 분석 시험 방법) 또는 KS F 2715(모르타르 및 콘크리트의 수용성 염화물 시험방법)에 따라 시행하고 콘크리트 구조설계기준(2007년)에 준하여 철근부식 방지를 위한 최대 수용성 염소이온 비율 값으로 검토할 수 있음.
 

<염화물함유량시험방법></td></tr>
<tr><td>평 가
기 준</td><td><토목분야 염화물 상태평가 기준>
<table><tr><th>토목구조물</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr><tr><td>전염화물이온량(kg/㎥)</td><td>염화물≤0.3</td><td>0.3<염화물≤1.2</td><td>1.2<염화물≤2.5</td><td>2.5≤염화물</td><td>-</td></tr></table>※일본구조물진단기술협회(비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼)
<건축분야 염화물 상태평가 기준>[해당없음]
<table><tr><th>건축구조물</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr><tr><td>전염화물이온량(kg/㎥)</td><td>염화물≤0.15</td><td>0.15<염화물≤0.3</td><td>0.3<염화물≤0.6</td><td>0.6<염화물≤1.2</td><td>1.2<염화물</td></tr></table>**※상태평가 결과가 “e” 이고, 철근노출의 상태평가 결과가 “d” 이하면 세부지침의 “중대한 결함” 으로 판단**
<철근부식 방지를 위한 최대 수용성 염소이온 비율>
<table><tr><th>부재의 종류</th><th>콘크리트 속의 최대 수용성 염소이온(Cl-), 시멘트의 중량에 대한 비(%)</th></tr><tr><td>프리스트레스트 콘크리트</td><td>0.06</td></tr><tr><td>염화물에 노출된 철근 콘크리트</td><td>0.15</td></tr><tr><td>건조상태이거나 또는 습기로부터 차단된 철근 콘크리트</td><td>1.00</td></tr><tr><td>기타 철근 콘크리트</td><td>0.30</td></tr></table></td></tr>
</table>

※콘크리트 내구성 평가절차 수립(건설교통부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조
※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(국토교통부, 국토안전관리원, 2022.12) 참조
※염화물함유량시험은 공인시험기관에 의뢰하여 평가

【표 3.124】염화물 함유량시험 시험보고서(울산)

시험보고서 (염화물 함유량 시험)	
구조물 명칭	회야대교(울산)
구조물의 경과 년수	10년 이상
시험일	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
염화물 시료채취 위치	보고서 및 부록 Data Sheet 참조
사용골재의 종류(보통골재, 경량골재)	보통골재
시료채취 방법	드릴링 및 코어를 통한 분말시료 채취
	
드릴링에 의한 분말시료 채취	코어를 통한 분말시료 채취

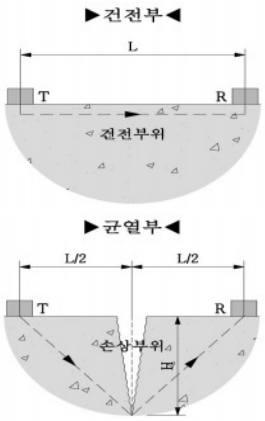
【표 3.125】염화물 함유량시험 시험보고서(부산)

시험보고서 (염화물 함유량 시험)	
구조물 명칭	회야대교(부산)
구조물의 경과 년수	10년 이상
시험일	2023.04.05.~2023.04.28.(09:00~18:00)
염화물 시료채취 위치	보고서 및 부록 Data Sheet 참조
사용골재의 종류(보통골재, 경량골재)	보통골재
시료채취 방법	드릴링 및 코어를 통한 분말시료 채취
	
드릴링에 의한 분말시료 채취	코어를 통한 분말시료 채취

마. 균열깊이 조사

1) 개요

【표 3.126】균열깊이 조사 시험내용 및 평가기준

개 요	☑초음파속도를 이용한 Tc-To법 적용 ☑Tc-To법은 콘크리트 균열부와 건전부의 초음파속도를 측정 후 데이터 비교에 의해 균열깊이 산출
시 험 방 법	☑균열부분을 중심으로 송신탐촉자(TX)와 수신탐촉자(TR)를 등간격으로 배치하고, 송신탐촉자로부터 발신된 종파초음파가 그림 중의 점선과 같이 콘크리트 내를 전파하고, 균열선단부를 경유해서 수신탐촉자에 도달하기까지의 시간 Tc를 측정 ☑균열이 없는 부분을 대상으로 동일 방법으로 송신탐촉자와 수신탐촉자의 거리 L과 초음파가 전파하는 시간 To를 구해서 균열깊이(H)를 평가  ☑콘크리트에 균열 있는 경우 초음파의 전달경로가 균열을 따라 진행하기 때문에 초음파의 전달시간이 건전부의 전달시간보다 상대적으로 길어지는 특성을 이용하여 균열 깊이를 계산 $$\text{균열깊이}\,(H) = \frac{L}{2}\sqrt{(\frac{T_c}{T_o})^2 - 1}$$ 여기서, To : 균열이 없는 건전부의 초음파 전달속도 Tc : 균열면 주위의 초음파 전달속도

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※진단장비 활용·관리 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조
※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(국토교통부, 국토안전관리원, 2022.12) 참조

3.4.3 시험결과 및 분석(울산)

가. 콘크리트 강도시험

- 본 시설물의 콘크리트 비파괴 강도시험은 총 63개소를 실시하였으며, 반발경도 측정은 테스트 앤빌에 의한 교정을 실시하고 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거한 후 실시하였다. 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령 등에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였으며, 반발경도에 의한 압축강도 추정은 고강도식 고속철도공단, 과학기술부 일반강도식 일본건축학회식과 일본재료학회식을 적용하였다.
- 초음파 전달속도시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 그리스 도포 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 간접법에 의한 초음파전달속도를 측정하였으며, 이를 직접법 속도로 환산하였다.
- 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령, 습윤상태 등에 의한 보정 후 콘크리트 강도를 추정하였으며, 반발경도에 의한 비파괴 압축강도 추정시 보통 콘크리트(35.0㎫ 미만)에 해당하는 일본의 재료학회식(식①:Fc=-18.0+1.27×Ro(㎫)), 건축학회식(식②:Fc=(7.3×Ro+100)×0.098(㎫))을 사용하였으며. 초음파 전달속도에 의한 압축강도 추정시 일본건축학회(식①:Fc=(215V_p-620)×0.1(㎫)), 일본재료학회(식①:Fc=(102V_p-117)×0.1(㎫)), 한전기술연구원(식③:Fc=(339.1V_p-1107)×0.1(㎫))을 사용하였다.
- 본 구조물의 설계기준강도는 시설물통합정보시스템(FMS)상의 준공도면 및 구조계산서를 참조하여 상부구조:27.0～40.0㎫, 하부구조:24.0㎫로 설정하여 비교・분석을 실시하였다. 또한, 비건전부는 누수 등으로 자주 습윤상태가 되거나, 우수에 노출된 부재 및 기타 표면부의 열화가 진행될 수 있는 부위로, 표면부의 습윤부를 비건전부로 설정하여 이에 대한 비교를 실시하였다.
- 본 시험에 대한 기초 자료(Law Data)는 별첨 부록에 첨부하였다.

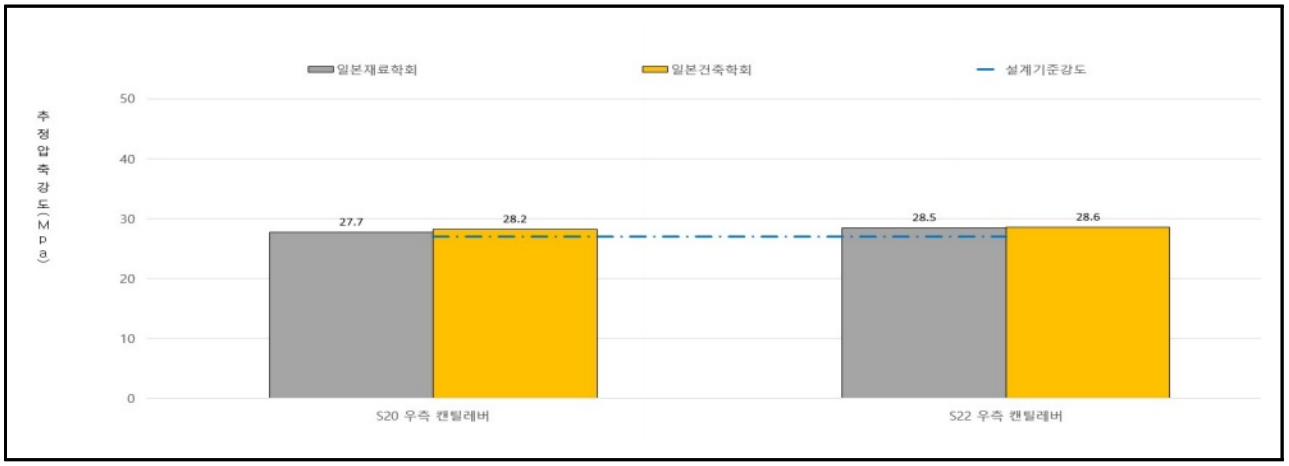
1) 반발경도시험

① 측정결과

- 회야대교(울산)에 대하여 콘크리트 추정강도 결과를 분석한 결과, 상부구조는 설계기준강도(보통콘크리트:27.0MPa) 대비 일본재료학회 102.6～105.6%, 일본건축학회 104.4～105.9%, 설계기준강도(고강도콘크리트:40.0MPa) 대비 고속철도공단 108.8～112.3%, 과학기술부 132.0～136.3%, 하부구조는 설계기준강도 (보통콘크리트:24.0MPa) 대비 일본재료학회 107.9～119.2%, 일본건축학회 112.9～119.6%의 분포를 나타내어 전반적으로 설계기준강도를 만족하는 것으로 분석되므로 콘크리트의 강도저하 등의 문제점이 없는 양호한 품질의 상태로 평가되었다.

【표 3.127】 상부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(울산)

구분	부재	세부위치	반발경도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			반발경도 (Ro)	재령계수	일본 재료학회	일본 건축학회		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam)	S20 우측 캔틸레버	48.8	0.63	27.7	28.2	27.0	건전부
		S22 우측 캔틸레버	49.7		28.5	28.6		건전부
평균(average)					28.1	28.4	-	-
최대값(max)					28.5	28.6	-	-
최소값(min)					27.7	28.2	-	-
표준편차(standard deviation)					0.57	0.28	-	-
변동계수(coefficient of variation)					2.01	1.00	-	-



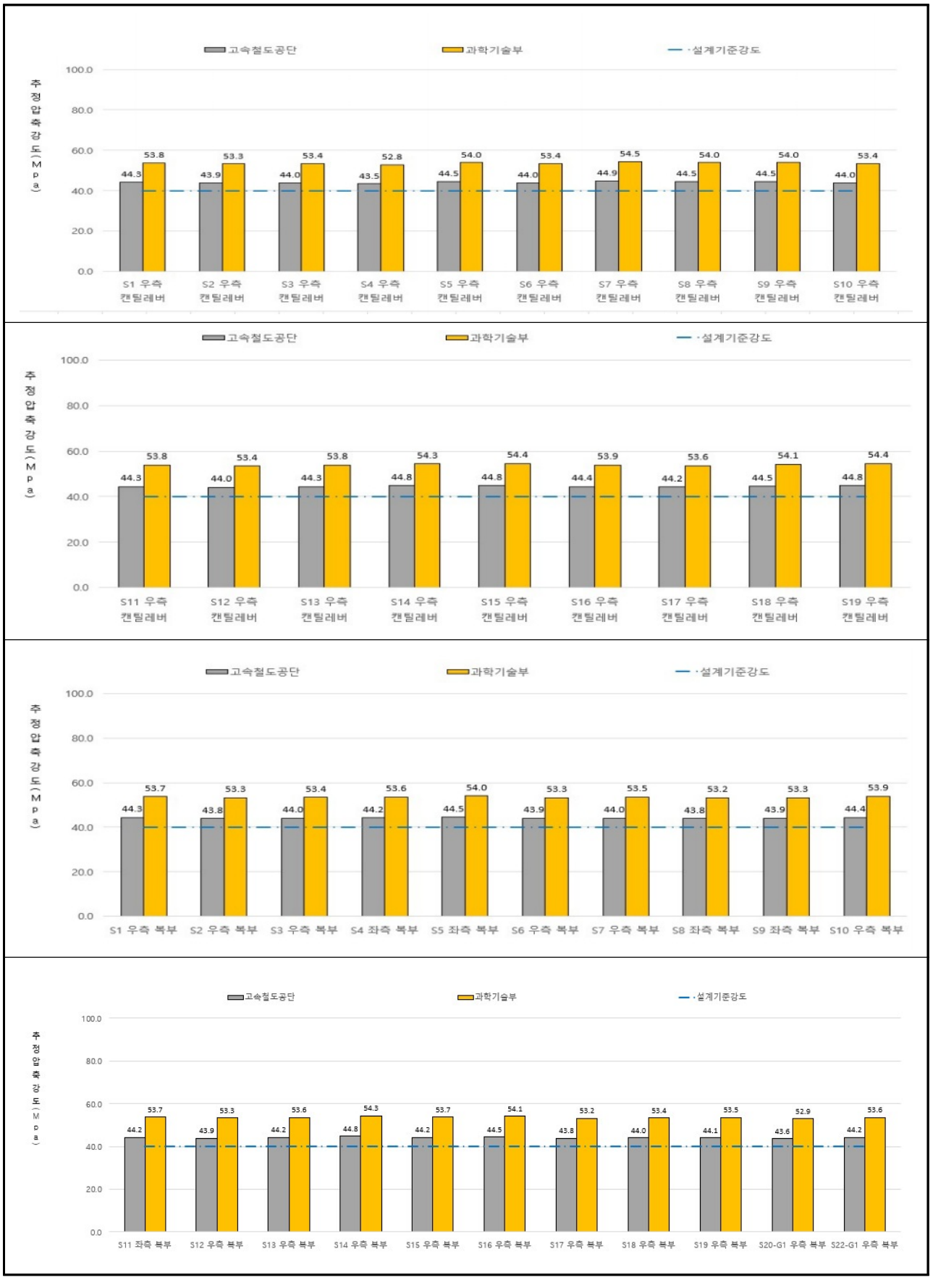
【그림 3.41】 상부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(울산)

【표 3.128】 상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(울산)

구분	부재	세부위치	반발경도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			반발경도 (Ro)	재령계수	고속 철도공단	과학기술부		
상부구조	바닥판 하면 (PSC BOX)	S1 우측 캔틸레버	64.7	0.63	44.3	53.8	40.0	건전부
		S2 우측 캔틸레버	64.3		43.9	53.3		건전부
		S3 우측 캔틸레버	64.3		44.0	53.4		건전부
		S4 우측 캔틸레버	63.7		43.5	52.8		건전부
		S5 우측 캔틸레버	65.0		44.5	54.0		건전부
		S6 우측 캔틸레버	64.4		44.0	53.4		건전부
		S7 우측 캔틸레버	65.5		44.9	54.5		건전부
		S8 우측 캔틸레버	64.9		44.5	54.0		건전부
		S9 우측 캔틸레버	64.9		44.5	54.0		건전부
		S10 우측 캔틸레버	64.4		44.0	53.4		건전부

【표 3.128】 상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(울산)(계속)

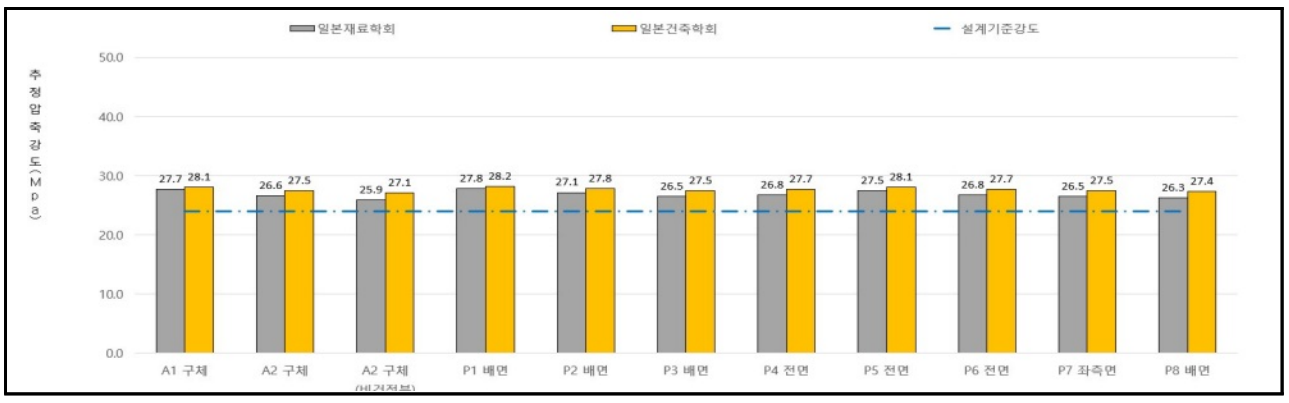
구분	부재	세부위치	반발경도에 의한 콘크리트 강도				설계기준강도	비고
			반발경도(Ro)	재령계수	고속철도공단	과학기술부		
상부구조	바닥판 하면 (PSC BOX)	S11 우측 캔틸레버	64.7	0.63	44.3	53.8	40.0	건전부
		S12 우측 캔틸레버	64.4		44.0	53.4		건전부
		S13 우측 캔틸레버	64.8		44.3	53.8		건전부
		S14 우측 캔틸레버	65.3		44.8	54.3		건전부
		S15 우측 캔틸레버	65.4		44.8	54.4		건전부
		S16 우측 캔틸레버	64.9		44.4	53.9		건전부
		S17 우측 캔틸레버	64.6		44.2	53.6		건전부
		S18 우측 캔틸레버	65.0		44.5	54.1		건전부
		S19 우측 캔틸레버	65.4		44.8	54.4		건전부
	거더 (PSC BOX)	S1 우측 복부	64.7		44.3	53.7		건전부
		S2 우측 복부	64.2		43.8	53.3		건전부
		S3 우측 복부	64.3		44.0	53.4		건전부
		S4 좌측 복부	64.6		44.2	53.6		건전부
		S5 좌측 복부	65.0		44.5	54.0		건전부
		S6 우측 복부	64.2		43.9	53.3		건전부
		S7 우측 복부	64.4		44.0	53.5		건전부
		S8 좌측 복부	64.1		43.8	53.2		건전부
		S9 좌측 복부	64.3		43.9	53.3		건전부
		S10 우측 복부	64.9		44.4	53.9		건전부
		S11 좌측 복부	64.6		44.2	53.7		건전부
		S12 우측 복부	64.3		43.9	53.3		건전부
		S13 우측 복부	64.6		44.2	53.6		건전부
		S14 우측 복부	65.3		44.8	54.3		건전부
		S15 우측 복부	64.7		44.2	53.7		건전부
		S16 우측 복부	65.0		44.5	54.1		건전부
		S17 우측 복부	64.1		43.8	53.2		건전부
		S18 우측 복부	64.3		44.0	53.4		건전부
		S19 우측 복부	64.5		44.1	53.5		건전부
	거더 (PSC Beam)	S20-G1 우측 복부	63.8		43.6	52.9		건전부
		S22-G1 우측 복부	64.6		44.2	53.6		건전부
평균(average)					44.2	53.7	-	-
최대값(max)					44.9	54.5	-	-
최소값(min)					43.5	52.8	-	-
표준편차(standard deviation)					0.34	0.41	-	-
변동계수(coefficient of variation)					0.77	0.76	-	-



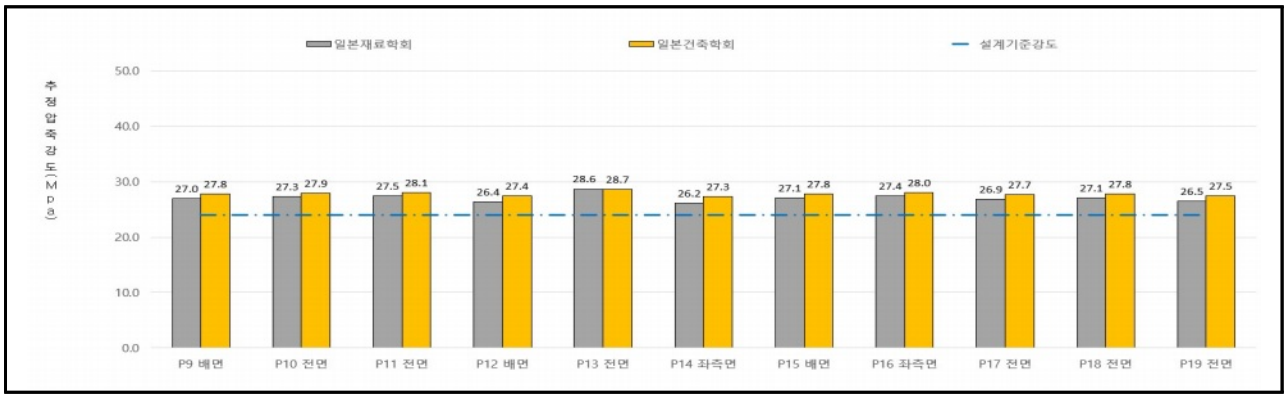
【그림 3.42】 상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(울산)

【표 3.129】하부구조(보통 콘크리트) 비파괴강도 시험결과(MPa)(울산)

구분	부재	세부위치	반발경도에 의한 콘크리트 강도				설계기준강도	비고
			반발경도(Ro)	재령계수	일본 재료학회	일본 건축학회		
하부구조	교대	A1 구체	48.7	0.63	27.7	28.1	24.0	건전부
		A2 구체	47.4		26.6	27.5		건전부
			46.5		25.9	27.1		비건전부
	교각	P1 배면	49.0		27.8	28.2		건전부
		P2 배면	48.0		27.1	27.8		건전부
		P3 배면	47.3		26.5	27.5		건전부
		P4 전면	47.6		26.8	27.7		건전부
		P5 전면	48.6		27.5	28.1		건전부
		P6 전면	47.7		26.8	27.7		건전부
		P7 좌측면	47.3		26.5	27.5		건전부
		P8 배면	47.0		26.3	27.4		건전부
		P9 배면	48.0		27.0	27.8		건전부
		P10 전면	48.3		27.3	27.9		건전부
		P11 전면	48.5		27.5	28.1		건전부
		P12 배면	47.2		26.4	27.4		건전부
		P13 전면	49.9		28.6	28.7		건전부
		P14 좌측면	46.9		26.2	27.3		건전부
		P15 배면	48.0		27.1	27.8		건전부
		P16 좌측면	48.4		27.4	28.0		건전부
		P17 전면	47.8		26.9	27.7		건전부
		P18 전면	48.1		27.1	27.8		건전부
		P19 전면	47.3		26.5	27.5		건전부
평균(average)					27.0	27.8	-	-
최대값(max)					28.6	28.7	-	-
최소값(min)					25.9	27.1	-	-
표준편차(standard deviation)					0.62	0.36	-	-
변동계수(coefficient of variation)					2.31	1.29	-	-



【그림 3.43】하부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(울산)



【그림 3.43】 하부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(울산)(계속)

【표 3.130】 반발경도 시험(보통 콘크리트) 결과 요약(울산)

구분	부재	설계기준강도 (MPa)	반발경도에 의한 콘크리트 강도		비고
			일본재료학회	일본건축학회	
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam 구간)	27.0	27.7~28.5 (102.6~105.6%)	28.2~28.6 (104.4~105.9%)	
하부구조	교대, 교각	24.0	25.9~28.6 (107.9~119.2%)	27.1~28.7 (112.9~119.6%)	
※ 회야대교(울산)에 대한 강도평가 결과, 일본재료학회 및 일본건축학회 추정식 모두 설계기준강도를 만족하는 양호한 상태로 평가됨.					

【표 3.131】 반발경도 시험(고강도 콘크리트) 결과 요약(울산)

구분	부재	설계기준강도 (MPa)	반발경도에 의한 콘크리트 강도		비고
			고속철도공단	과학기술부	
상부구조	바닥판 하면, 거더 (PSC Box 구간)	40.0	43.5~44.9 (108.8~112.3%)	52.8~54.8 (132.0~136.3%)	
※ 회야대교(울산)에 대한 강도평가 결과, 고속철도공단 및 과학기술부 추정식 모두 설계기준강도를 만족하는 양호한 상태로 평가됨.					

② 건전부/비건전부 강도 비교평가

㉠ 비건전부 반발경도시험 위치 선정

- 구조물에 발생된 손상(경년열화, 우수유입)으로 인한 콘크리트의 강도저하 여부 확인을 위하여 손상부위(비건전부위)와 양호한 부위(건전부)에서 반발경도시험을 각각 실시하였으며, 비건전부의 시험위치는 외관조사시 우기시 수분접촉으로 표면 열화 우려가 있는 교대(A2)으로 선정하였다.

【표 3.132】비건전부 위치선정 현황(울산)

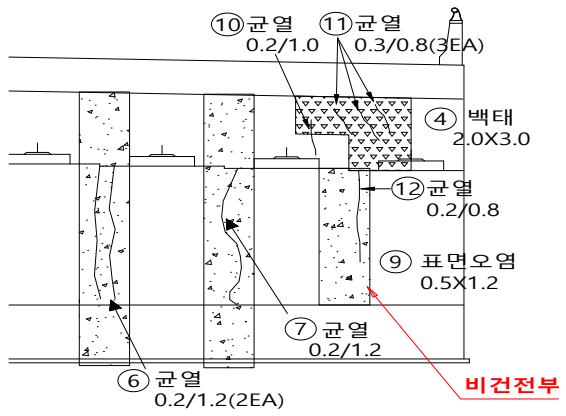
세부 부재명	위 치	위치 선정 사유	비고
교대	A2 (구체)	우기시 수분접촉으로 인한 표면 열화 우려	표면오염

㉡ 결과분석

- 비건전부의 측정강도는 25.9㎫(일본재료학회)으로 설계기준강도(상부구조: 24.0㎫)를 만족하는 것으로 나타나 해당손상으로 인한 구조물 안전성에 직접적인 영향은 없을 것으로 판단된다. 또한, 건전부와의 비교결과에서 건전부 대비 97.4%로 분석되었으며, 측정위치 및 측정오차 등을 고려할때, 손상에 따른 내구성저하는 경미한 수준인 것으로 사료된다.

【표 3.133】건전부/비건전부 비교 결과(울산)

구분	위치	측정값(MPa)		건전부 대비(%)	설계기준 강도(MPa)	비고
		건전부	비건전부			
하부구조	교대 (A2, 구체)	26.6	25.9	97.4	27.0	



비건전부(A2, 구체) 측정위치도



비건전부(A2, 구체) 표면상태

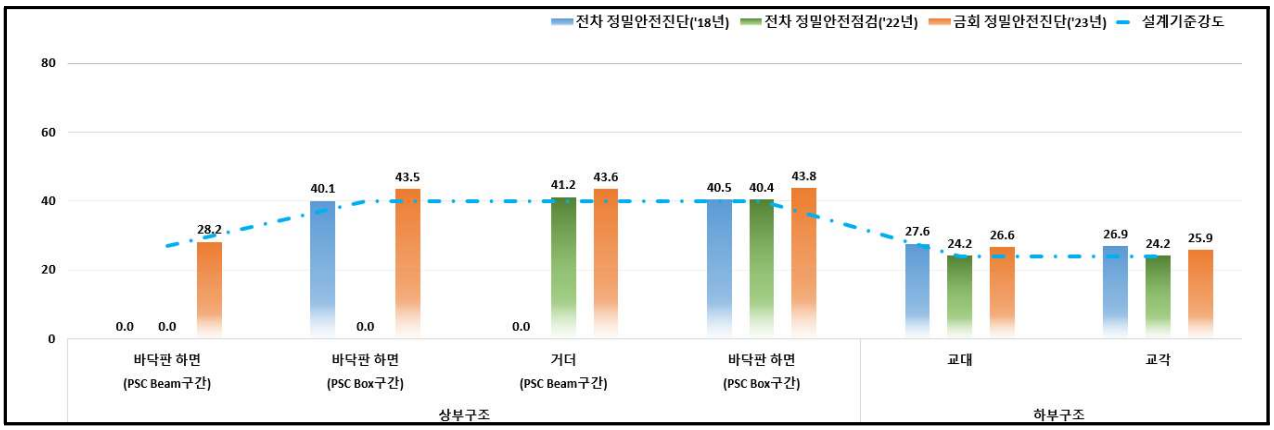
③ 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 반발경도 시험 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검 비교한 결과, 전반적으로 금회 정밀안전진단의 결과와 유사하며, 설계기준강도를 만족하는 것으로 분석되어 콘크리트의 강도저하는 없는 것으로 평가되었다.

【표 3.134】 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 반발경도 시험 결과 비교(울산)

구분	부재	반발경도에 의한 콘크리트 강도			설계기준강도 (MPa)	비고
		전차 정밀안전진단 ('18년)	전차 정밀안전점검 ('22년)	금회 정밀안전진단 ('23년)		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam 구간)	-	-	28.2~28.6	27.0	
	바닥판 하면 (PSC Box 구간)	40.1~41.4	-	43.5~44.9	40.0	
	거더 (PSC Beam 구간)	-	41.2~41.5	43.6~44.2	40.0	
	거더 (PSC Box 구간)	40.5~41.9	40.4~42.2	43.8~44.8	40.0	
하부구조	교대	27.6~30.0	24.2~25.7	26.6~27.7	24.0	
	교각	26.9~32.1	24.2~26.3	25.9~28.6	24.0	

※ 시험 결과 비교 값은 표준편차와 변동계수(강도의 Data 신뢰성)가 큰 값
(상부구조):일본재료학회, 고속철도공단 (하부구조):일본재료학회을 선정함.
※ 그래프는 (상부구조):일본재료학회, 고속철도공단 (하부구조):일본재료학회 최소값을 반영함.



【그림 3.44】 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검 결과 비교(울산)

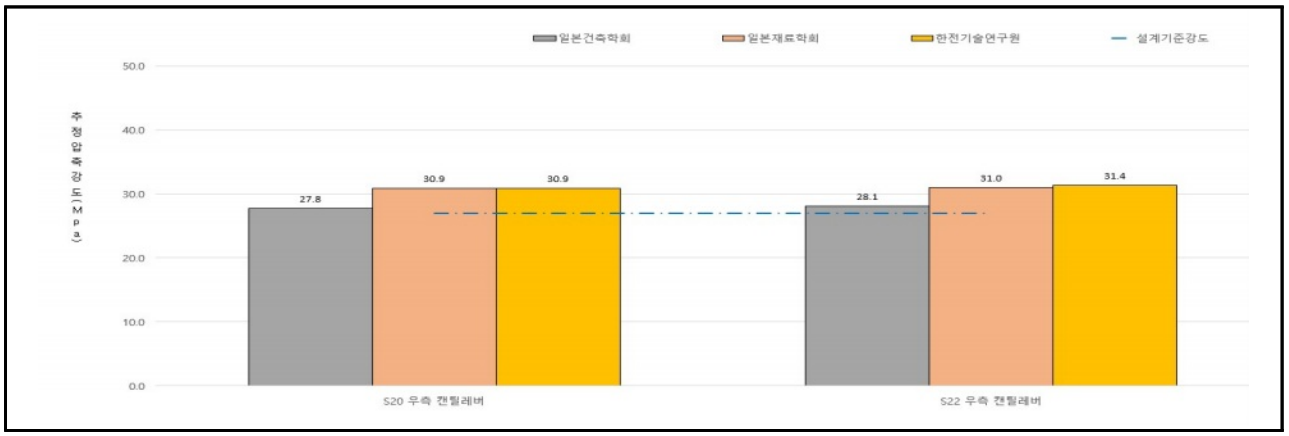
2) 초음파 전달속도 시험

① 측정결과

- 회야대교(울산)에 대하여 초음파 전달속도에 의한 콘크리트 추정강도를 분석한 결과, 상부구조는 설계기준강도(보통 콘크리트:27.0MPa) 대비 일본건축학회 104.1~130.0%, 일본재료학회 114.4~104.8%, 한전기술연구원 114.4~116.3%, 설계기준강도(고강도 콘크리트:40.0MPa) 대비 일본건축학회 120.0~130.3%, 일본재료학회 101.3~106.0%, 한전기술연구원 157.0~173.0%의 하부구조는 설계기준강도(보통 콘크리트:24.0MPa), 대비 일본건축학회 110.0~118.3%, 일본재료학회 125.8~130.0%, 한전기술연구원 119.6~132.9%의 분포를 나타내어 전반적으로 설계기준강도를 만족하는 것으로 분석되므로 콘크리트의 강도저하 등의 문제점이 없는 양호한 품질의 상태로 평가되었다.

【표 3.135】상부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(울산)

구분	부재	세부위치	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			표면법 (km/sec)	일본 건축학회	일본 재료학회	한전기술 연구원		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam)	S20 우측 캔틸레버	3.976	27.8	30.9	30.9	27.0	건전부
		S22 우측 캔틸레버	3.990	28.1	31.0	31.4		건전부
평균(average)				28.0	31.0	31.2	-	-
최대값(max)				28.1	31.0	31.4	-	-
최소값(min)				27.8	30.9	30.9	-	-
표준편차(standard deviation)				0.21	0.07	0.35	-	-
변동계수(coefficient of variation)				0.76	0.23	1.14	-	-



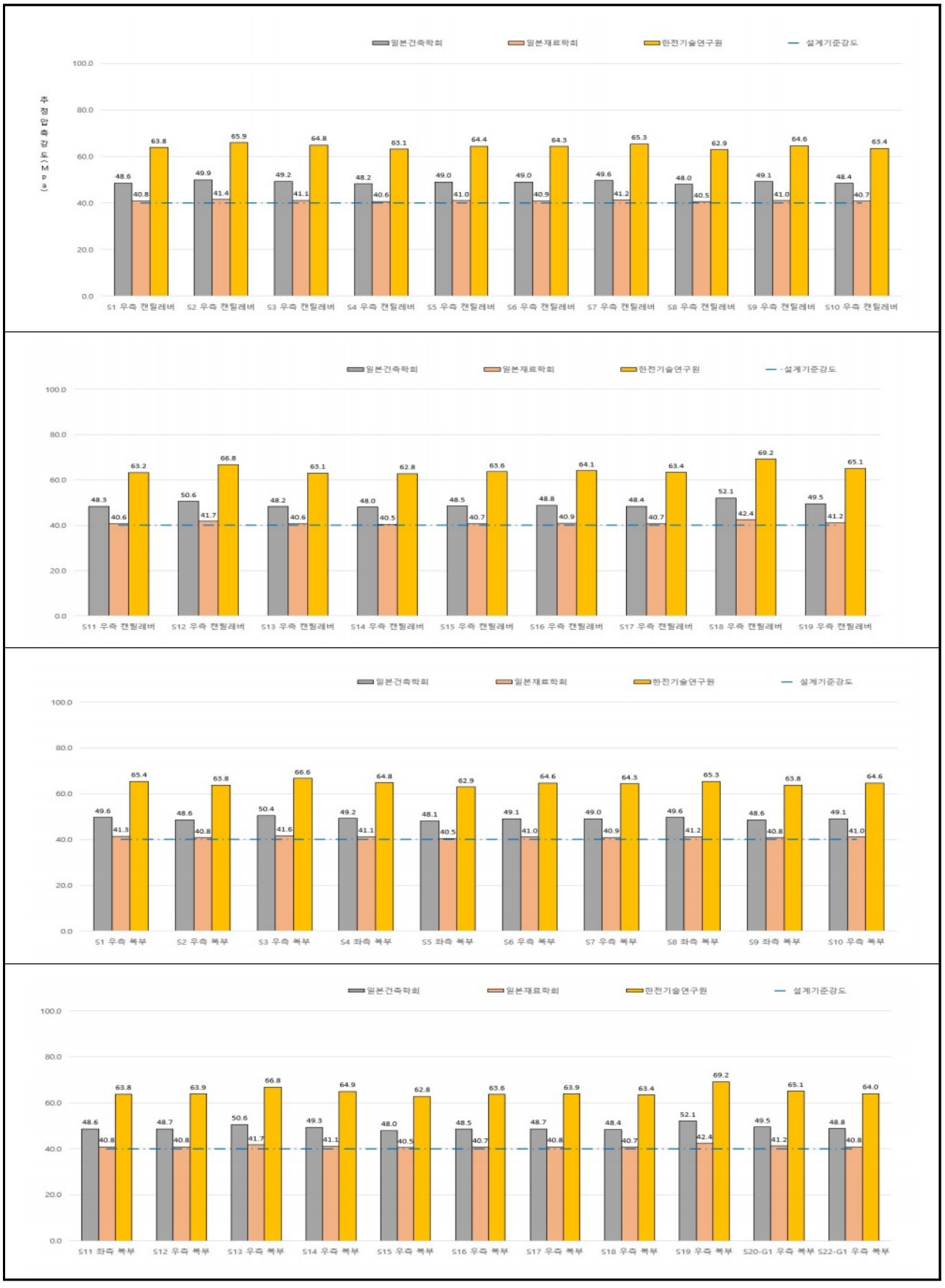
【그림 3.45】상부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(울산)

【표 3.136】상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(울산)

구분	부재	세부위치	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			표면법 (km/sec)	일본 건축학회	일본 재료학회	한전기술 연구원		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Box)	S1 우측 캔틸레버	4.900	48.6	40.8	63.8	40.0	건전부
		S2 우측 캔틸레버	4.959	49.9	41.4	65.9		건전부
		S3 우측 캔틸레버	4.928	49.2	41.1	64.8		건전부
		S4 우측 캔틸레버	4.880	48.2	40.6	63.1		건전부
		S5 우측 캔틸레버	4.917	49.0	41.0	64.4		건전부
		S6 우측 캔틸레버	4.916	49.0	40.9	64.3		건전부
		S7 우측 캔틸레버	4.943	49.6	41.2	65.3		건전부
		S8 우측 캔틸레버	4.875	48.0	40.5	62.9		건전부

【표 3.136】 상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(울산)(계속)

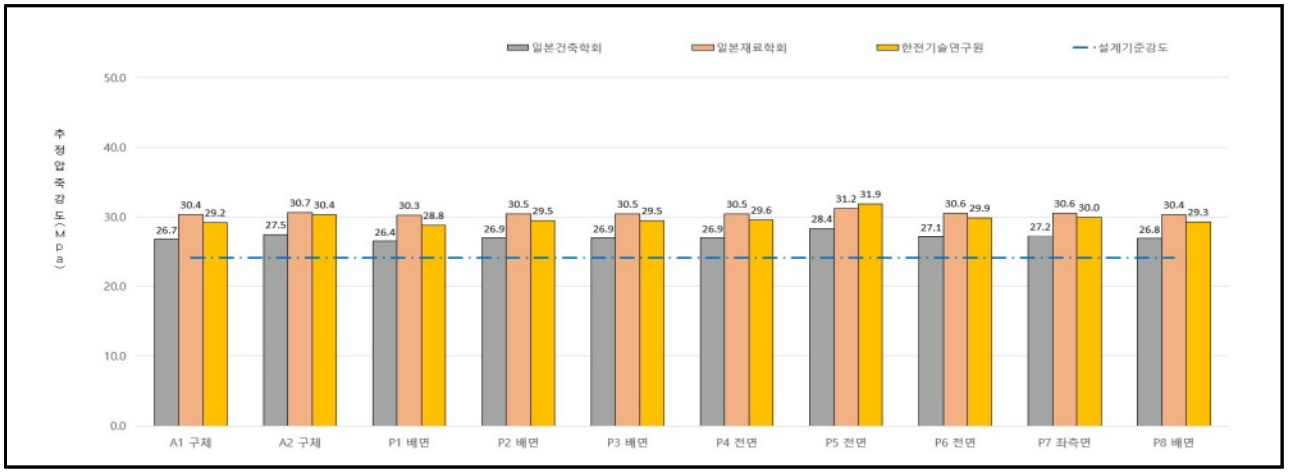
구분	부재	세부위치	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			표면법 (km/sec)	일본 건축학회	일본 재료학회	한전기술 연구원		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Box)	S9 우측 캔틸레버	4.922	49.1	41.0	64.6	40.0	건전부
		S10 우측 캔틸레버	4.890	48.4	40.7	63.4		건전부
		S11 우측 캔틸레버	4.884	48.3	40.6	63.2		건전부
		S12 우측 캔틸레버	4.986	50.6	41.7	66.8		건전부
		S13 우측 캔틸레버	4.882	48.2	40.6	63.1		건전부
		S14 우측 캔틸레버	4.873	48.0	40.5	62.8		건전부
		S15 우측 캔틸레버	4.895	48.5	40.7	63.6		건전부
		S16 우측 캔틸레버	4.909	48.8	40.9	64.1		건전부
		S17 우측 캔틸레버	4.891	48.4	40.7	63.4		건전부
		S18 우측 캔틸레버	5.052	52.1	42.4	69.2		건전부
		S19 우측 캔틸레버	4.939	49.5	41.2	65.1		건전부
	거더 (PSC BOX)	S1 우측 복부	4.946	49.6	41.3	65.4		건전부
		S2 우측 복부	4.900	48.6	40.8	63.8		건전부
		S3 우측 복부	4.980	50.4	41.6	66.6		건전부
		S4 좌측 복부	4.928	49.2	41.1	64.8		건전부
		S5 좌측 복부	4.875	48.1	40.5	62.9		건전부
		S6 우측 복부	4.922	49.1	41.0	64.6		건전부
		S7 우측 복부	4.916	49.0	40.9	64.3		건전부
		S8 좌측 복부	4.943	49.6	41.2	65.3		건전부
		S9 좌측 복부	4.901	48.6	40.8	63.8		건전부
		S10 우측 복부	4.922	49.1	41.0	64.6		건전부
		S11 좌측 복부	4.900	48.6	40.8	63.8		건전부
		S12 우측 복부	4.902	48.7	40.8	63.9		건전부
		S13 우측 복부	4.986	50.6	41.7	66.8		건전부
		S14 우측 복부	4.931	49.3	41.1	64.9		건전부
		S15 우측 복부	4.873	48.0	40.5	62.8		건전부
		S16 우측 복부	4.895	48.5	40.7	63.6		건전부
		S17 우측 복부	4.904	48.7	40.8	63.9		건전부
		S18 우측 복부	4.891	48.4	40.7	63.4		건전부
		S19 우측 복부	5.052	52.1	42.4	69.2		건전부
	거더 (PSC Beam)	S20-G1 우측 복부	4.939	49.5	41.2	65.1		건전부
		S22-G1 우측 복부	4.906	48.8	40.8	64.0		건전부
평균(average)				49.1	41.0	64.5	-	-
최대값(max)				52.1	42.4	69.2	-	-
최소값(min)				48.0	40.5	62.8	-	-
표준편차(standard deviation)				0.97	0.45	1.51	-	-
변동계수(coefficient of variation)				1.97	1.10	2.34	-	-



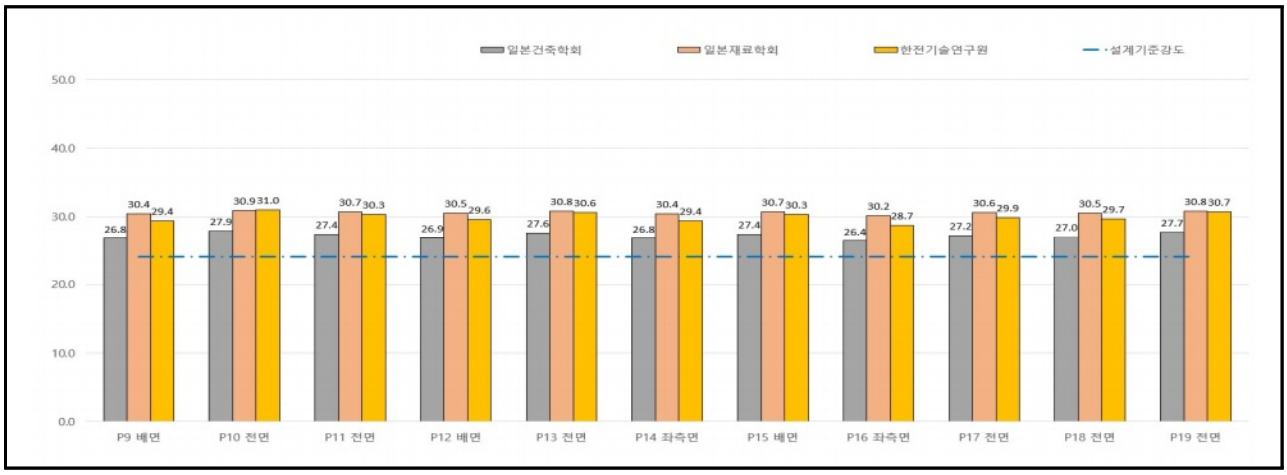
【그림 3.46】 상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(울산)

【표 3.137】하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(울산)

구분	부재	세부위치	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도				설계기준강도	비고
			표면법 (km/sec)	일본 건축학회	일본 재료학회	한전기술 연구원		
하부구조	교대	A1 구체	3.929	26.7	30.4	29.2	24.0	건전부
		A2 구체	3.962	27.5	30.7	30.4		건전부
	교각	P1 배면	3.918	26.4	30.3	28.8		건전부
		P2 배면	3.937	26.9	30.5	29.5		건전부
		P3 배면	3.937	26.9	30.5	29.5		건전부
		P4 전면	3.940	26.9	30.5	29.6		건전부
		P5 전면	4.006	28.4	31.2	31.9		건전부
		P6 전면	3.948	27.1	30.6	29.9		건전부
		P7 좌측면	3.950	27.2	30.6	30.0		건전부
		P8 배면	3.933	26.8	30.4	29.3		건전부
		P9 배면	3.935	26.8	30.4	29.4		건전부
		P10 전면	3.981	27.9	30.9	31.0		건전부
		P11 전면	3.960	27.4	30.7	30.3		건전부
		P12 배면	3.939	26.9	30.5	29.6		건전부
		P13 전면	3.970	27.6	30.8	30.6		건전부
		P14 좌측면	3.935	26.8	30.4	29.4		건전부
		P15 배면	3.961	27.4	30.7	30.3		건전부
		P16 좌측면	3.915	26.4	30.2	28.7		건전부
		P17 전면	3.950	27.2	30.6	29.9		건전부
		P18 전면	3.944	27.0	30.5	29.7		건전부
		P19 전면	3.973	27.7	30.8	30.7		건전부
평균(average)				27.1	30.6	29.9	-	-
최대값(max)				28.4	31.2	31.9	-	-
최소값(min)				26.4	30.2	28.7	-	-
표준편차(standard deviation)				0.49	0.22	0.76	-	-
변동계수(coefficient of variation)				1.81	0.74	2.53	-	-



【그림 3.47】하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(울산)



【그림 3.47】 하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(울산)(계속)

【표 3.138】 초음파 전달속도 시험 결과 요약(울산)

구분	부재	설계기준강도 (MPa)	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도			비고
			일본건축학회	일본재료학회	한전기술연구원	
상부구조	바닥판 하면	27.0	27.8~28.1 (104.1~130.0%)	31.0 (114.4~104.8%)	30.9~31.4 (114.4~116.3%)	
	바닥판, 거더	40.0	48.0~52.1 (120.0~130.3%)	40.5~42.4 (101.3~106.0%)	62.8~69.2 (157.0~173.0%)	
하부구조	교대, 교각	24.0	26.4~28.4 (110.0~118.3%)	30.2~31.2 (125.8~130.0%)	28.7~31.9 (119.6~132.9%)	
※ 회야대교(울산)에 대한 강도평가 결과, 일본건축학회, 일본재료학회, 한전기술연구원 추정식 모두 설계기준강도를 만족하는 양호한 상태로 평가됨.						

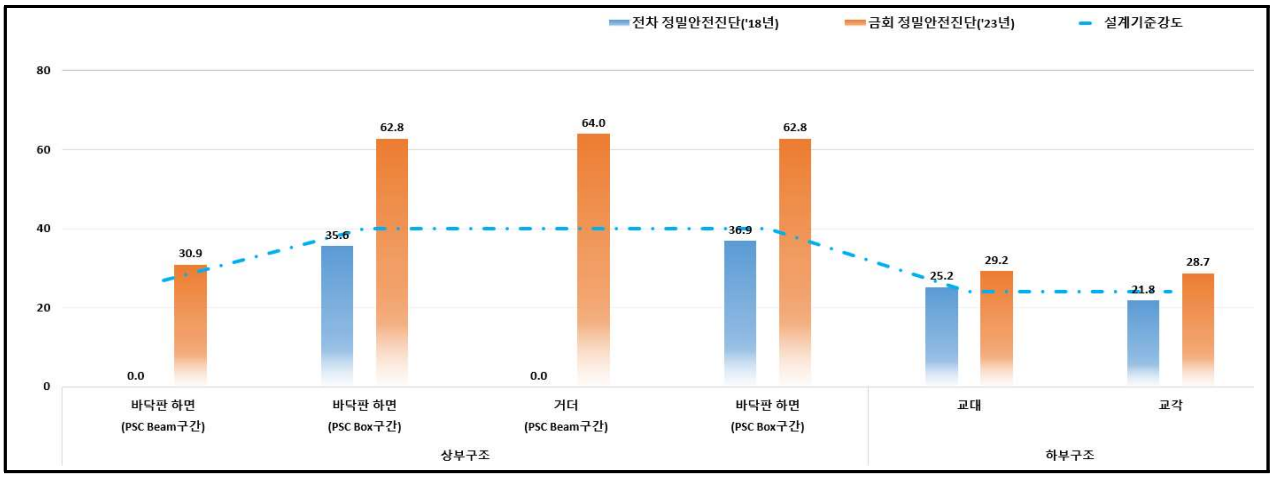
2) 전차 정밀안전진단 초음파 전달속도시험 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 비교한 결과, 전반적으로 금회 정밀안전진단의 결과와 일부 차이는 있으나, 이는 점검 위치 및 점검 장비 등의 차이로 판단되며, 금회 정밀안전진단 설계기준강도를 만족하는 것으로 분석되어 콘크리트의 강도저하는 없는 것으로 평가되었다.

【표 3.139】전차 정밀안전진단 초음파 전달속도시험 결과 비교(울산)

구분	부재	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도		설계기준강도 (MPa)	비고
		전차 정밀안전진단 ('18년)	금회 정밀안전진단 ('23년)		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam 구간)	-	30.9~31.4	27.0	
	바닥판 하면 (PSC Box 구간)	35.6~44.5	62.8~69.2	40.0	
	거더 (PSC Beam 구간)	-	64.0~65.1	40.0	
	거더 (PSC Box 구간)	36.9~41.9	62.8~69.2	40.0	
하부구조	교대	25.2~27.7	29.2~30.4	24.0	
	교각	21.8~29.3	28.7~31.9	24.0	

※ 시험 결과 비교 값은 표준편차와 변동계수(강도의 Data 신뢰성)가 큰 값
(상부구조):한전기술연구원, (하부구조):한전기술연구원을 선정함.
※ 그래프는 (상부구조):한전기술연구원, (하부구조):한전기술연구원 최소값을 반영함.



【그림 3.48】전차 정밀안전진단 결과 비교(울산)

3) 코어 압축강도 시험

① 코어강도를 이용한 비파괴 강도 보정

- 금회 정밀안전진단에서 금회의 반발경도 및 초음파 전달속도 의한 비파괴강도를 이용하여 보정계수를 구하고, 콘크리트의 압축강도를 평가하였다.

㉠ 콘크리트 코어 상태조사

【표 3.140】 콘크리트 코어 상태조사(2023년)(울산)

구 분	위 치	코어 사진	코어 제원	외관 상태	비 고
하부구조	교각 (P4, 배면)		D=68.3㎜ L=91.8㎜	◦외관상태 양호 ◦시멘트와 골재의 부착 상태 양호 ◦미세공극 발견되지 않음	 코어채취 전경 (2023년)
	교각 (P15, 좌측면)		D=68.3㎜ L=99.5㎜	◦외관상태 양호 ◦시멘트와 골재의 부착 상태 양호 ◦미세공극 발견되지 않음	

- 콘크리트 상태를 확인하기 위하여 하부구조 2개소에서 코어 채취하여 상태를 분석한 결과 골재의 분포 및 콘크리트의 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

㉡ 코어 압축강도

【표 3.141】 코어 압축강도시험 결과(MPa)(울산)

구 분	시료 크기 (D×H, mm)	압축강도 (MPa)	설계기준강도	압축강도/ 설계강도(%)	비 고
교각 (P4, 배면)	68.3×91.8	38.9	24.0	162.1	
교각 (P15, 좌측면)	68.3×99.5	29.2		121.7	

- 코어 압축강도시험을 실시한 결과, 콘크리트의 강도는 하부구조 29.2~38.9MPa로 설계기준강도(24.0MPa)를 만족하는 것으로 검토되어 강도 감소로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

㉢ 보정계수의 결정

【표 3.142】 보정계수의 결정(울산)

구 분	위치	보정 코어 강도	반발경도법		초음파속도법			비 고
			일본 재료학회	일본 건축학회	일본 재료학회	일본 건축학회	한전 기술연구원	
하부구조	교각 (P4, 배면)	38.9	26.5	27.7	30.5	26.9	29.5	
	보정계수 Ct		1.468	1.404	1.275	1.446	1.319	
	교각 (P15, 좌측면)	29.2	27.1	27.8	30.7	27.4	30.3	
	보정계수 Ct		1.077	1.050	0.951	1.066	0.964	
보정계수 Ct			1.273	**1.227**	**1.113**	1.256	1.142	
식	비파괴강도 보정계수		$C_t = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\left(\frac{R_{pr}}{R_{st}}\right)$		C_t : 보정계수 R_{pr} : 코어 압축강도(MPa) R_{st} : 비파괴강도(MPa) k : 시료수			

- 위와 같이 비파괴강도 보정계수 식을 활용하여 보정계수를 산정한 결과, 반발경도법(일본건축학회), 초음파속도법(일본재료학회)를 보정계수로 적용하였다.

【표 3.143】 하부구조(반발경도별) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(울산)

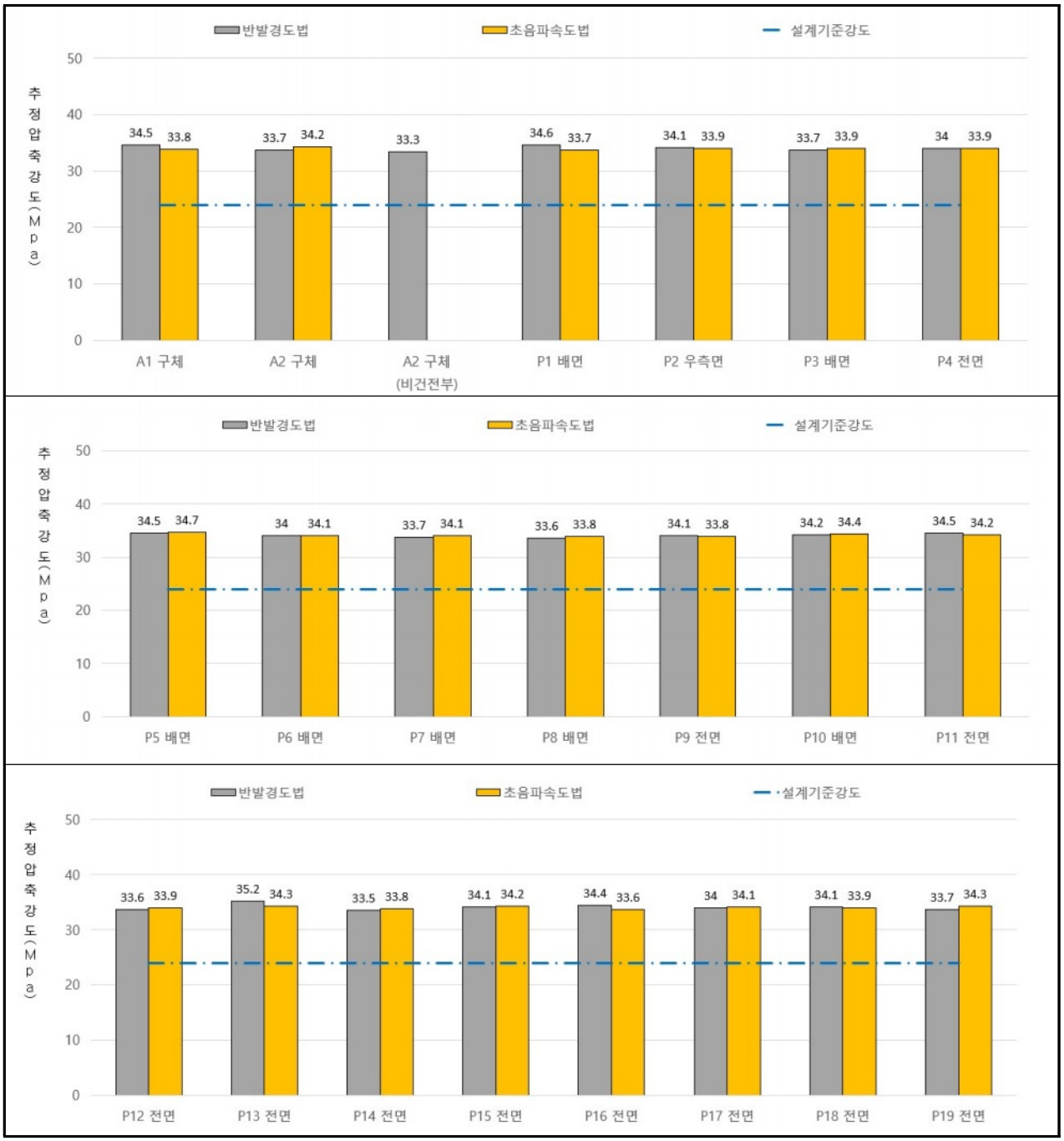
구 분	시험위치		반발경도법 (일본건축학회)	보정 계수	추정 비파괴 강도	설계 기준 강도	비고
하부구조	교대	A1 구체	28.1	1.227	34.5	24.0	건전부
		A2 구체	27.5	1.227	33.7		건전부
			27.1	1.227	33.3		비건전부
	교각	P1 배면	28.2	1.227	34.6		건전부
		P2 배면	27.8	1.227	34.1		건전부
		P3 배면	27.5	1.227	33.7		건전부
		P4 전면	27.7	1.227	34.0		건전부
		P5 전면	28.1	1.227	34.5		건전부
		P6 전면	27.7	1.227	34.0		건전부

【표 3.143】 하부구조(반발경도법) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(울산)(계속)

구 분	시험위치		반발경도법 (일본건축학회)	보정 계수	추정 비파괴 강도	설계 기준 강도	비고
하부구조	교각	P7 좌측면	27.5	1.227	33.7	24.0	건전부
		P8 배면	27.4	1.227	33.6		건전부
		P9 배면	27.8	1.227	34.1		건전부
		P10 전면	27.9	1.227	34.2		건전부
		P11 전면	28.1	1.227	34.5		건전부
		P12 배면	27.4	1.227	33.6		건전부
		P13 전면	28.7	1.227	35.2		건전부
		P14 좌측면	27.3	1.227	33.5		건전부
		P15 배면	27.8	1.227	34.1		건전부
		P16 좌측면	28.0	1.227	34.4		건전부
		P17 전면	27.7	1.227	34.0		건전부
		P18 전면	27.8	1.227	34.1		건전부
		P19 전면	27.5	1.227	33.7		건전부
평균(average)			27.8	-	34.1	-	-
최대값(max)			28.7	-	35.2	-	-
최소값(min)			27.1	-	33.3	-	-
표준편차(standard deviation)			0.36	-	0.43	-	-
변동계수(coefficient of variation)			1.29	-	1.26	-	-

【표 3.144】하부구조(초음파속도법) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(울산)

구 분	시험위치		초음파속도법 (일본재료학회)	보정 계수	추정 비파괴 강도	설계 기준 강도	비고
하부구조	교대	A1 구체	30.4	1.113	33.8	24.0	건전부
		A2 구체	30.7	1.113	34.2		건전부
	교각	P1 배면	30.3	1.113	33.7		건전부
		P2 배면	30.5	1.113	33.9		건전부
		P3 배면	30.5	1.113	33.9		건전부
		P4 전면	30.5	1.113	33.9		건전부
		P5 전면	31.2	1.113	34.7		건전부
		P6 전면	30.6	1.113	34.1		건전부
		P7 좌측면	30.6	1.113	34.1		건전부
		P8 배면	30.4	1.113	33.8		건전부
		P9 배면	30.4	1.113	33.8		건전부
		P10 전면	30.9	1.113	34.4		건전부
		P11 전면	30.7	1.113	34.2		건전부
		P12 배면	30.5	1.113	33.9		건전부
		P13 전면	30.8	1.113	34.3		건전부
		P14 좌측면	30.4	1.113	33.8		건전부
		P15 배면	30.7	1.113	34.2		건전부
		P16 좌측면	30.2	1.113	33.6		건전부
		P17 전면	30.6	1.113	34.1		건전부
		P18 전면	30.5	1.113	33.9		건전부
		P19 전면	30.8	1.113	34.3		건전부
평균(average)			30.6	-	34.0	-	-
최대값(max)			31.2	-	34.7	-	-
최소값(min)			30.2	-	33.6	-	-
표준편차(standard deviation)			0.22	-	0.24	-	-
변동계수(coefficient of variation)			0.74	-	0.72	-	-



【그림 3.49】하부구조 추정비파괴강도 결과 그래프(울산)

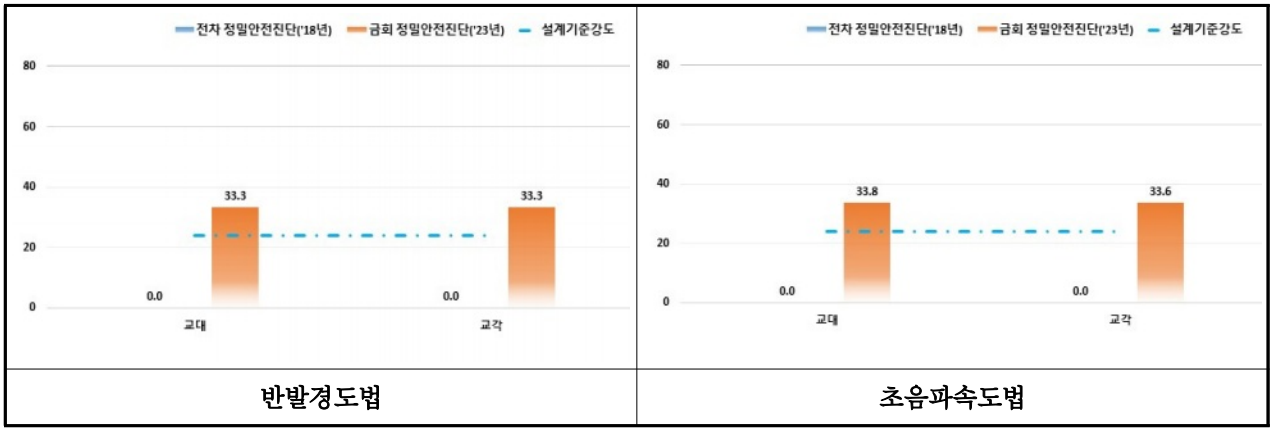
【표 3.145】보정계수 선정에 의한 비파괴강도 결과분석(울산)

형식	부재	설계 기준강도	추정비파괴 강도(MPa)		평가(%)		비고
			반발경도법	초음파속도법	반발경도법	초음파속도법	
하부 구조	교대	24.0	33.3~34.5	33.8~34.2	139~144	141~142	
	교각		33.3~35.2	33.6~34.7	139~147	140~145	

㉣ 전차 정밀안전진단 추정 비파괴강도 시험결과 비교

【표 3.146】전차 정밀안전진단 추정 비파괴강도 결과 비교(울산)

구분	부재	추정 비파괴 강도				설계기준강도 (MPa)	비고
		전차 정밀안전진단('18년)		금회 정밀안전진단('23년)			
		반발경도법	초음파속도법	반발경도법	초음파속도법		
하부 구조	교대	-	-	33.3~34.5	33.8~34.2	24.0	
	교각	-	-	33.3~35.2	33.6~34.7	24.0	
※ 그래프는 반발경도법, 초음파속도법의 최소값을 반영함.							

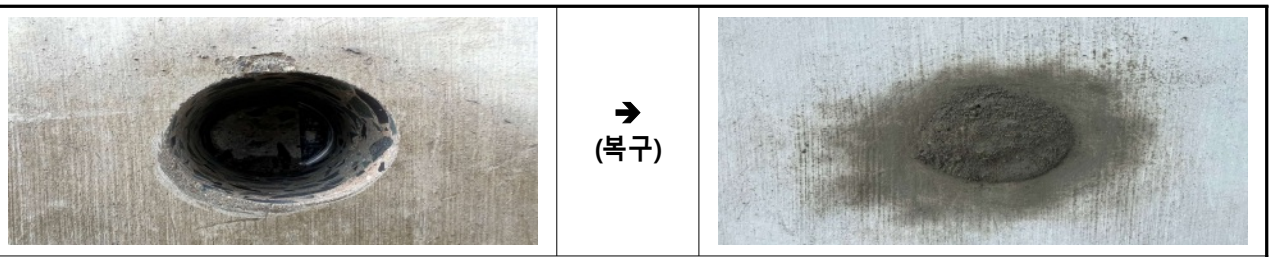


반발경도법 | 초음파속도법

【그림 3.50】전차 정밀안전진단 추정 비파괴 강도 결과와 비교

- 【그림 3.50】와 같이 전차 정밀안전진단 측정 분석한 결과, 금회 정밀안전진단에서 추정 비파괴 강도는 첫 실시한 상태이며, 향후 진단시 금회 진단 결과와 비교가 필요할 것으로 판단된다.

② 코어 압축강도 시험 복구 현황



교각(P4, 배면) 채취 후 복구 현황

- 금회 정밀안전진단에서 코어 압축강도 시험 진행 후 코어 압축강도 시험 구간에 대한 복구를 실시하였다.

나. 철근탐사시험

1) 측정결과

- 철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 63개소(상부구조 42개소, 하부구조 21개소)에서 실시하였으며, 철근탐시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께의 미미한 차이가 있으며, 일부 부재에서 실측값이 설계값과 다소 차이가 나는 것으로 분석되었다. 이는 콘크리트 타설시 철근 유동 등에 의한 것으로 판단된다. 현재 단위길이(1m)당 철근수량을 만족하며 설계피복두께를 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.147】 상부구조 철근탐사 시험결과(울산)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S1 우측 캔틸레버	주철근	110~135	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	100~142	49~55	150.0	61.0	
	S2 우측 캔틸레버	주철근	100~125	50~52	125.0	42.0	
		배력철근	146~179	50~53	150.0	61.0	
	S3 우측 캔틸레버	주철근	110~135	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	132~162	50~52	150.0	61.0	
	S4 우측 캔틸레버	주철근	107~132	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	143~159	50~57	150.0	61.0	
	S5 우측 캔틸레버	주철근	118~129	50~55	125.0	42.0	
		배력철근	142~154	50~56	150.0	61.0	
	S6 우측 캔틸레버	주철근	121~136	50~59	125.0	42.0	
		배력철근	134~155	50~55	150.0	61.0	
	S7 우측 캔틸레버	주철근	108~135	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	146~154	50~53	150.0	61.0	
	S8 우측 캔틸레버	주철근	116~129	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	146~169	50~54	150.0	61.0	

【표 3.147】 상부구조 철근탐사 시험결과(울산)(계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S9 우측 캔틸레버	주철근	116~132	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	133~165	50~54	150.0	61.0	
	S10 우측 캔틸레버	주철근	114~129	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	140~154	50~52	150.0	61.0	
	S11 우측 캔틸레버	주철근	116~130	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	147~155	50~53	150.0	61.0	
	S12 우측 캔틸레버	주철근	120~131	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	147~156	50~52	150.0	61.0	
	S13 우측 캔틸레버	주철근	121~131	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	145~153	50~55	150.0	61.0	
	S14 우측 캔틸레버	주철근	120~129	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	147~152	50~56	150.0	61.0	
	S15 우측 캔틸레버	주철근	116~129	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	137~149	50~52	150.0	61.0	
	S16 우측 캔틸레버	주철근	120~128	50~55	125.0	42.0	
		배력철근	141~153	50~53	150.0	61.0	
	S17 우측 캔틸레버	주철근	120~135	50~55	125.0	42.0	
		배력철근	149~156	50~52	150.0	61.0	
	S18 우측 캔틸레버	주철근	113~132	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	142~154	49~52	150.0	61.0	
	S19 우측 캔틸레버	주철근	118~128	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	146~156	50~52	150.0	61.0	
	S20 우측 캔틸레버	주철근	120~131	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	148~162	50~52	150.0	61.0	
	S22 우측 캔틸레버	주철근	116~135	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	147~153	50~54	150.0	61.0	

【표 3.147】 상부구조 철근탐사 시험결과(울산)(계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S1 우측 복부	주철근	189~205	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	100~135	50~53	100~150	58.0	
	S2 우측 복부	주철근	186~205	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	92~136	50~52	100~150	58.0	
	S3 우측 복부	주철근	175~205	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	106~135	50~54	100~150	58.0	
	S4 좌측 복부	주철근	186~222	50~56	200.0	42.0	
		배력철근	102~131	50~54	100~150	58.0	
	S5 좌측 복부	주철근	186~207	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	103~156	50~56	100~150	58.0	
	S6 우측 복부	주철근	186~206	50~55	200.0	42.0	
		배력철근	103~136	50~53	100~150	58.0	
	S7 우측 복부	주철근	181~203	50~53	200.0	42.0	
		배력철근	102~153	50~52	100~150	58.0	
	S8 좌측 복부	주철근	182~206	50~56	200.0	42.0	
		배력철근	100~143	50~53	100~150	58.0	
	S9 좌측 복부	주철근	185~225	50~53	200.0	42.0	
		배력철근	106~157	50~52	100~150	58.0	
	S10 우측 복부	주철근	187~216	50~55	200.0	42.0	
		배력철근	125~156	50~53	100~150	58.0	
	S11 좌측 복부	주철근	171~205	50~53	200.0	42.0	
		배력철근	102~136	50~54	100~150	58.0	
	S12 우측 복부	주철근	183~226	51~55	200.0	42.0	
		배력철근	137~147	50~53	100~150	58.0	
	S13 우측 복부	주철근	176~226	50~53	200.0	42.0	
		배력철근	100~145	50~51	100~150	58.0	
	S14 우측 복부	주철근	182~205	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	103~125	50~52	100~150	58.0	
	S15 우측 복부	주철근	187~206	50~54	200.0	42.0	
		배력철근	108~142	50~53	100~150	58.0	
	S16 우측 복부	주철근	173~206	50~51	200.0	42.0	
		배력철근	107~157	50~52	100~150	58.0	
	S17 우측 복부	주철근	176~205	50~54	200.0	42.0	
		배력철근	129~155	50~52	100~150	58.0	

【표 3.147】 상부구조 철근탐사 시험결과(울산)(계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S18 우측 복부	주철근	170~205	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	126~146	49~51	100~150	58.0	
	S19 우측 복부	주철근	193~206	50~57	200.0	42.0	
		배력철근	128~153	50~53	100~150	58.0	
	S20-G1 우측 복부	주철근	182~225	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	106~125	50~53	100.0	58.0	
	S22-G1 우측 복부	주철근	175~206	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	90~136	50~52	100.0	58.0	

※상부구조(바닥판) 주철근 설계값 피복두께는 50.0이며, 순피복두께는 H16을 사용하여 42.0으로 표기함.
※상부구조(바닥판) 배력철근 설계값 피복두께는 50.0이며, 순피복두께는 H19을 사용하여 61.0으로 표기함.
※상부구조(거더) 주철근 설계값 피복두께는 50.0이며, 순피복두께는 H16을 사용하여 42.0으로 표기함.
※상부구조(거더) 배력철근 설계값 피복두께는 50.0이며, 순피복두께는 H16을 사용하여 58.0으로 표기함.

【표 3.148】 하부구조 철근탐사 시험결과(울산)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	A1 구체	주철근	270~285	101~105	250.0	87.5	
		배력철근	152~177	100~107	150.0	109.5	
	A2 구체	주철근	255~283	100~112	250.0	87.5	
		배력철근	143~150	98~100	150.0	109.5	
	P1 배면	주철근	95~113	100~103	100.0	87.5	
		배력철근	254~303	100~105	300.0	109.5	
	P2 배면	주철근	85~103	100~109	100.0	87.5	
		배력철근	275~305	99~104	300.0	109.5	
	P3 배면	주철근	97~108	100~107	100.0	87.5	
		배력철근	280~330	100~104	300.0	109.5	
	P4 전면	주철근	95~120	100~103	100.0	87.5	
		배력철근	272~305	100~105	300.0	109.5	
	P5 전면	주철근	95~103	100~104	100.0	87.5	
		배력철근	273~305	100~105	300.0	109.5	
	P6 전면	주철근	90~112	100~115	100.0	87.5	
		배력철근	265~315	100~104	300.0	109.5	

【표 3.148】 하부구조 철근탐사 시험결과(울산)(계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부구조	P7 좌측면	주철근	95~107	100~103	100.0	87.5	
		배력철근	285~305	100~106	300.0	109.5	
	P8 배면	주철근	100~113	100~102	100.0	87.5	
		배력철근	270~303	100~106	300.0	109.5	
	P9 배면	주철근	99~125	100~105	100.0	87.5	
		배력철근	263~300	100~105	300.0	109.5	
	P10 전면	주철근	95~120	100~105	100.0	87.5	
		배력철근	253~305	99~102	300.0	109.5	
	P11 전면	주철근	95~103	100~106	100.0	87.5	
		배력철근	264~305	99~102	300.0	109.5	
	P12 배면	주철근	95~106	100~104	100.0	87.5	
		배력철근	287~306	98~105	300.0	109.5	
	P13 전면	주철근	95~106	100~105	100.0	87.5	
		배력철근	289~302	99~106	300.0	109.5	
	P14 좌측면	주철근	95~106	100~107	100.0	87.5	
		배력철근	282~309	100~107	300.0	109.5	
	P15 배면	주철근	100~105	100~105	100.0	87.5	
		배력철근	287~305	100~112	300.0	109.5	
	P16 좌측면	주철근	95~102	100~109	100.0	87.5	
		배력철근	276~305	99~103	300.0	109.5	
	P17 전면	주철근	100~106	100~108	100.0	87.5	
		배력철근	271~305	100~105	300.0	109.5	
	P18 전면	주철근	99~103	100~103	100.0	87.5	
		배력철근	289~301	99~102	300.0	109.5	
	P19 전면	주철근	97~116	100~108	100.0	87.5	
		배력철근	296~325	100~109	300.0	109.5	

※하부구조(교대, 교각) 주철근 설계값 피복두께는 100.0이며, 순피복두께는 D25을 사용하여 87.5로 표기함.
※하부구조(교대, 교각) 배력철근 설계값 피복두께는 100.0이며, 순피복두께는 D22을 사용하여 109.5로 표기함.

【표 3.149】 철근탐사시험 결과 요약(울산)

구분	부재	철근탐사시험				비고
		배근간격		피복두께		
		주철근	배력철근	주철근	배력철근	
상부구조	바닥판 하면	100~136	100~179	50~59	49~57	
	거더	170~226	90~157	50~57	49~56	
하부구조	교대	255~285	143~177	100~112	98~107	
	교각	85~120	254~330	100~115	99~105	

2) 전차 정밀안전진단의 철근탐사시험 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 비교한 결과, 상부구조 배근간격은 구간 위치에 따라 다소 차이가 있으나, 이는 설계 간격이며, 일부구간 피복두께 다소 차이를 보이는 것으로 확인되었다.

【표 3.150】 전차 정밀안전진단 철근탐사시험 결과 비교(울산)

형식	부재	철근탐사시험								비고
		전차정밀안전진단 ('18년)				금회정밀안전진단 ('23년)				
		배근간격		피복두께		배근간격		피복두께		
		주철근	배력철근	주철근	배력철근	주철근	배력철근	주철근	배력철근	
상부구조	바닥판 하면	90~265	90~200	41~86	41~55	100~136	100~179	50~59	49~57	
	거더	175~220	90~165	42~61	41~59	170~226	90~157	50~57	49~56	
하부구조	교대	200~250	140~160	96~100	82~100	255~285	143~177	100~112	98~107	
	교각	75~135	280~320	89~110	73~96	85~120	254~330	100~115	99~105	
검토의견		• 전차 정밀안전진단(18년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 단위길이당 철근수량을 만족하며 설계피복두께를 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 평가됨.								

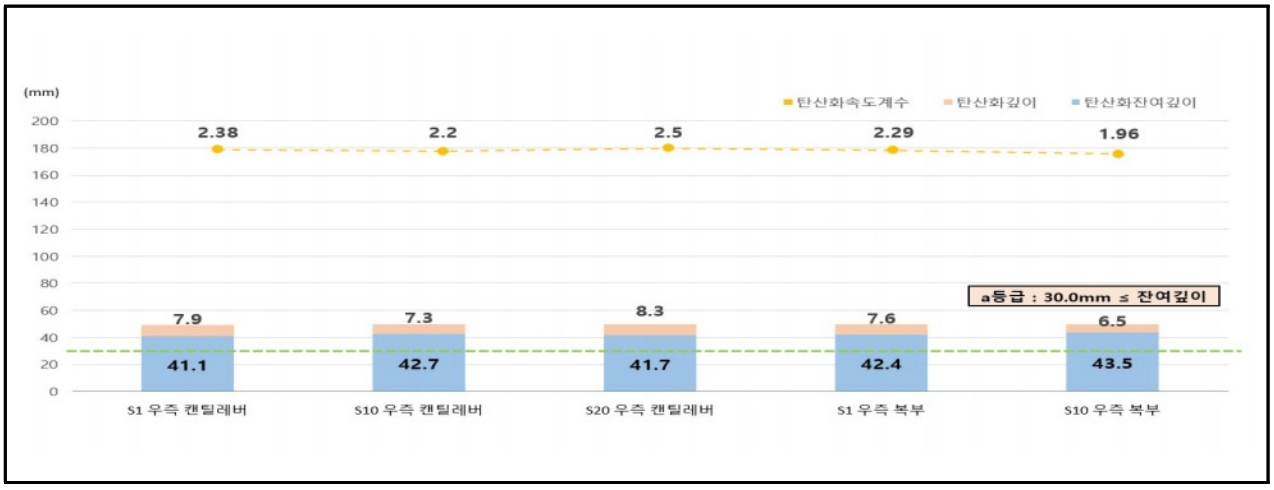
다. 탄산화 깊이 측정

1) 측정결과

- 탄산화 깊이 측정은 총 9개소(상부구조 5개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상을 만족한 상태로 측정되어 상태평가 "a"로 평가되었다. 탄산화 속도계수를 통한 잔존수명 예측결과 전 개소 100년 이상으로 추정되었으며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

【표 3.151】 상부구조 탄산화 깊이 측정 결과(울산)

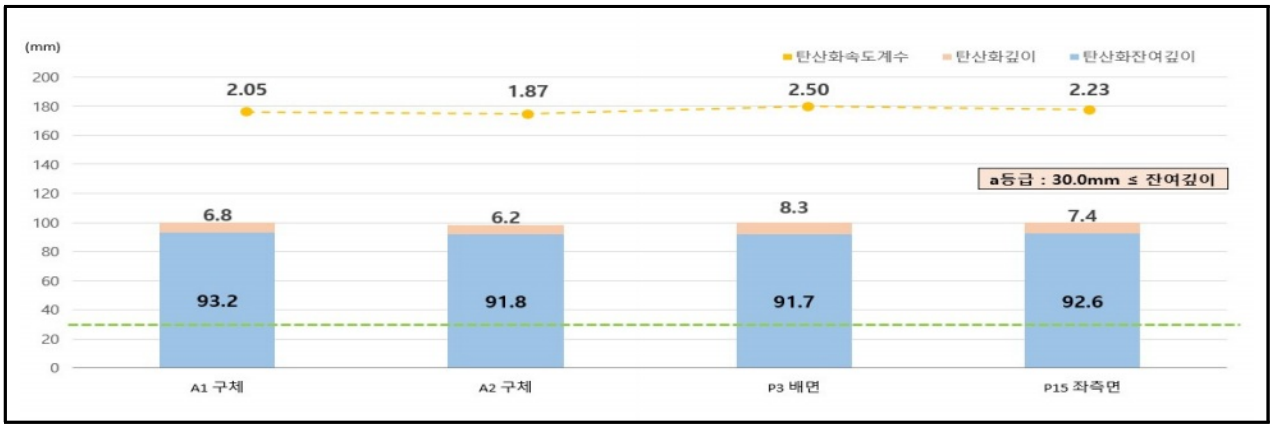
시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	최소 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	S1 우측 캔틸레버	7.9	49.0	41.1	a	2.38	100년이상	
	S10 우측 캔틸레버	7.3	50.0	42.7	a	2.20	100년이상	
	S20 우측 캔틸레버	8.3	50.0	41.7	a	2.50	100년이상	
	S1 우측 복부	7.6	50.0	42.4	a	2.29	100년이상	
	S10 우측 복부	6.5	50.0	43.5	a	1.96	100년이상	



【그림 3.51】 상부구조 탄산화 깊이 측정 결과(울산)

【표 3.152】 하부구조 탄산화 깊이 측정 결과(울산)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	최소 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
하부 구조	A1 구체	6.8	100.0	93.2	a	2.05	100년이상	
	A2 구체	6.2	98.0	91.8	a	1.87	100년이상	
	P3 배면	8.3	100.0	91.7	a	2.50	100년이상	
	P15 좌측면	7.4	100.0	92.6	a	2.23	100년이상	



【그림 3.52】하부구조 탄산화 깊이 측정 결과(울산)

【표 3.153】탄산화 깊이 측정 결과 요약(울산)

구분	부재	탄산화 깊이 측정 (탄산화 깊이)	상태평가	비고
상부구조	바닥판 하면	7.3~8.3	a	
	거더	6.5~7.6	a	
하부구조	교대	6.2~6.8	a	
	교각	7.4~8.3	a	
※ 회야대교(울산)에 대한 탄산화 깊이 측정 결과, 측정개소에서 a등급으로 평가되었으며, 탄산화로 인한 철근부식은 없는 것으로 분석되었다.				

2) 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 탄산화 깊이 측정 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검 비교한 결과, 전반적으로 금회 정밀안전진단의 결과와 유사하며, 탄산화 깊이 측정 결과 잔여깊이가 a등급으로 확보하고 있는 것으로 조사되어 강도저하 및 탄산화에 의한 내구성 저하는 없는 것으로 분석되었다.

【표 3.154】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 탄산화 깊이 측정 결과 비교(울산)

구분	부재	탄산화 깊이 측정			비고
		전차 정밀안전진단 ('18년)	전차 정밀안전점검 ('22년)	금회 정밀안전진단 ('23년)	
상부구조	바닥판 하면	6.2~78	5.8	7.3~8.3	
	거더	6.1~7.3	5.9~7.0	6.5~7.6	
하부구조	교대	5.9~6.3	-	6.2~6.8	
	교각	7.1~8.3	7.1~8.3	7.4~8.3	

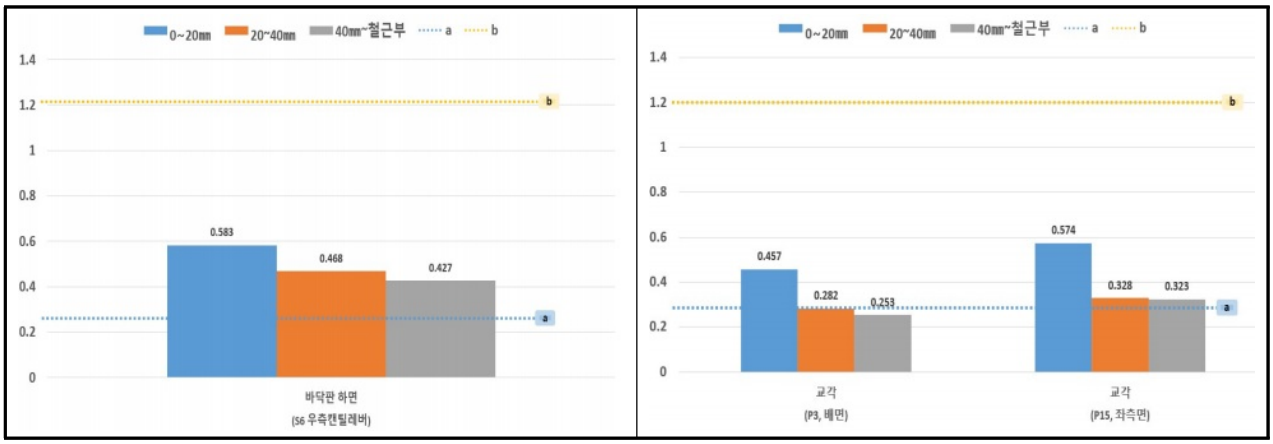
라. 염화물함유량 시험

1) 측정결과

- 염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 실시하여 깊이별 시험을 실시하였다. 염화물함유량 시험은 공인인증 시험기관(KOLAS)에 실내실험을 의뢰하였으며, 측정된 결과 값을 분석·평가 하였다.
- 분석결과, 염화물함유량은 상부구조(S6)에서 0.427kg/㎥, 하부구조(P3, P15)에서 0.253~0.323 kg/㎥으로 확인되어, 하부구조(P3)는 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없는 상태인 "a" 등급으로 분석되었으며, 상부구조(S6), 하부구조(P15)는 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음 상태인 "b" 등급으로 분석되었다.

【표 3.155】염화물함유량 시험 결과(울산)

형식	부재	세부위치		Cl- WT(%)	환산 Cl-(kg/㎥)	평가등급	비고
상부구조	바닥판 하면	S6 (우측캔틸레버)	0~20㎜	0.0258	0.583	b	KS F 2713 - '17
			20~40㎜	0.0207	0.468	b	
			40~철근부	0.0189	0.427	b	
하부구조	교각	P3 (배면)	0~20㎜	0.0202	0.457	b	
			20~40㎜	0.0125	0.282	a	
			40~철근부	0.0112	0.253	a	
		P15 (좌측면)	0~20㎜	0.0254	0.574	b	
			20~40㎜	0.0145	0.328	b	
			40~철근부	0.0143	0.323	b	



【그림 3.53】염화물함유량 시험 결과(울산)

【표 3.156】염화물함유량 시험 결과 요약(울산)

구분	염화물 함유량 시험 결과		평가등급	비고
	등급(Min)	등급(Max)		
상부구조	0.427	0.427	b	철근부
하부구조	0.253	0.323	a~b	

- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편, 2022.12, 국토교통부/국토안전관리원)을 참조하였으며, 염화물 함유량 상태평가 적용 시 전염화물 이온량 평가와 철근부식 가능성 평가중 최저값을 산정하는데 상태평가 등급 중 최소값은 상부구조(철근부) 0.427 kg/㎥, 하부구조(철근부) 0.253~0.323kg/㎥으로 산정하여 본 보고서 상태평가에 적용하였다.

2) 전차 정밀안전진단 염화물함유량 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 비교한 결과, 하향된 것으로 확인되었으나 상부구조 b등급, 하부구조 a~b등급이므로 철근부식의 영향은 없는 것으로 분석되며 전차 정밀안전진단에 비해 등급이 하향된 원인은 점검 위치 및 점검 장비 등의 차이 및 공용년수의 증가에 따른 염화물의 침투 및 축적(염해) 등의 외부요인에 의한 것으로 판단된다.

【표 3.157】전차 정밀안전진단 염화물함유량 결과 비교(울산)

구분	염화물 함유량 시험 결과				비고
	전차 정밀안전진단 ('18년)		금회 정밀안전진단 ('23년)		
	상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	
환산 Cl-(kg/㎥)	0.148	0.136~0.147	0.427	0.253~0.323	철근부
상태평가 등급	a	a	b	b	

3.4.4 시험결과 및 분석(부산)

가. 콘크리트 강도시험

- 본 시설물의 콘크리트 비파괴 강도시험은 총 63개소를 실시하였으며, 반발경도 측정은 테스트 앤빌에 의한 교정을 실시하고 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거한 후 실시하였다. 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령 등에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였으며, 반발경도에 의한 압축강도 추정은 고강도식 고속철도공단, 과학기술부 일반강도식 일본건축학회식과 일본재료학회식을 적용하였다.
- 초음파 전달속도시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 그리스 도포 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 간접법에 의한 초음파전달속도를 측정하였으며, 이를 직접법 속도로 환산하였다.
- 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령, 습윤상태 등에 의한 보정 후 콘크리트 강도를 추정하였으며, 반발경도에 의한 비파괴 압축강도 추정시 보통 콘크리트(35.0㎫ 미만)에 해당하는 일본의 재료학회식(식①:Fc=-18.0+1.27×Ro(㎫)), 건축학회식(식②:Fc=(7.3×Ro+100)×0.098(㎫))을 사용하였으며. 초음파 전달속도에 의한 압축강도 추정시 일본건축학회(식①:Fc=(215V_p-620)×0.1(㎫)), 일본재료학회(식①:Fc=(102V_p-117)×0.1(㎫)), 한전기술연구원(식③:Fc=(339.1V_p-1107)×0.1(㎫))을 사용하였다.
- 본 구조물의 설계기준강도는 시설물통합정보시스템(FMS)상의 준공도면 및 구조계산서를 참조하여 상부구조:27.0～40.0㎫, 하부구조:24.0㎫로 설정하여 비교・분석을 실시하였다. 또한, 비건전부는 누수 등으로 자주 습윤상태가 되거나, 우수에 노출된 부재 및 기타 표면부의 열화가 진행될 수 있는 부위로, 표면부의 습윤부를 비건전부로 설정하여 이에 대한 비교를 실시하였다.
- 본 시험에 대한 기초 자료(Law Data)는 별첨 부록에 첨부하였다.

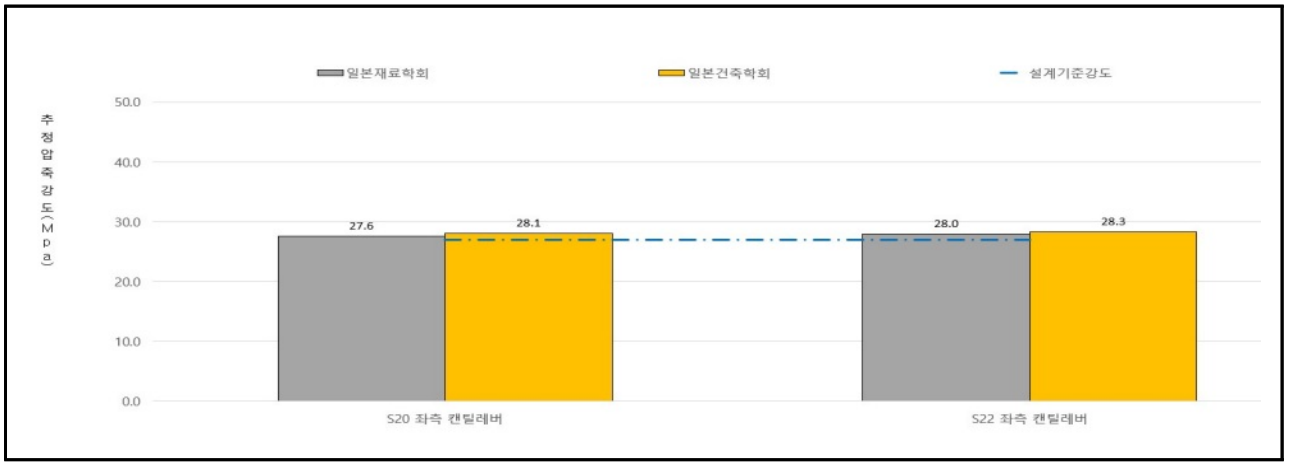
1) 반발경도시험

① 측정결과

- 회야대교(부산)에 대하여 콘크리트 추정강도 결과를 분석한 결과, 상부구조는 설계기준강도(보통콘크리트:27.0MPa) 대비 일본재료학회 102.2～103.7%, 일본건축학회 104.1～104.8%, 설계기준강도(고강도콘크리트:40.0MPa) 대비 고속철도공단 110.5～115.5%, 과학기술부 134.3～140.0%, 하부구조는 설계기준강도 (보통콘크리트:24.0MPa) 대비 일본재료학회 114.2～127.9%, 일본건축학회 116.7～124.6%의 분포를 나타내어 전반적으로 설계기준강도를 만족하는 것으로 분석되므로 콘크리트의 강도저하 등의 문제점이 없는 양호한 품질의 상태로 평가되었다.

【표 3.158】 상부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(부산)

구분	부재	세부위치	반발경도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			반발경도 (Ro)	재령계수	일본 재료학회	일본 건축학회		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam)	S20 좌측 캔틸레버	48.6	0.63	27.6	28.1	27.0	건전부
		S22 좌측 캔틸레버	49.2		28.0	28.3		건전부
평균(average)					27.8	28.2	-	-
최대값(max)					28.0	28.3	-	-
최소값(min)					27.6	28.1	-	-
표준편차(standard deviation)					0.28	0.14	-	-
변동계수(coefficient of variation)					1.02	0.50	-	-



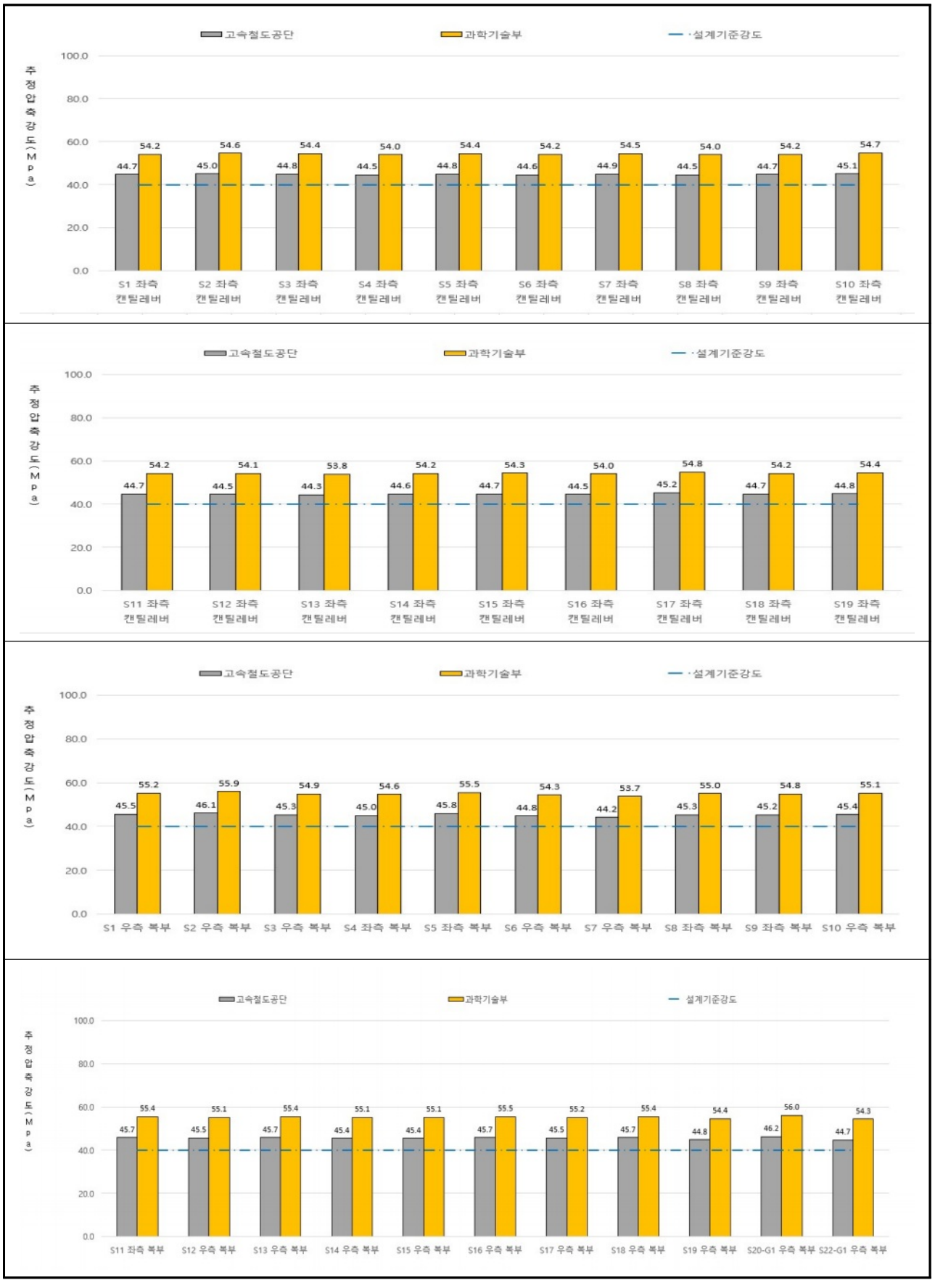
【그림 3.54】 상부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(부산)

【표 3.159】 상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(부산)

구분	부재	세부위치	반발경도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			반발경도 (Ro)	재령계수	고속 철도공단	과학기술부		
상부구조	바닥판 하면 (PSC BOX)	S1 좌측 캔틸레버	65.2	0.63	44.7	54.2	40.0	건전부
		S2 좌측 캔틸레버	65.6		45.0	54.6		건전부
		S3 좌측 캔틸레버	65.4		44.8	54.4		건전부
		S4 좌측 캔틸레버	65.0		44.5	54.0		건전부
		S5 좌측 캔틸레버	65.3		44.8	54.4		건전부
		S6 좌측 캔틸레버	65.2		44.6	54.2		건전부
		S7 좌측 캔틸레버	65.5		44.9	54.5		건전부
		S8 좌측 캔틸레버	65.0		44.5	54.0		건전부
		S9 좌측 캔틸레버	65.2		44.7	54.2		건전부
		S10 좌측 캔틸레버	65.7		45.1	54.7		건전부

【표 3.159】상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(MPa)(부산)(계속)

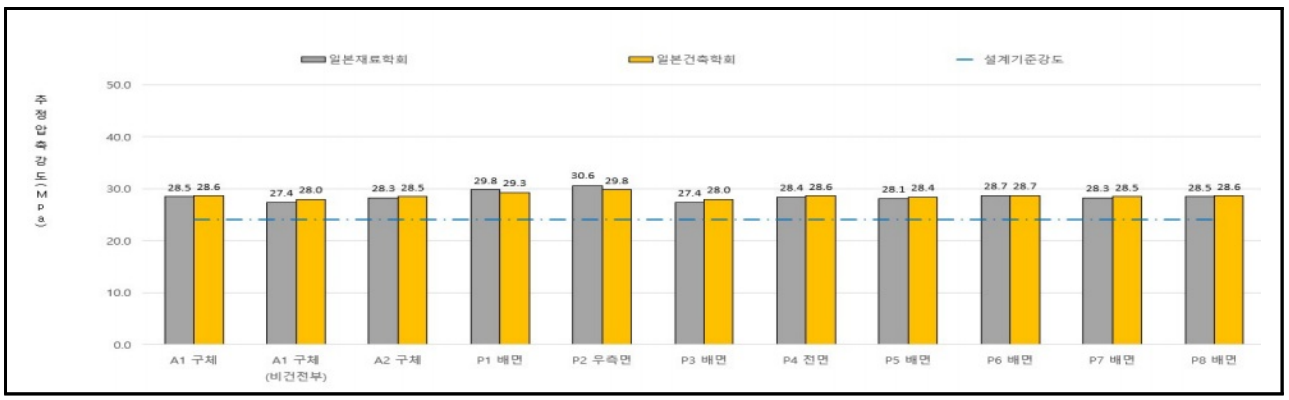
구분	부재	세부위치	반발경도에 의한 콘크리트 강도				설계기준강도	비고
			반발경도(Ro)	재령계수	고속철도공단	과학기술부		
상부구조	바닥판 하면 (PSC BOX)	S11 좌측 캔틸레버	65.2	0.63	44.7	54.2	40.0	건전부
		S12 좌측 캔틸레버	65.0		44.5	54.1		건전부
		S13 좌측 캔틸레버	64.7		44.3	53.8		건전부
		S14 좌측 캔틸레버	65.2		44.6	54.2		건전부
		S15 좌측 캔틸레버	65.2		44.7	54.3		건전부
		S16 좌측 캔틸레버	65.0		44.5	54.0		건전부
		S17 좌측 캔틸레버	65.8		45.2	54.8		건전부
		S18 좌측 캔틸레버	65.2		44.7	54.2		건전부
		S19 좌측 캔틸레버	65.4		44.8	54.4		건전부
	거더 (PSC BOX)	S1 우측 복부	66.3		45.5	55.2		건전부
		S2 우측 복부	67.0		46.1	55.9		건전부
		S3 우측 복부	66.0		45.3	54.9		건전부
		S4 좌측 복부	65.6		45.0	54.6		건전부
		S5 좌측 복부	66.6		45.8	55.5		건전부
		S6 우측 복부	65.3		44.8	54.3		건전부
		S7 우측 복부	64.7		44.2	53.7		건전부
		S8 좌측 복부	66.0		45.3	55.0		건전부
		S9 좌측 복부	65.8		45.2	54.8		건전부
		S10 우측 복부	66.2		45.4	55.1		건전부
		S11 좌측 복부	66.4		45.7	55.4		건전부
		S12 우측 복부	66.2		45.5	55.1		건전부
		S13 우측 복부	66.5		45.7	55.4		건전부
		S14 우측 복부	66.1		45.4	55.1		건전부
		S15 우측 복부	66.2		45.4	55.1		건전부
		S16 우측 복부	66.5		45.7	55.5		건전부
		S17 우측 복부	66.2		45.5	55.2		건전부
		S18 우측 복부	66.5		45.7	55.4		건전부
		S19 우측 복부	65.4		44.8	54.4		건전부
	거더 (PSC Beam)	S20-G1 우측 복부	67.1		46.2	56.0		건전부
		S22-G1 우측 복부	65.3		44.7	54.3		건전부
평균(average)					45.1	54.7	-	-
최대값(max)					46.2	56.0	-	-
최소값(min)					44.2	53.7	-	-
표준편차(standard deviation)					0.50	0.58	-	-
변동계수(coefficient of variation)					1.11	1.06	-	-



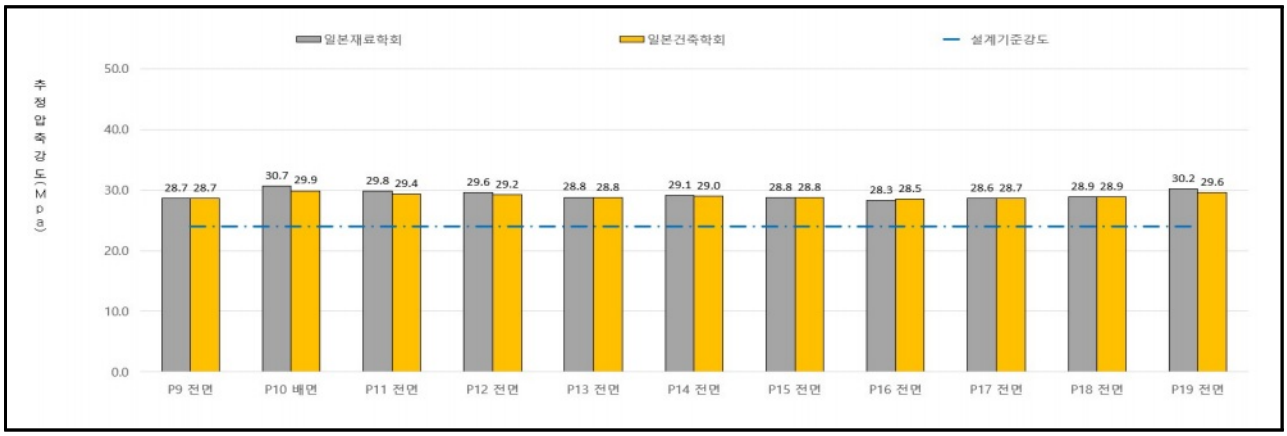
【그림 3.55】 상부구조(고강도 콘크리트) 반발경도 시험결과(부산)

【표 3.160】하부구조(보통 콘크리트) 비파괴강도 시험결과(MPa)(부산)

구분	부재	세부위치	반발경도에 의한 콘크리트 강도				설계기준강도	비고
			반발경도(Ro)	재령계수	일본 재료학회	일본 건축학회		
하부구조	교대	A1 구체	49.8	0.63	28.5	28.6	24.0	건전부
			48.4		27.4	28.0		비건전부
		A2 구체	49.5		28.3	28.5		건전부
	교각	P1 배면	51.4		29.8	29.3		건전부
		P2 우측면	52.4		30.6	29.8		건전부
		P3 배면	48.4		27.4	28.0		건전부
		P4 전면	49.7		28.4	28.6		건전부
		P5 배면	49.3		28.1	28.4		건전부
		P6 배면	50.1		28.7	28.7		건전부
		P7 배면	49.5		28.3	28.5		건전부
		P8 배면	49.8		28.5	28.6		건전부
		P9 전면	50.0		28.7	28.7		건전부
		P10 배면	52.5		30.7	29.9		건전부
		P11 전면	51.4		29.8	29.4		건전부
		P12 전면	51.2		29.6	29.2		건전부
		P13 전면	50.1		28.8	28.8		건전부
		P14 전면	50.6		29.1	29.0		건전부
		P15 전면	50.2		28.8	28.8		건전부
		P16 전면	49.5		28.3	28.5		건전부
		P17 전면	50.0		28.6	28.7		건전부
		P18 전면	50.3		28.9	28.9		건전부
		P19 전면	51.9		30.2	29.6		건전부
평균(average)					28.9	28.8	-	-
최대값(max)					30.7	29.9	-	-
최소값(min)					27.4	28.0	-	-
표준편차(standard deviation)					0.90	0.51	-	-
변동계수(coefficient of variation)					3.11	1.77	-	-



【그림 3.56】하부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(부산)



【그림 3.56】 하부구조(보통 콘크리트) 반발경도 시험결과(부산)(계속)

【표 3.161】 반발경도 시험(보통 콘크리트) 결과 요약(부산)

구분	부재	설계기준강도 (MPa)	반발경도에 의한 콘크리트 강도		비고
			일본재료학회	일본건축학회	
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam 구간)	27.0	27.6～28.0 (102.2~103.7%)	28.1～28.3 (104.1~104.8%)	
하부구조	교대, 교각	24.0	27.4～30.7 (114.2~127.9%)	28.0～29.9 (116.7~124.6%)	
※ 회야대교(부산)에 대한 강도평가 결과, 일본재료학회 및 일본건축학회 추정식 모두 설계기준강도를 만족하는 양호한 상태로 평가됨.					

【표 3.162】 반발경도 시험(고강도 콘크리트) 결과 요약(부산)

구분	부재	설계기준강도 (MPa)	반발경도에 의한 콘크리트 강도		비고
			고속철도공단	과학기술부	
상부구조	바닥판 하면, 거더 (PSC Box 구간)	40.0	44.2～46.2 (110.5~115.5%)	53.7～56.0 (134.3~140.0%)	
※ 회야대교(부산)에 대한 강도평가 결과, 고속철도공단 및 과학기술부 추정식 모두 설계기준강도를 만족하는 양호한 상태로 평가됨.					

② 건전부/비건전부 강도 비교평가

㉠ 비건전부 반발경도시험 위치 선정

- 구조물에 발생된 손상(경년열화, 우수유입)으로 인한 콘크리트의 강도저하 여부 확인을 위하여 손상부위(비건전부위)와 양호한 부위(건전부)에서 반발경도시험을 각각 실시하였으며, 비건전부의 시험위치는 외관조사시 우기시 수분접촉으로 표면 열화 우려가 있는 교대(A1)으로 선정하였다.

【표 3.163】비건전부 위치선정 현황(부산)

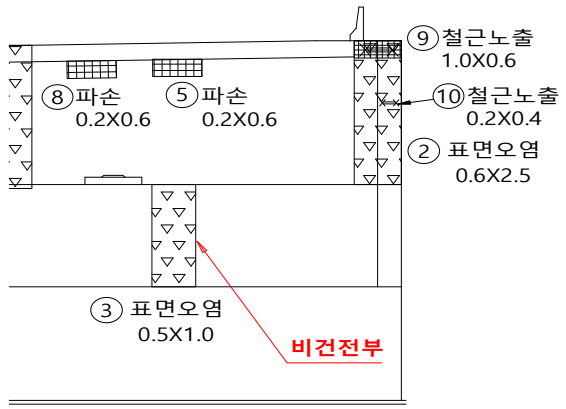
세부 부재명	위 치	위치 선정 사유	비고
교대	A1 (구체)	우기시 수분접촉으로 인한 표면 열화 우려	표면오염

㉡ 결과분석

- 비건전부의 측정강도는 27.4㎫(일본재료학회)으로 설계기준강도(상부구조: 24.0㎫)를 만족하는 것으로 나타나 해당손상으로 인한 구조물 안전성에 직접적인 영향은 없을 것으로 판단된다. 또한, 건전부와의 비교결과에서 건전부 대비 96.8%로 분석되었으며, 측정위치 및 측정오차 등을 고려할때, 손상에 따른 내구성저하는 경미한 수준인 것으로 사료된다.

【표 3.164】건전부/비건전부 비교 결과(부산)

구분	위치	측정값(MPa)		건전부 대비(%)	설계기준 강도(MPa)	비고
		건전부	비건전부			
하부구조	교대 (A1, 구체)	28.5	27.4	96.8	27.0	



비건전부(A1, 구체) 측정위치도



비건전부(A1, 구체) 표면상태

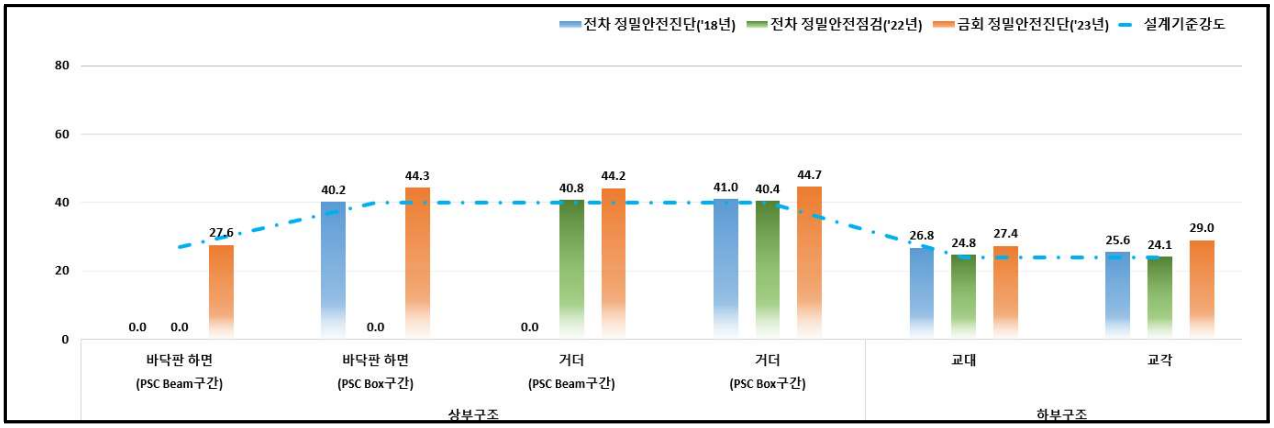
③ 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 반발경도 시험 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검 비교한 결과, 전반적으로 금회 정밀안전진단의 결과와 유사하며, 설계기준강도를 만족하는 것으로 분석되어 콘크리트의 강도저하는 없는 것으로 평가되었다.

【표 3.165】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 반발경도 시험 결과 비교(부산)

구분	부재	반발경도에 의한 콘크리트 강도			설계기준강도 (MPa)	비고
		전차 정밀안전진단 ('18년)	전차 정밀안전점검 ('22년)	금회 정밀안전진단 ('23년)		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam 구간)	-	-	27.6~28.0	27.0	
	바닥판 하면 (PSC Box 구간)	40.2~41.5	-	44.3~45.2	40.0	
	거더 (PSC Beam 구간)	-	40.8~41.9	44.2~46.1	40.0	
	거더 (PSC Box 구간)	41.0~42.5	40.4~42.3	44.7~46.2	40.0	
하부구조	교대	26.8~27.8	24.8~25.2	27.4~28.5	24.0	
	교각	25.6~30.5	24.1~26.1	29.0~30.7	24.0	

※ 시험 결과 비교 값은 표준편차와 변동계수(강도의 Data 신뢰성)가 큰 값 (상부구조):일본재료학회, 고속철도공단 (하부구조):일본재료학회을 선정함.
※ 그래프는 (상부구조):일본재료학회, 고속철도공단 (하부구조):일본재료학회 최소값을 반영함.



