20. 만화교(울산)

20.1 시설물 개요
20.2 자료수집 및 분석
20.3 현장조사
20.4 콘크리트 내구성조사
20.5 상태평가
20.6 종합평가 및 안전등급 지정
20.7 보수·보강 및 유지관리 방안
20.8 종합결론

20. 만화교(울산)

20.1 시설물의 개요

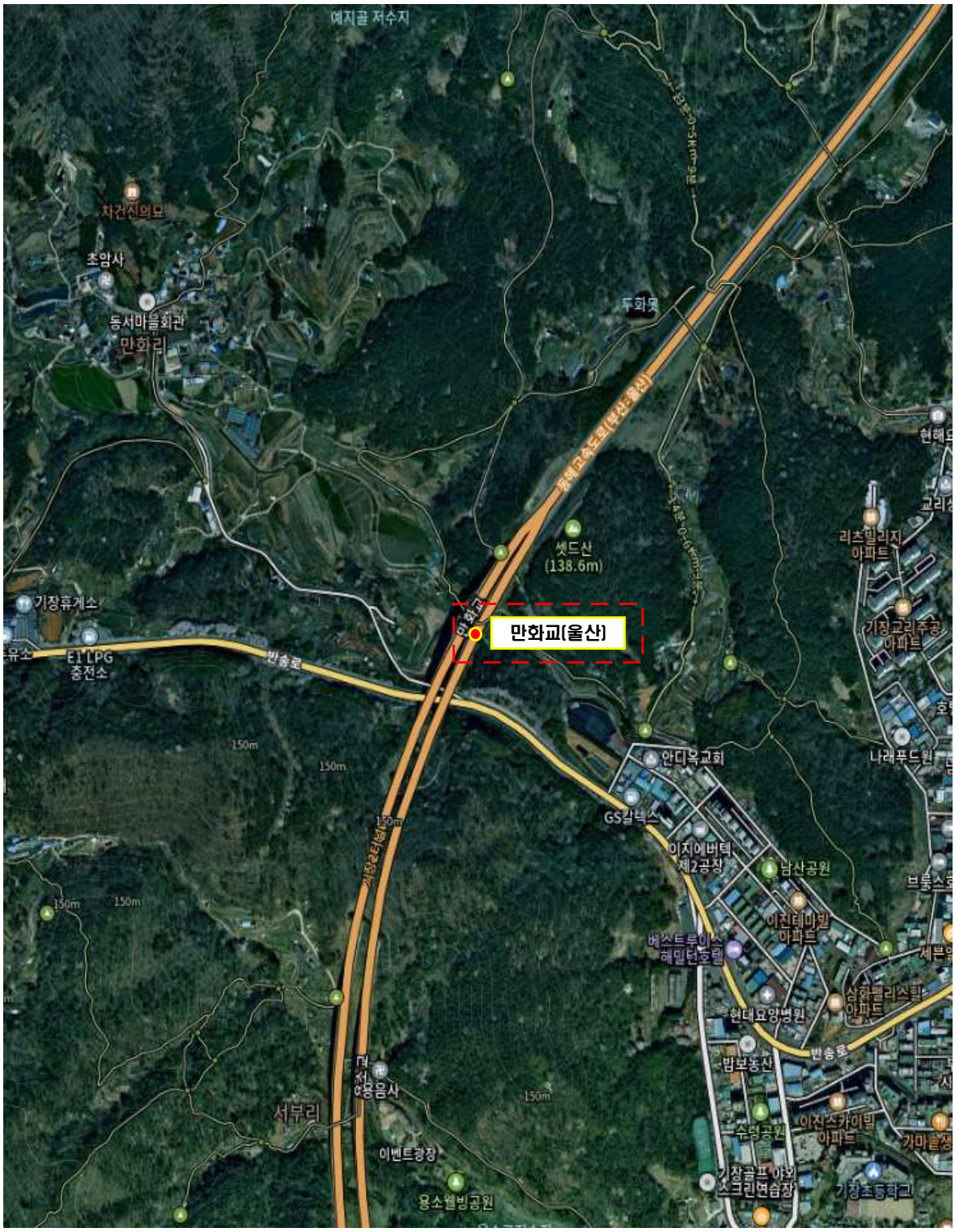
본 시설물은 부산광역시 기장군 기장읍에 위치한 교량으로 총 연장 310.0m, 폭 16.2m로 시공되어 있다.

20.1.1 일반사항

【표 20.1.1】 만화교(울산) 일반사항

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th colspan="2">내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물번호</td><td>BR2008-0000991</td><td colspan="2">관리번호</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td>부산광역시 기장군 기장읍</td><td colspan="2">준공년월일</td><td colspan="2">2008년 12월 31일</td></tr>
<tr><td colspan="2">관리이정</td><td>10.2km</td><td colspan="2">공사이정</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td>DB-24/DL-24</td><td colspan="2">노 선 명</td><td colspan="2">부산울산고속도로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="5">L = 310.0m (60.0 + 5 @ 50.0)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="5">B=16.2m(편도 3차선)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td>강박스거더교(STB)</td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td colspan="2">강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td>하부</td><td>교대 : 역T형
교각 : Π형</td><td>교각</td><td colspan="2">직접기초, 강관말뚝기초</td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td>포트받침</td><td colspan="2">신축이음</td><td colspan="2">A1, A2 레일조인트
P3 : 강핑거 조인트</td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물</td><td>일반국도 14호선</td><td colspan="2">통과높이</td><td colspan="2">17.2m</td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="5">점검시설</td></tr>
<tr><td colspan="2">시 공 자</td><td>경남기업(주)</td><td colspan="2">관리주체</td><td colspan="2">부산울산고속도로(주)</td></tr>
</table>

20.1.2 위치도 및 전경사진



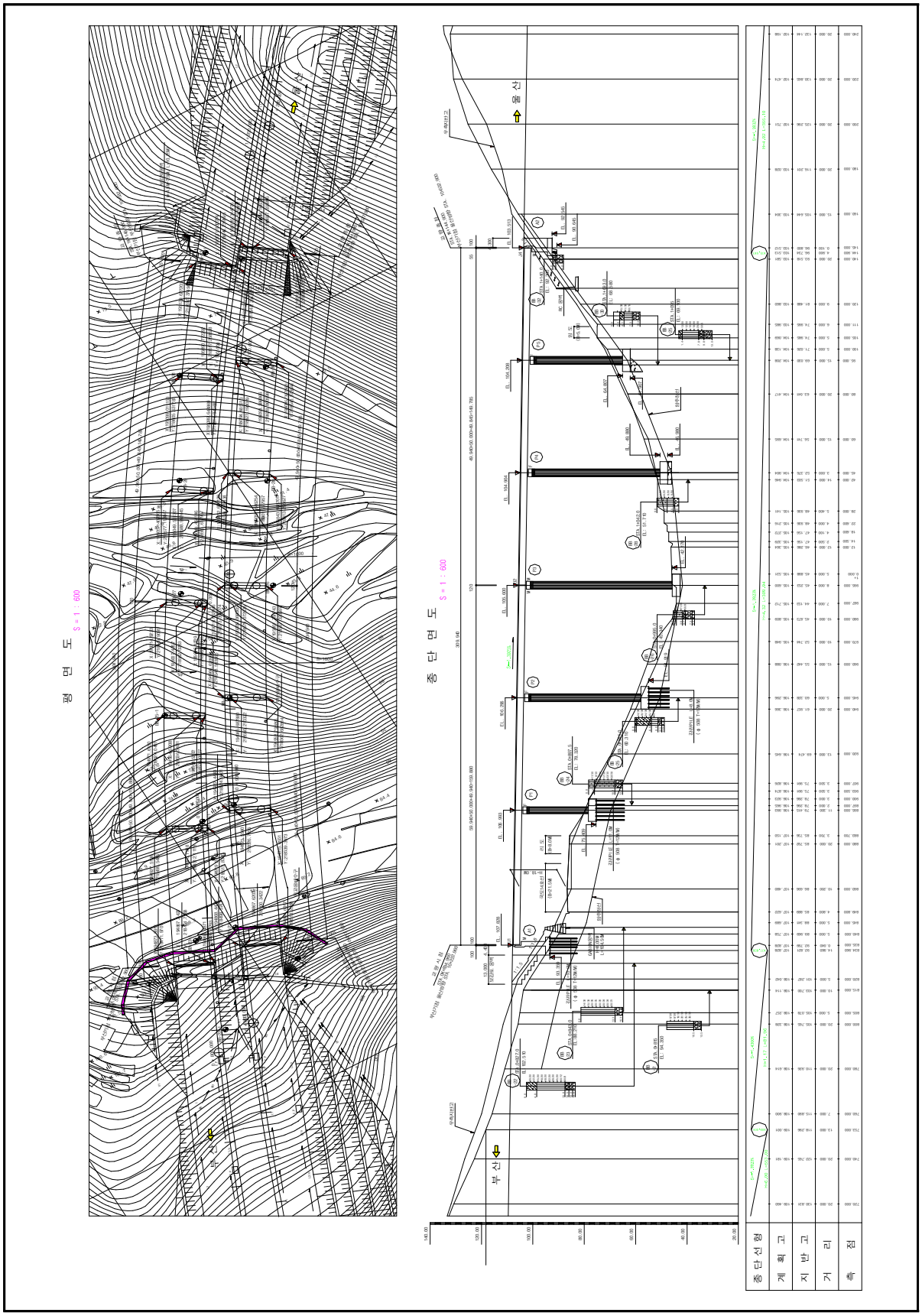
Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S6	도보 및 굴철작업차	2025.03.24.~2025.12.17.	

【그림 20.1.1】 위치도

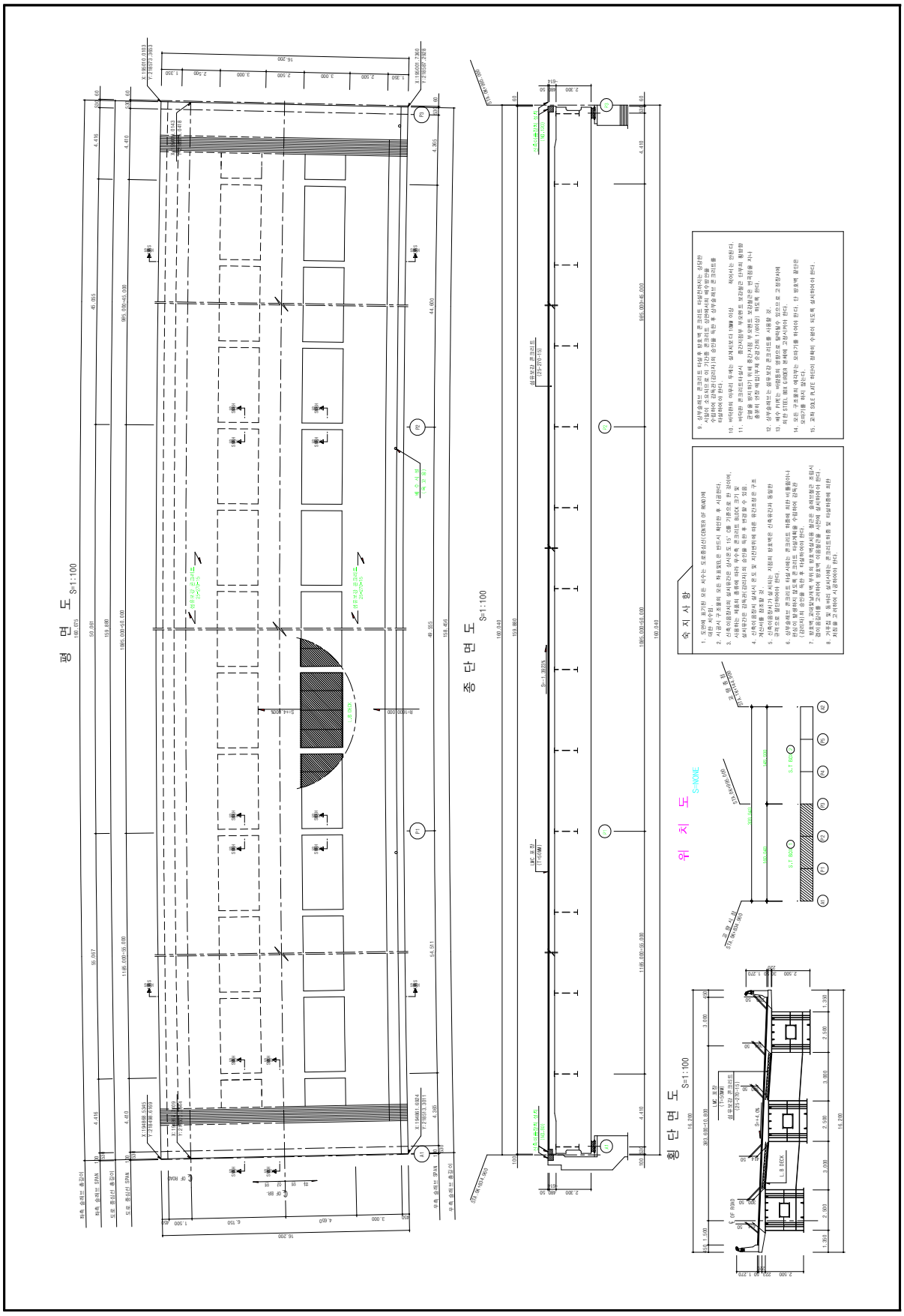
교면포장 전경	신축이음 전경
거더 전경	바닥판하면 전경
교대 전경	교각 전경

【사진 20.1.1】 부재별 현황

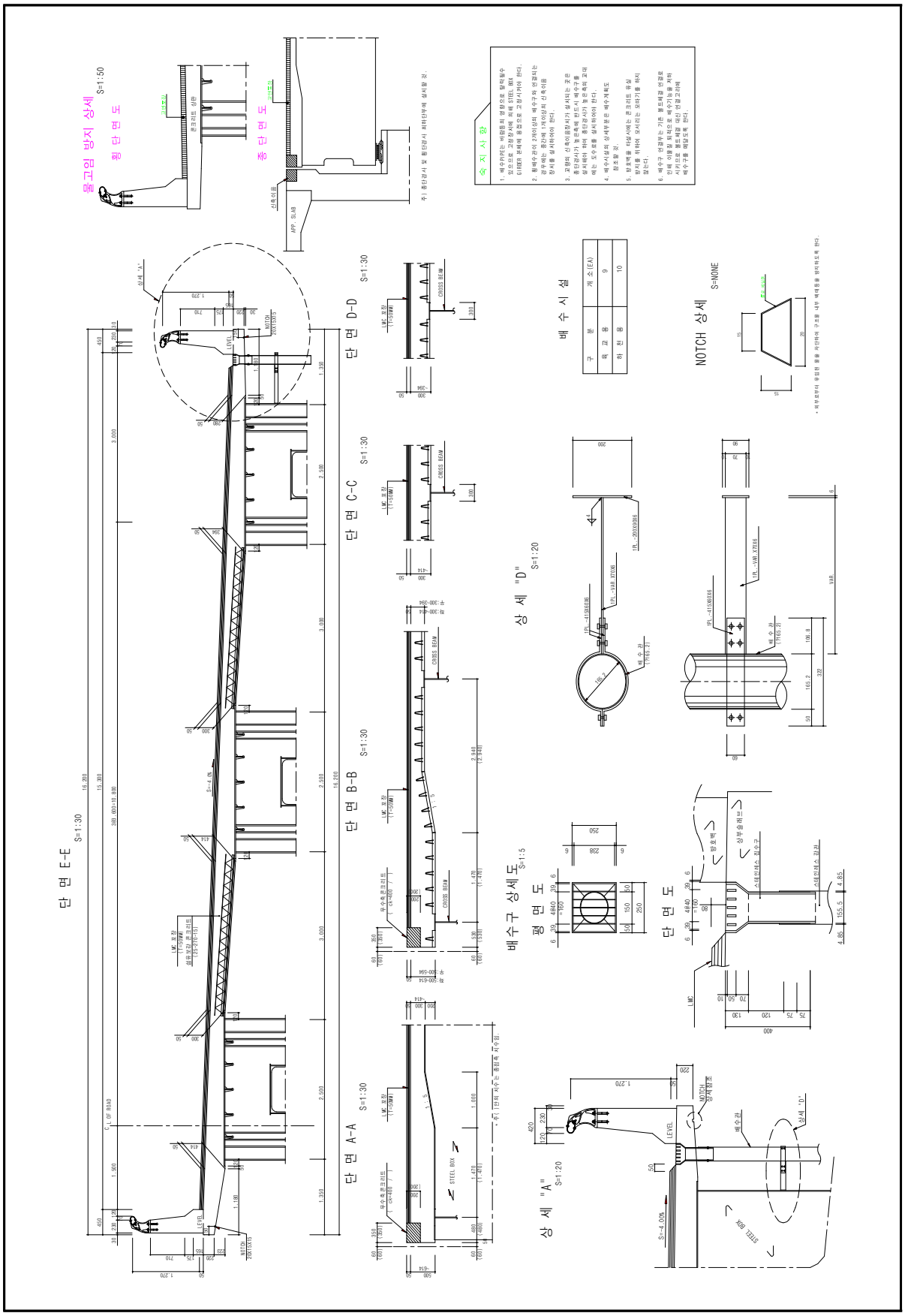
20.1.3 시설물 일반도



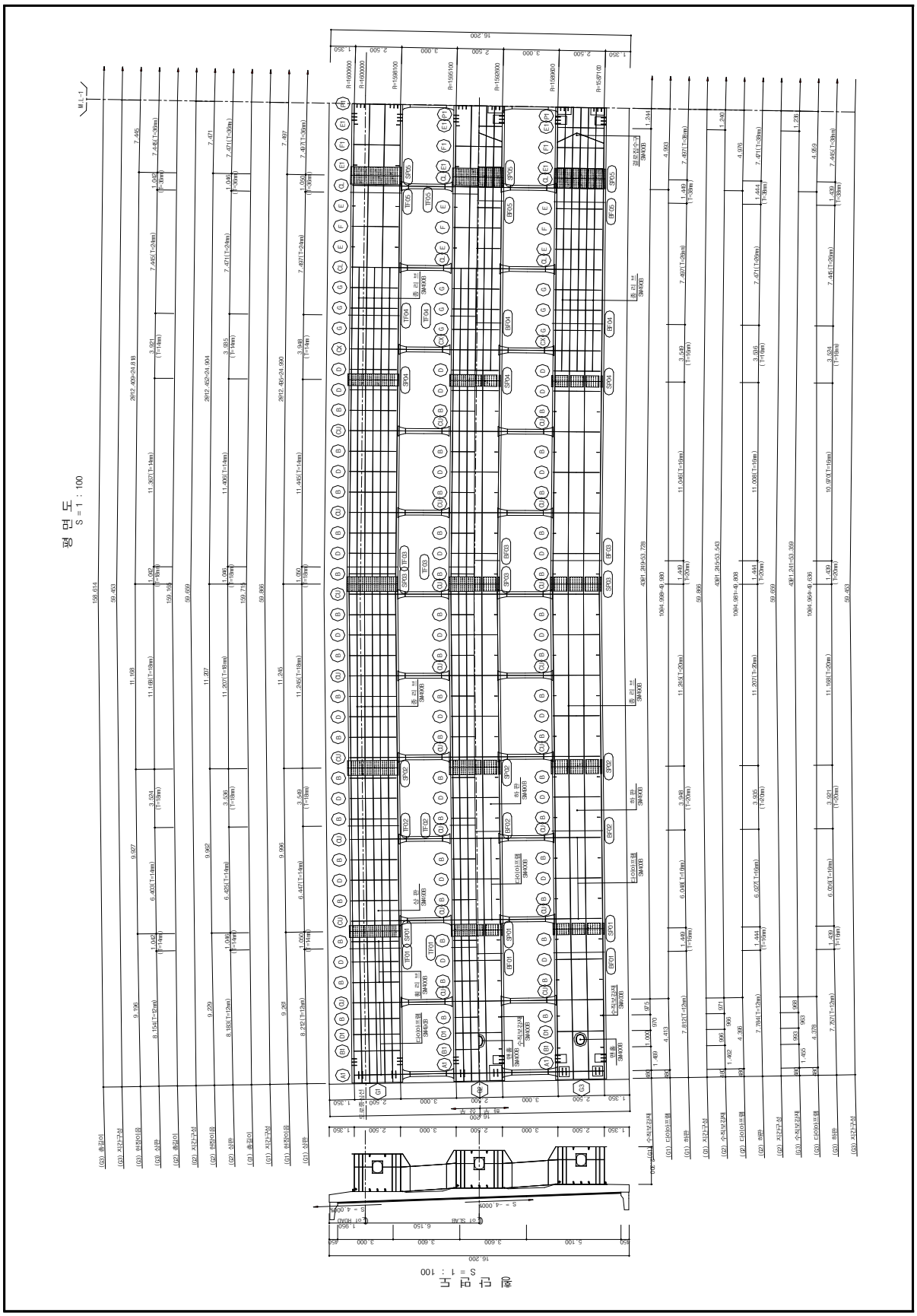
【그림 20.1.2】 평면 및 종평면도(울산)



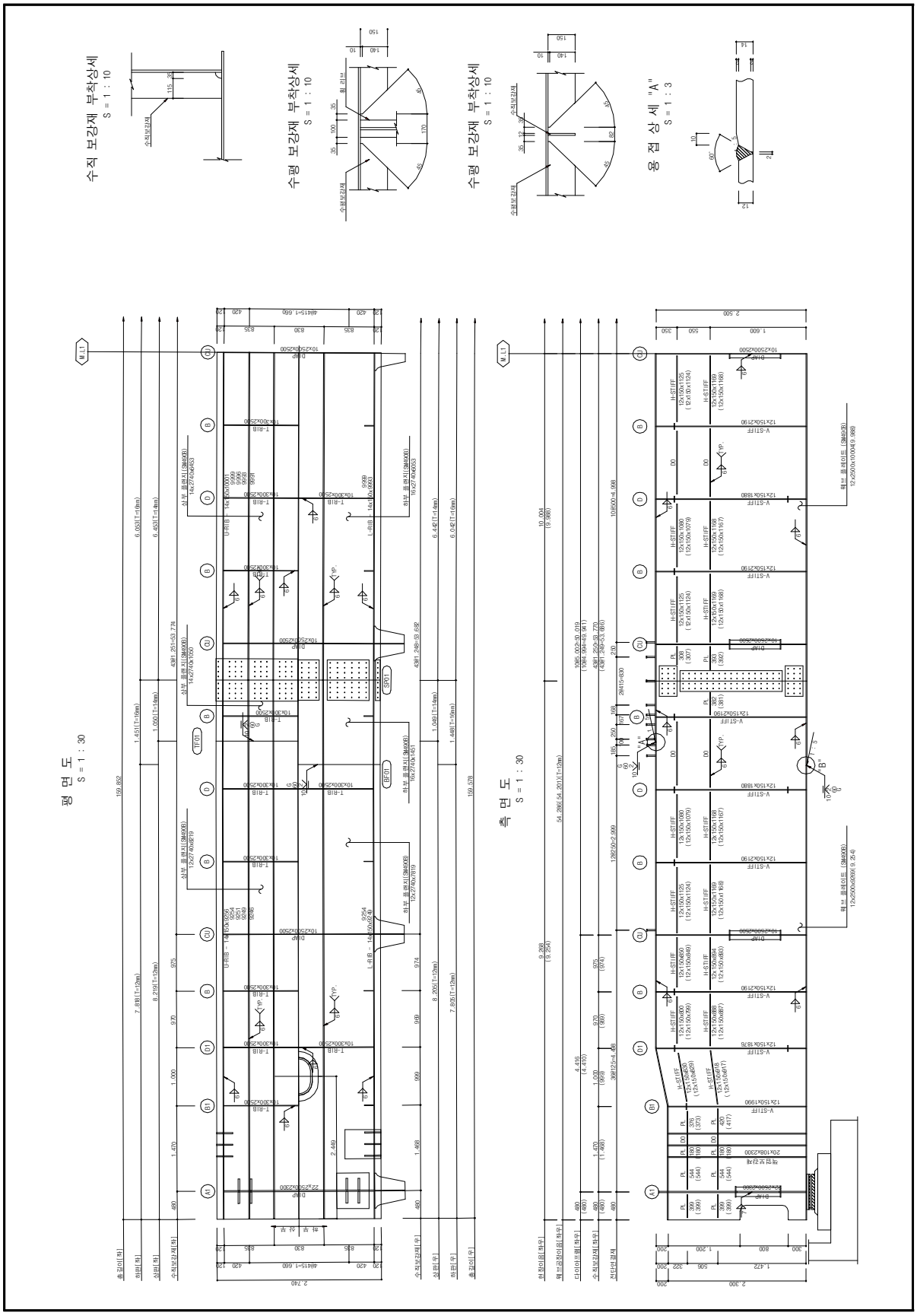
【그림 20.1.3】 슬래브 일반도(울산) (1)



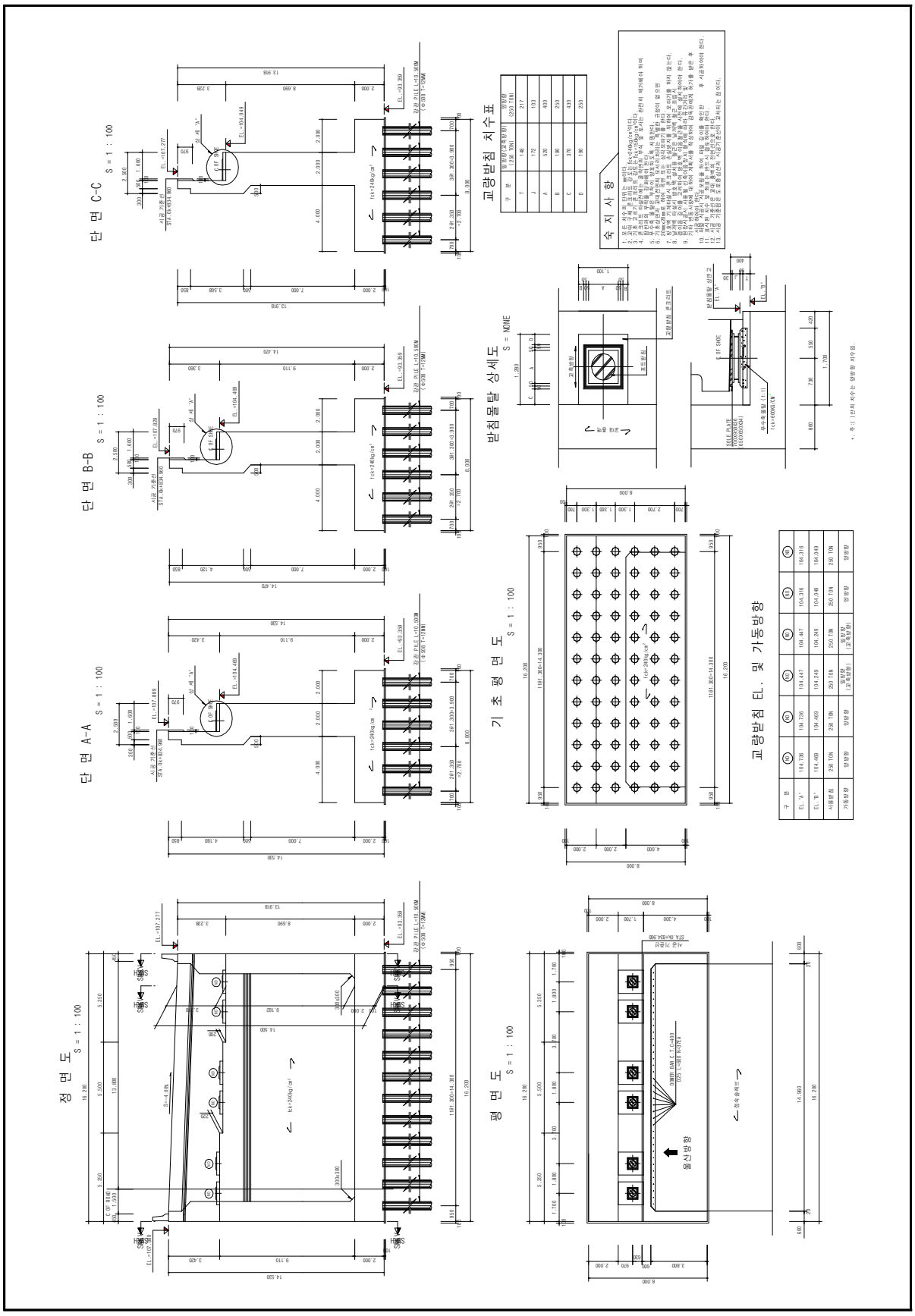
【그림 20.1.4】 슬래브 일반도(울산) (2)



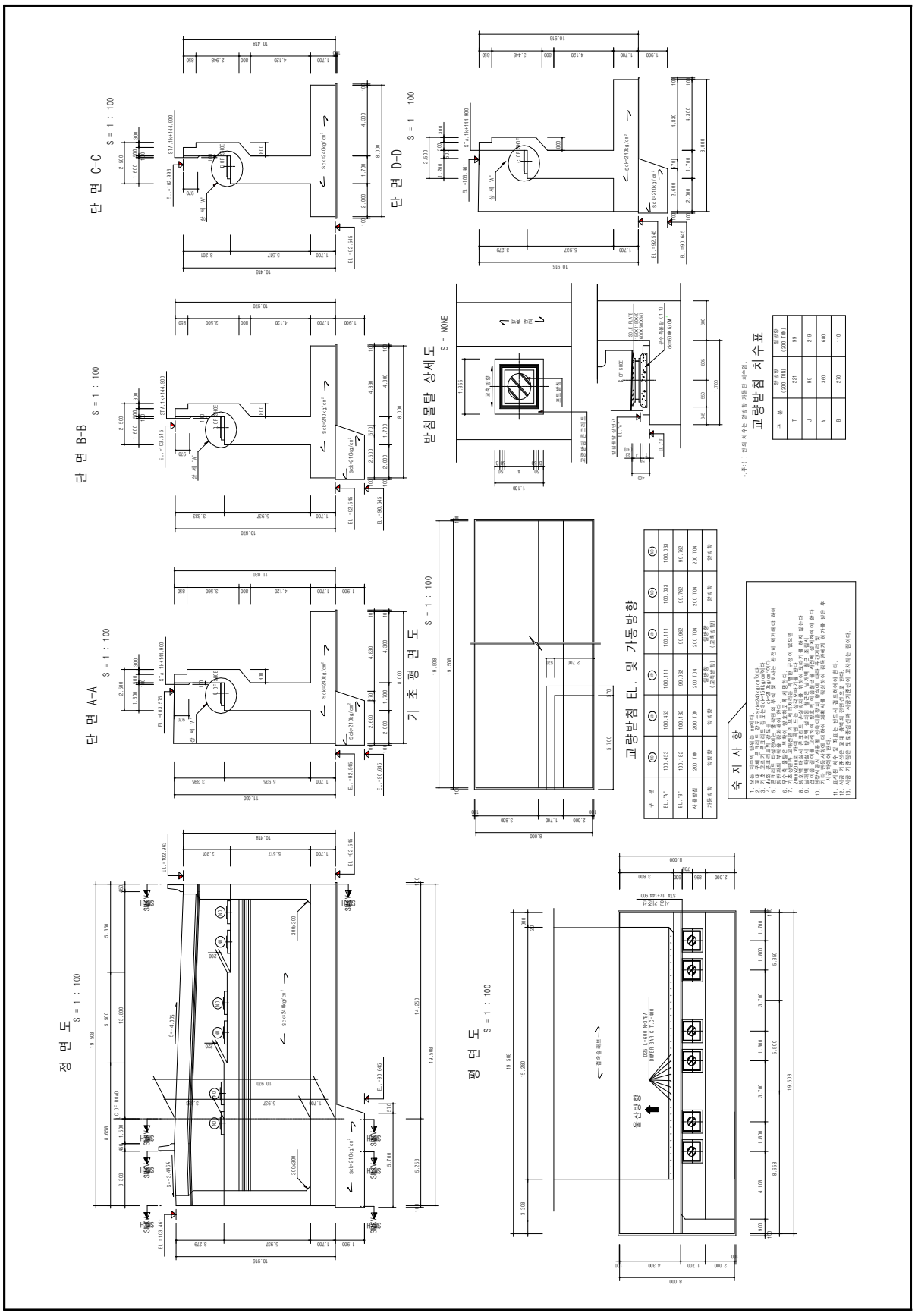
【그림 20.1.5】 거더 일반도(울산) (1)



