

제 출 문

신대구부산고속도로 주식회사 귀중

귀사와 2015년 8월 5일자로 계약을 체결한 “2015년 하반기 시설물 안전점검 용역(2구간 정밀안전진단)”을 성실히 수행하고 밀양대교(대구, 부산)의 결과를 본 보고서에 수록하여 부속 자료와 함께 제출합니다.

2015년 12월

(주) 동 우 기 술 단
고 중 호 (인)

밀양대교(대구) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황					
용역명	2015년 하반기 시설물 안전점검 용역(2구간 정밀안전진단)	진단기간	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		
관리주체명	신대구부산고속도로(주)	대표자	정 상 호		
공동수급	독자수행	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	중 별	1종
준공일	2006년 02월 10일	진단금액 (천원)	55,149	안전등급	B
시설물 위치	경상남도 밀양시 상남면 예림리 (부산기점 41.044~42.334km)	시설물 규모	L=(40+14@50)+(11@50)=1,290m B=12.6m(2차로)		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결합	■ 없음				
진단 주요결과	■ 바닥판하면 폭 0.1mm 균열, 폭 0.2mm 균열, 백태 발생 ■ PSC Box거더 폭 0.1mm 균열, 폭 0.2mm 균열/백태, 망상균열, 백태, 철근노출 파손 발생 ■ 교대/교각 폭 0.2mm이하/0.3mm이상 균열, 백태, 체수/누수흔적/박리/열화, 망상균열 발생 ■ 교량받침 Plate 도장박리/녹발생, 고무재 들뜸, 받침물탈 균열, 박리/박락/파손 발생 ■ 신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적, 후타재 폭 0.2mm 균열 발생 ■ 교면포장 라벨링, 아스콘 망상균열, 포장불량, 시공이음, 패임, 소성변형 발생 ■ 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수, 배수관 길이부족 발생 ■ 방호벽 폭 0.2mm이하 균열, 폭 0.3mm이상 균열, 표면보수재 박리, 균열/백태, 파손 발생				
주요 보수·보강	■ 콘크리트 : 표면처리, 주입보수, 단면보수, 방청 후 단면보수 ■ 신축이음 : 녹제거 후 재도장, 청소 ■ 배수시설 : 배수관 길이연장, 청소				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업 참여기간		기술등급	
사업책임	방기섭	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
분야별책임 (현장조사 및 측정)	권태완	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
분야별책임 (분석 및 평가)	김상현	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		고급기술자	
참여기술자 (현장조사 및 측정)	이홍재외 7명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
참여기술자 (현장조사결과 분석)	정재희외 6명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
참여기술자 (안전성 평가)	장석진외 6명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
라. 참고사항					

밀양대교(대구) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
■ 밀양대교(대구)는 약 10년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 콘크리트 부재 균열 및 망상균열, 국부적인 단면손상, 누수오염, 교량받침Plate 녹발생, 신축이음 유간부 토사퇴적, 아스콘 패임, 배수구 막힘, 배수관 연결부 누수 등의 손상이 일부 조사되었다. ■ 본 교량의 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, PSC BOX 구조물은 작용하중에 대해 강선 긴장력에 의해 저항하는 구조물로 균열 및 기타 손상에 대해 지속적인 지속관찰 및 적절한 유지관리가 이루어져야 하므로, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등급(DB-24)로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 방 기 섭 	

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수보강(안)
상부 구조	PSC Box Upper Flange	b	- 균열(Cw:0.1mm), 백태 - 균열(Cw:0.2mm)	- 지속관찰 - 지속관찰
	PSC Box Lower Flange, Web	c	- 균열(Cw:0.1mm), 백태, 망상균열 - 균열(Cw:0.2mm), 균열/백태 - 철근노출 - 파손	- 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰
2차 부재	격벽	b	- 균열(Cw:0.1mm) - 균열(Cw:0.2mm)	- 지속관찰 - 지속관찰
하부 구조	교대/교각	b	- 균열(Cw:0.2mm이하), 백태, 체수/누수흔적/박리/열화, 망상균열 - 균열(Cw:0.3mm이상)	- 지속관찰 - 지속관찰
교량받침		b	- 받침 Plate 도장박리/녹발생, 볼트/와셔 녹발생 - 볼트체결 불량 - 고무재 들뜸 - 받침 몰탈 균열(Cw:0.2mm이하) - 받침 몰탈 균열(Cw:0.3mm이상) - 받침 몰탈 박리/박락/파손	- 녹제거 후 재도장 - 볼트 재체결 - 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항(계속)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결합발생 부재		상태평가 결과	결합종류	보수·보강(안)
기 타 부 재	신축이음장치	c	- 본체 녹발생 - 유간부 토사퇴적 - 후타재 균열(Cw:0.2mm이하) - 차수판 앵커볼트 탈락/폴립	- 녹제거 후 재도장 - 정비 - 지속관찰 - 재설치
	교면포장	b	- 라벨링, 아스콘 망상균열, 포장불량 - 아스콘 패임 - 소성변형	- 지속관찰 - 패칭보수 - 절삭후 오버레이
	배수	b	- 배수구 막힘 - 배수관 이음부 누수 - 배수관 길이부족	- 정비 - 정비 - 배수관 길이연장
	난간 및 연석 (방호벽)	c	- 균열(Cw:0.2mm이하), 표면보수재 박리 - 균열(Cw:0.3mm이상), 균열/백태 - 파손	- 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	최소 1.600안전율 으로 양호	1.0이상	A
거더	강도설계법	최소 1.440안전율 으로 양호	1.0이상	
교각	강도설계법	최소 1.400안전율 으로 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
-	적용	-	-

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명	시험부위			시험 결과	비 고		
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조		반발경도	43.7~47.4	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.		
			초음파	40.1~45.8			
	하부 구조		반발경도	24.8~27.3			
			초음파	26.8~28.3			
철근탐사 (mm)	PSC Box Girder	상·하부 플랜지	배근간격	119~127	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.		
			피복두께	37~55			
		복부	배근간격	119~130			
			피복두께	33~83			
	교대 (구체부)		배근간격	188~193			
			피복두께	45~56			
	교각	코핑부	배근간격	193~208			
			피복두께	97~104			
		기둥부	배근간격	98~113			
			피복두께	59~125			
	탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조				33.8~47.3	■ 잔여깊이가 30mm이상 ‘a등급’으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
		하부구조				39.3~88.8	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조			0.190~0.269	■ 염화물에 의한 부식발생이 우려없는 상태인 ‘a’로 평가됨.		
	하부구조			0.119~0.185			
균열 깊이	상부구조			44.1~46.6	■ 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨.		
	하부구조			81.5~82.2			

밀양대교(부산) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황					
용역명	2015년 하반기 시설물 안전점검 용역(2구간 정밀안전진단)	진단기간	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		
관리주체명	신대구부산고속도로(주)	대표자	정 상 호		
공동수급	독자수행	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준공일	2006년 02월 10일	진단금액 (천원)	53,011	안전등급	B
시설물 위치	경상남도 밀양시 상남면 예림리 (부산기점 41.057~42.297km)	시설물 규모	L=(40+14@50)+(10@50)=1,240m B=12.6m(2차로)		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결함	■ 없음				
진단 주요결과	■ 바닥판하면 폭 0.1mm 균열, 0.2mm 균열, 망상균열, 백태, 균열/백태 발생 ■ PSC Box거더 폭 0.1mm 균열, 0.2mm 균열, 망상균열, 백태, 균열/백태, 파손, 철근노출 발생 ■ 교대/교각 폭 0.2mm이하, 백태, 망상균열, 그을음, 박락/파손 발생 ■ 교량받침 Plate 도장박리/녹발생, 받침물탈 균열 폭 0.3mm이상, 들뜸/박락/파손 발생 ■ 신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적, 후타재 폭 0.2mm이하 균열, 하부볼트 탈락 발생 ■ 교면포장 라벨링, 접속부 이격, 아스콘 패임 발생 ■ 배수관 연결부 누수, 배수관 막힘 발생 ■ 방호벽 폭 0.2mm이하 균열, 0.2mm이상 균열, 균열/백태, 파손 발생				
주요 보수·보강	■ 콘크리트 : 표면처리, 주입보수, 단면보수, 방청 후 단면보수 ■ 신축이음 : 녹제거 후 재도장, 청소 ■ 배수시설 : 재용접, 청소				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업 참여기간		기술등급	
사업책임	방기섭	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
분야별책임 (현장조사 및 측정)	권태완	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
분야별책임 (분석 및 평가)	김상현	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		고급기술자	
참여기술자 (현장조사 및 측정)	이홍재외 7명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
참여기술자 (현장조사결과 분석)	정재희외 6명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
참여기술자 (안전성 평가)	장석진외 6명	2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31		특급기술자	
라. 참고사항					

밀양대교(부산) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
■ 밀양대교(부산)는 약 10년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 콘크리트 부재 균열 및 망상균열, 국부적인 단면손상, 누수오염, 교량받침Plate 녹발생, 신축이음 유간부 토사퇴적, 아스콘 패임, 배수관 막힘, 배수관 연결부 누수 등의 손상이 일부 조사되었다. ■ 본 교량의 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, PSC BOX 구조물은 작용하중에 대해 강선 긴장력에 의해 저항하는 구조물로 균열 및 기타 손상에 대해 지속적인 지속관찰 및 적절한 유지관리가 이루어져야 하므로, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등급(DB-24)로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 방 기 섭 	

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부 구조	PSC Box Upper Flange	c	- 균열(Cw:0.1mm), 망상균열, 백태 - 균열(Cw:0.2mm), 균열/백태	- 지속관찰 - 지속관찰
	PSC Box Lower Flange, Web	c	- 균열(Cw:0.1mm), 망상균열, 백태 - 균열(Cw:0.2mm), 균열/백태 - 파손 - 파손/철근노출	- 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰
2차 부재	격벽	b	- 균열(Cw:0.2mm이하), 백태 - 균열(Cw:0.3mm이상)	- 지속관찰 - 지속관찰
하부 구조	교대/교각	b	- 균열(Cw:0.2mm이하), 백태, 망상균열, 그을음 - 박락/파손	- 지속관찰 - 지속관찰
교량받침		c	- Plate 도장박리/녹발생, 볼트 녹발생 - 볼트 체결불량 - 고무재 들뜸/배부름 - 받침 몰탈 균열(Cw:0.2mm이하) - 받침 몰탈 균열(Cw:0.3mm이상) - 받침 몰탈 들뜸/박락/파손	- 녹제거 후 재도장 - 볼트 재체결 - 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항(계속)

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결합발생 부재		상태평가 결과	결합종류	보수·보강(안)
기 타 부 재	신축이음장치	c	- 본체 녹발생 - 유간부 토사퇴적 - 후타재 균열(Cw:0.2mm이하) - 신축이음 하부볼트 탈락 - 차수관 앵커볼트 탈락/체결불량	- 녹제거 후 재도장 - 정비 - 지속관찰 - 지속관찰 - 재설치
	교면포장	b	- 라벨링, 접속부 이격 - 아스콘 패임	- 지속관찰 - 팻칭보수
	배수	b	- 배수관 연결부 누수 - 배수관 녹발생 - 배수관 막힘	- 재용접 - 지속관찰 - 정비
	난간 및 연석 (방호벽)	b	- 균열(Cw:0.2mm이하) - 균열(Cw:0.3mm이상), 균열/백태 - 파손	- 지속관찰 - 지속관찰 - 지속관찰

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	최소 안전율 1.600으로 양호	1.0이상	A
거더	강도설계법	최소 안전율 1.440으로 양호	1.0이상	
교각	강도설계법	최소 안전율 1.400으로 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
-	적용	-	-

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명	시험부위			시험 결과	비 고		
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조		반발경도	43.6~48.2	■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.		
			초음파	40.1~44.5			
	하부 구조		반발경도	24.8~27.5			
			초음파	24.6~28.2			
철근탐사 (mm)	PSC Box Girder	상·하부 플랜지	배근간격	119~133	■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계값과 근사함.		
			피복두께	44~55			
		복부	배근간격	108~128			
			피복두께	35~77			
	교대		배근간격	188~189			
			피복두께	50~62			
	교각	코핑부	배근간격	200~208			
			피복두께	92~110			
		기둥부	배근간격	93~110			
			피복두께	90~111			
	탄산화 잔여깊이 (mm)	상부구조				45.9~61.5	■ 잔여깊이가 30mm이상 ‘a등급’으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
		하부구조				44.1~76.2	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조			0.201~0.237	■ 염화물에 의한 부식발생이 우려없는 상태인 ‘a’로 평가됨.		
	하부구조			0.085~0.235			
균열 깊이	상부구조			38.6~52.0	■ 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨.		

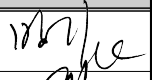
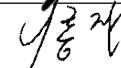
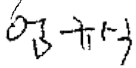
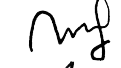
밀양대교 현황표

※ 작성일 : 2015년 12월 31일

구 분		내 용		구 분		내 용	
교 량 명		밀 양 대 교		설계하중		DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA. 0+060 ~ 1+350		종별구분	1종 시설물		
	관리이정	상행선:부산기점 41.044 ~ 42.334km 하행선:부산기점 41.057 ~ 42.297km					
시 설 물 관리번호		dbw BR. 16		시설물번호		상행선 : BR2006-0001031 하행선 : BR2006-0001032	
상부 구조	형식	P.S.C Box Girder					
	연장	상행선:(40+14@50)+(11@50)=1,290m 하행선:(40+14@50)+(10@50)=1,240m		교 폭		상행선 : 12.6m 하행선 : 12.6m	
하부 구조	교각	T형식		기초 형식	교 각	PILE 기초	
	교대	역T형식			교 대	PILE 기초	
교량받침		납면진 받침(L.R.B)		신축이음		RAIL JOINT	
교차조건		국도58호선, 경부선, 밀양강		교 고		4.075m	
설 계 사		용마 ENG		시 행 자		신대구부산고속도로(주)	
감 리 사		한국건설관리공사, (주)용마엔지니어링, 동일기술공사		시 공 자		대림산업(주)	
관리주체		신대구부산고속도로(주)		준공년도		2006년 2월	
종단구배		-		횡단구배		-2.0%	

정밀안전진단 참여기술진

※ 과업기간 : 2015년 8월 11일 ~ 2015년 12월 31일 (143일간)

참여구분	참여분야	직 위	성 명	서 명
책임기술자	사업책임기술자	이 사	방 기 섭	
분야별 참여기술자	현장조사 및 측정 분석 및 평가	부 장	권 태 완	
		차 장	김 상 현	
참여기술자	현장조사 및 측정	부회장	이 홍 재	
		상 무	홍 왕 선	
		부 장	이 강 호	
		차 장	엄 규 식	
		차 장	유 재 응	
		대 리	호 근	
		대 리	강 덕 운	
		대 리	김 용 수	
	현장조사 분석 및 평가	상 무	정 재 희	
		이 사	문 원 덕	
		과 장	윤자비나	
		대 리	전 민 철	
		대 리	이 재 윤	
		대 리	마 권 동	
	안전선 평가 및 보고서 작성	주 임	정 문 용	
		회 장	장 석 진	
		과 장	백 운 빈	
		과 장	안 휘 순	
		대 리	방 준 영	
		대 리	김 두 겸	
		주 임	최 지 선	
		주 임	박 민 지	

시설물 위치도(1)



시설물 위치도(2)



시설물의 전경사진(1)



상부전경



측면전경

시설물의 전경사진(2)



PSC BOX 외부 전경



PSC BOX 내부 전경

시설물의 전경사진(3)



교대 전경(A1)



교대 전경(A2)

시설물의 전경사진(4)



교각 전경(P11)



교각 전경(P24)

시설물의 전경사진(5)



받침장치 전경 (Type-1)



받침장치 전경(Type-2)

시설물의 전경사진(6)

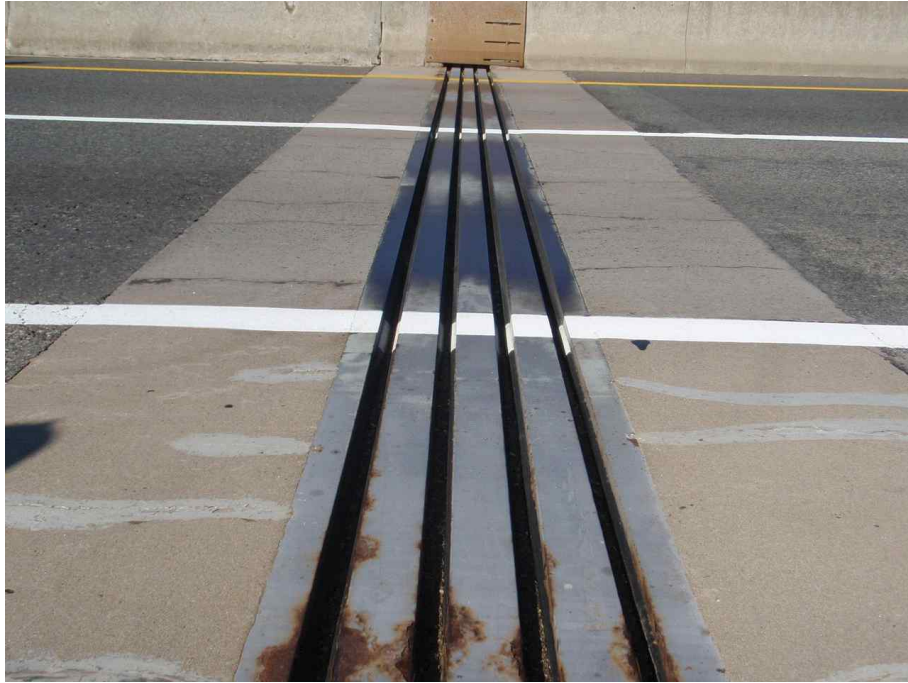


교 명 판

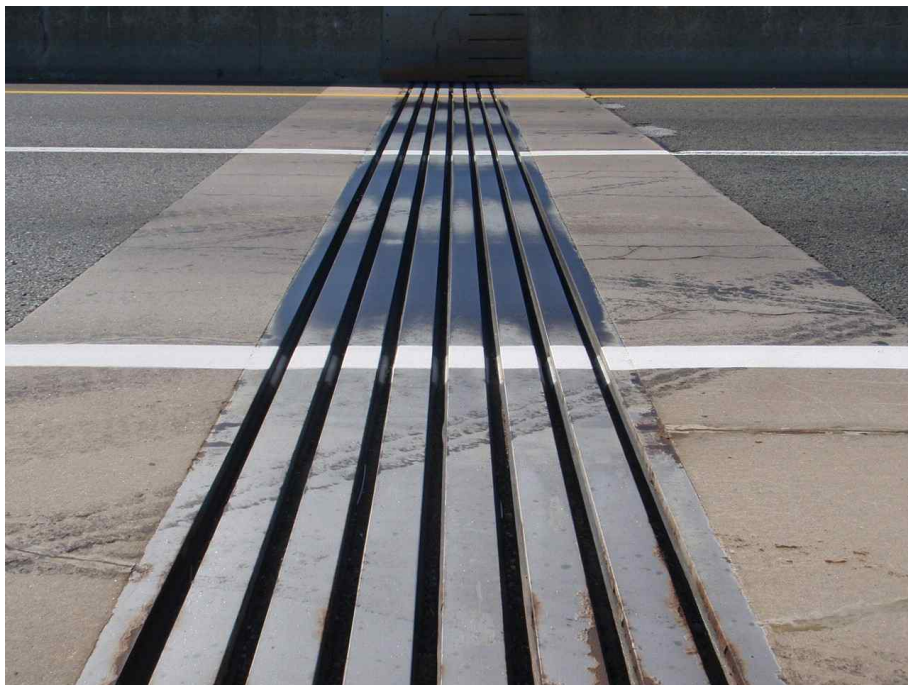


설 명 판

시설물의 전경사진(7)



신축이음장치 전경(A1)

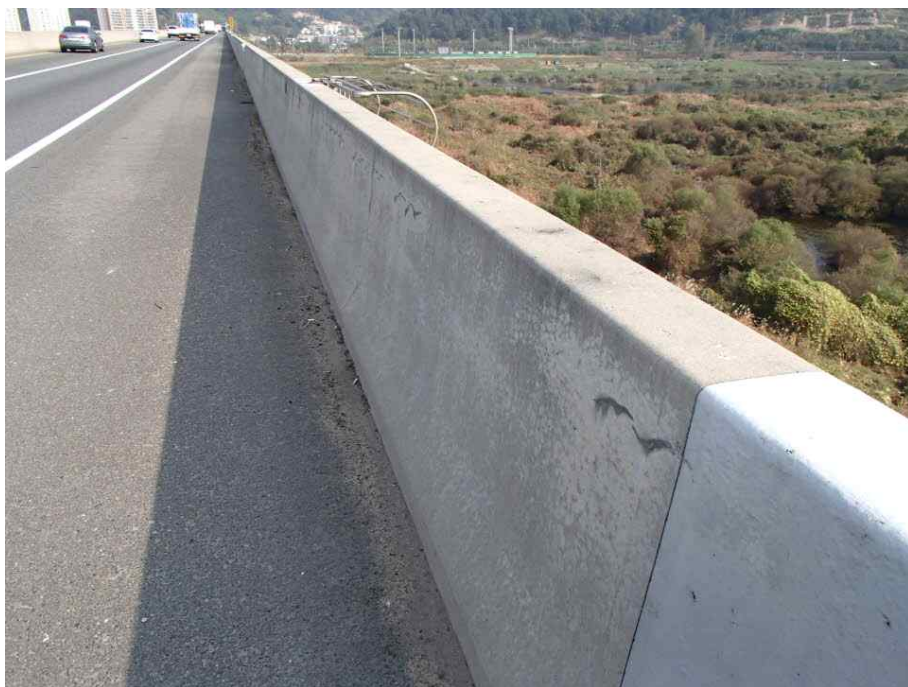


신축이음장치 전경(P15)

시설물의 전경사진(8)



차량방호벽 전경 (1차로측)



차량방호벽 전경 (2차로측)

정밀안전진단 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”(이하 “시특법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성 평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시
- 7) 보고서 작성
- 8) 신축이음장치 및 슈 점검(사진, 신축량 등)은 별도 시행방안에 따라 결과물 작성 및 제출
- 9) 하자보고서 작성

1.3 과업기간

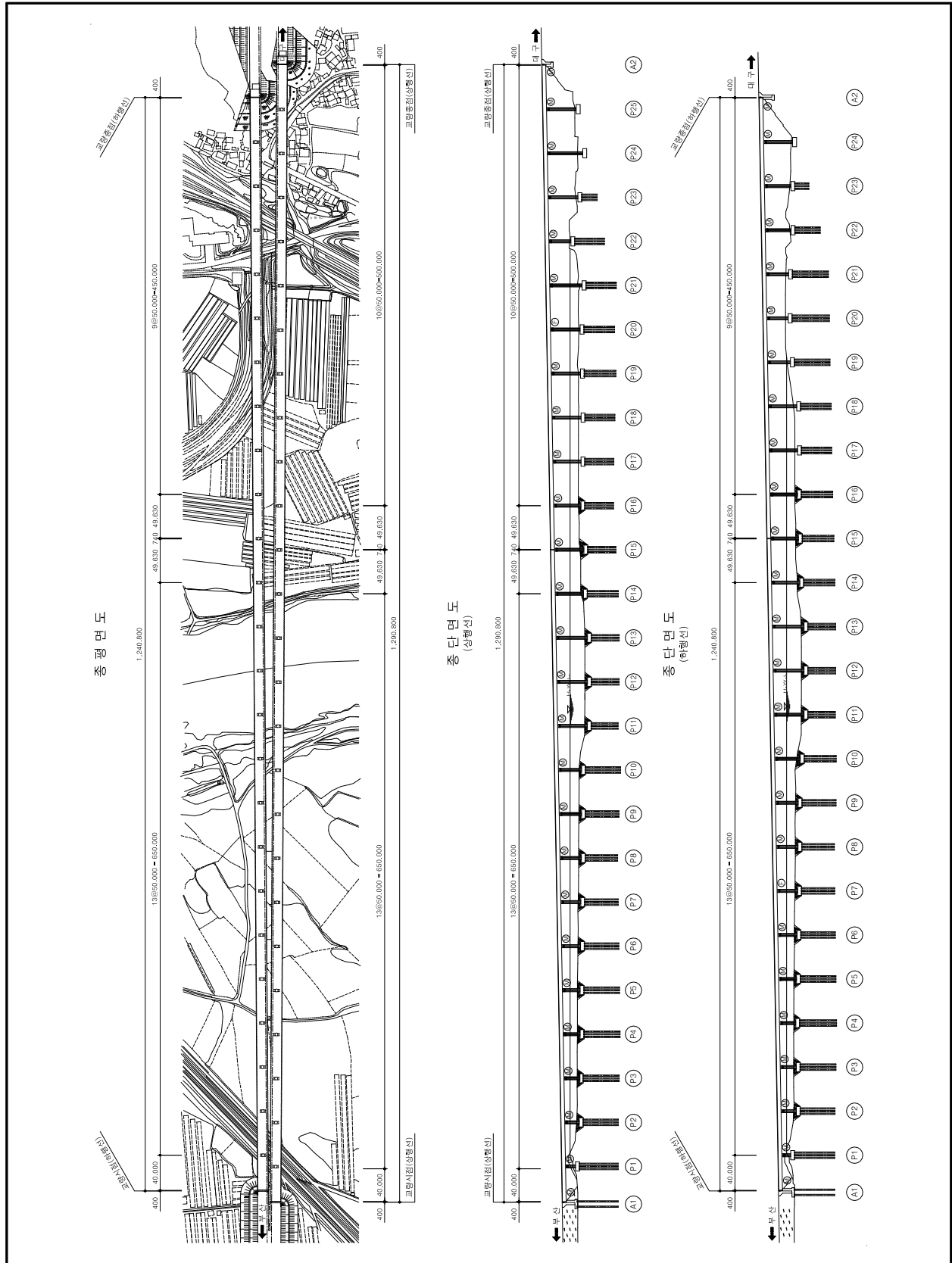
2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31 (착수일로부터 143일간)