【그림 3.57】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검 결과 비교(부산)

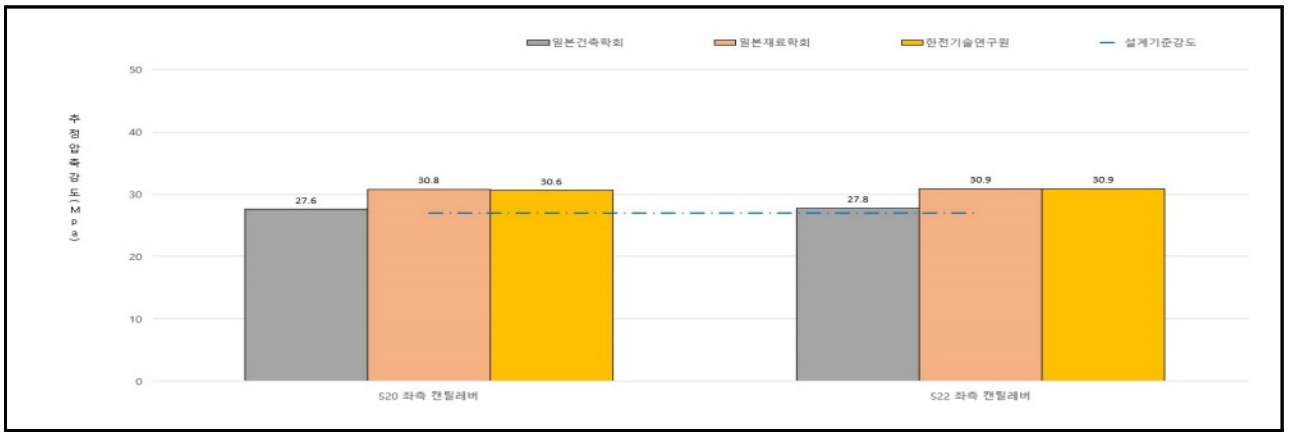
2) 초음파 전달속도 시험

① 측정결과

- 회야대교(부산)에 대하여 초음파 전달속도에 의한 콘크리트 추정강도를 분석한 결과, 상부구조는 설계기준강도(보통 콘크리트:27.0MPa) 대비 일본건축학회 102.2~103.0%, 일본재료학회 114.1%, 한전기술연구원 113.3~114.4%, 설계기준강도(고강도 콘크리트:40.0MPa) 대비 일본건축학회 119.0~147.8%, 일본재료학회 100.8~114.5%, 한전기술연구원 155.5~200.8%의 하부구조는 설계기준강도(보통 콘크리트:24.0MPa), 대비 일본건축학회 115.8~137.1%, 일본재료학회 128.8~138.8%, 한전기술연구원 128.8~162.5%의 분포를 나타내어 전반적으로 설계기준강도를 만족하는 것으로 분석되므로 콘크리트의 강도저하 등의 문제점이 없는 양호한 품질의 상태로 평가되었다.

【표 3.166】상부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(부산)

구분	부재	세부위치	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			표면법 (km/sec)	일본 건축학회	일본 재료학회	한전기술 연구원		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam)	S20 좌측 캔틸레버	3.968	27.6	30.8	30.6	27.0	건전부
		S22 좌측 캔틸레버	3.977	27.8	30.9	30.9		건전부
평균(average)				27.7	30.9	30.8	-	-
최대값(max)				27.8	30.9	30.9	-	-
최소값(min)				27.6	30.8	30.6	-	-
표준편차(standard deviation)				0.14	0.07	0.21	-	-
변동계수(coefficient of variation)				0.51	0.23	0.69	-	-



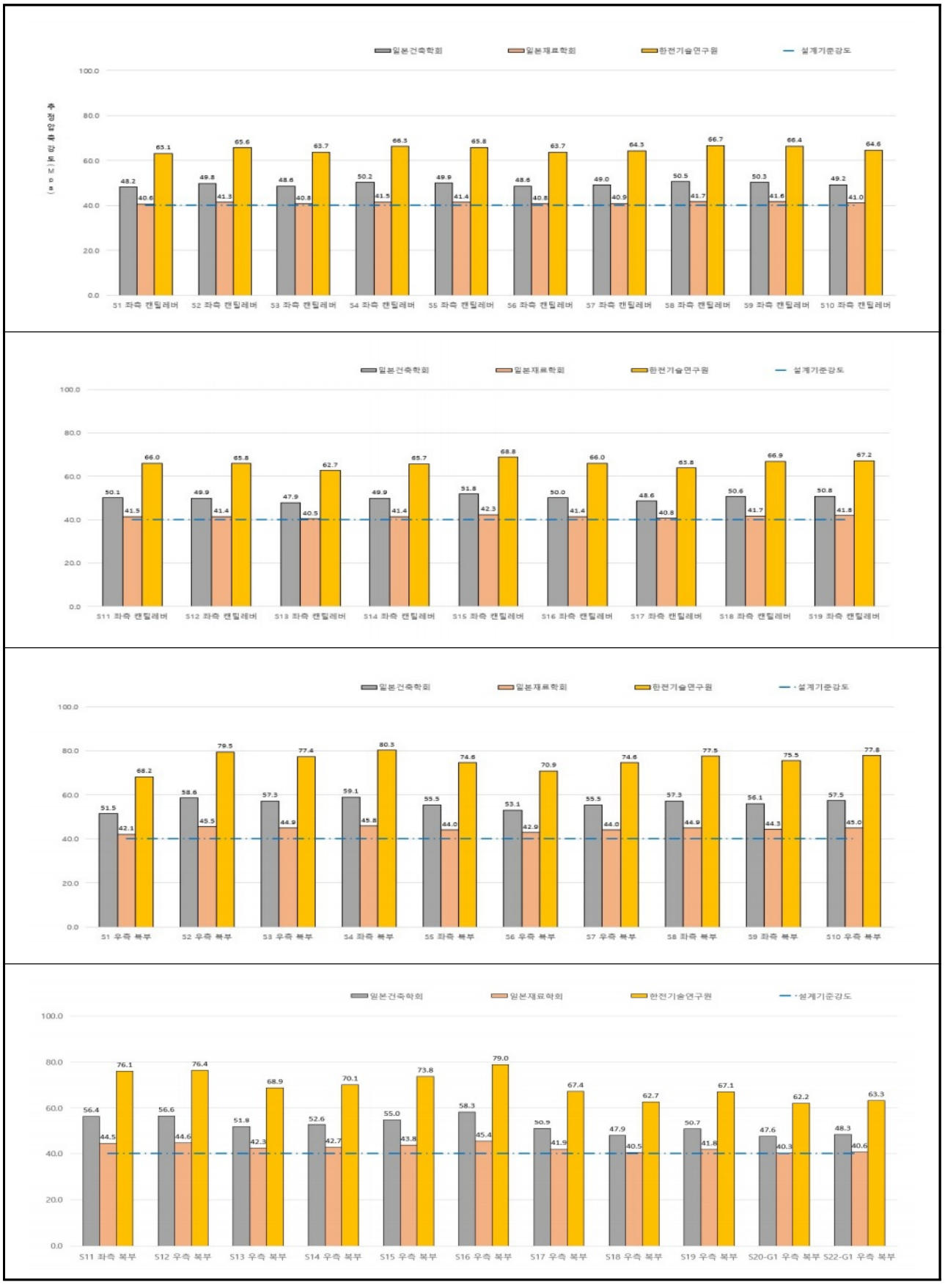
【그림 3.58】상부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(부산)

【표 3.167】상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(부산)

구분	부재	세부위치	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			표면법 (km/sec)	일본 건축학회	일본 재료학회	한전기술 연구원		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Box)	S1 좌측 캔틸레버	4.882	48.2	40.6	63.1	40.0	건전부
		S2 좌측 캔틸레버	4.953	49.8	41.3	65.6		건전부
		S3 좌측 캔틸레버	4.898	48.6	40.8	63.7		건전부
		S4 좌측 캔틸레버	4.971	50.2	41.5	66.3		건전부
		S5 좌측 캔틸레버	4.957	49.9	41.4	65.8		건전부
		S6 좌측 캔틸레버	4.899	48.6	40.8	63.7		건전부
		S7 좌측 캔틸레버	4.916	49.0	40.9	64.3		건전부
		S8 좌측 캔틸레버	4.982	50.5	41.7	66.7		건전부

【표 3.167】 상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(부산)(계속)

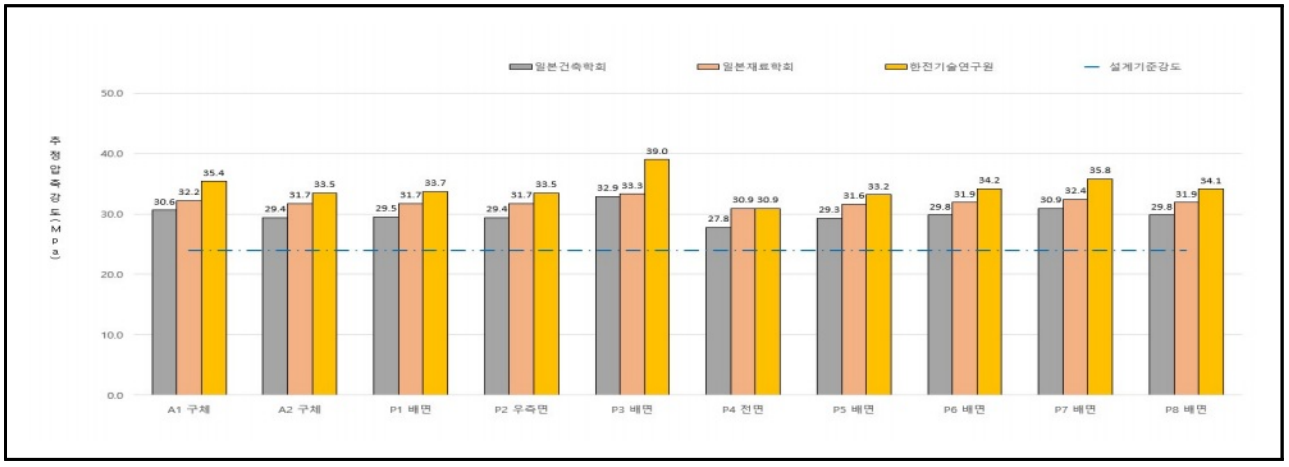
구분	부재	세부위치	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도				설계 기준 강도	비고
			표면법 (km/sec)	일본 건축학회	일본 재료학회	한전기술 연구원		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Box)	S9 좌측 캔틸레버	4.975	50.3	41.6	66.4	40.0	건전부
		S10 좌측 캔틸레버	4.924	49.2	41.0	64.6		건전부
		S11 좌측 캔틸레버	4.964	50.1	41.5	66.0		건전부
		S12 좌측 캔틸레버	4.957	49.9	41.4	65.8		건전부
		S13 좌측 캔틸레버	4.870	47.9	40.5	62.7		건전부
		S14 좌측 캔틸레버	4.955	49.9	41.4	65.7		건전부
		S15 좌측 캔틸레버	5.040	51.8	42.3	68.8		건전부
		S16 좌측 캔틸레버	4.962	50.0	41.4	66.0		건전부
		S17 좌측 캔틸레버	4.901	48.6	40.8	63.8		건전부
		S18 좌측 캔틸레버	4.989	50.6	41.7	66.9		건전부
		S19 좌측 캔틸레버	4.997	50.8	41.8	67.2		건전부
	거더 (PSC BOX)	S1 우측 복부	5.026	51.5	42.1	68.2		건전부
		S2 우측 복부	5.341	58.6	45.5	79.5		건전부
		S3 우측 복부	5.283	57.3	44.9	77.4		건전부
		S4 좌측 복부	5.365	59.1	45.8	80.3		건전부
		S5 좌측 복부	5.205	55.5	44.0	74.6		건전부
		S6 우측 복부	5.099	53.1	42.9	70.9		건전부
		S7 우측 복부	5.203	55.5	44.0	74.6		건전부
		S8 좌측 복부	5.285	57.3	44.9	77.5		건전부
		S9 좌측 복부	5.230	56.1	44.3	75.5		건전부
		S10 우측 복부	5.294	57.5	45.0	77.8		건전부
		S11 좌측 복부	5.246	56.4	44.5	76.1		건전부
		S12 우측 복부	5.254	56.6	44.6	76.4		건전부
		S13 우측 복부	5.043	51.8	42.3	68.9		건전부
		S14 우측 복부	5.077	52.6	42.7	70.1		건전부
		S15 우측 복부	5.182	55.0	43.8	73.8		건전부
		S16 우측 복부	5.328	58.3	45.4	79.0		건전부
		S17 우측 복부	5.002	50.9	41.9	67.4		건전부
		S18 우측 복부	4.870	47.9	40.5	62.7		건전부
		S19 우측 복부	4.993	50.7	41.8	67.1		건전부
	거더 (PSC Beam)	S20-G1 우측 복부	4.856	47.6	40.3	62.2		건전부
		S22-G1 우측 복부	4.886	48.3	40.6	63.3		건전부
평균(average)				52.7	42.7	70.2	-	-
최대값(max)				59.1	45.8	80.3	-	-
최소값(min)				47.6	40.3	62.2	-	-
표준편차(standard deviation)				3.63	1.72	5.72	-	-
변동계수(coefficient of variation)				6.89	4.03	8.14	-	-



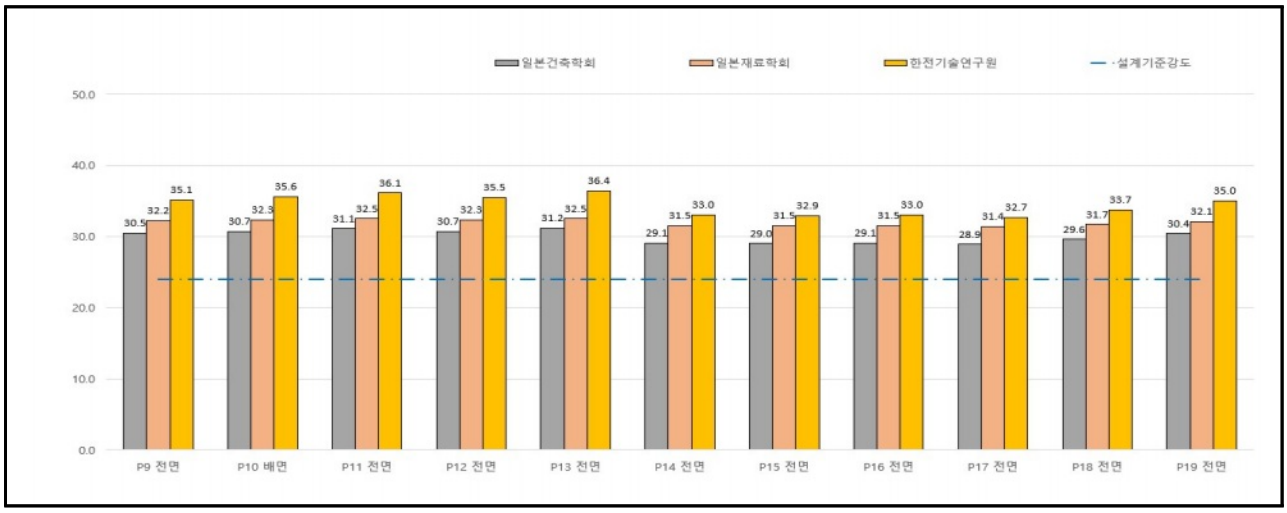
【그림 3.59】 상부구조(고강도 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(부산)

【표 3.168】하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(MPa)(부산)

구분	부재	세부위치	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도				설계기준강도	비고
			표면법 (km/sec)	일본 건축학회	일본 재료학회	한전기술 연구원		
하부구조	교대	A1 구체	4.103	30.6	32.2	35.4	24.0	건전부
		A2 구체	4.050	29.4	31.7	33.5		건전부
	교각	P1 배면	4.055	29.5	31.7	33.7		건전부
		P2 우측면	4.051	29.4	31.7	33.5		건전부
		P3 배면	4.203	32.9	33.3	39.0		건전부
		P4 전면	3.977	27.8	30.9	30.9		건전부
		P5 배면	4.042	29.3	31.6	33.2		건전부
		P6 배면	4.068	29.8	31.9	34.2		건전부
		P7 배면	4.113	30.9	32.4	35.8		건전부
		P8 배면	4.066	29.8	31.9	34.1		건전부
		P9 전면	4.096	30.5	32.2	35.1		건전부
		P10 배면	4.108	30.7	32.3	35.6		건전부
		P11 전면	4.123	31.1	32.5	36.1		건전부
		P12 전면	4.107	30.7	32.3	35.5		건전부
		P13 전면	4.130	31.2	32.5	36.4		건전부
		P14 전면	4.037	29.1	31.5	33.0		건전부
		P15 전면	4.033	29.0	31.5	32.9		건전부
		P16 전면	4.035	29.1	31.5	33.0		건전부
		P17 전면	4.028	28.9	31.4	32.7		건전부
		P18 전면	4.056	29.6	31.7	33.7		건전부
		P19 전면	4.092	30.4	32.1	35.0		건전부
평균(average)				30.0	31.9	34.4	-	-
최대값(max)				32.9	33.3	39.0	-	-
최소값(min)				27.8	30.9	30.9	-	-
표준편차(standard deviation)				1.10	0.52	1.73	-	-
변동계수(coefficient of variation)				3.65	1.63	5.04	-	-



【그림 3.60】하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(부산)



【그림 3.60】 하부구조(보통 콘크리트) 초음파 전달속도 시험결과(부산)(계속)

【표 3.169】 초음파 전달속도 시험 결과 요약(부산)

구분	부재	설계기준강도 (MPa)	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도			비고
			일본건축학회	일본재료학회	한전기술연구원	
상부구조	바닥판 하면	27.0	27.6～27.8 (102.2~103.0%)	30.9 (114.1%)	30.6～30.9 (113.3~114.4%)	
	바닥판, 거더	40.0	47.6～59.1 (119.0~147.8%)	40.3～45.8 (100.8~114.5%)	62.2～80.3 (155.5~200.8%)	
하부구조	교대, 교각	24.0	27.8～32.9 (115.8~137.1%)	30.9～33.3 (128.8~138.8%)	30.9～39.0 (128.8~162.5%)	
※ 회야대교(부산)에 대한 강도평가 결과, 일본건축학회, 일본재료학회, 한전기술연구원 추정식 모두 설계기준강도를 만족하는 양호한 상태로 평가됨.						

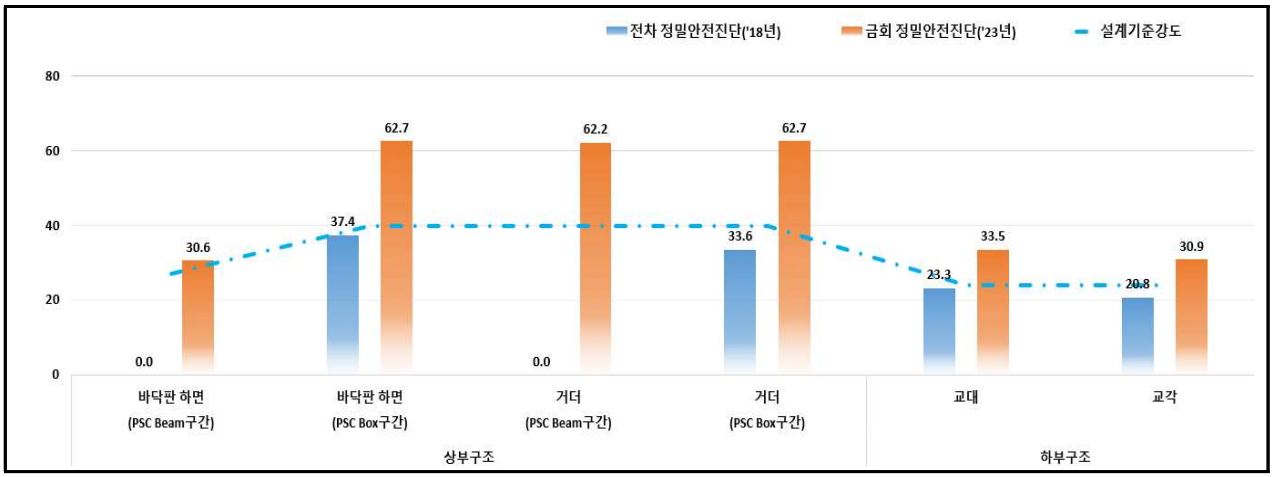
2) 전차 정밀안전진단 초음파 전달속도시험 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 비교한 결과, 전반적으로 금회 정밀안전진단의 결과와 일부 차이는 있으나, 이는 점검 위치 및 점검 장비 등의 차이로 판단되며, 금회 정밀안전진단 설계기준강도를 만족하는 것으로 분석되어 콘크리트의 강도저하는 없는 것으로 평가되었다.

【표 3.170】 전차 정밀안전진단 초음파 전달속도시험 결과 비교(부산)

구분	부재	초음파 전달속도에 의한 콘크리트 강도		설계기준강도 (MPa)	비고
		전차 정밀안전진단 ('18년)	금회 정밀안전진단 ('23년)		
상부구조	바닥판 하면 (PSC Beam 구간)	-	30.6~30.9	27.0	
	바닥판 하면 (PSC Box 구간)	37.4~43.8	62.7~68.8	40.0	
	거더 (PSC Beam 구간)	-	62.2~63.3	40.0	
	거더 (PSC Box 구간)	33.6~46.0	62.7~80.3	40.0	
하부구조	교대	23.3~23.8	33.5~35.4	24.0	
	교각	20.8~31.1	30.9~39.0	24.0	

※ 시험 결과 비교 값은 표준편차와 변동계수(강도의 Data 신뢰성)가 큰 값 (상부구조):한전기술연구원, (하부구조):한전기술연구원을 선정함.
※ 그래프는 (상부구조):한전기술연구원, (하부구조):한전기술연구원 최소값을 반영함.



【그림 3.61】 전차 정밀안전진단 결과 비교(부산)

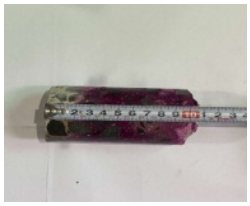
3) 코어 압축강도 시험

① 코어강도를 이용한 비파괴 강도 보정

- 금회 정밀안전진단에서 금회의 반발경도 및 초음파 전달속도 의한 비파괴강도를 이용하여 보정계수를 구하고, 콘크리트의 압축강도를 평가하였다.

㉠ 콘크리트 코어 상태조사

【표 3.171】 콘크리트 코어 상태조사(2023년)(부산)

구 분	위 치	코어 사진	코어 제원	외관 상태	비 고
하부구조	교각 (P4, 전면)		D=68.3㎜ L=91.6㎜	◦외관상태 양호 ◦시멘트와 골재의 부착 상태 양호 ◦미세공극 발견되지 않음	 코어채취 전경 (2023년)
	교각 (P16, 배면)		D=68.3㎜ L=88.2㎜	◦외관상태 양호 ◦시멘트와 골재의 부착 상태 양호 ◦미세공극 발견되지 않음	

- 콘크리트 상태를 확인하기 위하여 하부구조 2개소에서 코어 채취하여 상태를 분석한 결과 골재의 분포 및 콘크리트의 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

㉡ 코어 압축강도

【표 3.172】 코어 압축강도시험 결과(MPa)(부산)

구 분	시료 크기 (D×H, mm)	압축강도 (MPa)	설계기준강도	압축강도/ 설계강도(%)	비 고
교각 (P4, 전면)	68.3×91.6	34.6	24.0	144.2	
교각 (P16, 배면)	68.3×88.2	28.5		188.8	

- 코어 압축강도시험을 실시한 결과, 콘크리트의 강도는 하부구조 28.5~34.6MPa로 설계기준강도(24.0MPa)를 만족하는 것으로 검토되어 강도 감소로 인한 내구성 저하는 없는 것으로 판단된다.

㉢ 보정계수의 결정

【표 3.173】 보정계수의 결정(부산)

구 분	위치	보정 코어 강도	반발경도법		초음파속도법			비 고
			일본 재료학회	일본 건축학회	일본 재료학회	일본 건축학회	한전 기술연구원	
하부구조	교각 (P4, 전면)	43.6	27.4	28.0	33.3	32.9	39.0	
	보정계수 Ct		1.591	1.557	1.309	1.325	1.118	
	교각 (P16, 배면)	50.0	28.3	28.5	31.5	29.1	33.0	
	보정계수 Ct		1.767	1.754	1.587	1.718	1.515	
보정계수 Ct			1.679	**1.656**	1.448	1.522	**1.317**	
식	비파괴강도 보정계수		$C_t = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\left(\frac{R_{pr}}{R_{st}}\right)$		C_t : 보정계수 R_{pr} : 코어 압축강도(MPa) R_{st} : 비파괴강도(MPa) k : 시료수			

- 위와 같이 비파괴강도 보정계수 식을 활용하여 보정계수를 산정한 결과, 반발경도법(일본건축학회), 초음파속도법(한전기술연구원)를 보정계수로 적용하였다.

【표 3.174】 하부구조(반발경도별) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(부산)

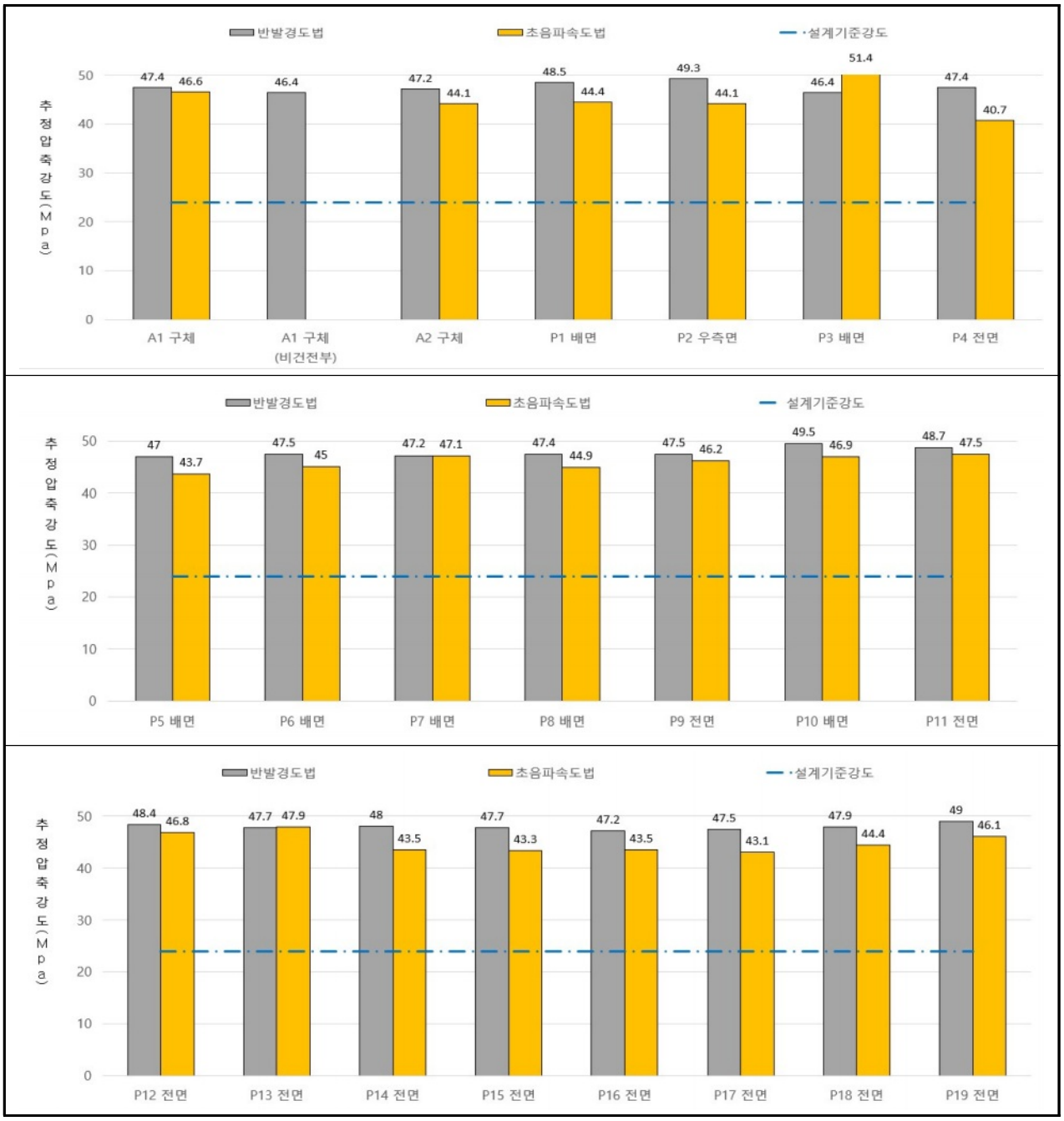
구 분	시험위치		반발경도법 (일본건축학회)	보정 계수	추정 비파괴 강도	설계 기준 강도	비고
하부구조	교대	A1 구체	28.6	1.656	47.4	24.0	건전부
			28.0	1.656	46.4		비건전부
		A2 구체	28.5	1.656	47.2		건전부
	교각	P1 배면	29.3	1.656	48.5		건전부
		P2 우측면	29.8	1.656	49.3		건전부
		P3 배면	28.0	1.656	46.4		건전부
		P4 전면	28.6	1.656	47.4		건전부
		P5 전면	28.4	1.656	47.0		건전부
		P6 전면	28.7	1.656	47.5		건전부

【표 3.174】 하부구조(반발경도법) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(부산)(계속)

구 분	시험위치		반발경도법 (일본건축학회)	보정 계수	추정 비파괴 강도	설계 기준 강도	비고
하부구조	교각	P7 좌측면	28.5	1.656	47.2	24.0	건전부
		P8 배면	28.6	1.656	47.4		건전부
		P9 배면	28.7	1.656	47.5		건전부
		P10 전면	29.9	1.656	49.5		건전부
		P11 전면	29.4	1.656	48.7		건전부
		P12 배면	29.2	1.656	48.4		건전부
		P13 전면	28.8	1.656	47.7		건전부
		P14 좌측면	29.0	1.656	48.0		건전부
		P15 배면	28.8	1.656	47.7		건전부
		P16 좌측면	28.5	1.656	47.2		건전부
		P17 전면	28.7	1.656	47.5		건전부
		P18 전면	28.9	1.656	47.9		건전부
		P19 전면	29.6	1.656	49.0		건전부
평균(average)			28.8	-	47.8	-	-
최대값(max)			29.9	-	49.5	-	-
최소값(min)			28.0	-	46.4	-	-
표준편차(standard deviation)			0.51	-	0.83	-	-
변동계수(coefficient of variation)			1.77	-	1.73	-	-

【표 3.175】하부구조(초음파속도법) 비파괴 보정계수에 의한 추정비파괴강도(MPa)(부산)

구 분	시험위치		초음파속도법 (한전기술연구원)	보정 계수	추정 비파괴 강도	설계 기준 강도	비고
하부구조	교대	A1 구체	35.4	1.317	46.6	24.0	건전부
		A2 구체	33.5	1.317	44.1		건전부
	교각	P1 배면	33.7	1.317	44.4		건전부
		P2 우측면	33.5	1.317	44.1		건전부
		P3 배면	39.0	1.317	51.4		건전부
		P4 전면	30.9	1.317	40.7		건전부
		P5 전면	33.2	1.317	43.7		건전부
		P6 전면	34.2	1.317	45.0		건전부
		P7 좌측면	35.8	1.317	47.1		건전부
		P8 배면	34.1	1.317	44.9		건전부
		P9 배면	35.1	1.317	46.2		건전부
		P10 전면	35.6	1.317	46.9		건전부
		P11 전면	36.1	1.317	47.5		건전부
		P12 배면	35.5	1.317	46.8		건전부
		P13 전면	36.4	1.317	47.9		건전부
		P14 좌측면	33.0	1.317	43.5		건전부
		P15 배면	32.9	1.317	43.3		건전부
		P16 좌측면	33.0	1.317	43.5		건전부
		P17 전면	32.7	1.317	43.1		건전부
		P18 전면	33.7	1.317	44.4		건전부
		P19 전면	35.0	1.317	46.1		건전부
평균(average)			34.4	-	45.3	-	-
최대값(max)			39.0	-	51.4	-	-
최소값(min)			30.9	-	40.7	-	-
표준편차(standard deviation)			1.73	-	2.23	-	-
변동계수(coefficient of variation)			5.04	-	4.91	-	-



【그림 3.62】하부구조 추정비파괴강도 결과 그래프(부산)

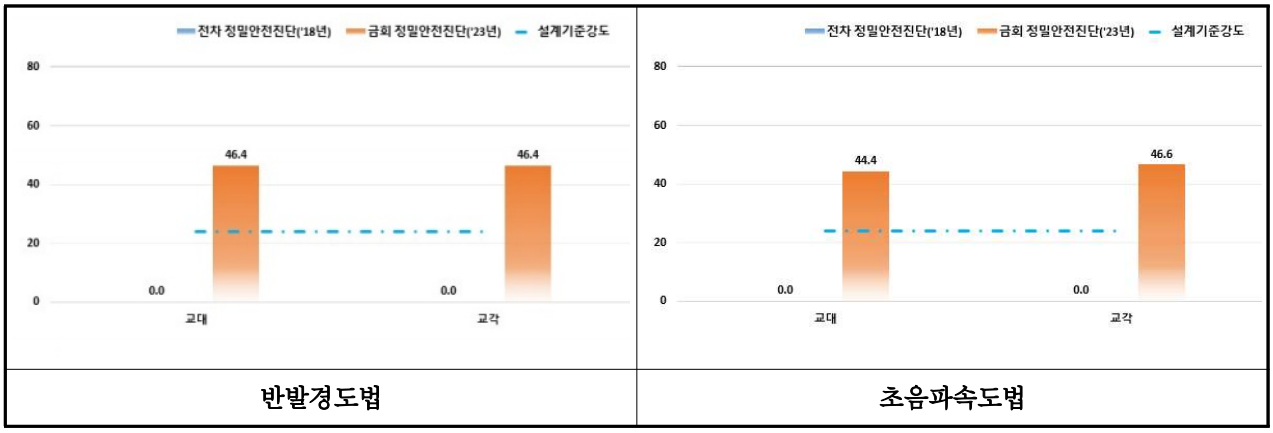
【표 3.176】보정계수 선정에 의한 비파괴강도 결과분석(부산)

형식	부재	설계 기준강도	추정비파괴 강도(MPa)		평가(%)		비고
			반발경도법	초음파속도법	반발경도법	초음파속도법	
하부 구조	교대	24.0	46.4~47.4	44.4~46.6	139~144	184~194	
	교각		46.4~49.5	40.7~51.4	139~147	170~214	

㉣ 전차 정밀안전진단 추정 비파괴강도 시험결과 비교

【표 3.177】전차 정밀안전진단 추정 비파괴강도 결과 비교(부산)

구분	부재	추정 비파괴 강도				설계기준강도 (MPa)	비고
		전차 정밀안전진단('18년)		금회 정밀안전진단('23년)			
		반발경도법	초음파속도법	반발경도법	초음파속도법		
하부 구조	교대	-	-	46.4~47.4	44.4~46.6	24.0	
	교각	-	-	46.4~49.5	40.7~51.4	24.0	
※ 그래프는 반발경도법, 초음파속도법의 최소값을 반영함.							

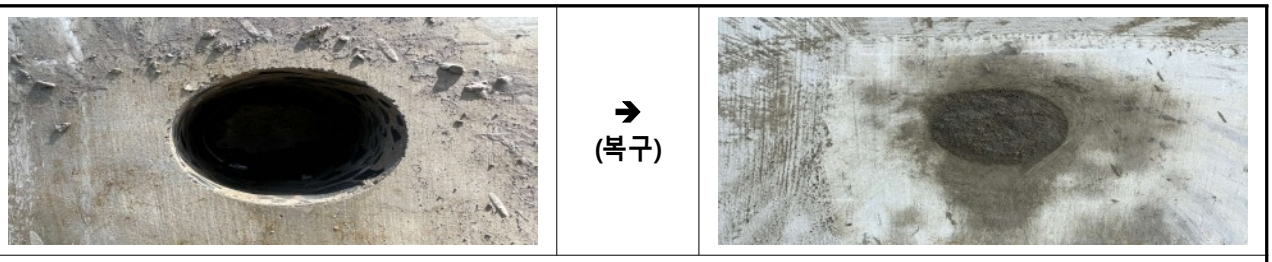


반발경도법 | 초음파속도법

【그림 3.63】전차 정밀안전진단 추정 비파괴 강도 결과와 비교(부산)

- 【그림 3.63】와 같이 전차 정밀안전진단 측정 분석한 결과, 금회 정밀안전진단에서 추정 비파괴 강도는 첫 실시한 상태이며, 향후 진단시 금회 진단 결과와 비교가 필요할 것으로 판단된다.

② 코어 압축강도 시험 복구 현황



교각(P4, 전면) 채취 후 복구 현황

- 금회 정밀안전진단에서 코어 압축강도 시험 진행 후 코어 압축강도 시험 구간에 대한 복구를 실시하였다.

나. 철근탐사시험

1) 측정결과

- 철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 63개소(상부구조 42개소, 하부구조 21개소)에서 실시하였으며, 철근탐시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께의 미미한 차이가 있으며, 일부 부재에서 실측값이 설계값과 다소 차이가 나는 것으로 분석되었다. 이는 콘크리트 타설시 철근 유동 등에 의한 것으로 판단된다. 현재 단위길이(1m)당 철근수량을 만족하며 설계피복두께를 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.178】 상부구조 철근탐사 시험결과(부산)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S1 좌측 캔틸레버	주철근	110~130	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	100~137	49~52	150.0	61.0	
	S2 좌측 캔틸레버	주철근	107~137	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	158~172	49~50	150.0	61.0	
	S3 좌측 캔틸레버	주철근	115~134	49~54	125.0	42.0	
		배력철근	125~198	50~55	150.0	61.0	
	S4 좌측 캔틸레버	주철근	107~146	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	149~199	50~53	150.0	61.0	
	S5 좌측 캔틸레버	주철근	114~136	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	141~152	50~53	150.0	61.0	
	S6 좌측 캔틸레버	주철근	120~150	50~53	125.0	42.0	
		배력철근	130~152	50~52	150.0	61.0	
	S7 좌측 캔틸레버	주철근	104~132	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	144~154	48~50	150.0	61.0	
	S8 좌측 캔틸레버	주철근	122~137	49~52	125.0	42.0	
		배력철근	145~196	49~51	150.0	61.0	

【표 3.178】 상부구조 철근탐사 시험결과(부산)(계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S9 좌측 캔틸레버	주철근	115~129	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	141~161	49~51	150.0	61.0	
	S10 좌측 캔틸레버	주철근	116~137	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	141~148	49~53	150.0	61.0	
	S11 좌측 캔틸레버	주철근	113~129	50~78	125.0	42.0	
		배력철근	144~158	49~55	150.0	61.0	
	S12 좌측 캔틸레버	주철근	126~138	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	134~151	50~53	150.0	61.0	
	S13 좌측 캔틸레버	주철근	129~142	50~52	125.0	42.0	
		배력철근	142~204	50~52	150.0	61.0	
	S14 좌측 캔틸레버	주철근	125~135	50~52	125.0	42.0	
		배력철근	130~158	50~53	150.0	61.0	
	S15 좌측 캔틸레버	주철근	120~134	50~59	125.0	42.0	
		배력철근	129~155	50~55	150.0	61.0	
	S16 좌측 캔틸레버	주철근	118~126	50~52	125.0	42.0	
		배력철근	143~158	50~51	150.0	61.0	
	S17 좌측 캔틸레버	주철근	121~130	50~51	125.0	42.0	
		배력철근	151~159	50~54	150.0	61.0	
	S18 좌측 캔틸레버	주철근	110~135	51~52	125.0	42.0	
		배력철근	136~167	49~51	150.0	61.0	
	S19 좌측 캔틸레버	주철근	115~130	50~54	125.0	42.0	
		배력철근	142~155	50~53	150.0	61.0	
	S20 좌측 캔틸레버	주철근	120~150	50~52	125.0	42.0	
		배력철근	150~170	50~54	150.0	61.0	
	S22 좌측 캔틸레버	주철근	114~130	50~52	125.0	42.0	
		배력철근	139~150	50~53	150.0	61.0	

【표 3.178】 상부구조 철근탐사 시험결과(부산)(계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S1 우측 복부	주철근	186~191	50~55	200.0	42.0	
		배력철근	108~144	50~51	100~150	58.0	
	S2 우측 복부	주철근	192~213	50~51	200.0	42.0	
		배력철근	94~143	50~55	100~150	58.0	
	S3 우측 복부	주철근	178~218	50~53	200.0	42.0	
		배력철근	110~176	49~53	100~150	58.0	
	S4 좌측 복부	주철근	184~225	51~61	200.0	42.0	
		배력철근	140~166	50~52	100~150	58.0	
	S5 좌측 복부	주철근	183~211	50~54	200.0	42.0	
		배력철근	95~148	50~52	100~150	58.0	
	S6 우측 복부	주철근	196~198	51~55	200.0	42.0	
		배력철근	110~151	50~52	100~150	58.0	
	S7 우측 복부	주철근	172~200	50~57	200.0	42.0	
		배력철근	95~149	50~55	100~150	58.0	
	S8 좌측 복부	주철근	179~212	50~104	200.0	42.0	
		배력철근	100~150	50~56	100~150	58.0	
	S9 좌측 복부	주철근	186~220	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	109~151	49~55	100~150	58.0	
	S10 우측 복부	주철근	201~219	50~58	200.0	42.0	
		배력철근	131~156	48~51	100~150	58.0	
	S11 좌측 복부	주철근	173~208	50~100	200.0	42.0	
		배력철근	98~135	49~52	100~150	58.0	
	S12 우측 복부	주철근	179~231	51~54	200.0	42.0	
		배력철근	91~151	49~51	100~150	58.0	
	S13 우측 복부	주철근	173~227	51~57	200.0	42.0	
		배력철근	100~159	50~52	100~150	58.0	
	S14 우측 복부	주철근	170~218	50~53	200.0	42.0	
		배력철근	97~140	49~52	100~150	58.0	
	S15 우측 복부	주철근	166~212	50~59	200.0	42.0	
		배력철근	115~144	50~56	100~150	58.0	
	S16 우측 복부	주철근	179~217	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	113~154	50~54	100~150	58.0	
	S17 우측 복부	주철근	169~201	50~52	200.0	42.0	
		배력철근	134~153	50~53	100~150	58.0	

【표 3.178】 상부구조 철근탐사 시험결과(부산)(계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	S18 우측 복부	주철근	167~220	50~54	200.0	42.0	
		배력철근	124~166	48~50	100~150	58.0	
	S19 우측 복부	주철근	197~219	51~55	200.0	42.0	
		배력철근	131~159	49~51	100~150	58.0	
	S20-G1 우측 복부	주철근	173~228	51~53	200.0	42.0	
		배력철근	103~134	49~52	100.0	58.0	
	S22-G1 우측 복부	주철근	172~202	50~53	200.0	42.0	
		배력철근	88~143	50~56	100.0	58.0	

※상부구조(바닥판) 주철근 설계값 피복두께는 50.0이며, 순피복두께는 H16을 사용하여 42.0으로 표기함.
※상부구조(바닥판) 배력철근 설계값 피복두께는 50.0이며, 순피복두께는 H19을 사용하여 61.0으로 표기함.
※상부구조(거더) 주철근 설계값 피복두께는 50.0이며, 순피복두께는 H16을 사용하여 42.0으로 표기함.
※상부구조(거더) 배력철근 설계값 피복두께는 50.0이며, 순피복두께는 H16을 사용하여 58.0으로 표기함.

【표 3.179】 하부구조 철근탐사 시험결과(부산)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부구조	A1 구체	주철근	229~250	99~106	250.0	87.5	
		배력철근	129~159	100~103	150.0	109.5	
	A2 구체	주철근	222~250	99~105	250.0	87.5	
		배력철근	116~140	100~101	150.0	109.5	
	P1 배면	주철근	95~118	99~100	100.0	87.5	
		배력철근	291~300	100~111	300.0	109.5	
	P2 우측면	주철근	78~105	100~103	100.0	87.5	
		배력철근	300~302	99~106	300.0	109.5	
	P3 배면	주철근	88~113	100~107	100.0	87.5	
		배력철근	260~340	99~107	300.0	109.5	
	P4 전면	주철근	91~115	100~101	100.0	87.5	
		배력철근	251~300	100~108	300.0	109.5	
	P5 배면	주철근	88~124	100~109	100.0	87.5	
		배력철근	295~308	100~108	300.0	109.5	
	P6 배면	주철근	82~114	100~105	100.0	87.5	
		배력철근	290~311	99~112	300.0	109.5	

【표 3.179】 하부구조 철근탐사 시험결과(부산)(계속)

시험위치		철근종류	측정값(㎜)		설계값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부구조	P7 배면	주철근	90~105	100~107	100.0	87.5	
		배력철근	288~306	98~118	300.0	109.5	
	P8 배면	주철근	125~150	101~105	100.0	87.5	
		배력철근	284~308	99~140	300.0	109.5	
	P9 전면	주철근	130~145	100~102	100.0	87.5	
		배력철근	259~285	99~102	300.0	109.5	
	P10 배면	주철근	145~150	99~110	100.0	87.5	
		배력철근	241~378	97~120	300.0	109.5	
	P11 전면	주철근	81~113	100~105	100.0	87.5	
		배력철근	288~302	100~106	300.0	109.5	
	P12 전면	주철근	83~113	100~102	100.0	87.5	
		배력철근	278~326	100~108	300.0	109.5	
	P13 전면	주철근	87~128	100~103	100.0	87.5	
		배력철근	267~278	99~112	300.0	109.5	
	P14 전면	주철근	84~110	101~106	100.0	87.5	
		배력철근	283~307	100~104	300.0	109.5	
	P15 전면	주철근	85~117	101~104	100.0	87.5	
		배력철근	293~298	100~109	300.0	109.5	
	P16 전면	주철근	86~114	102~105	100.0	87.5	
		배력철근	273~316	100~105	300.0	109.5	
	P17 전면	주철근	93~133	101~106	100.0	87.5	
		배력철근	291~318	100~107	300.0	109.5	
	P18 전면	주철근	80~120	100~105	100.0	87.5	
		배력철근	284~314	100~103	300.0	109.5	
	P19 전면	주철근	91~127	100~104	100.0	87.5	
		배력철근	268~355	100~112	300.0	109.5	

※하부구조(교대, 교각) 주철근 설계값 피복두께는 100.0이며, 순피복두께는 D25을 사용하여 87.5로 표기함.
※하부구조(교대, 교각) 배력철근 설계값 피복두께는 100.0이며, 순피복두께는 D22을 사용하여 109.5로 표기함.

【표 3.180】 철근탐사시험 결과 요약(부산)

구분	부재	철근탐사시험				비고
		배근간격		피복두께		
		주철근	배력철근	주철근	배력철근	
상부구조	바닥판 하면	104~150	100~199	49~78	49~55	
	거더	166~231	88~176	50~104	48~56	
하부구조	교대	222~250	116~159	99~106	100~103	
	교각	80~150	241~378	99~110	97~140	

2) 전차 정밀안전진단의 철근탐사시험 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 비교한 결과, 상부구조 배근간격은 구간 위치에 따라 다소 차이가 있으나, 이는 설계 간격이며, 일부구간 피복두께 다소 차이를 보이는 것으로 확인되었다.

【표 3.181】 전차 정밀안전진단 철근탐사시험 결과 비교(부산)

형식	부재	철근탐사시험								비고
		전차정밀안전진단 ('18년)				금회정밀안전진단 ('23년)				
		배근간격		피복두께		배근간격		피복두께		
		주철근	배력철근	주철근	배력철근	주철근	배력철근	주철근	배력철근	
상부구조	바닥판 하면	90~265	90~170	41~74	41~56	104~150	100~199	49~78	49~55	
	거더	185~220	90~160	37~65	42~59	166~231	88~176	50~104	48~56	
하부구조	교대	235~250	135~155	79~100	82~105	222~250	116~159	99~106	100~103	
	교각	90~140	258~320	86~110	71~ 108	80~150	241~378	99~110	97~140	
검토의견		• 전차 정밀안전진단(18년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 단위길이당 철근수량을 만족하며 설계피복두께를 충분히 확보하고 있는 양호한 상태로 평가됨.								

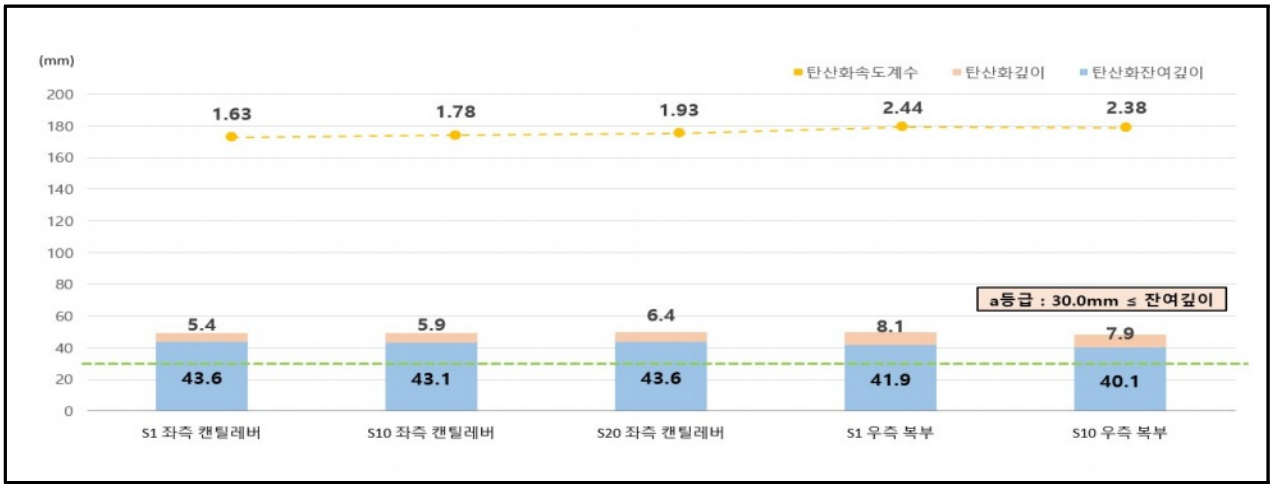
다. 탄산화 깊이 측정

1) 측정결과

- 탄산화 깊이 측정은 총 9개소(상부구조 5개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0㎜ 이상을 만족한 상태로 측정되어 상태평가 "a" 로 평가되었다. 탄산화 속도계수를 통한 잔존수명 예측결과 전 개소 100년 이상으로 추정되었으며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

【표 3.182】 상부구조 탄산화 깊이 측정 결과(부산)

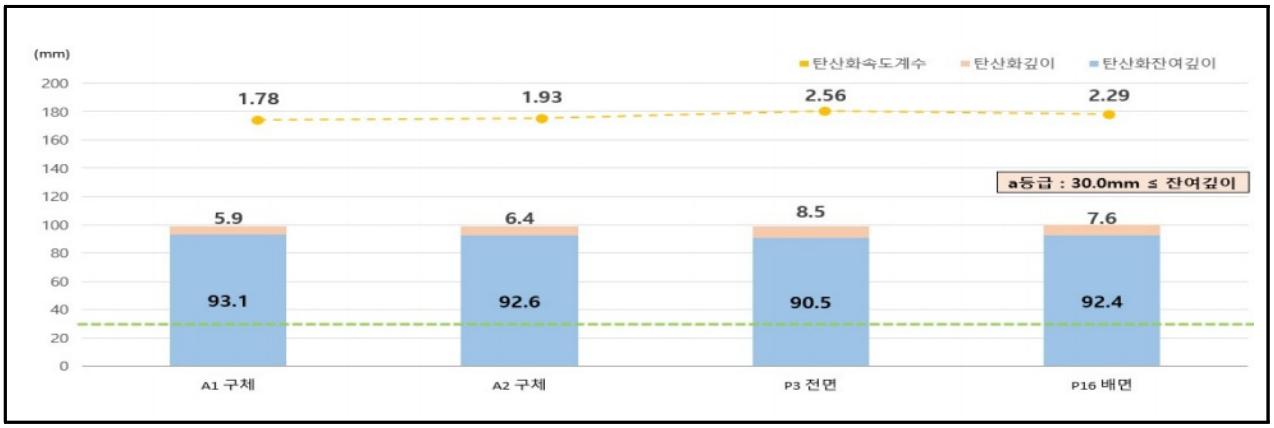
시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	최소 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	S1 좌측 캔틸레버	5.4	49.0	43.6	a	1.63	100년이상	
	S10 좌측 캔틸레버	5.9	49.0	43.1	a	1.78	100년이상	
	S20 좌측 캔틸레버	6.4	50.0	43.6	a	1.93	100년이상	
	S1 우측 복부	8.1	50.0	41.9	a	2.44	100년이상	
	S10 우측 복부	7.9	48.0	40.1	a	2.38	100년이상	



【그림 3.64】 상부구조 탄산화 깊이 측정 결과(부산)

【표 3.183】 하부구조 탄산화 깊이 측정 결과(부산)

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	최소 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
하부 구조	A1 구체	5.9	99.0	93.1	a	1.78	100년이상	
	A2 구체	6.4	99.0	92.6	a	1.93	100년이상	
	P3 전면	8.5	99.0	90.5	a	2.56	100년이상	
	P16 배면	7.6	100.0	92.4	a	2.29	100년이상	



【그림 3.65】하부구조 탄산화 깊이 측정 결과(부산)

【표 3.184】탄산화 깊이 측정 결과 요약(부산)

구분	부재	탄산화 깊이 측정 (탄산화 깊이)	상태평가	비고
상부구조	바닥판 하면	5.4~6.4	a	
	거더	7.9~8.1	a	
하부구조	교대	5.9~6.4	a	
	교각	7.6~8.5	a	
※ 회야대교(부산)에 대한 탄산화 깊이 측정 결과, 측정개소에서 a등급으로 평가되었으며, 탄산화로 인한 철근부식은 없는 것으로 분석되었다.				

2) 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 탄산화 깊이 측정 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검 비교한 결과, 전반적으로 금회 정밀안전진단의 결과와 유사하며, 탄산화 깊이 측정 결과 잔여깊이가 a등급으로 확보하고 있는 것으로 조사되어 강도저하 및 탄산화에 의한 내구성 저하는 없는 것으로 분석되었다.

【표 3.185】전차 정밀안전진단 및 전차 정밀안전점검의 탄산화 깊이 측정 결과 비교(부산)

구분	부재	탄산화 깊이 측정			비고
		전차 정밀안전진단 ('18년)	전차 정밀안전점검 ('22년)	금회 정밀안전진단 ('23년)	
상부구조	바닥판 하면	5.1~7.3	5.8	5.4~6.4	
	거더	6.2~6.8	6.0~7.1	7.9~8.1	
하부구조	교대	5.6~6.8	-	5.9~6.4	
	교각	7.1~8.4	7.9~8.6	7.6~8.5	

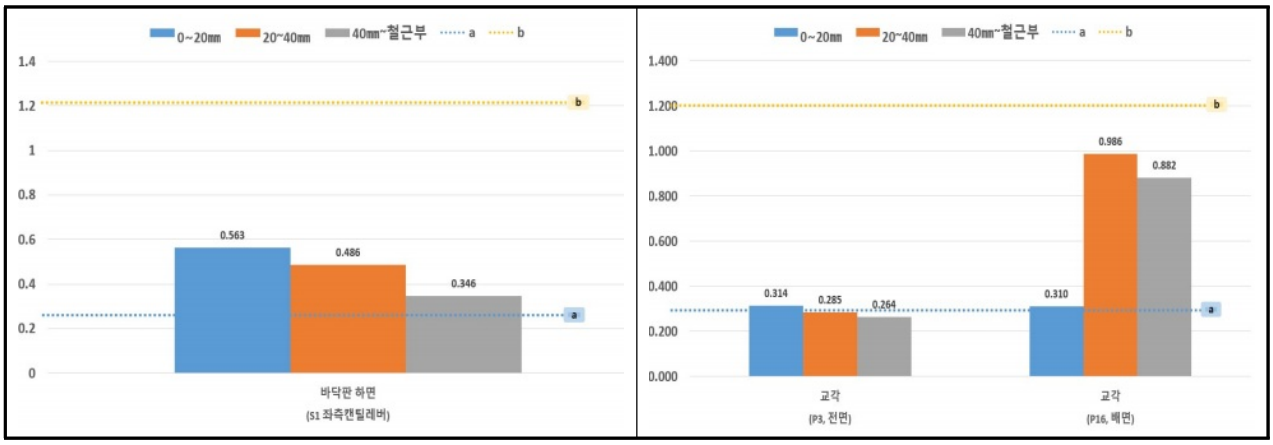
라. 염화물함유량 시험

1) 측정결과

- 염화물함유량 시험은 총 3개소(상부구조 1개소, 하부구조 2개소)에서 실시하여 깊이별 시험을 실시하였다. 염화물함유량 시험은 공인인증 시험기관(KOLAS)에 실내실험을 의뢰하였으며, 측정된 결과 값을 분석·평가 하였다.
- 분석결과, 염화물함유량은 상부구조(S1)에서 0.346kg/㎥, 하부구조(P3, P16)에서 0.264~0.882 kg/㎥으로 확인되어, 하부구조(P3)는 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없는 상태인 “a” 등급으로 분석되었으며, 상부구조(S1), 하부구조(P16)는 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음 상태인 “b” 등급으로 분석되었다.

【표 3.186】염화물함유량 시험 결과(부산)

형식	부재	세부위치		Cl- WT(%)	환산 Cl-(kg/㎥)	평가등급	비고
상부구조	바닥판 하면	S1 (좌측캔틸레버)	0~20㎜	0.0249	0.563	b	KS F 2713 - ‘17
			20~40㎜	0.0215	0.486	b	
			40~철근부	0.0153	0.346	b	
하부구조	교각	P3 (전면)	0~20㎜	0.0139	0.314	b	
			20~40㎜	0.0126	0.285	a	
			40~철근부	0.0117	0.264	a	
		P16 (배면)	0~20㎜	0.0137	0.310	b	
			20~40㎜	0.0436	0.986	b	
			40~철근부	0.0390	0.882	b	



【그림 3.66】염화물함유량 시험 결과(부산)

【표 3.187】염화물함유량 시험 결과 요약(부산)

구분	염화물 함유량 시험 결과		평가등급	비고
	등급(Min)	등급(Max)		
상부구조	0.346	0.346	b	철근부
하부구조	0.264	0.882	a~b	

- 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편, 2022.12, 국토교통부/국토안전관리원)을 참조하였으며, 염화물 함유량 상태평가 적용 시 전염화물 이온량 평가와 철근부식 가능성 평가중 최저값을 산정하는데 상태평가 등급 중 최소값은 상부구조(철근부) 0.346 kg/㎥, 하부구조(철근부) 0.264~0.882kg/㎥으로 산정하여 본 보고서 상태평가에 적용하였다.

2) 전차 정밀안전진단 염화물함유량 결과 비교

- 전차 정밀안전진단 비교한 결과, 하향된 것으로 확인되었으나 상부구조 b등급, 하부구조 a~b등급이므로 철근부식의 영향은 없는 것으로 분석되며 전차 정밀안전진단에 비해 등급이 하향된 원인은 점검 위치 및 점검 장비 등의 차이 및 공용년수의 증가에 따른 염화물의 침투 및 축적(염해) 등의 외부요인에 의한 것으로 판단된다.

【표 3.188】전차 정밀안전진단 염화물함유량 결과 비교(부산)

구분	염화물 함유량 시험 결과				비고
	전차 정밀안전진단 ('18년)		금회 정밀안전진단 ('23년)		
	상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	
환산 Cl-(kg/㎥)	0.151	0.117~0.148	0.346	0.264~0.882	철근부
상태평가 등급	a	a	b	b	

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 외관조사 결과요약(울산)

가. 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.189】금회 진단 외관조사 결과요약(울산)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	•주요손상으로는 균열(cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열이 조사됨.	•세그먼트 연결부(시공이음부)에서 발생한 일부 균열은 세그먼트 이어치기시 새로 타설한 콘크리트 수축이 구콘크리트에 구속되어 발생된 균열로 판단되며, 표면보수를 시행 후 지속적인 관찰이 요구됨. 캔틸레부에서 조사된 균열 및 망상균열은 특별한 방향성이 없으며, 온도변화 및 건조수축 등 콘크리트 성질에 기인해 발생된 비구조적 손상으로 주입보수와 표면보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단됨.
PSC Box	•주요 손상으로는 거더 복부 종방향으로 폭 0.1~0.2㎜의 균열이 대부분이며, 일부경간에 걸쳐 조사됨.	•복부(web) 중앙부에 발생된 수평균열은 일관된 규칙성이 없는 폭 0.1~0.2㎜ 이하의 균열로, 연속적 균열이 아닌 단속적 균열로 조사되었다. 콘크리트의 급속한 타설이나, 양생불량 등에 의한 시공초기 결함이며, 일부 시공이음부(단면변화부)에 발생된 균열은 신·구 콘크리트 간의 구속응력에 의해 발생된 비구조적 균열로 판단됨.
격벽	•주요손상으로는 균열(Cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열이 일부 경간에 걸쳐 국부적으로 조사됨.	•특별한 방향성이 없으며 균열 및 망상균열은 시공시 수화열에 의한 온도응력, 콘크리트 내·외부의 온도차, 건조수축, 부재간의 구속응력 및 개구부의 응력집중 등 복합적 원인에 의하여 발생된 비구조적 손상으로 판단됨.
PSC Beam	•S22경간 단부에서 망상균열이 1개소 국부적으로 조사됨.	•균열의 발생위치, 형상, 진행성 등을 고려할 때 온도변화 및 건조수축 등에 의한 비구조적 미세균열로 판단되며 표면보수를 통해 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.
2차부재	•S20경간(1개소), S21경간(11개소), S22(12개소)에서 들뜸을 동반한 박락손상이 24개소, 철근노출(일부 들뜸 동반)이 S21경간에서 3개소 조사됨.	•다짐불량, 거푸집 조기탈형, 콘크리트 피복두께 미확보, 품질관리미흡 및 장기간의 공용증가 등 복합적인 원인에 의한 것으로 판단됨. 또한 보수부에서 조사된 들뜸 및 박락은 보수공사시 치핑을 실시하지 않아 발생한 것으로 보여지며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수(방청) 및 표면보수가 필요함.

【표 3.189】 금회 진단 외관조사 결과요약(울산)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	•주요손상으로는 균열, 백태, 철근노출이 조사됨.	•손상규모, 형상, 위치 등을 고려해 볼 때 구조적 원인에 의해 발생된 손상이라기보다 건조수축, 수화열 등에 발생된 미세균열로 추정됨. •대에서 조사된 백태는 우수유입에 의한 것으로 교대 A1(5개소, A=0.72㎡), A2(1개소, A=6.00㎡) 흉벽에서 조사되었으며, 손상발생 규모는 비교적 경미한 것으로 확인됨. •철근노출은 교대 A1 흉벽에서 조사되었으며, 콘크리트 피복두께 미확보에 의해 발생된 것으로 판단됨. 부식이 진행될 경우 내구성의 문제를 야기시킬수 있으므로 내구성 저하 방지를 위해 방청을 실시하고 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.
교각	•주요손상으로 수평 및 수직형상을 띈 균열 폭 0.1~0.3㎜ 수준의 균열 및 망상균열(17개소)이 국부적으로 조사됨.	•재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 판단되므로 내구성 확보를 위한 균열폭에 따라 균열 폭 0.3mm이상 균열에는 주입보수, 균열 폭 0.3mm미만의 균열에는 표면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직함.
기초부	•회야대교(울산)의 교대 기초는 직접기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P1~P21)로 시공된 것으로 확인되었으며, 교대 및 교각의 기초는 지중에 매립되어 외관조사는 불가한 것으로 조사됨.	-
교량받침	•주요손상으로 플레이트 부식, 받침콘크리트 균열이 조사됨.	•플레이트 부식 손상은 공용년수 증가로 인한 노후화 손상이며, 손상규모 및 변상정도가 경미하나, 해당 구조물의 내구성 확보를 위해 재도장을 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단됨. •내구성 확보를 위해 균열 폭 0.2㎜ 균열에 대해서는 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨.
신축이음장치	•신축이음장치 교각 P19(ExpJ2) 및 교대 A2(ExpJ4)에서 유간 토사퇴적이 조사되었고, 후타재는 콘크리트의 경우 주행차량의 충격하중 및 재료적 특성에 의한 균열 및 망상균열이 일부 일관된 규칙성이 없는 형태로 발생함.	•해당 손상에 의한 차량 주행성에는 이상이 없는 것으로 판단되며, 대부분 폭 0.2㎜ 이내의 미세균열로 즉각적인 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨. •신축이음장치에 발생한 유간 토사퇴적은 신축이음장치 ExpJ2(P19), ExpJ4(A2) 일부구간에 걸쳐 발생하였으며, 공용년수 증가에 따른 이물질 유입이 주원인으로 현재 신축이음장치에 기능을 상실한 상태는 아니나, 원활한 유지관리를 위해 청소를 실시하여 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

【표 3.189】 금회 진단 외관조사 결과요약(울산)(계속)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
기타부재	교면포장	•주요손상으로 LMC 포장균열 및 망상균열이 국부적으로 조사됨.	•균열의 경우, 차량의 주행에 미치는 영향 및 균열보수 시 보수효과가 작은 점, 동일 위치로 바닥판 하면의 누수, 백태와 같은 2차 손상이 없는 점 등을 고려해 볼 때, 당장의 부분적 보수는 비효율적이므로 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시함이 효율적일 것으로 판단됨.
	배수시설	•배수관 손상으로 배수관 탈락 2개소 및 배수관 파손 1개소, 배수관 위치불량 1개소가 조사됨.	•배수관 탈락 손상은 하천형 배수관에서 2개소 조사되었으며, 공용중 노후화 및 설치미흡에 의해 탈락된 것으로 판단됨. 우기시 노면수 영향으로 콘크리트 열화 발생 등의 2차손상을 야기시킬수 있으므로 보수계획에 맞춰 배수관 재설치하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단됨. •배수관 파손은 S8경간 캔틸레버 접합부에서 조사되었으며, 외력에 의한 일부구간 파손으로 인해 접합이 밀실하지 않아 배수시 누수될 것으로 판단되므로 재설치를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨. •배수시설 위치설계 및 시공미흡으로 S14경간에서 배수관 위치가 부적절한 것으로 조사되었으며, 이로인해 교각 콘크리트 부재의 표면오염, 점검통로 발판 이물질 퇴적 등의 손상을 야기하고 있어 배수시설에 대해 재설치 및 배수관 철거 등의 보수가 필요함.
	난간및연석	•방호벽 균열 및 망상균열, 박락, 철근노출이 조사됨.	•온도변화 및 건조수축, 바닥판과의 구속응력의 기인한 비구조적 균열이며, 공용중 통행차량의 진동에 의해 일부 균열들은 다소 진전된 것으로 조사됨.. 따라서 내구성 저하방지를 위해 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨. •방호벽 내측 발생된 철근노출 및 박락은 매입철근의 콘크리트 피복두께 미확보 등 시공불량 및 품질관리 미흡에 의한 손상으로 일부 철근노출은 노출된 철근표면에 부식이 진행된 상태임. 따라서 내구성 저하방지를 위한 단면보수(방청)이 요구되며, 박락은 철근부식의 진행은 없는 것으로 확인되었으나, 추후 철근의 부식으로 인한 추가손상을 방지하기 위해 제거 후 방청을 통한 단면보수가 필요할 것으로 판단됨.

나. 기 진단(2018년) 결과와의 비교, 분석

【표 3.190】기 진단(2018년) 외관조사 결과 비교(울산)

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	m	-	34.60	▲ 34.60
		균열(cw=0.3mm이상)	m	-	4.00	▲ 4.00
		망상균열	㎡	-	1.20	▲ 1.20
		백태	㎡	-	0.54	▲ 0.54
		재료분리	㎡	-	0.65	▲ 0.65
PSC Box	내부	균열(cw=0.3mm미만)	m	4,101.70	62.70	▼ 4,039.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	2.10	0.80	▼ 1.30
		백태	㎡	0.18	0.04	▼ 0.14
		박락	㎡	-	0.02	▲ 0.02
		잡철근노출	㎡	-	0.22	▲ 0.22
		재료분리	㎡	0.84	-	▼ 0.84
		박리	㎡	0.33	-	▼ 0.33
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	m	1,009.20	671.60	▼ 337.60
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	m	-	36.00	▲ 36.00
		망상균열	㎡	-	27.70	▲ 27.70
		박락	㎡	0.12	0.05	▼ 0.07
		박리	㎡	-	0.08	▲ 0.08
		파손	㎡	-	0.43	▲ 0.43
		보수부 박락	㎡	-	1.08	▲ 1.08
		균열(cw=0.3mm이상)	m	11.00	-	▼ 11.00
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	m	455.50	89.80	▼ 365.70
		균열(cw=0.3mm이상)	m	58.70	0.50	▼ 58.20
		망상균열	㎡	90.00	46.24	▼ 43.76
		출입문 파손	개소	-	1	▲ 1
PSC Beam		망상균열	㎡	-	1.50	▲ 1.50
		재료분리	㎡	-	0.12	▲ 0.12

【표 3.190】기 진단(2018년) 외관조사 결과 비교(울산)(계속)

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
2차부재		박락, 들뜸	㎡	3.05	8.97	▲ 5.92
		철근노출	㎡	-	0.54	▲ 0.54
하부구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	m	14.50	9.50	▼ 5.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	5.90	2.40	▼ 2.50
		망상균열	㎡	-	1.00	▲ 1.00
		백태	㎡	-	6.72	▲ 6.72
		박락	㎡	-	0.60	▲ 0.60
		철근노출	㎡	-	0.04	▲ 0.04
		파손	㎡	-	0.01	▲ 0.01
		보수부 들뜸	㎡	-	0.30	▲ 0.30
		표면오염	㎡	7.20	15.80	▲ 8.60
		녹물흔적	㎡	-	0.12	▲ 0.12
	교각	균열(cw=0.3mm미만)	m	3,877.40	397.40	▼ 3480.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	-	5.00	▲ 5.00
		망상균열	㎡	20.10	42.85	▲ 22.75
		긁힘	㎡	-	0.16	▲ 0.16
		박리	㎡	-	0.66	▲ 0.66
		박락, 파손	㎡	1.90	1.50	▼ 0.40
		표면열화	㎡	-	0.40	▲ 0.40
		표면오염	㎡	66.00	96.10	▲ 30.10
교량받침		플레이트 부식	개소	38	7	▼ 31
		받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만)	m	-	4.30	▲ 4.30
		받침콘크리트 박리	㎡	-	0.12	▲ 0.12
		받침콘크리트 파손	㎡	0.19	0.16	▼ 0.03
		받침몰탈 균열	m	-	1.80	▲ 1.80
		받침몰탈 박리	㎡	-	0.04	▲ 0.04

【표 3.190】기 진단(2018년) 외관조사 결과 비교(울산)(계속)

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
신축이음장치		후타재 균열	m	-	8.90	▲ 8.90
		후타재 망상균열	㎡	8.75	21.00	▲ 12.25
		후타재 파손	㎡	1.40	0.68	▼ 0.72
		유간토사 퇴적	m	-	5.00	▲ 5.00
		너트 및 볼트 탈락	개소	8	1	▼ 7
		고무재 파손	m	12.00	-	▼ 12.00
교면포장		LMC포장 균열	m	-	146.00	▲ 146.00
		망상균열	㎡	-	6.94	▲ 6.94
		포장파손	㎡	28.00	-	▼ 28.00
기타부재	배수시설	배수관 탈락	개소	6	2	▼ 4
		배수관 파손	개소	-	1	▲ 1
		배수관 위치불량	개소	-	1	▲ 1
		지지대 파손	개소	1	1	- -
		지지대 볼트 풀림	개소	-	1	▲ 1
		배수관 고정불량	개소	1	-	▼ 1
		배수로 이물질 퇴적	개소	1	-	▼ 1
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	m	21.20	58.20	▲ 37.00
		망상균열	m	-	0.48	▲ 0.48
		백태	㎡	-	0.08	▲ 0.08
		긁힘	㎡	-	5.90	▲ 5.90
		박락	㎡	-	0.93	▲ 0.93
		파손	㎡	0.38	0.39	▲ 0.01
		철근노출	㎡	-	0.80	▲ 0.80
		난간긁힘	m	10.00	10.00	- -
		난간변형	m	-	6.00	▲ 6.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	1.10	-	▼ 1.10
검토의견		•기 진단(18년)과의 비교분석 결과, 구조물의 발생된 손상의 급격한 상태변화는 없는 것으로 확인되었으며, 공용중 실시한 유지보수로 일부 손상물량이 감소한 것으로 조사됨. •금회진단에서 조사된 신규손상은 상세조사 및 경년열화 등에 의하여 추가 확인된 것으로 판단됨.				

3.5.2 외관조사 결과요약(부산)

가. 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.191】금회 진단 외관조사 결과요약(부산)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판	•주요손상으로는 균열(cw=0.3mm미만), 균열부 백태, 망상균열이 조사됨.	•세그먼트 연결부(시공이음부)에서 발생한 일부 균열은 세그먼트 이어치기시 새로 타설한 콘크리트 수축이 구콘크리트에 구속되어 발생된 균열로 판단되며, 표면보수를 시행 후 지속적인 관찰이 요구됨. 캔틸레부에서 조사된 균열 및 망상균열은 특별한 방향성이 없으며, 온도변화 및 건조수축 등 콘크리트 성질에 기인해 발생된 비구조적 손상으로 표면보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단됨.
PSC Box	•주요 손상으로는 거더 복부 종방향으로 폭 0.1㎜의 미세균열이 일부경간에 걸쳐 조사됨.	•복부(web) 중앙부에 발생된 수평균열은 일관된 규칙성이 없는 폭 0.1㎜ 이하의 미세균열로, 연속적 균열이 아닌 단속적 균열로 조사됨. 상기 균열은 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 내구성 저하 방지를 위한 표면처리가 필요함.
격벽	•주요손상으로는 균열(Cw=0.3mm미만, 이상), 망상균열이 일부 경간에 걸쳐 국부적으로 조사됨.	•특별한 방향성이 없으며 균열 및 망상균열은 시공시 수화열에 의한 온도응력, 콘크리트 내·외부의 온도차, 건조수축, 부재간의 구속응력 및 개구부의 응력집중 등 복합적 원인에 의하여 발생된 비구조적 손상으로 판단됨.
PSC Beam	•S21경간에서 시공시 발생한 것으로 판단되는 경미한 재료분리가 1개소 국부적으로 조사됨.	•단면보수가 필요하나, 단면보수 시 콘크리트의 탈락우려가 있으므로 탄산화방지제 도포 등의 표면보수 또한 함께 고려해야 할 것으로 판단됨.
2차부재	•S20경간(8개소), S21경간(5개소)에서 들뜸을 동반한 박락손상이 13개소 조사됨.	•시공시 다짐불량, 거푸집 조기탈형, 품질관리미흡 및 장기간의 공용증가 등 복합적인 원인에 의한 것으로 판단됨. 또한 보수부에서 조사된 들뜸 및 박락은 보수공사시 치핑을 실시하지 않아 발생한 것으로 보여지며, 구조물의 내구성 확보를 위한 단면보수 및 표면보수가 요구됨.

【표 3.191】금회 진단 외관조사 결과요약(부산)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교대	•주요손상으로는 균열, 백태, 철근노출이 조사됨.	•손상규모, 형상, 위치 등을 고려해 볼 때 구조적 원인에 의해 발생된 손상이라기보다 건조수축, 수화열 등에 발생된 미세균열로 추정됨. •교대에서 조사된 백태는 우수유입에 의한 것으로 교대 A1, A2 흉벽에서 각각 1개소씩 총 2개소 조사되었으며, 손상발생 규모는 비교적 경미한 것으로 확인됨. •조사된 철근노출은 반복적인 신축이음부의 우수유입과 콘크리트 피복두께 미확보에 의해 발생. 방청을 실시하고 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.
교각	•주요손상으로 수평 및 수직형상을 띈 균열 폭 0.1~0.3㎜ 수준의 균열 및 망상균열(17개소)이 국부적으로 조사됨.	•재료적 특성에 의한 비구조적 균열로 판단되므로 내구성 확보를 위한 균열폭에 따라 균열 폭 0.3mm이상 균열에는 주입보수, 균열 폭 0.3mm미만의 균열에는 표면보수를 실시하여 유지관리하는 것이 바람직함.
기초부	•회야대교(부산)의 교대 기초는 직접기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P1~P21)로 시공된 것으로 확인되었으며, 교대 및 교각의 기초는 지중에 매립되어 외관조사는 불가한 것으로 조사됨.	-
교량받침	•주요손상으로 플레이트 부식, 도장박리가 조사됨.	•교량받침에서 조사된 플레이트 부식 및 도장박리 손상은 공용년수 증가로 인한 노후화 손상이며, 손상규모 및 변상정도가 경미하나, 해당 구조물의 내구성 확보를 위해 재도장을 실시하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단됨.
신축이음장치	•신축이음장치 교각 P19(ExpJ2, ExpJ3)에서 유간 토사퇴적이 조사되었고, 후타재는 콘크리트의 경우 주행차량의 충격하중 및 재료적 특성에 의한 망상균열이 일부 일관된 규칙성이 없는 형태로 발생함.	•해당 손상에 의한 차량 주행성에는 이상이 없는 것으로 판단되며, 대부분 폭 0.2㎜ 이내의 미세균열로 즉각적인 보수조치 보다는 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단됨. •신축이음장치에 발생한 유간 토사퇴적은 신축이음장치 ExpJ2(P19), ExpJ3(P19) 일부구간에 걸쳐 발생하였으며, 공용년수 증가에 따른 이물질 유입이 주원인으로 현재 신축이음장치에 기능을 상실한 상태는 아니나, 원활한 유지관리를 위해 청소를 실시하여 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

【표 3.191】 금회 진단 외관조사 결과요약(부산)(계속)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
기타부재	교면포장	•주요손상으로 LMC 포장균열 및 망상균열이 조사됨.	•균열의 경우, 차량의 주행에 미치는 영향 및 균열보수 시 보수효과가 작은 점, 동일 위치로 바닥판 하면의 누수, 백태와 같은 2차 손상이 없는 점 등을 고려해 볼 때, 당장의 부분적 보수는 비효율적이므로 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시함이 효율적일 것으로 판단됨.
	배수시설	•S10경간과 S14경간 캔틸레버부에서 배수관 탈락이 조사됨. •배수구 막힘이 S2, S6, S17, S18, S20경간에 걸쳐 총 8개소 조사됨.	•배수관 탈락 손상은 하천형 배수관에서 2개소 조사되었으며, 공용중 노후화 및 설치미흡에 의해 탈락된 것으로 판단됨. 우기시 노면수 영향으로 콘크리트 열화 발생 등의 2차손상을 야기시킬수 있으므로 보수계획에 맞춰 배수관 재설치하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단됨. •공용중 발생되는 비산먼지 및 토사 등의 퇴적물이 주행차량에 의해 주행차로 외측에 쌓여 일부 배수구로 유입이 되어 발생된 것으로 판단되며, 배수구 막힘에 의해 배수 영향이나, 교면내 체수 등 2차 손상은 발생하지 않은 비교적 경미한 상태임. 다만, 배수관 내 퇴적물에 의해 장기적인 습윤상태로 이음부 및 용접부의 부식이 진행될수 있으며, 부식으로 인한 배수관 파손, 탈락 등이 우려되므로 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요함.
	난간및연석	•방호벽 전면부로 균열 및 보수부 재균열, 박락, 철근노출이 조사됨.	•수직균열과 타설이음부에 발생한 수평균열로 바닥판과의 구속응력 및 건조수축에 기인한 비구조적 균열이며, 공용중 통행차량의 진동에 의해 보수부 재균열을 포함한 일부 균열들은 재발생 및 다소 진전된 것으로 조사됨. 따라서 내구성 저하 방지를 위한 주입보수 및 표면보수를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단되며, S22경간 중앙분리에 발생한 보수부 재균열도 재보수가 필요함. •내측 발생된 철근노출 및 박락은 콘크리트 피복두께 미확보 등 시공불량에 의한 손상으로 일부 철근노출은 노출된 철근표면에 부식이 진행된 상태로서 내구성 저하방지를 위한 단면보수(방청)이 요구되며, 박락은 철근부식의 진행은 없는 것으로 확인되었으나, 추후 철근의 부식으로 인한 추가손상을 방지하기 위해 제거 후 방청을 통한 단면보수가 필요할 것으로 판단됨.

나. 기 진단(2018년) 결과와의 비교, 분석

【표 3.192】기 진단(2018년) 외관조사 결과 비교(부산)

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	m	-	170.50	▲ 170.50
		균열부 백태 (cw=0.3mm미만)	m	-	2.50	▲ 2.50
		망상균열	㎡	-	18.00	▲ 18.00
		백태	㎡	-	2.56	▲ 2.56
		파손	㎡	-	0.40	▲ 0.40
		거푸집미제거	개소	-	1	▲ 1
PSC Box	내부	균열(cw=0.3mm미만)	m	3,281.81	52.10	▼ 3,180.31
		망상균열	㎡	-	0.50	▲ 0.50
		마감불량	㎡	-	0.48	▲ 0.48
		재료분리	㎡	1.49	-	▼ 1.49
		박리	㎡	0.30	-	▼ 0.30
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	m	971.90	290.60	▼ 681.30
		망상균열	㎡	-	15.00	▲ 15.00
		파손	㎡	-	0.02	▲ 0.02
		보수부 박락	㎡	-	0.08	▲ 0.08
		보수부 박리	㎡	-	0.20	▲ 0.20
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	m	476.90	89.00	▼ 387.90
		균열(cw=0.3mm이상)	m	47.80	1.90	▼ 45.90
		망상균열	㎡	-	46.74	▲ 46.74
		들뜸, 박리	㎡	4.50	-	▼ 4.50
PSC Beam		재료분리	㎡	-	0.04	▲ 0.04
2차부재		박락, 들뜸	㎡	3.05	1.83	▼ 1.22

【표 3.192】기 진단(2018년) 외관조사 결과 비교(부산)(계속)

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	m	25.00	0.80	▼ 24.20
		백태	㎡	-	2.36	▲ 2.36
		철근노출	㎡	-	0.69	▲ 0.69
		파손	㎡	-	0.24	▲ 0.24
		표면오염	㎡	-	6.00	▲ 6.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	20.90	-	▼ 20.90
	교각	균열(cw=0.3mm미만)	m	4318.90	307.00	▼ 4,011.90
		균열(cw=0.3mm이상)	m	28.80	8.10	▼ 20.70
		망상균열	㎡	3.00	122.12	▲ 119.12
		백태	㎡	0.36	0.34	▼ 0.02
		긁힘	㎡	-	1.31	▲ 1.31
		들뜸	㎡	-	1.42	▲ 1.42
		마감불량	㎡	-	0.02	▲ 0.02
		박락, 파손	㎡	0.87	0.34	▼ 0.53
		보수부 박락	㎡	-	0.24	▲ 0.24
		박리	㎡	-	1.80	▲ 1.80
		표면오염	㎡	136.00	212.00	▲ 76.00
		철근노출	㎡	0.16	-	▼ 0.16
교량받침		플레이트 부식	개소	28	8	▼ 28
		도장박리	㎡	-	0.01	▲ 0.01
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm미만)	m	-	7.90	▲ 7.90
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm이상)	m	-	1.00	▲ 1.00
		받침콘크리트 망상균열	㎡	-	0.30	▲ 0.30
		받침콘크리트 파손	㎡	0.04	0.16	▲ 0.12
		받침콘크리트 박락	㎡	-	0.04	▲ 0.04
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.38	0.19	▼ 0.19
		받침몰탈 균열	m	-	0.40	▲ 0.40
		받침몰탈 박락	㎡	-	0.06	▲ 0.06
		받침몰탈 파손	㎡	-	0.03	▲ 0.03

【표 3.192】기 진단(2018년) 외관조사 결과 비교(부산)(계속)

구분		결함 및 손상내용	단위	2018년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단	물량 증·감
				물량	물량	
신축이음장치		후타재 망상균열	㎡	-	24.78	▲ 24.78
		후타재 마모	㎡	4.20	9.30	▲ 5.10
		후타재 박락	㎡	-	0.10	▲ 0.10
		유간토사 퇴적	m	-	7.00	▲ 7.00
		차수판 볼트탈락	개소	4	3	▼ 1
		차수판 설치불량	개소	-	1	▲ 1
		후타재 파손	㎡	0.09	-	▼ 0.09
		고무재 파손	㎡	7.20	-	▼ 7.20
		차수판 덮개유실	개소	1	-	▼ 1
교면포장		LMC포장 균열	m	41.00	655.00	▲ 614.00
		망상균열	㎡	-	140.00	▲ 140.00
		박락	㎡	-	1.20	▲ 1.20
		파손	㎡	0.40	0.48	▲ 0.08
기타부재	배수시설	배수관 연결부 누수	개소	1	2	▲ 1
		배수관 연결부 용접불량	개소	-	1	▲ 1
		배수관 연결부 이격	개소	-	2	▲ 2
		배수관 탈락	개소	2	2	- -
		배수구 막힘	개소	2	8	▲ 6
		배수관 설치불량	개소	1	-	▼ 1
		고정대 파손	개소	7	-	▼ 7
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	m	194.50	34.50	▼ 160.00
		균열(cw=0.3mm이상)	m	-	13.50	▲ 13.50
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	m	-	6.00	▲ 6.00
		공동	㎡	-	0.01	▲ 0.01
		박락	㎡	-	0.15	▲ 0.15
		철근노출	㎡	-	0.06	▲ 0.06
		파손(긁힘)	㎡	-	11.35	▲ 11.35
		방음판 변형	개소	-	1	▲ 1
검토의견		•기 진단(18년)과의 비교분석 결과, 구조물의 발생된 손상의 급격한 상태변화는 없는 것으로 확인되었으며, 공용중 실시한 유지보수로 일부 손상물량이 감소한 것으로 조사됨. •금회진단에서 조사된 신규손상은 상세조사 및 경년열화 등에 의하여 추가 확인된 것으로 판단됨.				

3.5.3 콘크리트 내구성 결과요약(울산)

가. 금회 정밀안전진단 콘크리트 내구성조사 결과요약

【표 3.193】 금회 정밀안전진단 내구성조사 결과요약(울산)

<table>
<tr><th>시 험 명</th><th colspan="3">시험부위</th><th colspan="2">시험결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td rowspan="10">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td>28.2～28.6
(PSC Beam)</td><td>43.5～44.9
(PSC Box)</td><td rowspan="10">•설계기준강도대비 100% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
•건전부대비 비건전부의 측정강도가 95%를 상회하여 콘크리트의 표면 품질 저하는 경미한 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>43.6～44.2
(PSC Beam)</td><td>43.8～44.8
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td>30.9～31.4
(PSC Beam)</td><td>62.8～69.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td>64.0～65.1
(PSC Beam)</td><td>62.8～69.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td>교대</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td colspan="2">26.6～27.7</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">25.9～28.6</td></tr>
<tr><td>교대</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td colspan="2">29.2～30.4</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">28.7～31.9</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="3">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="9">•전반적으로 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께 및 배근간격은 일부구간 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>100～136</td><td>50～59</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100～179</td><td>49～57</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>170～226</td><td>50～57</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～157</td><td>49～56</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>255～285</td><td>100～112</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>143～177</td><td>98～107</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>85～120</td><td>100～115</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>254～330</td><td>99～105</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">41.1～43.5</td><td rowspan="2">•전 개소 ‘a등급’ 으로 분석되어, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">91.7～93.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">0.427</td><td rowspan="2">•상태평가 기준 “a～b” 로서, 염화물에 의한 철근부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">0.253～0.323</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="6">•비파괴강도 측정결과, 전 개소의 측정값이 설계기준강도를 상회하는 것으로 나타났으며, 건전부 대비 비건전부의 측정압축강도가 95%를 상회하여 본 구조물의 콘크리트 품질은 양호한 것으로 판단됨.
•탄산화 깊이 측정결과, 전개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨.
•염화물함유량 시험결과 상부구조 1개소, 하부구조 2개소에서 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

나. 전차 정밀안전진단(2018년)결과 비교, 분석

【표 3.194】 내구성조사 전차 정밀안전진단(2018년)결과와의 비교(울산)

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th rowspan="2">평가의견</th></tr>
<tr><th colspan="2">2018년 정밀안전진단</th><th colspan="2">금회 정밀안전진단</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴 강도 (㎫)</td><td rowspan="2">상부 구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2">40.1～41.9</td><td colspan="2">28.2～44.9</td><td rowspan="4">•측정위치의 편차가 존재하나 모든 부재에서 설계기준강도를 상회하여 구조물의 공용년수 증가에 의한 강도저하는 발생하지 않음.</td></tr>
<tr><td>초음파 전달속도</td><td colspan="2">35.6～44.5</td><td colspan="2">30.9～69.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부 구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2">26.9～32.1</td><td colspan="2">25.9～28.6</td></tr>
<tr><td>초음파 전달속도</td><td colspan="2">21.8～29.3</td><td colspan="2">28.7～31.9</td></tr>
<tr><td rowspan="11">철근탐사 (㎜)</td><td colspan="2">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="11">•측정위치에 따른 편차가 일부 존재하며, 상부구조의 경우 설계간격 차이로, 단위길이당 철근 수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께를 상회하여 철근의 배근상태는 양호함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>90～265</td><td>41～86</td><td>100～136</td><td>50～59</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～200</td><td>41～55</td><td>100～179</td><td>49～57</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>175～220</td><td>42～61</td><td>170～226</td><td>50～57</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～165</td><td>41～59</td><td>90～157</td><td>49～56</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>200～250</td><td>96～100</td><td>255～285</td><td>100～112</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>140～160</td><td>82～100</td><td>143～177</td><td>98～107</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>75～135</td><td>89～110</td><td>85～120</td><td>100～115</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>280～320</td><td>73～96</td><td>254～330</td><td>99～105</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td colspan="2">31.7～43.9</td><td colspan="2">41.1～43.5</td><td rowspan="2">•기 진단 결과와 비교하여 전반적으로 잔여피복두께가 감소한 부재가 존재하나, 상태평가등급 “a”로 내구성저하 문제는 발생하지 않음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td colspan="2">69.8～81.1</td><td colspan="2">91.7～93.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물 함유량시험 (kg/㎥)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td colspan="2">0.148</td><td colspan="2">0.427</td><td rowspan="2">•시험결과, 염화물에 의한 부식 발생 가능성이 낮은 상태로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td colspan="2">0.136～0.147</td><td colspan="2">0.253～0.323</td></tr>
<tr><td>종합 평가</td><td colspan="7">•비파괴강도 측정, 탄산화 깊이측정, 염화물함유량 시험 등을 기 진단 결과와 비교 할 때 공용기간 경과에 따른 내구성 저하는 없는 것으로 분석됨.
•철근 배근상태 및 피복두께 측정값이 기 진단 결과와 측정위치별 다소 상이하며, 이는 설계 배근 간격 차이이며, 공용기간 경과에 따른 콘크리트 내부의 유동은 없다고 분석됨.</td></tr>
</table>

3.5.4 콘크리트 내구성 결과요약(부산)

가. 금회 정밀안전진단 콘크리트 내구성조사 결과요약

【표 3.195】 금회 정밀안전진단 내구성조사 결과요약(부산)

<table>
<tr><th>시 험 명</th><th colspan="3">시험부위</th><th colspan="2">시험결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td rowspan="10">비파괴
강도
(㎫)</td><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td>27.6～28.0
(PSC Beam)</td><td>44.3～45.2
(PSC Box)</td><td rowspan="10">•설계기준강도대비 100% 이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
•건전부대비 비건전부의 측정강도가 95%를 상회하여 콘크리트의 표면 품질 저하는 경미한 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td>거더</td><td>44.2～46.1
(PSC Beam)</td><td>44.7～46.2
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td>30.6～30.9
(PSC Beam)</td><td>62.7～68.8
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td>거더</td><td>62.2～63.3
(PSC Beam)</td><td>62.7～80.3
(PSC Box)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td>교대</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td colspan="2">27.4～28.5</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">29.0～30.7</td></tr>
<tr><td>교대</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td colspan="2">33.5～35.4</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">30.9～39.0</td></tr>
<tr><td rowspan="9">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="3">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="9">•전반적으로 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께 및 배근간격은 일부구간 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">상부
구조</td><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>104～150</td><td>49～78</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>100～199</td><td>49～55</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>166～231</td><td>50～104</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>88～176</td><td>48～56</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부
구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>225～250</td><td>99～106</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>116～159</td><td>100～103</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>80～150</td><td>99～110</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>241～378</td><td>97～140</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">40.1～43.6</td><td rowspan="2">•전 개소 ‘a등급’ 으로 분석되어, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">90.5～92.6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">0.346</td><td rowspan="2">•상태평가 기준 “a～b” 로서, 염화물에 의한 철근부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">0.264～0.882</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="6">•비파괴강도 측정결과, 전 개소의 측정값이 설계기준강도를 상회하는 것으로 나타났으며, 건전부 대비 비건전부의 측정압축강도가 95%를 상회하여 본 구조물의 콘크리트 품질은 양호한 것으로 판단됨.
•탄산화 깊이 측정결과, 전개소에서 상태평가 “a” 로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨.
•염화물함유량 시험결과 상부구조 1개소, 하부구조 2개소에서 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
</table>

나. 전차 정밀안전진단(2018년)결과 비교, 분석

【표 3.196】 내구성조사 전차 정밀안전진단(2018년)결과와의 비교(부산)

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험 명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="4">시험결과</th><th rowspan="2">평가의견</th></tr>
<tr><th colspan="2">2018년 정밀안전진단</th><th colspan="2">금회 정밀안전진단</th></tr>
<tr><td rowspan="4">비파괴 강도 (㎫)</td><td rowspan="2">상부 구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2">40.2～42.5</td><td colspan="2">27.6～46.2</td><td rowspan="4">•측정위치의 편차가 존재하나 모든 부재에서 설계기준강도를 상회하여 구조물의 공용년수 증가에 의한 강도저하는 발생하지 않음.</td></tr>
<tr><td>초음파 전달속도</td><td colspan="2">33.6～46.0</td><td colspan="2">30.6～80.3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부 구조</td><td>반발경도</td><td colspan="2">25.6～30.5</td><td colspan="2">27.4～30.7</td></tr>
<tr><td>초음파 전달속도</td><td colspan="2">20.8～31.1</td><td colspan="2">30.9～39.0</td></tr>
<tr><td rowspan="11">철근탐사 (㎜)</td><td colspan="2">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="11">•측정위치에 따른 편차가 일부 존재하며, 상부구조의 경우 설계간격 차이로, 단위길이당 철근 수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께를 상회하여 철근의 배근상태는 양호함.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>90～265</td><td>41～74</td><td>104～150</td><td>49～78</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～170</td><td>37～65</td><td>100～199</td><td>49～55</td></tr>
<tr><td rowspan="2">거더</td><td>주철근</td><td>185～220</td><td>37～65</td><td>166～231</td><td>50～104</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>90～160</td><td>42～59</td><td>88～176</td><td>48～56</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>235～250</td><td>79～100</td><td>225～250</td><td>99～106</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>135～155</td><td>82～105</td><td>116～159</td><td>100～103</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>90～140</td><td>86～110</td><td>80～150</td><td>99～110</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>258～320</td><td>71～108</td><td>241～378</td><td>97～140</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td colspan="2">31.7～43.9</td><td colspan="2">40.1～43.6</td><td rowspan="2">•기 진단 결과와 비교하여 전반적으로 잔여피복두께가 감소한 부재가 존재하나, 상태평가등급 “a”로 내구성저하 문제는 발생하지 않음.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td colspan="2">69.8～81.1</td><td colspan="2">90.5～92.6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물 함유량시험 (kg/㎥)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td colspan="2">0.151</td><td colspan="2">0.346</td><td rowspan="2">•시험결과, 염화물에 의한 부식 발생 가능성이 낮은 상태로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td colspan="2">0.117～0.148</td><td colspan="2">0.264～0.882</td></tr>
<tr><td>종합 평가</td><td colspan="7">•비파괴강도 측정, 탄산화 깊이측정, 염화물함유량 시험 등을 기 진단 결과와 비교 할 때 공용기간 경과에 따른 내구성 저하는 없는 것으로 분석됨.
•철근 배근상태 및 피복두께 측정값이 기 진단 결과와 측정위치별 다소 상이하며, 이는 설계 배근 간격 차이이며, 공용기간 경과에 따른 콘크리트 내부의 유동은 없다고 분석됨.</td></tr>
</table>

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침_안전점검·진단편(교량)(2022.12, 국토교통부/국토안전관리원)』의 상태평가 기준에 따라 실시하였다.

정밀안전진단의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하였으며, 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하였다.

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화 함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다. 교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

【표 4.1】부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재 (가로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물	a, b, c, d

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.2】구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량							라멘교		
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치,트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판			
상부	바닥판		34	18	18	-	20	20	15		34	20	21
	주 형		-	20	25	37	18	20	23		-	21	23
	2차부재		-	5	-	11	5	3	5		-	5	-
하부	교대/교각		20	13	13	18	13		13		34	22	24
	기초		7	7	7	7	7		7		7	7	7
받침	교량받침		10	9	9	14	9		9		3	3	3
기타	신축이음		10	9	9	-	9		9		3	3	3
	교면포장		7	7	7	-	7		7		7	7	7
	배수시설		3	3	3	-	3		3		3	3	3
	난간/연석		2	2	2	6	2		2		2	2	2
콘크리트	탄산화	상부	2	2		-	-	2	2	-	4		
		하부	2	2		4	4	2	2	4			
	염화물	상부	2	2		-	-	2	2	-	3		
		하부	1	1		3	3	1	1	3			

<해 설>

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.
- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물 항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

4.2.3 상태평가 결과 결정

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최적값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최적값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

3) 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

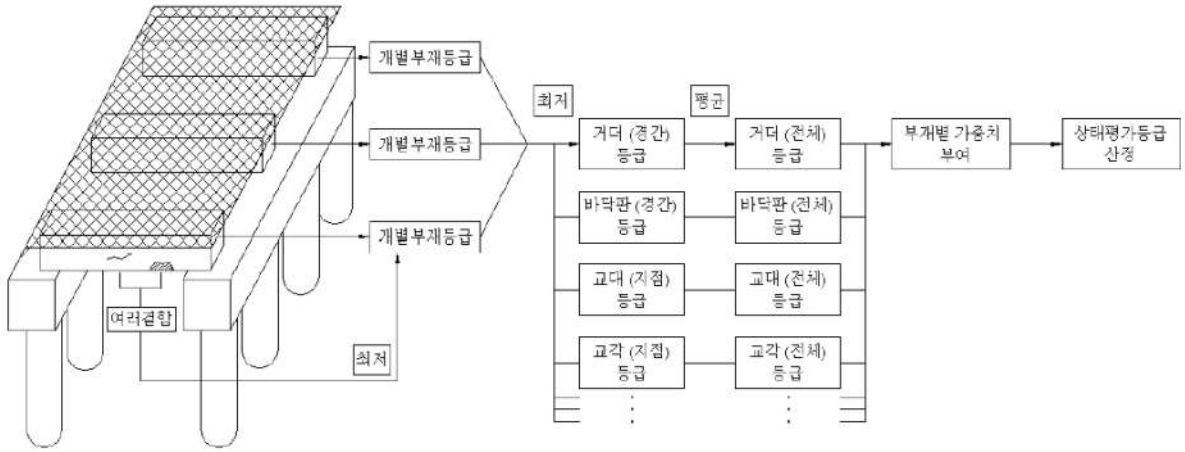
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준 값이며, 【표 4.3】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.3】결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	0≤x<0.13	0.13≤x<0.26	0.26≤x<0.49	0.49≤x<0.79	0.79≤x



【그림 4.1】전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1 각 부재별 상태평가 결과(울산)

가. 바닥판

- 바닥판에 대한 상태평가 결과, “a～c” 로 산정되었다.
- 바닥판하면에 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태, 망상균열 등이 조사되었으며, 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다.
- 바닥판하면에 균열(Cw=0.3㎜이상)이 조사되었으며, 상태평가 기준 “c” 로 평가되었다.

【표 4.4】바닥판 상태평가 결과(울산)

구 분	점검 면적 (㎡)	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상						평가 결과
		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		누수 및 백태 손상면적율(%)		표면손상 면적율(%)		철근부식 손상면적율(%)		
S1	1,215.4	0.1	b	0.012	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S2	1,517.4	0.2	b	0.165	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S3	1,517.4	0.2	b	0.115	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S4	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	0.014	b	-	a	-	a	b
S5	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S6	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	0.005	b	-	a	-	a	b
S7	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S8	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S9	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	0.009	b	-	a	-	a	b
S10	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S11	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S12	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	0.007	b	0.016	b	-	a	b
S13	1,517.4	0.1	b	0.066	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S14	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S15	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S16	1,517.4	0.2	b	0.115	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S17	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S18	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S19	1,215.4	0.3	c	0.206	b	0.1	b	0.099	b	-	a	-	a	-	a	c
S20	615.2	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S21	615.2	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	0.065	b	-	a	b
S22	615.2	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a

나. 거더

- 거더에 대한 상태평가 결과, “a～c” 로 산정되었다.
- 내부 및 외부에 망상균열, 박락 등이 조사되었으며, 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다.
- 균열(Cw=0.2㎜)이 조사되었으며, 상태평가 기준 “c” 로 평가되었다.
- PSC Beam 구간은 망상균열, 재료분리가 조사되었으며, 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다

【표 4.5】거더 상태평가 결과(울산)

구분	점검 면적 (㎡)	거더						긴장재(탠던)						평가 결과
		균열		열화 및 손상				강연선노출 충전결함		그라우트 충전결함		보호관 손상		
		최대폭 (Cw=㎜)		표면손상 면적비(%)		철근부식손상 면적비(%)								
S1	836.0	0.1	b	0.025	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	b
S2	1,039.0	0.2	c	0.002	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	c
S3	1,039.0	0.2	c	0.023	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	c
S4	1,039.0	0.1	b	0.004	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	b
S5	1,039.0	0.2	c	-	a	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	c
S6	1,039.0	0.2	c	0.004	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	c
S7	1,039.0	0.2	c	-	a	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	c
S8	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S9	1,039.0	0.2	c	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S10	1,039.0	0.2	c	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S11	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S12	1,039.0	0.3	d	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	d
S13	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S14	1,039.0	0.2	c	0.006	b	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S15	1,039.0	0.2	c	0.019	b	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S16	1,039.0	0.2	c	0.040	b	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S17	1,039.0	0.1	b	0.010	b	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S18	1,039.0	0.1	b	0.050	b	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S19	836.0	0.2	c	0.007	b	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S20	997.1	-	a	-	a	-	a	-	-	-	-	-	-	a
S21	997.1	-	a	-	a	-	a	-	-	-	-	-	-	a
S22	997.1	0.1	b	0.012	b	-	a	-	-	-	-	-	-	b

다. 2차부재(격벽)

- 2차부재(격벽)에 대한 상태평가 결과, “b~c” 로 산정되었다.
- 균열(Cw=0.3㎜이상)이 조사되었으며, 상태평가 기준 “c” 로 평가되었다.

【표 4.6】 2차부재(격벽) 상태평가 결과(울산)

구 분	점검 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(㎜)		표면 손상면적율(%)		철근부식 손상면적율(%)		
A1	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P1	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P2	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P3	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P4	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P5	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P6	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P7	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P8	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P9	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P10	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P11	37.5	0.3	c	-	a	-	a	c
P12	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P13	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P14	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P15	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P16	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P17	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P18	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P19	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b

라. 2차부재(가로보)

- 2차부재(가로보)에 대한 상태평가 결과, “b~c” 로 산정되었다.
- 박락 및 들뜸 조사되었으며, 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다.
- 철근노출이 조사되었으며, 상태평가 기준 “c” 로 평가되었다.

【표 4.7】 2차부재(가로보) 상태평가 결과(울산)

구 분	점검 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(㎜)		표면 손상면적율(%)		철근부식 손상면적율(%)		
P20	121.6	-	a	0.074	b	-	a	b
S21	121.6	-	a	3.495	c	0.444	c	c
S22	121.6	-	a	3.808	c	-	a	c

마. 교대

① 교대

- 교대(A1, A2)에 대한 상태평가 결과, 균열(Cw=0.3㎜이상), 철근노출 등이 조사되어 “c” 로 평가되었다.

【표 4.8】 교대 상태평가 결과(울산)

구 분	점검 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(㎜)		변위		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
A1	217.3	0.2	b	-	a	0.750	b	0.024	c	c
A2	168.0	0.3	c	-	a	3.571	c	-	a	c

바. 교각

- 교각(P1～P21)의 상태평가 결과, “a～c” 로 산정되었다.
- 교각에 균열(Cw=0.3㎜미만) 및 망상균열 등이 발생되어 “b” 로 평가되었다.
- 교각에 균열(Cw=0.3㎜이상)이 발생되어 “c” 로 평가되었다.

【표 4.9】 교각 상태평가 결과(울산)

구 분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(㎜)		변위		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
P1	469.1	0.1	b	-	a	0.004	b	-	a	b
P2	469.1	0.1	b	-	a	-	a	-	a	b
P3	469.1	0.2	b	-	a	0.104	b	-	a	b
P4	469.1	0.2	b	-	a	0.098	b	-	a	b
P5	469.1	0.2	b	-	a	0.009	b	-	a	b
P6	469.1	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b
P7	469.1	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b
P8	469.1	-	a	-	a	-	a	-	a	a
P9	469.1	0.2	b	-	a	0.004	b	-	a	b
P10	469.1	0.2	b	-	a	0.002	b	-	a	b
P11	469.1	0.1	b	-	a	-	a	-	a	b
P12	469.1	0.2	b	-	a	0.090	b	-	a	b
P13	469.1	0.3	c	-	a	-	a	-	a	c
P14	469.1	0.2	b	-	a	0.102	b	-	a	b
P15	469.1	0.2	b	-	a	0.072	b	-	a	b
P16	469.1	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b
P17	357.8	0.2	b	-	a	0.089	b	-	a	b
P18	246.5	0.2	b	-	a	0.049	b	-	a	b
P19	894.4	0.3	c	-	a	-	a	-	a	c
P20	559.7	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b
P21	290.5	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b

사. 기초

- 교대 및 교각의 기초는 비노출 상태이므로, 조사불가 상태인 “q” 로 산정되었다.

【표 4.10】 기초 상태평가 결과(울산)

구 분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (㎜)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (㎜)		
A1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P5	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P6	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P7	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P8	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P9	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P10	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P11	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P12	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P13	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P14	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P15	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P16	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P17	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P18	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P19	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P20	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P21	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

아. 교량받침

- 본 교량의 교량받침에 대한 상태평가, “a~b” 로 산정되었다.
- 본체에 플레이트 부식 및 도장박리가 조사되어 “b” 로 평가되었다.
- 받침 콘크리트에 균열(Cw=0.3㎜미만) 및 박리 등이 조사되어 “b” 로 평가되었다.
- 받침 몰탈에 균열(Cw=0.3㎜미만) 및 박리가 조사되어 “b” 로 평가되었다.

【표 4.11】교량받침 상태평가 결과(울산)

구 분	받침본체				받침 콘크리트 등				평가 결과
	탄성받침		강재받침		균열폭(㎜)		박리, 박락, 파손 등		
A1	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P1	-	a	-	-	0.1	b	-	a	b
P2	부식	b	-	-	0.2	b	-	a	b
P3	-	a	-	-	0.1	b	박리	b	b
P4	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P5	부식	b	-	-	-	a	-	a	b
P6	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P7	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P8	부식	b	-	-	0.2	b	-	a	b
P9	부식	b	-	-	-	a	-	a	b
P10	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P11	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P12	부식	b	-	-	0.2	b	-	a	b
P13	부식	b	-	-	0.2	b	파손	b	b
P14	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P15	부식	b	-	-	0.2	b	-	a	b
P16	-	a	-	-	0.2	b	박리	b	b
P17	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P18	-	a	-	-	0.1	b	-	a	b
P19	-	a	-	-	0.1	b	-	a	b
P20	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P21	-	a	-	-	-	a	-	a	a
A2	-	a	-	-	-	a	-	a	a

자. 신축이음

- 신축이음의 상태평가 결과, “b~c” 로 산정되었다.
- 신축이음(A1)는 후타재 파손으로 인해 “c” 산정되었다.

【표 4.12】 신축이음 상태평가 결과(울산)

구 분	본체		후타재				평가 결과
			균열폭(㎜)		박리, 박락, 파손 등		
A1	-	a	0.1	b	파손	c	c
P19-1	유간 토사퇴적	b	0.1	b	-	a	b
P19-2	-	a	0.2	b	-	a	b
A2	유간 토사퇴적	b	0.2	b	-	a	b

차. 교면포장

- 교면포장에 대한 상태평가 결과, “a~b” 로 산정되었다.
- 일부 경간에 포장균열 등이 조사되었다. S4~S7, S20 경간은 포장불량율이 10%미만으로 조사되었고, 통행차량의 주행성에 영향은 없는 상태이다.

【표 4.13】 교면포장 상태평가 결과(울산)

구 분	점검면적 (㎡)	포장불량				배 수		평가 결과
		포장불량 면적율(%)		주행성 및 통행성				
S1	628.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S2	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S3	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S4	785.0	0.955	b	양호	a	양호	a	b
S5	785.0	1.592	b	양호	a	양호	a	b
S6	785.0	1.592	b	양호	a	양호	a	b
S7	785.0	0.318	b	양호	a	양호	a	b
S8	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S9	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S10	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S11	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S12	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S13	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S14	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S15	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S16	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S17	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S18	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S19	628.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S20	471.0	0.306	b	양호	a	양호	a	b
S21	471.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S22	471.0	-	a	양호	a	양호	a	a

카. 배수시설

- 배수시설에 대한 상태평가 결과 “a~c” 로 산정되었다.
- 배수구 파손, 배수관 탈락, 지지대 파손, 지지대 볼트풀림, 배수관 위치불량이 조사된 구간은 “c” 로 산정되었다.

【표 4.14】배수시설 상태평가 결과(울산)

구 분	배수구/배수관 손상현황		평가 결과
S1	-	a	a
S2	-	a	a
S3	-	a	a
S4	-	a	a
S5	-	a	a
S6	-	a	a
S7	-	a	a
S8	배수관 파손	c	c
S9	-	a	a
S10	-	a	a
S11	-	a	a
S12	-	a	a
S13	지지대 파손	c	c
S14	배수관 탈락, 배수관 위치불량	c	c
S15	-	a	a
S16	배수관 탈락	c	c
S17	-	a	a
S18	지지대 볼트풀림	c	c
S19	-	a	a
S20	-	a	a
S21	-	a	a
S22	-	a	a

타. 난간 및 연석(방음벽)

- 방음벽 상태평가는 한국도로공사 ‘교량 방음벽 지주 상태평가 시행방안(2022.10)’에 따라 방음벽 변형, 지주 부식 등을 강재에 반영하여 평가하였다.
- 난간 및 연석에 대한 상태평가 결과 “a~c”로 산정되었다.
- 균열(Cw=0.3㎜미만) 및 백태 등이 발생된 구간은 상태평가 기준 “b”로 평가되었다.
- 철근노출 및 박락 등이 발생된 구간은 상태평가 기준 “c”로 평가되었다.

【표 4.15】 난간 및 연석 상태평가 결과(울산)

구 분	점검길이 (m)	강재		콘크리트						평가 결과
				균열폭(㎜)		경미한손상 박리, 파손, 철근노출(%)		철근부식 손상길이(%)		
S1	40.0	-	a	-	a	0.255	c	-	a	c
S2	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S3	50.0	긁힘	b	0.2	b	0.019	b	-	a	b
S4	50.0	-	a	0.1	b	0.009	c	-	a	c
S5	50.0	-	a	-	a	0.028	c	-	a	c
S6	50.0	-	a	0.2	b	0.065	c	0.009	c	c
S7	50.0	-	a	0.2	b	0.009	c	0.009	c	c
S8	50.0	-	a	0.2	b	-	a	-	-	b
S9	50.0	-	a	0.2	b	-	a	-	-	b
S10	50.0	-	a	0.2	b	0.019	c	-	-	c
S11	50.0	-	a	0.2	b	0.009	c	0.028	c	c
S12	50.0	-	a	-	a	4.676	b	-	a	b
S13	50.0	-	a	0.2	b	0.852	c	-	a	c
S14	50.0	-	a	0.2	b	0.167	c	0.167	c	c
S15	50.0	-	a	0.2	b	0.120	c	0.120	c	c
S16	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S17	50.0	변형	b	-	a	-	a	-	a	b
S18	50.0	-	a	0.2	b	0.019	c	-	a	c
S19	40.0	-	a	-	a	0.046	c	-	a	c
S20	30.0	-	a	-	a	0.231	c	-	a	c
S21	30.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S22	30.0	-	a	0.1	b	1.204	c	-	a	c

파. 탄산화

- 탄산화 깊이 측정은 총 9개소(상부 5개소, 하부 4개소)에서 실시하였으며, 잔여피복두께에 대한 상태평가결과 “a” 로 평가되었다.