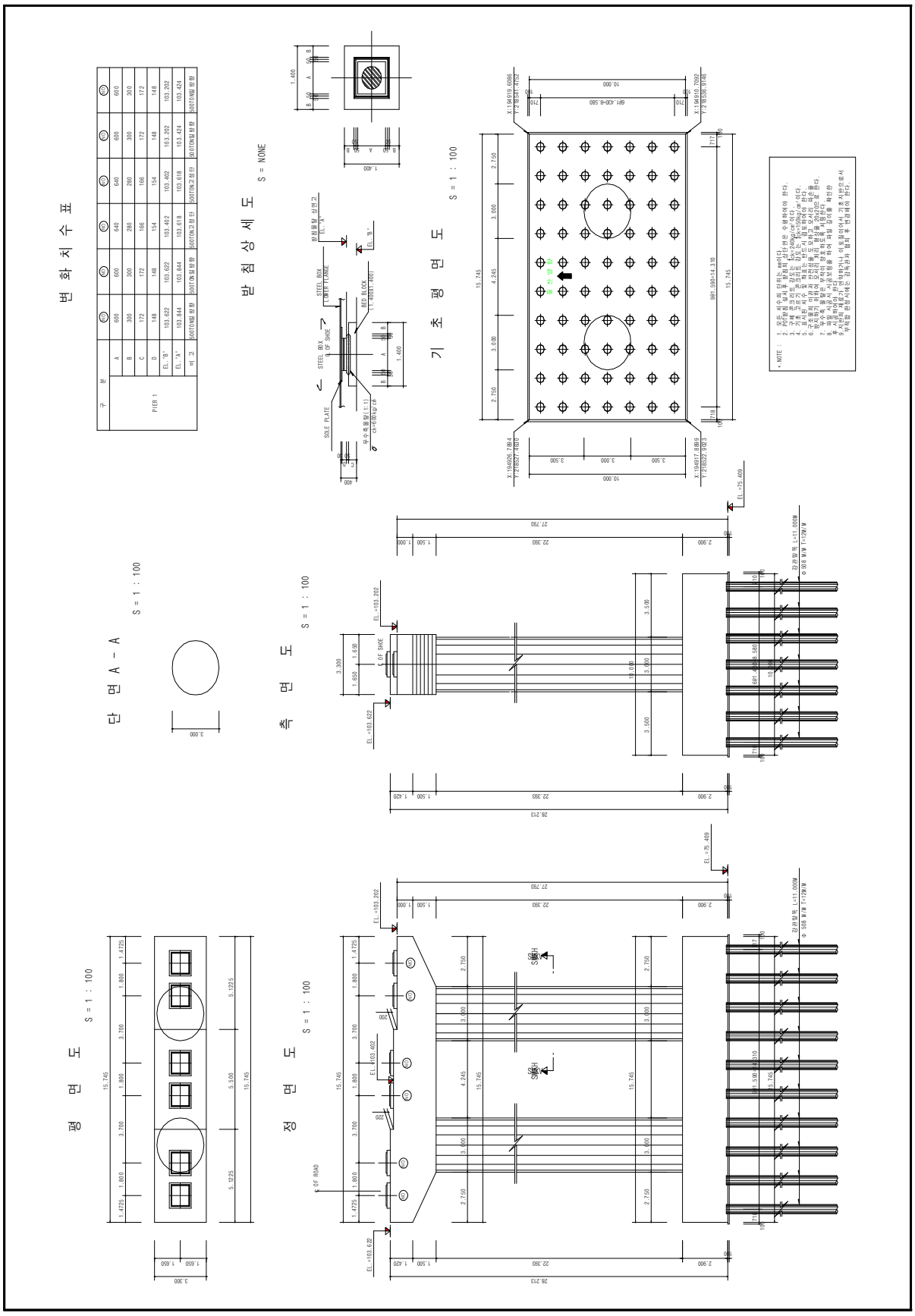
【그림 20.1.6】 거더 일반도(울산) (2)



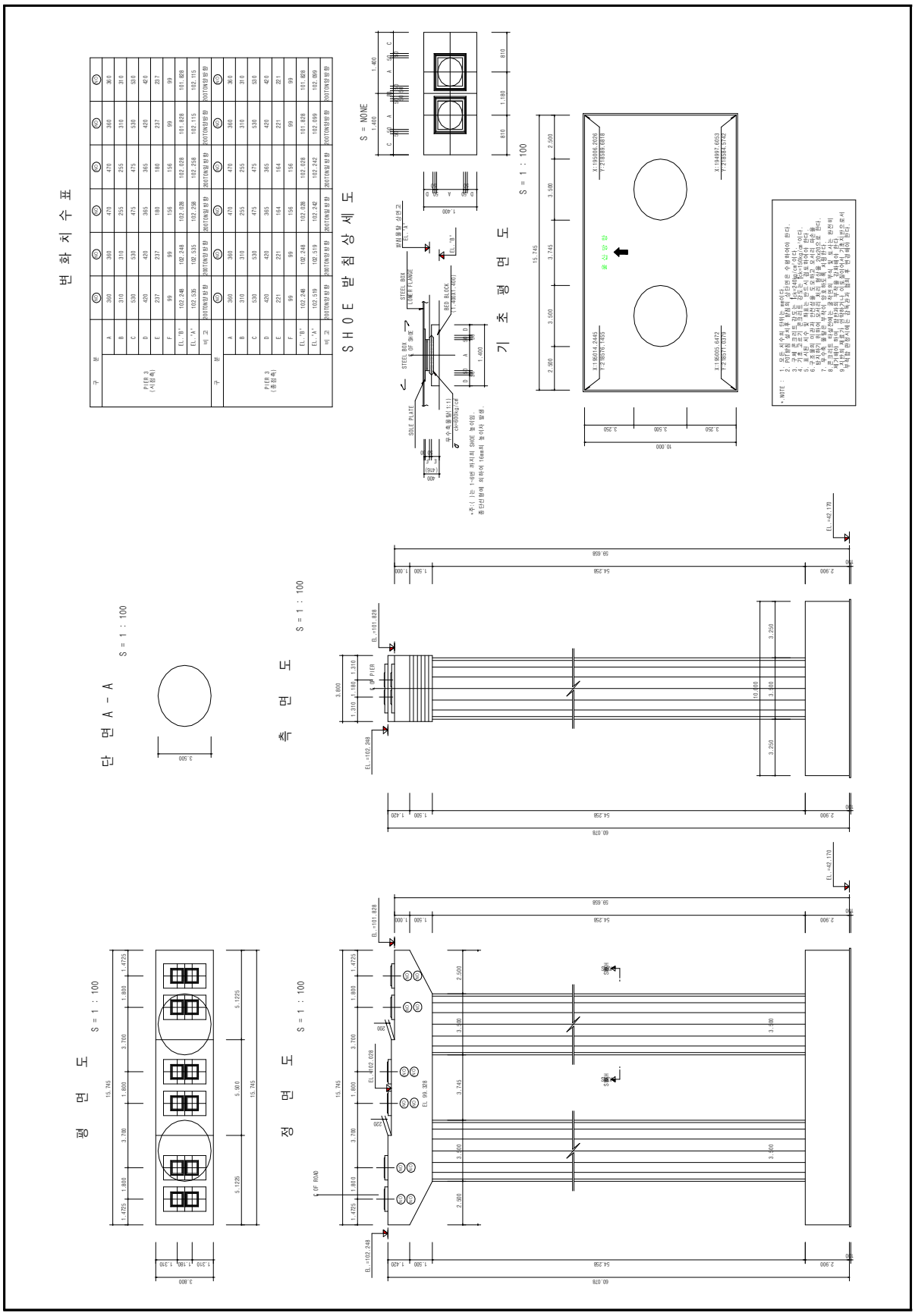
【그림 20.1.7】 교대 A1 일반도(울산)



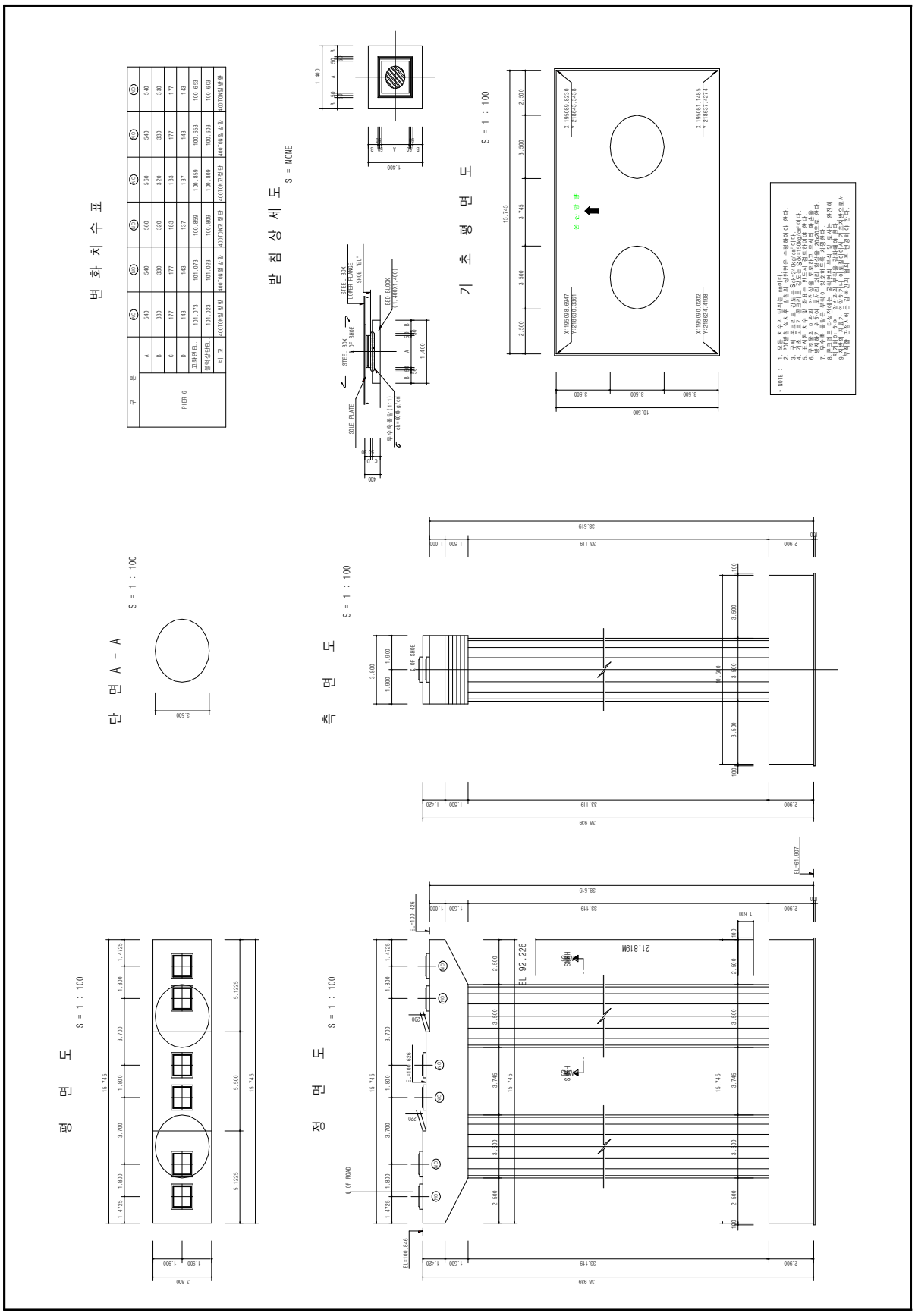
【그림 20.1.8】 교대 A2 일반도(울산)



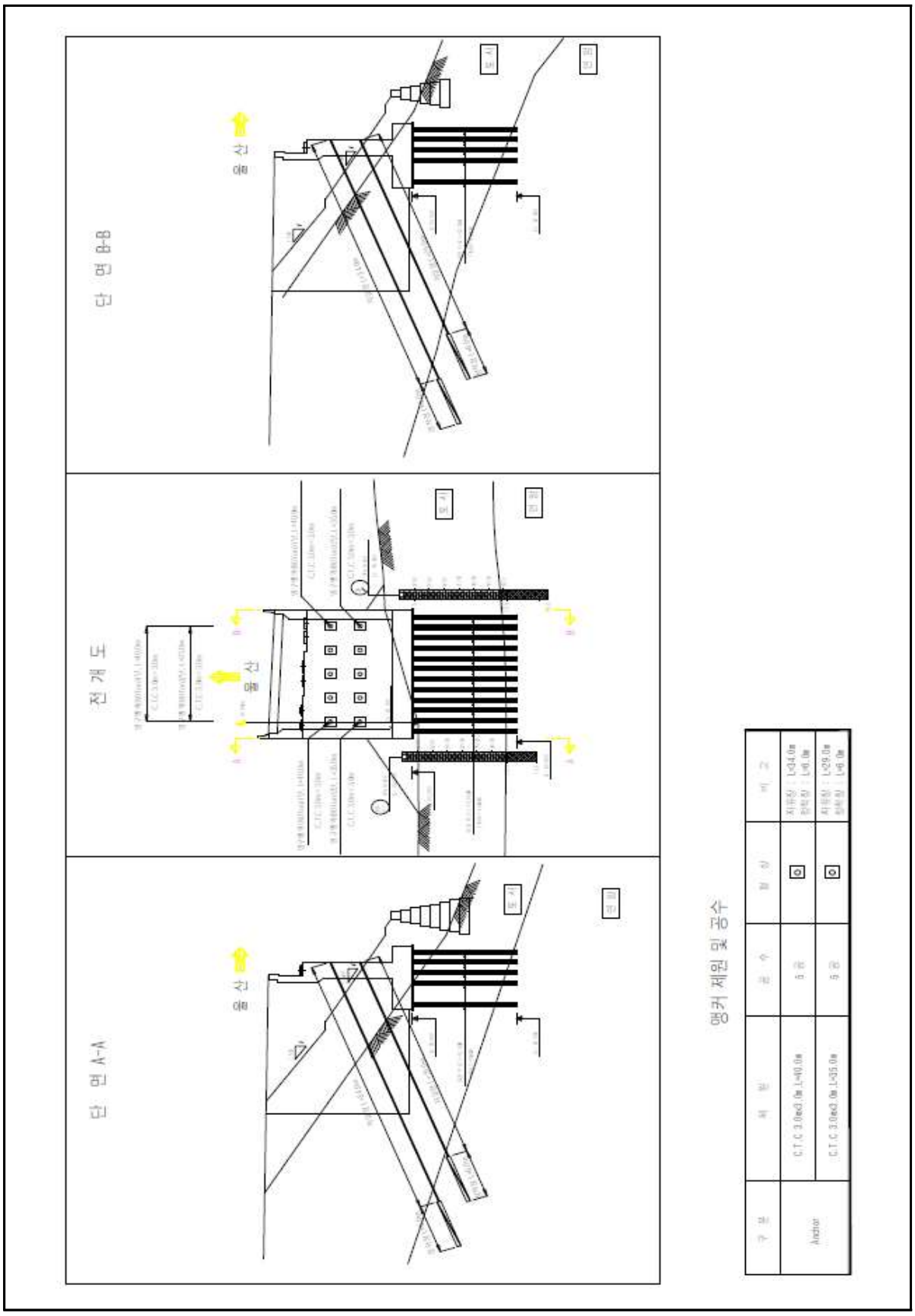
【그림 20.1.9】 교각 P1 일반도(울산)



【그림 20.1.10】 교각 P3 일반도(울산)



【그림 20.1.11】 교각 P5 일반도(울산)



【그림 20.1.12】 교대 A1 보강도(울산)

20.2 자료수집 및 분석

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

20.2.1 자료수집 현황

【표 20.2.1】 자료수집 목록

보존대상 목록		보유현황	관리주체 보유현황
설계도서	◦공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	◎	◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 - 일반보고서(2008.12) - 토질조사보고서(2008.12) - 준공내역서(2008.12) - 준공도면(2008.12) ◦부산울산고속도로~동부산관광단지 연결도로 건설공사 구조 및 수리계산서(2008.12)
	◦설계도면 - 위치도, 평면도, 표준단면도, 일반도, 구조도 등		
시설물 관리대장	◦기본현황 및 상세제원 ◦점검 및 진단 이력 ◦보수·보강 및 유지관리 이력	◎	◦시설물정보관리 종합시스템(FMS)
시공관련 자료	◦시공관련 자료 ◦품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측자료 ◦사고기록	◎	◦부산-울산간 고속도로 민간투자 시설사업 시공기록보고서(2008.12) - 감리보고서(2008.12) - 품질시험계획서(2008.12) - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록
안전점검 및 정밀안전진단 자료		◎	◦시설물정보관리 종합시스템(FMS) (2009년 ~ 2024년 정기안전점검, 정밀안전점검, 정밀안전진단) ◦2022년 정밀안전점검 ◦2023년 정밀안전진단
보수·보강 관련자료		◎	◦시설물정보관리 종합시스템(FMS) 보수·보강 ◦전차보고서

20.2.2 설계자료 검토

가. 구조계산서 및 내진설계 요약

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td>적용하중
및
사용재료</td><td>
<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/m3
- 철근콘크리트 : 25.0kN/m3
- 강 재 : 78.5kN/m3

◦ 활하중
- DB24, DL24, 탱크하중, 트레일러하중

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

◦ 철근
- fy=400MPa

◦ 강재 주부재(SM490)
- fpu=190MPa(인장)
- fpy=110MPa(항복)

◦ 강재 부부재(SM400)
- fpu=140MPa(인장)
- fpy=80MPa(항복)</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>
<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>거더</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>※ 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>

나. 만화교 보수·보강 이력(케이엔씨컨설턴트(주)-2018.10)

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td>현장조사 결과</td><td>• 부산방향 A1 신축이음부는 협착으로 단차(5mm)가 발생된 상태이므로 교체가 필요할 것으로 사료된다.
• 부산방향 A1, A2, 울산방향 A1의 바닥판은 유간이 부족한 것으로 나타나 절단이 필요한 것으로 사료된다.
• 받침 장치는 부산방향 P3(A2측), A2 위치에서 A1측으로 편기가 발생된 것으로 나타나 편기상태 및 온도신축을 고려하여 받침보수(상부판 이동 등)가 필요할 것으로 사료된다.
• 부산방향 A1, A2 교대는 상부 슬라브와 협착이 발생되어 강박스 단부의 절단(약 6cm~10cm)이 필요하고, 울산방향은 A1 교대 상부가 슬래브와 협착되어 절단공사가 필요할 것으로 사료된다.</td></tr>
<tr><td>교대 안정성 검토결과</td><td>• 말뚝 미고려시
울산방향 A2교대를 제외한 모든 교대에서 기준안전율을 만족하지 못하는 것으로 검토되었다.
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>해석 안전율</th><th>기준 안전율</th><th>판정</th></tr>
<tr><td rowspan="2">부산방향</td><td>A1</td><td>1.20</td><td>1.50</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>1.31</td><td>1.50</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td rowspan="2">울산방향</td><td>A1</td><td>1.20</td><td>1.50</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>1.96</td><td>1.50</td><td>O.K</td></tr>
</table>
• 말뚝 고려시
울산방향 A2교대(직접기초)를 제외한 모든 교대에서 기준안전율을 만족하지 못하는 것으로 검토되었다.
<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>해석 안전율</th><th>기준 안전율</th><th>판정</th></tr>
<tr><td rowspan="2">부산방향</td><td>A1</td><td>1.75</td><td>1.80</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>1.50</td><td>1.80</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td rowspan="2">울산방향</td><td>A1</td><td>1.74</td><td>1.80</td><td>N.G</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>-</td><td>-</td><td>직접기초</td></tr>
</table>
• 만화교 교대구조물의 측방유동에 대한 사면안정 검토를 수행한 결과, 직접기초인 울산방향 A2 교대구조물을 제외한 모든 구조물에서 기준안전율을 만족하지 못하는 것으로 검토되었다.
• 따라서 현장여건을 고려한 적정의 보강공법의 적용이 필요할 것으로 판단된다.</td></tr>
<tr><td>보수•보강안</td><td>• 발생된 결함 및 손상에 대한 보수·보강은 보수공법의 적용성, 구조적 안전성, 보수 효과 등을 종합적으로 고려하여 현장여건에 적합한 보수·보강 공법을 적용하여야 할 것으로 판단된다. 만화교 구조물에 대한 중점 조사 항목은 신축이음장치, 교대와 바닥판 및 거더 유간, 교좌장치이며 이들에 대한 결함내용과 보수방안은 다음과 같다.</td></tr>
</table>

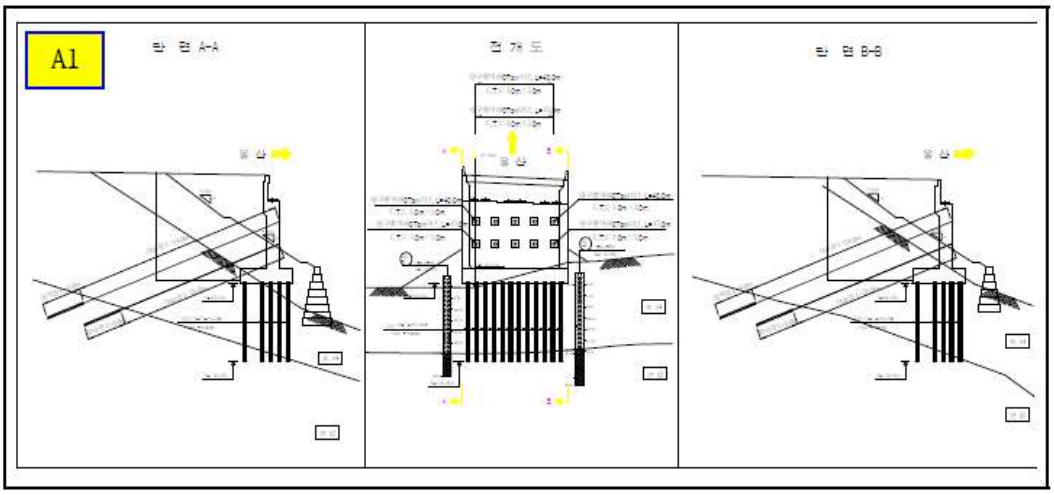
<table>
<tr><th>구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td>보수•보강안</td><td>
<table>
<tr><th colspan="3">구분</th><th>신축이음장치</th><th>교대와 상부 바닥판</th><th>교좌장치</th></tr>
<tr><td rowspan="4">부산방향</td><td colspan="2">A1</td><td>· 신축이음부 협착 및 단차 (5mm) 발생
⇨ 신축이음 교체 필요</td><td>· 협착발생
⇨ 강박스 단부 절단 필요</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">P3</td><td>A1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>A2</td><td>-</td><td>-</td><td>· A1방향으로 받침 상판이 많이 편기되어 있음
⇨ 상부판 이동 또는 확장필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">A2</td><td>· 신축이음부 유간 2.1cm
⇨ 신축이음 교체
(상부 바닥판 절단에 따른 교체)</td><td>· 협착발생
⇨ 강박스 단부 절단 필요</td><td>· 받침 상 · 하판이 많이 편기되어 있음.
⇨상부판 이동 또는 확장필요</td></tr>
<tr><td>울산방향</td><td colspan="2">A1</td><td>⇨ 신축이음 교체
(상부 바닥판 절단에 따른 교체)</td><td>· 협착발생
⇨ 강박스 단부 절단 필요</td><td>-</td></tr>
</table>

① 신축이음장치
– 신축이음장치는 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 장치이다.
– 신축이음장치를 선정함에 있어서 가장 중요한 영향인자는 교축방향으로의 온도변화, 콘크리트의 크리프 및 건조수축에 의한 신축량과 교량의 회전변위 및 처짐량, 그리고 구조적으로 필요한 여유량 등이 있으며 이에 적합한 신축이음장치의 종류가 결정되어야 한다.
– 현재 만화교 A1, A2에는 모노셀 조인트 형식으로 기 시공되어 있으며, 동일형식의 신축이음 형식으로 교체하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

② 바닥판
– 바닥판 절단규모 산정시에는 상부구조의 탄성복원으로 인한 회복량과 여유량 및 온도에 의한 신축량을 고려하여 결정해야 한다.
– 만화교는 강박스 GIRDER교로서 절단위치에 따른 다음과 같은 다른 부재와의 간섭이 발생하는 지를 확인하여야 한다.
• Cross Beam과의 간섭 가능성
• 기 시공되어 있는 Sole Plate
– 바닥판과 콘크리트 포장 최대두께를 고려한 절단 톱의 직경을 결정(최대 1.5m이내)해야 한다.
</td></tr>
</table>

구 분	내 용
보수•보강안	③ 교량받침 – 받침 이동 여유량을 확보하기 위하여 먼저 받침 이동량을 산정해야 한다. – 편기가 발생한 교좌장치를 이동시키는 방법은 상부판 또는 하부판을 이동시켜 배치할 수 있으나, 통상적으로 하부판 보다는 상부판을 이동시켜 배치하는 것이 일반적이다. – 받침 이동작업 완료후 상부 Shoe와 Sole Plate 연결작업은 다음과 같이 실시한다. – 보통은 용접으로 연결한다. – 만일, 편기량이 상부 Shoe와 Sole Pate에 크게 벗어날 경우 상부 Shoe를 연장시켜야 추가 설치해야 한다. – 받침 편기에 의한 지지점 이동으로 상부구조의 변형이 예상되는 경우 받침장치 지지 보강을 실시해야 한다. – 또한 받침장치 이동작업을 위한 인상 잭 설치시, 잭 설치에 따른 교량 주부재 손상이 발생하지 않도록 필요시 인상 잭 보강재의 설치를 검토해야 한다. ④ 교대 변위 억제공법 본 과업구간인 만화교는 많은 차량이 현재 통행중에 있으며, 차선 통제후 보강작업이 용이하지 않은 현장 여건을 고려하여 시공 가능한 공법을 검토한 결과, 어스앵커(EarthAnchor)공법이 가장 적정한 것으로 검토 되었다. 각 교대에 대한 보강공법 적용시 상세 검토결과는 다음과 같다.

상세보강내용	앵커제원			
	자유장(m)	정착장(m)	C.T.C(m)	단
부산방향 A1	1단, 2단: 40	6	3	2
부산방향 A2	1단:14, 2단:13	7	2	2
울산방향 A1	1단:32, 2단:26	6	3	2



다. 토질 및 지반조사 자료검토

1) 지형 및 지질 상태

(1) 지형

■ 본 조사지역은 행정구역상 부산광역시 기장군 기장읍 서부리를 시점으로 하여 기장군 일광면 화전리를 종점으로 하는 설계구간(L=4.84㎞)에 해당한다

■ 본지역의 지형은 동해안에 인접하여 남북방향으로 이어지는 태백산맥의 남부아래에 동부의 북북동방향 및 북북서방향으로 이어지는 일연의 소산맥이 동남부부근에서 합세하며 비교적 험준한 산세를 나타내고 있다.

■ 또한 본 3공구노선 시점부근에서 북서쪽으로 산성(368)-일광산(395)-아홉산(360)-318고지-함박산(460)-천마산(400)-달음산(588)-205고지가 산맥으로 이어져 있다.

■ 그리고 노선부근의 하계발달은 남해로 직접동류 또는 서류하면서 유입하는 소하천이 많이 있지만 하폭과 유역평야의 발달은 매우 미약하다.

■ 이러한 하계망의 발달상태를 보면 지질분포 및 지질구조와 밀접한 관계를 가지며 화강암류의 수지상으로 분포되어 있고 화산암류 분포지역은 방사상의 하계망을 이루고 있다.

■ 그리고 본노선의 동쪽으로 약 2㎞정도 떨어져 남북으로 단층선이 이어지는 데 그 지역의 하천은 일반적으로 사행천이 아닌 직류로 이어지고 있다.

(2) 지질

■ 본 지역은 하반도 남동부의 경상계 퇴적암층의 분포지역의 남단에 위치하고 있다.

■ 노선부근의 지질상태를 보면 경상계 신라총의 퇴적암층이 주류를 이루는 이천리층과 이를 관입 분출한 화산암류 그 후에 관입한 불국사 화강암류인 흑운모화강암, 화강섬록암으로 분포되어 있으며 화산암류는 조직에 따라 아산암질류 유문암질류로 구분되고 화성심성암류는 화강섬록암 및 섬록반암이 소규모의 암주상 또는 화강암이 연변상으로 산재되어 있는 것 외에는 전부 화강암류로 되어 있다. 또한 이지역의 화강암류는 분화상 전혀 다른 불국사 화강암류와 마산암류로 나뉘는데 본 노선은 불국사 화강암류만이 나타난다.

■ 불국사 화강암류는 섬록암에서 시작하여 이 분화작용의 소산물인 화강섬록암 각섬석화강암 흑운모화강암 등이며 이 화강암류는 경상도에 널리 분포되어 있는 백악기의 암류이다.