1.4 시설물의 개요

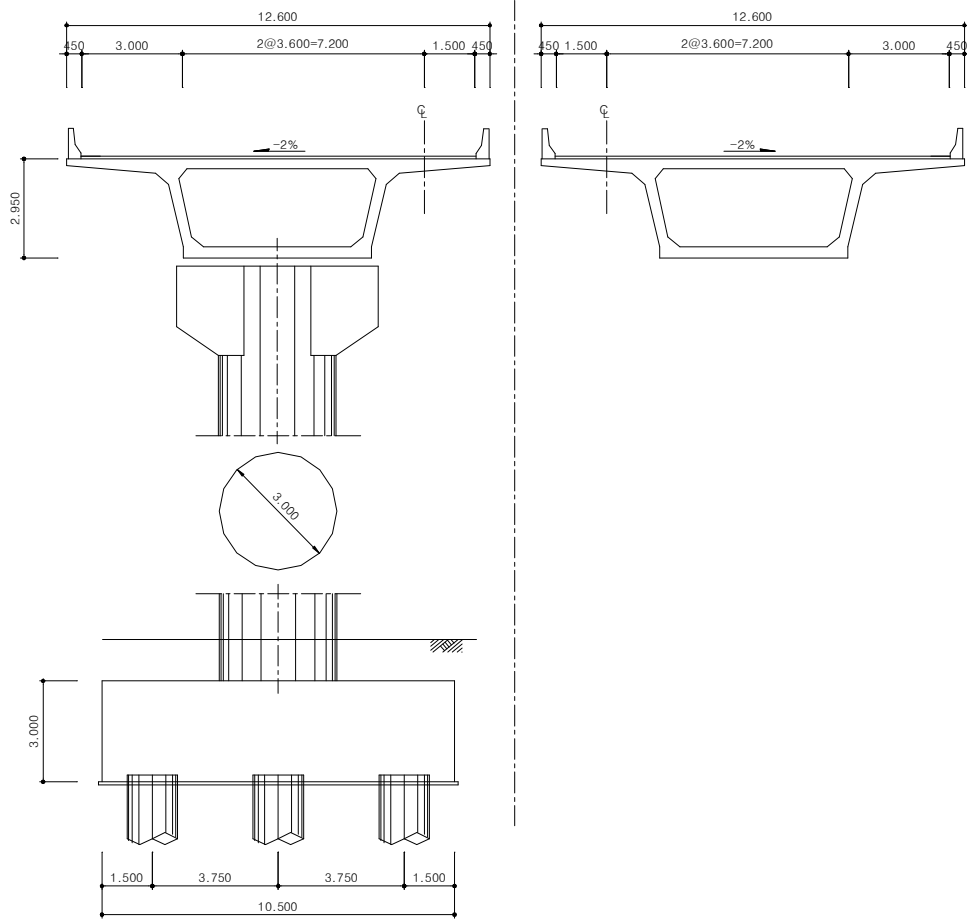
1) 시설물의 현황

구 분		내 용		구 분	내 용	
교 량 명		밀 양 대 교		설계하중	DB-24, DL-24	
위치	공사이정	STA. 0+060 ~ 1+350		종별구분	1종 시설물	
	관리이정	부산기점 41.044 ~ 42.334 km				
시 설 물 관리번호		dbw BR. 16		시설물번호	상행선 : BR2006-0001031 하행선 : BR2006-0001032	
상부 구조	형식	P.S.C Box Girder				
	연장	상 : (40+14@50)+(11@50)=1,290m 하 : (40+14@50)+(10@50)=1,240m	교 폭		상행선 : 12.6m 하행선 : 12.6m	
하부 구조	교각	T형식	기초 형식	교 각	PILE 기초	
	교대	역T형식		교 대	PILE 기초	
교량받침		납면진 받침(L.R.B)		신축이음	RAIL JOINT	
교차조건		국도58호선, 경부선, 밀양강		교 고	4.075m	
설 계 사		용마 ENG		시 행 자	신대구부산고속도로(주)	
감 리 사		한국건설관리공사, (주)용마엔지니어링 동일기술공사		시 공 자	대림산업(주)	
관리주체		신대구부산고속도로(주)		준공년도	2006년 2월	
종단구배		-		횡단구배	-2.0%	

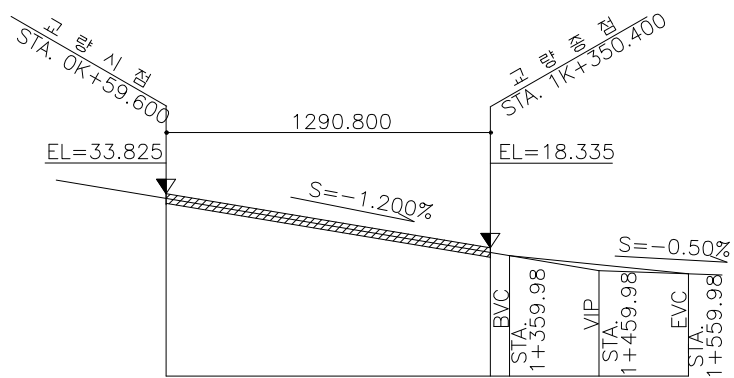
2) 시설물 주요 도면



【 중·평면도 】



〈횡단면도〉



〈종구배도〉

【 횡단면도 및 종단구배 】

2. 자료수집 및 분석

2.1 보수·보강 이력

구분	공사기간	설계자	시공자	보수·보강공법/내용	비고
보수	‘06.09	-	대림산업(주)	교면포장 패칭보수, 신축이음 후타재, 주형, 받침 표면처리	-
보수	‘06.10	-	대림산업(주)	방음벽 지주보강	-
보수	‘07.07	-	대림산업(주)	교면포장 패칭보수, 방호벽, 주형 표면처리	-
보수	‘08.04	-	대림산업(주)	교대/교각 표면처리	-
보수	‘08.05	-	대림산업(주)	교면포장 패칭보수, 교대/교각 표면처리	-
보수	‘09.04	-	대림산업(주)	교면포장 패칭보수, 교대/교각 표면처리	-
보수	‘10.04	-	대림산업(주)	교대/교각 표면처리	-
보수	‘10.05	-	대림산업(주)	방호벽, 주형, 교대/교각 표면처리, 배수관, 차수판 정비	-
보수	‘10.07	-	대림산업(주)	신축이음 후타재 표면처리, 받침 재도장	-
보수	‘10.12	-	대림산업(주)	받침 정비	-
보수	‘10.12	-	대림산업(주)	교대 정비, 실란트충전	-
보수	‘11.01	-	대림산업(주)	신축이음 정비	-
보수	‘11.03	-	대림산업(주)	주형 출입구 설치	-
보수	‘11.04	-	대림산업(주)	교대/교각 표면처리	-
보수	‘11.10	-	대림산업(주)	교대/교각 표면처리, 단면보수, 법면보호블럭 정비	-
보수	‘12.03	-	대림산업(주)	주형 내.외부, 교대/교각 균열보수, 교량받침 재도장	-
보수	‘12.06	-	대림산업(주)	교면포장 재포장	-
보수	‘12.11	-	대림산업(주)	ILM 내.외부 균열보수	-
보수	‘12.11	-	대림산업(주)	주형 내.외부, 교대/교각 균열보수	-
보수	‘13.04	-	대림산업(주)	신축이음 부품교체	-
보수	‘14.02	-	대림산업(주)	P15(양방향), A2(대구) 신축이음 부품교체(베어링 60EA)	-
보수	‘14.06	-	대림산업(주)	교대/교각 균열보수, 받침 재도장, 배수관 정비	-
보수	‘14.11	-	대림산업(주)	점검로 정비	-

2.2 자료수집 및 분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 준공도면 및 구조계산서 : 대구-부산간 고속도로 민간투자사업 준공도서 - 실시설계 종합보고서 - 토질 및 지반보고서 - 준공내역서, 수량산출서 - 구조 및 수리계산서 - 토질조사보고서 - 설계도면	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반 보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 구조계산서 및 구조물도의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨 ◇ 주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 확인됨	◇ 본 검토 자료는 교량 내구성 시험 및 구조물 발생 손상의 원인분석에 기초자료로 활용 ⇒ 현장 조사자료와 수집자료가 상이할 경우 현장조사 자료를 기준으로 과업진행
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀점검 보고서 (2013.12) ◇ 정기점검 보고서 (2015.06) ◇ 보수보강 이력 - 시설물 관리대장 - 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력	◇ 조류서식 흔적 ◇ 받침 고무재 들뜸, 변형 ◇ 신축이음 본체 하부 고정볼트 탈락 및 파단 ◇ 내구성 조사결과, 설계기준 이상으로 양호한 상태임 ◇ 교대/교각 균열보수 ◇ 신축이음 부품교체 (베어링 60EA) ◇ 점검로 정비	◇ 전회 점검결과와 금회 진단결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇ 전회 점검결과와 비교·검토하여 내구성 저하 여부 확인 ◇ 구조물의 제원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 상세구조 해석을 실시하여 안정성 확보 여부 확인 ◇ 보수부 상태 확인

3. 현장조사 및 시험

3.1 대구방향

가. 외관조사 결과요약

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
PSC BOX 거더	내부	상부 바닥판에 종균열이 다수 발생되었으며, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태, 백태, 이물질 퇴적 손상 등이 조사됨	발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 균열/백태, 백태손상은 주입보수로 내구성을 확보하고, 이물질 퇴적은 제거 및 청소 실시가 바람직함
	외부	- 하부 바닥판에 종균열이 간헐적으로 발생되었으며, 벽체부에 수평 및 경사균열이 조사됨 - 일부 개소에 균열부 백태, 백태 등이 조사됨	발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 백태손상은 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직함
		파손, 철근노출 손상이 조사됨	공용중 손상확대가 우려되므로 손상확대 방지를 위해 단면보수가 바람직함
교대		균열, 교좌면 체수 흔적	조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하며, 체수 흔적은 상·하행선 이격부에 발생하는 손상으로 받침장치의 열화발생 여부에 대한 주의관찰이 필요함
		배수측구 균열, 법면보호블럭 침하 등의 손상이 조사됨	법면보호블럭 침하 및 배수측구 균열은 우수 유입 방지를 위해 침하부 채움 및 측구 균열부 보수 실시가 바람직함
교각		망상균열, 균열 등	조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직함
		표면오염, 누수오염/박리/열화, 이물질 (조류배설물) 퇴적 등	표면오염, 누수오염/박리/열화 손상은 배수관 막힘, 길이부족에 의한 손상으로 배수관 청소 및 길이연장이 필요하며, 배수관 보수 후 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 바람직하고, 이물질 (조류배설물) 퇴적은 제거 및 청소가 필요함

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	•받침Plate 도장박리 및 녹발생, 볼트/와셔 녹발생	•공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요함
	•받침 고무재 들뜸	•받침 기능발휘에는 영향이 없어 주의관찰이 바람직함
	•받침 몰탈 균열, 박리, 박락 및 파손 등	•받침 몰탈 균열은 온도 및 건조수축에 의한 균열로 내구성 확보를 위해 0.3mm 이상 균열은 주입보수를 실시하고 0.2mm이하 균열은 표면처리가 바람직하며, 받침 몰탈 들뜸, 박락 및 파손 등의 손상은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요함
신축이음	•신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적 등	•본체 녹발생은 내구성 확보를 위해 도장 실시가 바람직하며, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직함
	•차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림 등	•차수판의 건전성 확보를 위해 재설치가 바람직함
	•후타재 균열(0.2mm이하)	•급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생된 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며 향후 손상 확대시 보수가 필요함
	•Rail Joint 유간조절장치 볼트 탈락	•신축이음장치의 기능발휘에는 문제가 없고 차량하중에 의한 신축이음장치의 변형 등으로 볼트 체결이 어려워 주위관찰이 바람직함
교면포장	•균열, 망상균열, 라벨링, 소성변형, 아스콘 패임, 보수부 포장불량 및 패임, 시공이음 등	•교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았음 •아스콘 패임, 소성변형은 손상정도가 경미하나, 포장층내 우수 침투, 차량하중의 반복적인 재하, 충격작용으로 손상확대 가능성이 있으므로 차량의 주행성 및 내구성 증진을 위해 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상은 손상확대 여부를 관찰하고 포장 보수 계획 수립 후 적절한 시기에 보수 실시가 바람직함
배수시설	•전반적으로 양호한 상태이나, 일부 개소에서 배수관 막힘, 배수관 이음부 누수, 배수관 길이부족 손상이 조사됨	•하부구조 열하 등 주변부에 대해 2차 손상 발생 가능성이 있어 배수관 청소가 바람직하며, 배수관 길이 부족은 하부구조의 열화방지를 위해 길이 연장설치가 바람직함
난간 (방호벽)	•수평 및 수직균열이 다수 조사됨 •일부구간에 파손, 표면보수재 박리, 균열부 백태, 방호벽 단차 등이 발생됨	•내구성 확보를 위해 파손 손상은 단면보수를 실시하고, 0.3mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2mm이하 균열 및 표면보수재 박리 손상은 표면처리 실시가 바람직함 •방호벽 단차발생은 공용년수를 고려할 때 손상 진행이 수렴된 것으로 판단되므로 현 상태에 대해 주의관찰

2) 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교

구 분		2013년 정밀점검 결과	금회 진단결과	비 고
PSC BOX 거더	내부	•전반적으로 양호한 상태	•상부 바닥판에 중균열, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태 등이 조사됨	
	외부	•균열, 보수부 재균열, 망상균열, 백태 등이 조사됨	•대부분 기 손상이며, 금회 근접조사에 의해 균열, 균열/백태 등의 손상이 추가로 다수 조사됨	
교대		•파손, 누수흔적(A1), 교좌면 체수(A1) 등이 조사됨	•대부분 기 손상이며, 균열이 다소 증가된 것으로 조사됨	
교각		•균열, 보수부 재균열, 망상균열 등이 조사됨	•기 손상은 대부분 미보수된 상태이며, 금회 근접조사에 의해 균열 및 망상균열 등이 추가로 다수 조사됨	
교량받침		•받침Plate 녹발생, 받침물탈 균열 및 국부적인 파손, 일부 개소 고무재 들뜸 등이 조사됨 •교량받침의 신축여유량에는 문제가 없는 것으로 평가됨	•대부분 기 손상이며, 받침물탈 균열이 다소 증가된 것으로 조사됨 •교량받침의 가동여유량은 설계기준온도에 따른 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
신축이음		•신축이음 본체 녹발생 및 유간부 토사 퇴적, 후타재 균열, 본체 하부 간격조절재 볼트 탈락 등이 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	•대부분 기 손상이며, 신축이음 본체 녹발생 및 후타재 균열 등의 손상이 다소 증가된 것으로 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
교면포장		•라벨링, 아스콘 패임, 포트홀, 소성변형 등의 손상이 조사됨	•금회 진단시 일부 손상에 대해 보수가 실시된 상태이나, 공용기간 중대, 빈번한 중차량 통행 등에 의해 라벨링 손상 증가 및 균열, 아스콘 패임 등의 손상이 추가로 조사됨	
기타부재		•배수시설 : 배수관 고정고리 및 지지대 탈락 등의 손상이 조사됨 •방호벽 : 균열폭 0.3mm미만 수직/수평 균열, 백태 등이 조사됨	•배수시설 : 기 손상은 대부분 보수된 상태이나, 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수, 배수관 길이 부족 등이 추가로 조사됨 •방호벽 : 대부분 기 손상이며, 균열 및 균열부 백태, 표면보수재 박리 균열 등의 손상이 추가로 조사됨	
검토의견		•기 점검(2013년)과 비교결과, 교면포장 및 배수시설에 발생한 손상은 일부 보수가 이루어진 것으로 확인되었으나, 대부분의 손상은 미보수된 상태로 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 조사됨 •또한, PSC BOX 거더 및 교각에서 미세균열, 망상균열 등은 금회 근접조사에 의해 기 점검(2013년) 대비 추가로 다수 조사됨		

나. 내구성조사 결과요약

1) 금회 진단 현장시험 결과 요약

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고		
비파괴 강도 (MPa)	부재	시험종류	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)			
	상부구조 (PSC BOX)	반발경도법	43.7~47.4	40.0	109 ~ 119			
		초음파속도법	40.1~45.8		100 ~ 115			
	하부구조 (교대, 교각)	반발경도법	24.8~27.3	24.0	103 ~ 114			
		초음파속도법	26.8~28.3		112 ~ 118			
검토의견			■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.					
철근탐사 (mm)	부재		철근종류	측정치		설계치		
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
	상부구조 (PSC BOX)	상 · 하부 플랜지	횡방향철근	119~127	37~55	125	40.5	
			종방향철근	195~210	65~90	200	59.5	
		복부	수직철근	119~130	33~83	125	40.5	
			수평철근	100~213	61~109	100, 200	59.5	
	하부구조 (교대, 교각)	교대	수직철근	188~193	45~56	200	87.5	
			수평철근	240~248	77~89	250	112.5	
		교각 코핑부	수직철근	193~208	97~104	200	111	
			수평철근	145~155	69~79	150	89	
		교각 기둥부	수직철근	98~113	59~125	100	108	
			띠철근	138~305	85~96	150, 300	92	
검토의견			■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계치과 근사함.					
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재		탄산화깊이	피복두께	잔여깊이	평가	잔존수명	
	상부구조	PSC BOX	3.2~4.5	37~51	33.8~47.3	a	100년 이상	
	하부구조	교대, 교각	5.7~8.7	45~97	39.3~88.8	a	100년 이상	
	검토의견			■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.				
염화물 함유량	부재		Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)		평가		
	상부구조	PSC BOX	0.0084~0.0119	0.190~0.269		a		
	하부구조	교대, 교각	0.0054~0.0082	0.119~0.185		a		
	검토의견			■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮은 상태인 “a” 로 평가됨				
균열 깊이 (mm)	부재		균열폭	균열깊이		피복두께		
	상부구조	PSC BOX	0.2	44.1~46.6		40.5		
	하부구조	교각	0.3	81.5~82.2		92		
	검토의견			■ 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨				

2) 기 정밀점검(2013년)결과 비교

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고
비파괴 강도 (MPa)	시험종류	부재	'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도	
	반발경도법	상부구조	41.3~44.7	43.7~47.4	40.0	
		하부구조	24.7~27.5	24.8~27.3	24.0	
	검토의견		■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.			
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	평가	
	상부구조		3.0 ~ 6.0	2.9 ~ 4.5	a	
	하부구조		6.0 ~ 8.0	5.7 ~ 8.7	a	
	검토의견		■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.			

3.2 부산방향

가. 외관조사 결과요약

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
PSC BOX 거더	내부	상부 바닥판에 중균열이 다수 발생되었으며, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태, 백태, 이물질 퇴적 손상 등이 조사됨	발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 균열/백태, 백태손상은 주입보수로 내구성을 확보하고, 이물질 퇴적은 제거 및 청소 실시가 바람직함
	외부	- 하부 바닥판에 중균열이 간헐적으로 발생되었으며, 벽체부에 수평 및 경사균열, 망상균열, 국부적인 파손 등이 조사됨 - 일부 개소에 누수오염, 백태 등이 조사됨	- 발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직함 - 누수흔적은 신축이음 방호벽 단부측 누수에 의한 손상으로 향후, 신축이음장치 교체시 방호벽측 단부 마감에 대해 정밀 시공이 필요함 - 백태는 시공초기 손상으로 판단되므로 표면처리가 필요함
		파손, 철근노출 손상이 조사됨	공용중 손상확대가 우려되므로 손상확대 방지를 위해 단면보수가 바람직함
교대		균열, 교좌면 체수 흔적	조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하며, 체수 흔적은 방호벽측 신축이음 단부의 마감불량에 의한 손상으로 향후 신축이음 교체시 하부로의 누수 방지를 위해 단부 마감에 대한 정밀 시공이 필요함
		배수측구 균열, 법면보호블럭 침하 등의 손상이 조사됨	법면보호블럭 침하 및 배수측구 균열은 우수 유입 방지를 위해 침하부 채움 및 측구 균열부 보수 실시가 바람직함
교각		망상균열, 균열	조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직함
		파손, 박락, 백태, 그을음 등의 손상이 조사됨	박락, 백태, 그을음 손상은 표면부의 경미한 손상으로 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 바람직함
교량받침		받침Plate 도장박리 및 녹발생, 볼트 녹발생 및 체결불량	공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요함

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	•받침 고무재 들뜸	•받침 기능발휘에는 영향이 없어 주의관찰이 바람직함
	•받침 몰탈 균열, 들뜸, 박락 및 파손 등	•받침 몰탈 균열은 온도 및 건조수축에 의한 균열로 내구성 확보를 위해 0.3mm 이상 균열은 주입보수를 실시하고 0.2mm이하 균열은 표면처리가 바람직하며, 받침 몰탈 들뜸, 박락 및 파손 등의 손상은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요함
신축이음	•신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적 등	•본체 녹발생은 내구성 확보를 위해 도장 실시가 바람직하며, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직함
	•차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림 등	•차수판의 건전성 확보를 위해 재설치가 바람직함
	•후타재 균열(0.2mm이하)	•급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생한 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며 향후 손상 확대시 보수가 필요함
	•Rail Joint 유간조절장치 볼트 탈락	•신축이음장치의 기능발휘에는 문제가 없고 차량하중에 의한 신축이음장치의 변형 등으로 볼트 체결이 어려워 주위관찰이 바람직함
교면포장	•라벨링, 아스콘 패임, 후타재 접속부 이격, 시공이음 등이 조사됨	•교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았음 •아스콘 패임은 포장층내 우수 침투, 차량하중의 반복적인 재하, 충격작용으로 손상확대 가능성이 있으므로 차량의 주행성 및 내구성 증진을 위해 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상은 손상정도가 경미하여 향후, 손상 진행 여부에 따른 적절한 보수가 바람직함
배수시설	•전반적으로 양호한 상태이나, 일부 개소에서 배수관 막힘, 배수관 이음부 누수, 배수관 녹발생 등의 손상이 조사됨	•배수관 막힘 및 배수관 녹발생은 하부구조 열하 등 주변부에 대해 2차 손상 발생 가능성이 있어 배수관 청소가 바람직하며, 배수관 연결부 누수는 기 보수부에 발생한 손상으로 료량하부(자전거 도로 및 공원) 이용자에게 피해가 발생되지 않도록 적절한 보수가 필요함
난간 (방호벽)	•수평 및 수직균열이 다수 조사됨 •일부구간에 파손, 표면보수재 박리, 균열부 백태, 방호벽 단차, 실런트 이격 등이 조사됨	•내구성 확보를 위해 파손 손상은 단면보수를 실시하고, 0.3mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2mm이하 균열 및 표면보수재 박리 손상은 표면처리 실시가 바람직함 •방호벽 단차는 발생은 공용년수를 고려할 때 손상 진행이 수렴된 것으로 판단되므로 주의관찰 •실런트 이격이 발생되었으나, 기능발휘에 문제가 없으므로 주의관찰 후 향후, 손상 확대시 보수가 바람직함