【표 4.16】 탄산화 상태평가 결과(울산)

구 분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부구조	S1 우측 캔틸레버	41.1	< 탄산화 잔여 깊이 > •a : 30㎜이상 •b : 10㎜이상~30㎜미만 •c : 0㎜이상~10㎜미만 •d : 0㎜미만	a
	S10 우측 캔틸레버	42.7		a
	S20 우측 캔틸레버	41.7		a
	S1 우측 복부	42.4		a
	S10 우측 복부	43.5		a
하부구조	A1 구체	93.2		a
	A2 구체	91.8		a
	P3 배면	91.7		a
	P15 좌측면	92.6		a

하. 염화물

- 염화물함유량 시험은 총 3개소에서 실시하여 깊이별 시험을 실시하였으며, 측정결과 “a~b” 로 평가되었다.
- S6 및 P4, P15은 염화물에 의한 철근부식 영향은 거의 없는 것으로 확인 되었고, 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성이 없는 것으로 판단된다.

【표 4.17】 염화물 상태평가 결과(울산)

구 분		염화물함유량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부구조	S6 바닥판 하면	0.427	< 염화물 함유량 > •a : 염화물≤0.3kg/㎥ •b : 0.3≤염화물≤1.2kg/㎥ •c : 1.2≤염화물≤2.5kg/㎥ •d : 2.5≤염화물	b
하부구조	P4 배면	0.253		a
	P15 좌측면	0.323		b

4.3.2 각 부재별 상태평가 결과(부산)

가. 바닥판

- 바닥판에 대한 상태평가 결과, “a~b” 로 산정되었다.
- 바닥판하면에 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열부 백태, 망상균열 등이 조사되었으며, 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다.

【표 4.18】바닥판 상태평가 결과(부산)

구 분	점검 면적 (㎡)	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상						평가 결과
		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		균열폭 (㎜)		균열율 (%)		누수 및 백태 손상면적율(%)		표면손상 면적율(%)		철근부식 손상면적율(%)		
S1	1,215.4	0.2	b	0.329	b	-	a	-	a	0.005	b	-	a	-	a	b
S2	1,517.4	0.2	b	0.198	b	-	a	-	a	0.105	b	-	a	-	a	b
S3	1,517.4	0.2	b	0.132	b	-	a	-	a	0.013	b	-	a	-	a	b
S4	1,517.4	0.2	b	0.033	b	-	a	-	a	0.013	b	-	a	-	a	b
S5	1,517.4	0.2	b	0.016	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S6	1,517.4	0.2	b	0.115	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S7	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S8	1,517.4	0.2	b	0.148	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S9	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	0.004	b	-	a	-	a	b
S10	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S11	1,517.4	0.2	b	0.214	b	-	a	-	a	0.007	b	-	a	-	a	b
S12	1,517.4	0.2	b	0.082	b	-	a	-	a	0.001	b	-	a	-	a	b
S13	1,517.4	0.2	b	0.247	b	-	a	-	a	0.014	b	-	a	-	a	b
S14	1,517.4	0.2	b	0.404	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S15	1,517.4	0.2	b	0.206	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S16	1,517.4	0.2	b	0.198	b	-	a	-	a	0.007	b	-	a	-	a	b
S17	1,517.4	0.2	b	0.198	b	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	b
S18	1,517.4	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S19	1,215.4	0.2	b	0.442	b	0.1	b	1.481	b	-	a	-	a	-	a	b
S20	615.2	-	a	-	a	-	a	-	a	0.102	b	0.065	b	-	a	b
S21	615.2	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S22	615.2	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	-	a	a

나. 거더

- 거더에 대한 상태평가 결과, “a~c” 로 산정되었다.
- 내부 및 외부에 망상균열, 파손 등이 조사되었으며, 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다.
- 균열(Cw=0.2㎜)이 조사되었으며, 상태평가 기준 “c” 로 평가되었다.
- PSC Beam 구간은 재료분리가 조사되었으며, 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다.

【표 4.19】 거더 상태평가 결과(부산)

구 분	점검 면적 (㎡)	거더						긴장재(탠던)						평가 결과
		균열		열화 및 손상				강연선노출 충전결함		그라우트 충전결함		보호관 손상		
		최대폭 (Cw=㎜)		표면손상 면적비(%)		철근부식손상 면적비(%)								
S1	836.0	0.1	b	0.001	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	b
S2	1,039.0	0.1	b	0.008	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	b
S3	1,039.0	0.1	b	0.012	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	b
S4	1,039.0	0.2	c	0.023	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	c
S5	1,039.0	0.2	c	-	a	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	c
S6	1,039.0	0.2	c	0.001	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	c
S7	1,039.0	-	a	0.012	b	-	a	노출없음	a	충전결함 없음	a	이상없음	a	b
S8	1,039.0	0.2	c	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S9	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S10	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S11	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S12	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S13	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S14	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S15	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S16	1,039.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S17	1,039.0	0.2	c	0.019	b	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S18	1,039.0	0.2	c	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	c
S19	836.0	0.1	b	-	a	-	a	노출없음	a	노출없음	a	노출없음	a	b
S20	997.1	-	a	-	a	-	a	-	-	-	-	-	-	a
S21	997.1	-	a	0.004	b	-	a	-	-	-	-	-	-	b
S22	997.1	-	a	-	a	-	a	-	-	-	-	-	-	a

다. 2차부재(격벽)

- 2차부재(격벽)에 대한 상태평가 결과, “a~c” 로 산정되었다.
- 균열(Cw=0.3㎜이상)이 조사되었으며, 상태평가 기준 “c” 로 평가되었다.

【표 4.20】 2차부재(격벽) 상태평가 결과(부산)

구 분	점검 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(㎜)		표면 손상면적율(%)		철근부식 손상면적율(%)		
A1	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P1	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P2	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P3	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P4	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P5	37.5	0.3	c	-	a	-	a	c
P6	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P7	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P8	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P9	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P10	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P11	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P12	37.5	-	a	-	a	-	a	a
P13	37.5	0.1	b	-	a	-	a	b
P14	37.5	0.3	c	-	a	-	a	c
P15	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P16	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P17	37.5	-	a	-	a	-	a	a
P18	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b
P19	37.5	0.2	b	-	a	-	a	b

라. 2차부재(가로보)

- 2차부재(가로보)에 대한 상태평가 결과, “a~b” 로 산정되었다.
- 박락 및 들뜸 조사되었으며, 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다.

【표 4.21】 2차부재(가로보) 상태평가 결과(부산)

구 분	점검 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(㎜)		표면 손상면적율(%)		철근부식 손상면적율(%)		
P20	121.6	-	a	0.592	b	-	a	b
S21	121.6	-	a	0.913	b	-	a	b
S22	121.6	-	a	-	a	-	a	a

마. 교대

① 교대

- 교대(A1, A2)에 대한 상태평가 결과, 백태, 철근노출 등이 조사되어 “b~c” 로 평가되었다.

【표 4.22】교대 상태평가 결과(부산)

구 분	점검 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(㎜)		변위		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
A1	217.3	0.2	a	-	a	0.359	b	0.313	c	c
A2	168.0	-	a	-	a	1.190	b	0.006	c	c

바. 교각

- 교각(P1~P21)의 상태평가 결과 “b~c” 로 산정되었다.
- 교각에 균열(Cw=0.3㎜미만) 및 망상균열 등이 발생되어 “b” 로 평가되었다.
- 교각에 균열(Cw=0.3㎜이상)이 발생되어 “c” 로 평가되었다.

【표 4.23】교각 상태평가 결과(부산)

구 분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭(㎜)		변위		표면 손상면적(%)		철근부식 손상면적(%)		
P1	469.1	0.1	b	-	a	-	a	-	a	b
P2	469.1	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b
P3	469.1	0.3	c	-	a	-	a	-	a	c
P4	469.1	0.2	b	-	a	0.390	b	-	a	b
P5	469.1	0.2	b	-	a	0.053	b	-	a	b
P6	469.1	0.3	c	-	a	0.273	b	-	a	c
P7	469.1	0.2	b	-	a	0.045	b	-	a	b
P8	469.1	0.2	b	-	a	0.081	b	-	a	b
P9	469.1	0.3	c	-	a	0.072	b	-	a	c
P10	469.1	0.2	b	-	a	0.068	b	-	a	b
P11	469.1	0.2	b	-	a	0.019	b	-	a	b
P12	469.1	0.2	b	-	a	0.062	b	-	a	b
P13	469.1	0.2	b	-	a	0.030	b	-	a	b
P14	469.1	0.3	c	-	a	0.004	b	-	a	c
P15	469.1	0.2	b	-	a	0.013	b	-	a	b
P16	469.1	0.3	c	-	a	0.055	b	-	a	c
P17	357.8	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b
P18	246.5	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b
P19	894.4	0.3	c	-	a	-	a	-	a	c
P20	559.7	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b
P21	290.5	0.2	b	-	a	-	a	-	a	b

사. 기초

- 교대 및 교각의 기초는 비노출 상태이므로, 조사불가 상태인 “q” 로 산정되었다.

【표 4.24】 기초 상태평가 결과(부산)

구 분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (㎜)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (㎜)		
A1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P5	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P6	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P7	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P8	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P9	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P10	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P11	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P12	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P13	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P14	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P15	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P16	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P17	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P18	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P19	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P20	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P21	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
A2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

아. 교량받침

- 본 교량의 교량받침에 대한 상태평가, “a～c” 로 산정되었다.
- 본체에 플레이트 부식 및 도장박리가 조사되어 “b” 로 평가되었다.
- 받침 콘크리트에 균열(Cw=0.3㎜미만) 및 균열(Cw=0.3㎜이상) 등이 조사되어 “b～c” 로 평가되었다.
- 받침 몰탈에 균열(Cw=0.3㎜미만) 및 박락, 파손이 조사되어 “b” 로 평가되었다.

【표 4.25】교량받침 상태평가 결과(부산)

구 분	받침본체				받침 콘크리트 등				평가 결과
	탄성받침		강재받침		균열폭(㎜)		박리, 박락, 파손 등		
A1	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P1	부식	b	-	-	0.2	b	-	a	b
P2	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P3	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P4	-	a	-	-	0.3	c	-	a	c
P5	-	a	-	-	0.3	c	-	a	c
P6	부식	b	-	-	-	a	-	a	b
P7	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P8	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P9	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P10	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P11	부식	b	-	-	0.2	b	-	a	b
P12	-	a	-	-	0.2	b	파손	b	b
P13	부식	b	-	-	0.2	b	파손	b	b
P14	부식	b	-	-	0.3	c	-	a	c
P15	부식	b	-	-	0.1	b	-	a	b
P16	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P17	-	a	-	-	-	a	파손	b	b
P18	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P19	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
P20	-	a	-	-	-	a	-	a	a
P21	-	a	-	-	0.2	b	-	a	b
A2	부식	b	-	-	-	a	-	a	b

자. 신축이음

- 신축이음의 상태평가 결과, “b~c” 로 산정되었다.
- 신축이음(P19)는 후타재 박락으로 인해 “c” 산정되었다.

【표 4.26】 신축이음 상태평가 결과(부산)

구 분	본체		후타재				평가 결과
			균열폭(㎜)		박리, 박락, 파손 등		
A1	-	a	0.1	b	-	a	b
P19-1	유간 토사퇴적	b	0.1	b	박락, 마모	c	c
P19-2	유간 토사퇴적	b	-	a	-	a	b
A2	-	a	-	a	-	a	b

차. 교면포장

- 교면포장에 대한 상태평가 결과, “a~c” 로 산정되었다.
- 일부 경간에 포장균열이 조사되었다. S2~S9, S12~S18 경간은 포장불량율이 10%미만으로 조사되었고, 통행차량의 주행성에 영향은 없는 상태이며. S1, S19 포장불량율이 10% 이상으로 조사되었고, 통행차량의 주행성에 영향은 없는 상태이나, 포장불량율 10%이상이므로 “c” 로 산정되었다.

【표 4.27】 교면포장 상태평가 결과(부산)

구 분	점검면적 (㎡)	포장불량				배 수		평가 결과
		포장불량 면적율(%)		주행성 및 통행성				
S1	628.0	6.167	c	양호	a	양호	a	c
S2	785.0	1.592	b	양호	a	양호	a	b
S3	785.0	1.592	b	양호	a	양호	a	b
S4	785.0	1.911	b	양호	a	양호	a	b
S5	785.0	1.592	b	양호	a	양호	a	b
S6	785.0	2.898	b	양호	a	양호	a	b
S7	785.0	0.510	b	양호	a	양호	a	b
S8	785.0	1.592	b	양호	a	양호	a	b
S9	785.0	0.318	b	양호	a	양호	a	b
S10	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S11	785.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S12	785.0	0.637	b	양호	a	양호	a	b
S13	785.0	0.478	b	양호	a	양호	a	b
S14	785.0	1.592	b	양호	a	양호	a	b
S15	785.0	0.637	b	양호	a	양호	a	b
S16	785.0	0.478	b	양호	a	양호	a	b
S17	785.0	0.318	b	양호	a	양호	a	b
S18	785.0	0.382	b	양호	a	양호	a	b
S19	628.0	21.489	c	양호	a	양호	a	c
S20	471.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S21	471.0	-	a	양호	a	양호	a	a
S22	471.0	-	a	양호	a	양호	a	a

카. 배수시설

- 배수시설에 대한 상태평가 결과, “a~c” 로 산정되었다.
- S2, S6, S12, S17, S18, S20경간 배수구 막힘이 조사된 구간은 “c” 로 산정되었다.
- 배수구 연결부 누수, 배수관 연결부 용접불량, 배수구 연결부 이격, 배수관 탈락이 조사된 구간은 “c” 로 산정되었다.

【표 4.28】배수시설 상태평가 결과(부산)

구 분	배수구/배수관 손상현황		평가 결과
S1	-	a	a
S2	배수구 막힘	c	c
S3	-	a	a
S4	-	a	a
S5	-	a	a
S6	배수구 막힘	c	c
S7	-	a	a
S8	-	a	a
S9	-	a	a
S10	배수관 탈락	c	c
S11	배수관 연결부 이격	c	c
S12	배수구 막힘, 배수관 연결부 이격	c	c
S13	-	a	a
S14	배수관 탈락	c	c
S15	-	a	a
S16	배수관 연결부 용접불량	c	c
S17	배수구 막힘, 배수관 연결부 누수	c	c
S18	배수구 막힘, 배수관 연결부 누수	c	c
S19	-	a	a
S20	배수구 막힘	c	c
S21	-	a	a
S22	-	a	a

타. 난간 및 연석(방음벽)

- 방음벽 상태평가는 한국도로공사 ‘교량 방음벽 지주 상태평가 시행방안(2022.10)’에 따라 방음벽 변형, 지주 부식 등을 강재에 반영하여 평가하였다.
- 난간 및 연석에 대한 상태평가 결과, “a～c” 로 산정되었다.
- 균열(Cw=0.3㎜미만) 및 보수부재균열(Cw=0.3㎜미만)가 발생된 구간은 상태평가 기준 “b” 로 평가되었다.
- 균열(Cw=0.3㎜이상) 및 철근노출 등이 발생된 구간은 상태평가 기준 “c” 로 평가되었다.

【표 4.29】난간 및 연석 상태평가 결과(부산)

구 분	점검길이 (m)	강재		콘크리트						평가 결과
				균열폭(㎜)		경미한손상 박리, 파손, 철근노출(%)		철근부식 손상길이(%)		
S1	40.0	-	a	0.2	b	-	a	-	a	b
S2	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S3	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S4	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S5	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S6	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S7	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S8	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S9	50.0	-	a	-	a	9.259	b	-	a	b
S10	50.0	-	a	0.2	b	0.083	b	-	a	b
S11	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S12	50.0	방음벽변형	b	-	a	0.056	c	0.056	c	c
S13	50.0	-	a	0.3	c	-	a	-	a	c
S14	50.0	-	a	0.3	c	1.250	b	-	a	c
S15	50.0	-	a	-	a	0.009	b	-	a	b
S16	50.0	-	a	-	a	-	a	-	a	a
S17	50.0	-	a	0.2	b	-	a	-	a	b
S18	50.0	-	a	0.3	c	-	a	-	a	c
S19	40.0	-	a	0.3	c	-	a	-	a	c
S20	30.0	-	a	-	a	0.093	b	-	a	b
S21	30.0	-	a	0.3	c	-	a	-	a	c
S22	30.0	-	a	0.2	b	-	a	-	a	b

파. 탄산화

- 탄산화 깊이 측정은 총 9개소(상부 5개소, 하부 4개소)에서 실시하였으며, 잔여피복두께에 대한 상태평가결과 “a” 로 평가되었다.

【표 4.30】 탄산화 상태평가 결과(부산)

구 분		탄산화 잔여 깊이(㎜)	평가기준	평가결과
상부구조	S1 좌측 캔틸레버	43.6	< 탄산화 잔여 깊이 > •a : 30㎜이상 •b : 10㎜이상~30㎜미만 •c : 0㎜이상~10㎜미만 •d : 0㎜미만	a
	S10 좌측 캔틸레버	43.1		a
	S20 좌측 캔틸레버	43.6		a
	S1 우측 복부	41.9		a
	S10 우측 복부	40.1		a
하부구조	A1 구체	93.1		a
	A2 구체	92.6		a
	P3 전면	90.5		a
	P16 배면	92.4		a

하. 염화물

- 염화물함유량 시험은 총 3개소에서 실시하여 깊이별 시험을 실시하였으며, 측정결과 “a~b” 로 평가되었다.
- S21 및 P4, P16은 염화물에 의한 철근부식 영향은 거의 없는 것으로 확인 되었고, 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성이 없는 것으로 판단된다.

【표 4.31】 염화물 상태평가 결과(부산)

구 분		염화물함유량(kg/㎥)	평가기준	평가결과
상부구조	S21 바닥판 하면	0.346	< 염화물 함유량 > •a : 염화물≤0.3kg/㎥ •b : 0.3≤염화물≤1.2kg/㎥ •c : 1.2≤염화물≤2.5kg/㎥ •d : 2.5≤염화물	a
하부구조	P4 전면	0.264		b
	P16 배면	0.882		a

4.3.3 시설물 전체 상태평가 결과(울산)

외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과회야대교(울산)는 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B”로 산정되었다.

주요손상으로 거더 균열(Cw=0.2㎜)이 조사되어 “c”으로 평가되었고, 하부구조 균열(Cw=0.3㎜이상)이 조사되어 “c”로 산정되었다.

가. 상태평가 결과

1) PSC Box 구간

【표 4.32】상태평가 결과표(PSC Box 구간)(울산)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	격벽	포장	배수	난간/연석	신축이음	교량받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
A1(S1)	PSC	b	b	b	a	a	c	c	a	c	q	a	a	-	-
P1(S2)	PSC	b	c	b	a	a	a	-	b	b	q	-	-	-	-
P2(S3)	PSC	b	c	b	a	a	b	-	b	b	q	-	-	-	-
P3(S4)	PSC	b	b	b	b	a	c	-	b	b	q	-	a	-	-
P4(S5)	PSC	a	c	b	b	a	c	-	a	b	q	-	-	-	a
P5(S6)	PSC	b	c	b	b	a	c	-	b	b	q	-	-	b	-
P6(S7)	PSC	a	c	b	b	a	c	-	a	b	q	-	-	-	-
P7(S8)	PSC	a	b	b	a	c	b	-	a	b	q	-	-	-	-
P8(S9)	PSC	b	c	b	a	a	b	-	b	a	q	-	-	-	-
P9(S10)	PSC	a	c	b	a	a	c	-	b	b	q	a	-	-	-
P10(S11)	PSC	a	b	b	a	a	c	-	a	b	q	-	-	-	-
P11(S12)	PSC	b	d	c	a	a	b	-	a	b	q	-	-	-	-
P12(S13)	PSC	b	b	b	a	c	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P13(S14)	PSC	a	c	b	a	c	c	-	b	c	q	-	-	-	-
P14(S15)	PSC	a	c	b	a	a	c	-	b	b	q	-	a	-	-
P15(S16)	PSC	b	c	b	a	c	a	-	b	b	q	-	-	-	b
P16(S17)	PSC	a	b	b	a	a	b	-	b	b	q	-	-	-	-
P17(S18)	PSC	a	b	b	a	c	c	-	a	b	q	-	-	-	-
P18(S19)	PSC	c	c	b	a	a	c	b	b	b	q	-	-	-	-
평균		0.163	0.342	0.211	0.121	0.179	0.316	0.300	0.163	0.216	-	0.100	0.100	0.200	0.150
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	-	2	2	2	1
(평균×가중치)/가중치 합		0.033	0.068	0.006	0.008	0.005	0.006	0.027	0.015	0.043	-	0.002	0.002	0.004	0.002
															0.222
															B

2) PSC Beam 구간

【표 4.33】 상태평가 결과표(PSC Beam 구간)(울산)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간/ 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
P19(S20)	PSCI	a	a	b	b	a	c	b	b	c	q	a	-	-	-
P20(S21)	PSCI	b	a	c	a	a	a	-	a	b	q	-	-	-	-
P21(S22)	PSCI	a	b	c	a	a	c	-	a	b	q	-	-	-	-
A2		-	-	-	-	-	-	b	a	c	q	-	a	-	-
평균		0.133	0.133	0.333	0.133	0.100	0.300	0.200	0.125	0.300	-	0.100	0.100	-	-
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	4	3	-	-
(평균×가중치) /가중치 합		0.024	0.027	0.017	0.009	0.003	0.006	0.018	0.011	0.060	-	0.004	0.003	-	-
														0.182	
														B	

나. 개별 교량 상태평가 결과

1) PSC Box 구간

【표 4.34】 회야대교(울산) 상태평가 결과표(PSC Box 구간)(울산)

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(울산)	PSC Box Girder	0.222	B	930.0	1.000	0.222
						0.222
						B

2) PSC Beam 구간

【표 4.35】 회야대교(울산) 상태평가 결과표(PSC Beam 구간)(울산)

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(울산)	PSC Beam Girder	0.182	B	90.0	1.000	0.182
						0.182
						B

다. 교량 전체의 상태평가 결과

【표 4.36】 회야대교(울산) 상태평가 결과표(전체)(울산)

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(울산)	PSC Box Girder	0.222	B	930.0	0.912	0.202
	PSC Beam Girder	0.182	B	90.0	0.088	0.016
						0.218
						B

■ 회야대교(울산)의 결함도 점수 범위에 따른 등급

기 준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤x<0.13	0.13≤x<0.26	0.26≤x<0.49	0.49≤x<0.79	0.79≤x

■ **결함도 범위 : 0.130≤결함도 지수(0.218)<0.260**

라. 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

- 도로포장 및 도로부 신축이음부는 본 교량의 부재랑 동일하게 평가하였으며, 포장균열, 유간 토사퇴적, 후타재 균열 등이 발생되어 “b”로 평가되었다.
- 추락방지시설은 점검시설, 난간 및 연석(방호벽)이 해당되며, 국부적으로 점검로 변형 및 수직 출입구 파손이 조사되어 “b”로 평가되었다.
- 환기구 등의 덮개는 시설물 출입문, 신축이음부 차수덮개판 등이 해당되며, 출입문 파손과 차수덮개판 너트 및 볼트탈락이 국부적으로 조사되어 “b”로 평가되었다.

【표 4.37】 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과(울산)

구 분	평가 기준	평가 설명	비 고
추락방지시설	b	· 추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태	
도로포장	b	· 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태	
도로부 신축이음부	b	· 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50㎝이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태	
환기구 등의 덮개	b	· 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태	

4.3.4 시설물 전체 상태평가 결과(부산)

외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과 회야대교(부산)는 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B”로 산정되었다.

주요손상으로 거더 균열(Cw=0.2㎜)이 조사되어 “c”으로 평가되었고, 하부구조 철근노출, 균열(Cw=0.3㎜이상)이 조사되어 “c”로 산정되었다.

가. 상태평가 결과

1) PSC Box 구간

【표 4.38】상태평가 결과표(PSC Box 구간)(부산)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	격벽	포장	배수	난간/ 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
A1(S1)	PSC	b	b	b	c	a	b	b	b	c	q	a	a	-	-
P1(S2)	PSC	b	b	b	b	c	a	-	b	b	q	-	-	-	-
P2(S3)	PSC	b	b	b	b	a	a	-	b	b	q	-	a	-	-
P3(S4)	PSC	b	c	b	b	a	a	-	b	c	q	-	-	-	-
P4(S5)	PSC	b	c	b	b	a	a	-	c	b	q	-	-	-	b
P5(S6)	PSC	b	c	c	b	c	a	-	c	b	q	-	-	-	-
P6(S7)	PSC	a	b	b	b	a	a	-	b	c	q	-	-	-	-
P7(S8)	PSC	b	c	b	b	a	a	-	b	b	q	-	-	-	-
P8(S9)	PSC	b	b	b	b	a	b	-	b	b	q	-	-	-	-
P9(S10)	PSC	a	b	b	a	c	b	-	a	c	q	a	-	-	-
P10(S11)	PSC	b	b	b	a	c	a	-	b	b	q	-	-	-	-
P11(S12)	PSC	b	b	b	b	c	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P12(S13)	PSC	b	b	a	b	a	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P13(S14)	PSC	b	b	b	b	c	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P14(S15)	PSC	b	b	c	b	a	b	-	c	c	q	-	-	-	-
P15(S16)	PSC	b	b	b	b	c	a	-	b	b	q	-	a	-	-
P16(S17)	PSC	b	c	b	b	c	b	-	b	c	q	-	-	-	b
P17(S18)	PSC	a	c	a	b	c	c	-	b	b	q	-	-	-	-
P18(S19)	PSC	b	b	b	c	a	c	c	a	b	q	-	-	-	-
평균		0.184	0.263	0.211	0.211	0.242	0.205	0.300	0.221	0.263	-	0.100	0.100	-	0.200
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	-	4	2	-	1
(평균×가중치) /가중치 합		0.037	0.053	0.006	0.015	0.007	0.004	0.027	0.020	0.053	-	0.004	0.002	-	0.002
															0.229
															B

2) PSC Beam 구간

【표 4.39】 상태평가 결과표(PSC Beam 구간)(부산)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간/ 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
P19(S20)	PSCI	b	a	b	a	c	b	b	b	c	q	a	-	-	-
P20(S21)	PSCI	a	b	b	a	a	c	-	a	b	q	-	-	b	-
P21(S22)	PSCI	a	a	a	a	a	b	-	b	b	q	-	-	-	-
A2		-	-	-	-	-	-	b	b	c	q	-	a		-
평균		0.133	0.133	0.167	0.100	0.200	0.267	0.200	0.175	0.300	-	0.100	0.100	0.200	-
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	-	2	3	2	-
(평균×가중치) /가중치 합		0.024	0.027	0.008	0.007	0.006	0.005	0.018	0.016	0.060	-	0.002	0.003	0.004	-
														0.180	
														B	

나. 개별 교량 상태평가 결과

1) PSC Box 구간

【표 4.40】 회야대교(부산) 상태평가 결과표(PSC Box 구간)(부산)

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(부산)	PSC Box Girder	0.229	B	930.0	1.000	0.229
						0.229
						B

2) PSCI Beam 구간

【표 4.41】 회야대교(부산) 상태평가 결과표(PSC Beam 구간)(부산)

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(부산)	PSC Beam Girder	0.180	B	90.0	1.000	0.180
						0.180
						B

다. 교량 전체의 상태평가 결과

【표 4.42】 회야대교(부산) 상태평가 결과표(전체)(부산)

구 분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도 점수 ×연장비
회야대교(부산)	PSC Box Girder	0.229	B	930.0	0.912	0.209
	PSC Beam Girder	0.180	B	90.0	0.088	0.016
						0.225
						B

■ 회야대교(부산)의 결함도 점수 범위에 따른 등급

기 준	A	B	C	D	E
결함도 범위	0≤x<0.13	0.13≤x<0.26	0.26≤x<0.49	0.49≤x<0.79	0.79≤x

■ **결함도 범위 : 0.130≤결함도 지수(0.225)<0.260**

라. 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

- 도로포장 및 도로부 신축이음부는 본 교량의 부재랑 동일하게 평가하였으며, 포장균열, 유간 토사퇴적, 후타재 균열 등이 발생되어 “b” 로 평가되었다.
- 추락방지시설은 점검시설, 난간 및 연석(방호벽)이 해당되며, 점검시설은 대체적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 난간 및 연석에서 균열, 박락 등의 손상이 발생되어 “b” 로 평가되었다.
- 환기구 등의 덮개는 시설물 출입문, 신축이음부 차수덮개판 등이 해당되며, 국부적으로 차수덮개판 볼트탈락 및 설치불량이 조사되어 “b” 로 평가되었다.

【표 4.43】 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과(부산)

구 분	평가 기준	평가 설명	비 고
추락방지시설	b	· 추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태	
도로포장	b	· 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태	
도로부 신축이음부	b	· 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50㎝이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태	
환기구 등의 덮개	b	· 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태	

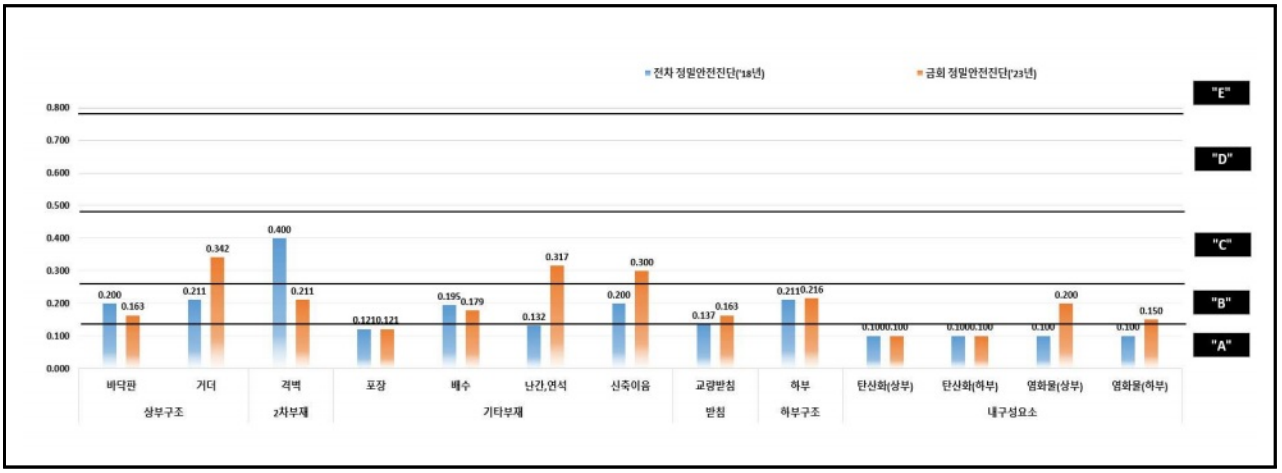
4.3.5 기 진단결과와의 비교, 분석(울산)

가. PSC Box 구간

• 기 진단(18년)과의 비교・분석결과, 결함도 지수는 감소(0.196→0.222)하였으나, 상태평가 결과(B)의 변화는 없는 것으로 분석되었다.

【표 4.44】기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(PSC Box 구간)(울산)

구 분		18년 진단		금회 진단		결함도지수 변화요인
		평가 결과	결함도 지수	평가 결과	결함도 지수	
상부구조	바닥판	b	0.200	b	0.163	・유지보수 실시
	거더	b	0.211	c	0.342	・추가손상(망상균열, 박락 등)
2차부재	격벽	c	0.400	b	0.211	・유지보수 실시
기타부재	포장	a	0.121	a	0.121	・변동없음.
	배수	b	0.195	b	0.179	・유지보수 실시
	난간, 연석	b	0.132	c	0.316	・추가손상(백태, 박락, 파손 등)
	신축이음	c	0.200	c	0.300	・추가손상(후타재 박락 등)
받침	교량받침	b	0.137	b	0.163	・추가손상(균열, 후타재 파손 등)
하부구조	하부	b	0.211	b	0.216	・추가손상(철근노출, 파손 등)
	기초	q	불가	q	불가	・조사불가
내구성요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	・큰 변화 없음(실시위치 상이)
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	a	0.100	b	0.200	
	염화물(하부)	a	0.100	b	0.150	
상태평가결과 / 결함도지수		**B**	**0.196**	**B**	**0.222**	결함도지수 상승(0.196→0.222)



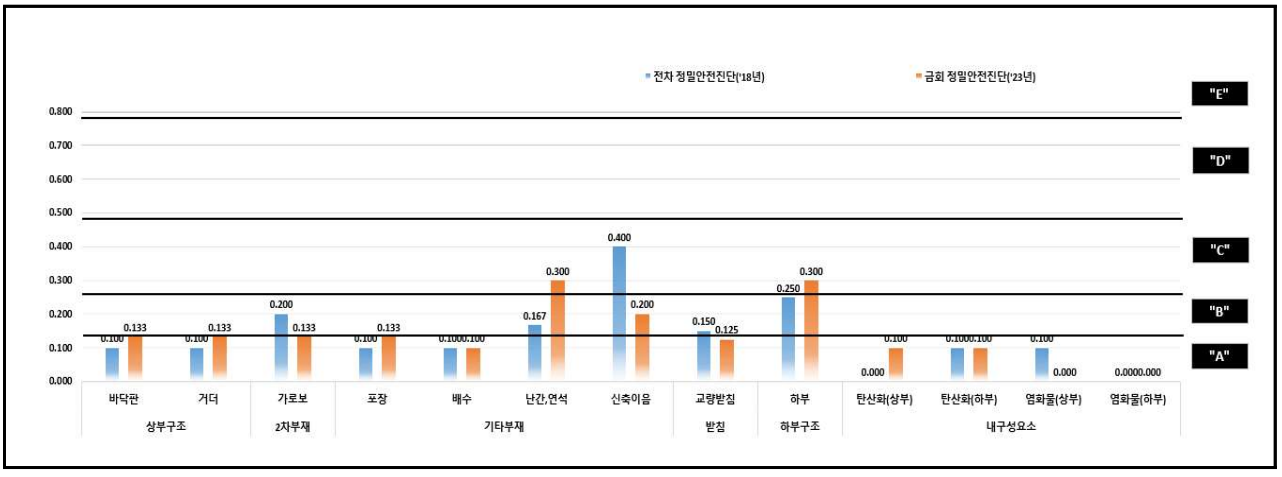
【그림 4.2】기 진단 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(PSC Box 구간)(울산)

나. PSC Beam 구간

• 기 진단(18년)과의 비교・분석결과, 결함도 지수는 증가(0.168→0.182)하였으나, 상태평가 결과(B)의 변화는 없는 것으로 분석되었다.

【표 4.45】기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(PSC Beam 구간)(울산)

구 분		18년 진단		금회 진단		결함도지수 변화요인
		평가 결과	결함도 지수	평가 결과	결함도 지수	
상부구조	바닥판	a	0.100	b	0.133	・추가손상(재료분리)
	거더	a	0.100	b	0.133	・추가손상(망상균열, 재료분리)
2차부재	가로보	b	0.200	b	0.333	・추가손상(박락, 철근노출 등)
기타부재	포장	a	0.100	b	0.133	・변동없음.
	배수	a	0.100	a	0.100	・변동없음.
	난간, 연석	b	0.167	c	0.300	・추가손상(유간토사퇴적 등)
	신축이음	c	0.400	b	0.200	・유지보수 실시
받침	교량받침	b	0.150	a	0.125	・유지보수 실시
하부구조	하부	b	0.250	c	0.300	・추가손상(망상균열, 박리 등)
	기초	q	불가	q	불가	・조사불가
내구성요소	탄산화(상부)	-	-	a	0.100	・큰 변화 없음(실시위치 상이)
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	a	0.100	-	-	
	염화물(하부)	-	-	-	-	
상태평가결과 / 결함도지수		**B**	**0.168**	**B**	**0.182**	결함도지수 상승(0.168→0.182)



【그림 4.3】기 진단 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(PSC Beam 구간)(울산)

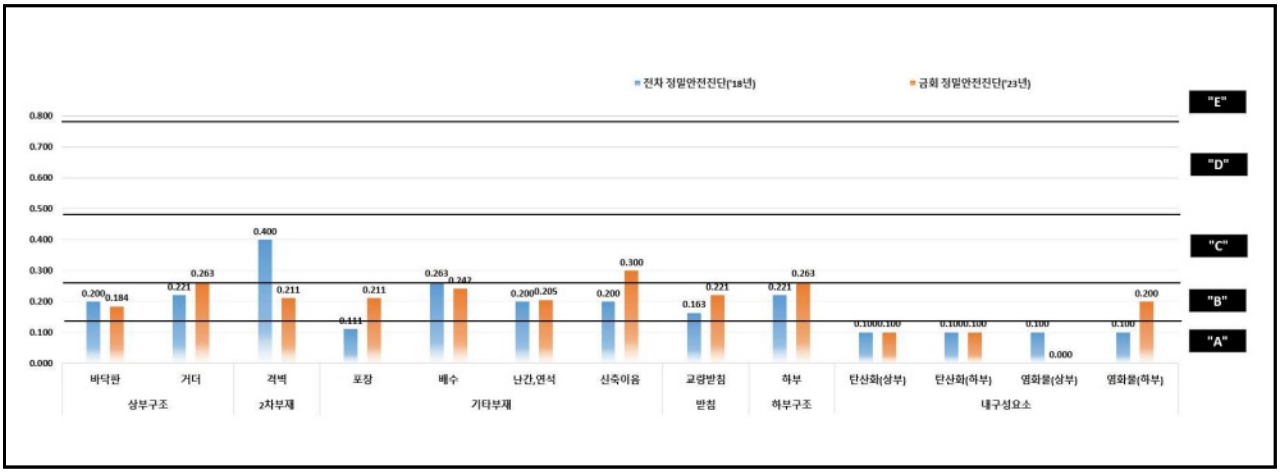
4.3.6 기 진단결과와의 비교, 분석(부산)

가. PSC Box 구간

• 기 진단(18년)과의 비교・분석결과결함도 지수는 증가(0.200→0.229)하였으나, 상태평가 결과(B)의 변화는 없는 것으로 분석되었다.

【표 4.46】기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(PSC Box 구간)(부산)

구 분		18년 진단		금회 진단		결함도지수 변화요인
		평가 결과	결함도 지수	평가 결과	결함도 지수	
상부구조	바닥판	b	0.200	b	0.184	・추가손상(균열, 망상균열 등)
	거더	b	0.221	c	0.263	・추가손상(망상균열, 파손 등)
2차부재	격벽	c	0.400	b	0.211	・유지보수 실시
기타부재	포장	a	0.111	b	0.211	・추가손상(포장균열)
	배수	c	0.263	b	0.242	・유지보수 실시
	난간, 연석	b	0.200	b	0.205	・추가손상(균열, 철근노출 등)
	신축이음	b	0.200	c	0.300	・추가손상(후타재 박락 등)
받침	교량받침	b	0.163	b	0.221	・추가손상(균열)
하부구조	하부	b	0.221	c	0.263	・추가손상(균열, 파손 등)
	기초	q	불가	q	불가	・조사불가
내구성요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	・큰 변화 없음(실시위치 상이)
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	a	0.100	-	-	
	염화물(하부)	a	0.100	a	0.200	
상태평가결과 / 결함도지수		**B**	**0.200**	**B**	**0.229**	결함도지수 상승(0.220→0.229)



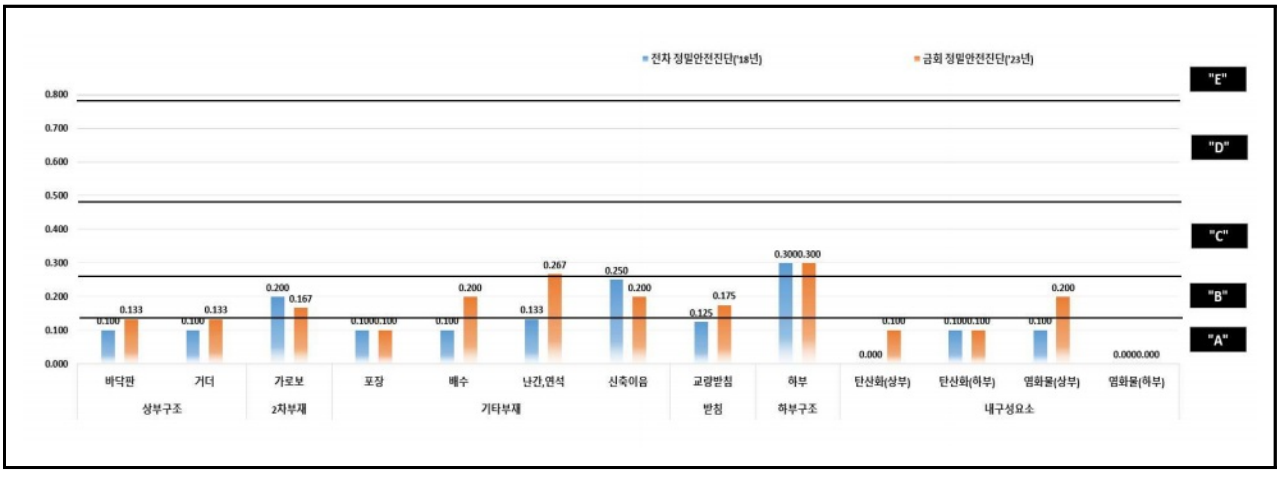
【그림 4.4】기 진단 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(PSC Box 구간)(부산)

나. PSC Beam 구간

• 기 진단(18년)과의 비교·분석결과결함도 지수는 증가(0.161→0.180)하였으나, 상태평가 결과(B)의 변화는 없는 것으로 분석되었다.

【표 4.47】기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(PSC Beam 구간)(부산)

구 분		18년 진단		금회 진단		결함도지수 변화요인
		평가 결과	결함도 지수	평가 결과	결함도 지수	
상부구조	바닥판	a	0.100	b	0.133	· 추가손상(균열부 백태, 파손)
	거더	a	0.100	b	0.133	· 추가손상(재료분리)
2차부재	가로보	b	0.200	b	0.167	· 유지보수 실시
기타부재	포장	a	0.100	a	0.100	· 변동없음.
	배수	a	0.100	b	0.200	· 추가손상(배수구 막힘)
	난간, 연석	b	0.133	c	0.267	· 추가손상(유간토사퇴적 등)
	신축이음	b	0.250	b	0.200	· 유지보수 실시
받침	교량받침	a	0.125	b	0.175	· 추가손상(부식, 균열 등)
하부구조	하부	c	0.300	c	0.300	· 변동없음
	기초	q	불가	q	불가	· 조사불가
내구성요소	탄산화(상부)	-	-	a	0.100	· 큰 변화 없음(실시위치 상이)
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	a	0.100	b	0.200	
	염화물(하부)	-	-	-	-	
상태평가결과 / 결함도지수		**B**	**0.161**	**B**	**0.180**	결함도지수 상승(0.161→0.180)



【그림 4.5】기 진단 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(PSC Beam 구간)(부산)

제 5장 시설물의 안전성평가

5.1 개 요

5.2 상부구조 안전성평가

5.3 내하력평가

5.4 하부구조 안전성평가

5.5 세굴에 대한 안전성평가

5.6 안전성평가 결과

제 5장 시설물의 안전성평가

5.1 개 요

5.1.1 안전성검토

구조물의 안전성평가는 그 기능과 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 사용상의 안전성에 대한 확보 여부를 평가하는 것이므로 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료에 대한 검토, 보수·보강이력 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측 · 측정 · 조사 · 시험 등을 통한 기초자료를 확보하여 이를 바탕으로 구조검토를 실시하고 안전성 여부를 판단하여야 한다. 또한 현재 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침”이 강도설계법 및 허용응력설계법을 따르고 있으므로 본 안전성평가에서도 이와 동일하게 적용하였다.

가. 검토단면 선정 및 사유

대상교량의 상부구조는 부산방향 총연장 930.0m(40.0+17@50.0+40.0=930.0m), 울산방향 총연장 930.0m(40.0+17@50.0+40.0=930.0m)인 PSCB교이며, 하부구조는 역T형(직접기초)교대 및 문형 교각으로 시공되어있다. 상부구조 중 횡방향 검토시 하중과 배근형태에 따라 구간을 분류하여 모든 위치를 검토하였고, 종방향 검토구간은 ILM(압출공법)공법으로 전 구간 시공되어 있으므로 전체 교량에 대하여 안전성 평가를 실시하였다. 하부구조는 기둥의 비지지 길이가 비교적 크고, 온도하중에 의한 수평력이 발생되어 기둥부 모멘트가 최대로 발생할 것으로 예상되는 P10를 선정하여 검토하였다.

【표 5.1】상부구조 및 하부구조 검토단면 선정

구 분	경간 구성	상부구조			하부구조			비 고
		구조 형식	폭원(m)	검토	위치	구조 형식	검토	
부산방향	40.0+17@50.0+40.0 =930.0	PSCB	15.750	○	A1, A2	역T형	○	
					P10,P21	문형	○	
울산방향	40.0+17@50.0+40.0 =930.0	PSCB	15.750	○	A1, A2	역T형	○	
					P10,P21	문형	○	
검토구간	전 구간	S1~S18			P10, P21			

나. 검토조건

본 교량은 설계당시 준공도면 및 구조계산서가 보존되어 있으며, 외관조사 및 내구성조사를 실시한 결과, 다음 표와 같이 단면제원, 압축강도, 철근배근 등이 준공도면과 거의 일치하므로 준공도면상의 설계값을 적용하였다.

【표 5.2】구조검토시 적용 물성치 및 하중조건

구 분		설 계 도 서	현 장 측 정	적 용	비 고
적용단면		•콘크리트 바닥판 : 중앙부 및 캔틸레버부 •PSCB : 측경간 및 중앙경간(최대 정·부모멘트부) •교각 : P10(울산), P2(부산)		•현장조사시 단면제원을 측정한 결과, 준공도면과 일치하므로 준공도면상의 단면제원 적용	
사용재료	설계강도	•준공도면/구조계산서 - 상부구조 : 400kgf/㎠ - 하부구조 : 240kgf/㎠	•비파괴강도 -상부구조:40.1~62.6MPa -하부구조:23.7~32.1MPa	•비파괴강도 측정값이 설계기준강도를 상회하므로 설계기준강도 적용 -상부구조 : 40.0MPa -하부구조 : 24.0MPa	
	탄성계수	•콘크리트 - 상부구조 : 300,000kgf/㎠ - 하부구조 : : 232,379kgf/㎠ •강재 - 철근:2,040,000kgf/㎠		•콘크리트 - 상부구조 : : 30,891MPa - 하부구조 : : 25,811MPa •강재 - 철근:200,000MPa	
철근간격 / 피복두께	슬래브	•중앙부 : 150/65 •캔틸레버부 : 250/60	•준공도면과 대체로 일치	•철근간격 및 피복두께는 대체로 설계값과 일치하므로 설계값 적용	
	교각	•100/100			

【표 5.2】 구조검토시 적용 물성치 및 하중조건(계속)

구 분		설 계 도 서	현 장 측 정	적 용	비 고
하중 종류	고정 하중	•철근콘크리트 : γ_c=2.5tonf/㎥ •방호벽 : h=1.08m •포장(γ_a=2.3tonf/㎥) - 부산방향 : 50㎜(LMC) - 울산방향 : 50㎜(LMC)	•철근콘크리트 : γ_c=25.0kN/㎥ •방호벽 : h=1.35m •포장(γ_a=23.0kN/㎥) - 부산방향 : 50㎜(LMC) - 울산방향 : 50㎜(LMC)	• 설계도서 및 현 설계기준을 비교하여 안전측으로 적용	
	활 하 중	•DB-24, DL-24	•DB-24, DL-24		
	프리 스트 레스	•도입긴장력 : $f_{pi} = 0.70 \times f_{pu}$	•도입긴장력 : $f_{pi} = 0.70 \times f_{pu}$		
	크 리 프	•크리프계수 $\phi(t,t') = \phi_0 \beta_c(t-t')$	•크리프계수 $\phi(t,t') = \phi_0 \beta_c(t-t')$		
	건조 수축	•건조수축계수 $\epsilon_{sh}(t,t_s) = \epsilon_{sho}\beta_s(t-t_s)$	•건조수축계수 $\epsilon_{sh}(t,t_s) = \epsilon_{sho}\beta_s(t-t_s)$		
	풍 하 중	•풍하중 $W = [4.0 - 0.2 \times (B/D)] \geq 6$ kN/m	•풍하중 $W = [4.0 - 0.2 \times (B/D)] \geq 6$ kN/m		
	온도	•온도변화 : ±15° C •온도차 : ±15° C •선팽창계수 : 10×10^{-6}	•온도변화 : ±15° C •온도차 : ±15° C •선팽창계수 : 10×10^{-6}		

5.2 상부구조 안전성 평가

5.2.1 PSC BOX구간 안전성평가(울산)

가. 교량 제원

1) 교량등급 : 1등급(DB-24 및 DL-24적용)

2) 교량형식 : P.S.C BOX GIRDER교

3) 가설공법 : I.L.M (Incremental Launching Method)

4) 교량연장 : 930.0m (40.0+17@50.0+40.0)

5) 교량폭원 : 15.75 m

나. 사용재료

1) 콘크리트

① 콘크리트 설계기준강도(fck) : 40.0 MPa

② 탄성계수(Ec) : 30,891 MPa

2) 철근

① 항복강도(fy) : 400 MPa

② 탄성계수(Es) : 200,000 MPa

3) PC 강연선

① 사용 기준 : SWPC 7B(2종)

② Φ 0.5 inch (12.7㎜) : A = 98.71 ㎟ (strand 1EA의 단면적)

③ 탄성 계수 : Eps = 2×10^5MPa

④ 극한 응력 : fpu = 1,900MPa

⑤ 항복 응력 : fpy = 1,600MPa

⑥ 도입 긴장력 : Pj = 0.70fpu

⑦ 곡률 마찰 계수 : μ = 0.25 / radian

⑧ 파상 마찰 계수 : k = 0.005 / m

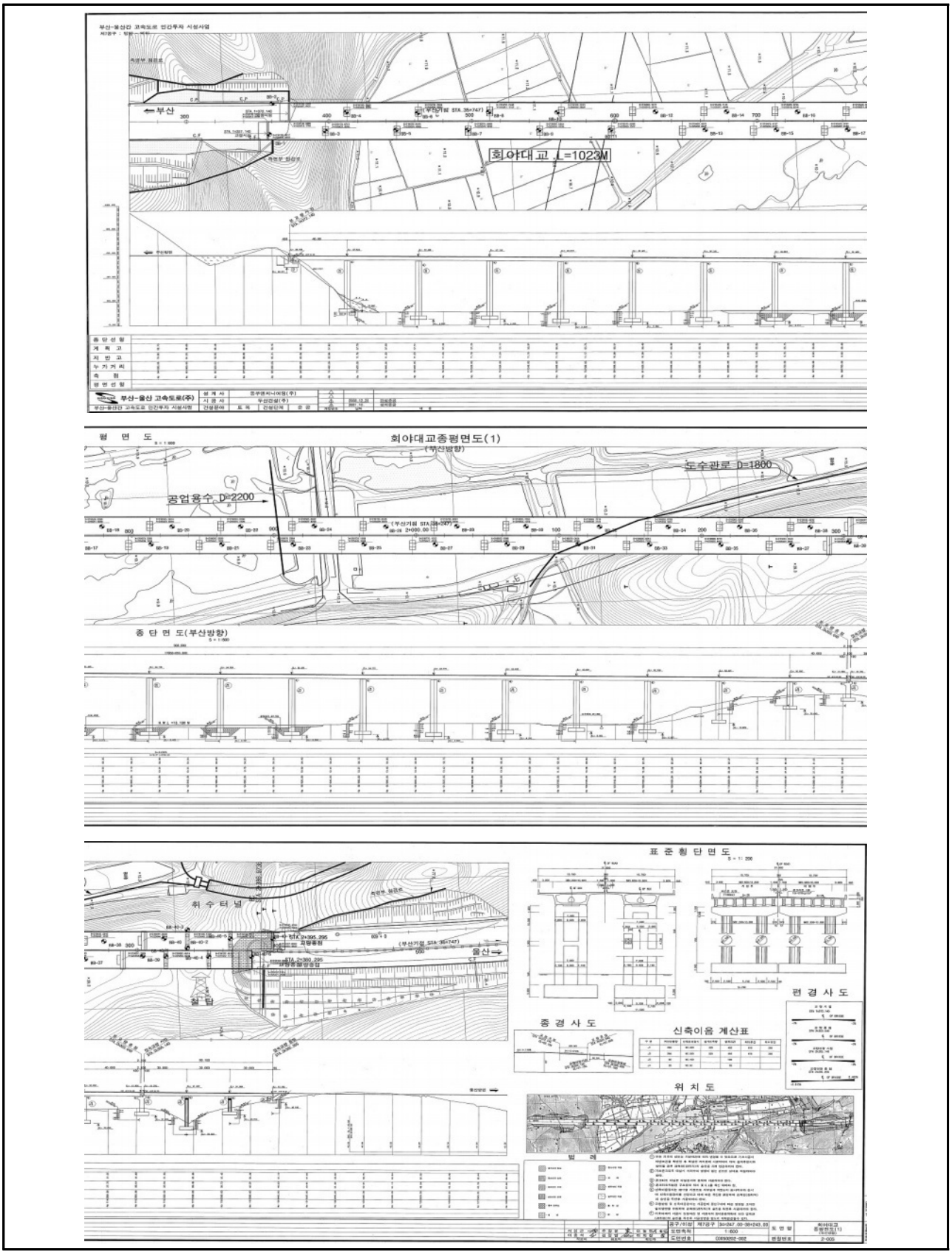
⑨ 정착 장치의 슬립량 : s = 6㎜

4) 부재의 허용응력

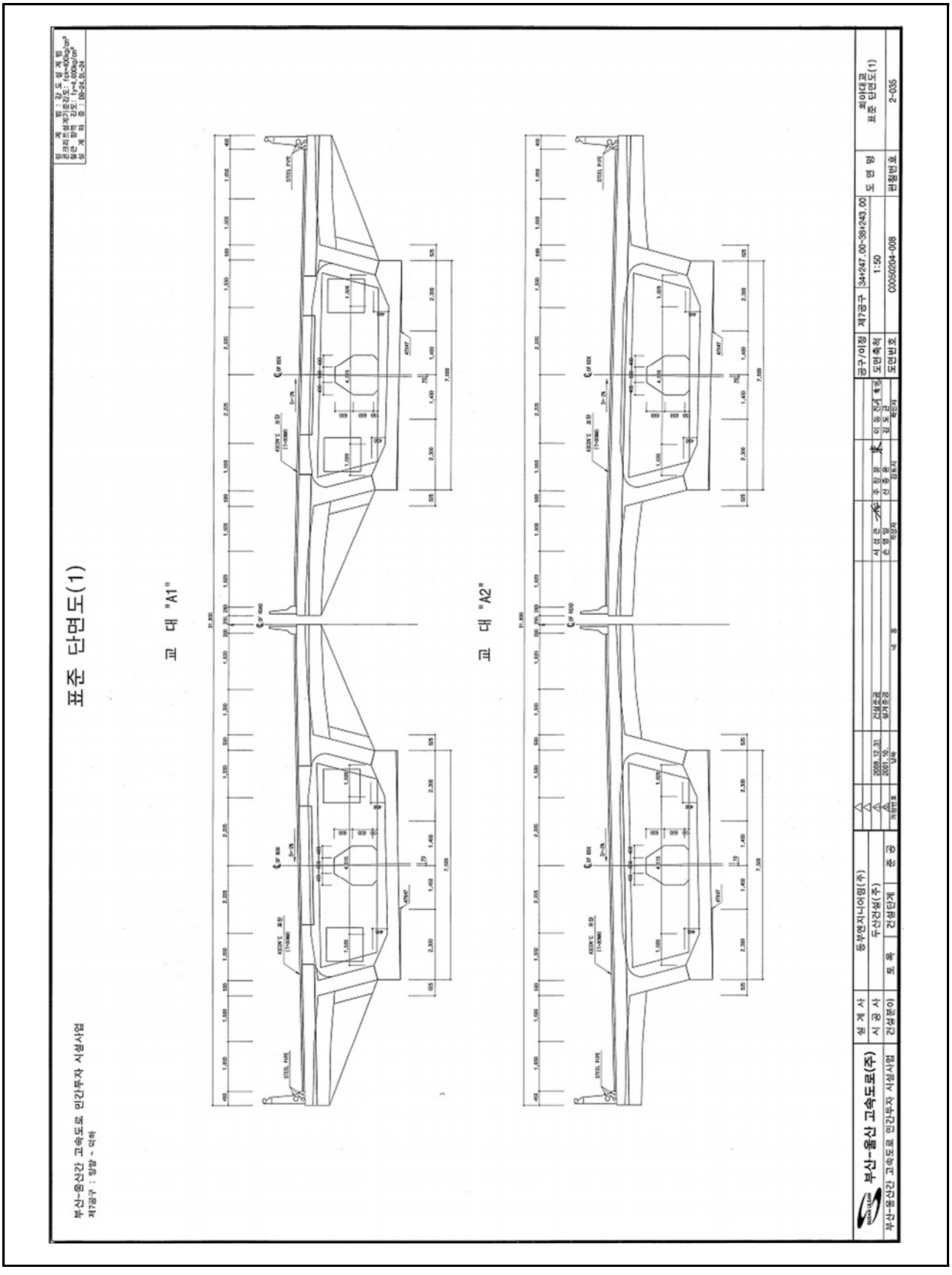
【표 5.3】 부재의 허용응력(울산)

부재	하중상태	항목	산정식	허용응력 (MPa)
PSC BOX	프리스트레싱시	압축강도	$f_{ci} = 0.80 f_{ck} \geq 30$	32.0
	프리스트레싱 직후	허용압축응력	$0.55 f_{ci}$	16.5
		허용인장응력	$0.50 \sqrt{f_{ci}}$	2.74
	설계하중 작용시	압축강도	f_{ck}	40.0
		허용압축응력 (유효PS+지속하중)	$0.40 f_{ck}$	16.0
		허용압축응력 (유효PS+전체하중)	$0.60 f_{ck}$	24.0
		허용균열응력	$0.63 \sqrt{f_{ck}}$	3.98
PC 강연선	전 하 중	극한강도	f_{pu}	1,900
		항복강도	f_{py}	1,600
	긴장시	인장응력	$0.80 f_{pu}$ 또는 $0.94 f_{py}$ 중 작은값 이하	1,504
	프리스트레스 도입 직후	인장응력	$0.74 f_{pu}$ 또는 $0.82 f_{py}$ 중 작은값 이하	1,312
	정착구와 커플러 위치에서 프리스트레싱 직후	인장응력	$0.70 f_{pu}$ 이하	1,330

다. 종평면도 및 표준횡단면도



【그림 5.1】 종평면도(울산)



【그림 5.2】 표준횡단면도(울산)

라. 하중조건

1) 고정하중

① 자중

- 거더 : 자중은 해석 프로그램내 자동 산정 (W_c = 25.0 kN/㎥)
- 격벽 : 464.7kN (시점측 교대부), 464.7kN (종점측 교대부), 382.2 kN (일반부)

② 2차 고정하중

【표 5.4】2차 고정하중(울산)

구 분	하중산정	비 고
방호울타리	W_r = 10.69 kN/m × 2ea = 21.380 kN/m	
포장 (LMC)	W_a = 15.00 × 0.05 × 23.0 = 17.239 kN/m	•설계두께 : 50㎜(설계시)

주) 금회 안전성평가시 포장두께는 안전측으로 설계 포장두께를 적용

2) 활하중

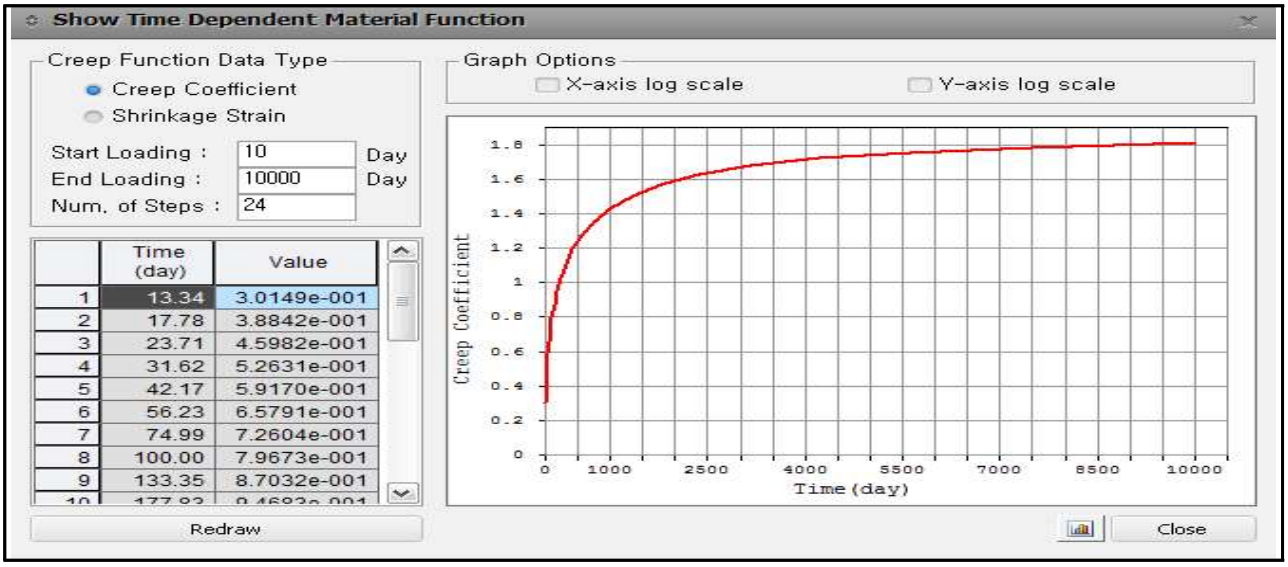
활하중은 DB-24하중과 DL-24하중을 적용하였다. 활하중에 대한 해석은 Midas Civil 프로그램내에서 활하중에 대한 이동하중해석을 통하여 각 부재에 발생하는 최대부재력을 산출하였다. 차량재하는 좌측편재하와 우측편재하의 경우에 대하여 해석을 수행하였으며, 활하중에 의한 충격계수는 도로교설계기준에 의하여 아래의 식으로 계산되어진 값을 사용하였다.

【표 5.5】이동하중 해석시 기본 설정내용(울산)

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="4">활하중 산정 및 재하</th></tr>
<tr><td>교폭(B)</td><td colspan="4">•15.750 m</td></tr>
<tr><td>해석지간(L)</td><td colspan="4">•40.0+17@50.0+40.0 = 930.0 m</td></tr>
<tr><td>연석간 교폭(W_c)</td><td colspan="4">•15.75 - 0.5×2 = 14.75 m</td></tr>
<tr><td>재하차로수(N)</td><td colspan="4">•12.8 ≦ W_c < 16.4 m ∴ 최대 4차로까지 재하가능</td></tr>
<tr><td>설계차로폭(W)</td><td colspan="4">•14.75 / 4 = 3.6875 m 〉 3.6 m ∴ W = 3.6 m</td></tr>
<tr><td rowspan="5">활하중 모델</td><td colspan="2">표준차로하중(DL-24)</td><td colspan="2">표준트럭하중(DB-24)</td></tr>
<tr><td>P_m</td><td>108 kN</td><td>전륜(1축)</td><td>48 kN</td></tr>
<tr><td>P_s</td><td>156 kN</td><td>후륜(2축)</td><td>192 kN</td></tr>
<tr><td>등분포하중</td><td>12.7 kN/m</td><td>후륜(3축)</td><td>192 kN</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>총 중량</td><td>432 kN</td></tr>
<tr><td>충격계수</td><td colspan="4">•S1, S19 경간 길이 (L = 40.0 m)
$\frac{15}{40+L} = \frac{15}{40+40.0} = 0.188 < 0.3$ ∴ i = 0.188 적용
•S2~S18 경간 길이 (L = 50.0 m)
$\frac{15}{40+L} = \frac{15}{40+50.0} = 0.167 < 0.3$ ∴ i = 0.167 적용</td></tr>
</table>

3) 크리프와 건조수축

콘크리트는 시간이 경과함에 따라 재료의 물리적 특성이 바뀌는 시간의존적 재료이다. 콘크리트의 압축강도는 시간이 경과함에 따라 점점 증가하며, 또한 시간경과에 따라 콘크리트의 거동에 중요한 영향을 미치는 현상으로 크리프와 건조수축이 있다. 따라서 구조해석시 이러한 콘크리트의 시간의존적 재료특성을 고려하여야만 정확한 결과를 얻을 수 있다. 콘크리트의 압축강도와 크리프 및 건조수축의 변형률을 구하는 여러 가지 식들이 제안되어 있으나 본 해석에서는 통상적으로 가장 많이 활용되고 있는 CEB-FIP 모델식을 적용하였다.



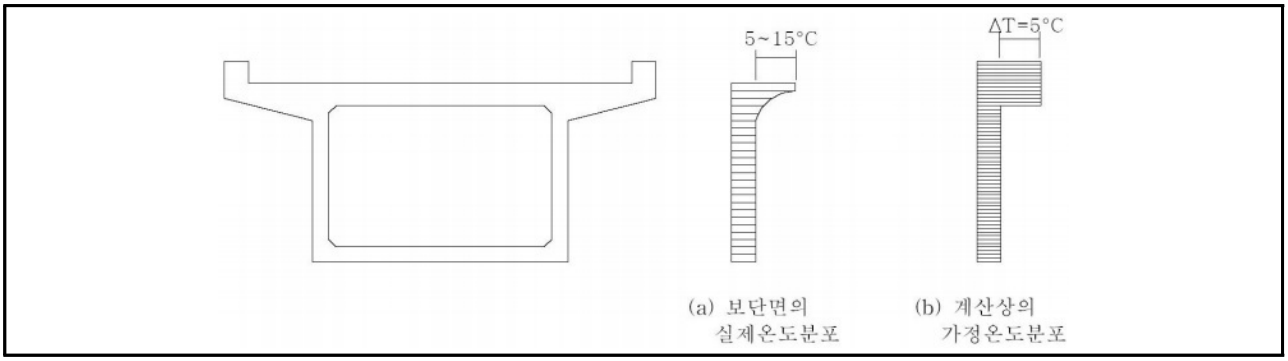
【그림 5.3】CEB-FIP 모델식(울산)

4) 온도변화

① 선팽창계수 : α = 1.0×10^{-5}/℃

② 온도변화(Temperature Difference)

- △TD = ±15℃ (부재의 최소치수가 700㎜ 미만인 경우)
- 바닥판과 기타부분과의 온도차(Temperature Gradient) : △T = ±5℃



【그림 5.4】바닥판과 기타부분과의 온도분포(울산)

5) 풍하중

① 상부구조에 작용하는 풍하중

㉠ 교량 총 폭 : B = 15.75m, 거더높이 : D = 3.20m

㉡ B / D = 4.922 < 8 ⇒ 풍하중 : P = (4.0 - 0.2 × B/D) = 3.016 kN/㎡

② 활하중에 작용하는 풍하중

㉠ 차량에 대한 연직투사면 : 1.5 kN/m

㉡ 작용위치 : 교면상 1.5m 높이

마. 하중조합

【표 5.6】하중조합(강도설계법 및 허용응력 설계법)(울산)

구 분		고정하중	활하중	지점침하	전체 온도변화		상하연 온도차		C&S[1]	Ten-don[2]	허용응력 증가계수
					+	-	+	-			
극한강도조합	CASE1	1.30	2.15							1.00	1
	CASE2	1.30	1.30	1.30	1.30		1.30		1.30	1.00	2
	CASE3	1.30	1.30	1.30	1.30			1.30	1.30	1.00	
	CASE4	1.30	1.30	1.30		1.30	1.30		1.30	1.00	
	CASE5	1.30	1.30	1.30		1.30			1.30	1.00	
사용하중조합	CASE1	1.00	1.00						1.00	1.00	
	CASE2	1.00	1.00		1.00		1.00		1.00	1.00	
	CASE3	1.00							1.00	1.00	
	CASE4	1.00	1.00			1.00	1.00		1.00	1.00	
	CASE5	1.00	1.00	1.00		1.00		1.00	1.00	1.00	1.25
	CASE6	1.00		1.00	1.00			1.00	1.00	1.00	1.40
	CASE7	1.00	1.00	1.00		1.00		1.00	1.00	1.00	1.40

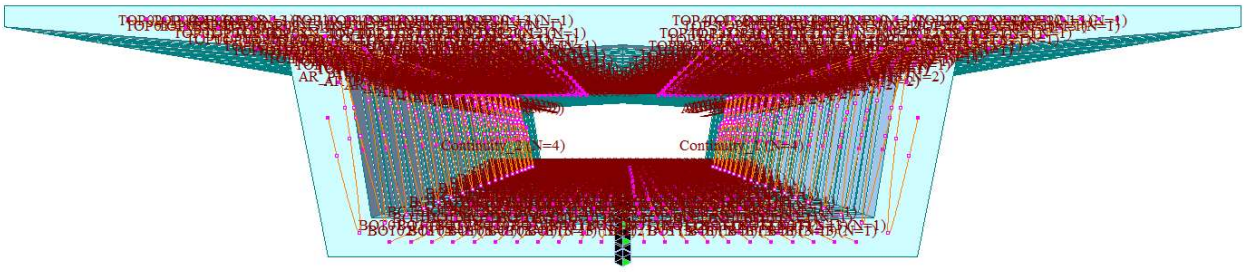
바. 종방향 구조해석

PSC BOX GIRDER교는 휨강성 및 비틀림 강성 큰 폐합단면을 갖는 교량으로서 시공중이나 사용단계에서 안정적인 거동을 하는 구조형식이다. 본 교량은 PSC BOX GIRDER교중에서 ILM 공법에 의하여 가설되었다. ILM공법은 교대뒤에 제작장을 설치하고 세그먼트를 제작한 후 밀어내기공법으로 교량을 가설하는 공법이다. 따라서 시공중에 지속적으로 지점조건 등 구조계가 변하는 공법으로서 구조해석시 이러한 영향을 고려하여야 한다. 또한 콘크리트는 시간이 경과함에 따라 물성치가 바뀌는 재료이다. 따라서 구조해석시 이러한 콘크리트의 특성을 반영하여 해석하는 것이 중요하다.

대상 교량의 구조해석을 위해서 범용구조해석 프로그램인 Midas Civil 2021을 사용하였으며, PSC 거더는 보요소를 사용하여 모델링하였다. 해석에 사용된 대상 교량의 구조해석모델은 아래의 【그림 5.5】과 같다. 구조해석은 해석결과의 신뢰도와 정확성을 높이기 위하여 교각을 포함한 하부구조와 상부구조를 일체로 Full modelling하여 수행하였으며, 경계조건은 현 시공상태와 준공도서를 검토하여 가동단 및 고정단을 적용하였다. 한편, 콘크리트의 재령에 따른 탄성계수의 변화와 크리프 및 건조수축의 영향은 CEB-FIP 규정을 적용하였다.

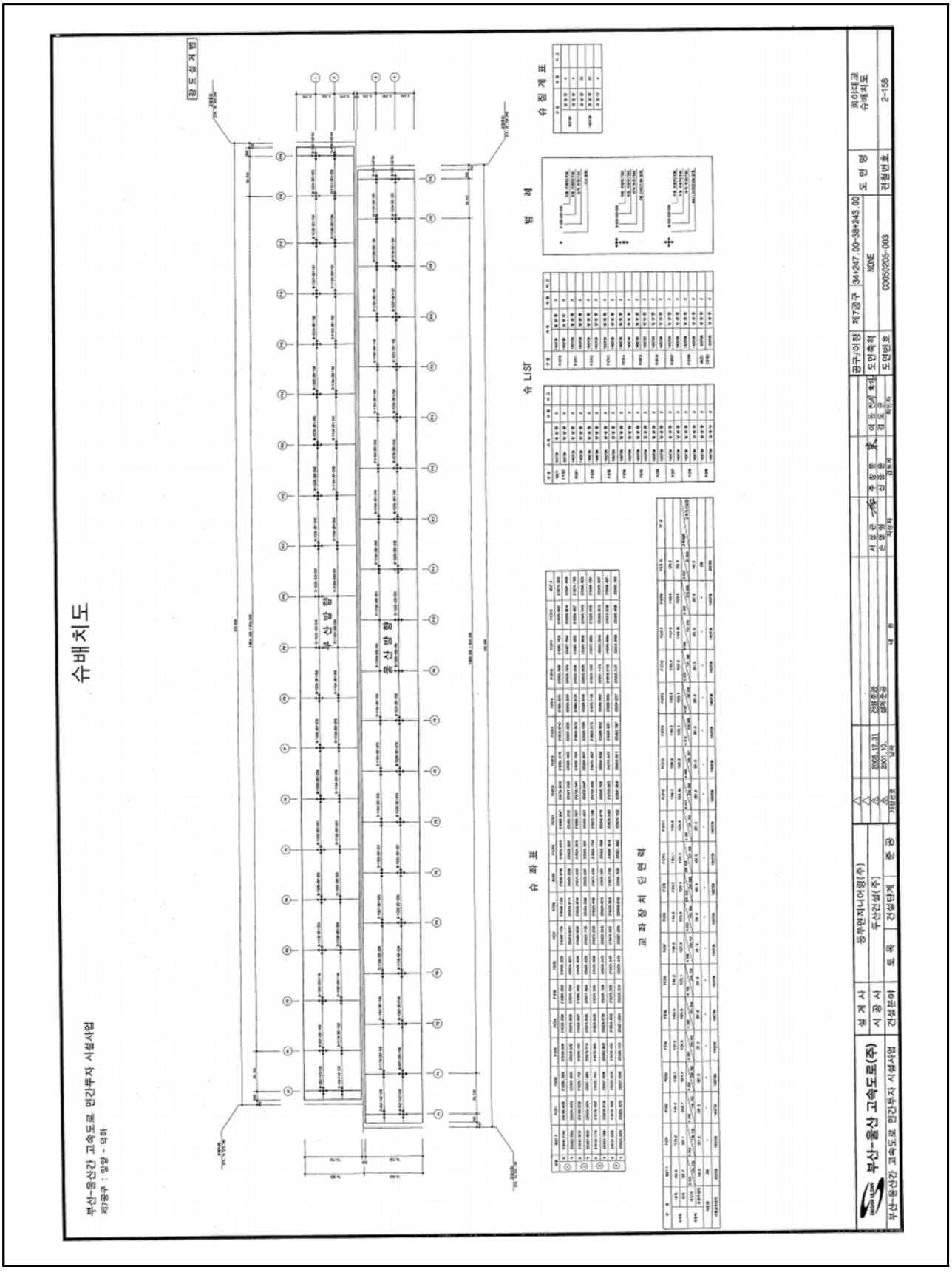


[전체 모델링]

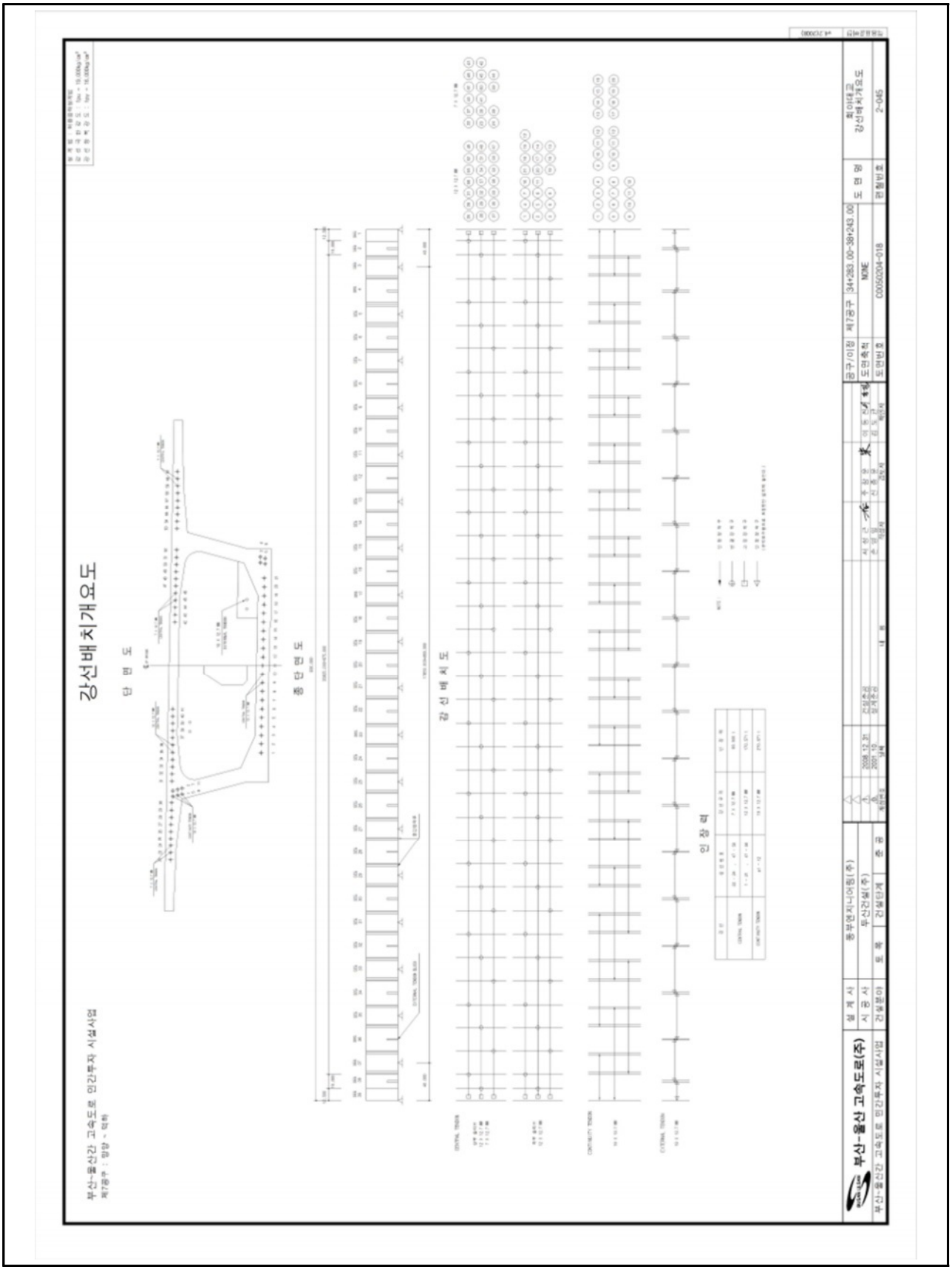


[정면 투영도]

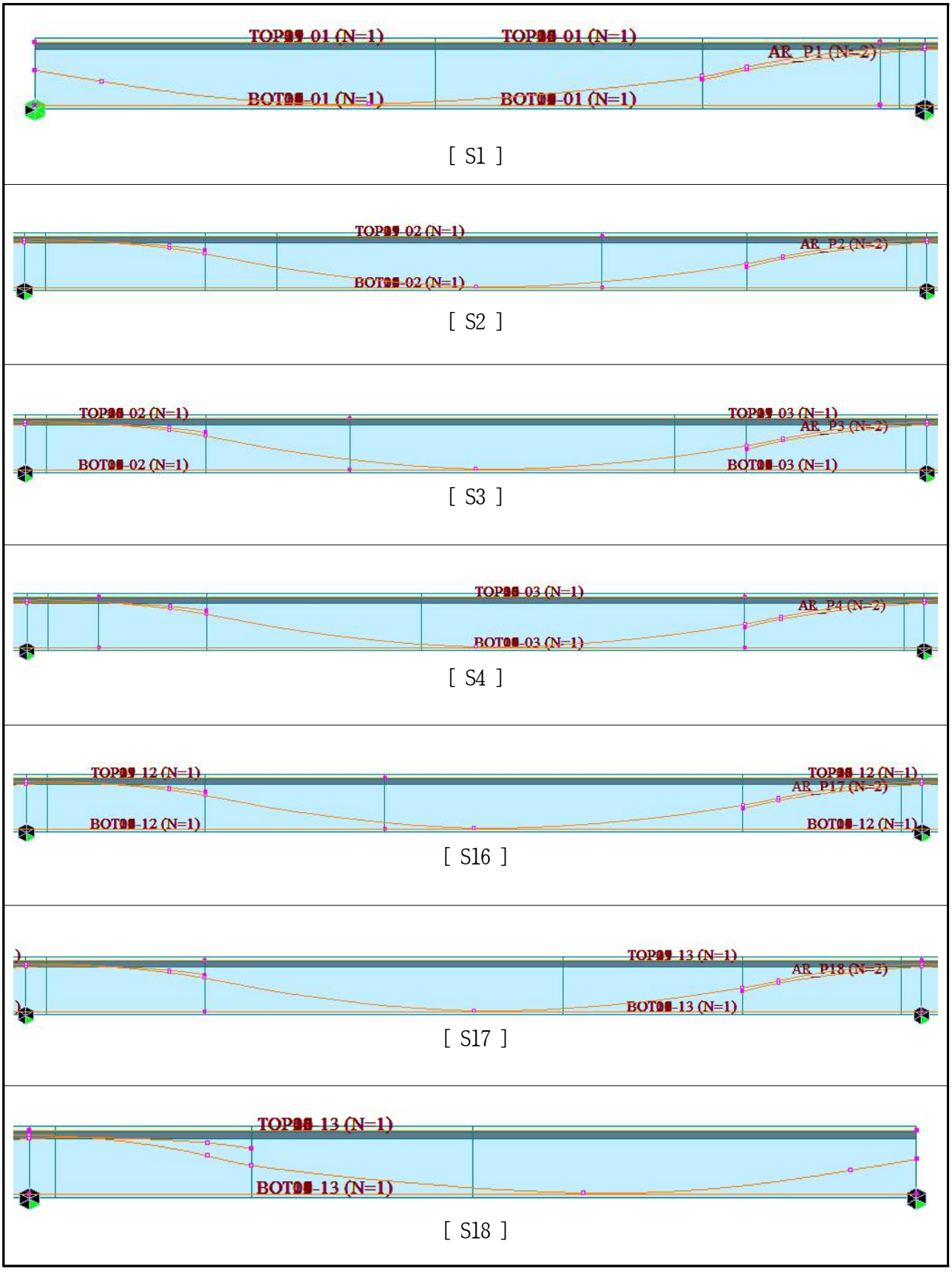
【그림 5.5】종방향 구조해석 모델링(울산)



【그림 5.6】 교량받침 배치도(울산)



【그림 5.7】 종방향 강선배치도(울산)

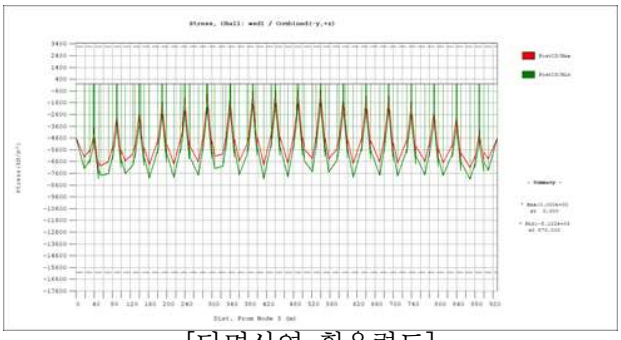


【그림 5.8】종방향 강선배치 모델링(울산)

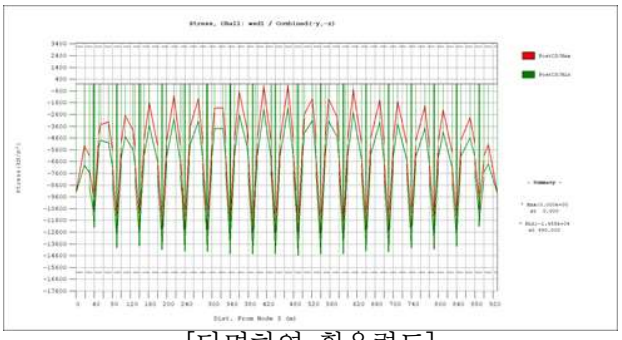
1) 휨응력 검토

① 단면 상·하연 휨응력도

CASE1

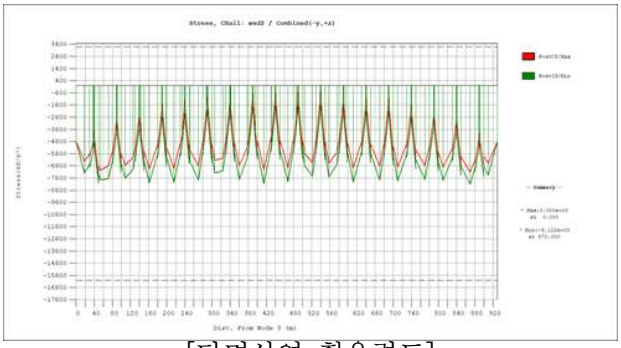


[단면상연 휨응력도]

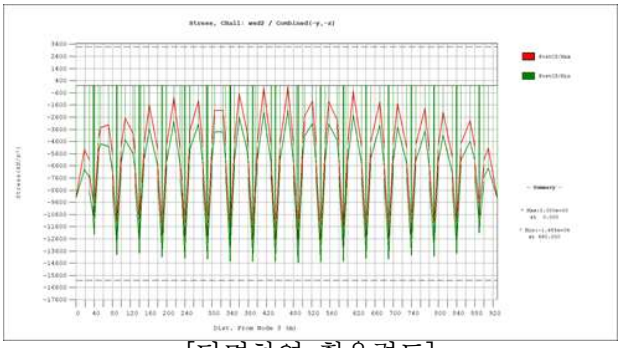


[단면하연 휨응력도]

CASE2

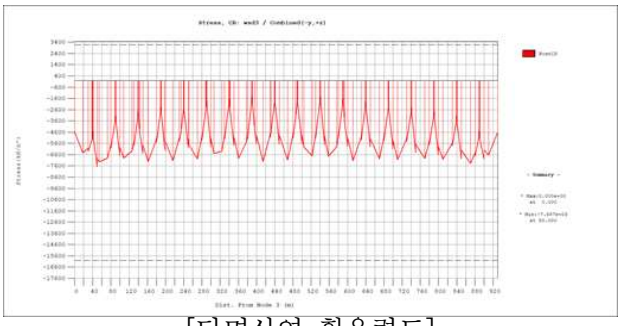


[단면상연 휨응력도]

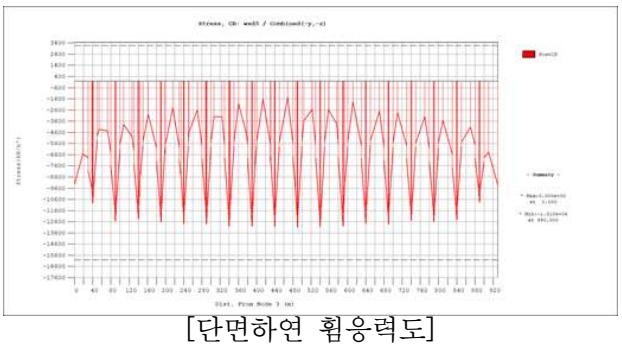


[단면하연 휨응력도]

CASE3



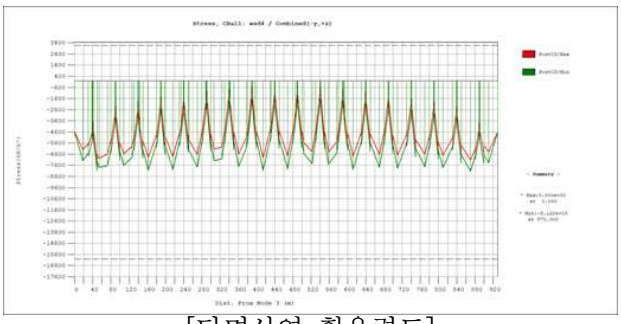
[단면상연 휨응력도]



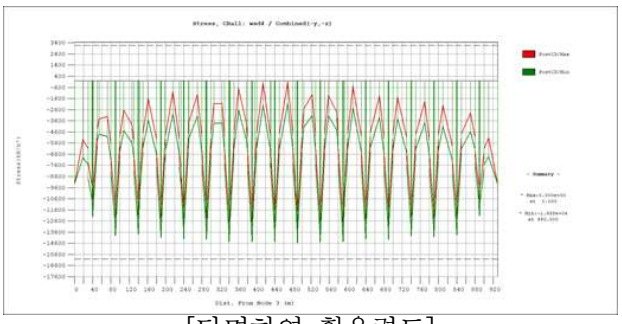
[단면하연 휨응력도]

【그림 5.9】 사용하중별 단면 상·하연 휨응력도(울산)

CASE4

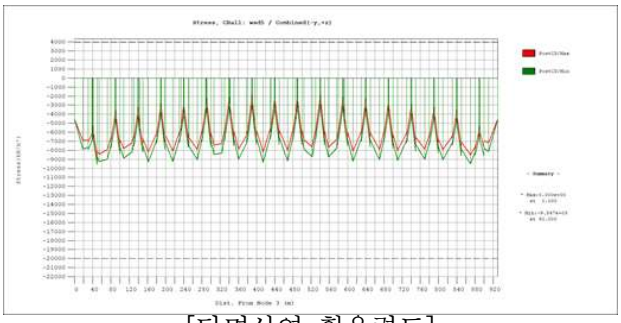


[단면상연 휨응력도]

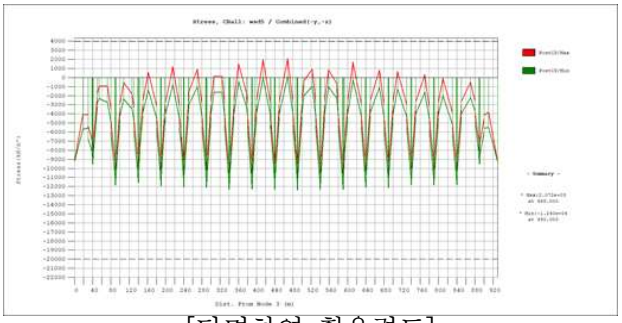


[단면하연 휨응력도]

CASE5

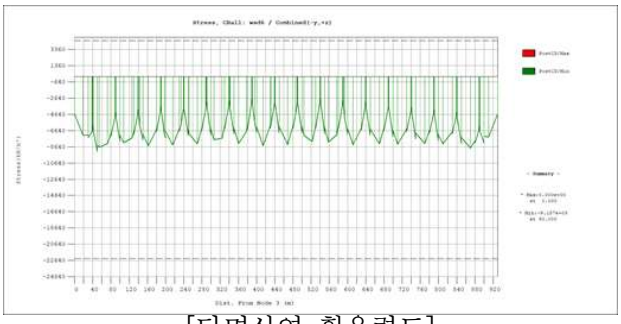


[단면상연 휨응력도]

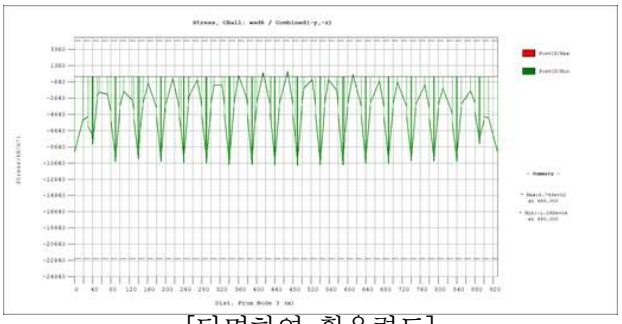


[단면하연 휨응력도]

CASE6

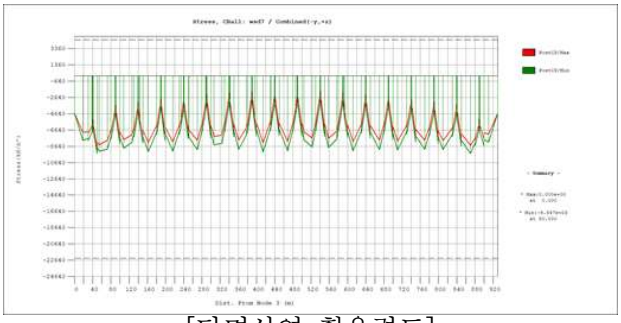


[단면상연 휨응력도]

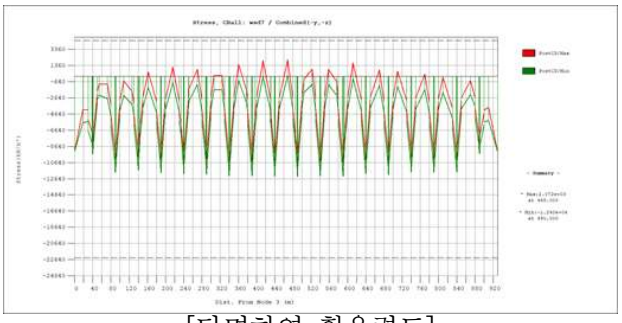


[단면하연 휨응력도]

CASE7



[단면상연 휨응력도]



[단면하연 휨응력도]

【그림 5.9】 사용하중별 단면 상·하연 휨응력도(울산)(계속)

② 응력검토

【표 5.7】 주요단면 응력검토(MPa)(울산)

구 분	S1경간-중앙부		S2경간-중앙부		비고
	상연	하연	상연	하연	
고정하중	-2.733	4.626	-2.610	4.414	⊕: 인장
P S	-4.590	-11.811	-5.970	-8.390	⊖: 압축
C & S	-8.578	-11.865	-9.145	-9.387	
활하중	-0.736	1.249	-0.783	1.325	
온도하중	-0.708	1.200	-1.470	2.479	
지점침하	0.000	0.000	0.000	0.000	
조합 CASE1	-7.204	-9.238	-8.248	-5.018	
조합 CASE2	-7.204	-9.238	-8.248	-5.018	
조합 CASE3	-6.467	-9.238	-7.482	-4.472	
조합 CASE4	-7.204	-9.238	-8.248	-5.018	
조합 CASE5	-7.911	-9.238	-9.656	-2.735	
조합 CASE6	-7.175	-9.238	-8.921	-2.189	
조합 CASE7	-7.911	-9.238	-9.656	-2.735	
하중조합최대	-7.911	-9.238	-9.656	-5.018	

구 분	S1경간-지점부		S2경간-지점부		비고
	상연	하연	상연	하연	
고정하중	4.634	-7.734	4.985	-8.322	⊕: 인장
P S	-9.052	-3.512	-8.071	-4.363	⊖: 압축
C & S	-7.951	-10.011	-7.762	-10.689	
활하중	0.763	-1.274	0.844	-1.408	
온도하중	-1.580	2.637	-1.236	2.063	
지점침하	0.000	0.000	0.000	0.000	
조합 CASE1	-5.116	-12.204	-3.931	-13.912	
조합 CASE2	-5.116	-12.204	-3.931	-13.912	
조합 CASE3	-4.987	-10.931	-3.754	-12.504	
조합 CASE4	-5.116	-12.204	-3.931	-13.912	
조합 CASE5	-6.650	-9.567	-5.167	-11.862	
조합 CASE6	-6.521	-8.293	-4.990	-10.453	
조합 CASE7	-6.650	-9.567	-5.167	-11.862	
하중조합최대	-6.650	-12.204	-5.167	-13.912	

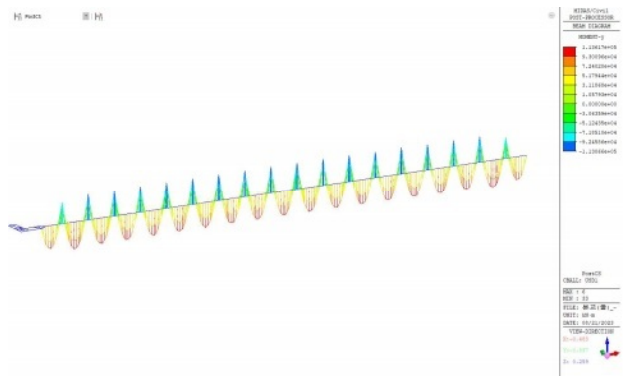
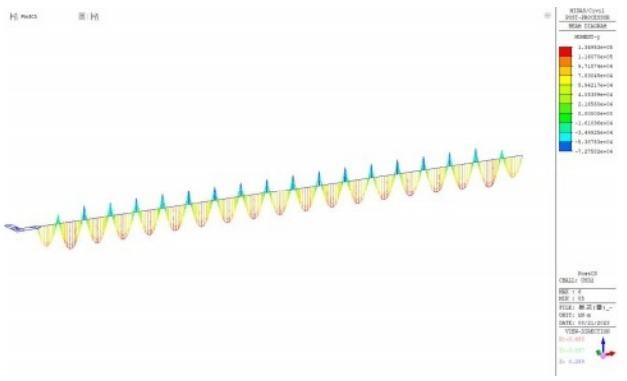
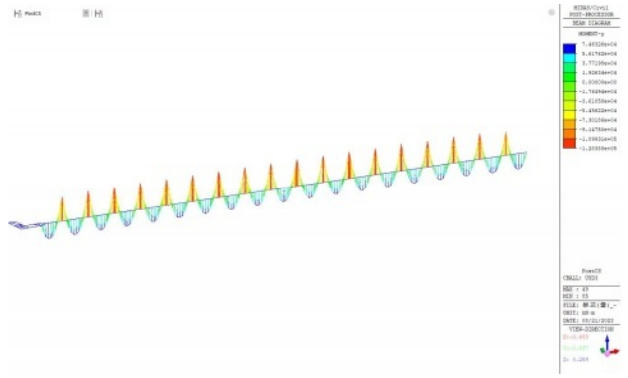
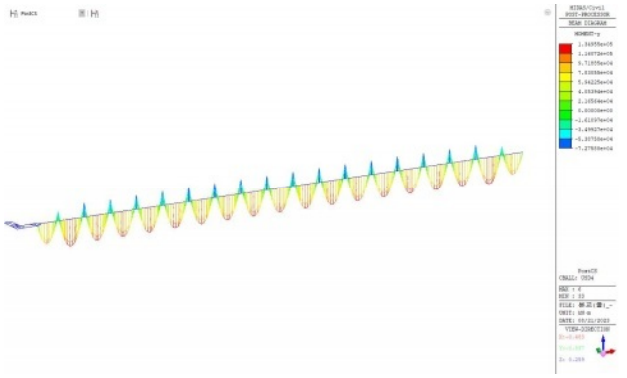
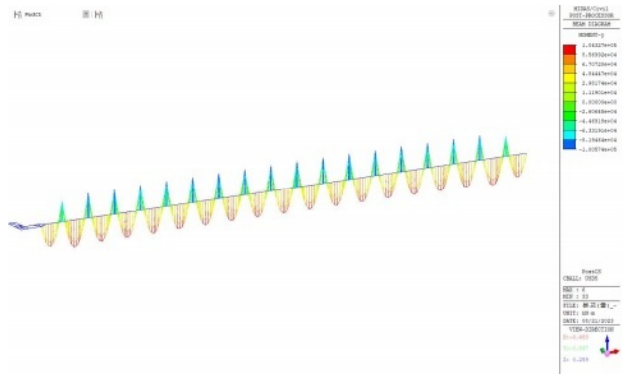
조합 케이스	허용 응력	S1경간-중앙부		S1경간-지점부		S2경간-중앙부		S2경간-지점부	
		합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F
1	-24.00	-9.238	2.598	-12.204	1.967	-8.248	2.910	-13.912	1.725
2	-24.00	-9.238	2.598	-12.204	1.967	-8.248	2.910	-13.912	1.725
3	-24.00	-9.238	2.598	-10.931	2.196	-7.482	3.208	-12.504	1.919
4	-24.00	-9.238	2.598	-12.204	1.967	-8.248	2.910	-13.912	1.725
5	-24.00	-9.238	2.598	-9.567	2.509	-9.656	2.486	-11.862	2.023
6	-24.00	-9.238	2.598	-8.293	2.894	-8.921	2.690	-10.453	2.296
7	-24.00	-9.238	2.598	-9.567	2.509	-9.656	2.486	-11.862	2.023
최소 안전율			2.598		1.967		2.486		1.725

③ 검토결과

응력검토는 측경간과 중앙경간에 대해서 중앙부와 지점부에 대해서 응력검토를 수행하였다. 응력검토결과, 주하중의 경우에 전단면에서 압축응력의 분포를 보이고 있으며, 부하중(온도하중, 풍하중)이 고려된 응력상태에서도 전구간의 응력상태가 압축응력의 분포를 보이고 있다. 최소 안전율이 1.725로 응력에 대한 안전성을 확보하였다.

2) 극한강도검토

① 하중조합별 계수하중 단면력도

U-LC1	U-LC2
	
U-LC3	U-LC4
	
U-LC5	
	

【그림 5.10】계수하중 단면력도(울산)

② 계수단면력 산정결과

【표 5.8】계수단면력 산정결과(울산)

구 분	측경간 중앙부(S1)		측경간 지점부(P1)	
	모멘트	전단력	모멘트	전단력
U-LC1	97660.4	9335.8	-89847.3	16114.8
U-LC2	103949.2	7452.2	-44831.8	13803.3
U-LC3	73239.8	9158.3	-113074.9	15509.3
U-LC4	103950.9	7452.1	-44828.0	13803.2
U-LC5	88596.2	8305.1	-78949.6	14656.2
최대값	103950.9	9335.8	-113074.9	16114.8

구 분	중앙경간 중앙부(S3)		중앙경간 지점부(P3)	
	모멘트	전단력	모멘트	전단력
U-LC1	107674.5	8076.0	-106767.9	17303.2
U-LC2	125236.4	7065.5	-66402.5	15708.9
U-LC3	70167.0	7140.1	-123188.7	15783.6
U-LC4	125236.3	7065.4	-66401.7	15708.9
U-LC5	97701.6	7102.7	-94794.8	15746.2
최대값	125236.4	7065.4	-123188.7	17303.2

③ 휨강도 검토

프리스트레스 콘크리트 휨부재는 미리 압축을 가한 인장구역에서 사용하중에 의한 인장연단응력에 따라 비균열등급, 부분균열등급, 완전균열등급으로 구분하며, 비균열등급과 부분균열등급 휨부재의 사용하중에 의한 응력은 비균열등급을 사용하여 계산한다.

㉠ 단면의 휨강도

○ 사각형 단면

- 사각형 단면 또는 중립축이 압축 플랜지내에 있는 플랜지를 갖는 단면

$$\phi M_n = \phi[A_p f_{ps} d_p \ [1-0.59(\frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p}\rho\frac{f_y}{f_{ck}}] \ ) \ + \ A_s f_y d \ [1-0.59(\frac{d_p}{d}\frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} + \frac{\rho f_y}{f_{ck}})]$$

○ 플랜지를 갖는 단면

- 중립축이 압축 플랜지 내에 있지 않는 플랜지를 갖는 단면

$$\phi M_n \ = \ \phi[A_{pw} f_{ps} d_p [1-0.59\frac{A_{pw} f_{ps}}{b_0 d_p f_{ck}}] + A_s f_y (d-d_p) + 0.85 f_{ck}(b-b_0)t(d_p - 0.5t)]$$

$$A_{pw} \ = \ A_p + (A_s f_y / f_{ps}) - A_{pf} \qquad A_{pf} \ = \ 0.85 f_{ck}(b-b_0)t/f_{ps}$$

ρ_p : PS강재비 $(A_{ps}/b{\cdot}d_p)$ $\qquad$ ρ : 철근비$(A_s/b{\cdot}d)$

f_{ps} : 계수하중 하에서 PS강재의 평균응력

d : 압축연단에서 인장철근 중심까지의 거리(유효높이)

d_p : 압축측 연단에서 프리스트레스 힘 중심까지의 거리

㉡ PS강재의 응력 (부착긴장재를 가진 부재)

$$f_{ps} = \ f_{pu}\left[1-\frac{\gamma_p}{\beta_1}\left\{\rho_p\frac{f_{pu}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p}(\rho\frac{f_y}{f_{ck}})\right\}\right]$$

㉢ 최소 강재량

PS강재 및 철근의 총량은 위험단면에서 균열모멘트의 1.2배 이상의 설계모멘트를 받는데 충분하여야 한다.

$$\phi M_n \ \geq \ 1.2 M_{cr}$$

$$M_{cr} \ = \ (f_{ru} + f_{pcc}) Z_c \ = \ 0.63\sqrt{f_{ck}} Z_c + P_e(\frac{r_c^2}{y_c} + e_p)$$

여기서, $r_c^2 \ = \ \frac{I_c}{A_c}$, $\quad Z_c \ = \ \frac{I_c}{y_c}$

㉣ 검토결과

구분	단위	측경간 중앙부(S1)	측경간 지점부(P1)
휨모멘트(Mu)	kN.m	103950.6	-113074.9
단면적(Ac)	m^2	14.446	14.446
단면2차모멘트(Ic)	m^4	19.763	19.763
TENDON 단면적(Aps)	mm^2	41600	50800
압축연단과 PS강재 중심간 거리(dp)	mm	2932.1	2929.5
PS 강재비: $\rho_p = A_{ps} / b\, d_p$		0.0009	0.0023
PS 강재응력: $f_{ps} = f_{pu}[1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1}\frac{\rho_p f_{pu}}{f_{ck}}]$	MPa	1699.0	1699.0
등가응력 깊이: $a = \frac{f_{ps}A_{ps}}{0.85 f_{ck} b}$	mm	134.7	345.3
설계휨강도: $\phi M_n = \phi[A_p f_{ps} d_p\ [1 - 0.59\rho_p f_{ps}/f_{ck}]]$	kN.m	172099.4	202221.73
휨강도 검토 (ϕMn > Mu)		SF=1.656 (O.K)	SF=1.788 (O.K)

구분	단위	중앙경간 중앙부(S3)	중앙경간 지점부(P3)
휨모멘트(Mu)	kN.m	125236.4	-123188.7
단면적(Ac)	m^2	14.446	14.446
단면2차모멘트(Ic)	m^4	19.763	19.763
TENDON 단면적(Aps)	mm^2	41600	50800
Tendon 중심까지 평균깊이(dp)	mm	2932.1	2929.5
PS 강재비: $\rho_p = A_{ps} / b\, d_p$		0.0009	0.0023
PS 강재응력: $f_{ps} = f_{pu}[1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1}\frac{\rho_p f_{pu}}{f_{ck}}]$	MPa	1699.0	1699.0
등가응력 깊이: $a = \frac{f_{ps}A_{ps}}{0.85 f_{ck} b}$	mm	134.7	345.3
설계휨강도: $\phi M_n = \phi[A_p f_{ps} d_p\ [1 - 0.59\rho_p f_{ps}/f_{ck}]]$	kN.m	172099.4	202221.73
휨강도 검토 (ϕMn > Mu)		SF=1.374 (O.K)	SF=1.642 (O.K)

④ 전단강도 검토

㉠ 콘크리트가 부담하는 전단강도

$$V_c = Min(V_{ci},\ V_{cw})$$

$$V_{ci} = 0.05\sqrt{f_{ck}}b_w d + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{\max}}$$

$$V_i = V_u - V_d$$

$$M_{\max} = M_u - M_d$$

$$M_{cr} = \frac{I}{y_t}(0.5\sqrt{f_{ck}} + f_{pcc} - f_d)$$

V_{ci} : 전단과 모멘트 조합에 의해 사인장 균열이 발생할 때 공칭 전단강도

$M_{\max}$: 외부작용하중에 의해 발생하는 단면의 최대 계수 모멘트

V_i : $M_{\max}$ 를 발생시키는 외부 작용하중에 의한 단면의 계수 전단력

M_{cr} : 외부 작용하중에 의한 단면의 휨 균열 모멘트

V_d : 사용 고정하중에 의해 발생하는 단면의 전단력

f_d : 인장응력이 발생하는 단면의 최외연에서의 사용고정하중에 의한 응력

f_{pcc} : 유효 프리스트레스 힘에 의한 인장연단의 콘크리트 응력

○ 전단강도 Vcw (복부 전단강도)

$$V_{cw} = (0.29\sqrt{f_{ck}} + 0.3f_{pc})b_w d + V_p$$

f_{pc} : 유효 프리스트레스 힘에 의한 콘크리트 도심의 응력

V_p: 단면의 유효 프리스트레스 힘의 수직 분력

㉡ 철근이 부담하는 전단력

$$V_s = A_v f_y d / s \qquad \le \frac{2}{3}\sqrt{f_{ck}}b_w d$$

계수전단력 V_u가 ϕV_c의 1/2을 초과하는 경우에는 균열 발생을 억제하기 위해 다음과 같은 단면적을 갖는 최소 전단철근을 사용하여야 한다.

$$A_{v,\min} = 0.0625\sqrt{f_{ck}}\frac{b_w s}{f_{yt}} \quad > \quad 0.35\frac{b_w s}{f_{yt}}$$

㉣ 검토결과

구분	단위	측경간 지점부(P1)	중앙경간 지점부(P2)
계수 전단력(Vu)	kN	16114.8	17303.2
콘크리트 강도(fck)	MPa	40.0	40.0
단면2차모멘트(Ic)	m^4	19.763	19.763
연단거리(Yt)	㎜	1191.5	1191.5
고정하중 연단응력(fd)	MPa	4.626	8.136
복부의 두께(bw)	㎜	1298.11	1298.11
부재유효깊이(d)	㎜	2560	2560
외부하중 균열모멘트: $M_{cr} = I/y_t(0.5\sqrt{f_{ck}}+f_{pcc}-f_d)$	kN.m	127116.6	155060.7
휨 전단강도: $V_{ci} = 0.05\sqrt{f_{ck}}\,b_w d + V_d + V_i M_{cr}/M_{\max}$	kN	26496261928	31590.47
복부 전단강도: $V_{cw} = (0.29\sqrt{f_{ck}}+0.3f_{pc})b_w d + V_p$	kN	15768.2	14076.9
콘크리트 전단강도: $V_c = Min(V_{ci}, V_{cw})$	kN	15768.2	14076.9
철근항복강도(fy)	MPa	400	400
철근 직경 및 간격(D,s)	㎜	H13@200	H13@200
철근 단면적(Av)	㎟	1267	1267
철근부담 전단강도: $V_s = A_v f_y d/s$	kN	7791.35	7791.35
설계전단강도: $V_d = \phi V_n$	kN	18847.7	17494.7
전단강도 검토 ($\phi V_n > V_u$)		SF=1.170 (O.K)	SF=1.011 (O.K)

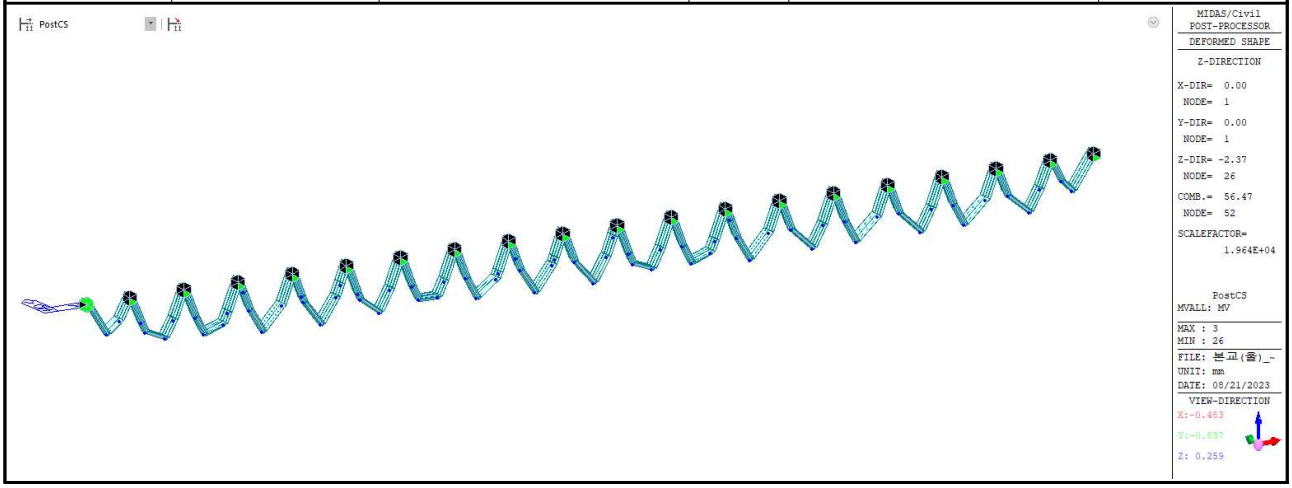
3) 활하중에 의한 처짐 검토

【표 5.9】 허용처짐값(울산)

교 량 형 식			최 대 처 짐(m)	
플레이트 거더 형식	종류	지간	단순지지거더 및 연속거더	게르버거더의 캔틸레버부
	철근콘크리트 슬래브가 있는 플레이트 거더	L ≦ 10m	L/2,000	L/1,200
		10 < L ≦ 40m	$\frac{L}{20,000/L}$	$\frac{L}{12,000/L}$
		L > 40m	L/500	L/300
현 수 교 형 식			L/350	
사 장 교 형 식			L/400	
기 타 형 식			L/600	L/400

【표 5.10】 활하중에 의한 처짐 검토(울산)

구 분	경간 (m)	설계 활하중에 의한 계산처짐 (㎜)	검토	처짐 제한(㎜)	검토결과
S1, S19	40.0	1.470	<	66.6	O.K
S2~S18	50.0	2.368	<	83.3	O.K



4) 받침용량 검토

본 교량의 받침용량 검토결과, 개소별 받침용량 이내로 검토되어 받침용량 초과로 인한 구조안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 5.11】 받침반력 산정 결과 [단위 : kN](울산)

구 분		고정하중+ CS+PS	활하중 (충격하중 포함)	계	받침 용량	검토 결과
A1	Sh1	3,980.92	691.64	4,672.56	6,000	O.K
	Sh2	3,980.92	691.64	4,672.56	6,000	O.K
P1	Sh1	9,708.34	1,475.56	11,183.90	14,000	O.K
	Sh2	9,708.34	1,475.56	11,183.90	14,000	O.K
P2	Sh1	10,459.64	1,548.15	12,007.79	14,000	O.K
	Sh2	10,459.64	1,548.15	12,007.79	14,000	O.K
P3	Sh1	10,267.96	1,566.52	11,834.48	14,000	O.K
	Sh2	10,267.96	1,566.52	11,834.48	14,000	O.K
P4	Sh1	10,325.11	1,571.53	11,896.63	14,000	O.K
	Sh2	10,325.11	1,571.53	11,896.63	14,000	O.K
P5	Sh1	10,306.99	1,573.63	11,880.63	14,000	O.K
	Sh2	10,306.99	1,573.63	11,880.63	14,000	O.K
P6	Sh1	10,308.34	1,574.51	11,882.85	14,000	O.K
	Sh2	10,308.34	1,574.51	11,882.85	14,000	O.K
P7	Sh1	10,307.80	1,574.59	11,882.39	14,000	O.K
	Sh2	10,307.80	1,574.59	11,882.39	14,000	O.K
P8	Sh1	10,313.98	1,574.13	11,888.11	14,000	O.K
	Sh2	10,313.98	1,574.13	11,888.11	14,000	O.K
P9	Sh1	10,308.06	1,573.25	11,881.31	14,000	O.K
	Sh2	10,308.06	1,573.25	11,881.31	14,000	O.K

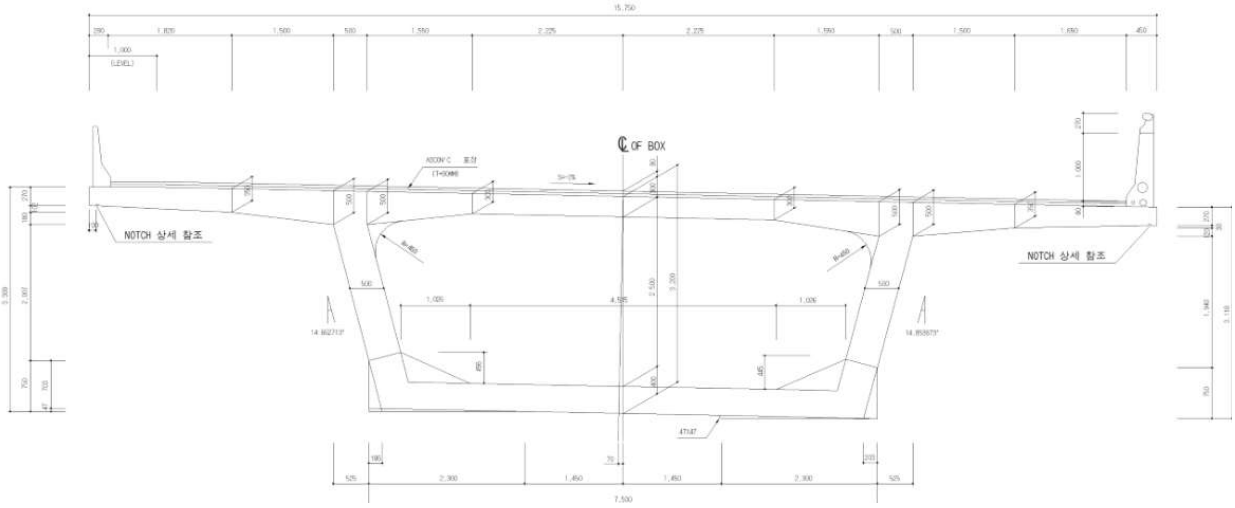
【표 5.11】 받침반력 산정 결과 [단위 : kN](울산)(계속)

구 분		고정하중+ CS+PS	활하중 (충격하중 포함)	계	받침 용량	검토 결과
P10	Sh1	10,300.39	1,574.72	11,875.10	14,000	O.K
	Sh2	10,300.39	1,574.72	11,875.10	14,000	O.K
P11	Sh1	10,323.47	1,574.40	11,897.87	14,000	O.K
	Sh2	10,323.47	1,574.40	11,897.87	14,000	O.K
P12	Sh1	10,318.73	1,574.66	11,893.39	14,000	O.K
	Sh2	10,318.73	1,574.66	11,893.39	14,000	O.K
P13	Sh1	10,267.47	1,572.03	11,839.50	14,000	O.K
	Sh2	10,267.47	1,572.03	11,839.50	14,000	O.K
P14	Sh1	10,363.11	1,574.44	11,937.55	14,000	O.K
	Sh2	10,363.11	1,574.44	11,937.55	14,000	O.K
P15	Sh1	10,268.54	1,569.91	11,838.45	14,000	O.K
	Sh2	10,268.54	1,569.91	11,838.45	14,000	O.K
P16	Sh1	10,306.94	1,566.77	11,873.71	14,000	O.K
	Sh2	10,306.94	1,566.77	11,873.71	14,000	O.K
P17	Sh1	10,465.89	1,545.32	12,011.21	14,000	O.K
	Sh2	10,465.89	1,545.32	12,011.21	14,000	O.K
P18	Sh1	9,660.66	1,475.42	11,136.08	14,000	O.K
	Sh2	9,660.66	1,475.42	11,136.08	14,000	O.K
A2	Sh1	4,009.84	691.77	4,701.61	6,000	O.K
	Sh2	4,009.84	691.77	4,701.61	6,000	O.K

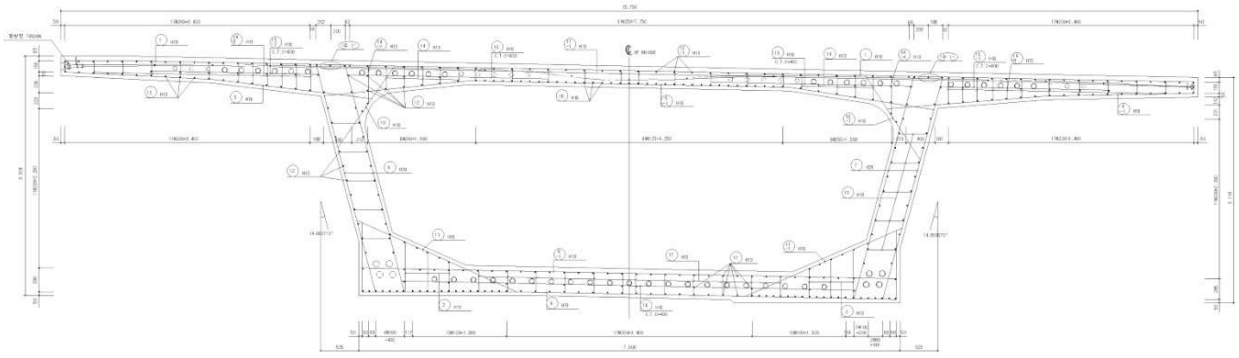
주) CS : 크리프(Creep)와 건조수축(Shrinkage), PS : 프리스트레스(Prestress)

사. 횡방향 구조해석

횡방향 해석은 보요소를 사용한 2차원 골조해석모델을 사용하여 수행하였다. 차량하중은 횡방향으로 재하 가능한 차량대수만큼을 지간 중앙부에 재하하여 부재력을 산출하였으며, 또한 고정하중, 온도변화, 풍하중에 대한 해석을 수행하여 부재력을 산출하여 최대의 부재력으로 강도검토 및 사용성검토를 수행하였다.



