



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

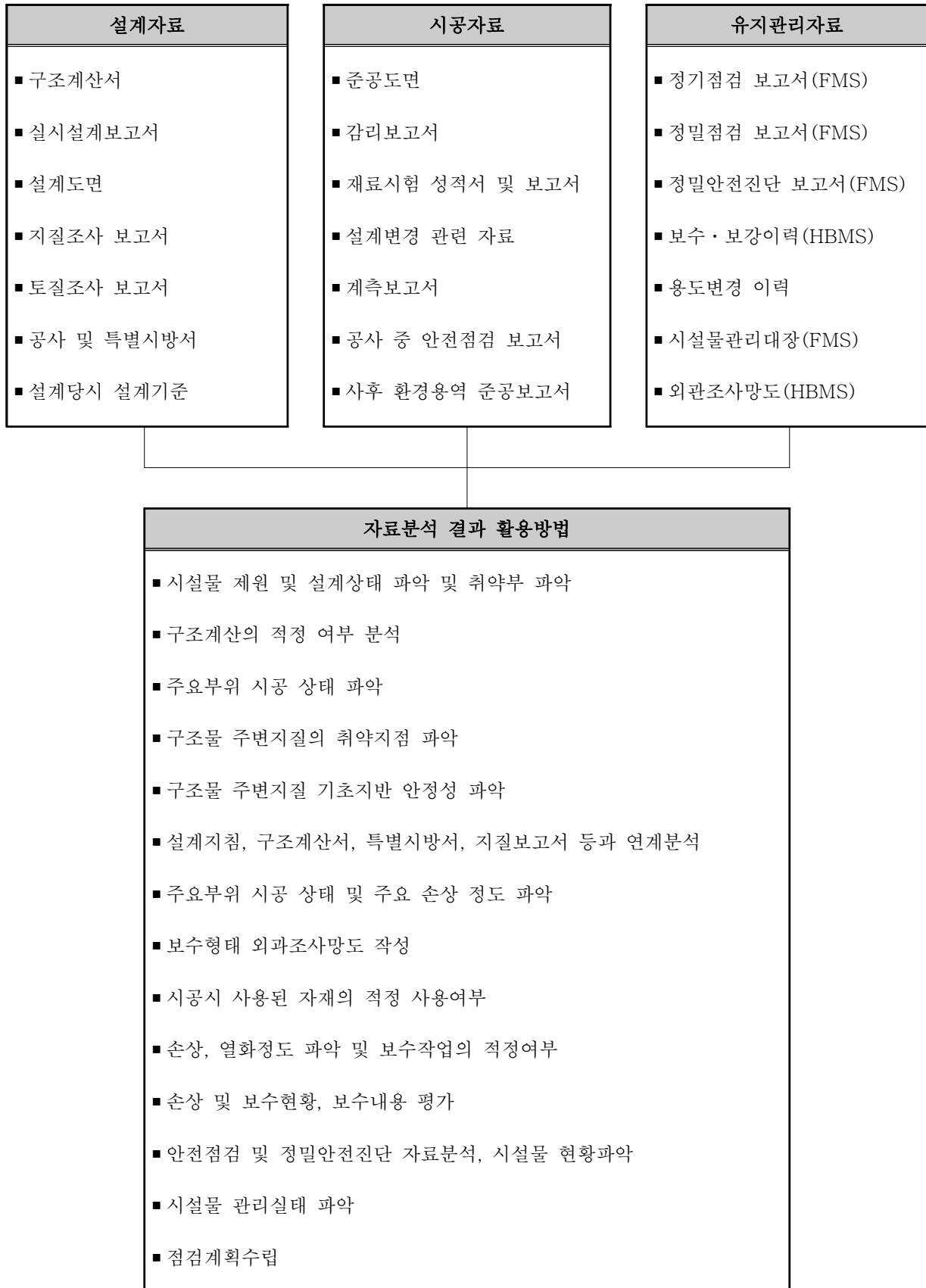
본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

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 기초 자료로 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(종·횡), 상부·하부 구조물도, 신축이음·교량받침 상세도	◦ 중부내륙 고속도로 (충주~여주간) 건설공사 제4공구 - 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 제4공구 - 시공기록보고서(2002.12.) - 시공관련 자료 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록
안전점검 자료		◦ 중부내륙 고속도로 (충주~여주간) 건설공사 제4공구 - 정기안전점검보고서(2002.11.) - 정밀안전진단보고서(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 4공구 실시설계의 과업기간은 1996년 11월 18일~1997년 12월 21일이며, 설계시 적용한 표준시방서 및 설계기준은 다음과 같다.

- 콘크리트 표준시방서(1996. 건설교통부)
- 철근콘크리트 설계편람(I, II) (1990. 건설교통부)
- 도로교 표준 시방서 (1996. 건설교통부)
- 도로시설 기준령(개정안) (한국도로공사)
- 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 제4공구 - 구조 및 수리계산서(2002. 12. 한국도로공사)

가. 구조해석 결과 요약

1) 상부구조

구 분		내 용
바닥판 설계	개 요	- Steel Box Girder교(5경간 연속) - 경간 : 55.0m, L=255.0m - 교폭 : 12.14m
	캔틸레버	- 바닥판 최소두께 검토 $29.50 \leq 30.00$ O.K - 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 12.112t \cdot m$ - 모멘트 소요철근량 $\Phi M_n = 14.719t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 15.743cm^2$, 사용철근 $A_s = 19.404cm^2$ - 배력 소요철근량 교축직각방향 : 소요철근 $A_s = 31.486cm^2$, 사용철근 $A_s = 40.536cm^2$ 교축방향 : 소요철근 $A_s = 26.000m^2$, 사용철근 $A_s = 33.780cm^2$ - 사용성 검토 - 처짐검토 $\delta_{min} = 12.3cm < T = 30cm$ O.K - 균열폭 검토 $W = 0.18mm < W_a = 0.25mm$ O.K
	중분대	- 바닥판 최소두께 검토 $30.00 \leq 30.00$ O.K - 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 12.762t \cdot m$ - 모멘트 소요철근량 $\Phi M_n = 14.719t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 8.400cm^2$, 사용철근 $A_s = 19.404cm^2$ - 배력 소요철근량 교축직각방향 : 소요철근 $A_s = 33.293cm^2$, 사용철근 $A_s = 40.536cm^2$ 교축방향 : 소요철근 $A_s = 26.000m^2$, 사용철근 $A_s = 33.780cm^2$ - 사용성 검토 - 처짐검토 $\delta_{min} = 12.2cm < T = 30cm$ O.K - 균열폭 검토 $W = 0.19mm < W_a = 0.25mm$ O.K

구 분		내 용
바닥판 설계	중앙부	- 바닥판 최소두께 검토 $25.00 \leq 25.00$ O.K - 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 7.609t \cdot m$ - 모멘트 소요철근량 $\Phi M_n = 10.596t \cdot m > M_u \text{ O.K}$ - 소요철근 $A_s = 11.175cm^2$, 사용철근 $A_s = 15.888cm^2$ - 배력 소요철근량 $\text{소요철근 } A_s = 10.645cm^2, \text{ 사용철근 } A_s = 13.240cm^2$ - 사용성 검토 - 처짐검토 $\delta_{min} = 8.75cm < T = 25cm \text{ O.K}$ - 균열폭 검토 $W = 0.12mm < W_a = 0.16mm \text{ O.K}$
거더 설계	개요	- Steel Box Girder교(5경간 연속) - 하중반복횟수 - 특력하중 : 200 만회 이상 - 차선 하중 50 만회 이상 - 도로종류 : 고속도로 ADTT 2500만회
	사용성 검토	- 응력검토 2경간 $\Delta\delta_{si} = 456.8473kgf/cm^2 < 770kgf/cm^2 \text{ O.K}$ 3경간 $\Delta\delta_{si} = 446.507kgf/cm^2 < 770kgf/cm^2 \text{ O.K}$

2) 하부구조

구 분		내 용
교대	개요	- 교대형식 - 역T형 교대 - 말뚝기초 - 제원 - H=8.200m - B=5.000m
	A1 (강관파일) 안정 검토	- 전도 - 상부설치전 : $F_s = 3.23 > 2.0$ O.K - 상부설치후 : $F_s = 4.14 > 1.2$ O.K - 지진시 : $F_s = 2.7 > 2.0$ O.K

