



제2장

자료수집 및 분석

- 2.1 자료수집 현황
- 2.2 건설 관련자료 검토결과 요약
- 2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약
- 2.4 보수·보강 이력
- 2.5 시설물의 내진설계 여부
- 2.6 자료분석 결과

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

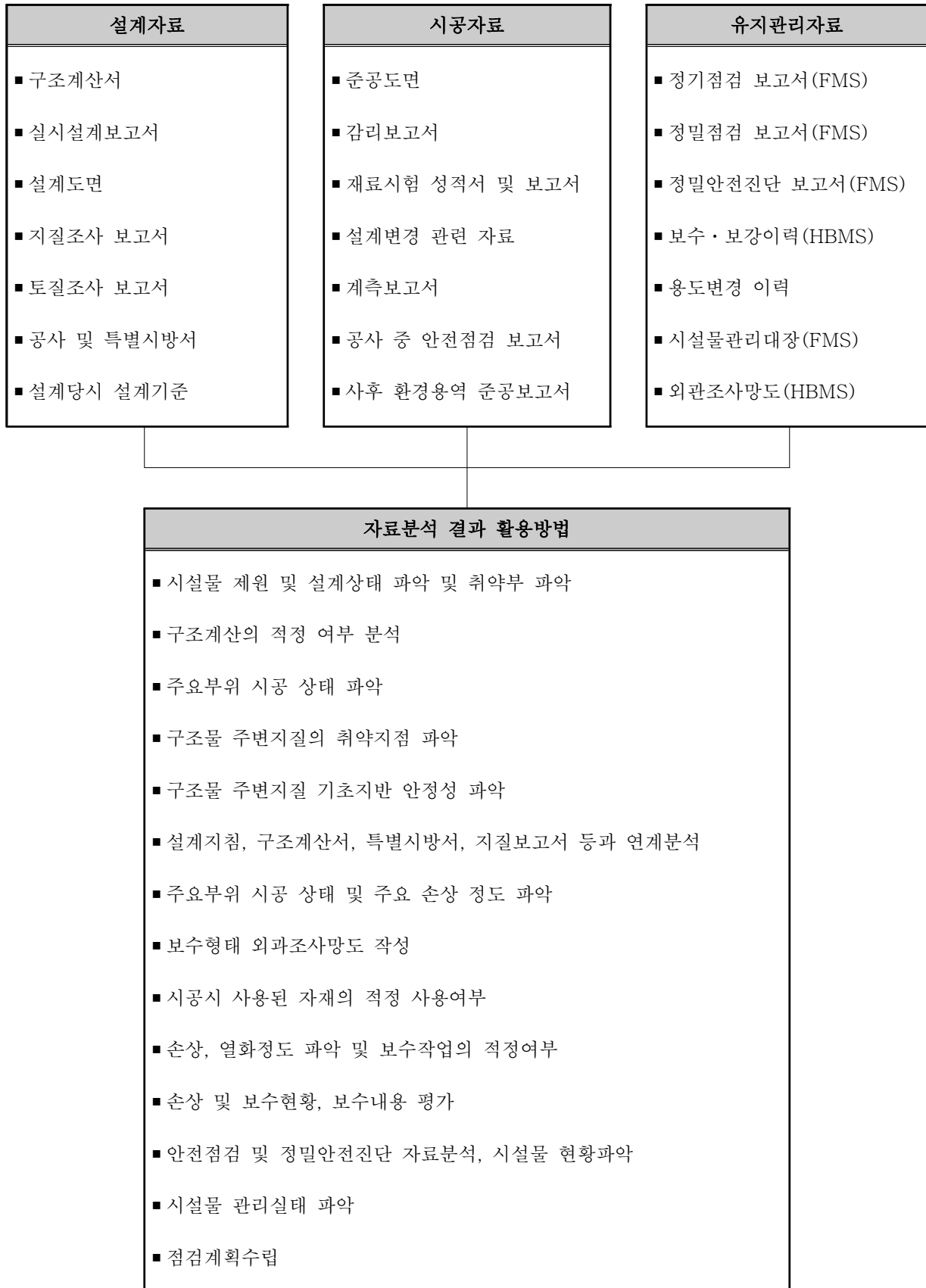
본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련 자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

본 구조물에 관련된 자료는 주로 설계 및 시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 관련된 자료 등이며, 관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음과 같다.

【표 2-1】 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서 ◦ 설계도면 - 교량 위치도, 평면도, 단면도(중·횡), 상부·하부 구조물도, 신축이음·교량받침 상세도	◦ 중부내륙 고속도로 (충주~여주간) 건설공사 제1공구 - 일반보고서(2002.12.) - 토질조사보고서(2002.12.) - 준공도면(2002.12.) - 구조 및 수리계산서(2002.12.) - 준공내역서(2002)
시설물 관리대장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 ◦ 보수보강 이력 및 유지관리 이력	◦ 한국도로공사 시스템 내 관리대장
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록	◦ 중부내륙 고속도로 (충주~여주간) 건설공사 제1공구 - 시공기록보고서(2002.12.) - 시공관련 자료 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록
안전점검 자료		◦ 중부내륙 고속도로 (충주~여주간) 건설공사 제1공구 - 정기안전점검보고서(2002.12.) - 정밀안전진단 보고서(2012.12.)



【그림 2-1】 자료수집 및 분석 흐름도

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.2.1 구조 및 수리계산서 검토

중부내륙고속도로(충주~여주간) 건설공사 1공구 실시설계는 2002년 12월에 준공된 상태이며 설계시 적용한 표준시방서 및 설계기준은 다음과 같다.

- 콘크리트 표준시방서(1996. 건설교통부)
- 철근콘크리트 설계편람(I, II)(1990. 건설교통부)
- 도로교 표준 시방서(1996. 건설교통부)
- 도로의 구조, 시설 기준에 관한 규정(건설교통부)
- 도로설계요령(1992. 한국도로공사)
- 기타 설계 기준(한국도로공사)

【표 2-2】 시설물 설계시 적용한 물성치 및 하중조건

구 분		내 용
설계 방법		◦ 강도설계법 - 철근 콘크리트를 탄성체로 보고 재료에 적합한 안전을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 방법 - RC 구조물에 적용 ◦ 허용응력설계법 - 실제 하중이 작용하여 부재가 파괴될 때에 콘크리트의 압축응력분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 하중 (LOAD FACTOR)을 갖고 설계하는 방법 - PSC 구조물에 적용
하 중	고정 하중	◦ 철근콘크리트 : $W_c = 2.5t/m^3$ ◦ 아스팔트 : $W_a = 2.3t/m^3$ ◦ 강재 : $W_s = 7.85t/m^3$
	활하중	◦ DB-24 ◦ DL-24
사용 재료		◦ 콘크리트 : $\sigma_{ck} = 270kg/cm^2$, $\sigma_{ck} = 240kg/cm^2$ ◦ 철근 : $\sigma_y = 4000kg/cm^2$, $\sigma_y = 3000kg/cm^2$ ◦ 강재 : SWS490, SWS400

주) 중부내륙 고속도로 충주~여주간 건설공사 제1공구 - 구조 및 수리계산서(2002. 12 한국도로공사)

가. 구조해석 결과 요약

1) 상부구조

구 분		내 용
바닥판 설계 (마산방향)	개 요	- Steel Box Girder교 (2경간연속) - 경간 : 55.0m, L=110.0m - 교폭 : 12.145m
	BOX 상단	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 8.619t \cdot m$ - 소요철근량 $\Phi M_n = 12.217t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 11.00cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2}\Phi S_c = 6.901$ 전단보강 불필요
	CROSS BEAM 상단	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 6.770t \cdot m$ - 소요철근량 $\Phi M_n = 9.516t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 11.04cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2}\Phi S_c = 5.464$ 전단보강 불필요
	켄틸레버 (방호벽)	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 8.908t \cdot m$ - 모멘트 소요철근량 $\Phi M_n = 11.136t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 12.53cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2}\Phi S_c = 6.326$ 전단보강 불필요
	켄틸레버 (중분대)	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 9.955t \cdot m$ - 모멘트 소요철근량 $\Phi M_n = 11.136t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 14.10cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2}\Phi S_c = 6.326$ 전단보강 불필요