[중앙부 횡단면도]



[구조도]

【그림 5.11】 검토단면의 위치 및 제원(울산)

1) 하중산정

① 자중

- 거더 : 자중은 해석 프로그램내 자동 산정 (W_c = 25.0 kN/㎥)

② 2차 고정하중

【표 5.12】2차 고정하중(울산)

구 분	하중산정	비 고
방호울타리	W_r = 10.524kN/m × 2ea = 21.048 kN/m	
포장 (LMC)	W_a = 15.00 × 0.05 × 23.0 = 17.239 kN/m	•설계두께 : 50㎜(설계시)

주) 금회 안전성평가시 포장두께는 안전측으로 설계 포장두께를 적용

③ 활하중

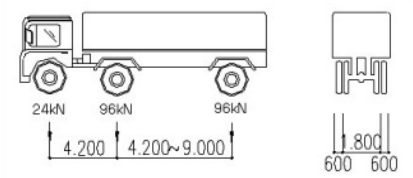
㉠ 횡방향 재하차로수

- 연석간 교폭 : W_c = 15.75 - 0.5×2 = 14.75 m

- 재하 차로수 : 12.8 m ≤ W_c = 14.75 m < 16.4 m ∴ 최대 4차로까지 재하가능

㉡ 활하중 모델

【표 5.13】표준트럭하중(DB-24) 축중량(울산)

하중등급	W (kN)		비 고
표준트럭하중 (DB-24)	전륜(1축)	48	
	후륜(2축)	192	
	후륜(3축)	192	
	총 중량	432	

㉢ 충격계수

【표 5.14】충격계수 산정결과(울산)

구 분	캔틸레버	내측슬래브	비 고
지간장	3.600 m	8.550 m	
이론 충격계수	$\frac{15}{40+3.600}$ = 0.344	$\frac{15}{40+8.550}$ = 0.308	
적용 충격계수	0.300	0.300	

④ 온도변화의 영향

- 상부 슬래브와 기타부재에 ±5℃의 온도차 적용

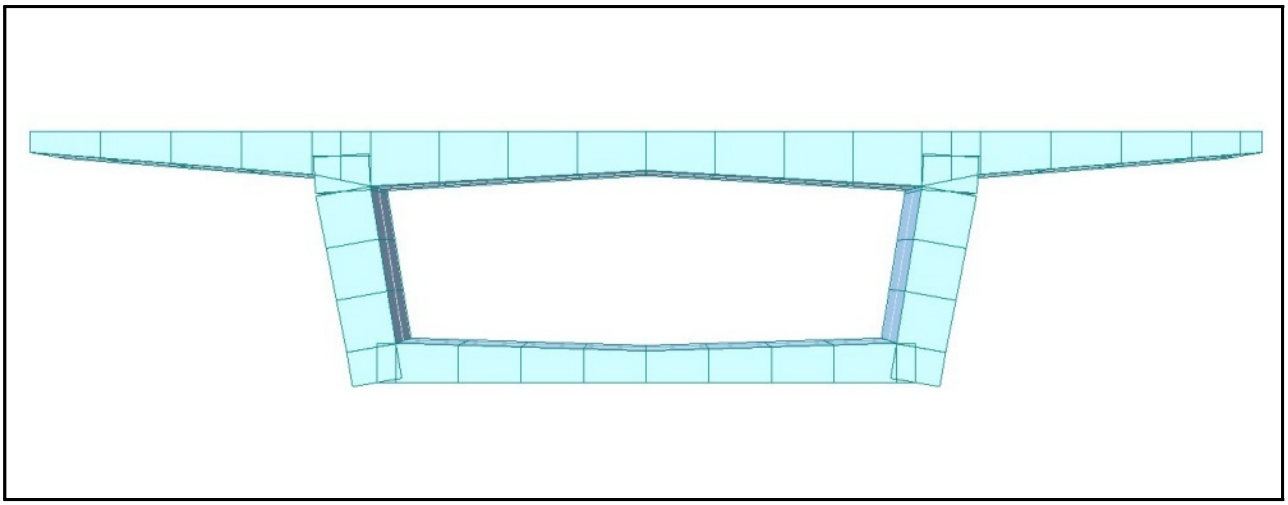
2) 하중조합

【표 5.15】횡방향 검토시 하중조합(울산)

구 분	고정하중	활하중	온도하중	비 고
CASE1	1.3	2.15		
CASE2	1.3	1.3	1.3	

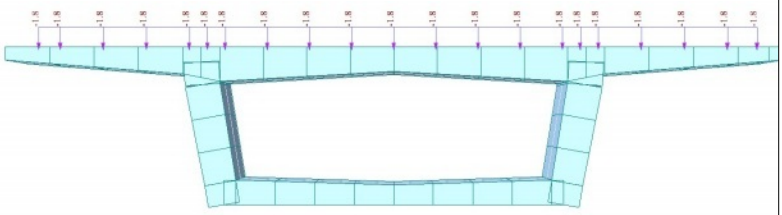
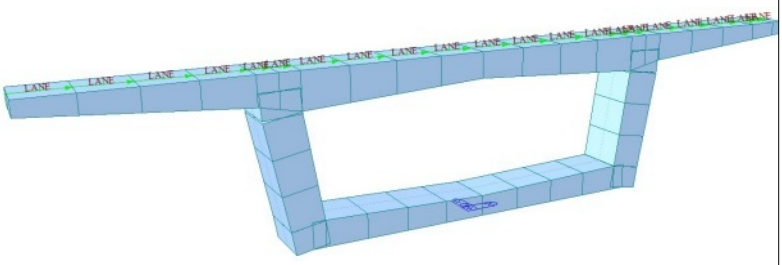
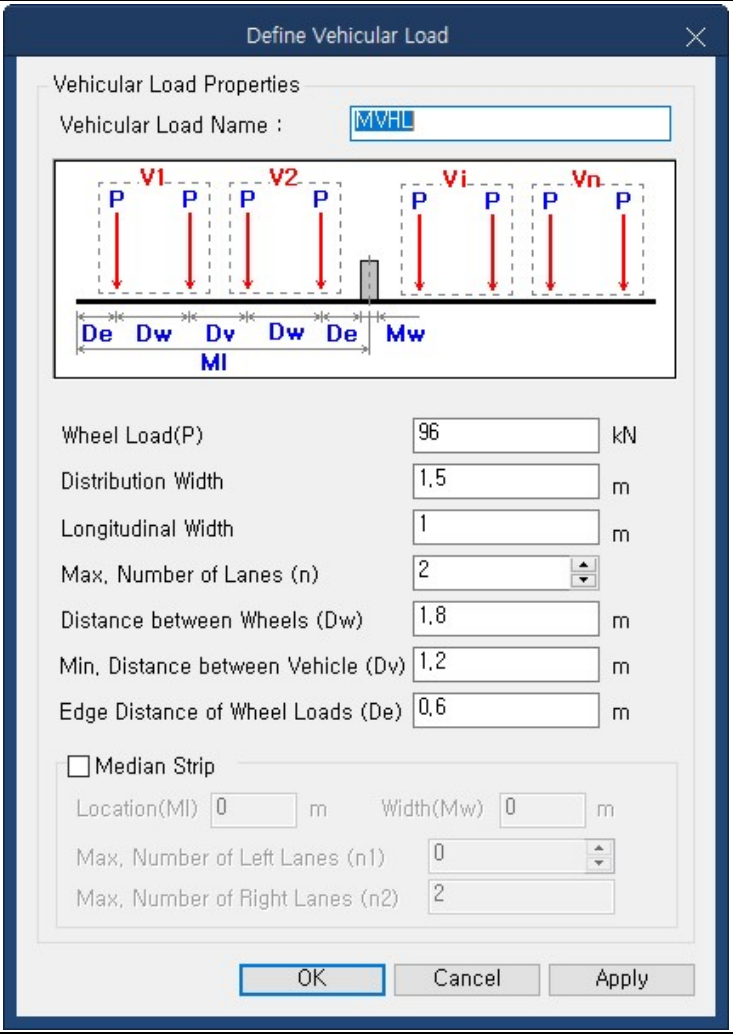
3) 구조해석

① 모델링

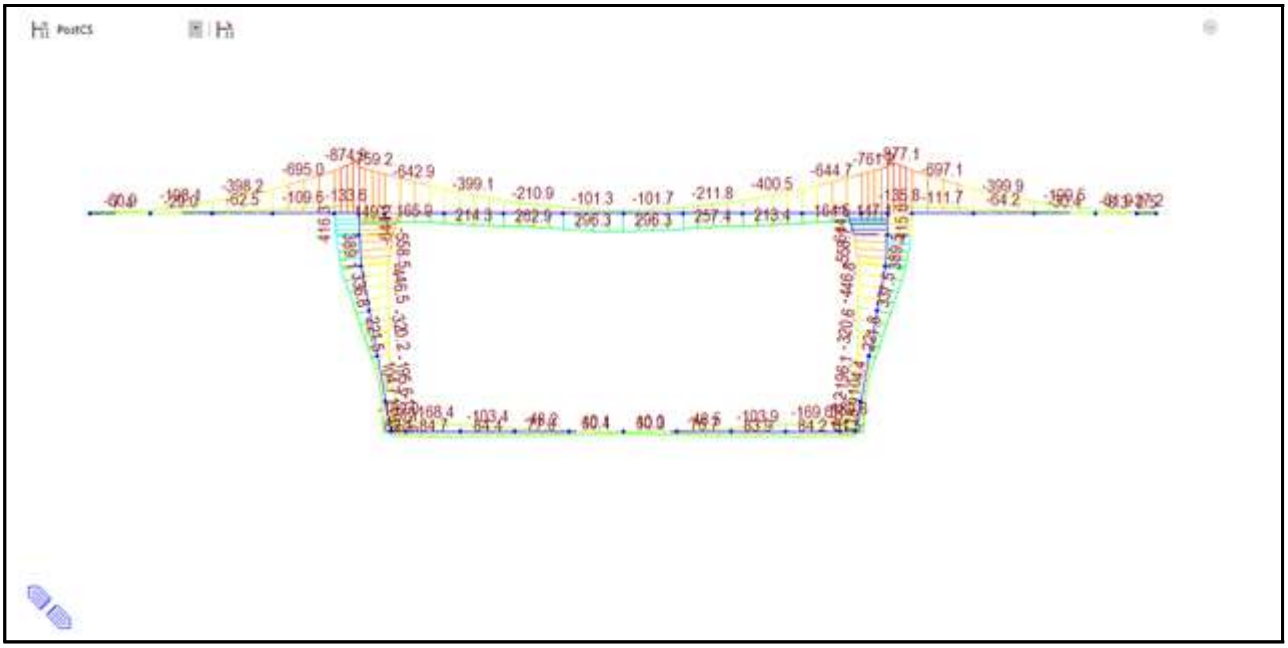


【그림 5.12】횡방향 구조해석 모델링(울산)

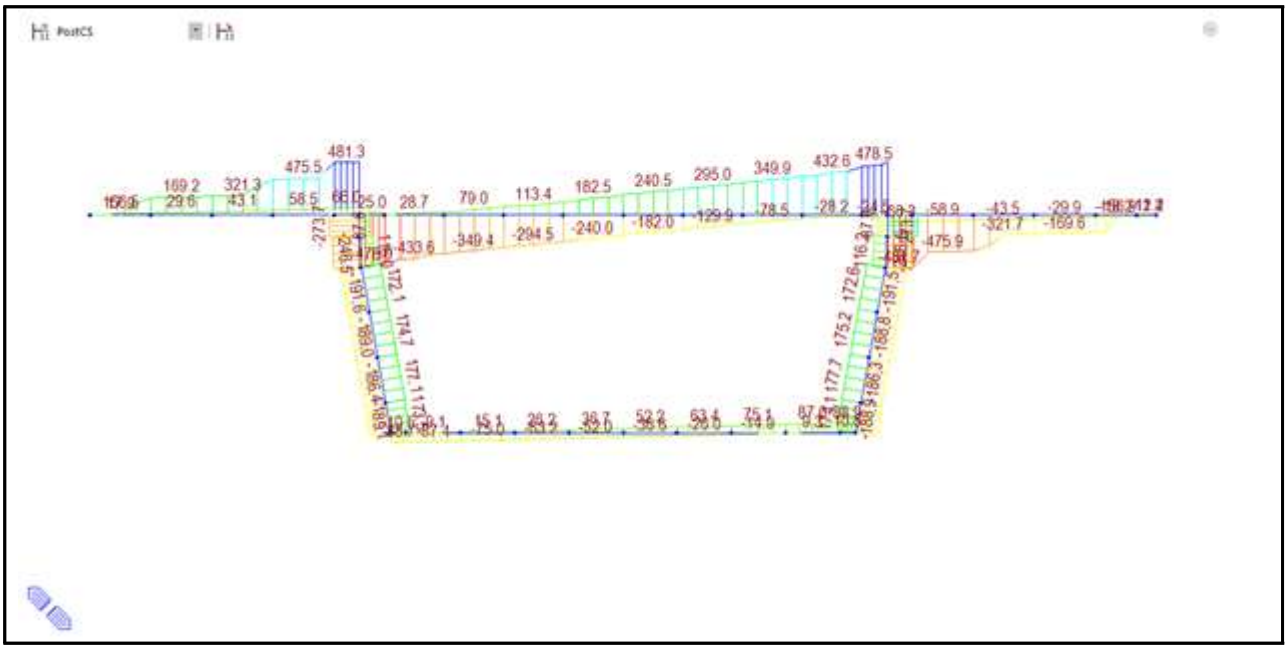
② 하중재하

구 분	하중조건 모델링	비 고
고정하중		•거더 자중 (자중옵션 적용) •2차 고정하중 - 방호울타리 - 포장
활 하 중	 	•프로그램내 Transverse Moving Load 기능사용

③ 단면력산출 결과



【그림 5.13】하중조합을 고려한 최대모멘트도(kN m)(울산)



【그림 5.14】하중조합을 고려한 최대전단력도(kN)(울산)

④ 상부구조 횡방향 검토 결과

횡방향 구조해석 결과에 대한 극한강도 및 전단력을 검토한 결과 발생 단면력이 공칭휨강도 및 공칭 전단력을 만족하는 것으로 나타나 안전성에는 문제가 없는 것으로 확인되었다.

부 재	A_s	휨 검 토		안전율
		M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	
캔틸레버부 단부	H19 @150	873.81	981.82	1.124
내부슬래브 중앙부	H16 @150	292.37	455.12	1.557

부 재	A_s	전 단 검 토		안전율
		V_u (kN)	ΦV_n (kN)	
캔틸레버부 단부	H13 @250	480.3	646.4	1.346
내부슬래브 중앙부	H13 @250	239.2	472.9	1.977

라. 내하력 검토

1) 개 요

본 교량의 안전성 평가는 시공중과 시공완료후 공용하중에 대해 평가를 하였으며 시공완료후에 대해서는 현 시방기준에 입각하여 허용응력법과 극한강도법에 의해 평가를 하였다. 거더의 종방향 내하력 평가는 허용응력법과 극한강도법에 의한 기본내하율을 각각 구하였으며 횡방향에 대한 내하율은 극한강도법에 의하여 산정하였다.

· 허용응력법에의한내하율$(RF) = \dfrac{f_a - (f_d + f_{pt} + f_{cs})}{f_l\,(1+i)}$

여기서, f_a = 허용응력

f_d = 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중에 의한 응력

i = 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수

· 극한강도법에의한내하율$(RF) = \dfrac{\phi M_n - (\gamma_d M_d + \gamma_{pt} M_{pt})}{\gamma_l M_l\,(1+i)}$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트 (RC·PC구조물의 휨부재 ϕ = 0.85)

M_d = 고정하중에 의한 모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

r_d = 고정하중 계수 = 1.30

r_l = 활하중 계수 = 2.15

i = 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수

2) 종방향 내하력 평가

(1) 허용응력법에 의한 거더의 내하율 산정

허용응력법에 의한 내하율 산정시 검토위치는 외측경간 S1 및 내측경간 S3로 선정하였으며 각 단면의 내하력은 다음 <표 5.16> 과 같다.

【표 5.16】허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가 단위:kN/㎡(울산)

위치	내하율 계산	내하율(RF)	기본내하력
외측 S1경간	$\frac{24{,}000 - (7733.6 + 11810.7 + 56.3)}{1512.9}$	2.908	DB-24 이상
내측 S3경간	$\frac{24{,}000 - (8322.2 + 8089.9 + 43.1)}{1673.3}$	4.509	"

(2) 극한강도법에 의한 거더의 내하율 산정

극한강도법에 의한 내하율 산정시 검토위치는 외측경간 S1 및 내측경간 S3로 선정하였으며 각 단면의 내하력을 산정하면 다음 <표 5.17> 와 같다.

【표 5.17】극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가 단위:kN・m(울산)

위치	내하율 계산	내하율(RF)	기본내하력
외측 S1경간	$\frac{172{,}099.4 - (1.3 \times 39247.1 - 44872.3)}{2.15 \times 11049.3}$	6.986	DB-24 이상
내측 S3경간	$\frac{172{,}099.4 - (1.3 \times 28917.2 - 13714.7)}{2.15 \times 10887.8}$	6.332	"

평가 결과, 설계 활하중 DB-24(DL-24)에 대하여 충분한 내하력을 확보하는 것으로 나타났다.

(3) 횡방향 내하력 평가

【표 5.18】횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가 단위:kN・m(울산)

위치	내하율 계산	내하율(RF)	기본내하력
캔틸레버부 단부	$\frac{981.82 - (1.3 \times 109.3)}{2.15 \times 340.8}$	1.146	DB-24 이상
내부슬래브 중앙부	$\frac{455.12-(1.3 \times 25.1)}{2.15 \times 122.7}$	1.602	DB-24 이상

평가 결과, 설계 활하중 DB-24(DL-24)에 대하여 충분한 내하력을 확보하는 것으로 나타났다.

5.2.2 PSC BOX구간 안전성평가(부산)

가. 교량 제원

1) 교량등급 : 1등급(DB-24 및 DL-24적용)

2) 교량형식 : P.S.C BOX GIRDER교

3) 가설공법 : I.L.M (Incremental Launching Method)

4) 교량연장 : 930.0m (40.0+17@50.0+40.0)

5) 교량폭원 : 15.75 m

나. 사용재료

1) 콘크리트

① 콘크리트 설계기준강도(fck) : 40.0 MPa

② 탄성계수(Ec) : 30,891 MPa

2) 철근

① 항복강도(fy) : 400 MPa

② 탄성계수(Es) : 200,000 MPa

3) PC 강연선

① 사용 기준 : SWPC 7B(2종)

② Φ 0.5 inch (12.7㎜) : A = 98.71 ㎟ (strand 1EA의 단면적)

③ 탄성 계수 : Eps = 2×10^5MPa

④ 극한 응력 : fpu = 1,900MPa

⑤ 항복 응력 : fpy = 1,600MPa

⑥ 도입 긴장력 : Pj = 0.70fpu

⑦ 곡률 마찰 계수 : μ = 0.25 / radian

⑧ 파상 마찰 계수 : k = 0.005 / m

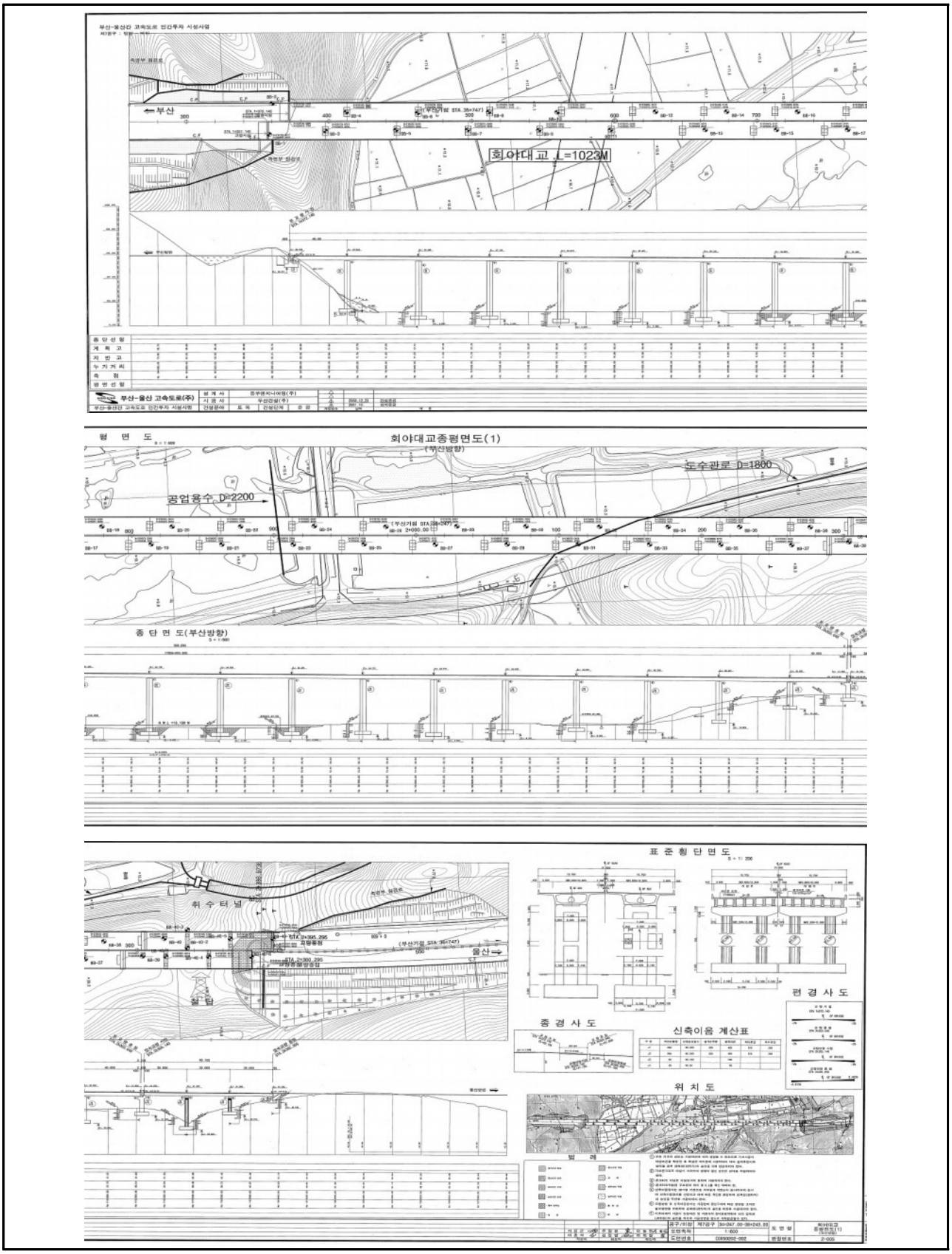
⑨ 정착 장치의 슬립량 : s = 6㎜

4) 부재의 허용응력

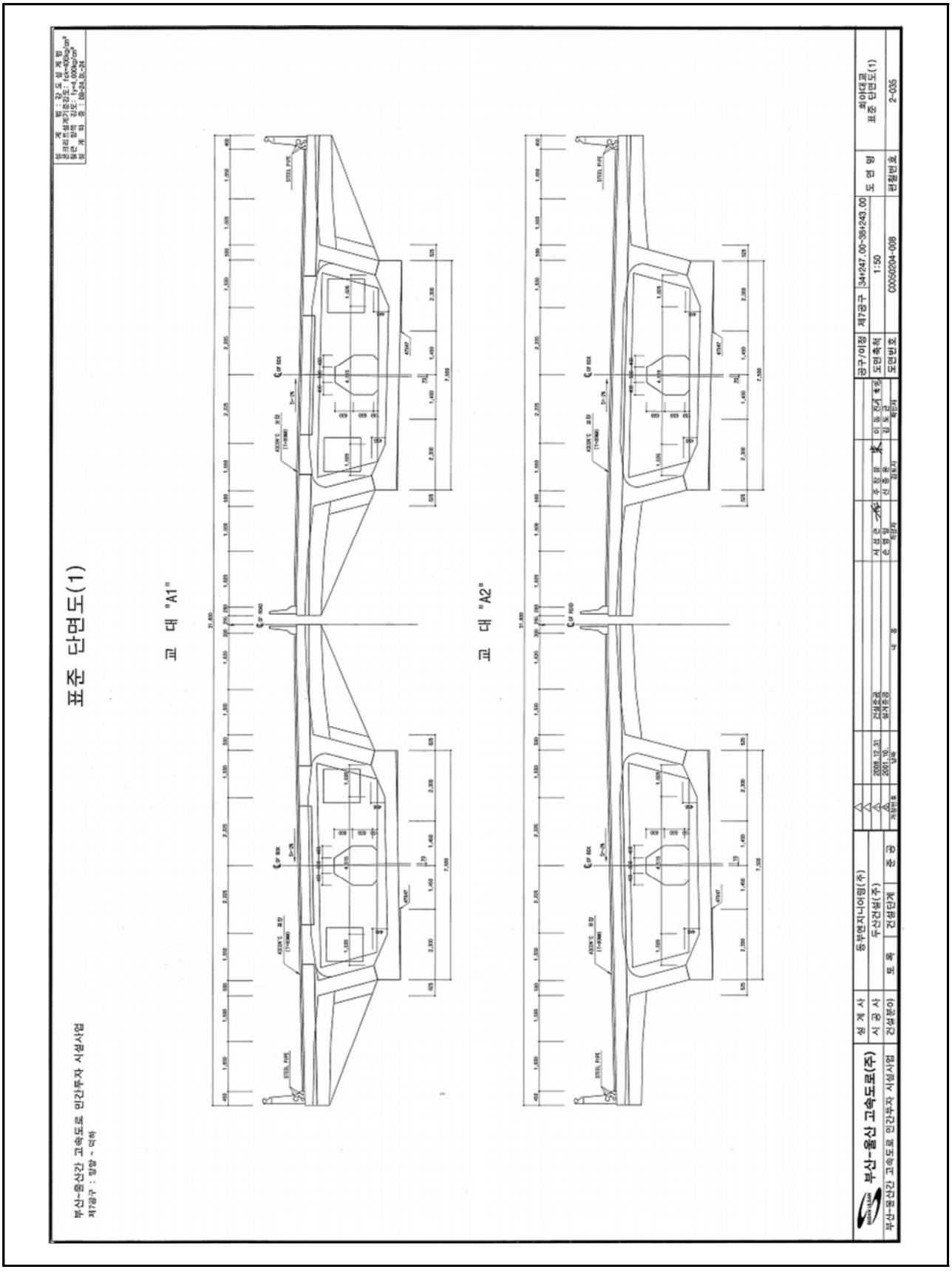
【표 5.19】 부재의 허용응력(부산)

부재	하중상태	항목	산정식	허용응력 (MPa)
PSC BOX	프리스트레싱시	압축강도	$f_{ci} = 0.80 f_{ck} \geq 30$	32.0
	프리스트레싱 직후	허용압축응력	$0.55 f_{ci}$	16.5
		허용인장응력	$0.50 \sqrt{f_{ci}}$	2.74
	설계하중 작용시	압축강도	f_{ck}	40.0
		허용압축응력 (유효PS+지속하중)	$0.40 f_{ck}$	16.0
		허용압축응력 (유효PS+전체하중)	$0.60 f_{ck}$	24.0
		허용균열응력	$0.63 \sqrt{f_{ck}}$	3.98
PC 강연선	전 하 중	극한강도	f_{pu}	1,900
		항복강도	f_{py}	1,600
	긴장시	인장응력	$0.80 f_{pu}$ 또는 $0.94 f_{py}$ 중 작은값 이하	1,504
	프리스트레스 도입 직후	인장응력	$0.74 f_{pu}$ 또는 $0.82 f_{py}$ 중 작은값 이하	1,312
	정착구와 커플러 위치에서 프리스트레싱 직후	인장응력	$0.70 f_{pu}$ 이하	1,330

다. 종평면도 및 표준횡단면도



【그림 5.15】 종평면도(부산)



【그림 5.16】 표준횡단면도(부산)

라. 하중조건

1) 고정하중

① 자중

- 거더 : 자중은 해석 프로그램내 자동 산정 (W_c = 25.0 kN/㎥)
- 격벽 : 464.7kN (시점측 교대부), 464.7kN (종점측 교대부), 382.2 kN (일반부)

② 2차 고정하중

【표 5.20】2차 고정하중(부산)

구 분	하중산정	비 고
방호울타리	W_r = 10.69 kN/m × 2ea = 21.380 kN/m	
포장 (LMC)	W_a = 15.00 × 0.05 × 23.0 = 17.239 kN/m	•설계두께 : 50㎜(설계시)

주) 금회 안전성평가시 포장두께는 안전측으로 설계 포장두께를 적용

2) 활하중

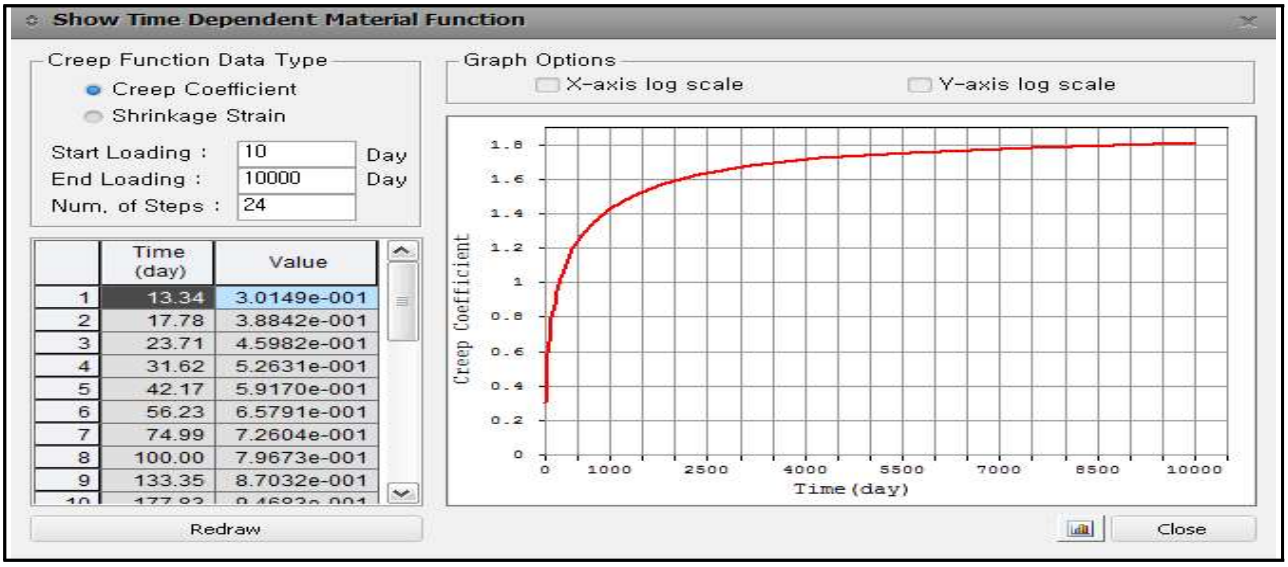
활하중은 DB-24하중과 DL-24하중을 적용하였다. 활하중에 대한 해석은 Midas Civil 프로그램내에서 활하중에 대한 이동하중해석을 통하여 각 부재에 발생하는 최대부재력을 산출하였다. 차량재하는 좌측편재하와 우측편재하의 경우에 대하여 해석을 수행하였으며, 활하중에 의한 충격계수는 도로교설계기준에 의하여 아래의 식으로 계산되어진 값을 사용하였다.

【표 5.21】이동하중 해석시 기본 설정내용(부산)

<table>
<tr><th>구 분</th><th colspan="4">활하중 산정 및 재하</th></tr>
<tr><td>교폭(B)</td><td colspan="4">•15.750 m</td></tr>
<tr><td>해석지간(L)</td><td colspan="4">•40.0+17@50.0+40.0 = 930.0 m</td></tr>
<tr><td>연석간 교폭(W_c)</td><td colspan="4">•15.75 - 0.5×2 = 14.75 m</td></tr>
<tr><td>재하차로수(N)</td><td colspan="4">•12.8 ≦ W_c < 16.4 m ∴ 최대 4차로까지 재하가능</td></tr>
<tr><td>설계차로폭(W)</td><td colspan="4">•14.75 / 4 = 3.6875 m 〉 3.6 m ∴ W = 3.6 m</td></tr>
<tr><td rowspan="5">활하중 모델</td><td colspan="2">표준차로하중(DL-24)</td><td colspan="2">표준트럭하중(DB-24)</td></tr>
<tr><td>P_m</td><td>108 kN</td><td>전륜(1축)</td><td>48 kN</td></tr>
<tr><td>P_s</td><td>156 kN</td><td>후륜(2축)</td><td>192 kN</td></tr>
<tr><td>등분포하중</td><td>12.7 kN/m</td><td>후륜(3축)</td><td>192 kN</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>총 중량</td><td>432 kN</td></tr>
<tr><td>충격계수</td><td colspan="4">•S1, S19 경간 길이 (L = 40.0 m)
$\frac{15}{40+L} = \frac{15}{40+40.0} = 0.188 < 0.3$ ∴ i = 0.188 적용
•S2~S18 경간 길이 (L = 50.0 m)
$\frac{15}{40+L} = \frac{15}{40+50.0} = 0.167 < 0.3$ ∴ i = 0.167 적용</td></tr>
</table>

3) 크리프와 건조수축

콘크리트는 시간이 경과함에 따라 재료의 물리적 특성이 바뀌는 시간의존적 재료이다. 콘크리트의 압축강도는 시간이 경과함에 따라 점점 증가하며, 또한 시간경과에 따라 콘크리트의 거동에 중요한 영향을 미치는 현상으로 크리프와 건조수축이 있다. 따라서 구조해석시 이러한 콘크리트의 시간의존적 재료특성을 고려하여야만 정확한 결과를 얻을 수 있다. 콘크리트의 압축강도와 크리프 및 건조수축의 변형률을 구하는 여러 가지 식들이 제안되어 있으나 본 해석에서는 통상적으로 가장 많이 활용되고 있는 CEB-FIP 모델식을 적용하였다.



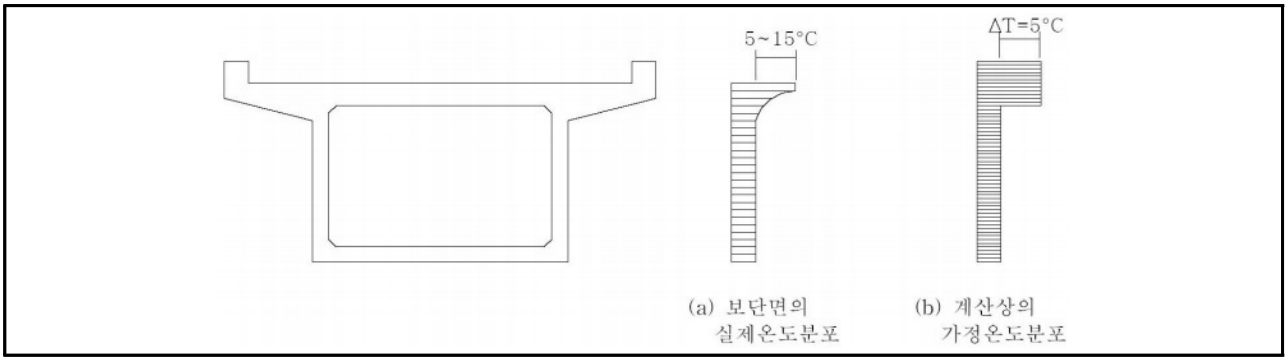
【그림 5.17】CEB-FIP 모델식(부산)

4) 온도변화

① 선팽창계수 : $\alpha = 1.0\times10^{-5}/℃$

② 온도변화(Temperature Difference)

- △TD = ±15℃ (부재의 최소치수가 700㎜ 미만인 경우)
- 바닥판과 기타부분과의 온도차(Temperature Gradient) : △T = ±5℃



【그림 5.18】바닥판과 기타부분과의 온도분포(부산)

5) 풍하중

① 상부구조에 작용하는 풍하중

㉠ 교량 총 폭 : B = 15.75m, 거더높이 : D = 3.20m

㉡ B / D = 4.922 < 8 ⇒ 풍하중 : P = (4.0 - 0.2 × B/D) = 3.016 kN/㎡

② 활하중에 작용하는 풍하중

㉠ 차량에 대한 연직투사면 : 1.5 kN/m

㉡ 작용위치 : 교면상 1.5m 높이

마. 하중조합

【표 5.22】하중조합(강도설계법 및 허용응력 설계법)(부산)

구 분		고정하중	활하중	지점침하	전체 온도변화		상하연 온도차		C&S[1]	Ten-don[2]	허용응력 증가계수
					+	-	+	-			
극한강도조합	CASE1	1.30	2.15							1.00	1
	CASE2	1.30	1.30	1.30	1.30		1.30		1.30	1.00	2
	CASE3	1.30	1.30	1.30	1.30			1.30	1.30	1.00	
	CASE4	1.30	1.30	1.30		1.30	1.30		1.30	1.00	
	CASE5	1.30	1.30	1.30		1.30			1.30	1.00	
사용하중조합	CASE1	1.00	1.00						1.00	1.00	
	CASE2	1.00	1.00		1.00		1.00		1.00	1.00	
	CASE3	1.00							1.00	1.00	
	CASE4	1.00	1.00			1.00	1.00		1.00	1.00	
	CASE5	1.00	1.00	1.00		1.00		1.00	1.00	1.00	1.25
	CASE6	1.00		1.00	1.00			1.00	1.00	1.00	1.40
	CASE7	1.00	1.00	1.00		1.00		1.00	1.00	1.00	1.40

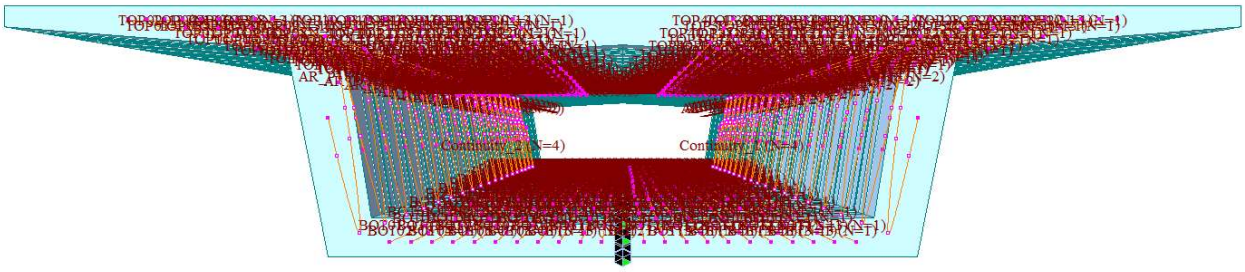
바. 종방향 구조해석

PSC BOX GIRDER교는 휨강성 및 비틀림 강성 큰 폐합단면을 갖는 교량으로서 시공중이나 사용단계에서 안정적인 거동을 하는 구조형식이다. 본 교량은 PSC BOX GIRDER교중에서 ILM 공법에 의하여 가설되었다. ILM공법은 교대뒤에 제작장을 설치하고 세그먼트를 제작한 후 밀어내기공법으로 교량을 가설하는 공법이다. 따라서 시공중에 지속적으로 지점조건 등 구조계가 변하는 공법으로서 구조해석시 이러한 영향을 고려하여야 한다. 또한 콘크리트는 시간이 경과함에 따라 물성치가 바뀌는 재료이다. 따라서 구조해석시 이러한 콘크리트의 특성을 반영하여 해석하는 것이 중요하다.

대상 교량의 구조해석을 위해서 범용구조해석 프로그램인 Midas Civil 2021을 사용하였으며, PSC 거더는 보요소를 사용하여 모델링하였다. 해석에 사용된 대상 교량의 구조해석모델은 아래의 【그림 5.19】과 같다. 구조해석은 해석결과의 신뢰도와 정확성을 높이기 위하여 교각을 포함한 하부구조와 상부구조를 일체로 Full modelling하여 수행하였으며, 경계조건은 현 시공상태와 준공도서를 검토하여 가동단 및 고정단을 적용하였다. 한편, 콘크리트의 재령에 따른 탄성계수의 변화와 크리프 및 건조수축의 영향은 CEB-FIP 규정을 적용하였다.

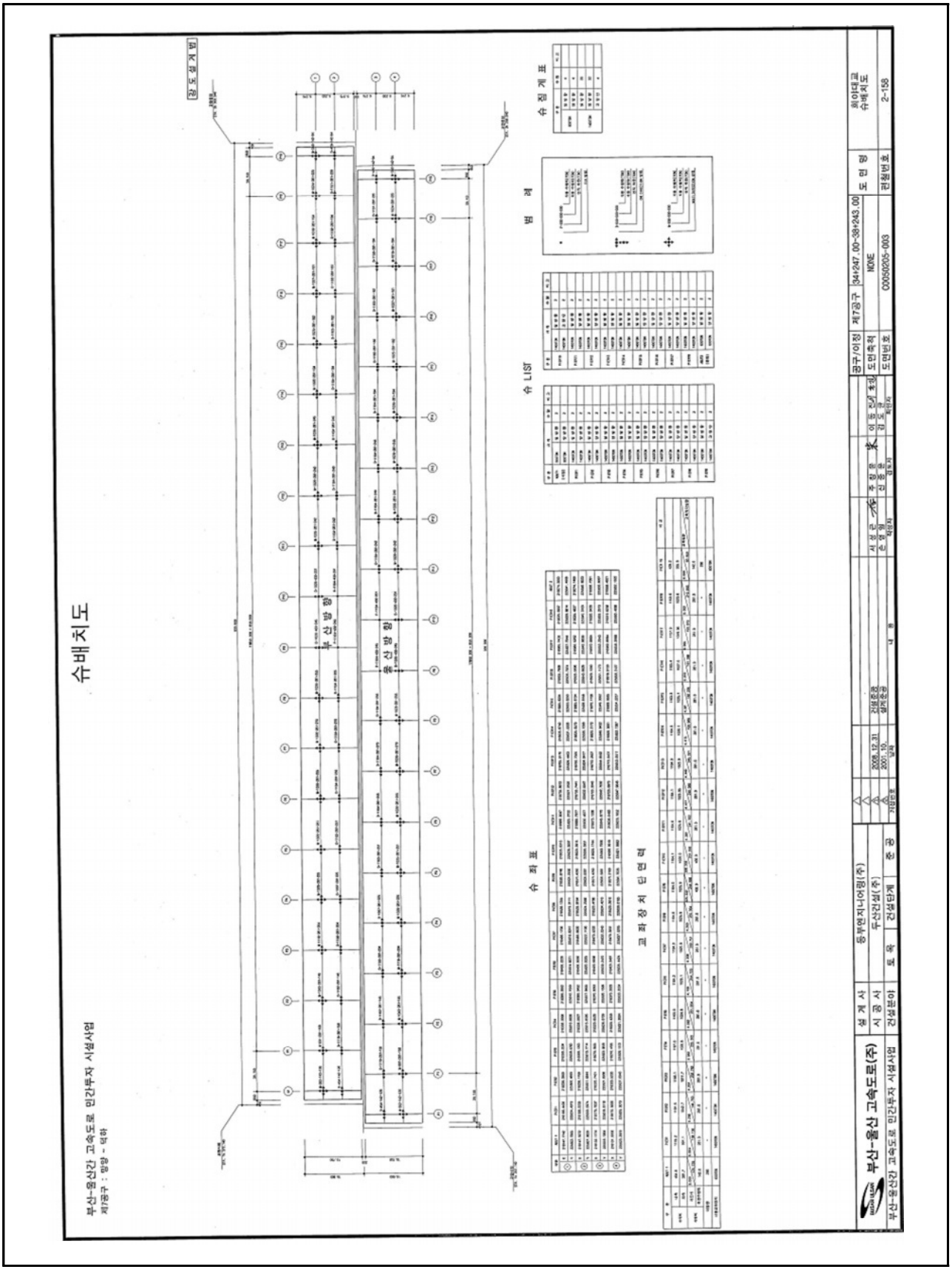


[전체 모델링]

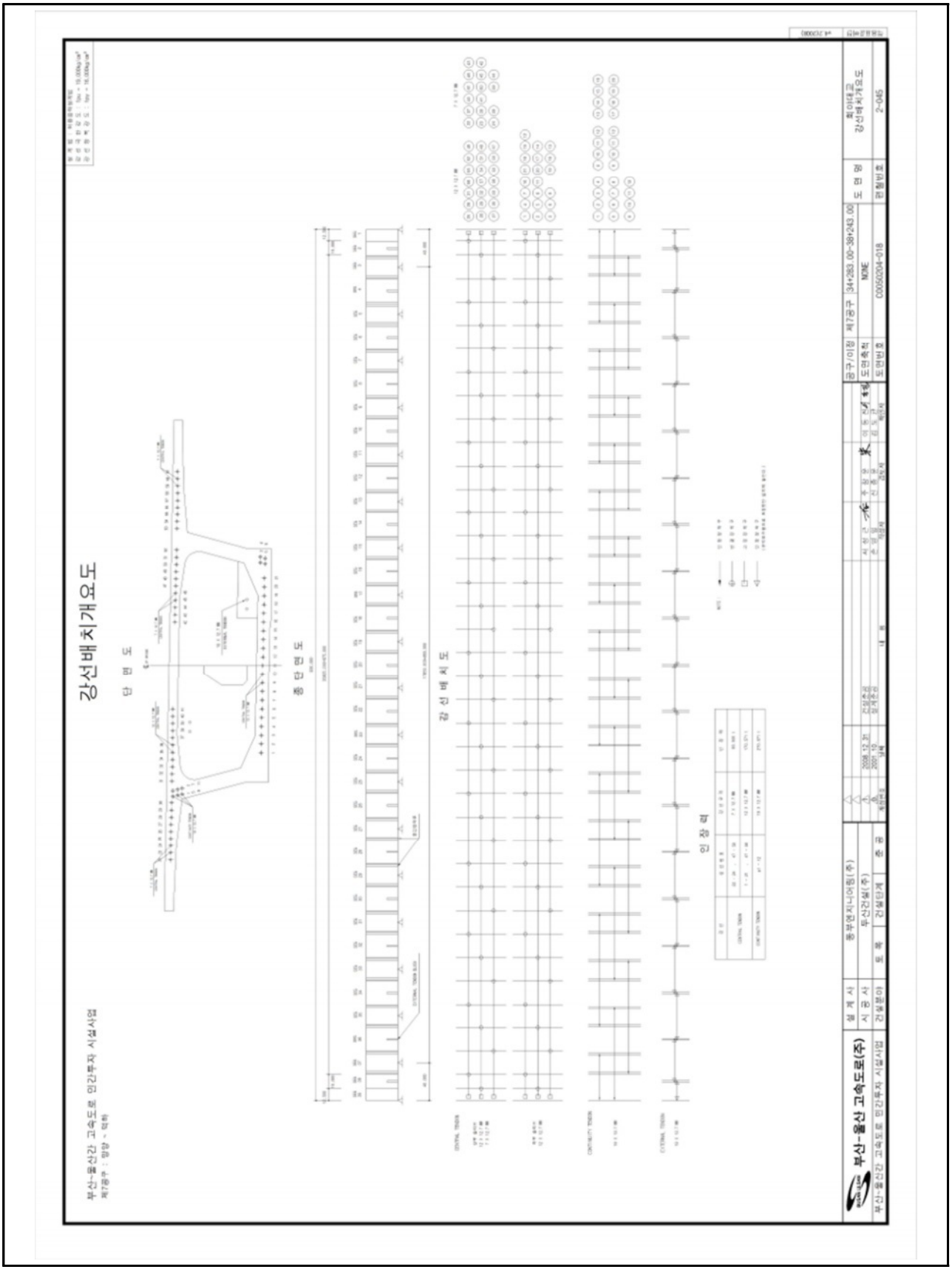


[정면 투영도]

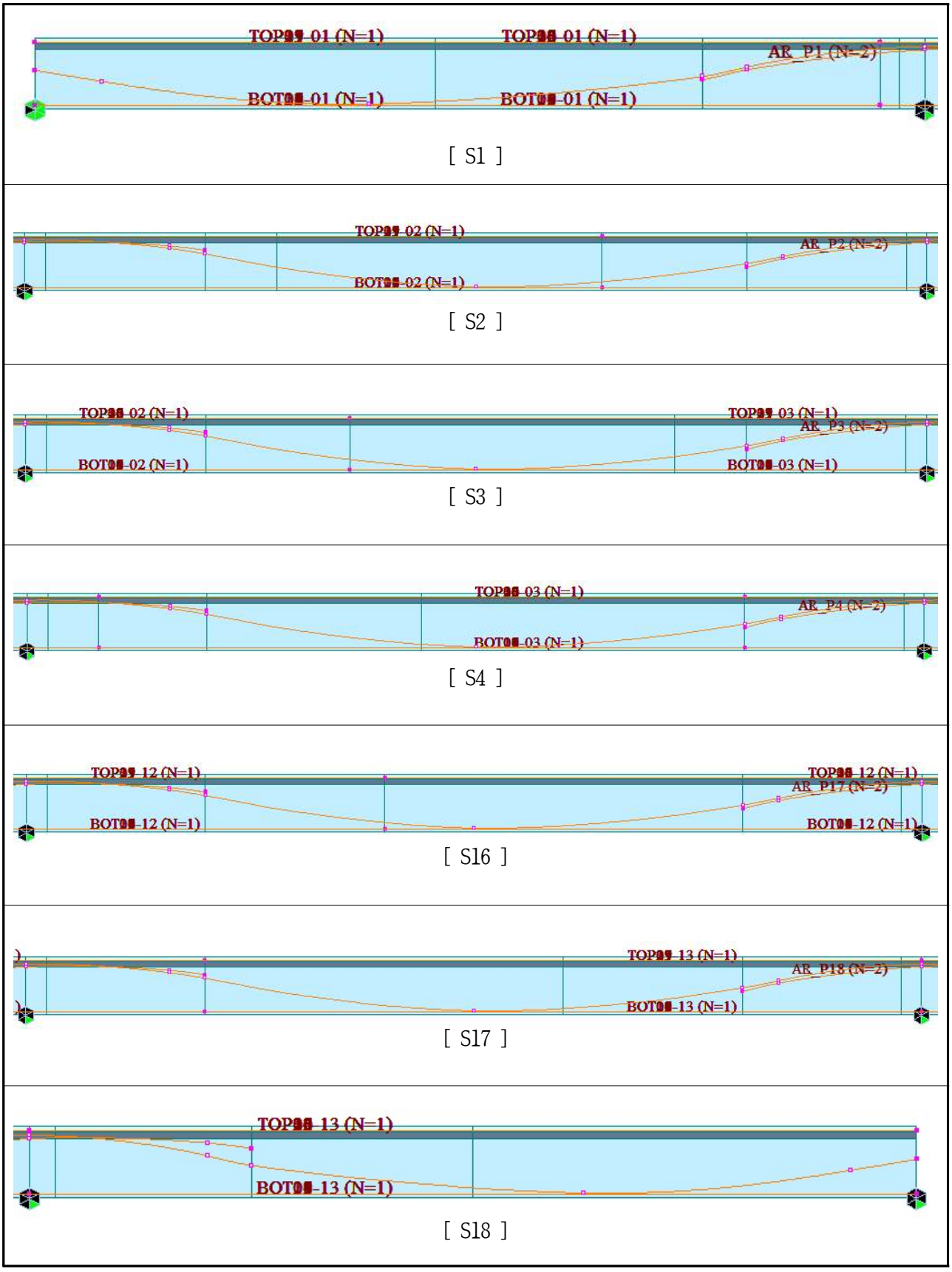
【그림 5.19】 종방향 구조해석 모델링(부산)



【그림 5.20】 교량받침 배치도(부산)



【그림 5.21】 종방향 강선배치도(부산)

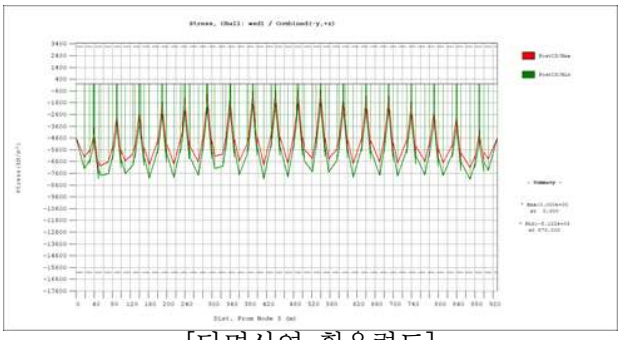


【그림 5.22】 종방향 강선배치 모델링(부산)

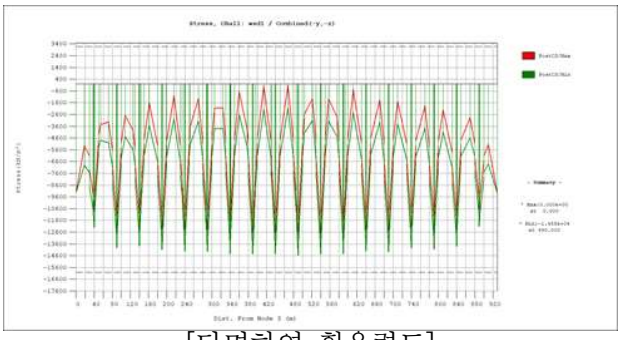
1) 휨응력 검토

① 단면 상・하연 휨응력도

CASE1

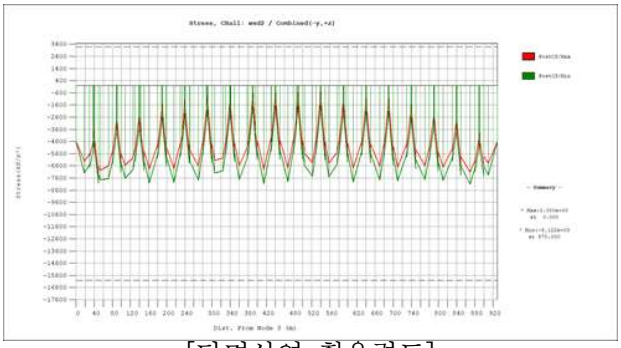


[단면상연 휨응력도]

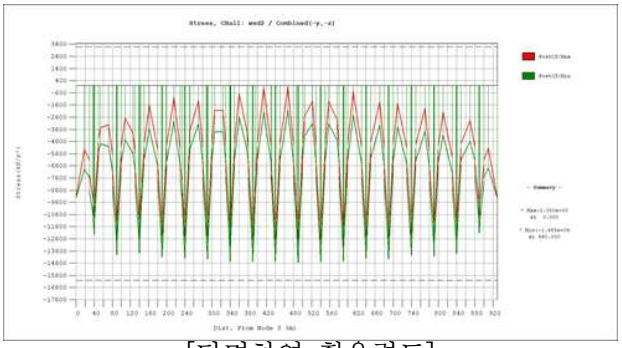


[단면하연 휨응력도]

CASE2

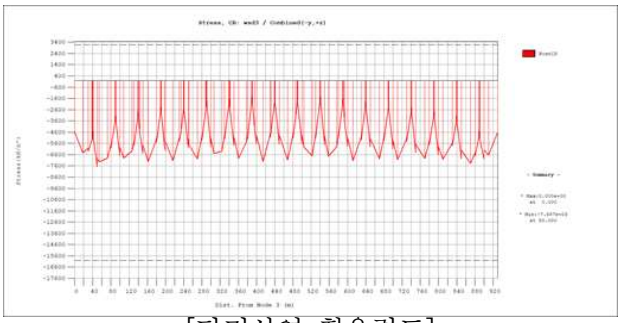


[단면상연 휨응력도]

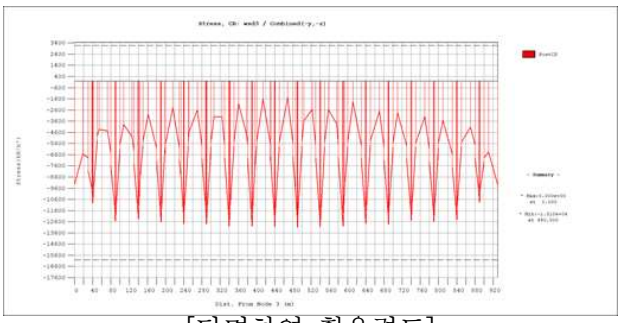


[단면하연 휨응력도]

CASE3



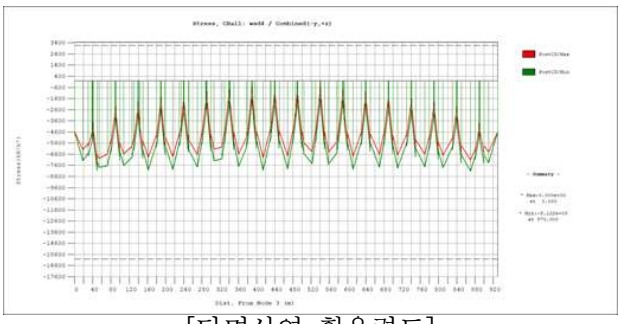
[단면상연 휨응력도]



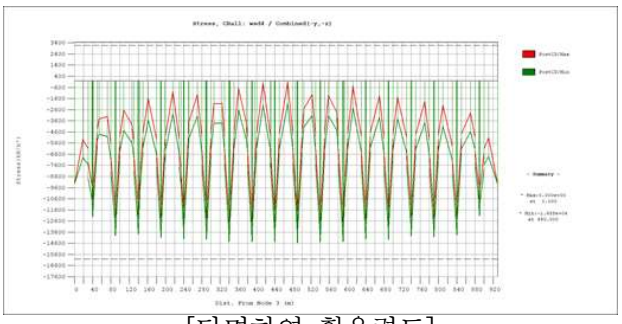
[단면하연 휨응력도]

【그림 5.23】 사용하중별 단면 상・하연 휨응력도(부산)

CASE4

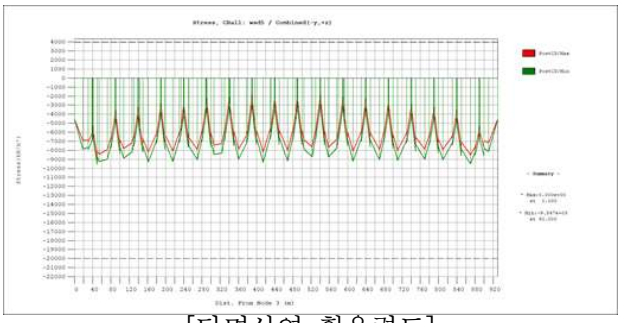


[단면상연 휨응력도]

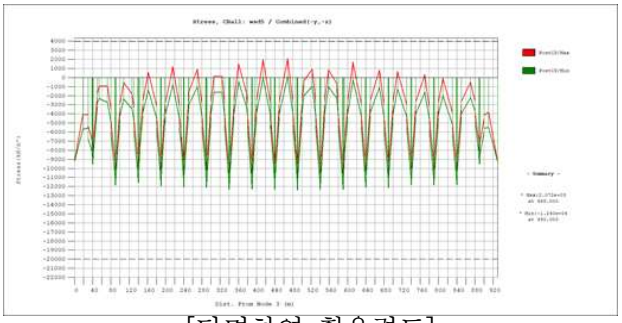


[단면하연 휨응력도]

CASE5

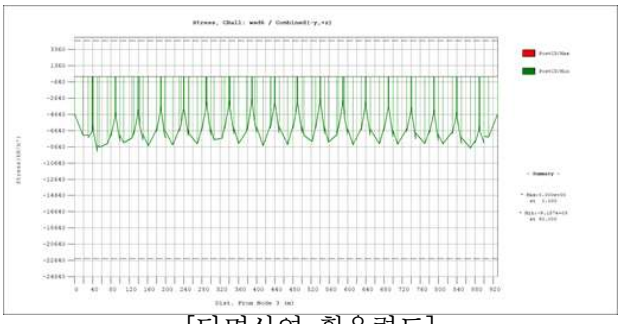


[단면상연 휨응력도]

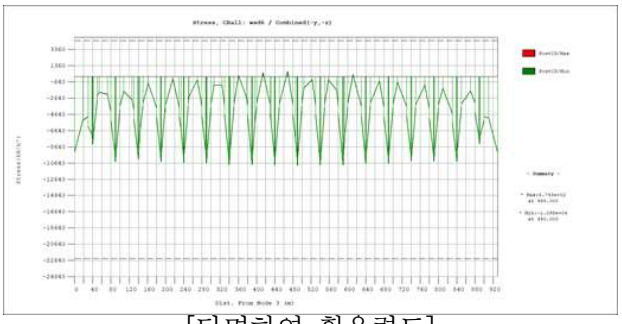


[단면하연 휨응력도]

CASE6

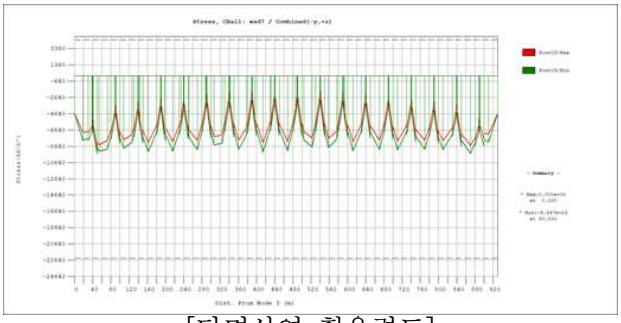


[단면상연 휨응력도]

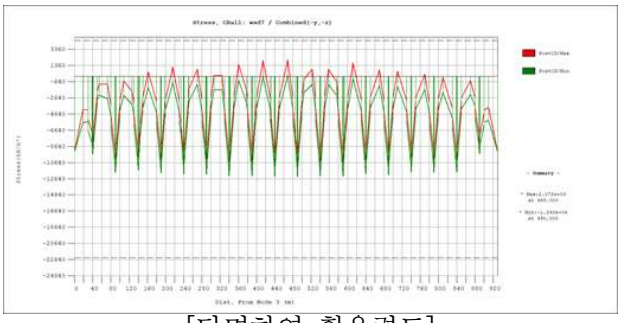


[단면하연 휨응력도]

CASE7



[단면상연 휨응력도]



[단면하연 휨응력도]

【그림 5.23】 사용하중별 단면 상·하연 휨응력도(부산)(계속)

② 응력검토

【표 5.23】 주요단면 응력검토(MPa)(부산)

구 분	S1경간-중앙부		S2경간-중앙부		비고
	상연	하연	상연	하연	
고정하중	-2.733	4.626	-2.610	4.414	⊕: 인장
P S	-4.590	-11.811	-5.970	-8.390	⊖: 압축
C & S	-8.578	-11.865	-9.145	-9.387	
활하중	-0.736	1.249	-0.783	1.325	
온도하중	-0.708	1.200	-1.470	2.479	
지점침하	0.000	0.000	0.000	0.000	
조합 CASE1	-7.204	-9.238	-8.248	-5.018	
조합 CASE2	-7.204	-9.238	-8.248	-5.018	
조합 CASE3	-6.467	-9.238	-7.482	-4.472	
조합 CASE4	-7.204	-9.238	-8.248	-5.018	
조합 CASE5	-7.911	-9.238	-9.656	-2.735	
조합 CASE6	-7.175	-9.238	-8.921	-2.189	
조합 CASE7	-7.911	-9.238	-9.656	-2.735	
하중조합최대	-7.911	-9.238	-9.656	-5.018	

구 분	S1경간-지점부		S2경간-지점부		비고
	상연	하연	상연	하연	
고정하중	4.634	-7.734	4.985	-8.322	⊕: 인장
P S	-9.052	-3.512	-8.071	-4.363	⊖: 압축
C & S	-7.951	-10.011	-7.762	-10.689	
활하중	0.763	-1.274	0.844	-1.408	
온도하중	-1.580	2.637	-1.236	2.063	
지점침하	0.000	0.000	0.000	0.000	
조합 CASE1	-5.116	-12.204	-3.931	-13.912	
조합 CASE2	-5.116	-12.204	-3.931	-13.912	
조합 CASE3	-4.987	-10.931	-3.754	-12.504	
조합 CASE4	-5.116	-12.204	-3.931	-13.912	
조합 CASE5	-6.650	-9.567	-5.167	-11.862	
조합 CASE6	-6.521	-8.293	-4.990	-10.453	
조합 CASE7	-6.650	-9.567	-5.167	-11.862	
하중조합최대	-6.650	-12.204	-5.167	-13.912	

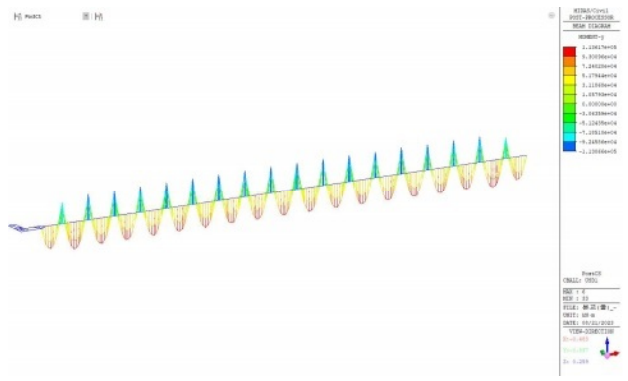
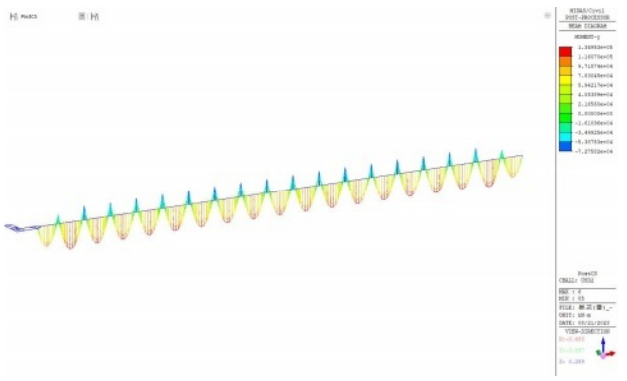
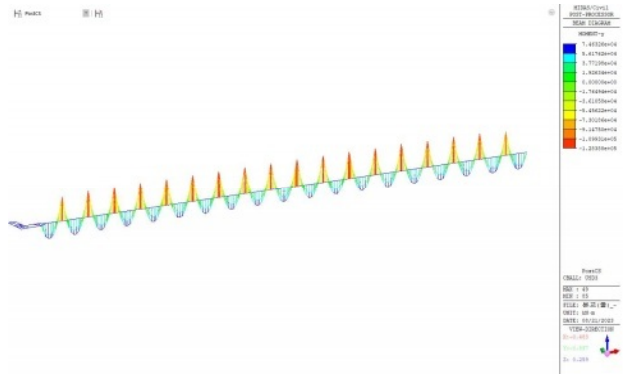
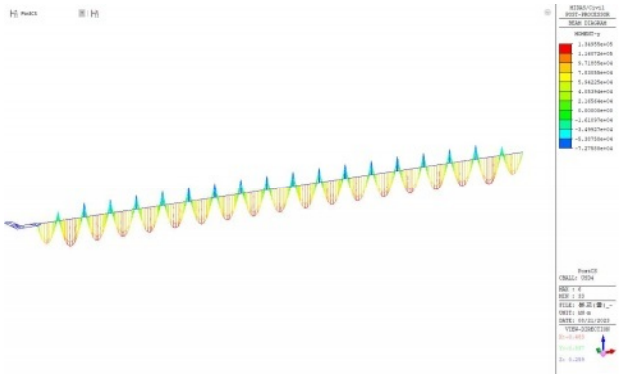
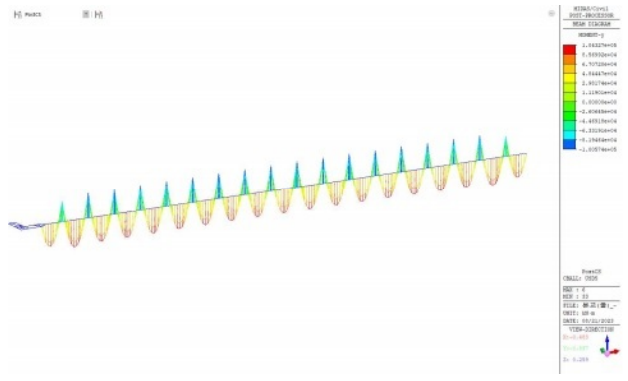
조합 케이스	허용 응력	S1경간-중앙부		S1경간-지점부		S2경간-중앙부		S2경간-지점부	
		합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F	합응력	S.F
1	-24.00	-9.238	2.598	-12.204	1.967	-8.248	2.910	-13.912	1.725
2	-24.00	-9.238	2.598	-12.204	1.967	-8.248	2.910	-13.912	1.725
3	-24.00	-9.238	2.598	-10.931	2.196	-7.482	3.208	-12.504	1.919
4	-24.00	-9.238	2.598	-12.204	1.967	-8.248	2.910	-13.912	1.725
5	-24.00	-9.238	2.598	-9.567	2.509	-9.656	2.486	-11.862	2.023
6	-24.00	-9.238	2.598	-8.293	2.894	-8.921	2.690	-10.453	2.296
7	-24.00	-9.238	2.598	-9.567	2.509	-9.656	2.486	-11.862	2.023
최소 안전율			2.598		1.967		2.486		1.725

③ 검토결과

응력검토는 측경간과 중앙경간에 대해서 중앙부와 지점부에 대해서 응력검토를 수행하였다. 응력검토결과, 주하중의 경우에 전단면에서 압축응력의 분포를 보이고 있으며, 부하중(온도하중, 풍하중)이 고려된 응력상태에서도 전구간의 응력상태가 압축응력의 분포를 보이고 있다. 최소 안전율이 1.725로 응력에 대한 안전성을 확보하였다.

2) 극한강도검토

① 하중조합별 계수하중 단면력도

U-LC1	U-LC2
	
U-LC3	U-LC4
	
U-LC5	
	

【그림 5.24】계수하중 단면력도(부산)

② 계수단면력 산정결과

【표 5.24】계수단면력 산정결과(부산)

구 분	측경간 중앙부(S1)		측경간 지점부(P1)	
	모멘트	전단력	모멘트	전단력
U-LC1	97660.4	9335.8	-89847.3	16114.8
U-LC2	103949.2	7452.2	-44831.8	13803.3
U-LC3	73239.8	9158.3	-113074.9	15509.3
U-LC4	103950.9	7452.1	-44828.0	13803.2
U-LC5	88596.2	8305.1	-78949.6	14656.2
최대값	103950.9	9335.8	-113074.9	16114.8

구 분	중앙경간 중앙부(S3)		중앙경간 지점부(P3)	
	모멘트	전단력	모멘트	전단력
U-LC1	107674.5	8076.0	-106767.9	17303.2
U-LC2	125236.4	7065.5	-66402.5	15708.9
U-LC3	70167.0	7140.1	-123188.7	15783.6
U-LC4	125236.3	7065.4	-66401.7	15708.9
U-LC5	97701.6	7102.7	-94794.8	15746.2
최대값	125236.4	7065.4	-123188.7	17303.2

③ 휨강도 검토

프리스트레스 콘크리트 휨부재는 미리 압축을 가한 인장구역에서 사용하중에 의한 인장연단응력에 따라 비균열등급, 부분균열등급, 완전균열등급으로 구분하며, 비균열등급과 부분균열등급 휨부재의 사용하중에 의한 응력은 비균열등급을 사용하여 계산한다.

㉠ 단면의 휨강도

○ 사각형 단면

- 사각형 단면 또는 중립축이 압축 플랜지내에 있는 플랜지를 갖는 단면

$$\phi M_n = \phi[A_p f_{ps} d_p \ [1-0.59(\frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p}\rho\frac{f_y}{f_{ck}}] \ ) \ + \ A_s f_y d \ [1-0.59(\frac{d_p}{d}\frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} + \frac{\rho f_y}{f_{ck}})]$$

○ 플랜지를 갖는 단면

- 중립축이 압축 플랜지 내에 있지 않는 플랜지를 갖는 단면

$$\phi M_n \ = \ \phi[A_{pw} f_{ps} d_p [1-0.59\frac{A_{pw} f_{ps}}{b_0 d_p f_{ck}}] + A_s f_y (d-d_p) + 0.85 f_{ck}(b-b_0)t(d_p - 0.5t)]$$

$$A_{pw} \ = \ A_p + (A_s f_y / f_{ps}) - A_{pf} \qquad A_{pf} \ = \ 0.85 f_{ck}(b-b_0)t/f_{ps}$$

ρ_p : PS강재비 $(A_{ps}/b{\cdot}d_p)$ $\qquad$ ρ : 철근비$(A_s/b{\cdot}d)$

f_{ps} : 계수하중 하에서 PS강재의 평균응력

d : 압축연단에서 인장철근 중심까지의 거리(유효높이)

d_p : 압축측 연단에서 프리스트레스 힘 중심까지의 거리

㉡ PS강재의 응력 (부착긴장재를 가진 부재)

$$f_{ps} = \ f_{pu}\left[1-\frac{\gamma_p}{\beta_1}\left\{\rho_p\frac{f_{pu}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p}(\rho\frac{f_y}{f_{ck}})\right\}\right]$$

㉢ 최소 강재량

PS강재 및 철근의 총량은 위험단면에서 균열모멘트의 1.2배 이상의 설계모멘트를 받는데 충분하여야 한다.

$$\phi M_n \ \geq \ 1.2 M_{cr}$$

$$M_{cr} \ = \ (f_{ru} + f_{pcc}) Z_c \ = \ 0.63\sqrt{f_{ck}} Z_c + P_e(\frac{r_c^2}{y_c} + e_p)$$

여기서, $r_c^2 \ = \ \frac{I_c}{A_c}$, $\quad Z_c \ = \ \frac{I_c}{y_c}$

㉣ 검토결과

구분	단위	측경간 중앙부(S1)	측경간 지점부(P1)
휨모멘트(Mu)	kN.m	103950.6	-113074.9
단면적(Ac)	m^2	14.446	14.446
단면2차모멘트(Ic)	m^4	19.763	19.763
TENDON 단면적(Aps)	mm^2	41600	50800
압축연단과 PS강재 중심간 거리(dp)	mm	2932.1	2929.5
PS 강재비: $\rho_p = A_{ps} / b\, d_p$		0.0009	0.0023
PS 강재응력: $f_{ps} = f_{pu}[1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1}\frac{\rho_p f_{pu}}{f_{ck}}]$	MPa	1699.0	1699.0
등가응력 깊이: $a = \frac{f_{ps}A_{ps}}{0.85 f_{ck} b}$	mm	134.7	345.3
설계휨강도: $\phi M_n = \phi[A_p f_{ps} d_p\ [1 - 0.59\rho_p f_{ps}/f_{ck}]]$	kN.m	172099.4	202221.73
휨강도 검토 (ϕMn > Mu)		SF=1.656 (O.K)	SF=1.788 (O.K)

구분	단위	중앙경간 중앙부(S3)	중앙경간 지점부(P3)
휨모멘트(Mu)	kN.m	125236.4	-123188.7
단면적(Ac)	m^2	14.446	14.446
단면2차모멘트(Ic)	m^4	19.763	19.763
TENDON 단면적(Aps)	mm^2	41600	50800
Tendon 중심까지 평균깊이(dp)	mm	2932.1	2929.5
PS 강재비: $\rho_p = A_{ps} / b\, d_p$		0.0009	0.0023
PS 강재응력: $f_{ps} = f_{pu}[1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1}\frac{\rho_p f_{pu}}{f_{ck}}]$	MPa	1699.0	1699.0
등가응력 깊이: $a = \frac{f_{ps}A_{ps}}{0.85 f_{ck} b}$	mm	134.7	345.3
설계휨강도: $\phi M_n = \phi[A_p f_{ps} d_p\ [1 - 0.59\rho_p f_{ps}/f_{ck}]]$	kN.m	172099.4	202221.73
휨강도 검토 (ϕMn > Mu)		SF=1.374 (O.K)	SF=1.642 (O.K)

④ 전단강도 검토

㉠ 콘크리트가 부담하는 전단강도

$$V_c = Min(V_{ci},\ V_{cw})$$

$$V_{ci} = 0.05\sqrt{f_{ck}}b_w d + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{\max}}$$

$$V_i = V_u - V_d$$

$$M_{\max} = M_u - M_d$$

$$M_{cr} = \frac{I}{y_t}(0.5\sqrt{f_{ck}} + f_{pcc} - f_d)$$

V_{ci} : 전단과 모멘트 조합에 의해 사인장 균열이 발생할 때 공칭 전단강도

$M_{\max}$: 외부작용하중에 의해 발생하는 단면의 최대 계수 모멘트

V_i : $M_{\max}$ 를 발생시키는 외부 작용하중에 의한 단면의 계수 전단력

M_{cr} : 외부 작용하중에 의한 단면의 휨 균열 모멘트

V_d : 사용 고정하중에 의해 발생하는 단면의 전단력

f_d : 인장응력이 발생하는 단면의 최외연에서의 사용고정하중에 의한 응력

f_{pcc} : 유효 프리스트레스 힘에 의한 인장연단의 콘크리트 응력

○ 전단강도 Vcw (복부 전단강도)

$$V_{cw} = (0.29\sqrt{f_{ck}} + 0.3f_{pc})b_w d + V_p$$

f_{pc} : 유효 프리스트레스 힘에 의한 콘크리트 도심의 응력

V_p: 단면의 유효 프리스트레스 힘의 수직 분력

㉡ 철근이 부담하는 전단력

$$V_s = A_v f_y d / s \qquad \le \frac{2}{3}\sqrt{f_{ck}}b_w d$$

계수전단력 V_u가 ϕV_c의 1/2을 초과하는 경우에는 균열 발생을 억제하기 위해 다음과 같은 단면적을 갖는 최소 전단철근을 사용하여야 한다.

$$A_{v,\min} = 0.0625\sqrt{f_{ck}}\frac{b_w s}{f_{yt}} \quad > \quad 0.35\frac{b_w s}{f_{yt}}$$

㉣ 검토결과

구분	단위	측경간 지점부(P1)	중앙경간 지점부(P2)
계수 전단력(Vu)	kN	16114.8	17303.2
콘크리트 강도(fck)	MPa	40.0	40.0
단면2차모멘트(Ic)	m^4	19.763	19.763
연단거리(Yt)	㎜	1191.5	1191.5
고정하중 연단응력(fd)	MPa	4.626	8.136
복부의 두께(bw)	㎜	1298.11	1298.11
부재유효깊이(d)	㎜	2560	2560
외부하중 균열모멘트: $M_{cr} = I/y_t(0.5\sqrt{f_{ck}}+f_{pcc}-f_d)$	kN.m	127116.6	155060.7
휨 전단강도: $V_{ci} = 0.05\sqrt{f_{ck}}\,b_w d + V_d + V_i M_{cr}/M_{\max}$	kN	26496261928	31590.47
복부 전단강도: $V_{cw} = (0.29\sqrt{f_{ck}}+0.3f_{pc})b_w d + V_p$	kN	15768.2	14076.9
콘크리트 전단강도: $V_c = Min(V_{ci}, V_{cw})$	kN	15768.2	14076.9
철근항복강도(fy)	MPa	400	400
철근 직경 및 간격(D,s)	㎜	H13@200	H13@200
철근 단면적(Av)	㎟	1267	1267
철근부담 전단강도: $V_s = A_v f_y d/s$	kN	7791.35	7791.35
설계전단강도: $V_d = \phi V_n$	kN	18847.7	17494.7
전단강도 검토 ($\phi V_n > V_u$)		SF=1.170 (O.K)	SF=1.011 (O.K)

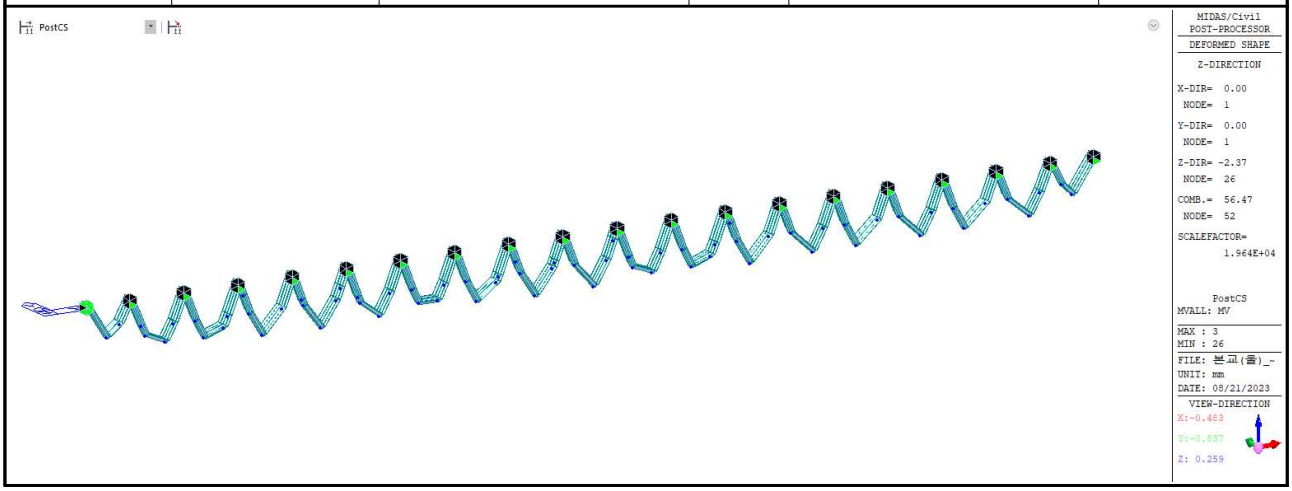
3) 활하중에 의한 처짐 검토

【표 5.25】허용처짐값(부산)

교 량 형 식			최 대 처 짐(m)	
플레이트 거더 형식	종류	지간	단순지지거더 및 연속거더	게르버거더의 캔틸레버부
	철근콘크리트 슬래브가 있는 플레이트 거더	L ≦ 10m	L/2,000	L/1,200
		10 < L ≦ 40m	$\frac{L}{20,000/L}$	$\frac{L}{12,000/L}$
		L > 40m	L/500	L/300
현 수 교 형 식			L/350	
사 장 교 형 식			L/400	
기 타 형 식			L/600	L/400

【표 5.26】활하중에 의한 처짐 검토(부산)

구 분	경간 (m)	설계 활하중에 의한 계산처짐 (㎜)	검토	처짐 제한(㎜)	검토결과
S1, S19	40.0	1.470	<	66.6	O.K
S2~S18	50.0	2.368	<	83.3	O.K



4) 받침용량 검토

본 교량의 받침용량 검토결과, 개소별 받침용량 이내로 검토되어 받침용량 초과로 인한 구조안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 5.27】 받침반력 산정 결과 [단위 : kN](부산)

구 분		고정하중+ CS+PS	활하중 (충격하중 포함)	계	받침 용량	검토 결과
A1	Sh1	3,980.92	691.64	4,672.56	6,000	O.K
	Sh2	3,980.92	691.64	4,672.56	6,000	O.K
P1	Sh1	9,708.34	1,475.56	11,183.90	14,000	O.K
	Sh2	9,708.34	1,475.56	11,183.90	14,000	O.K
P2	Sh1	10,459.64	1,548.15	12,007.79	14,000	O.K
	Sh2	10,459.64	1,548.15	12,007.79	14,000	O.K
P3	Sh1	10,267.96	1,566.52	11,834.48	14,000	O.K
	Sh2	10,267.96	1,566.52	11,834.48	14,000	O.K
P4	Sh1	10,325.11	1,571.53	11,896.63	14,000	O.K
	Sh2	10,325.11	1,571.53	11,896.63	14,000	O.K
P5	Sh1	10,306.99	1,573.63	11,880.63	14,000	O.K
	Sh2	10,306.99	1,573.63	11,880.63	14,000	O.K
P6	Sh1	10,308.34	1,574.51	11,882.85	14,000	O.K
	Sh2	10,308.34	1,574.51	11,882.85	14,000	O.K
P7	Sh1	10,307.80	1,574.59	11,882.39	14,000	O.K
	Sh2	10,307.80	1,574.59	11,882.39	14,000	O.K
P8	Sh1	10,313.98	1,574.13	11,888.11	14,000	O.K
	Sh2	10,313.98	1,574.13	11,888.11	14,000	O.K
P9	Sh1	10,308.06	1,573.25	11,881.31	14,000	O.K
	Sh2	10,308.06	1,573.25	11,881.31	14,000	O.K

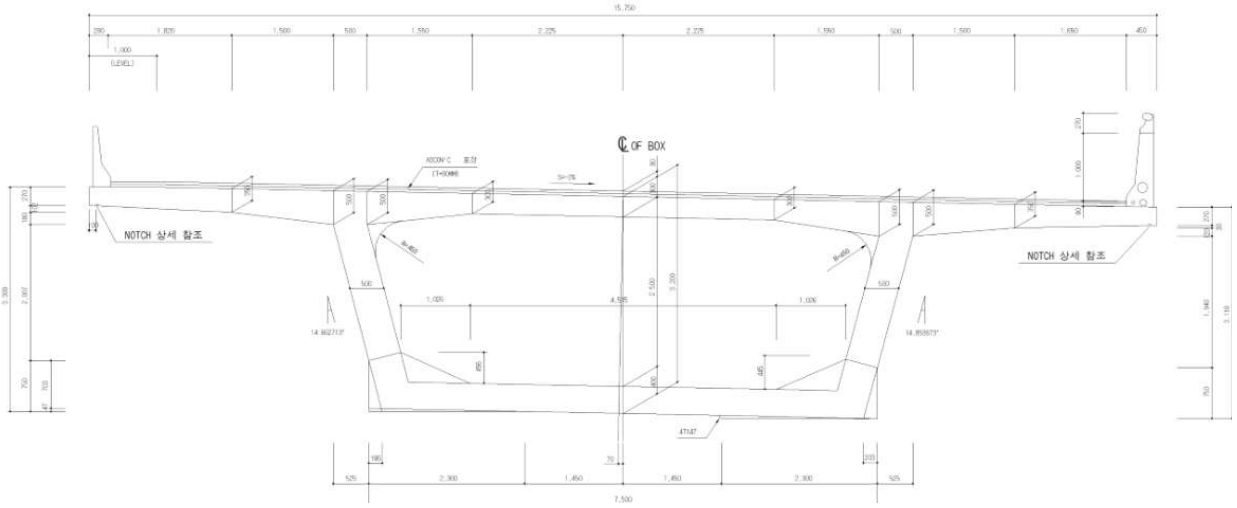
【표 5.27】 받침반력 산정 결과 [단위 : kN](부산)(계속)

구 분		고정하중+ CS+PS	활하중 (충격하중 포함)	계	받침 용량	검토 결과
P10	Sh1	10,300.39	1,574.72	11,875.10	14,000	O.K
	Sh2	10,300.39	1,574.72	11,875.10	14,000	O.K
P11	Sh1	10,323.47	1,574.40	11,897.87	14,000	O.K
	Sh2	10,323.47	1,574.40	11,897.87	14,000	O.K
P12	Sh1	10,318.73	1,574.66	11,893.39	14,000	O.K
	Sh2	10,318.73	1,574.66	11,893.39	14,000	O.K
P13	Sh1	10,267.47	1,572.03	11,839.50	14,000	O.K
	Sh2	10,267.47	1,572.03	11,839.50	14,000	O.K
P14	Sh1	10,363.11	1,574.44	11,937.55	14,000	O.K
	Sh2	10,363.11	1,574.44	11,937.55	14,000	O.K
P15	Sh1	10,268.54	1,569.91	11,838.45	14,000	O.K
	Sh2	10,268.54	1,569.91	11,838.45	14,000	O.K
P16	Sh1	10,306.94	1,566.77	11,873.71	14,000	O.K
	Sh2	10,306.94	1,566.77	11,873.71	14,000	O.K
P17	Sh1	10,465.89	1,545.32	12,011.21	14,000	O.K
	Sh2	10,465.89	1,545.32	12,011.21	14,000	O.K
P18	Sh1	9,660.66	1,475.42	11,136.08	14,000	O.K
	Sh2	9,660.66	1,475.42	11,136.08	14,000	O.K
A2	Sh1	4,009.84	691.77	4,701.61	6,000	O.K
	Sh2	4,009.84	691.77	4,701.61	6,000	O.K

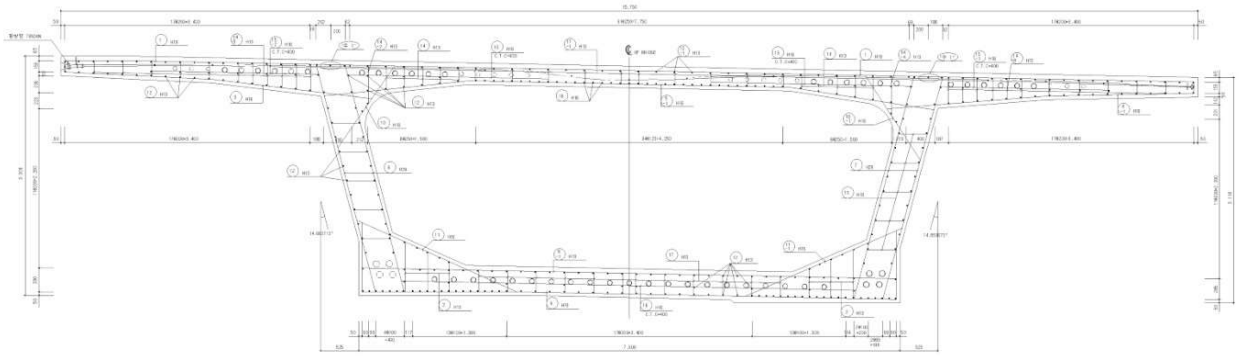
주) CS : 크리프(Creep)와 건조수축(Shrinkage), PS : 프리스트레스(Prestress)

사. 횡방향 구조해석

횡방향 해석은 보요소를 사용한 2차원 골조해석모델을 사용하여 수행하였다. 차량하중은 횡방향으로 재하 가능한 차량대수만큼을 지간 중앙부에 재하하여 부재력을 산출하였으며, 또한 고정하중, 온도변화, 풍하중에 대한 해석을 수행하여 부재력을 산출하여 최대의 부재력으로 강도검토 및 사용성검토를 수행하였다.



[중앙부 횡단면도]



[구조도]

【그림 5.25】검토단면의 위치 및 제원(부산)

1) 하중산정

① 자중

- 거더 : 자중은 해석 프로그램내 자동 산정 (W_c = 25.0 kN/㎥)

② 2차 고정하중

【표 5.28】2차 고정하중(부산)

구 분	하중산정	비 고
방호울타리	W_r = 10.524kN/m × 2ea = 21.048 kN/m	
포장 (LMC)	W_a = 15.00 × 0.05 × 23.0 = 17.239 kN/m	•설계두께 : 50㎜(설계시)

주) 금회 안전성평가시 포장두께는 안전측으로 설계 포장두께를 적용

③ 활하중

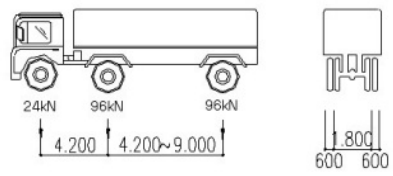
㉠ 횡방향 재하차로수

- 연석간 교폭 : W_c = 15.75 - 0.5×2 = 14.75 m

- 재하 차로수 : 12.8 m ≤ W_c = 14.75 m < 16.4 m ∴ 최대 4차로까지 재하가능

㉡ 활하중 모델

【표 5.29】표준트럭하중(DB-24) 축중량(부산)

하중등급	W (kN)		비 고
표준트럭하중 (DB-24)	전륜(1축)	48	
	후륜(2축)	192	
	후륜(3축)	192	
	총 중량	432	

㉢ 충격계수

【표 5.30】충격계수 산정결과(부산)

구 분	캔틸레버	내측슬래브	비 고
지간장	3.600 m	8.550 m	
이론 충격계수	$\frac{15}{40+3.600}$ = 0.344	$\frac{15}{40+8.550}$ = 0.308	
적용 충격계수	0.300	0.300	

④ 온도변화의 영향

- 상부 슬래브와 기타부재에 ±5℃의 온도차 적용

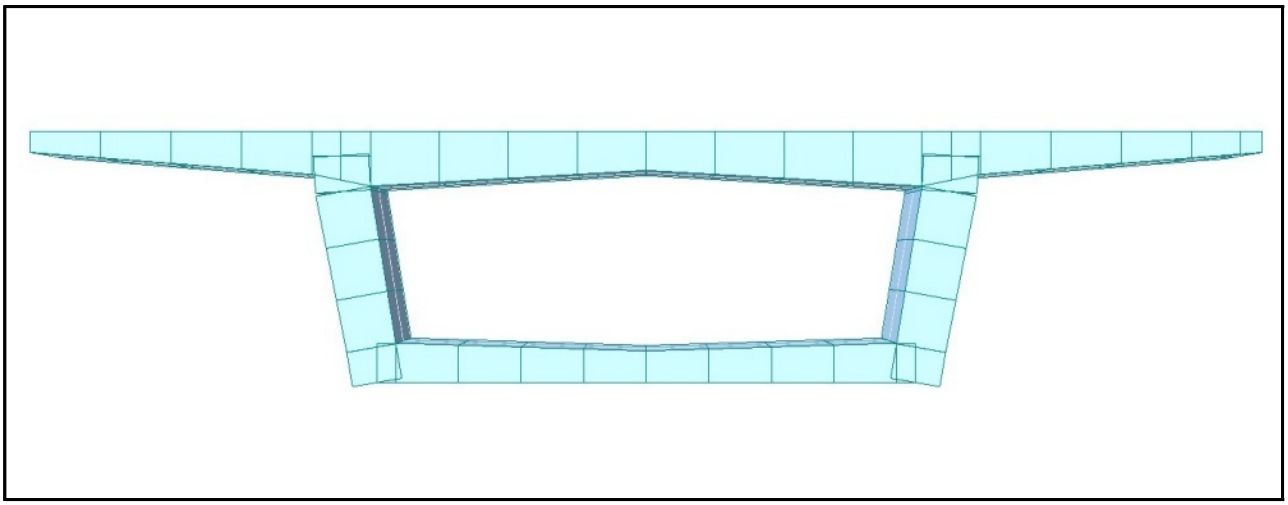
2) 하중조합

【표 5.31】횡방향 검토시 하중조합(부산)

구 분	고정하중	활하중	온도하중	비 고
CASE1	1.3	2.15		
CASE2	1.3	1.3	1.3	

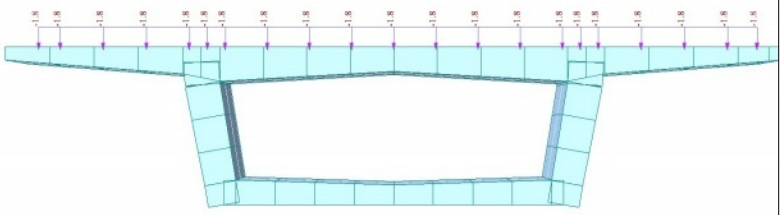
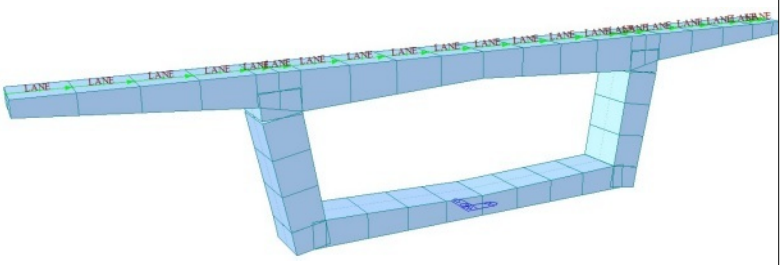
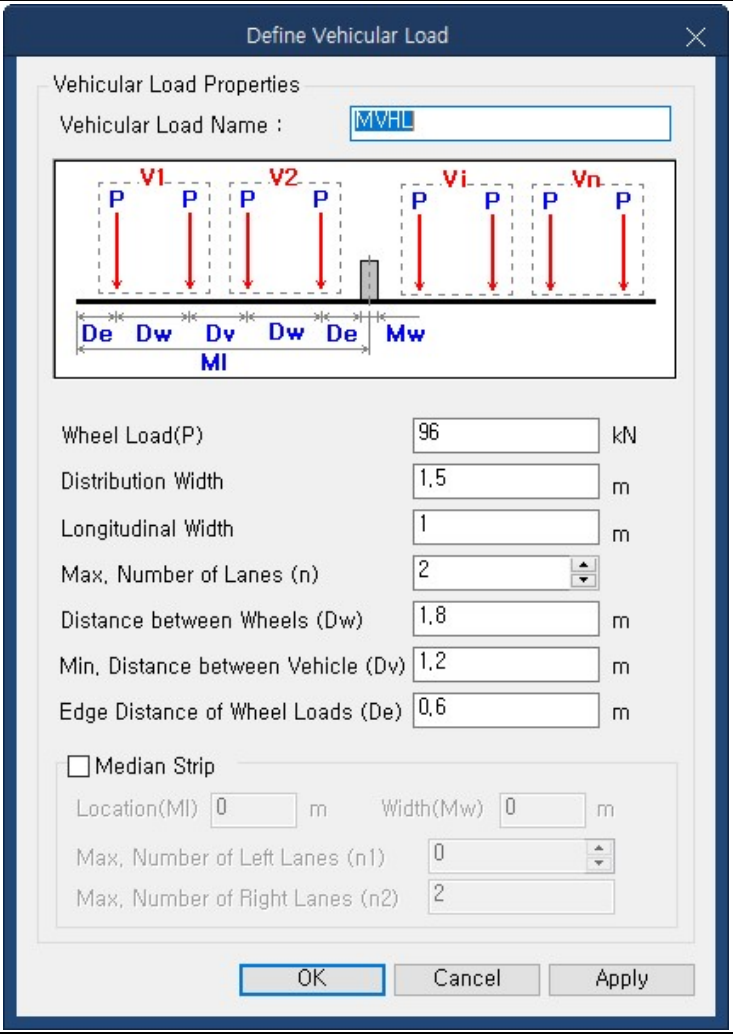
3) 구조해석

① 모델링

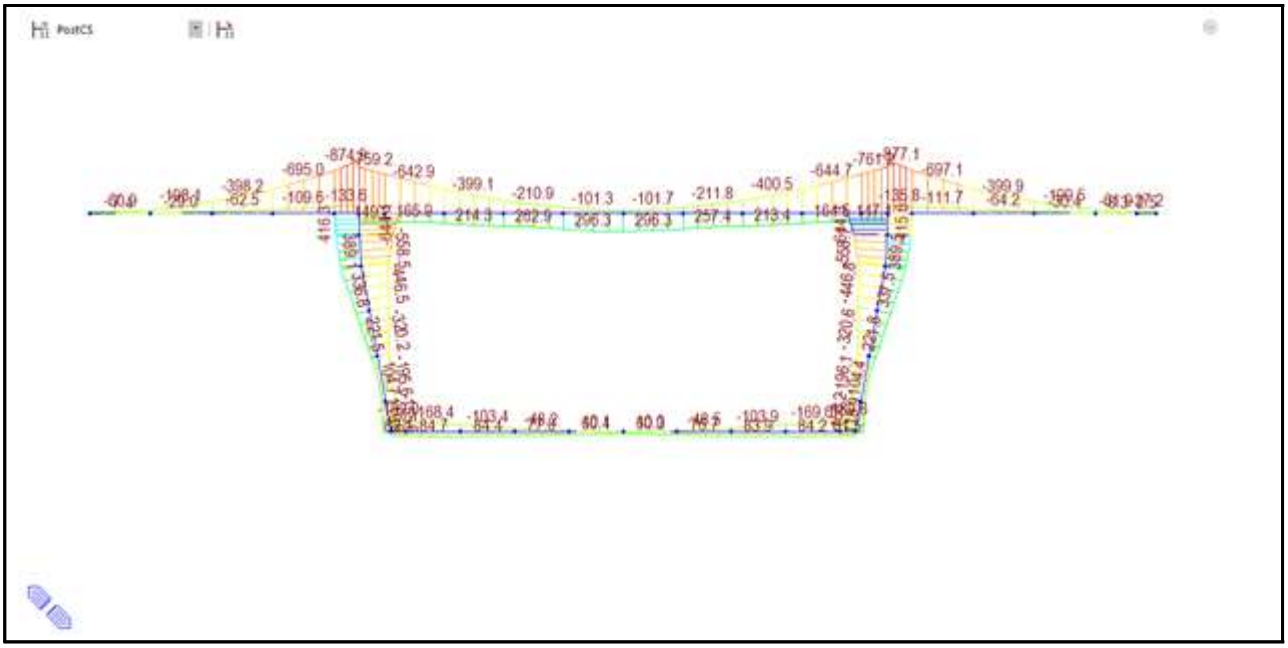


【그림 5.26】횡방향 구조해석 모델링(부산)

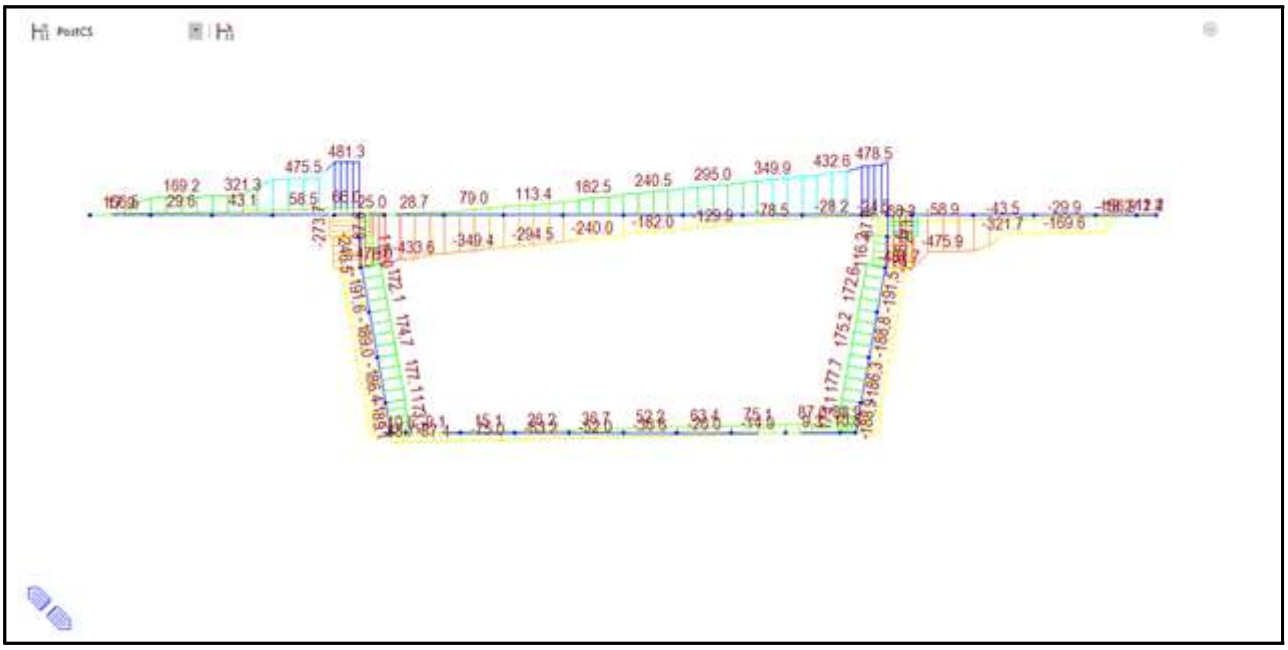
② 하중재하

구 분	하중조건 모델링	비 고
고정하중		•거더 자중 (자중옵션 적용) •2차 고정하중 - 방호울타리 - 포장
활 하 중	 	•프로그램내 Transverse Moving Load 기능사용

③ 단면력산출 결과



【그림 5.27】하중조합을 고려한 최대모멘트도(kN m)(부산)



【그림 5.28】하중조합을 고려한 최대전단력도(kN)(부산)

④ 상부구조 횡방향 검토 결과

횡방향 구조해석 결과에 대한 극한강도 및 전단력을 검토한 결과 발생 단면력이 공칭휨강도 및 공칭 전단력을 만족하는 것으로 나타나 안전성에는 문제가 없는 것으로 확인되었다.