2) 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교

구 분		2013년 정밀점검 결과	금회 진단결과	비 고
PSC BOX 거더	내부	•전반적으로 양호하나, 일부 개소 균열, 망상균열, 파손, 백태 등의 손상이 조사됨	•상부 바닥판에 종균열, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태 등이 조사됨	
	외부	•균열, 보수부 재균열, 망상균열, 파손, 백태 등이 조사됨	•대부분 기 손상이며, 금회 근접조사에 의해 균열, 망상균열 등의 손상이 추가로 다수 조사됨	
교대		•국부적인 콘크리트 파손이 조사됨	•대부분 기 손상이며, 손상의 진전 및 확대는 미미한 것으로 조사됨	
교각		•균열, 보수부 재균열, 망상균열 등이 조사됨	•기 손상은 대부분 미보수된 상태이며, 금회 근접조사에 의해 균열 및 망상균열 등이 추가로 다수 조사됨	
교량받침		•받침Plate 녹발생, 받침몰탈 균열, 국부적인 파손 및 들뜸, 일부 개소 고무재 들뜸 등이 조사됨 •교량받침의 신축여유량에는 문제가 없는 것으로 평가됨	•대부분 기 손상이며, 받침몰탈 균열이 다소 증가된 것으로 조사됨 •교량받침의 가동여유량은 설계기준온도에 따른 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
신축이음		•신축이음 본체 녹발생 및 유간부 토사 퇴적, 후타재 균열, 본체 하부 간격조절재 볼트 탈락 등이 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	•대부분 기 손상이며, 신축이음 본체 녹발생 및 후타재 균열 등의 손상이 다소 증가된 것으로 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
교면포장		•아스콘 패임 및 일부 구간 라벨링 등의 손상이 조사됨	•금회 진단시 일부 손상에 대해 보수가 실시된 상태이나, 공용기간 증대, 빈번한 중차량 통행 등에 의해 라벨링 손상 증가 및 아스콘 패임 등의 손상이 추가로 조사됨	
기타부재		•배수시설 : 배수관 녹발생 및 연결부 누수흔적 •방호벽 : 균열폭 0.3mm미만 수직/수평 균열, 백태 등이 조사됨	•배수시설 : 대부분 기 손상이며, 배수관 막힘이 추가로 조사됨 •방호벽 : 대부분 기 손상이며, 균열 및 균열부 백태, 실런트 이격 등의 손상이 추가로 조사됨	
검토의견		•기 점검(2013년)과 비교결과, 교면포장 및 배수시설에 발생한 손상은 일부 보수가 이루어진 것으로 확인되었으나, 대부분의 손상은 미보수된 상태로 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 조사됨 •또한, PSC BOX 거더 및 교각에서 미세균열, 망상균열 등은 금회 근접조사에 의해 기 점검(2013년) 대비 추가로 다수 조사됨		

나. 내구성조사 결과요약

1) 금회 진단 현장시험 결과 요약

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고		
비파괴 강도 (MPa)	부재	시험종류	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)			
	상부구조 (PSC BOX)	반발경도법	43.6~48.2	40.0	109 ~ 121			
		초음파속도법	40.1~44.5		100 ~ 111			
	하부구조 (교대, 교각)	반발경도법	24.8~27.5	24.0	103 ~ 115			
		초음파속도법	24.6~28.2		103 ~ 118			
검토의견			■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.					
철근탐사 (mm)	부재		철근종류	측정치		설계치		
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
	상부구조 (PSC BOX)	상·하부 플랜지	횡방향철근	119~133	44~55	125	40.5	
			종방향철근	175~245	75~87	200	59.5	
		복부	수직철근	108~128	35~77	125	40.5	
			수평철근	98~245	59~100	100, 200	59.5	
	하부구조 (교대, 교각)	교대	수직철근	188~189	50~62	200	87.5	
			수평철근	238~255	68~86	250	112.5	
		교각 코핑부	수직철근	200~208	92~110	200	111	
			수평철근	145~150	67~84	150	89	
		교각 기둥부	수직철근	93~110	90~111	100	108	
			띠철근	148~300	57~93	150, 300	92	
검토의견			■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계치와 근사함.					
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재		탄산화깊이	피복두께	잔여깊이	평가	잔존수명	
	상부구조	PSC BOX	2.1~4.5	48~66	45.9~61.5	a	100년 이상	
	하부구조	교대, 교각	5.9~8.9	50~84	44.1~76.2	a	100년 이상	
	검토의견			■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.				
염화물 함유량	부재		Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)		평가		
	상부구조	PSC BOX	0.0089~0.0105	0.201~0.237		a		
	하부구조	교대, 교각	0.0038~0.0104	0.085~0.235		a		
	검토의견			■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮은 상태인 “a” 로 평가됨				
균열 깊이 (mm)	부재		균열폭	균열깊이		피복두께		
	상부구조	PSC BOX	0.2~0.3	38.6~52.0		40.5		
	검토의견			■ 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨				

2) 기 정밀점검(2013년)결과 비교

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고
비파괴 강도 (MPa)	시험종류	부재	'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도	
	반발경도법	상부구조	41.4~43.8	43.6~48.2	40.0	
		하부구조	24.5~27.6	24.8~27.5	24.0	
	검토의견		■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.			
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	평가	
	상부구조		2.0 ~ 4.0	2.1 ~ 4.5	a	
	하부구조		6.0 ~ 7.0	5.9 ~ 8.9	a	
	검토의견		■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.			

4. 시설물의 상태평가

4.1 대구방향

가. 시설물 전체 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 /연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	PSCB	b	c	b	b	a	b	c	a	c	q	x	a	a	a
2	PSCB	b	c	b	b	a	c	x	b	c	q	x	x	x	x
3	PSCB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
4	PSCB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	a	a	x	x
5	PSCB	b	b	b	b	a	d	x	b	b	q	x	x	x	x
6	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
7	PSCB	b	c	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
8	PSCB	b	c	c	b	a	c	x	b	c	q	x	x	x	x
9	PSCB	b	c	c	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
10	PSCB	c	c	b	b	a	b	x	c	c	q	x	x	a	x
11	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
12	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	b	c	q	a	a	x	x
13	PSCB	c	c	b	b	a	b	x	b	b	q	a	x	x	x
14	PSCB	b	c	b	b	a	c	x	b	b	q	x	a	x	x
15	PSCB	c	c	b	b	c	c	x	c	b	q	x	x	x	x
16	PSCB	c	c	b	b	c	b	c	b	b	q	x	x	x	x
17	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	c	q	x	x	x	a
18	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
19	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	c	c	q	x	x	x	x
20	PSCB	b	b	b	b	c	c	x	b	b	q	a	a	x	x
21	PSCB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
22	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
23	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
24	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
25	PSCB	b	b	b	b	c	b	x	b	c	q	x	x	x	x
26	PSCB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
								c	b	b	q		x		x
평균		0.254	0.308	0.215	0.200	0.146	0.296	0.400	0.233	0.259	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	N/A	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.051	0.062	0.006	0.014	0.004	0.006	0.036	0.021	0.052	N/A	0.002	0.002	0.002	0.001
														0.259	
														B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도 지수}(0.259) < 0.260$

나. 기 점검('13년) 결과와의 비교, 분석

- 최종 상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 평가되었으며, '13년 정밀점검 이후 구조적 영향을 미칠만한 손상에 진전은 없는 것으로 조사되었다.
- 상·하부구조의 기 손상들은 국부적으로 보수가 되었으나, 공용 경과에 따른 손상이 증가되었으며, 일부 미보수된 손상 및 보수부 재손상이 발생되었다.
- 공용기간 경과에 따른 손상증가 (바닥판하면 및 거더 균열 및 망상균열 증가, 교면포장 아스콘 손상 증가, 신축이음장치 후타재 손상 증가, 교대 및 교각 균열 증가)로 인하여 환산결합도 점수가 0.172 ⇨ 0.259으로 증가한 것으로 분석되었다.

구 분		'13년 정밀점검		금회('15년) 진단		결합도 지수 변화요인
		등급	부재별 결합도 지수	등급	부재별 결합도 지수	
상부 구조	바닥판 (상부플랜지)	a	0.155	b	0.254	◇ 균열 및 균열/백태 증가
	거더 (복부, 하부플랜지)	b	0.169	c	0.308	◇ 균열 및 균열/백태 증가
2차 부재	격벽	-	-	b	0.215	◇ 균열 및 백태 증가
기타 부재	포장	b	0.165	b	0.200	◇ 라벨링, 패임, 아스콘 균열 증가
	배수	b	0.158	b	0.146	◇ 배수구 막힘 증가
	난간, 연석	b	0.219	c	0.296	◇ 균열 및 균열/백태, 보수재 박리 증가
	신축이음	c	0.267	c	0.400	◇ 본체 녹발생 및 후타재 균열 증가
받침	교량받침	b	0.200	b	0.233	◇ 몰탈 균열 증가
하부 구조	하부	b	0.207	b	0.259	◇ 균열 및 망상균열 증가
	기초	q	N/A	q	N/A	-
내구성 요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	◇ 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없음 ◇ 잔여깊이가 30mm 이상
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	-	-	a	0.100	◇ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 상태인 'a'로 평가됨
	염화물(하부)	-	-	a	0.100	
합 계		B	0.172	B	0.259	

4.2 부산방향

가. 시설물 전체 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 /연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	PSCB	c	b	b	b	a	b	b	b	b	q	x	a	x	x
2	PSCB	c	a	b	b	a	b	x	b	b	q	a	a	x	x
3	PSCB	c	c	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
4	PSCB	c	b	b	a	a	b	x	b	b	q	x	x	a	x
5	PSCB	c	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
6	PSCB	c	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	a	x	x
7	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	a	x	x	x
8	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	a	x
9	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	a	x	x	x
10	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
11	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
12	PSCB	c	b	c	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
13	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
14	PSCB	b	b	c	b	a	b	x	b	b	q	x	a	x	x
15	PSCB	c	c	b	b	c	b	c	c	b	q	x	x	x	a
16	PSCB	c	b	c	b	c	b	x	c	b	q	x	x	x	x
17	PSCB	c	b	c	b	a	b	x	c	b	q	a	x	x	x
18	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
19	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
20	PSCB	c	b	c	a	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
21	PSCB	c	c	b	a	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
22	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
23	PSCB	b	a	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
24	PSCB	c	b	b	a	c	b	x	c	b	q	x	x	x	x
25	PSCB	b	c	b	a	a	c	x	c	b	q	x	a	x	x
								b	c	b	q	-	x	-	a
평균		0.336	0.264	0.240	0.180	0.136	0.224	0.267	0.277	0.200	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	N/A	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합		0.067	0.053	0.007	0.013	0.004	0.004	0.024	0.025	0.040	N/A	0.002	0.002	0.002	0.001
														0.244	
														B	

■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도 지수}(0.244) < 0.260$

나. 기 점검('13년) 결과와의 비교, 분석

- 최종 상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 평가되었으며, '13년 정밀점검 이후 구조적 영향을 미칠만한 손상에 진전은 없는 것으로 조사되었다.
- 상·하부구조의 기 손상들은 국부적으로 보수가 되었으나, 공용 경과에 따른 손상이 증가되었으며, 일부 미보수된 손상 및 보수부 재손상이 발생되었다.
- 공용기간 경과에 따른 손상증가 (바닥판하면 및 거더 균열 및 망상균열 증가, 교면포장 아스콘 손상 증가, 신축이음장치 후타재 손상 증가, 교대 및 교각 균열 증가)로 인하여 환산결함도 점수가 0.174 ⇨ 0.244으로 증가한 것으로 분석되었다.

구 분		'13년 정밀점검		금회('15년) 진단		결함도 지수 변화요인
		등급	부재별 결함도 지수	등급	부재별 결함도 지수	
상부 구조	바닥판 (상부플랜지)	b	0.148	c	0.336	◇ 균열 및 망상균열 증가
	거더 (복부, 하부플랜지)	b	0.168	c	0.264	◇ 균열 및 망상균열, 철근노출 증가
2차 부재	격벽	-	-	b	0.240	◇ 균열 및 망상균열 증가
기타 부재	포장	b	0.148	b	0.180	◇ 라벨링, 아스콘 패임 증가
	배수	b	0.136	b	0.136	◇ 배수관 막힘 증가
	난간, 연석	b	0.200	b	0.224	◇ 균열 및 균열/백태 증가
	신축이음	c	0.267	c	0.267	◇ 본체 녹발생 및 후타재 균열 증가
받침	교량받침	b	0.200	c	0.277	◇ 도장박리/녹발생, 몰탈 균열 일부 증가
하부 구조	하부	b	0.196	b	0.200	◇ 균열 및 망상균열 증가
	기초	q	-	q	N/A	-
내구성 요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	◇ 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없음 ◇ 잔여깊이가 30mm 이상
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	-	-	a	0.100	◇ 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태
	염화물(하부)	-	-	a	0.100	
합 계		B	0.174	B	0.244	

5. 안전성평가

5.1 안전성평가 결과

가. 상부구조

1) 종방향 검토

- 허용응력법에 의한 안전율 산정 (단위 : kN/m²)

조합 Case	허용 응력	측경간 중앙부		측경간 지점부		중앙경간 중앙부		중앙경간 지점부	
		조합응력	S.F	조합응력	S.F	조합응력	S.F	조합응력	S.F
1	18,400	8,880	2.07	10,400	1.76	6,740	2.72	8,320	2.21
2	18,400	9,940	1.85	11,750	1.56	8,080	2.27	9,530	1.93
3	18,400	10,290	1.78	12,750	1.44	8,670	2.12	10,310	1.78
최소 안전율		1.78		1.44		2.12		1.78	

안전성평가등급	A

- 설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력

위 치	Mu (kN · m)	ØMn (kN · m)	안전성
측경간 중앙부	61,387.9	153,651.0	O.K.
측경간 지점부	63,764.3	166,133.0	O.K.
중앙경간 중앙부	30,173.5	153,651.0	O.K.
중앙경간 지점부	44,346.3	166,133.0	O.K.

안전성평가등급	A

2) 횡방향 검토하

- 중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토

부 재	사용철근량(As)	휨 검 토		안전율
		Mu (kN · m)	ØMn (kN · m)	
캔틸레버부 단부	H25@250 + H25@250	305.50	504.64	1.85
중간 지점부	H25@250 + H25@250	382.00	628.68	1.85
내부슬래브 중앙부	H19 @125	95.20	153.14	1.60

안전성평가등급	A

나. 하부구조

단면위치		Puse	Pu(kN)	φ Pn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.024	33342.518	146222.737	4.385	O.K
	모멘트최대	0.024	26837.991	57996.668	2.161	O.K
	편심최대	0.024	20396.873	45154.311	2.214	O.K
교축직각방향	축력최대	0.024	33342.518	146222.737	4.385	O.K
	모멘트최대	0.024	27911.510	50760.056	1.819	O.K
	편심최대	0.024	19323.353	38110.838	1.972	O.K
합성부재력	축력최대	0.024	33342.518	146222.737	4.385	O.K
	모멘트최대	0.024	26837.991	38393.912	1.431	O.K
	편심최대	0.024	20396.873	28547.875	1.400	O.K
	모멘트최대	0.024	27911.510	50654.972	1.815	O.K
	편심최대	0.024	19323.353	38026.965	1.968	O.K

5.2 기본내하력 평가결과

1) 허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가

위 치	내하율 계산	내하율(RH)	기본내하력
측경간 중앙부	$\frac{18,400 - (8,880)}{1,060}$	8.98	DB-24 이상
측경간 지점부	$\frac{18,400 - (10,400)}{1,350}$	5.92	DB-24 이상
중앙경간 중앙부	$\frac{18,400 - (6,740)}{1,340}$	8.70	DB-24 이상
중앙경간 지점부	$\frac{18,400 - (8,320)}{1,210}$	8.33	DB-24 이상

2) 강도설계법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가

위 치	내하율 계산	내하율(RH)	기본내하력
측경간 중앙부	$\frac{153,651 - (1.3 \times 46,993 + 18,441)}{2.15 \times (11,279)}$	3.05	DB-24 이상
측경간 지점부	$\frac{166,133 - (1.3 \times 58,046 + 28,793)}{2.15 \times (9,428)}$	3.05	DB-24 이상
중앙경간 중앙부	$\frac{153,651 - (1.3 \times 23,551 + 17,197)}{2.15 \times (9,534)}$	5.16	DB-24 이상
중앙경간 지점부	$\frac{166,133 - (1.3 \times 39,639 + 25,281)}{2.15 \times (8,440)}$	4.92	DB-24 이상

3) 횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가

위 치	내하율 계산	내하율(RH)	기본 내하력
캔틸레버부 단부	$\frac{504.64 - 1.3 \times 52.0}{2.15 \times 102.0}$	1.99	DB-24 이상
중간 지점부	$\frac{628.68 - 1.3 \times 81.0}{2.15 \times 151.0}$	1.61	DB-24 이상
내부슬래브 중앙부	$\frac{153.14 - 1.3 \times 6.0}{2.15 \times 40.0}$	1.69	DB-24 이상

5.3 안전성평가 결론

상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판 및 거더에 대해서 최소안전율이 각각 1.60 및 1.44으로 안전율 1.0을 상회하고 교각 P2의 하부구조에 대한 구조검토결과, 기둥은 P-M상관도 해석에 의한 최소안전율 1.400으로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성평가 등급은 A등급이다.

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성 평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S・F	기준	
밀양대교(대구)	0.259	B	1.44(거더) 1.60(바닥판) 1.40(교각 P2)	A	B
밀양대교(부산)	0.244	B			B
종합평가	•밀양대교(대구, 부산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” 로 평가됨 •안전성 평가 결과, 최소 안전율 1.0이상으로 “A” 로 평가됨 •상태평가 및 안전성 평가 결과를 통한 종합평가 결과, 밀양대교(대구, 부산)는 “B” 로 평가됨				

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	밀양대교(대구)	B등급(양호)
	밀양대교(부산)	B등급(양호)

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강 및 개략공사비

가. 대구방향

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
PSC BOX 거더 내부	균열(0.1mm)	지속관찰	2717.2	679.30	m ²	49	33,285	-	표면처리
	균열(0.2mm)	지속관찰	96.7	96.70	m	130	12,571	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	10	10.00	m	130	1,300	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	0.12	0.12	m ²	49	5	-	표면처리
	백태	지속관찰	0.07	0.11	m ²	49	5	-	표면처리
	이물질 퇴적	정비	2.51	3.77	m ²	5	18	3	-
PSC BOX 거더 외부	균열(0.1mm)	지속관찰	927	231.75	m ²	49	11,355	-	표면처리
	균열(0.2mm)	지속관찰	29.7	29.70	m	130	3,861	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	5	5.00	m	130	650	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	5.11	5.11	m ²	49	250	-	표면처리
	백태	지속관찰	0.13	0.20	m ²	49	9	-	표면처리
	철근노출	지속관찰	0.08	0.12	m ²	232	27	-	단면보수(방청)
	파손	지속관찰	0.04	0.06	m ²	215	12	-	단면보수
	긁힘	지속관찰	5	7.50	m ²	49	367	-	표면처리
교대	균열(0.2mm이하)	지속관찰	2.5	0.63	m ²	49	30	-	표면처리
	균열(0.3mm이상)	지속관찰	1	1.00	m	130	130	-	주입보수
	백태	지속관찰	0.87	1.31	m ²	49	63	-	표면처리
	채수흔적	지속관찰	6	6.00	m ²	49	294	-	표면처리
	점검계단파손	점검계단 보수	0.05	1.00	개소	30	30	3	-
	법면보호블럭 침하	토사채움	3.25	4.88	m ²	8	39	3	-
	배수측구 균열	주입보수	1	1.00	m	130	130	3	-
교각	균열(0.2mm이하)	지속관찰	472.1	118.03	m ²	49	5,783	-	표면처리
	균열(0.3mm이상)	지속관찰	64.1	64.10	m	130	8,333	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	818.82	818.82	m ²	49	40,122	-	표면처리
	누수오염 /박리/열화	지속관찰	3.6	5.40	m ²	49	264	-	표면처리
	조류배설물 퇴적	정비	8	12.00	m ²	5	60	3	-
교량받침	받침Plate 도장박리	재도장	10	10.00	개소	4	40	3	-
	받침Plate 녹발생	재도장	48	48.00	개소	39	1,872	3	-
	볼트/와셔 녹발생	재도장	23	23.00	개소	4	92	3	-
	볼트체결불량	재체결	8	8.00	개소	5	40	3	-

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
교량받침	받침몰탈균열 (0.2mm이하)	지속관찰	12.9	3.23	m ²	49	158	-	표면처리
	받침몰탈균열 (0.3mm이상)	지속관찰	3	3.00	m	130	390	-	주입보수
	받침몰탈 박리/박락/파손	지속관찰	0.16	0.24	m ²	215	51	-	단면보수
신축이음	신축이음 본체 녹발생	재도장	2.95	2.95	m	4	11	3	-
	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	정비	6	6.00	m	15	90	3	-
	차수관 앵커볼트 탈락/풀림	재설치	21	21.00	개소	5	105	3	-
교면포장	아스콘 패임	아스팔트 패칭	16.09	24.14	m ²	55	1,327	3	-
	소성변형	절삭 후 오버레이	1	1.50	m ²	20	30	3	-
배수시설	배수구 막힘	정비	1	1.00	개소	5	5	3	-
	배수관 이음부 누수	정비	3	3.00	개소	20	60	3	-
	배수관 길이부족	길이연장	2.5	2.50	m	68	170	3	-
방호벽	균열(0.2mm이하)	지속관찰	1281.5	320.38	m ²	49	15,698	-	표면처리
	균열(0.3mm이상)	지속관찰	56	56.00	m	130	7,280	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	1.5	1.50	m	130	195	-	주입보수
	표면보수재 박리	지속관찰	72	108.00	m ²	49	5,292	-	표면처리
	파손	지속관찰	0.3	0.45	m ²	215	96	-	단면보수
기타시설	텔리네이터 파손	텔리네이터 재설치	1	1.00	개소	15	15	3	-
	낙하물방지망 지주변형	지주 재설치	1	1.00	개소	300	300	3	-
	점검로 난간변형	점검로 난간대 재설치	2	2.00	개소	15	30	3	-
	점검로 이물질퇴적	정비	11.25	16.88	m ²	5	84	3	-
	출입문 고정상태 불량(시접측)	출입문 교체	1	1.00	개소	600	600	3	-
순공사비 합계(천원)							153,024		
제경비(순공사비×50%)							76,512		
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위						-		
	2순위						-		
	3순위						7,722		
	지속관찰						221,814		
유지보수 개략공사비 총계							229,536		

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

※ 철근노출 단면복구 → 30mm(잡철물 제외)

※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

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

※ 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

나. 부산방향

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
PSC BOX 거더 내부	균열(0.1mm)	지속관찰	1998.3	499.58	m ²	49	24,479	-	표면처리
	균열(0.2mm)	지속관찰	214	214.00	m	130	27,820	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	0.1	0.10	m	130	13	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	21.47	21.47	m ²	49	1,052	-	표면처리
	백태	지속관찰	3.28	4.92	m ²	49	241	-	표면처리
	이물질 퇴적	정비	31.25	46.88	m ²	5	234	3	-
PSC BOX 거더 외부	균열(0.1mm)	지속관찰	774	193.50	m ²	49	9,481	-	표면처리
	균열(0.2mm)	지속관찰	30.8	30.80	m	130	4,004	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	25.4	25.40	m ²	49	1,244	-	표면처리
	백태/누수오염	지속관찰	3.96	5.94	m ²	49	291	-	표면처리
	파손	지속관찰	0.09	0.14	m ²	215	29	-	단면보수
	파손/철근노출	지속관찰	3.75	5.63	m ²	232	1,305	-	단면보수(방청)
교대	유도배수관 길이부족	유도배수관 연장	2	2.00	개소	30	60	3	-
	균열(0.2mm이하)	지속관찰	8.3	2.08	m ²	49	101	-	표면처리
	파손	지속관찰	2.58	3.87	m ²	215	832	-	단면보수
	백태	지속관찰	0.6	0.90	m ²	49	44	-	표면처리
	채수흔적	지속관찰	2	2.00	m ²	49	98	-	표면처리
	범면보호블럭 침하	토사채움	9.11	13.67	m ²	8	109	3	-
교각	배수측구 균열	주입보수	0.6	0.60	m	130	78	3	-
	균열(0.2mm이하)	지속관찰	639.1	159.78	m ²	49	7,828	-	표면처리
	망상균열	지속관찰	224.9	224.90	m ²	49	11,020	-	표면처리
	백태	지속관찰	0.06	0.09	m ²	49	4	-	표면처리
	박락, 파손	지속관찰	0.14	0.21	m ²	215	45	-	단면보수
	그을음	지속관찰	1.05	1.58	m ²	49	77	-	표면처리
교량받침	이물질 퇴적	정비	8	12.00	m ²	5	60	3	-
	받침Plate 도장박리	재도장	1	1.00	개소	4	4	3	-
	받침Plate 녹발생	재도장	38	38.00	개소	5	190	3	-
	볼트 녹발생	재도장	2	2.00	개소	4	8	3	-
	볼트체결볼량	재체결	4	4.00	개소	5	20	3	-
	받침몰탈 균열(0.2mm이하)	지속관찰	30.2	7.55	m ²	49	369	-	표면처리

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
교량받침	받침물탈 균열(0.3mm이상)	지속관찰	0.5	0.50	m	130	65	-	주입보수
	받침물탈 들뜸/박락/파손	지속관찰	0.13	0.20	m ²	215	41	-	단면보수
신축이음	신축이음 본체 녹발생	재도장	1.5	1.50	m	4	6	3	-
	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	정비	7.5	7.50	m	15	112	3	-
	차수판 앵커볼트 탈락/체결불량	재설치	11	11.00	개소	5	55	3	-
교면포장	아스콘 패임	아스팔트 패칭	6.53	9.80	m ²	55	538	3	-
배수시설	배수관 연결부 누수	배수관 재용접	1	1.00	개소	200	200	3	-
	배수관 막힘	정비	1	1.00	개소	20	20	3	-
방호벽	균열(0.2mm이하)	지속관찰	856.8	214.20	m ²	49	10,495	-	표면처리
	균열(0.3mm이상)	지속관찰	3	3.00	m	130	390	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	15	15.00	m	130	1,950	-	주입보수
	파손	지속관찰	0.09	0.14	m ²	215	29	-	단면보수
	점검로 이물질 퇴적	정비	58.25	87.38	m ²	5	436	3	-
	텔리네이터 파손	텔리네이터 재설치	2	2.00	개소	15	30	3	-
순공사비 합계(천원)							105,507		
제경비(순공사비×50%)							52,754		
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위					-		
		2순위					-		
		3순위					3,240		
		지속관찰					155,021		
유지보수 개략공사비 총계							158,261		

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

※ 철근노출 단면복구 → 30mm(잡철물 제외)

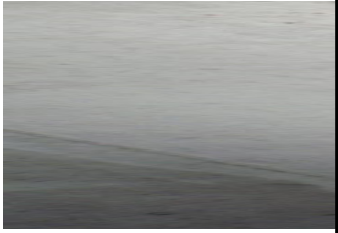
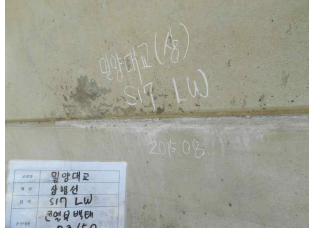
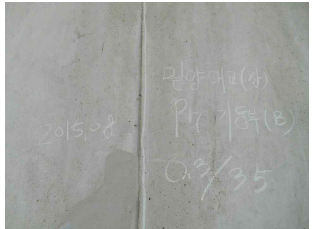
※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

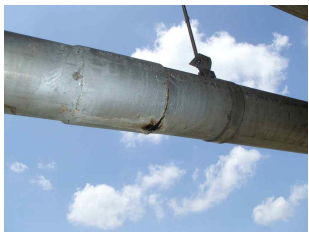
※ 일부 손상은 보수물량 산정시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.