구 분		내 용
바닥판 설계 (양평방향)	개 요	- Steel Box Girder교 (2경간연속) - 경간 : 55.0m, L=110.0m - 교폭 : 15.745~21.765m
	BOX 상단	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 8.619t \cdot m$ - 소요철근량 $\Phi M_n = 12.217t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 11.00cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2}\Phi S_c = 8.619$ 전단보강 불필요
	CROSS BEAM 상단	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 7.866t \cdot m$ - 소요철근량 $\Phi M_n = 9.516t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 12.95cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2}\Phi S_c = 5.464$ 전단보강 불필요
	BRACKET 상단	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 9.107t \cdot m$ - 모멘트 소요철근량 $\Phi M_n = 12.225t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 11.82cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2}\Phi S_c = 5.464$ 전단보강 불필요
	켄틸레버 (방호벽)	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 8.908t \cdot m$ - 모멘트 소요철근량 $\Phi M_n = 11.136t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 12.53cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2}\Phi S_c = 6.326$ 전단보강 불필요

구 분		내 용
바닥판 설계 (양평방향)	켄틸레버 (중분대)	- 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 9.955t \cdot m$ - 모멘트 소요철근량 $\Phi M_n = 13.837t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 11.25cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 전단검토 $S_u = 0 < \frac{1}{2} \Phi S_c = 7.764$ 전단보강 불필요
거더 설계	개 요	- Steel Box Girder교 (2경간연속) - 하중반복횟수 - 특력하중 : 200 만회 이상 - 차선 하중 50 만회 이상
	사용성 검토	- 응력검토 - 최대 정모멘트 $\Delta \delta_u = 124.009kgf/cm^2 < 1610kgf/cm^2$ $\Delta \delta_t = 473.616kgf/cm^2 < 1610kgf/cm^2$ O.K - 최대 부모멘트 $\Delta \delta_u = -242.341kgf/cm^2 < 1610kgf/cm^2$ $\Delta \delta_t = -335.910kgf/cm^2 < 1610kgf/cm^2$ O.K

2) 하부구조

구 분		내 용
교 대	개 요	- 교대형식 - 역T형 교대 - 강관파일기초 - 제원(시점부) - H=12.0m - B=6.5m - L=12.906m - 제원(중점부) - H=8.0m - B=5.2 - L=16.756m
	A1 (강관파일) 안정 검토	- 전도 - 지진시 : $F_s = 2.15 > 2.0$ O.K - 상시 : $F_s = 3.48 > 2.0$ O.K - 활동 - 지진시 : $F_s = 1.03 < 1.2$ N.G - 상시 : $F_s = 1.67 > 1.5$ O.K - 말뚝 기초 설계

구 분		내 용
교 대	A1 안정 검토	◦ 벽체 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 232.309t \cdot m$ - 철근량 산정 $\Phi M_n = 372.872t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 소요철근 $A_s = 65.164cm^2$, 사용철근 $A_s = 79.40cm^2$ - 전단력 검토 $\Phi S_c = 109.202t > S_u = 64.167t$ - 전단보강 불필요 ◦ 뒤통판 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 102.150t \cdot m$ - 철근량 산정 $\Phi M_n = 286.949t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 소요철근 $A_s = 29.948cm^2$, 사용철근 $A_s = 64.20cm^2$ - 전단력 검토 $\Phi S_c = 103.455t > S_u = 78.466t$ - 전단보강 불필요 ◦ 앞굽판 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 169.314t \cdot m$ - 철근량 산정 $\Phi M_n = 286.949t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 소요철근 $A_s = 49.948cm^2$, 사용철근 $A_s = 64.20cm^2$ - 전단력 검토 $\Phi S_c = 103.455t < S_u = 152.083t$ - 전단보강 $\text{소요철근 } A_v = 5.146cm^2, \text{ 사용철근 } A_v = 5.958cm^2$ ◦ 흥벽 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 26.289t \cdot m$ - 철근량 산정 $\Phi M_n = 38.640t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 소요철근 $A_s = 25.703cm^2$, 사용철근 $A_s = 38.70cm^2$ - 전단력 검토 $\Phi S_c = 24.139t > S_u = 11.533t$ - 전단보강 불필요
	A2 안정 검토	◦ 전도 - 지진시 : $F_s = 3.25 > 2.0 \text{ O.K}$ - 가설전 : $F_s = 3.59 > 2.0 \text{ O.K}$ ◦ 활동 - 지진시 : $F_s = 1.37 > 1.2 \text{ O.K}$ - 가설전 : $F_s = 1.38 < 1.5 \text{ N.G}$ - 말뚝 기초 설계

구 분	내 용
교 대	A2 안정 검토 ◦ 벽체 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 76.704t \cdot m$ - 철근량 산정 $\Phi M_n = 148.393t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 21.240cm^2$, 사용철근 $A_s = 31.000cm^2$ - 전단력 검토 $\Phi S_c = 10.920t > S_u = 32.167t$ 전단보강 불필요 ◦ 뒷굽판 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 27.768t \cdot m$ - 철근량 산정 $\Phi M_n = 85.153t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 13.288cm^2$, 사용철근 $A_s = 31.000cm^2$ - 전단력 검토 $\Phi S_c = 63.223t > S_u = 33.454t$ 전단보강 불필요 ◦ 앞굽판 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 47.120t \cdot m$ - 철근량 산정 $\Phi M_n = 85.153t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 22.656cm^2$, 사용철근 $A_s = 31.000cm^2$ - 전단력 검토 $\Phi S_c = 63.223t < S_u = 55.436t$ 전단보강 불필요 ◦ 흥벽 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 26.013t \cdot m$ - 철근량 산정 $\Phi M_n = 31.399t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 24.425cm^2$, 사용철근 $A_s = 31.000cm^2$ - 전단력 검토 $\Phi S_c = 24.139t > S_u = 11.461t$ 전단보강 불필요
교 각 (마산방향)	개 요 ◦ 교각형식 - π형 교각 - 강관말뚝형식 ◦ 제원 - H=15.1m(기초 : 2.1m, 코핑 : 1.8m) - 기둥 $\phi = 2.0m$ - B=11.5(기초)

구 분		내 용
교 각 (마산방향)	안전성 검토	◦ 기둥 단면검토(교축방향) - 설계모멘트 : $M_u = 692.495t \cdot m$ - 철근량 산정 $\phi M_n = 1293.482t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 사용철근 $A_s = 382.976cm^2$ - 전단력 검토 $\frac{1}{2}\phi S_c = 212.823t > S_u = 0.0t$ - 전단보강 불필요 ◦ 기둥 단면검토(교축직각방향) - 설계모멘트 : $M_u = 1088.022t \cdot m$ - 철근량 산정 $\phi M_n = 1468.852t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 사용철근 $A_s = 382.946cm^2$ - 전단력 검토 $\frac{1}{2}\phi S_c = 72.750t > S_u = 0.0t$ - 전단보강 불필요
교 각 (양평방향)	개 요	◦ 교각형식 - π 형 교각 - 강관말뚝형식 ◦ 제원 - H=15.05m(기초 : 2.1m, 코핑 : 2.05m) - 기둥 $\varphi = 2m$ - B=15.5(기초)
	안전성 검토	◦ 기둥 단면검토(교축방향) - 설계모멘트 : $M_u = 636.355t \cdot m$ - 철근량 산정 $\phi M_n = 1194.170t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 사용철근 $A_s = 382.976cm^2$ - 전단력 검토 $\frac{1}{2}\phi S_c = 218.367t > S_u = 0.0t$ - 전단보강 불필요 ◦ 기둥 단면검토(교축직각방향) - 설계모멘트 : $M_u = 556.998t \cdot m$ - 철근량 산정 $\phi M_n = 1437.190t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 사용철근 $A_s = 382.976cm^2$ - 전단력 검토 $\frac{1}{2}\phi S_c = 186.873t > S_u = 0.0t$ - 전단보강 불필요

본 교량은 총연장 110.0m(2@55m)이며, 상부구조는 2경간의 Steel Box Girder 형식으로 교각의 주형식은 π 형이고 기초는 직접기초로 이루어져 있으며, 교대의 형식은 역T형이고 기초는 강관파일기초로 시공되어 있다.

【표 2-3】 설계도면 검토 결과

감곡[C교(마산,양평)] - 40 -

2.2.3 토질 및 지반조사 자료검토

기 실시된 실시설계 자료 중 지반에 대한 토질조사 자료(2002년도)를 발췌하여 대상시설물에 대한 기초검토 및 유지관리시 참고가 되도록 수록하였다.

가. 지형

중부내륙선 고속도로(충주~여주간) 건설공사 과업구간중 제1공구의 시점은 행정구역상 경기도 여주군 가남면 본두리이며, 종점은 충청북도 음성군 감곡면 오궁리까지 약15.2km 정도이다. 본 노선이 통과하는 지역은 경기도 남단의 여주군과 충청북도 북단의 음성군 일대로서 태백산맥으로부터 남-남-서로 뻗어 내려온 차령산맥의 중앙부에 해당된다.