부 재	A_s	휨 검 토		안전율
		M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	
캔틸레버부 단부	H19 @150	873.81	981.82	1.124
내부슬래브 중앙부	H16 @150	292.37	455.12	1.557

부 재	A_s	전 단 검 토		안전율
		V_u (kN)	ΦV_n (kN)	
캔틸레버부 단부	H13 @250	480.3	646.4	1.346
내부슬래브 중앙부	H13 @250	239.2	472.9	1.977

라. 내하력 검토

1) 개 요

본 교량의 안전성 평가는 시공중과 시공완료후 공용하중에 대해 평가를 하였으며 시공완료후에 대해서는 현 시방기준에 입각하여 허용응력법과 극한강도법에 의해 평가를 하였다. 거더의 종방향 내하력 평가는 허용응력법과 극한강도법에 의한 기본내하율을 각각 구하였으며 횡방향에 대한 내하율은 극한강도법에 의하여 산정하였다.

· 허용응력법에의한내하율$(RF) = \dfrac{f_a - (f_d + f_{pt} + f_{cs})}{f_l\,(1+i)}$

여기서, f_a = 허용응력

f_d = 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중에 의한 응력

i = 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수

· 극한강도법에의한내하율$(RF) = \dfrac{\phi M_n - (\gamma_d M_d + \gamma_{pt} M_{pt})}{\gamma_l M_l\,(1+i)}$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트 (RC·PC구조물의 휨부재 ϕ = 0.85)

M_d = 고정하중에 의한 모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

r_d = 고정하중 계수 = 1.30

r_l = 활하중 계수 = 2.15

i = 도로교 설계기준에서 제시한 설계 충격계수

2) 종방향 내하력 평가

(1) 허용응력법에 의한 거더의 내하율 산정

허용응력법에 의한 내하율 산정시 검토위치는 외측경간 S1 및 내측경간 S3로 선정하였으며 각 단면의 내하력은 다음 【표 5.32】과 같다.

【표 5.32】허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가 단위:kN/㎡(부산)

위치	내하율 계산	내하율(RF)	기본내하력
외측 S1경간	$\frac{24{,}000 - (7733.6 + 11810.7 + 56.3)}{1512.9}$	2.908	DB-24 이상
내측 S3경간	$\frac{24{,}000 - (8322.2 + 8089.9 + 43.1)}{1673.3}$	4.509	"

(2) 극한강도법에 의한 거더의 내하율 산정

극한강도법에 의한 내하율 산정시 검토위치는 외측경간 S1 및 내측경간 S3로 선정하였으며 각 단면의 내하력을 산정하면 다음 【표 5.33】 와 같다.

【표 5.33】극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가 단위:kN・m(부산)

위치	내하율 계산	내하율(RF)	기본내하력
외측 S1경간	$\frac{172{,}099.4 - (1.3 \times 39247.1 - 44872.3)}{2.15 \times 11049.3}$	6.986	DB-24 이상
내측 S3경간	$\frac{172{,}099.4 - (1.3 \times 28917.2 - 13714.7)}{2.15 \times 10887.8}$	6.332	"

평가 결과, 설계 활하중 DB-24(DL-24)에 대하여 충분한 내하력을 확보하는 것으로 나타났다.

(3) 횡방향 내하력 평가

【표 5.34】횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가 단위:kN・m(부산)

위치	내하율 계산	내하율(RF)	기본내하력
캔틸레버부 단부	$\frac{981.82 - (1.3 \times 109.3)}{2.15 \times 340.8}$	1.146	DB-24 이상
내부슬래브 중앙부	$\frac{455.12-(1.3 \times 25.1)}{2.15 \times 122.7}$	1.602	DB-24 이상

평가 결과, 설계 활하중 DB-24(DL-24)에 대하여 충분한 내하력을 확보하는 것으로 나타났다.

5.2.3 PSC Beam구간 안전성평가(울산)

가. 개요

1) 안전성검토

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 한다. 안전점검 및 진단은 현 시점의 구조물 상태를 가능한 정확히 반영하여 실 구조물의 거동을 분석하고, 설계기준상의 안전성 여부를 판정하는 과정이므로 가능한 구조물의 손상을 고려하여 판정하여야 한다.

본 과업에서는 준공도서와 공용중인 상태와 비교한 결과, 구조적으로 주목할 만한 추가 손상이 없고, 구조물에 대한 설계기준의 차이가 없는 바 준공도서를 준용하여 안전성평가를 실시하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 검토단면 선정 및 사유

본 진단시 안전성 검토단면은 경간 구성(경간장 및 연속 경간수) 및 구조형식, 단면제원, 하중조건, 구조적 손상 및 결함 발생 여부 등을 고려하여 선정하였으며, 검토단면 선정 및 사유는 다음과 같다.

【표 5.35】 상부구조 검토단면 선정(울산)

상부구조 검토단면		관 련 내 용
울산 방향	3경간 연속 PSC BEAM 거더 (S20~S22)	• POST-TENSIONING PSC BEAM교 ⇒ 폭 15.74m, 연장 3@30=90.0m • 중대한 손상결함, 거더 및 연결부의 균열 및 심한 변형, 바닥판의 구조적 균열, 구조부위의 철근량 부족, 심한 단면손실 등 구조적으로 문제가 될만한 결함은 없는 상태임

(2) 검토조건

본 구조물은 2008년 준공된 교량으로 준공당시 설계기준과 현행 설계기준이 일부 상이하나, 구조물에 대한 설계기준이 차이가 없는 바 준공도서를 준용하여 검토하였다.

또한, 손상이 발견되어 외관 및 내구성조사를 실시한 결과,【표 5.36】과 같이 단면제원, 압축강도, 철근배근 등이 준공도면과 거의 일치하였다. 금회 진단에서는 준공도면상의 설계값으로 안전성검토를 실시하고 내하력평가를 실시하였다.

【표 5.36】 설계 당시와 현행 설계기준 조건비교(울산)

구 분		설계적용 설계기준(1997)	현행 설계기준	비 고
설계기준		• 도로교 설계기준(2000) • 콘크리트 구조설계기준(1999)	• 도로교 설계기준(2010) • 콘크리트 구조기준(2012)	
적용 하중	거더	• 고정하중+활하중+프리스트레스	• 고정하중+활하중+프리스트레스	
	바닥판	• 고정하중, 활하중, 원심하중, 차량 충돌하중, 풍하중	• 고정하중, 활하중, 원심하중, 차량 충돌하중, 풍하중	
플랜지 및 바닥판 유효폭		• 유효폭 고려	• 유효폭 고려	
활하중 재하		• 상부구조 전폭을 기준으로 3.0m간격으로 하중재하	• 상부구조 전폭을 기준으로 3.0m간격으로 하중재하	

【표 5.37】 구조검토시 적용 물성치 및 하중조건(울산)

구 분		설 계 도 서	현 장 측 정	적 용	비고
적용단면		• 거더 : S20~S22(울산방향)		• 현장조사시 단면제원을 측정한 결과, 준공도면과 일치하므로 준공도면상의 단면제원을 적용	
사용 재료	설계 강도	• 준공도면/구조계산서 - 상부 : 270kgf/㎠ - 하부 : 240kgf/㎠	• 비파괴강도(울산방향) - 상부 : 27MPa 이상 - 하부 : 24MPa 이상	• 비파괴강도 측정값이 설계기준강도를 상회하므로 설계기준강도 적용 - 상부 : 27.0MPa - 하부 : 24.0MPa	
	탄성 계수	• 콘크리트 - 상부 : 250,000kgf/㎠ - 하부 : 230,000kgf/㎠ • 철근 : 2,040,000kgf/㎠	-	• 콘크리트 : 현 설계기준 적용 - 상부 : 27,000MPa - 하부 : 25,800MPa • 철근 : 200,000MPa	
철근 간격 / 피복 두께	바닥판	-	• 준공도면과 전반적으로 일치	• 철근배근 및 피복두께는 전반적으로 설계값과 일치하므로 설계값 적용	
	교대	-			
	교각	-			
하중 종류	고정 하중	• 철근콘크리트 : γ_c=2.50tf/㎥ • 아스팔트 포장 : γ_a=2.35tf/㎥	• 철근콘크리트 : γ_c=25.0kN/㎥ • 아스팔트포장 : γ_a=23.0kN/㎥	• 설계도서 및 현 설계기준이 동일하므로 현 설계기준상의 값 적용	
	활하중	• DB-24, DL-24	• DB-24, DL-24		
	온도차	• 온도차 : ±5 °C	• 온도차 : ±5 °C		
토질정수		• 지반조사가 과업범위 밖이므로 준공도면상의 N치를 적용			

(3) 검토방법

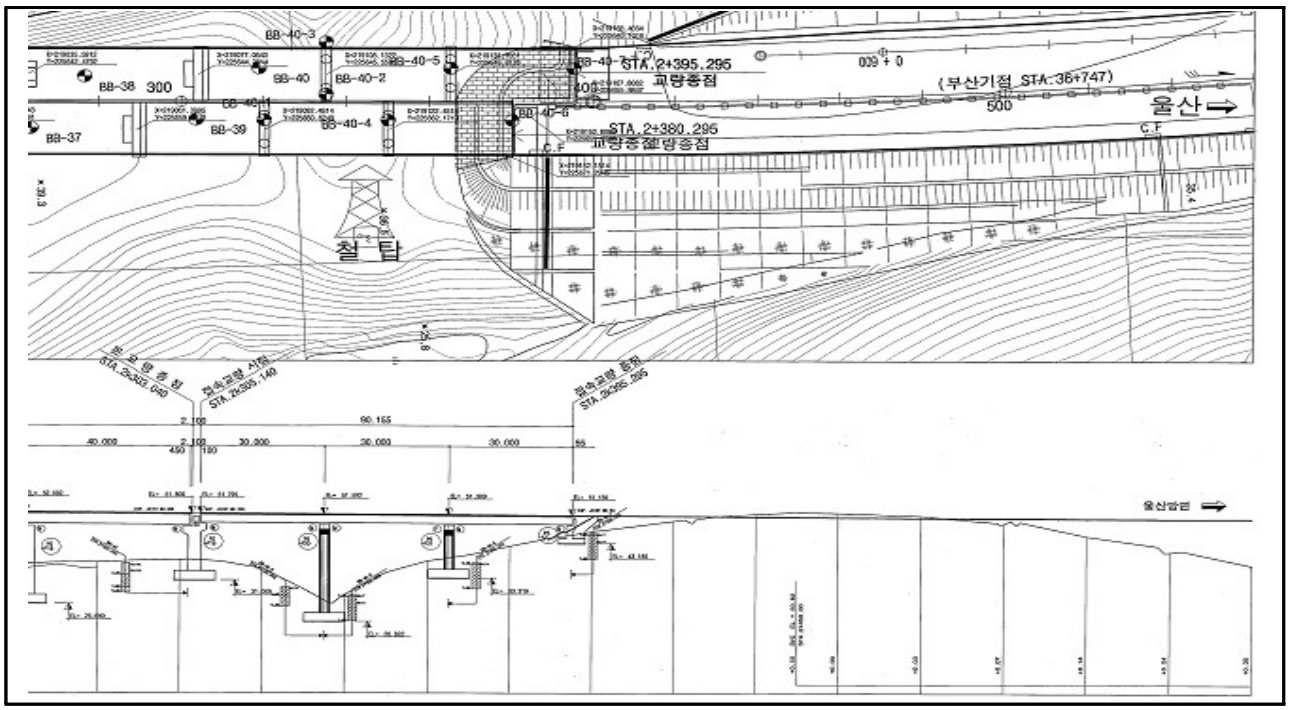
회야대교 접속교(울산방향)는 1등교(DB-24, DL-24)로 설계되어 있으며, 도로교 설계기준(2010)에 따라 거더, 바닥판과 하부구조(교각)는 강도설계법을 적용하였다.

금회안전진단에서는 설계시와 전반적으로 관련된 사항이 동일한 것으로 확인되며, 준공시 구조계산서를 준용하여 구조검토를 실시하였다.

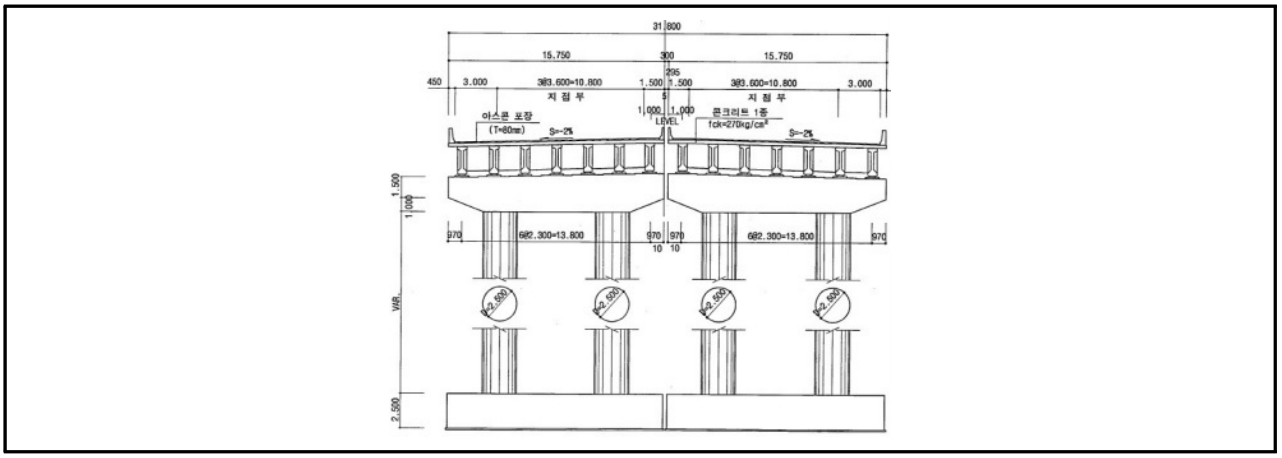
금회 구조해석은 3차원 해석과 활하중의 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램인 MIDAS CIVIL을 이용하였으며, 구조물의 기하학적 특성을 Frame Element로 모델링하였다.

(4) 해석단면

회야대교의 종·평면도, 횡단면도는 다음과 같다.



【그림 5.29】종·평면도(울산)



【그림 5.30】횡단면도(울산)

2) 내하력평가

내하력 평가방법은 구조해석결과를 토대로 기본내하력을 평가하였으며, 구조해석 검토시 사용재료의 재료적 특성은 관련 설계기준 및 현장조사자료 등을 참조하였다.

■ 구조해석 및 검토의 기본가정

① 사용된 해석모델은 Frame Element를 이용한 3차원 격자모델을 적용한다.

② 철근량은 측정값을 기준으로 하며 철근의 종류는 도면을 참조한다. 유효높이는 철근탐사시험 결과 측정된 피복두께를 이용하며 설계피복두께 미만은 단면검토시 안전측으로 설계피복두께를 적용한다.

③ 콘크리트강도는 비파괴강도 시험결과와 설계기준강도의 만족 여부를 고려하여 적용한다.

④ 고정하중은 바닥판, 거더, 방호벽 및 기타하중에 대해서 합성전 및 합성후 고정하중으로 구분하여 고려한다.

⑤ 활하중은 DB하중과 DL하중, 충격하중을 고려하여 산정한다.

⑥ 강도설계법에 의한 단면검토시 하중계수는 도로교설계기준(2010)을 이용한다.

⑦ 구조검토 결과는 도로교설계기준(2010)에 준하여 SI단위계를 사용한다.

나. 안전성 검토

1) 검토조건

(1) 교량 제원

① 교량형식 : POST-TENSIONING PSC BEAM 교

② 교량연장 : L = 90.00m

③ 교량폭원 : 15.74m

④ 사　　각 : 90.0°

⑤ 거더제원 : B = 0.66m

⑥ 교량등급 : 1등급(DB-24 및 DL-24 적용)

(2) 사용재료

① 콘크리트

- 설계기준강도 : f_{ck} = 40MPa
- 탄성계수 : E_c= 44,011MPa
- 허용압축응력 : f_{ca} = 10.8MPa

② 철근(SD400)

- 항복강도 : f_y = 400MPa
- 탄성계수 : E_s = 200,000MPa

③ 강재

㉠ 극한강도 f_{py} : 1,900 MPa

㉡ 항복강도 f_{pu} : 1,600 MPa

㉢ 허용최대긴장응력 : $0.9f_{py}$ = 1,440 MPa

(3) 설계방법

① 바닥판 : 강도설계법

② PSC BEAM거더 : 강도설계법

(4) 적용하중

① 고정하중

고정하중은 합성전 고정하중과 합성후 고정하중으로 구분하여 모델링하였다. 합성전 고정하중은 거더 및 바닥판 자중을 고려하였으며 합성후 고정하중은 방호벽 및 중앙분리대, 포장 등을 고려하여 계산하였다.

② 활하중

본 교량은 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

③ 하중조합

- LCB1 : 합성전 고정하중
- LCB2 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중

(5) 참고문헌

① 도로교 설계기준(2010)

② 콘크리트 구조설계기준(2007)

③ 도로설계편람(2008)

④ 도로설계요령(2009)

⑤ 강도로교 상세부 설계지침(2006)

2) 바닥판 구조검토

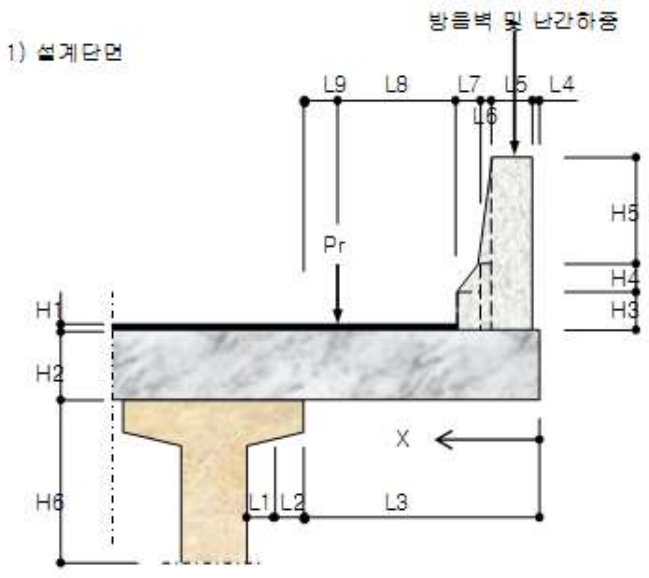
합성형교에서 바닥판으로서 작용할 경우(교축직각방향)에 대하여 도로교설계기준(2010년) 등의 적용기준에 따라 구조검토를 수행하였다.

(1) 우측캔틸레버부(중분대측)

① 고정하중

NO.	작용하중(kN)		작용거리 (m)	모멘트 (kN·m)	비 고
방호벽	0.05×(0.155+0.175+0.560)×25	= 2.114	0.648	1.370	H1 = 0.080m L1 = 0.125m
	0.06×(0.155+0.175)×25	= 0.495	0.570	0.282	H2 = 0.250m L2 = 0.125m
	0.125×0.155×25	= 0.484	0.478	0.232	H3 = 0.155m L3 = 0.620m
	0.06×0.56/2×25	= 0.420	0.560	0.235	H4 = 0.175m L4 = 0.000m
	0.125×0.175/2×25	= 0.273	0.457	0.125	H5 = 0.560m L5 = 0.095m H6 = 1.000m L6 = 0.060m
바닥판	0.62×0.25×25	= 3.875	0.310	1.201	L7 = 0.125m
ascon	(0.300+0.115)×0.08×23	= 0.626	0.450	0.282	L8 = 0.300m
방음벽 및 난간하중		= 0.500	0.0475	0.024	L9 = 0.115m
계		8.553		3.645	

콘크리트 단위중량 = 25.0kN/㎥
아스팔트포장 단위중량 = 23.0kN/㎥
트럭의 후륜하중(P_r) = 96.00kN
곡선반경(R) = 10,000m
설계속도 = 100km/hr



② 활하중(DB-24 : P_r = 96 kN)

• 윤하중 분포폭

$E = 0.8X + 1.14 = 0.8 \times 0.115 + 1.14 = 1.232m$

여기서, X = 0.115m

• 충격계수

$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 0.125} = 0.374 > 0.300$ ∴ i = 0.300 적용

• 활하중

$M_{\ell+i} = \frac{P_r \cdot X \cdot (1+i)}{E} = \frac{96 \times 0.115 \times (1+0.300)}{1.232} = 11.649 kN·m/m$

③ 차량 충돌하중(도로안전시설설치 및 관리지침 p75)

• 수평충돌력 H가 상단부에 작용하는 것으로 한다.

H = 1.000kN/m

작용높이 h = 23.333m

$M_{co1} = H \times h = 1.000 \times 23.333 = 23.333 kN·m/m$

④ 풍하중

$P_w = 3.696 kN/m^2 \times 1.540m = 6.000 kN/m$

$M_w = 6.000 \times 0.445m = 2.670 kN·m/m$

⑤ 하중조합

구 분	사용하중	계수하중	비고
	M (kN·m)	M (kN·m)	
Case 1	13.345	27.250	
Case 2	3.031	5.676	
Case 3	14.680	19.084	
Case 4	14.680	18.337	
Case 5	13.345	47.681	
Case 6	3.031	33.239	
Case 7	1.696	2.205	

• 휨모멘트 검토

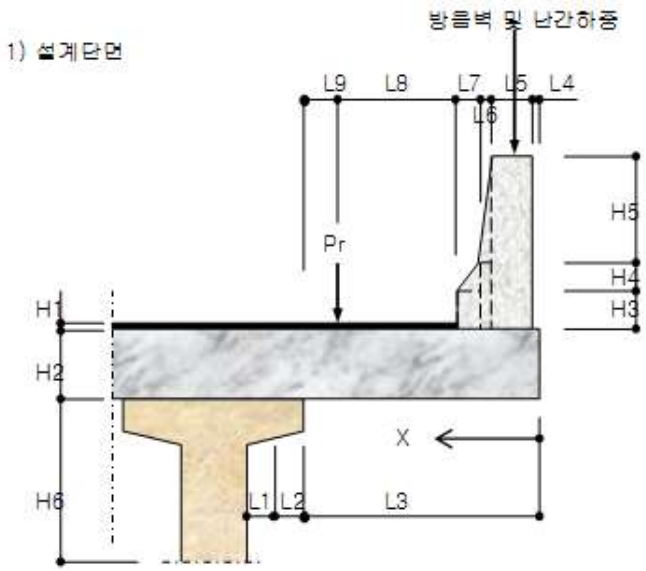
$\Phi Mn = 62.434 kN·m > Mu = 47.681 kN·m$ ∴ O.K

(2) 좌측캔틸레버부(방호벽측)

① 고정하중

NO.	작용하중(kN)	작용거리 (m)	모멘트 (kN·m)	비 고
방호벽	0.42×(0.205+0.175+0.700)×25 = 11.340	0.635	7.201	H1 = 0.080m L1 = 0.125m H2 = 0.250m L2 = 0.125m H3 = 0.205m L3 = 0.620m H4 = 0.175m L4 = 0.030m H5 = 0.700m L5 = 0.420m H6 = 1.000m L6 = 0.000m L7 = 0.000m L8 = 0.300m L9 = 0.125m
	- = -	-	-	
	- = -	-	-	
	- = -	-	-	
	- = -	-	-	
바닥판	0.62×0.25×25 = 3.875	0.310	1.201	
ascon	(0.300+0.125)×0.080×23 = 0.313	0.535	0.167	
방음벽 및 난간하중	= 1.000	0.635	0.635	
계	16.411		9.142	

콘크리트 단위중량 = 25.0kN/㎥
아스팔트포장 단위중량 = 23.0kN/㎥
트럭의 후륜하중(P_r) = 96.00kN
곡선반경(R) = 10,000m
설계속도 = 100km/hr



② 활하중(DB-24 : P_r = 96 kN)

• 윤하중 분포폭

E = 0.8X + 1.14 = 0.8 × 0.125 + 1.14 = 1.240m

여기서, X = 0.125m

• 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 0.125} = 0.374 > 0.300 \quad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

• 활하중

$$M_{\ell+i} = \frac{P_r \cdot X \cdot (1+i)}{E} = \frac{96 \times 0.125 \times (1+0.300)}{1.240} = 12.581 \text{ kN·m/m}$$

③ 차량 충돌하중(도로안전시설설치 및 관리지침 p75)

• 수평충돌력 H가 상단부에 작용하는 것으로 한다.

H = 1.000kN/m

작용높이 h = 23.333m

M_{col} = H × h = 1.000 × 23.333 = 23.333kN·m/m

④ 풍하중

P_w = 3.054kN/㎡ × 3.330m = 10.172kN/m

M_w = 10.172 × 0.54m = 5.493kN·m/m

⑤ 하중조합

구 분	사용하중	계수하중	비고
	M (kN·m)	M (kN·m)	
Case 1	13.622	28.402	
Case 2	3.788	8.494	
Case 3	16.369	21.279	
Case 4	16.369	20.433	
Case 5	13.622	48.042	
Case 6	3.788	35.840	
Case 7	1.041	1.353	

• 휨모멘트 검토

ΦMn = 62.434kN·m > Mu = 48.042kN·m ∴ O.K

(3) 중앙부

① 고정하중

철근콘크리트 : $0.250m \times 25.0kN/m^3 = 6.250kN/m^2$

아스팔트포장 : $0.080m \times 23.0kN/m^3 = 1.840kN/m^2$

$\Sigma w_d = 8.090kN/m^2$

$$M_d = \frac{\Sigma w_d L^2}{10} = \frac{8.090 \times 1.640^2}{10} = 2.176kN{\cdot}m/m$$

여기서, 계산지간(L) = 1.640m

② 활하중(DB-24 : $P_r = 96\,kN$)

• 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 1.64} = 0.360 > 0.300 \quad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

• 활하중

$$M_{\ell+i} = \frac{(L + 0.6)P_r}{9.6}(1 + i) = \frac{(1.640 + 0.6) \times 96}{9.6} \times (1 + 0.300) = 29.120kN{\cdot}m/m$$

연속 바닥판이므로, $M_{\ell+i} = 0.8 \times 29.120 = 23.296\ kN{\cdot}m/m$

③ 하중조합

㉠ 계수모멘트

■ $M_{u1} = 1.3\,M_d + 2.15\,M_{(\ell+i)} + 1.3\,M_{cf} = 52.673\,kN{\cdot}m/m$

④ 바닥판의 최소두께

$h_{min} = (30 \cdot X + 130) = (30 \times 1.640 + 130) = 220\,mm < 250.0mm \quad \therefore h_{req} = 220.0mm$

$h_{use} = 250.0mm > h_{req} = 220.0mm \quad \therefore O.K$

⑤ 단면검토

• 검토조건

설계기준강도(f_{ck}) = 27MPa , 인장철근 항복강도(f_y) = 400MPa

단면폭(b) = 1000mm , 단면높이(h) = 250mm

철근 피복두께(d_c) = 40mm , 유효깊이(d) = 210mm

사용철근량(A_s) = H13@250 + H13@250 = 1,013.6㎟

• 설계휨강도 산정

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_{ck} \cdot b} = \frac{1{,}013.6 \times 400.0}{0.85 \times 27.0 \times 1000.0} = 17.666mm$$

$$\Phi Mn = \Phi\left\{As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)\right\} = 69.327kN{\cdot}m$$

• 휨모멘트 검토

$\Phi Mn = 69.327kN{\cdot}m > Mu = 52.673kN{\cdot}m$ ∴ O.K

(4) 바닥판의 구조검토 결과

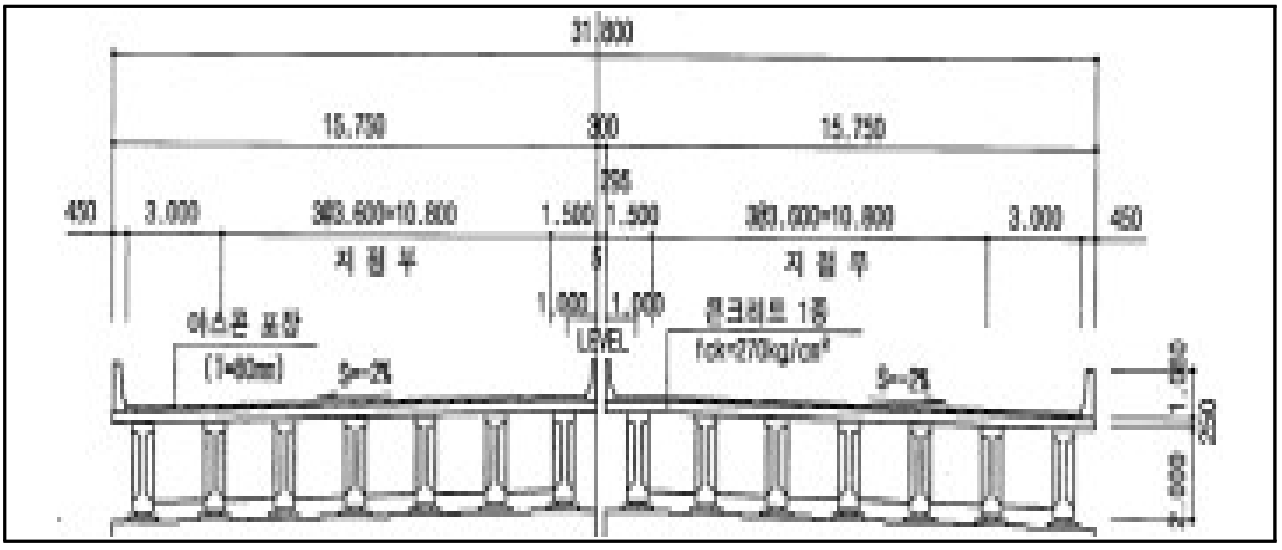
강도설계법에 의한 바닥판의 단면검토 결과, 휨강도에 대한 계수모멘트의 최소 안전율이 1.310로 산정되어 바닥판은 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 5.38】 바닥판의 단면검토 결과(울산)

구 분	M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	안전율 (ΦMn/Mu)	검토 결과
우측 캔틸레버부	47.633	62.434	1.311	O.K
좌측 캔틸레버부	48.032	62.434	1.300	O.K
중앙부	52.673	69.327	1.316	O.K

3) 거더 구조검토

(1) 해석단면



【그림 5.31】 해석단면(울산)

(2) 중앙부 단면력 산정

① 고정하중

- $w_{slab} = 0.080 \times 23.000 \times 0.250 = 8.090 kN/m$
- $R_{bd} = 8.090 \times 1.640 \times 2 \times \frac{1}{2} = 10.879 kN$

② 활하중

- 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 1.54} = 0.333 > 0.300 \quad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

③ 하중조합

- $V_u = 1.30 \times (10.879 + 13.275 + 1.640) + 2.15 \times 149.760 = 364.43$
- $M_u = 1.30 \times 10.879 \times 1.640/4 + 1.30 \times 13.275 \times 1.640^2/8$

$$+ 2.15 \times 149.760 \times 1.640/4 = 143.61$$

(3) 지점부 단면력 산정

① 고정하중

- $w_{slab} = 0.080 \times 23.000 \times 0.250 = 8.090 kN/m$
- $R_{bd} = 8.090 \times 1.345 \times 1{,}000 \times \frac{1}{2} = 5.44 kN$

② 활하중

- 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 1.54} = 0.333 > 0.300 \quad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

③ 하중조합

- $V_u = 1.30 \times (5.440 + 7.000 + 1.640) + 2.15 \times 144.768 = 333.25$
- $M_u = 1.30 \times 5.440 \times 1.640/4 + 1.30 \times 7.000 \times 1.640^2/8$

$$+ 2.15 \times 144.768 \times 1.640/4 = 133.57$$

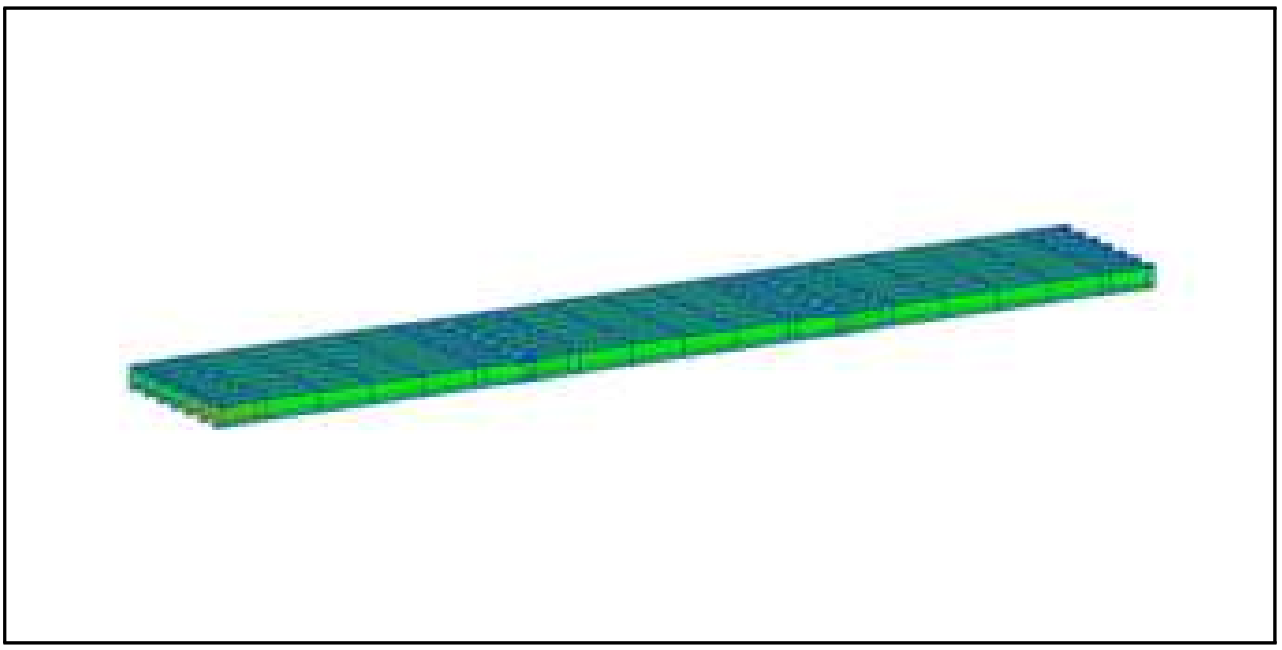
(4) 모델링 및 단면제정수

① 모델링

해석모델은 3차원 격자모델을 적용하였으며, 보요소로 이상화된 각 구조요소의 연결은 부재편심(Offset)이 반영되도록 하였다. 또한 시공단계별로 대상교량의 실제 강성과 최대한 근접할 수 있도록 모델링하였으며, 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 합성전 모델링시 바닥판은 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 함으로 바닥판에 의한 횡분배 효과는 고려하지 않았다. 활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용하였으며 도로교 설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.

- 경계조건은 각 지점의 가동, 고정상태를 고려하여 설정하였다.



【그림 5.32】 해석모델링(울산)

② 부재력 집계

【표 5.39】 시점경간 중앙부(울산)

작용하중	구 분	내측거더	외측거더
합성전 자중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	1,422.590	1,405.740
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.110	0.120
	전단력 (kN)	-33.740	-34.200
합성후 바닥판에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	906.980	903.610
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.040	0.040
	전단력 (kN)	-31.740	-28.920
합성후 고정 하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	316.210	306.360
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.100	0.080
	전단력 (kN)	-9.200	-15.810
프리스트레스에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-2,964.420	-2,964.420
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.000	0.000
	전단력 (kN)	72.980	72.980
활하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	914.700	939.960
	비틀림모멘트 (kN・m)	5.110	4.890
	전단력 (kN)	-248.380	-47.770

【표 5.40】 시점 지점부(울산)

작용하중	구 분	내측거더	외측거더
합성전 자중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-1,773.710	-1,724.530
	비틀림모멘트 (kN・m)	-1.610	-1.980
	전단력 (kN)	390.400	379.400
합성후 바닥판에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-1,134.830	-1,117.180
	비틀림모멘트 (kN・m)	-0.540	-0.650
	전단력 (kN)	242.260	236.280
합성후 고정 하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-386.330	-407.050
	비틀림모멘트 (kN・m)	-0.660	-0.290
	전단력 (kN)	82.160	92.600
프리스트레스에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	1,774.440	1,774.440
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.000	0.000
	전단력 (kN)	94.298	94.298
활하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-721.380	-716.040
	비틀림모멘트 (kN・m)	-28.530	-27.230
	전단력 (kN)	345.150	160.460

【표 5.41】 내측경간 중앙부(울산)

작용하중	구 분	내측거더	외측거더
합성전 자중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	464.790	448.160
	비틀림모멘트 (kN・m)	-0.320	-0.360
	전단력 (kN)	12.700	12.170
합성후 바닥판에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	296.200	292.920
	비틀림모멘트 (kN・m)	-0.110	-0.130
	전단력 (kN)	-0.890	1.890
합성후 고정하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	98.590	103.260
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.180	0.240
	전단력 (kN)	1.350	-5.770
프리스트레스에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	106.890	106.890
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.000	0.000
	전단력 (kN)	0.000	0.000
활하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	792.800	795.810
	비틀림모멘트 (kN・m)	-5.730	-5.510
	전단력 (kN)	-229.520	66.390

4) 거더 휨강도 검토

(1) 1경간 중앙부 내측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 2380.8 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 15,475.700 kN·m > Mu = 2380.8 kN·m ∴ O.K

③ 최대 P.S 강재량 검토

• 강재지수 $qp = \rho p \times fps / fck \leq 0.36 \times k1$

$= 0.049 < 0.276 \quad \Rightarrow O.K$

④ 균열모멘트 계산

• f외력 + fpe + fcr‘ = $0.63 \times \sqrt{fck} = 4.0$

f외력 + fpe + fcr‘ = 7.0 + -6.7 + Mcr‘ / 0.31957 = 4.0

= 0.3 + Mcr‘ / 0.31957 = 4.0

fpe : 유효 프리스트레스에 의한 응력

fcr‘ : 균열이 발생하기 위한 추가적인 응력

Mcr‘ : 균열이 발생하기 위한 추가적인 모멘트

∴ Mcr‘ = (4 + -0.3) × 0.31957 = 1,183 kN.m

∴ Mcr = 1,423 + -2,964 + 907 + 316 + 915 + 1,183 = 1,779 kN·m

1.2 × Mcr = 2,134 < ΦMn = 15,475.700 kN·m ∴ O.K

(2) 1경간 중앙부 외측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 3,648.900 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 15,403.900 kN·m > Mu = 3,648.900 kN·m ∴ O.K

③ 최대 P.S 강재량 검토

• 강재지수 $qp = \rho p \times fps / fck \leq 0.36 \times k1$

$= 0.053 < 0.276 \quad \Rightarrow O.K$

④ 균열모멘트 계산

• f외력 + fpe + fcr‘ = $0.63 \times \sqrt{fck} = 4.0$

f외력 + fpe + fcr‘ = 7.1 + -6.7 + Mcr‘ / 0.31957 = 4.0

= 0.3 + Mcr‘ / 0.31957 = 4.0

fpe : 유효 프리스트레스에 의한 응력

fcr‘ : 균열이 발생하기 위한 추가적인 응력

Mcr‘ : 균열이 발생하기 위한 추가적인 모멘트

∴ Mcr‘ = (4 + -0.3) × 0.31957 = 1,170 kN.m

∴ Mcr = 1,406 + -2,964 + 904 + 306 + 940 + 1,170 = 1,761.350 kN·m

1.2 × Mcr = 2,114.000 < ΦMn = 15,403.900 kN·m ∴ O.K

(3) 2경간 중앙부 내측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 2,960.900 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 15,475.700 kN·m > Mu = 2,960.900 kN·m ∴ O.K

③ 최대 P.S 강재량 검토

• 강재지수 $qp = \rho p \times fps / fck \leq 0.36 \times k1$

$= 0.049 < 0.276 \quad \Rightarrow O.K$

④ 균열모멘트 계산

• f외력 + fpe + fcr' = $0.63 \times \sqrt{fck} = 4.0$

f외력 + fpe + fcr' = 7.0 + -6.7 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

= 0.2 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

fpe : 유효 프리스트레스에 의한 응력

fcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 응력

Mcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 모멘트

∴ Mcr' = (4 + -0.2) × 0.31957 = 1,196 kN.m

∴ Mcr = 448 + 107 + 293 + 103 + 796 + 1,196 = 2,943 kN·m

1.2 × Mcr = 3,532.000 < ΦMn = 15,475.7 kN·m ∴ O.K

(4) 2경간 중앙부 외측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 2,947.600 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 15,403.900 kN·m > Mu = 2,947.600 kN·m ∴ O.K

③ 최대 P.S 강재량 검토

• 강재지수 $qp = \rho p \times fps / fck \leq 0.36 \times k1$

$= 0.053 < 0.276 \quad \Rightarrow O.K$

④ 균열모멘트 계산

• f외력 + fpe + fcr‘ = $0.63 \times \sqrt{fck} = 4.0$

f외력 + fpe + fcr‘ = 6.9 + -6.7 + Mcr‘ / 0.31957 = 4.0

= 0.2 + Mcr‘ / 0.31957 = 4.0

fpe : 유효 프리스트레스에 의한 응력

fcr‘ : 균열이 발생하기 위한 추가적인 응력

Mcr‘ : 균열이 발생하기 위한 추가적인 모멘트

∴ Mcr‘ = (4 + -0.2) × 0.31957 = 1,214 kN.m

∴ Mcr = 448 + 107 + 293 + 103 + 796 + 1,214 = 2,960.61 kN·m

1.2 × Mcr = 2,960.610 < ΦMn = 15,403.900 kN·m ∴ O.K

(5) 지점부 내측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 3,527.500 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 3,599.000 kN·m > Mu = 3,527.500 kN·m ∴ O.K

(6) 지점부 외측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 3,456.100 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 3,599.000 kN·m > Mu = 3,456.100 kN·m ∴ O.K

【표 5.42】 거더의 단면검토 결과(울산)

구 분	M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	안전율 (ΦMn/Mu)	검토 결과
1경간 중앙 내측거더	2380.8	15,747.7	6.614	O.K
1경간 중앙 외측거더	3648.9	15403.9	4.221	O.K
2경간 중앙 내측거더	2960.9	15475.7	5.227	O.K
2경간 중앙 외측거더	2947.6	15403.9	5.226	O.K
지점부 내측거더	3527.5	3599	1.020	O.K
지점부 외측거더	3456.1	3599	1.041	O.K

5) 교량받침 용량검토

【표 5.43】 교량받침 용량검토(울산)

구 분		합성전 고정하중 (kN)	합성후 고정하중 (kN)	활하중(kN)	합 계(kN)	받침 용량 (kN)	검토 결과
P19	SH1	453.8	107.7	138.4	699.9	1,350	O.K
	SH2	478.1	69.9	370.0	918.0	1,350	O.K
	SH3	478.2	64.9	142.7	685.8	1,350	O.K
	SH4	480.0	59.7	359.0	898.6	1,350	O.K
	SH5	478.2	57.5	142.7	678.4	1,350	O.K
	SH6	478.1	57.4	370.0	905.5	1,350	O.K
	SH7	453.8	65.5	138.4	657.8	1,350	O.K

주) 반력 발생방향이 하향을 정(+), 상향을 부(-)로 표기함.

【표 5.43】교량받침 용량검토(울산)(계속)

구 분		합성전 고정하중 (kN)	합성후 고정하중 (kN)	활하중(kN)	합 계(kN)	받침 용량 (kN)	검토 결과
P20	SH1	617.9	145.5	118.3	881.6	1,350	O.K
	SH2	682.0	98.4	227.8	1,008.2	1,350	O.K
	SH3	683.2	84.5	127.6	895.4	1,350	O.K
	SH4	685.7	77.1	222.8	985.6	1,350	O.K
	SH5	683.2	75.0	127.6	885.8	1,350	O.K
	SH6	682.0	77.0	227.8	986.8	1,350	O.K
	SH7	617.9	91.5	118.3	827.6	1,350	O.K
	SH1	617.9	145.5	118.3	881.6	1,350	O.K
	SH2	682.0	98.4	227.8	1,008.2	1,350	O.K
	SH3	683.2	84.5	127.6	895.4	1,350	O.K
	SH4	685.7	77.1	222.8	985.6	1,350	O.K
	SH5	683.2	75.0	127.6	885.8	1,350	O.K
	SH6	682.0	77.0	227.8	986.8	1,350	O.K
	SH7	617.9	91.5	118.3	827.6	1,350	O.K
P21	SH1	617.9	145.5	118.3	881.6	1,350	O.K
	SH2	682.0	98.4	227.8	1,008.2	1,350	O.K
	SH3	683.2	84.5	127.6	895.4	1,350	O.K
	SH4	685.7	77.1	222.8	985.6	1,350	O.K
	SH5	683.2	75.0	127.6	885.8	1,350	O.K
	SH6	682.0	77.0	227.8	986.8	1,350	O.K
	SH7	617.9	91.5	118.3	827.6	1,350	O.K
	SH1	617.9	145.5	118.3	881.6	1,350	O.K
	SH2	682.0	98.4	227.8	1,008.2	1,350	O.K
	SH3	683.2	84.5	127.6	895.4	1,350	O.K
	SH4	685.7	77.1	222.8	985.6	1,350	O.K
	SH5	683.2	75.0	127.6	885.8	1,350	O.K
	SH6	682.0	77.0	227.8	986.8	1,350	O.K
	SH7	617.9	91.5	118.3	827.6	1,350	O.K
A2	SH1	453.8	107.7	138.4	699.9	1,350	O.K
	SH2	478.1	69.9	370.0	918.0	1,350	O.K
	SH3	478.2	64.9	142.7	685.8	1,350	O.K
	SH4	480.0	59.7	359.0	898.6	1,350	O.K
	SH5	478.2	57.5	142.7	678.4	1,350	O.K
	SH6	478.1	57.4	370.0	905.5	1,350	O.K
	SH7	453.8	65.6	138.4	657.8	1,350	O.K

주) 반력 발생방향이 하향을 정(+), 상향을 부(-)로 표기함.

5.2.4 PSC Beam구간 안전성평가(부산)

가. 개요

1) 안전성검토

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 한다. 안전점검 및 진단은 현 시점의 구조물 상태를 가능한 정확히 반영하여 실 구조물의 거동을 분석하고, 설계기준상의 안전성 여부를 판정하는 과정이므로 가능한 구조물의 손상을 고려하여 판정하여야 한다.

본 과업에서는 준공도서와 공용중인 상태와 비교한 결과, 구조적으로 주목할 만한 추가 손상이 없고, 구조물에 대한 설계기준의 차이가 없는 바 준공도서를 준용하여 안전성평가를 실시하였고, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 검토단면 선정 및 사유

본 진단시 안전성 검토단면은 경간 구성(경간장 및 연속 경간수) 및 구조형식, 단면제원, 하중조건, 구조적 손상 및 결함 발생 여부 등을 고려하여 선정하였으며, 검토단면 선정 및 사유는 다음과 같다.

【표 5.44】 상부구조 검토단면 선정(부산)

상부구조 검토단면		관 련 내 용
부산 방향	3경간 연속 PSC BEAM 거더 (S20~S22)	• POST-TENSIONING PSC BEAM교 ⇒ 폭 15.74m, 연장 3@30=90.0m • 중대한 손상결함, 거더 및 연결부의 균열 및 심한 변형, 바닥판의 구조적 균열, 구조부위의 철근량 부족, 심한 단면손실 등 구조적으로 문제가 될만한 결함은 없는 상태임

(2) 검토조건

본 구조물은 2008년 준공된 교량으로 준공당시 설계기준과 현행 설계기준이 일부 상이하나, 구조물에 대한 설계기준이 차이가 없는 바 준공도서를 준용하여 검토하였다.

또한, 손상이 발견되어 외관 및 내구성조사를 실시한 결과, 【표 5.45】과 같이 단면제원, 압축강도, 철근배근 등이 준공도면과 거의 일치하였다. 금회 진단에서는 준공도면상의 설계값으로 안전성검토를 실시하고 내하력평가를 실시하였다.

【표 5.45】 설계 당시와 현행 설계기준 조건비교(부산)

구 분		설계적용 설계기준(1997)	현행 설계기준	비 고
설계기준		• 도로교 설계기준(2000) • 콘크리트 구조설계기준(1999)	• 도로교 설계기준(2010) • 콘크리트 구조기준(2012)	
적용 하중	거더	• 고정하중+활하중+프리스트레스	• 고정하중+활하중+프리스트레스	
	바닥판	• 고정하중, 활하중, 원심하중, 차량 충돌하중, 풍하중	• 고정하중, 활하중, 원심하중, 차량 충돌하중, 풍하중	
플랜지 및 바닥판 유효폭		• 유효폭 고려	• 유효폭 고려	
활하중 재하		• 상부구조 전폭을 기준으로 3.0m간격으로 하중재하	• 상부구조 전폭을 기준으로 3.0m간격으로 하중재하	

【표 5.46】 구조검토시 적용 물성치 및 하중조건(부산)

구 분		설 계 도 서	현 장 측 정	적 용	비고
적용단면		• 거더 : S20~S22(부산방향)		• 현장조사시 단면제원을 측정한 결과, 준공도면과 일치하므로 준공도면상의 단면제원을 적용	
사용 재료	설계 강도	• 준공도면/구조계산서 - 상부 : 270kgf/㎠ - 하부 : 240kgf/㎠	• 비파괴강도(부산방향) - 상부 : 27MPa 이상 - 하부 : 24MPa 이상	• 비파괴강도 측정값이 설계기준강도를 상회하므로 설계기준강도 적용 - 상부 : 27.0MPa - 하부 : 24.0MPa	
	탄성 계수	• 콘크리트 - 상부 : 250,000kgf/㎠ - 하부 : 230,000kgf/㎠ • 철근 : 2,040,000kgf/㎠	-	• 콘크리트 : 현 설계기준 적용 - 상부 : 27,000MPa - 하부 : 25,800MPa • 철근 : 200,000MPa	
철근 간격 / 피복 두께	바닥판	-	• 준공도면과 전반적으로 일치	• 철근배근 및 피복두께는 전반적으로 설계값과 일치하므로 설계값 적용	
	교대	-			
	교각	-			
하중 종류	고정 하중	• 철근콘크리트 : γ_c=2.50tf/㎥ • 아스팔트 포장 : γ_a=2.35tf/㎥	• 철근콘크리트 : γ_c=25.0kN/㎥ • 아스팔트포장 : γ_a=23.0kN/㎥	• 설계도서 및 현 설계기준이 동일하므로 현 설계기준상의 값 적용	
	활하중	• DB-24, DL-24	• DB-24, DL-24		
	온도차	• 온도차 : ±5 °C	• 온도차 : ±5 °C		
토질정수		• 지반조사가 과업범위 밖이므로 준공도면상의 N치를 적용			

(3) 검토방법

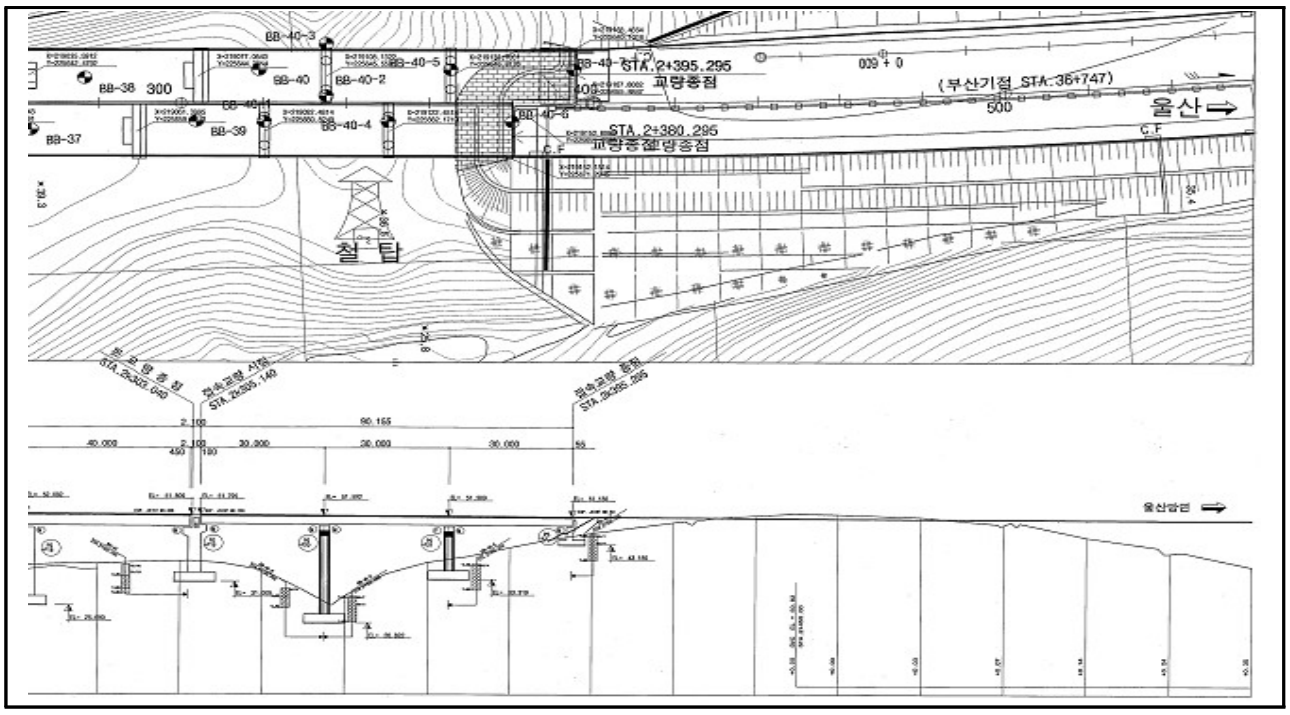
회야대교 접속교(부산방향)는 1등교(DB-24, DL-24)로 설계되어 있으며, 도로교 설계기준(2010)에 따라 거더, 바닥판과 하부구조(교각)는 강도설계법을 적용하였다.

금회안전진단에서는 설계시와 전반적으로 관련된 사항이 동일한 것으로 확인되며, 준공시 구조계산서를 준용하여 구조검토를 실시하였다.

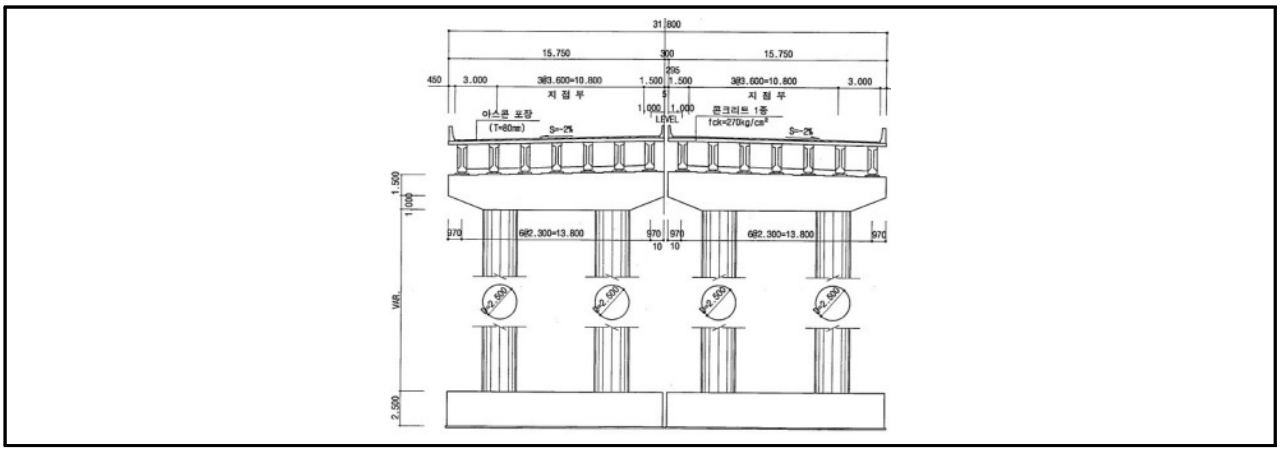
금회 구조해석은 3차원 해석과 활하중의 이동재하가 가능한 범용구조해석 프로그램인 MIDAS CIVIL을 이용하였으며, 구조물의 기하학적 특성을 Frame Element로 모델링하였다.

(4) 해석단면

회야대교의 종·평면도, 횡단면도는 다음과 같다.



【그림 5.33】종·평면도



【그림 5.34】횡단면도

2) 내하력평가

내하력 평가방법은 구조해석결과를 토대로 기본내하력을 평가하였으며, 구조해석 검토시 사용재료의 재료적 특성은 관련 설계기준 및 현장조사자료 등을 참조하였다.

■ 구조해석 및 검토의 기본가정

① 사용된 해석모델은 Frame Element를 이용한 3차원 격자모델을 적용한다.
② 철근량은 측정값을 기준으로 하며 철근의 종류는 도면을 참조한다. 유효높이는 철근탐사시험 결과 측정된 피복두께를 이용하며 설계피복두께 미만은 단면검토시 안전측으로 설계피복두께를 적용한다.
③ 콘크리트강도는 비파괴강도 시험결과와 설계기준강도의 만족 여부를 고려하여 적용한다.
④ 고정하중은 바닥판, 거더, 방호벽 및 기타하중에 대해서 합성전 및 합성후 고정하중으로 구분하여 고려한다.
⑤ 활하중은 DB하중과 DL하중, 충격하중을 고려하여 산정한다.
⑥ 강도설계법에 의한 단면검토시 하중계수는 도로교설계기준(2010)을 이용한다.
⑦ 구조검토 결과는 도로교설계기준(2010)에 준하여 SI단위계를 사용한다.

나. 안전성 검토

1) 검토조건

(1) 교량 제원

① 교량형식 : POST-TENSIONING PSC BEAM 교
② 교량연장 : L = 90.00m
③ 교량폭원 : 15.74m
④ 사　　각 : 90.0°
⑤ 거더제원 : B = 0.66m
⑥ 교량등급 : 1등급(DB-24 및 DL-24 적용)

(2) 사용재료

① 콘크리트

- 설계기준강도 : f_{ck} = 40MPa
- 탄성계수 : E_c= 44,011MPa
- 허용압축응력 : f_{ca} = 10.8MPa

② 철근(SD400)

- 항복강도 : f_y = 400MPa
- 탄성계수 : E_s = 200,000MPa

③ 강재

㉠ 극한강도 f_{py} : 1,900 MPa

㉡ 항복강도 f_{pu} : 1,600 MPa

㉢ 허용최대긴장응력 : $0.9f_{py}$ = 1,440 MPa

(3) 설계방법

① 바닥판 : 강도설계법

② PSC BEAM거더 : 강도설계법

(4) 적용하중

① 고정하중

고정하중은 합성전 고정하중과 합성후 고정하중으로 구분하여 모델링하였다. 합성전 고정하중은 거더 및 바닥판 자중을 고려하였으며 합성후 고정하중은 방호벽 및 중앙분리대, 포장 등을 고려하여 계산하였다.

② 활하중

본 교량은 1등급 교량으로서 DB-24 및 DL-24 하중을 적용한다.

③ 하중조합

- LCB1 : 합성전 고정하중
- LCB2 : 합성전 고정하중+합성후 고정하중+활하중

(5) 참고문헌

① 도로교 설계기준(2010)

② 콘크리트 구조설계기준(2007)

③ 도로설계편람(2008)

④ 도로설계요령(2009)

⑤ 강도로교 상세부 설계지침(2006)

2) 바닥판 구조검토

합성형교에서 바닥판으로서 작용할 경우(교축직각방향)에 대하여 도로교설계기준(2010년) 등의 적용기준에 따라 구조검토를 수행하였다.

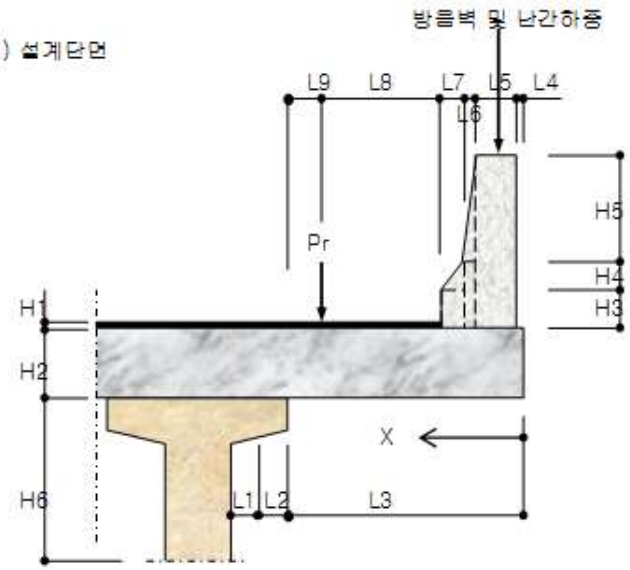
(1) 우측캔틸레버부(중분대측)

① 고정하중

NO.	작용하중(kN)		작용거리 (m)	모멘트 (kN·m)	비 고
방호벽	0.05×(0.155+0.175+0.560)×25	= 2.114	0.648	1.370	H1 = 0.080m L1 = 0.125m H2 = 0.250m L2 = 0.125m H3 = 0.155m L3 = 0.620m H4 = 0.175m L4 = 0.000m H5 = 0.560m L5 = 0.095m H6 = 1.000m L6 = 0.060m L7 = 0.125m L8 = 0.300m L9 = 0.115m
	0.06×(0.155+0.175)×25	= 0.495	0.570	0.282	
	0.125×0.155×25	= 0.484	0.478	0.232	
	0.06×0.56/2×25	= 0.420	0.560	0.235	
	0.125×0.175/2×25	= 0.273	0.457	0.125	
바닥판	0.62×0.25×25	= 3.875	0.310	1.201	
ascon	(0.300+0.115)×0.08×23	= 0.626	0.450	0.282	
방음벽 및 난간하중		= 0.500	0.0475	0.024	
계		8.553		3.645	

콘크리트 단위중량 = 25.0kN/㎥
아스팔트포장 단위중량 = 23.0kN/㎥
트럭의 후륜하중(P_r) = 96.00kN
곡선반경(R) = 10,000m
설계속도 = 100km/hr

1) 설계단면



② 활하중(DB-24 : P_r = 96 kN)

• 윤하중 분포폭

$E = 0.8X + 1.14 = 0.8 \times 0.115 + 1.14 = 1.232m$

여기서, X = 0.115m

• 충격계수

$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 0.125} = 0.374 > 0.300$ ∴ i = 0.300 적용

• 활하중

$M_{\ell+i} = \frac{P_r \cdot X \cdot (1+i)}{E} = \frac{96 \times 0.115 \times (1+0.300)}{1.232} = 11.649 kN·m/m$

③ 차량 충돌하중(도로안전시설설치 및 관리지침 p75)

• 수평충돌력 H가 상단부에 작용하는 것으로 한다.

H = 1.000kN/m

작용높이 h = 23.333m

$M_{co1} = H \times h = 1.000 \times 23.333 = 23.333 kN·m/m$

④ 풍하중

$P_w = 3.696 kN/m^2 \times 1.540m = 6.000 kN/m$

$M_w = 6.000 \times 0.445m = 2.670 kN·m/m$

⑤ 하중조합

구 분	사용하중	계수하중	비고
	M (kN·m)	M (kN·m)	
Case 1	13.345	27.250	
Case 2	3.031	5.676	
Case 3	14.680	19.084	
Case 4	14.680	18.337	
Case 5	13.345	47.681	
Case 6	3.031	33.239	
Case 7	1.696	2.205	

• 휨모멘트 검토

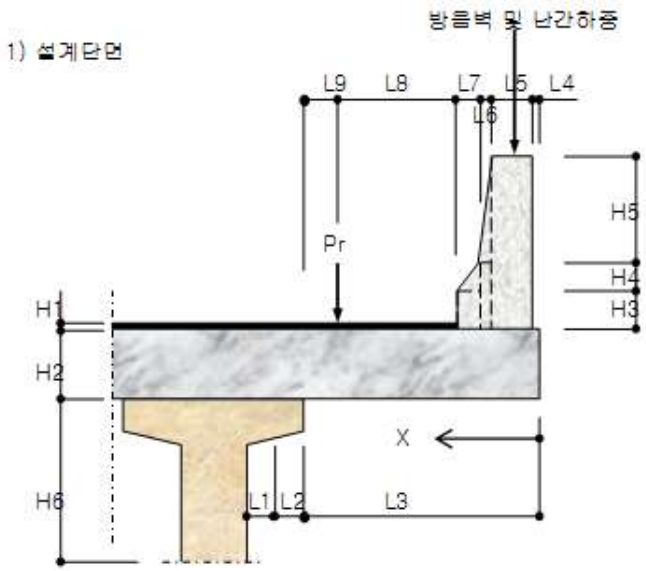
$\Phi Mn = 62.434 kN·m > Mu = 47.681 kN·m$ ∴ O.K

(2) 좌측캔틸레버부(방호벽측)

① 고정하중

NO.	작용하중(kN)	작용거리 (m)	모멘트 (kN·m)	비 고
방호벽	0.42×(0.205+0.175+0.700)×25 = 11.340	0.635	7.201	H1 = 0.080m L1 = 0.125m H2 = 0.250m L2 = 0.125m H3 = 0.205m L3 = 0.620m H4 = 0.175m L4 = 0.030m H5 = 0.700m L5 = 0.420m H6 = 1.000m L6 = 0.000m L7 = 0.000m L8 = 0.300m L9 = 0.125m
	- = -	-	-	
	- = -	-	-	
	- = -	-	-	
	- = -	-	-	
바닥판	0.62×0.25×25 = 3.875	0.310	1.201	
ascon	(0.300+0.125)×0.080×23 = 0.313	0.535	0.167	
방음벽 및 난간하중	= 1.000	0.635	0.635	
계	16.411		9.142	

콘크리트 단위중량 = 25.0kN/㎥
아스팔트포장 단위중량 = 23.0kN/㎥
트럭의 후륜하중(P_r) = 96.00kN
곡선반경(R) = 10,000m
설계속도 = 100km/hr



② 활하중(DB-24 : P_r = 96 kN)

• 윤하중 분포폭

E = 0.8X + 1.14 = 0.8 × 0.125 + 1.14 = 1.240m

여기서, X = 0.125m

• 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 0.125} = 0.374 > 0.300 \quad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

• 활하중

$$M_{\ell+i} = \frac{P_r \cdot X \cdot (1+i)}{E} = \frac{96 \times 0.125 \times (1+0.300)}{1.240} = 12.581 \text{ kN·m/m}$$

③ 차량 충돌하중(도로안전시설설치 및 관리지침 p75)

• 수평충돌력 H가 상단부에 작용하는 것으로 한다.

H = 1.000kN/m

작용높이 h = 23.333m

M_{col} = H × h = 1.000 × 23.333 = 23.333kN·m/m

④ 풍하중

P_w = 3.054kN/㎡ × 3.330m = 10.172kN/m

M_w = 10.172 × 0.54m = 5.493kN·m/m

⑤ 하중조합

구 분	사용하중	계수하중	비고
	M (kN·m)	M (kN·m)	
Case 1	13.622	28.402	
Case 2	3.788	8.494	
Case 3	16.369	21.279	
Case 4	16.369	20.433	
Case 5	13.622	48.042	
Case 6	3.788	35.840	
Case 7	1.041	1.353	

• 휨모멘트 검토

ΦMn = 62.434kN·m > Mu = 48.042kN·m ∴ O.K

(3) 중앙부

① 고정하중

철근콘크리트 : $0.250m \times 25.0kN/m^3 = 6.250kN/m^2$

아스팔트포장 : $0.080m \times 23.0kN/m^3 = 1.840kN/m^2$

$\Sigma w_d = 8.090kN/m^2$

$$M_d = \frac{\Sigma w_d L^2}{10} = \frac{8.090 \times 1.640^2}{10} = 2.176kN{\cdot}m/m$$

여기서, 계산지간(L) = 1.640m

② 활하중(DB-24 : $P_r = 96\,kN$)

• 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 1.64} = 0.360 > 0.300 \quad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

• 활하중

$$M_{\ell+i} = \frac{(L + 0.6)P_r}{9.6}(1 + i) = \frac{(1.640 + 0.6) \times 96}{9.6} \times (1 + 0.300) = 29.120kN{\cdot}m/m$$

연속 바닥판이므로, $M_{\ell+i} = 0.8 \times 29.120 = 23.296\ kN{\cdot}m/m$

③ 하중조합

㉠ 계수모멘트

■ $M_{u1} = 1.3\,M_d + 2.15\,M_{(\ell+i)} + 1.3\,M_{cf} = 52.673\,kN{\cdot}m/m$

④ 바닥판의 최소두께

$h_{min} = (30 \cdot X + 130) = (30 \times 1.640 + 130) = 220\,mm < 250.0mm \quad \therefore h_{req} = 220.0mm$

$h_{use} = 250.0mm > h_{req} = 220.0mm \quad \therefore O.K$

⑤ 단면검토

• 검토조건

설계기준강도(f_{ck}) = 27MPa , 인장철근 항복강도(f_y) = 400MPa

단면폭(b) = 1000mm , 단면높이(h) = 250mm

철근 피복두께(d_c) = 40mm , 유효깊이(d) = 210mm

사용철근량(A_s) = H13@250 + H13@250 = 1,013.6㎟

• 설계휨강도 산정

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_{ck} \cdot b} = \frac{1{,}013.6 \times 400.0}{0.85 \times 27.0 \times 1000.0} = 17.666mm$$

$$\Phi Mn = \Phi\left\{As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)\right\} = 69.327kN{\cdot}m$$

• 휨모멘트 검토

$\Phi Mn = 69.327kN{\cdot}m > Mu = 52.673kN{\cdot}m$ ∴ O.K

(4) 바닥판의 구조검토 결과

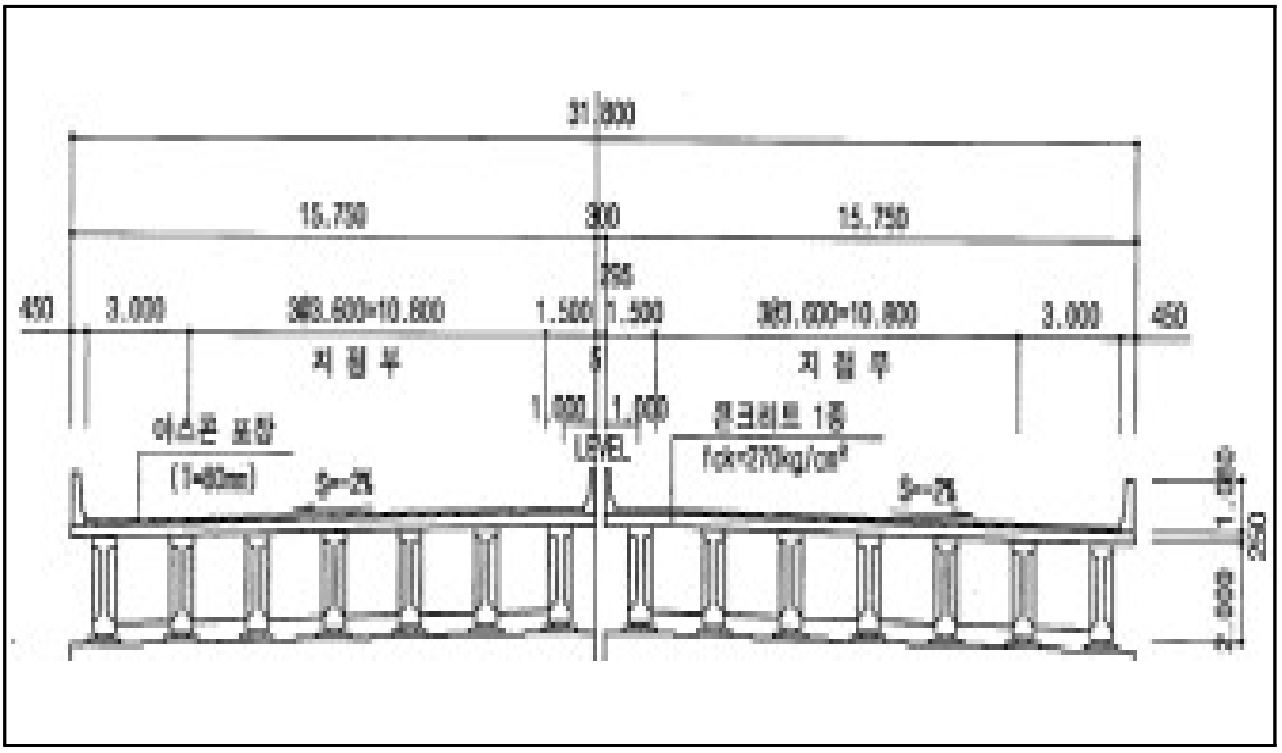
강도설계법에 의한 바닥판의 단면검토 결과, 휨강도에 대한 계수모멘트의 최소 안전율이 1.310로 산정되어 바닥판은 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 5.47】바닥판의 단면검토 결과(부산)

구 분	M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	안전율 (ΦMn/Mu)	검토 결과
우측 캔틸레버부	47.633	62.434	1.311	O.K
좌측 캔틸레버부	48.032	62.434	1.300	O.K
중앙부	52.673	69.327	1.316	O.K

3) 거더 구조검토

(1) 해석단면



【그림 5.35】 해석단면(부산)

(2) 중앙부 단면력 산정

① 고정하중

- $w_{slab} = 0.080 \times 23.000 \times 0.250 = 8.090\,kN/m$
- $R_{bd} = 8.090 \times 1.640 \times 2 \times \frac{1}{2} = 10.879\,kN$

② 활하중

- 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 1.54} = 0.333 > 0.300 \qquad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

③ 하중조합

- $V_u = 1.30 \times (10.879 + 13.275 + 1.640) + 2.15 \times 149.760 = 364.43$
- $M_u = 1.30 \times 10.879 \times 1.640/4 + 1.30 \times 13.275 \times 1.640^2/8$

$$+ 2.15 \times 149.760 \times 1.640/4 = 143.61$$

(3) 지점부 단면력 산정

① 고정하중

- $w_{slab} = 0.080 \times 23.000 \times 0.250 = 8.090 kN/m$
- $R_{bd} = 8.090 \times 1.345 \times 1{,}000 \times \frac{1}{2} = 5.44 kN$

② 활하중

- 충격계수

$$i = \frac{15}{40 + L} = \frac{15}{40 + 1.54} = 0.333 > 0.300 \qquad \therefore i = 0.300 \text{ 적용}$$

③ 하중조합

- $V_u = 1.30 \times (5.440 + 7.000 + 1.640) + 2.15 \times 144.768 = 333.25$
- $M_u = 1.30 \times 5.440 \times 1.640/4 + 1.30 \times 7.000 \times 1.640^2/8$

$$+ 2.15 \times 144.768 \times 1.640/4 = 133.57$$

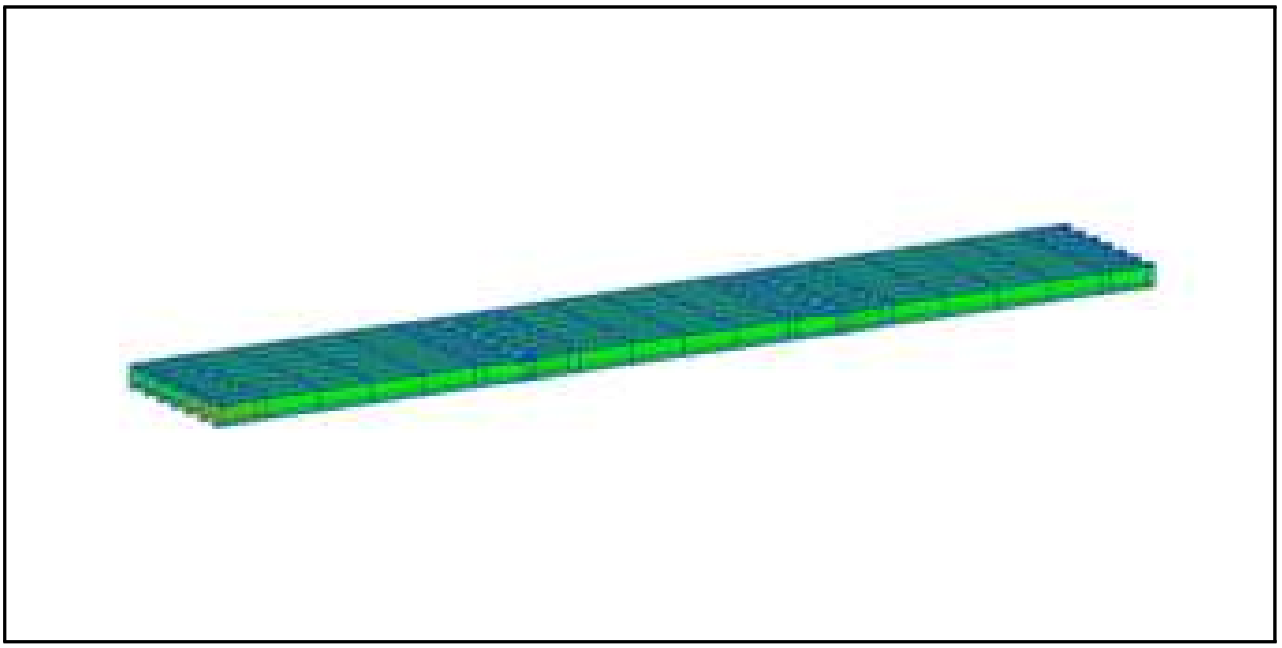
(4) 모델링 및 단면제정수

① 모델링

해석모델은 3차원 격자모델을 적용하였으며, 보요소로 이상화된 각 구조요소의 연결은 부재편심(Offset)이 반영되도록 하였다. 또한 시공단계별로 대상교량의 실제 강성과 최대한 근접할 수 있도록 모델링하였으며, 기타 세부내용은 다음과 같다.

- 합성전 모델링시 바닥판은 단면의 강성에 기여하는 바 없이 고정하중만을 추가시키는 역할만을 함으로 바닥판에 의한 횡분배 효과는 고려하지 않았다. 활하중은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용하였으며 도로교 설계기준을 참조하여 가장 불리한 하중조합이 되도록 설정하였다.

- 경계조건은 각 지점의 가동, 고정상태를 고려하여 설정하였다.



【그림 5.36】 해석모델링(부산)

② 부재력 집계

【표 5.48】 시점경간 중앙부(부산)

작용하중	구 분	내측거더	외측거더
합성전 자중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	1,422.590	1,405.740
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.110	0.120
	전단력 (kN)	-33.740	-34.200
합성후 바닥판에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	906.980	903.610
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.040	0.040
	전단력 (kN)	-31.740	-28.920
합성후 고정하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	316.210	306.360
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.100	0.080
	전단력 (kN)	-9.200	-15.810
프리스트레스에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-2,964.420	-2,964.420
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.000	0.000
	전단력 (kN)	72.980	72.980
활하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	914.700	939.960
	비틀림모멘트 (kN・m)	5.110	4.890
	전단력 (kN)	-248.380	-47.770

【표 5.49】 시점 지점부(부산)

작용하중	구 분	내측거더	외측거더
합성전 자중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-1,773.710	-1,724.530
	비틀림모멘트 (kN・m)	-1.610	-1.980
	전단력 (kN)	390.400	379.400
합성후 바닥판에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-1,134.830	-1,117.180
	비틀림모멘트 (kN・m)	-0.540	-0.650
	전단력 (kN)	242.260	236.280
합성후 고정하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-386.330	-407.050
	비틀림모멘트 (kN・m)	-0.660	-0.290
	전단력 (kN)	82.160	92.600
프리스트레스에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	1,774.440	1,774.440
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.000	0.000
	전단력 (kN)	94.298	94.298
활하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	-721.380	-716.040
	비틀림모멘트 (kN・m)	-28.530	-27.230
	전단력 (kN)	345.150	160.460

【표 5.50】 내측경간 중앙부(부산)

작용하중	구 분	내측거더	외측거더
합성전 자중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	464.790	448.160
	비틀림모멘트 (kN・m)	-0.320	-0.360
	전단력 (kN)	12.700	12.170
합성후 바닥판에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	296.200	292.920
	비틀림모멘트 (kN・m)	-0.110	-0.130
	전단력 (kN)	-0.890	1.890
합성후 고정하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	98.590	103.260
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.180	0.240
	전단력 (kN)	1.350	-5.770
프리스트레스에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	106.890	106.890
	비틀림모멘트 (kN・m)	0.000	0.000
	전단력 (kN)	0.000	0.000
활하중에 의한 단면력	휨모멘트 (kN・m)	792.800	795.810
	비틀림모멘트 (kN・m)	-5.730	-5.510
	전단력 (kN)	-229.520	66.390

4) 거더 휨강도 검토

(1) 1경간 중앙부 내측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 2380.8 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 15,475.700 kN·m > Mu = 2380.8 kN·m ∴ O.K

③ 최대 P.S 강재량 검토

• 강재지수 $qp = \rho p \times fps / fck \leq 0.36 \times k1$

$= 0.049 < 0.276 \quad \Rightarrow O.K$

④ 균열모멘트 계산

• f외력 + fpe + fcr' = $0.63 \times \sqrt{fck} = 4.0$

f외력 + fpe + fcr' = 7.0 + -6.7 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

= 0.3 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

fpe : 유효 프리스트레스에 의한 응력

fcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 응력

Mcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 모멘트

∴ Mcr' = (4 + -0.3) × 0.31957 = 1,183 kN.m

∴ Mcr = 1,423 + -2,964 + 907 + 316 + 915 + 1,183 = 1,779 kN·m

1.2 × Mcr = 2,134 < ΦMn = 15,475.700 kN·m ∴ O.K

(2) 1경간 중앙부 외측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 3,648.900 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 15,403.900 kN·m > Mu = 3,648.900 kN·m ∴ O.K

③ 최대 P.S 강재량 검토

• 강재지수 $qp = \rho p \times fps / fck \leq 0.36 \times k1$

$= 0.053 < 0.276 \quad \Rightarrow O.K$

④ 균열모멘트 계산

• f외력 + fpe + fcr' = $0.63 \times \sqrt{fck} = 4.0$

f외력 + fpe + fcr' = 7.1 + -6.7 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

= 0.3 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

fpe : 유효 프리스트레스에 의한 응력

fcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 응력

Mcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 모멘트

∴ Mcr' = (4 + -0.3) × 0.31957 = 1,170 kN.m

∴ Mcr = 1,406 + -2,964 + 904 + 306 + 940 + 1,170 = 1,761.350 kN·m

1.2 × Mcr = 2,114.000 < ΦMn = 15,403.900 kN·m ∴ O.K

(3) 2경간 중앙부 내측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 2,960.900 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 15,475.700 kN·m > Mu = 2,960.900 kN·m ∴ O.K

③ 최대 P.S 강재량 검토

• 강재지수 $qp = \rho p \times fps / fck \leq 0.36 \times k1$

$= 0.049 < 0.276 \quad \Rightarrow O.K$

④ 균열모멘트 계산

• f외력 + fpe + fcr' = $0.63 \times \sqrt{fck} = 4.0$

f외력 + fpe + fcr' = 7.0 + -6.7 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

= 0.2 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

fpe : 유효 프리스트레스에 의한 응력

fcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 응력

Mcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 모멘트

∴ Mcr' = (4 + -0.2) × 0.31957 = 1,196 kN.m

∴ Mcr = 448 + 107 + 293 + 103 + 796 + 1,196 = 2,943 kN·m

1.2 × Mcr = 3,532.000 < ΦMn = 15,475.7 kN·m ∴ O.K

(4) 2경간 중앙부 외측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 2,947.600 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 15,403.900 kN·m > Mu = 2,947.600 kN·m ∴ O.K

③ 최대 P.S 강재량 검토

• 강재지수 $qp = \rho p \times fps / fck \leq 0.36 \times k1$

$= 0.053 < 0.276 \quad \Rightarrow O.K$

④ 균열모멘트 계산

• f외력 + fpe + fcr' = $0.63 \times \sqrt{fck} = 4.0$

f외력 + fpe + fcr' = 6.9 + -6.7 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

= 0.2 + Mcr' / 0.31957 = 4.0

fpe : 유효 프리스트레스에 의한 응력

fcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 응력

Mcr' : 균열이 발생하기 위한 추가적인 모멘트

∴ Mcr' = (4 + -0.2) × 0.31957 = 1,214 kN.m

∴ Mcr = 448 + 107 + 293 + 103 + 796 + 1,214 = 2,960.61 kN·m

1.2 × Mcr = 2,960.610 < ΦMn = 15,403.900 kN·m ∴ O.K

(5) 지점부 내측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 3,527.500 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 3,599.000 kN·m > Mu = 3,527.500 kN·m ∴ O.K

(6) 지점부 외측거더 검토

① 극한 모멘트

• DB, DL 재하

M_u = 1.3MD + 2.15ML = 3,456.100 kN·m

② 극한저항 모멘트

• ΦMn = 0.85Mn = 3,599.000 kN·m > Mu = 3,456.100 kN·m ∴ O.K

【표 5.51】 거더의 단면검토 결과(부산)

구 분	M_u (kN·m)	ΦM_n (kN·m)	안전율 (ΦMn/Mu)	검토 결과
1경간 중앙 내측거더	2380.8	15,747.7	6.614	O.K
1경간 중앙 외측거더	3648.9	15403.9	4.221	O.K
2경간 중앙 내측거더	2960.9	15475.7	5.227	O.K
2경간 중앙 외측거더	2947.6	15403.9	5.226	O.K
지점부 내측거더	3527.5	3599	1.020	O.K
지점부 외측거더	3456.1	3599	1.041	O.K

5) 교량받침 용량검토

【표 5.52】 교량받침 용량검토(부산)

구 분		합성전 고정하중 (kN)	합성후 고정하중 (kN)	활하중(kN)	합 계(kN)	받침 용량 (kN)	검토 결과
P19	SH1	453.8	107.7	138.4	699.9	1,350	O.K
	SH2	478.1	69.9	370.0	918.0	1,350	O.K
	SH3	478.2	64.9	142.7	685.8	1,350	O.K
	SH4	480.0	59.7	359.0	898.6	1,350	O.K
	SH5	478.2	57.5	142.7	678.4	1,350	O.K
	SH6	478.1	57.4	370.0	905.5	1,350	O.K
	SH7	453.8	65.5	138.4	657.8	1,350	O.K

주) 반력 발생방향이 하향을 정(+), 상향을 부(-)로 표기함.

【표 5.52】교량받침 용량검토(부산)(계속)

구 분		합성전 고정하중 (kN)	합성후 고정하중 (kN)	활하중(kN)	합 계(kN)	받침 용량 (kN)	검토 결과
P20	SH1	617.9	145.5	118.3	881.6	1,350	O.K
	SH2	682.0	98.4	227.8	1,008.2	1,350	O.K
	SH3	683.2	84.5	127.6	895.4	1,350	O.K
	SH4	685.7	77.1	222.8	985.6	1,350	O.K
	SH5	683.2	75.0	127.6	885.8	1,350	O.K
	SH6	682.0	77.0	227.8	986.8	1,350	O.K
	SH7	617.9	91.5	118.3	827.6	1,350	O.K
	SH1	617.9	145.5	118.3	881.6	1,350	O.K
	SH2	682.0	98.4	227.8	1,008.2	1,350	O.K
	SH3	683.2	84.5	127.6	895.4	1,350	O.K
	SH4	685.7	77.1	222.8	985.6	1,350	O.K
	SH5	683.2	75.0	127.6	885.8	1,350	O.K
	SH6	682.0	77.0	227.8	986.8	1,350	O.K
	SH7	617.9	91.5	118.3	827.6	1,350	O.K
P21	SH1	617.9	145.5	118.3	881.6	1,350	O.K
	SH2	682.0	98.4	227.8	1,008.2	1,350	O.K
	SH3	683.2	84.5	127.6	895.4	1,350	O.K
	SH4	685.7	77.1	222.8	985.6	1,350	O.K
	SH5	683.2	75.0	127.6	885.8	1,350	O.K
	SH6	682.0	77.0	227.8	986.8	1,350	O.K
	SH7	617.9	91.5	118.3	827.6	1,350	O.K
	SH1	617.9	145.5	118.3	881.6	1,350	O.K
	SH2	682.0	98.4	227.8	1,008.2	1,350	O.K
	SH3	683.2	84.5	127.6	895.4	1,350	O.K
	SH4	685.7	77.1	222.8	985.6	1,350	O.K
	SH5	683.2	75.0	127.6	885.8	1,350	O.K
	SH6	682.0	77.0	227.8	986.8	1,350	O.K
	SH7	617.9	91.5	118.3	827.6	1,350	O.K
A2	SH1	453.8	107.7	138.4	699.9	1,350	O.K
	SH2	478.1	69.9	370.0	918.0	1,350	O.K
	SH3	478.2	64.9	142.7	685.8	1,350	O.K
	SH4	480.0	59.7	359.0	898.6	1,350	O.K
	SH5	478.2	57.5	142.7	678.4	1,350	O.K
	SH6	478.1	57.4	370.0	905.5	1,350	O.K
	SH7	453.8	65.6	138.4	657.8	1,350	O.K

주) 반력 발생방향이 하향을 정(+), 상향을 부(-)로 표기함.

5.3. 내하력 평가

5.3.1 개 요

본 교량의 내하력평가는 주요 구조부재의 정밀 외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험 결과를 토대로 콘크리트 부재인 바닥판은 강도설계법으로, 강재 부재인 강박스거더는 허용응력법에 의하여 기본 내하력을 평가하였다.

가. 허용응력법에 의한 내하력평가

- 내하율(RF) $= \dfrac{f_a - f_d}{f_\ell\ (1+i)}$
- 기본 내하력(P) $= RF \times P_r$

여기서, f_a : 실측 허용응력
f_d : 실측 고정하중에 의한 응력
f_ℓ : 설계 활하중에 의한 응력
i : 이론 충격계수
P_r : 설계 활하중(DB, DL하중)
P : 기본 내하력

나. 강도설계법에 의한 내하력평가

- 내하율(RF) $= \dfrac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_\ell\ M_\ell\ \ (1+i)}$
- 기본 내하력(P) $= RF \times P_r$

여기서, ϕ : 실측 허용응력
M_n : 극한 저항모멘트
M_d : 실측 고정하중에 의한 모멘트
M_ℓ : 설계 활하중에 의한 모멘트
i : 이론 충격계수
γ_d : 고정하중 계수(1.30)
γ_ℓ : 활하중 계수(2.15)
P_r : 설계 활하중(DB, DL하중)
P : 기본 내하력

5.3.2 내하력평가 결과(울산)

① 거더

【표 5.53】 강도설계법에 의한 거더의 내하력평가 결과(울산)

구 분		설계모멘트 (kN-m)	고정하중모멘트 (kN-m)	활하중모멘트 (kN-m)	내하율	기본내하력
시점경간 중앙 정모멘트부	내측	15,475.682	2,645.780	914.700	8.080	DB-24 이상
	외측	15,403.855	2,615.710	939.960	7.847	
내측경간 중앙 정모멘트부	내측	15,475.682	844.340	795.810	8.322	DB-24 이상
	외측	15,403.855	844.340	795.810	8.280	
시점 지점부 부모멘트부	내측	-3,599.490	-3,294.870	-721.380	1.046	DB-24 이상
	외측	-3,599.490	-3,248.760	-716.040	1.093	

② 바닥판

【표 5.54】 강도설계법에 의한 바닥판의 내하력평가 결과(울산)

구 분	설계모멘트 (kN-m)	고정하중모멘트 (kN-m)	활하중모멘트 (kN-m)	내하율	기본내하력
캔틸레버부 (우측)	62.434	1.696	11.649	2.405	DB-24 이상
캔틸레버부 (좌측)	62.434	1.041	12.581	2.258	DB-24 이상
연속부	69.327	2.176	23.296	1.328	DB-24 이상

회야대교의 거더 및 바닥판에 대한 기본내하력 평가 결과, 기본내하율이 모두 1.0 이상으로 검토되어 설계활하중(DB-24, DL-24)에 대하여 기본내하력을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

5.3.3 내하력평가 결과(부산)

① 거더

【표 5.55】강도설계법에 의한 거더의 내하력평가 결과(부산)

구 분		설계모멘트 (kN-m)	고정하중모멘트 (kN-m)	활하중모멘트 (kN-m)	내하율	기본내하력
시점경간 중앙 정모멘트부	내측	15,475.682	2,645.780	914.700	8.080	DB-24 이상
	외측	15,403.855	2,615.710	939.960	7.847	
내측경간 중앙 정모멘트부	내측	15,475.682	844.340	795.810	8.322	DB-24 이상
	외측	15,403.855	844.340	795.810	8.280	
시점 지점부 부모멘트부	내측	-3,599.490	-3,294.870	-721.380	1.046	DB-24 이상
	외측	-3,599.490	-3,248.760	-716.040	1.093	

② 바닥판

【표 5.56】강도설계법에 의한 바닥판의 내하력평가 결과(부산)

구 분	설계모멘트 (kN-m)	고정하중모멘트 (kN-m)	활하중모멘트 (kN-m)	내하율	기본내하력
캔틸레버부 (우측)	62.434	1.696	11.649	2.405	DB-24 이상
캔틸레버부 (좌측)	62.434	1.041	12.581	2.258	DB-24 이상
연속부	69.327	2.176	23.296	1.328	DB-24 이상

회야대교의 거더 및 바닥판에 대한 기본내하력 평가 결과, 기본내하율이 모두 1.0 이상으로 검토되어 설계활하중(DB-24, DL-24)에 대하여 기본내하력을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

5.4 하부구조 안전성평가

5.4.1 희야대교(울산) 교대(A1) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : 역T형 교대

② 상부구조형식 : PSC BOX

③ 교량등급 : 1등교

④ 교대 총폭 : 16.255m

⑤ 교대 총높이 : 9.361m

⑥ 기초형식 : 직접기초

⑦ SKEW : 90.000°

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000\,\mathrm{kN/m^3}$

② 뒷채움재의 단위중량 : $\gamma_{s1} = 20.000\,\mathrm{kN/m^3}$(토사)

③ 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000\,\mathrm{kN/m^3}$

④ 과재하중 : $q_1 = 10.000\,\mathrm{kN/m}$

⑤ 상부 고정하중 반력 : $R_d = 489.809\mathrm{kN/m}$

⑥ 상부 활하중 반력 : $R_l = 85.099\mathrm{kN/m}$

⑦ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.000$

3) 지반조건

① 뒷채움재의 내부마찰각 : $\Phi_1 = 35.000^\circ$

② 기초지반의 N치 : N = 50.000

③ 기초지반의 내부마찰각 : $\Phi_2 = 42.386^\circ$ $(\Phi_2 = 15 + \sqrt{15\mathrm{N}})$

④ 기초지반의 점착력 : $c = 0.000\,\mathrm{kN/m^2}$

4) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,636MPa

② 철근(SD300)

㉠ 항복강도(f_y) : 300MPa

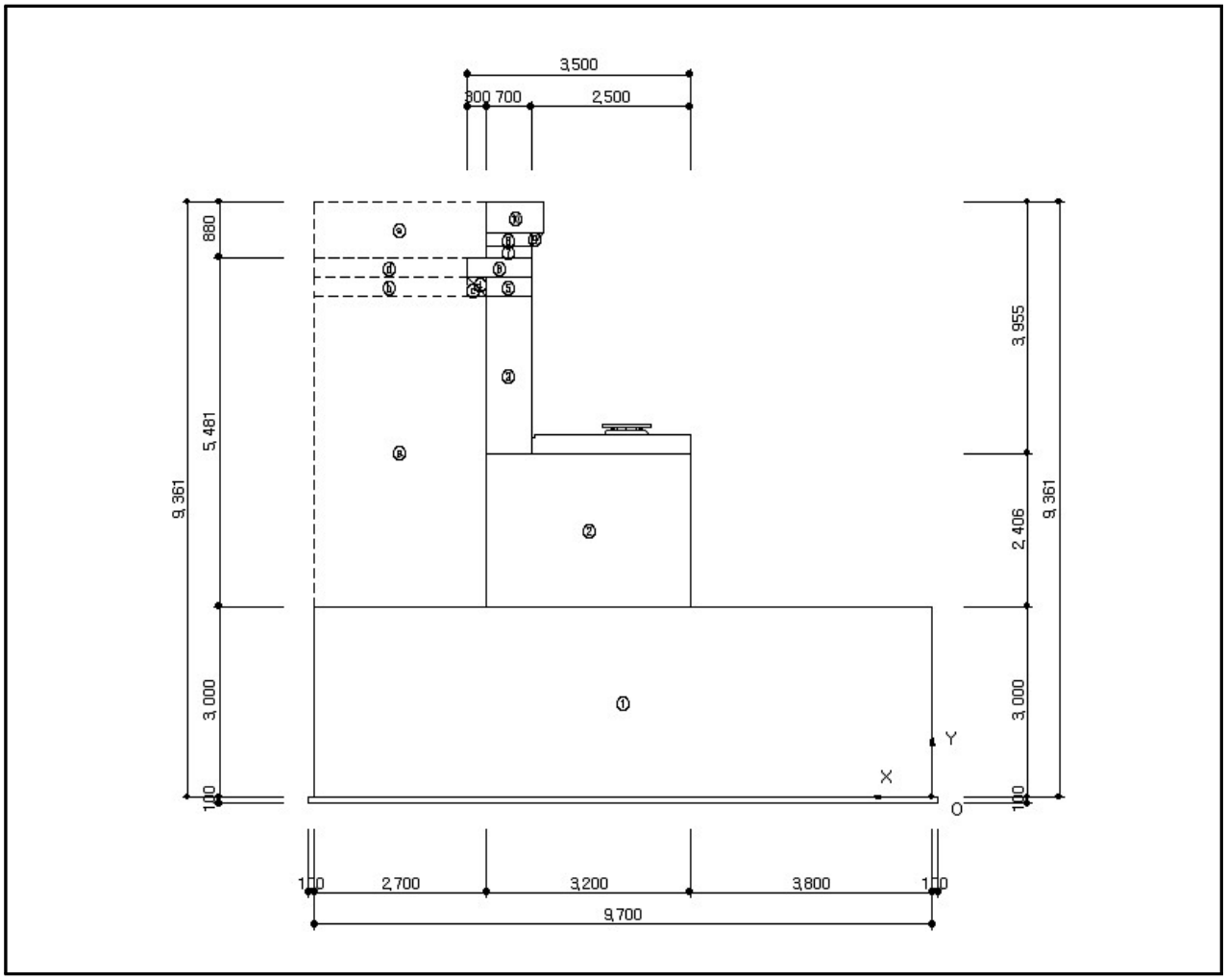
㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

5) 검토방법

① 안정성검토 : 허용응력설계법

② 단면검토 : 극한강도설계법

나. 해석단면



【그림 5.37】 해석단면(A1)(울산)

다. 하중산정

1) 교량받침

구 분	상부반력(kN)		계
	1	2	
고정하중	3980.920	3980.920	7961.840
활하중	691.640	691.640	1383.280

2) 자중(원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정

구 분	번 호	체적(A_i) (m^3)	단위중량(γ) (kN/m^3)	수직력(V_i) (kN)	수평력(H_i) (kN)
교대구체	①	9.700 × 3.000 = 29.10	25.000	727.500	56.017
	②	3.200 × 2.406 = 7.699	25.000	192.478	14.821
	③	0.700 × 2.475 = 1.732	25.000	43.304	3.334
	④	0.300 × 0.300 × 1/2 = 0.045	25.000	1.125	0.087
	⑤	0.700 × 0.300 = 0.210	25.000	5.250	0.404
	⑥	1.000 × 0.300 = 0.300	25.000	7.500	0.578
	⑦	0.700 × 0.180 = 0.126	25.000	3.150	0.243
	⑧	0.700 × 0.200 = 0.140	25.000	3.500	0.270
	⑨	0.200 × 0.200 × 1/2 = 0.020	25.000	0.500	0.038
	⑩	0.900 × 0.500 = 0.450	25.000	11.250	0.866
	소계	= 39.822		995.558	76.658
뒷채움재	ⓐ	2.700 × 4.880 = 13.18	20.000	263.547	20.293
	ⓑ	2.400 × 0.300 = 0.720	20.000	14.400	1.109
	ⓒ	0.300 × 0.300 × 1/2 = 0.045	20.000	0.900	0.069
	ⓓ	2.400 × 0.300 = 0.720	20.000	14.400	1.109
	ⓔ	2.700 × 0.880 = 2.376	20.000	47.520	3.659
	소계	= 17.04		340.767	26.239
총 계				1336.325	102.897

② 모멘트 산정

구 분	번 호	팔길이		모멘트	
		수평	수직	M_{xi}	M_{Yi}
		X_i(m)	Y_i(m)	kN·m	kN·m
교대 구체	①	4.850	1.500	3528.375	84.026
	②	5.400	4.203	1039.383	62.292
	③	6.650	6.643	287.972	22.151
	④	7.100	8.081	7.987	0.700
	⑤	6.650	8.030	34.913	3.246
	⑥	6.800	8.331	51.000	4.811
	⑦	6.650	8.570	20.948	2.079
	⑧	6.650	8.761	23.275	2.361
	⑨	6.233	8.794	3.117	0.339
	⑩	6.550	9.111	73.688	7.892
	소 계			5070.657	189.897
뒷채움재	ⓐ	8.350	5.440	2200.617	110.400
	ⓑ	8.500	8.030	122.400	8.904
	ⓒ	7.200	7.981	6.480	0.553
	ⓓ	8.500	8.331	122.400	9.237
	ⓔ	8.350	8.921	396.792	32.640
	소 계			2848.689	161.734
총 계				7919.347	351.631

③ 합력의 작용위치 산정

㉠ 교대구체

· X = 5070.657 / 995.558 = 5.093m

· Y = 189.897 / 76.658 = 2.477m

㉡ 뒷채움재

· X = 2848.689 / 340.767 = 8.360m

· Y = 161.734 / 26.239 = 6.164m

3) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

㉠ 평상시 주동토압계수(Rankine) : 안정검토시 적용

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}$$

㉡ 평상시 주동토압계수(Coulomb) : 단면검토시 적용

$$K_a = \frac{\cos^2(\Phi-\beta)}{\cos^2\beta \times \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\times\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)\times\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

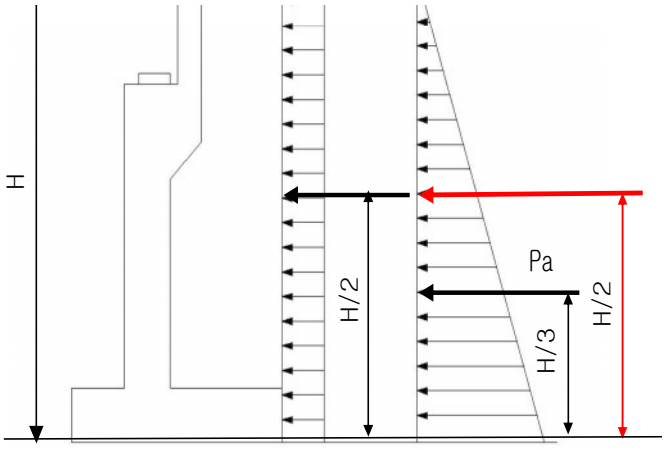
Φ = 뒷채움재의 내부마찰각(도)

α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)

β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)

δ = 벽배면과 뒷채움재 사이의 벽면마찰각(도)

구 분	안정검토	단면검토
Φ	35.000	35.000
α	0.000	0.000
β	0.000	0.000
δ	0.000	11.667
K_a	0.271	0.251



② 안정검토시 토압(H=9.361m)

· $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta)$

$= 1/2 \times 0.271 \times 20.000 \times 9.361^2 \times \cos(0.000)$

$= 237.447\,kN$

· $Y = H/3 = 3.120m$: 작용중심높이

③ 단면검토시 토압(H=6.361m)

· $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta + \beta)$

$= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 6.361^2 \times \cos(11.667 + 0.000)$

$= 99.447kN$

· $Y = H/3 = 2.120m$: 작용중심높이

4) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중

- 고정하중 반력

· $R_d = 7961.840 \div 16.255 = 489.809\,kN/m$

- 활하중 반력

· $R_l = 1383.280 \div 16.255 = 85.099kN/m$

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력

· $P_h = R_d \times \mu s \times \sin\theta$

$= 489.809 \times 0.000 \times \sin 90.0$

$= 0.000\,kN/m$

5) 뒷채움 지표면의 상재하중

① 상재하중에 의한 수직력

· $P_1 = 10.0000 \times 2.700 = 27.000\,kN$

② 상재하중에 의한 수평력

- 안정검토시 수평토압(H=9.361m)

· $P_{a1} = K_a \times q_l \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.271 \times 10.000 \times 9.361 \times \cos 0.000$

$= 25.367\text{kN}$

· $y = H/2 = 4.680\text{m}$: 작용중심높이

- 단면검토시 수평토압(H=6.361m)

· $P_{a2} = K_a \times q_l \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.251 \times 10.000 \times 6.361 \times \cos 11.667$

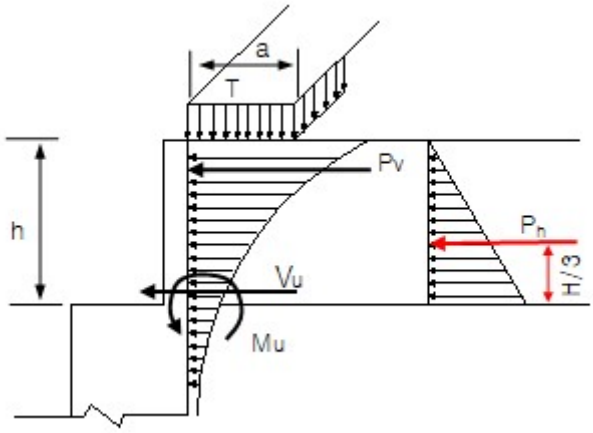
$= 15.636\text{kN}$

· $y = H/2 = 3.180\text{m}$: 작용중심높이

라. 각 부재별 단면검토

1) 각 부재별 단면력 산정

① 흉벽



· 윤하중에 의한 부재력

$P_v = 114.60 \times K_a$

$= 114.60 \times 0.251 = 28.765\text{kN}$

$M_p = 114.60 \times K_a \times (H - 0.36)$

$= 114.60 \times 0.251 \times (3.955 - 0.36) = 103.395\text{kN·m}$

· 토압에 의한 부재력

$P_h = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos\delta$

$= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 3.955^2 \times \cos 11.667 = 38.441\,kN$

$M_e = 1/3 \times H \times P_h$

$= 1/3 \times 3.955 \times 38.441 = 50.672\,kN\cdot m$

· 설계 단면력 산정

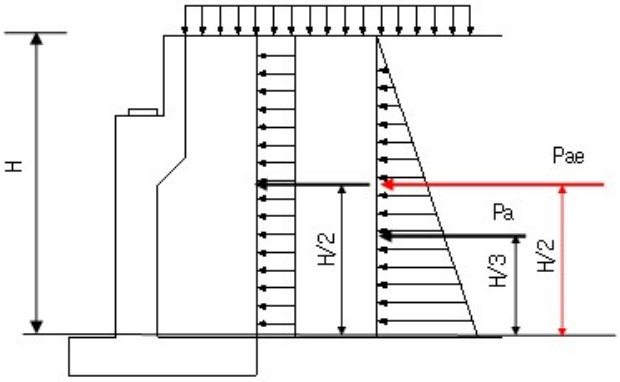
$V_u = 1.70 \times P_V + 1.70 \times P_h$

$= 1.70 \times 28.765 + 1.70 \times 38.441 = 114.250\,kN$

$M_u = 1.70 \times M_p + 1.70 \times M_e$

$= 1.70 \times 103.395 + 1.70 \times 50.672 = 261.914\,kN\cdot m$

② 벽체



㉠ 작용하중 집계

구 분	수평력(kN)	작용거리(m)	하중계수	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
① 배면토압	99.447	2.120	1.700	169.060	358.435
② 뒷채움 상재하중	15.635	3.180	1.700	26.579	84.529
③ 교량받침 마찰력	-	2.806	1.300	-	-

㉡ 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	비 고
설계 단면력(H=6.361m)	195.639	442.964	

2) 각 부재별 단면검토

【표 5.57】각 부재별 단면검토 결과(A1)(울산)

구 분	H (mm)	필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	휨에 대한 검토			전단에 대한 검토		
				M_u (kN·m)	ΦM_n (kN)	안전율	V_u (kN·m)	ΦV_C (kN)	안전율
전면저판	3000	1422.850	D32@125	1048.399	4622.797	O.K (4.409)	569.842	1894.272	O.K (3.324)
후면저판	3000	368.987	D32@125	272.611	4622.797	O.K (16.96)	196.288	1894.272	O.K (9.650)
벽체	3200	567.420	D25,D29@250	447.942	3593.841	O.K (8.023)	195.639	2024.912	O.K (10.350)
흉벽	700	1690.530	D22@125	261.914	471.623	O.K (1.801)	114.250	404.982	O.K (3.545)

※ $f_{ck} = 24\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.80$

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

3) 각 부재별 사용성(균열) 검토

【표 5.58】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(A1)(울산)

구 분	인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	최외단 철근 평균간격(s) (㎜)	최외단 철근 최대중심간격(s_q) (㎜)	비고
전면저판	39.245	150	125	1605.298	O.K
후면저판	7.678	150	125	8205.32	O.K
벽체	19.200	150	125	3281.308	O.K
흉벽	87.396	150	125	720.859	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

5.4.2 회야대교(울산) 교각(P10) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : 문형 교각

② 상부구조형식 : PSC BOX

③ 교량등급 : 1등교

④ 기초형식 : 직접기초

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.0 kN/m^3$

② 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.0 kN/m^3$

③ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.15$

3) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa(코핑부, 기둥, 기초)

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,636MPa(코핑부, 기둥, 기초)

② 철근(SD300)

㉠ 항복강도(f_y) : 300MPa(코핑부, 기둥, 기초)

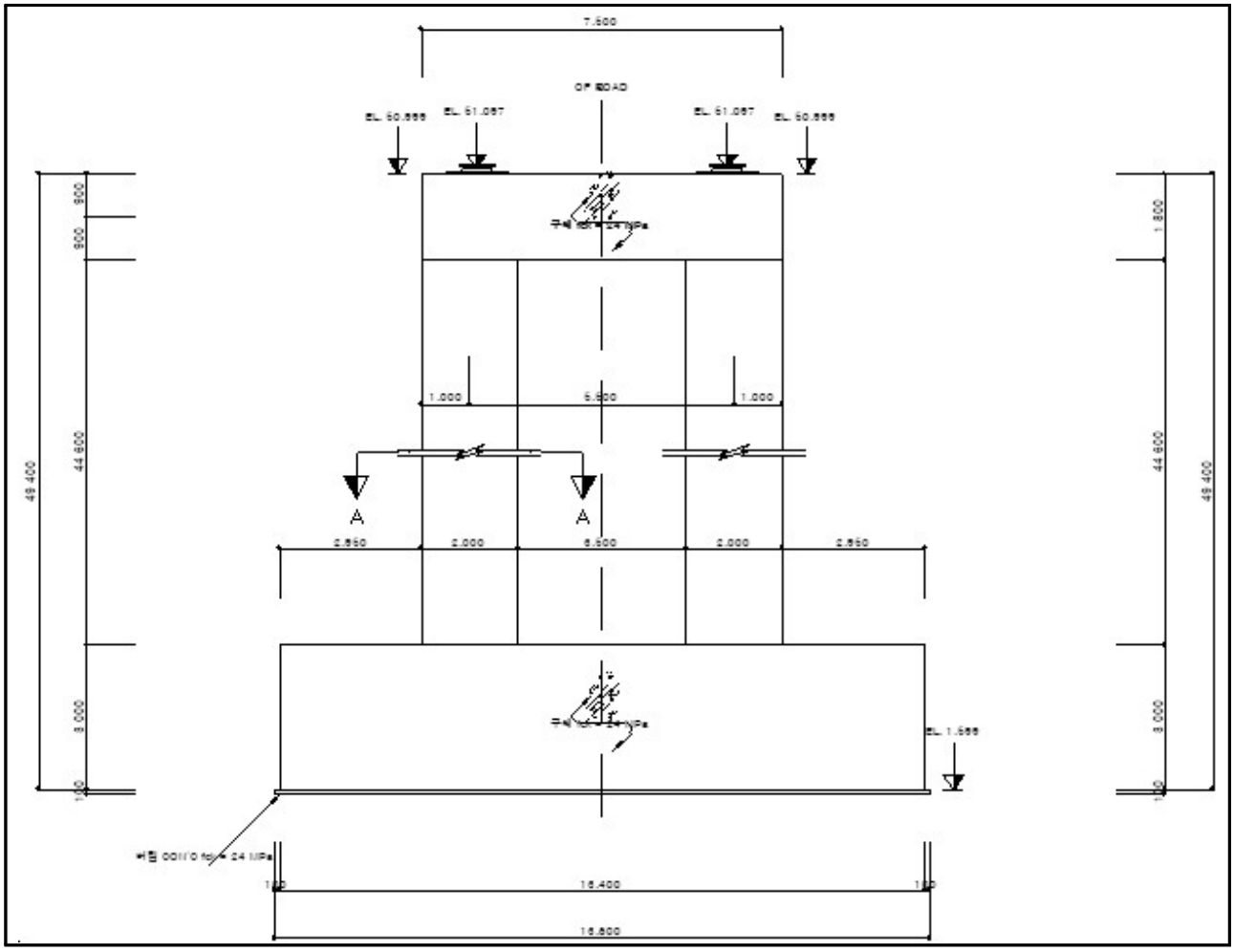
㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

4) 검토방법

① 안정성검토 : 허용응력 설계법

② 단면검토 : 극한강도 설계법

나. 해석단면



【그림 5.38】 해석단면(P10)(울산)

다. 하중산정

1) 상부반력 및 교각 자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측 편재하시(L2)	우측 편재하시(L3)
1	10300.390	1574.720	-	-
2	10300.390	1574.720	-	-
계	20600.780	3149.440	-	-

※ 교각 자중은 25.0kN/m^3의 값을 프로그램에서 자동 재하

2) 풍하중

① 교축직각방향(W-TR)

㉠ 상부구조에 작용하는 풍하중

· B/D = 15.750 / 4.468 = 3.525 [1 ≤ B/D < 8]

· W = [4.0 − 0.2 × (15.750 / 4.468)] ×4.468 = 14.722kN/m ≥ 6.0이므로

= 14.722kN/m

· P_{w1} = 14.722 × (50.000 + 50.000) / 2 × sin90.0

= 736.100kN

· 작용위치 h = 4.468/ 2 + 0.400 +0.500 = 3.084m

· 작용모멘트 $M_{w1} = P_{w1} \times h$ = 736.100 ×3.084 = 2270.132kN·m

㉡ 하부구조에 작용하는 풍하중

· W′copping = 3.000 × 1.800 × 4.200 = 22.680kN

· W′ column = 3.000 × 4.200 = 22.680kN/m(풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

② 교축방향(W-LO)

㉠ 하부구조에 작용하는 풍하중

· W′copping = 40.500kN(Copping 높이에 따라 재하)

· W′ column = 3.000 ×2.000 = 6.000kN/m

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

3) 활하중에 작용하는 풍하중

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000N/m의 풍하중이 재하되는 것으로 한다.