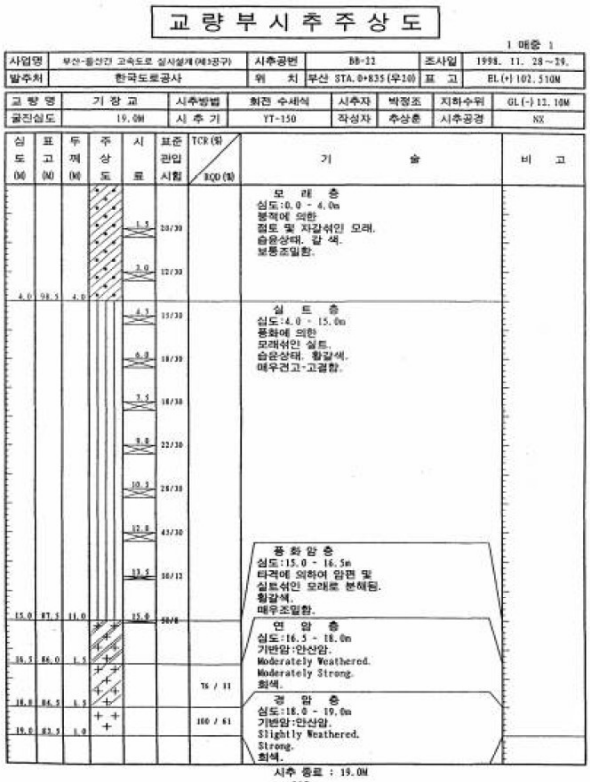
■ 이 전리층은 노선 STA. 2K+600에서 종점부까지 일광면 거의 전역에 널리 분포하고 있으며, 구성암석은 대체로 흑색 또는 암회색의 셰일로 되어 있고 암회색 세립질 사암이 소량 함유되어 있다. 또한 이층은 안산암에 의해 대규모로 관입당한 상태이며 암회색의 셰일이 안산암으로 되감에 따라 회색 또는 백색의 치밀한 혼펠스로 된 상태이며 이것이 장석반점이 발달한 반점상혼펠스를 거쳐 마침내 반상의 안산암으로 이화하는 것이다. 그리고 일광면부근에

서는 주향이 N30~45E이고 경사는 대체로 일대의 18~30NW의 층리를 보이고 있다. 안산암질류는 이 노선의 시점부에서 인터체인지 부근까지 분포되어 있으며 신라총의 화산암류중에서 초기에 형성된 것이며 또한 후기 화산암류인 석영안산암류 내지 유문암질 분출암류에 피복되어 있으며 화강섬록암과 흑운모화강암등이 불규칙하게 관입되어 나타나기도 한다. 그리고 노선 종점부에 상부지층에 층적층이 소하천 일대에 존재하나 그 발달은 미약한 상태이다.

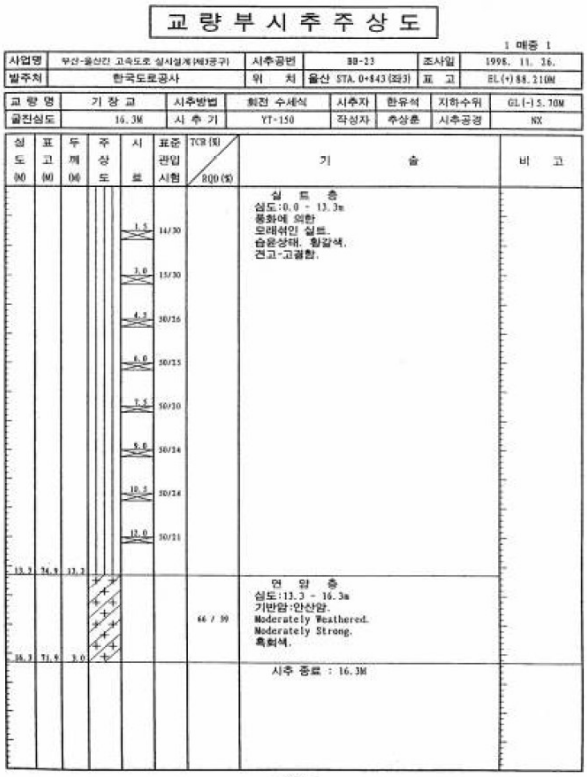
2) 시추조사 결과(고속국도 제65호선 부산~울산간 고속도로 민간투자사업 지반조사보고서,2005.03 발췌)

조사번호	조사위치	조사방향	지반고(EL.m)	비고
BB-22	0K+835	부산방향	102.51	
BB-22-1	0K+812	부산방향	103.57	
BB-23	0K+843	울산방향	88.21	
BB-23-1	0K+850	부산방향	89.18	
BB-24	0K+897.5	울산방향	78.32	
BB-24-1	0K+903.5	부산방향	78.69	
BB-25	0K+945	울산방향	60.31	
BB-25-1	0K+950	부산방향	65.50	
BB-26	0K+995	울산방향	45.34	
BB-27	1K+000	부산방향	64.69	
BB-28	1K+045	울산방향	51.71	
BB-29	1K+054	울산방향	52.93	
BB-30	1K+093	부산방향	68.58	
BB-31	1K+080	울산방향	63.29	
BB-32	1K+140	부산방향	92.30	
BB-33	1K+150	울산방향	87.23	

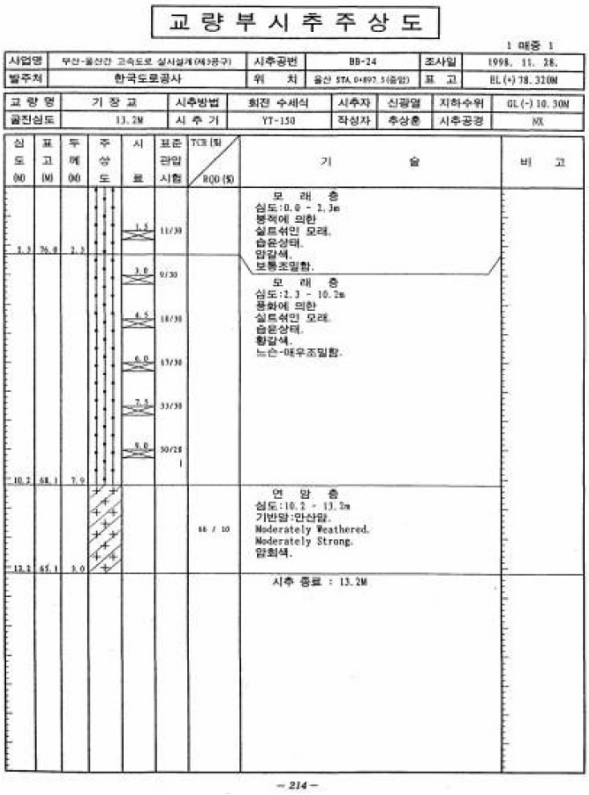
BB-22



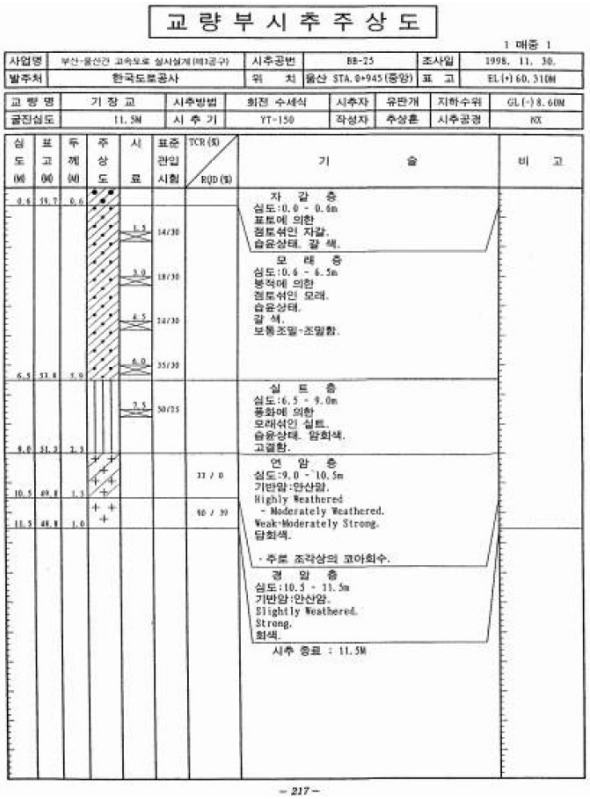
BB-23



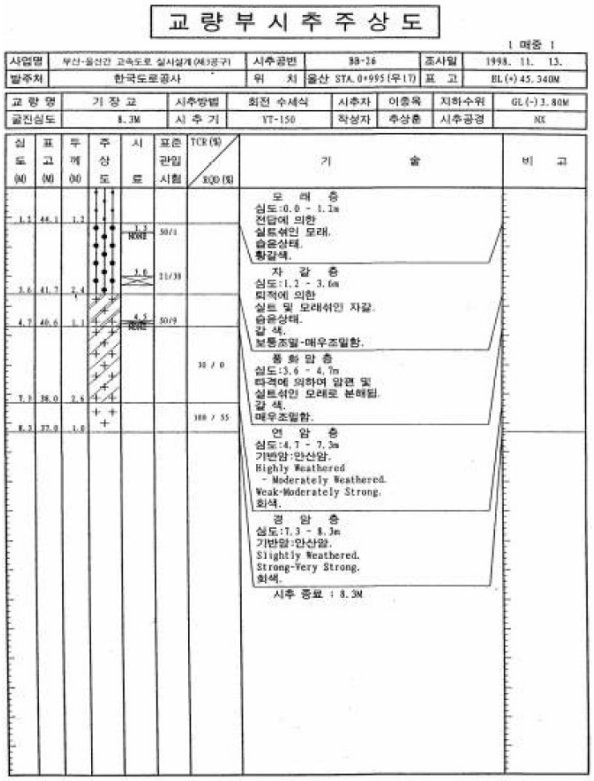
BB-24



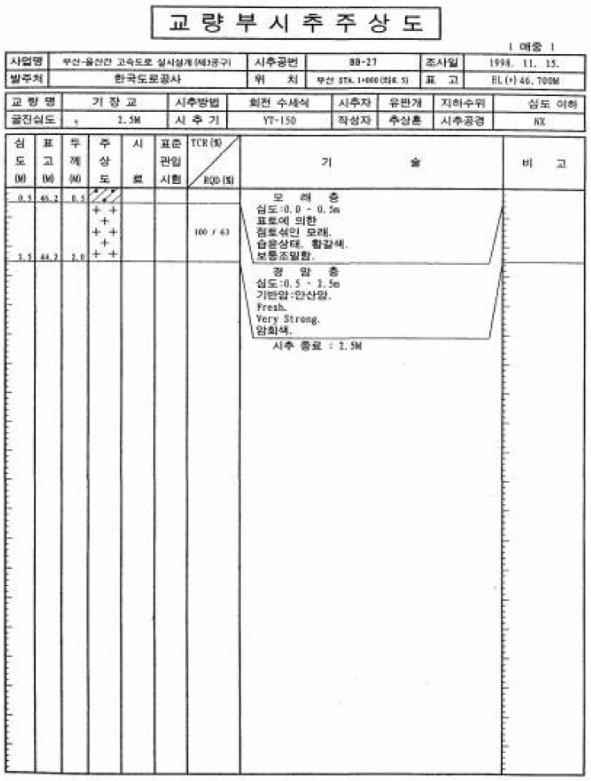
BB-25



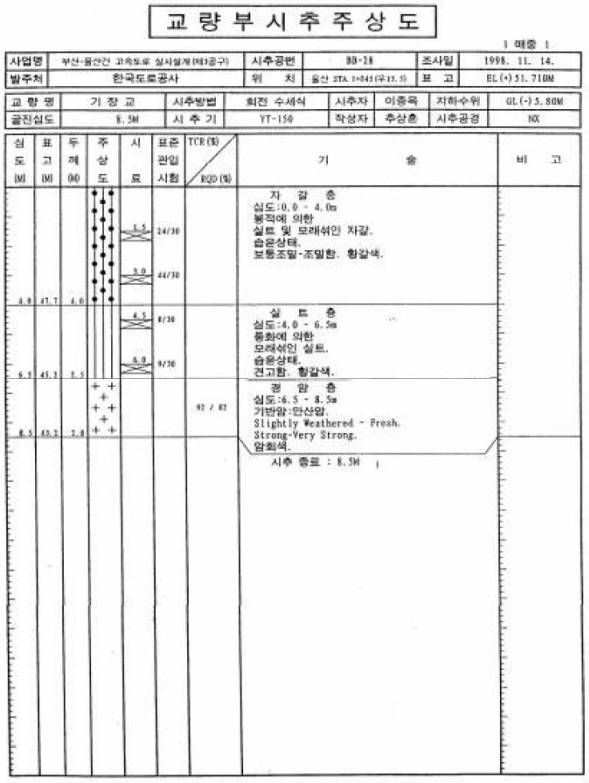
BB-26



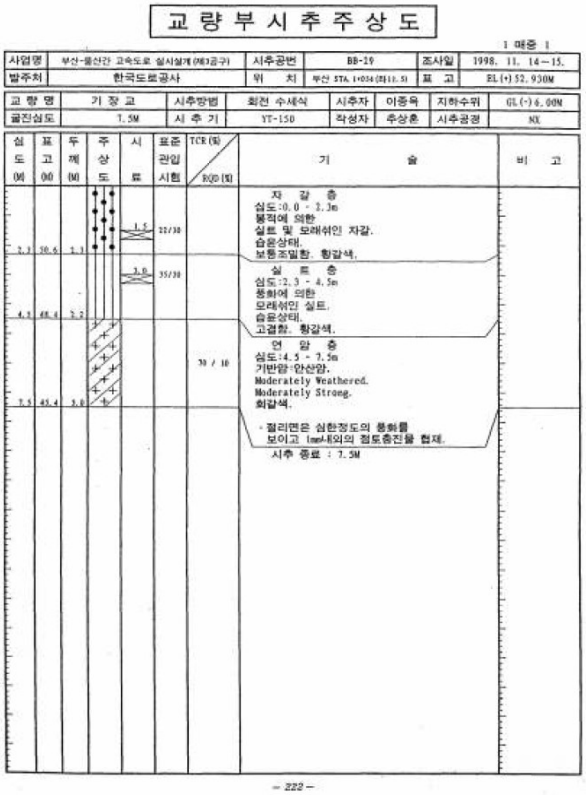
BB-27



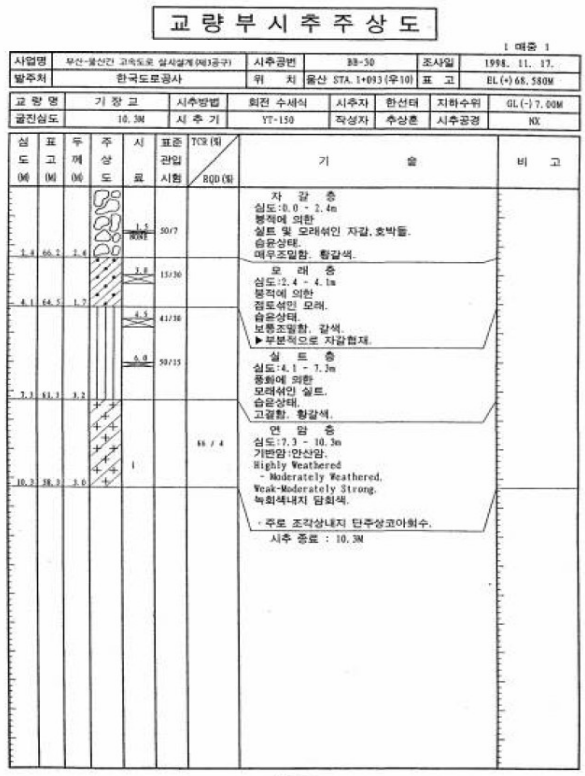
BB-28



BB-29



BB-30



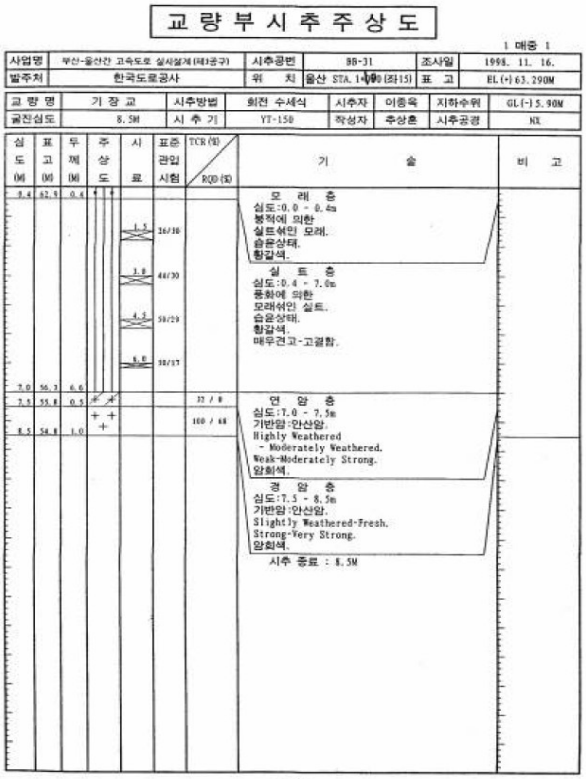
교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

사업명	부산-울산간 고속도로 실시설계(제3공구)	시추공번	BB-30	조사일	1998. 11. 17.
발주처	한국도로공사	위 치	울산 STA. 1+093 (우10)	표 고	EL(+)68.580M
교 량 명	기 장 교	시추방법	회전 수세식	시추자	한선태
굴진심도	10.3M	시 추 기	YT-150	작성자	추상훈
지하수위	GL(-)7.00M	시추공경	NX		

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	TCR (%) / RQD (%)	기술	비고
				1.5 NONE	50/7		자 갈 층 심도:0.0 - 2.4m 붕적에 의한 실트 및 모래섞인 자갈, 호박돌. 습윤상태. 매우조밀함. 황갈색.	
2.4	66.2	2.4		3.0	15/30		모 래 층 심도:2.4 - 4.1m 붕적에 의한 점토섞인 모래. 습윤상태. 보통조밀함. 갈색. ▶부분적으로 자갈협재.	
4.1	64.5	1.7		4.5	41/30			
				6.0	50/15		실 트 층 심도:4.1 - 7.3m 풍화에 의한 모래섞인 실트. 습윤상태. 고결함. 황갈색.	
7.3	61.3	3.2				66 / 4	연 암 층 심도:7.3 - 10.3m 기반암:안산암. Highly Weathered - Moderately Weathered. Weak-Moderately Strong. 녹회색내지 담회색. - 주로 조각상내지 단주상코아회수.	
10.3	58.3	3.0					시추 종료 : 10.3M	

BB-31



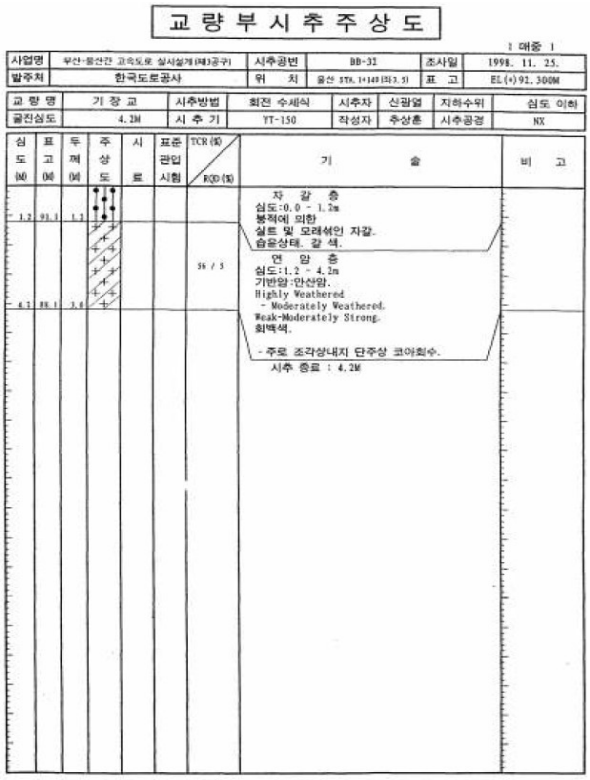
교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

사업명	부산-울산간 고속도로 실시설계(제3공구)	시추공번	BB-31	조사일	1998. 11. 16.
발주처	한국도로공사	위 치	울산 STA. 1+[illegible] (좌15)	표 고	EL(+)63.290M
교 량 명	기 장 교	시추방법	회전 수세식	시추자	이종욱
굴진심도	8.5M	시 추 기	YT-150	작성자	추상훈
지하수위	GL(-)5.90M	시추공경	NX		

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	TCR (%) / RQD (%)	기술	비고
0.4	62.9	0.4					모 래 층 심도:0.0 - 0.4m 붕적에 의한 실트섞인 모래. 습윤상태. 황갈색.	
				1.5	26/30		실 트 층 심도:0.4 - 7.0m 풍화에 의한 모래섞인 실트. 습윤상태. 황갈색. 매우견고-고결함.	
				3.0	44/30			
				4.5	50/29			
				6.0	50/17			
7.0	56.3	6.6						
7.5	55.8	0.5				32 / 0	연 암 층 심도:7.0 - 7.5m 기반암:안산암. Highly Weathered - Moderately Weathered. Weak-Moderately Strong. 암회색.	
8.5	54.8	1.0				100 / 68	경 암 층 심도:7.5 - 8.5m 기반암:안산암. Slightly Weathered-Fresh. Strong-Very Strong. 암회색.	
							시추 종료 : 8.5M	

BB-32



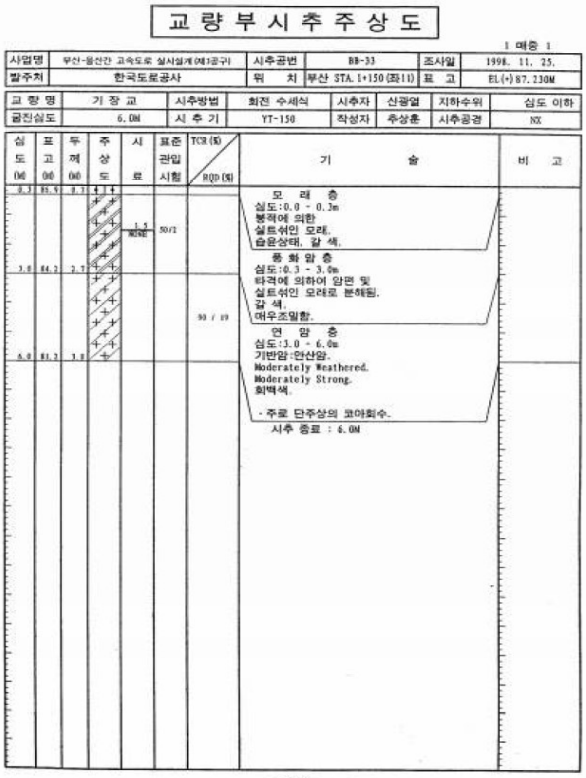
교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

사업명	부산-울산간 고속도로 실시설계(제3공구)	시추공번	BB-32	조사일	1998. 11. 25.
발주처	한국도로공사	위 치	울산 STA. 1+149 (좌3.5)	표 고	EL(+)92.300M
교 량 명	기 장 교	시추방법	회전 수세식	시추자	신광열
굴진심도	4.2M	시 추 기	YT-150	작성자	추상훈
지하수위	심도 이하	시추공경	NX		

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	TCR (%) / RQD (%)	기술	비고
							자 갈 층 심도:0.0 - 1.2m 붕적에 의한 실트 및 모래섞인 자갈. 습윤상태. 갈 색.	
1.2	91.1	1.2				56 / 3	연 암 층 심도:1.2 - 4.2m 기반암:안산암. Highly Weathered - Moderately Weathered. Weak-Moderately Strong. 회백색. - 주로 조각상내지 단주상 코아회수.	
4.2	88.1	3.0					시추 종료 : 4.2M	

BB-33



교 량 부 시 추 주 상 도

1 매중 1

사업명	부산-울산간 고속도로 실시설계(제3공구)	시추공번	BB-33	조사일	1998. 11. 25.
발주처	한국도로공사	위 치	부산 STA. 1+150 (좌11)	표 고	EL(+)87.230M
교 량 명	기 장 교	시추방법	회전 수세식	시추자	신광열
굴진심도	6.0M	시 추 기	YT-150	작성자	추상훈
지하수위	심도 이하	시추공경	NX		

심도 (M)	표고 (M)	두께 (M)	주상도	시료	표준관입시험	TCR (%) / RQD (%)	기술	비고
0.3	85.9	0.3					모 래 층 심도:0.0 - 0.3m 붕적에 의한 실트섞인 모래. 습윤상태. 갈 색.	
				1.5 NONE	50/2		풍 화 암 층 심도:0.3 - 3.0m 타격에 의하여 암편 및 실트섞인 모래로 분해됨. 갈 색. 매우조밀함.	
3.0	84.2	2.7				90 / 19	연 암 층 심도:3.0 - 6.0m 기반암:안산암. Moderately Weathered. Moderately Strong. 회백색. - 주로 단주상의 코아회수.	
6.0	81.2	3.0					시추 종료 : 6.0M	

시추공	충적층							풍화암	연암	경암	계	비고
	실트질 점토	모래질 실트	실트질 모래	모래질 자갈	모래질 점토	점토질 모래	점토질 자갈					
BB-22	–	11.0	–	–	–	4.0	–	1.5	1.5	1.0	19.0	
BB-22 -1	–	–	13.0	2.6	–	–	–	–	0.4	1.0	17.0	
BB-23	–	13.3	–	–	–	–	–	–	3.0	–	16.3	
BB-23 -1	14.7	–	–	–	–	–	–	0.5	3.0	–	18.2	
BB-24	–	–	10.2	–	–	–	–	–	3.0	–	13.2	
BB-24 -1	–	–	13.3	–	–	–	–	7.0	–	–	20.3	
BB-25	–	2.5	–	–	–	5.9	0.6	–	1.5	1.0	11.5	
BB-25 -1	–	–	4.1	–	–	6.4	–	1.2	0.8	1.0	13.5	
BB-26	–	–	1.2	2.4	–	–	–	1.1	2.6	1.0	8.3	
BB-27	–	–	–	–	–	0.5	–	–	–	2.0	2.5	
BB-28	–	2.5	–	4.0	–	–	–	–	–	2.0	8.5	
BB-29	–	2.2	–	–	2.3	–	–	–	3.0	–	7.5	
BB-30	–	3.2	–	2.4	–	1.7	–	–	3.0	–	10.3	
BB-31	–	6.6	0.4	–	–	–	–	–	0.5	1.0	8.5	
BB-32	–	–	–	1.2	–	–	–	–	3.0	–	4.2	
BB-33	–	–	0.3	–	–	–	–	2.7	3.0	–	6.0	

(1) 충적층

■ 본 층은 GL-0.0~GL-15.6m까지 분포하고 있으며 주로 실트질 모래 및 모래질 실트층으로 구성되어 있고 황갈색은 띄고 있고 있으며 습윤상태로 매우 조밀한 상태를 보이고 있다. N치는 8/30~50/9(회/cm)로 나타났다.

(2) 풍화암층

■ 본 층은 기반암인 안산암이 풍화되어 형성된 층으로 모암의 조직과 형태는 보존하고 있으나 역학적 성질 및 화학적 조성이 상실되거나 변질된 상태로 충적층 하부에서 0.5~7.0m의 두께로 분포하며 시추 시 시료는 원위치에서는 굳고 단단하나 타격에 의해 암편 및 실트 섞인

모래로 분해되며 매우 조밀하고 황갈색을 띠고 있다. N치는 50/7~50/1(회/cm)로 나타났다.

(3) 연암층

■ 본 층은 기반암인 안산암이 부분적인 풍화를 받아 형성된 층으로서, 연경이 교호되며, 균열 및 절 리가 발달되어 있고, 부분적으로 풍화가 협재되어 있다. 암회색이나 담회색을 띄며 풍화암층하 0.4~3.0m 두께로 분포하고 있고 조각상의 코아가 채취되었다. T.C.R은 25~90%까지 분포하며 R.Q.D는 0~82%까지 분포하는 것으로 나타났다.

3) 현장시험 결과

(1) 지하수위 측정

공번	지하수위	비고
BB-22	GL-12.1m	
BB-22-1	GL-8.50m	
BB-23	GL-5.70m	
BB-23-1	GL-6.20m	
BB-24	GL-10.3m	
BB-24-1	GL-5.30m	
BB-25	GL-8.60m	
BB-25-1	GL-9.20m	
BB-26	GL-3.80m	
BB-27	심도이하	
BB-28	GL-5.80m	
BB-29	GL-6.00m	
BB-30	GL-7.00m	
BB-31	GL-5.90m	
BB-32	심도이하	
BB-33	심도이하	

4) 실내시험 결과

(1) 토질시험

공번	지층	심도 (m)	N.M.C (%)	Gs	Atterberg Limit(%)		Grain Size Distribution(%)		U.S.C.S
					LL	PI	No.200	No.4	
BB-22	점토질모래	3.0	28.4	2.69	34.0	11.9	29	100	SC
BB-22-1	실트질자갈	1.5	14.0	2.65	N.P		18	48	GM
BB-23	모래질실트	7.5	18.1	2.68	N.P		55	100	ML
BB-23-1	실트질점토	6.0	25.6	2.70	36.2	15.6	63	100	CL
BB-24	실트질모래	1.5	15.3	2.66	N.P		18	100	SM
BB-24-1	실트질모래	7.5	15.0	2.67	N.P		17	100	SM
BB-25	점토질모래	4.5	26.5	2.69	34.6	12.1	45	100	SC
BB-25-1	점토질모래	6.0	28.0	2.69	35.1	13.3	45	99	SC
BB-28	실트질자갈	3.0	12.2	2.65	N.P		16	45	GM
BB-29	실트질자갈	1.5	13.0	2.66	N.P		18	45	GM
BB-30	점토질모래	3.0	20.9	2.68	34.6	12.1	47	100	SC
BB-31	모래질점토	6.0	19.6	2.68	N.P		62	100	ML

(2) 일축압축강도시험

공번	시료직경 (㎝)	시료높이 (㎝)	시료중량 (gr)	단위중량 (g/㎤)	재하중 (kg)	압축강도 (kg/㎠)
BB-22	5.62	10.73	723	2.72	45,000	1,815
BB-29	5.09	10.86	515	2.33	12,000	590

20.2.3 시설물 점검이력

대상시설물은 1종 시설물로서 2008년 12월 31일 준공 이후 정기적으로 안전점검이 시행되었으며 그 결과에 의한 유지관리가 실시되고 있는 상태이다.