본 지역의 지형을 지배하고 있는 방향성은 현저하지 않으나 산계와 수계는 대체로 남-북 방향을 취하고 있다.

1) 산계

철갑산(225.1m) - 연대산(226.8m) - 원승리고개(159.2m) - 돌마리고개(215.4m)를 잇는 산계는 화강암, 단평리 - 상우리 일대에서는 편마암이 분포하고 있다. 본역의 대부분을 지배하는 이들 암상은 풍화가 발달하여 지형이 완만한 구릉성 산지로 나타나며 이들 사이에는 충적평야가 넓게 분포하고 있다.

2) 수계

본 조사지역의 대표적인 수계로는 상부에 북서방향으로 흐르는 남한강과 그 지류인 청미천이 있으며, 북에서 시작하여 남류하는 금당천, 금당천 서남에서 북류하는 양화천 등이 분포한다. 하천상류에는 곳곳에 저수지가 만들어져 농업용수에 이용되는 인공적인 수로망이 발달되어 있으며 산계에 의한 소규모의 지류들이 수지상으로 발달하고 있다.

위에서 기술한 바와 같이 본 지역의 지형적인 상황인 산계와 수계를 종합적으로 판단하여 보면 화강암층과 편마암층이 분포하는 산지는 만장년기적 지형발달 단계에 있으며 기타 지역은 대체로 노년기적 지형의 대표적인 형태를 이루고 있다.

나. 지질

본 노선에 분포되어 있는 지질은 선캠브리아기의 편마암류와 이를 관입한 중생대 쥐라기의 화강암층이 분포하고 있으며, 이를 신생대 제 4기의 충적층이 부정합으로 피복하고 있다.

1) 호상편마암류

설계중점부의 북동방향에 걸쳐 분포하고 있는 호상편마암류는 선캠브리아기에 형성된 것으로 본 암류의 대부분을 차지하는 암종은 호상편마암으로서 1cm내외의 두께를 갖는 무색광물

및 유색광물의 얇은층이 호층을 이루는 편마구조가 잘 발달한 암석이다, 본 암석은 노선중 상우리 일대에 분포하고 있으며, 주향N11~64E, 경사 40~47SE의 편마구조를 보여주며 화강암류의 관입 경계부에서는 심하게 교란을 받아 구조의 변화가 심하다.

2) 화강암류

중생대 유라기에 형성된 화강암층으로서 선캠브리아기의 호상편마암을 관입한 양상으로 나타나며 공사시점부터 종점에 걸쳐 가장 넓은 분포를 보이고 있다. 구성암석은 천마암질 흑운모화강암, 백운모화강암 등으로 조직과 조암광물의 차이에 따라 크게 4개로 구분 된다.

편마암질 흑운모화강암은 전반적으로 반상조직을 보여주며 1~2cm정도 크기의 알칼리 장석류로 이루어진 반정을 함유하고 있다. 또한 여러크기의 유색광물로 구성되어 있으며, 다른 종류의 화강암들보다는 전기에 관입한 것으로 보여지나 그 관계는 점이적이다, 중립질 흑운모화강암은 조직에 있어 거의 등립질이며 유색광물의 양이 편마암질 흑운모 화강암보다는 훨씬 적다. 복운모화강암은 중립질 흑운모화강암과 그 조직에 있어 큰 차이가 없으나 백운모의 양이 흑운모에 견줄만큼 많아지므로 그 구별이 가능하다. 백운모화강암은 산출상태에 있어서도 편마암체내에 소규모의 맥상으로 나타나고 흑운모의 함량도 극히 적어지므로 타화강암으로 구분된다.

3) 충적층

남한강을 비롯하여 청미천, 양화천, 금당천등의 하상 주변에 유수의 영향으로 인한 하천 범람시 퇴적된 충적층이 넓게 분포하고 있으며 대부분이 점토, 실트, 모래, 각력, 역 등으로 구성되어 있다. 식생이 가능한 부분과 특히 저구릉 사이의 작은 하천 주변에 좁은 분포를 보이는 충적층은 대부분이 경작지로 이용되고 있다.

다. 지층상태

본 교량은 과업종점부의 IC부에 농어촌도로 및 Ramp를 횡단하기 위해 설치하는 구조물로서 이 지역에서 실시한 4공의 시추조사 결과는 아래와 같다.

1) 전답토층, 매립토층

본 지역의 최상부를 형성하고 있는 지층으로 0.3~1.5m 두께로 이루어져 있다. 구성토질은 모래질 실트(ML), 실트 및 자갈섞인 모래(SM)이며, 시추공 BB-132 지역의 매립토층에서는 소량의 자갈코아(ϕ 2-6cm)가 회수되었다.

2) 퇴적토층

시추공 BB-132 지역을 제외한 전지역에 분포되어 있는 퇴적토층은 0.6~1.0m 두께로갈색 내지 황갈색을 띤 자갈섞인 실트질 모래(SM), 자갈섞인 모래(SP)로 이루어져 있다. 본

층에서 실시한 표준관입시험 결과 $N=12/30\sim 25/30$ 으로 보통의 상대밀도를 나타낸다.

3) 풍화토층

풍화토층은 약 2.0m 미만의 두께로 갈색의 실트질 세립 내지 조립모래(SM), 실트섞인 모래질 자갈(GM-GP)로 구성되어 있으며, 느슨 내지 매우 조밀한 상대밀도를 보이고 있다.

4) 풍화암층

풍화암층은 편마암의 풍화점이대로 타격에 의해 갈색 내지 회갈색의 암편을 함유한 실트질 모래로 분해되며, 지표로부터 약 0.9~3.5m 하부지점에 분포되어 있다.

5) 기반암층

본 지역의 기반암은 편마암의 연암층으로 지표하 약 3.0~10.0m 지점에 분포되어 있으며, 국부적으로 소폭의 풍화대가 형성되어 있고 보통풍화 상태와 보통강함의 강도를 지니고 있다.

【표 2-4】 지층구성 상태

지 층	통일분류	두께(m)	N-치	비고
전답토층	ML	0.3	—	
	SM	0.5	—	
매립토층	SM	1.5	3	
퇴적토층	SM, SP	0.6~1.0	12~25	
풍화토층	SM, GM-GP	1.7~2.0	5~50	
풍화암층	W.R	1.8~6.5	50	
연암층	편마암			

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

본 시설물의 기 정기점검 및 정밀점검에 대한 자세한 사항은 현재 관리시스템에 누락되어 있어 유지관리에 대한 자료조사는 「중부내륙 고속도로(충주~여주간) 건설공사 설계도서(2002. 12 한국도로공사)」와 시설물관리대장, 기술과제 자료에 있는 내용을 정리하여 간략하게 수록하였다.

2.3.1 점검 및 진단이력

본 교량은 2003년 3월 실시한 정기점검을 시작으로 2016년 5월 정기점검까지 공용기간 중 정기점검 21회, 정밀점검 6회, 정밀안전진단 1회 등을 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음 표와 같다.

【표 2-5】 마산방향 - 점검 이력 사항

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기	■ 2003.03.21.	자체수행	양호	- 구조물 전반, 교좌장치, 슬라브, 주형, 교면포장, 교대, 교각, 신축이음장치, 교대A1 슈블럭 콘크리트 파손, 강교 시건장치 미설치 - 균열 주의관찰, 추후 하자통보, 하자보수 시행, 시건장치 설치
정기	■ 2003.09.25.	자체수행	양호	구조물 전반
정기	■ 2004.04.12.	자체수행	양호	교면포장등 전반적 점검결과 양호
정밀	■ 2004.12.08.	자체수행	A등급	교좌장치, 주형등 전반적으로 양호
정기	■ 2005.05.09.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2005.10.10.	자체수행	양호	- A2 거푸집 철선 미제거 녹발생 - 녹제거 필요
정기	■ 2006.04.07.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2006.10.04.	자체수행	A등급	양호
정기	■ 2007.06.11.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2007.11.19.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2008.04.10.	자체수행	A등급	- P1(1개소) 받침콘크리트파손 - 면 보수
정기	■ 2008.08.20.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2009.05.12.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2009.09.15.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2010.07.06.	자체수행	A등급	양호
정기	■ 2010.09.01.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2011.05.30.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2011.11.30.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2012.05.25.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2012.08.16.	자체수행	보통	- 교대 보호블럭 파손, 후타콘크리트 파손, 신축이음장치 파손 - 교대보호블럭 보수, 후타콘크리트 보수, 신축이음장치 교체