※ 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

7.2 유지관리방안

가. 부재별 중점유지관리 사항

부재구분	중 점 점 검 내 용	관련사진
바닥판	균열, 균열/백태 진전 여부	
		내부 슬래브 균열
거더 및 격벽	- 균열 진전여부 - 백태 진전여부	
		시공이음균열/백태
하부구조	- 교대 균열의 진전여부 - 교각 코핑부 및 기둥부 균열 진전여부 - 수중부 교각의 침식 및 파손, 세굴 여부	
		기둥부 균열(P7)
교량받침	- 받침Plate 도장박리/녹발생 여부 - 받침볼트 체결 상태 - 받침 고무재(피복고무재) 손상진행여부 - 받침물탈 및 받침콘크리트의 균열 - 미세균열 진전여부 및 추가손상발생 여부	
		받침콘크리트 Plate 도장박리

부재구분	중 점 점 검 내 용	관련사진
신축이음장치	• 신축이음장치 가동상태 확인 - 본체 유간부 이물질 퇴적에 대해 주기적인 청소 필요 - 유간확보여부 주기적 점검 - Rail Joint 본체 하부 베어링 및 유간조절장치 볼트 탈락 여부 • 후타재 균열 진전여부 - 손상진전 여부 점검	
		유간부 이물질 퇴적
		 유간조절장치 볼트 탈락
교면포장	• 공용기간 증대 및 빈번한 중차량 통행에 의한 손상 진전여부 (패임, 라벨링, 균열, 소성변형 등)	
		포장 패임
배수시설	• 배수구 막힘 • 배수관 길이부족 - 주변 시설물 손상확대 여부 • 배수관 이음부 누수 - 이음부 및 주변 시설물 손상확대 여부 • 배수관 연결재, 연결고리 손상 • 집수관 및 배수관 연결핀 손상	
		배수관 이음부 누수
방호벽 및 중앙분리대	• 0.2mm~0.3mm균열(백태동반) - 손상진전 여부 점검 • 이음부 파손	
		균열/백태

8. 종합결론

밀양대교(대구, 부산)는 경상남도 밀양시 상남면 예림리(대구방향 : 부산기점 41.044 ~ 42.334 km 부산방향 : 부산기점 41.057 ~ 42.297km) 일원에 위치하고 있으며, 2006년 2월에 준공된 교량으로 활성로, 용평로, 밀양강을 횡단하고 있다.

교량은 I.L.M(Incremental Launching Method)가설공법으로 시공된 P.S.C BOX 거더교의 분리 교량으로 대구방향은 총연장 1,290.00m((40+14@50)+(11@50)=1,290.0m)이고 폭원은 12.60m(2차로)이며, 상부구조는 11경간, 15경간 연속의 PSC BOX 거더교로 이루어져 있다. 부산방향은 1,240.00m((40+14@50)+(10@50)=1,240.0m)이고 폭원은 12.60m(2차로)이며, 상부구조는 10경간, 15경간 연속의 PSC BOX 거더교로 이루어져 있다.

하부구조는 교대 : 역T형, 교각 : T형으로 시공되어져 있으며, 기초는 교대 A2, 대구방향 P24, P25, 부산방향 P24는 직접기초, 그 외 하부 구조물 기초는 현장타설말뚝으로 시공되어져 있다.

본 과업은 준공 후 최초로 실시하는 정밀안전진단이며, 설계 및 시공자료와 유지관리자료를 분석한 후 과업수행계획에 따라 외관조사, 내구성 조사 및 시험 등의 현장조사를 실시하였고, 설계도서와 현장조사의 결과를 토대로 구조안전성을 평가하였으며, 정밀안전진단결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

가. 외관조사 결과

1) PSC BOX 거더

- PSC BOX 거더 내부의 상부 바닥판에 종균열이 다수 발생되었으며, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태, 이물질 퇴적 등의 손상이 조사되었다. 거더 외부의 하부 바닥판에는 종균열이 간헐적으로 발생되었으며, 벽체부에 수평 및 경사균열, 망상균열, 일부 개소에 균열부 백태, 누수오염/백태, 보수불량, 파손/철근노출, 굽힘 등의 손상이 조사되었다.
- PSC BOX 거더에 발생한 균열은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열, 균열부 백태는 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열 및 망상균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 보수불량, 파손 및 철근노출 등의 손상은 손상확대가 우려되므로 단면보수가 필요하며, 표면부 굽힘 손상은 미관 및 내구성 확보를 위해 표면보수가 바람직하다.
- 누수오염은 신축이음 방호벽 단부측 누수에 의한 손상으로 향후, 신축이음장치 교체시

방호벽측 단부 마감에 대해 정밀 시공이 필요하며, 백태는 시공초기 손상으로 판단되므로 표면보수 후 주의관찰이 필요하다.

- 이물질 퇴적 손상은 원활한 유지관리를 위해 청소/제거가 바람직하다.

2) 교대

- 외관조사 결과, 균열, 파손, 교좌면 체수 흔적, 배수측구 균열, 법면보호블럭 침하, 통로BOX 백태 등의 손상이 조사되었고, 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 교대 A1 교좌면에서 체수흔적이 조사되었으므로 받침장치의 열화발생 여부에 대한 주의관찰이 필요하며, 국부적인 파손 손상은 손상확대 우려가 있어 단면보수가 바람직하다.
- 법면보호블럭 침하 및 배수측구 균열은 우수 유입 방지를 위해 침하부 채움 및 측구 균열부 보수 실시가 바람직하며, 통로BOX 백태 손상은 표면보수가 필요하다.

3) 교각

- 교각의 외관조사 결과, 망상균열, 균열, 파손, 박락, 표면오염/백태, 누수오염/박리/열화, 그을음, 이물질(조류배설물) 퇴적 등의 손상이 조사되었으며, 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 표면오염, 누수오염/박리/열화 손상은 배수관 막힘, 길이부족에 의한 손상으로 배수관 청소 및 길이 연장 후 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 필요하며, 박락, 백태, 그을음 손상은 표면부의 경미한 손상으로 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하다.
- 국부적인 파손 손상은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하며, 이물질(조류배설물) 퇴적은 제거 및 청소가 바람직하다.
- 밀양대교는 밀양강을 횡단하는 교각으로 교각 P2~P13이 하천상에 위치하고 있으나, 점검시 갈수기로 P11~P13만이 수중부에 위치하고 있고, 수중부 교각의 외관상태는 유수에 의한 침식 및 파손이 발생되지 않은 양호한 상태이며, 교각 주변은 세굴방지용 사석채움 시공으로 하상 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

4) 교량받침

- 교량받침은 납면진받침(원형 L.R.B)으로 설치되어 있으며, 받침Plate 도장박리 및 녹발생, 볼트/와셔 녹발생 및 체결불량, 받침 고무재 들뜸, 받침 몰탈 균열, 들뜸, 박락 및 파손 등의 손상이 조사되었으나, 받침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.
- 받침Plate 도장박리/녹발생, 볼트/와셔 녹발생은 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장이 필요하며, 받침몰탈 균열은 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리가 바람직하다.
- 받침몰탈 들뜸, 박락 및 파손 등은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하며, 고무재 들뜸 손상은 받침장치 보호를 위한 피복 고무재의 들뜸으로 받침 기능발휘에는 영향이 없어 주의관찰이 바람직하다.
- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침의 가동여유량을 검토한 결과, 설계기준온도에 따른 하절기 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 받침장치 모두 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5) 신축이음

- 신축이음장치는 A1, P15, A2에 Rail Joint로 시공되어져 있고 외관조사 결과, 전반적으로 신축거동은 원활하나, 신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적, 차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림, 후타재 균열, 유간조절장치 볼트 탈락 등의 손상이 조사되었다.
- 교대 A1, A2에서 Rail Joint 유간조절장치 고정을 위한 볼트가 탈락된 것으로 조사되었으나, 신축이음장치의 기능발휘에는 문제가 없고 차량하중에 의한 신축이음장치의 변형 등으로 볼트체결이 어려워 주위관찰이 바람직하다.
- 신축이음 본체 녹발생은 내구성 확보를 위해 도장 실시가 바람직하며, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직하다.
- 차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림 등의 손상이 조사되었으므로 차수판의 건전성 확보를 위해 보수가 바람직하다.
- 후타재에 발생한 균열은 급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생한 손상으로 급회 조사된 0.2mm이하 미세균열은 주의관찰이 바람직하며 향후, 손상 확대시 보수가 필요하다.
- 급회 신축이음 유간을 검토한 결과, 신축이음 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

6) 교면포장

- 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 아스콘 패임, 라벨링, 접속부 이격, 시공이음 등의 손상이 조사되었으며, 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았다. 다만, 아스콘 패임 손상은 차량하중의 반복적인 재하 및 충격작용 등으로 인해 손상확대가 우려되고, 포장층내 우수 침투로 구조물의 내구성 저하를 유발할 수 있어 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상의 경우 그 손상정도가 경미하여 향후, 손상진행 여부에 따른 적절한 보수가 바람직하다.
- 밀양대교(대구방향 S26)에 대하여 교면포장 및 포장부 배면의 들뜸 여부와 위치 등을 확인하기 위하여 G.P.R 탐사를 실시하여 분석결과, 2차로에서 신축이음부 A2로부터 0m, 37m위치에서 이상반사파가 탐사되었으며, 탐사된 이상반사파는 심도 및 형상으로 판단할 때 대부분 교면포장과 상부슬래브 사이의 경계부에서 발생한 들뜸현상으로 판단된다. 본 교량의 포장은 최근 재시공한 이력이 있고 포장자체에서는 특별한 손상이 발견되지 않음을 감안할 때 바닥판의 열화에 의한 손상일 가능성이 크므로 포장의 손상진행여부를 바닥판 손상과 연계하여 주의관찰하여야 한다.

7) 배수시설

- 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 개소에서 배수관 연결부 누수, 배수관 녹발생, 배수관 막힘 등이 조사되었다.
- 배수관 막힘 및 배수관 녹발생 등은 교면 하부의 배수관에 이물질 퇴적 손상으로 교면 우수처리에 큰 영향을 미치지 않으나, 하부구조의 및 배수관 주변부에 2차 손상을 유발하고 교량하부 이용자의 피해가능성이 있어 배수관 청소 실시가 바람직하다.
- 배수관 연결부 누수는 기존 보수부에 발생한 손상으로 교량하부에 자전거 도로 및 공원이 있어 누수로 인한 피해가 발생되지 않도록 손상부에 대해 채용접 또는 충전 보수가 바람직하다.

8) 방호벽

- 외관조사결과, 수평 및 수직균열이 다수 조사되었으며, 일부구간에 균열부 백태, 파손, 실런트 이격, 방호벽 단차 등이 조사되었으므로, 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2mm이하 균열은 표면보수 실시가 필요하며,
- 방호벽 유간부 실런트 이격은 기능발휘에 문제가 없으므로 주의관찰 후 향후, 손상 확대 시 보수가 바람직하며, 방호벽 단차는 진행이 수렴된 것으로 판단되므로 주의관찰이 바람직하다.

9) 기타 시설

- 기타 시설에 대한 점검 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 텔리네이터 파손, 방음판 손상, 낙하물방지망 지주 변형(지지부 용접균열), 점검로 난간변형, 점검사다리 지지판 변형/파손, 이물질(조류서식지 및 배설물 등) 퇴적, 시점측 출입문 고정상태 불량 등이 조사되었으므로, 운전자의 시선유도로 사고방지를 위해 텔리네이터는 재설치가 필요하다.
- 교량 하부 철로 구간에 위치하는 낙하물방지망 변형(지지부 용접 균열)에 대해서는 철로의 안전성 확보를 위해 재설치가 필요하며, 점검시설의 변형/파손 등에 대해서는 원활한 점검을 위해 재설치 또는 주의관찰이 바람직하다.

나. 내구성 시험 및 측정 결과

- 콘크리트의 내구성 시험결과 콘크리트의 강도는 설계기준강도(상부구조 40MPa, 하부구조 24MPa)를 상회하며, 철근배근상태는 설계치에 근사한 것으로 조사되었다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 30.0mm이상으로 측정되어 탄산화에 의한 철근부식발생의 우려가 없는 “a” 로 평가되었다.
- 염화물함유량 시험결과 염화물에 의한 철근 부식 발생의 우려가 없는 “a” 로 평가되었다.
- 균열깊이 측정결과, 측정 대상 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되어 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

- 상태평가결과, 바닥판, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 내구성 확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” (대구방향 0.259, 부산방향 0.244)로 평가되었다.

라. 안전성 평가 결과

- 상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판 및 거더에 대해서 최소안전율이 각각 1.60 및 1.44으로 안전율 1.0을 상회하고 교각 P2의 하부구조에 대한 구조검토결과, 기둥은 P-M상관도 해석에 의한 최소안전율 1.400으로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

마. 결 언

- 밀양대교는 약 10년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 콘크리트 부재 균열 및 망상균열, 국부적인 단면손상, 누수오염, 교량받침Plate 녹발생, 신축이음 유간부 토사퇴적, 아스콘 패임, 배수관 막힘, 배수관 연결부 누수 등의 손상이 일부 조사되었다.
- 본 교량의 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, PSC BOX 구조물은 작용하중에 대해 강선 긴장력에 의해 저항하는 구조물로 균열 및 기타 손상에 대해 지속적인 주의관찰 및 적절한 유지관리가 이루어져야 하므로, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등급(DB-24)로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다.

보고서 목차

◎ 정밀안전진단 결과 요약문

제 1장 정밀안전진단 개요	1
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 범위 및 내용	3
1.2.1 과업의 범위	3
1.2.2 과업수행기간	3
1.2.3 과업의 내용	4
1.3 과업수행 절차 및 일정	5
1.3.1 과업수행 절차	5
1.3.2 과업수행 일정	6
1.4 대상교량의 현황	7
1.4.1 시설물 현황	7
1.4.2 교량 주요도면	8
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황	16
1.6 교량기호의 정의	17
1.6.1 교량기호	17
1.6.2 일련번호(n)	18
제 2장 자료수집 및 분석	19
2.1 자료수집 현황	21
2.1.1 자료수집 현황	21
2.2 건설 관련자료 검토결과 요약	22
2.2.1 설계기준 검토	22
2.2.2 실시설계 보고서 검토	24
2.2.3 구조 및 수리계산서 검토	27

2.2.4 설계도면 검토.....	30
2.2.5 토질 및 지반조사 자료검토.....	30
2.2.6 시공관련 자료검토.....	32
2.3 기 점검 실시결과 요약.....	33
2.3.1 기 점검이력.....	33
2.3.2 기 정밀점검 실시결과(2013년 12월).....	35
2.4 보수·보강 이력.....	41
2.5 내진설계 여부.....	42
2.6 자료분석 결과요약.....	44
제 3장 현장조사 및 시험.....	45
3.1 개 요.....	47
3.2 외관조사 결과(대구방향).....	49
3.2.1 상부구조.....	49
3.2.2 하부구조.....	56
3.2.3 교량받침.....	62
3.2.4 신축이음장치.....	73
3.2.5 교면포장.....	78
3.2.6 기타부재.....	81
3.3 외관조사 결과(부산방향).....	88
3.3.1 상부구조.....	88
3.3.2 하부구조.....	95
3.3.3 교량받침.....	102
3.3.4 신축이음장치.....	113
3.3.5 교면포장.....	117
3.3.6 기타부재.....	120
3.4 콘크리트 내구성조사.....	126
3.4.1 개 요.....	126
3.4.2 시험내용 및 평가기준.....	130
3.4.3 시험결과 및 분석.....	146
3.5 현장조사 및 시험 결과요약.....	169

3.5.1 외관조사 결과요약.....	169
3.5.2 현장시험 결과 요약.....	175

제 4장 시설물의 상태평가..... 179

4.1 개요.....	181
4.2 상태평가 항목 및 기준.....	181
4.2.1 부재별 상태평가 적용범위.....	181
4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치.....	182
4.2.3 상태평가 결과 결정.....	183
4.3 상태평가 결과.....	184
4.3.1 대구방향.....	184
4.3.2 부산방향.....	200

제 5장 시설물의 안전성 평가..... 215

5.1 개 요.....	217
5.2 상부구조 안전성 평가.....	218
5.2.1 교량 제원.....	218
5.2.2 재료의 물성치 및 허용응력.....	218
5.2.3 하중조건.....	219
5.2.4 종방향 구조해석.....	222
5.2.5 허용응력에 의한 안전성 평가.....	222
5.2.6 강도설계법에 의한 안전성 평가.....	226
5.2.7 횡방향 구조해석.....	230
5.3 기본내하력 검토.....	233
5.3.1 개요.....	233
5.3.2 종방향 평가.....	234
5.3.3 횡방향 평가.....	235
5.4 하부구조 안전성평가.....	236
5.4.1 교각(P2) 구조검토.....	236
5.5 안전성 평가 결과요약.....	247
5.5.1 안전성 평가결과.....	247

5.5.2 기본내하력 평가결과.....	248
5.5.3 안전성평가 종합결론.....	249
제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정.....	251
6.1 종합평가.....	253
6.1.1 종합평가 결과 산정방법.....	253
6.1.2 종합평가 결과.....	254
6.2 안전등급.....	255
6.2.1 안전등급기준.....	255
6.2.2 안전등급 지정.....	255
제 7장 보수·보강 및 유지관리방안.....	257
7.1 개 요.....	259
7.2 보수·보강 방안.....	261
7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정.....	261
7.2.2 결함내용별 보수·보강방안.....	264
7.2.3 보수·보강 방안.....	268
7.2.4 보수 후 성능평가 방법.....	281
7.3 보수·보강 개략공사비.....	284
7.4 유지관리 방안.....	288
7.4.1 유지관리 일반.....	288
7.4.2 점검주기 및 주요 조사항목.....	291
7.4.3 진단결과에 따른 중점유지관리 사항.....	292
7.4.4 유지관리시 점검요령.....	294
제 8장 종합결론.....	303

◎ 부 록

1. 과업지시서
2. 측정, 시험 성과표
3. 상태평가 결과 자료
4. 안전성 평가 결과 자료
5. 시설물 관리대장 사본
6. 사용장비 및 기기의 사진
7. 현환조사 및 외관조사 사진첩
8. 사전조사 자료 일체

표 목 차

【표 1.2.1】	과업의 내용	4
【표 1.3.1】	정밀안전진단 과업수행 일정	6
【표 1.4.1】	밀양대교 현황표	7
【표 1.5.1】	주요 사용장비 및 시험기기 일반사항	16
【표 1.6.1】	교량기호의 정의	17
【표 2.1.1】	자료수집 현황	21
【표 2.2.1】	밀양대교 구조검토 조건	27
【표 2.2.2】	밀양대교 상부구조 구조검토 결과요약	28
【표 2.2.3】	밀양대교 하부구조 구조검토 결과요약	29
【표 2.2.4】	밀양대교 시추조사 위치	30
【표 2.3.1】	밀양대교 기 점검이력	33
【표 2.4.1】	밀양대교 보수·보강 이력	41
【표 2.6.1】	자료분석 결과요약	44
【표 3.1.1】	부재별 조사항목	48
【표 3.2.1】	PSC BOX 거더 내부 외관조사 결과(대구)	50
【표 3.2.2】	PSC BOX 거더 내부 기 점검 결과 비교(대구)	51
【표 3.2.3】	PSC BOX 거더 외부 외관조사 결과(대구)	53
【표 3.2.4】	PSC BOX 거더 외부 기 점검 결과 비교(대구)	55
【표 3.2.5】	교대 외관조사 결과(대구)	56
【표 3.2.6】	교대 기 점검 결과 비교(대구)	57
【표 3.2.7】	교각 외관조사 결과(대구)	59
【표 3.2.8】	교각 기 점검 결과 비교(대구)	61
【표 3.2.9】	교량받침 외관조사 결과(대구)	63
【표 3.2.10】	연단거리 측정 결과(대구)	66
【표 3.2.11】	교량받침 가동상태 검토결과(대구)	68
【표 3.2.12】	교량받침 이동량 산정(대구)	69
【표 3.2.13】	교량받침 이동량 검토결과(대구)	71
【표 3.2.14】	교량받침 기 점검 결과 비교(대구)	73
【표 3.2.15】	신축이음장치 외관조사 결과(대구)	74
【표 3.2.16】	신축이음 유간 측정결과(대구)	76
【표 3.2.17】	신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(대구)	76

【표 3.2.18】	신축이음 신축이동량 산정(대구).....	77
【표 3.2.19】	신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(대구).....	77
【표 3.2.20】	교면포장 외관조사 결과(대구).....	79
【표 3.2.21】	배수시설 외관조사 결과(대구).....	81
【표 3.2.22】	방호벽 외관조사 결과(대구).....	84
【표 3.2.23】	기타시설 외관조사 결과(대구).....	86
【표 3.3.1】	PSC BOX 거더 내부 외관조사 결과(부산).....	89
【표 3.3.2】	PCS BOX 거더 내부 기 점검 결과 비교(부산).....	90
【표 3.3.3】	PSC BOX 거더 외부 외관조사 결과(부산).....	92
【표 3.3.4】	PSC BOX 거더 외부 기 점검 결과 비교(부산).....	94
【표 3.3.5】	교대 외관조사 결과(부산).....	96
【표 3.3.6】	교대 기 점검 결과 비교(부산).....	97
【표 3.3.7】	교각 외관조사 결과(부산).....	98
【표 3.3.8】	교각 기 점검 결과 비교(부산).....	101
【표 3.3.9】	교량받침 외관조사 결과(부산).....	103
【표 3.3.10】	연단거리 측정 결과(부산).....	106
【표 3.3.11】	교량받침 가동상태 검토결과(부산).....	107
【표 3.3.12】	교량받침 이동량 산정(대구).....	108
【표 3.3.13】	교량받침 이동량 검토결과(대구).....	110
【표 3.3.14】	교량받침 기 점검 결과 비교(부산).....	112
【표 3.3.15】	신축이음장치 외관조사 결과(부산).....	113
【표 3.3.16】	신축이음 유간 측정결과(부산).....	115
【표 3.3.17】	신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(부산).....	115
【표 3.3.18】	신축이음 신축이동량 산정(부산).....	116
【표 3.3.19】	신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(부산).....	116
【표 3.3.20】	교면포장 외관조사 결과(부산).....	118
【표 3.3.21】	배수시설 외관조사 결과(부산).....	120
【표 3.3.22】	방호벽 외관조사 결과(부산).....	123
【표 3.3.23】	기타시설 외관조사 결과(부산).....	124
【표 3.4.1】	콘크리트 비파괴시험 현황(대구).....	126
【표 3.4.2】	콘크리트 비파괴시험 현황(부산).....	127
【표 3.4.3】	보정반발경도(Ro).....	131
【표 3.4.4】	기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험).....	132
【표 3.4.5】	재령계수 α 값.....	132
【표 3.4.6】	기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험).....	135
【표 3.4.7】	탄산화 속도에 영향을 미치는 요인.....	139