· P_h = 1.500 × (50.000 + 50.000) / 2 × sin90.0 = 75.000kN

· 작용위치 h = 4.141 + 1.500 +0.500 = 6.091m

· 작용모멘트 $M_y = P_{w2} \times h$ = 75.000 ×6.091 = 456.791kN·m

4) 온도하중

㉠ 교축직각방향(G-TR)

· 연평균 온도변화차 ΔT = 10℃ 적용

㉡ 교축방향(G-LO)

· 고정단이므로 교량받침 마찰력에 의한 수평력은 고려하지 않는다.

: 일반적으로 고정단에서도 교량받침의 마찰력보다는 지진시의 상부구조에 의한 수평력이 크기 때문에 지진시의 수평력을 고려한다.

라. 하중조합

1) 사용하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
SVB01	1.00	1.00							1.00
SVB02	1.00		1.00						1.00
SVB03	1.00			1.00					1.00
SVB04	1.00				1.00				1.00
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00			1.00
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00			1.00
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00			1.00
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00	1.00
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00	1.00
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00	1.00
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00	1.00
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00	1.00
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00	1.00
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00	1.00
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00	1.00
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB19	1.00		1.00		0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB22	1.00								1.00

※ D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

W : 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL : 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

CO : 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

G : 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

Q : 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

2) 계수하중 검토시

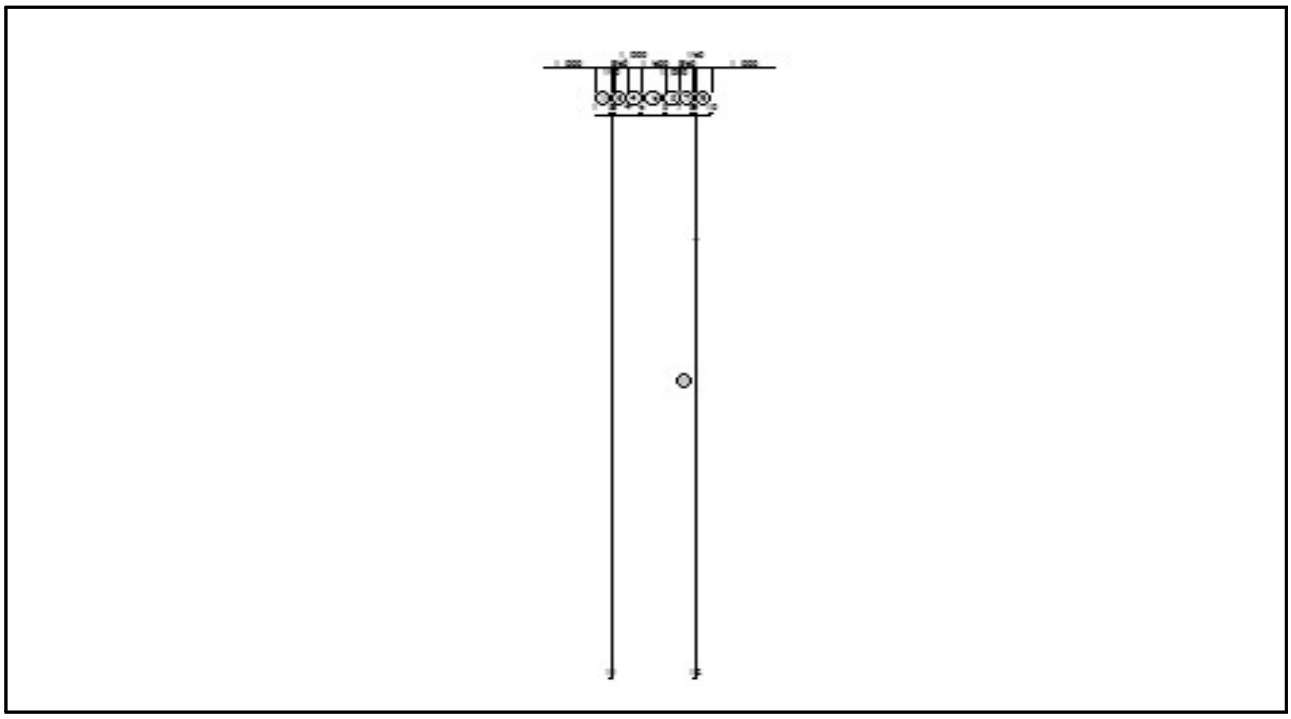
구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
ULB01	1.30	2.15							1.30
ULB02	1.30		2.15						1.30
ULB03	1.30			2.15					1.30
ULB04	1.30				1.30				1.30
ULB05	1.30	1.30			0.65	1.30			1.30
ULB06	1.30		1.30		0.65	1.30			1.30
ULB07	1.30			1.30	0.65	1.30			1.30
ULB08	1.30	1.30					1.30	1.30	1.30
ULB09	1.30	1.30					-1.30	1.30	1.30
ULB10	1.30		1.30				1.30	1.30	1.30
ULB11	1.30		1.30				-1.30	1.30	1.30
ULB12	1.30			1.30			1.30	1.30	1.30
ULB13	1.30			1.30			-1.30	1.30	1.30
ULB14	1.25				1.25		1.25	1.25	1.25
ULB15	1.25				1.25		-1.25	1.25	1.25
ULB16	1.25	1.25			0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB17	1.25	1.25			0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB18	1.25		1.25		0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB19	1.25		1.25		0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB20	1.25			1.25	0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB21	1.25			1.25	0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB22	1.00								1.00
ULB23	1.30	1.30							1.30
ULB24	1.30		1.30						1.30
ULB25	1.30			1.30					1.30
ULB26	1.20				1.20				1.20

3) 계수하중 검토시(최대편심)

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
UEB01	1.00	2.15							1.30
UEB02	1.00		2.15						1.30
UEB03	1.00			2.15					1.30
UEB04	1.00				1.30				1.30
UEB05	1.00	1.30			0.65	1.30			1.30
UEB06	1.00		1.30		0.65	1.30			1.30
UEB07	1.00			1.30	0.65	1.30			1.30
UEB08	1.00	1.30					1.30	1.30	1.30
UEB09	1.00	1.30					-1.30	1.30	1.30
UEB10	1.00		1.30				1.30	1.30	1.30
UEB11	1.00		1.30				-1.30	1.30	1.30
UEB12	1.00			1.30			1.30	1.30	1.30
UEB13	1.00			1.30			-1.30	1.30	1.30
UEB14	0.95				1.25		1.25	1.25	1.25
UEB15	0.95				1.25		-1.25	1.25	1.25
UEB16	0.95	1.25			0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB17	0.95	1.25			0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB18	0.95		1.25		0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB19	0.95		1.25		0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB20	0.95			1.25	0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB21	0.95			1.25	0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB22	1.00								1.00
UEB23	1.00	1.30							1.30
UEB24	1.00		1.30						1.30
UEB25	1.00			1.30					1.30
UEB26	0.90				1.20				1.20

마. 구조해석

1) 해석모델링



【그림 5.39】 해석모델링(P10)(울산)

2) 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z
1	0.000	45.950	5	3.000	45.950	9	6.500	45.950
2	1.000	45.950	6	4.500	45.950	10	7.500	45.950
3	1.150	45.950	7	5.500	45.950	11	1.000	0.000
4	2.000	45.950	8	6.350	45.950	12	6.500	0.000

3) 단면제정수 산정

【표 5.59】 단면제정수 산정(P10)(울산)

구 분	B(m)	H(m)	A(m^2)	I22(m^4)	I33(m^4)	적용 절점
①	4.200	1.800	7.560	3.889620	0.714420	1~10
②	2.000	4.200	8.400	8.643600	1.960000	기둥상단
③	2.000	4.200	8.400	8.643600	1.960000	기둥하단

바. 기둥 단면검토

1) 부재력 집계 : 기둥 하단

【표 5.60】 부재력 집계(P10)(울산)

구 분		P_e(kN)	P_u(kN)	M1(kN·m	M2(kN·m	V(kN)	Δ(m)	비 고
교축직각방향	ULO04	-26856.245	-32581.442	-14950.458	20281.092	-972.582	0.13872	축력최대
	ULO04	-26856.245	-21131.048	-12255.284	20943.043	-1109.631	0.13873	모멘트최대
	UEO26	-18592.785	-13307.988	-11542.053	19451.427	-1032.097	0.12806	편심최대
교축방향	ULB01	-26856.245	-30241.893	0.000	0.000	0.000	0.00000	축력최대
	ULB04	-26856.245	-26856.245	-35.539	-8967.034	374.198	0.02124	모멘트최대
	UEB26	-18592.785	-18592.785	-32.805	-8277.262	345.413	0.01961	편심최대

※ P_e : 장기지속축력(= 고정하중에 의한 축력 × 고정하중 계수)

P_u : 전체 축력 , M1 , M2 : 기둥 상단, 하단 모멘트

V_u : 전단력 , △ : 기둥 상단의 변위량

2) 기둥 단면검토

【표 5.61】 기둥 단면검토 결과(P10)(울산)

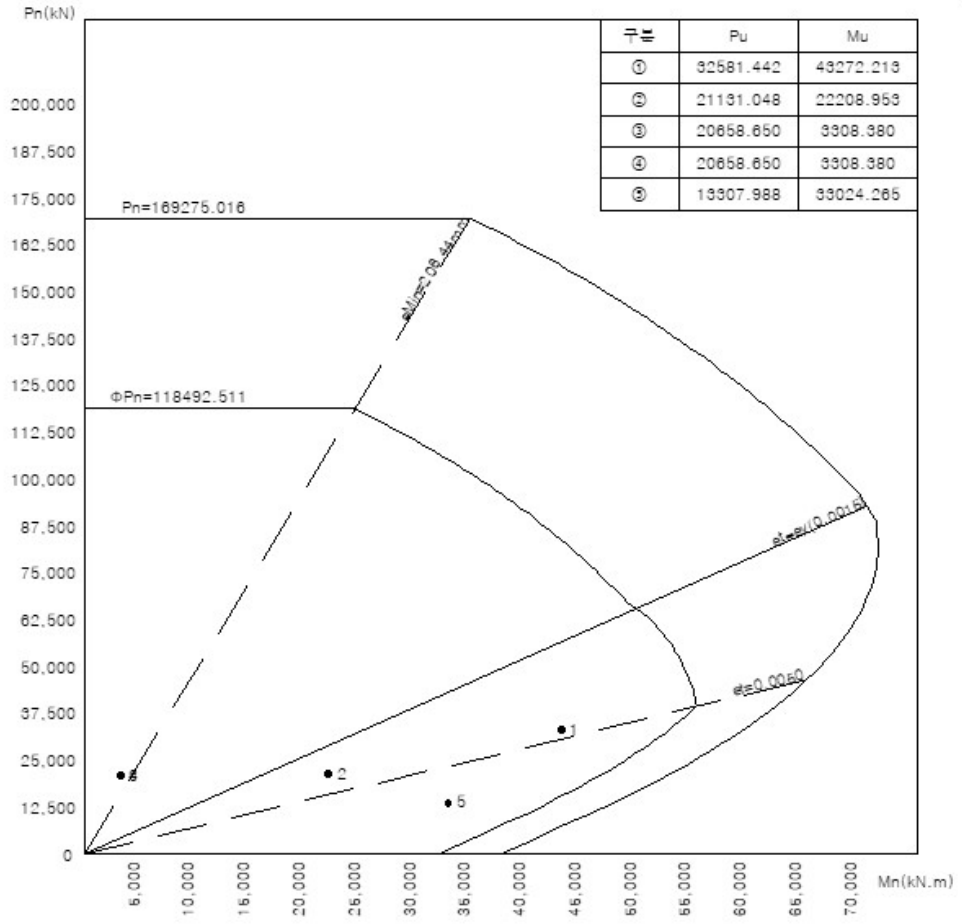
구 분		P_u(kN)	ΦP_n(kN)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	안전율	비 고
교축직각방향	축력최대	32581.442	41690.617	43272.213	55388.433	1.280	O.K
	모멘트최대	21131.048	51442.609	22208.953	54056.592	2.434	O.K
	편심최대	13307.988	18238.676	33024.265	45276.267	1.371	O.K
교축방향	축력최대	30241.893	118492.511	0.000	0.000	3.918	O.K
	모멘트최대	26856.245	118492.511	10633.638	46915.611	4.412	O.K
	편심최대	18592.785	113539.712	9284.698	56701.651	6.107	O.K
- f_{ck} = 24MPa, f_y = 300MPa, k_1 = 0.85, Φ_c = 0.70							

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

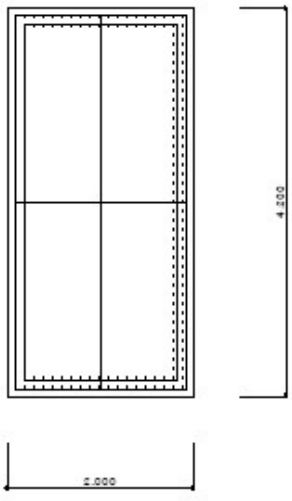
3) P-M 상관도

① 교축직각방향

교축직각방향



구분	Pu	Mu
①	32581.442	43272.216
②	21131.048	22208.953
③	20658.650	9308.380
④	20658.650	9308.380
⑤	13307.988	33024.265



▣ 단면제원

$B = 2000.000\,mm$
$H = 4200.000\,mm$
$A_g = 8400000.000\,mm^2$

▣ 사용철근

$A_{st} = 143897.600\,mm^2$

$P_{use} = 0.01713$

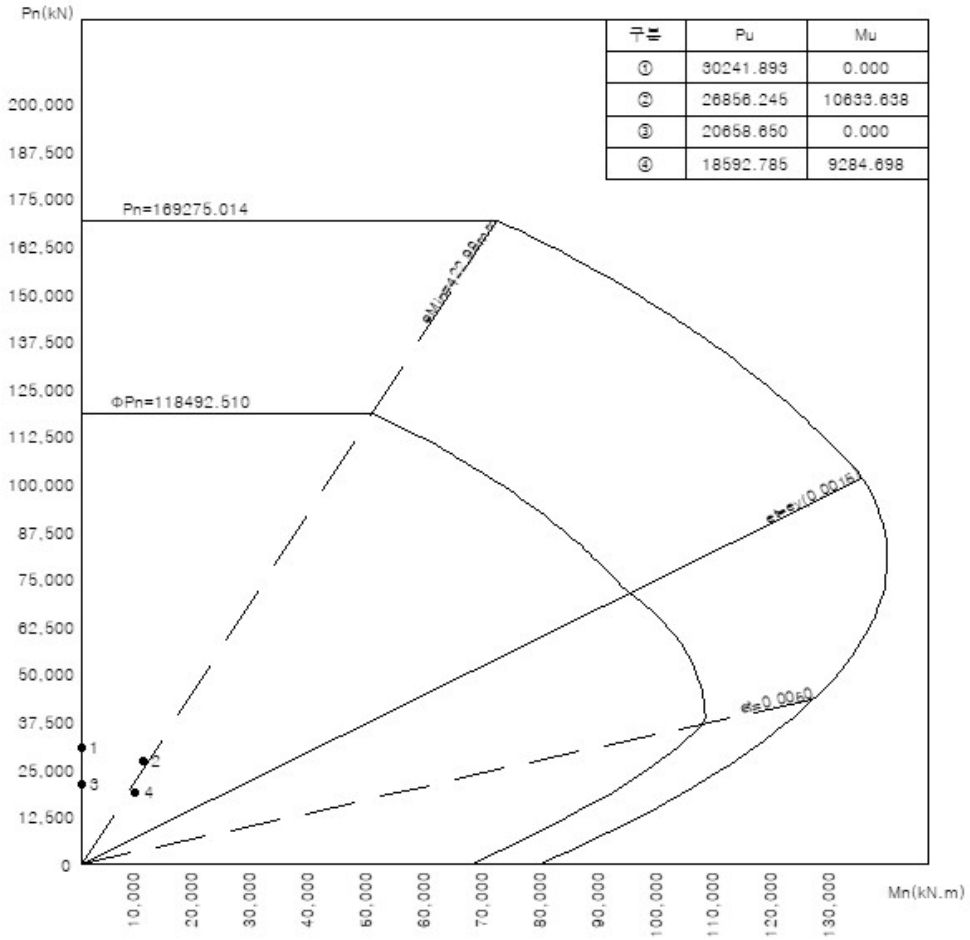
1단 : D29 − 116EA

2단 : D29 − 108EA

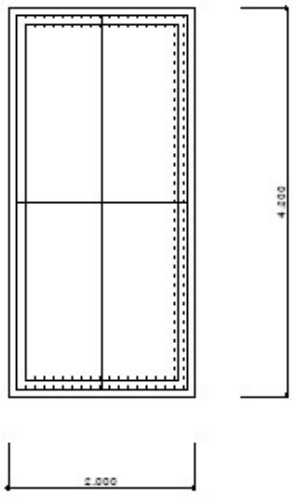
【그림 5.40】교축직각방향 P-M상관도(P10)(울산)

② 교축방향

교축방향



구분	Pu	Mu
①	30241.893	0.000
②	26856.245	10633.638
③	20658.650	0.000
④	18592.785	9284.698



▣ 단면제원

B = 2000.000mm
H = 4200.000mm
A_g = 8400000.000mm^2

▣ 사용철근

A_{st} = 143897.600mm^2

P_{use} = 0.01713

1단 : D29 − 116EA

2단 : D29 − 108EA

【그림 5.41】교축방향 P-M상관도(P10)(울산)

사. 두부보, 기초 단면검토

1) 각 부재별 단면검토

【표 5.62】 각 부재별 단면검토 결과(P10)(울산)

구 분		H (mm)	피복 (mm)	필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	휨에 대한 검토		
						M_u (kN·m)	ΦM_n (kN)	안전율
두부보	좌측지점부	1800.0	100.0	14567.190	D25@100	6239.090	8813.159	1.412
	중앙부	1800.0	100.0	14567.190	D25@100	3430.300	8813.159	2.569
	우측지점부	1800.0	100.0	8342.599	D25@100	3591.660	8813.159	2.454
기초	교축방향	3000.0	100.0	76857.599	D32@100	56009.643	77678.461	1.387
	교직방향 지점부	3000.0	100.0	37070.355	D32@100	27237.045	83456.965	3.064
	교직방향 중앙부	3000.0	100.0	43958.295	D32@100	32259.000	83456.965	2.587

※ $f_{ck} = 24\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.80$

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

2) 각 부재별 사용성(균열) 검토

【표 5.63】 각 부재별 사용성(균열) 검토결과(P10)(울산)

구 분		인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	최외단 철근 평균간격(s) (㎜)	최외단 철근 최대중심간격(s_q) (㎜)	비고
두부보	좌측지점부	145.273	150.000	102.439	246.190	O.K
	중앙부	79.872	150.000	102.439	246.190	O.K
	우측지점부	83.630	150.000	102.439	296.790	O.K
기초	교축방향	149.079	150.000	99.259	318.245	O.K
	교직방향 지점부	66.930	150.000	100.690	941.275	O.K
	교직방향 중앙부	79.271	150.000	100.690	783.427	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

5.4.3 회야대교(울산) 교대(A2) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : 역T형 교대

② 상부구조형식 : PSC BEAM

③ 교량등급 : 1등교

④ 교대 총폭 : 15.750m

⑤ 교대 총높이 : 11.500m

⑥ 기초형식 : 직접기초

⑦ SKEW : 90.000°

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000\,kN/m^3$

② 뒷채움재의 단위중량 : $\gamma_{s1} = 20.000\,kN/m^3$(토사)

③ 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000\,kN/m^3$

④ 과재하중 : $q_l = 10.000\,kN/m$

⑤ 상부 고정하중 반력 : $R_d = 240.184kN/m$

⑥ 상부 활하중 반력 : $R_l = 105.473kN/m$

⑦ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.000$

3) 지반조건

① 뒷채움재의 내부마찰각 : $\Phi_1 = 35.000°$

② 기초지반의 N치 : N = 50.000

③ 기초지반의 내부마찰각 : $\Phi_2 = 42.386°$ $(\Phi_2 = 15 + \sqrt{15N})$

④ 기초지반의 점착력 : $c = 0.000\,kN/m^2$

4) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,636MPa

② 철근(SD300)

㉠ 항복강도(f_y) : 300MPa

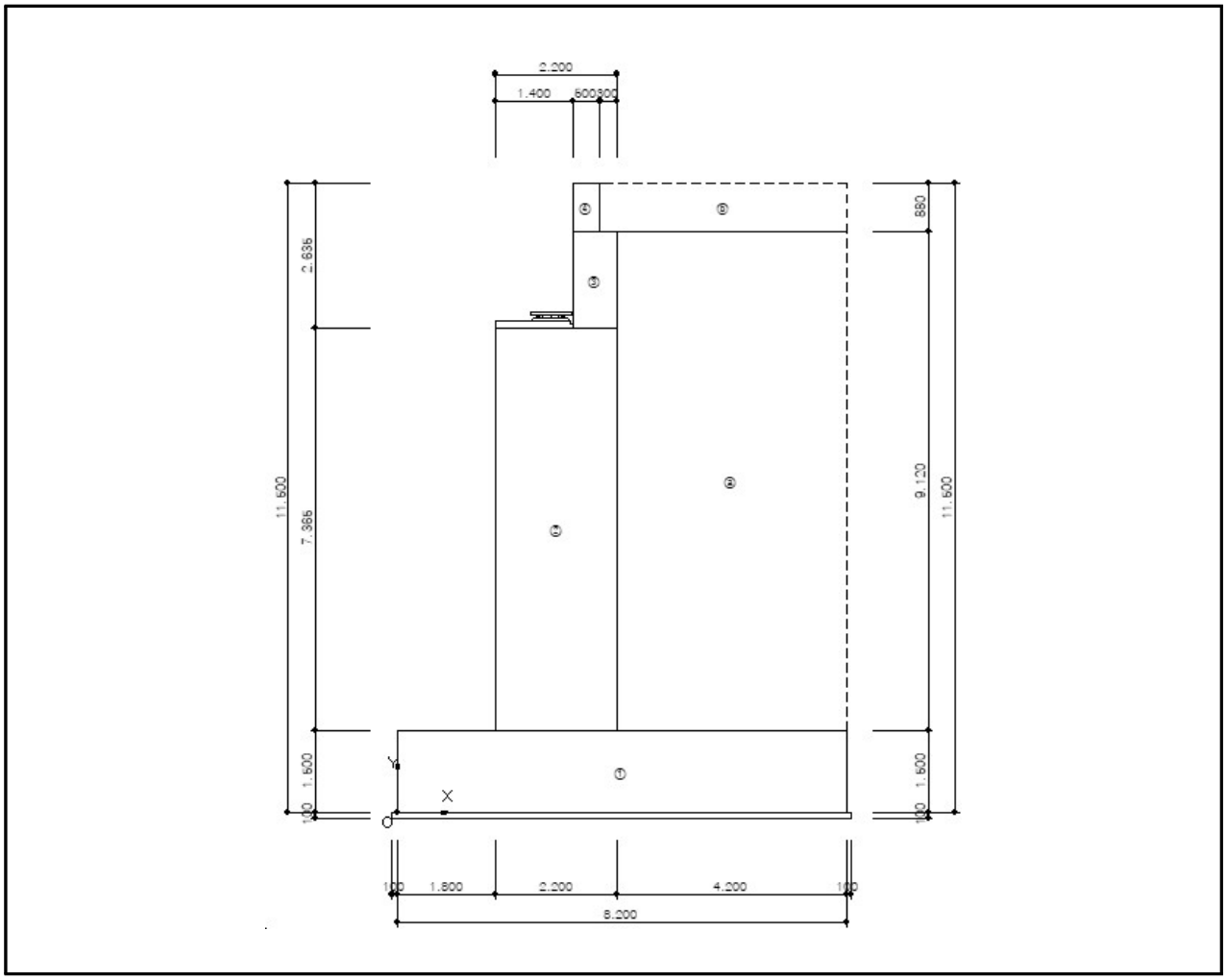
㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

5) 검토방법

① 안정성검토 : 허용응력설계법

② 단면검토 : 극한강도설계법

나. 해석단면



【그림 5.42】 해석단면(A2)(울산)

다. 하중산정

1) 교량받침

구 분	상부반력(kN)							계
	1	2	3	4	5	6	7	
고정하중	561.500	548.000	543.100	539.700	535.700	535.500	519.400	3,782.9
활하중	138.400	370.000	142.700	359.000	142.700	370.000	138.400	1,661.2

2) 자중(원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정

구 분	번 호	체적(A_i) (m^3)		단위중량(γ) (kN/m^3)	수직력(V_i) (kN)	수평력(H_i) (kN)
교대구체	①	8.200 × 1.500	= 12.30	25.000	307.500	23.677
	②	2.200 × 7.365	= 16.20	25.000	405.067	31.190
	③	0.800 × 1.755	= 1.404	25.000	35.103	2.703
	④	0.500 × 0.880	= 0.440	25.000	11.000	0.847
	소계		= 30.35		758.670	58.418
뒷채움재	ⓐ	4.200 × 9.120	= 38.30	20.000	766.080	58.988
	ⓑ	4.500 × 0.880	= 3.960	20.000	79.200	6.098
	소계		= 42.26		845.280	65.087
총 계					1603.950	123.504

② 모멘트 산정

구 분	번 호	팔길이		모멘트	
		수평	수직	M_{xi}	M_{Yi}
		X_i(m)	Y_i(m)	kN·m	kN·m
교대 구체	①	4.100	0.750	1260.750	17.758
	②	2.900	5.182	1174.695	161.641
	③	3.600	9.742	126.370	26.333
	④	3.450	11.060	37.950	9.368
	소 계			2599.765	215.100
뒷채움재	ⓐ	6.100	6.060	4673.088	357.468
	ⓑ	5.950	11.060	471.240	67.448
	소 계			5144.328	424.917
총 계				7744.093	640.016

③ 합력의 작용위치 산정

㉠ 교대구체

· X = 2599.765 / 758.670 = 3.427m

· Y = 215.100 / 58.418 = 3.682m

㉡ 뒷채움재

· X = 5144.328 / 845.280 = 6.086m

· Y = 424.917 / 65.087 = 6.528m

3) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

㉠ 평상시 주동토압계수(Rankine) : 안정검토시 적용

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}$$

㉡ 평상시 주동토압계수(Coulomb) : 단면검토시 적용

$$K_a = \frac{\cos^2(\Phi-\beta)}{\cos^2\beta \times \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\times\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)\times\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

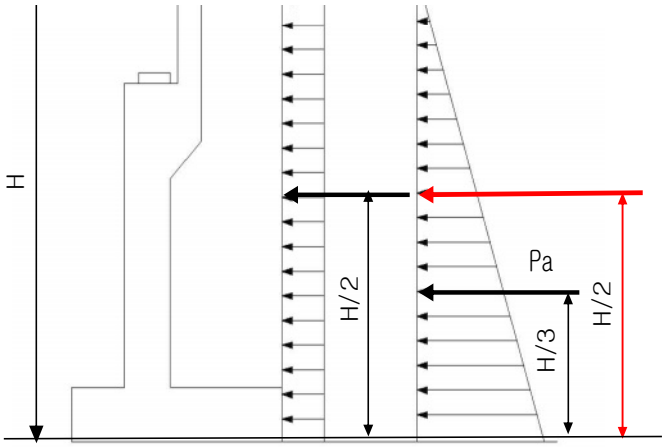
Φ = 뒷채움재의 내부마찰각(도)

α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)

β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)

δ = 벽배면과 뒷채움재 사이의 벽면마찰각(도)

구 분	안정검토	단면검토
Φ	35.000	35.000
α	0.000	0.000
β	0.000	0.000
δ	0.000	11.667
K_a	0.271	0.251



② 안정검토시 토압(H=11.500m)

· $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta)$

$= 1/2 \times 0.271 \times 20.000 \times 11.500^2 \times \cos(0.000)$

$= 358.397\,\mathrm{kN}$

· $Y = H/3 = 3.833\mathrm{m}$: 작용중심높이

③ 단면검토시 토압(H=10.000m)

· $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta + \beta)$

$= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 10.000^2 \times \cos(11.667 + 0.000)$

$= 245.814\text{kN}$

· $Y = H/3 = 3.333\text{m}$: 작용중심높이

4) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중

- 고정하중 반력

· $R_d = 3782.900 \div 15.750 = 240.184\text{kN/m}$

- 활하중 반력

· $R_l = 1661.200 \div 15.750 = 105.473\text{kN/m}$

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력

· $P_h = R_d \times \mu s \times \sin\theta$

$= 240.184 \times 0.000 \times \sin 90.0$

$= 0.000\text{kN/m}$

5) 뒷채움 지표면의 상재하중

① 상재하중에 의한 수직력

· $P_1 = 10.0000 \times 4.500 = 45.000\text{ kN}$

② 상재하중에 의한 수평력

- 안정검토시 수평토압(H=9.361m)

· $P_{a1} = K_a \times q_l \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.271 \times 10.000 \times 11.500 \times \cos 0.000$

$= 31.165\text{kN}$

· $y = H/2 = 5.750\text{m}$: 작용중심높이

- 단면검토시 수평토압(H=6.361m)

· $P_{a2} = K_a \times q_l \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.251 \times 10.000 \times 10.000 \times \cos 11.667$

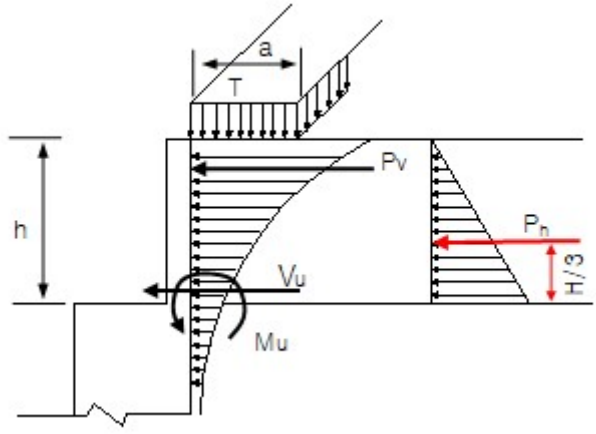
$= 24.581\text{kN}$

· $y = H/2 = 5.000\text{m}$: 작용중심높이

라. 각 부재별 단면검토

1) 각 부재별 단면력 산정

① 흉벽



· 윤하중에 의한 부재력

$P_v = 114.60 \times K_a$

$= 114.60 \times 0.251 = 28.765\text{kN}$

$M_p = 114.60 \times K_a \times (H - 0.36)$

$= 114.60 \times 0.251 \times (2.635 - 0.36) = 65.443\text{kN·m}$

· 토압에 의한 부재력

$P_h = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos\delta$

$= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 2.635^2 \times \cos 11.667 = 17.069\text{kN}$

$M_e = 1/3 \times H \times P_h$

$= 1/3 \times 2.635 \times 17.069 = 14.993\text{kN·m}$

· 설계 단면력 산정

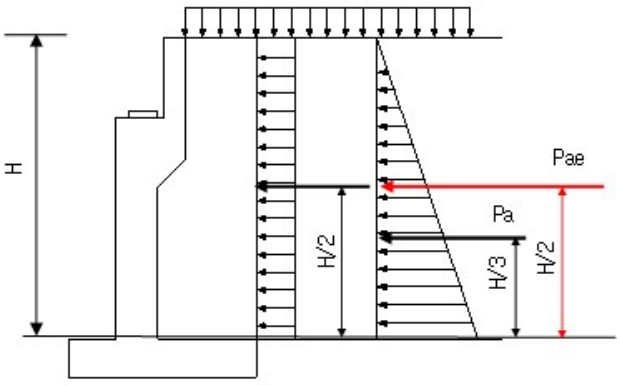
$V_u = 1.70 \times P_V + 1.70 \times P_h$

$= 1.70 \times 28.765 + 1.70 \times 17.069 = 77.918\,kN$

$M_u = 1.70 \times M_p + 1.70 \times M_e$

$= 1.70 \times 65.443 + 1.70 \times 14.993 = 136.743\,kN{\cdot}m$

② 벽체



㉠ 작용하중 집계

구 분	수평력(kN)	작용거리(m)	하중계수	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
① 배면토압	245.814	3.333	1.700	417.884	1392.946
② 뒷채움 상재하중	24.581	5.000	1.700	41.788	208.939
③ 교량받침 마찰력	-	7.765	1.300	-	-

㉡ 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	비 고
설계 단면력(H=10.000m)	459.671	1715.231	

2) 각 부재별 단면검토

【표 5.64】각 부재별 단면검토 결과(A2)(울산)

구 분	H (mm)	필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	휨에 대한 검토			전단에 대한 검토		
				M_u (kN·m)	ΦM_n (kN)	안전율	V_u (kN·m)	ΦV_C (kN)	안전율
전면저판	1500	1872.37	D22@125	661.863	1087.576	O.K (1.643)	716.041	914.476	O.K (1.277)
후면저판	1500	3620.17	D25@125 D25@250	1237.055	2049.698	O.K (1.657)	455.636	892.703	O.K (1.959)
벽체	2200	3239.8	D32@125	1715.23	3326.662	O.K (1.939)	459.671	1371.714	O.K (2.984)
흉벽	800	750.538	D16@125	136.743	286.971	O.K (2.099)	77.918	470.302	O.K (6.036)

※$f_{ck} = 24\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.80$

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

3) 각 부재별 사용성(균열) 검토

【표 5.65】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(A2)(울산)

구 분	인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	최외단 철근 평균간격(s) (㎜)	최외단 철근 최대중심간격(s_q) (㎜)	비고
전면저판	104.283	150	125	532.653	O.K
후면저판	57.546	150	125	1094.783	O.K
벽체	75.59	150	125	831.807	O.K
흉벽	74.568	150	125	844.866	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

5.4.4 회야대교(울산) 교각(P21) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : 다주식 교각

② 상부구조형식 : PSC BEAM

③ 교량등급 : 1등교

④ 기초형식 : 직접기초

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.0 kN/m^3$

② 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.0 kN/m^3$

③ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.15$

3) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa(코핑부, 기둥, 기초)

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,636MPa(코핑부, 기둥, 기초)

② 철근(SD300)

㉠ 항복강도(f_y) : 300MPa(코핑부, 기둥, 기초)

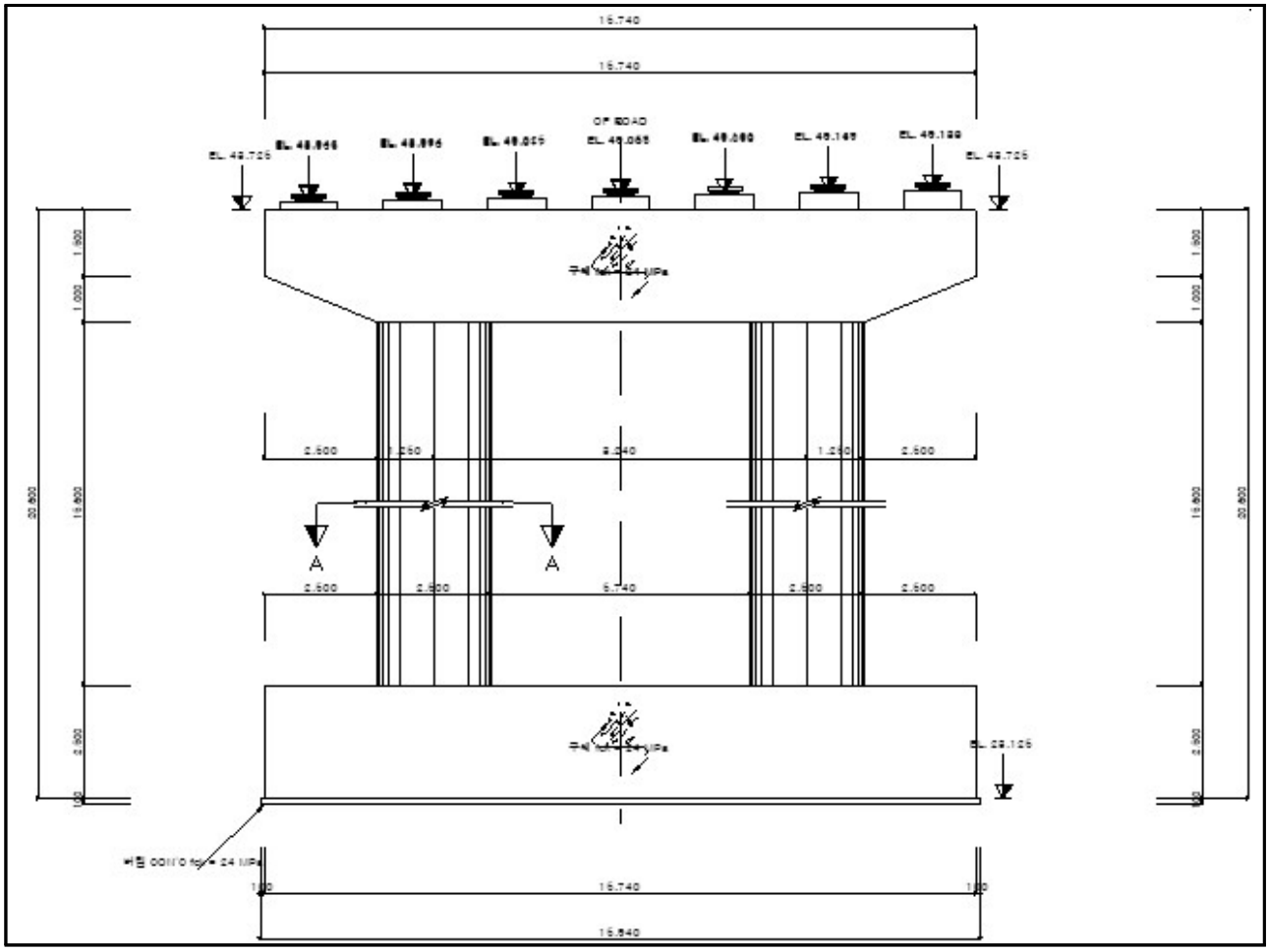
㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

4) 검토방법

① 안정성검토 : 허용응력 설계법

② 단면검토 : 극한강도 설계법

나. 해석단면



【그림 5.43】 해석단면(P21)(울산)

다. 하중산정

1) 상부반력 및 교각 자중

교좌 번호	고정하중(D)	활하중(L) 만재하시(L1)	교좌 번호	고정하중(D)	활하중(L) 만재하시(L1)
1	763.300	118.300	8	763.300	118.300
2	780.400	227.800	9	780.400	227.800
3	767.800	127.600	10	767.800	127.600
4	762.800	222.800	11	762.800	222.800
5	758.200	127.600	12	758.200	127.600
6	759.000	227.800	13	759.000	227.800
7	709.300	118.300	14	709.300	118.300
계				10601.600	2340.400

※ 교각 자중은 25.0kN/m^3의 값을 프로그램에서 자동 재하

2) 풍하중

① 교축직각방향(W-TR)

㉠ 상부구조에 작용하는 풍하중

· B/D = 15.750 / 3.330 = 4.730 [1 ≤ B/D < 8]

· W = [4.0 − 0.2 × (15.750 / 3.330)] ×3.330 = 10.170kN/m ≥ 6.0이므로

= 10.170kN/m

· P_{w1} = 10.170 × (30.065 + 30.045) / 2 × sin90.0

= 305.659kN

· 작용위치 h = 3.330/ 2 + 0.400 +0.500 = 2.815m

· 작용모멘트 $M_{w1} = P_{w1} \times h$ = 305.659 ×2.815 = 860.431kN·m

㉡ 하부구조에 작용하는 풍하중

· W′copping = 3.000 × 2.500 × 2.800 = 21.000kN

· W′ column = 1.500 × 2.500 = 3750kN/m(풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

② 교축방향(W-LO)

㉠ 하부구조에 작용하는 풍하중

· W′copping = 110.550kN(Copping 높이에 따라 재하)

· W′ column = 1.500 ×2.500 = 3.750kN/m

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

3) 활하중에 작용하는 풍하중

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000N/m의 풍하중이 재하되는 것으로 한다.

· P_h = 1.500 × (30.065 + 30.045) / 2 × sin90.0 = 45.082kN

· 작용위치 h = 2.654 + 1.500 +0.750 = 4.904m

· 작용모멘트 $M_y = P_{w2} \times h$ = 45.082 ×4.904 = 221.082kN·m

4) 온도하중

㉠ 교축직각방향(G-TR)

· 연평균 온도변화차 ΔT = 10℃ 적용

㉡ 교축방향(G-LO)

· 고정단이므로 교량받침 마찰력에 의한 수평력은 고려하지 않는다.

: 일반적으로 고정단에서도 교량받침의 마찰력보다는 지진시의 상부구조에 의한 수평력이 크기 때문에 지진시의 수평력을 고려한다.

라. 하중조합

1) 사용하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
SVB01	1.00	1.00							1.00
SVB02	1.00		1.00						1.00
SVB03	1.00			1.00					1.00
SVB04	1.00				1.00				1.00
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00			1.00
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00			1.00
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00			1.00
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00	1.00
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00	1.00
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00	1.00
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00	1.00
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00	1.00
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00	1.00
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00	1.00
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00	1.00
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB19	1.00		1.00		0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB22	1.00								1.00

※ D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

W : 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL : 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

CO : 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

G : 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

Q : 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

2) 계수하중 검토시

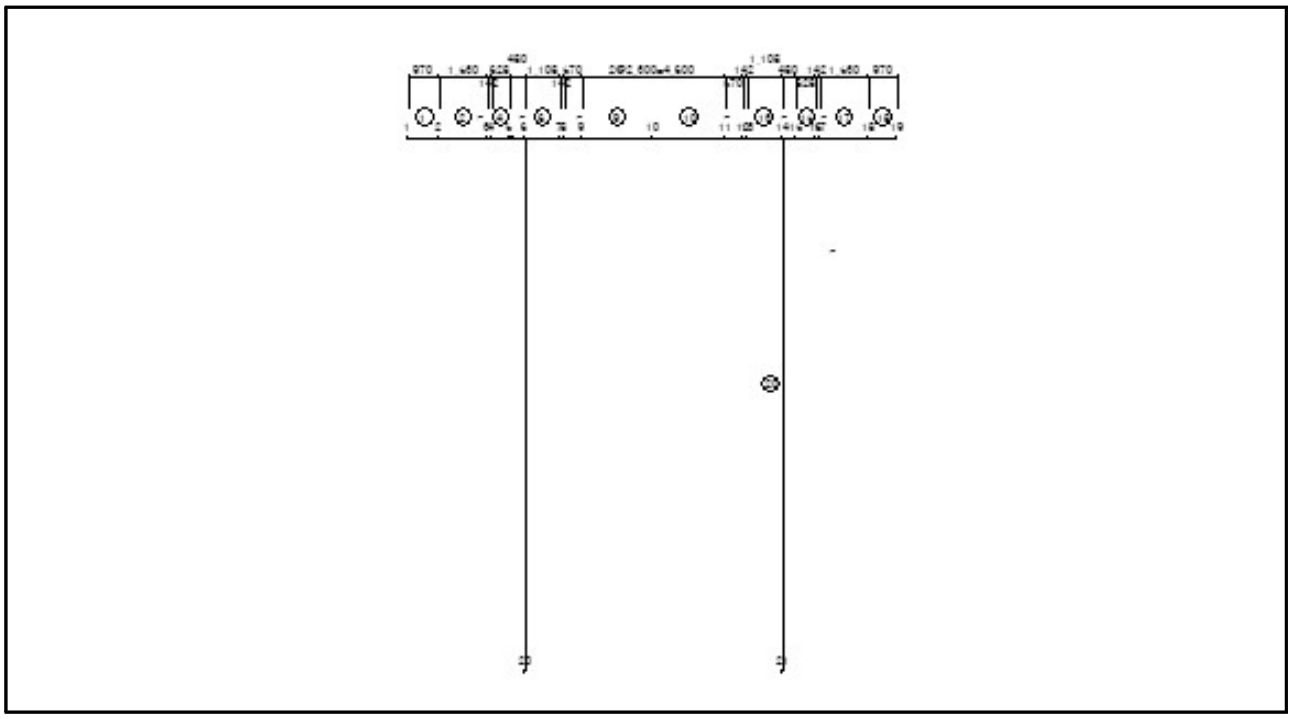
구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
ULB01	1.30	2.15							1.30
ULB02	1.30		2.15						1.30
ULB03	1.30			2.15					1.30
ULB04	1.30				1.30				1.30
ULB05	1.30	1.30			0.65	1.30			1.30
ULB06	1.30		1.30		0.65	1.30			1.30
ULB07	1.30			1.30	0.65	1.30			1.30
ULB08	1.30	1.30					1.30	1.30	1.30
ULB09	1.30	1.30					-1.30	1.30	1.30
ULB10	1.30		1.30				1.30	1.30	1.30
ULB11	1.30		1.30				-1.30	1.30	1.30
ULB12	1.30			1.30			1.30	1.30	1.30
ULB13	1.30			1.30			-1.30	1.30	1.30
ULB14	1.25				1.25		1.25	1.25	1.25
ULB15	1.25				1.25		-1.25	1.25	1.25
ULB16	1.25	1.25			0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB17	1.25	1.25			0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB18	1.25		1.25		0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB19	1.25		1.25		0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB20	1.25			1.25	0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB21	1.25			1.25	0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB22	1.00								1.00
ULB23	1.30	1.30							1.30
ULB24	1.30		1.30						1.30
ULB25	1.30			1.30					1.30
ULB26	1.20				1.20				1.20

3) 계수하중 검토시(최대편심)

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
UEB01	1.00	2.15							1.30
UEB02	1.00		2.15						1.30
UEB03	1.00			2.15					1.30
UEB04	1.00				1.30				1.30
UEB05	1.00	1.30			0.65	1.30			1.30
UEB06	1.00		1.30		0.65	1.30			1.30
UEB07	1.00			1.30	0.65	1.30			1.30
UEB08	1.00	1.30					1.30	1.30	1.30
UEB09	1.00	1.30					-1.30	1.30	1.30
UEB10	1.00		1.30				1.30	1.30	1.30
UEB11	1.00		1.30				-1.30	1.30	1.30
UEB12	1.00			1.30			1.30	1.30	1.30
UEB13	1.00			1.30			-1.30	1.30	1.30
UEB14	0.95				1.25		1.25	1.25	1.25
UEB15	0.95				1.25		-1.25	1.25	1.25
UEB16	0.95	1.25			0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB17	0.95	1.25			0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB18	0.95		1.25		0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB19	0.95		1.25		0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB20	0.95			1.25	0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB21	0.95			1.25	0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB22	1.00								1.00
UEB23	1.00	1.30							1.30
UEB24	1.00		1.30						1.30
UEB25	1.00			1.30					1.30
UEB26	0.90				1.20				1.20

마. 구조해석

1) 해석모델링



【그림 5.44】 해석모델링(P21)(울산)

2) 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z
1	0.000	17.350	8	5.000	17.350	15	12.470	17.350
2	0.970	17.350	9	5.570	17.350	16	13.098	17.350
3	2.500	17.350	10	7.870	17.350	17	13.240	17.350
4	2.642	17.350	11	10.170	17.350	18	14.770	17.350
5	3.270	17.350	12	10.740	17.350	19	15.740	17.350
6	3.750	17.350	13	10.882	17.350	20	3.750	0.000
7	4.858	17.350	14	11.990	17.350	21	11.990	0.000

3) 단면제정수 산정

【표 5.66】 단면제정수 산정(P21)(울산)

구 분	B(m)	H(m)	A(m^2)	I22(m^4)	I33(m^4)	적용 절점
①	2.800	1.500	4.200	0.960400	0.275625	1, 19
②	2.800	1.888	5.286	1.208823	0.549605	2, 18
③	2.800	2.500	7.000	1.600667	1.276042	3~17
④	2.500	0.000	4.909	1.342233	1.342233	기둥상단
⑤	2.500	0.000	4.909	1.342233	1.342233	기둥하단

바. 기둥 단면검토

1) 부재력 집계 : 기둥 하단

【표 5.67】 부재력 집계(P21)(울산)

구 분		P_e(kN)	P_u(kN)	M1(kN·m	M2(kN·m	V(kN)	Δ(m)	비 고
교축직각방향	ULO01	-11484.368	-14000.297	405.896	-804.210	-77.571	-0.00012	축력최대
	ULO15	-11042.661	-10456.298	-2401.035	2877.498	-374.930	0.00369	모멘트최대
	UEO15	-8392.423	-7806.060	-2229.465	2791.673	-358.430	0.00372	편심최대
교축방향	ULB01	-11484.368	-14000.297	-363.622	-364.982	-0.087	0.00152	축력최대
	ULB04	-11186.894	-11186.894	-391.337	-2106.821	147.992	0.00580	모멘트최대
	UEB26	-7744.773	-7744.773	-299.945	-1883.154	136.588	0.00510	편심최대

※ P_e : 장기지속축력(= 고정하중에 의한 축력 × 고정하중 계수)

P_u : 전체 축력 , M1 , M2 : 기둥 상단, 하단 모멘트

V_u : 전단력 , △ : 기둥 상단의 변위량

2) 기둥 단면검토

【표 5.68】 기둥 단면검토 결과(P21)(울산)

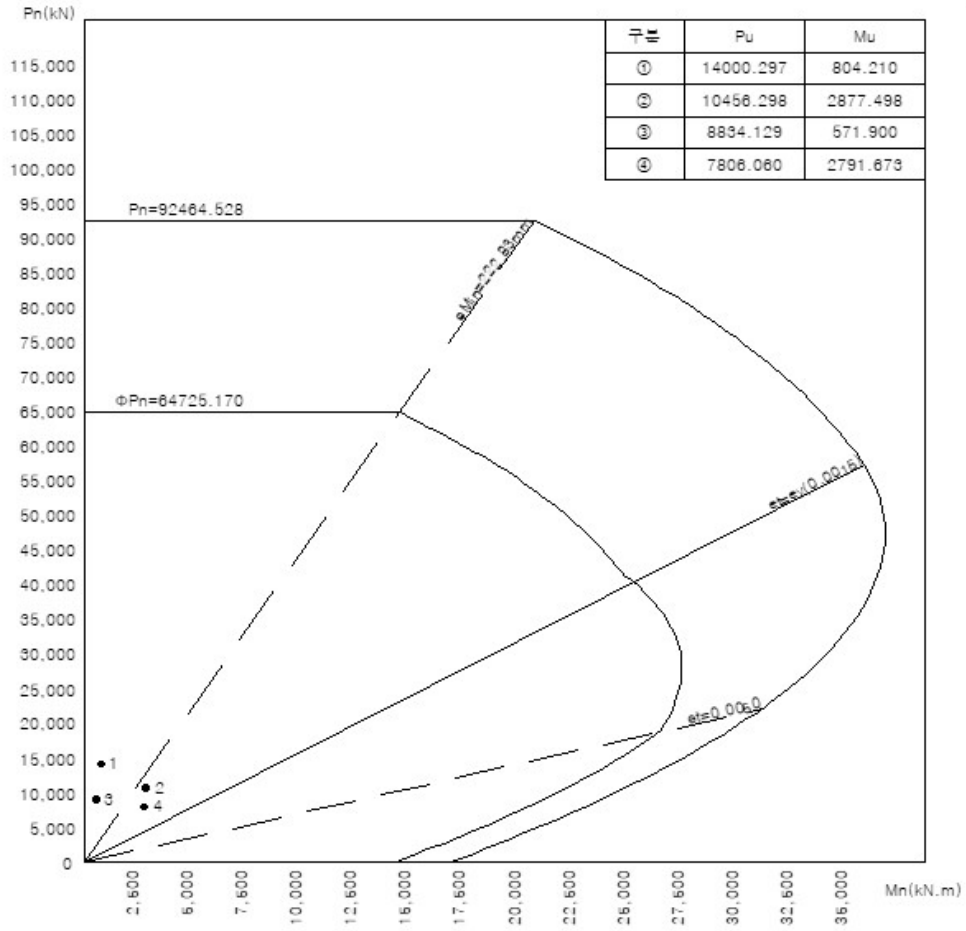
구 분		P_u(kN)	ΦP_n(kN)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	안전율	비 고
교축직각방향	축력최대	14000.297	64725.168	804.210	3717.863	4.623	O.K
	모멘트최대	10456.298	61013.976	2877.498	16790.201	5.835	O.K
	편심최대	7806.060	55378.336	2791.673	19804.128	7.094	O.K
교축방향	축력최대	14000.297	64725.168	364.982	1687.312	4.623	O.K
	모멘트최대	11186.894	64725.168	2106.821	12190.066	5.786	O.K
	편심최대	7744.773	63275.884	1883.154	15385.368	8.170	O.K
- f_{ck} = 24MPa, f_y = 300MPa, k_1 = 0.85, Φ_c = 0.70							

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

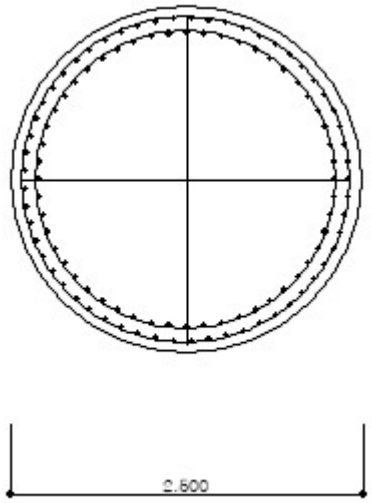
3) P-M 상관도

① 교축직각방향

교축직각방향



구분	Pu	Mu
①	14000.297	804.210
②	10456.298	2877.498
③	8834.129	571.900
④	7806.060	2791.673



▣ 단면제원

$R = 1250.000\,\mathrm{mm}$

$A_g = 4908738.521\,\mathrm{mm}^2$

▣ 사용철근

$A_{st} = 55230.300\,\mathrm{mm}^2$

$P_{use} = 0.01125$

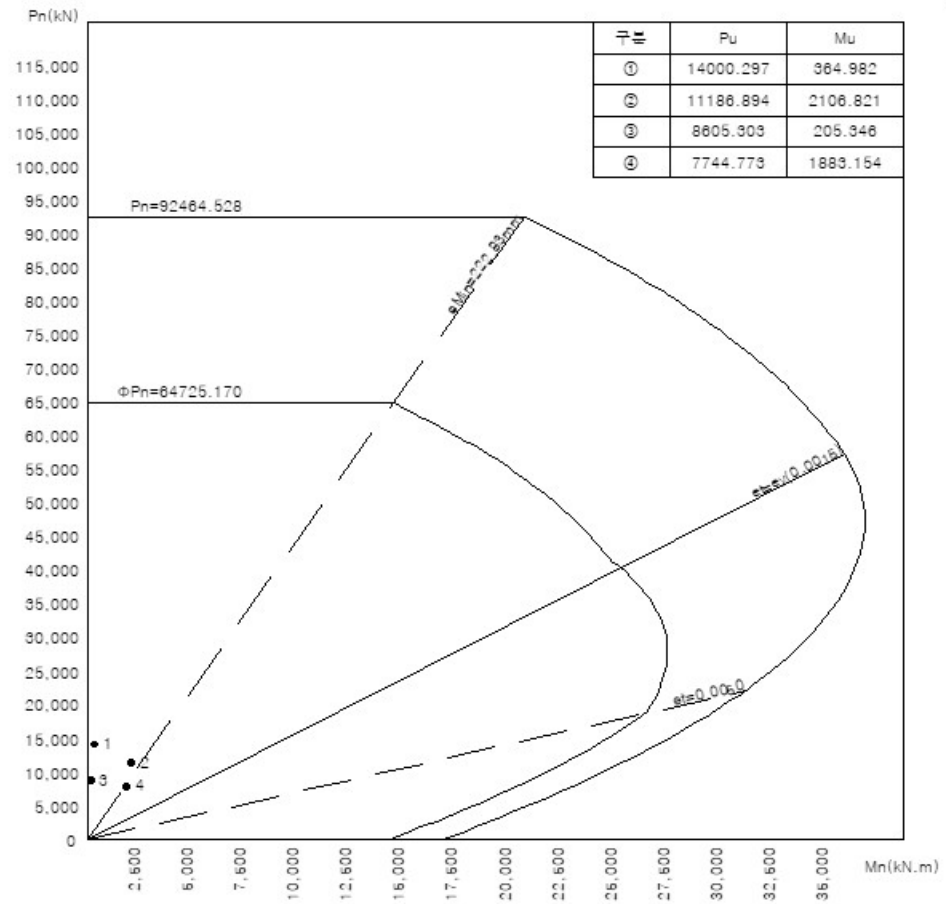
1단 : D25 − 57EA

2단 : D25 − 52EA

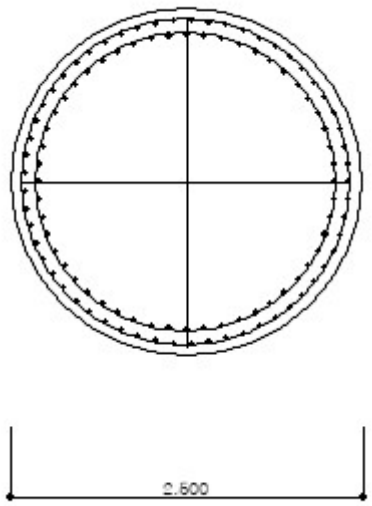
【그림 5.45】 교축직각방향 P-M상관도(P21)(울산)

② 교축방향

교축방향



구분	Pu	Mu
①	14000.297	364.982
②	11186.894	2106.821
③	8605.303	205.346
④	7744.773	1883.154



▣ 단면제원

$R = 1250.000\,\mathrm{mm}$

$A_g = 4908738.521\,\mathrm{mm}^2$

▣ 사용철근

$A_{st} = 55230.300\,\mathrm{mm}^2$

$P_{use} = 0.01125$

1단 : D25 − 57EA

2단 : D25 − 52EA

【그림 5.46】교축방향 P-M상관도(P21)(울산)

사. 두부보, 기초 단면검토

1) 각 부재별 단면검토

【표 5.69】각 부재별 단면검토 결과(P21)(울산)

구 분		H (mm)	피복 (mm)	필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	휨에 대한 검토		
						M_u (kN·m)	ΦM_n (kN)	안전율
두부보	좌측내민보	2500.0	100.0	21056.000	D25@125 D25@125	-	-	1.998
	우측내민보	2500.0	100.0	21056.000	D25@125 D25@125	-	-	2.101
	좌측지점부	2500.0	100.0	5562.710	D25@125 D25@125	3312.733	13027.307	3.932
	중앙부	2500.0	100.0	6709.440	D29@125	4076.032	8515.522	2.089
기초	우측지점부	2500.0	100.0	6809.915	D25@125 D25@125	4049.787	13027.307	3.217
	교축방향	2500.0	100.0	24129.382	D29@125	14697.825	49137.004	3.343
	교직방향 지점부	2500.0	100.0	10234.468	D29@125	6238.945	24384.487	3.908
	교직방향 중앙부	2500.0	100.0	9083.497	D29@125	5539.762	24384.487	4.402

※ $f_{ck} = 24\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.80$

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

2) 각 부재별 사용성(균열) 검토

【표 5.70】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(P21)(울산)

구 분		인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	최외단 철근 평균간격(s) (㎜)	최외단 철근 최대중심간격(s_q) (㎜)	비고
두부보	좌측내민보	71.595	150.000	127.273	879.952	O.K
	우측내민보	69.752	150.000	127.273	903.201	O.K
	좌측지점부	52.969	150.000	127.273	1189.384	O.K
	중앙부	93.740	150.000	127.273	626.342	O.K
기초	우측지점부	68.210	150.000	127.273	923.612	O.K
	교축방향	59.510	150.000	123.937	1058.644	O.K
	교직방향 지점부	51.430	150.000	126.984	1224.955	O.K
	교직방향 중앙부	46.651	150.000	126.984	1350.467	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

5.4.5 회야대교(부산) 교대(A1) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : 역T형 교대

② 상부구조형식 : PSC BOX

③ 교량등급 : 1등교

④ 교대 총폭 : 16.255m

⑤ 교대 총높이 : 9.361m

⑥ 기초형식 : 직접기초

⑦ SKEW : 90.000°

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000\,kN/m^3$

② 뒷채움재의 단위중량 : $\gamma_{s1} = 20.000\,kN/m^3$(토사)

③ 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000\,kN/m^3$

④ 과재하중 : $q_l = 10.000\,kN/m$

⑤ 상부 고정하중 반력 : $R_d = 489.809kN/m$

⑥ 상부 활하중 반력 : $R_l = 85.099kN/m$

⑦ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.000$

3) 지반조건

① 뒷채움재의 내부마찰각 : $\Phi_1 = 35.000^\circ$

② 기초지반의 N치 : N = 50.000

③ 기초지반의 내부마찰각 : $\Phi_2 = 42.386^\circ$ $(\Phi_2 = 15 + \sqrt{15N})$

④ 기초지반의 점착력 : $c = 0.000\,kN/m^2$

4) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,636MPa

② 철근(SD300)

㉠ 항복강도(f_y) : 300MPa

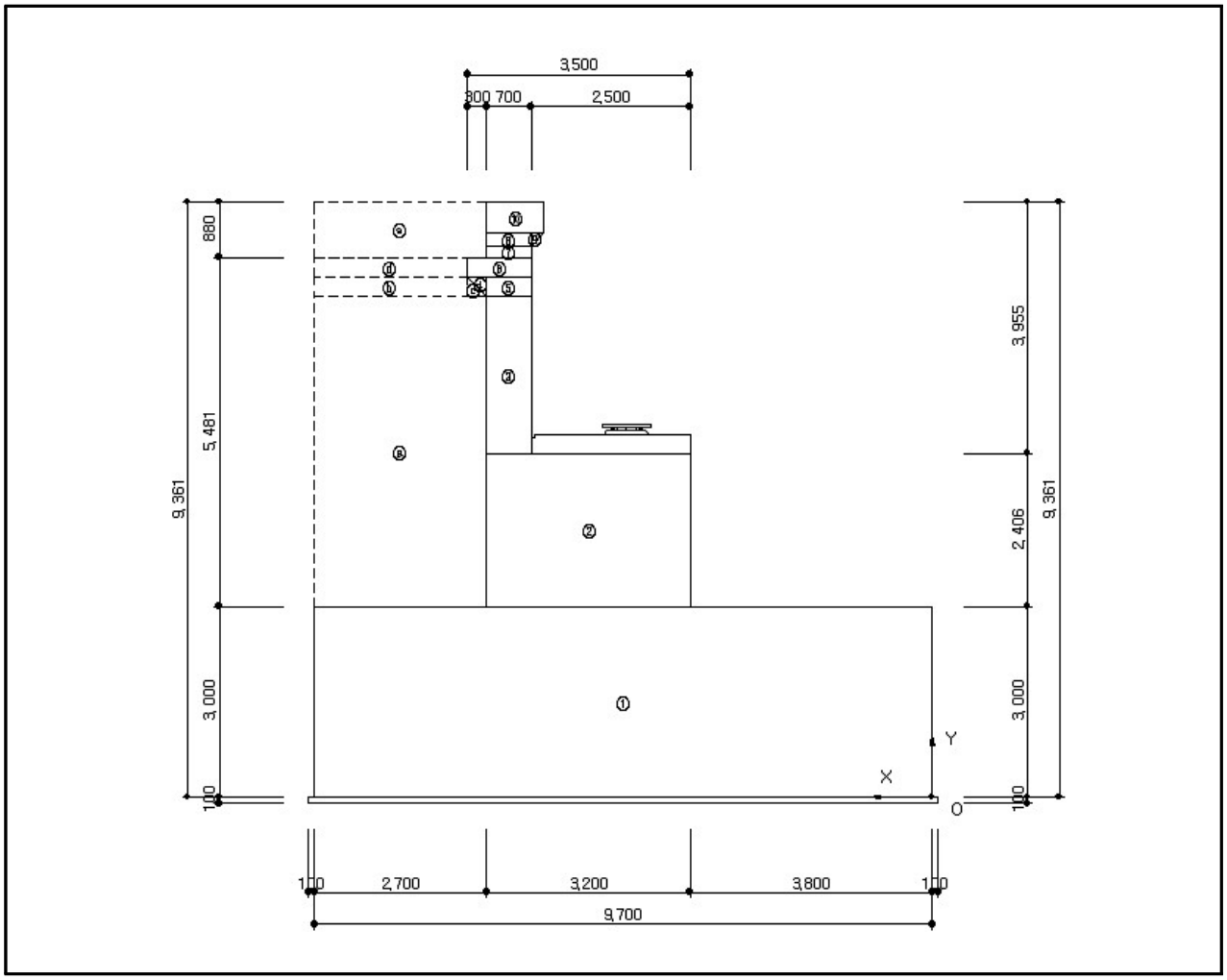
㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

5) 검토방법

① 안정성검토 : 허용응력설계법

② 단면검토 : 극한강도설계법

나. 해석단면



【그림 5.47】 해석단면(A1)(부산)

다. 하중산정

1) 교량받침

구 분	상부반력(kN)		계
	1	2	
고정하중	3980.920	3980.920	7961.840
활하중	691.640	691.640	1383.280

2) 자중(원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정

구 분	번 호	체적(A_i) (m^3)	단위중량(γ) (kN/m^3)	수직력(V_i) (kN)	수평력(H_i) (kN)
교대구체	①	9.700 × 3.000 = 29.10	25.000	727.500	56.017
	②	3.200 × 2.406 = 7.699	25.000	192.478	14.821
	③	0.700 × 2.475 = 1.732	25.000	43.304	3.334
	④	0.300 × 0.300 × 1/2 = 0.045	25.000	1.125	0.087
	⑤	0.700 × 0.300 = 0.210	25.000	5.250	0.404
	⑥	1.000 × 0.300 = 0.300	25.000	7.500	0.578
	⑦	0.700 × 0.180 = 0.126	25.000	3.150	0.243
	⑧	0.700 × 0.200 = 0.140	25.000	3.500	0.270
	⑨	0.200 × 0.200 × 1/2 = 0.020	25.000	0.500	0.038
	⑩	0.900 × 0.500 = 0.450	25.000	11.250	0.866
	소계	= 39.822		995.558	76.658
뒷채움재	ⓐ	2.700 × 4.880 = 13.18	20.000	263.547	20.293
	ⓑ	2.400 × 0.300 = 0.720	20.000	14.400	1.109
	ⓒ	0.300 × 0.300 × 1/2 = 0.045	20.000	0.900	0.069
	ⓓ	2.400 × 0.300 = 0.720	20.000	14.400	1.109
	ⓔ	2.700 × 0.880 = 2.376	20.000	47.520	3.659
	소계	= 17.04		340.767	26.239
총 계				1336.325	102.897

② 모멘트 산정

구 분	번 호	팔길이		모멘트	
		수평	수직	M_{xi}	M_{Yi}
		X_i(m)	Y_i(m)	kN·m	kN·m
교대 구체	①	4.850	1.500	3528.375	84.026
	②	5.400	4.203	1039.383	62.292
	③	6.650	6.643	287.972	22.151
	④	7.100	8.081	7.987	0.700
	⑤	6.650	8.030	34.913	3.246
	⑥	6.800	8.331	51.000	4.811
	⑦	6.650	8.570	20.948	2.079
	⑧	6.650	8.761	23.275	2.361
	⑨	6.233	8.794	3.117	0.339
	⑩	6.550	9.111	73.688	7.892
	소 계			5070.657	189.897
뒷채움재	ⓐ	8.350	5.440	2200.617	110.400
	ⓑ	8.500	8.030	122.400	8.904
	ⓒ	7.200	7.981	6.480	0.553
	ⓓ	8.500	8.331	122.400	9.237
	ⓔ	8.350	8.921	396.792	32.640
	소 계			2848.689	161.734
총 계				7919.347	351.631

③ 합력의 작용위치 산정

㉠ 교대구체

· X = 5070.657 / 995.558 = 5.093m

· Y = 189.897 / 76.658 = 2.477m

㉡ 뒷채움재

· X = 2848.689 / 340.767 = 8.360m

· Y = 161.734 / 26.239 = 6.164m

3) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

㉠ 평상시 주동토압계수(Rankine) : 안정검토시 적용

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}$$

㉡ 평상시 주동토압계수(Coulomb) : 단면검토시 적용

$$K_a = \frac{\cos^2(\Phi-\beta)}{\cos^2\beta \times \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\times\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)\times\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

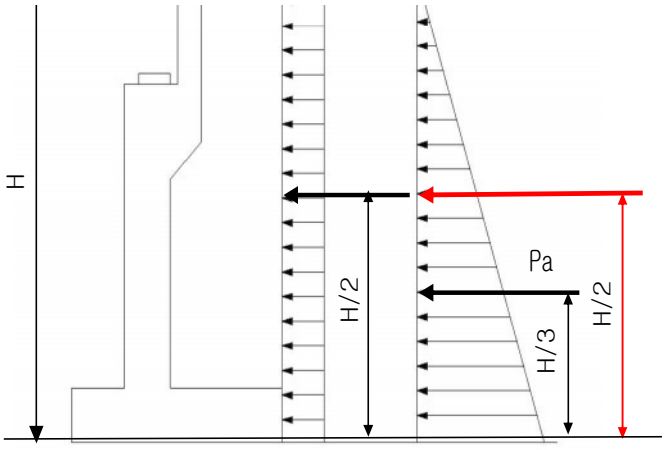
Φ = 뒷채움재의 내부마찰각(도)

α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)

β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)

δ = 벽배면과 뒷채움재 사이의 벽면마찰각(도)

구 분	안정검토	단면검토
Φ	35.000	35.000
α	0.000	0.000
β	0.000	0.000
δ	0.000	11.667
K_a	0.271	0.251



② 안정검토시 토압(H=9.361m)

· $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta)$

$= 1/2 \times 0.271 \times 20.000 \times 9.361^2 \times \cos(0.000)$

$= 237.447\,kN$

· $Y = H/3 = 3.120m$: 작용중심높이

③ 단면검토시 토압(H=6.361m)

· $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta + \beta)$

$= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 6.361^2 \times \cos(11.667 + 0.000)$

$= 99.447kN$

· $Y = H/3 = 2.120m$: 작용중심높이

4) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중

- 고정하중 반력

· $R_d = 7961.840 \div 16.255 = 489.809\,kN/m$

- 활하중 반력

· $R_l = 1383.280 \div 16.255 = 85.099kN/m$

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력

· $P_h = R_d \times \mu s \times \sin\theta$

$= 489.809 \times 0.000 \times \sin 90.0$

$= 0.000\,kN/m$

5) 뒷채움 지표면의 상재하중

① 상재하중에 의한 수직력

· $P_1 = 10.0000 \times 2.700 = 27.000\,kN$

② 상재하중에 의한 수평력

- 안정검토시 수평토압(H=9.361m)

· $P_{a1} = K_a \times q_l \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.271 \times 10.000 \times 9.361 \times \cos 0.000$

$= 25.367\text{kN}$

· $y = H/2 = 4.680\text{m}$: 작용중심높이

- 단면검토시 수평토압(H=6.361m)

· $P_{a2} = K_a \times q_l \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.251 \times 10.000 \times 6.361 \times \cos 11.667$

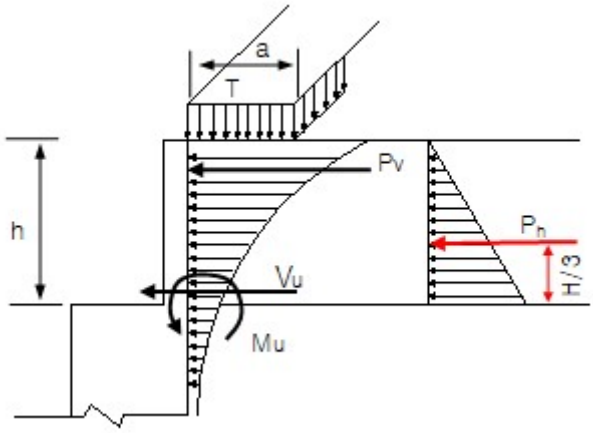
$= 15.636\text{kN}$

· $y = H/2 = 3.180\text{m}$: 작용중심높이

라. 각 부재별 단면검토

1) 각 부재별 단면력 산정

① 흉벽



· 윤하중에 의한 부재력

$P_v = 114.60 \times K_a$

$= 114.60 \times 0.251 = 28.765\text{kN}$

$M_p = 114.60 \times K_a \times (H - 0.36)$

$= 114.60 \times 0.251 \times (3.955 - 0.36) = 103.395\text{kN·m}$

· 토압에 의한 부재력

$P_h = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos\delta$

$= 1/2 \times 0.251 \times 20.000 \times 3.955^2 \times \cos 11.667 = 38.441\,kN$

$M_e = 1/3 \times H \times P_h$

$= 1/3 \times 3.955 \times 38.441 = 50.672\,kN\cdot m$

· 설계 단면력 산정

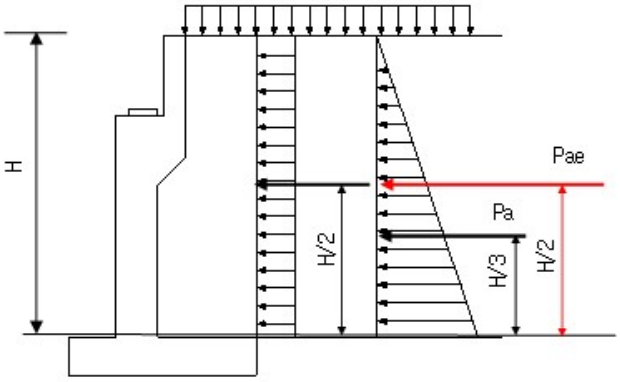
$V_u = 1.70 \times P_V + 1.70 \times P_h$

$= 1.70 \times 28.765 + 1.70 \times 38.441 = 114.250\,kN$

$M_u = 1.70 \times M_p + 1.70 \times M_e$

$= 1.70 \times 103.395 + 1.70 \times 50.672 = 261.914\,kN\cdot m$

② 벽체



㉠ 작용하중 집계

구 분	수평력(kN)	작용거리(m)	하중계수	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
① 배면토압	99.447	2.120	1.700	169.060	358.435
② 뒷채움 상재하중	15.635	3.180	1.700	26.579	84.529
③ 교량받침 마찰력	-	2.806	1.300	-	-

㉡ 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	비 고
설계 단면력(H=6.361m)	195.639	442.964	

2) 각 부재별 단면검토

【표 5.71】각 부재별 단면검토 결과(A1)(부산)

구 분	H (mm)	필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	휨에 대한 검토			전단에 대한 검토		
				M_u (kN·m)	ΦM_n (kN)	안전율	V_u (kN·m)	ΦV_C (kN)	안전율
전면저판	3000	1422.850	D32@125	1048.399	4622.797	O.K (4.409)	569.842	1894.272	O.K (3.324)
후면저판	3000	368.987	D32@125	272.611	4622.797	O.K (16.96)	196.288	1894.272	O.K (9.650)
벽체	3200	567.420	D25,D29@250	447.942	3593.841	O.K (8.023)	195.639	2024.912	O.K (10.350)
흉벽	700	1690.530	D22@125	261.914	471.623	O.K (1.801)	114.250	404.982	O.K (3.545)

※ $f_{ck} = 24\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.80$

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

3) 각 부재별 사용성(균열) 검토

【표 5.72】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(A1)(부산)

구 분	인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	최외단 철근 평균간격(s) (㎜)	최외단 철근 최대중심간격(s_q) (㎜)	비고
전면저판	39.245	150	125	1605.298	O.K
후면저판	7.678	150	125	8205.32	O.K
벽체	19.200	150	125	3281.308	O.K
흉벽	87.396	150	125	720.859	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

5.4.6 회야대교(부산) 교각(P10) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : 문형 교각

② 상부구조형식 : PSC BOX

③ 교량등급 : 1등교

④ 기초형식 : 직접기초

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.0 kN/m^3$

② 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.0 kN/m^3$

③ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.15$

3) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa(코핑부, 기둥, 기초)

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,636MPa(코핑부, 기둥, 기초)

② 철근(SD300)

㉠ 항복강도(f_y) : 300MPa(코핑부, 기둥, 기초)

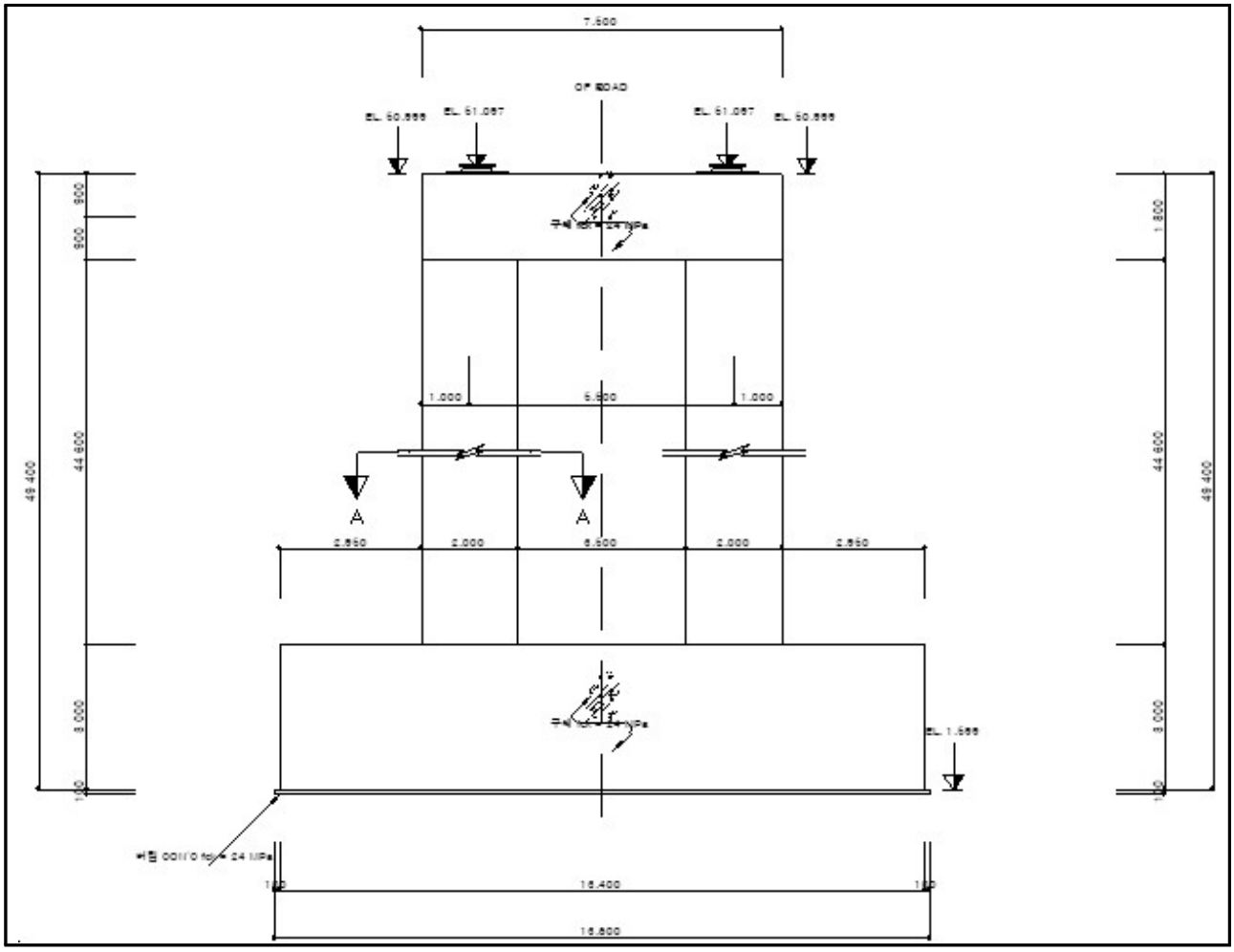
㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

4) 검토방법

① 안정성검토 : 허용응력 설계법

② 단면검토 : 극한강도 설계법

나. 해석단면



【그림 5.48】 해석단면(P10)(부산)

다. 하중산정

1) 상부반력 및 교각 자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측 편재하시(L2)	우측 편재하시(L3)
1	10300.390	1574.720	-	-
2	10300.390	1574.720	-	-
계	20600.780	3149.440	-	-

※ 교각 자중은 25.0kN/m^3의 값을 프로그램에서 자동 재하

2) 풍하중

① 교축직각방향(W-TR)

㉠ 상부구조에 작용하는 풍하중

· B/D = 15.750 / 4.468 = 3.525 [1 ≤ B/D < 8]

· W = [4.0 − 0.2 × (15.750 / 4.468)] ×4.468 = 14.722kN/m ≥ 6.0이므로

= 14.722kN/m

· P_{w1} = 14.722 × (50.000 + 50.000) / 2 × sin90.0

= 736.100kN

· 작용위치 h = 4.468/ 2 + 0.400 +0.500 = 3.084m

· 작용모멘트 $M_{w1} = P_{w1} \times h$ = 736.100 ×3.084 = 2270.132kN·m

㉡ 하부구조에 작용하는 풍하중

· W′copping = 3.000 × 1.800 × 4.200 = 22.680kN

· W′ column = 3.000 × 4.200 = 22.680kN/m(풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

② 교축방향(W-LO)

㉠ 하부구조에 작용하는 풍하중

· W′copping = 40.500kN(Copping 높이에 따라 재하)

· W′ column = 3.000 ×2.000 = 6.000kN/m

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

3) 활하중에 작용하는 풍하중

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000N/m의 풍하중이 재하되는 것으로 한다.

· P_h = 1.500 × (50.000 + 50.000) / 2 × sin90.0 = 75.000kN

· 작용위치 h = 4.141 + 1.500 +0.500 = 6.091m

· 작용모멘트 $M_y = P_{w2} \times h$ = 75.000 ×6.091 = 456.791kN·m

4) 온도하중

㉠ 교축직각방향(G-TR)

· 연평균 온도변화차 ΔT = 10℃ 적용

㉡ 교축방향(G-LO)

· 고정단이므로 교량받침 마찰력에 의한 수평력은 고려하지 않는다.

: 일반적으로 고정단에서도 교량받침의 마찰력보다는 지진시의 상부구조에 의한 수평력이 크기 때문에 지진시의 수평력을 고려한다.

라. 하중조합

1) 사용하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
SVB01	1.00	1.00							1.00
SVB02	1.00		1.00						1.00
SVB03	1.00			1.00					1.00
SVB04	1.00				1.00				1.00
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00			1.00
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00			1.00
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00			1.00
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00	1.00
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00	1.00
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00	1.00
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00	1.00
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00	1.00
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00	1.00
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00	1.00
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00	1.00
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB19	1.00		1.00		0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB22	1.00								1.00

※ D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

W : 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL : 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

CO : 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

G : 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

Q : 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

2) 계수하중 검토시

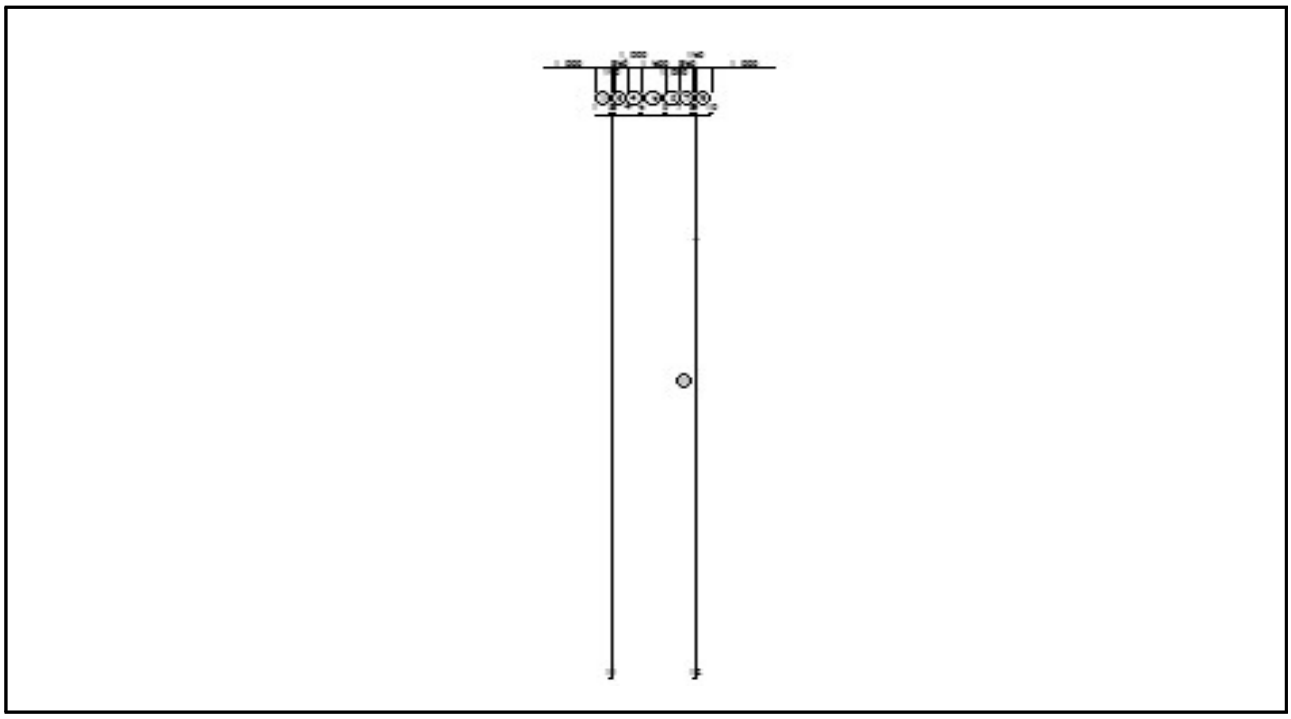
구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
ULB01	1.30	2.15							1.30
ULB02	1.30		2.15						1.30
ULB03	1.30			2.15					1.30
ULB04	1.30				1.30				1.30
ULB05	1.30	1.30			0.65	1.30			1.30
ULB06	1.30		1.30		0.65	1.30			1.30
ULB07	1.30			1.30	0.65	1.30			1.30
ULB08	1.30	1.30					1.30	1.30	1.30
ULB09	1.30	1.30					-1.30	1.30	1.30
ULB10	1.30		1.30				1.30	1.30	1.30
ULB11	1.30		1.30				-1.30	1.30	1.30
ULB12	1.30			1.30			1.30	1.30	1.30
ULB13	1.30			1.30			-1.30	1.30	1.30
ULB14	1.25				1.25		1.25	1.25	1.25
ULB15	1.25				1.25		-1.25	1.25	1.25
ULB16	1.25	1.25			0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB17	1.25	1.25			0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB18	1.25		1.25		0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB19	1.25		1.25		0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB20	1.25			1.25	0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB21	1.25			1.25	0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB22	1.00								1.00
ULB23	1.30	1.30							1.30
ULB24	1.30		1.30						1.30
ULB25	1.30			1.30					1.30
ULB26	1.20				1.20				1.20

3) 계수하중 검토시(최대편심)

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
UEB01	1.00	2.15							1.30
UEB02	1.00		2.15						1.30
UEB03	1.00			2.15					1.30
UEB04	1.00				1.30				1.30
UEB05	1.00	1.30			0.65	1.30			1.30
UEB06	1.00		1.30		0.65	1.30			1.30
UEB07	1.00			1.30	0.65	1.30			1.30
UEB08	1.00	1.30					1.30	1.30	1.30
UEB09	1.00	1.30					-1.30	1.30	1.30
UEB10	1.00		1.30				1.30	1.30	1.30
UEB11	1.00		1.30				-1.30	1.30	1.30
UEB12	1.00			1.30			1.30	1.30	1.30
UEB13	1.00			1.30			-1.30	1.30	1.30
UEB14	0.95				1.25		1.25	1.25	1.25
UEB15	0.95				1.25		-1.25	1.25	1.25
UEB16	0.95	1.25			0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB17	0.95	1.25			0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB18	0.95		1.25		0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB19	0.95		1.25		0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB20	0.95			1.25	0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB21	0.95			1.25	0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB22	1.00								1.00
UEB23	1.00	1.30							1.30
UEB24	1.00		1.30						1.30
UEB25	1.00			1.30					1.30
UEB26	0.90				1.20				1.20

마. 구조해석

1) 해석모델링



【그림 5.49】 해석모델링(P10)(부산)

2) 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z
1	0.000	45.950	5	3.000	45.950	9	6.500	45.950
2	1.000	45.950	6	4.500	45.950	10	7.500	45.950
3	1.150	45.950	7	5.500	45.950	11	1.000	0.000
4	2.000	45.950	8	6.350	45.950	12	6.500	0.000

3) 단면제정수 산정

【표 5.73】 단면제정수 산정(P10)(부산)

구 분	B(m)	H(m)	A(m^2)	I22(m^4)	I33(m^4)	적용 절점
①	4.200	1.800	7.560	3.889620	0.714420	1~10
②	2.000	4.200	8.400	8.643600	1.960000	기둥상단
③	2.000	4.200	8.400	8.643600	1.960000	기둥하단

바. 기둥 단면검토

1) 부재력 집계 : 기둥 하단

【표 5.74】 부재력 집계(P10)(부산)

구 분		P_e(kN)	P_u(kN)	M1(kN·m)	M2(kN·m)	V(kN)	Δ(m)	비 고
교축직각방향	ULO04	-26856.245	-32581.442	-14950.458	20281.092	-972.582	0.13872	축력최대
	ULO04	-26856.245	-21131.048	-12255.284	20943.043	-1109.631	0.13873	모멘트최대
	UEO26	-18592.785	-13307.988	-11542.053	19451.427	-1032.097	0.12806	편심최대
교축방향	ULB01	-26856.245	-30241.893	0.000	0.000	0.000	0.00000	축력최대
	ULB04	-26856.245	-26856.245	-35.539	-8967.034	374.198	0.02124	모멘트최대
	UEB26	-18592.785	-18592.785	-32.805	-8277.262	345.413	0.01961	편심최대

※ P_e : 장기지속축력(= 고정하중에 의한 축력 × 고정하중 계수)

P_u : 전체 축력 , M1 , M2 : 기둥 상단, 하단 모멘트

V_u : 전단력 , △ : 기둥 상단의 변위량

2) 기둥 단면검토

【표 5.75】 기둥 단면검토 결과(P10)(부산)

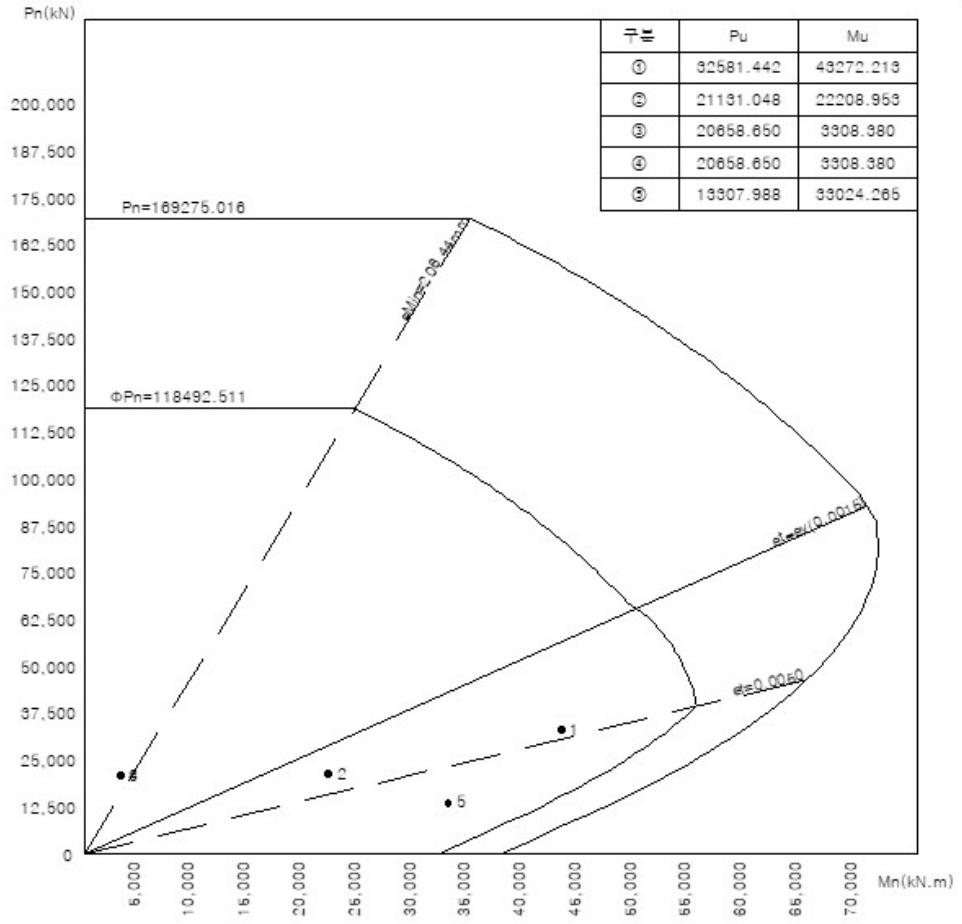
구 분		P_u(kN)	ΦP_n(kN)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	안전율	비 고
교축직각방향	축력최대	32581.442	41690.617	43272.213	55388.433	1.280	O.K
	모멘트최대	21131.048	51442.609	22208.953	54056.592	2.434	O.K
	편심최대	13307.988	18238.676	33024.265	45276.267	1.371	O.K
교축방향	축력최대	30241.893	118492.511	0.000	0.000	3.918	O.K
	모멘트최대	26856.245	118492.511	10633.638	46915.611	4.412	O.K
	편심최대	18592.785	113539.712	9284.698	56701.651	6.107	O.K
- f_{ck} = 24MPa, f_y = 300MPa, k_1 = 0.85, Φ_c = 0.70							

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

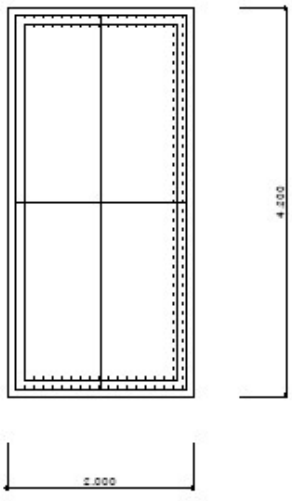
3) P-M 상관도

① 교축직각방향

교축직각방향



구분	Pu	Mu
①	32581.442	43272.216
②	21131.048	22208.953
③	20658.650	3308.380
④	20658.650	3308.380
⑤	13307.988	33024.265



▣ 단면제원

$B = 2000.000\,mm$
$H = 4200.000\,mm$
$A_g = 8400000.000\,mm^2$

▣ 사용철근

$A_{st} = 143897.600\,mm^2$

$P_{use} = 0.01713$

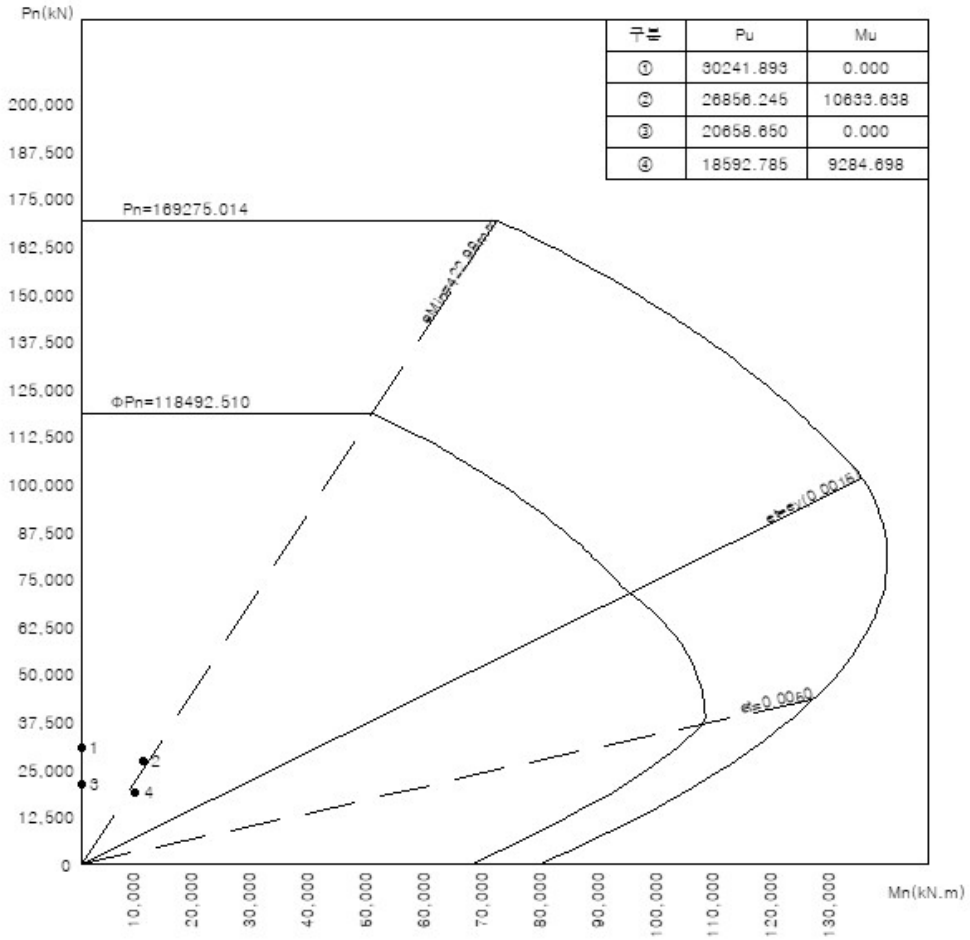
1단 : D29 − 116EA

2단 : D29 − 108EA

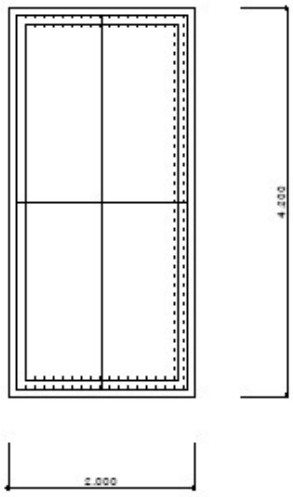
【그림 5.50】 교축직각방향 P-M상관도(P10)(부산)

② 교축방향

교축방향



구분	Pu	Mu
①	30241.893	0.000
②	26856.245	10633.638
③	20658.650	0.000
④	18592.785	9284.698



▣ 단면제원

B = 2000.000mm
H = 4200.000mm
A_g = 8400000.000mm^2

▣ 사용철근

A_{st} = 143897.600mm^2

P_{use} = 0.01713

1단 : D29 − 116EA

2단 : D29 − 108EA

【그림 5.51】교축방향 P-M상관도(P10)(부산)

사. 두부보, 기초 단면검토

1) 각 부재별 단면검토

【표 5.76】 각 부재별 단면검토 결과(P10)(부산)

구 분		H (mm)	피복 (mm)	필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	휨에 대한 검토		
						M_u (kN·m)	ΦM_n (kN)	안전율
두부보	좌측지점부	1800.0	100.0	14567.190	D25@100	6239.090	8813.159	1.412
	중앙부	1800.0	100.0	14567.190	D25@100	3430.300	8813.159	2.569
	우측지점부	1800.0	100.0	8342.599	D25@100	3591.660	8813.159	2.454
기초	교축방향	3000.0	100.0	76857.599	D32@100	56009.643	77678.461	1.387
	교직방향 지점부	3000.0	100.0	37070.355	D32@100	27237.045	83456.965	3.064
	교직방향 중앙부	3000.0	100.0	43958.295	D32@100	32259.000	83456.965	2.587

※ $f_{ck} = 24\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.80$

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

2) 각 부재별 사용성(균열) 검토

【표 5.77】 각 부재별 사용성(균열) 검토결과(P10)(부산)

구 분		인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	최외단 철근 평균간격(s) (㎜)	최외단 철근 최대중심간격(s_q) (㎜)	비고
두부보	좌측지점부	145.273	150.000	102.439	246.190	O.K
	중앙부	79.872	150.000	102.439	246.190	O.K
	우측지점부	83.630	150.000	102.439	296.790	O.K
기초	교축방향	149.079	150.000	99.259	318.245	O.K
	교직방향 지점부	66.930	150.000	100.690	941.275	O.K
	교직방향 중앙부	79.271	150.000	100.690	783.427	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

5.4.7 회야대교(부산) 교대(A2) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : 역T형 교대

② 상부구조형식 : PSC BEAM

③ 교량등급 : 1등교

④ 교대 총폭 : 16.550m

⑤ 교대 총높이 : 8.000m

⑥ 기초형식 : 직접기초

⑦ SKEW : 90.000°

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.000\,kN/m^3$

② 뒷채움재의 단위중량 : $\gamma_{s1} = 20.000\,kN/m^3$(토사)

③ 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.000\,kN/m^3$

④ 과재하중 : $q_l = 10.000\,kN/m$

⑤ 상부 고정하중 반력 : $R_d = 228.574kN/m$

⑥ 상부 활하중 반력 : $R_l = 100.375kN/m$

⑦ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.000$

3) 지반조건

① 뒷채움재의 내부마찰각 : $\Phi_1 = 25.000^\circ$

② 기초지반의 N치 : N = 50.000

③ 기초지반의 내부마찰각 : $\Phi_2 = 42.386^\circ$ $(\Phi_2 = 15 + \sqrt{15N})$

④ 기초지반의 점착력 : $c = 0.000\,kN/m^2$

4) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,636MPa

② 철근(SD300)

㉠ 항복강도(f_y) : 300MPa

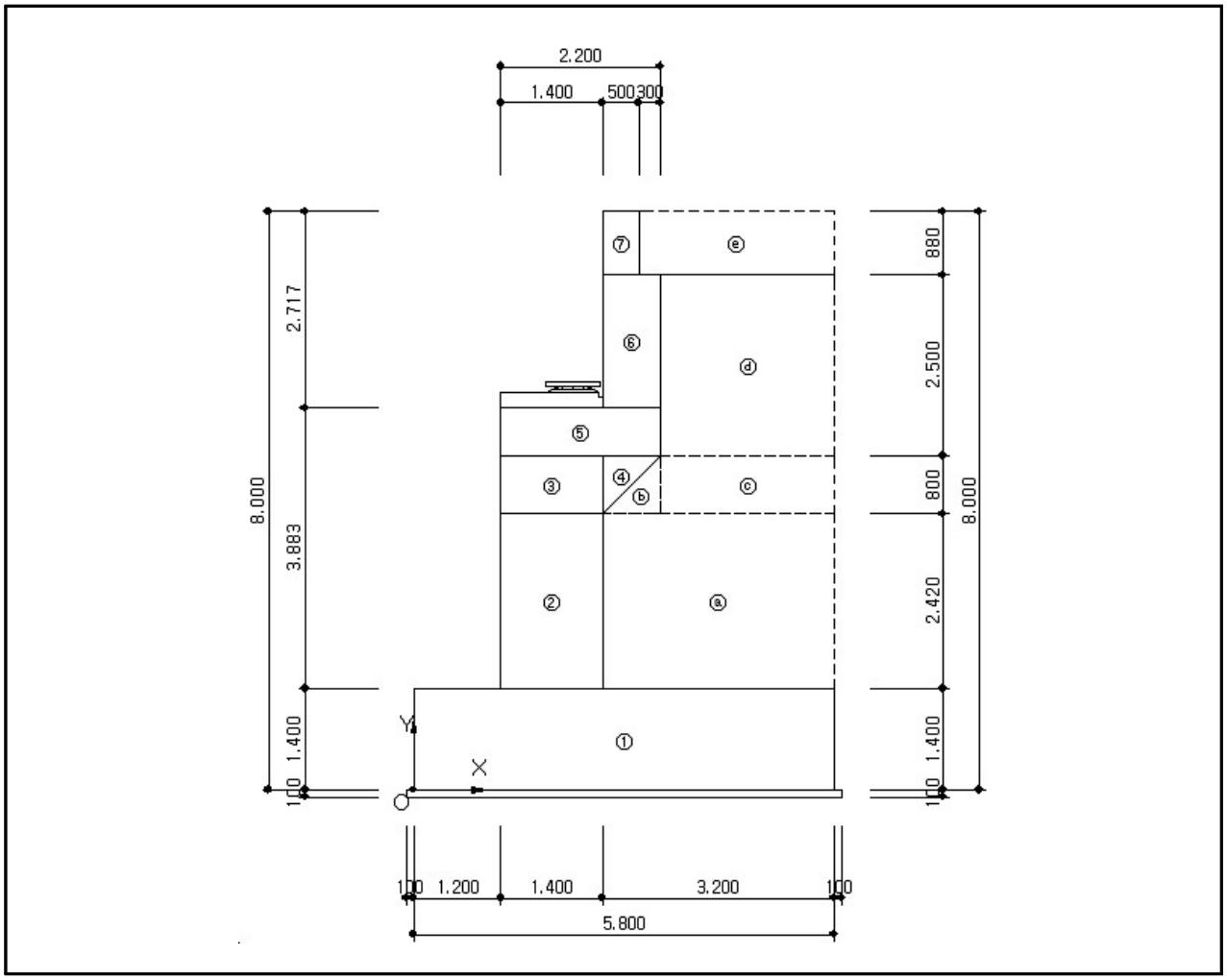
㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

5) 검토방법

① 안정성검토 : 허용응력설계법

② 단면검토 : 극한강도설계법

나. 해석단면



【그림 5.52】 해석단면(A2)(부산)

다. 하중산정

1) 교량받침

구 분	상부반력(kN)							계
	1	2	3	4	5	6	7	
고정하중	561.500	548.000	543.100	539.700	535.700	535.500	519.400	3,782.9
활하중	138.400	370.000	142.700	359.000	142.700	370.000	138.400	1,661.2

2) 자중(원점 0을 기준으로)

① 개별하중 산정

구 분	번 호	체적(A_i) (m^3)	단위중량(γ) (kN/m^3)	수직력(V_i) (kN)	수평력(H_i) (kN)
교대구체	①	5.800 × 1.400 = 8.120	25.000	203.000	15.631
	②	1.400 × 2.420 = 3.388	25.000	84.700	6.522
	③	1.400 × 0.800 = 1.120	25.000	28.000	2.156
	④	0.800 × 0.800 × 1/2 = 0.320	25.000	8.000	0.616
	⑤	2.200 × 0.663 = 1.459	25.000	36.474	2.808
	⑥	0.800 × 1.837 = 1.469	25.000	36.737	2.829
	⑦	0.500 × 0.880 = 0.440	25.000	11.000	0.847
	소계	= 16.316		407.911	31.409
뒷채움재	ⓐ	3.200 × 2.420 = 7.744	20.000	154.880	11.926
	ⓑ	0.800 × 0.800 × 1/2 = 0.320	20.000	6.400	0.493
	ⓒ	2.400 × 0.800 = 1.920	20.000	38.400	2.957
	ⓓ	2.400 × 2.500 = 6.000	20.000	120.000	9.240
	ⓔ	2.700 × 0.880 = 2.376	20.000	47.520	3.659
	소계	= 18.360		367.200	28.274
총 계				775.111	59.684

② 모멘트 산정

구 분	번 호	팔길이		모멘트	
		수평	수직	M_{xi}	M_{Yi}
		X_i(m)	Y_i(m)	kN·m	kN·m
교대 구체	①	2.900	0.700	588.700	10.942
	②	1.900	2.610	160.930	17.022
	③	1.900	4.220	53.200	9.098
	④	2.867	4.353	22.933	2.682
	⑤	2.300	4.952	83.890	13.906
	⑥	3.000	6.202	110.210	17.543
	⑦	2.850	7.560	31.350	6.403
	소계			1051.214	77.596
뒷채움재	ⓐ	4.200	2.610	650.496	31.126
	ⓑ	3.133	4.087	20.053	2.014
	ⓒ	4.600	4.220	176.640	12.478
	ⓓ	4.600	5.870	552.000	54.239
	ⓔ	4.450	7.560	211.464	27.662
	소계			1610.653	127.519
총 계				2661.867	205.115

③ 합력의 작용위치 산정

㉠ 교대구체

· X = 1051.214/407.911 = 2.577m

· Y = 77.596/31.409 = 2.470m

㉡ 뒷채움재

· X = 1610.653 / 367.200 = 4.386m

· Y = 127.519 / 28.274 = 4.510m

3) 배면토에 의한 토압

① 토압계수 산정

㉠ 평상시 주동토압계수(Rankine) : 안정검토시 적용

$$K_a = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}$$

㉡ 평상시 주동토압계수(Coulomb) : 단면검토시 적용

$$K_a = \frac{\cos^2(\Phi-\beta)}{\cos^2\beta \times \cos(\beta+\delta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\times\sin(\phi-\alpha)}{\cos(\beta+\delta)\times\cos(\beta-\alpha)}}\right]^2}$$

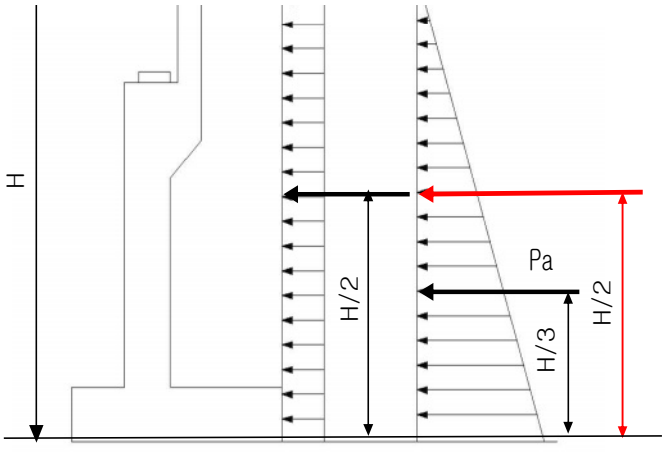
Φ = 뒷채움재의 내부마찰각(도)

α = 지표면과 수평면이 이루는 각(도)

β = 벽배면과 연직면이 이루는 각(도)

δ = 벽배면과 뒷채움재 사이의 벽면마찰각(도)

구 분	안정검토	단면검토
Φ	25.000	25.000
α	0.000	0.000
β	0.000	0.000
δ	0.000	8.333
K_a	0.406	0.377



② 안정검토시 토압(H=8.000m)

· $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta)$

$= 1/2 \times 0.406 \times 20.000 \times 8.000^2 \times \cos(0.000)$

$= 259.840\,kN$

· $Y = H/3 = 4.000m$: 작용중심높이

③ 단면검토시 토압(H=6.600m)

· $P_a = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos(\delta + \beta)$

$= 1/2 \times 0.377 \times 20.000 \times 6.600^2 \times \cos(8.333 + 0.000)$

$= 162.487kN$

· $Y = H/3 = 2.200m$: 작용중심높이

4) 상부구조에 의한 하중

① 상부반력에 의한 하중

- 고정하중 반력

· $R_d = 3782.900 \div 16.550 = 228.574kN/m$

- 활하중 반력

· $R_l = 1661.200 \div 16.550 = 100.375kN/m$

② 교량받침 마찰력에 의한 수평력

· $P_h = R_d \times \mu s \times \sin\theta$

$= 228.574 \times 0.000 \times \sin 90.0$

$= 0.000\,kN/m$

5) 뒷채움 지표면의 상재하중

① 상재하중에 의한 수직력

· $P_1 = 10.0000 \times 2.700 = 27.000\,kN$

② 상재하중에 의한 수평력

- 안정검토시 수평토압(H=8.000m)

· $P_{a1} = K_a \times q_l \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.406 \times 10.000 \times 8.000 \times \cos 0.000$

$= 32.480\text{kN}$

· $y = H/2 = 4.000\text{m}$: 작용중심높이

- 단면검토시 수평토압(H=6.361m)

· $P_{a2} = K_a \times q_l \times H \times \cos(\delta + \beta)$

$= 0.377 \times 10.000 \times 6.600 \times \cos 8.333$

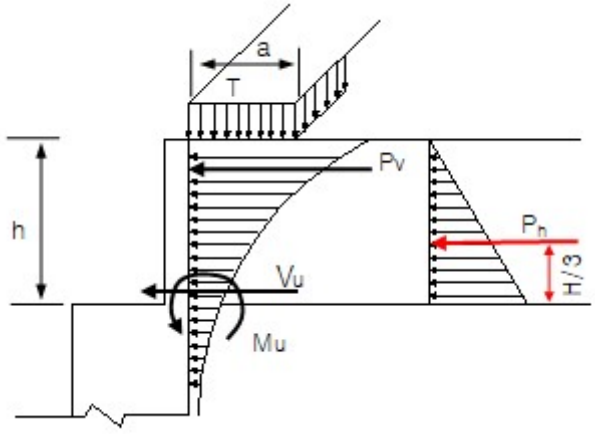
$= 24.619\text{kN}$

· $y = H/2 = 3.300\text{m}$: 작용중심높이

라. 각 부재별 단면검토

1) 각 부재별 단면력 산정

① 흉벽



· 윤하중에 의한 부재력

$P_v = 114.60 \times K_a$

$= 114.60 \times 0.377 = 43.204\text{kN}$

$M_p = 114.60 \times K_a \times (H - 0.36)$

$= 114.60 \times 0.377 \times (2.717 - 0.36) = 101.825\text{kN·m}$

· 토압에 의한 부재력

$P_h = 1/2 \times K_a \times \gamma \times H^2 \times \cos\delta$

$= 1/2 \times 0.377 \times 20.000 \times 2.717^2 \times \cos 8.333 = 27.533\,kN$

$M_e = 1/3 \times H \times P_h$

$= 1/3 \times 2.717 \times 27.533 = 24.935\,kN\cdot m$

· 설계 단면력 산정

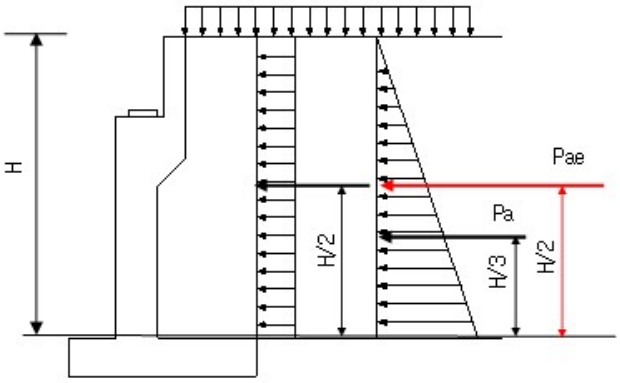
$V_u = 1.70 \times P_V + 1.70 \times P_h$

$= 1.70 \times 43.204 + 1.70 \times 27.533 = 120.254\,kN$

$M_u = 1.70 \times M_p + 1.70 \times M_e$

$= 1.70 \times 101.825 + 1.70 \times 24.935 = 215.492\,kN\cdot m$

② 벽체



㉠ 작용하중 집계

구 분	수평력(kN)	작용거리(m)	하중계수	전단력(kN)	모멘트(kN·m)
① 배면토압	162.487	2.200	1.700	276.228	607.701
② 뒷채움 상재하중	24.619	3.300	1.700	41.852	138.113
③ 교량받침 마찰력	-	4.283	1.300	-	-

㉡ 설계 단면력 산정

구 분	전단력(kN)	모멘트(kN·m)	비 고
설계 단면력(H=10.000m)	318.080	745.814	

2) 각 부재별 단면검토

【표 5.78】각 부재별 단면검토 결과(A2)(부산)

구 분	H (mm)	필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	휨에 대한 검토			전단에 대한 검토		
				M_u (kN·m)	ΦM_n (kN)	안전율	V_u (kN·m)	ΦV_C (kN)	안전율
전면저판	1400	875.114	D19@125	288.664	749.948	O.K (2.598)	464.380	849.156	O.K (1.829)
후면저판	1400	1815.45	D22@125	595.643	1008.608	O.K (1.693)	215.956	849.156	O.K (3.932)
벽체	1400	2279.2	D22@125	745.814	1008.608	O.K (1.352)	318.080	849.156	O.K (2.669)
흉벽	800	1188.12	D16@125	215.492	286.971	O.K (1.352)	120.254	470.302	O.K (3.911)

※ $f_{ck} = 24\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.80$

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

3) 각 부재별 사용성(균열) 검토

【표 5.79】각 부재별 사용성(균열) 검토결과(A2)(부산)

구 분	인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	최외단 철근 평균간격(s) (㎜)	최외단 철근 최대중심간격(s_q) (㎜)	비고
전면저판	64.247	150	125	980.591	O.K
후면저판	61.765	150	125	1019.999	O.K
벽체	115.811	150	125	457.486	O.K
흉벽	117.511	150	125	490.148	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

5.4.8 회야대교(부산) 교각(P21) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

① 하부구조형식 : 다주식 교각

② 상부구조형식 : PSC BEAM

③ 교량등급 : 1등교

④ 기초형식 : 직접기초

2) 하중

① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.0 kN/m^3$

② 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.0 kN/m^3$

③ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.15$

3) 사용재료

① 콘크리트

㉠ 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa(코핑부, 기둥, 기초)

㉡ 탄성계수(E_c) : 26,636MPa(코핑부, 기둥, 기초)

② 철근(SD300)

㉠ 항복강도(f_y) : 300MPa(코핑부, 기둥, 기초)

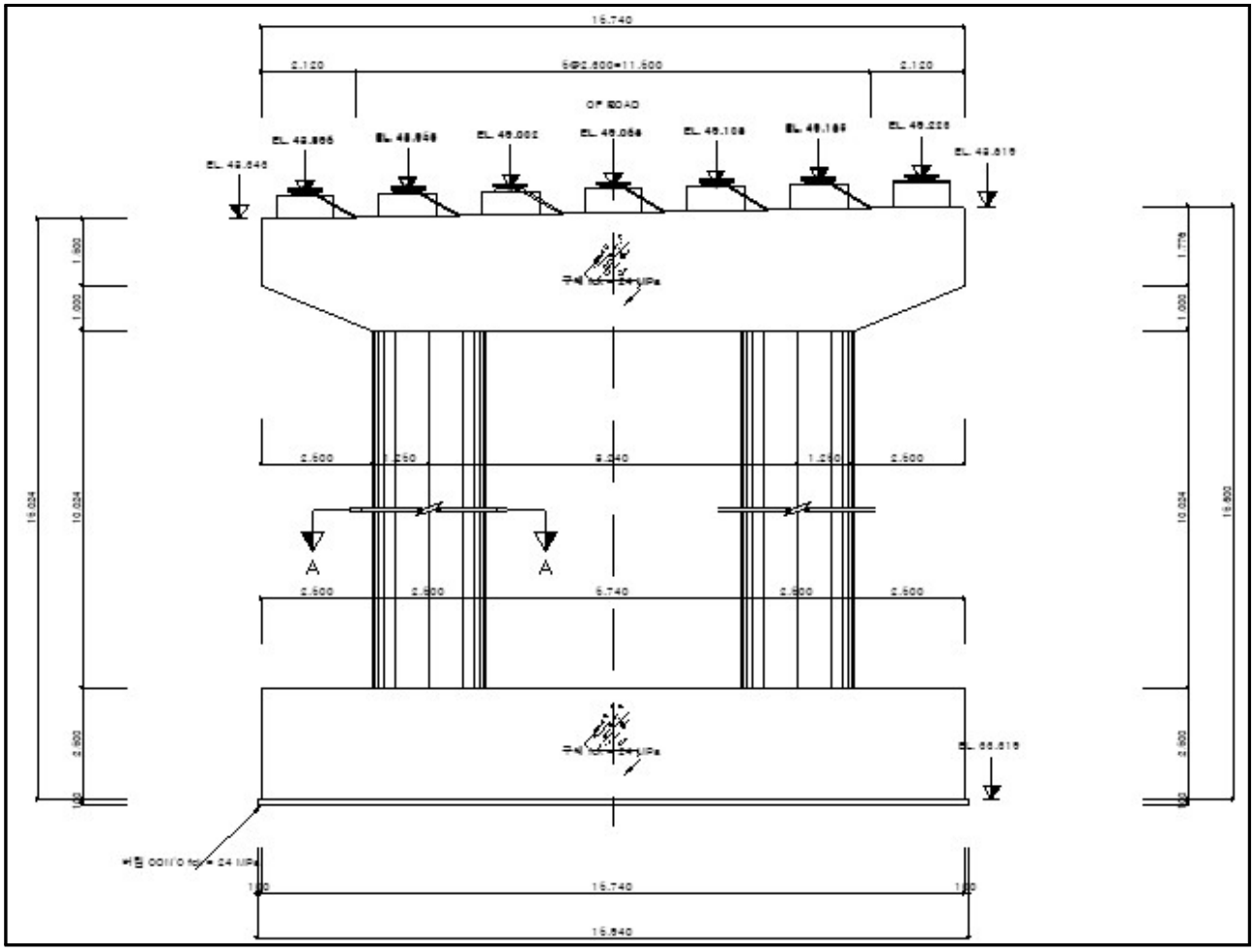
㉡ 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

4) 검토방법

① 안정성검토 : 허용응력 설계법

② 단면검토 : 극한강도 설계법

나. 해석단면



【그림 5.53】 해석단면(P21)(부산)

다. 하중산정

1) 상부반력 및 교각 자중

교좌 번호	고정하중(D)	활하중(L) 만재하시(L1)	교좌 번호	고정하중(D)	활하중(L) 만재하시(L1)
1	763.300	118.300	8	763.300	118.300
2	780.400	227.800	9	780.400	227.800
3	767.800	127.600	10	767.800	127.600
4	762.800	222.800	11	762.800	222.800
5	758.200	127.600	12	758.200	127.600
6	759.000	227.800	13	759.000	227.800
7	709.300	118.300	14	709.300	118.300
계				10601.600	2340.400

※ 교각 자중은 25.0kN/m^3의 값을 프로그램에서 자동 재하

2) 풍하중

① 교축직각방향(W-TR)

㉠ 상부구조에 작용하는 풍하중

· B/D = 15.750 / 3.330 = 4.730 [1 ≤ B/D < 8]

· W = [4.0 − 0.2 × (15.750 / 3.330)] ×3.330 = 10.170kN/m ≥ 6.0이므로

= 10.170kN/m

· P_{w1} = 10.170 × (30.065 + 30.045) / 2 × sin90.0

= 305.659kN

· 작용위치 h = 3.330/ 2 + 0.400 +0.500 = 2.815m

· 작용모멘트 $M_{w1} = P_{w1} \times h$ = 305.659 ×2.815 = 860.431kN·m

㉡ 하부구조에 작용하는 풍하중

· W′copping = 3.000 × 2.500 × 2.800 = 21.000kN

· W′ column = 1.500 × 2.500 = 3.750kN/m(풍상측)

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

② 교축방향(W-LO)

㉠ 하부구조에 작용하는 풍하중

· W′copping = 116.726kN(Copping 높이에 따라 재하)

· W′ column = 1.500 ×2.500 = 3.750kN/m

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

3) 활하중에 작용하는 풍하중

활하중에 재하되는 풍하중에 대하여는 교면상 1.5m 위치에서 1500.000N/m의 풍하중이 재하되는 것으로 한다.