【표 2-5】 마산방향 - 점검 이력 사항(계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태등급	점검결과 및 보수보강(안)
정밀 안전 진단	■ 2012.12.21.	(재)한국건설품질 연구원	B등급	- 바닥판// 하면 균열(cw=0.3mm미만), 누수흔적 및 백태(녹물포함), 단부파손 등 - STB 거더// 도장박리 및 부식, 모재변형, 용접결함, 실링누락, 인분배설 등 - 교대/교각// 균열손상, 누수흔적/체수, 파손, 재료분리, 실링재 탈락, 표면오염, 압성토 손상 등 - 교량받침// 소울플레이트 도장박리 및 부식, 몰탈/콘크리트 균열, 파손, 들뜸 등 - 신축이음장치// 후타재 균열(cw=0.3mm미만), 파손, 유간부족(교대이동) 등 - 배수구// 이물질 퇴적, 유도배수관 설치필요, 배수파이프 길이부족, 곡관이탈 등
정밀	■ 2013.06.28.	자체수행	B등급	- A1 신축이음 본체 단차 - A1 신축이음 교체
정밀	■ 2013.10.31.	자체수행	A등급	- 교량받침// 무수축몰탈 파손 1개소, 하부구조 // 구체상면 열화 1개소, 신축이음// 본체 단차 발생 1개소 - 교량받침// 단면보수 1개소, 하부구조// 주의 관찰, 신축이음// 신축이음 교체
정기	■ 2014.06.23.	자체수행	양호	- 거더부식 : S1(G1,G2)(A1), S2G2(A2) 단부 (0.11m²,3개소) / 바닥판균열 : S2A2(중분대측) 단부(0.2mm/0.5m, 1개소) / 받침도장박리 : A1-sh1(0.001m², 1개소), 부식 : A1-sh6(0.1m², 1개소) / 신축이음 .누수 : A1, A2 .협착 : A1,A2 .후타재파손 : A1(1,2차로) (3.9m², 1개소) .후타재 균열 : A2(전차로) (0.2mm/다수) - 거더 채도장 : S1(G1, G2) (A1), S2 G2(A2) 단부 (0.11m², 3개소) / 받침 채도장 : A1-sh6(0.1m², 1개소) / 신축이음단면보수 : A1(1, 2차로) (3.9m², 1개소)

【표 2-5】 마산방향 - 점검 이력 사항(계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기	■ 2014.09.11.	자체수행	양호	◦ 거더// 부식 : S1G1, S1G2, S2G2(0.11m², 3개소) ◦ 바닥판// 균열(0.3mm미만) : S2(0.2mm, 0.5m, 1개소) ◦ 교량받침// 부식 : A2.sh6(0.1m², 2개소) ◦ 하부구조// 열화 : A1(1m², 1개소) ◦ 신축이음// 누수 및 협착 : A1, A2, .후타재 파손 : A1(3.9m², 1개소)
정기	■ 2015.04.13.	자체수행	양호	◦ 거더// 거더외부 부식 ◦ 바닥판// 단부측 균열
정기	■ 2015.09.03.	자체수행	양호	◦ 거더// 도장부식 ◦ 바닥판// 파손 ◦ 교량받침// 슈부식, 균열 ◦ 신축이음// 균열, 하부 협착 ◦ 난간/중분대// 균열
정기	■ 2016.05.23.	자체수행	양호	◦ 거더 : 부식 ◦ 바닥판 : 협착, 파손, 백태 ◦ 교량받침 : 강재부식 ◦ 신축이음 : 누수

【표 2-6】 양평방향 - 점검 이력 사항

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기	■ 2003.03.21.	자체수행	양호	- 구조물 전반, 교좌장치, 슬라브, 주형, 교면포장, 교대, 교각, 신축이음장치, A1측 교면배수구 2개 미설치, 강교 시건장치 미설치 - 균열주의관찰, 추후하자통보, 하자보수시행, 시건 장치설치
정기	■ 2003.09.25.	자체수행	양호	구조물 전반
정기	■ 2004.04.12.	자체수행	양호	교면 포장등 전반적 점검결과 양호
정밀	■ 2004.12.08.	자체수행	A등급	- A2교대 코핑부 물고임으로 인한 열화발생 - 열화발생부위 보수 및 침투수 배수관 연장
정기	■ 2005.05.09.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2005.10.10.	자체수행	양호	- A2 교대코핑부 물고임, 백태, 거푸집철선 미제거로 녹발생 - A2 물고임부 구매 조정, 백태 표면처리, 녹제거
정기	■ 2006.04.07.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2006.10.04.	자체수행	A등급	양호
정기	■ 2007.06.11.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2007.11.19.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2008.04.10.	자체수행	A등급	- A1 교대상면 물고임 - 물고임제거후 유도배수
정기	■ 2008.08.20.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2009.05.12.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2009.09.15.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2010.07.23.	자체수행	A등급	- 도수로 파손, 교대 실런트 파손 - 도수로 파손보수, 교대 실런트 파손 보수
정기	■ 2010.09.01.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2011.05.30.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2011.11.30.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2012.05.25.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2012.08.16.	자체수행	양호	- 후타콘크리트 균열, 신축이음장치 파손 - 후타콘크리트 보수, 신축이음장치 교체

【표 2-6】 양평방향 - 점검 이력 사항(계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태등급	점검결과 및 보수보강(안)
정밀 안전 진단	■ 2012.12.21.	(재)한국건설품질 연구원	B등급	- 바닥판// 하면 균열, 망상균열, 균열 및 백태, 박락, 녹발생, 단부 파손 등 - STB 거더// 도장박리 및 부식, 오염, 볼트부식, 용접결함, 실링누락, 소변배설, 모재굽힘 등 - 교대/교각// 균열손상, 누수흔적, 체수, 철근노출 및 녹발생, 점검로 부식 및 백태 등 - 교량받침// 소울플레이트 도장박리 및 부식, 몰탈/콘크리트 균열, 파손, 박락 등 - 신축이음장치// 본체 이물질퇴적, 후타재 균열 및 파손, 유간부족(교대 이동) 등 - 배수구 이물질퇴적, 배수관 탈락, 배수파이프 길이부족 등
정밀	■ 2013.06.28.	자체수행	B등급	- 신축이음 : 협착 및 열화파손 - 신축이음 : 신축이음 교체
정밀	■ 2013.10.31.	자체수행	A등급	- 교량받침 : 슈부식 1개소, 하부구조 : 열화 1개소, 신축이음 : 협착 및 열화파손 - 교량받침 : 재도장 1개소, 하부구조 : 단면보수 1개소, 신축이음 : 신축이음 교체
정기	■ 2014.06.23.	자체수행	양호	- 거더부식 : S1(G2.G3), S2G3(0.15m², 3개소) - 바닥판// 백태 : S1(G1.G2) 지점부(A1)(0.8m², 2개소), 열화 : S1(G2.G3) 지점부(A1)(0.1m², 1개소) - 받침// 부식: A1.sh2, sh5, sh6, A2.sh1, sh3(0.27m², 5개소) - 하부구조// 부분 점 녹 : P1(0.05m², 1개소) - 신축이음// 누수 : A1, A2, 협착 및 유간 부족 : A1, A2, 후타재 파손 : A1, A2(0.49m², 8개소) - 후타재 균열 : A1, A2(0.1mm/다수) - 거더 재도장 : S1(G2.G3), S2G3(0.15m², 3개소) - 바닥판 단면보수 : S1(G2.G3) 지점부(A1)(0.1m², 1개소) - 받침 재도장 : A1.sh2, sh5, sh6, A2.sh1, sh3(0.27m², 5개소) - 신축이음 단면보수 : A1, A2(0.49m², 8개소)