【표 3.4.8】	탄산화 상태평가 기준.....	141
【표 3.4.9】	염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007)).....	142
【표 3.4.10】	염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12)).....	142
【표 3.4.11】	G.P.R 제원.....	144
【표 3.4.12】	탐사구간 및 연장.....	145
【표 3.4.13】	상부구조(PSC BOX) 비파괴강도 시험결과(대구).....	146
【표 3.4.14】	하부구조(교대, 교각) 비파괴강도 시험결과(대구).....	148
【표 3.4.15】	비파괴강도시험 결과분석(대구).....	149
【표 3.4.16】	비파괴강도 기 점검결과와의 비교(대구).....	149
【표 3.4.17】	철근탐사 시험결과(대구).....	150
【표 3.4.18】	철근탐사시험 결과분석(대구).....	153
【표 3.4.19】	탄산화 깊이 측정결과 및 평가(대구).....	153
【표 3.4.20】	탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교(대구).....	154
【표 3.4.21】	염화물함유량 시험결과 및 평가(대구).....	155
【표 3.4.22】	균열깊이 측정결과(대구).....	156
【표 3.4.23】	밀양대교(대구방향 S26) 교면포장 이상반사파 탐사구간.....	156
【표 3.4.24】	상부구조(PSC BOX) 비파괴강도 시험결과(부산).....	158
【표 3.4.25】	하부구조(교대, 교각) 비파괴강도 시험결과(부산).....	160
【표 3.4.26】	비파괴강도시험 결과분석(부산).....	161
【표 3.4.27】	비파괴강도 기 점검결과와의 비교(부산).....	161
【표 3.4.28】	철근탐사 시험결과(부산).....	162
【표 3.4.29】	철근탐사시험 결과분석(부산).....	165
【표 3.4.30】	탄산화 깊이 측정결과 및 평가(부산).....	165
【표 3.4.31】	탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교(부산).....	166
【표 3.4.32】	염화물함유량 시험결과 및 평가(부산).....	167
【표 3.4.33】	균열깊이 측정결과(부산).....	168
【표 3.5.1】	외관조사 결과요약(대구).....	169
【표 3.5.2】	외관조사 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교(대구).....	171
【표 3.5.3】	외관조사 결과요약(부산).....	172
【표 3.5.4】	외관조사 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교(부산).....	174
【표 3.5.5】	금회 진단 현장시험 결과 요약(대구).....	175
【표 3.5.6】	현장시험 기 정밀점검(2013년)결과 비교(대구).....	176
【표 3.5.7】	금회 진단 현장시험 결과 요약(부산).....	177
【표 3.5.8】	현장시험 기 정밀점검(2013년)결과 비교(부산).....	178
【표 4.2.1】	부재별 상태평가 적용 범위.....	181
【표 4.2.2】	구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치.....	182

【표 4.2.3】	결함도 점수 범위에 따른 기준.....	183
【표 4.3.1】	콘크리트 바닥판 상태평가 결과(대구).....	184
【표 4.3.2】	프리스트레스 거더(복부,하부플랜지) 상태평가 결과(대구).....	185
【표 4.3.3】	콘크리트 가로보(격벽) 상태평가 결과(대구).....	186
【표 4.3.4】	콘크리트 교대 상태평가 결과(대구).....	188
【표 4.3.5】	콘크리트 교각 상태평가 결과(대구).....	188
【표 4.3.6】	기초 상태평가 결과(대구).....	189
【표 4.3.7】	교량받침 상태평가 결과(대구).....	190
【표 4.3.8】	신축이음 상태평가 결과(대구).....	192
【표 4.3.9】	교면포장 상태평가 결과(대구).....	192
【표 4.3.10】	배수시설 상태평가 결과(대구).....	193
【표 4.3.11】	난간 및 연석 상태평가 결과(대구).....	195
【표 4.3.12】	탄산화 상태평가 결과(대구).....	196
【표 4.3.13】	염화물 상태평가 결과(대구).....	196
【표 4.3.14】	상태평가 결과표(대구).....	197
【표 4.3.15】	기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(대구).....	198
【표 4.3.16】	콘크리트 바닥판(상부플랜지) 상태평가 결과(부산).....	200
【표 4.3.17】	프리스트레스 거더(복부,하부플랜지) 상태평가 결과(부산).....	201
【표 4.3.18】	콘크리트 가로보(격벽) 상태평가 결과(부산).....	202
【표 4.3.19】	콘크리트 교대 상태평가 결과(부산).....	203
【표 4.3.20】	콘크리트 교각 상태평가 결과(부산).....	204
【표 4.3.21】	기초 상태평가 결과(부산).....	205
【표 4.3.22】	교량받침 상태평가 결과(부산).....	206
【표 4.3.23】	신축이음 상태평가 결과(대구).....	207
【표 4.3.24】	교면포장 상태평가 결과(부산).....	207
【표 4.3.25】	배수시설 상태평가 결과(부산).....	208
【표 4.3.26】	난간 및 연석 상태평가 결과(부산).....	210
【표 4.3.27】	탄산화 상태평가 결과(부산).....	211
【표 4.3.28】	염화물 상태평가 결과(부산).....	211
【표 4.3.29】	상태평가 결과표(부산).....	212
【표 4.3.30】	기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(부산).....	213
【표 5.2.1】	시공단계 PSC Box 상·하연 발생응력 결과.....	223
【표 5.2.2】	허용응력법에 의한 안전율 산정.....	226
【표 5.2.3】	설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력.....	228
【표 5.2.4】	반력 집계결과.....	229
【표 5.2.5】	횡방향 구조해석 하중조합.....	231

【표 5.2.6】	하중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토.....	232
【표 5.3.1】	허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가.....	234
【표 5.3.2】	극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가.....	234
【표 5.3.3】	횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가.....	235
【표 5.4.1】	부재력 산정결과.....	242
【표 5.4.2】	기둥 단면검토 결과(P2).....	243
【표 5.5.1】	허용응력법에 의한 안전율 산정.....	247
【표 5.5.2】	설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력.....	247
【표 5.5.3】	하중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토.....	247
【표 5.5.4】	하부구조 안전성 평가결과.....	248
【표 5.5.5】	허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가.....	248
【표 5.5.6】	극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가.....	249
【표 5.5.7】	횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가.....	249
【표 6.1.1】	종합평가 결과.....	254
【표 6.2.1】	시설물의 안전등급.....	255
【표 7.1.1】	시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항.....	260
【표 7.2.1】	보수·보강 우선순위 결정 기준.....	261
【표 7.2.2】	보수·보강 일람표(대구).....	264
【표 7.2.3】	보수·보강 일람표(부산).....	266
【표 7.2.4】	표면보수 재료목록.....	268
【표 7.2.5】	KS F 4923(콘크리트 구조물 보수용 에폭시 수지).....	270
【표 7.2.6】	저압·저속식 주입방법.....	271
【표 7.2.7】	균열폭에 알맞은 수지의 점성도.....	271
【표 7.2.8】	일반적인 주입파이프의 간격.....	271
【표 7.2.9】	균열주입공법 비교.....	272
【표 7.2.10】	콘크리트 단면보수 공법 비교.....	275
【표 7.3.1】	보수·보강 개략공사비(대구방향).....	284
【표 7.3.2】	보수·보강 개략공사비(부산방향).....	286
【표 7.4.1】	점검주기 및 주요 조사항목.....	291
【표 7.4.2】	등급별 실시주기.....	291
【표 7.4.3】	부재별 유지관리 중점사항.....	292

그림 목 차

【그림 1.3.1】 정밀안전진단 과업수행 흐름도	5
【그림 1.4.1】 밀양대교 중·평면도	8
【그림 1.4.2】 밀양대교(대구,부산) 횡단면도	9
【그림 1.4.3】 밀양대교 PSC BOX 단면도	10
【그림 1.4.4】 밀양대교 PSC BOX 강선배치도	11
【그림 1.4.5】 밀양대교(대구) 교대 A1 일반도	12
【그림 1.4.6】 밀양대교(대구) 교대 A2 일반도	13
【그림 1.4.7】 밀양대교 교각 일반도(1)	14
【그림 1.4.8】 밀양대교 교각 일반도(2)	15
【그림 3.2.1】 PSC BOX 거더 내부 기 점검 결과 비교(대구)	52
【그림 3.2.2】 PSC BOX 거더 외부 기 점검 결과 비교(대구)	55
【그림 3.2.3】 교대 기 점검 결과 비교(대구)	58
【그림 3.2.4】 교각 기 점검 결과 비교(대구)	61
【그림 3.2.5】 교량받침 배치도(대구)	62
【그림 3.2.6】 도로교설계기준 연단거리 산출방법	65
【그림 3.2.7】 교량받침 기 점검 결과 비교(대구)	73
【그림 3.2.8】 신축이음장치 전경 및 배치도(대구)	74
【그림 3.3.1】 PSC BOX 거더 내부 기 점검 결과 비교(부산)	91
【그림 3.3.2】 PSC BOX 거더 외부 기 점검 결과 비교(부산)	94
【그림 3.3.3】 교대 기 점검 결과 비교(부산)	97
【그림 3.3.4】 교각 기 점검결과 비교(부산)	101
【그림 3.3.5】 교량받침 배치도(부산)	102
【그림 3.3.6】 도로교설계기준 연단거리 산출방법	105
【그림 3.3.7】 교량받침 기 점검 결과 비교(부산)	112
【그림 3.3.8】 신축이음장치 전경 및 배치도(부산)	113
【그림 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(대구)	128
【그림 3.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(부산)	129
【그림 3.4.3】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차	130
【그림 3.4.4】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차	133
【그림 3.4.5】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법	134
【그림 3.4.6】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정	134

【그림 3.4.7】	철근탐사 측정원리	136
【그림 3.4.8】	철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차	137
【그림 3.4.9】	탄산화에 의한 콘크리트 성능저하	139
【그림 3.4.10】	Tc-To법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법	143
【그림 3.4.11】	밀양대교(대구) 축선도	145
【그림 3.4.12】	상부구조(PSC BOX) 평균압축강도 추정결과(대구)	147
【그림 3.4.13】	하부구조(교대, 교각) 평균압축강도 추정결과(대구)	148
【그림 3.4.14】	탄산화 깊이 측정결과(대구)	154
【그림 3.4.15】	염화물시험 측정결과(대구)	155
【그림 3.4.16】	밀양대교(대구방향 S26) 교면포장 1차로 탐사결과	157
【그림 3.4.17】	밀양대교(대구방향 S26) 교면포장 2차로 탐사결과	157
【그림 3.4.18】	밀양대교(부산) 상부구조(PSC BOX) 평균압축강도 추정결과	159
【그림 3.4.19】	밀양대교(부산) 하부구조(교대, 교각) 평균압축강도 추정결과	160
【그림 3.4.20】	탄산화 깊이 측정결과(부산)	166
【그림 3.4.21】	염화물시험 측정결과(부산)	167
【그림 4.2.1】	전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법	183
【그림 4.3.1】	기 점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(대구)	199
【그림 4.3.2】	기 점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(부산)	214
【그림 5.2.1】	시공 단계별 상·하연 최대·최소 응력	223
【그림 5.2.2】	처짐도	230
【그림 5.2.3】	모델링	230
【그림 5.2.4】	계수하중에 의한 휨모멘트도	231
【그림 5.2.5】	사용하중에 의한 휨모멘트도	232
【그림 5.4.1】	해석단면(P2)	237
【그림 5.4.2】	해석모델링(P2)	240
【그림 5.4.3】	P-M 상관도(교축직각방향)	244
【그림 5.4.4】	P-M 상관도(교축방향)	245
【그림 5.4.5】	P-M 상관도(합성부재력)	246
【그림 6.1.1】	종합평가 결과 산정절차	253
【그림 7.2.1】	보수보강방안 추진방향(대구)	262
【그림 7.2.2】	보수보강방안 추진방향(부산)	263
【그림 7.2.3】	철근노출부 단면복구 개요도	273
【그림 7.2.4】	재료분리, 파손 단면복구 개요도	274
【그림 7.4.1】	유지관리 흐름도	289

사 진 목 차

【사진 3.1.1】	점검차를 이용한 근접 육안조사.....	48
【사진 3.2.1】	PSC BOX거더 전경(대구).....	49
【사진 3.2.2】	PSC BOX 거더 내부 손상현황(대구).....	51
【사진 3.2.3】	PSC BOX 거더 외부 손상현황(대구).....	53
【사진 3.2.4】	교대 전경(대구).....	56
【사진 3.2.5】	교대 손상현황(대구).....	57
【사진 3.2.6】	교각 전경(대구).....	58
【사진 3.2.7】	교각 손상현황(대구).....	60
【사진 3.2.8】	교각 수중부 조사 현황(대구).....	61
【사진 3.2.9】	교량받침 전경(대구).....	62
【사진 3.2.10】	교량받침 손상현황(대구).....	64
【사진 3.2.11】	연단거리 측정 전경	66
【사진 3.2.12】	신축이음장치 손상현황(대구).....	75
【사진 3.2.13】	신축이음 유간 측정방법(대구).....	76
【사진 3.2.14】	교면포장 전경(대구).....	78
【사진 3.2.15】	교면포장 손상현황(대구).....	80
【사진 3.2.16】	배수구 및 배수관 전경(대구).....	81
【사진 3.2.17】	배수시설 손상현황.....	82
【사진 3.2.18】	방호벽 전경(대구).....	83
【사진 3.2.19】	방호벽 손상현황(대구).....	85
【사진 3.2.20】	기타 시설 손상현황(대구).....	86
【사진 3.3.1】	PSC BOX 거더 전경(부산).....	88
【사진 3.3.2】	PSC BOX 거더 내부 손상현황(부산).....	90
【사진 3.3.3】	PSC BOX 거더 외부 손상현황(부산).....	93
【사진 3.3.4】	교대 전경(부산).....	95
【사진 3.3.5】	교대 손상현황(부산).....	96
【사진 3.3.6】	교각 전경(부산).....	98
【사진 3.3.7】	교각 손상현황(부산).....	99
【사진 3.3.8】	교각 수중부 조사 현황(부산).....	100
【사진 3.3.9】	교량받침 전경(부산).....	102
【사진 3.3.10】	교량받침 손상현황(부산).....	104

【사진 3.3.11】	연단거리 측정 전경	105
【사진 3.3.12】	신축이음장치 손상현황(부산).....	114
【사진 3.3.13】	신축이음 유간 측정방법(부산).....	115
【사진 3.3.14】	교면포장 전경(부산).....	117
【사진 3.3.15】	교면포장 손상현황(부산).....	119
【사진 3.3.16】	배수구 및 배수관 전경(부산).....	120
【사진 3.3.17】	배수시설 손상현황(부산).....	121
【사진 3.3.18】	방호벽 전경(부산).....	122
【사진 3.3.19】	방호벽 손상현황(부산).....	123
【사진 3.3.20】	기타 시설 손상현황(부산).....	125
【사진 3.4.1】	콘크리트 내구성조사 전경	127

제 1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상교량의 현황

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 교량기호의 정의

제 1장 정밀안전진단 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”(이하 “시특법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성 평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 6) 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시
- 7) 보고서 작성
- 8) 신축이음장치 및 슈 점검(사진, 신축량 등)은 별도 시행방안에 따라 결과물 작성 및 제출
- 9) 하자보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2015. 08. 11 ~ 2015. 12. 31 (착수일로부터 143일간)

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

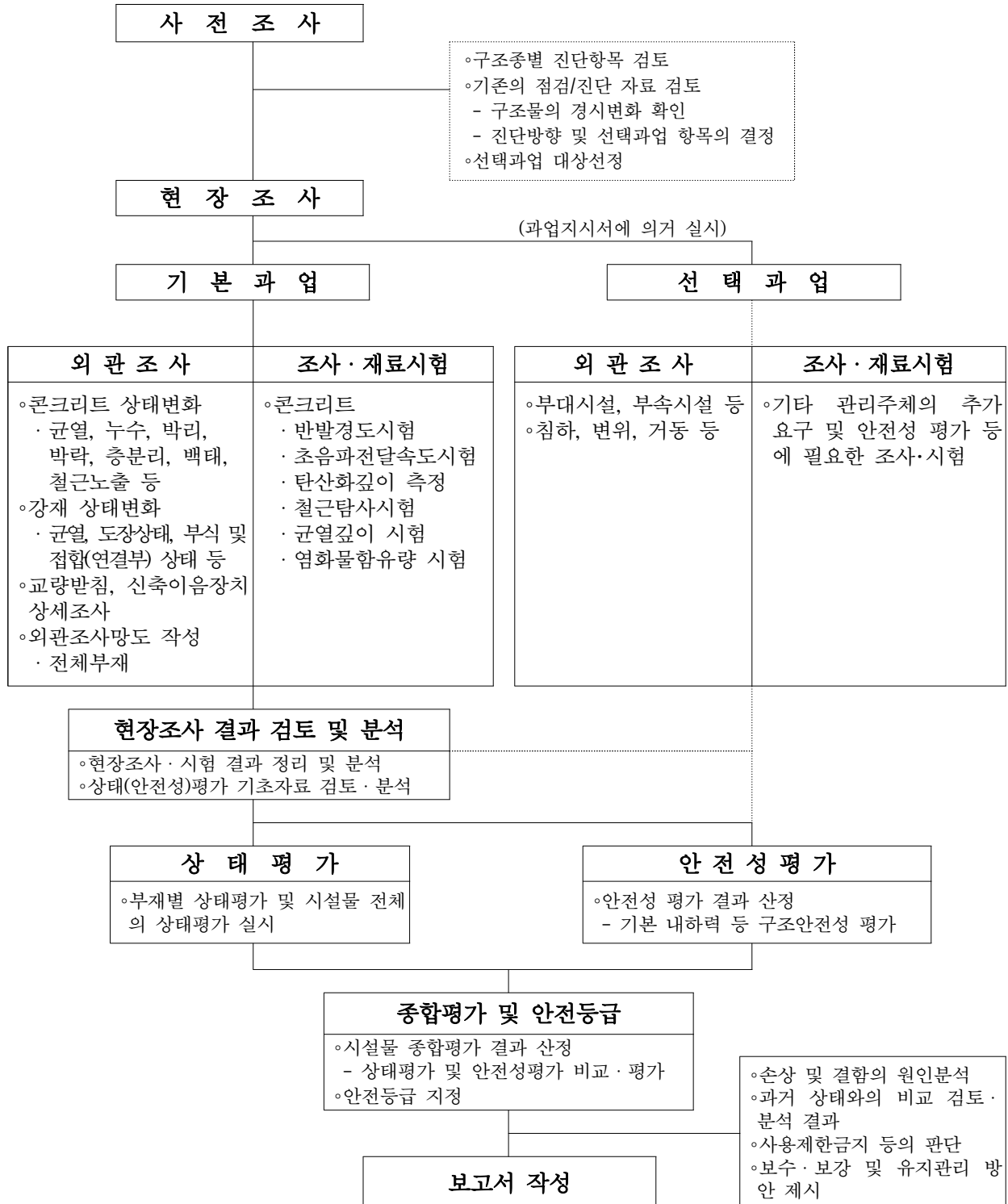
【표 1.2.1】 과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서, 특별시방서) 2) 시설물관리대장, 시공관련자료 3) 기존 안전점검 실시결과 및 보수·보강 이력 검토	안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2010.12) 적용
현장 조사 및 시험	외관 조사	1) 교량의 제원 및 시공상태 조사 2) 상·하부구조 외관 결함 및 손상 등 외관조사 3) 신축이음, 교량받침 등 기능상태 조사 4) 부재별 기 점검결과와의 비교	
	내구성 조사	1) 콘크리트 강도 조사 : 반발경도시험, 초음파전달속도시험 2) 철근탐사시험 : 배근 간격, 피복두께 3) 탄산화 깊이 측정 4) 균열깊이 조사 5) 염화물 함유량 시험	
상태평가		1) 부재별 상태평가 결과 산정 후 부재별 가중치를 고려한 시설물 전체에 대한 상태평가 결과 산정 2) 탄산화 및 염화물 함유량에 대한 평가 후 상태평가 항목으로 반영 3) 기 점검결과와의 비교	
안전성 평가		1) 조사, 시험, 측정결과와의 분석 2) 기존의 구조계산서, 안전성평가 자료 검토·분석 3) 내하력 및 구조 안전성 평가 4) 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 및 안전성평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법 제시 3) 보수·보강 물량 및 보수·보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 문제점과 지침 기준 작성 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 최종보고서 작성 및 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 교량의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 정밀안전진단 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전진단 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 정밀안전진단 과업수행 일정

공 종		8월			9월			10월			11월			12월			비 고
		11	20	30	10	20	30	10	20	31	10	20	30	10	20	31	
1. 사전조사																	- 8/5 : 계약 - 8/11 : 착수
■ 착수 및 예비답사 ■ 관계도서 수집 및 분석 ■ 점검, 보수이력자료 수집 및 검토 ■ 현장조사 계획수립																	
2. 현장조사, 상태조사																	- 8월 ~ 10월 (1차 조사) - 9/15 ~ 10/12 (4주) 본선 교통 통제 - 11월 (추가조사)
■ 외관조사 ■ 비파괴조사(콘크리트) ■ 상태평가																	
3. 시설물의 내하력, 안전성 평가																	
■ 내하력 평가 ■ 안전성 평가																	
4. 보수보강 및 유지관리 방안 제시																	
■ 보수보강방안 제시 ■ 종합평가 ■ 유지관리방안 제시 ■ 관리주체 협의																	
5. 보고서 작성																	- 12/31 준공 준 공
■ 최종보고서 작성 ■ 준공																	
공정율(%)	금 회	15			20			25			25			15			
	누 계	15			35			60			85			100			

1.4 대상교량의 현황

1.4.1 시설물 현황

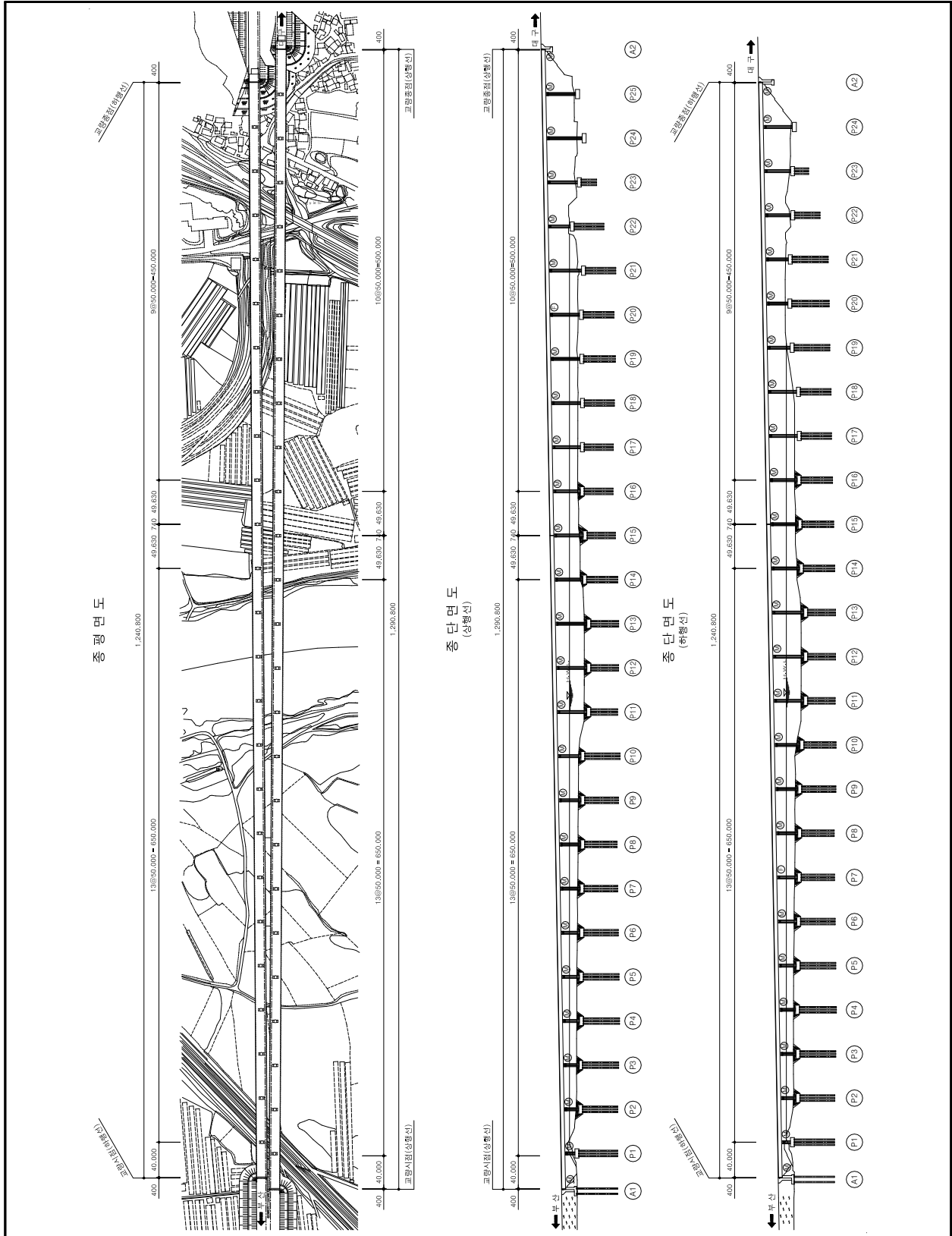
본 과업의 대상시설물인 밀양대교(대구,부산)의 현황은 다음과 같다.