구 분		내 용
교대	A1 (강관파일) 안정 검토	◦ 활동 - 상부설치전 : $F_s = 0.93 < 1.5$ N,G - 상부설치후 : $F_s = 1.45 < 1.5$ N,G - 지진시 : $F_s = 0.94 < 1.2$ O.K - 파일기초로 설계 ◦ 벽체 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 85.705t \cdot m$ - 철근량 산정 $\phi M_n = 150.237t \cdot m > M_u$ O.K 소요철근 $A_s = 38.080cm^2$, 사용철근 $A_s = 50.670cm^2$ - 전단력 검토 $\frac{1}{2}\phi S_c = 34.485t > S_u = 30.429t$ 전단철근 불필요 ◦ 흙벽 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 23.726t \cdot m$ - 철근량 산정 $\phi M_n = 29.145t \cdot m > M_u$ O.K 소요철근 $A_s = 23.086cm^2$, 사용철근 $A_s = 28.650cm^2$ - 전단력 검토 $\frac{1}{2}\phi S_c = 12.070t > S_u = 10.872t$ 전단철근 불필요 ◦ 앞굽 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 73.571t \cdot m$ - 철근량 산정 $\phi M_n = 100.839t \cdot m > M_u$ O.K 소요철근 $A_s = 37.371cm^2$, 사용철근 $A_s = 38.710cm^2$ - 전단력 검토 $\phi S_c = 60.349t < S_u = 71.699t$ 전단철근 필요 소요철근 $A_v = 1.544cm^2$, 사용철근 $A_v = 5.958cm^2$ ◦ 뒷굽 단면검토 - 설계모멘트 : $M_u = 49.849t \cdot m$ - 철근량 산정 $\phi M_n = 105.772t \cdot m > M_u$ O.K 소요철근 $A_s = 23.9841cm^2$, 사용철근 $A_s = 38.710cm^2$ - 전단력 검토 $\frac{1}{2}\phi S_c = 31.611t < S_u = 39.365t$ 최소전단철근 필요 소요철근 $A_v = 3.500cm^2$, 사용철근 $A_v = 5.958cm^2$

구 분		내 용
교 각	개 요	- 교대형식 π 형 교각 - 확대기초 - 제원 - H=34.9m(기초 : 2.5m, 코핑 : 2.5m) - 기둥 $\varphi=2.5m \times 2$ - B=12.0m(기초)
교 각	안정 검토	- 단면검토 - 모멘트 소요철근량 설계모멘트 : $M_u = 300.505t \cdot m$ - 모멘트철근 $\Phi M_n = 925.979t \cdot m > M_u$ O.K - 소요철근 $A_s = 147.900cm^2$, 사용철근 $A_s = 154.176cm^2$ - 전단철근 $\frac{1}{2}\Phi S_n = 172.425t < S_u = 293.624t$ 최소전단철근 필요 사용철근 $A_s = 11.916cm^2$

2.2.2 설계도면 검토

본 교량은 총연장 255.0m(1@45.0m+3@55m+1@45.0m)이며, 상부구조는 5경간의 STB 형식으로써, 교각의 주형식은 π 형이고 기초는 직접기초로 이루어져 있으며, 교대의 형식은 역 T형이고 기초는 강관파일기초로 시공되어 있다.

교량에 대한 현황조사 결과, 주요부재(Steel Box Girder, 강재두께, 폭, 연장 등)는 설계도면과 대부분 일치하는 것으로 확인되었다.

【표 2-3】 설계도면 검토 결과

구 분		검토 내용	
		내서방향	여주방향
제 원		- 형식 : Steel Box Girder - 길이 : 255.0m - 폭 : 12.14m	
구 배	종구배	0.85% (A2방향)	
	횡구배	A1 : 2.003% (좌측방향) P1, P2, P3 : 2.000% (좌측방향) P4 : 2.093% (좌측방향) A2 : 2.215% (좌측방향)	A1 : 2.000% (좌측방향) P1, P2, P3 : 2.000% (좌측방향) P4 : 2.112% (좌측방향) A2 : 2.219% (좌측방향)

【표 2-3】 설계도면 검토 결과(계속)

구 분		검토 내용	
		내서방향	여주방향
방호벽		◦ H=1.08m ◦ B=0.45m/0.23m	◦ H=0.89m ◦ B=0.275m/0.09m
증분대		◦ H=0.89m ◦ B=0.275m/0.09m	
배수구	제 원	◦ D=0.15m ◦ H=Steel Box Girder에서 밑으로 0.1m이상, 슈위치는 0.3m이상	
	배수구 개소	◦ S1 : 3개소 ◦ S2 : 4개소 ◦ S3 : 3개소 ◦ S4 : 4개소 ◦ S5 : 3개소	
아스팔트 포장두께		t=80mm	
Steel Box Girder	강재두께	◦ 강상형 본체 : 12~22mm ◦ 강상형 리브 : 12~20mm	
교좌장치 배치		+ + + + + + + + - - · · - - + + + - A1 P1 P2 P3 P4 A2	
연단거리	A1	표기되어 있지 않음	
	A2		

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

본 조사지역은 행정구역상 충북 중주시 노은면 문성리~이류면 완오리 일원으로 설계구간의 우측에는 시점부를 향하여 북서방향으로 흐르는 남한강이 가까이 위치하고 있으며, 서쪽방향으로는 평풍산(△395.6m), 자주봉산(△483.6m) 및 남산(△404.1m)이 위치하고 있고, 남쪽방향으로는 분지내에 이루어진 도심지인 주덕읍이 위치한다.

본 조사지역의 특색은 설계시점부는 북고남저형의 지형이며, 설계중점부는 북저남동고의 지형을 나타내고 대체로 준평원에 가까운 구릉성산지를 형성하고 있다.

나. 지질

본 조사지역의 지질은 중생대 백악기에 있었던 대심성관입작용으로 형성된 충주화강암에 의하여 지배되어 이 화강암과 광역변성된 지층 및 암맥들로 구성되어 분포한다,

선캠브리아기의 펄마암류를 최고기암으로하여 이를 부정합으로 덮는 고생대 오도비스기의 고운리층, 이를 부정합으로 덮는 선옥천층군의 시대미상인 변성퇴적층인 충주층군, 천등산층 및 서창리층이 있다. 선옥천층군의 모든 층만을 관입하고 있는 고기각섬암이 옥천층군 및 그 후기지층을 제외하고는 도처에 소규모 산재한다. 이를 부정합으로 특히 서창리층과는 뚜렷한 부정합으로 피복하는 옥천층군이 본 조사지역 동부에 소규모 분포한다, 중생대 백악기의 화강암류는 이를 모든 암층을 관입하였으며, 분화과생암인 암맥들로 구성되어 있다. 이들 화성암은 조사지역 내에 분포하는 전 지층을 관입하여 저지층이 거의 규화되었으며, 특히 충주층군의 계명산층은 장기간에 걸친 산박작용의 결과 Roof pendant를 잔존되며 화강암체의 지반이 드러나 있다. 저반을 형성하고 있는 것은 주로 흑운모화강암이며, 각섬석 화강암, 백운모 화강암과 소규모의 양 운모 화강암은 비교적 얇은 산에만 나타난다, 한편 흑운모가 거의 없고 괴상인 화강암은 비교적 높은 산에 분포한다.

결성질석회암층인 고운리층이 조사지역 서부에 분포하며, 변질천매암층인 서창리층은 계명산층, 향상돌로마이트석회암층, 대향산규암층으로 세분되어 분포한다. 시대미상의 옥천층군은 함력천매암질암과 녹니석편암으로 구성되어 있으며, 하부로부터 북노리층, 명오리층, 황강리층, 문주리층으로 세분되어 NNE 방향을 크고 작은 향사구조를 가지며 조사지역의 동부에 널리 분포한다. 백악기 북국사층군의 화성암류는 조사지역 전지역에 광범위하게 분포하며 저반을 형성하고 있다. 화성암류는 우백질 화강암인 young granite인 흑운모화강암이며, 이밖에 각섬석 화강암, 화강암반과 이들의 분포과생암맥이 북북동내지 북북서 방향으로 설계시점쪽, 중심부 및 중점쪽에 밀집되어 분포한다. 본 조사지역에 부존하는 모든 광상중 철광상을 제외한 비철금속, 비금속, 금·은광상은 규모로 보아 대광상은 거의 없고 특히 충주광산, 금곡광산 갭내에 관찰할 수 있는 기술한 화강암들은 부분적으로 미약한 재결정작용을 박은 흔적이 있으나, 일반적으로 철광층을 단지 절단하고 있음이 보통이다.