【표 20.2.2】 만화교(울산) 점검이력사항

구분		점검기간	점검 기관	상태 등급	주요점검· 진단내용
1	정기안전점검	2025.03.03 ~2025.06.30	한국도로공사	양호	· 교면포장 : 패임, 뒤채움부 파손 등 · 난간및연석:접속부단차등 · 배수시설:배수관고정대탈락,배수측구균열등 · 신축이음:후타콘크리트균열및마모,유간토사퇴적,차수판볼트탈락등 · 바닥판:철근노출등 · 거더:도장들뜸,도장열화(백아화),현장이음부실런트미처리등 · 2차부재:가로보상태양호 · 교량받침:받침콘크리트균열및재료분리등 · 교대:균열부백태등 · 교각:코핑부균열,코핑부폐콘크리트적치등
2	정기안전점검	2024.09.01 ~2024.12.30	한국도로공사	양호	· 교면포장 : 파손, 균열 등 · 난간및연석:파손,접속부단차등 · 배수시설:배수구막힘,배수관클램프부식및고정대탈락등 · 신축이음:후타콘크리트균열및마모,유간토사퇴적,차수판볼트탈락등 · 바닥판:균열,박락,철근노출등 · 거더:도장박리및도장열화,긁힘및부식,환풍구망탈락등 · 2차부재:가로보상태양호 · 교량받침:받침콘크리트박락및재료분리,볼트부식등 · 교대:균열,균열부백태,망상균열,철근노출,이격등 · 교각:균열,망상균열,철근노출,파손,표면박리,표면오염등

【표 20.2.2】 만화교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검 기관	상태 등급	주요점검· 진단내용
3	1종성능평가	2024.02.23 ~2024.08.21	(주)엠케이에스이	B등급	-바닥판 균열(Cw=0.3㎜미만), 박락, 철근노출 -거더도장박리,도장열화,부식,전등미설치,환풍구망탈락등 -2차부재부식 -교대/교각균열(Cw=0.3㎜미만),균열(Cw=0.3㎜이상),망상균열,철근노출,파손등 -교량받침받침콘크리트박락,받침콘크리트재료분리,볼트부식 -신축이음후타재균열,후타재마모,유간토사퇴적,차수판볼트탈락등 -교면포장포장균열,LMC포장파손 -배수시설배수구막힘,배수관고정대탈락,배수관연결고리부식 -난간및연석파손,단차
4	정기안전점검	2024.03.01 ~2024.06.30	한국도로공사	양호	교면포장 포장 파손 등 난간중분대접속부단차등 신축이음유간토사퇴적,후타콘크리트균열,차수판볼트파손등 바닥판지점부박락및철근노출 거더도장박리등 교량받침플레이트부식등 교대균열,백태,균열부백태,측면접속부이격등 교각균열등
5	정기안전점검	2024.03.01 ~2024.06.11	자체수행	양호	교면포장 LMC포장 패임 등 배수시설배수관고정대탈락등 난간중분대핸드레일연결부이격등 신축이음후타콘크리트균열,유간토사퇴적등 교량받침받침콘크리트균열등 거더외부도장박리,도장열화(백아화)등 2차부재가로보도장긁힘및부식등 교대흉벽균열,흉벽백태등 하부구조 교각 균열(cw=0.3㎜미만) 등

【표 20.2.2】 만화교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검 기관	상태 등급	주요점검· 진단내용
6	정밀안전진단	2023.02.21 ~2023.12.26	백양엔지니어링 (주)	B등급	·바닥판 균열(Cw=0.3㎜미만), 박락, 철근노출 ·거더 도장박리, 도장열화, 부식, 전등미설치, 환풍구망 탈락 등 ·2차부재 부식 ·교대/교각 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 망상균열, 철근노출, 파손 등 ·교량받침 받침콘크리트 박락, 받침콘크리트 재료분리, 볼트부식 ·신축이음 후타재 균열, 후타재 마모, 유간 토사퇴적, 차수판 볼트탈락 등 ·교면포장 포장 균열, LMC 포장 파손 ·배수시설 배수구 막힘, 배수관 고정대 탈락, 배수관 연결고리 부식 ·난간및연석파손,단차
7	정기안전점검	2023.03.06 ~2023.06.05	자체수행	양호	·교면포장 LMC포장 파손 등 ·난간중분대 접속부 단차 등 ·신축이음 유간토사퇴적, 후타재 균열, 차수판 볼트 파손 등 ·거더 외부 도장 긁힘, 도장열화(백아화) 등 ·교량받침 플레이트 부식 등 ·하부구조 교대 균열(cw=0.3㎜미만), 백태, 측면 접속부 이격 등 ·하부구조 교각 균열(cw=0.3㎜미만) 등
8	정밀안전점검	2022.04.07 ~2022.12.23	(주)엠케이에스이	B등급	-교면포장 패임 -방호벽상태양호 -배수시설배수관고정대탈락 -신축이음후타재균열,유간토사퇴적,차수판볼트탈락, 수축여유량부족(A1,A2) -바닥판상태양호 -거더도장긁힘및부식,도장열화(백아화),내부망파손 -가로보상태양호 -교량받침상태양호 -교대/교각균열(0.3㎜미만,0.3㎜이상),백태,접속부 이격,표면박리,표면오염
9	정기안전점검	2022.05.16 ~2022.06.15	자체수행	양호	전반적으로 상태가 양호함, 세부결과 보고서 참고
10	정기안전점검	2021.12.15 ~2021.12.15	자체수행	양호	· 거더 : 도장열화, 도장 부식 등.. ·교량받침:받침플레이트부식 ·하부구조:균열,열화및손상등... ·신축이음:후타재균열,차수판볼트파손등.. ·교면포장:갓길교면콘크리트파손 ·난간연석:접속방호벽단차

【표 20.2.2】 만화교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검 기관	상태 등급	주요점검· 진단내용
11	정기안전점검	2021.06.28 ~2021.06.28	자체수행	양호	· 거더 : 외부 도장 열화로 인한 변색, 외부 도장 긁힘 및 부식 · 교량받침:플레이트부식 · 하부구조(교대):흉벽-보강토옹벽접속부이격,균열(cw=0.3㎜미만),균열(cw=0.3㎜이상),흉벽백태 · 하부구조(교각):균열(cw=0.3㎜미만) · 신축이음:후타재균열,차수판볼트파손,유간토사퇴적 · 교면포장:포장파손 · 난간연석:접속부방호벽단차
12	정밀안전점검	2020.05.27 ~2020.12.31	(주)엠케이에스이	B등급	-교면포장 파손 -방호벽접속부단차 -배수시설상태양호 -신축이음유간토사퇴적,후타재균열,차수판볼트파손 -바닥판상태양호 -거더외부도장긁힘,도장열화(변색) -교량받침Plate부식 -교대균열(0.3㎜내외),백태,측면접속부이격 -교각균열(0.3㎜미만)
13	정기안전점검	2020.06.30 ~2020.06.30	자체수행	양호	양호함
14	정기안전점검	2019.09.19 ~2019.09.19	자체수행	양호	신축이음 유간 토사퇴적 교량받침도장녹발생
15	1종성능평가	2018.08.16 ~2019.08.21	(주)엠케이에스이	B등급	-배수시설 집수구 막힘 -신축이음본체고무재파손(P3),차수판볼트탈락 -바닥판 단부파손 -거더외부부식,도장열화(변색) -교량받침몰탈균열,Plate부식,볼트부식 -교대균열(0.3㎜미만),백태,표면오염 -교각균열(0.3㎜미만),파손,철근노출,표면오염
16	정기안전점검	2019.04.17 ~2019.04.17	자체수행	양호	교좌장치 받침콘크리트 균열 / 교대 구체 균열 백태 신축이음유간토사퇴적/점점로난간대파손

【표 20.2.2】 만화교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검 기관	상태 등급	주요점검· 진단내용
17	정밀안전진단	2018.08.16 ~2018.12.31	(주)엠케이에스이	B등급	-배수시설 집수구 막힘 -신축이음본체고무재파손(P3),차수판볼트탈락 -바닥판 단부파손 -거더외부부식,도장열화(변색) -교량받침몰탈균열,Plate부식,볼트부식 -교대균열(0.3㎜미만),백태,표면오염 -교각균열(0.3㎜미만),파손,철근노출,표면오염
18	정기안전점검	2018.03.28 ~2018.03.28	자체수행	양호	- 양호함
19	정기안전점검	2017.08.16 ~2017.08.16	자체수행	양호	- 양호함
20	정기안전점검	2017.05.18 ~2017.05.18	자체수행	양호	양호함
21	정밀안전점검	2016.11.16 ~2016.12.30	(주)엠케이에스이	B등급	-방호벽 균열(0.3㎜미만) -신축이음본체고무재파손,차수판볼트탈락 -바닥판균열(0.3㎜미만),백태 -거더외부부식 -교량받침몰탈균열,받침콘크리트파손,Plate부식 -교대균열(0.3㎜미만),백태,표면오염 -교각균열(0.3㎜미만),파손
22	정기안전점검	2016.04.18 ~2016.04.18	자체수행	양호	- 양호함
23	정기안전점검	2015.08.04 ~2015.08.04	자체수행	양호	- 양호
24	정기안전점검	2015.04.22 ~2015.04.22	자체수행	양호	- 양호
25	정기안전점검	2014.08.04 ~2014.08.04	자체수행	양호	양호

【표 20.2.2】 만화교(울산) 점검이력사항(계속)

구분		점검기간	점검 기관	상태 등급	주요점검· 진단내용
26	정기안전점검	2014.05.12 ~2014.05.12	자체수행	양호	양호
27	정밀안전점검	2013.10.01 ~2013.12.03	자체수행	A등급	벽체균열 파라펫부 균열
28	정기안전점검	2013.05.14 ~2013.05.14	자체수행	양호	양호
29	정기안전점검	2012.08.01 ~2012.08.02	자체수행	양호	양호
30	정기안전점검	2012.04.18 ~2012.04.18	자체수행	양호	양호
31	정기안전점검	2011.08.16 ~2011.08.16	자체수행	양호	양호
32	정기안전점검	2011.05.06 ~2011.05.06	자체수행	양호	이상없음
33	정기안전점검	2010.07.07 ~2010.12.08	자체수행	양호	양호함
34	정밀안전점검	2010.03.10 ~2010.05.09	자체수행	A등급	신축이음 고무재 일부 손상
35	정기안전점검	2009.08.04 ~2009.11.25		양호	이상없음
36	정기안전점검	2009.03.06 ~2009.06.30		양호	이상없음
37	정밀안전점검	2008.08.14 ~2008.12.31	(주)다린이앤씨	A등급	문제점이 없는 최상의 상태

20.2.4 전차 정밀안전진단 실시결과(2023년12월)

가. 외관조사결과

구분	정밀안전진단 결과	비고
교면포장	◦교면포장에 대한 외관조사 결과, 통행차량의 운행성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않은 전반적으로 양호한 상태이며, 주요손상으로 포장균열 및 LMC포장 파손이 국부적으로 조사되었다.	
방호벽	◦난간 및 연석(방호벽)에 대한 외관조사 결과, 사용성과 기능성 및 급격한 내구성을 저하시키는 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 방호벽 전면부로 경미한 파손이 1개소 조사되었고, 기 진단 이후 정밀점검시 조사된 단차 1개소가 방호벽 상단부에 진전없는 상태로 확인되었다.	
배수시설	◦배수시설에 대한 외관조사 결과, 육교형 배수관의 지지 및 체결상태는 전반적으로 양호한 것으로 확인되었으나, S3경간에서 배수관 연결고리 부식 1개소, S4경간에서 배수관 고정대 탈락이 1개소 조사되었다	
신축이음	◦신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 신축이음장치 3개소 모두 유간 토사퇴적이 조사되었고, 후타재는 콘크리트의 경우 주행차량의 충격하중 및 재료적 특성에 의한 균열이 일부 종방향 형태로 발생한 것으로 확인되었으며, 후타재 마모 또한 경미한 규모로 발생하였다. 차수판의 경우 신축이음장치 3개소에서 볼트탈락과 Exp.J1(A1)에서 차수판 덮개파손이 조사되었다. ◦신축이음 유간검토 온도변화에 따른 신축여유량 검토결과, Exp.J1(A1), J2(P2), J3(A2)는 설계온도(40.0℃)에 대한 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 측정되었다.	
바닥판	◦바닥판하면에 대한 외관조사 결과, 균열(Cw=0.3㎜미만), 박락 등이 조사되었으며, 하중의 증가 및 내하력 저하에 따른 구조적 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 금회 상세조사를 통해 조사된 손상은 재료적 특성, 환경요인에 의해 발생된 비구조적 손상이 대부분인 것으로 확인되었다.	
거더	◦거더에 대한 외관조사 결과, 응력의 집중이나 과하중으로 인한 수직, 수평 보강재(Rib)의 변형, 파손 등의 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었다. 다만, 관리 및 경년열화, 시공적 요인 등에 의한 도장박리, 부식 등의 손상이 일부구간에 걸쳐 국부적으로 조사되었다.	
가로보 및 세로보	◦2차부재(가로보) 에 대한 외관조사결과, 비틀림에 의한 좌굴이나 구조물에 안전성에 영향을 미칠만한 중요손상은 발생하지 않은 상태로 확인되었으나, S2경간에서 경미한 부식이 1개소 조사되었다.	
교량받침	◦교량받침 점검결과, 주요손상으로 받침콘크리트 박락, 받침콘크리트 재료분리, 볼트부식이 조사되었다. 금회 신규손상으로 받침 콘크리트 박락 및 받침 콘크리트 재료분리가 추가 조사된 것으로 확인되었다. ◦연단거리 검토 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다. ◦이동 여유량 검토 온도변화에 따른 교량받침의 이동량을 검토한 결과, 모든 교량받침이 이동여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 나타났다.	

구분	정밀안전진단 결과	비고
교대	◦교대에 대한 외관조사결과, 균열, 보수부 재균열, 균열부 백태, 망상균열, 백태, 보수부 백태, 철근노출 등이 조사되었으며, 신축이음부 우수 유입의 영향으로 대부분 흉벽에서 보수부 재손상 및 백태 등의 손상이 조사된 것으로 확인되었다. 균열은 교대 A2에서 흉벽(9개소)에서 국한되어 조사되었으며, 균열의 폭은 0.2mm(4개소)~0.3mm(5개소)로 조사되었다	
교각	◦ 교각에 대한 외관조사결과, 기둥부 및 코핑부에서 수평 및 수직형상을 띈 균열폭 0.1~0.3㎜ 수준의 균열 및 망상균열(2개소)이 국부적으로 조사되었으며, 코핑부 박리(1개소), 코핑부 철근노출(1개소), 기둥부 및 코핑부 파손(4개소) 등이 확인되었다.	
기초	◦만화교(울산)의 교대 기초는 강관말뚝기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P3~P5) 및 강관말뚝기초(P1, P2)로 시공된 것으로 확인되었으며, 교대 및 교각의 기초는 대부분 지중에 매립되어 외관조사는 불가한 상태이나, 교각 P3의 기초부가 일부 노출된 것으로 확인되었다. ◦기초부 점검결과, 특이손상이 발생하지 않은 비교적 양호한 상태로 조사되었으며, 기초부에 대한 설계도서 및 수리계산서 검토결과 기초의 시공위치는 하천(해상)이 아닌 수로인접부지 상단으로서, 세굴검토 등의 평가는 생략된 것으로 판단된다. 또한 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침_안전점검 · 진단편(교량)(2022.12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 의거 세굴에 대한 안전성평가는 “하천(해상)을 횡단하는 공용중인 교량” 에 대해 평가하며, 해당구간은 일광산에 위치하는 계곡부로서 하천(해상)에 해당하지 않는 것으로 확인되었다. 다만, 해당구간의 평수위는 약 0.1m미만이며, 평시에 유량의 이동이 없어 세굴 및 침식 발생 가능성이 낮을 것으로 판단되나, 우기시 우수의 이동이 있고 항시 우수가 존재하므로 중점유지관리사항으로 선정하여 지속적인 주의관찰을 실시함이 바람직하다.	
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설(교량 점검시설) 점검시설 외관조사결과 구조물과의 결속상태, 부재간의 체결상태 등은 견고하게 설치된 것으로 조사되었으나, 공용년수 증가에 따른 차량진동 등에 의해 쇄정고리 파손과 너트탈락이 각각 1개소씩 조사되었다.	
	◦도로포장 (교면포장)	
	◦도로부 신축이음부 (신축이음)	

나. 내구성 조사 및 시험결과

<table>
<tr><th>시 험 명</th><th colspan="3">시험부위</th><th colspan="2">시험결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td rowspan="6">비파괴
강도
(㎫)</td><td colspan="2" rowspan="2">상부구조
(바닥판)</td><td>반발경도법</td><td colspan="2">28.6~30.1</td><td rowspan="6">•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>초음파전달속도법</td><td colspan="2">30.1~33.8</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부구조</td><td>교대</td><td rowspan="2">반발경도법</td><td colspan="2">26.5~27.4</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">26.6~27.6</td></tr>
<tr><td>교대</td><td rowspan="2">초음파전달속도법</td><td colspan="2">29.0~30.2</td></tr>
<tr><td>교각</td><td colspan="2">27.3~30.8</td></tr>
<tr><td rowspan="7">철근탐사
(㎜)</td><td colspan="3">구 분</td><td>배근간격</td><td>피복두께</td><td rowspan="7">•전반적으로 단위길이당 철근수량을 만족하며 측정피복두께가 설계피복두께 및 배근간격은 일부구간 차이는 있으나, 전반적으로 양호한 것으로 분석됨.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">상부구조
(바닥판)</td><td>주철근</td><td>102~280</td><td>40~45</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>210~263</td><td>39~49</td></tr>
<tr><td rowspan="4">하부구조</td><td rowspan="2">교대</td><td>주철근</td><td>188~273</td><td>100~122</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>126~180</td><td>98~106</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교각</td><td>주철근</td><td>113~137</td><td>100~113</td></tr>
<tr><td>배력철근</td><td>274~355</td><td>98~106</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여깊이
(㎜)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">31.1~34.8</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">89.5~95.1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물
함유량시험
(kg/㎥)</td><td colspan="3">상부구조</td><td colspan="2">0.262</td><td rowspan="2">•상태평가 기준 “a” 로서, 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 우려가 없는 것으로 판단됨.</td></tr>
<tr><td colspan="3">하부구조</td><td colspan="2">0.230~0.235</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>

다. 종합평가 및 안전등급 지정

<table>
<tr><th rowspan="2">구조물명</th><th colspan="2">상태평가 결과</th><th colspan="3">안전성평가 결과</th><th rowspan="2">종합평가 결과</th></tr>
<tr><th>환산결함도점수</th><th>기준</th><th colspan="2">S · F</th><th>기준</th></tr>
<tr><td rowspan="2">만화교(울산)</td><td rowspan="2">0.168</td><td rowspan="2">B</td><td>상부 구조</td><td>1.0 이상</td><td>A</td><td rowspan="2">B</td></tr>
<tr><td>하부 구조</td><td>1.0 이상</td><td>A</td></tr>
<tr><td>종합평가</td><td colspan="6">•만화교(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 만화교(울산)는 “B”로 평가됨</td></tr>
</table>

라. 안전등급 지정

만화교(울산)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.

마. 보수·보강 방안 및 개략공사비

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면		균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	0.50	0.19	㎡	65	12	2
		박락	표면보수(방청)	0.26	0.39	㎡	340	133	1
		철근노출	표면보수(방청)	0.82	1.23	㎡	340	418	1
STB거더	내부	도장박리	재도장	0.04	0.06	㎡	80	5	2
		부식	재도장	0.04	0.06	㎡	80	5	2
		전등미설치	재설치	2	2	개소	10	20	3
		환풍구망 탈락	재설치	1	1	개소	200	200	3
	외부	도장박리	재도장	0.81	1.22	㎡	80	97	2
		긁힘 및 부식	재도장	0.04	0.06	㎡	80	5	2
2차부재		부식	재도장(방청)	0.04	0.06	㎡	290	17	2
하부구조	교대	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	4.00	1.50	㎡	65	98	2
		균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	7.70	11.6	m	80	924	1
		보수부 재균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	0.80	0.30	㎡	65	20	2
		균열부 백태	표면보수	2.00	3.00	㎡	65	195	2
		망상균열	표면보수	0.80	1.20	㎡	65	78	2
		백태	표면보수	0.83	1.25	㎡	65	81	2
		보수부 백태	표면보수	0.08	0.12	㎡	65	8	2
		철근노출	표면보수(방청)	0.02	0.03	㎡	340	10	1
	교각	균열(cw=0.3㎜미만)	표면보수	36.50	13.69	㎡	65	890	2
		균열(cw=0.3㎜이상)	주입보수	10.00	15.0	m	80	1,200	1
		망상균열	표면보수	4.00	6.00	㎡	65	390	2
		철근노출	단면보수(방청)	0.04	0.06	㎡	277	17	1
		잡철근노출	단면보수(방청)	0.01	0.02	㎡	277	4	1
		표면박리	표면보수	0.15	0.23	㎡	65	15	2

구 분		손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교량받침		받침콘크리트 박락	단면보수	0.27	0.41	㎡	240	97	2
		받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.04	0.06	㎡	240	14	2
		볼트부식	재도장	1	6	개소	80	480	2
신축이음장치		유간 토사퇴적	청소	8.70	13.05	m	18	235	3
		차수판 볼트탈락	재체결	18	18	개소	10	180	3
		차수판 덮개파손	재체결	1	1	개소	50	50	3
기타부재	배수시설	배수구 막힘	청소	1	1	개소	20	20	3
		배수관 연결고리 부식	재설치	5	5	개소	20	100	3
		배수관고정대 탈락	재설치	1	1	개소	500	500	2
	난간 및 연석	파손	표면보수(방청)	0.09	0.14	㎡	65	9	1
순공사비 합계(천원)								6,525	
제경비(순공사비×50%)								3,263	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위					4,066	
			2순위					4,515	
			3순위					1,207	
개략공사비 총계(≒)								**9,788**	

※ 순공사비는 부대공(교통통제 및 고소장비 등)을 제외한 개략공사비 합산금액이며, 부대비용은 현장여건에 따라 금액이 변경될 수 있음.
※ 개략공사비 총계는 부대공을 포함하여 합산한 금액임.
※ 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 현장조사 시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

바. 종합결론

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

주요 손상으로 상부구조는 철근노출, 도장박리가 조사되었고, 철근노출, 도장박리 손상에 대해서는 표면보수(방청) 및 재도장이 필요한 것으로 판단된다.

하부구조는 균열(Cw=0.3㎜미만), 균열(Cw=0.3㎜이상), 철근노출 등이 조사되었고, 조사된 손상에 대해서는 표면보수, 주입보수, 표면보수(방청) 등이 필요한 것으로 판단된다.

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

포장균열, LMC파손은 주의관찰을 실시하며, 향후 마모, 균열, 소성변형 등의 손상 확대 및 진전 시 일괄 보수를 실시하고, 배수시설 고정대 탈락은 재설치가 요구된다.

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

2) 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 상태인 “a” 이상으로 평가되었다.

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.

3) 본 교량의 상태평가 및 안전성평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, 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.

4) 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

- 금회 정밀안전점검 실시결과 시설물의 사용제한 필요 없는 것으로 판단된다.

5) 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 바닥판 S6 철근노출으로 인한 2차손상 발생여부 지속관찰, 보수 후 재손상 발생여부 확인
- 교대 A2 흉벽 균열(Cw=0.3㎜이상) 신규 균열 발생여부 및 균열의 진전여부 확인, 보수 후 재균열 발생 여부 및 지속적 관리
- 교대 A1 이격 및 변위 진전 여부 및 추가손상 여부 확인, 교대 A1 보강부 측방유동 등 변위 발생 여부
- 교각 P5 코핑 균열(Cw=0.3㎜이상) 신규 균열 발생여부 및 균열의 진전여부 확인, 보수 후 재균열 발생 여부 및 지속적 관리
- 교량받침 P3 받침콘크리트 박락 손상진전 및 추가손상 발생여부 확인, 보수 후 박락 추가발생 여부 확인
- 배수시설 S4 배수관 고정대 탈락 배수시설 제기능 여부 확인, 2차손상 발생여부 및 보수 후 지속관찰

6) 기타 필요한 사항

- 없음

20.2.5 시설물 보수 이력

【표 20.2.3】 만화교(울산) 보수이력사항

번호	공사명 공사기간	공사 구분	보수·보강공사 부위 공사내역	설계자 공사비(천원)	시공자 책임기술자
1	2024년~2025년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사	보수	바닥판 등	백양엔지니어링(주)	태정산업개발(주)
	2024-05-13 ~ 2024-08-30		단면보수 등	3,000	이선우
2	구조물 정밀안전점검 결함사항 보수공사	보수	교대	박준형	진양건설(주)
	2023-05-23 ~ 2023-07-17		단면보수, 주입보수	620	이장형
3	2020년 경남본부 관내 교량 내진보강 및 성능개량공사	개량	교량받침(P1)	구조물안전팀	(주)가화건설
	2020-08-18 ~ 2020-12-04		내진보강 및 성능개량을 위한 콘크리트 전단키 설치	7,558	정덕민
4	구조물 정밀안전진단 및 점검 보수공사	보수	거더, 교량받침, 교대, 교각	이효찬	CS청산건설㈜
	2019-09-18 ~ 2019-12-31		볼트 재체결, 표면처리, 재도장, 주입보수	608	이건수
5	-	-	교대, 신축이음, 거더	케이엔씨 컨설턴트	경남기업(주)
	2018-11		교대 A1 어스앵커보강 신축이음 A1 교체 거더 단부 절단(A1)	-	-
6	-	-	방호벽, 바닥판, 하부구조	-	-
	2016 정밀점검 이후		표면처리	-	-

※시설물통합정보관리시스템(FMS) 내 교량관리대장 및 보수공사현황 참조
※전차 정밀안전진단(2023년) 자료 참조
※FMS상 보수이력 이외에 주기적으로 일상적인 보수가 실시되고 있는 것으로 확인되었다.

20.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

만화교(울산)에 대한 내진설계 자료검토 결과, 해당시설물은 내진설계가 적용되어 있는상태로 검토되었으며, 자료는 『부산~울산간 고속도로 건설공사 구조 계산서(Ⅱ)-제3공구』을 참고하여 작성하였다.

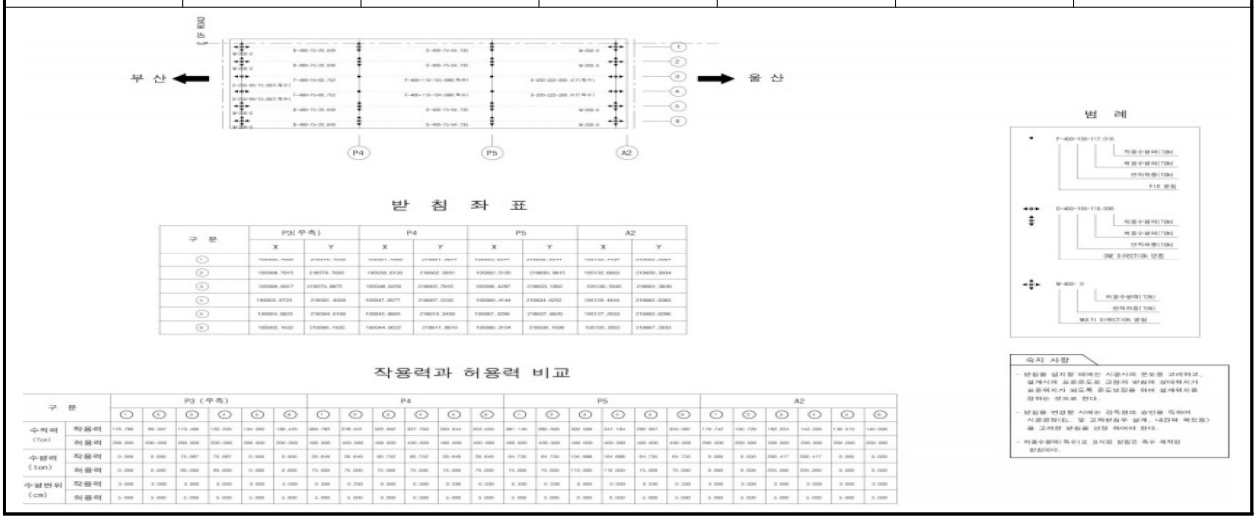
【표 20.2.4】 내진설계 요약(교축방향, 울산)

구분	작용수평력		검토받침용량		응답수정 계수	적용 받침용량
	전체	받침당	연직력	수평력		
A1	0.000	0.000	100	20	0.8	250
P1	505.385	84.231	350	66	1.0	500
P2	128.410	21.402	400	75	1.0	400
P3	0.000	0.000	200	31	1.0	300
P4	123.895	20.649	400	75	1.0	400
P5	388.407	64.735	400	75	1.0	500
A2	0.000	0.000	200	31	0.8	250

※작용수평력은 응답수정계수가 고려된 값임.

【표 20.2.5】 내진설계 요약(교축직각방향, 울산)

구분	작용수평력		검토받침용량		응답수정 계수	적용 받침용량
	전체	받침당	연직력	수평력		
A1	269.253	134.626	100	20	0.8	250
P1	360.971	180.486	350	66	1.0	500
P2	200.188	100.094	400	75	1.0	400
P3	163.139	81.570	200	31	1.0	300
P4	121.503	60.752	400	75	1.0	400
P5	209.377	104.688	400	75	1.0	500
A2	400.834	200.417	200	31	0.8	250



※작용수평력은 응답수정계수가 고려된 값임.

■ 만화교(울산)의 준공도서상 내진설계결과 교축직각방향 받침의 작용력이 허용력을 초과하므로 내진성능평가 등의 상세검토가 요구되어 내진보강에 대한 보수·보강 이력을 추가 검토 결과, 시설물통합정보관리시스템(FMS)상에는 보수·보강 이력이 4건 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", 2023년 5월에 실시한 "구조물 정밀안전점검 결함사항 보수공사", 2024년 5월에 실시한 "2024년~2025년 울산지사 관내 시설물 연간 유지보수공사"로 확인되었다. 그 외 전차보고서 검토 결과, 2016년 이후에 방호벽, 바닥판, 하부구조 표면처리 및 2018년 신축이음 교체 및 거더 단부 절단 등의 총 2건의 보수·보강 이력이 확인되었다.

20.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

20.2.8 주변환경 및 하중변화

만화교(울산)는 부산광역시 기장군 기장읍에 위치하는 1종 시설물로써 일반국도 14호선 및 배산로 19번길을 횡단하는 부산울산고속도로 본선 교량이며, FMS(시설물통합정보관리시스템 fms.or.kr) 및 관리주체인 부산울산고속도로(주)에 보관중인 준공도서를 검토한 결과 준공시 고려되었던 하중이외의 추가하중은 없는 것으로 검토되었다.

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

하부 교차 시설 전경

상부 전경

【사진 20.2.1】 주변환경 및 하중변화 전경

20.2.9 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 20.2.6】 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇준공도서 – 지반조사보고서 – 각종계산서 – 공사시방서 – 준공내역서 – 준공도면 – 실시설계보고서 – 기타 특이사항 보고서 – 사고기록 등	◇구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영 ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행 ◇구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인
유 지 관 리 자 료	◇전차 성능평가 보고서 ◇전차 정밀안전점검 및 정밀안전진단 보고서 ◇사고기록	◇부재별 중점손상 – 바닥판 철근노출 – 교대 A2 흉벽 균열 (0.3㎜ 이상) – 교대 A1 이격 및 변위 – 교각 코핑부 균열(0.3㎜ 이상) – 교량받침 받침콘크리트 박락 – 배수시설 배수관 고정대 탈락	◇전회 점검결과와 금회 점검결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련
	◇보수·보강 이력 – 시설물정보관리종합시스템(FMS) 및 전차 점검보고서 보수 및 점검이력	◇신축이음 고무재 파손보수	◇보수부 상태 확인

20.3 현장조사

20.3.1 개요

대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 토대로 정밀조사를 실시하기 위하여 도보 및 사다리, 굴절작업차, 드론을 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동

및 박리, 층분리 발생여부를 확인 및 제거를 실시하였다.

가. 장비사용 현황

Span번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1~S6	도보 및 굴절작업차, 드론	2025.03.24.~2025.12.17.	

도보점검 작업전경

굴절작업차 작업전경

비파괴시험

비파괴시험

【사진 20.3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

20.3.2 현장조사 결과

가. 바닥판하면

1) 부재의 개요

- 만화교(울산)는 Steel Box Girder 6경간으로 이루어져 있으며, 캔틸레버부를 제외한 바닥판하면은 콘크리트 데크플레이트로 마감되어 있고, 연장은 약 L=310.0m 폭 16.2m(편도 3차로)로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.