【표 2-6】 양평방향 - 점검 이력 사항(계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기	■ 2014.09.11.	자체수행	양호	- 거더// 부식 : S1G2, S1G3, S2G3(0.15㎡, 3개소) - 바닥판// 열화 : S1(0.1㎡, 1개소) - 교량받침// 부식 : A1.sh2, 4, 5, P1.sh6, A2.sh1, 3(0.37㎡, 6개소) - 신축이음// 누수 및 협착 : A1, A2, 후타재 파손 : A1, A2(0.49㎡, 8개소)
정기	■ 2015.04.13.	자체수행	양호	- 거더// 재도장 : S1G2, S1G3, S2G3(0.15㎡, 3개소) - 바닥판// 단면보수 : S1(0.1㎡, 1개소) - 교량받침// 부식 : A1.sh2, 4, 5, P1.sh6, A2.sh1, 3(0.37㎡, 6개소) - 신축이음// 단면보수 : A1, A2(0.49㎡, 8개소)
정기	■ 2015.09.03.	자체수행	양호	- 신축이음// A1 신축이음(램프측) 협착, 후타재 파손, 후타재 균열, 누수, A2 신축이음 협착, A2 후타재 균열, 누수 - 신축이음// A1 신축이음(램프측) 협착 : 주의관찰, 후타재 파손 : 단면보수, 후타재 균열 : 주의관찰, 누수 : 주의관찰, A2 신축이음 협착 : 주의관찰, A2 후타재 균열 : 주의관찰, 누수 : 주의관찰
정기	■ 2015.09.03.	자체수행	양호	- 거더// 외부 부식 .바닥판// 파손, 백태 .교량받침// 슈부식 .하부구조// 균열, 백태, 보호블럭 세굴 .신축이음// 후타재 파손, 후타재 균열 .난간/중분대// 균열 - 거더// 외부 부식 : 재도장 .바닥판// 파손 : 단면보수, 백태 : 표면보수 .교량받침// 슈부식 : 재도장 .하부구조// 균열 : 표면보수, 백태 : 표면보수, 보호블럭 세굴 : 단면보수 .신축이음// 후타재 파손 : 단면보수, 후타재 균열 : 주입보수 .난간/중분대// 균열 : 표면보수
정기	■ 2016.05.23.	자체수행	양호	- 거더 : 부식 .바닥판 : 백태, 균열, 협착 및 파손 .교량받침 : 부식 .하부구조 : 세굴, 백태 .신축이음 : 균열, 파손, 누수 .난간/중분대 : 균열 .배수시설 : 집수구 막힘 - 거더 : 재도장 .바닥판 : 표면처리, 주입보수, 지속관찰 .교량받침 : 재도장 .하부구조 : 단면보수, 표면처리 .신축이음 : 주입보수, 단면보수 .난간/중분대 : 표면처리 .배수시설 : 청소

2.3.2 기존 진단 실시결과

기존 정밀안전진단은 2012년12월 (재)한국건설품질연구원에서 실시하였으며, 정밀안전진단 결과는 아래와 같다.

【표 2-7】 마산방향 - 전차 정밀안전진단 결과분석

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외 관 조 사 결 과	바닥판	- 바닥판 하면 지점부(A2측)에 국부적으로 발생한 파손은 교대협착으로 인해 국부적으로 발생한 손상으로 추정되며, 이에 신축이음장치 교체와 함께 바닥판 절단을 통한 유간 확보가 필요할 것으로 판단된다. - 캔틸레버부 유공판과 배수관 주변 백태 및 누수흔적은 우수유입으로 인해 발생한 손상으로, 누수로 인해 바닥판 하면 캔틸레버부에 대한 1차 손상(열화)과 하부 구조에 대한 2차 손상의 원인이 되므로, 유공판 배출수 유도 및 배수관주변 코킹처리 등 표면보수가 필요하다.	
	거 더 (STB)	- 거더 내부 상부플랜지 종리브에 국부적인 변형(1개소)이 조사되었으며, 이는 시공 중 인위적 충격으로 인한 모재 변형으로 판단되나 손상정도가 경미하여 주의관찰 한다. - 거더 내부 전반에 걸쳐 Splice부 실링누락이 조사되었으며, Splice부를 통한 우수유입 흔적이 일부 발견되어, 거더 내부 하부플랜지 부식 방지를 위해 실링처리가 요구된다. - 거더 외부에 발생한 도장박리 및 부식은 대부분 지점부(A1/A2측)에서 조사되었으며, 이는 신축이음부를 통한 우수유입과 점검자 및 작업자의 이동이 있는 거더 단부측에 인위적 충격 등으로 인해 발생한 손상으로 판단되어, 적절한 보수가 요구된다.	
	교 대	- 교대 홍벽과 교대 상면에 누수흔적 및 체수가 조사되었으며, 이는 신축이음부를 통한 우수유입이 원인으로, 신축이음부 보수가 선행된 후 누수흔적 및 체수손상에 대한 주의관찰이 요망된다. - 압성도에 대한 외관조사 결과, A1 좌측과 전면 압성도 공동과 블록이격이 조사되었다. 이는 압성도 다짐불량과 우수유입 등으로 인한 국부침하 및 유실이 발생한 것으로 추정되나, 보수의 필요성은 없을 것으로 판단되어 주의관찰 한다. - 교대이동 분석결과, 복합적인 작용에 의해 이동이 발생한 것으로 판단되나, 진행성 여부를 단기간 판단하기 어려우므로 교대기울기를 초기치로 하여 향후 지속적인 관측이 요구되고, 향후 발생 가능성이 있어 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.	
	교 각	- 코핑부 및 기둥부에 발생한 수직균열($cw=0.1\sim0.2mm$)과 망상균열($cw=0.1mm$)은 연속성이 없고 대부분 $cw=0.1mm$의 균열로 건조수축과 단면변화부 응력집중으로 인해 발생한 손상으로 판단되며, 시공이음균열($cw=0.2mm$)이 국부 발생되어 $cw=0.2mm$균열에 대해 표면보수가 요망된다. - P1 기둥부 좌측면에 거푸집 이음부 이물질 미제거와 배수구 하단 기둥부에 표면오염이 조사되었으며, 이는 마감불량과 배수구 길이부족 등으로 인해 발생한 손상으로 이물질 미제거는 주의관찰하고, 오염은 표면보수가 요망된다.	

【표 2-7】 마산방향 - 전차 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외관 조사 결과	받침장치	◦ A2-Sh4 상답플레이트에 도장박리 및 부식이 조사되었으며, 이는 신축이음부와 외측면을 통한 우수유입이 가장 주요한 원인으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이 요망된다. ◦ 받침의 가동상태는 가동여유량 및 실측한 서스펜션유량이 계산 필요가동량을 만족하고 있는 상태이므로 차후 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다. ◦ 본 교량은 필요 연단거리를 만족하는 양호한 상태이다.	
	신축이음	◦ 신축이음장치 유간을 종합적으로 비교·분석한 결과, A1(J1)측은 신축이음장치 유간이 부족하고, A2(J2)측은 신축이음장치 교체로 인하여 신축이음장치의 유간은 확보되었으나 바닥판은 기존 유간을 유지(부족)하고 있어, 차후 혹서기에 바닥판 유간부족이 발생될 것으로 판단된다. 이는 교대의 이동으로 인한 유간감소로 추정되며, 이로 인해 혹서기 바닥판 협착과 추가 손상을 방지하기 위하여 A2측 바닥판 절단, J1 신축이음장치 교체와 A1/A2측 상부포장 팽창줄눈 설치가 필요할 것으로 판단된다.	
	교면포장	◦ 코어상태조사 결과, 상층포장(T=50mm)부에서 골재분리가 나타나 코어형성이 불량하였으나, 하층포장(T=42mm)과 방수층(T=8mm)의 상태는 양호한 것으로 조사되었다. 상층포장부 골재분리는 시공불량(다짐불량), 혼합물 품질불량 등으로 인해 역청재료와의 부착성이 떨어져 발생한 것으로 판단되어, 교면포장에 발생한 손상과 연계하여 적절한 조치가 요망된다.	
	배수시설	◦ 유공관 주변 백태와 우수유입을 통해 교각 상면과 안전점검통로에 2차 손상을 초래하고 있는 상태로, 적절한 보수가 요망된다. ◦ 배수파이프 길이부족 구간(P1)에서 배수파이프 길이가 짧아 기둥부에 오염을 유발시키고 있는 상태이며, 교대 및 교각의 배수파이프 끝단에는 곡관이 설치되어 있으나 곡관 이탈(A2측, 1개소)이 일부 조사되어 적절한 조치가 요망된다.	
	방호벽	◦ S2 우측 방호벽에 국부 파손과 S1 시점부 우측 방호벽 덮개 볼트파손이 조사되었으며, 이는 온도변화에 따른 콘크리트 신축 간 발생한 손상으로 판단되어 국부파손은 손상면적이 미소하여 주의관찰 하고, 덮개 볼트파손은 재시공이 요망된다.	
내구 성조 사 결과	반발강도 조사	◦ 반발경도 및 초음파법에 의한 콘크리트 강도조사 결과는 모두 설계강도를 상회하는 것으로 조사되었다.	
	철근배근 조사	◦ 철근간격은 준공도면과 일치하는 것으로 조사되었으나, 일부 하부구조에서 피복두께부족부가 조사되어 주의관찰 요한다.	
	탄산화 시험	◦ 탄산화로 인한 콘크리트 내의 철근부식 가능성은 없는 것으로 조사되었다.	
	염화물 함유량시험	◦ 상부구조는 염화물에 의한 부식발생 우려가 없는 ‘a’ 이나, 하부구조는 제설제로 인한 영향이 높으므로 주의관찰 요망된다.	
	균열깊이 조사	◦ 균열깊이 조사 결과 균열심도가 피복두께를 초과하여 균열부에 대한 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.	