본 조사지역의 설계시점부 및 중심부는 목겨도폭을, 중심부 및 설계중점부로는 충주도폭을 일괄하여 지질계통도를 나타내면 다음과 같다.

【표 2-4】 본 조사지역 지질계통도

지질시대 (대구분)	지질시대 (세구분)	지층명		층 군	누층군
신생대	제4기				
부정합					
등생대	백악기	석영맥		불국사층군	경상누층군
		염기성암맥			
		규정암			
		화강반암			
		각섬석회강암			
		흑운모화강암			
-관입-					
시대미상			문주리층	옥천층군	
			황강리층		
			명오리층		
			북노리층		
	부정합			-관계불명-	
	서창리층	대향산규암		충주층군	
		향산리돌로마이트석회암			
		계명산층			
		부정합		-관계불명-	
고생대	오도비스기	고운리층		대석회암층군	조선누층군
		부정합			
선캄브리아기		편마암류			

다. 지층상태

연장 268m로 계획된 본 교량에서는 BB-52 ~ BB-57 총 6개소에서 시추되었다. 지층상태는 상부로부터 표토층(매립토층), 퇴적토층, 풍화잔류토층, 풍화암층, 연암층 순으로 구성되어 있으며, 지층구성 상태는 다음과 같다.

1) 표토층

본 표토층은 본 교량이 설치될 A1(BB-52)~P2(BB-54), A2(BB-57) 지점의 상부에서 출현되며, 상부에서 1.2~1.9m의 층후로 분포한다. 토성은 실트섞인 모래, 실트섞인 세립의 모래이다. 이며, 표준관입시험에 의한 N치는 23/30 정도로 보통 조밀한 상대밀도를 갖는다. 본층에는 지하수위가 분포하지 않아 건조 상태를 갖는다. 색조는 갈색을 띤다.

2) 매립토층

본 퇴적토층은 유수의 운반 및 퇴적작용에 의해 형성된 층으로 본 교량이 설치될 P3, P4 지점에서만 심도 1.2m의 층후로 분포한다. 토성은 모래섞인 자갈이며, 통일분류법상 GW로 표기된다. 본 층 내에는 지하수위가 분포하지 않아 건조 상태이며, 색조는 갈색을 띤다.

3) 퇴적토층

본 퇴적토층은 유수의 운반 및 퇴적작용에 의해 형성된 층으로 본 교량이 설치될 P3(BB-55) 지점에서만 심도 1.2m에서 출현되며, 1.4m의 층후로 분포한다. 토성은 모래섞인 자갈이며, 통일분류법상 GW로 표기된다. 하부는 건조~습윤 상태를 갖는다. 색조는 갈색~황갈색을 띤다.

4) 풍화잔류토층

본 풍화잔류토층은 기반암이 오랜 풍화작용에 의해 완전히 토사화되어 원위치에 잔류되어 있는 층으로서 본 교량이 설치될 P2(BB-54), P3(BB-55) 지점에서 심도 1.4~2.6m에서 출현되며, 1.2~2.8m의 층후로 분포한다. 토성은 실트섞인 세립의 모래이며, 통일분류법상 SM으로 표기된다. 표준관입시험에 의한 N치는 30/30~50/13 정도로 조밀~매우 조밀한 상대밀도를 갖는다. BB-55지점에서는 지하수위의 영향으로 습윤(moist) 상태를 갖는다. 색조는 갈색~황갈색을 띤다.

5) 풍화암층

본 풍화암층은 기반암이 풍화되어 모암의 조직과 형태는 그대로 유지하고 있으나, 역학적 성질 및 화학적 조성이 상실되거나 변질된 상태의 풍화대로서 본 교량이 설치될 A1(BB-52), P2(BB-53), P3(BB-55)~A2(BB-57) 지점에서 심도 1.2~5.4m에서 출현되며, 대체로 풍화잔류토층 하부에서 1.6~9.6m의 층후로 분포한다. 토성은 굴진시 실트섞인 모래로 분해되며, 지반명은 WR로 표기된다. 표준관입시험에 의한 N치는 50/9~50/2 정도로 매우 조밀한 상대밀도를 갖는다. 코어회수율은 매우 낮은 편이며, 암석내부까지 풍화되어 광물이 변색되어 있고, 암석의 강도는 매우 불량하여 토공작업으로서 리핑(Ripping) 작업으로 절취가 가능하다. 색조는 갈색~회갈색을 띤다.

6) 연암층

본 연암층은 기반암이 풍화작용을 받아 구성성분이 다소 변질된 암층으로 암석 내부를 제외하고는 풍화가 진행되고 있는 층으로서 본 교량이 설치될 전지점에서 심도 2.6~14.6m에서 출현되며, 본 층 3.0~4.4m까지 시추되었다. 지반명은 SR로 표기된다. 균열 및 절리가 발달하여 대체로 파쇄상, 단주상 코어로 채취되며, TCR/RQD(%)는 18/0~32/6 정도로 암질의 상태가 불량하다. 색조는 갈색을 띤다.

2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

본 교량은 2003~2016년까지 한국도로공사에서 자체점검을 실시하였고, 2012년 (재)한국건설품질연구원에서 최초 정밀안전진단을 실시하였다. 또한, 시설물정보관리종합시스템(FMS)를 참고하여 정리하였다.

2.3.1 점검 및 진단이력

본 교량은 2003년 3월 실시한 정밀점검을 시작으로 2016년 04월 정기점검까지 공용기간 중 정기점검 21회, 정밀점검 6회, 정밀안전진단 1회 등을 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음 표와 같다.

【표 2-5】 내서방향 - 점검 이력 사항

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기	■ 2003.03.20.	자체수행	양호	- 구조물 전반, 교좌장치, 슬라브, 주형, 교면포장, 교대, 교각, 신축이음장치 - 균열 주의관찰, 추후 하자통보, 하자보수 시행
정기	■ 2003.09.22.	자체수행	양호	구조물 전반적으로 양호
정기	■ 2004.03.24.	자체수행	양호	구조물 전반적으로 양호
정밀	■ 2004.12.06.	자체수행	A등급	- A1교대 물고임 발생 - 침투수 배수관 연장
정기	■ 2005.05.12.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2005.10.13.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2006.04.10.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2006.10.09.	자체수행	A등급	양호
정기	■ 2007.06.13.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2007.11.28.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2008.04.08.	자체수행	A등급	- P4 코핑상단파손 - 면보수
정기	■ 2008.08.20.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2009.06.01.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2009.09.30.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2010.06.16.	자체수행	A등급	- 신축이음장치 유간 협착 - 신축이음장치 보수
정기	■ 2010.09.07.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2011.05.30.	자체수행	양호	양호

【표 2-5】 내서방향 - 점검 이력 사항(계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기	■ 2011.11.30.	자체수행	양호	◦ 양호
정기	■ 2012.05.25.	자체수행	양호	◦ 양호
정기	■ 2012.08.16.	자체수행	보통	◦ 신축이음장치유간협착, 신축이음장치 파손 ◦ 신축이음장치 보수, 신축이음장치 교체
정밀 안전 진단	■ 2012.12.21.	(재)한국건설품질 연구원	C등급	◦ 바닥판// 하면 균열, 균열 및 백태, 열화, 파손 등·STB 박스 거더// 도장박리, 부식, 실링불량, 용접결함, 인분 및 소변배설, 케이블 도난 등· 교대// 균열 및 파손, 재료분리, 박락, 홍벽하단 녹발생, 실링재 열화, 볼트부식, 교대 이동 등· 교량받침// 소울 플레이트 도장박리 및 부식, 몰 탈/콘크리트 균열, 재료분리, 파손, 박락 등·신 축이음장치// 하부 누수(교대 홍벽 누수)·배수 구// 이물질 퇴적, 유도배수관 설치필요 등 ◦ 내구성 저하방지를 위해 균열보수 및 단면보 수 실시·도장박리, 녹발생 등의 손상 발생 부 위에 대해 방청 및 도장보수 실시·신축이음장 치 교체, 영구앵커공법, 유도배수관 설치 등
정밀	■ 2013.06.28.	자체수행	C등급	◦ 거더 : 볼트부 미세 부식 1개소, 교량받침 : 슈녹발생 1개소, 하부구조 : 날개벽 재료분리 1개소, 구체 균열 1개소 ◦ 거더 : 주의관찰, 교량받침 : 주의관찰, 하부구 조 : 재료분리. 주의관찰, 구체균열. 주입보수
정기	■ 2013.10.31.	자체수행	보통	◦ 거더 : 볼트부 미세 부식 1개소, 교량받침 : 슈 녹발생 1개소, 하부구조 : 날개벽 재료분리 1개소, 구체 균열 1개소 ◦ 거더 : 주의관찰, 교량받침 : 주의관찰, 하부구 조 : 재료분리. 주의관찰, 구체균열. 주입보수
정기	■ 2014.06.23.	자체수행	양호	◦ 거더// 도장박리 및 부식 .교대// 균열 및 표면 박리 .받침장치// 부식, 받침콘크리트균열 .중 분대 열화 ◦ 거더// 도장박리 및 부식 : 재도장 .교대// 균 열 및 표면박리 : 주입보수 및 표면처리 .받침 장치// 부식, 받침콘크리트 균열 : 재도장 및 주입보수 .중분대 열화 : 단면보수