바닥판하면 전경 #1

바닥판하면 전경 #2

【사진 20.3.2】 바닥판하면 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3㎜미만), 박락 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 20.3.1】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		박락 (㎡/개소)	
S1	0.50	1	–	–
S2	–	–	–	–
S3	–	–	0.26	1
S4	–	–	–	–
S5	–	–	–	–
S6	–	–	–	–
합계	0.50	1	0.26	1

손상현황	• S1 철근노출 보수부 전경	손상현황	• S3 박락 (0.2×0.3)
원 인	• –	원 인	• 시공초기 다짐불량
조치방안	• –	조치방안	• 단면보수
손상현황	• S4 바닥판하면 상태현황	손상현황	• S5 바닥판하면 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –
손상현황	• S6 철근노출 보수부 전경	손상현황	• S6 철근노출 보수부 전경
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –

【사진 20.3.3】 바닥판하면 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 균열(0.3㎜미만), 박락 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 추가적인 신규손상은 조사되지 않았으며, 기존손상인 철근노출의 보수가 확인되었다.

【표 20.3.2】 바닥판하면 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	0.50	1	- -	변동없음
	박락	㎡	0.26	1	0.26	1	- -	변동없음
	철근노출	㎡	0.82	4	-	-	▼ 0.82	보수실시

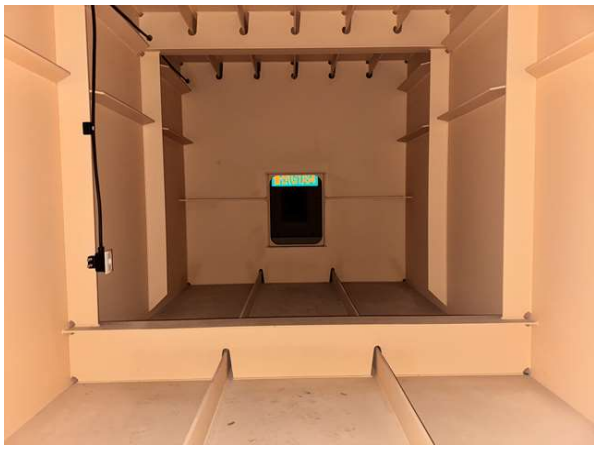
4) 검토의견

- 바닥판하면에서 조사된 균열(0.3㎜미만)의 경우 데크플레이트에 발생한 균열로 시공초기 온도변화와 건조수축에 의한 손상이며 구조적인 영향은 미미한 것으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 박락의 경우 신축이음부 하부에 발생한 손상으로 시공초기 다짐불량 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상부 우수유입에 의한 진전 가능성이 우려되므로 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

나. 거더

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box Girder는 3열 6경간, 연장은 약 L=310.0m 폭 16.2m(편도 3차로)로 시공되었다.
- 거더에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.

	
거더외부 전경	거더내부 전경

【사진 20.3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

- 거더외부에 대한 현장조사 결과, 도장열화(백아화), 도장박리, 긁힘 및 부식 등의 손상이 조사되었다.
- 거더내부에 대한 현장조사 결과, 도장박리, 부식, 전등미설치, 환풍구망 탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 20.3.3】 거더외부 현장조사 결과

구분	도장열화(백아화) (㎡/개소)		도장박리 (㎡/개소)		긁힘 및 부식 (㎡/개소)	
S1	276.00	2	0.06	2	0.04	2
S2	230.00	2	0.75	1	–	–
S3	230.00	2	0.25	1	–	–
S4	230.00	2	–	–	–	–
S5	230.00	2	–	–	–	–
S6	230.00	2	–	–	–	–
합계	1426.00	12	1.06	4	0.04	2

【표 20.3.4】 거더내부 현장조사 결과

구분	도장박리 (㎡/개소)		부식 (㎡/개소)		전등미설치 (개소/개소)		환풍구망 탈락 (개소/개소)	
S1	–	–	–	–	1.00	1	1.00	1
S2	–	–	–	–	–	–	–	–
S3	–	–	–	–	–	–	–	–
S4	–	–	–	–	–	–	–	–
S5	–	–	0.04	1	–	–	–	–
S6	0.04	1	–	–	1.00	1	–	–
합계	**0.04**	**1**	**0.04**	**1**	**2.00**	**2**	**1.00**	**1**

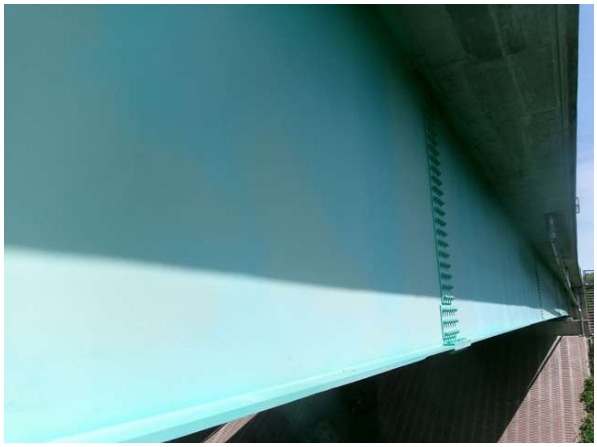
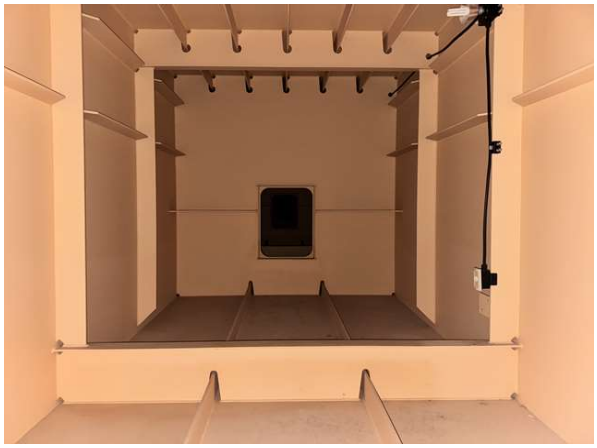
손상현황	• 거더외부 S1-G2 도장박리(0.1×0.5)
원 인	• 도장미흡, 외기노출 등
조치방안	• 재도장

손상현황	• 거더외부 S1-G3 긁힘 및 부식
원 인	• 외부충격, 손상부 습기흡착 등
조치방안	• 재도장

손상현황	• 거더외부 S3-G3 도장박리(0.5×0.5)
원 인	• 도장미흡, 우수유입 등
조치방안	• 재도장

손상현황	• 거더외부 S4-G1 도장열화 (50.0×2.3)
원 인	• 공용기간 증가, 외기노출 등
조치방안	• 재도장

【사진 20.3.5】 거더 손상현황

			
손상현황	• 거더외부 S5-G1 도장열화 (50.0×2.3)	손상현황	• 거더외부 S6-G3 도장열화 (50.0×2.3)
원 인	• 공용기간 증가, 외기노출 등	원 인	• 공용기간 증가, 외기노출 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 재도장
손상현황	• 거더외부 상태현황	손상현황	• 거더내부 S1-G1 전등미설치
원 인	• -	원 인	• 설치누락
조치방안	• -	조치방안	• 재설치
			
손상현황	• 거더내부 상태현황	손상현황	• 거더내부 상태현황
원 인	• -	원 인	• -
조치방안	• -	조치방안	• -

【사진 20.3.5】 거더 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 도장열화, 도장박리, 긁힘 및 부식, 환풍구망 탈락 전등미설치 등의 손상이 확인되고, 금회 점검에서 신규손상으로 우수유입, 외기노출 등에 의한 도장박리가 추가 조사되어 손상물량이 증가하였다.

【표 20.3.5】 거더 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
거더외부	도장열화	㎡	1426.00	12	1426.00	12	- -	변동없음
	도장박리	㎡	0.81	3	1.06	4	▲ 0.25	신규손상
	긁힘 및 부식	㎡	0.04	2	0.04	2	- -	변동없음
거더내부	도장박리	㎡	0.04	1	0.04	1	- -	변동없음
	부식	㎡	0.04	1	0.04	1	- -	변동없음
	전등미설치	EA	2.00	2	2.00	2	- -	변동없음
	환풍구망 탈락	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 거더외부에서 조사된 도장박리, 긁힘 및 부식의 경우 도장미흡, 외부충격, 외기노출, 공용 중 노후화, 우수유입 또는 손상부 습기흡착, 공용기간 증가에 따른 부착력 저하 및 경년열화가 복합적으로 작용하여 발생한 것으로 판단된다. 현재 손상의 상태는 비교적 경미하나, 도장박리는 부식으로 진전될 가능성 있으며, 부식은 진전 시 강재의 모재두께감소 등을 유발하므로 재도장 보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

- 조사된 도장열화(백아화)의 경우 공용기간 증가, 외기노출 등의 환경적 요인에 의하여 발생한 손상으로 도장의 내구연한이 도래한 것으로 유추되며, 점검 당시 도장의 상태는 이탈분말 부착이 확인되었으며 부재의 내구성 저하방지 및 부식 등의 2차 손상 예방 차원에서 전면 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 거더내부에서 조사된 도장박리의 경우 도장미흡 및 공용 중 노후화로 인한 손상으로 판단되며, 도장박리는 부식으로 진전될 가능성 있으므로 재도장 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 부식의 경우 거더내부에서 체수 및 누수흔적이 조사되지 않은 상태이므로 도장미흡 및 공용 중 노후화로 인한 손상으로 판단되며, 부식은 진전 시 강재의 모재두께감소 등을 유발하므로 내구성 저하방지 차원에서 재도장 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 필요한 것으로 사료된다.
- 전등과 환풍구망은 거더내부에 설치되어 있는 부속시설로, 조사된 전등미설치 및 환풍구망 탈락은 시공 미흡으로 인한 설치누락 및 탈락이 원인으로 판단되며, 환풍구망 탈락의 경우 환풍구의 직경이 충분하지 않아 조류 진입의 가능성은 낮을 것으로 판단되고, 실제로 조류진입 및 서식 등의 흔적은 발생하지 않은 상태로 조사되어 즉각적인 보수보다는 주의관찰 후 차후 보수계획에 맞춰 재설치, 정비 등 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

다. 가로보(2차부재)

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 좌굴방지 및 상부 하중을 횡분배 시켜주는 가로보가 교축 직각방향으로 Steel로 설치되어 있다.
- 가로보에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.

가로보 전경 #1	가로보 전경 #2

【사진 20.3.6】 가로보 전경

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과, 부식 손상이 조사되었다.

【표 20.3.6】 가로보 현장조사 결과

구분	부식 (㎡/개소)	
S1	–	–
S2	0.04	1
S3	–	–
S4	–	–
S5	–	–
S6	–	–
합계	0.04	1

손상현황	• 가로보 S1 상태현황	손상현황	• 가로보 S2 부식
원 인	• –	원 인	• 도장미흡, 외기노출 등
조치방안	• –	조치방안	• 재도장
손상현황	• 가로보 S3 상태현황	손상현황	• 가로보 S4 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –
손상현황	• 가로보 S5 상태현황	손상현황	• 가로보 S6 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –

【사진 20.3.7】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 부식 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 추가적인 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 20.3.7】 가로보 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
가로보	부식	㎡	0.04	1	0.04	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 가로보에서 조사된 부식의 경우 외기노출, 도장미흡, 공용기간 증가에 따른 노후화 등에 의한 손상으로 판단된다. 손상의 상태는 비교적 경미하나, 부식은 진전 시 강재의 모재두께감소 등을 유발하므로 재도장 보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 교대는 A1, A2 역T형 강관말뚝기초로 시공되어있으며, 측방유동에 의한 협착으로 2018년에 교대 A1에 어스앵커보강을 실시한 것으로 조사되었다.
- 보강 후 추가적인 변위 여부를 확인하기 위한 계측장치(경사계, 신축이음계 등)은 일부 제기능을 하지 못하는 상태로 확인되었다.
- 교대에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 20.3.8】 교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3㎜미만), 보수부 재균열(0.3㎜미만), 백태, 이격 등의 손상이 조사되었다.

【표 20.3.8】 교대 현장조사 결과

구분	균열(0.3㎜미만) (m/개소)		보수부 재균열(0.3㎜미만) (m/개소)		백태 (㎡/개소)		이격 (m/개소)	
A1	-	-	-	-	0.05	1	3.00	1
A2	4.00	4	0.80	1	0.37	5	-	-
합계	**4.00**	**4**	**0.80**	**1**	**0.42**	**6**	**3.00**	**1**

손상현황	• A1 백태 (0.1×0.5)	손상현황	• A1 이격 (H=3.0m, T=20mm)
원 인	• 우수유입 등	원 인	• 시공초기 다짐불량, 측방유동 이력 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 실링처리
손상현황	• A1 이격 (H=3.0m, T=20mm)	손상현황	• A2 균열(0.3㎜미만)
원 인	• 시공초기 다짐불량, 측방유동 이력 등	원 인	• 건조수축 등
조치방안	• 실링처리	조치방안	• 표면처리
손상현황	• A2 백태 (0.1×0.2×2EA)	손상현황	• A2 백태 (0.2×0.2)
원 인	• 우수유입 등	원 인	• 우수유입 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 표면처리

【사진 20.3.9】 교대 손상현황

손상현황	• A2 백태 (1.5×0.2)	손상현황	• A2 철근노출 보수부 전경
원 인	• 우수유입 등	원 인	• –
조치방안	• 표면처리	조치방안	• –
손상현황	• A2 균열(0.3㎜이상) 보수부 전경	손상현황	• A2 균열부 백태 보수부 전경
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –
손상현황	• A2 망상균열 보수부 전경	손상현황	• A2 백태 보수부 전경
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –

【사진 20.3.9】 교대 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 균열(0.3㎜미만), 보수부 재균열(0.3㎜미만), 백태, 이격 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상으로 우수유입, 습기흡착 등에 의한 백태가 추가로 조사되었고 기존손상인 균열(0.3㎜미만,이상), 백태, 균열부 백태, 철근노출이 보수되어 손상물량이 변동되었다.

【표 20.3.9】 교대 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교대	균열(0.3㎜미만)	m	4.00	4	4.00	4	– –	변동없음
	균열(0.3㎜이상)	m	7.70	5	–	–	▼ 7.70	보수실시
	보수부 재균열(0.3㎜미만)	m	0.80	1	0.80	1	– –	변동없음
	균열부 백태	m	2.00	1	–	–	▼ 2.00	보수실시
	망상균열	㎡	0.80	1	–	–	▼ 0.80	보수실시
	백태	㎡	0.83	11	0.42	6	▼ 0.41	신규손상 일부보수
	보수부 백태	㎡	0.08	1	–	–	▼ 0.08	보수실시
	철근노출	㎡	0.02	1	–	–	▼ 0.02	보수실시
	이격	m	3.00	1	3.00	1	– –	변동없음

4) 검토의견

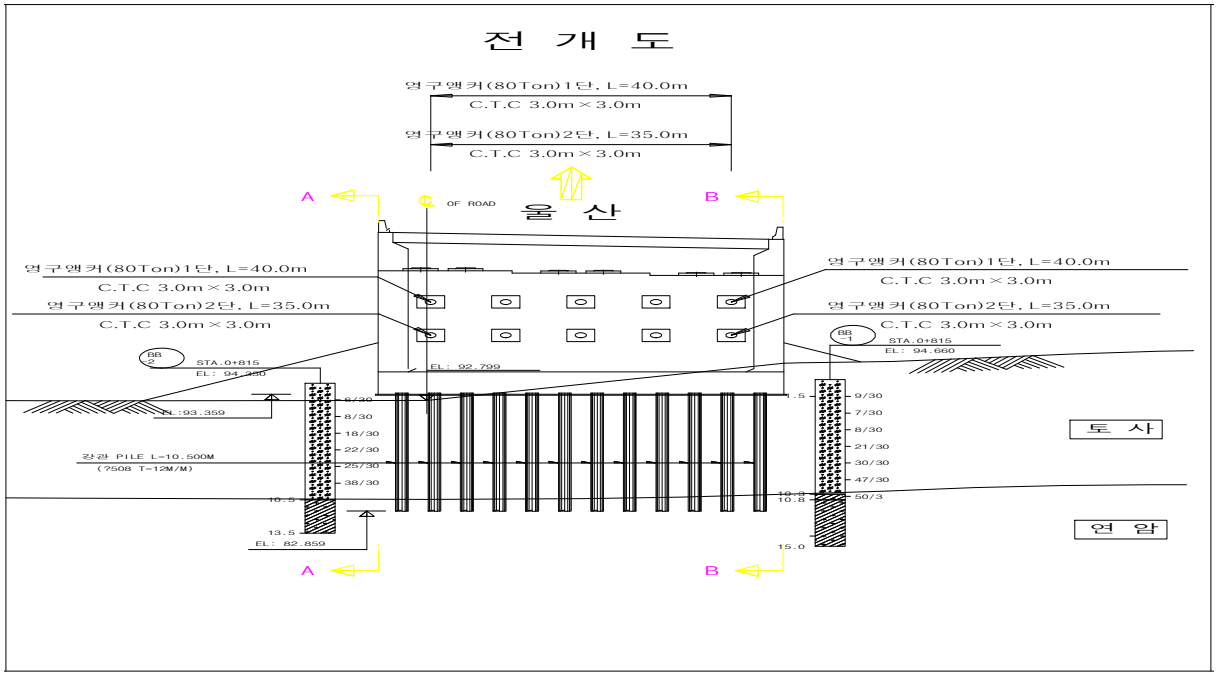
- 교대에서 조사된 균열(0.3㎜미만), 보수부 재균열(0.3㎜미만)의 경우 시공초기 온도변화 및 건조수축 등에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 손상부 우수유입으로 인한 진전이 우려되므로 진전방지 및 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 백태의 경우 우수유입, 습기흡착 등에 의한 손상으로 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 손상부 우수유입으로 인한 진전이 우려되므로 진전방지 및 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 이격의 경우 날개벽과 측면 성토부 옹벽 사이에 있는 이음부에서 발생하였으며 시공초기 다짐불량, 상부 우수유입으로 인한 성토부 일부 유실, 측방유동 이력 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단되며, 특히 내부골재가 일부 노출되어 있고 이음부를 매워주는 몰탈 마감재의 박락이 확인된 상태로 추가적인 유실은 확인되지 않았으나 실링처리, 몰탈보수 등의 안전성 확보와 내부 골재 및 충진물 유실을 방지하는 종류의 보수가 필요하다고 판단된다.

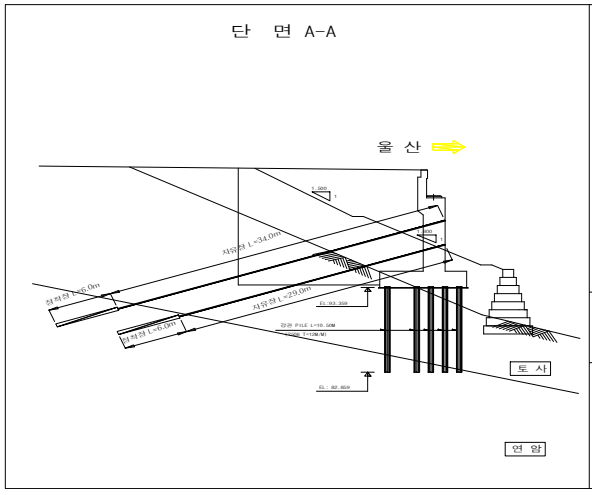
5) 교대 보강현황

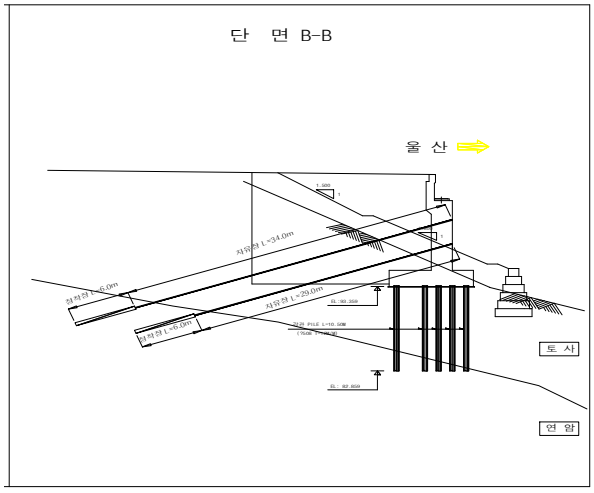
- 만화교(울산)는 2018년 정밀안전진단 결과 교대 A1에서 측방유동 가능성이 검토되어 보강 방안으로 제시된 어스앵커 공법을 적용하여 보강을 실시하였으며, 해당 공법은 부산울산고속도로는 많은 차량이 통행중에 있어, 차선 통제후 보강작업이 용이하지 않은 현장 여건을 고려하여 시공이 가능한 공법으로 제시되었다.

【표 20.3.10】 교대 어스앵커 공법 적용 현황

상세보강내용	앵커제원			
	자유장(m)	정착장(m)	C.T.C(m)	단
A1	1단: 32, 2단 : 26	6	3	2







손상현황	• A1 어스앵커 보강 현황	손상현황	• A1 어스앵커 보강 현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –
손상현황	• A1 어스앵커 보강 현황	손상현황	• A1 어스앵커 보강 현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –
손상현황	• A1 어스앵커 보강 현황	손상현황	• A1 어스앵커 보강 현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –

【사진 20.3.10】 교대 어스앵커 보강현황

6) 교대 계측기기 현황

- 보강 후 추가적인 변위 여부를 확인하기 위한 계측장치(경사계, 신축이음계 등)은 일부 제기능을 하지 못하는 상태로 확인되었다.

【표 20.3.11】 교대 어스앵커 공법 적용 현황

구분	하중계	경사계	자동계측기	비고
만화교(울산)	A1, A2	A1, A2	A1, A2, P3(2개소)	
	2개소	2개소	4개소	

계측장비 A1

계측장비 A2

계측장비 A2

계측장비 P3

7) 교대 직립도 측정

- 교대는 상부구조로부터의 하중과 하부구조 본체의 자중을 기초지반으로 전달하여 지지하기 위한 수직하중이 큰 구조물로 정밀안전진단(2018년)에서 교대의 측방유동으로 인해 2018년에 교대 A1에 어스앵커보강을 실시하였고, 교대의 측방유동은 교량의 안전성에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 보강이후의 측방유동 진행도를 파악하기 위하여 안전점검 및 안전진단시 주기적인 측정을 실시하고 있는 것으로 확인되었으며, 금회 점검에서도 교대의 직립도를 측정하였다.
- 금회 과업에서는 교대의 기울기를 전면의 좌, 우, 중앙부를 측정하였으며, 교축방향, 교축직각방향으로의 변위여부를 조사하고 2018년도에 보강이 실시된 이후 최초 측정치 값인 2020년 정밀안전점검의 기울기 측정치와 비교하여 평가하였다.

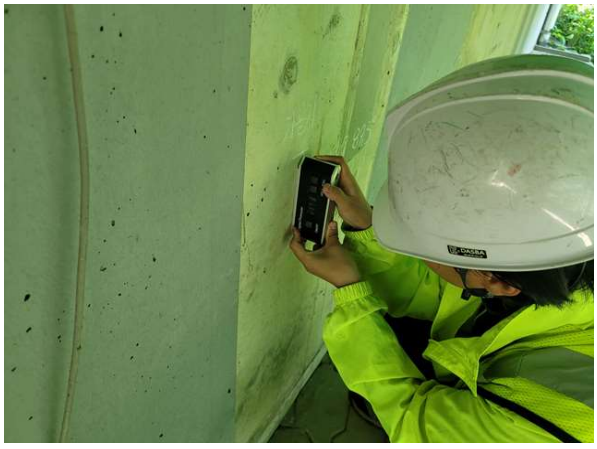
【표 20.3.12】 각종 기준이 따른 허용각 변위

구분	구조형식	허용각변위	구분	구조형식	허용각변위
Skempton	단독기초	1/300	Meyerhof	철근콘트리트구조(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	철근콘트리트 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°)

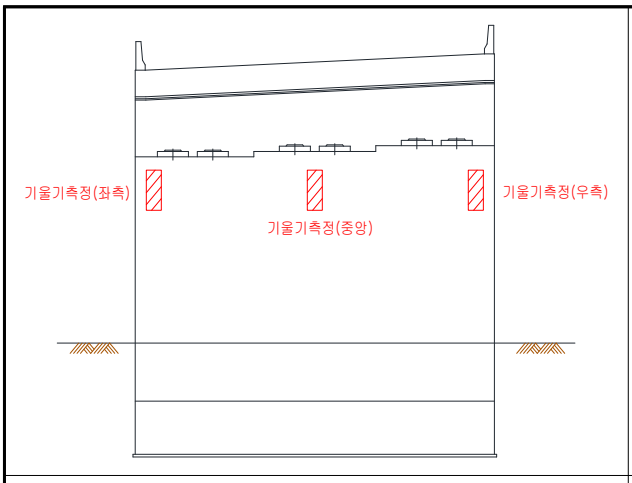
(1) 경사계(디지털)를 이용한 측정 결과

교대 직립도 측정 전경(A1)

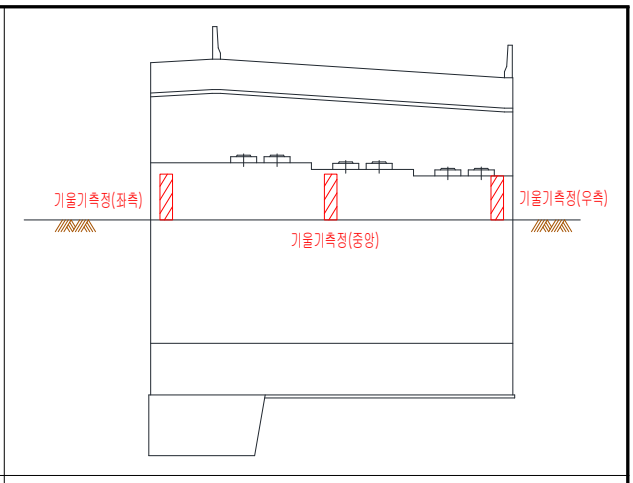


교대 직립도 측정 전경(A2)

【사진 20.3.11】 교대 직립도 측정 작업사진 전경



교대 직립도 측정 위치(A1)



교대 직립도 측정 위치(A2)

【그림 20.3.1】 교대 직립도 측정 위치

- 각 교대에 대하여 직립도(변위) 조사를 실시하였으며, 앞서 제시한 기준 중 본 교량의 형식에 맞는 기준 값인 1/300(0.19°)~1/250(0.23°)을 적용하여 평가하였다.

【표 20.3.13】 직립도(변위) 측정 결과

구분	설계 기울기 (°)	20년 정밀안전점검(초기) 측정 기울기(°)			측정 기울기(°)			각 변위(°)			비고
		좌측	중앙	우측	좌측	중앙	우측	좌측	중앙	우측	
A1	90	89.5	89.3	89.8	89.4	89.2	89.7	0.1	0.1	0.1	
A2	90	90.0	89.3	89.3	90.0	89.3	89.3	0.0	0.0	0.0	

- 직립도(변위) 조사는 전회 점검들과 동일한 위치를 우선시 하여 측정하였고, 23년 정밀안전진단의 경우 현장에 정확한 위치가 표기되어 있지 않아 현장에 표기되어 있는 전회(20년, 22년) 점검에서 측정을 실시한 위치에 금회 측정을 실시하였다.
- 교대 A1의 기울기는 89.3° ~ 89.8° / 각 변위는 0.1° , 교대 A2의 경우 기울기 89.3° ~ 90.0° / 각 변위는 0.0° 로 측정되어 측정결과는 허용범위를 만족하는 상태로 교대의 직립도(변위)는 양호한 것으로 분석되었다.

【표 20.3.14】 기 점검과의 직립도(변위) 측정(기울기) 결과 비교

구분		측정 기울기(°)			
		20년 정밀안전점검 (초기값)	22년 정밀안전점검	23년 정밀안전진단 (별도위치 측정)	25년 정밀안전점검
교대 A1	전면 좌측	89.5	89.5	89.88	89.4
	전면 중앙부	89.3	89.3	89.85	89.2
	전면 우측	89.8	89.8	89.90	89.7
교대 A2	전면 좌측	90.0	90.0	89.83	90.0
	전면 중앙부	89.3	89.3	89.85	89.3
	전면 우측	89.3	89.3	89.82	89.3

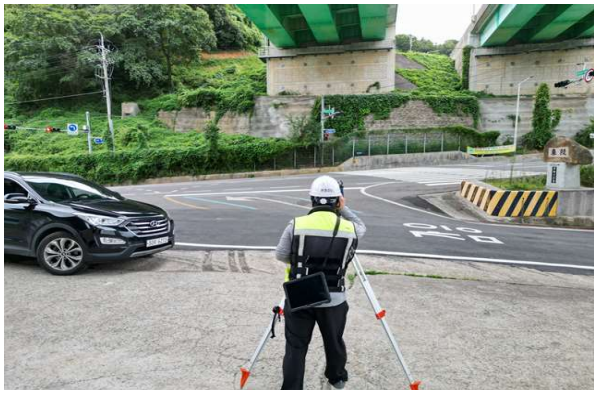
【표 20.3.15】 기 점검과의 직립도(변위) 측정(각 변위) 결과 비교

구분		각 변위(°)			
		20년 정밀안전점검 (초기값, 기준)	22년 정밀안전점검	23년 정밀안전진단 (별도위치 측정)	25년 정밀안전점검
교대 A1	전면 좌측	89.5	0.00	– (0.12)	0.1
	전면 중앙부	89.3	0.00	– (0.15)	0.1
	전면 우측	89.8	0.00	– (0.10)	0.1
교대 A2	전면 좌측	90.0	0.00	– (0.17)	0.0
	전면 중앙부	89.3	0.00	– (0.15)	0.0
	전면 우측	89.3	0.00	– (0.18)	0.0

- 전회(20년, 22년) 점검과 동일한 위치에서 측정하여 비교 검토한 결과, 교대 A1의 각 변위는 0.1° , 교대 A2의 경우 0.0° 로 측정되었으며, 측정결과는 허용범위를 만족하는 상태로 교대의 직립도(변위)는 양호한 것으로 분석되었다. 또한, 측정위치, 측정자의 오차 및 기종(길이 등)에 따라 추후 측정결과가 상이할 수 있으므로 점검시마다 동일한 위치에 재측정을 실시한 후 결과 값을 지속적으로 참고하여 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

(2) 광파기를 이용한 측정

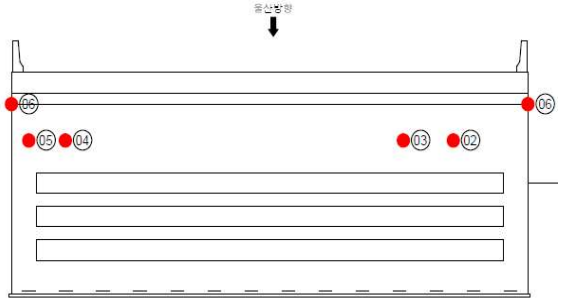
- 만화교(울산)의 교대 변위를 확인하기 위해 광파기를 이용한 측정결과, 교대 변위는 없는 것으로 검토되었으며, 현장조사 결과 또한 교대 변위에 대한 특별한 징후는 조사되지 않았다.