【표 2-7】 마산방향 - 전차 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분		외관조사 요약 및 검토의견				비고																										
강재 시험 결과	초음파탐상 시험	◦ 구조물의 용접 상태는 양호한 것으로 평가되었다.																														
	도막두께 측정결과	◦ 도막두께 측정값은 모든 위치에서 도로교 표준시방서 기준 값을 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 평가되었다.																														
상태평가 결과		◦ B등급(환산점수 : 0.231)																														
안전성평가 결과		<table><tr><th colspan="2">부재</th><th>해석방법</th><th>안전성평가 결과 요약</th><th>안전율</th><th>안전성평가 결과</th></tr><tr><td rowspan="2">상부 구조</td><td>바닥판</td><td>강도설계법</td><td>◦ $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{122.167}{91.090} = 1.341$</td><td>1.0이상</td><td rowspan="4">A</td></tr><tr><td>거더</td><td>허용응력설계법</td><td>◦ $\frac{f_a}{f} = \frac{190}{170.305} = 1.116$</td><td>1.0이상</td></tr><tr><td rowspan="2">하부 구조</td><td>교대</td><td>강도설계법</td><td>◦ 단면 휨 설계검토 양호 ◦ 말뚝 및 기초검토 양호</td><td>1.0이상</td></tr><tr><td>교각</td><td>허용응력설계법</td><td>◦ 기둥의 단면검토 양호 ◦ 직접기초의 안정성 양호</td><td>1.0이상</td></tr></table>					부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과	상부 구조	바닥판	강도설계법	◦ $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{122.167}{91.090} = 1.341$	1.0이상	A	거더	허용응력설계법	◦ $\frac{f_a}{f} = \frac{190}{170.305} = 1.116$	1.0이상	하부 구조	교대	강도설계법	◦ 단면 휨 설계검토 양호 ◦ 말뚝 및 기초검토 양호	1.0이상	교각	허용응력설계법	◦ 기둥의 단면검토 양호 ◦ 직접기초의 안정성 양호	1.0이상	
부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과																											
상부 구조	바닥판	강도설계법	◦ $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{122.167}{91.090} = 1.341$	1.0이상	A																											
	거더	허용응력설계법	◦ $\frac{f_a}{f} = \frac{190}{170.305} = 1.116$	1.0이상																												
하부 구조	교대	강도설계법	◦ 단면 휨 설계검토 양호 ◦ 말뚝 및 기초검토 양호	1.0이상																												
	교각	허용응력설계법	◦ 기둥의 단면검토 양호 ◦ 직접기초의 안정성 양호	1.0이상																												
보수 · 보강방안		◦ 내구성 저하방지를 위해 균열보수 및 단면보수 실시 ◦ 도장박리, 녹발생 등의 손상 발생 부위에 대해 방청 및 도장보수 실시 ◦ 신축이음장치 교체, 교대 영구 앵커공법, 배수파이프 재설치 및 길이연장																														
종합결론		◦ 10년이 경과된 구조물에 대하여 최초로 실시하는 정밀안전진단 용역으로써 하자만료전 정밀점검을 겸하고 있으며 외관조사 및 내구성조사, 구조해석 결과를 토대로 종합적으로 평가해 볼 때, 구조물의 안전성에 문제가 없는 것으로 평가되었으며, 발생한 손상은 공용중의 안전성은 확보되나 시설물의 사용성 및 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.																														

【표 2-8】 양평방향 - 전차 정밀안전진단 결과분석

구 분		외관조사 요약 및 검토의견				비고
외 관 조 사 결 과	바닥판	◦ 바닥판 하면에 국부적으로 발생한 균열 및 백태(cw=0.2mm)는 시공초기 건조수축으로 인해 발생한 균열부를 통해 콘크리트 내부 백태가 노출된 것으로 판단되어, 표면보수 후 주의관찰이 요망된다. ◦ A1측 지점부에서 보수흔적(면보수)이 조사되었으며, 일부 보수불량(파손)이 조사되었다. 국부 파손은 바닥판 단부면이 불량하여 홍벽과의 협착으로 인해 발생한 손상으로 판단되며, 박락 및 녹발생은 우수유입으로 인한 내부 철근부식으로 발생한 손상으로 판단되어 단면보수(박락손상은 철근방청 후 단면보수)가 요망된다.				

【표 2-8】 양평방향 - 전차 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외 관 조 사 결 과	거 더 (STB)	- 거더 내부 하부 플랜지(LF)에 발생한 도장박리 및 부식, 국부 볼트 부식은 거더 지점부와 Splice부를 통한 우수유입이 주요 원인이며, 하부 플랜지 횡리브와 격벽에 다수 발생한 도장박리는 작업 간 발생한 인위적 충격과 굽힘 등으로 인해 발생한 것으로 판단된다. 또한 S1-G3-D7/9 하부 플랜지에 집중되어 있는 도장박리는 도장 전처리 불량으로 인해 발생한 손상으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이 요망된다. - 감곡IC교 거더 내부 전반에 걸쳐 Splice부 실링누락이 조사되었으며, Splice부를 통한 우수유입 흔적(누수흔적)이 일부 발견되어, 거더 내부 하부플랜지 부식 방지를 위해 실링처리가 요구된다. - 거더 내부 S2-G3-D18/19-LF지점에 소변이 배설되어 있어, 강재 도장부식 유발과 위생 및 외관상 혐오감을 주므로 청소가 요망된다.	
	가로보 세로보	가로보와 세로보에 발생한 도장박리 및 부식은 지점부(A1측) 바닥판 하면과 측면을 통한 우수유입이 주요 원인으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이 요망된다.	
	교 대	- 진단과업 수행 중 교대 A1측 신축이음장치(모노셀 조인트) 교체를 실시하였으나, 흥벽과 교대 상면의 누수흔적 및 백태, 체수에 대한 보수는 이루어지지 않은 상태로, 백태손상에 대한 표면보수가 요망된다. - 교대이동 분석결과, 복합적인 작용에 의해 이동이 발생한 것으로 판단되나, 진행성 여부를 단기간 판단하기 어려우므로 교대기울기를 초기치로 하여 향후 지속적인 관측이 요구되고, 향후 발생 가능성이 있어 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.	
	교 각	- 상부구조 유공관에서 떨어지는 우수로 인하여 P1 코핑부 좌측면과 하면에 누수흔적 및 녹발생이 조사되었으며, 코핑부에 잡철근 미세거로 인한 녹발생이 조사되어 표면보수가 요망된다. - 코핑부에 설치되어 있는 안전점검통로에 부식 및 백태, 앵커볼트 부식 등이 발생되었으며, 이는 배수파이프에서 떨어지는 우수유입, 공용 중 수분접촉 등으로 인해 발생한 손상으로 판단되어 녹 및 백태 제거 후 도장처리가 요망된다.	
	받침장치	- 받침장치 소울플레이트에 도장박리 및 부식이 일부 조사되었으며, 이는 신축이음부와 외측면을 통한 우수유입이 주요 원인으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이요망된다. - 받침의 가동상태는 A1-Sh1의 가동여유량이 부족한 상태로 조사되었으나, 실측 서스판여유량이 계산 필요가동량을 만족하고 있는 상태로 주의관찰이 요망된다. - 본 교량은 필요 연단거리를 만족하는 양호한 상태이다.	
	신축이음	- J2 신축이음 주변 퇴적물로 인한 본체 내부 이물질 퇴적이 조사되어 주기적인 청소가 요망된다. - 신축이음장치 유간을 검토한 결과, 신축이음 교체가 이루어진 A1(J1)측은 필요유간을 확보하고 있으나, A2(J2)측에서 신축이음장치와 바닥판 유간이 부족한 것으로 조사되었다. 이는 교대의 이동으로 인한 유간감소로 추정되며, 유간부족으로 인해 발생될 수 있는 추가 손상을 방지하기 위하여 A2측 바닥판 절단 후 J2 신축이음장치 교체, J1/J2 팽창줄눈 설치가 필요할 것으로 판단된다.	