【표 2-5】 내서방향 - 점검 이력 사항(계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정밀	■ 2014.09.18.	자체수행	B등급	◦.거더// 도장박리 및 부식 .교대// 균열 및 표면 박리 .받침장치// 부식, 받침콘크리트 균열 .중분대 열화 ◦.거더// 도장박리 및 부식 : 채도장 .교대// 균열 및 표면박리 : 주입보수 및 표면처리 .받침장치// 부식, 받침콘크리트 균열 : 채도장 및 주입보수 .중분대// 열화 : 단면보수
정기	■ 2015.03.16.	자체수행	양호	◦ 거더// .거더외부 볼트녹 .거더내부 도장탈리, 교량받침// .받침콘크리트 파손 .받침콘크리트 균열 .받침부식, 하부구조// .날개벽 박리 및 균열, 난간/중분대// .중분대 열화 ◦ 거더// .거더외부 볼트녹 : 채도장 .거더내부 도장탈리 : 채도장, 교량받침// .받침콘크리트 파손 : 단면보수 .받침콘크리트 균열 : 주입보수 .받침부식:채도장, 하부구조// .날개벽 박리 및 균열 : 주입보수, 난간/중분대// .중분대 열화 : 단면보수
정기	■ 2015.11.05.	자체수행	양호	◦ 거더// .부식, 바닥판// .열화 .균열 .들뜸, 교량 받침// .부식 .균열, 하부구조// .균열, 신축이음 // .균열 .파손 .누수, 난간/중분대// .박리 .열화 .균열 ◦ 거더// .부식 : 채도장, 바닥판// .열화 : 단면보수 .균열 : 주입보수 .들뜸 : 단면보수, 교량 받침// .부식 : 채도장 .균열 : 표면보수, 하부구조// .균열 : 주입보수, 신축이음// .균열 : 표면보수 .파손 : 단면보수 .누수 : 누수 방지시설 설치, 난간/중분대// .박리 : 표면보수 .열화 : 단면보수 .균열 : 표면보수
정기	■ 2016.04.18.	자체수행	양호	◦ 거더 : 도장부식 .바닥판 : 들뜸, 열화, 균열 .교량받침 : 강재부식 .난간/중분대 : 열화, 균열, 박리, 잡철물 ◦ 거더 : 채도장 .바닥판 : 단면보수, 주입보수 .교량받침 : 채도장 .난간/중분대 : 단면보수, 주입보수, 표면처리

【표 2-6】 여주방향 - 점검 이력 사항

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기	■ 2003.03.20.	자체수행	양호	- 구조물 전반, 교좌장치, 슬라브, 주형, 교면포장, 교대, 교각, 신축이음장치 - 균열 주의관찰, 추후 하자통보, 하자보수 시행
정기	■ 2003.09.22.	자체수행	양호	- 구조물 전반적으로 양호 - 지속점검
정기	■ 2004.03.24.	자체수행	양호	구조물 전반적으로 양호
정밀	■ 2004.12.06.	자체수행	A등급	구조물 전반적으로 양호
정기	■ 2005.05.12.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2005.10.11.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2006.04.10.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2006.10.09.	자체수행	A등급	양호
정기	■ 2007.06.13.	자체수행	양호	- A2 교대 보호블럭 침하 - 보호블럭 재시공, 하자통보
정기	■ 2007.11.28.	자체수행	양호	양호
정밀	■ 2008.04.08.	자체수행	A등급	양호
정기	■ 2008.08.20.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2009.06.01.	자체수행	양호	양호
정기	■ 2009.09.30.	자체수행	양호	- A1 후타 콘크리트파손(부속시설물점검이상무) - 후타 콘크리트보수
정밀	■ 2010.07.09.	자체수행	A등급	- 신축이음장치 유간 협착 - 신축이음장치 보수
정기	■ 2010.09.07.	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	- 후타콘크리트 파손, 신축이음장치 파손 - 후타콘크리트 보수, 신축이음장치 교체

【표 2-6】 여주방향 - 점검 이력 사항(계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정밀 안전 진단	■ 2012.12.21.	(재)한국건설품질 연구원	C등급	바닥판// 하면 균열, 망상균열, 백태, 열화, 배수관 볼트부식 등·STB 박스 거더// 도장박리 및 부식, 모재변형, 용접결함, 실링불량, 케이 블 도난 등·교대/교각// 콘크리트 균열, 누수 흔적, 체수, 백태, 들뜸, 녹발생, 파손 및 철근 노출, 교대 이동 등·교량받침// 소울 플레이트 부식, 몰탈/콘크리트 균열, 녹발생, 누수흔적, 재료분리 등·신축이음장치// 하부 누수(교대 흙벽 누수)·배수파이프 길이 부족, 배수관 볼트 부식, 곡관설치 누락 등
				내구성 저하방지를 위해 균열보수 및 단면보수 실시·도장박리, 녹발생 등의 손상 발생 부위에 대해 방청 및 도장보수 실시·신축이음장치 교체, 영구앵커공법, 교대 누수손상에 대해 배수로/흙통 설치, 배수파이프 길이연장 등
정밀	■ 2013.06.28.	자체수행	C등급	바닥판 : 백태, 신축이음 : 후타 콘크리트 파손 및 누수
				바닥판 : 주의관찰, 신축이음 : 단면보수 및 누수보완
정기	■ 2013.10.31.	자체수행	보통	바닥판 : 백태, 신축이음 : 후타 콘크리트 파손 및 누수
				바닥판 : 주의관찰, 신축이음 : 단면보수 및 누수보완
정기	■ 2014.06.23.	자체수행	양호	- 거더// 내·외부도장박리 - 교대 및 교각// 균열, 백태, 열화, 표면박리 - 받침장치// 부식, 받침콘크리트 균열 - 중분대// 표면박리
				- 거더// 내·외부 도장박리 : 재도장 - 교대 및 교각// 균열, 백태, 열화, 표면박리 : 표면처리 및 주입보수 - 받침장치// 부식, 받침콘크리트 균열 : 재도장 및 표면처리 - 중분대// 표면박리 : 표면처리

【표 2-6】 여주방향 - 점검 이력 사항(계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정밀	■ 2014.09.19.	자체수행	B등급	◦ 거더// 내·외부도장박리 ◦ 교대 및 교각// 균열, 백태, 열화, 표면박리 ◦ 받침장치// 부식, 받침콘크리트 균열 ◦ 충분대// 표면 박리 ◦ 거더// 내·외부도장박리 : 채도장 ◦ 교대 및 교각// 균열, 백태, 열화, 표면박리 : 표면처리 및 주입보수 ◦ 받침장치// 부식, 받침콘크리트 균열 : 채도장 및 표면처리 ◦ 충분대// 표면박리 : 표면 처리
정기	■ 2015.03.16.	자체수행	양호	◦ 거더// .거더외부 도장박리 .거더내부 도장박리 ◦ 교량받침// .받침부식 ◦ 하부구조// .기둥부 균열 .코핑부 열화, 백태 ◦ 신축이음// .신축이음장치누수 ◦ 배수시설// .배수관 길이부족 ◦ 거더// .거더외부 도장박리 : 채도장 .거더내부 도장박리 : 채도장 ◦ 교량받침// .받침부식 : 채도장 ◦ 하부구조// .기둥부 균열 : 주입보수 .코핑부 열화, 백태 : 단면보수 ◦ 신축이음// .신축이음장치누수 : 배수호통 설치 ◦ 배수시설// .배수관 길이부족 : 길이연장
정기	■ 2015.11.05.	자체수행	양호	◦ 거더// .도장 부식 ◦ 바닥판// .균열 ◦ 교량받침// .부식 ◦ 하부구조// .백태 .균열 ◦ 신축이음// .균열 .파손 .누수 ◦ 난간/충분대// .박리 ◦ 거더// .도장 부식 : 채도장 ◦ 바닥판// .균열 : 표면보수 ◦ 교량받침// .부식 : 채도장 ◦ 하부구조// .백태 : 표면보수 .균열 : 표면보수 ◦ 신축이음// .균열 : 표면보수 .파손 : 단면보수 .누수 : 누수 방지시설 설치 ◦ 난간/충분대// .박리 : 표면보수
정기	■ 2016.04.18.	자체수행	양호	◦ 거더 : 부식 ◦ 교량받침 : 강재부식 ◦ 신축이음 : 누수 ◦ 난간/충분대 : 충분대 표면박리 ◦ 거더 : 채도장 ◦ 교량받침 : 채도장 ◦ 신축이음 : 누수방지 시설설치 ◦ 난간/충분대 : 표면처리