【표 1.4.1】 밀양대교 현황표

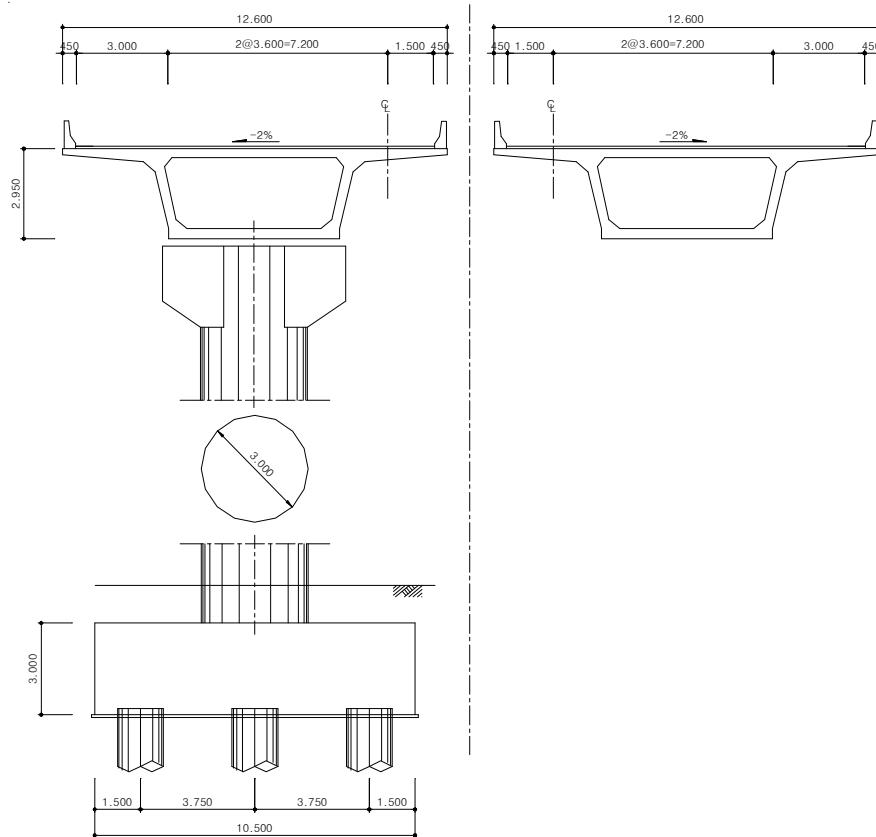
작성일 : 2015년 12월 31일

구 분		내 용		구 분		내 용	
교 량 명		밀 양 대 교		설계하중		DB-24, DL-24	
위 치	공사이정	STA. 0+060 ~ 1+350		종별구분	1종 시설물		
	관리이정	(상)부산기점 41.044 ~ 42.334km (하)부산기점 41.057 ~ 42.297km					
시 설 물 관리번호		dbw BR. 16		시설물번호		상행선 : BR2006-0001031 하행선 : BR2006-0001032	
상부 구조	형식	P.S.C Box Girder					
	연장	상 : (40+14@50)+(11@50)=1,290m 하 : (40+14@50)+(10@50)=1,240m		교 폭		상행선 : 12.6m 하행선 : 12.6m	
하부 구조	교각	T형식		기초 형식	교 각	PILE 기초	
	교대	역T형식			교 대	PILE 기초	
교량받침		납면진 받침(L.R.B)		신축이음		RAIL JOINT	
교차조건		국도58호선, 경부선, 밀양강		교 고		4.075m	
설 계 사		용마 ENG		시 행 자		신대구부산고속도로(주)	
감 리 사		한국건설관리공사, (주)용마엔지니어링 동일기술공사		시 공 자		대림산업(주)	
관리주체		신대구부산고속도로(주)		준공년도		2006년 2월	
종단구배		-		횡단구배		-2.0%	

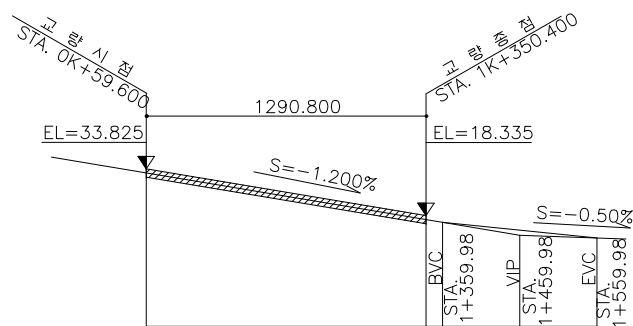
1.4.2 교량 주요도면



【그림 1.4.1】 밀양대교 중·평면도

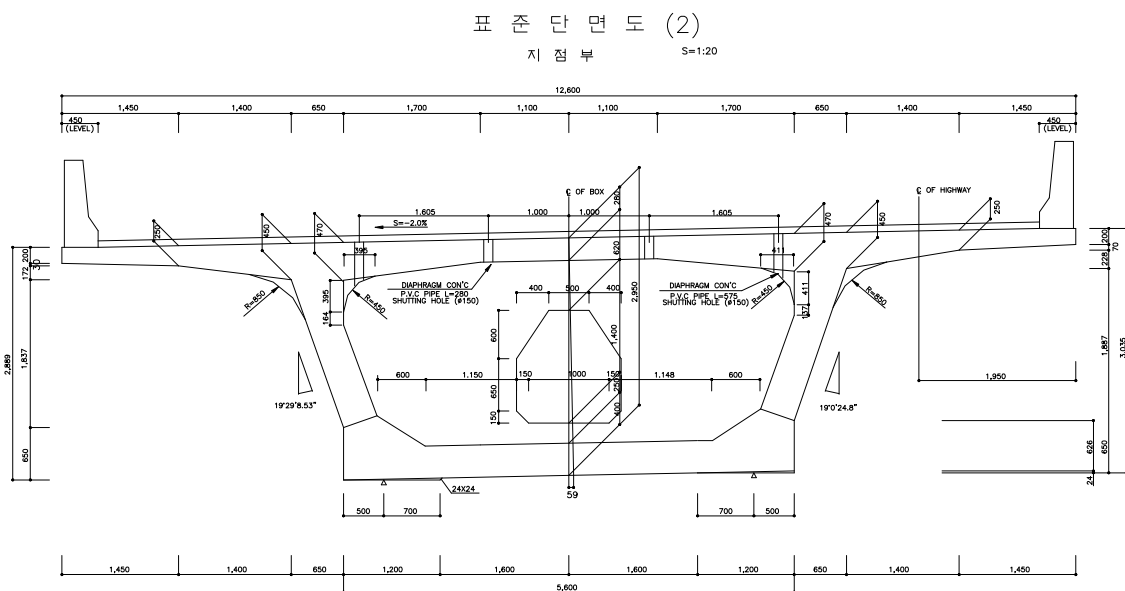


<횡단면도>

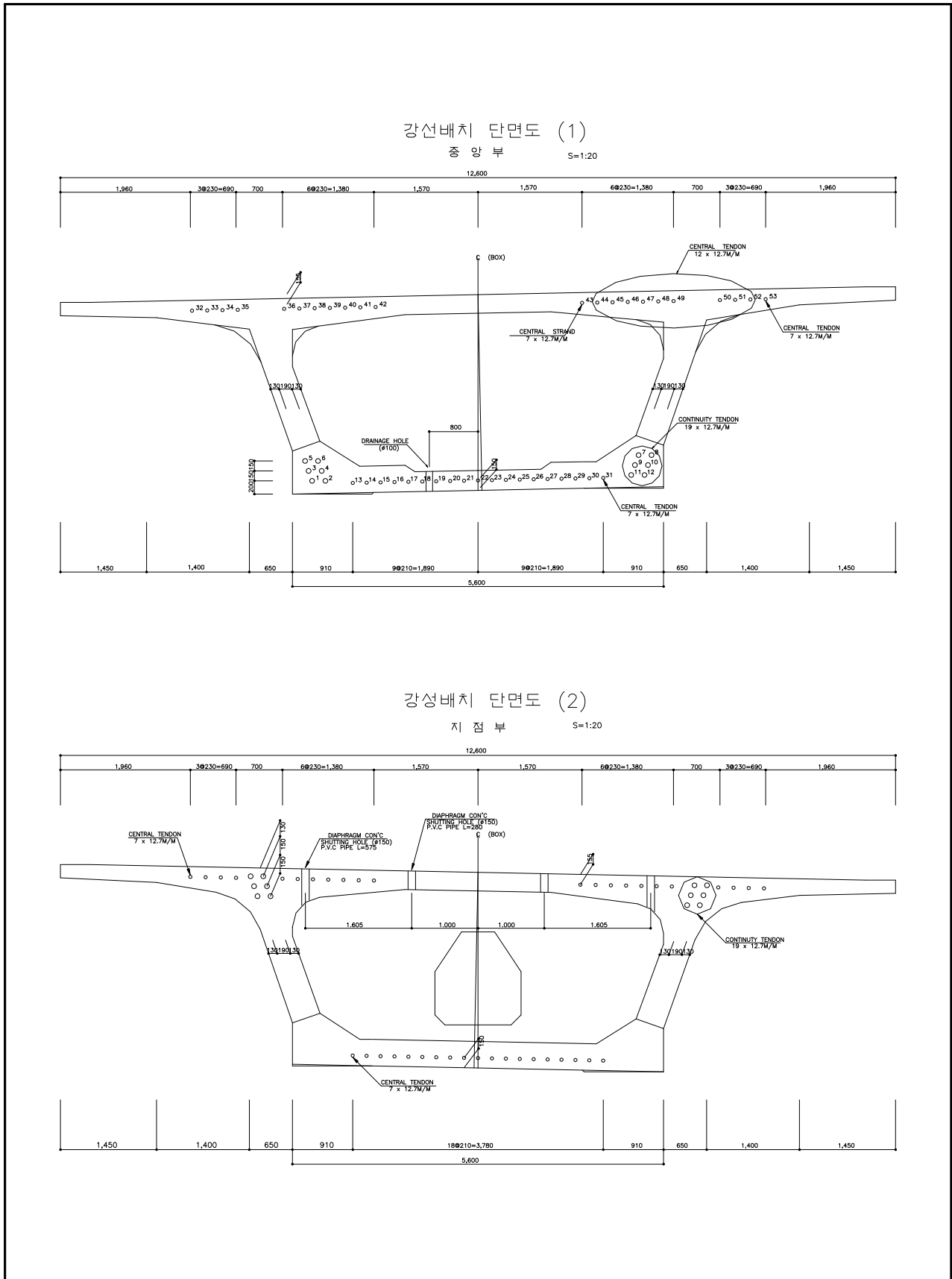


<종구배도>

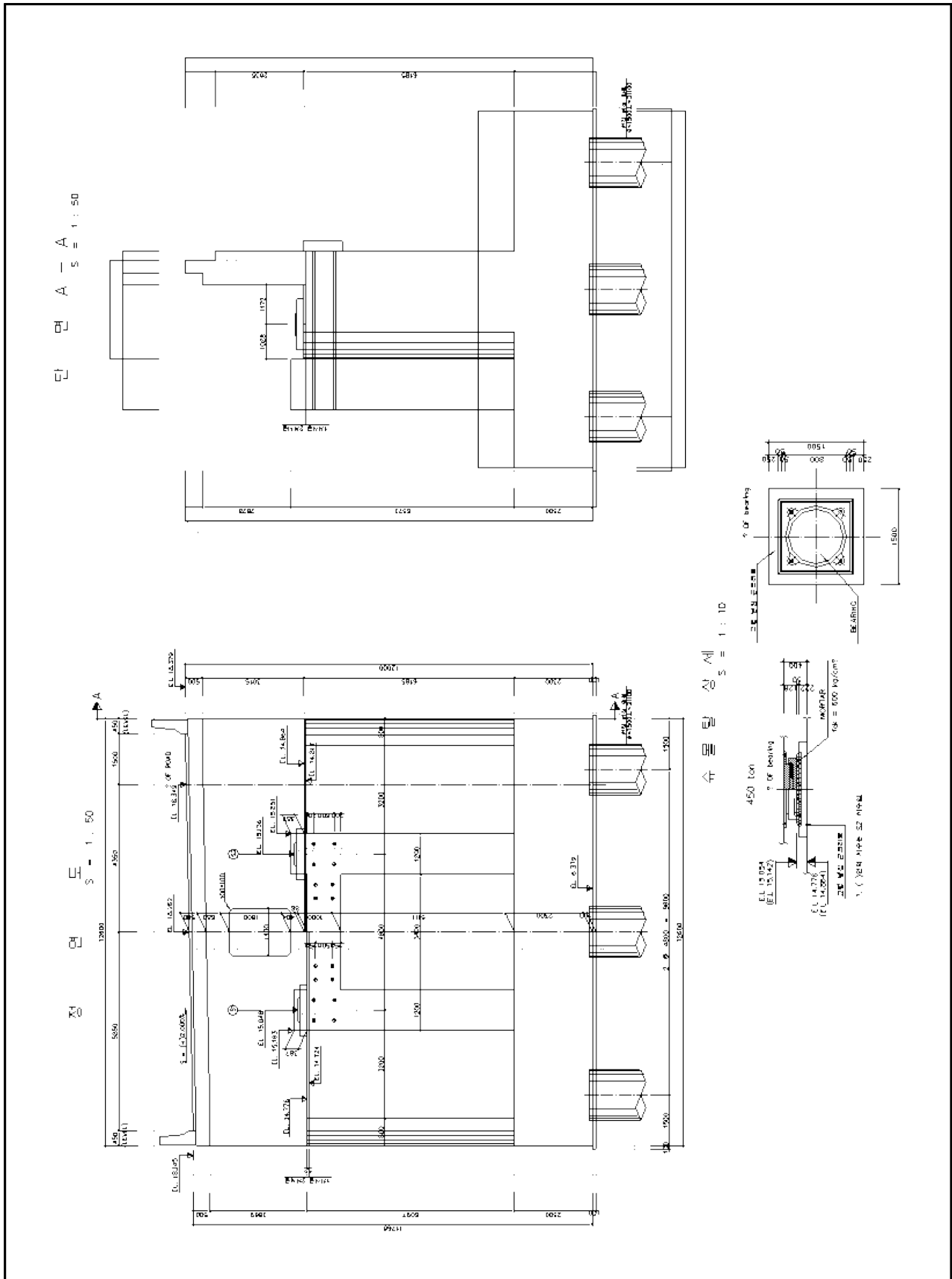
【그림 1.4.2】 밀양대교(대구,부산) 횡단면도



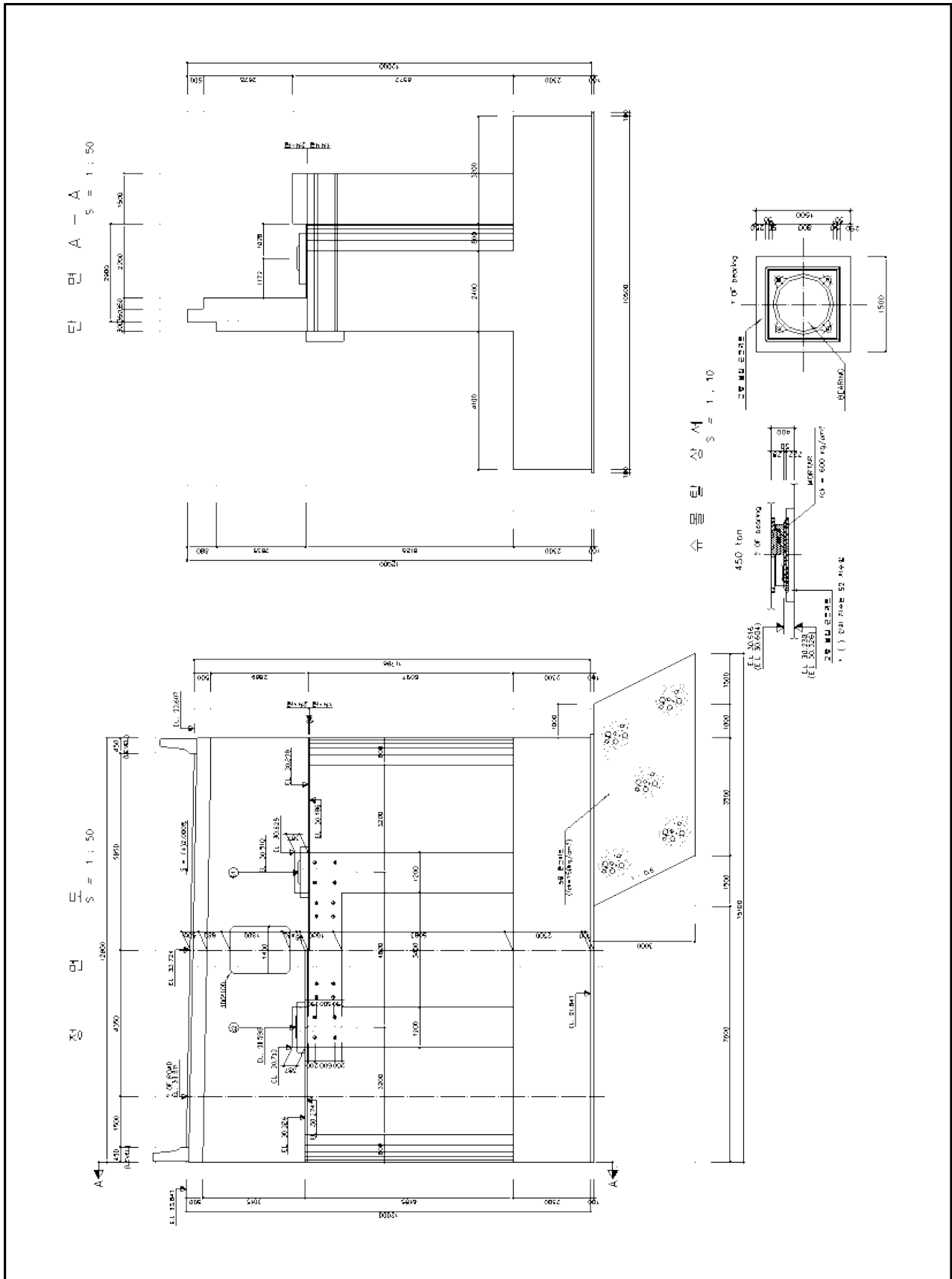
【그림 1.4.3】 밀양대교 PSC BOX 단면도



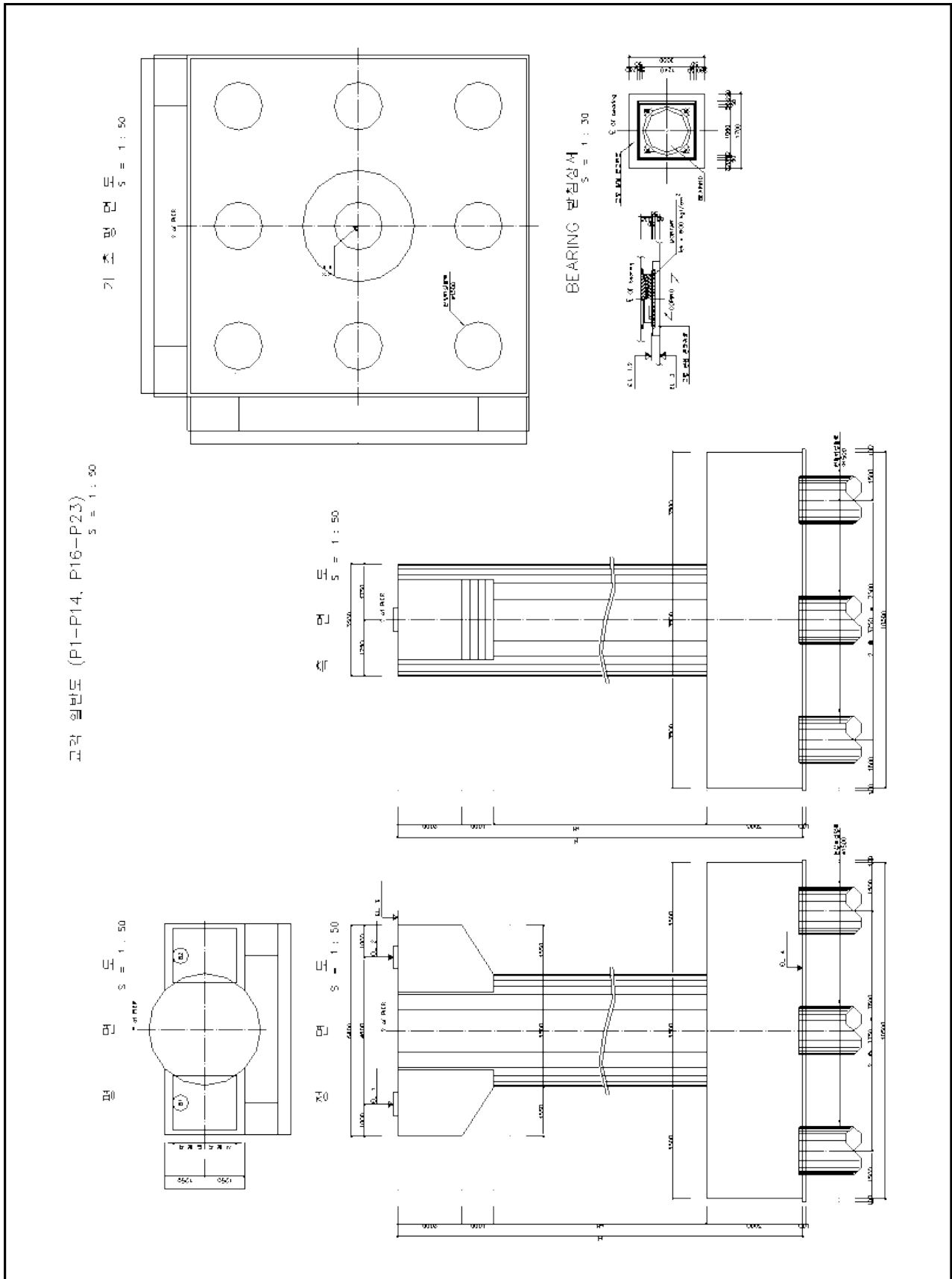
【그림 1.4.4】 밀양대교 PSC BOX 강선배치도



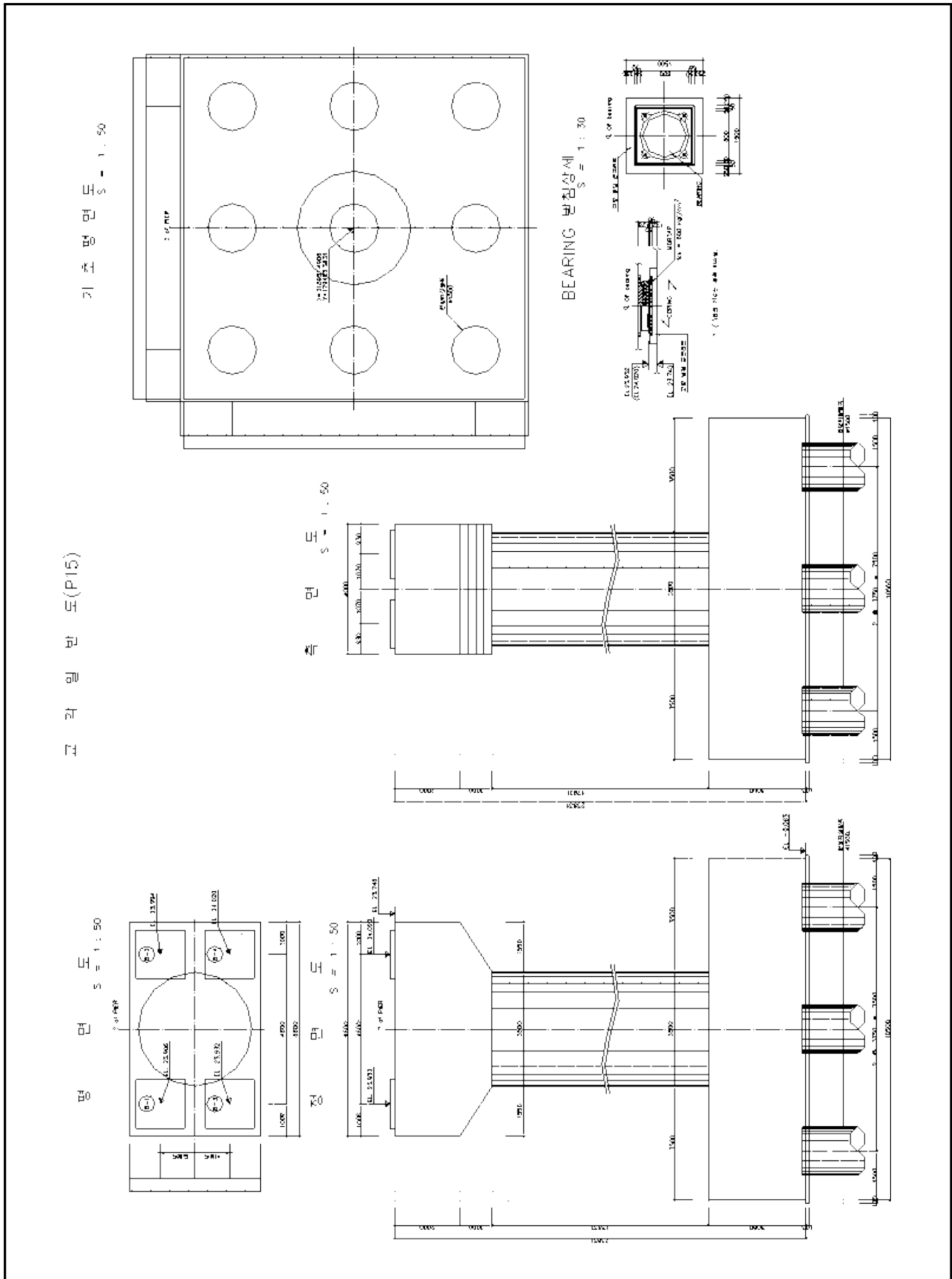
【그림 1.4.5】 밀양대교(대구) 교대 A1 일반도



【그림 1.4.6】 밀양대교(대구) 교대 A2 일반도



【그림 1.4.7】 밀양대교 교각 일반도(1)