광파기를 이용한 변위 측량

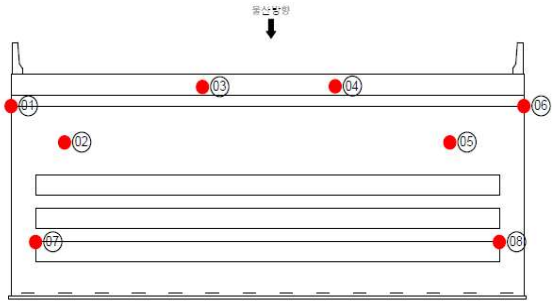
【표 20.3.16】 광파기를 이용한 측정 결과

구분	측점	측정치(㎜) 1차 변위	2차 변위	전회 측정치 변위	비고
A1	2	0.00	0.00	0.00	변동없음
	5	0.00	0.00	0.00	변동없음
A2	2	0.00	0.00	0.00	변동없음
	3	0.00	0.00	0.00	변동없음
	4	0.00	0.00	0.00	변동없음
	5	0.00	0.00	0.00	변동없음



A1

만화교(울산) A1				
No.	X	Y	E.L	비고
2	218575.223	294953.001	99.162	표식
5	218560.775	294952.609	99.573	표식



A2

만화교(울산) A2				
No.	X	Y	E.L	비고
2	218596.575	295255.758	101.089	표식
3	218592.527	295258.203	104.773	표식
4	218587.122	295259.088	104.844	표식
5	218582.828	295258.022	101.072	표식

【표 20.3.17】 광파기를 이용한 측정 결과비교

만화교 울산A1					정면방향
NO.	X	Y	E.L	위 치	비고
1	218576.328	294951.319	101.406	헌치하단	우
2	218575.224	294953.001	99.162	표식	우
3	218574.718	294952.978	99.163		우
4	218561.768	294952.621	99.22		좌
5	218560.777	294952.608	99.573	표식	좌
6	218521.968	294950.918	101.998	이음선밑	좌

만화교(울산) A1				
No.	X	Y	E.L	비고
1	218575.223	294953.001	99.162	2
2	218560.775	294952.609	99.573	5

만화교 울산A2					정면방향
NO.	X	Y	E.L	위 치	비고
1	218597.747	295257.338	105.693	헌치하단	좌
2	218596.574	295255.759	101.088	표식	좌
3	218592.527	295258.202	104.774	표식	강교사이
4	218587.124	295259.089	104.843	표식	강교사이
5	218582.828	295258.022	101.072	표식	우
6	218581.869	295259.961	105.991	헌치하단	우
7	218596.563	295255.764	98.544	문양거푸집	좌
8	218582.488	295258.078	98.539	문양거푸집	우

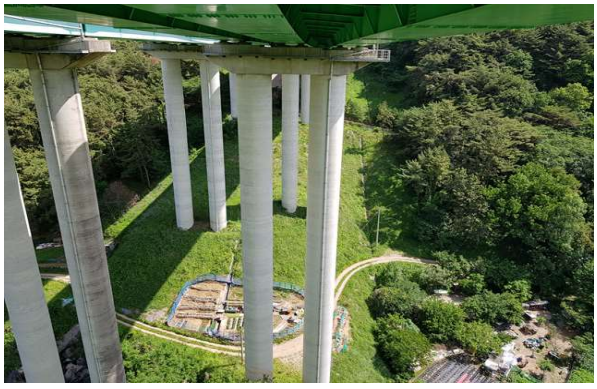
만화교(울산) A2				
No.	X	Y	E.L	비고
1	218596.575	295255.758	101.089	2
2	218592.527	295258.203	104.773	3
3	218587.122	295259.088	104.844	4
4	218582.828	295258.022	101.072	5

- 전회(23년 정밀안전진단) 점검과의 정확한 측점위치 비교를 위하여 표식 부에 측량을 실시하여 비교하였고, 검토결과, 미미한 결과값의 차이는 있으나 이는 사용기기별 측량오차 내로 판단되며, 교대 변위는 없는 것으로 검토되었다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 교각은 π형 구조형식으로 구성되어 있으며, 기초는 직접기초 및 강관말뚝기초로 시공되었다.
- 교각에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론으로 근접조사를 실시하였다.

교각 P1 전경	교각 P2 전경
	
교각 P3 전경	교각 P4 전경
	-
교각 P5 전경	-

【사진 20.3.12】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과, 균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 보수미흡, 파손, 표면박리, 표면오염, 잡철근노출, 관리이정판 파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 20.3.18】 교각 현장조사 결과

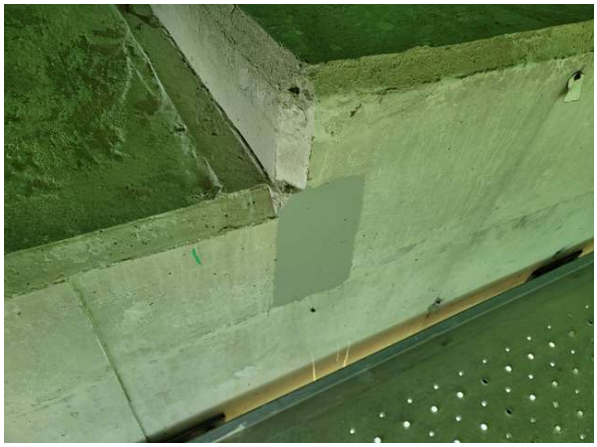
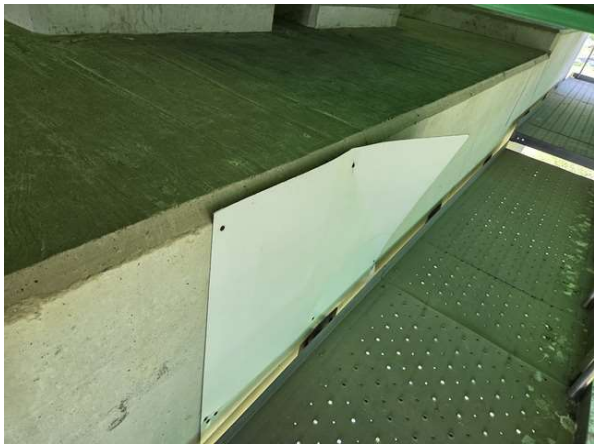
구분	균열 (0.3㎜미만) (m/개소)		균열 (0.3㎜이상) (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		보수미흡 (㎡/개소)		파손 (㎡/개소)	
P1	6.50	2	–	–	2.60	2	–	–	–	–
P2	8.50	2	–	–	–	–	2.50	1	0.01	1
P3	–	–	–	–	1.00	1	–	–	–	–
P4	14.00	3	–	–	–	–	–	–	0.02	2
P5	4.00	4	10.0	1	0.40	1	–	–	0.01	1
합계	33.00	11	10.00	1	4.00	4	2.50	1	0.04	4

【표 20.3.18】 교각 현장조사 결과(계속)

구분	표면박리 (㎡/개소)		표면오염 (㎡/개소)		잡철근노출 (㎡/개소)		관리이정판 파손 (개소/개소)	
P1	–	–	4.00	1	–	–	–	–
P2	–	–	–	–	–	–	–	–
P3	–	–	3.30	2	–	–	–	–
P4	0.15	1	–	–	–	–	1.00	1
P5	–	–	–	–	0.01	1	–	–
합계	0.15	1	7.30	3	0.01	1	1.00	1

손상현황	• P1 균열(0.3㎜미만) 보수부 전경	손상현황	• P1 표면오염(2.0×2.0)
원 인	• –	원 인	• 우수접촉 및 공용 중 노후화
조치방안	• –	조치방안	• 표면처리
손상현황	• P2 보수미흡(0.2×5.0)	손상현황	• P2 보수미흡(0.2×5.0)
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• 시공미흡 등
조치방안	• 단면보수 등	조치방안	• 단면보수 등
손상현황	• P2 보수미흡0.2×5.0)	손상현황	• P2 보수미흡(0.2×5.0)
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• 시공미흡 등
조치방안	• 단면보수 등	조치방안	• 단면보수 등

【사진 20.3.13】 교각 손상현황

			
손상현황	• P3 균열(0.3㎜미만) 보수부 전경	손상현황	• P3 철근노출 보수부 전경
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –
			
손상현황	• P3 철근노출 보수부 전경	손상현황	• P4 관리이정판 파손
원 인	• –	원 인	• 공용중 노후화 등
조치방안	• –	조치방안	• 주의관찰
손상현황	• P5 균열(0.3㎜미만) 보수부 전경	손상현황	• P5 파손(0.1×0.1)
원 인	• –	원 인	• 외부충격 등
조치방안	• –	조치방안	• 주의관찰

【사진 20.3.13】 교각 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 균열(0.3㎜미만, 이상), 망상균열, 파손, 표면박리, 표면오염, 잡철근노출 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상으로 시공미흡 및 마감처리미흡, 공용 중 노후화 등에 의한 보수미흡, 관리이정판 파손 등의 손상이 추가로 조사되었으며, 기존 균열(0.3㎜미만), 철근노출에 대한 보수가 실시되었다.

【표 20.3.19】 교각 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3㎜미만)	m	38.50	18	33.00	11	▼ 4.50	일부보수
	균열(0.3㎜이상)	m	10.0	1	10.0	1	- -	변동없음
	망상균열	㎡	4.00	4	4.00	4	- -	변동없음
	보수미흡	㎡	-	-	2.50	1	▲ 2.50	신규손상
	파손	㎡	0.04	4	0.04	4	- -	변동없음
	표면박리	㎡	0.15	1	0.15	1	- -	변동없음
	표면오염	㎡	7.30	3	7.30	3	- -	변동없음
	철근노출	㎡	0.04	2	-	-	▼ 0.04	보수실시
	잡철근노출	㎡	0.01	1	0.01	1	- -	변동없음
	관리이정판 파손	EA	-	-	1.00	1	▲ 1.00	신규손상

4) 검토의견

- 교각에서 조사된 균열(0.3㎜미만), 망상균열의 경우 거푸집 조기탈거, 건조수축 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 균열(0.3㎜이상)의 경우 시공초기 온도변화 및 건조수축 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 저하방지 차원에서 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 표면박리, 표면오염의 경우 등에 시공미흡, 우수접촉, 외기노출 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성에 미치는 영향이 미미한 수준이므로 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시에 표면처리 등의 적절한 보수를 채택하여 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 파손의 경우 공용 중 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 상태가 경미하고 내구성에 미치는 영향이 미미한 수준이므로, 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시에 단면보수 등의 적절한 보수를 채택하여 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 관리이정판 파손의 경우 공용 중 노후화에 의한 손상으로 판단되며 내구성에 영향을 미치는 손상이 아니므로 즉각적인 보수보다는 차후 보수계획에 맞춰 재설치 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 보수미흡의 경우 교각 배면 코핑부와 기둥부 사이에 있는 손상으로 전면부와 인접한 교각의 동일 부위가 양호한 상태임을 고려하면 이는 시공미흡, 다짐불량 등이 원인으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 차원에서 단면보수를 실시하고 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

바. 기초

1) 부재의 개요

- 만화교(울산)의 교대 기초는 강관말뚝기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P3~P5) 및 강관말뚝기초(P1, P2)로 시공된 것으로 확인되었으며, 기초는 대부분 매립되어 현장조사가 불가한 상태이나, 교각 P3의 경우 기초부의 일부가 노출되어 조사를 진행하였다.

교대 A1 기초 전경	교대 A2 기초 전경
교각 P1 기초 전경	교각 P2 기초 전경
교각 P3 기초 전경	교각 P4 기초 전경

【사진 20.3.14】 기초 전경

2) 현장조사 결과

- 기초부에 대한 현장조사 결과, 교대 및 교각의 기초는 대부분 매립되어 외관조사는 불가한 상태이나, 교각 P3의 기초부가 일부 노출된 것으로 확인되어 노출부에 대한 조사를 실시하였고, 노출된 기초부에 구조적인 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았다.

【표 20.3.20】 기초 현장조사 결과

구분	상태양호
P1(매립)	–
P2(매립)	–
P3(일부 노출)	–
P4(매립)	–
P5(매립)	–
P6(매립)	–
합계	–

손상현황	• P3 기초노출부 상태현황
원 인	• –
조치방안	• –

손상현황	• P3 기초노출부 상태현황
원 인	• –
조치방안	• –

손상현황	• P1~4 매립부 상태현황
원 인	• –
조치방안	• –

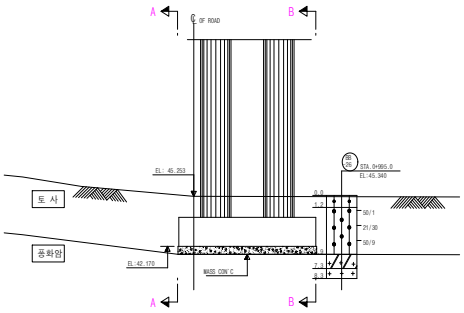
손상현황	• P5 매립부 상태현황
원 인	• –
조치방안	• –

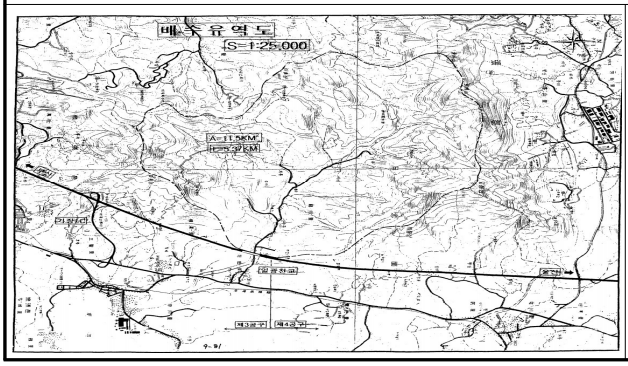
【사진 20.3.13】 기초 손상현황

4) 검토의견

- 기초부에서 조사된 교각 P3 기초노출부 기초의 경우 구조적 영향을 미칠만한 특이손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었으며, 설계도서 및 수리계산서, 전차점검보고서 검토결과 기초의 시공위치는 하천(해상)이 아닌 수로인접부지 상단으로서, 세굴검토 등의 평가를 실시하지 않은 것으로 판단된다. 또한 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침_안전점검 · 진단편(교량)(2024.12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 의거 세굴에 대한 안전성평가는 “하천(해상)을 횡단하는 공용중인 교량” 에 대해 평가하도록 규정되어 있으며, 해당구간은 일광산에 위치하는 계곡부에 위치하고 있어 하천(해상)에 해당하지 않는 것으로 확인되었다. 다만, 해당구간의 평수위는 약 0.1m이며, 평시에 유량의 이동이 미미하여 세굴 및 침식 발생 가능성이 낮을 것으로 판단되나, 기후에 따라 우수에 의해 수위와 유량이 증가하므로 중점유지관리사항으로 선정하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

교각 P3 기초 노출부 전경





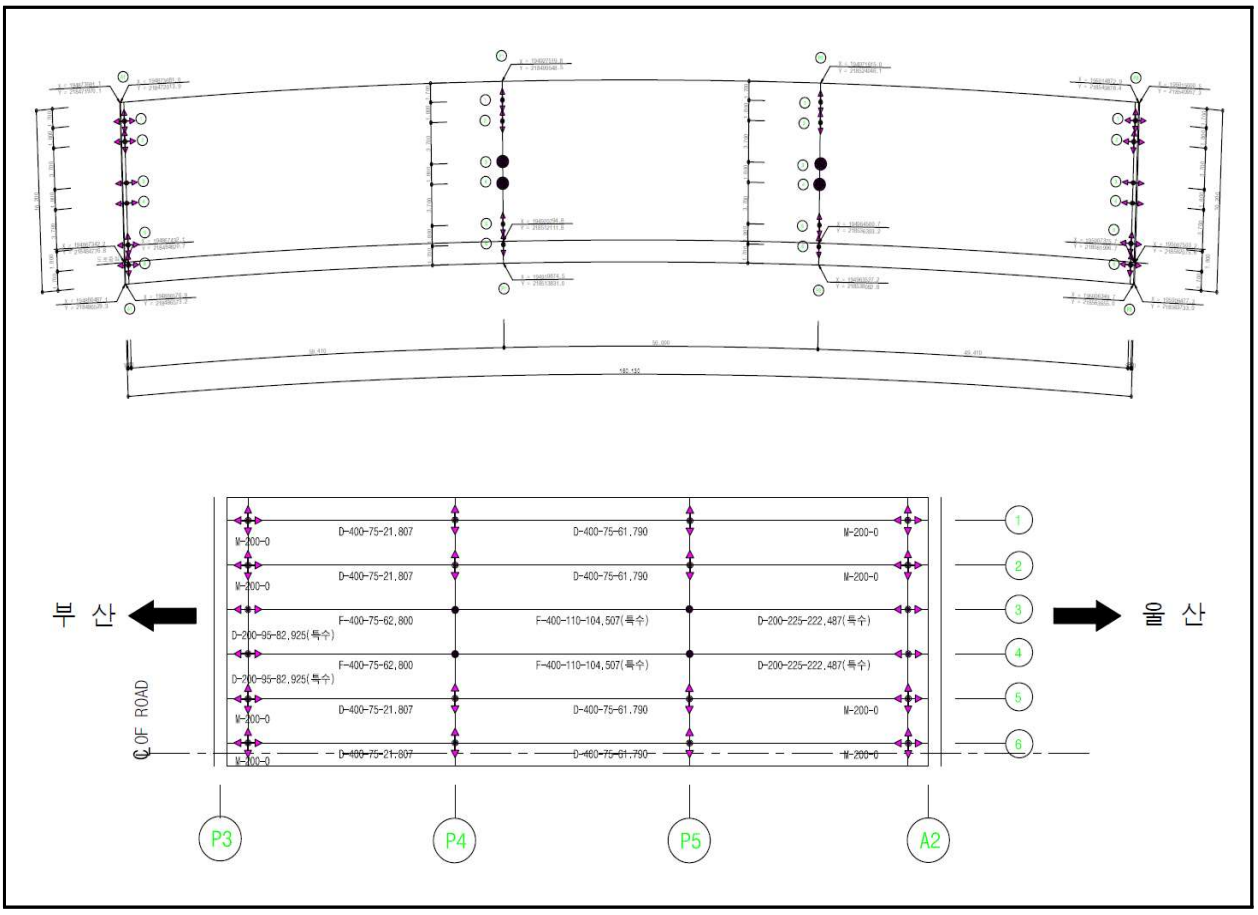
“부산~울산간 고속도로 민간투자 시설사업 제3공구(서부~화전)” 구조수리계산서 검토결과 만화교(울산)는 배수유역도 내에 위치하지 않으며, 세굴검토 또한 실시하지 않은 것으로 판단된다. (일광천교의 세굴검토만 실시)

· 만화교(울산) 구조수리계산서에 대한 자료수집 및 분석 결과 교면 배수구에 대한 수리 검토를 실시한 것으로 판단됨.

사. 교량받침

1) 부재의 개요

- 공용 중 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 교량받침은 상·하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.
- 본 교량의 교량받침은 포트받침으로 교대 A1, A2에 각 6개소, 교각 P1, P2, P4, P5에 각 6개소, 교각 P3에 12개소 총 48개소가 설치되어있다.
- 교량받침 상세현황 사진은 부록 '현장조사 및 외관조사 사진첩'에 수록하였다.
- 교량받침에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차로 근접조사를 실시하였다.



【그림 20.3.2】 교량받침 배치도

교량받침(양방향)	교량받침(일방향)	교량받침(고정단)

【사진 20.3.15】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 교량받침에 대한 현장조사 결과, 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 박락, 철근노출, 재료분리, 볼트부식 등의 손상이 조사되었다.

【표 20.3.21】 교량받침 현장조사 결과

구분	무수축몰탈 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		받침콘크리트 박락 (㎡/개소)		받침콘크리트 철근노출 (㎡/개소)		받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)		볼트부식 (개소/개소)	
A1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
P1	0.60	3	–	–	0.01	1	–	–	5.00	5
P2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
P3	–	–	0.36	3	–	–	0.04	1	–	–
P4	0.60	3	–	–	–	–	–	–	–	–
P5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
합계	1.20	6	0.36	3	0.01	1	0.04	1	5.00	5

손상현황	• P1-SH6 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)	손상현황	• P1-SH5 받침콘크리트 철근노출 (0.1×0.1)
원 인	• 건조수축 등	원 인	• 피복부족 등
조치방안	• 표면처리	조치방안	• 단면보수(방청)
손상현황	• P1-SH6 볼트부식 4EA	손상현황	• P3-SH4 받침콘크리트 박락(0.1×1.2)
원 인	• 외부 우수유입, 습기흡착 등	원 인	• 다짐불량 등
조치방안	• 재도장	조치방안	• 단면보수
손상현황	• P3-SH6 받침콘크리트 재료분리(0.1×0.4)	손상현황	• P4-SH6 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)
원 인	• 다짐불량 등	원 인	• 건조수축 등
조치방안	• 단면보수	조치방안	• 표면처리

【사진 20.3.16】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 받침콘크리트 박락, 재료분리, 볼트부식 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상으로 건조수축, 다짐불량, 피복부족, 우수유입 및 습기흡착 등에 의한 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만), 받침콘크리트 박락, 철근노출, 볼트부식 등의 손상이 추가로 조사되었다.

【표 20.3.22】 교량받침 기 점검 결과 비교

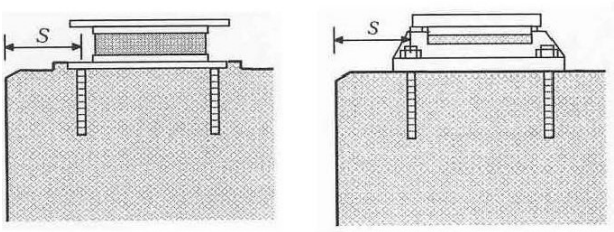
구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교량 받침	무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	-	-	1.20	6	▲ 1.20	신규손상
	받침콘크리트 박락	㎡	0.27	2	0.36	3	▲ 0.09	신규손상
	받침콘크리트 철근노출	㎡	-	-	0.01	1	▲ 0.01	신규손상
	받침콘크리트 재료분리	㎡	0.04	1	0.04	1	- -	변동없음
	볼트부식	EA	1.00	1	5.00	5	▲ 4.00	신규손상

4) 검토의견

- 교량받침에서 조사된 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)의 경우 시공초기 온도변화 및 건조수축 등에 의한 손상이고 구조적인 영향은 미미한 수준으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 받침콘크리트 박락, 재료분리의 경우 신축이음부인 P3에서 발생한 손상이며, 시공초기 다짐불량 등에 의한 손상으로 판단되며, 위치 특성상 우수유입이 용이하여 진전이 우려되므로 진전방지 및 내구성 저하방지 차원에서 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 받침콘크리트 철근노출의 경우 피복부족 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상부 외기노출 시 부식에 의한 진전이 우려되므로 내구성 저하방지를 위한 단면보수(방청) 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 볼트부식의 경우 외부 우수유입 및 습기흡착으로 인하여 발생한 손상으로 진전 시에 볼트 파단 등의 손상이 우려되며 부재의 내구성 및 기능성 확보 차원에서 재도장 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

5) 연단거리 검토

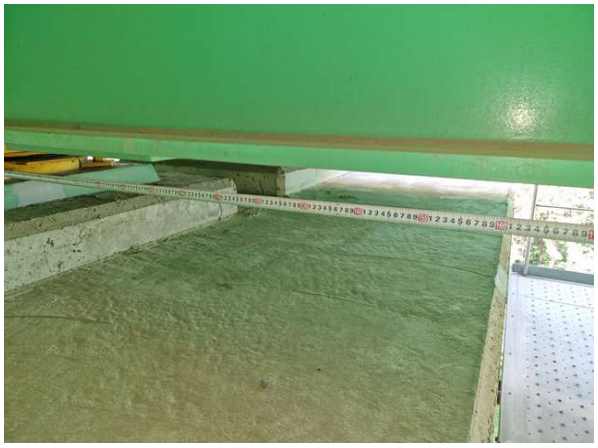
- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2010, 국토교통부)'에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

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

【그림 20.3.3】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

	
받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 20.3.17】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=60.0m) : 200+5×60.0 = 500.0(㎜)
- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450.0(㎜)

【표 20.3.23】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)						검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	Sh5	Sh6	
A1		500.0	770	750	730	720	800	800	O.K
P1	A1측	500.0	1,420	1,420	1,380	1,380	1,460	1,450	O.K
	A2측	450.0	1,420	1,420	1,360	1,360	1,420	1,420	O.K
P2	A1측	450.0	1,740	1,740	1,780	1,750	1,750	1,780	O.K
	A2측	450.0	1,750	1,750	1,740	1,740	1,750	1,750	O.K
P3	A1측	450.0	1,120	1,150	1,110	1,110	1,110	1,180	O.K
	A2측	450.0	1,050	1,050	1,010	1,040	1,020	1,050	O.K
P4	A1측	450.0	1,620	1,670	1,660	1,660	1,670	1,670	O.K
	A2측	450.0	1,620	1,620	1,620	1,620	1,620	1,620	O.K
P5	A1측	450.0	1,670	1,670	1,630	1,630	1,630	1,630	O.K
	A2측	450.0	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	O.K
A2		450.0	800	800	800	800	800	800	O.K

② 연단거리 검토의견

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

6) 교량받침 신축거동상태 검토

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

교량 받침 가동량 측정(1)

교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 20.3.18】 교량받침 이동량 측정

① 설계기준온도(-10℃ ~ 40℃(보통지방)에 따른 여유량 검토

【표 20.3.24】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	-32.0	18.0	0.000012	60.00	23.0	13.0	
P1	고정단						
P2	고정단						
P3(A1)	-32.0	18.0	0.000012	50.00	19.2	10.8	
P3(A2)	-32.0	18.0	0.000012	50.00	19.2	10.8	
P4	고정단						
P5	고정단						
A2	-32.0	18.0	0.000012	50.00	19.2	10.8	

1) 조사당시 온도 : 22.0℃(조사일 : 2025년 05월 21일, 평균온도, 부산)
2) 검토온도 : -10℃ ~ 40℃(STB거더, 보통지방)

【표 20.3.25】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치			실측 이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 변위 (㎜)	수축 검토 결과	신장 검토 결과
				수축	신장	최대수축	최대신장			
A1		SH1	40	115	35	23.0	13.0	±75	O.K	O.K
		SH2	40	115	35			±75	O.K	O.K
		SH3	40	115	35			±75	O.K	O.K
		SH4	40	115	35			±75	O.K	O.K
		SH5	40	115	35			±75	O.K	O.K
		SH6	40	115	35			±75	O.K	O.K
P1		고정단								
P2		고정단								
P3	A1	SH1	25	100	50	19.2	10.8	±75	O.K	O.K
		SH2	25	100	50			±75	O.K	O.K
		SH3	25	100	50			±75	O.K	O.K
		SH4	25	100	50			±75	O.K	O.K
		SH5	25	100	50			±75	O.K	O.K
		SH6	25	100	50			±75	O.K	O.K
	A2	SH7	10	85	65	19.2	10.8	±75	O.K	O.K
		SH8	10	85	65			±75	O.K	O.K
		SH9	10	85	65			±75	O.K	O.K
		SH10	10	85	65			±75	O.K	O.K
		SH11	10	85	65			±75	O.K	O.K
		SH12	10	85	65			±75	O.K	O.K
P4		고정단								
P5		고정단								
A2		SH1	3	78	72	19.2	10.8	±75	O.K	O.K
		SH2	3	78	72			±75	O.K	O.K
		SH3	3	78	72			±75	O.K	O.K
		SH4	3	78	72			±75	O.K	O.K
		SH5	3	78	72			±75	O.K	O.K
		SH6	3	78	72			±75	O.K	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K										

② 교량받침 이동량 검토의견

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

아. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 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 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 A1(No.100), A2(No.100) Rail Joint, P3(No.150) Finger Joint로 시공되어 있다.
- 신축이음장치에 대한 현장조사는 도보를 통한 근접조사를 실시하였다.

EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(P3) 전경	EXP.J1(A2) 전경

【사진 20.3.19】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

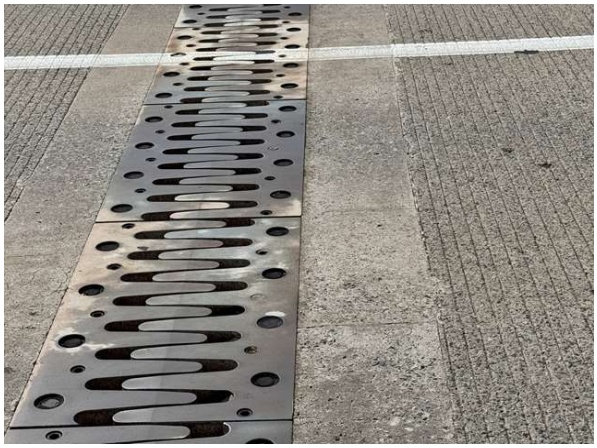
- 신축이음 현장조사 결과, 후타재 균열, 마모, 유간 토사퇴적, 차수판 덮개파손, 볼트탈락 등의 손상이 조사되었다.

【표 20.3.26】 신축이음장치 현장조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		후타재 마모 (㎡/개소)		유간토사퇴적 (m/개소)		차수판 덮개 파손 (개소/개소)		차수판 볼트탈락 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	11.60	23	–	–	3.00	2	1.00	1	8.00	8
P3 (EXP J2)	7.40	24	2.10	2	2.20	2	–	–	5.00	5
A2 (EXP J3)	5.00	10	–	–	2.00	2	–	–	5.00	5
합계	24.00	57	2.10	2	7.20	6	1.00	1	18.00	18

손상현황	• A1 후타재 균열
원 인	• 건조수축 등
조치방안	• 주의관찰

손상현황	• A1 차수판 볼트 파손
원 인	• 시공미흡, 외부충격 등
조치방안	• 정비



손상현황	• P3 후타재 균열
원 인	• 건조수축 등
조치방안	• 주의관찰

손상현황	• P3 후타재 마모(0.3×3.5)
원 인	• 공용 중 열화, 외기노출 등
조치방안	• 주의관찰

손상현황	• A2 후타재 토사퇴적
원 인	• 공용년수 증가 등
조치방안	• 청소

손상현황	• A2 후타재 균열
원 인	• 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
조치방안	• 주의관찰

【사진 20.3.20】 신축이음 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 후타재 균열, 마모, 유간 토사퇴적, 차수판 볼트유실, 덮개파손 등의 손상이 확인되었다. 금회점검에서 건조수축 등에 의한 후타재 균열이 추가로 조사되었으며, 정밀조사 결과 유간 토사퇴적의 물량오기가 확인되어서 조정하여 금회 손상물량이 변동되었다.