2.3.2 기존 진단 실시결과

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

【표 2-7】 내서방향 - 정밀안전진단 결과분석

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외 관 조 사 결 과	바닥판	- 우측 캔틸레버부 유공관 주변과 지점부(A1/A2측) 바닥판 하면 Deck Plate에 백태가 발생되었으며, 유공관 주변은 표면열화가 동반된 상태이다. 이는 지점부 신축이음과 유공관을 통한 우수유입, 내부 콘크리트 백태 노출 등이 원인으로 유공관 주변 백태 및 열화는 표면보수, Deck Plate 백태는 주의관찰이 요망된다. - A2측 지점부 좌측 캔틸레버 단부에 교대의 신축거동, 신축이음을 통한 우수유입으로 인한 국부 파손이 조사되었으며, 단면보수가 요망된다.	
	거 더 (STB)	- 거더 내·외부에 발생된 도장박리 및 부식은 도장 전처리 불량과 우수유입, 작업 간 인위적 충격과 굽힘이 주요 원인으로 판단되며, 녹제거 후 재도장을 실시함이 바람직할 것으로 판단된다. - 거더 내부 Splice 일부에서 실링불량이 발생되었으며, 외부 우수유입을 방지하기 위해 실링불량부 실링처리가 요망된다. - 거더 내부에 전체적으로 케이블 도난이 발생되어 재설치가 요망된다.	
	가로보 세로보	가로보와 세로보는 대체로 양호한 상태이나, 가로보에 시공 중 충격 및 굽힘으로 인한 국부 도장박리 및 부식이 조사되어 녹제거 후 재도장이 요망된다.	
	교 대	- 교대 구체 및 홍벽, 날개벽에서 건조수축과 단면변화부 응력집중으로 인한 수직·수평균열($cw=0.1\sim0.2mm$) 및 망상균열($cw=0.1mm$)이 발생되어, 표면보수가 요망된다. - 교대 홍벽 및 구체에 누수흔적 및 백태, 체수가 조사되었으며, 이는 신축이음부를 통한 우수유입이 원인으로, 교대 상면 유도배수로 설치와 배수관 및 홈통설치가 요망된다. - 홍벽과 구체, 교대 날개벽에 국부파손과 재료분리, 박락이 발생되었으며, 홍벽 하단 녹발생이 조사되었다. 국부파손과 재료분리는 단면보수하고, 철근부식으로 추정되는 박락, 녹발생 손상은 철근 방청을 통한 단면보수가 요망된다. - A2 압성토에 다짐불량 및 교란으로 인한 블록 이격이 조사되었으나, 보수의 필요성은 없을 것으로 판단되어 주의관찰 한다. - 성토다짐에 의한 교대 이동이 추정되어 지속적인 교대 기울기 측정을 통해 교대 이동의 진행성을 판단한 후 적절한 보강이 요망된다.	

【표 2-7】 내서방향 - 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외 관 조 사 결 과	교 각	- 코핑부 및 기둥부에 발생된 균열($cw=0.3\sim1.0\text{mm}$)은 건조수축과 시공이음 등으로 인해 발생된 손상으로 판단되며, 특히 P4 코핑부 상면에 발생된 균열($cw=1.0\text{mm}$)은 시공초기 거푸집 제거 시 충격 등으로 생긴 균열손상으로 판단되어 $cw=0.5\text{mm}$이하 균열은 주입보수, $cw=1.0\text{mm}$이상 균열은 충전보수가 필요할 것으로 판단된다. - P2 코핑부와 P1/P4 기둥부에 국부적으로 누수흔적, 백태가 조사되었으며, 이는 상부구조 유공관을 통한 우수유입과 콘크리트 내부 백태 노출로 인하여 발생된 손상으로 판단되어 표면보수가 요망된다. - P4 코핑부 안전점검통로 앵커볼트 부식이 일부 조사되어, 녹제거 후 도장처리가 요망된다.	
	받침장치	- 소울플레이트 도장박리 및 부식, 체결볼트 도장박리가 일부 조사되었으며, 이는 신축이음부와 외측면을 통한 우수유입 및 공용 중 열화가 원인으로 판단되어 녹제거 후 재도장이 요망된다. - 받침의 가동상태는 교대 A1측 받침장치의 가동여유량이 허용변위를 초과한 상태로 조사되었으나, 실측한 서스팬여유량이 계산 필요 가동량을 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)/A2(J2) 신축이음장치는 과업 수행 중 보수를 실시하여 필요유간을 만족하였으나, 하부 교대홍벽 누수가 발생하는 상태로 교대 보수방안과 연계하여 보수가 필요하며, 추가 손상발생 유무에 대해 지속적인 주의관찰과 함께 장기적으로 A1(J1)/A2(J2)측 신축이음장치 교체가 요망된다.	
	교면포장	- 포장면의 코어채취조사 결과, 포장부($T=70\text{mm}$)와 방수층($T=5\text{mm}$)의 상태는 양호한 것으로 조사되었다. - 교면포장 상면에서 일부 포트홀 보수부와 소파보수부가 조사되었으나, 보수상태가 양호하였고, 균열이나 소성변형, 포트홀 등 특이사항이 없는 전반적으로 양호한 교면포장상태를 나타냈다.	
	배수시설	- 유공관 주변 누수흔적 및 백태와 우수유입을 통한 교각 상면에 2차 손상을 초래하고 있는 상태로, 유도배수관 설치가 요망된다. - 배수파이프 길이부족 구간은 없는 상태이며, 배수파이프 끝단에 곡관설치가 되어 있는 양호한 상태로 조사되었다.	
	방호벽 및 방음벽	- 방호벽에 발생된 수직 및 수평균열($cw=0.1\sim0.5\text{mm}$), 망상균열($cw=0.1\sim0.2\text{mm}$)은 건조수축 및 온도변화에 따른 콘크리트 신축으로 인하여 발생된 손상으로 판단되며, 국부적으로 발생된 균열 및 백태($cw=0.1\sim0.3\text{mm}$)는 균열부 우수침투를 통해 콘크리트 내부 백태가 노출된 것으로 판단되어, $cw=0.3\text{mm}$이상 균열에 대해 주입보수가 요망된다. - S1/S5 우측 방호벽에서 덮개 볼트탈락이 조사되었으며, 이는 온도변화에 따른 콘크리트 신축 간 발생된 손상으로 판단되어 재설치가 요망된다.	