【표 2-8】 양평방향 - 전차 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분		외관조사 요약 및 검토의견		비고			
외관 조사 결과	교면포장	◦ 코어상태조사 결과, 포장부(T=92mm)와 방수층(T=8mm)의 상태는 양호한 것으로 조사되었다. ◦ 교면포장 상면에서 국부적으로 포트홀과 식생이 조사되었으며, 포트홀은 손상정도가 경미하여 유지관리 하되, 차후 손상진전 및 규모 확대 시 보수할 수 있도록 주기적인 관찰이 요망되며, 식생은 제거하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.					
	배수시설	◦ 유공관 주변 백태와 우수유입을 통해 교각 상면과 안전점검통로에 2차 손상을 초래하고 있는 상태로, 적절한 보수가 요망된다.					
	방호벽	◦ 방호벽에 발생한 수직 및 수평균열(cw=0.1~0.3mm), 망상균열(cw=0.1mm)은 건조수축 및 온도변화에 따른 콘크리트 신축으로 인하여 발생한 손상으로 판단되며, 국부적으로 발생한 균열 및 백태(3개소, cw=4.3mm)는 균열부 우수침투를 통해 콘크리트 내부 백태가 외부로 노출된 것으로 판단되어, 균열폭에 따라 적절한 보수가 요망된다. ◦ A2측 접속슬래브 좌측 방호벽에서 온도변화에 따른 콘크리트 신축으로 인한 국부 실링재 탈락이 발생되었으며, S1 우측 방호벽에서 상단에 설치되어 있는 앵글 절단부로 물 혹은 기름이 흘러 표면오염이 발생되었다. 이에 보수의 필요성은 없을 것으로 판단되어 주의관찰 한다.					
내구 성조 사 결과	반발강도조사	◦ 반발강도 및 초음파법에 의한 콘크리트 강도조사 결과는 모두 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었다.					
	철근배근조사	◦ 철근간격은 준공도면과 일치하는 것으로 조사되었으나, 일부 하부구조에서 피복두께부족부가 조사되어 주의관찰을 요한다.					
	탄산화시험	◦ 탄산화로 인한 콘크리트 내의 철근부식 가능성은 없는 것으로 조사되었다.					
	염화물함유량 시험	◦ 염화물에 의한 부식발생 가능성이 낮은 것으로 분석된다.					
	균열깊이조사	◦ 균열깊이 조사 결과 균열심도가 피복두께를 초과하여 균열부에 대한 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.					
강재 시험 결과	초음파탐상시험	◦ 구조물의 용접 상태는 양호한 것으로 평가되었다.					
	도막두께 측정결과	◦ 도막두께 측정값은 모든 위치에서 도로교 표준시방서 기준 값을 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 평가되었다.					
상태평가 결과		◦ B등급(환산점수 : 0.252)					
안전성평가 결과							
		부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
		상부구조	바닥판	강도설계법	$\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{121.568}{91.165} = 1.333$	1.0이상	A
			거더	허용응력설계법	$\frac{f_a}{f} = \frac{190}{168.817} = 1.125$	1.0이상	
		하부구조	교대	강도설계법	◦ 단면 휨 설계검토 양호 ◦ 말뚝 및 기초검토 양호	1.0이상	
교각	허용응력설계법		◦ 기둥의 단면검토 양호 ◦ 직접기초의 안정성 양호	1.0이상			

【표 2-8】 양평방향 - 전차 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분	외관조사 요약 및 검토의견	비고
보수 · 보강방안	- 내구성 저하방지를 위해 균열보수 및 단면보수 실시 - 도장박리, 녹발생 등의 손상 발생 부위에 대해 방청 및 도장보수 실시 - 신축이음장치교체, 교대 영구 앵커공법, 배수파이프 재설치 및 길이연장	
종합결론	10년이 경과된 구조물에 대하여 최초로 실시하는 정밀안전진단 용역으로써 하자만료전 정밀점검을 겸하고 있으며 외관조사 및 내구성조사, 구조해석 결과를 토대로 종합적으로 평가해 볼 때, 구조물의 안전성에 문제가 없는 것으로 평가되었으며, 발생한 손상은 공용중의 안전성은 확보되나 시설물의 사용성 및 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다.	

가. 기 진단(2012년)시 측방유동 검토 결과

감곡IC교(마산, 양평) 교대의 측방유동에 대한 안정성 판정은 신축이음 장치의 협착과 관련하여 비탈면 안정해석에 의한 측방유동을 검토하였다. 지반의 특성과 기하적인 요소는 설계도서를 참고하여 결정하였고, 원호활동에 대한 안정성 검토는 Soilwork를 이용하여 수행하였다.

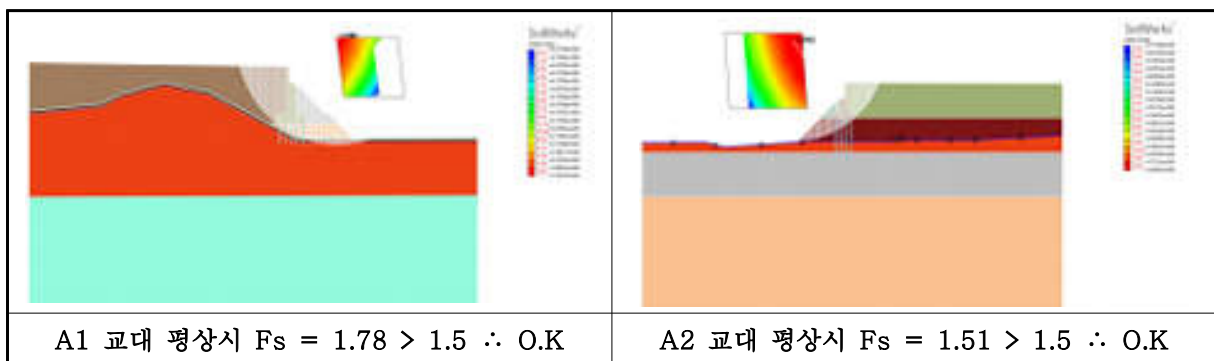
1) 적용 물성치

적용 물성치는 설계도서를 참고하여 다음과 같이 결정하였다.

【표 2-9】 적용 물성치

구 분	습윤단위중량(kN/m³)	포화단위중량(kN/m³)	점착력(kN/m²)	내부마찰각
전답토층(ML)	17.0	18.0	20	20
퇴적토층(SM)	19.0	20.0	20	30
풍화암	20.0	21.0	30	30
연암	23.0	24.0	30	30
성토층	19.5	20.5	15	25

2) 검토 결과



【그림 2-2】 한계평형법에 의한 측방유동의 안정성(A1, A2 교대)

파괴원호에 따른 최소안전율은 교대 A1에서 $F_s = 1.78$, A2에서 $F_s = 1.51$ 로 나타났으며, 허용치인 1.5를 상회하므로 교대는 측방유동의 가능성은 없는 것으로 판단된다.

2.4 보수·보강 이력

【표 2-10】 마산방향 - 보수·보강 이력사항

구 분	공사기간	설계자	시공자	공사구간	보수·보강 공법	공사금액 (천원)	비고
보수	2010.12.31.	—	—	교량받침(P1)	도장	—	
	2010.12.31.	—	—	신축이음장치(A1)	후타콘크리트	397	
	2012.12.31.	—	—	신축이음장치(A2)	모노셀 교체	15,430	
	2013.05.31	장세민	진흥기업	바닥판 외 3종	균열보수공법 외 3종	—	FMS
	2014.12.31.	—	—	하부구조(A1)	—	540	
	2015.03.18.	—	—	신축이음장치(A1)	후타콘크리트	1,550	
	2015.09.18.	—	—	신축이음장치(A1)	강핑거 조인트	48,000	

※ 비고란의 FMS표기된 부분 외의 이력사항은 지사에서 별도 관리하는 이력임.

【표 2-11】 양평방향 - 보수·보강 이력사항

구 분	공사기간	설계자	시공자	공사구간	보수·보강 공법	공사금액 (천원)	비고
보수	2010.12.31.	—	—	하부구조(A1, A2)	기타	1,000	
	2012.12.31.	—	—	신축이음장치(A1)	모노셀	16,778	
	2013.05.31	장세민	진흥기업	바닥판 외 3종	균열보수공법 외 3종	—	FMS
	2014.05.30.	—	—	신축이음장치, 배수시설	청소	—	
	2015.03.18.	—	—	신축이음장치(A2)	후타콘크리트	1,200	
	2015.09.18.	—	—	신축이음장치(A1)	모노셀	17,000	

※ 비고란의 FMS표기된 부분 외의 이력사항은 지사에서 별도 관리하는 이력임.

2.5 시설물의 내진설계 여부

국내에서는 1992년에 도로교에 대해 내진설계 기준을 최초로 도입하였으나 1999년 지진방재종합대책이 수립된 이후 전체 교량에 대해 본격적으로 내진설계를 반영하기 시작하였다.