【표 20.3.27】 신축이음 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
신축이음	후타재 균열	m	17.30	35	24.00	57	▲ 6.70	신규손상
	후타재 마모	㎡	2.10	2	2.10	2	– –	변동없음
	유간 토사퇴적	m	8.70	7	7.20	6	▼ 1.50	물량오기
	차수판 덮개파손	㎡	1.00	1	1.00	1	– –	변동없음
	차수판 볼트탈락	m	18.00	18	18.00	18	– –	변동없음

4) 검토의견

- 신축이음에서 조사된 후타재 균열, 후타재 마모의 경우, 시공 초기 다짐 불량 또는 건조수축, 차량 통행하중 및 진동, 외기노출 등의 복합적인 원인에 의한 손상이며, 차량통행에 미치는 영향은 미미한 수준으로 판단되므로 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통하여 주의관찰 후 손상의 진전이 확인되면 부분 재포장, 재포장 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 유간 토사퇴적의 경우, 공용 중 토사 및 비산먼지 축척 등에 의한 손상으로 판단되며, 신축이음의 기능성을 확보하고 부식 등의 2차 손상을 방지하는 차원에서 정비, 청소 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 차수판 덮개파손, 볼트탈락의 경우 시공 미흡, 외부충격, 우수접촉에 의한 볼트 부식 및 파단, 차량의 반복 통행으로 인한 진동 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 시 차수판이 탈락할 수 있으므로 차수판의 안정적인 고정을 위해 정비, 재설치 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

① 설계기준온도(−10℃ ~ 40℃(STB거더, 보통지방)에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10−5, α(콘크리트): 1.0×10−5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td> </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정(STB거더교)
조사일 : 2025. 04. 16. 기온 적용: 15.2℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃−15.2℃ = 24.8℃
△T(수축시) : −10.0℃−(15.2℃) = −25.2℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L

•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>−10~+40</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>−10~+50</td><td>−20~+40</td><td>1.2×10−5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>−5~+35</td><td>−15~+35</td><td>1.0×10−5</td></tr>
</table></td><td>
 </td></tr>
</table>

【사진 20.3.21】 신축이음 유간 측정방법

【표 20.3.28】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)	
A1	−25.2	24.8	0.000012	60.00	18.1	17.9	−	18.1	17.9	
P3	−25.2	24.8	0.000012	100.00	30.2	29.8	11.11	41.4	29.8	
A2	−25.2	24.8	0.000012	50.00	15.1	14.9	−	15.1	14.9	

1) 조사당시 온도 : 15.2℃(조사일 : 2025년 04월 16일, 평균온도, 울산)
2) 검토온도 : −10℃ ~ 40℃(STB거더, 보통지방)
3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 : 신축장 100m이상 교량의 경우 수축시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 20.3.29】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간 (㎜) ③	허용량 (㎜)	신축 여유량(㎜)		수축 검토 결과	신장 검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)		
A1	신축이음	18.1	17.9	25.0	100	56.9	7.1	OK	OK
	바닥판	18.1	17.9	80.0	-	-	62.1	-	OK
	거더	18.1	17.9	156.0	-	-	138.1	-	OK
P3	신축이음	41.4	29.8	70.0	150	38.6	40.2	OK	OK
	바닥판	41.4	29.8	50.0	-	-	20.2	-	OK
	거더	41.4	29.8	140.0	-	-	110.2	-	OK
A2	신축이음	15.1	14.9	55.0	100	29.9	40.1	OK	OK
	바닥판	15.1	14.9	65.0	-	-	50.1	-	OK
	거더	15.1	14.9	70.0	-	-	55.1	-	OK
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K									

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음장치 유간에 대하여 수축 및 신장 여유량 검토를 실시하였고, 측정일 온도는 15.2℃(04월 16일)로써 이때 측정유간은 25.0~156.0㎜ 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

자. 교면포장

1) 부재의 개요

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

교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 20.3.22】 교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 교면포장에 대한 현장조사 결과, 포장균열, 포장파손 등의 손상이 조사되었다.

【표 20.3.30】 교면포장 현장조사 결과

구분	포장균열 (m/개소)		포장파손 (㎡/개소)	
S1	–	–	–	–
S2	–	–	–	–
S3	–	–	0.04	1
S4	–	–	–	–
S5	2.20	1	–	–
S6	–	–	–	–
합계	**2.2**	**1**	**0.04**	**1**

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>손상현황</td><td>• S3 포장 파손(0.2×0.2)</td><td>손상현황</td><td>• S1 교면포장 상태현황</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>• 외부충격 등</td><td>원 인</td><td>• –</td></tr>
<tr><td>조치방안</td><td>• 주의관찰</td><td>조치방안</td><td>• –</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>손상현황</td><td>• S4 교면포장 상태현황</td><td>손상현황</td><td>• S4 교면포장 상태현황</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>• –</td><td>원 인</td><td>• –</td></tr>
<tr><td>조치방안</td><td>• –</td><td>조치방안</td><td>• –</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>손상현황</td><td>• S5 교면포장 상태현황</td><td>손상현황</td><td>• S6 교면포장 상태현황</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>• –</td><td>원 인</td><td>• –</td></tr>
<tr><td>조치방안</td><td>• –</td><td>조치방안</td><td>• –</td></tr>
</table>

【사진 20.3.23】 교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 포장균열, 포장파손 등의 손상이 확인되었으며, 금회 점검에서 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 20.3.31】 교면포장 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장균열	m	2.20	1	2.20	1	- -	변동없음
	포장파손	㎡	0.04	1	0.04	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 교면포장에 조사된 포장균열의 경우 시공초기 건조수축, 차량 통행하중 및 진동 등에 의한 손상이며, 차량통행에 미치는 영향은 미미한 수준으로 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통하여 주의관찰 후 진전이 확인되면 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 포장파손의 경우 차량 통행으로 인한 진동, 외부충격 등에 의한 손상으로 평시에 차량통행이 없는 갓길에 위치하여 차량통행에 미치는 영향은 미미한 수준으로 판단되며, 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통하여 주의관찰 후 진전 시 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

차. 배수시설

1) 부재의 개요

- 만화교(울산)의 배수시설은 종단구배 (-)1.3923%, 횡단구배 (−)4.000%~(+)4.000%로 물흐름에 의거하여 경간별 1~2개소씩 총 8개소가 교면포장의 우측(A1기준)에 시공되어 있으며, 바닥판하면 하부 배수관을 따라 하부로 배수되도록 시공되어있다.
- 배수시설에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론을 통한 근접조사를 실시하였다.

배수구 전경	배수관 전경

【사진 20.3.24】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과, 배수구 막힘과 배수관 연결고리부식, 행거로이드 탈락이 조사되었다.

【표 20.3.32】 배수시설 현장조사 결과

구분	배수구 막힘 (개소/개소)		배수관 연결고리 부식 (개소/개소)		배수관 행거로이드 탈락 (개소/개소)	
S1	1.00	1	−	−	−	−
S2	−	−	−	−	−	−
S3	−	−	5.00	5	−	−
S4	−	−	−	−	1.00	1
S5	−	−	−	−	−	−
S6	−	−	−	−	−	−
합계	**1.00**	**1**	**5.00**	**5**	**1.00**	**1**

손상현황	• S3 배수관 연결고리 부식(5EA)	손상현황	• S4 배수관 행거로이드 탈락(1EA)
원 인	• 공용중 노후화, 우수접촉 등	원 인	• 시공미흡 등
조치방안	• 재설치	조치방안	• 재설치
손상현황	• 배수구 상태현황	손상현황	• 배수구 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –
손상현황	• 배수관 상태현황	손상현황	•배수관 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –

【사진 20.3.25】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 배수구 막힘, 배수관 연결고리 부식, 행거로이드 탈락 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 신규손상은 조사되지 않았다.

【표 20.3.33】 배수시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
배수시설	배수구 막힘	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
	배수관 연결고리 부식	EA	5.00	5	5.00	5	- -	변동없음
	배수관 행거로이드 탈락	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 배수시설에서 조사된 배수구 막힘의 경우 공용 중 토사 및 비산먼지 퇴적 등에 의한 손상이며, 기후에 따라 체수에 의한 수막현상 등을 유발하여 차량 주행의 안전성에 위해를 가하는 요소로 판단되므로 주기적인 청소 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 배수관 연결고리 부식, 행거로이드 탈락의 경우 공용 중 노후화, 시공미흡 등에 의한 손상이며, 진전 시 배수관 고정불량 및 탈락이 발생할 수 있으므로 배수관의 안정적인 고정을 위하여 정비, 고정대 재설치 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

카. 난간 및 연석(방호벽 및 중분대)

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호벽 및 중앙분리대는 철근콘크리트 구조로 높이 H=1.08m로 시공되어 있으며, 방호벽 상단에 알루미늄 난간(H=0.27)이 설치되어있다.
- 난간 및 연석에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차, 드론을 통한 근접조사를 실시하였다.

방호벽 및 중분대 전경

【사진 20.3.26】 방호벽 및 중분대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 파손, 단차 등의 손상이 조사되었다.

【표 20.3.34】 방호벽 및 중분대 현장조사 결과

구분	파손 (㎡/개소)		단차 (개소/개소)	
S1	-	-	1	1
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	-	-
S6	0.09	1	-	-
합계	0.09	1	1	1

손상현황	• S6 파손 (0.3×0.3)	손상현황	• 방호벽 상태현황
원 인	• 전기공사 중 파손	원 인	• –
조치방안	• 단면보수	조치방안	• –
손상현황	• 방호벽 상태현황	손상현황	• 중분대 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –
손상현황	• 중분대 상태현황	손상현황	• 중분대 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –

【사진 20.3.27】 방호벽 및 중분대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과의 비교결과, 기존손상인 파손, 단차 등의 손상이 확인되었고, 금회점검에서 신규 손상은 조사되지 않았다.

【표 20.3.35】 방호벽 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
방호벽 및 중분대	파손	㎡	0.09	1	0.09	1	- -	변동없음
	단차	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음

4) 검토의견

- 방호벽 및 중분대에서 조사된 파손의 경우 전기공사 주름관 설치에 의한 손상으로 판단되며, 손상부가 노출되어 있어 외기노출, 우수유입 등에 의한 진전이 우려되므로 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 단차의 경우 접속부 다짐불량, 측방유동 이력 등에 의한 손상으로 판단되며, 외관상 이질감이 없을 정도로 손상의 정도가 경미하고 전회 점검결과와 비교하여 진전 및 2차 손상이 확인되지 않았으므로 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 차후 점검을 통하여 주의관찰 후 진전 시 손상 정도에 따라 면처리 또는 그라우팅 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

타. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 만화교(울산)의 점검시설은 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, A1, P1~5에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전면에 설치되어 있다.
- 교량 점검시설에 대한 현장조사는 도보 및 굴절작업차를 통한 근접조사를 실시하였다.

교대 A1 점검통로 전경	교대 A2 점검계단 전경
교각 P1 점검사다리 전경	교각 P3 점검통로 전경

【사진 20.3.28】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

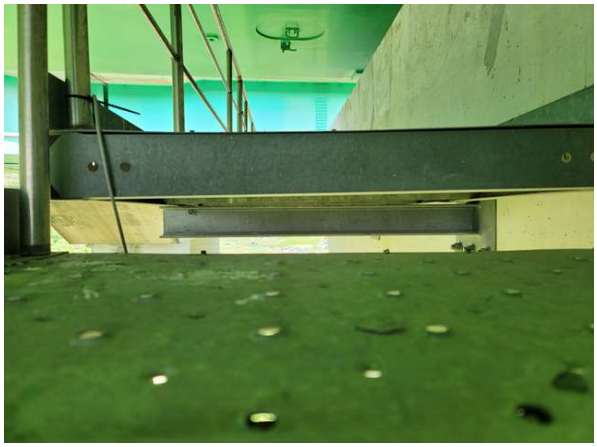
- 교량 점검시설에 대한 현장조사 결과, 쇄정고리 파손, 점검로 너트탈락, 점검발판 고정불량 등의 손상이 조사되었다.

【표 20.3.36】 교량 점검시설 현장조사 결과

구 분	출입시설	점검통로	
	점검로 쇄정고리 파손 (EA)	점검로 너트탈락 (EA)	점검발판 고정불량 (EA)
A1	–	–	–
P1	–	–	–
P2	–	–	–
P3	1	1	2
P4	–	–	–
P5	–	–	–
A2	–	–	–
S2	–	–	–
합계	1	1	2

손상현황	• 점검로 상태현황	손상현황	• 점검계단 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –

【사진 20.3.29】 교량 점검시설 손상현황

			
손상현황	• P3 점검시설 점검발판 고정불량	손상현황	• P3 점검시설 점검발판 고정불량
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• 시공미흡 등
조치방안	• 재설치 등	조치방안	• 재설치 등
손상현황	• P3 점검시설 점검발판 고정불량	손상현황	• 점검로 상태현황
원 인	• 시공미흡 등	원 인	• –
조치방안	• 재설치 등	조치방안	• –
손상현황	• 점검로 상태현황	손상현황	• 점검로 상태현황
원 인	• –	원 인	• –
조치방안	• –	조치방안	• –

【사진 20.3.29】 교량 점검시설 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 전회 점검과 비교결과, 기존손상인 점검로 쇄정고리 파손, 점검로 너트탈락 등의 손상이 확인되었고, 금회 점검에서 시공미흡 및 공용중 노후화로 인한 점검발판 고정불량이 조사되었다.

【표 20.3.37】 교량 점검시설 기 점검 결과 비교

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
출입시설	점검로 쇄정고리 파손	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
점검통로	점검로 너트탈락	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
	점검발판 고정불량	EA	-	-	2.00	2	▲ 2.00	신규손상

4) 검토의견

- 점검시설에서 조사된 출입시설 점검로 쇄정고리 파손의 경우 외부충격, 공용 중 노후화로 인한 손상으로 고속도로 갓길에 위치하여 일반인의 통행이 적고 접근이 난해하여 외부인 출입의 가능성은 낮은 것으로 판단되므로 즉각적인 보수보다는 주의관찰 후 차후 보수계획에 맞춰 재설치 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 점검통로 점검로 너트탈락, 점검발판 고정불량의 경우 시공미흡 및 공용 중 노후화로 인한 손상으로 현재 고정상태가 불량하여 작업 중인 작업자의 안전사고를 유발할 요소로 판단되므로 작업자의 안전 확보차원에서 재설치, 정비 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

파. 공중이 이용하는 부위

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

1) 추락방지시설

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

2) 도로포장

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

3) 도로부 신축이음부

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

4) 환기구 등의 덮개

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

하. 교량의 공중이용시설 유해 · 위험요인(10대) 위험요소 점검결과

1) 개요

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

【표 20.3.38】 공중이용시설 10대 위험요소

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

2) 외관조사 결과

- 본 과업대상 만화교(울산)은 시점부 인접구간으로 기장2터널이 위치하고 있으며, S1(국도 14호선) 및 S6(배산로 19번길)은 도로를 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 배수구 막힘(S1), 배수관 연결고리 부식(S3), 배수관 행거로이드 탈락(S4)이 조사되었다. S1에서 조사된 배수구 막힘은 기후에 따라 체수에 의한 수막현상 등을 유발하여 차량 주행에 위험이 되는 위험요소로 판단되고, S3에서 조사된 배수관 연결고리 부식 또한 하부에 통행인이 이용할 수 있는 산길이 확인되어 배수관 낙하사고로 인해 사고가 우려되는 위험요소로 판단된다. 금회점검에서 조사된 유해 · 위험요소에 관하여 청소, 재설치 등의 적절한 보수가 필요하다고 판단된다.

■ 점검일 현재 조사된 유해·위험요소는 물론 향후, 소형결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방 차원의 보수·보강 등의 유지관리가 필요하다.

구분	유해·위험요인	점검결과	내용	보수방안	비고
1	교량 교각 코핑 콘크리트 탈락	□유, ▣무	이상없음	-	
2	중분대 하면 콘크리트 탈락	□유, ▣무	이상없음	-	
3	배수관 낙하사고	▣유, □무	연결고리 부식 행거로이드 탈락	재설치	
4	신축이음장치 솟음(Blow-up)	□유, ▣무	이상없음	-	
5	교면포장 부분 보수부 파손	□유, ▣무	이상없음	-	
6	교량 배수구 막힘(미끄럼·결빙)	▣유, □무	배수구 막힘	청소	

배수관 연결고리 부식

배수관 행거로이드 탈락

신축이음 본체 상태양호

교면포장 상태현황

교량 배수구 상태현황

【사진 20.3.30】 교량의 공중이용시설 10대 위험요소 손상현황

20.3.3 외관조사 총괄표

【표 20.3.39】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	
	박락	㎡	0.26	1	
거더외부	도장열화	㎡	1426.00	12	
	도장박리	㎡	1.06	4	
	긁힘 및 부식	㎡	0.04	2	
거더내부	도장박리	㎡	0.04	1	
	부식	㎡	0.04	1	
	전등미설치	EA	2.00	2	
	환풍구망 탈락	EA	1.00	1	
가로보	부식	㎡	0.04	1	
교대	균열(0.3㎜미만)	m	4.00	4	
	보수부 재균열 (0.3㎜미만)	m	0.80	1	
	백태	㎡	0.42	6	
	이격	m	3.00	1	
교각	균열(0.3㎜미만)	m	33.00	11	
	균열(0.3㎜이상)	m	10.0	1	
	망상균열	㎡	4.00	4	
	보수미흡	㎡	2.50	1	
	파손	㎡	0.04	4	
	표면박리	㎡	0.15	1	
	표면오염	㎡	7.30	3	
	잡철근노출	㎡	0.01	1	
	관리이정판 파손	EA	1.00	1	

【표 20.3.39】 손상내용 총괄표(계속)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
교량받침	무수축몰탈 균열 (0.3㎜미만)	m	1.20	6	
	받침콘크리트 박락	㎡	0.36	3	
	받침콘크리트 철근노출	㎡	0.01	1	
	받침콘크리트 재료분리	㎡	0.04	1	
	볼트부식	EA	5.00	5	
신축이음	후타재 균열	m	24.00	57	
	후타재 마모	㎡	2.10	2	
	유간 토사퇴적	m	7.20	6	
	차수판 덮개파손	㎡	1.00	1	
	차수판 볼트탈락	m	18.00	18	
교면포장	포장균열	m	2.20	1	
	포장파손	㎡	0.04	1	
배수시설	배수구 막힘	EA	1.00	1	
	배수관 연결고리 부식	EA	5.00	5	
	배수관 행거로이드 탈락	EA	1.00	1	
방호벽	파손	㎡	0.09	1	
	단차	EA	1.00	1	
출입시설	점검로 쇄정고리 파손	EA	1.00	1	
점검통로	점검로 너트탈락	EA	1.00	1	
	점검발판 고정불량	EA	2.00	2	

20.3.4 전회차 손상물량 비교

【표 20.3.40】 손상물량 비교표

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	0.50	1	– –	변동없음
	박락	㎡	0.26	1	0.26	1	– –	변동없음
	철근노출	㎡	0.82	4	–	–	▼ 0.82	보수실시
거더외부	도장열화	㎡	1426.00	12	1426.00	12	– –	변동없음
	도장박리	㎡	0.81	3	1.06	4	▲ 0.25	신규손상
	긁힘 및 부식	㎡	0.04	2	0.04	2	– –	변동없음
거더내부	도장박리	㎡	0.04	1	0.04	1	– –	변동없음
	부식	㎡	0.04	1	0.04	1	– –	변동없음
	전등미설치	EA	2.00	2	2.00	2	– –	변동없음
	환풍구망 탈락	EA	1.00	1	1.00	1	– –	변동없음
가로보	부식	㎡	0.04	1	0.04	1	– –	변동없음
교대	균열(0.3㎜미만)	m	4.00	4	4.00	4	– –	변동없음
	균열(0.3㎜이상)	m	7.70	5	–	–	▼ 7.70	보수실시
	보수부 재균열 (0.3㎜미만)	m	0.80	1	0.80	1	– –	변동없음
	균열부 백태	m	2.00	1	–	–	▼ 2.00	보수실시
	망상균열	㎡	0.80	1	–	–	▼ 0.80	보수실시
	백태	㎡	0.83	11	0.42	6	▼ 0.41	신규손상 일부보수
	보수부 백태	㎡	0.08	1	–	–	▼ 0.08	보수실시
	철근노출	㎡	0.02	1	–	–	▼ 0.02	보수실시
	이격	m	3.00	1	3.00	1	– –	변동없음

【표 20.3.40】 손상물량 비교표(계속)

구분	손상 내용	단위	2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		증,감 (▲, ▼)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교각	균열(0.3㎜미만)	m	38.50	18	33.00	11	▼ 4.50	일부보수
	균열(0.3㎜이상)	m	10.0	1	10.0	1	- -	변동없음
	망상균열	㎡	4.00	4	4.00	4	- -	변동없음
	보수미흡	㎡	-	-	2.50	1	▲ 2.50	신규손상
	파손	㎡	0.04	4	0.04	4	- -	변동없음
	표면박리	㎡	0.15	1	0.15	1	- -	변동없음
	표면오염	㎡	7.30	3	7.30	3	- -	변동없음
	철근노출	㎡	0.04	2	-	-	▼ 0.04	일부보수
	잡철근노출	㎡	0.01	1	0.01	1	- -	변동없음
	관리이정판 파손	EA	-	-	1.00	1	▲ 1.00	신규손상
교량받침	무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	-	-	1.20	6	▲ 1.20	신규손상
	받침콘크리트 박락	㎡	0.27	2	0.36	3	▲ 0.09	신규손상
	받침콘크리트 철근노출	㎡	-	-	0.01	1	▲ 0.01	신규손상
	받침콘크리트 재료분리	㎡	0.04	1	0.04	1	- -	변동없음
	볼트부식	EA	1.00	1	5.00	5	▲ 4.00	신규손상
신축이음	후타재 균열	m	17.30	35	24.00	57	▲ 6.70	신규손상
	후타재 마모	㎡	2.10	2	2.10	2	- -	변동없음
	유간 토사퇴적	m	8.70	7	7.20	6	▼ 1.50	물량오기
	차수판 덮개파손	㎡	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
	차수판 볼트탈락	m	18.00	18	18.00	18	- -	변동없음
교면포장	포장균열	m	2.2	1	2.2	1	- -	변동없음
	포장파손	㎡	0.04	1	0.04	1	- -	변동없음
배수시설	배수구 막힘	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
	배수관 연결고리 부식	EA	5.00	5	5.00	5	- -	변동없음
	배수관 행거로이드 탈락	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
방호벽	파손	㎡	0.09	1	0.09	1	- -	변동없음
	단차	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
출입시설	점검로 쇄정고리 파손	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
점검통로	점검로 너트탈락	EA	1.00	1	1.00	1	- -	변동없음
	점검발판 고정불량	EA	-	-	2.00	2	▲ 2.00	신규손상

20.4 콘크리트 내구성 조사

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

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

20.4.1 조사 현황 및 위치

가. 조사 현황

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

【표 20.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황

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

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

나. 콘크리트 내구성시험 위치 선정사유

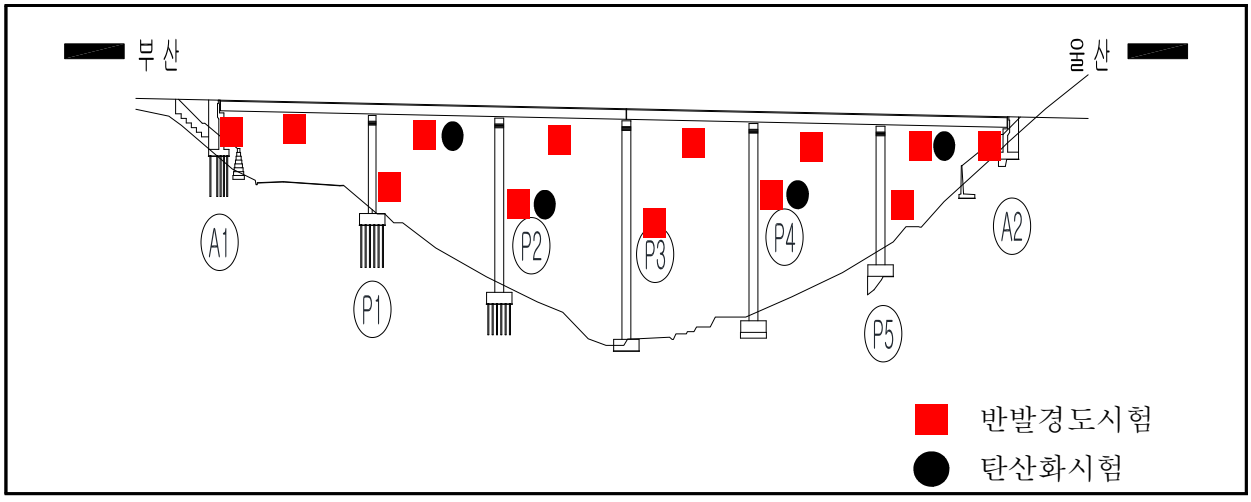
대상 구조물에 대한 재료시험은 도보로 접근이 가능한 위치를 우선적으로 실시하였으며, 도보로 접근이 가능하지 못한 부위는 고소점검차 등을 이용하여 접근 후 시험을 실시하였다. 콘크리트 강도시험은 외관상 양호한 부위와 건전부와의 비교·검토를 위하여 불량한 부위를 선정하여 실시하였다. 기존에 실시한 부위는 주변 및 미실시한 부재를 중심으로 실시하여 차후 점검 및 진단 비교·평가를 목적으로 하였다.

다. 조사 사진

반발경도 시험 현황	탄산화깊이 측정 현황

【사진 20.4.1】 콘크리트 내구성조사 현황

라. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 20.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도

20.4.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 14개소)를 실시하였으며, 측정결과는 표준편차와 변동계수가 적은 값으로 콘크리트 비파괴강도를 추정하는데 이용하였다.

반발경도 시험	반발경도 시험

【사진 20.4.2】 반발경도시험 현장사진

1) 비파괴강도 시험결과

【표 20.4.2】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(바닥판)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
상부 구조	S1	바닥판	51.9	30.2	29.6	0.63	27.0	건전부
	S2	바닥판	51.6	29.9	29.4			건전부
	S3	바닥판	51.8	30.1	29.5			건전부
	S4	바닥판	52.0	30.3	29.6			건전부
	S5	바닥판	52.1	30.3	29.6			건전부
	S5	바닥판	51.2	29.6	29.2			비건전부
	S6	바닥판	50.8	29.3	29.1			건전부
평균			–	30.0	29.4			
표준편차			–	0.38	0.21			
변동계수			–	0.013	0.007			
최대값			–	30.3	29.6			
최소값			–	29.3	29.1			

【표 20.4.3】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교대)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	A1	교대	50.7	29.2	29.0	0.63	24.0	건전부
	A2	교대	56.8	34.1	31.8			건전부
평균			–	31.7	30.4	–	–	
표준편차			–	3.46	1.98	–	–	
변동계수			–	0.109	0.065	–	–	
최대값			–	34.1	31.8	–	–	
최소값			–	29.2	29.0	–	–	

【표 20.4.4】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과(교각)

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회			
하부 구조	P1	교각	50.7	29.2	29.0	0.63	24.0	건전부
	P2	교각	51.3	29.7	29.3			건전부
	P3	교각	54.2	32.0	30.6			건전부
	P4	교각	54.2	32.0	30.6			건전부
	P5	교각	54.1	31.9	30.6			건전부
평균			–	31.0	30.0	–	–	
표준편차			–	1.39	0.80	–	–	
변동계수			–	0.045	0.027	–	–	
최대값			–	32.0	30.6	–	–	
최소값			–	29.2	29.0	–	–	

【표 20.4.5】 비파괴강도 시험결과 분석

시험위치	압축강도(MPa) 추정	설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회				
바닥판	29.1 ~ 29.6	27.0	29.4	107.8 ~ 109.6	
교대	29.0 ~ 31.8	24.0	30.4	120.8 ~ 132.5	
교각	29.0 ~ 30.6	24.0	30.0	120.8 ~ 127.5	

■ 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 하면) 29.1~29.6㎫, 하부구조(교대) 29.0~31.8㎫, 하부구조(교각) 29.0~30.6㎫로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판 하면: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 24.0㎫)를 전반적으로 상회하여 콘크리트의 강도상태는 양호한것으로 확인된다. 또한 상부구조에서 진행한 비건전부의 측정강도가 설계기준 압축강도를 상회하고, 건전부 대비 98.3%이상으로 콘크리트의 강도는 양호한 상태로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.

2) 기 점검결과와의 비교

【표 20.4.6】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분	위치	2023년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검	설계기준강도
반발경도법	바닥판	28.6 ~ 30.1	29.1 ~ 29.6	27.0
	교대	26.5 ~ 27.4	29.0 ~ 31.8	24.0
	교각	26.6 ~ 27.6	29.0 ~ 30.6	24.0
검토의견		■ 기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과 측정부위에 따라 다소 차이는 있지만, 설계기준강도를 전반적으로 상회하므로 콘크리트의 강도상태는 양호한 것으로 판단된다.		

3) 반발경도 시험보고서

【표 20.4.7】 반발경도 시험보고서

반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 04. 16 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	만화교(울산)
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	바닥판 하면 : 27.0MPa, 교대 및 교각 : 24.0MPa
시험 위치의 표면 상태	건전부 :균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거) 비건전부 : 균열, 박리 등이 있는 불량한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	14.4℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구 분	내 용
측정기의 종류	NR-Type(NR-10)
제품번호	28191
시험기기의 교정	한국산업기술시험원 교정(엔빌테스트 : 80±2)
3. 시험 방법	
구 분	내 용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정 평균치의 ±20% 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

나. 탄산화 깊이 측정

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

드릴링

탄산화깊이 측정

【사진 20.4.3】 탄산화 깊이 측정 현장사진

1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 20.4.8】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	경과년수	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	평가등급	비 고
상부 구조	S2 바닥판	2.0	37.0	35.0	17	0.49	100년 이상	a	
	S6 바닥판	5.5	42.0	36.5	17	1.33	100년 이상	a	
하부 구조	P2 교각	8.0	89.0	81.0	17	1.94	100년 이상	a	
	P4 교각	6.0	102.0	96.0	17	1.46	100년 이상	a	

■ 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~5.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 6.0~8.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 20.4.9】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	2.0~5.5	35.0~36.5	
하부구조	6.0~8.0	81.0~96.0	

2) 시설물 내구성 예측 서비스를 활용한 내구성 예측

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

【표 20.4.10】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

상부구조 - 바닥판 S2	
실측 피복두께(㎜)	37
탄산화 진행깊이(㎜)	2.0
잔여깊이(㎜)	35.0
탄산화 속도계수	0.49
공용년수	17년
잔존수명	100년 이상
평가	a

상부구조 - 바닥판 S6	
실측 피복두께(㎜)	42.0
탄산화 진행깊이(㎜)	5.5
잔여깊이(㎜)	36.5
탄산화 속도계수	1.33
공용년수	17년
잔존수명	100년 이상
평가	a

【표 20.4.10】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측(계속)

하부구조 - 교각 P2	
실측 피복두께(㎜)	89.0
탄산화 진행깊이(㎜)	8.0
잔여깊이(㎜)	81.0
탄산화 속도계수	1.94
공용년수	17년
잔존수명	100년 이상
평가	a

하부구조 - 교각 P4	
실측 피복두께(㎜)	102.0
탄산화 진행깊이(㎜)	6.0
잔여깊이(㎜)	96.0
탄산화 속도계수	1.46
공용년수	17년
잔존수명	100년 이상
평가	a

3) 기 점검결과와의 비교

【표 20.4.11】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2023년 정밀안전진단			2025년 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	
상부구조	5.2~7.9	31.1~34.8	a	2.0~5.5	35.0~36.5	a	
하부구조	4.9~8.5	89.5~95.1	a	6.0~8.0	81.0~96.0	a	
검토의견	▪기존 및 금회 측정값 비교 분석 결과, 시험 위치에 따른 편차로 인해 다소 차이는 있지만, 잔여깊이가 30㎜ 이상 확보하는 것으로 분석되어 탄산화에 진행에 따른 구조물의 내구성에 미치는 영향은 미미할 것으로 판단된다.						