【표 2-7】 내서방향 - 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분		외관조사 요약 및 검토의견		비고																									
내구성 시험 결과	압축강도 조사	◦ 반발경도법 및 초음파법에 의한 콘크리트 강도조사 결과는 모두 설계기 준강도를 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.																											
	철근배근 탐사조사	◦ 철근간격은 준공도면과 일치하는 것으로 조사되었으나, 일부 하부구조에 서 피복두께부족부가 조사되어 주의관찰을 요한다.																											
	탄산화 시험	◦ 탄산화로 인한 콘크리트 내의 철근부식 가능성은 없는 것으로 조사되었 다.																											
	염화물함 유량시험	◦ 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없는 것으로 분석되었다.																											
	균열깊이 조사	◦ 균열깊이 조사 결과 측정 깊이가 설계 피복두께를 초과하여 보수·보강 이 필요한 것으로 판단되었다.																											
강재 시험 결과	초음파 탐상 시험	◦ 구조물의 용접 상태는 양호한 것으로 평가되었다.																											
	도막 두께 측정	◦ 도막두께 측정값은 모든 위치에서 도로교 표준시방서 기준값을 상회하 는 것으로 조사되어 양호한 상태로 평가되었다.																											
상태평가 결과		◦ C등급(환산점수 : 0.270)																											
안전성평가 결과		<table><tr><th colspan="2">안전성평가 수행 부재</th><th>해석방법</th><th>안전성평가 결과 요약</th><th>안전율</th><th>안전성 평가 결과</th></tr><tr><td rowspan="2">상 부 구조</td><td>바닥판</td><td>강도설계법</td><td>◦ $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{105.961}{69.592} = 1.523$</td><td>1.0이상</td><td rowspan="4">A</td></tr><tr><td>거더</td><td>허용응력 설계법</td><td>◦ $\frac{f_a}{f} = \frac{218.5}{187.484} = 1.165$</td><td>1.0이상</td></tr><tr><td rowspan="2">하 부 구조</td><td>교대</td><td rowspan="2">강도설계법 허용응력 설계법</td><td>◦ 단면 휨 설계검토 양호 ◦ 말뚝 및 기초검토 양호</td><td>1.0이상</td></tr><tr><td>교각</td><td>◦ 기둥의 단면검토 양호 ◦ 직접기초의 안정성 양호</td><td>1.0이상</td></tr></table>				안전성평가 수행 부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성 평가 결과	상 부 구조	바닥판	강도설계법	◦ $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{105.961}{69.592} = 1.523$	1.0이상	A	거더	허용응력 설계법	◦ $\frac{f_a}{f} = \frac{218.5}{187.484} = 1.165$	1.0이상	하 부 구조	교대	강도설계법 허용응력 설계법	◦ 단면 휨 설계검토 양호 ◦ 말뚝 및 기초검토 양호	1.0이상	교각	◦ 기둥의 단면검토 양호 ◦ 직접기초의 안정성 양호	1.0이상
안전성평가 수행 부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성 평가 결과																								
상 부 구조	바닥판	강도설계법	◦ $\frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{105.961}{69.592} = 1.523$	1.0이상	A																								
	거더	허용응력 설계법	◦ $\frac{f_a}{f} = \frac{218.5}{187.484} = 1.165$	1.0이상																									
하 부 구조	교대	강도설계법 허용응력 설계법	◦ 단면 휨 설계검토 양호 ◦ 말뚝 및 기초검토 양호	1.0이상																									
	교각		◦ 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, 영구앵커공법, 유도배수관 설치 등																											
종합결론		◦ 내서방향 -은 고속국도 45호선(중부내륙선, 이점 228.640km)상의 충청 북도 충주시 가금면 용전리에 위치하고, 2002년 12월 20일에 준공되 었으며, 내진 1등급으로 설계된 1종 교량이다. ◦ 본 과업은 2002년도 준공 이후 금회 10년이 경과된 구조물에 대하여 최초로 실시하는 정밀안전진단 용역으로써 외관조사 및 내구성 조사, 구조해석 결과를 토대로 종합적으로 평가해 볼 때, 구조물의 안전성에는 문제가 없는 것으로 평가되었으며, 발생한 손상은 공용중의 안전성 은 확보되나 시설물의 사용성 및 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다. ◦ 내서방향 -에 대한 안전등급은 ‘C등급(보통)’ 으로 평가되어, 조사된 일부 손상에 대해 앞서 제시한 보수방안과 유지관리방안을 충실히 수행 한다면 1등급교로서의 기능을 유지하는데 이상이 없을 것으로 판단된다.																											

【표 2-8】 여주방향 - 정밀안전진단 결과분석

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외 관 조 사 결 과	바닥판	◦ 캔틸레버부에 발생된 횡방향균열(cw=0.1mm)과 망상균열(cw=0.1mm)은 시공초기 건조수축으로 인하여 발생된 균열로 판단되며, 표면보수가 요망된다. ◦ 우측 캔틸레버부 배수관 주변과 지점부(A1/A2측) 바닥판 하면 및 Deck Plate에 백태가 발생되었으며, 배수관 주변 표면열화와 볼트부식이 동반된 상태이다. 이는 지점부 신축이음과 교대 접합부, 배수관을 통한 우수유입, 내부 콘크리트 백태 노출 등이 원인으로 배수관 주변 백태 및 열화는 표면보수 후 코킹처리가 요망되며, 볼트부식은 주의관찰하도록 한다.	
	거 더 (STB)	◦ 거더 내부에 발생된 도장박리 및 불량, 부식(볼트부식 포함)은 도장 전처리 불량과 Splice부 소변배설이 주요 원인으로 판단되어 녹제거 후 재도장이 요망된다. ◦ 거더 내부 Splice 일부에서 실링불량이 발생되었으며, 외부 우수유입을 방지하기 위해 실링불량부 실링처리가 요망된다. ◦ 거더 내부에 전체적으로 케이블 도난이 발생되어 재설치가 요망된다. ◦ 거더 외부 G1 지점부(A1측) 하부플랜지 및 거더내부에 인위적 충격으로 인한 부재 변형과 공용 중 맨홀뚜껑 볼트풀림이 1개소 조사되었으나, 손상정도가 경미하여 주의관찰이 요망된다.	
	가로보 세로보	◦ S2-G1/2-CB14 가로보와 S5-G1/2-ST45 세로보에 국부 도장박리 및 부식이 조사되어 녹제거 후 재도장이 요망된다.	
	교 대	◦ 진단과업 수행 중 교대 A1측 신축이음장치(강팽거 죠인트) 교체를 실시하였으나, 시공미흡으로 인해 누수흔적과 체수가 발생되어 교대 A1측 상면 유도배수로 설치와 배수관 및 홈통설치가 요망된다. ◦ 교대 A2측 신축이음부 누수로 인하여 누수흔적, 백태, 체수가 발생되어 교대 상면 유도배수로 설치가 필요하며, 백태부 표면보수가 요망된다. ◦ 성토다짐에 의한 교대 이동이 추정되어 지속적인 교대 기울기 측정을 통해 교대 이동의 진행성을 판단한 후 적절한 보강이 요망된다.	
	교 각	◦ 코핑부 및 기둥부에 발생된 균열(cw=0.3~1.0mm)은 건조수축과 시공이음 등으로 인해 발생된 손상으로 판단되며, 특히 P2 코핑부에 발생된 cw=1.0mm의 균열은 상부 구조 유공관에서 떨어지는 우수로 인하여 파손부에 발생된 손상으로 판단되어 균열 폭에 따라 cw=0.5mm이하 균열은 주입보수를 실시하고, cw=1.0mm이상 균열은 충전보수가 요망된다.	
	받침장치	◦ 소울플레이트 도장박리 및 부식, 체결볼트 부식이 일부 조사되었으며, 이는 신축이음부와 외측면을 통한 우수유입 및 공용 중 열화가 원인으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이 요망된다. ◦ 받침콘크리트에 누수흔적, 녹발생, 파손, 재료분리 및 균열(cw=0.3mm 미만) 등이 조사되었으나, 보수의 필요성은 없을 것으로 판단되어 주의관찰이 요망된다. ◦ 받침의 가동상태는 가동여유량 및 실측 서스판여유량이 계산 필요가동량을 만족하고 있는 것으로 분석되었다. ◦ 본 교량은 필요 연단거리를 만족하는 양호한 상태이다.	