【그림 1.4.8】 밀양대교 교각 일반도(2)

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 진단장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

장 비 명		규 격	용 도	활 용 방 법
반발경도 측 정 기	Schmidt hammer	NR형	CON'C 강도추정	약 3cm간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함
초음파 측정기	Pundit	-	CON'C 강도추정 및 균열깊이 추정	송신자와 수신자를 통해 건전부와 불건 전부의 초음파 진행 속도의 차이로 측정
철 근 탐지기	RC-Radar	NJJ-95B	철근배근 및 피복두께 측정	본체와 연결된 스캐너를 통해 한쪽 방 향으로 이동하여 철근의 위치를 액정화 면을 통해 측정
탄산화 시험기		Conkit	CON'C 내부 탄산화 깊이측정	체크하고자 하는 면을 채취하여 페놀프 탈레인 용액1%를 분사하여 대비되는 색 깔로 PH양을 측정
보조 기구	균열폭 현미경, 그라인더, 카메라, 배터리 충전기, 무전기, 줄자, 거리측정기(Disto), 사다 리, 망치 등			

			
반발경도 측정기	초음파 측정기(Pundit)	철근 탐지기	탄산화 시험기
			
균열폭 현미경	카메라	거리측정기	그라인더

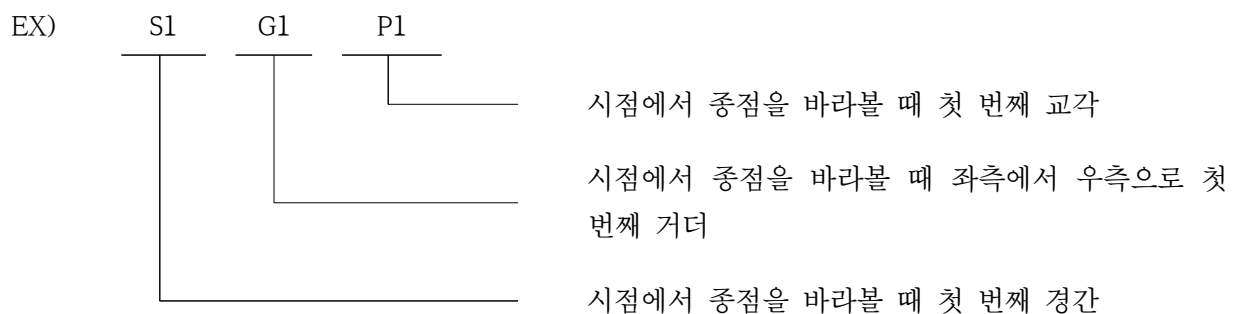
1.6 교량기호의 정의

1.6.1 교량기호

본 보고서의 교량 각 부재의 표현의 통일성을 기하기 위하여 【표 1.6.1】와 같이 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

【표 1.6.1】교량기호의 정의

부 재 구 분		사용기호	비 고
공 통	경 간	S	Span(시점에서 종점으로 순번)
	거 더	G	Main Girder
	바 닥 판	SL	Slab
	교량받침	Sh	Shoe
	신축이음	EXP. J	Expansion Joint(시점에서 종점으로 순번)
상부구조 (PSC 박스거더)	상부플랜지	UF	Upper Flange
	하부플랜지	LF	Lower Flange
	좌측복부판	LW	Left-Web
	우측복부판	RW	Right-Web
	격벽	D	Diaphragm
	가설단위	Seg.	Segment
하부구조	교 대	A	Abutment(시점에서 종점으로 순번)
	교 각	P	Pier(시점에서 종점으로 순번)



※ 교량받침장치 및 거더의 표시는 시점에서 종점을 바라볼 때 교량형식이 분리형인 경우내측(중앙분리대)에서 외측(방호벽)으로, 일체형인 경우 좌측에서 우측으로 번호를 부여함.

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

1.6.2 일련번호(n)

교량의 일련번호 n은 부재 ID의 뒤에 아래첨자로 교량시점(A1)에서 교량종점(A2) 방향으로 순차적으로 증가하면서 부여한다.

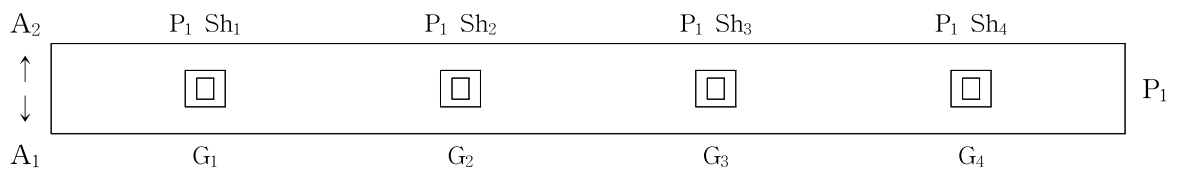
작성 예)

- ▶ 경간 : S1, S2
- ▶ 교각 : P1
- ▶ 교대 : A1, A2

교량시점(A1)에서 교량종점(A2) 방향으로 바라보았을 때 좌측에서 우측으로 일련번호를 정한다.

작성 예)

- ▶ 거더 : G1, G2, ...
- ▶ 교량받침 : Sh1, Sh2, ...



- 신축이음(Expansion Joint) 및 교량받침은 교각 ID에 첨부시켜 지정한다.

작성 예)

- ▶ 신축이음 : A1-Exp.J, A2-Exp.J

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기 점검 실시결과 요약

2.4 보수·보강 이력

2.5 내진설계 여부

2.6 자료분석 결과요약

제 2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

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

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

2.1.1 자료수집 현황

본 구조물에 관련된 자료는 주로 설계 및 시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 관련된 자료 등이며, 관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음 【표 2.1.1】과 같다.

【표 2.1.1】자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	○	◇ 대구-부산간 고속도로 민간투자사업 준공도서 - 실시설계 종합보고서 - 토질 및 지반보고서 - 준공내역서, 수량산출서 - 구조 및 수리계산서 - 토질조사보고서 - 설계도면
	◇ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡), 상·하부 구조물도, 빔 상세도, 신축이음·교량받침 상세도	○	
시설물 관 리 대 장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	○	◇ 시설물 관리대장
시공 관 련 자 료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇ 사고기록	○	◇ 시공기록 보고서 ◇ 품질시험 검사총괄표
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	◇ 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력
보수·보강 자료		○	

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

본 과업대상 구조물의 건설당시 주요 현황을 파악하기 위해 “대구-부산간 고속도로 건설 공사 민간투자사업 실시설계 종합보고서”의 구조 및 수리계산서와 준공도면, 일반보고서, 토질조사 보고서 등을 검토하여 주요 현황을 요약하여 수록하였다.

2.2.1 설계기준 검토

가. 설계속도 : 120km/hr

나. 폭원 구성

1) 폭원

구 분		단 위	적 용	비 고
차로수		차 로	4	양방향
도로 폭원	총폭원	m	23.4	
	차 선	m	14.4	4@3.6
	중앙분리대	m	3.0	
	길어깨	m	6.0	2@3.0
	측대	m	0.5	길어깨측
		m	0.5	중분대측
	성토부보호길어깨	m	1.0	2@0.5

2) 횡단구배

① 차도부

경산~삼랑진간 직선구간의 표준횡단구배는 2%로 하며, 곡선부의 최대편구배는 8%를 적용함.

㉠ 곡선반경별 편구배 기준

편구배	본선곡선반경(m)_120km/hr 적용	비 고
8%	-	
7%	-	
6%	860미만	
5%	860이상 ~ 1,070미만	
4%	1,070이상 ~ 1,400미만	
3%	1,400이상 ~ 1,990미만	
2%	1,990 ~ 7,500미만	

㉠ 접속설치율 및 접속설치 길이

- 경산~삼랑진 구간

차도폭 (m)	설계속도 (km/hr)	접속 설치율 (mm)	편구배별 접속설치 길이(m)							비 고
			2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	
8.2	120	1/200	66	82	98	115	131	-	-	
4.6	60	1/125	23	29	35	40	46	52	58	
	50	1/115	21	27	32	37	42	48	53	
	40	1/105	19	24	29	34	39	43	48	

② 길어깨부

직선구간의 길어깨부 횡단구배는 4%로 하며, 곡선부에서는 길어깨부 편구배를 내측은 본선구배와 동일하게 하고 외측은 본선의 경우 차도와의 구배차를 7%로 연결로의 경우 차도와의 구배차를 8%로 적용함.

• 곡선부 길어깨 횡단구배

내측 차도	내측 길어깨	외측 차도	외측 길어깨	비 고
-2	-4	+2	-4	
-3	-4	+3	-4	
-4	-4	+4	-3(-4)	()는 연결로
-5	-5	+5	-2(-3)	()는 연결로
-6	-6	+6	-1(-2)	()는 연결로
-7	-7	+7	-1	경산~삼랑진구간 연결로 적용
-8	-8	+8	0	

다. 본선 기하구조기준

구 분		단 위	기 준 치	비 고
설계속도		km/hr	120	
최소 평면곡선반경		m	710	
최소 곡선장	교각 5° 이상	m	700/θ	
	교각 5° 미만	m	140	
종단구배	평 지	%	3	
	산 지	%	4	
최소 종단곡선 변화비율	블록형	m/%	190	
	오목형	m/%	70	
최소 종단곡선길이		m	100	
최소 정지시거		m	280	

구 분	단 위	기 준 치	비 고
최소 완화곡선장	m	70	
표준 횡단구배	%	2	
최대 편구배	%	6	
완화곡선 파라미터	m	$R/3 \leq A \leq R$	

2.2.2 실시설계 보고서 검토

가. 개요

본 고속도로는 부산에서 대구(동대구 I.C)를 연결하는 4차선 연결도로로서 기존의 경부고속도로의 노선이 언양, 경주, 영천을 경유하여 대구에 연결되므로 운행거리가 길고 운행시간이 많이 소요되며 선형이 불량하여 대구-밀양-부산간의 직선화된 고속도로를 신설하여 기존 경부고속도로의 보강기능과 분담효과를 기대하는데 목적이 있다.

본 설계구간(8공구)은 경남 밀양시 가곡동에서 경남 밀양시 삼랑진읍 미전리까지의 연장 9.492km 의 4차선 고속도로로서 대상교량 3개소는 밀양강, 경부선 철도 및 지방도1017호를 횡단하고 있다.

나. 교량 규모 및 현황

- 1) 교량 폭원 : 대구방향 2차로(유효폭원 11.7m), 부산방향 2차로(유효폭원 11.7m)
- 2) 교면포장 : 아스팔트 콘크리트(두께 8.0cm)포장
- 3) 교량현황 및 규모

교량명		측 점 (공사이정)	연장 (m)	폭원 (m)	사각	교량형식			비 고
						상 부	하 부	기 초	
밀양대교	대구	STA.0+60 ~ 1+350	1,290	2@ 12.6	90°	P.C BOX (ILM)	교각 : T형 교대 : 역T형	직접, RCD	밀양강, 경부선 횡단
	부산	STA.0+97 ~ 1+337	1,240						

다. 설계기준

- 1) 적용기준
 - ① 도로교 표준시방서(1996, 건교부)
 - ② 콘크리트 표준시방서(1998, 건교부)
 - ③ 철근콘크리트 설계편람(1990, 건교부)
 - ④ 도로의 구조, 시설 기준에 관한 규정(건교부)
 - ⑤ 도로설계요령(1992, 한국도로공사)
 - ⑥ 기타 건설교통부에서 제정한 관련 시방서

2) 설계 방법 적용 기준

- ① W.S.D(허용응력설계법) : 강합성구조물
- ② U.S.D(강도설계법) : R.C구조물(슬래브, 교각, 교대, BOX)

3) 설계하중

① 사하중

사용재료의 단위중량은 다음 표를 기준으로 하되 실하중이 명백한 경우는 그 값을 사용할 수 있다.

• 재료의 단위 중량

재 료	단위중량(kg/㎡)	재 료	단위중량(kg/㎡)	
강재, 주강, 단철	7,850	목 재	800	
주 철	7,250	역청재(방수용)	1,100	
알미늄	2,800	아스팔트포장	2,300	
철근콘크리트	2,500	흙	지하수위이상	1,800
프리스트레스콘크리트	2,500		지하수위이하	1,000
콘크리트	2,350		뒷채움(Ø=35 °)	2,000
시멘트모르터	2,150		뒷채움(Ø=30 °)	1,900

② 활하중

- 1등급(DB24, DL24)

4) 주요재료 사용기준

① 콘크리트

종 류	기준강도(kg/cm ²)	골재 최대치수(mm)	적용 구조물
P.C	$f_{ck} = 400$	19	PC구조물, Preflex 하부플랜지, 신축이음장치 후타재
1종	$f_{ck} = 270$	25	슬래브, 라멘교, Preflex(복부, 가로보), 현장제작 철근콘크리트, 콘크리트포장 접속 완충슬래브
2종	$f_{ck} = 240$	25	필요시
		32	터널라이닝 콘크리트 및 입출구시설, 교량 하부구조, 교량 날개벽, 옹벽, 아스콘 포장용 접속슬래브
		40	강관이음용 철근콘크리트
2종 수중	$f_{ck} = 240$	25	수중 콘크리트
3종	$f_{ck} = 210$	25	도수로, 도수로 집수거, 측구
		40	중력식 옹벽, MASS 콘크리트, 부대시설 기초, 암거 및 배수관, APPROACH 바닥콘크리트, 배수관 기초,
5종	$f_{ck} = 150$	50	레벨링 콘크리트, 속채움 콘크리트(우물통)

② 철근 : KSD 3504에 적합한 재료 사용

종 류	허용응력(kg/cm ²)	적용 콘크리트
SD 40	$f_y = 4,000$ $f_{sa} = 1,800$	· 1종 콘크리트 · 일반적인 부재, 라멘의 구체
	$f_y = 4,000$ $f_{sa} = 1,600$	· 1종 콘크리트 · 바닥판 및 지간 10m 이하의 슬래브교 · 수중 혹은 지하수위 이하에 설치
SD 30	$f_y = 3,000$ $f_{sa} = 1,500$	· 2종 콘크리트

③ 일반강재

㉠ 주부재 : SWS 490

㉡ 부부재 : SWS 400

5) 구조물 설계기준(강도설계법)

① 주요 하중조합의 하중계수

㉠ $U = 1.3D + 2.15(L+I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q$

㉡ $U = 1.3D + 1.7H + 1.3Q + 1.3W$

㉢ $U = 1.3D + 1.3(L+I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q + 1.3(0.5W + WL + BK)$

㉣ $U = 1.3D + 1.3(L+I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q + 1.3G$

㉤ $U = 1.25D + 1.65H + 1.25Q + 1.25W + 1.25G$

㉥ $U = 1.25D + 1.25(L+I) + 1.25CF + 1.65H + 1.25Q + 1.25(0.5W + WL + BK) + 1.25G$

㉦ $U = 1.3D + 1.7H + 1.3Q + 1.3E$

㉧ $U = 1.3D + 1.3(L+I) + 1.3CF + 1.7H + 1.3Q + 1.3CO$

㉨ $U = 1.2D + 1.55H + 1.2Q + 1.2W + 1.2CO$

여기서, D = 사하중

WL = 차량활하중에 작용하는 풍하중

L = 활하중

BK = 제동하중

I = 충격

E = 지진의 영향

H = 토압

CF = 원심하중

W = 풍하중

CO = 충돌하중

G = 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공 시 치수의 착오, 습도변화

또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발되는 변형력

Q = 부력 또는 양압력, 수압, 파압

② 설계강도

㉠ 설계강도는 단면의 공칭강도에 강도감소계수 ϕ 를 곱한다.

㉡ 강도감소계수(ϕ)

부 재		강도감소계수
휨, 휨+축방향인장	보통 철근콘크리트	0.85
	프리스트레스트 콘크리트	0.85
축방향인장		0.85
축방향압축, 휨+축방향압축	나선철근으로 보강된 철근콘크리트	0.70
	그 이외의 철근콘크리트	0.65
전단, 비틀림		0.70
콘크리트 지압		0.60
압축부재의 안정		0.65
무근콘크리트		0.55

2.2.3 구조 및 수리계산서 검토

가. 구조검토 조건

【표 2.2.1】 밀양대교 구조검토 조건

구 분	주요 검토내용	
설계기준	- 도로교설계기준(2000) - 콘크리트 구조설계기준(1999)	
사용재료	구 분	주요 검토내용
	설 계 강 도	- 콘크리트 : σ_{ck} = 400kg/cm²(상부거더), 240kg/cm²(하부구조) - 철 근 : σ_y = 4,000kg/cm²(상부거더, SD40), 3,000kg/cm²(하부구조, SD30)
	탄 성 계 수	- 콘크리트 : 280,000kg/cm²(상부거더), 235,000kg/cm²(하부구조) - 철 근 : 2,040,000kg/cm² - PS 강재 : 2,100,000kg/cm²
상부구조	적용하중	
	구 분	하중종류별 주요 고려사항
	고정하중	철근콘크리트 γ_c = 2,500kg/m³, 아스팔트포장 γ_a = 2,300kg/m³
	활 하 중	- DB-24, DL-24 - 충격계수 : $I = 15 / (40 + L)$ - 상부구조 전폭을 기준
	크 리 프	재령에 따른 크리프 계수 적용
	건조수축	- 재령에 따른 건조수축계수 적용 - 부정정해석시 건조수축율 : 15×10^{-5}
	온 도 차	온도차 : $\pm 10^\circ\text{C}$, 선팽창계수 : 10×10^{-6}
	2차 고정하중	- 방호벽 제원 : 450mm(B)×1,080mm(H) - 포장두께 : 설계도면 및 현 상태 : 80mm(아스콘)
	충돌하중	- 설계속도 : $V = 120\text{km/hr}$ - 작용높이 : $H = 1.0\text{m}$(방호벽측, 중분대측) - 충돌하중 : $(V/60)^2 \times 0.750 + 0.250$
	풍 하 중	적용 풍하중 : 300kg/m²

【표 2.2.1】밀양대교 구조검토 조건(계속)

구 분	주요 검토내용	
하부구조 (교각)	적용하중	
	구 분	하중종류별 주요 고려사항
	상부구조 반력	• 상부구조에 작용하는 고정하중 및 활하중
	하부구조 고정하중	• 철근콘크리트 $\gamma_c = 2,500\text{kg/m}^3$
	Shoe 마찰력(교축방향)	• 마찰계수 : 0.10 적용
	풍 하 중	- 상부구조에 작용하는 풍하중(각형) - $P = 400 - 20 \times (B/D) \times D$ - 하부구조에 작용하는 풍하중(각형) - 활하중 재하시 : 150kg/m^2 - 활하중 비재하시 : 300kg/m^2
	지진하중	• “도로교설계기준 (2000, 건설교통부) 6.3.1 “ 참조.
	하중조합	
	구 분	하 중 조 합
	하부구조 (교 각)	활하중 재하시와 비재하시로 구분 ⇨ 하중조합은 “도로교설계기준 (2000, 건설교통부) 2.2.3” 참조.

나. 구조검토 결과요약

【표 2.2.2】밀양대교 상부구조 구조검토 결과요약

구 분		주요 검토내용		비 고									
PSC BOX 거 더 검 토	- 26(25)경간 연속	- 연장 : 11@50 + 14@50 + 40 = 1,290m(대구방향) 10@50 + 14@50 + 40 = 1,240m(부산방향) - 폭원 : 12.6m+12.6m											
		● 하중조합											
		- CASE 1 : 프리스트레싱(T) + 자중(G1)											
		- CASE 2 : T + G1 + 고정하중(G2)											
		- CASE 3 : T + G1 + G2 + 활하중(P-max)											
		- CASE 4 : T + G1 + G2 + 활하중(P-min)											
		- CASE 5 : T + G1 + G2 + P-max + 온도하중(ADD-max)											
		- CASE 6 : T + G1 + G2 + P-max + 온도하중(ADD-min)											
		● 응력 검토											
		<table><tr><th>구 분</th><th>상,하연</th><th>작용응력(kg/cm²)</th><th>허용응력(kg/cm²)</th></tr><tr><td rowspan="2">외측경간 정모멘트부</td><td>상 연</td><td>121.5</td><td>160.0</td></tr><tr><td>하 연</td><td>60.1</td><td>160.0</td></tr></table>			구 분	상,하연	작용응력(kg/cm ²)	허용응력(kg/cm ²)	외측경간 정모멘트부	상 연	121.5	160.0	하 연
구 분	상,하연	작용응력(kg/cm ²)	허용응력(kg/cm ²)										
외측경간 정모멘트부	상 연	121.5	160.0										
	하 연	60.1	160.0										
<table><tr><th>구 분</th><th>상,하연</th><th>작용응력(kg/cm²)</th><th>허용응력(kg/cm²)</th></tr><tr><td rowspan="2">부모멘트부</td><td>상 연</td><td>40.0</td><td>160.0</td></tr><tr><td>하 연</td><td>148.0</td><td>160.0</td></tr></table>			구 분	상,하연	작용응력(kg/cm ²)	허용응력(kg/cm ²)	부모멘트부	상 연	40.0	160.0	하 연	148.0	160.0
구 분	상,하연	작용응력(kg/cm ²)	허용응력(kg/cm ²)										
부모멘트부	상 연	40.0	160.0										
	하 연	148.0	160.0										
<table><tr><th>구 분</th><th>상,하연</th><th>작용응력(kg/cm²)</th><th>허용응력(kg/cm²)</th></tr><tr><td rowspan="2">내측경간 정모멘트부</td><td>상 연</td><td>95.8</td><td>160.0</td></tr><tr><td>하 연</td><td>49.9</td><td>160.0</td></tr></table>			구 분	상,하연	작용응력(kg/cm ²)	허용응력(kg/cm ²)	내측경간 정모멘트부	상 연	95.8	160.0	하 연	49.9	160.0
구 분	상,하연	작용응력(kg/cm ²)	허용응력(kg/cm ²)										
내측경간 정모멘트부	상 연	95.8	160.0										
	하 연	49.9	160.0										

주) 기존 구조계산서 결과 요약시 기호 및 단위계는 원구조계산서와 동일하게 표기함.