4) 시험보고서

【표 20.4.12】 탄산화 깊이 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2025년 04월 16일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	상부구조, 하부구조
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
측정 기구	햄머드릴, 버니어 캘리퍼스, 시험지
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	보고서 ‘콘크리트 강도시험’ 참조
연한 적자색 변색 유무	유

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 20.4.13】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면	29.1 ~ 29.6	27.0	■ 전반적으로 설계강도 이상(양호)
	하부구조	교대	29.0 ~ 31.8	24.0	
		교각	29.0 ~ 30.6	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		35.0~36.5	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 확보 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		81.0~96.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 전반적으로 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 점검결과와 비교

【표 20.4.14】 기 점검결과와 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2023년 정밀안전진단		2025년 정밀안전점검		
비파괴 강도 (MPa)	상부구조	바닥판하면	28.6 ~ 30.1		29.1 ~ 29.6		■ 강도저하 없음
	하부구조	교대	26.5 ~ 27.4		29.0 ~ 31.8		
		교각	26.6 ~ 27.6		29.0 ~ 30.6		
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		31.1~34.8	a	35.0~36.5	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		89.5~95.1	a	81.0~96.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

20.5 상태평가

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

20.5.1 시설물 전체 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

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

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

【표 20.5.1】 상태평가 결과표

부재의 분류			상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소	
상부	하부	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 상부	탄산화 하부
S1	A1	S.T.B	b	b	a	a	c	a	b	a	b	q	-	-
S2	P1	S.T.B	a	b	b	a	a	a	-	b	b	q	a	-
S3	P2	S.T.B	b	b	a	b	c	a	-	a	b	q	-	a
S4	P3	S.T.B	a	b	a	a	c	a	b	b	b	a	-	-
S5	P4	S.T.B	a	b	a	b	a	a	-	b	b	q	-	a
S6	P5	S.T.B	a	b	a	a	a	b	-	a	c	q	a	-
	A2	S.T.B							b	a	b	q		-
평균			0.133	0.200	0.117	0.133	0.250	0.117	0.200	0.143	0.229	0.100	0.100	0.100
가중치			18	20	5	7	3	2	9	9	13	7	4	3
(평균×가중치) /가중치합			0.024	0.040	0.006	0.009	0.008	0.002	0.018	0.013	0.030	0.007	0.004	0.003

∴ 거더의 도장열화의 경우 세부지침상 손상면적률 10%이상으로 'c' 등급으로 평가되어야하나 도장의 탈락부가 적고 상태가 비교적 도장부착상태가 양호하여 책임기술자 판단하에 'b' 등급으로 상향조정하였다.

0.164
B

■ 결함도 범위 : 0.130 ≤ 결함도지수(0.164) < 0.260

나. 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태인 “c”로 평가됨.

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

② 도로포장

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

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

③ 도로부 신축이음부

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

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

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

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

다. 시설물 전체 상태평가 결과

【표 20.5.2】 시설물 전체 상태평가 결과표

구 분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장 (m)	차선	길이 X 차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
부	0.164	B	310.0	3	930.0	1.000	0.164
합계(Σ)			310.0	3	930.0	1.000	0.164
1. 평가지수 =							0.164
2. 상태평가결과 =							B

20.5.2 상태평가 결과요약

【표 20.5.3】 상태평가 결과 요약

구조물명	상태평가 결과		비고
	환산결함도점수	기준	
만화교(울산)	0.164	B	
검토의견	•만화교(울산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 “B”로 평가됨		

20.5.3 기 점검 결과와의 비교

【표 20.5.4】 전회 정밀안전점검과 상태평가 결과 비교·분석

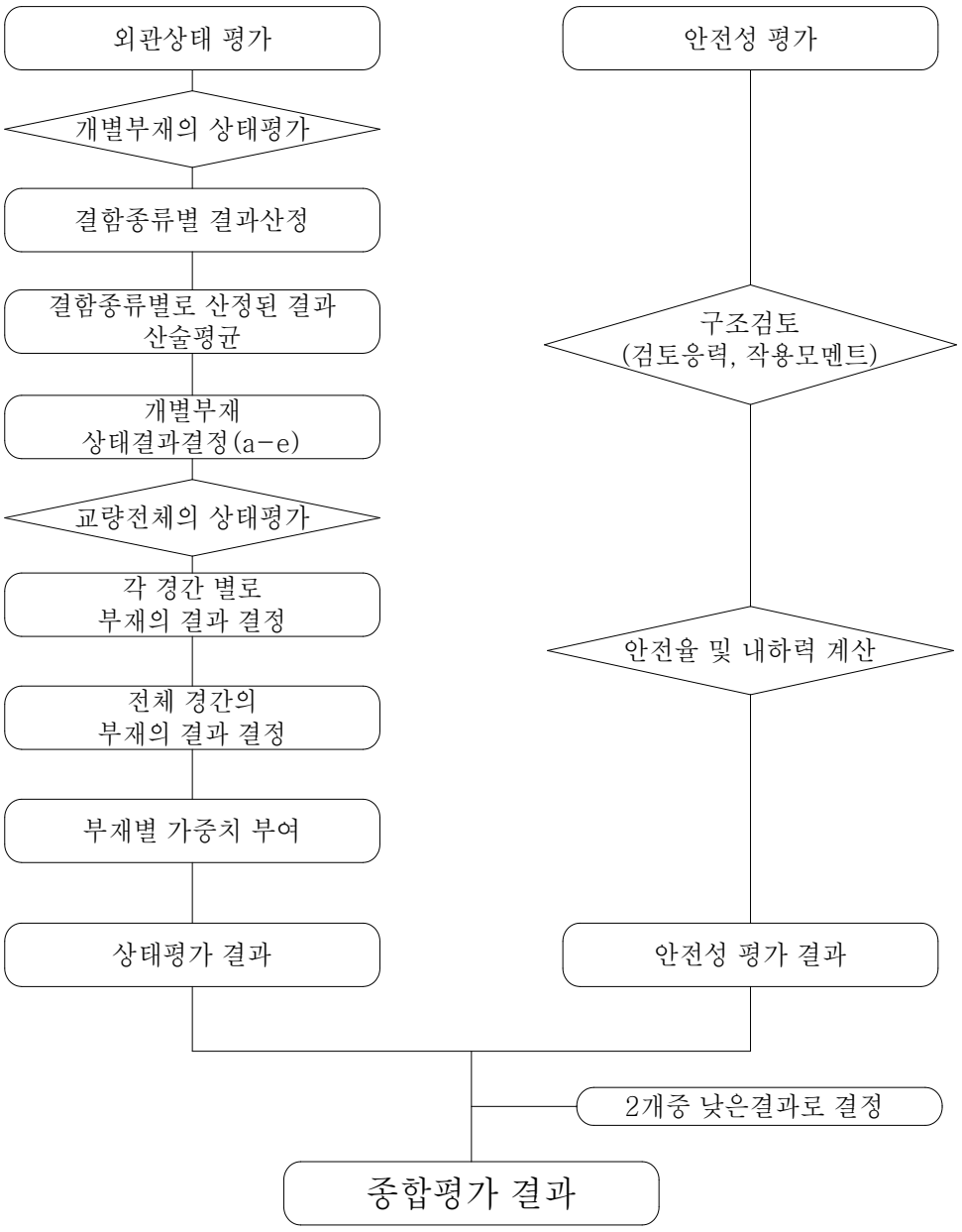
구 분	2023년 정밀안전진단	2025년 정밀안전점검
환산결함도 점수	0.168	0.164
상태평가결과	B	B
총 평	• 금회 정밀안전점검 결과, 만화교(울산)의 상태평가 결과는 “B”로 산정되었다. • 전회(2023년) 정밀안전진단과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.168에서 0.164로 0.004 감소하였으며, 상태평가 등급은 “B”로 동일하게 평가되었다. • 환산결함도 변동의 주요 원인은 금회 정밀안전점검에서 주요부재 및 보조부재에 대한 손상들이 일부 보수되어 전체 환산결함도 점수가 감소한 것으로 판단된다.	

20.6 종합평가 및 안전등급 지정

20.6.1 종합평가 결과 산정방법

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

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 20.6.1】 종합평가 결과 산정절차

20.6.2 종합평가 결과

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

【표 20.6.1】 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
만화교(울산)	0.164	B	–	–	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

20.6.3 안전등급 지정

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

【표 20.6.2】 안전등급 지정

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

20.7 보수·보강 및 유지관리방안

20.7.1 보수·보강 방안

【표 20.7.1】 손상별 보수·보강 방안

구분	손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	m	0.50	1	표면처리	3순위
	박락	m	0.26	1	단면보수	2순위
거더외부	도장열화	㎡	1426.00	12	재도장	2순위
	도장박리	㎡	1.06	4	재도장	2순위
	긁힘 및 부식	㎡	0.04	2	재도장	2순위
거더내부	도장박리	㎡	0.04	1	재도장	2순위
	부식	㎡	0.04	1	재도장	2순위
	전등미설치	EA	2.00	2	정비	3순위
	환풍구망 탈락	EA	1.00	1	정비	3순위
가로보	부식	㎡	0.04	1	재도장	2순위
교대	균열(0.3㎜미만)	m	4.00	4	표면처리	3순위
	보수부 재균열(0.3㎜미만)	m	0.80	1	표면처리	3순위
	백태	㎡	0.42	6	표면처리	3순위
	이격	m	3.00	1	실링처리	2순위
교각	균열(0.3㎜미만)	m	33.00	11	표면처리	3순위
	균열(0.3㎜이상)	m	10.00	1	주입보수	1순위
	망상균열	㎡	4.00	4	표면처리	3순위
	보수미흡	㎡	2.50	1	단면보수	2순위
	파손	㎡	0.04	4	주의관찰	-
	표면박리	㎡	0.15	1	주의관찰	-
	표면오염	㎡	7.30	3	주의관찰	-
	잡철근 노출	㎡	0.01	1	단면보수(방청)	2순위
	관리이정판 파손	EA	1.00	1	주의관찰	-

【표 20.7.1】 손상별 보수·보강 방안(계속)

구분		손상 내용	단위	물량	개소	보수방안	우선순위
교량받침		무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)	m	1.20	6	표면처리	2순위
		받침콘크리트 박락	㎡	0.36	3	단면보수	2순위
		받침콘크리트 철근노출	㎡	0.01	1	단면보수(방청)	1순위
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.04	1	단면보수	2순위
		볼트부식	EA	5.00	5	재도장	2순위
신축이음		후타재 균열	m	24.00	57	주의관찰	-
		후타재 마모	㎡	2.10	2	주의관찰	-
		유간 토사퇴적	m	7.20	6	청소	2순위
		차수판 덮개파손	EA	1.00	1	정비	3순위
		차수판 볼트탈락	EA	18.00	18	정비	3순위
교면포장		포장균열	m	2.20	1	주의관찰	-
		포장파손	㎡	0.04	1	주의관찰	-
배수시설		배수구 막힘	EA	1.00	1	정비	2순위
		배수관 연결고리 부식	EA	5.00	5	재설치	3순위
		배수관 행거로이드 탈락	EA	1.00	1	재설치	3순위
방호벽		파손	㎡	0.09	1	단면보수	2순위
		단차	EA	1.00	1	주의관찰	-
점검시설	출입시설	점검로 쇄정고리 파손	EA	1.00	1	주의관찰	-
	점검통로	점검로 너트탈락	EA	1.00	1	재설치	1순위
		점검발판 고정불량	EA	2.00	2	재설치	1순위

20.7.2 개략공사비

【표 20.7.2】 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥판하면	균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.13	0.19	㎡	299	57	3순위
	박락	단면보수	0.26	0.39	㎡	1,152	117	2순위
거더외부	도장열화	재도장	1,426.00	2,139.00	㎡	1,132	2,421,348	2순위
	도장박리	재도장	1.06	1.59	㎡	1,132	1800	2순위
	긁힘 및 부식	재도장	0.04	0.06	㎡	1,132	68	2순위
거더내부	도장박리	재도장	0.04	0.06	㎡	1,132	68	2순위
	부식	재도장	0.04	0.06	㎡	1,132	68	2순위
	전등미설치	정비	2.00	2.00	EA	10	20	3순위
	환풍구망 탈락	정비	1.00	1.00	EA	200	200	3순위
가로보	부식	재도장	0.04	0.06	㎡	1,132	68	2순위
교대	균열(0.3㎜미만)	표면처리	1.00	1.50	㎡	250	375	3순위
	보수부 재균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.2	0.30	㎡	250	75	3순위
	백태	표면처리	0.87	1.31	㎡	250	328	3순위
	이격	실링처리	3.00	4.50	m	1	5	2순위
교각	균열(0.3㎜미만)	표면처리	8.25	12.38	㎡	250	3,702	3순위
	균열(0.3㎜이상)	주입보수	2.50	3.75	m	174	653	1순위
	망상균열	표면처리	4.00	6.00	㎡	250	1,500	3순위
	보수미흡	단면보수	2.50	3.75	㎡	960	3,600	2순위
	잡철근 노출	단면보수(방청)	0.01	0.02	㎡	1,114	22	2순위

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.
주3) 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음

【표 20.7.2】 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상물량	보수물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교량받침	무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)	표면처리	0.3	0.42	㎡	250	105	2순위
	받침콘크리트 박락	단면보수	0.36	0.54	㎡	960	518	2순위
	받침콘크리트 철근노출	단면보수(방청)	0.01	0.02	㎡	1,114	22	1순위
	받침콘크리트 재료분리	단면보수	0.04	0.06	㎡	960	58	2순위
	볼트부식	재도장	5.00	5.00	EA	415	2,075	2순위
신축이음	유간 토사퇴적	청소	7.20	10.80	m	8	86	2순위
	차수판 덮개파손	정비	1.00	1.00	EA	725	725	3순위
	차수판 볼트탈락	정비	18.00	18.00	EA	10	180	3순위
배수시설	배수구 막힘	청소	1.00	1.00	EA	184	184	2순위
	배수관 연결고리 부식	재설치	5.00	5.00	EA	128	640	3순위
	배수관 행거로이드 탈락	재설치	1.00	1.00	EA	128	128	3순위
방호벽	파손	단면보수	0.09	0.14	㎡	960	134	2순위
점검시설	점검로 너트탈락	재설치	1.00	1.00	EA	10	10	1순위
	점검발판 고정불량	재설치	2.00	2.00	EA	36,103	72,206	1순위
개략 공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위			3순위	
	순공사비	72,891		2,430,324			7,930	
	재경비 (순공사비의 50%)	36,446		1,215,162			3,965	
	합계	109,337		3,645,486			11,895	
개략공사비 총계(천원)		3,766,718						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.
주2) 0.3㎜미만 균열보수는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(㎡)으로 산출하였음.
주3) 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음

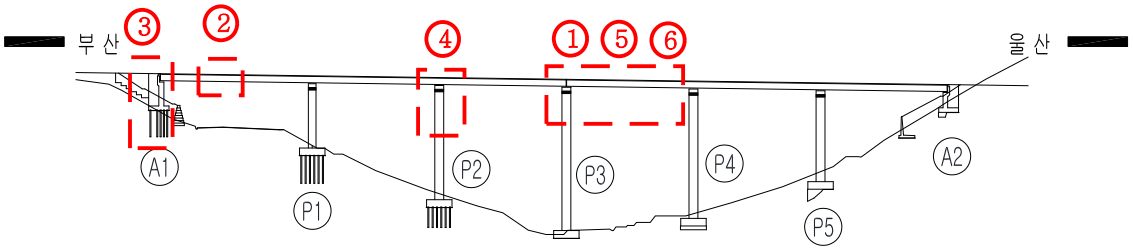
20.7.3 유지관리방안

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

【표 20.7.3】 중점유지관리 항목

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

◎ 부재별 중점점검 손상

① 바닥판하면 박락 – 진전 여부확인	② 거더외부 긁힘 및 부식 – 진전 여부확인	③ 교대 이격 – 진전 여부확인
		
④ 교각 보수미흡 – 진전 여부확인	⑤ 교량받침 받침콘크리트 박락 – 진전 여부확인	⑥ 배수시설 배수관 행거로이드 탈락 - 2차손상 발생 여부확인

20.8 종합결론

본 시설물은 부산광역시 기장군 기장읍 내리에 위치한 교량으로 총 연장 310.0m, 폭 16.2m(편도 3차로)의 Steel Box Girder 교량으로, 2008년도에 준공되어 약 17년간 공용중인 교량 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장외관조사 및 시험, 상태평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

20.8.1 종합결론

가. 현장조사 및 시험

1) 바닥판하면

- 바닥판하면에서 조사된 균열(0.3㎜미만)의 경우 데크플레이트에 발생한 균열로 시공초기 온도변화와 건조수축에 의한 손상이며 구조적인 영향은 미미한 것으로 판단된다. 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 박락의 경우 신축이음부 하부에 발생한 손상으로 시공초기 다짐불량 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상부 우수유입에 의한 진전 가능성이 우려되므로 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

2) 거더

- 거더외부에서 조사된 도장박리, 긁힘 및 부식의 경우 도장미흡, 외부충격, 외기노출, 공용 중 노후화, 우수유입 또는 손상부 습기흡착, 공용기간 증가에 따른 부착력 저하 및 경년열화가 복합적으로 작용하여 발생한 것으로 판단된다. 현재 손상의 상태는 비교적 경미하나, 도장박리는 부식으로 진전될 가능성 있으며, 부식은 진전 시 강재의 모재두께감소 등을 유발하므로 재도장 보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
- 조사된 도장열화(백아화)의 경우 공용기간 증가, 외기노출 등의 환경적 요인에 의하여 발생한 손상으로 도장의 내구연한이 도래한 것으로 유추되며, 점검 당시 도장의 상태는 이탈분말 부착이 확인되었으며 부재의 내구성 저하방지 및 부식 등의 2차 손상 예방 차원에서 전면 재도장 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 거더내부에서 조사된 도장박리의 경우 도장미흡 및 공용 중 노후화로 인한 손상으로 판단되며, 도장박리는 부식으로 진전될 가능성 있으므로 재도장 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 부식의 경우 거더내부에서 체수 및 누수흔적이 조사되지 않은 상태이므로 도장미흡 및 공용 중 노후화로 인한 손상으로 판단되며, 부식은 진전 시 강재의 모재두께감소 등을 유

발하므로 내구성 저하방지 차원에서 재도장 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 필요한 것으로 사료된다.

- 전등과 환풍구망은 거더내부에 설치되어 있는 부속시설로, 조사된 전등미설치 및 환풍구망 탈락은 시공 미흡으로 인한 설치누락 및 탈락이 원인으로 판단되며, 환풍구망 탈락의 경우 환풍구의 직경이 충분하지 않아 조류 진입의 가능성은 낮을 것으로 판단되고, 실제로 조류진입 및 서식 등의 흔적은 발생하지 않은 상태로 조사되어 즉각적인 보수보다는 주의관찰 후 차후 보수계획에 맞춰 재설치, 정비 등 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

3) 가로보

- 가로보에서 조사된 부식의 경우 외기노출, 도장미흡, 공용기간 증가에 따른 노후화 등에 의한 손상으로 판단된다. 손상의 상태는 비교적 경미하나, 부식은 진전 시 강재의 모재두께감소 등을 유발하므로 재도장 보수를 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

4) 교대

- 교대에서 조사된 균열(0.3㎜미만), 보수부 재균열(0.3㎜미만)의 경우 시공초기 온도변화 및 건조수축 등에 의한 손상으로 판단되며, 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 손상부 우수유입으로 인한 진전이 우려되므로 진전방지 및 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 백태의 경우 우수유입, 습기흡착 등에 의한 손상으로 구조적인 영향을 미치는 손상은 아니나 손상부 우수유입으로 인한 진전이 우려되므로 진전방지 및 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 이격의 경우 날개벽과 측면 성토부 옹벽 사이에 있는 이음부에서 발생하였으며 시공초기 다짐불량, 상부 우수유입으로 인한 성토부 일부 유실, 측방유동 이력 등의 복합적인 원인에 의한 손상으로 판단된다. 특히 내부골재가 일부 노출되어 있고 이음부를 매워주는 몰탈 마감재의 박락이 확인된 상태로 추가적인 유실은 확인되지 않았으나 실링처리, 몰탈보수 등의 안전성 확보와 내부 골재 및 충진물 유실을 방지하는 종류의 보수가 필요하다고 판단된다.

5) 교각

- 교각에서 조사된 균열(0.3㎜미만), 망상균열의 경우 거푸집 조기탈거, 건조수축 등에 의한 손상으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 차원에서 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 균열(0.3㎜이상)의 경우 시공초기 온도변화 및 건조수축 등에 의한 손상으로 판단되

며, 부재의 내구성 저하방지 차원에서 주입보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

- 조사된 표면박리, 표면오염의 경우 등에 시공미흡, 우수접촉, 외기노출 등에 의한 손상으로 판단되며, 내구성에 미치는 영향이 미미한 수준이므로 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시에 표면처리 등의 적절한 보수를 채택하여 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 파손의 경우 공용 중 외부충격에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 상태가 경미하고 내구성에 미치는 영향이 미미한 수준이므로, 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 손상의 진전 시에 단면보수 등의 적절한 보수를 채택하여 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 관리이정판 파손의 경우 공용 중 노후화에 의한 손상으로 판단되며 내구성에 영향을 미치는 손상이 아니므로 즉각적인 보수보다는 차후 보수계획에 맞춰 재설치 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 보수미흡의 경우 교각 배면 코핑부와 기둥부 사이에 있는 손상으로 전면부와 인접한 교각의 동일 부위가 양호한 상태임을 고려하면 이는 시공미흡, 다짐불량 등이 원인으로 판단되며, 부재의 내구성 확보 차원에서 단면보수를 실시하고 재발생 여부를 확인하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

6) 기초

- 만화교(울산)의 교대 기초는 강관말뚝기초(A1, A2), 교각 기초는 직접기초(P3~P5) 및 강관말뚝기초(P1, P2)로 시공된 것으로 확인되었으며, 기초는 대부분 지중에 매립되어 현장조사가 불가한 상태이나, 교각 P3의 경우 기초부의 일부가 노출되어 조사를 진행하였다.
- 기초부에서 조사된 교각 P3 기초노출부 기초의 경우 구조적 영향을 미칠만한 특이손상이 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었으며, 설계도서 및 수리계산서, 전차점검보고서 검토결과 기초의 시공위치는 하천(해상)이 아닌 수로인접부지 상단으로서, 세굴검토 등의 평가를 실시하지 않은 것으로 판단된다. 또한 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침_안전점검·진단편(교량)(2024.12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 의거 세굴에 대한 안전성평가는 “하천(해상)을 횡단하는 공용중인 교량” 에 대해 평가하도록 규정되어 있으며, 해당구간은 일광산에 위치하는 계곡부에 위치하고 있어 하천(해상)에 해당하지 않는 것으로 확인되었다. 다만, 해당구간의 평수위는 약 0.1m이며, 평시에 유량의 이동이 미미하여 세굴 및 침식 발생 가능성이 낮을 것으로 판단되나, 기후에 따라 우수에 의해 수위와 유량이 증가하므로 중점유지관리사항으로 선정하여 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직하다.

7) 교량받침

- 교량받침에서 조사된 무수축몰탈 균열(0.3㎜미만)의 경우 시공초기 온도변화 및 건조수축 등에 의한 손상이고 구조적인 영향은 미미한 수준으로 판단되며, 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 조사된 받침콘크리트 박락, 재료분리의 경우 신축이음부인 P3에서 발생한 손상이며, 시공초기 다짐불량 등에 의한 손상으로 판단되며, 위치 특성상 우수유입이 용이하여 진전이 우려되므로 진전방지 및 내구성 저하방지 차원에서 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 받침콘크리트 철근노출의 경우 피복부족 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상부 외기노출 시 부식에 의한 진전이 우려되므로 내구성 저하방지를 위한 단면보수(방청) 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 볼트부식의 경우 외부 우수유입 및 습기흡착으로 인하여 발생한 손상으로 진전 시에 볼트 파단 등의 손상이 우려되며 부재의 내구성 및 기능성 확보 차원에서 재도장 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.
- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 계산여유량과 실측여유량의 비교 · 검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

8) 신축이음장치

- 신축이음에서 조사된 후타재 균열, 후타재 마모의 경우, 시공 초기 다짐 불량 또는 건조수축, 차량 통행하중 및 진동, 외기노출 등의 복합적인 원인에 의한 손상이며, 차량통행에 미치는 영향은 미미한 수준으로 판단되므로 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통하여 주의관찰 후 손상의 진전이 확인되면 재포장 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 유간 토사퇴적의 경우, 공용 중 토사 및 비산먼지 축척 등에 의한 손상으로 판단되며, 신축이음의 기능성을 확보하고 부식 등의 2차 손상을 방지하는 차원에서 정비, 청소 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 차수판 덮개파손, 볼트탈락의 경우 시공 미흡, 외부충격, 우수접촉에 의한 볼트 부식 및 파단, 차량의 반복 통행으로 인한 진동 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 시 차수판이 탈락할 수 있으므로 차수판의 안정적인 고정을 위해 정비, 재설치 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

- 신축이음장치에 대한 실측유간은 바닥판, 거더, 신축이음장치 유간에 대하여 수축 및 신장 여유량 검토를 실시하였고, 측정일 온도는 15.2℃(04월 16일)로써 이때 측정유간은 25.0~156.0㎜ 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

9) 교면포장

- 교면포장에 조사된 포장균열의 경우 시공초기 건조수축, 차량 통행하중 및 진동 등에 의한 손상이며, 차량통행에 미치는 영향은 미미한 수준으로 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통하여 주의관찰 후 진전이 확인되면 표면처리 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 포장파손의 경우 차량 통행으로 인한 진동, 외부충격 등에 의한 손상으로 평시에 차량통행이 없는 갓길에 위치하여 차량통행에 미치는 영향은 미미한 수준으로 판단되며, 즉각적인 보수보다는 주기적인 점검을 통하여 주의관찰 후 진전 시 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

10) 배수시설

- 배수시설에서 조사된 배수구 막힘의 경우 공용 중 토사 및 비산먼지 퇴적 등에 의한 손상이며, 기후에 따라 체수에 의한 수막현상 등을 유발하여 차량 주행의 안전성에 위해를 가하는 요소로 판단되므로 주기적인 청소 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 배수관 연결고리 부식, 행거로이드 탈락의 경우 공용 중 노후화, 시공미흡 등에 의한 손상이며, 진전 시 배수관 고정불량 및 탈락이 발생할 수 있으므로 배수관의 안정적인 고정을 위하여 정비, 고정대 재설치 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

11) 방호벽 및 중분대

- 방호벽 및 중분대에서 조사된 파손의 경우 전기공사 주름관 설치에 의한 손상으로 판단되며, 손상부가 노출되어 있어 외기노출, 우수유입 등에 의한 진전이 우려되므로 내구성 확보 차원에서 단면보수 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 조사된 단차의 경우 접속부 다짐불량, 측방유동 이력 등에 의한 손상으로 판단되며, 외관상 이질감이 없을 정도로 손상의 정도가 경미하고 전회 점검결과와 비교하여 진전 및 2차 손상이 확인되지 않았으므로 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 차후 점검을 통하여 주의관찰 후 진전 시 손상 정도에 따라 면처리 또는 그라우팅 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

12) 교량 점검시설

- 점검시설에서 조사된 출입시설 점검로 쇄정고리 파손의 경우 외부충격, 공용 중 노후화로 인한 손상으로 고속도로 갓길에 위치하여 일반인의 통행이 적고 접근이 난해하여 외부인 출입의 가능성은 낮은 것으로 판단되므로 즉각적인 보수보다는 주의관찰 후 차후 보수계획에 맞춰 재설치 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 점검시설에서 조사된 점검통로 점검로 너트탈락, 점검발판 고정불량의 경우 시공미흡 및 공용 중 노후화로 인한 손상으로 현재 고정상태가 불량하여 작업 중인 작업자의 안전사고를 유발할 요소로 판단되므로 작업자의 안전 확보차원에서 재설치, 정비 등의 적절한 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

13) 공중이 이용하는 부위

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

14) 내구성조사

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조(바닥판 하면) 29.1~29.6㎫, 하부구조(교대) 29.0~31.8㎫, 하부구조(교각) 29.0~30.6㎫로 측정 되었으며, 설계기준 압축강도(바닥판 하면: 27.0㎫, 교대: 24.0㎫, 교각: 24.0㎫)를 전반적으로 상회하여 콘크리트의 강도상태는 양호한것으로 확인된다. 또한 상부구조에서 진행한 비건전부의 측정강도가 설계기준 압축강도를 상회하고, 건전부 대비 98.3%이상으로 콘크리트의 강도는 양호한 상태로 판단된다. 따라서, 금회 시험을 실시한 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도 저하가 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 상부구조 탄산화깊이는 2.0~5.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 6.0~8.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

나. 상태평가 결과

- 금회 정밀안전점검 결과, 만화교(울산)의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.
- 전회(2023년) 정밀안전진단과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.168에서 0.164로 0.004 감소하였으며, 상태평가 등급은 “B” 로 동일하게 평가되었다.
- 환산결함도 변동의 주요 원인은 금회 정밀안전점검에서 주요부재 및 보조부재에 대한 손상들이 일부 보수되어 전체 환산결함도 점수가 감소한 것으로 판단된다.

다. 결론

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

20.8.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

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

20.8.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 2018년 정밀안전진단 결과 교대 A1에서 측방유동 가능성이 검토되어 보강방안으로 제시된 어스앵커 공법을 적용하여 보강을 실시하였으며 보강이후의 측방유동 진행도를 파악하기 위하여 안전점검 및 안전진단 시 주기적인 직립도 측정을 실시함이 바람직하다.
- 교대 A1의 이격의 경우 날개벽과 측면 성토부 옹벽 사이에 발생하였다. 특히 손상 내부의 골재 일부가 노출되어 있는 상태로 차후 점검 시에 진전 및 보수, 재발생 여부를 확인하는 주의관찰 및 유지관리가 필요하다.
- 교각 P3의 일부 노출된 기초부의 경우 구조적인 영향을 미칠만한 특이손상이 발생하지 않은 양호한 상태이고 평시에 유량의 이동이 미미하여 세굴 및 침식 발생 가능성은 낮을 것으로 판단되나, 기후에 따라 우수에 의해 수위와 유량이 증가하여 세굴 및 침식 가능성을 배제하기 어려우므로 지속적인 주의관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.
- 배수시설 S4 배수관 행거로이드 탈락의 경우 진전 시 배수관 탈락의 우려가 있어, 차후 점검 시에 진전 및 보수, 재발생 여부를 확인하는 주의관찰 및 유지관리가 필요하다.
- 교량 점검시설 P3 점검발판 고정불량의 경우 작업자의 안전사고를 유발할 수 있는 잠재적 위험요인으로 판단된다. 따라서 향후 정기 점검 시 해당 부위의 보수 여부를 반드시 확인해야 하며, 점검 과정 전반에서 안전사고 예방을 위해 각별한 주의가 요구된다.

20.8.4 기타 필요한 사항

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