【표 2-8】 여주방향 - 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외 관 조 사 결 과	신축이음	신축이음장치 유간을 종합적으로 비교·분석한 결과, A1(J1)/A2(J2) 신축이음장치는 과업 수행 중 교체와 보수를 실시하여 필요유간을 만족하였으나, 하부 교대홍벽 누수가 발생하는 상태로 교대 보수방안과 연계하여 보수가 필요하며, 추가 손상발생 유무에 대해 지속적인 주의관찰과 함께 장기적으로 A2(J2)측 신축이음장치 교체가 요망된다.	
	교면포장	- 포장면의 코어상태조사 결과, 공극이나 골재분리 등의 특이사항은 없으며 방수층 또한 공극이 없는 양호한 상태로 조사되었다. - 교면포장 상면에서 시공불량(다짐불량), 다짐온도의 부적당, 다짐초기 균열 등으로 인해 아스팔트 균열이 조사되었으나, 손상정도가 경미하여 보수의 필요성은 없을 것으로 판단되어 지속적인 주의관찰이 요망된다.	
	배수시설	S3 지점부 양측에 설치되어 있는 배수파이프의 길이가 부족하여 안전점 검통로에 간섭이 되므로 배수파이프 길이 연장이 필요할 것으로 판단되며, A1측 배수파이프 곡관설치 누락이 조사되어, 곡관설치가 요망된다.	
	방호벽	- 방호벽에 발생한 수직 및 수평균열($cw=0.1 \sim 0.3mm$)은 건조수축 및 온도변화에 따른 콘크리트 신축으로 인하여 발생한 손상으로 판단되며, 국부적으로 발생한 균열 및 백태(일부 녹발생 포함, $cw=0.1 \sim 0.3mm$)는 균열부 우수침투를 통해 콘크리트 내부 백태와 녹물이 외부로 노출된 것으로 판단되어, $cw=0.3mm$이상 균열에 대해 주입보수가 요망된다. - 방호벽에 국부적으로 파손, 재료분리, 박리가 조사되었으며, 이는 콘크리트 신축과 임의 충격, 다짐불량, 공용 중 열화 등으로 인해 발생한 손상으로 판단되나, 손상정도가 경미하여 주의관찰 한다.	
내구성 시험 결과	압축강도 조사	반발경도법 및 초음파법에 의한 콘크리트 강도조사 결과는 모두 설계기 준강도를 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.	
	철근배근 탐사조사	철근간격은 준공도면과 일치하는 것으로 조사되었으나, 일부 하부구조에서 피복두께부족부가 조사되어 주의관찰을 요한다.	
	탄산화 시험	탄산화로 인한 콘크리트 내의 철근부식 가능성은 없는 것으로 조사되었다.	
	염화물함 유량시험	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없는 것으로 분석되었다.	
	균열깊이 조사	균열깊이 조사 결과 측정 깊이가 설계 피복두께를 초과하여 보수·보강이 필요한 것으로 판단되었다.	
강재 시험 결과	초음파 탐상 시험	구조물의 용접 상태는 양호한 것으로 평가되었다.	
	도막 두께 측정	도막두께 측정값은 모든 위치에서 도로교 표준시방서 기준값을 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 평가되었다.	
상태평가 결과		C등급(환산점수 : 0.274)	

【표 2-8】 여주방향 - 정밀안전진단 결과분석(계속)

구 분	외관조사 요약 및 검토의견						비고
안전성평가 결과	안전성평가 수행 부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성 평가 결과	A
	상 부 구 조	바닥판	강도설계법	$\circ \frac{\Phi M_n}{M_u} = \frac{105.961}{69.592} = 1.523$	1.0이상		
		거더	허용응력 설계법	$\circ \frac{f_a}{f} = \frac{218.5}{187.336} = 1.166$	1.0이상		
	하 부 구 조	교대	강도설계법 허용응력 설계법	$\circ$ 단면 휨 설계검토 양호 $\circ$ 말뚝 및 기초검토 양호	1.0이상		
		교각		$\circ$ 기둥의 단면검토 양호 $\circ$ 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, 영구앵커공법, 교대 누수손상에 대해 배수로/흙통 설치, 배수파이프 길이연장							
종합결론							
◦ 여주방향은 고속국도 45호선(중부내륙선, 이점 228.640km)상의 충청북도 충주시 가금면 용전리에 위치하고, 2002년 12월 20일에 준공되었으며, 내진 1등급으로 설계된 1종 교량이다. ◦ 본 과업은 2002년도 준공 이후 금회 10년이 경과된 구조물에 대하여 최초로 실시하는 정밀안전진단 용역으로써 외관조사 및 내구성 조사, 구조해석 결과를 토대로 종합적으로 평가해 볼 때, 구조물의 안전성에는 문제가 없는 것으로 평가되었으며, 발생한 손상에 대해 공용중의 안전성은 확보되나 시설물의 사용성 및 내구성 확보를 위한 보수가 필요하다. ◦ 여주방향에 대한 안전등급은 ‘C등급(보통)’ 으로 평가되어, 조사된 일부 손상에 대해 앞서 제시한 보수방안과 유지관리방안을 충실히 수행한다면 1등급교로서의 기능을 유지하는데 이상이 없을 것으로 판단된다.							

가. 기 진단(2012년)시 측방유동 검토 결과

용전2교(내서) 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.

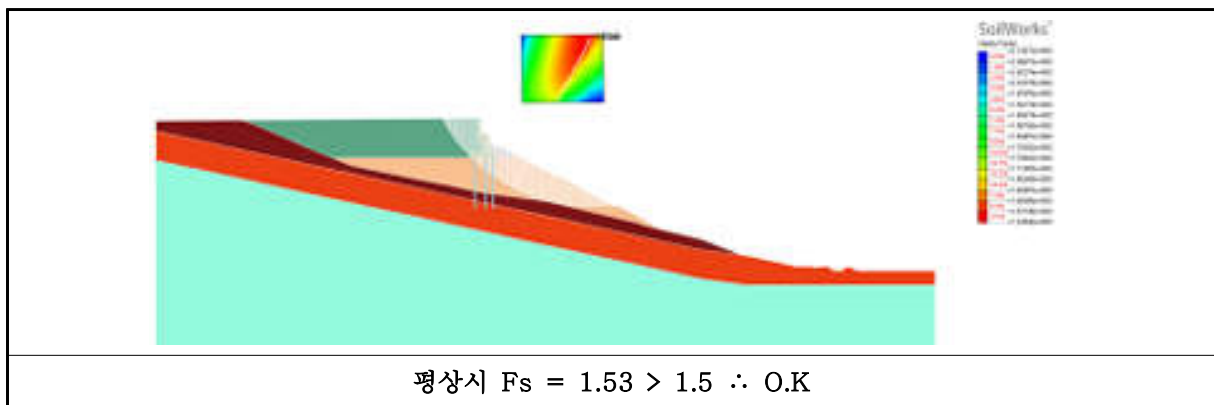
1) 적용 물성치

적용 물성치는 설계도서를 참고하여 다음과 같이 결정하였다.

【표 2-9】 적용 물성치

구 분	습윤단위중량(kN/m³)	포화단위중량(kN/m³)	점착력(kN/m²)	내부마찰각
실트표층	19	20	20	30
풍화암	20	21	30	30
연 암	23	24	30	30
성토층	19.5	20.5	15	25

2) 검토결과



【그림 2-2】 한계평형법에 의한 측방유동의 안정성(A1 교대)

파괴원호에 따른 최소안전율은 교대 A1에서 $F_s = 1.53$ 로 나타났으며, 허용치인 1.5를 상회하므로 교대는 측방유동의 가능성은 없는 것으로 판단된다. 따라서, 본 교량의 신축이음 협착은 해석적인 측면에서 보다 주변현상을 바탕으로 향후 장기적인 관찰이 필요할 것으로 판단된다.

2.4 보수 · 보강 이력

【표 2-10】 내서방향 - 보수 · 보강 이력사항

구 분	공사기간	설계자	시공자	공사구간	보수 · 보강 공법	공사금액 (천원)	비고
보수	2011.12.31.	—	—	신축이음장치(A1)	후타콘크리트	1,000	
	2012.12.31.	—	—	신축이음장치(A1)	스트립셀	4,830	
		—	—	신축이음장치(A2)	스트립셀	4,830	
	2015.12.30.	—	—	신축이음장치(A1)	강팽거 조인트	32,486	
		—	—	신축이음장치(A2)	강팽거 조인트	32,486	

【표 2-11】 여주방향 - 보수·보강 이력사항

구 분	공사기간	설계자	시공자	공사구간	보수·보강 공법	공사금액 (천원)	비고
보수	2009.12.31.	-	-	신축이음장치 (A1)	후타콘크리트	500	
		-	-	신축이음장치 (A1)	후타콘크리트	1,000	
	2011.12.31.	-	-	신축이음장치 (A1)	후타콘크리트	1,000	
		-	-	신축이음장치 (A2)	후타콘크리트	1,000	
	2012.12.31.	-	-	신축이음장치 (A1)	후타콘크리트	170	
		-	-	받침 (A1)	도장	63	
		-	-	신축이음장치 (A1)	모노셀 조인트	33,063	
		-	-	신축이음장치 (A2)	스트립 셀	4,830	
		-	-	신축이음장치 (A2)	후타콘크리트	170	
		-	-	신축이음장치 (A2)	강평거 조인트	32,486	
	2015.12.30.	-	-	신축이음장치 (A2)	강평거 조인트	32,486	

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(여주~충주간)건설공사 일반보고서 제4공구 : 용전~완오(2002.12)” 보고서 검토결과 본 과업대상 교량인 용전2교(내서, 여주)는 내진 1등급으로 설계되어 있는 것으로 조사되었다.