“중부내륙 고속도로(충주~여주간)건설공사 구조 및 수리계산서 제1공구 : 가남~감곡(2002.12)” 보고서 검토결과 본 과업대상 교량인 감곡C1교는 내진 1등급으로 설계되어 있는 것으로 조사되었다.

2.5.1 내진설계 조건 및 검토

【표 2-12】 내진설계 조건

구 분		내 용
설계 방법		단일모드 스펙트럼 해석
지진등급		내진 1 급
참고문헌		◦ 도로교 표준 시방서 ◦ 교량의 내진 설계
설계 조건	교대	■ 교대 하중조건 1) 지진계수 $Kh = A / 2 = 0.070$ (변위를 허용한 독립교대) ※도로교시방서 p.805 여기서, A : 가속도계수 = 0.14 (내진 1등급교) ※도로교시방서 p.766 2) 토압계수 (Coulomb의 토압공식 사용) · 평상시 ※도로교시방서 p.51 $K_A = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$ 여기서, ϕ : 흙의 내부마찰각 α : 지표면과 수평면이 이루는 각 θ : 벽배면과 연직면이 이루는 각 δ : 벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각 ※도로교시방서 p.799 · 지진시 $K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_0 - \theta)}{\cos\theta_0 \cos^2\theta \cos(\delta + \theta + \theta_0) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha - \theta_0)}{\cos(\theta + \delta + \theta_0) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$ 여기서, ϕ : 흙의 내부마찰각 α : 지표면과 수평면이 이루는 각 θ : 벽배면과 연직면이 이루는 각 δ : 벽배면과 흙 사이의 벽면 마찰각 ※도로교시방서 p.799 θ_0 : $\theta_0 = \tan^{-1}(Kh/1 - Kv)$ ※연직가속도계수(Kv)는 고려하지 않음 3) 토압계수의 계산: 지진시($\phi=35.0^\circ$)
	교각	■ 교각 지진하중 설계조건 1) 가속도계수 : $A=0.14$ 2) 내진 등급 : 내진 1등급 3) 지반계수 : II 지역($S=1.20$) 4) 응답수정계수 - 교각 : $R = 3.0$ - 기초 : $R = 1.0$ - 상부구조와 교대 : $R = 0.8$ 5) 탄성계수 : $E_c = 2.35 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ 6) 해석방법 : 단일모드 스펙트럼 해석법
	받침	■ 교좌장치 용량 = 수평하중 × 증가계수 1.35 적용

가. 하부구조 내진설계 검토

1) 교대

① 지진시 안정계산 검토^{주1)}

구 분	연직력(kN)	수평력(kN)	M(저항)	M(전도)
하중	1395.35	604.33	5497.92 (kN·m)	2559.58 (kN·m)

주1) 기존계산서 3. 작용하중계산 및 안정검토 중 CASE-4 참조

㉠ 전도에 대한 검토

- 말뚝기초이므로 불필요.(※말뚝검토 참조)

㉡ 활동에 대한 검토

- 말뚝기초이므로 불필요.(※말뚝검토 참조)

㉢ 말뚝검토(φ508) (‘말뚝지지력 산정’ 부분 참조)

- 지진시 허용지지력 = 1496.859kN/m²
- $F_s = 1496.859 / 588.77 = 2.542$ 안정

2) 교각

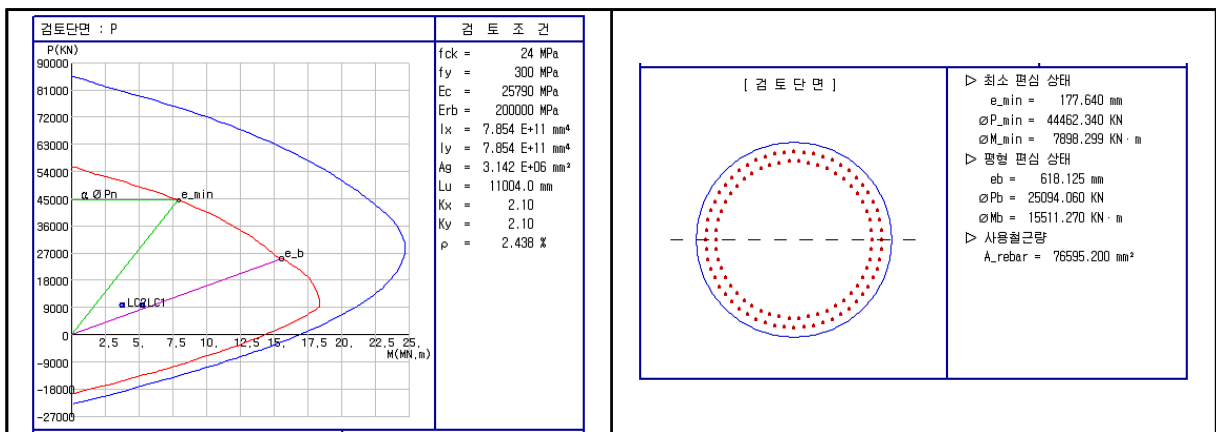
① 단면력 정리 및 검토

구 분		P _u (kN)	P _N (kN)	P _u / P _N	M _u (kN·m)	ΦM _n (kN·m)	M _u / ΦM _n	비고
CASE(6)	교축방향	9831.63 ^{주2)}	27755.981	O.K. (2.823)	5189.059 ^{주3)}	14649.391	O.K. (2.823)	
	교축 직각방향		33757.548	O.K. (3.434)	3721.127 ^{주3)}	12776.738	O.K. (3.434)	

주2) 기존계산서 ‘6.기둥의 설계’ 중 CASE(6) 참조

주3) 구조계산 프로그램(RC Mania)을 이용하여 나온 결과 값

② P-M 상관도



2.6 자료분석 결과

금회 진단에 필요한 수집 자료를 검토한 결과 향후 정밀안전진단 용역을 진행하면서 과업방향은 아래와 같이 시행토록 한다.

【표 2-13】 자료분석 결과

구 분	수집 자료	자료 분석 결과	정밀안전진단 과업진행 방향
건설 관련 자료	◦ 일반보고서 ◦ 구조 및 수리계산서 ◦ 준공도면 ◦ 시공기록보고서	◦ 일반보고서 및 준공도면은 설계 당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨. ◦ 일반보고서, 준공도면, 구조계산서의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨.	◦ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교, 검토 후 치수가 상이할 경우 안전측으로 구조계산토록 하고 도면을 재작성하며, 실측치와 동일할 경우는 준공도면을 기준으로 과업을 진행토록 함. ◦ 신축이음장치의 형식을 확인하여 관리대장상과 일치하는지 확인하도록 함. ◦ 현 설계기준을 적용하여 구조검토를 실시함.
	◦ 시공 중 안전점검	◦ 시공 중 구조물에 대한 문제점은 없는 것으로 확인됨.	◦ 구조물에 대한 문제점은 없는 상태였으나, 사용 중 손상이 발생되거나 조사가 누락된 면이 있을 수 있으니 상세외관조사 시 면밀히 조사함.
유지 관리 자료	◦ 점검 및 진단 이력	◦ 점검 및 진단 이력을 검토한 결과, 자체수행을 통하여 교대상면 물고임으로 인한 열화, 백태, 거푸집 철선 미제거로 인한 녹 발생, 경미한 누수, 슈 녹발생, 배수파이프 연결부족, 교대 도수로 및 실런트 파손, 배수구 세굴 등이 조사됨.	◦ 점검 시 조사된 손상에 대한 사항을 상세외관조사 시 면밀히 조사하고, 추가 손상 확인, 보수여부 및 대책방안 마련. ◦ 금회 정밀안전진단이 초기자료이므로, 차후 비교, 검토 자료로 활용하여 안전성 변화 여부 확인.
	◦ 보수·보강 이력	◦ 보수·보강 이력을 검토한 결과, 배수시설 및 하부구조 보수 등이 수행되어, 본 교량은 지속적인 유지관리가 진행된 것으로 평가됨.	◦ 보수·보강 이력사항에는 보수부에 대한 위치가 제시되어 있지 않으므로 보수된 손상명에 대한 사항을 상세외관조사 시 면밀히 조사함.
	◦ 기술과제 자료	◦ 자체 점검은 점검계획에 따라 적정하게 시행된 것으로 확인되며, 구조적 결함은 없는 것으로 확인되었고, 일부 경미한 결함에 대한 지속적인 관리 및 하자보수가 시행된 것으로 판단됨.	◦ 기술자문 검토서를 참고자료로 활용하여 상세외관조사 시 면밀히 조사하고, 추가 손상확인, 보수여부 및 대책방안 마련.