· P_h = 1.500 × (30.065 + 30.045) / 2 × sin90.0 = 45.082kN

· 작용위치 h = 2.618 + 1.500 +0.750 = 4.868m

· 작용모멘트 $M_y = P_{w2} \times h$ = 45.082 ×4.868 = 219.443kN·m

4) 온도하중

㉠ 교축직각방향(G-TR)

· 연평균 온도변화차 ΔT = 10℃ 적용

㉠ 교축방향(G-LO)

· 고정단이므로 교량받침 마찰력에 의한 수평력은 고려하지 않는다.

: 일반적으로 고정단에서도 교량받침의 마찰력보다는 지진시의 상부구조에 의한 수평력이 크기 때문에 지진시의 수평력을 고려한다.

라. 하중조합

1) 사용하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
SVB01	1.00	1.00							1.00
SVB02	1.00		1.00						1.00
SVB03	1.00			1.00					1.00
SVB04	1.00				1.00				1.00
SVB05	1.00	1.00			0.50	1.00			1.00
SVB06	1.00		1.00		0.50	1.00			1.00
SVB07	1.00			1.00	0.50	1.00			1.00
SVB08	1.00	1.00					1.00	1.00	1.00
SVB09	1.00	1.00					-1.00	1.00	1.00
SVB10	1.00		1.00				1.00	1.00	1.00
SVB11	1.00		1.00				-1.00	1.00	1.00
SVB12	1.00			1.00			1.00	1.00	1.00
SVB13	1.00			1.00			-1.00	1.00	1.00
SVB14	1.00				1.00		1.00	1.00	1.00
SVB15	1.00				1.00		-1.00	1.00	1.00
SVB16	1.00	1.00			0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB17	1.00	1.00			0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB18	1.00		1.00		0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB19	1.00		1.00		0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB20	1.00			1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00
SVB21	1.00			1.00	0.50	1.00	-1.00	1.00	1.00
SVB22	1.00								1.00

※ D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

W : 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL : 차량활하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

CO : 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

G : 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

Q : 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

2) 계수하중 검토시

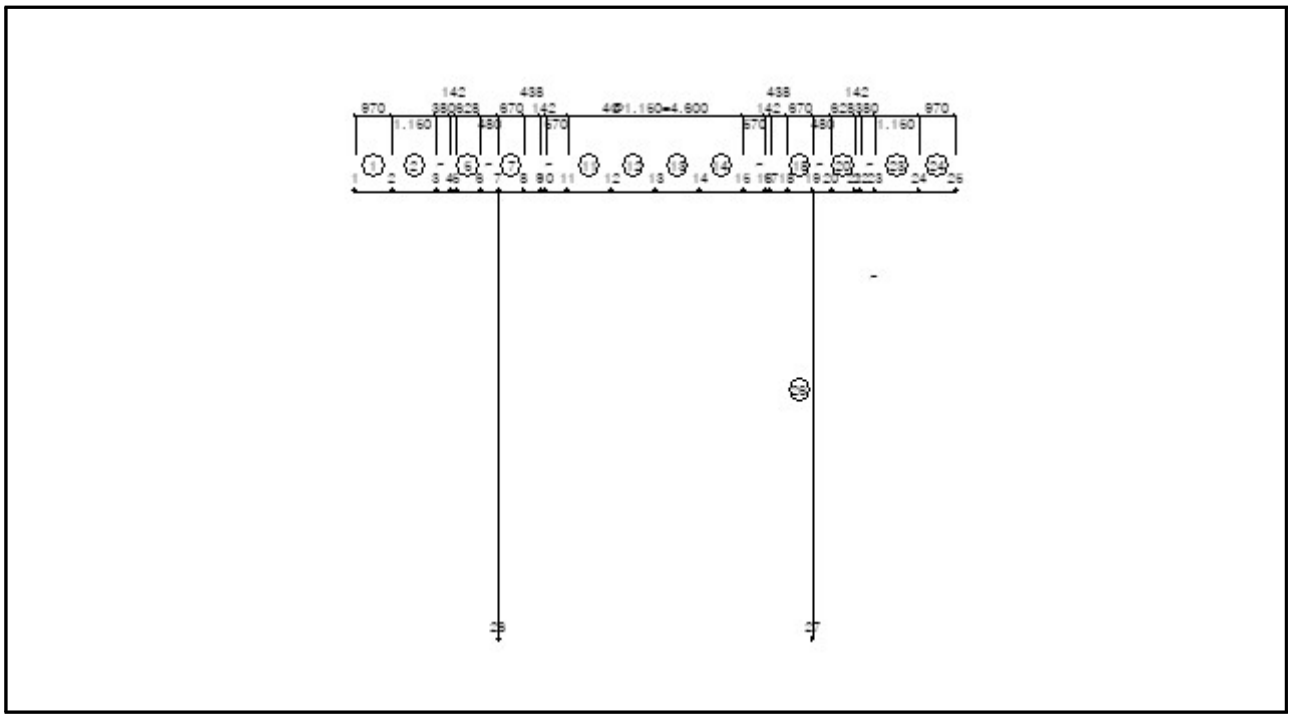
구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
ULB01	1.30	2.15							1.30
ULB02	1.30		2.15						1.30
ULB03	1.30			2.15					1.30
ULB04	1.30				1.30				1.30
ULB05	1.30	1.30			0.65	1.30			1.30
ULB06	1.30		1.30		0.65	1.30			1.30
ULB07	1.30			1.30	0.65	1.30			1.30
ULB08	1.30	1.30					1.30	1.30	1.30
ULB09	1.30	1.30					-1.30	1.30	1.30
ULB10	1.30		1.30				1.30	1.30	1.30
ULB11	1.30		1.30				-1.30	1.30	1.30
ULB12	1.30			1.30			1.30	1.30	1.30
ULB13	1.30			1.30			-1.30	1.30	1.30
ULB14	1.25				1.25		1.25	1.25	1.25
ULB15	1.25				1.25		-1.25	1.25	1.25
ULB16	1.25	1.25			0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB17	1.25	1.25			0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB18	1.25		1.25		0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB19	1.25		1.25		0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB20	1.25			1.25	0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
ULB21	1.25			1.25	0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
ULB22	1.00								1.00
ULB23	1.30	1.30							1.30
ULB24	1.30		1.30						1.30
ULB25	1.30			1.30					1.30
ULB26	1.20				1.20				1.20

3) 계수하중 검토시(최대편심)

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	Q
UEB01	1.00	2.15							1.30
UEB02	1.00		2.15						1.30
UEB03	1.00			2.15					1.30
UEB04	1.00				1.30				1.30
UEB05	1.00	1.30			0.65	1.30			1.30
UEB06	1.00		1.30		0.65	1.30			1.30
UEB07	1.00			1.30	0.65	1.30			1.30
UEB08	1.00	1.30					1.30	1.30	1.30
UEB09	1.00	1.30					-1.30	1.30	1.30
UEB10	1.00		1.30				1.30	1.30	1.30
UEB11	1.00		1.30				-1.30	1.30	1.30
UEB12	1.00			1.30			1.30	1.30	1.30
UEB13	1.00			1.30			-1.30	1.30	1.30
UEB14	0.95				1.25		1.25	1.25	1.25
UEB15	0.95				1.25		-1.25	1.25	1.25
UEB16	0.95	1.25			0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB17	0.95	1.25			0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB18	0.95		1.25		0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB19	0.95		1.25		0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB20	0.95			1.25	0.62	1.25	1.25	1.25	1.25
UEB21	0.95			1.25	0.62	1.25	-1.25	1.25	1.25
UEB22	1.00								1.00
UEB23	1.00	1.30							1.30
UEB24	1.00		1.30						1.30
UEB25	1.00			1.30					1.30
UEB26	0.90				1.20				1.20

마. 구조해석

1) 해석모델링



【그림 5.54】 해석모델링(P21)(부산)

2) 절점 좌표

절점	X	Z	절점	X	Z	절점	X	Z
1	0.000	11.774	10	5.000	11.774	19	11.990	11.774
2	0.970	11.774	11	5.570	11.774	20	12.470	11.774
3	2.120	11.774	12	6.720	11.774	21	13.098	11.774
4	2.500	11.774	13	7.870	11.774	22	13.240	11.774
5	2.642	11.774	14	9.020	11.774	23	13.620	11.774
6	3.270	11.774	15	10.170	11.774	24	14.770	11.774
7	3.750	11.774	16	10.740	11.774	25	15.740	11.774
8	4.420	11.774	17	10.882	11.774	26	3.750	0.000
9	4.858	11.774	18	11.320	11.774	27	11.990	0.000

3) 단면제정수 산정

【표 5.80】 단면제정수 산정(P21)(부산)

구 분	B(m)	H(m)	A(m^2)	I22(m^4)	I33(m^4)	적용 절점
①	2.800	1.500	4.200	0.960400	0.275625	1
②	2.800	1.776	4.973	1.137114	0.457482	25
③	2.800	1.888	5.286	1.208823	0.549605	2
④	2.800	2.164	6.059	1.385537	0.827593	24
⑤	2.800	2.348	6.574	1.503346	1.057156	3
⑥	2.800	2.546	7.129	1.630119	1.347783	4~8
⑦	2.800	2.578	7.218	1.650607	1.399244	23
⑧	2.800	2.592	7.258	1.659571	1.422164	9~12
⑨	2.800	2.638	7.386	1.689023	1.499233	13, 14
⑩	2.800	2.684	7.515	1.718476	1.579037	15~18
⑪	2.800	2.730	7.644	1.747928	1.661624	19~22
⑫	2.500	0.000	4.909	1.342233	1.342233	기둥상단
⑬	2.500	0.000	4.909	1.342233	1.342233	기둥하단

바. 기둥 단면검토

1) 부재력 집계 : 기둥 하단

【표 5.81】 부재력 집계(P21)(부산)

구 분		P_e(kN)	P_u(kN)	M1(kN·m	M2(kN·m	V(kN)	Δ(m)	비 고
교축 직각 방향	ULO01	-10613.256	-13127.058	421.136	-902.925	-132.089	-0.00012	축력최대
	ULO15	-10205.054	-9779.429	-1901.736	2370.220	-449.666	0.00145	모멘트최대
	UEO15	-7755.841	-7330.216	-1710.408	2279.638	-421.543	0.00148	편심최대
교축 방향	ULB01	-10613.256	-13127.058	-363.955	-363.975	-0.002	0.00069	축력최대
	ULB04	-10466.209	-10466.209	-392.802	-1414.261	126.335	0.00189	모멘트최대
	UEB26	-7245.837	-7245.837	-301.128	-1243.938	116.609	0.00163	편심최대

※ P_e : 장기지속축력(= 고정하중에 의한 축력 × 고정하중 계수)

P_u : 전체 축력 , M1 , M2 : 기둥 상단, 하단 모멘트

V_u : 전단력 , △ : 기둥 상단의 변위량

2) 기둥 단면검토

【표 5.82】 기둥 단면검토 결과(P21)(부산)

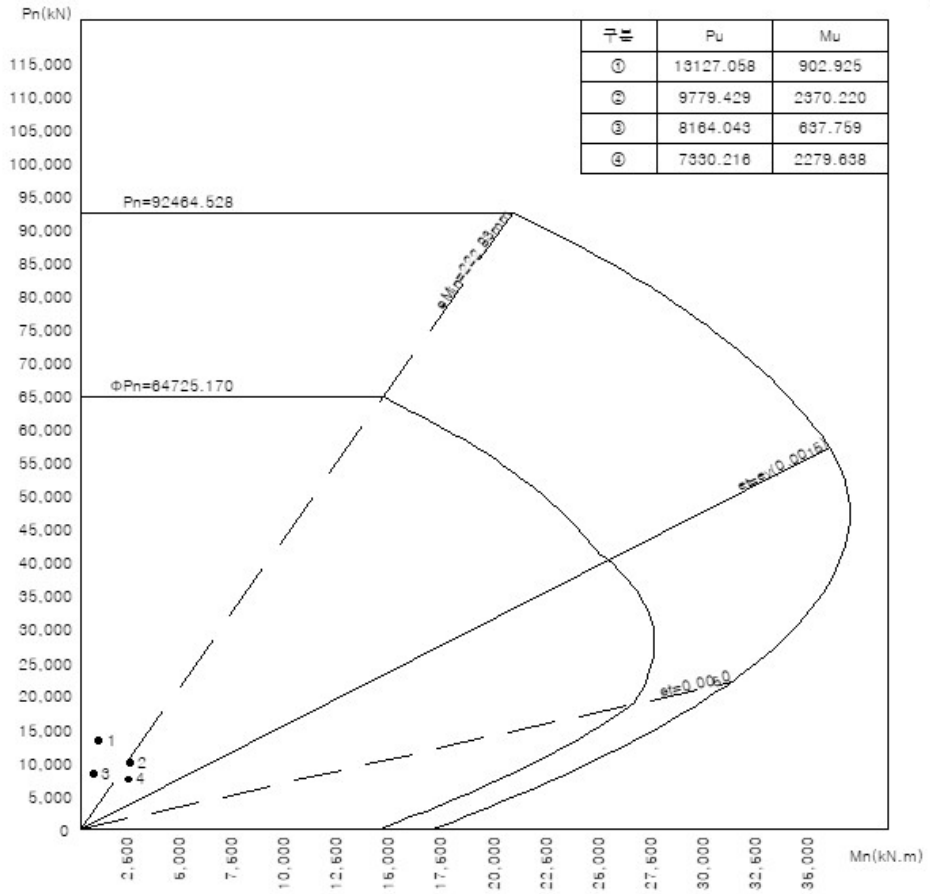
구 분		P_u(kN)	ΦP_n(kN)	M_u(kN·m)	ΦM_n(kN·m)	안전율	비 고
교축직각방향	축력최대	13127.058	64725.168	902.925	4452.323175	4.931	O.K
	모멘트최대	9779.429	63331.510	2370.220	15349.54472	6.476	O.K
	편심최대	7330.216	58528.528	2279.638	18202.90943	7.985	O.K
교축방향	축력최대	13127.058	64725.168	363.975	1794.760725	4.931	O.K
	모멘트최대	10466.209	64725.168	1414.261	8745.790024	6.184	O.K
	편심최대	7245.837	64725.168	1243.938	11112.09815	8.933	O.K
- f_{ck} = 24MPa, f_y = 300MPa, k_1 = 0.85, Φ_c = 0.70							

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

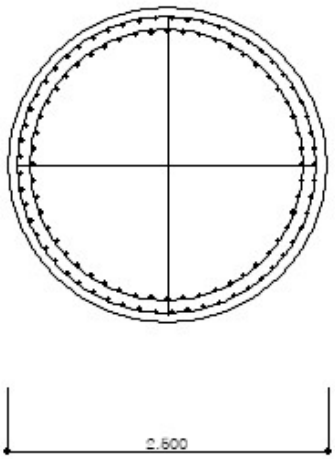
3) P-M 상관도

① 교축직각방향

교축직각방향



구분	Pu	Mu
①	13127.058	902.925
②	9779.429	2370.220
③	8164.043	637.759
④	7330.216	2279.638



▣ 단면제원

$R = 1250.000\,\mathrm{mm}$

$A_g = 4908738.521\,\mathrm{mm}^2$

▣ 사용철근

$A_{st} = 55230.300\,\mathrm{mm}^2$

$P_{use} = 0.01125$

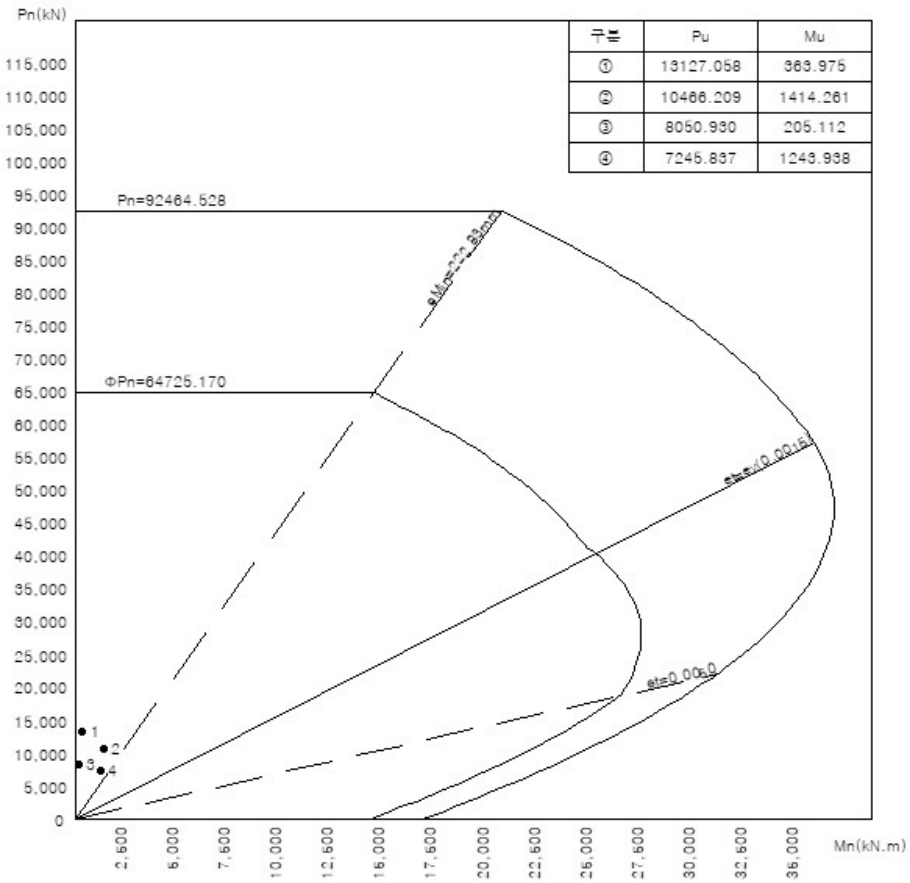
1단 : D25 − 57EA

2단 : D25 − 52EA

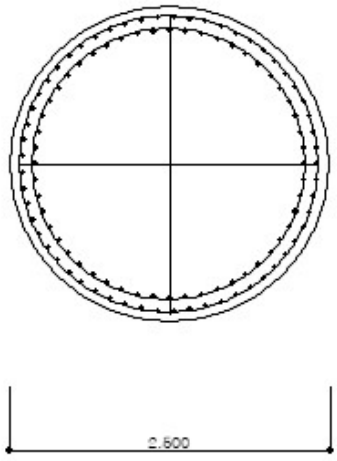
【그림 5.55】교축직각방향 P-M상관도(P21)(부산)

② 교축방향

교축방향



구분	Pu	Mu
①	13127.058	963.975
②	10466.209	1414.261
③	8050.930	205.112
④	7245.837	1243.938



▣ 단면제원

$R = 1250.000\,\mathrm{mm}$

$A_g = 4908738.521\,\mathrm{mm}^2$

▣ 사용철근

$A_{st} = 55230.300\,\mathrm{mm}^2$

$P_{use} = 0.01125$

1단 : D25 − 57EA

2단 : D25 − 52EA

【그림 5.56】교축방향 P-M상관도(P21)(부산)

사. 두부보, 기초 단면검토

1) 각 부재별 단면검토

【표 5.83】 각 부재별 단면검토 결과(P21)(부산)

구 분		H (mm)	피복 (mm)	필요철근량 (mm^2)	사용철근량 (mm^2)	휨에 대한 검토		
						M_u (kN·m)	ΦM_n (kN)	안전율
두부보	좌측지점부	2500.0	100.0	5520.909	D25@127 D25@127	3287.994	13027.307	3.962
	중앙부	2638.0	100.0	6611.879	D29@127	4249.867	9012.855	2.121
	우측지점부	2500.0	100.0	6342.865	D25@127 D25@127	3774.021	13027.307	3.452
기초	교축방향	2500.0	100.0	22757.256	D29@123	13865.748	49137.004	3.544
	교직방향 지점부	2500.0	100.0	9582.917	D29@125	5843.222	24384.487	4.173
	교직방향 중앙부	2500.0	100.0	8484.362	D29@125	5175.558	24384.487	4.711

※ $f_{ck} = 24\,MPa$, $f_y = 300\,MPa$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.80$

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

2) 각 부재별 사용성(균열) 검토

【표 5.84】 각 부재별 사용성(균열) 검토결과(P21)(부산)

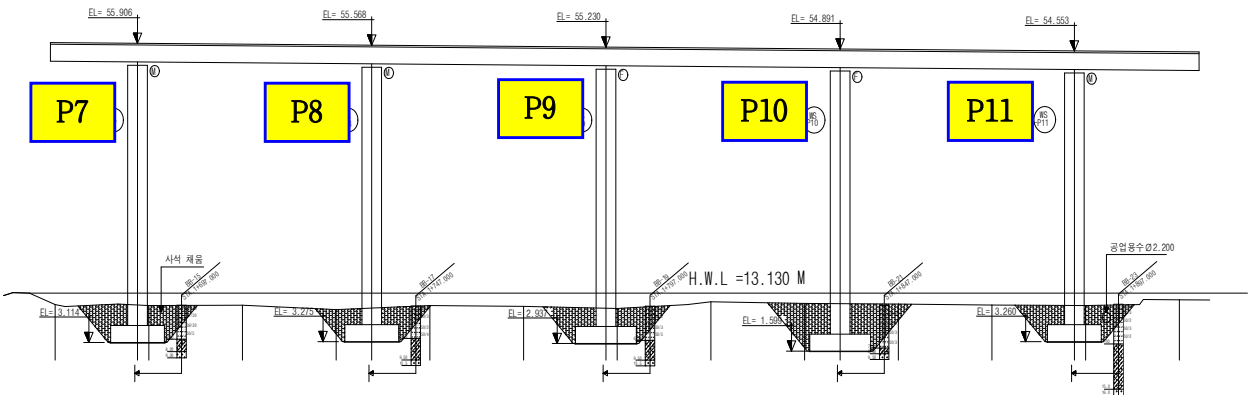
구 분		인장응력(f_s) (MPa)	허용응력(f_{sa}) (MPa)	최외단 철근 평균간격(s) (㎜)	최외단 철근 최대중심간격(s_q) (㎜)	비고
두부보	좌측지점부	53.250	150.000	127.273	1183.107	O.K
	중앙부	96.671	150.000	127.273	600.870	O.K
	우측지점부	63.566	150.000	127.273	991.100	O.K
기초	교축방향	55.105	150.000	123.937	1143.282	O.K
	교직방향 지점부	47.614	150.000	126.984	1323.140	O.K
	교직방향 중앙부	42.983	150.000	126.984	1465.697	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록. 참조

5.5 세굴에 대한 안전성평가

5.5.1 개요

본 교량의 수상구간은 S7~S11로 회야강을 횡단하며 회야대교(울산, 부산) 하천구간의 평수위는 1.0m 내외로 비교적 얕은 수심을 유지하고 있으며 수질의 탁도가 높지 않아 기초 및 하상구간의 외관조사는 도보로 실시하였다.





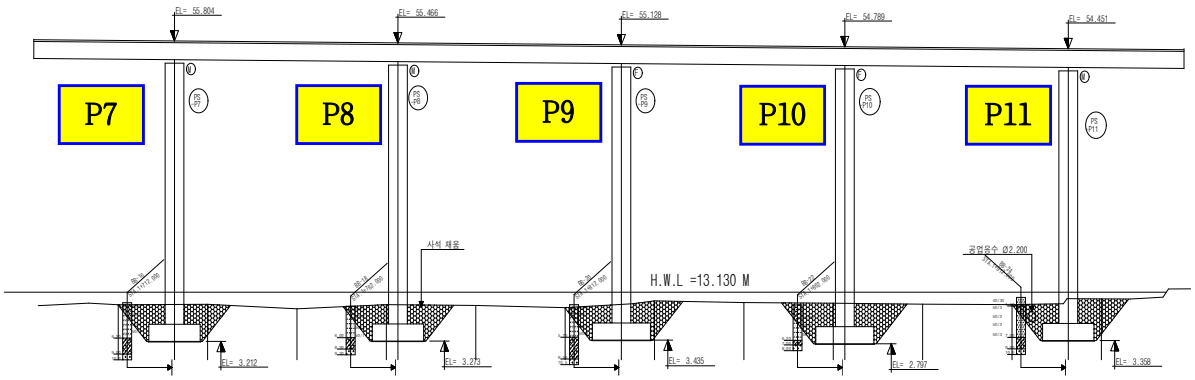


구분	전면	배면	좌측면	우측면
P7	20	30	30	20
P8	80	80	70	30
P9	50	40	50	30
P10	-	-	-	-
P11	-	-	-	-

수상구간 위치도 및 측정현황(울산)

교각별 하상상태 현황(교각코핑상단)(울산)							준공대비 하상상태 (m)
구분	준공도면			금회진단			
	총깊이(m)	노출깊이(m)	잔류깊이(m)	총깊이(m)	노출깊이(m)	잔류깊이(m)	
P7	48.900	42.167	6.733	48.900	42.967	5.933	-0.80
P8	48.400	42.441	5.959	48.400	43.191	5.209	-0.75
P9	48.400	42.054	6.346	48.400	42.854	5.546	-0.80
P10	49.400	41.001	8.399	49.400	41.401	7.999	-0.40
P11	47.400	40.978	6.422	47.400	41.278	6.122	-0.30

※ 회야대교(울산)는 평균교고가 약 50.0m로서 높이 측정시 약간의 오차가 있을 수 있음.







구분	전면	배면	좌측면	우측면
P7	30	50	60	40
P8	70	80	60	60
P9	40	40	40	30
P10	-	-	-	-
P11	-	-	-	-

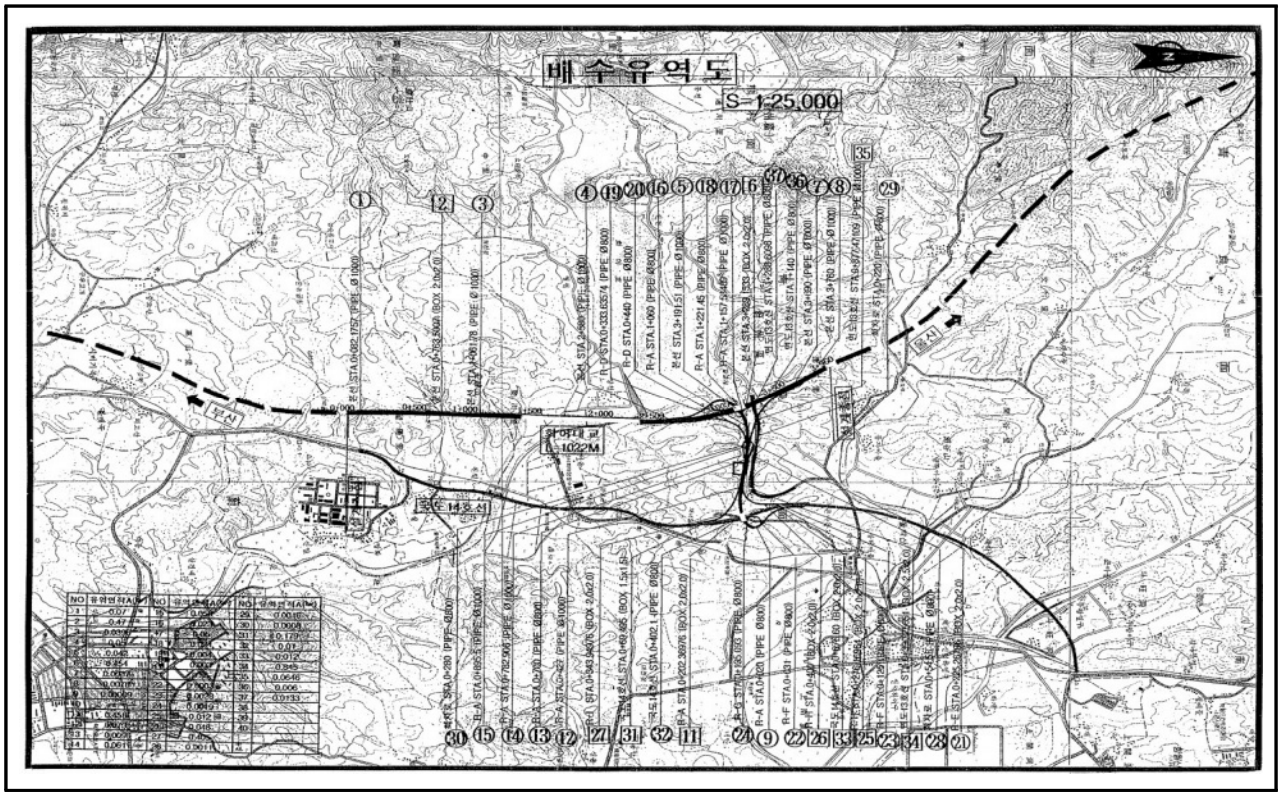
수상구간 위치도 및 측정현황(부산)

교각별 하상상태 현황(교각코핑상단)(부산)							준공대비 하상상태 (m)
구분	준공도면			금희진단			
	총깊이(m)	노출깊이(m)	잔류깊이(m)	총깊이(m)	노출깊이(m)	잔류깊이(m)	
P7	48.700	42.216	6.484	48.700	42.916	5.784	-0.70
P8	48.300	41.987	6.313	48.300	42.687	5.613	-0.70
P9	47.800	41.069	6.731	47.800	41.719	6.081	-0.65
P10	48.100	41.072	7.028	48.100	41.522	6.578	-0.45
P11	47.200	39.897	7.303	47.200	40.247	6.953	-0.35

※ 회야대교는 평균교고가 약 50.0m로서 높이 측정시 약간의 오차가 있을 수 있음.

5.5.2 세굴심 평가

하천(해상)을 횡단하는 공용 중인 교량에 대해 세굴을 포함한 기초안전성에 대해 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편)』(2022)에 따라 검토를 실시하여야 한다.



가. 세굴심의 평가 자료분석

1) 기초자료 검토

건설당시 회야대교 건설에 따른 수리적 변화량

하천	측점 (No.)	거리 (m)	계획하폭 (m)	제방고(EL.m) 좌안	제방고(EL.m) 우안	계획홍수량 (m^3/sec)	'91년 기본계획 홍수위 (EL.m)	회야대교 설치전 홍수위 (EL.m)	회야대교 설치전 유속 (m/sec)	회야대교 설치후 홍수위 (EL.m)	회야대교 설치후 유속 (m/sec)	비 고
회야강	59	-	120	13.35	山	770	12.09	12.09	2.46	12.09	2.46	
	60	180	120	14.15	山	〃	12.25	12.36	2.15	12.36	2.15	
	61	240	95	14.98	11.82	〃	12.33	12.53	3.05	12.53	3.05	
	62	220	125	13.57	12.85	〃	13.04	13.11	2.08	13.11	2.08	
	62+30	30	-	-	-	〃	-	13.22	1.67	13.22	1.67	
	62+70	40	-	-	-	〃	-	13.25	1.57	13.26	1.57	회야대교설치지점
	62+100	30	-	-	-	〃	-	13.26	1.64	13.27	1.64	
	63	110	95	-	-	〃	13.16	13.20	3.08	13.21	3.07	
	63+140	140	105	山	山	〃	14.96	14.95	4.40	14.95	4.40	
	64	100	90	山	山	〃	16.05	16.05	4.73	16.05	4.73	회야댐지점

2) 검토 범위

① 울산시 청량면 소재 회야강(준용하천) 지내

- 수리검토 : 회야대교 설치지점 상·하류 L=1,000m 구간
- 공용중 교량의 하상세굴 검토

유역의 특성					
하천	주요지점	유역면적 (㎢)	유로연장 (km)	유역평균폭 (A/L,km)	형상계수 (A/L^2)
회야강	회야댐 지점	127.00	28.60	4.4	0.16
	남창천 합류전	148.38	37.33	4.0	0.11
	회야강 하구	220.80	41.73	5.3	0.13

하상경사			
하천	주요구간별		하상구배
	구간	측점(No.)	
회야강	덕신교 지점 ~ 회야댐 지점	No.39 ~ No.65	1/300

연평균 강우량			
하천	산정방법	연평균 강우량(mm)	비고
회야강	명곡, 금곡, 상북, 울산관측소의 월별 광유량을 면적비에 의하여 산정	1,390.6	

기본홍수량 및 계획홍수량				
하천	산정지점	홍수량(㎥/sec)		비고
		기본홍수량	계획홍수량	
회야강	회야댐 지점	980	770	
	남창천 합류전	1,060	820	
	회야강 하구	1,420	1,240	

기점 홍수위					
하천	지점	측점	홍수량 (㎥/sec)	기점수위 (EL.m)	비고
회야강	회야강 하구	No.0	1,240.0	0.255	계획빈도 50년
	금회 검토구간	No.59	770.0	12.09	

조도계수			
하천	적용구간	조도계수	비고
회야강	No.59 ~ No.62	0.029	・회야대교 계획 지점: No.62+70 ・회야댐 지점 : No.64
	No.63 ~ No.64	0.033	

나. 세굴심의 평가기준

1) 하천설계기준(2009)에 의한 세굴평가

① 세굴평가 적용범위

㉠ 교량 등의 하천구조물 설치 시 본 절의 기준을 적용하여 단기간 국부세굴을 포함한 각종 세굴에 대하여 평가하고 안전대책을 강구하여야 한다.

㉡ 세굴평가의 적용범위는 제방 및 하상 안전에 영향을 미칠 수 있는 하천 내 시설물이다.

② 세굴평가

㉠ 세굴평가는 조석의 유무에 따라 실시한다.

- 조석의 영향을 받지 않는 하천 내 장·단기간의 세굴 평가
- 하구언 등 조석의 영향을 받는 지역 내 교량 등 하천시설물 설치에 따른 세굴을 평가

㉡ 조석의 영향이 없는 경우의 홍수사상의 선정 기준은 다음과 같다.

- 100년 빈도 홍수량이 200㎥/sec 미만의 경우 50년 빈도 이상의 홍수사상
- 100년 빈도 홍수량이 200㎥/sec 이상 2000㎥/sec 미만의 경우 100년 이상 빈도의 홍수사상
- 100년 빈도 홍수량이나 기왕최대 홍수량이 2000㎥/sec 이상일 경우에는 500년 빈도의 홍수량

㉢ 세굴평가를 위해서는 각종 세굴공식의 적용, 수리실험 및 실시간 현장계측 등을 적용한다.

③ 조석의 영향이 없는 경우

㉠ 홍수사상 선정

- 교량설치에 따른 세굴 검토를 위한 빈도는 홍수량에 따른다. 만약 500년 빈도 홍수량을 결정하기 어려운 경우에는 100년 빈도 홍수량의 1.7배 유량을 500년 빈도 홍수량으로 사용 할 수 있다.

㉡ 수면형의 결정

- 최대 세굴을 발생시킨다고 판단되는 유량에 대한 수면형을 결정한다.
- 수치모형을 사용할 경우 국·내외에서 널리 이용되는 모형을 선택하는 것이 바람직하며 특정하천에 이용하려면 활용 가능한 검증자료의 유무를 확인하고, 검증자료가 있는 경우라면 검증을 거친 후 사용하도록 한다.

㉢ 세굴량 산정 및 평가

- 세굴량은 하상상승 및 하상저하, 수축세굴, 국부세굴로 구분하여 산정하고 이를 합한 것으로 한다.
- 설치되는 교각의 폭이 3m 이상이고 홍수시의 수심이 9m 이상이거나 홍수 시 유속이 3m/sec 이상일 경우에는 세굴 실험을 통하여 세굴량을 산정하여야 한다. 또한, 공식을 사용하는 경우일지라도 공식 적용상 어려움이 있거나 계산 결과에 대하여 불확실성이 큰 경우에는 세굴 실험을 통하여 세굴량을 산정 하여야 한다.

- 수축세굴은 아래의 Laursen의 공식을 사용하여 세굴량을 산정한다. 그러나 교각주위의 세굴량 산정 시 단면 수축이 심각하지 않은 경우에는 수축세굴 계산을 생략 할 수 있으며 흐름입사각이 교각이나 교대의 설치 방향과 일치하지 않는 경우에는 흐름입사각에 대하여 보정을 해야 한다. 이때 사용되는 보정계수는 아래의 국부세굴 산출시의 보정계수를 사용한다.

$$y_s = y_2 - y_1, \quad \frac{y_2}{y_1} = \left[\frac{Q_2}{Q_1}\right]^{6/7}\left[\frac{W_1}{W_2}\right]^{k_1}\left[\frac{n_2}{n_1}\right]^{k_2}$$

여기서,
y_s : 수축 세굴심(m)
y_1 : 상류부 주수로의 평균수심(m)
y_2 : 수축단면의 평균수심(m)
Q_1 : 토사를 운송하는 상류부 수로의 유량(㎥/sec)
Q_2 : 수축부 수로의 유량(㎥/sec)
W_1 : 상류부 수로의 폭(m)
W_2 : 수축부 수로의 폭(m)
n_1 : 상류부 수로의 조도계수
n_2 : 수축부 수로의 조도계수
k_1, k_2 : 수정계수

- 국부세굴공식을 이용하여 교각주위 내 세굴량을 산정하는 경우 CSU공식을 주로 이용하나 불확실성을 감안하여 CSU공식 이외에 아래에서 제안된 공식 중 최소한 2개 이상을 택하여 세굴량을 산출하고 세굴깊이와 세굴폭에 대한 평가를 실시한 후 세굴량을 결정한다.

㉮ CSU 공식

$$\frac{Y_s}{Y_1} = 2.0\, K_1\, K_2\, K_3\, K_4 \left[\frac{a}{Y_1}\right]^{0.65} Fr_1^{0.43}$$

단, 선단이 둥글고 흐름 방향으로 정렬된 교각에 대한 세굴심의 최대 한계치는 다음과 같다.

$$y_s \le 2.4a, (Fr \le 0.8\text{일때})$$

$$y_s \le 3.0a, (Fr \le 0.8\text{일때})$$

여기서, Y_s : 세굴심도(m)

Y_1 : 교각 직상류의 수심(m)

K_1 : 교각형상에 대한 보정계수

K_2 : 흐름 입사각에 대한 보정계수

K_3 : 하상조건에 대한 보정계수

K_4 : 하상재료의 크기에 대한 보정계수

a : 교각폭(m)

Fr_1 : Froude 수

상기식에 사용된 계수값 $K_1 \sim K_5$는 다음 표에 따라서 각각 산정된다.

교각형상에 따른 보정계수(K_1)

교각형상	K_1	비 고
직사각형	1.1	
반원형	1.0	
원통형	1.0	
날카로운 교각	0.9	
원통그룹	1.0	

흐름입사각에 대한 보정계수(K_2)

흐름입사각(도)	L/a = 4	L/a = 8	L/a = 12
0	1.0	1.0	1.0
15	1.5	2.0	2.5
30	2.0	2.75	3.5
45	2.3	3.3	4.3
90	2.5	3.9	5.0

※ L=교각길이(m), a=교각의 폭(m)

하상조건에 대한 보정계수(K_3)

하상조건	사구높이(m)	K_3
정적세굴	N/A	1.1
평탄하상 및 역사구 흐름	N/A	1.1
작은 사구	3 > H > 0.6	1.1
중간 사구	9 > H > 3	1.1~1.2
큰 사구	H > 9	1.3

※ H=사구높이(m)

하상재료의 크기에 대한 보정계수(K_4)

종류	$D_{50}(mm)$	$D_{90}/D_{50} \geq$	최대유속	K_4
모래	< 2.0	-	-	1.0
자갈	2 ~ 32	-	-	1.0
자갈	32 ~ 64	4 ~ 3	$V_1 \leq 0.7\,V_c$	0.95
조약돌	64 ~ 250	3 ~ 2	$V_1 \leq 0.8\,V_c$	0.90
조약돌	250 ~ 500	2 ~ 1	$V_1 \leq 0.8\,V_c$	0.85
조약돌	> 500	1	$V_1 \leq 0.9\,V_c$	0.80

교각 폭에 대한 보정계수(K_5)

구분	K_5	비고
$V/V_c < 1$	$K_5 = 2.58\left(\frac{y_1}{a}\right)^{0.34} Fr_1^{0.65}$	
$V/V_c > 1$	$K_5 = 1.0\left(\frac{y_1}{a}\right)^{0.13} Fr_1^{0.25}$	

㉯ Froehlich 공식

$$\frac{Y_s}{b} = 0.32\,\Phi\left[\frac{b'}{b}\right]^{0.62}\left[\frac{y}{b}\right]^{0.46} Fr^{0.2}\left[\frac{b}{D_{50}}\right]^{0.08} + 1$$

여기서, Y_s : 세굴심도(m)

Φ : 교각의 형상계수(사각형:1.3, 원형:1.0, 날카로운 교각: 0.7)

b : 흐름의 접근각에 대한 직각방향의 투영교각 폭(m)

b' = b · cos α + L · sin α

y : 구조물 설치 직상류부 수심(m)

Fr_1 : 구조물 설치 직상류부 Froude 수

D_{50} : 하상입자의 평균 입경(m)

㉰ Laursen 공식

$$\frac{b}{y} = 5.5\,\frac{y_s}{y}\left[\left(\frac{y_s}{11.5y}+1\right)^{1.7} - 1\right]$$

여기서, b : 교각의 폭(m)

y : 교각 직상류의 수심(m)

y_s : 세굴심도(m)

㉱ Melville 공식

$$y_s = K_{yB}K_I K_d K_s K_o K_t$$

여기서, K_{yB} : 수심과 교각폭에 대한 보정계수

$$K_{yB} = 2.4b\left(\frac{b}{y} < 0.7\text{일때}\right)$$

$$K_{yB} = 2\sqrt{(yb)}\left(0.7 < \frac{b}{y} < 5\text{일때}\right)$$

$$K_{yB} = 4.5y\left(\frac{b}{y} > 5\text{일때}\right)$$

K_I : 흐름강도에 대한 보정계수

$$K_I = \frac{V-(V_a - V_c)}{V_c}\left(\frac{V-(V_a - V_c)}{V_c} < 1\text{일때}\right)$$

$$K_I = 1\left(\frac{V-(V_a - V_c)}{V_c} \geq 1\text{일때}\right)$$

K_d : 하상재료에 대한 보정계수

$$K_d = 0.57\log\left(2.24\frac{b}{d_{50}}\right)\left(\frac{b}{d_{50}} \leq 25\text{일때}\right)$$

$$K_d = 1.0\left(\frac{b}{d_{50}} > 25\text{일때}\right)$$

K_s : 교각형상에 대한 보정계수(CSU 공식의 K_1과 동일)

K_0 : 입사각에 대한 보정계수

$$K_0 = \left(\frac{b_p}{b}\right)^{0.65} = \left(\frac{l}{b}\sin\theta + \cos\theta\right)^{0.65}, l : \text{교각길이}$$

K_t : 시간에 대한 보정계수

$$K_t = \exp\left(-0.33|\frac{V_c}{V}\ln\left(\frac{t}{t_e}\right)|^{1.6}\right)$$

$$t_e(day) = 48.26\frac{D}{V}\left(\frac{V}{V_c} - 0.4\right)\left(\frac{y}{D} > 6, \frac{V}{V_c} > 0.4\text{일때}\right)$$

$$t_e(day) = 30.89\frac{D}{V}\left(\frac{V}{V_c} - 0.4\right)\left(\frac{y}{D}\right)^{0.25}\left(\frac{y}{D} \le 6, \frac{V}{V_c} > 0.4\text{일때}\right)$$

㉮ Neill 공식

$$\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{y}{b}\right)^{0.3}$$

여기서, y_s : 세굴심도(m)

b : 교각의 폭(m)

y : 구조물설치 직상류부 수심(m)

㉯ 국내에서 해당하천에 제안된 공식이 있을 경우 이의 타당성을 검토한 후 사용할 수 있다.

④ 조석의 영향이 없는 경우

수로반응의 잠재력 평가

- 구조물 설치 지점에 대하여 조석 영향의 규모, 횡단부의 장기 안정성(연직 및 횡방향 안정성) 및 변화에 대한 수로의 반응에 대한 잠재력을 정상적으로 평가한다.
- 조석 영향의 규모에서는 하천구조물 설치 지점에서 조석변동이 수리학적으로 얼마나 많은 영향을 미칠 것인가를 평가한다. 만일 조석변동의 영향이 무시 할 수 있을 것으로 생각되면 조석의 영향을 받지 않는 하천에서의 구조물 설치와 같은 방법으로 해석하며 그렇지 않으면 동적인 조석류 관계를 이용하게 된다.

- 횡단부의 장기 안정성 및 변화는 조석, 폭풍해일, 홍수에 대하여 검토한다. 만약 횡단부에 대한 주요한 위험이 상류의 홍수에 의하여 일어난다면 100년 및 500년 빈도의 홍수에 의하여, 주요한 위험이 조석이나 폭풍해일에 의하여 일어난다면 100년 및 500년 빈도의 폭풍에 의하여 해석한다. 그러나, 어느 것인지 명백하지 않은 경우에는 두 경우를 모두 고려하여 세굴을 산정하고 그 결과를 비교한다.

㉡ 수리학적 특성 산정

- 교량 등의 하천 구조물 설치 지점의 100년 및 500년 빈도의 수리학적 특성을 산정한다.
- 수리학적 특성은 수리모형실험이나 부 종류를 모의할 수 있는 모형을 사용하여 산정하여야 하며 책임기술자가 지형조건이나 수류현상을 감안하여 적절한 모형을 선정한다.
- 수면형 산정 : 조석의 영향을 받는 지역의 교량 및 하천 구조물 설치 지점의 수면은 설계호우와 폭풍해일을 감안하여 비수축수로 및 수축수로로 구분하여 수면형을 산정한다.

㉢ 세굴량 산정 및 평가

- 세굴량은 아래와 같은 세굴산정공식을 사용하여 산정하되 100년 빈도 홍수량이 2000㎥/sec 이상의 경우에는 원칙적으로 실험을 통하여 세굴량을 산정한다.
- 구조물에 대한 주요한 위험이 조석이나 폭풍·해일 등에 의하여 영향을 받는 경우 세굴량 산출을 위한 수리학적 인자를 아래와 같이 산정한다.

㉮ 비 수축 수로의 경우

$$Q_{\max} = 3.14\,\frac{V}{T},\quad V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A_c}$$

여기서,
- $Q_{\max}$: 조석주기에서의 최대유량(㎥/sec)
- V : 고조위와 저조위 사이의 물의 용적(㎥)
- T : 조석주기
- $V_{\max}$: $Q_{\max}$일때의 최대평균유속(m/sec)
- A_c : 평균조위에서의 횡단면적(㎡)

㉯ 비수축 수로의 경우

$$V_{\max} = C_d\,(2g\triangle H)^{1/2},\quad Q_{\max} = A_c \cdot V_{\max},$$

여기서, V_{max} : 유입구에서의 최대유속(m/sec)
Q_{max} : 유입구에서의 최대유량(㎥/sec)
C_d : 유량계수
g : 중력가속도
$\triangle H$: 유입구 혹은 수로의 반과 해양측 사이의 최대수면 표고차(m)
A_c : 평균조위에서의 횡단면적(㎡)

- 세굴량의 산정 및 평가절차는 조석의 영향이 없는 경우와 같은 과정을 거친다.

⑤ 1단계 평가(세굴심 평가)에 필요한 자료

세굴심 평가에 필요한 자료 목록은 다음과 같다.

㉠ 조사 시점에 세굴 관련 유지관리 자료가 확보되어 있는 경우

- 조사대상 교각부 설계도면
- 조사대상 교각부 주변 계획 하상고
- 유속 및 세굴심 관련 유지관리 이력 자료
- 하천정비 계획서

㉡ 조사 시점에 세굴 관련 유지관리자료가 확보되어 있지 않은 경우

- 조사대상 교각 직상류부 수심
- 조사대상 교각 직상류부 평균유속
- 조사대상 교각의 형상, 폭 및 길이
- 흐름의 입사각
- 하상조건
- 하상재료의 입경

다. 세굴심 평가

수축세굴은 아래의 Laursen의 공식을 사용하여 세굴량을 산정한, 교각주위의 단면 수축이 심각하지 않은 것으로 판단되어 수축세굴 계산을 생략하였으며, 국부 세굴 공식의 평균값을 세굴심으로 산정하였다. 또한 현장조사 및 설계도서 검토 결과 교각 P7~P9 구간은 회야강이 상시 횡단하는 주수로 구간, 교각 P10~P11은 상시에는 우수가 흐르지 않는 홍수터 구간으로 설정하여 세굴평가를 실시하였다.

1) 교각 P7~P9 주수로 구간 국부세굴 평가(울산)

- CSU 공식

구분	세굴심 산정
P7~P9	$\frac{y_s}{y_1} = 2.0 k_1 k_2 k_3 k_4 (\frac{a}{y_1})^{0.65} Fr_1^{0.43}$ $\frac{y_s}{3.050} = 2.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \times (\frac{4.000}{3.050})^{0.65} 0.15^{0.43}$ y_s=3.540m 단, 선단이 둥글고 흐름 방향으로 정렬된 교각에 대한 세굴심의 최대 한계치는 $y_s \leq 2.4a, (Fr \leq 0.8$ 일 때$)$, $y_s \leq 3.0a, (Fr > 0.8$ 일 때$)$ 여기서, y_s : 세굴심도(m) y_1 : 교각 직상류의 수심(m) k_1 : 교각형상에 대한 보정계수 = 1.0(원통형) k_2 : 흐름 입사각에 대한 보정계수 = 1.0(원통형이므로 1.0 적용) k_3 : 하상조건에 대한 보정계수 = 1.1(평탄하상) k_4 : 하상재료의 크기에 대한 보정계수 = 1.0 a : 교각 폭(m) = 4.000m Fr_1 : Froude 수 = $\frac{0.820}{\sqrt{9.8 \times 3.050}}$ = 0.150 V_1 : 교각 직상류의 평균유속(m/s) = $0.820 m/s$ g : 중력가속도(9.8m/s^2)

- Laursen 공식

구분	세굴심 산정
P7~P9	$\frac{b}{y} = 5.0 \frac{y_s}{y} [(\frac{y_s}{11.5y} + 1)^{1.7} - 1]$ $\frac{4.000}{3.050} = 5.5 \frac{y_s}{3.050} [(\frac{y_s}{11.5 \times 3.050} + 1)^{1.7} - 1]$, y_s=3.800m 여기서, b : 교각의 폭(m) = 4.000m y : 교각 직상류의 수심(m) = 3.050m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- Froehlich 공식

구분	세굴심 산정
P7~P9	$\frac{y_s}{b} = 0.32\phi[\frac{b'}{b}]^{0.62}[\frac{y}{b}]^{0.46}Fr^{0.2}[\frac{b}{D_{50}}]^{0.08}+1.0$ $\frac{y_s}{4.000} = 0.32\times1.0\times[\frac{4.000}{4.000}]^{0.62}\times[\frac{3.050}{4.000}]^{0.46}\times0.150^{0.2}\times[\frac{4.000}{0.00085}]^{0.08}+1.0$ y_s = 2.520m 여기서, ϕ : 교각 형상계수 = 1.0 (원형) b : 교각의 폭(m) = 4.000m b' : 4.000m (교각) y : 교각 직상류의 수심(m) = 3.050m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- Neill 공식

구분	세굴심 산정
P7~P9	$\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{y}{b}\right)^{0.3}$ $\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{3.050}{4.000}\right)^{0.3}$ y_s = 5.350m 여기서, ϕ : 교각 형상계수 = 1.0 (원형) b : 교각의 폭(m) = 4.000m b' : 4.000m (교각) y : 교각 직상류의 수심(m) = 3.050m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- 교각 P7~P9 주수로 구간 세굴심 산정

구분	세굴심 산정
P7~P9	세굴심 = 수축세굴 + 국부세굴 = 0 +(3.540+3.800+2.520+5.350)/4 y_s = 3.802m ※ 여기서 국부세굴은 세부지침에 따라 산정공식에 평균값을 적용함. - HWL = 13.130m

구분	계산세굴심	기초상단 높이		
		P7	P8	P9
P7~P9	9.238	5.937	6.114	6.275

- 교각 P7~P9 주수로 구간의 계산된 세굴심이 기초 상단 위에 위치하는 것으로 평가됨.

2) 교각 P10~P11 홍수터 구간 국부세굴 평가(울산)

- CSU 공식

구분	세굴심 산정
P10~P11	$\frac{y_s}{y_1} = 2.0 k_1 k_2 k_3 k_4 (\frac{a}{y_1})^{0.65} Fr_1^{0.43}$ $\frac{y_s}{2.300} = 2.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \times (\frac{4.000}{2.300})^{0.65} 0.140^{0.43}$ y_s=3.110m 단, 선단이 둥글고 흐름 방향으로 정렬된 교각에 대한 세굴심의 최대 한계치는 $y_s \leq 2.4a, (Fr \leq 0.8$ 일 때$)$, $y_s \leq 3.0a, (Fr > 0.8$ 일 때$)$ 여기서, y_s : 세굴심도(m) y_1 : 교각 직상류의 수심(m) k_1 : 교각형상에 대한 보정계수 = 1.0(원통형) k_2 : 흐름 입사각에 대한 보정계수 = 1.0(원통형이므로 1.0 적용) k_3 : 하상조건에 대한 보정계수 = 1.1(평탄하상) k_4 : 하상재료의 크기에 대한 보정계수 = 1.0 a : 교각 폭(m) = 4.000m Fr_1 : Froude 수 = $\frac{0.770}{\sqrt{9.8 \times 3.050}}$ = 0.150 V_1 : 교각 직상류의 평균유속(m/s) = $0.770 m/s$ g : 중력가속도(9.8m/s^2)

- Laursen 공식

구분	세굴심 산정
P10~P11	$\frac{b}{y} = 5.0 \frac{y_s}{y} [(\frac{y_s}{11.5y} + 1)^{1.7} - 1]$ $\frac{4.000}{2.300} = 5.5 \frac{y_s}{2.3000} [(\frac{y_s}{11.5 \times 2.300} + 1)^{1.7} - 1]$, y_s=3.290m 여기서, b : 교각의 폭(m) = 4.000m y : 교각 직상류의 수심(m) = 2.300m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- Froehlich 공식

구분	세굴심 산정
P10~P11	$\frac{y_s}{b} = 0.32\phi[\frac{b'}{b}]^{0.62}[\frac{y}{b}]^{0.46}Fr^{0.2}[\frac{b}{D_{50}}]^{0.08}+1.0$ $\frac{y_s}{4.000} = 0.32\times1.0\times[\frac{4.000}{4.000}]^{0.62}\times[\frac{2.300}{4.000}]^{0.46}\times0.140^{0.2}\times[\frac{4.000}{0.00085}]^{0.08}+1.0$ y_s = 2.320m 여기서, ϕ : 교각 형상계수 = 1.0 (원형) b : 교각의 폭(m) = 4.000m b' : 4.000m (교각) y : 교각 직상류의 수심(m) = 2.300m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- Neill 공식

구분	세굴심 산정
P10~P11	$\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{y}{b}\right)^{0.3}$ $\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{2.300}{4.000}\right)^{0.3}$ y_s = 5.350m 여기서, ϕ : 교각 형상계수 = 1.0 (원형) b : 교각의 폭(m) = 4.000m b' : 4.000m (교각) y : 교각 직상류의 수심(m) = 2.300m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- 교각 P10~P11 주수로 구간 세굴심 산정

구분	세굴심 산정
P10~P11	세굴심 = 수축세굴 + 국부세굴 = 0 +(3.110+3.290+2.320+5.350)/4 y_s = 3.518m ※ 여기서 국부세굴은 세부지침에 따라 산정공식에 평균값을 적용함. - HWL = 13.130m

구분	계산세굴심	기초상단 높이	
		P10	P11
P7~P9	9.612	4.599	5.260

- 교각 P10, P11 홍수터 구간의 계산된 세굴심이 기초 상단 위에 위치하는 것으로 평가됨.

3) 교각 P7~P9 주수로 구간 국부세굴 평가(부산)

- CSU 공식

구분	세굴심 산정
P7~P9	$\frac{y_s}{y_1} = 2.0 k_1 k_2 k_3 k_4 (\frac{a}{y_1})^{0.65} Fr_1^{0.43}$ $\frac{y_s}{3.050} = 2.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \times (\frac{4.000}{3.050})^{0.65} 0.15^{0.43}$ y_s=3.540m 단, 선단이 둥글고 흐름 방향으로 정렬된 교각에 대한 세굴심의 최대 한계치는 $y_s \leq 2.4a, (Fr \leq 0.8$ 일 때$)$, $y_s \leq 3.0a, (Fr > 0.8$ 일 때$)$ 여기서, y_s : 세굴심도(m) y_1 : 교각 직상류의 수심(m) k_1 : 교각형상에 대한 보정계수 = 1.0(원통형) k_2 : 흐름 입사각에 대한 보정계수 = 1.0(원통형이므로 1.0 적용) k_3 : 하상조건에 대한 보정계수 = 1.1(평탄하상) k_4 : 하상재료의 크기에 대한 보정계수 = 1.0 a : 교각 폭(m) = 4.000m Fr_1 : Froude 수 = $\frac{0.820}{\sqrt{9.8 \times 3.050}}$ = 0.150 V_1 : 교각 직상류의 평균유속(m/s) = $0.820 m/s$ g : 중력가속도(9.8m/s^2)

- Laursen 공식

구분	세굴심 산정
P7~P9	$\frac{b}{y} = 5.0 \frac{y_s}{y} [(\frac{y_s}{11.5y} + 1)^{1.7} - 1]$ $\frac{4.000}{3.050} = 5.5 \frac{y_s}{3.050} [(\frac{y_s}{11.5 \times 3.050} + 1)^{1.7} - 1]$, y_s=3.800m 여기서, b : 교각의 폭(m) = 4.000m y : 교각 직상류의 수심(m) = 3.050m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- Froehlich 공식

구분	세굴심 산정
P7~P9	$\frac{y_s}{b} = 0.32\phi[\frac{b'}{b}]^{0.62}[\frac{y}{b}]^{0.46}Fr^{0.2}[\frac{b}{D_{50}}]^{0.08}+1.0$ $\frac{y_s}{4.000} = 0.32\times1.0\times[\frac{4.000}{4.000}]^{0.62}\times[\frac{3.050}{4.000}]^{0.46}\times0.150^{0.2}\times[\frac{4.000}{0.00085}]^{0.08}+1.0$ y_s = 2.520m 여기서, ϕ : 교각 형상계수 = 1.0 (원형) b : 교각의 폭(m) = 4.000m b' : 4.000m (교각) y : 교각 직상류의 수심(m) = 3.050m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- Neill 공식

구분	세굴심 산정
P7~P9	$\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{y}{b}\right)^{0.3}$ $\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{3.050}{4.000}\right)^{0.3}$ y_s = 5.350m 여기서, ϕ : 교각 형상계수 = 1.0 (원형) b : 교각의 폭(m) = 4.000m b' : 4.000m (교각) y : 교각 직상류의 수심(m) = 3.050m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- 교각 P7~P9 주수로 구간 세굴심 산정

구분	세굴심 산정
P7~P9	세굴심 = 수축세굴 + 국부세굴 = 0 +(3.540+3.800+2.520+5.350)/4 y_s = 3.802m ※ 여기서 국부세굴은 세부지침에 따라 산정공식에 평균값을 적용함. - HWL = 13.130m

구분	계산세굴심	기초상단 높이		
		P7	P8	P9
P7~P9	9.238	5.937	6.114	6.275

- 교각 P7~P9 주수로 구간의 계산된 세굴심이 기초 상단 위에 위치하는 것으로 평가됨.

4) 교각 P10~P11 홍수터 구간 국부세굴 평가(부산)

- CSU 공식

구분	세굴심 산정
P10~P11	$\frac{y_s}{y_1} = 2.0 k_1 k_2 k_3 k_4 (\frac{a}{y_1})^{0.65} Fr_1^{0.43}$ $\frac{y_s}{2.300} = 2.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.1 \times 1.0 \times (\frac{4.000}{2.300})^{0.65} 0.140^{0.43}$ y_s=3.110m 단, 선단이 둥글고 흐름 방향으로 정렬된 교각에 대한 세굴심의 최대 한계치는 $y_s \leq 2.4a, (Fr \leq 0.8$ 일 때$)$, $y_s \leq 3.0a, (Fr > 0.8$ 일 때$)$ 여기서, y_s : 세굴심도(m) y_1 : 교각 직상류의 수심(m) k_1 : 교각형상에 대한 보정계수 = 1.0(원통형) k_2 : 흐름 입사각에 대한 보정계수 = 1.0(원통형이므로 1.0 적용) k_3 : 하상조건에 대한 보정계수 = 1.1(평탄하상) k_4 : 하상재료의 크기에 대한 보정계수 = 1.0 a : 교각 폭(m) = 4.000m Fr_1 : Froude 수 = $\frac{0.770}{\sqrt{9.8 \times 3.050}}$ = 0.150 V_1 : 교각 직상류의 평균유속(m/s) = $0.770 m/s$ g : 중력가속도(9.8m/s^2)

- Laursen 공식

구분	세굴심 산정
P10~P11	$\frac{b}{y} = 5.0 \frac{y_s}{y} [(\frac{y_s}{11.5y} + 1)^{1.7} - 1]$ $\frac{4.000}{2.300} = 5.5 \frac{y_s}{2.3000} [(\frac{y_s}{11.5 \times 2.300} + 1)^{1.7} - 1]$, y_s=3.290m 여기서, b : 교각의 폭(m) = 4.000m y : 교각 직상류의 수심(m) = 2.300m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- Froehlich 공식

구분	세굴심 산정
P10~P11	$\frac{y_s}{b} = 0.32\phi[\frac{b'}{b}]^{0.62}[\frac{y}{b}]^{0.46}Fr^{0.2}[\frac{b}{D_{50}}]^{0.08}+1.0$ $\frac{y_s}{4.000} = 0.32\times1.0\times[\frac{4.000}{4.000}]^{0.62}\times[\frac{2.300}{4.000}]^{0.46}\times0.140^{0.2}\times[\frac{4.000}{0.00085}]^{0.08}+1.0$ y_s = 2.320m 여기서, ϕ : 교각 형상계수 = 1.0 (원형) b : 교각의 폭(m) = 4.000m b' : 4.000m (교각) y : 교각 직상류의 수심(m) = 2.300m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- Neill 공식

구분	세굴심 산정
P10~P11	$\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{y}{b}\right)^{0.3}$ $\frac{y_s}{b} = 1.5\left(\frac{2.300}{4.000}\right)^{0.3}$ y_s = 5.350m 여기서, ϕ : 교각 형상계수 = 1.0 (원형) b : 교각의 폭(m) = 4.000m b' : 4.000m (교각) y : 교각 직상류의 수심(m) = 2.300m(홍수위까지 높이) y_s: 세굴심도(m)

- 교각 P10~P11 홋수터 구간 세굴심 산정

<table>
<tr><th>구분</th><th>세굴심 산정</th></tr>
<tr><td>P10~P11</td><td>세굴심 = 수축세굴 + 국부세굴
= 0 +(3.110+3.290+2.320+5.350)/4
y_s = 3.518m
※ 여기서 국부세굴은 세부지침에 따라 산정공식에 평균값을 적용함.

- HWL = 13.130m
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">계산세굴심</th><th colspan="2">기초상단 높이</th></tr>
<tr><th>P10</th><th>P11</th></tr>
<tr><td>P7~P9</td><td>9.612</td><td>4.599</td><td>5.260</td></tr>
</table>
- 교각 P10, P11 홍수터 구간의 계산된 세굴심이 기초 상단 위에 위치하는 것으로 평가됨.</td></tr>
</table>

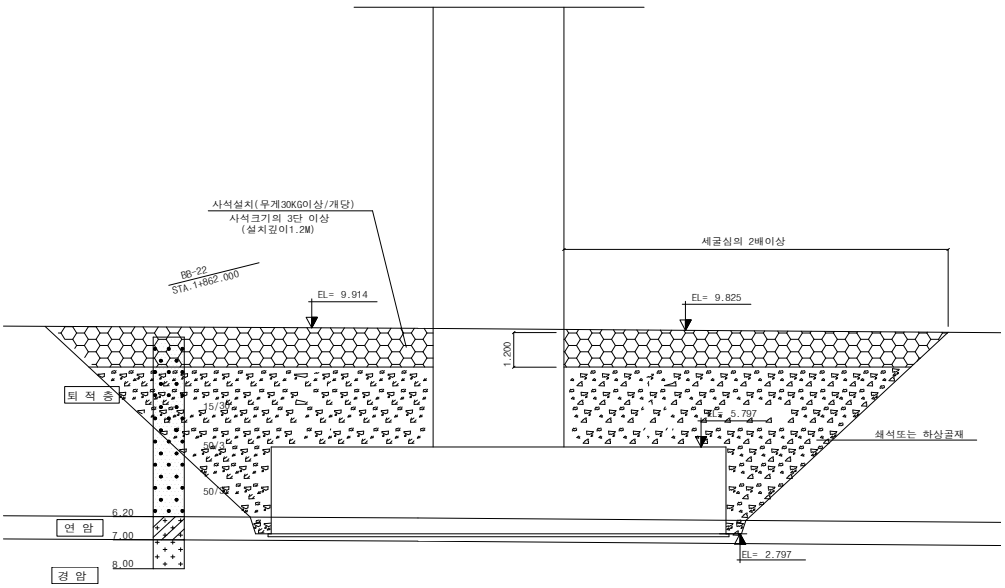
다. 세굴심 산정 결과

- 회야강의 하천정비기본계획에 대한 검토결과 회야대교(울산, 부산) 준공 이전인 2006년에 조사된 것으로 확인되어 금회 세굴에 대한 평가는 준공자료 및 설계도서·현장조사 및 측정을 통한 자료(수심, 평균유속 등)를 이용하여 세굴에 대한 안전성평가를 실시하였다.
- 회야대교(울산, 부산)의 세굴심 산정결과 하천구간에 위치한 교각 P7~P11 전 개소 세굴심이 기초 상단에 위치하는 것으로 평가되었다. 또한 설계도서 검토결과 교량공사시 하천구간으로 세굴을 방지하기 위해 쇄석 및 하상골재 채움후 그 위로 세굴심 2배이상의 사석(개당 무게30kg이상)을 설치하였으며, 기초의 노출이 발생하지 않은 상태로 조사되었다.





하상부 전경



교량명		포설범위(m)	포설두께(m)	사석직경d_{50}(m)	비 고
회야대교 (울산)	주수로(P7~P9)	8.0	1.3	0.43	최소중량 30kg이상/개
	홍수터(P10, P11)	7.0	1.3	0.43	
회야대교 (부산)	주수로(P7~P9)	8.0	1.3	0.43	최소중량 30kg이상/개
	홍수터(P10, P11)	7.0	1.3	0.43	

- 세굴심 및 세굴반경 측정시 기둥 하단부의 표면침식 여부, 기존의 사석보호공의 시공상태를 확인한 결과 교각 기둥부는 유수에 의한 침식이 발생하지 않은 비교적 양호한 상태이며, 기초부는 미노출 상태이다.
- 또한 기 설치된 사석보호공의 상태는 일부구간 모래·자갈 등으로 덮여 있는 상태로 전 구간에 대한 외관조사는 어려운 실정이나, 교각의 세굴·침식 상태와 주변 상태를 고려할 때 세굴방지공은 양호할 것으로 판단된다.
- 따라서 별도의 추가적 조치는 필요하지 않은 상태로 판단되나, 하천에 항시 우수가 흐르고 있어 주기적인 유지관리를 통한 세굴발생 여부 확인 필요하다.

5.6 안전성평가 결과

5.6.1 안전성평가 결과

1) 상부구조

【표 5.85】 상부구조 안전성 평가결과(희야대교(울산))

구 분				검토결과				안전율 (SF)	비고
				설계휨강도 (kN·m)	소요휨강도 (kN·m)	허용휨응력 (MPa)	발생휨응력 (MPa)		
희야대교	종방향	허용응력 설계법	중앙부	-	-	-24.000	-9.656	2.486	
			지점부	-	-	-24.000	-13.912	1.725	
		강도 설계법	중앙부	172099.4	125236.4	-	-	1.374	
			지점부	202221.7	123188.7	-	-	1.642	
	횡방향	강도 설계법	중앙부	455.12	292.37	-	-	1.557	
			지점부	981.82	873.81	-	-	1.124	

구 분				검토결과				안전율 (SF)	비고
				설계휨강도 (kN·m)	소요휨강도 (kN·m)	허용휨응력 (MPa)	발생휨응력 (MPa)		
접속교	거더	강도 설계법	중앙부 내측	15475.7	2960.9	-	-	5.227	
			중앙부 외측	15403.9	2947.6	-	-	5.226	
			지점부 내측	3599	3527.5	-	-	1.020	
			지점부 외측	3599	3456.1	-	-	1.041	
	바닥판	강도 설계법	우측 캔틸레버	62.434	47.633	-	-	1.311	
			좌측 캔틸레버	62.434	48.032	-	-	1.300	
			중앙부	69.327	52.673	-	-	1.316	

【표 5.86】 상부구조 안전성 평가결과(회야대교(부산))

구 분				검토결과				안전율 (SF)	비고
				설계휨강도 (kN·m)	소요휨강도 (kN·m)	허용휨응력 (MPa)	발생휨응력 (MPa)		
회야대교	종방향	허용응력 설계법	중앙부	-	-	-24.000	-9.656	2.486	
			지점부	-	-	-24.000	-13.912	1.725	
		강도 설계법	중앙부	172099.4	125236.4	-	-	1.374	
			지점부	202221.7	123188.7	-	-	1.642	
	횡방향	강도 설계법	중앙부	455.12	292.37	-	-	1.557	
			지점부	981.82	873.81	-	-	1.124	

구 분				검토결과				안전율 (SF)	비고
				설계휨강도 (kN·m)	소요휨강도 (kN·m)	허용휨응력 (MPa)	발생휨응력 (MPa)		
접속교	거더	강도 설계법	중앙부 내측	15475.7	2960.9	-	-	5.227	
			중앙부 외측	15403.9	2947.6	-	-	5.226	
			지점부 내측	3599	3527.5	-	-	1.020	
			지점부 외측	3599	3456.1	-	-	1.041	
	바닥판	강도 설계법	우측 캔틸레버	62.434	47.633	-	-	1.311	
			좌측 캔틸레버	62.434	48.032	-	-	1.300	
			중앙부	69.327	52.673	-	-	1.316	

2) 하부구조

【표 5.87】하부구조 안전성 평가결과(회야대교(울산))

구 분				계산식	판정	비고
A1	단면 검토	전면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{4622.797}{1048.399}=4.409 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{1894.272}{569.842}=3.324 > 1$	O.K	kN
		후면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{4622.797}{272.611}=16.960 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{1894.272}{196.288}=9.650 > 1$	O.K	kN
		벽체	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{3593.841}{447.942}=8.023 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{2024.912}{195.639}=10.350 > 1$	O.K	kN
		흉벽	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{471.623}{261.914}=1.801 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{114.250}{404.982}=3.545 > 1$	O.K	kN
P10	기둥 검토	교축직각방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u}=\frac{41690.617}{32581.442}=1.280 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{54056.592}{22208.953}=2.434 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
		교축방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u}=\frac{118492.511}{30241.893}=3.918 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{46915.611}{10633.68}=4.412 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
	두부보	좌측지점부		1.412 > 1	O.K	kN·m
		중앙부		2.569 > 1	O.K	kN·m
		우측지점부		2.454 > 1	O.K	kN·m
	기초	교축방향		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{77678.461}{56009.643}=1.387 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 지점부		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{83456.965}{27237.045}=3.064 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 중앙부		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{83456.965}{32259.000}=2.587 > 1$	O.K	kN·m

【표 5.87】 하부구조 안전성 평가결과(희야대교(울산))(계속)

구 분				계산식	판정	비고
A2	단면 검토	전면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{1087.576}{661.863} = 1.643 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{914.476}{716.041} = 1.277 > 1$	O.K	kN
		후면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{2049.698}{1237.055} = 1.657 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{892.703}{455.636} = 1.959 > 1$	O.K	kN
		벽체	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{3326.662}{1715.230} = 1.939 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{1371.714}{459.671} = 2.984 > 1$	O.K	kN
		흉벽	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{286.971}{136.743} = 2.099 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u} = \frac{470.302}{77.918} = 6.036 > 1$	O.K	kN
P21	기둥 검토	교축직각방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{64725.168}{14000.297} = 4.623 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{16790.201}{2877.498} = 5.835 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
		교축방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u} = \frac{64725.168}{14000.297} = 4.623 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{12190.066}{2106.821} = 5.786 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
	두부보	좌측내민보		3.932 > 1	O.K	kN·m
		중앙부		2.089 > 1	O.K	kN·m
		우측내민보		3.217 > 1	O.K	kN·m
	기초	교축방향		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{49137.004}{14697.825} = 3.343 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 지점부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{24384.487}{6238.945} = 3.908 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 중앙부		$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{24384.487}{5539.762} = 4.402 > 1$	O.K	kN·m

【표 5.88】 하부구조 안전성 평가결과(회야대교(부산))

구 분				계산식	판정	비고
A1	단면 검토	전면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{4622.797}{1048.399}=4.409 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{1894.272}{569.842}=3.324 > 1$	O.K	kN
		후면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{4622.797}{272.611}=16.960 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{1894.272}{196.288}=9.650 > 1$	O.K	kN
		벽체	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{3593.841}{447.942}=8.023 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{2024.912}{195.639}=10.350 > 1$	O.K	kN
		흉벽	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{471.623}{261.914}=1.801 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{114.250}{404.982}=3.545 > 1$	O.K	kN
P10	기둥 검토	교축직각방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u}=\frac{41690.617}{32581.442}=1.280 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{54056.592}{22208.953}=2.434 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
		교축방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u}=\frac{118492.511}{30241.893}=3.918 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{46915.611}{10633.68}=4.412 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
	두부보	좌측지점부		1.412 > 1	O.K	kN·m
		중앙부		2.569 > 1	O.K	kN·m
		우측지점부		2.454 > 1	O.K	kN·m
	기초	교축방향		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{77678.461}{56009.643}=1.387 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 지점부		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{83456.965}{27237.045}=3.064 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 중앙부		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{83456.965}{32259.000}=2.587 > 1$	O.K	kN·m

【표 5.88】 하부구조 안전성 평가결과(희야대교(부산))(계속)

구 분				계산식	판정	비고
A2	단면 검토	전면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{749.948}{288.664}=2.598 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{849.156}{464.380}=1.829 > 1$	O.K	kN
		후면 저판	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{1008.608}{595.643}=1.693 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{849.156}{215.956}=3.932 > 1$	O.K	kN
		벽체	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{1008.608}{745.814}=1.352 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{849.156}{318.080}=2.669 > 1$	O.K	kN
		흉벽	휨모멘트	$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{286.971}{215.492}=1.352 > 1$	O.K	kN·m
			전단	$\frac{\Phi V_n}{V_u}=\frac{470.302}{120.254}=3.911 > 1$	O.K	kN
P21	기둥 검토	교축직각방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u}=\frac{64725.168}{13127.058}=4.931 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{15349.544}{2370.220}=6.476 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
		교축방향		$\frac{\Phi P_n}{P_u}=\frac{64725.168}{13127.058}=4.931 > 1$(축력최대) $\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{8745.790}{1414.261}=6.184 > 1$(모멘트최대)	O.K	kN kN·m
	두부보	좌측지점부		3.962 > 1	O.K	kN·m
		중앙부		2.121 > 1	O.K	kN·m
		우측지점부		3.452 > 1	O.K	kN·m
	기초	교축방향		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{49137.004}{13865.748}=3.544 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 지점부		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{24384.487}{5843.222}=4.173 > 1$	O.K	kN·m
		교직방향 중앙부		$\frac{\Phi M_n}{M_u}=\frac{24384.487}{5175.558}=4.711 > 1$	O.K	kN·m

3) 세굴에 대한 안전성평가

【표 5.89】세굴에 대한 안전성 평가결과

구 분	평가항목	검토결과	평가결과	비고
회야대교 (울산)	1단계(세굴심 검토)	기초 상단 위에 세굴심 위치	a	
	2단계(기초안정성)	-	-	
회야대교 (부산)	1단계(세굴심 검토)	기초 상단 위에 세굴심 위치	a	
	2단계(기초안정성)	-	-	
총평	• 회야대교(울산, 부산)의 세굴에 대한 안전성평가 결과, 1단계의 세굴심의 검토결과, 계산된 세굴심이 기초 상단 위로 분석되어 “a”로 평가됨에 따라 2단계 평가 및 별도의 안전조치가 필요 없으며, 공용중 세굴발생이 없을 것으로 예상됨.			

5.6.2 안전성평가 종합결론

○ 구조검토를 통한 안전성 검토결과, 바닥판, PSC Box Girder 및 PSC BEAM Girder의 최소안전율이 1.0 이상으로 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

○ 하부구조의 경우 교대 및 교각(기둥부, 기초)의 모든 부재에서 최소안전율 1.0 이상으로 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

○ 세굴에 대한 안전성평가 결과 기초 상단위에 세굴심이 위치하고 있어 세굴에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5.6.3 전차 정밀안전진단과의 결과비교

【표 5.90】전차 정밀안전진단과의 결과비교(울산)

구 분				전차 정밀안전진단('18년)	금회 정밀안전진단('23년)
PSC BOX (S1 경간)	허용응력 설계법			3.149	1.967
	강도설계법	종방향 (휨응력)	중앙부	2.654	1.656
			지점부	2.125	1.788
		횡방향 (휨응력)	캔틸레버 단부	1.584	1.124
			내부슬래브 중앙부	1.994	1.557
		횡방향 (전단응력)	캔틸레버 단부	1.032	1.346
			내부슬래브 중앙부	1.195	1.977
		최소 내하율	종방향	16.403	2.908
			횡방향	1.990	1.146

【표 5.90】 전차 정밀안전진단과의 결과비교(울산)(계속)

구 분			전차 정밀안전진단('18년)	금회 정밀안전진단('23년)
PSC Beam	바닥판	우측 캔틸레버부	2.908	1.311
		좌측 캔틸레버부	2.748	1.300
		중앙부	1.310	1.316
	1경간 중앙 내측거더		8.320	6.614
	1경간 중앙 외측거더		7.431	4.221
	2경간 중앙 내측거더		7.182	5.227
	2경간 중앙 외측거더		7.455	5.226
	지점부 내측거더		1.395	1.020
	지점부 외측거더		1.286	1.041
	최소 내하율	거더	1.354	1.046
		바닥판	1.328	1.328
총평	• 금회 및 기 진단시 내하력 평가 결과 회야대교(울산)의 기본 내하력은 DB-24(DL-24) 이상으로 나타나 설계활하중에 대한 안전성을 확보한 것으로 평가됨. • 기 진단과 안전율의 차이는 해석 모델링 상이 및 하중변동, 검토위치 상이 등 복합적인 원인에 의한 것으로 판단됨.			

【표 5.91】 전차 정밀안전진단과의 결과비교(부산)

구 분				전차 정밀안전진단('18년)	금회 정밀안전진단('23년)
PSC BOX (S1 경간)	허용응력 설계법			3.149	1.967
	강도설계법	종방향 (휨응력)	중앙부	2.653	1.656
			지점부	2.125	1.788
		횡방향 (휨응력)	캔틸레버 단부	1.584	1.124
			내부슬래브 중앙부	1.994	1.557
		횡방향 (전단응력)	캔틸레버 단부	1.032	1.346
			내부슬래브 중앙부	1.195	1.977
		최소 내하율	종방향	16.403	2.908
			횡방향	1.990	1.146
PSC Beam	바닥판		우측 캔틸레버부	2.908	1.311
			좌측 캔틸레버부	2.748	1.300
			중앙부	1.310	1.316
	1경간 중앙 내측거더			7.327	6.614
	1경간 중앙 외측거더			5.089	4.221
	2경간 중앙 내측거더			5.133	5.227
	2경간 중앙 외측거더			5.092	5.226
	지점부 내측거더			1.099	1.020
	지점부 외측거더			1.077	1.041
	최소 내하율		거더	1.167	1.046
			바닥판	1.328	1.328
총평	• 금회 및 기 진단시 내하력 평가 결과 회야대교(부산)의 기본 내하력은 DB-24(DL-24) 이상으로 나타나 설계활하중에 대한 안전성을 확보한 것으로 평가됨. • 기 진단과 안전율의 차이는 해석 모델링 상이 및 하중변동, 검토위치 상이 등 복합적인 원인에 의한 것으로 판단됨.				

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과 산정절차

6.2 종합평가 결과

6.3 안전등급 지정

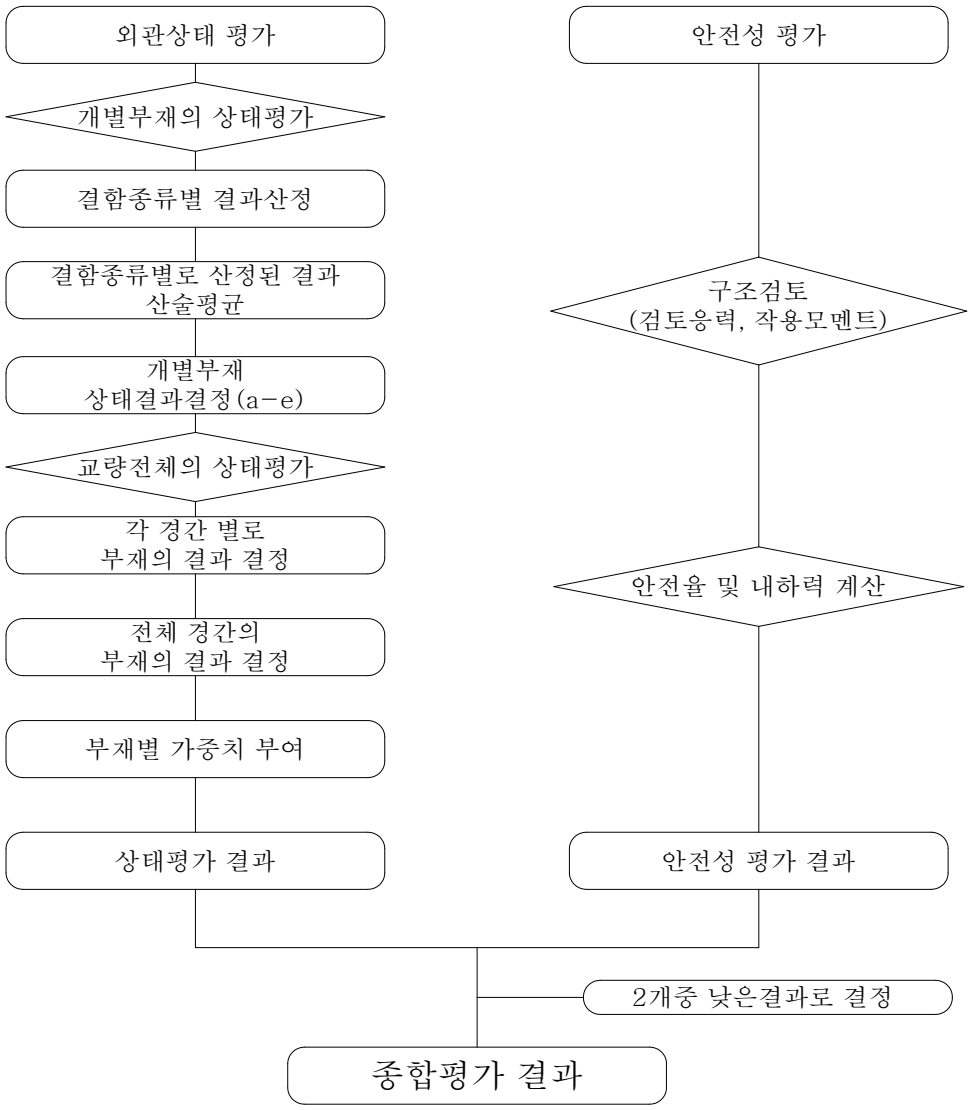
제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과 산정절차

6.1.1 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 6.1】 종합평가 결과 산정절차

6.2 종합평가 결과

6.2.1 종합평가 결과(울산)

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 회야대교(울산)의 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 6.1】 종합평가 결과(울산)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과			종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F		기준	
회야대교(울산)	0.218	B	상부구조	1.0 이상	A	B
			하부구조	1.0 이상	A	
종합평가	•회야대교(울산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •안전성평가 결과 모두 최소 안전율 1.0이상으로 “A” 로 평가됨 •상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 회야대교(울산)는 “B” 로 평가됨					

6.2.2 종합평가 결과(부산)

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 회야대교(부산)의 종합평가 결과는 “B” 로 평가되었다.

【표 6.2】 종합평가 결과(부산)

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과			종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S·F		기준	
회야대교(부산)	0.225	B	상부구조	1.0 이상	A	B
			하부구조	1.0 이상	A	
종합평가	•회야대교(부산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •안전성평가 결과 모두 최소 안전율 1.0이상으로 “A” 로 평가됨 •상태평가 및 안전성평가 결과를 통한 종합평가 결과 회야대교(부산)는 “B” 로 평가됨					

6.3 안전등급 지정

6.3.1 안전등급 기준

정밀안전진단을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여「법」제16조 및 「영」제12조에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

【표 6.3】시설물의 안전등급

안전등급	시설물의 상태 및 안전성
A(우수)	•문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	•보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 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 저하방지를 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 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

6.3.2 안전등급 지정

회야대교(울산, 부산)에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』로 안전등급 B등급으로 평가되었다.

【표 6.4】안전등급 지정

	구조물명	안전등급
안전등급	회야대교(울산)	B등급(양호)
	회야대교(부산)	B등급(양호)

6.3.3 기 진단결과와의 비교, 분석

기 진단결과와의 종합평가 비교·분석한 결과, 공용년수 증가에 따른 신규 손상발생, 상세 외관조사 등으로 부재별 손상물량의 증가로 결함도지수는 경미하게 상승하였으며, 상태등급은 동일하게 “B”로 평가되었다.

안전성평가 결과, 기 진단 및 금회진단 모두 PSC Box Girder 및 PSC BEAM과 바닥판, 하부구조 모두 최소안전율 1.0 이상으로 안전성을 확보하고 있는 상태로 평가되었다.

안전성평가시 금회진단시 평가된 세굴에 대한 안전성평가 결과, 기초 상단 위에 세굴심이 위치하고 있어 세굴에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

따라서, 상태평가 결함도지수는 상승하였으나 평가등급은 동일하게 “B”로 평가되었으며, 안전성평가는 동일하게 “A”로 평가되어, 기 진단 및 금회 진단 모두 “B등급”으로 안전등급의 변화는 없는 것으로 평가되었다.

【표 6.5】기 진단 결과와의 종합평가 결과 비교

구 분	18년 진단			금회 진단		
	상태평가	안전성평가	종합평가	상태평가	안전성평가	종합평가
회야대교(울산)	0.194	A	B	0.218	A	B
회야대교(부산)	0.196	A	B	0.225	A	B

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수·보강 방안

7.3 보수·보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개요

회야대교(울산,부산)는 울산광역시 울주구 청량면에 위치한 부산울산선 상(35.6㎞)의 고속도로 교량이며, 2008년 12월에 준공되었다. 시공사는 두산중공업(주)이며, 설계하중은 DB-24(DL-24)로 확인되었다.

본 교량의 연장은 1,030.0m(22경간)이며, 폭은 15.7m(유효폭:11.0m, 편도3차로)이다. 구조형식으로 상부구조는 PSC Box Girder(S1～S19경간)와 PSC Beam Girder(S20～S22경간)로 시공되었다. 하부구조는 역T형 교대와 문형, Π형 교각이며, 기초형식은 직접기초로 시공되어 있다.

본 교량은 준공 이후 구조물 시설물 유지보수공사 등을 통하여 공용 중 발생한 손상에 대한 지속적인 유지관리가 시행되고 있는 시설물이다.

본 교량의 점검결과, 구조적인 원인에 의하여 발생된 손상은 없는 것으로 조사되었으며, 대부분의 손상이 콘크리트의 재료적 특성 및 공용기간 증가에 의한 노후화 손상으로 일상적 유지보수를 실시한다면, 구조물의 사용성 및 기능성 확보에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

교량의 구조안전성평가 결과, 전 경간에서 상부구조가 1등교(DB-24)로서의 내하력을 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

본 장에서는 정밀안전진단 결과에 의한 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 토대로 교량의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방법을 제안하고자 한다. 이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있다.

회야대교(울산)의 보수·보강방안에 대한 검토사항은 기존자료의 검토를 통한 보수·보강 이력을 조사하고 진단 결과에 따른 보수·보강 범위를 선정하며, 이에 따른 공법선정, 재료의 선정 등을 검토하여 보수·보강 긴급우선순위에 따른 보수시기를 결정하여야 한다. 【표 7.1】은 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 일반적인 검토사항을 언급하였다.

【표 7.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

검 토 순 서	내 용
기존자료분석	기존 점검 및 진단자료 분석, 설계도서 조사
보수·보강 이력검토	사용기간중 시설물의 보수·보강이력검토
보수·보강의 범위 선정	손상규모에 따른 보수여부 결정 구조물의 사용년한을 고려한 보수·보강 범위 산정
공법의 선정	구조물의 기능에 따른 공법선정 구조물의 주변환경 및 형식을 고려하여 공법선정 공법의 시공성 및 경제성 고려하여 결정
보수재료의 선정	기존의 재료와 물성이 같은 보수재 선택 구조물의 종류 및 환경조건 고려 구조물의 사용년한을 고려한 보수재 선택
보수시기 결정	구조적인 안전성, 내구성, 사용성, 결함, 열화의 중요도에 따라 우선순위 부여

7.2 보수·보강 방안

7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 결정

가. 보수·보강 우선순위의 결정 기준

본 교량에 대해 정밀안전진단을 수행한 결과, 본 구조물은 시공 시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생하여 있는 것으로 조사되었다.

진단 시 조사된 신축이음의 공용 중 손상, 콘크리트의 균열, 박리, 박락 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여 다음과 같이 우선순위를 부여하였다.

【표 7.2】보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	•『시설물의 안전관리에 관한 특별법』제12조(중대한 결함)의 **"대통령이 정하는 중대한 결함"**에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 •**주요부재**에 발생된 결함 및 손상이 커 **상태평가 기준 "d" 이하인 경우** •철근부식에 의한 **내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우**
중장기	2순위	•**보조부재**에 발생된 결함 및 손상이 커 **내구성에 영향을 미치는 경우** •상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 •즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	•기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
지속관찰		•1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 열화 진전여부에 따라 보수보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.3㎜미만의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 경미한 강재의 변형 및 용접결함 - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상(빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

나. 중대결함의 유무

‘시설물의 안전관리에 관한 특별법’ 제11조 ①항, 동법 시행령 제12조에서는 “대통령령이 정하는 중대한 결함”을 다음 【표 7.3】과 같이 명시하고 있다. 이들 결함(손상·열화 포함)들은 단순히 존재여부만으로 중대결함으로 분류하기에는 무리가 있으며 구조물의 안전성과 사용성에 미치는 영향, 발생원인 및 시기, 진행성과 비진행성 등이 고려되어야 한다.

현장조사 결과 본 구조물은 조사결과 시특법 시행령에 명시된 주요결함은 없는 것으로 조사되었다. 따라서, 시급한 보수와 함께 결함의 진행유무를 관찰하여 적극적인 보수 또는 개선을 필요로 할 만한 손상은 없는 것으로 판단된다.

【표 7.3】 시특법 시행령 제12조에 의한 “대통령령이 정하는 중대한 결함” 유무(교량)

구 분	대통령령이 정하는 중대한 결함	해당유무
결함의 종류	1. 시설물기초의 세굴	없음.
	2. 교량교각의 부등침하	없음.
	3. 교량 받침장치의 파손	없음.
	4. 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실	내력손실없음
	5. 시설물의 구조안전에 영향을 주는 결함으로서 국토교통부령으로 정하는 결함 - 주요 구조부위 철근량 부족 - 거더의 균열 심화 - 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리 - 철강재 용접부의 불량용접 - 교대·교각의 균열발생	없음.

나. 보수·보강 필요성 판단기준

보수의 필요성 판단기준은 「시설물의 보수·보강 방법 및 수준결정에 관한연구, 2011.12, 한국시설안전공단」,「시설물(교량, 터널 등) 의 보수·보강 요령(안) 작성연구), 2019.12, 한국시설안전공단」를 준용하여 기준을 선정하였으며 그 외 내하력, 내구성, 기능성 등에 구조물에 영향을 미치는 손상은 점검자 및 책임기술자 판단에 의견에 따라 순위를 조정하였다.

1) 균 열

【표 7.4】균열 보수 필요성 판단기준

구 분	균열폭(C, ㎜)				
	0.1미만	0.1≤C<0.2	0.2≤C<0.3	0.3≤C<0.5	0.5≤C
콘크리트 바닥판	보수 불필요	보수 불필요, 지속관찰	보수 불필요, 지속관찰	보수필요	즉각보수 필요 (필요시 구조검토)
프리스트레스 거더	-	보수 불필요, 지속관찰	보수필요	보수필요	즉각보수 필요 (필요시 구조검토)
콘크리트 가로보	보수 불필요	보수 불필요, 지속관찰	보수 불필요, 지속관찰	선택적 보수	보수필요
교대, 교각 등	보수 불필요	선택적 보수	선택적 보수	보수필요	즉각보수 필요 (필요시 구조검토)

주1) 균열은 구조적, 내구성, 방수성, 부재의 중요도 등을 종합적으로 고려하여 보수 및 우선순위의 조정이 가능함.

2) 박 리

【표 7.5】박리 보수 필요성 판단기준

박리 깊이(㎜) 및 면적율(%)	보수 판단기준
0.5미만, 면적율 10%미만	보수 불필요
0.5~1.0, 면적율 10%미만	선택적 보수
0.5미만, 면적율 10%이상	
1.0~25, 면적율 10%미만	보수 필요
0.5~1.0, 면적율 10%이상	
1.0~25, 면적율 10%이상	즉각적인 보수
25이상, 조골재 손실	

주1) 박리에 관한 보수 필요성 판단기준은 모든 부재에 적용함

3) 박 락

【표 7.6】박락 보수 필요성 판단기준

박락 깊이(㎜) 및 면적율(%)	보수 판단기준
15미만, 면적율 10%미만	보수 불필요
15~20, 면적율 10%미만	선택적 보수
15미만, 면적율 10%이상	
20~25, 면적율 10%미만	보수 필요
15~20, 면적율 10%이상	
20~25, 면적율 10%이상	즉각적인 보수(필요시 보강)
25이상, 조골재 손실	

주1) 박락에 관한 보수 필요성 판단기준은 모든 부재에 적용함
주2) 박락에 의한 철근노출 발생시 철근부식이 가속화 되므로 철근의 부식여부를 확인후 즉각적인 보수 실시

4) 누수/백태

【표 7.7】누수/백태 보수 필요성 판단기준

누수	백태	보수 판단기준
없음	없음	보수 불필요
경미한 누수흔적	면적율 5% 미만	선택적 보수
현저한 누수흔적	면적율 5~10%	보수 필요
누수진행 관찰 가능	면적율 10~20%	즉각적인 보수필요
누수의 진행이 확연	면적율 20% 이상	즉각적인 보수필요

주1) 누수/백태에 관한 보수 필요성 판단기준은 모든 부재에 적용함
주2) 누수의 경우 철근부식의 대표적인 원인으로 누수원인에 따른 적절한 보수가 요구됨

5) 철근부식

【표 7.8】철근부식 보수 필요성 판단기준

자연전위 E(mV)	육안관찰	철근부식	보수 판단기준
E>0	10%이하 공극	약간의 점녹 발생	보수 불필요
-200<E≤0	10%이하 공극	광범위한 점녹 발생	보수 불필요
-350<E≤-200	0.4㎜이하 미세균열	면녹 발생, 부분적인 들뜬 녹 발생	선택적 보수필요
-500<E≤-350	0.4~1.0㎜이상 균열	광범위한 들뜬 녹 발생 (20%미만 단면결손)	보수 필요
E≤-500	3.0㎜이상 균열 및 박리	광범위한 두꺼운 층상 녹 발생 (20%이상 단면결손)	즉각적인 보수필요

나. 보수·보강 우선순위의 결정 및 추진방향

1) 본 교량의 보수 1순위 손상으로는 바닥판, 교각에 발생한 균열(Cw=0.3㎜이상)을 선정하였으며 장기적으로 구조물 안전성 저하의 원인으로 판단되어 구조물의 안전성확보를 위해 우선적인 보수가 요구된다.

2) 보수 2순위 손상으로는 바닥판 망상균열, 교대 백태 등이 조사되었으며, 그 외 콘크리트 표면에 발생된 단면손상(박락, 재료분리, 파손 등), 균열, 받침장치의 부식, 배수관 탈락등은 "주부재의 경미한 보수를 요하는 손상" 으로 평가하여 2순위로 선정하였다.