2.5.1 교량 내진설계 기준

- 본 과업구간은 충청북도 충주시에 위치하고 있어 가속도 계수 $A=0.14$ 이며 내진등급은 1등급교에 해당된다.
- 지반조건은 II지역(지반계수 1.2)으로 설계하였다.
- 지방서 규정에 따라 상부구조, 교각 및 기초, 교대에 예외없이 내진설계를 적용하였다.
- 지진시 교량의 붕괴방지를 위해 낙교방지와 교각의 안정을 최대주안점으로 설계하였다.
- 구조적으로 허용하는 한 고정받침을 여러 개소에 사용하여 수평력을 분산시켜 현재 국내 생산 가능한 받침을 적용 하였다.
- 상부구조로부터 고정받침에 작용하는 수평력 산정과 수평력에 의한 교각 설계를 면밀히 하여야 한다. 설계시 받침에 수평력을 반드시 표시

2.5.2 내진설계 조건 및 검토

- 내진 1등급교로 단일모드 스펙트럼 해석을 적용한다.
- 상부 수평력을 받침이 저항할 수 있도록 수평력을 보강한 특수슈를 사용한다.
- 다경간 연속교량일 경우 고정단 교각에 작용하는 수평력이 너무 과다해지지 않도록 상부구조계 분리하거나 고정단 교각을 2개 이상을 주어 수평력을 교각의 강성비에 의해 분산시키고 온도변화 등의 거더 신축은 교각의 유연성에 의해 대처시키고 온도변화에 의한 축력을 상부거더에 흡수시킨다.

【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 $K_h = A / 2 = 0.070 \text{ (변위를 허용한 독립교대)}$ ※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 : $\theta_0 = \tan^{-1}(K_h / 1 - K_v)$ ※연직가속도계수(K_v)는 고려하지 않음 3) 토압계수의 계산: 지진시($\phi=35.0^\circ$)

【표 2-12】 내진설계 조건(계속)

구 분		내 용
설계 조건	교각	■ 교각 지진하중 설계조건 1) 가속도계수 : $A=0.14$ 2) 내 진 등 급 : 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 $\times$ 증가계수 1.35 적용

가. 하부구조 내진설계 검토

1) 교대

① 지진시 안정계산 검토

구 분	연직력(kN)	수평력(kN)	M(저항)	M(전도)
하중	793.28 ^{주1)}	269.72	2326.6 (kN·m)	861.2 (kN·m)

주1) 기존계산서 2. 말뚝머리 한지 중 ⑥지진시 참조

㉠ 전도에 대한 검토

$$\blacksquare F_s = 2326.6 / 861.2 = 2.702 > 2.0 \quad \text{안정}$$

㉡ 활동에 대한 검토

$$\blacksquare F_s = 793.28 \times 0.32(\text{마찰계수}) / 269.72 = 0.941 < 1.2 \quad \text{불안정}$$

㉢ 말뚝검토($\phi 508$) (‘(3) 지지력에 대한 검토’ 부분 참조)

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{극한지지력} &= 30 \times N \times A_p + U \times \sum (l_i \times f_i) \\
 &= 30 \times 40 \times 0.202 + 1.595 \times 0 \\
 &= 2424 \text{ kN/EA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{지진시 지지력} &= \text{극한지지력} / 2 \\
 &= 2424 / 2 = 1212 \text{ kN/EA}
 \end{aligned}$$

$$\blacksquare F_s = 1212 / 619.67 = 1.956 \quad \text{안정}$$

2) 교각

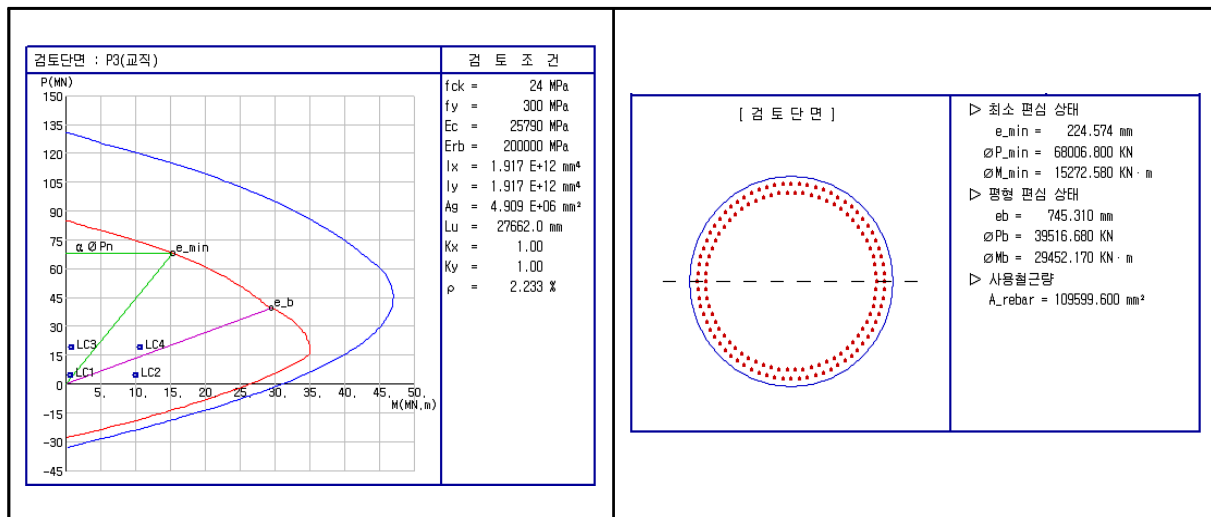
① 단면력 정리 및 검토

구 분			P_u (kN)	P_N (kN)	P_u / P_N	M_u (kN·m)	ϕM_n (kN·m)	$M_u / \phi M_n$	비고
모멘트 최대시	CASE (6)	교축방향	4934.540 ^{주2)}	68006.802	O.K. (13.782)	548.258 ^{주3)}	15270.677	O.K. (27.853)	
		교축 직각방향		17432.216	O.K. (3.533)	9910.908 ^{주3)}	35012.186	O.K. (3.533)	
축력 최대시	CASE (7)	교축방향	19258.980 ^{주3)}	68006.802	O.K. (3.531)	745.321 ^{주3)}	15270.677	O.K. (20.489)	
		교축 직각방향		47716.203	O.K. (2.478)	10601.819 ^{주3)}	26267.130	O.K. (2.478)	

주2) 기존계산서 '7.기둥의 설계' 중 CASE (6), (7) 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. ◦ 신축이음장치는 시공기록보고서와 관리대장상의 형식이 상이함. ◦ 구조검토 시 1996년 설계기준을 적용함.	◦ 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	◦ 바닥판 하면 균열, 망상균열, 균열 및 녹발생, 박리, 누수흔적 및 백태 ◦ STB 거더 도장박리 및 부식, 용접결함, 실링불량 ◦ 교대/교각의 균열, 망상균열, 누수흔적, 철근노출 및 녹발생, 박리, 파손, 압성토 파손 ◦ 교량받침 소울플레이트 도장박리 및 부식, 몰탈/콘크리트 균열, 들뜸, 파손, 철근노출 및 녹발생 ◦ 신축이음장치 본체 부식, 후타재 균열, 후타재 파손, 유간부족 ◦ 교면포장 아스콘 균열 및 망상균열 ◦ 내구성조사 결과 설계 값 이상으로 양호한 상태임.	◦ 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, 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	◦ 기술자문 검토서를 통해 신축이음장치 유간 부족 및 협착, 바닥판 단부 균열 및 파손, 교대 파라펫부 누수, 신축이음 및 난간 방호벽 단차, 후타재 균열 및 파손에 대한 원인 분석과 대책수립 등이 검토됨.	◦ 기술자문 검토서를 참고자료로 활용하여 상세외관조사 시 면밀히 조사하고, 추가 손상확인, 보수여부 및 대책방안 마련.