희야대교(울산) 정밀안전진단 결과

상태평가결과

- **상태평가결과 → "B" (0.218)**
- 바 닥 판
  : 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 백태 등
- PSC Box 거더
  : 균열(Cw=0.3㎜미만), 재료분리, 박리, 파손 등
- 격 벽, 2차부재(가로보)
  : 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 철근노출 등
- PSC Beam 거더
  : 망상균열, 재료분리
- 하부구조
  : 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 망상균열, 백태, 박락, 철근노출, 파손 등
- 교량받침
  : 플레이트 부식, 박리, 파손 등
- 신축이음
  : 유간 토사퇴적, 후타재 균열, 파손 볼트탈락 등
- 배수시설
  : 배수관 탈락, 파손, 위치불량 등
- 난간 및 연석
  : 균열(Cw=0.3㎜미만), 박락, 철근노출

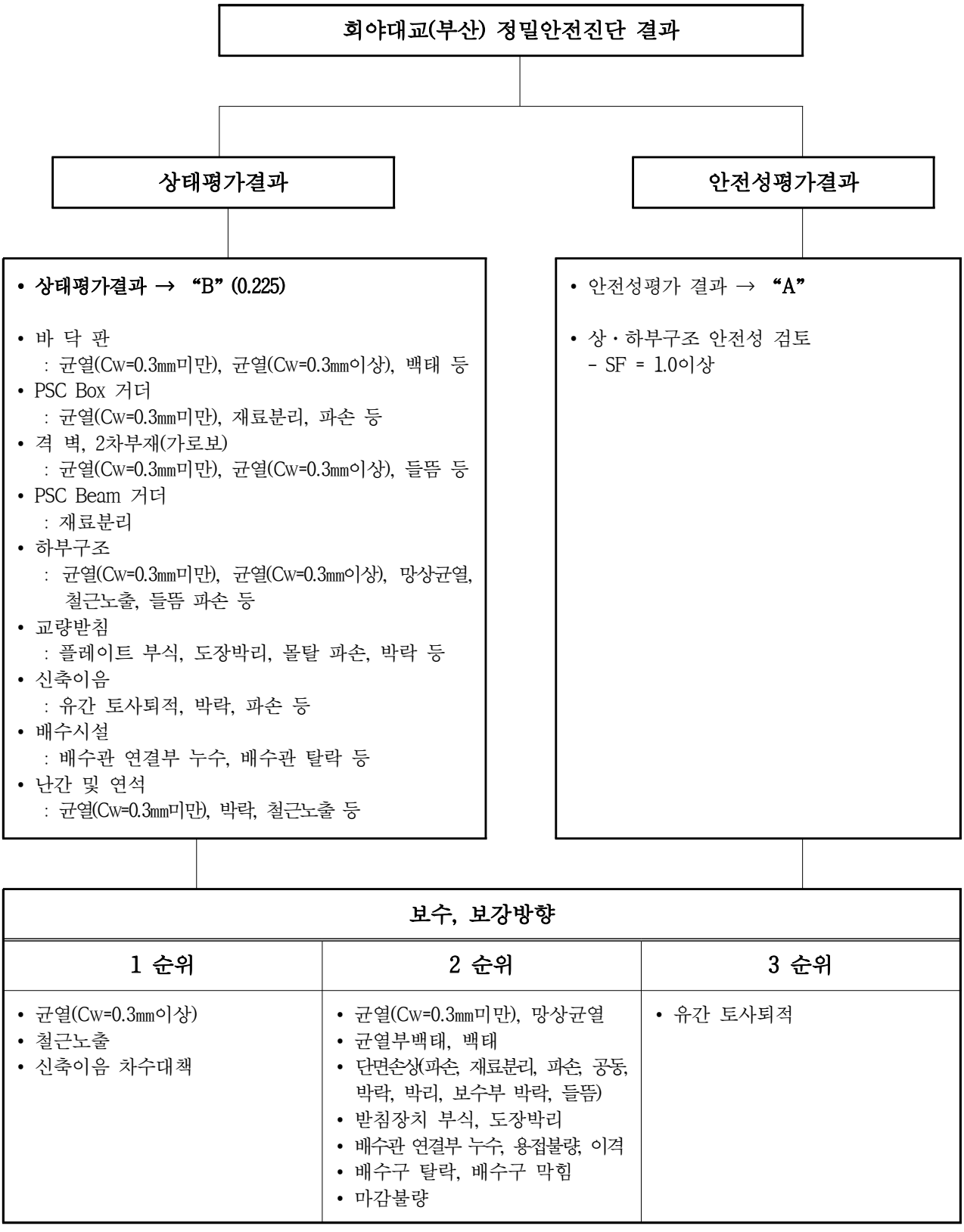
안전성평가결과

- 안전성평가 결과 → **"A"**
- 상·하부구조 안전성 검토
  - SF = 1.0이상

보수, 보강방향

1 순위	2 순위	3 순위
• 균열(Cw=0.3㎜이상) • 철근노출 • 신축이음 차수대책	• 균열(Cw=0.3㎜미만), 망상균열 • 백태 • 단면손상(박리, 박락, 파손, 재료분리) • 보수부 박락, 들뜸 • 받침장치 부식 • 배수관 탈락, 파손, 위치불량 • 잡철근노출 • 너트 및 볼트 탈락	• 유간 토사퇴적

【그림 7.1】 보수·보강방안 추진방향(울산)



【그림 7.2】 보수·보강방안 추진방향(부산)

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

【표 7.9】보수·보강 일람표(울산)

구 분		손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	34.60	m	표면보수	2
		균열(cw=0.3mm이상)	4.00	m	주입보수	1
		망상균열	1.20	㎡	표면보수	2
		백태	0.54	㎡	표면보수	2
		재료분리	0.65	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
PSC Box	내부	균열(cw=0.3mm미만)	62.70	m	표면보수	2
		균열(cw=0.3mm이상)	0.80	m	주입보수	1
		백태	0.04	㎡	표면보수	2
		박락	0.02	㎡	주의관찰	-
		잡철근노출	0.22	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	671.60	m	표면보수	2
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	36.00	m	표면보수	2
		망상균열	27.70	㎡	표면보수	2
		박락	0.05	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
		박리	0.08	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
		파손	0.43	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
		보수부 박락	1.08	㎡	표면보수	2
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	89.80	m	표면보수	2
		균열(cw=0.3mm이상)	0.50	m	주입보수	1
		망상균열	46.24	㎡	표면보수	2
		출입문 파손	1	개소	주의관찰	-
PSC Beam		망상균열	1.50	㎡	표면보수	2
		재료분리	0.12	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
2차부재		박락, 들뜸	8.97	㎡	단면보수	2
		철근노출	0.54	㎡	단면보수(방청)	1
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	9.50	m	표면보수	2
		균열(cw=0.3mm이상)	2.40	m	주입보수	1
		망상균열	1.00	㎡	표면보수	2
		백태	6.72	㎡	표면보수	2
		박락	0.60	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
		철근노출	0.04	㎡	단면보수(방청)	1

【표 7.9】 보수·보강 일람표(울산)(계속)

구 분		손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
하부 구조	교대	파손	0.01	㎡	단면보수	2
		보수부 들뜸	0.30	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
		표면오염	15.80	㎡	주의관찰	-
		녹물흔적	0.12	㎡	주의관찰	-
	교각	균열(cw=0.3mm미만)	397.40	m	표면보수	2
		균열(cw=0.3mm이상)	5.00	m	주입보수	1
		망상균열	42.85	㎡	표면보수	2
		긁힘	0.16	㎡	주의관찰	-
		박리	0.66	㎡	표면보수	2
		박락	0.98	㎡	단면보수 +탄산화방지제도포	2
		파손	0.52	㎡	주의관찰	-
		표면열화	0.40	㎡	주의관찰	-
		표면오염	96.10	㎡	주의관찰	-
교량받침		플레이트 부식	7	개소	재도장	2
		받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만)	4.30	m	표면보수	2
		받침콘크리트 박리	0.12	㎡	단면보수	2
		받침콘크리트 파손	0.16	㎡	단면보수	2
		받침몰탈 균열	1.80	m	표면보수	2
		받침몰탈 박리	0.04	㎡	단면보수	2

【표 7.9】 보수·보강 일람표(울산)(계속)

구 분		손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
신축이음장치		후타재 균열	8.90	m	주의관찰	-
		후타재 망상균열	21.00	㎡	주의관찰	-
		후타재 파손	0.68	㎡	주의관찰	-
		유간토사 퇴적	5.00	m	청소	3
		너트 및 볼트 탈락	1	개소	재체결	2
교면포장		LMC포장 균열	146.00	m	주의관찰	-
		망상균열	6.94	㎡	주의관찰	-
기타 부재	배수 시설	배수관 탈락	2	개소	재설치	2
		배수관 파손	1	개소	재설치	2
		배수관 위치불량	1	개소	재설치	2
		지지대 파손	1	개소	주의관찰	-
		지지대 볼트 풀림	1	개소	주의관찰	-
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	58.20	m	표면보수	2
		망상균열	0.48	m	표면보수	2
		백태	0.08	㎡	주의관찰	-
		긁힘	5.90	㎡	주의관찰	-
		박락	0.93	㎡	단면보수	2
		파손	0.39	㎡	주의관찰	-
		철근노출	0.80	㎡	단면보수(방청)	1
		난간긁힘	10.00	m	주의관찰	-
		난간변형	6.00	m	주의관찰	-

【표 7.10】 보수·보강 일람표(부산)

구 분		손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	170.50	m	표면보수	2
		균열부 백태(cw=0.3mm미만)	2.50	m	표면보수	2
		망상균열	18.00	㎡	표면보수	2
		백태	2.56	㎡	표면보수	2
		파손	0.40	㎡	단면보수+탄산화방지제도포	2
		거푸집미제거	1	개소	주의관찰	-
PSC BOX	내부	균열(cw=0.3mm미만)	52.10	m	표면보수	2
		망상균열	0.50	㎡	표면보수	2
		마감불량	0.48	㎡	주의관찰	-
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	290.60	m	표면보수	2
		망상균열	15.00	㎡	표면보수	2
		파손	0.02	㎡	단면보수+탄산화방지제도포	2
		보수부 박락	0.08	㎡	표면보수	2
		보수부 박리	0.20	㎡	표면보수	2
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	89.00	m	표면보수	2
		균열(cw=0.3mm이상)	1.90	m	주입보수	1
		망상균열	46.74	㎡	표면보수	2
PSC Beam		재료분리	0.04	㎡	단면보수+탄산화방지제도포	2
2차부재		박락, 들뜸	1.83	㎡	단면보수	2
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	0.80	m	표면보수	2
		백태	2.36	㎡	표면보수	2
		철근노출	0.69	㎡	단면보수(방청)	1
		파손	0.24	㎡	단면보수+탄산화방지제도포	2
		표면오염	6.00	㎡	주의관찰	-
	교각	균열(cw=0.3mm미만)	307.00	m	표면보수	2
		균열(cw=0.3mm이상)	8.10	m	주입보수	1
		망상균열	122.12	㎡	표면보수	2
		백태	0.34	㎡	표면보수	2
		긁힘	1.31	㎡	주의관찰	-
		들뜸	1.42	㎡	표면보수	2
		마감불량	0.02	㎡	표면보수	2
		박락, 파손	0.34	㎡	표면보수	2
		보수부 박락	0.24	㎡	표면보수	2
		박리	1.80	㎡	표면보수	2
		표면오염	212.00	㎡	주의관찰	-
교량받침		플레이트 부식	8	개소	재도장	2
		도장박리	0.01	㎡	재도장	2
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm미만)	7.90	m	표면보수	2

【표 7.10】 보수·보강 일람표(부산)(계속)

구 분		손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
교량받침		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm이상)	1.00	m	주입보수	1
		받침콘크리트 망상균열	0.30	㎡	표면보수	2
		받침콘크리트 파손	0.16	㎡	단면보수	2
		받침콘크리트 박락	0.04	㎡	단면보수	2
		받침콘크리트 재료분리	0.19	㎡	단면보수	2
		받침몰탈 균열	0.40	m	표면보수	2
		받침몰탈 박락	0.06	㎡	단면보수	2
		받침몰탈 파손	0.03	㎡	단면보수	2
신축이음장치		후타재 망상균열	24.78	㎡	주의관찰	-
		후타재 마모	9.30	㎡	주의관찰	-
		후타재 박락	0.10	㎡	단면보수	2
		유간토사 퇴적	7.00	m	청소	3
		차수판 볼트탈락	3	개소	주의관찰	-
		차수판 설치불량	1	개소	주의관찰	-
교면포장		LMC포장 균열	655.00	m	주의관찰	-
		망상균열	140.00	㎡	주의관찰	-
		박락	1.20	㎡	주의관찰	-
		파손	0.48	㎡	단면보수	2
기타 부재	배수 시설	배수관 연결부 누수	2	개소	재설치	2
		배수관 연결부 용접불량	1	개소	실링처리	2
		배수관 연결부 이격	2	개소	실링처리	2
		배수관 탈락	2	개소	재설치	2
		배수구 막힘	8	개소	청소	2
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	34.50	m	표면보수	2
		균열(cw=0.3mm이상)	13.50	m	주입보수	1
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	6.00	m	표면보수	2
		공동	0.01	㎡	단면보수	2
		박락	0.15	㎡	단면보수	2
		철근노출	0.06	㎡	단면보수(방청)	1
		파손(긁힘)	11.35	㎡	주의관찰	-
		방음판 변형	1	개소	주의관찰	-

7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 콘크리트 표면처리공법(Cw=0.3㎜미만)

① 공법 개요

콘크리트 표면이 노후 및 열화된 부위에 대해서 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수하는 방법이며 표면백태, 0.2㎜ 이하의 미세균열의 발생 부위에 적용한다. 또한, 보수 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

② 시공방법 및 유의사항

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100㎜를 와이어 브러쉬로 닦아 내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 균일하게 도포한다.

균열폭의 변동이 큰 경우에는 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15㎜ 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50㎜, 두께 2~4㎜의 변형성 및 신장성이 큰 씰링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

시공순서도

표 면 처 리	콘크리트 열화부위, 백태발생 부위를 그라인더 등을 이용하여 표면처리 한다.
↓	
표 면 청 소	콘크리트 표면처리후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척한다. 고압세척의 압력은 노즐 TIP에서 5,000 PSI (350kg/㎠)의 압력으로 한다.
↓	
표면보호제 도포	표면보호를 위하여 표면 보호제를 도포한다. 제품 선정 후 제품의 시방규정에 의한 표준 도포량을 확인한다.

【그림 7.3】콘크리트 표면처리 시공순서도

2) 균열주입보수(Cw=0.3㎜이상)

① 개요

균열(0.3㎜이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

② 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 7.11】 수지주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 · 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

【표 7.12】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1㎜ 전후
	고점도	1,500±500	0.2㎜ 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0㎜ 전후

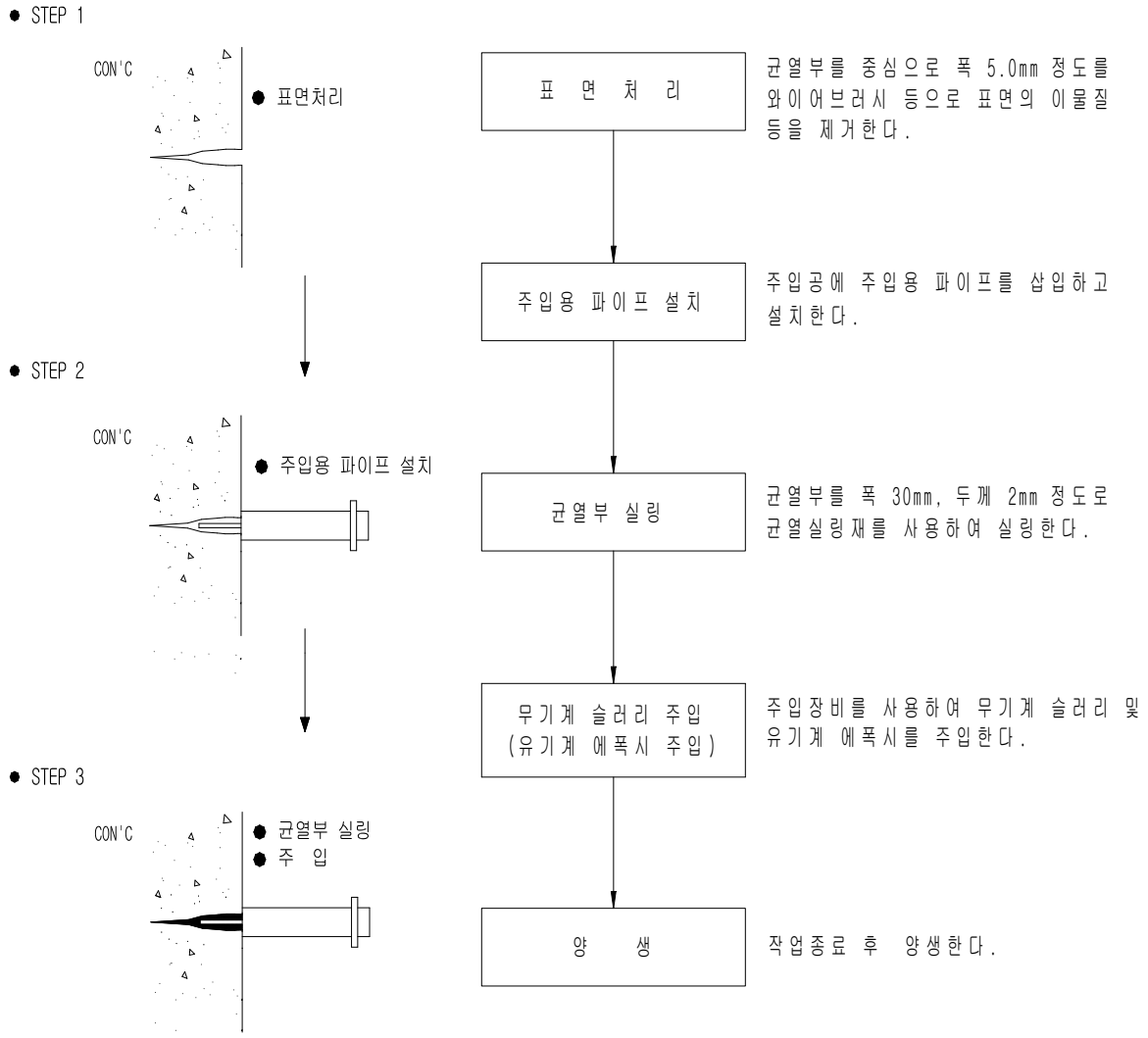
【표 7.13】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(㎜)	주입파이프/패커간격(㎜)	비고
0.3이하	50～100	
0.3～0.5	100～200	
0.5～1.0	150～250	
1.0이상	200～300	

【표 7.14】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	〃	〃	3.5이상	4.0이상
인장강도	〃	〃	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	0.1～0.6	0.1～0.6
인장전단강도	KS M 3722	〃	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	〃	80이상	80이상

③ 시공방법



【그림 7.4】균열 보수공법 개요도

④ 시공 시 주의사항

㉠ 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

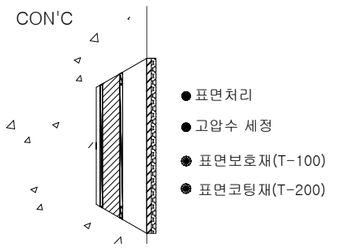
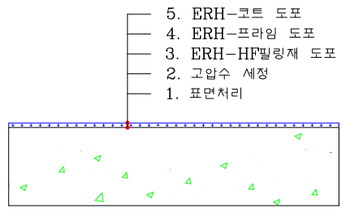
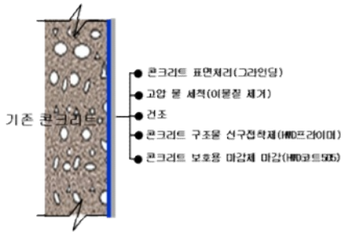
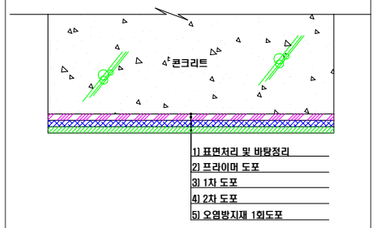
㉡ 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

㉢ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.

㉣ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

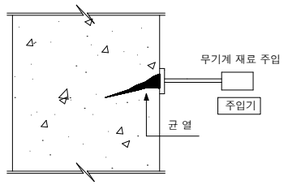
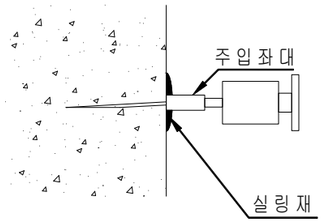
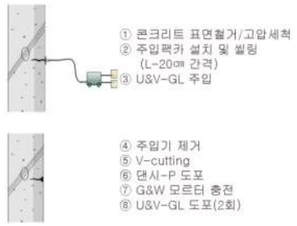
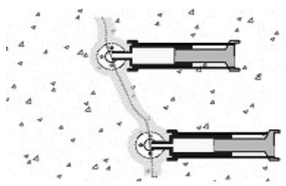
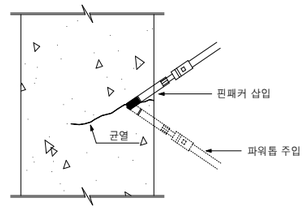
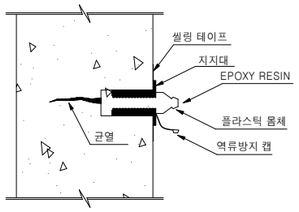
㉤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

【표 7.15】표면처리공법 공법비교안

구 분	T-CON공법 (특허 제 10-0913255호)	에코플래시공법 (특허 제10-0814915호, 특허 제10-0814962호, 신기술 제577호)	HWD공법 (특허 제10-0995244호)	금속 혼합물 함유 조성물 및 이를 이용한 피막접착공법 (특허 제10-0385115호)	리코시스템공법 (특허 제10-0757104호)	콘크리트의 열화방지 공법 (특허 제10-0454409호)
공 법 개 요	· RC구조물에 표면보호재 및 표면코팅재를 도포하여 구조물의 염해 및 중성화 방지를 목정으로하는 도막 보수공법	· 중성화, 염해, 동해 및 화학적 부식 등의 열화원인에 대응하여 천연광물을 함유한 모르타르와 특수건식스프레이를 이용하여 화학적 물리적으로 개보수 하는 공법	· HWD코트505재료를 사용하여 구조물의 중성화방지 기능, 내산성, 내오염성, 내화학성, 침식방지, 외관정비, 방식 보호제 보수공법	· 금속혼합물(A1,Mn,Zn,Si,Cr,Li 등)과 강력접착제를 교반한 피막재료(CORUSEAL)를 70℃ 범위내에서 용융시켜 콘크리트 구조물에 분사하는 염해 및 중성화 방지시공기술	· 탄성 폴리머+수용성 세라믹이 결합되어 구조물 표면에 방호막을 형성하여, 구조물의 내구성증진 및 오염방지 기능이 우수한 친환경 표면보호 공법	· 비닐계, 아크릴계, 에폭시계, 아크릴우레탄 수지군과 수경성세라믹계열의 이중접착구조를 이용한 콘크리트 구조물의 부식방지를 위한도막형 표면처리공법
시 공 순 서				· 표면처리 · 고압물세척 · 프라이머 1차 피막 접착 · 금속피막 2차 피막 접착 · 금속피막 3차 피막 접착		· 표면처리 · 고압물세척 · 에폭시계 1차코팅(EW) · 탄성퍼티재 처리 · 에폭시계 OR 아크릴우레탄계 2차코팅 · 에폭시계 OR 아크릴우레탄계 3차코팅
특 징	· 화학적 부식에 저항성 및 중성화 저항성이 우수함. · 별도의 표면 보호재 도포가 필요없음. · 부착강도가 우수함. · 염해, 중성화, 동결융해, 화학적 침식등 모든 열화요인에 대하여 우수함. · 시공절차가 간단하며, 경제성이 우수	· 화학적 부식에 저항성 및 중성화 저항성이 우수함. · 내약품성 및 내화학성이 우수하며, 인체에 무해함 · 중성화 방지 및 알칼리 성능 회복 기능. · 무기코트재료에 의한 표면피복(음용수 부위적합). · 리튬실리케이트를 이용한 내구성 회복 효과. · 습윤한 상태의 부착강도 우수함. · 표면 보호재는 다양한 색상을 창출함 · 공정이 다소 복잡하여 시공전문가 필요함.	· 고수밀성으로 유해성분이나 이산화탄소, 수분등의 침투방지. · 고내구성으로 콘크리트 모체의 열화 진행 방지 및 내구연한 증진 · 콘크리트 모체와의 높은 부착성으로 모체와의 일체성 확보 · 용도에 따른 다양한 보조공법과 호환성 우수 · 시공전문가 필요 · 최근공법으로 실적이 다소 적음	· 내약품성, 부착력우수 · 내충격성 및 진동(내진)에 강함 · 방식기능과 염해 환경에 강함 · 적용실적이 많음 · 내구성이 우수 · 휘발성 유기용제 사용으로 환경문제 및 작업자 위험요소 내포(화재 위험) · 작업 시, 공사에 대한 기초지식이 필요함	· 환경유해물질(VOC/VAC/중금속등)불검출(친환경인증제품) · 시공 공정이 간단(수용성, 속건형, 일액형 타입) · 염해, 중성화방지 성능 우수 · 촉진내후성, 내약품성, 내충격성, 내구성 우수 · 오염방지 기능으로 미관개선 효과 우수 · 난연성 1급 시험 통과 · 시공에 대한 기초 지식이 필요함 · 무기질 세라믹 필러 함양이 높아 충분히 교반을 해야 함	· 내약품성 및 내화학성이 우수 · 적용실적이 많음 · 휘발성 유기용제 사용으로 환경문제 및 작업자 위험요소 내포(화재 위험) · 균열에 대한 대응력이 적어 도막 박락현상 발생 · 초기접착력은 우수하나 다른 재질로 층간 박리 현상이 나타나며, 접착력이 점차 저하

※상기 표는 보수공법 비교를 위한 참고자료임. 향후 보수공사 시에는 시공성, 경제성, 보수성, 시공환경 등을 고려한 공법의 선정이 필요함.

【표 7.16】주입보수공법 공법비교안

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법 (일반)	에폭시 주입공법(일반)	에코씰 주입공법 (특허 제10-1103881호)	리폼시스템 (특허 제10-0220562호	이소시아네이트수지주입공법 (구신기술 제359호)	SKI 공법 (특허 제0458992호)
공 법 개 요	· 균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	· 콘크리트 균열부위에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	· 균열 및 표면 피복 마감을 동시에 적용하는 공법으로 균열 깊이에 따라 주입액의 주입량을 조절하고 섬유피복재로 마감하여 균열을 보수하는 공법	· 콘크리트 균열부위에 유무기계재료인 수중경화 수성 에폭시 재료를 주입하는 공법	· 콘크리트 균열 부위에 교차로 핀패커를 삽입하고 균열 및 핀패커 주위를 밀폐한 후 파워톱을 주입하는 공법	· 코어비트 드릴을 사용, 얕게 천공한 후, 마이크로 패커를 사용하여 주입구를 간단히 설치하고 균열특성에 적합한 보수액을 중압으로 주입시키는 공법
시 공 순 서	 · 표면처리 · V컷팅 · 주입기 설치 · 균열부 씰링 · 폴리머 슬러리 시멘트 주입 · 표면정리	 · 표면처리 · V컷팅 · 주입기 설치 · 균열부 씰링 · 에폭시 주입 · 표면정리	 · 표면처리 · 컷팅 · 격자천공 · 균열부 씰링 · 저점도 에폭시 주입 · 표면정리	 · 표면처리 · 주입팩카 설치 및 씰링 · 수중경화 에폭시 주입 · V컷팅 후 몰탈 충진 · 마감재 도포	 · 표면처리 · V컷팅 · 격자천공 · 균열부실링 · 이소시아네이트수지주입 · 패커제거 및 표면정리	 · 햄머드릴 천공 · 중공형 코어비트 드릴 천공 · 프라이머 도포 / 확인창 부착 · 씰링재 도포 · 플라스틱 마이크로 패커 설치 · 보수액 주입
특 징	· 품질관리가 용이하고 재균열 발생우려 없음 · 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 · 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보 · 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 · 보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐 · 공정이 다소 복잡하여 시공전문가 필요 · 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	· 습윤면 시공가능 · 시공성이 좋다 · 경화속도가 빠르다 · 주입량 점검이 용이하고, 균열속 깊이까지 주입할 수 있다. · 가장 일반적으로 쓰이는 공법으로 실적이 많다.	· 주입량 점검이 용이하고, 균열속 깊이까지 주입할 수 있다. · 건식, 습식, 수중 시공이 가능 · 균열의 교면뿐만 아니라, 내부균열 깊숙이 주입이 가능 · 압력조절에 주의가 요망되며, 압력이 클 경우 균열이 확대되어 버림	· 수분없이 반응 · 강도발현 200kg/cm2 · 구조체가 Closed Cell화 되어 수차단 · 신축율 좋음(탄성적인재료) · 무수축, 무변형, 무발포성 · 보수비가 비교적 고가 · 장기내구성이 떨어짐 · 균열폭이 큰 경우는 재균열의 발생소지가 있음	· 건조면, 습윤면, 누수면 모두 시공가능 · 패커에 의한 주입으로 균열부 완전충진 가능과 약품이 역류되지 않음 · 자체 압력으로 누수면 및 추종봉합 가능 · 모체와 일체화 가능 · 재균열 발생 없음 · 시공성 우수, 시공비가 저렴	· 다양한 보수액 주입가능 · 주입압력 조절 우수 · 주입량 조절 우수 · 단기간 작업완료 · 시공부위 무제한 · 신공법에 대한 인지도 미흡 · 초기 장비 구입비 부담

※상기 표는 보수공법 비교를 위한 참고자료임. 향후 보수공사 시에는 시공성, 경제성, 보수성, 시공환경 등을 고려한 공법의 선정이 필요함.

나. 콘크리트 단면보수 방안

1) 단면복구(보수)공법 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면복구(보수)공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로서 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기한 결함 중 콘크리트 파손부 및 철근노출, 부식부에 대한 보수방법으로 사용한다.

2) 단면복구(보수) 시 털어내기 작업

단면복구(보수) 시 털어내기 작업은 콘크리트 표면의 상황을 봐서 판단하는 것이 아니고 다음의 항목 및 【그림 7.5】을 참고하여 털어내기 범위나 형상을 결정하는 것이 좋다.

① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

보수 개소의 콘크리트를 털어낼 때에 탄산화 등에 의한 취약한 부분을 남기면, 기설 콘크리트와 복구재료와의 충분한 부착강도를 얻을 수 없을 뿐 아니라, 균열이나 철근부식 재발의 원인이 된다. 따라서, 부재 내력에 영향을 미칠 수 없는 범위에서 열화부분을 모두 제거할 필요가 있다. 열화부분을 효과적으로 확인하기 위해서는 탄산화깊이나 알칼리 반응성 생성물의 측정 등 열화요인과 관련된 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

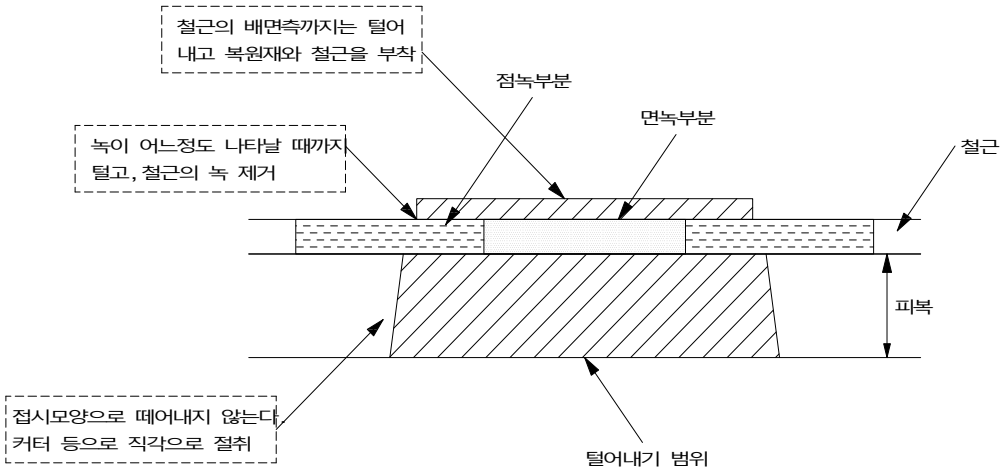
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(-), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

따라서, 녹 제거를 확실하게 할 수 있도록 철근표면의 전면에 녹이 나오고 있는 부분(면녹의 부분)뿐만 아니라, 이것과 인접하면서 녹이 점상으로 나타나는 비교적 건전한 부분(점녹의 부분)이 드러나는 범위까지 털어낼 필요가 있다. 한편, 털어내기 전에 면 녹의 범위를 파악하기 위해서는 자연전위 보정법에 근거하고 보정자연전위에서 -350mV보다 낮은 전위를 가리키는 부분이 이것에 해당한다.

또한 같은 이유로 녹의 제거는 철근의 전 주변에 대하여 실시하여야 하고, 철근은 박락된 부분(면)에서부터 뒷부분까지 파취할 필요가 있다. 이것은 단면복구(보수)재가 철근을 둘러싸는 것에 의한 부착성 향상에도 유효하다.

③ 털어내기 형상

콘크리트와 단면복구(보수)재와는 일반적으로 열팽창율이 다르기 때문에 복구재의 단부가 접시형상으로 되어 있으면, 온도신축에 의해 그 부분으로부터 박리현상을 보이는 우려가 있다. 이것을 방지하기 위해 털어내기 시 단부가 접시형상으로 되는 것을 피하고, 될 수 있는 한 수직에 가까운 각도로 깊이 털어내는 것이 중요하다.



【그림 7.5】 단면복구(보수) 상세도

3) 철근의 방청 처리

털어내기에 의해 노출된 철근의 녹 제거는 특히 정성껏 실시할 필요가 있다. 일반적으로 와이어 브러시를 이용할 수 있는 것이 많지만, 보다 확실한 녹제거 방법은 샌드 블라스트, 워트제트 등을 쓰는 것이 좋다.

녹을 제거한 후는 철근에 방청재를 도포한다. 방청재에는 녹방지 도료, 아질산염계 방청재, 염분흡착제를 사용한 시멘트계 방청형 보수재가 있다. 일반적으로 철근부식의 억제는 철근부식효과가 있는 아질산염 이온이 함유된 것이 효과적이다.

액산의 아질산칼륨이나 아질산리튬을 철근이나 박락면에 직접 도포하여 아질산염이온을 같이 배합한 아질산염계 방청재가 있다. 염화물에 의한 부식의 경우 유효한 도포량은 아질산 이온량과 염화물량의 비율을 관리하여야 하며 많은 양의 충전이 필요한 경우 Paste나 모르터 등을 혼합하여 사용하는 등의 검토가 필요하다. 또한 최근 개발된 염분흡착재를 이용한 방청재는 해수성분을 함유한 수분이 있는 개소의 철근부식에 대응하여 아질산 이온을 도입 또는 함유한 염화물량의 저감효과가 있다.

염분흡착재는 콘크리트 제체중의 유해한 염화물이 흡착되어 저감되어지는 동시에 염분흡착제 자신이 기다리고 있는 아질산 이온을 방출하는 것에 의해 높은 방식재 효과를 얻을 수 있다.

4) 단면복구(보수) 재료

복구재의 선정은 열화의 요인, 손상 상황, 누수 상황 등을 감안하고, 기설의 철근이나 콘크리트와의 부착성, 시공성, 재료특성 등을 평가하고 시공개소에 적합한 것을 채용 할 필요가 있다. 특히 사용실적이나 적절한 시험방법 등에 의해 품질, 성능을 확인할 수 있는 복구재를 사용하는 것이 바람직하다. 단면복구(보수)재는 저수축성이 요구되며, 복구재 충전 후 경화전에 우려할만한 차량진동을 받는 부위는 조강형을 사용하고, 아치부나 슬래브 하면 등 시공성을 중시할 경우는 경량형을 사용하고, 거푸집을 설치해서 충전할 경우는 고유동형을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.

일반적으로 단면복구(보수)재를 충전하기 전에 프라이머를 도포하는 경우가 많다. 프라이머는 기설 콘크리트와 복구재의 부착성 향상을 목적으로 한 에폭시 수지계, 복구재의 수분이 기설 콘크리트에 흡수되어 경화에 필요한 수분이 결핍하는 「드라이 아웃」 방지를 목적으로 한 수성 에멀션을 주재로 하는 재료 등이 있다.

【표 7.17】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류

분 류		개 요
유기계	수지모르터 (에폭시수지 등)	• 에폭시 등의 수지와 잔골재를 이용한 모르터로 고강도, 수밀, 경량, 접착성이 뛰어나고 섞어쓰기 용이하나 고가임
무기계	폴리머 시멘트 모르터	• 시멘트에 SBR, 포키시 등의 수지를 첨가한 모르터로 고강도, 수밀성 양호
	무수축 모르터	• 팽창재가 함유된 건조수축을 보상하는 것에 의해 억제하는 모르터

5) 단면복구(보수)시 유의 사항

① Lath 철망이나 Wire Mesh를 끼울 경우는 박리현상이 발생되지 않게 충분히 고정한 뒤 단면복구(보수)재를 충전한다.

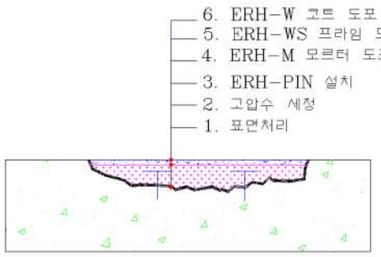
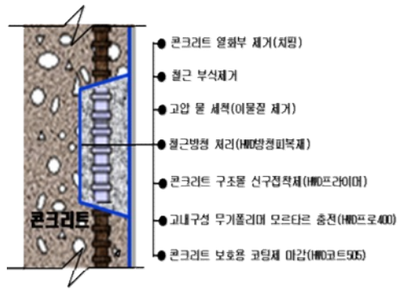
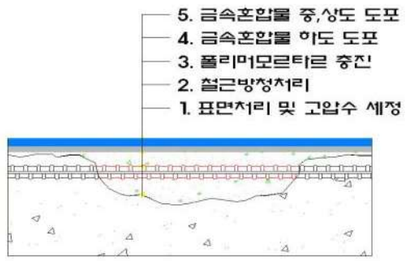
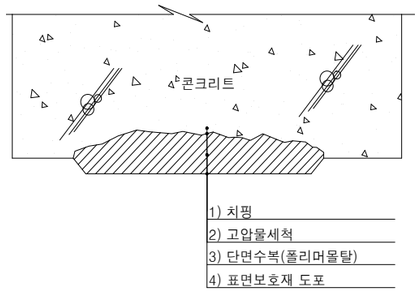
② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.

③ 보수 깊이가 깊은 개소의 충전은 여러층으로 시공할 경우 경계부위가 부착상의 약점이 되기 쉬우므로 정확한 작업이 요구된다.

④ 보수한 단면복구(보수)재가 낙하할 가능성이 있는 부위는 중점적으로 검사 및 점검을 실시한다. 또한, 재료의 선택에 따라 신구콘크리트접착재의 도포가 필요할 경우에는 도포 후 단면복구(보수)를 실시한다.

⑤ 털어내기 작업시 콘크리트 분진으로 인한 대기오염을 방지하기 위해 집진시설이나 물분사 등을 실시하여 도로주변의 환경오염에 주의하여야 한다.

【표 7.18】 단면복구(보수) 공법비교안

구 분	에코플래시공법 (특허 제10-0814915호, 특허 제10-0814962호,신기술 제577호)	HWD공법 (특허 제 0995244호)	코러실 공법 (특허 제10-0385115호)	리코시스템 공법 (특허 제10-0841892호)	크로스 공법 (특허 제10-0415168호)
공 법 개 요	· 중성화, 염해, 동해 및 화학적 부식 등의 열화원인에 대응하여 천연광물을 함유한 모르타르와 특수건식스프레이를 이용하여 화학적 물리적으로 개보수 하고 접착보강핀을 추가하여 장기부착강도를 증진시킨 보수공법.	· 고수밀성의 콘크리트 단면복구재를 이용하여 대기 중의 유해 성분이나 이산화탄소, 수분 등이 콘크리트 속으로 침투하는 것을 근본적으로 차단하여 콘크리트의 내구성을 증진시키는 콘크리트 단면복구 보수공법	· 친수성폴리머와 특수미립시멘트로 구성되고, 특히 습윤면에 대한 부착성능이 우수한 무기질단면피복재 및 항균성개질재와의 복합에 의한 열화된 RC구조물 방식 및 보수하는 공법	· 몰탈 미세 기공에 1㎛이하의 칼슘실리케이트 수화물 형성으로 조직을 치밀하게 하며, 유리 전이온도가 낮은 에멀젼을 사용하여 유연성과 탄성을 유지하여, 장기 내구성을 유지하는 열화 콘크리트 보수공법	· 방청성이 있는 복합 알칼리 회복제를 사용하여 염해, 중성화 또는 철근부식의 우려가 있는 철근콘크리트 구조물의 보수 공법
시 공 순 서					
특 징	· 화학적 부식에 저항성 및 중성화 저항성 우수 · 내약품성 및 내화학성이 우수하며, 인체에 무해함 · 소단면 대단면에 이르는 기계화 시공을 통한 우수한 품질과 공기단축 · 물리적 접착 보강핀을 통한 장기부착강도 확보 · 무기코트재료에 의한 표면피복 · 리튬실리케이트를 이용한 내구성 회복 효과 · 습윤한 상태의 부착강도 우수	· 고수밀성으로 유해성분이나 이산화탄소, 수분등의 침투방지 · 고내구성으로 콘크리트 모체의 열화진행 방지 및 내구연한 증진 · 콘크리트 모체와의 높은 부착성으로 모체와의 일체성 확보 · 용도에 따른 다양한 보조공법과 호환성 우수 · 최근공법으로 실적이 다소 적다	· 중성화 방지 우수 · 화학약품에 저항성 우수 · 표면보호재 배합에 숙련도 필요 · 습윤면에서 부착력 저하	· 동절기에도 유연성과 탄성을 지녀, 내구성 유지 · 동결 융해의 피해 최소화 및 부착강도 우수 · 몰탈 경량화로 자재량 절감 · 친환경 표면보호재(친환경 인증) · 표면보호재는 수용성이므로 동절기 시공 유의	· 열화부의 알칼리 회복 효과 우수 · 공정이 복잡하여, 작업성 및 경제성 저하 · 기능이 서로 다른 소재를 단계별로 사용하여 층간 분리의 우려 · 강 알칼리성 소재의 사용으로, 건전 콘크리트 부위의 알칼리 침식의 우려

※상기 표는 보수공법 비교를 위한 참고자료임. 향후 보수공사 시에는 시공성, 경제성, 보수성, 시공환경 등을 고려한 공법의 선정이 필요함.

다. 교량받침 도장보수

1) 개요

교량받침 철재면의 부식과 도장면이 불량하거나 벗겨진 경우에 진동브러쉬 등을 사용하여 발청부위를 완전 제거 후 재도장하는 방법이다.

2) 시공흐름도



【그림 7.6】교량받침 도장보수 시공흐름도

3) 시공방법 및 유의사항

① 작업 전 충분한 시간동안 안전교육을 실시하고 개인안전장구 착용여부를 반드시 확인 점검한다.

② 교량받침에 사용되는 모든 재료와 배합 및 색채는 사전승인을 득하고 실시한다.

③ 상대습도가 85%이상이거나 도장 면이 굳기 전에 비가 내릴 염려가 있을 때에는 작업을 해서는 안 된다.

④ 기온이 5℃이하 일 때는 시공을 하지 않는다.

⑤ 강재의 온도가 높아서 도장작업 시 도장 면에 거품이 생길 우려가 있을 때와 강재의 온도가 대기의 온도보다 3℃ 낮을 때에는 도장을 하지 않는다.

⑥ 녹 제거 완료 후 3시간 이내에 하도도장을 실시한다.

⑦ 받침장치의 철재면은 도장작업 전 녹, 유지, 먼지 기타 불순물을 완전히 제거 후 부드러운 솔이나 압축공기로 깨끗이 청소한다.

⑧ 하도, 중도, 상도의 도장간격은 각각 충분히 건조된 후에 실시하여야 한다.

⑨ 모든 도료는 사용 전에 침전 및 덩어리가 없도록 충분히 교반해야 하며 혼합비율은 제조회사의 규정에 의한다.

⑩ 녹 등 잡물 제거 시에는 진동브러쉬나 연마지 등을 사용하고 유류는 휘발유나 벤졸을 사용한다.

⑪ 교량받침 청소 시 사전에 접근가능 장비(빔 리프트 카, 사다리, 비계 등)를 선정하여 작업에 임한다.

⑫ 접근장비를 이용하여 청소 시 빔 리프트 카는 붐대 이동시 거더에 상해를 입지 않도록 주의하고 사다리나 비계를 이용하여 접근 시는 떨어지지 않도록 주의해야 한다.

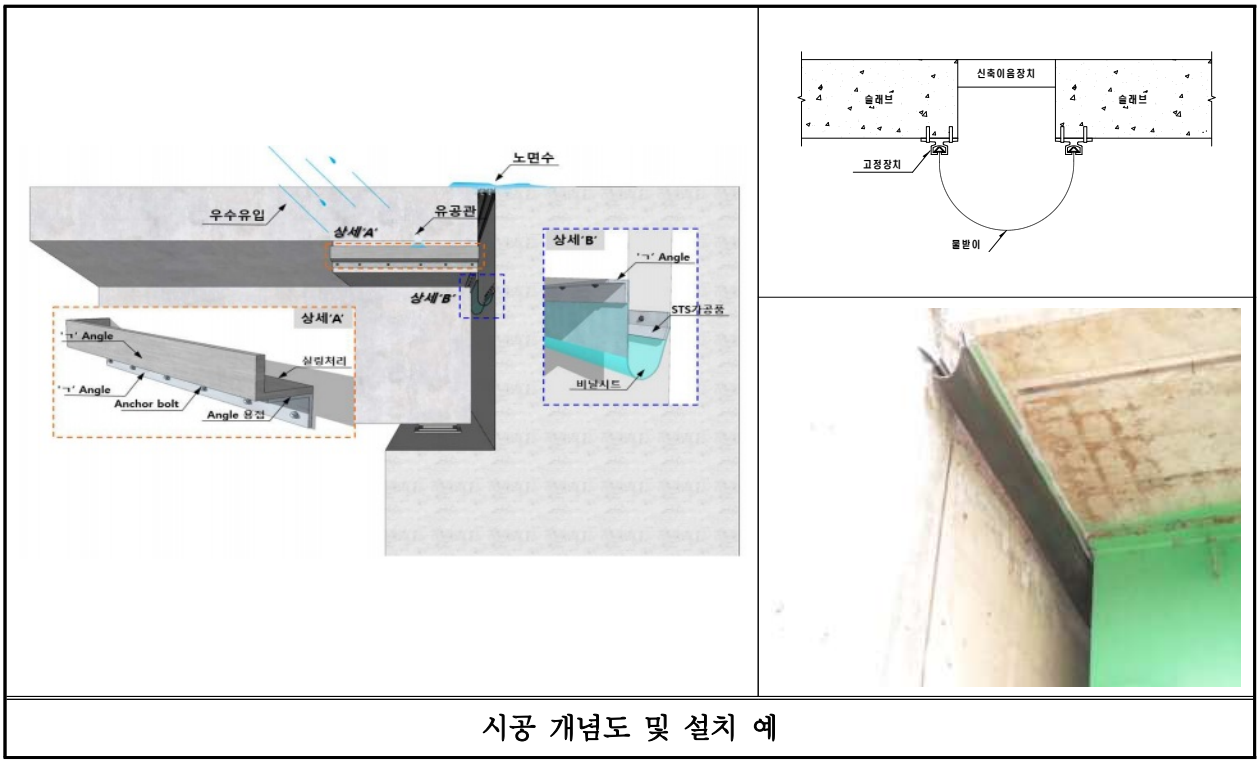
⑬ 스프레이 도장시 피도체와의 거리는 30cm 정도를 유지하고 항상 피도면에 직각이 되도록 하여야 한다.

⑭ 도장작업 시는 얼룩진 곳이 없도록 균일하게 도장하여야 한다.

라. 신축이음 하부물받이 설치

1) 유도배수시설(물받이) 설치

향후 유지관리 및 경재성을 고려하여 바닥판 단부측에 고정장치를 설치하여 물받이를 탈부착식의 투명재질(상태관찰 용이)로 설치하는 방안을 제시한다. 또한, 고정장치는 차후 유지관리상 설치 및 철거가 가능하도록 설치가 요구된다.

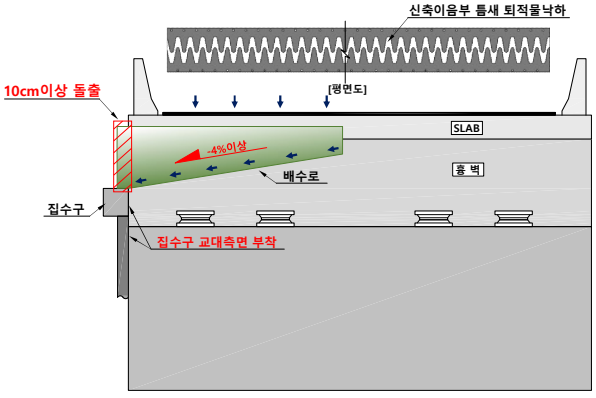


시공 개념도 및 설치 예

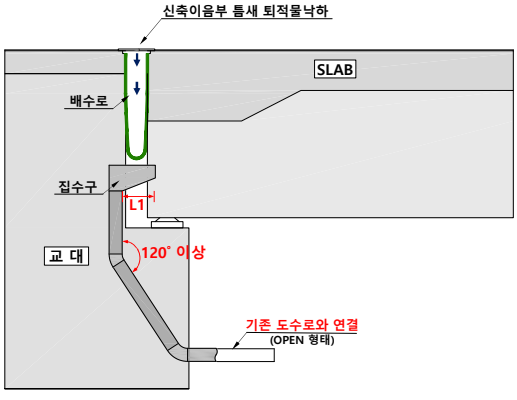
【그림 7.7】유도배수시설 설치 모식도 및 설치 예

2) 핑거형 신축이음장치 배수시스템 개선사항

퇴적물 낙하 유도 및 청소공간 확보(4%이상), 신축이음장치 부속 배수시설 설치기준은 배수로 슬래브 외측 +10㎝돌출, 배수파이프 경사 -120° 이상으로 설치가 적합하다.



유도배수시설 개선 대책 방안 ①



유도배수시설 개선 대책 방안 ②

마. 볼트체결 불량(이완, 탈락 등)

1) 볼트 교체 방법

볼트교체는 1개씩 수행해 나가는 것이 원칙이지만 현장에서의 작업 효율상 여러 개를 동시에 수행할 필요가 생긴다. 이러한 경우에는 구조적 안정성에 대한 충분한 검토가 선행되어야 한다.

① 볼트의 해체는 안전성을 위해서 볼트이음부에 대해 1개씩 실시해야하며, 볼트체결이 완료되면 다음의 볼트이음부로 이동하여 반복 시행토록 한다.

② 볼트교환은 1개를 풀고 1개를 체결하는 순서로 행한다.

③ 볼트가 접하는 이음판은 신설 교량과 같은 면의 상태에서 체결되어야 한다. 따라서, 볼트를 해체한 다음 볼트 접합면의 도장을 벗겨내고 연마를 실시한 후 볼트구멍 내에 발생된 녹, 이물질 등을 소형 전동브러쉬 등을 이용하여 깨끗이 제거한다.

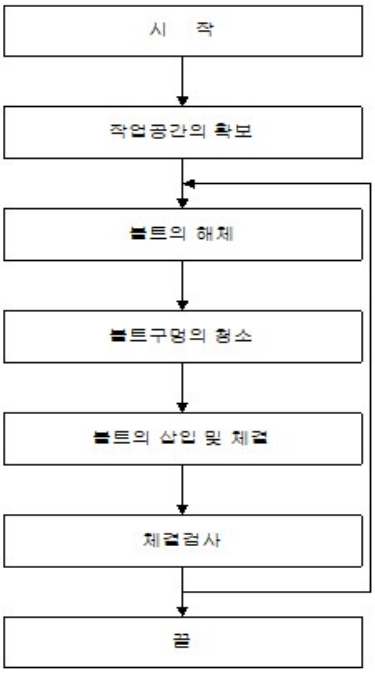
④ 공용중인 교량의 볼트는 상당한 볼트장력을 이미 받았기 때문에 재사용하지 않고 신규 볼트 사용한다.

⑤ 볼트의 체결은 1차 체결 후 2차로 완전히 체결하는 시공방법을 기준으로 한다.

⑥ 볼트구멍의 크기가 작거나, 어긋나서 볼트의 삽입이 불가능한 경우에는 볼트구멍을 다시 천공하도록 한다.

⑦ 체결이 완료된 볼트의 그룹은 토크렌치의 시험기준에 따라 볼트의 장력을 측정하고 허용범위 내에 들어오는 가를 검측한다.

2) 시공 순서도



【그림 7.8】 볼트재체결 시공순서도

3) 교체 볼트의 방식처리

볼트교체시 교체볼트는 부식저항성을 가지도록 해야 한다. 그러나 일반적으로 볼트와 연결판은 도장시 일정하게 도막두께를 형성하기 어려워 쉽게 부식이 발생하게 된다.

따라서 본 교량에서는 일반 고장력볼트보다는 방식처리가 된 다크로 처리 고장력볼트를 사용하는 것으로 한다.

다크로 처리의 방청시스템의 특징은 다음과 같다.

- 아연입자의 자기희생보호 작용

- 무기화합물에 의한 금속소재의 부동태화작용

- 아연플레이크와 무기화합물의 장벽작용

4) 볼트의 체결검사

① 볼트규격 및 볼트길이 등을 토크점검 전 확인하고 토크값의 기준범위를 미리 확인한다. 토크시험을 완료한 볼트는 검사 가 완료되었음을 확인할 수 있도록 식별표시를 하고 점검양식에 토크값을 기록한다.

② 체결볼트 검사수는 각 볼트군에서 10%를 표준으로 하고 검사시기는 볼트를 조인 후 즉시하는 것이 좋다.
다만 육안상 볼트체결이 불량해 보이는 곳에 대해서는 감독자가 무작위로 선택하여 실시한다.

③ 체결된 볼트는 토크계수치의 토크값의 범위를 기준으로 하되 적정성 유무를 검측하여 범위내를 벗어나는 경우에, 즉 체결력이 부족한 경우에는 더 조이고 초과시에는 볼트·너트를 교환하여 재체결토록 한다.

5) 볼트 풀림의 방지공법

① 개요

강교 볼트 이음부는 다양한 원인에 의해 볼트의 풀림이 발생된다. 따라서 볼트의 풀림을 방지하기 위한 다양한 방법을 제시하고자 한다.

② 풀림의 원인

㉠ 이완

볼트 길이의 영구적인 변화가 축 방향으로 발생하거나 와셔를 끼운 표면상태에서 모재나 연결개 자체가 이완되거나 또는 온도의 변화가 발생할 경우에 나사부 조립이 이완된다. 이러한 현상은 볼트 장력 및 잔존 고정력을 감소시킨다. 길이의 영구적인 변화는 다음 현상에 의해 발생할 수 있다.

- 눌림 : 인접한 부품(너트, 와셔)의 거친 면은 볼트 장력의 압력으로 인해 매끄러워지게 된다.
- 크립 : 볼트나 너트의 표면 압력이 소재의 압축 강도를 초과한다.

㉡ 자체 풀림

조임 과정을 거친 후에 볼트의 장력에 의해 모재와 연결제 사이의 마찰력이 유지된다. 이것은 볼트가 스프링처럼 늘어나고 장력에 의해 너트가 헤드 방향으로 당겨져 고정된 부품을 압축시키므로 발생하게 된다. 그런데 조임 토크가 제거되면, 장력이 발생하여 볼트에 너트를 풀게 된다. 나사 부외와 볼트 머리와 너트 사이 에 작용하는 마찰은 이러한 힘을 막고 볼트에 발생하는 장력을 유지하게 된다.

고정 방식이 하중이나 진동의 영향을 받을 경우, 마찰에 의한 효과가 감소하여 너트가 나사 주위를 회전하게 되며 이때 장력이 풀려진다. 진동은 수평방향, 또는 야자의 복합적 방향에서 발생할 수 있다. 수평 하중에 의한 수직 방향의 힘은 풀림의 정도가 훨씬 덜하다.

㉢ 자체 풀림방지

· 헬리컬 와셔와 이붙이 로크와셔

상대 금속표면에 맞물리도록 뾰족한 돌출부를 평평하게 만드는 원리에 의해 작동되며, “쐐기” 작용으로 풀림에 저항한다.

헬리컬 와셔 이붙이 로크와셔

· 홈붙이 너트나 캐슬너트

볼트의 구멍을 통과하고, 직경방향의 슬롯에 끼워 맞춰지는 코터 핀이나 와이어와 함께 사용된다. 이것은 확실한 잠김을 제공하지만, 볼트구멍과 슬롯을 정열시키기 위해 과도하게 조이거나 덜 조여야 할 필요성이 있다.

홈붙이 너트 캐슬 너트

· 로크너트

일반적으로 두가지 형태(자유회전식, 토크식)가 있다. 이들은 안착될 때까지 자유회전하고, 상대볼트를 고정시키도록 조여질 때 처짐이 발생한다.

이들은 나사가 완전히 맞물리게 되면 마찰토크를 발생한다. 따라서 최종위치까지 렌치로 조여야 하고, 완전히 조여지지 않았을 때에도 이들은 제 위치에 머물러 있으려는 경향을 갖는다. 토크 로크 너트나 체결요소는 위험한 적용, 특히 진동이 클 때 가장 좋은 효과를 제공한다.

<Insert nut> <Spring nut> <Single thread nut>

< 자유회전 로크 너트의 예 >

<Spring-top nut> <Nylon-insert nut> <Distorted nut>

< 토크 로크 너트의 예 >

㉣ 접착제 도포

접착제는 금속표면에서 금속 이온과 반응하여 경화되고, 부착강도 및 압축강도가 매우 큰 접착제로 현재 기계부품, 특히 자동차 엔진의 나사고정부에 사용되고 있으며, 강교의 볼트 이음부에도 적용 가능할 것이다.

접착제를 도포하면 볼트풀림 방지가 되고, 접착제의 윤활작용으로 목표장력 도입을 위한 조임 토크가 접착제를 도포하지 않은 경우에 비해 작은 반면 파괴토크는 크다. 또한 접착제를 사용하면 미끄러짐 발생 후에도 볼트풀림을 억제하는 탈출토크라는 것이 발생된다.

7.3 보수·보강 개략공사비

【표 7.19】보수·보강 개략공사비(울산)

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	34.60	12.98	㎡	65	843	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	4.00	6.0	m	80	480	1
		망상균열	표면보수	1.20	1.80	㎡	65	117	2
		백태	표면보수	0.54	0.81	㎡	65	53	2
		재료분리	단면보수 +탄산화방지제도포	0.65	0.98	㎡	305	297	2
PSC Box	내부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	62.70	23.51	㎡	65	1,528	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	0.80	1.2	m	80	96	1
		백태	표면보수	0.04	0.06	㎡	65	4	2
		잡철근노출	단면보수 +탄산화방지제도포	0.22	0.33	㎡	305	101	2
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	671.60	251.85	㎡	65	16,370	2
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	36.00	13.50	㎡	65	878	2
		망상균열	표면보수	27.70	41.55	㎡	65	2,701	2
		박락	단면보수 +탄산화방지제도포	0.05	0.08	㎡	305	23	2
		박리	단면보수 +탄산화방지제도포	0.08	0.12	㎡	305	37	2
		파손	단면보수 +탄산화방지제도포	0.43	0.65	㎡	305	197	2
		보수부 박락	표면보수	1.08	1.62	㎡	65	105	2
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	89.80	33.68	㎡	65	2,189	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	0.50	0.75	m	80	60	1
		망상균열	표면보수	46.24	69.36	㎡	65	4,508	2
PSC Beam		망상균열	표면보수	1.50	2.25	㎡	65	146	2
		재료분리	단면보수 +탄산화방지제도포	0.12	0.18	㎡	305	55	2
2차부재		박락, 들뜸	단면보수	8.97	13.46	㎡	240	3,229	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.54	0.81	㎡	277	224	1
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	9.50	3.56	㎡	65	232	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	2.40	3.6	m	80	288	1
		망상균열	표면보수	1.00	1.50	㎡	65	98	2
		백태	표면보수	6.72	10.08	㎡	65	655	2
		박락	단면보수 +탄산화방지제도포	0.60	0.90	㎡	305	275	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.04	0.06	㎡	277	17	1

【표 7.19】 보수·보강 개략공사비(울산)(계속)

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부 구조	교대	파손	단면보수	0.01	0.02	㎡	240	4	2
		보수부 들뜸	단면보수 +탄산화방지제도포	0.30	0.45	㎡	305	137	2
	교각	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	397.40	149.03	㎡	65	9,687	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	5.00	7.50	m	80	600	1
		망상균열	표면보수	42.85	64.28	㎡	65	4,178	2
		박리	표면보수	0.66	0.99	㎡	65	64	2
		박락	단면보수 +탄산화방지제도포	0.98	1.47	㎡	305	448	2
교량받침		플레이트 부식	재도장	7	7	개소	80	560	2
		받침콘크리트 균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	4.30	1.61	㎡	65	105	2
		받침콘크리트 박리	단면보수	0.12	0.18	㎡	240	43	2
		받침콘크리트 파손	단면보수	0.16	0.24	㎡	240	58	2
		받침몰탈 균열	표면보수	1.80	0.68	m	65	44	2
		받침몰탈 박리	단면보수	0.04	0.06	㎡	240	14	2
신축이음장치		유간토사 퇴적	청소	5.00	7.5	m	18	135	3
		너트 및 볼트 탈락	재체결	1	1	개소	10	10	2
		신축이음 자수대책	물받이 설치	15.7	23.6	m	100	2,355	1
기타 부재	배수 시설	배수관 탈락	재설치	2	2	개소	1000	2,000	2
		배수관 파손	재설치	1	1	개소	1000	1,000	2
		배수관 위치불량	재설치	1	1	개소	1000	1,000	2
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	58.20	21.83	㎡	65	1,419	2
		망상균열	표면보수	0.48	0.72	m	65	47	2
		박락	단면보수	0.93	1.395	㎡	240	335	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.80	1.20	㎡	277	332	1
순공사비 합계(천원)									60,379
제경비(순공사비×50%)									30,190
부대공사비									12,076
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위						6,168
			2순위						96,231
			3순위						247
개략공사비 총계(≒)									**102,645**

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 제외한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 부대공사비는 교통통제, 고소장비, 안전관리자 선임 등을 포함한 금액으로, 순공사비의 20%로 산정하였음.
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.
※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.
※ 일부 손상은 보수물량 산정 시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.
※ 상기 개략공사비는 금회 현장조사 시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가 변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.(2023년 도로공사 유지보수 공종별 단가집 참조)

【표 7.20】보수·보강 개략공사비(부산)

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면		균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	170.50	63.94	m	65	4,156	2
		균열부 백태(cw=0.3mm미만)	표면보수	2.50	0.94	m	65	61	2
		망상균열	표면보수	18.00	27.00	㎡	65	1,755	2
		백태	표면보수	2.56	3.84	㎡	65	250	2
		파손	단면보수 +탄산화방지제도포	0.40	0.60	㎡	305	183	2
PSC BOX	내부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	52.10	19.54	m	65	1,270	2
		망상균열	표면보수	0.50	0.75	㎡	65	49	2
	외부	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	290.60	108.98	m	65	7,083	2
		망상균열	표면보수	15.00	22.50	㎡	65	1,463	2
		파손	단면보수 +탄산화방지제도포	0.02	0.03	㎡	305	9	2
		보수부 박락	표면보수	0.08	0.12	㎡	65	8	2
		보수부 박리	표면보수	0.20	0.30	㎡	65	20	2
격벽		균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	89.00	33.38	m	65	2,169	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	1.90	2.90	m	80	228	1
		망상균열	표면보수	46.74	70.11	㎡	65	4,557	2
PSC Beam		재료분리	단면보수 +탄산화방지제도포	0.04	0.06	㎡	305	18	2
2차부재		박락, 들뜸	단면보수	1.83	2.75	㎡	240	659	2
하부 구조	교대	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	0.80	0.30	m	65	20	2
		백태	표면보수	2.36	3.54	㎡	65	230	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.69	1.04	㎡	277	287	1
		파손	단면보수 +탄산화방지제도포	0.24	0.36	㎡	305	110	2

【표 7.20】 보수·보강 개략공사비(부산)(계속)

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
하부 구조	교각	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	307.00	115.13	m	65	7,483	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	8.10	12.2	m	80	972	1
		망상균열	표면보수	122.12	183.18	㎡	65	11,907	2
		백태	표면보수	0.34	0.51	㎡	65	33	2
		들뜸	표면보수	1.42	2.13	㎡	65	138	2
		마감불량	표면보수	0.02	0.03	㎡	65	2	2
		박락, 파손	표면보수	0.34	0.51	㎡	65	33	2
		보수부 박락	표면보수	0.24	0.36	㎡	65	23	2
		박리	표면보수	1.80	2.70	㎡	65	176	2
교량받침		플레이트 부식	재도장	8	8	개소	80	640	2
		도장박리	재도장	0.01	0.02	㎡	80	1	2
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm미만)	표면보수	7.90	2.96	m	65	193	2
		받침콘크리트 균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	1.00	1.5	m	80	120	1
		받침콘크리트 망상균열	표면보수	0.30	0.45	㎡	65	29	2
		받침콘크리트 파손	단면보수	0.16	0.24	㎡	240	58	2
		받침콘크리트 박락	단면보수	0.04	0.06	㎡	240	14	2
		받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.19	0.29	㎡	240	68	2
		받침몰탈 균열	표면보수	0.40	0.15	m	65	10	2
		받침몰탈 박락	단면보수	0.06	0.09	㎡	240	22	2
		받침몰탈 파손	단면보수	0.03	0.05	㎡	240	11	2
신축이음장치		후타재 박락	단면보수	0.10	0.15	㎡	240	36	2
		유간토사 퇴적	청소	7.0	10.5	m	18	189	3
		신축이음 차수대책	물받이 설치	15.7	23.6	m	100	2,355	1

【표 7.20】 보수·보강 개략공사비(부산)(계속)

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교면포장		파손	단면보수	0.48	0.72	㎡	240	173	2
기타 부재	배수 시설	배수관 연결부 누수	재설치	2	2	개소	1,000	2,000	2
		배수관 연결부 용접불량	실링처리	1	1	개소	50	50	2
		배수관 연결부 이격	실링처리	2	2	개소	50	100	2
		배수관 탈락	재설치	2	2	개소	1,000	2,000	2
		배수구 막힘	청소	8	8	개소	20	160	2
	난간 및 연석	균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	34.50	12.94	m	65	841	2
		균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	13.50	20.3	m	80	1,620	1
		보수부 재균열(cw=0.3mm미만)	표면보수	6.00	2.25	m	65	146	2
		공동	단면보수	0.01	0.02	㎡	240	4	2
		박락	단면보수	0.15	0.23	㎡	240	54	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.06	0.09	㎡	277	25	1
순공사비 합계(천원)									56,269
제경비(순공사비×50%)									28,134
부대공사비(순공사비×20%)									11,254
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위						9,531
			2순위						85,532
			3순위						593
개략공사비 총계(≒)									**95,657**

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 제외한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 부대공사비는 교통통제, 고소장비, 안전관리자 선임 등을 포함한 금액으로, 순공사비의 20%로 산정하였음.
※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.
※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.
※ 일부 손상은 보수물량 산정 시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.
※ 상기 개략공사비는 금회 현장조사 시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가 변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.(2023년 도로공사 유지보수 공종별 단가집 참조)

7.4 유지관리 방안

교량 유지관리는 교량의 공용수명 동안 교량의 안전성과 기능성을 유지하기 위하여 행하는 행위로써 손상발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 조치를 취하는 예방 유지관리와 손상발생 후 조치를 취하는 사후 유지관리로 나눌 수 있으나 유지관리의 주안점은 구조적 특성이나 손상유형을 고려하여 사전에 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하며 그 원인을 미리 해소하는 예방 활동에 목표를 두어야 한다.

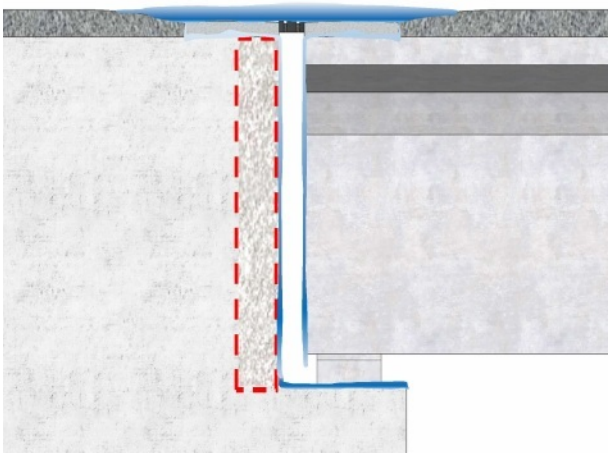
7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항(울산)

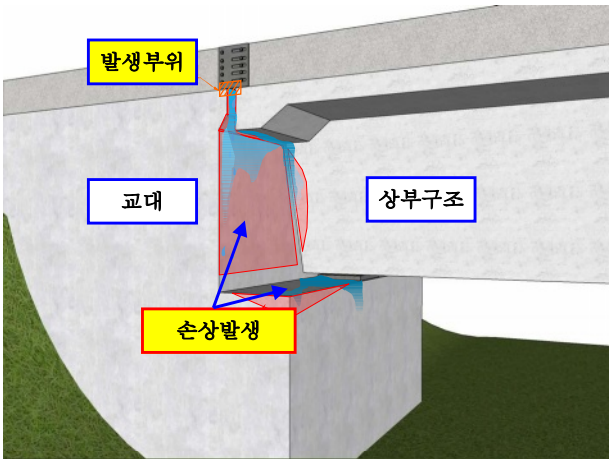
가. 중점유지관리 개요

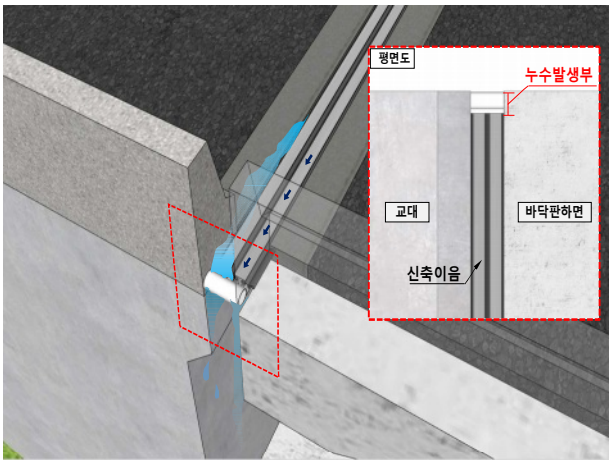
금회 정밀안전진단 현장조사결과, 회야대교(울산)에 발생된 주요손상들 중 배수시설 배수관 탈락 및 파손 등이 발생되고 있는 상태이며, 탈락 및 파손으로 2차손상 발생으로 내구성 및 안전성에 영향을 미칠수 있는 상태이므로 이에 대한 중점관리가 요구된다.

나. 신축이음장치 차수 대책(물받이 설치)

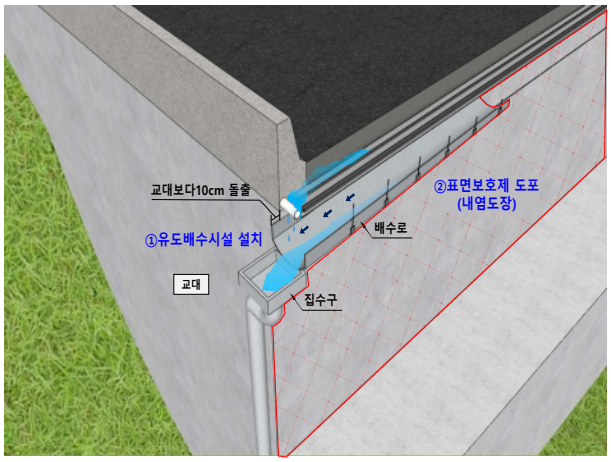
신축축이음부를 통해 유입되는 노면수는 우기시 바닥판 및 교대 흉벽을 타고 흐르는 정도이나, 교대 흉벽, 거더외부에 콘크리트 부재의 화학적 열화를 유발하고 있다. 따라서, 유도배수시설 설치 등의 신축이음부 차수대책을 고려해보는 방안도 합리적일 것으로 판단된다.







신축이음부 노면수 유입 경로



신축이음부 차수대책에 따른 보수방안

※ 현장조사결과 일부구간 표면보호제 도포 완료



A1 흉벽 백태(A=0.2×1.0=0.60㎡)



A1 흉벽 박락(A=1.0×0.6=0.60㎡)



A1 흉벽 보수부들뜸(A=0.6×0.5=0.30㎡)



A2 흉벽 표면오염(A=1.0×2.5=2.50㎡)

신축이음부 노면수 유입으로 인한 2차 손상

다. 배수시설 배수관 탈락 및 파손

배수관 탈락 손상은 하천형 배수관에서 2개소 조사되었으며, 공용중 노후화 및 설치미흡에 의해 탈락된 것으로 판단된다. 우기시 노면수 영향으로 콘크리트 열화 발생 등의 2차손상을 야기시킬수 있으므로 보수계획에 맞춰 배수관 재설치하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다. 배수관 파손은 S8경간 캔틸레버 접합부에서 조사되었으며, 외력에 의한 일부구간 파손으로 인해 접합이 밀실하지 않아 배수시 누수될 것으로 판단되므로 재설치를 통한 유지관리가 바람직할 것으로 판단된다.

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>S14 배수관 탈락</td><td>S16 배수관 탈락</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>S8 배수관 파손</td><td>S13 지지대 파손</td></tr>
</table>

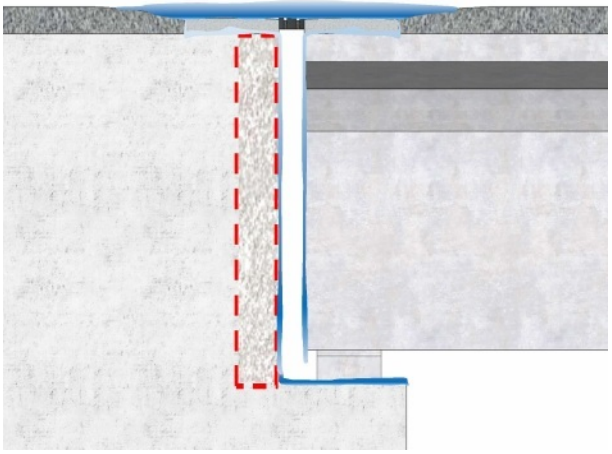
7.4.2 진단결과에 따른 중점유지관리 사항(부산)

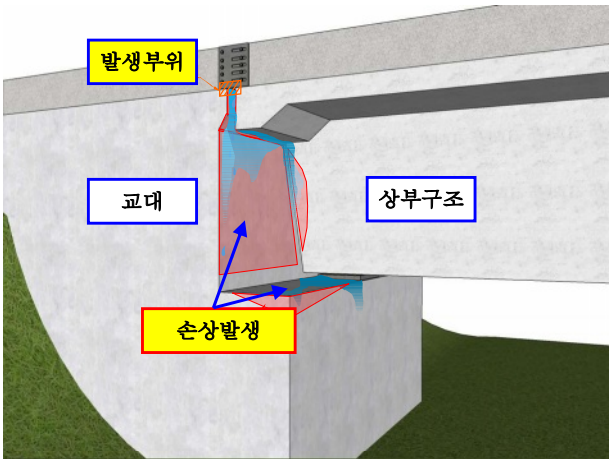
가. 중점유지관리 개요

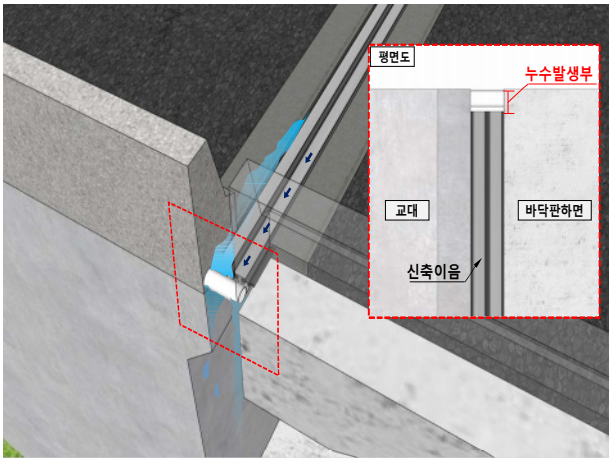
금회 정밀안전진단 현장조사결과, 회야대교(부산)에 발생된 주요손상들 중 배수시설 배수관 탈락 및 막힘 등이 발생되고 있는 상태이며, 탈락 및 막힘으로 2차손상 발생으로 내구성 및 안전성에 영향을 미칠수 있는 상태이므로 이에 대한 중점관리가 요구된다.

나. 신축이음장치 차수 대책(물받이 설치)

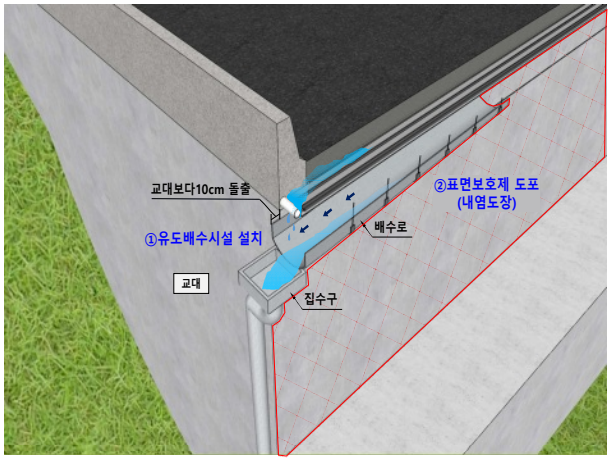
신축축이음부를 통해 유입되는 노면수는 우기시 바닥판 및 교대 흉벽을 타고 흐르는 정도이나, 교대 흉벽, 거더외부에 콘크리트 부재의 화학적 열화를 유발하고 있다. 따라서, 유도배수시설 설치 등의 신축이음부 차수대책을 고려해보는 방안도 합리적일 것으로 판단된다.







신축이음부 노면수 유입 경로



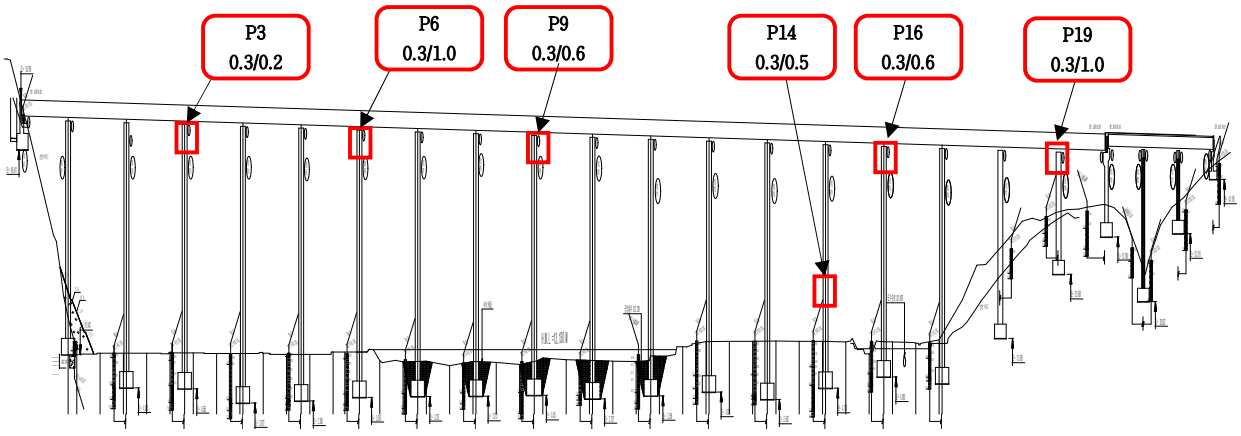
신축이음부 차수대책에 따른 보수방안

※ 현장조사결과 일부구간 표면보호제 도포 완료

	
A1 흉벽 표면오염(A=0.6×2.5=1.50m^2)	A1 구체 표면오염(A=0.5×1.0=0.50m^2)
	
A2 구체 표면오염(A=3.0×1.0=0.30m^2)	A2 흉벽 백태(A=1.0×2.0=2.00m^2)
신축이음부 노면수 유입으로 인한 2차 손상	

다. 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)

교각의 균열 발생패턴을 분석한 결과, 수직균열 대부분은 단면변화부위(우각부, 직각부)에 및 타설이음부, 보수된 천공부 사이에서 단속적으로 발생하였으며, 건조수축 및 온도변화 등에 의한 인장력 발생시 단면변화 부위나 천공부위에서는 일반단면부위 보다 큰 인장력이 집중되어 발생하게 되는데 상기 균열은 해당원인에 의해 발생된 균열로 판단된다. 교각에 발생한 균열 폭 0.3mm균열 중 1개소(P9(cw0.3/L=4.0m) 시공이음부 인접부 균열을 제외하고 전개소(6개소) 수직균열 인 것으로 확인되었고, 균열 발생길이는 전부 1.0m 내·외인 것으로 조사되었으며, 해당 손상에 대해 내구성 저하방지를 위한 주입보수가 하다.





P3 균열(Cw=0.3/L=0.2m)



P6 균열(Cw=0.3/L=1.0m)



P9 균열(Cw=0.3/L=0.6m)



P14 균열(Cw=0.3/L=0.5m)

교각 균열(Cw=0.3㎜이상) 현황

다. 배수시설 배수관 탈락 및 막힘

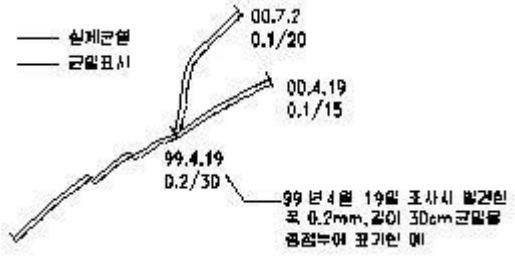
배수관 탈락 손상은 하천형 배수관에서 2개소 조사되었으며, 공용중 노후화 및 설치미흡에 의해 탈락된 것으로 판단된다. 우기시 노면수 영향으로 콘크리트 열화 발생 등의 2차손상을 야기시킬수 있으므로 보수계획에 맞춰 배수관 재설치하여 유지관리함이 바람직할 것으로 판단된다. 배수구 막힘은 공용중 발생되는 비산먼지 및 토사 등의 퇴적물이 주행차량에 의해 주행차로 외측에 쌓여 일부 배수구로 유입이 되어 발생된 것으로 판단되며, 배수구 막힘에 의해 배수 영향이나, 교면내 체수 등 2차 손상은 발생하지 않은 비교적 경미한 상태이다. 다만, 배수관 내 퇴적물에 의해 장기적인 습윤상태로 이음부 및 용접부의 부식이 진행될수 있으며, 부식으로 인한 배수관 파손, 탈락 등이 우려되므로 원활한 배수를 위해 주기적인 청소가 필요하다.

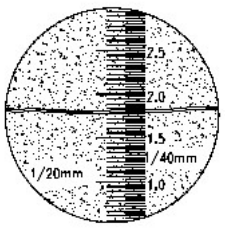
<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>S10 바닥판하면 배수관 탈락</td><td>S14 바닥판하면 배수관 탈락</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>S6 교면포장 배수구 막힘</td><td>S20 교면포장 배수구 막힘</td></tr>
</table>

7.4.3 유지관리 시 점검요령

교량의 안전성과 기능성, 사용성 및 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서 주기적이고 체계적인 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단 등을 통한 유지관리가 무엇보다도 중요하다. 따라서, 정밀안전진단 결과를 바탕으로 부재별 결함부위에 대한 원인분석과 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검해야 하는 사항을 제시하고 필요한 점검항목 및 점검요령을 기술하였다.

가. 바닥판

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 공통</td><td>· 박리, 박락, 층분리, 철근노출(피복두께 부족), 파손
· 백태(유리석회), 오염
· 재료분리</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 거더교</td><td>· 균열(거더사이, 헌치부 종방향 균열)
· 망상균열</td></tr>
<tr><td rowspan="2">▷ 슬래브, 라멘교 상부</td><td>- 단부</td><td>· 부스러짐
· 사인장균열</td></tr>
<tr><td>- 중앙부</td><td>· 휨균열</td></tr>
<tr><td>주요
부위</td><td colspan="2"> 
〈바닥판 전경(거더내부 상부플랜지)〉
 
〈바닥판 전경(거더외부 상부플랜지)〉</td></tr>
<tr><td>점검
요령</td><td colspan="2">· 점검방법
- 도보접근이 불가능한 구간은 점검장비를 이용 근접 점검
- 균열의 진행상황을 파악하기 위하여 균열의 시·종점을 표시해 두는 것이 필요하며, 정기적으로 진행여부를 관찰
 

(a) 균열표시 예
 

(b) 균열경 조사 예</td></tr>
</table>

(계속)

점검요령	- 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 상부에서 하부로, 정모멘트가 발생하는 중앙부 구간은 하부에서 상부 순서로 점검을 진행 - 균열로부터 녹물 유출 여부 조사(철근 부식) - 망상균열, 층분리, 누수나 백태흔적이 발견될 경우 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결함의 존재여부를 추정한다. 내부에 결함 존재 시 외관상 건전한 부위에서도 펀칭 전단파괴의 우려가 있다. · 점검시 유의사항 - 공통적인 손상은 대부분 구조적인 결함이므로 발생원인을 규명하고 보수·보강 등 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사 - 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 점검 시 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의 - 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 철근의 부식환경을 확인하기 위하여 탄산화시험을 실시
점검도구	· 사진기 · 균열자 · 점검용 망치 · 확대경 · 줄자 · 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) · 점검야장 · 필요시 반발경도 및 탄산화 시험기기

나. PSC Box 거더

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷공통</td><td>•균열, 박리, 박락, 층분리, 파손
•철근노출(피복두께 부족)
•재료분리, 누수 및 백태
•PS강재 또는 쉬스관 노출, 부식, 파단</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷받침부</td><td>•부스러짐
•복부 사인장균열
•연속교 상단 휨균열
•격벽 개구부 모서리 균열</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷중앙부</td><td>•휨균열, 거더처짐
•쉬스관 노출 및 파손
•시공이음부 균열 및 누수</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷상선정착부</td><td>•정착구간 균열 및 파손</td></tr>
<tr><td>주요
부위</td><td colspan="2"> 
<PSC Box전경(내부)>
 
<PSC Box전경(외부)></td></tr>
<tr><td>점검
요령</td><td colspan="2">• 점검방법
- 접근장비를 이용하여 박스외부를 점검하고 박스내부는 도보에 의해 점검하며, 복부 높이가 높은 곳에서 가벼운 이동식 사다리로 점검
- 복부에 배치된 강선하부는 콘크리트 다짐불량 및 침하로 인하여 복부에 강성 방향으로 침하균열이 흔히 발견됨.
- 강성정착부는 정착부 자체 및 정착부 후방의 복부 및 플랜지에 발생한 횡방향 균열을 주로 점검
- 필요시 초음파 및 열화상장비 등을 사용하여 보완조사를 실시
• 손상발생시 조치
- 박스내부의 상부플랜지에 강성방향의 균열이 폭 0.3㎜ 이상이고, 상부플랜지에 횡방향강성이 배치되지 않았을 경우, 횡단면은 RC구조로 안전성 평가</td></tr>
<tr><td>점검
도구</td><td colspan="2">• 사진기(망원렌즈)
• 줄자(5m자)
• 점검야장
• 점검용 망치
• 손전등
• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)</td></tr>
</table>

다. 교대

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 공통</td><td>• 균열(시공이음부 횡방향 균열)
• 박리, 박락, 층분리, 백태(유리석회), 파손, 철근노출
• 교대 회전(기울음), 침하(연직이동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 두부</td><td>• 두부 물고임
• 두부와 흉벽 경계부 균열(후면으로 기울음)
• 거더와 흉벽 신축유간 부족</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 벽체</td><td>• 균열(수직균열)
• 벽체와 날개벽 분리(이동)</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 날개벽</td><td>• 날개벽 이동, 전도</td></tr>
<tr><td>주 요
부 위</td><td colspan="2"> 
〈교 대 A1〉
 
〈교 대 A2〉</td></tr>
<tr><td>점검
요령</td><td colspan="2">• 점검방법
- 교량점검차 및 도보를 이용한 근접조사.
- 교대 입지조건이 성토부 혹은 연약지반에 위치한 경우 전후방으로 교대 벽체가 기울었는지 확인하고 의심스러울 경우 실을 매단 점검추를 늘어뜨리거나 측량기로 확인(날개벽, 옹벽 포함)
- 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부위이므로 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이 확인
• 점검시 유의사항
- 신축이음 유간이 벌어져 충격음이 발생하거나 닫혀 있을 경우 거더 상·하부와 흉벽 사이 간격이 서로 차이가 나는지 점검하고 교대 전도 여부도 확인
- 연약지반상의 교대는 뒷채움부의 침하로 인하여 접속슬래브 하부에 공동이 발생하여 흉벽이 교대 뒤쪽으로 전도되어 균열이 발생하기도 함
- 교대 뒷면과 날개벽 사이에 공동이 발생했거나 흙이 침하된 경우 날개벽의 전도를 의심하여 점검
- 벽체에 수직으로 발생하는 균열은 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 우려할 바는 아니지만 폭이 넓은 교대에서 균열폭이 1㎜ 이상이면 교대기초의 부등침하도 의심하여야 함</td></tr>
<tr><td>점검
도구</td><td>• 사진기
• 균열자
• 줄자(5m자)
• 점검용 망치</td><td>• 점검추 - 기울음 측정
• 탄산화 시험기
• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

라. 교각

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷공통</td><td>• 균열, 박리, 철근노출, 파손
• 침하</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷두부</td><td>• 두부 물고임
• 받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락)</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷구체</td><td>• 수직균열
• 이동 또는 기울음</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷수면접촉부</td><td>• 수중구간의 경우 침식</td></tr>
<tr><td>주요
부위</td><td colspan="2"> 
〈교각(P2) 전경〉 
〈교각(P21) 전경〉</td></tr>
<tr><td>점검
요령</td><td colspan="2">• 점검방법
- 교량점검차, 고소작업차 및 점검로를 이용한 근접조사
- 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 닫힘)이거나 방호울타리선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측정하여 교각의 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인
• 손상발생시 조치
- 교각두부 받침하부에 폭 0.3㎜이상 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고 및 대책수립
• 점검시 유의사항
- 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 닫힘, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검 시 참고해야 할 항목임</td></tr>
<tr><td>점검
도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 균열자
• 줄자(5m자)
• 점검용 망치
• 점검추 - 기울음 측정
• 탄산화 시험기
• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

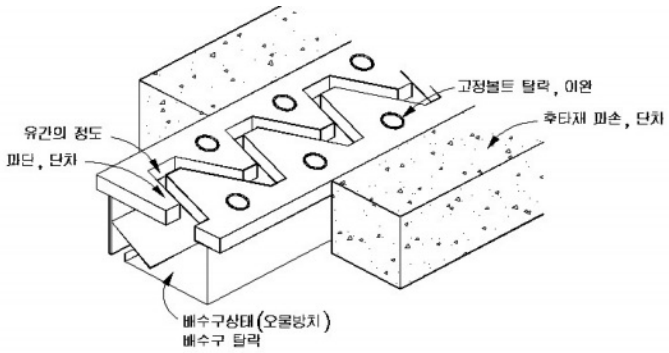
마. 교량받침

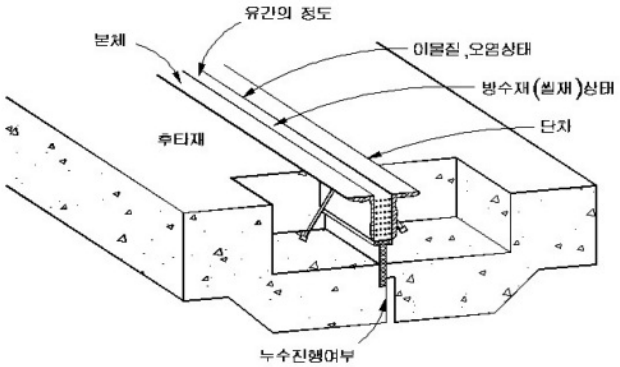
<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td rowspan="3">▷본체</td><td>- 공통</td><td>• 부식(오물퇴적), 변형
• 균열, 파손(균열발생으로 파손진행)
• 가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소
• 받침과 거더의 밀착상태(분리)
• 앵커볼트 파손(절단)
• 가동방향 오류, 편기설치</td></tr>
<tr><td>- 강재받침</td><td>•가동면 부식
•부속물 파손</td></tr>
<tr><td>- 고무받침</td><td>• 고무재 부풀음 및 갈라짐
• 고무판의 과도한 변형</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷받침대</td><td>• 균열, 파손(하부공동)
• 부분 침하</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷이동제한장치</td><td>• 용접부 균열
• 파손</td></tr>
<tr><td>주요
부위</td><td colspan="2"> 
<받침장치(양방향)>
 
<받침장치(일방향)></td></tr>
<tr><td>점검
요령</td><td colspan="2">• 점검방법
- 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검
- 가동받침의 가동여부는 가동면의 윤활재가 밀린 흔적이나 먼지 부착정도로 확인 가능함
- 눈금자가 설치되지 않은 받침은 측면을 깨끗한 헝겊으로 잘 닦고 유성펜으로 상부받침과 이동제한장치 끝부분에 수직으로 선을 그어 놓으면 다음 점검시 온도차에 따른 가동량을 측정할 수 있음
- 곡선교 내측 단부 혹은 사교의 예각부 단부의 부반력으로 인한 받침과 거더의 들뜸 상태 점검
- 경사교에서 받침 경사설치로 인한 상부가동받침과 하부받침 접촉 및 받침 부속품과의 접촉으로 인한 가동장애요소 점검
- 수직보강재와 받침이 10cm 이상 편기시 하부플랜지의 국부변형이나 거더 복부판의 좌굴 여부 확인</td></tr>
</table>

(계속)

점검 요령	- 받침하부에 공동이 의심되면 긴드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인 - 받침부의 물고임 부분은 누수부위의 확인 및 물고임 원인분석 • 손상발생시 조치 - 받침하부 교각 두부에 폭 0.3㎜ 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고, 안전성 검토 및 대책 수립 필요
점검 도구	• 사진기 • 줄자 • 균열자 • 온도계 • 유성펜(매직) 및 청소용 걸레 • 점검용 망치 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장

바. 신축이음장치

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td rowspan="3">▷ 본체</td><td>- 공통</td><td>• 누수, 오염(배수시설 누락, 유간의 오물퇴적)
• 유간(부족 및 과다)
• 이상진동(충격음)
• 본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림)</td></tr>
<tr><td>- 고무재</td><td>• 고무판 마모, 강판노출 및 부식</td></tr>
<tr><td>- 강재</td><td>• 방수재(실링재) 파손 - 노면수 유입</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 후타재</td><td>• 균열, 파손(패임 및 요철)</td></tr>
<tr><td>주요
부위</td><td colspan="2"> 
<신축이음장치(A1)>
 
<신축이음장치(A2)></td></tr>
<tr><td>주요
내용</td><td colspan="2"> 

 
</td></tr>
</table>

(계속)

점검 요령	· 점검시 유의사항 - 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행 - 신축유간 점검시 차량에 유의 · 점검방법 - 보도에서 점검 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생 여부 점검 - 고무재의 마모, 파손, 충진 씰링재 노출로 차량운행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브상태 점검 - 방호울타리부 신축이음의 방수기능 점검 - 점검기간 내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하고 있는지 확인 점검 · 손상발생시 조치 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격으로 타부재에 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 · 점검시 유의사항 - 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행 - 신축유간 점검시 차량에 유의
점검 도구	• 사진기 • 줄자 • 점검용 망치 • 드라이버(driver) - 유간오물 확인 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장

사. 교면포장

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	• 균열, 요철, 단차, 포트홀, 소성변형
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부	• 단차, 침하
▷ 배수구 주변	• 물고임, 이물질 퇴적

주요 부위



<교면포장(시점부)>



<교면포장(종점부)>

점검 요령

- 점검방법
  - 방호벽측 갓길에서 도보점검
  - 중차량 통행이 많은 차선, 곡선부 외측, 급정지 구간 주변의 손상 점검
  - 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검
  - 교면위 물고임 및 포트홀 점검(가급적 비온 직후 점검)
  - 포장의 노후화에 따른 종방향균열의 진전여부, 망상균열의 진전여부
- 손상발생시 조치
  - 손상이 확연한 부분은 위치, 규모에 대하여 기록 후 사진 촬영
  - 포트홀의 직경이 20cm이상 혹은 종방향 단차가 30㎜이상 발생하여 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립
- 점검시 유의사항
  - 갓길은 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검

점검 도구

- 사진기
- 줄자(5m)
- 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) 및 점검야장

아. 배수시설

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 배수시설</td><td>• 파손(연결 고정부 탈락)
• 배수관 길이 부족(거더에 물 떨어짐)
• 유출구 위치 부적절
(도로상이나 구조물 위에 위치)</td></tr>
<tr><td>주요
부위</td><td colspan="2"> 
〈배수시설 전경〉
 
〈상부 배수구 전경〉</td></tr>
<tr><td>점검
요령</td><td colspan="2">• 점검방법
- 배수관
① 갓길 측에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근장비를 이용
② 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 위로 떨어지지 않는지 점검
③ 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검
④ 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지 점검
⑤ 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검
• 손상발생시 조치
- 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거
• 점검시 유의사항
- 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 차량운행에 주의
- 접근장비 사용시 차량운행 및 안전에 유의</td></tr>
<tr><td>점검
도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 줄자
• 점검용 망치
• 드라이버(driver) - 유간오물 확인
• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

자. 난간(방호벽)

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td>▷ 난간, 방음벽</td><td>- 강재, 알루미늄</td><td>• 변형
• 파손</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 보도</td><td>• 신축이음 접촉부 부스러짐(파손)
• 표면 부스러짐(동결융해)</td></tr>
<tr><td>▷ 연석</td><td>- 철근콘크리트</td><td>• 박리, 박락, 부스러짐, 파손</td></tr>
<tr><td>주요
부위</td><td colspan="2"> 
〈방호벽 전경〉
 
〈중앙분리대 전경〉</td></tr>
<tr><td>점검
요령</td><td colspan="2">• 점검방법
- 교량 한쪽에서 눈을 난간높이 정도로 낮추어 난간의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검
- 안전난간 및 방음벽의 경우 안전난간 및 방음벽의 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인
- 연속 받침부 연석 및 자갈막이는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 폭 0.3㎜이상)을 점검
• 손상발생시 조치
- 난간의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 유지
- 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 고려
• 점검시 유의사항
- 난간의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 추락 위험이 있을 시 즉시 연락하여 추락 방지시설 등의 응급조치 필요</td></tr>
<tr><td>점검
도구</td><td colspan="2">• 사진기
• 솔(브러쉬)
• 강재 부식부위 등 상세확인
• 줄자
• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
• 점검야장</td></tr>
</table>

7.4.3 중점 유지관리사항 및 유지관리 시 점검방향

회야대교(울산) 중점유지관리사항

▣ 중점유지관리 사항

▣ 점검방향 : ① 바닥판 균열(Cw=0.3㎜이상) ⇨ ② 바닥판 백태 ⇨ ③ 교대 흉벽 박락 및 백태 ⇨ ④ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상) ⇨ ⑤ 배수시설 배수관 탈락 ⇨ ⑥ 방호벽 철근노출

◎ 교량의 현황
- 구조물명 : 회야대교(울산)
- 노 선 명 : 부산울산선(35.6km)
- 제 원 : L=1,020m / B=15.7m
- 상부형식 : PSCB(I.L.M[주]) + PSCI
- 하부형식 : 교대 - 역T형
  교각 - 문형, Π형

① 바닥판 균열(Cw=0.3㎜이상)
- 신규 균열 발생여부
- 균열의 진전여부 확인
- 보수 후 재균열 발생 여부 확인

② 바닥판 백태
- 백태의 진전여부 확인
- 보수 후 재손상 발생 여부 확인

③ 교대 흉벽 박락 및 백태
- 손상진전여부 확인
- 신축이음 누수 발생 여부 확인

④ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)
- 신규 균열 발생여부
- 균열의 진전여부 확인
- 보수 후 재균열 발생 여부 확인

⑤ 배수시설 배수관 탈락
- 탈락으로 인한 2차손상 발생여부 확인
- 보수 후 배수시설 지속적 관리

⑥ 방호벽 철근노출
- 철근노출으로 인한 2차손상 발생여부 확인


바닥판 S19 균열(Cw=0.3㎜이상)


바닥판 S6 백태


바닥판 S12 백태

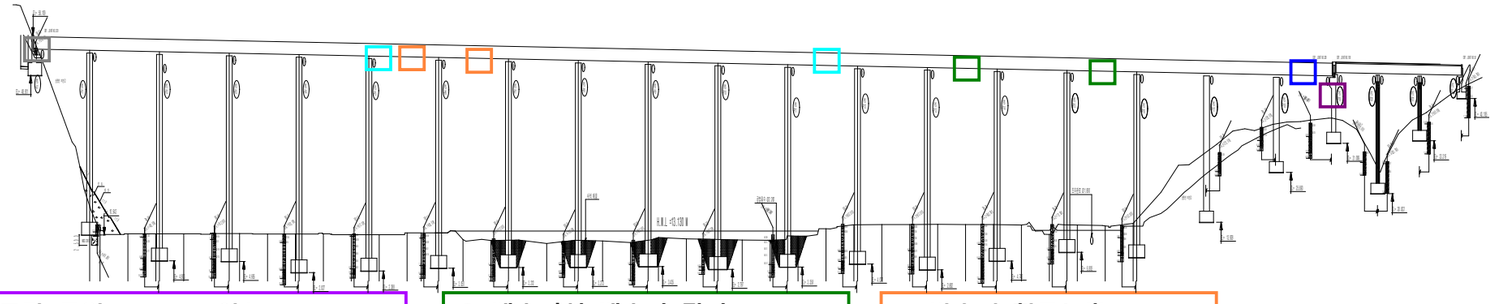

교대 A1 흉벽 박락


교대 A1 흉벽 백태

③ 교대 A1 흉벽 백태 및 박락
→ 손상 진전, 2차 손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

② 바닥판 백태
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

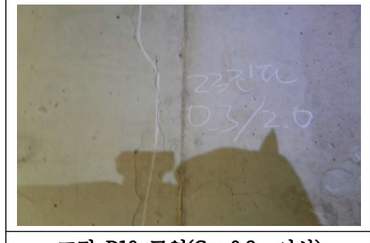
① 바닥판 균열(Cw=0.3㎜이상)
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부



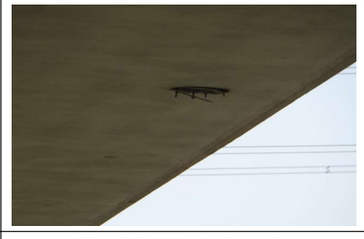
④ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑤ 배수시설 배수관 탈락
→ 2차손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑥ 방호벽 철근노출
→ 손상 진전, 2차손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부


교각 P19 균열(Cw=0.3㎜이상)


배수시설 S14 배수관 탈락


배수시설 S16 배수관 탈락


방호벽 S6 철근노출


방호벽 S7 철근노출

주) I.L.M공법 : 상부 구조물을 주형 제작장에서 제작하여 교축방향으로 압출하는 연속압출공법(ILM, Incremental Launching Method)

회야대교(부산) 중점유지관리사항

▣ 중점유지관리 사항

▣ 점검방향 : ① 바닥판, 거더 균열(Cw=0.3㎜미만) ⇨ ② 교대 A1 흉벽 철근노출 ⇨ ③ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상) ⇨ ④ 교량받침 P11 도장박리 ⇨ ⑤ 신축이음 S19 후타재 박락 ⇨ ⑥ 배수시설 배수관 탈락 ⇨ ⑦ 방호벽 공동

◎ 교량의 현황
- 구조물명 : 회야대교(부산)
- 노 선 명 : 부산울산선(35.6km)
- 제 원 : L=1,030m / B=15.7m
- 상부형식 : PSCB(I.L.M주)) + PSCI
- 하부형식 : 교대 - 역T형
  교각 - 문형, Π형

① 바닥판, 거더 균열(Cw=0.3㎜미만)
- 신규 균열 발생여부
- 균열의 진전여부 확인
- 보수 후 재균열 발생 여부 확인

② 교대 흉벽 철근노출
- 철근노출으로 인한 2차손상 발생여부 확인

③ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)
- 구조적 균열 발생여부
- 균열의 진전여부 확인
- 보수 후 재균열 발생 여부 확인

④ 교량받침 P11 도장박리
- 도장박리로 추가손상 발생여부 확인
- 보수 후 도장손상 재발생 여부 확인

⑤ 신축이음 S19 후타재 박락
- 박락으로 인한 주행차량 방해여부 확인
- 보수 후 재손상 및 추가손상 발생 여부 확인

⑥ 배수시설 배수관 탈락
- 탈락으로 인한 2차손상 발생여부 확인
- 보수 후 배수시설 지속적 관리

⑦ 방호벽 공동
- 공동으로 인한 내부철근 부식여부 확인


바닥판 S4 균열(Cw=0.3㎜미만)


거더외부 S4 균열(Cw=0.3㎜미만)


교대 A1 흉벽 철근노출


교각 P9 균열(Cw=0.3㎜이상)

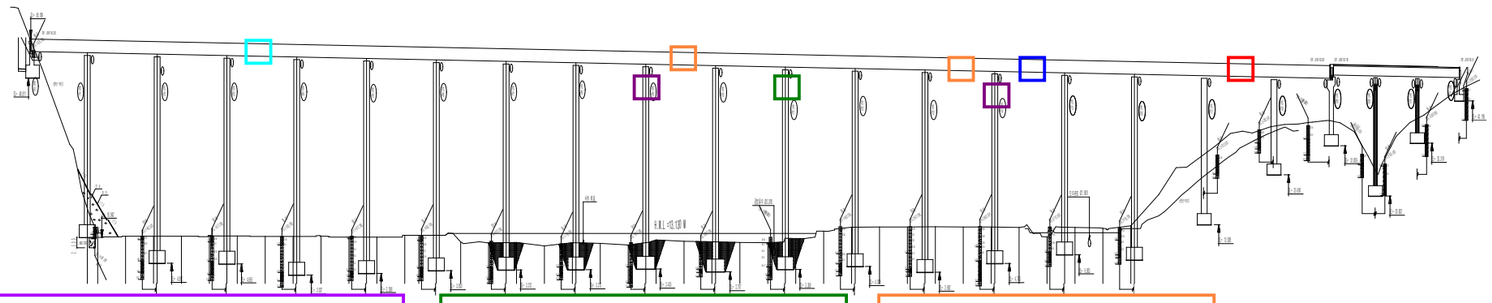

교각 P14 균열(Cw=0.3㎜이상)

② 교대 A1 흉벽 철근노출
→ 손상 진전, 2차 손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

① 바닥판, 거더 균열(Cw=0.3㎜미만)
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑤ 신축이음 S19 후타재 박락
→ 손상 진전, 2차 손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑦ 방호벽 S15 공동
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부



③ 교각 균열(Cw=0.3㎜이상)
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

④ 교량받침 P11 도장박리
→ 손상 진전 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부

⑥ 배수시설 배수관 탈락
→ 2차손상 발생 여부
→ 보수 후 재손상 발생 여부


교량받침 P11 도장박리


신축이음 S19 후타재 박락


배수시설 S10 배수관 탈락


배수시설 S14 배수관 탈락


방호벽 S15 공동

주) I.L.M공법 : 상부 구조물을 주형 제작장에서 제작하여 교축방향으로 압출하는 연속압출공법(ILM, Incremental Launching Method)

제 8장 종합결론

8.1 현장조사, 시험 및 상태평가 결과

8.2 안전성평가 결과

8.3 종합결언

제 8장 종합결론

회야대교(울산, 부산)는 울산광역시 울주군 청량면에 위치한 부산울산선 상(35.6㎞)의 고속도로 교량이며, 2008년 12월에 준공되었다. 시공사는 두산중공업(주)이며, 설계하중은 DB-24(DL-24)로 확인되었다.

본 교량의 연장은 1,020.0m(22경간)(울산), 1,030.0m(22경간)(부산)이며, 폭은 15.7m(유효폭:11.0m, 편도3차로)이다. 구조형식으로 상부구조는 PSC Box Girder(S1～S19경간)와 PSC Beam Girder(S20～S22경간)로 시공되었다. 하부구조는 역T형 교대와 문형, Π형 교각이며, 기초형식은 직접기초로 시공되어 있다.

본 과업은 회야대교(울산, 부산)의 준공 이후 2회차 시행하는 정밀안전진단이며, 시공자료 분석을 포함하여 외관조사, 각종시험 및 구조안전성평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

8.1 현장조사, 시험 및 상태평가 결과

○ 바닥판하면에 대한 외관조사 결과, 균열, 망상균열, 백태, 재료분리 등이 조사되었으며, 조사된 대부분의 손상은 경미한 정도로서 구조적 안전성 저하와 관련한 이상징후 및 특이 손상은 발생되지 않은 것으로 나타났다.

○ PSC Box 거더에 대한 외관조사 결과, 균열, 재료분리, 박락, 파손 등이 조사되었으며, 조사된 대부분의 손상은 경미한 정도로서 구조적 안전성 저하와 관련한 이상징후 및 특이 손상은 발생되지 않은 것으로 나타났다.

○ PSC Beam 거더에 대한 외관조사 결과, 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었다. 회야대교(울산) S22경간에서 시공시 발생한 것으로 판단되는 경미한 재료분리 2개소와 S22경간 단부에서 망상균열이 1개소 국부적으로 조사되었으며, 회야대교(부산) S21경간에서 시공시 발생한 것으로 판단되는 경미한 재료분리가 1개소 국부적으로 조사되었다.

○ 격벽에 대한 외관조사결과, 전반적인 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, FMS를 통한 유지관리 이력에서는 확인되지 않았으나, 균열 등 일부 손상에 대해 보수가 완료된 것으로 확인되었다.

○ 2차부재(가로보)에 대한 외관조사결과, 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었다. 회야대교(울산) S20경간(1개소), S21경간(11개소), S22(12개소)에서 들뜸을 동반한 박락손상이 24개소, 철근노출(일부 들뜸 동반)이 S21경간에서 3개소 조사되었으며, 회야대교(부산) S20경간(8개소), S21경간(5개소)에서 들뜸을 동반한 박락손상이 13개소 조사되었다.

○ 교대에 대한 외관조사결과, 균열, 백태, 박락, 철근노출, 파손, 보수부 들뜸, 표면오염 등이 조사되었으며, 신축이음부 우수 유입의 영향으로 대부분 흉벽에서 백태, 표면오염 등의 손상이 조사된 것으로 확인되었다.

○ 교각에 대한 외관조사결과, 균열, 망상균열 등이 조사되었으며, 조사된 대부분의 손상은 구조물 안전성에 미칠만한 중대한 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

○ 교량받침, 신축이음은 온도변화에 따른 여유량 확인결과, 회야대교(울산) 신축이음 하반기 교체 후(P19-1)전개소에서 가동여유량이 양호한 것으로 조사되었으며, 그 외 본 교량의 방호벽 균열 및 철근노출, 배수시설 배수관 탈락, 배수구 파손 등 일부 손상에 대해서 보수가 요구된다.

○ 콘크리트의 내구성조사결과 콘크리트의 강도, 철근배근상태, 탄산화 등의 시험항목에 대해서 설계기준을 만족하는 양호한 품질을 유지하고 있는 상태로 평가되었으며, 철근 깊이에서 염화물함유량 시험결과는 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태 및 부식 발생 가능이 낮은 상태인 “a~b” 으로 평가되었다.

○ 상태평가결과, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B(울산=0.218, 부산=0.225)”로 산정되었다.

8.2 안전성평가 결과

○ 구조검토를 통한 안전성 검토결과, 상부구조(거더 및 바닥판) 및 하부구조(교대 및 교각)은 최소안전율이 1.0이상으로 나타나 안전성을 확보하고 있으며, 내하율도 1.0이상으로 설계하중 DB(DL)-24이상의 내하력을 보유하고 있는 상태로 평가되었다.

8.3 종합결언

○ 회야대교(울산)는 2008년에 준공되어 15년 이상의 공용기간이 경과한 교량시설물로서. 금회진단결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 중대결함 등은 발생되지 않은 것으로 조사되었다.

주요 손상으로 상부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태, 재료분리 등이 조사되었고, 균열손상에 대해서는 표면보수가 필요한 것으로 판단된다.

하부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 단면손상(파손, 보수부 들뜸 등), 철근노출 이 조사되었고, 조사된 손상에 대해서는 표면보수, 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청) 등이 필요한 것으로 판단된다.

교량받침의 온도변화에 따른 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

포장균열, 포장 망상균열은 주의관찰을 실시하며, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시하고, 배수구막힘, 탈락 등은 재설치가 요구된다.

공용중 유지보수를 실시하고 있으나, 국부적인 추가손상이 확인되고 있는 것으로 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보를 위해서는 손상의 진전여부, 추가손상 발생여부 확인 등의 중점관리가 요구된다.

○ 회야대교(부산)는 2008년에 준공되어 15년 이상의 공용기간이 경과한 교량시설물로서. 금회진단결과, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 중대결함 등은 발생되지 않은 것으로 조사되었다.

주요 손상으로 상부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 백태 등이 조사되었고, 균열손상에 대해서는 표면보수가 필요한 것으로 판단된다.

하부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 단면손상(박락, 박리 등)이 조사되었고, 조사된 손상에 대해서는 표면보수, 주입보수, 단면보수 등이 필요한 것으로 판단된다.

교량받침의 온도변화에 따른 가동여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었으며, 전반적으로 거동상태는 양호한 것으로 검토되었다.

포장균열, 포장 망상균열은 주의관찰을 실시하며, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시하고, 배수구막힘, 막힘 등은 재설치 및 청소가 요구된다.

공용중 유지보수를 실시하고 있으나, 국부적인 추가손상이 확인되고 있는 것으로 조사되었으며, 구조물의 내구성 확보를 위해서는 손상의 진전여부, 추가손상 발생여부 확인 등의 중점관리가 요구된다.

○ 본 교량의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리사항으로 지정된 신축이음장치의 차수대책, 배수시설의 배수관 탈락 및 파손에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등교(DB-24)로서의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.