【표 2.2.3】 밀양대교 하부구조 구조검토 결과요약

구 분			주요 검토내용	비 고
교각 P2 (상행선)	코핑부		- 검토조건 - 단면폭 $b = 250.0\text{cm}$, 높이 $h = 300.0\text{cm}$ - 철근 피복두께 $d_c = 20.0\text{cm}$, 유효깊이 $d = 280.0\text{cm}$ - 단면검토 - $A_s \text{ req} = 331.978\text{cm}^2 < A_s \text{ used} = 462.54\text{cm}^2 \rightarrow \therefore \text{O.K}$	
	기둥	축력 최대	- 검토조건 - 지름 $D_d = 350.0\text{cm}$, 피복두께 $d_c = 10.0\text{cm}$ - 단면검토 - $M_u = 0.0\text{t}\cdot\text{m} < \phi M_n = 8916.405\text{t}\cdot\text{m} \rightarrow \therefore \text{O.K}$ - $P_u = 3168.511\text{t} < \phi P_n = 14622.274\text{t} \rightarrow \therefore \text{O.K}$	
		모멘트 최대	- 검토조건 - 지름 $D_d = 350.0\text{cm}$, 피복두께 $d_c = 10.0\text{cm}$ - 단면검토 - $M_u = 5147.210\text{t}\cdot\text{m} < \phi M_n = 8515.700\text{t}\cdot\text{m} \rightarrow \therefore \text{O.K}$ - $P_u = 1975.127\text{t} < \phi P_n = 2871.057\text{t} \rightarrow \therefore \text{O.K}$	
교대	시점부	홍벽	- 검토조건 - 단면폭 $b = 100.0\text{cm}$, 유효깊이 $d = 92.1\text{cm}$ - 철근 피복두께 $d_c = 8.0\text{cm}$ - 단면검토 - $M_u = 25.300\text{t}\cdot\text{m} < \phi M_n = 114.187\text{t}\cdot\text{m} \rightarrow \therefore \text{O.K}$	
		벽체	- 검토조건 - 단면폭 $b = 100.0\text{cm}$, 유효깊이 $d = 310.0\text{cm}$ - 철근 피복두께 $d_c = 10.0\text{cm}$ - 단면검토 - $M_u = 193.800\text{t}\cdot\text{m} < \phi M_n = 395.732\text{t}\cdot\text{m} \rightarrow \therefore \text{O.K}$	
	종점부	홍벽	- 검토조건 - 단면폭 $b = 100.0\text{cm}$, 유효깊이 $d = 92.1\text{cm}$ - 철근 피복두께 $d_c = 8.0\text{cm}$ - 단면검토 - $M_u = 24.986\text{t}\cdot\text{m} < \phi M_n = 114.187\text{t}\cdot\text{m} \rightarrow \therefore \text{O.K}$	
		벽체	- 검토조건 - 단면폭 $b = 100.0\text{cm}$, 유효깊이 $d = 310.0\text{cm}$ - 철근 피복두께 $d_c = 10.0\text{cm}$ - 단면검토 - $M_u = 189.500\text{t}\cdot\text{m} < \phi M_n = 395.732\text{t}\cdot\text{m} \rightarrow \therefore \text{O.K}$	
주) 기존 구조계산서 결과 요약시 기호 및 단위계는 원구조계산서와 동일하게 표기함. 주) 시, 종점 및 부재 No.는 준공도면과 동일하게 표기함.				

2.2.4 설계도면 검토

본 교량에 대한 제원 및 현황조사 결과와 설계도면을 비교한 결과, 준공이후 주요부재 제원, 포장종류 및 두께, 난간 및 연석, 받침장치 등의 주요현황은 변동이 없는 상태이다.

2.2.5 토질 및 지반조사 자료검토

가. 개요

- 1) 현장조사 : 1996년 3월 ~ 1996년 7월
- 2) 실내시험 : 1996년 5월 ~ 1996년 7월
- 3) 성과분석 및 보고서 작성 : 1996년 7월 ~ 1996년 8월
- 4) 조사위치 : 밀양대교 STA. 0+460 ~ 1+350 (토질조사보고서 참조)

【표 2.2.4】 밀양대교 시추조사 위치

번호	시추 No.	측 점	지반고(m)	비 고
1	BB-2	0+105(대구방향)	8.78	
2	BB-4	0+155(대구방향)	7.90	
3	BB-5	0+155(부산방향)	9.44	
4	BB-6	0+205(대구방향)	7.60	
5	BB-7	0+205(부산방향)	11.20	
6	BB-8	0+260(대구방향)	11.20	
7	BB-9	0+260(부산방향)	9.70	
8	BB-10	0+310(대구방향)	7.60	
9	BB-11	0+310(부산방향)	13.09	
10	BB-12	0+360(대구방향)	8.50	
11	BB-13	0+347(부산방향)	13.01	
12	BB-14	0+410(대구방향)	8.50	
13	BB-15	0+397(부산방향)	13.00	
14	BB-17	0+447(부산방향)	10.50	
15	BB-18	0+510(대구방향)	6.80	
16	BB-20	0+560(대구방향)	6.15	
17	BB-24	0+660(대구방향)	4.26	
18	BB-25	0+647(부산방향)	4.35	
19	BB-26	0+703.5(부산방향)	1.25	
20	BB-27	0+753(부산방향)	1.17	
21	BB-28	0+810(대구방향)	1.30	
22	BB-29	0+853.5(부산방향)	5.50	
23	BB-31	0+953.5(부산방향)	5.75	
24	BB-33	1+053.5(부산방향)	6.44	
25	BB-35	1+153.5(부산방향)	6.97	
26	BB-37	1.253.5(부산방향)	6.40	
27	BB-39	1+340	6.50	

나. 조사결과

1) 매립층

BB-2, 5, 10, 11, 15 및 29 조사공의 최상부를 형성하고 있는 층으로 1.2m~6.0m의 두께로 분포하고 있으며, 구성 성분은 황갈색을 띠는 세립의 모래, 자갈섞인 모래, 점토섞인 자갈 및 모래섞인 자갈이다. 모래층에서의 표준관입시험치는 $N=4\sim10$ 회로 느슨한 상대밀도를 보이며, 자갈층은 층두께가 비교적 얇아 표준관입시험은 실시하지 못하였으나 시추시의 작업 시간, Lever의 느낌 등을 종합하였을 때 조밀한 상태를 보인다.

2) 전답층

BB-8, 9, 31, 33, 35, 37 및 39 조사공의 최상부를 형성하고 있는 층으로 1.3m~5.4m의 두께로 분포하고 있으며, 구성 성분은 황갈색을 띠는 세립의 모래 또는 점토섞인 세립의 모래이다. 본 층에 대한 표준관입시험의 결과는 $N=4\sim17$ 회로 느슨에서부터 보통의 상대밀도를 나타낸다.

3) 퇴적토층

BB-2 조사공을 제외한 전구간의 매립층 및 전답토층 하부, 또는 지표의 최상부로부터 3.0m~31.5m의 층두께(보통 20m이상의 층두께)로 분포하며, 구성성분은 모래, 점토 및 자갈이다.

① 모래층

BB-6 조사공의 자갈층 중간인 심도 8.3m~11.3m의 구간과 BB-12~15, 17, 18, 20, 24~26, 27, 29 및 39 조사공의 퇴적층 상부인 심도 0~9.7m구간에 0.8m~9.7m의 층두께로 분포하며, 주요 구성 성분은 암회색 또는 황갈색을 띠는 (자갈 및)점토섞인 모래 또는 세립의 모래이다. 본 층에 대한 표준관입시험의 결과에 따르면 N 치는 5~14회/30cm로 느슨에서 보통의 상대밀도를 보인다.

② 점토층

본 층은 BB-6, 8, 9 조사공에서는 자갈과 호층을 이루며, BB-11, 26 조사공의 퇴적층 상부 또는 자갈층의 중간에 분포하고 있다. 층두께는 0.8m~4.0m 정도이며, 주요구성 성분은 황갈색 또는 암회색을 띠는 (세립의)모래섞인 점토, 모래 및 자갈섞인 점토이다. 표준관입시험결과 N 치는 4~27회/30cm의 보통에서 대단히 단단한 연경도를 나타낸다.

③ 자갈층

자갈층은 퇴적층의 하부 구간에 우세하게 나타나며, 퇴적층의 대부분을 이루고 있다. 층두께는 3.0m~26.8m(보통 20m 이상의 층두께) 정도이다. 이 층의 주요 구성 성분은 황갈색, 암회색 또는 회갈색을 띠는 모래 및 호박돌 섞인 자갈이며, 부분적으로 점토를 함유하기도

한다. 또한 BB-39 조사공에서는 자갈층 사이에 층두께 13.9m로 호박돌이 우세하게 분포하고 있다. 본 층에 대한 표준관입시험치(N)는 1~50회 이상으로 매우 느슨에서부터 매우 조밀한 상대밀도를 보이나, 매우 느슨하게 나타나는 현상은 수직적으로 형성된 자갈층 사이에 점토 및 모래가 박층으로 협재된 상태로 전반적인 분포를 볼 때 N치 30이하의 값은 본 층의 상부에서 나타나며, 대부분은 조밀 내지 매우 조밀한 층이다. 한편, 시추조사시 본 층은 Core의 형태로 채취되기도 하였다.

4) 풍화암층

풍화암층은 기반암이 풍화작용에 의해 변질되어 형성된 층으로 모암의 조직과 형태를 그대로 보존하고 있으나 그 역학적 성질은 상실한 상태이며, 풍화토층과 풍화암층의 구분은 표준관입시험치 $N=50/10\text{cm}$ 를 기준으로 하였다.

본 층은 지표하 심도 1.2m~32.0m(대부분 심도 20m이하에서의 분포)의 구간에 분포하며, 그 층두께는 0.2m~2.2m의 박층이다. $N=50/10\text{cm}$ 이상의 매우 조밀한 상태로 채취된 시료는 시추시 Bit의 회전에 의하여 분쇄되어 Slime의 형태로 채취되거나, 관입시험시 Drive Hammer의 낙하로 인한 타격에너지에 의해 황갈색을 띠는 실트섞인 모래로 완전히 분쇄된 상태로 채취되었다.

5) 연암층

모암이 풍화작용을 받아 보통 풍화 내지 심한 풍화가 된 상태로 지표하 1.4m~32.0m(보통 심도 약 25m 하부)의 심도로부터 나타난다. 암질은 무름에서 강한 정도(대부분 보통 강함)를 나타내는 회갈색 내지 회색의 안산암이다. 균열 및 절리가 매우 발달되어 있어 시추작업 과정에서 채취된 암 Core는 암편내지 단주상으로 회수되었으며, 코아회수율은 저조한 편이다.

6) 경암층

BB-2, 4 지역의 지표면하 2.5m~7.0m의 심도로부터 분포하는 본 층은 균열 및 절리가 발달되어 있으며, 부분적으로 파쇄의 흔적이 보인다. 암석의 강도는 강함을 나타내고, 풍화의 정도는 신선한 상태로 단주상 내지 장주상으로 Core가 채취되었다.

2.2.6 시공관련 자료검토

- 관련자료(대구-부산간 고속도로 민간투자사업 준공도서/시공기록 보고서)를 확인한 결과, 시공관련 자료, 품질관리 관련자료(재료증명서, 품질시험기록, 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록), 시설물의 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 등이 확인되었으며, 시공 중 특이사항이나 사고이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.3 기 점검 실시결과 요약

본 교량은 2005년 10월 실시한 초기점검을 시작으로 2015년 3월 정기점검(상반기)까지 공용 기간 중 초기점검 1회, 정밀점검 4회, 정기점검 14회 등을 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음과 같다.

2.3.1 기 점검이력

【표 2.3.1】 밀양대교 기 점검이력

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요점검결과	상태 등급
1	초기점검	'05.10.28 ~ '06.04.25	한국시설안전기술공단	●PSC BOX 거더 균열, 교대/교각 균열, 받침몰탈 파손 및 균열, 신축이음 후타재 균열	A
2	하반기 정기점검	'06.09.19 ~ '06.12.31	(주)아워브레인	●공용년수 증가로 일부 부재(포장, 방호벽, 후타재, 주형, 교대, 교각)에서 손상현황이 추가 발생되었으나, 기보수된 부위의 보수상태는 양호한 상태이며, 교량 전반에 걸쳐 양호한 상태임	
3	상반기 정기점검	'07.05.10 ~ '07.06.30	(주)아워브레인	●신축이음 본체 하부 변형 및 볼트탈락	
4	정밀점검	'07.08.22 ~ '07.12.20	(주)아워브레인	●포트홀, 포장면 보수불량, 방호벽 균열, 교좌장치 도장손상 및 부식 등이 조사됨	B
5	상반기 정기점검	'08.03.10 ~ '08.06.30	(주)아워브레인	●신축이음 후타재 파손, 교좌장치 부식 및 무수축 몰탈 파손 등이 조사됨	
6	하반기 정기점검	'08.09.30 ~ '08.12.31	(주)아워브레인	●포장면 패임, 포트홀, 후타재 박리, 교좌장치 부식 등이 조사됨	
7	상반기 정기점검	'09.03.31 ~ '09.06.30	(주)아워브레인	●공용 중 손상의 진전이 우려될 수 있는 사항으로써, 포장면 손상은 내구성 및 주행성 확보를 위하여 보수가 필요하며, 교좌장치 본체 및 받침부에 발생된 손상은 내구성 확보를 위하여 손상에 적합한 보수가 필요함	
8	정밀점검	'09.10.01 ~ '09.12.31	(주)아워브레인	●상행선 P15 신축이음 하부 볼트 탈락은 신축이음부 기능상실 및 파열음 발생, 교량받침 고무재 들뜸, 거더외부 횡방향 균열, 배수관 이음부 누수 등이 조사됨	B
9	상반기 정기점검	'10.03.08 ~ '10.06.30	(주)아워브레인	●현재 전반적인 교량에 대한 보수작업이 실시 되고 있으며, 교면포장 패임 및 배수관련(막힘, 유도배수, 집합부누수)현황은 지속적인 유지관리 가 필요하며, 지반 공동 발생부위(상 P3, P17) 에 대한 주의관찰이 필요한 것으로 판단됨	

【표 2.3.1】 밀양대교 기 점검이력(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요점검결과	상태 등급
10	하반기 정기점검	‘10.09.06 ~ ‘10.12.31	(주)아워브레인	●교면포장 패임, 유도배수관 탈락, 방음벽 파손 및 탈락 등이 조사됨	
11	상반기 정기점검	‘11.02.10 ~ ‘11.06.30	(주)아워브레인	●주형내부 이물질퇴적, 유도배수관 탈락, 신축이음 하부 누수 및 앵커탈락, 교각 주변 토사유실 및 지반 공동 발생 등이 조사됨	
12	정밀점검	‘11.07.29 ~ ‘11.12.31	(주)아워브레인	●신축이음 하부 지지대 볼트 탈락, 교면 포장 패임 및 상·하부구조 폭 0.3mm 균 열	B
13	상반기 정기점검	‘12.02.20 ~ ‘12.06.30	(주)아워브레인	●교면포장 라벨링 및 밀림, 유도배수관 길이부족, 난간 균열 및 백태, 신축이음 하부 볼트탈락, 무수축몰탈 균열 및 파 손, 탄성받침 들뜸, 교대 및 교각 균열 (폭 0.1~0.3mm) 및 국부파손, 체수 등이 조사됨	
14	하반기 정기점검	‘12.08.20 ~ ‘12.12.31	(주)아워브레인	●미보수된 교면포장 라벨링, 유도배수관 길이부족, 난간 균열 및 백태, 신축이음 하부 볼트탈락 및 누수, 무수축몰탈 균 열 및 파손, 탄성받침 들뜸, 교대 및 교 각 균열(폭 0.1~0.3mm) 및 국부파손, 체 수 등이 조사됨	
15	상반기 정기점검	‘13.02.25 ~ ‘13.06.30	(주)아워브레인	●교면포장 라벨링, 신축이음 하부 고정볼 트 탈락, 주형 균열, 교대 및 교각 보수 부 재균열 등이 조사됨	
16	정밀점검	‘13.09.09 ~ ‘13.12.31	(주)아워브레인	●주형외부 균열(폭0.3mm이하), 국부파손, 주형내부 균열(폭0.3mm미만), 이물질퇴 적, 교대 및 교각 균열, 누수 및 체수, 교량받침 몰탈균열, Plate 도장손상 및 녹발생, 교면포장 라벨링, 신축이음 하부 고정볼트 탈락, 후타재 균열, 난간 균열 및 백태, 유도배수관 길이부족 등이 조 사됨	B
17	상반기 정기점검	‘14.02.24 ~ ‘14.06.30	(주)아워브레인	●일부 구간 교면포장 라벨링 및 보수부 패임, 방호벽, 주형, 하부구조 균열 및 보수부 재균열, 교량받침 고무재 들뜸 및 Plate 녹발생 등이 조사됨	

【표 2.3.1】 밀양대교 기 점검이력(계속)

번호	구 분	점검기간	점검기관	주요점검결과	상태 등급
18	하반기 정기점검	‘14.08.18 ~ ‘14.12.31	(주)아워브레인	교면포장 라벨링 및 패임, 주형 균열(폭 0.3mm이하), 국부박락, 이물질퇴적, 하부구조 균열, 체수, 교량받침 몰탈균열, Plate 도장손상 및 녹발생, 신축이음 하부 간격조절재 볼트 탈락, 후타재 접속부 이격, 난간 균열 및 백태, 후타재 유도배수관 길이부족 등이 조사됨	
19	상반기 정기점검	‘15.03.02 ~ ‘15.06.30	(주)아워브레인	교면포장 라벨링, 아스콘 균열, 패임, 주형 내·외부 균열(폭 0.3mm이하), 박리, 박락, 이물질퇴적, 하부구조 균열, 체수, 교량받침 몰탈균열, 고무재 들뜸, Plate 도장손상 및 녹발생, 신축이음 하부 간격조절재 볼트 탈락, 후타재 접속부 이격, 난간 균열 및 백태, 후타재 유도배수관 길이부족, 점검사다리 정착부 콘크리트 및 지지대 손상, 변형 등이 조사됨	

2.3.2 기 정밀점검 실시결과(2013년 12월)

가. 대구방향

1) 외관조사

위 치		손 상 내 용	개 소	수 량	비 고
밀 양 대 교 (대구)	주 형	균열(cw=0.3미만)	57	89.80	m
		균열(cw=0.3이상)	6	6.50	m
		망상균열	1	11.20	m ²
		파손 및 백태	3	0.11	m ²
		철근노출	1	0.10	m ²
		이물질 퇴적	1	1	개소
	교대 및 교각	균열(cw=0.3미만)	332	294.60	m
		균열(cw=0.3이상)	12	15.00	m
		보수부 재균열(cw=0.3미만)	96	84.70	m
		보수부 재균열(cw=0.3이상)	2	4.20	m
		파 손	2	7.56	m ²
		망상균열	6	18.85	m ²
		누수흔적, 체수	4	22.50	m ²
		화재오염	2	0.60	m ²
		이물질 퇴적	2	12.00	m ²

(계속)

위 치		손 상 내 용	개 소	수 량	비 고
밀양대교 (대구)	교량받침	몰탈균열(cw=0.3미만)	62	10.00	m
		Plate 부식	64	64	개소
		볼트, 와셔부식, 이완	13	13	개소
		몰탈파손	5	0.075	m ²
		도장손상	1	1	개소
		고무재 들뜸, 배부름	5	5	개소
	신축이음	이물질 퇴적	3	6.00	m ²
		부식	1	1.50	m ²
		볼트 탈락	1	1	개소
		용접부 불량	1	1	개소
	교면포장	포트홀, 패임	13	1.31	m ²
		라벨링	17	171.25	m ²
		보수부 밀림	2	2.70	m ²
	배수시설	배수관 길이부족	3	3	개소
		배수관 지지대 탈락	3	3	개소
		배수관 고정고리탈락	3	3	개소
	난 간	균열(cw=0.3미만)	32	299.00	m
	기타	차수관 볼트탈락	14	14	개소
		점검로 회전불가	3	3	개소
		교각 주변 보호 블럭 파손	2	2	개소
		점검로 이물질 적치	4	4	개소
		텔리네이터 파손	1	1	개소
		교각 표지판 파손	1	1	개소
		점검로 이격 및 파손	1	1	개소

2) 비파괴시험

구 분	위 치	시험결과	비 고	검 토
콘크리트 강도시험	BOX 내부	·반발경도법 : 41.3~44.7MPa	·설계강도 : 40.0MPa	양호
	교대	·반발경도법 : 25.5~27.4MPa	·설계강도 : 24.0MPa	양호
	교각	·반발경도법 : 24.7~27.5MPa	·설계강도 : 24.0MPa	양호
탄산화시험	BOX 내부	·탄산화깊이 : 3~6mm ·피복두께 : 53~54mm ·평가등급 : a	· a등급 : 탄산화 잔여깊이 30mm이상	양호
	교대	·탄산화깊이 : 7mm ·피복두께 : 106mm ·평가등급 : a		
	교각	·탄산화깊이 : 6~8mm ·피복두께 : 105~107mm ·평가등급 : a		

3) 상태평가

부재의 분류		상부구조		기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
경간	구조형식	바닥판	거더	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	PSC Box교	a	b	b	a	b	b	b	b	Q	a	a
2	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
3	PSC Box교	a	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
4	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
5	PSC Box교	a	b	b	a	c	-	b	b	Q	a	a
6	PSC Box교	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
7	PSC Box교	a	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
8	PSC Box교	a	b	a	a	c	-	b	b	Q	a	a
9	PSC Box교	a	b	a	c	b	-	b	a	Q	a	a
10	PSC Box교	a	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
11	PSC Box교	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
12	PSC Box교	b	a	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
13	PSC Box교	b	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
14	PSC Box교	b	a	b	a	c	-	b	b	Q	a	a
15	PSC Box교	a	b	b	c	b	-	b	b	Q	a	a
16	PSC Box교	b	b	b	c	b	b	b	b	Q	a	a
17	PSC Box교	a	a	a	a	b	-	b	c	Q	a	a
18	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
19	PSC Box교	a	b	b	a	a	-	b	c	Q	a	a
20	PSC Box교	a	b	a	c	b	-	b	b	Q	a	a
21	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
22	PSC Box교	a	b	b	c	b	-	b	b	Q	a	a
23	PSC Box교	a	a	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
24	PSC Box교	a	a	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
25	PSC Box교	a	a	b	a	b	-	b	a	Q	a	a
26	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
27	PSC Box교	-	-	-	-	-	c	b	b	Q	-	a
평균		0.115	0.169	0.165	0.158	0.219	0.267	0.200	0.207	-	0.100	0.100
가중치		23	20	7	3	2	9	9	20	-	4	3
평균x가중치 /가중치합		0.026	0.034	0.012	0.005	0.004	0.024	0.018	0.041	-	0.004	0.003

결합도 점수	0.172
상태 등급	B

4) 종합결론

밀양대교(대구)에 대한 정밀점검 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다.

전회점검이후 일부 부재에 대한 보수가 실시되었으며, 미보수 구간에서 보조부재에 일부 손상이 조사되었으나, 교량의 안전성을 저해할 만한 손상은 없으며, 발생한 손상에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수와 지속적인 관찰 등을 통한 유지관리가 필요하다.

외관조사시 나타난 주된 손상은 주형외부 균열(폭0.3mm이하), 국부파손, 주형내부 균열(폭 0.3mm미만), 이물질퇴적, 교대 및 교각 균열, 누수 및 체수, 교량받침 몰탈균열, Plate 도장손상 및 녹발생, 교면포장 라벨링, 신축이음 하부 고정볼트 탈락, 후타재 균열, 난간 균열 및 백태, 유도배수관 길이부족 등이 발생한 상태이다.

한편, 공용중 중점적인 관리가 필요한 현황으로서, 주형 균열, 신축이음 하부 손상에 대해서는 공용 년수 증가와 노후화로 인해 손상의 진전 및 추가 발생이 예상되므로, 보수후에도 정기점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

나. 부산방향

1) 외관조사

위 치		손 상 내 용	개 소	수 량	비 고
밀 양 대 교 (부 산)	주 형	균열(cw=0.3미만)	80	122.80	m
		망상균열	2	12.10	m ²
		파 손	4	1.44	m ²
		백 태	6	0.98	m ²
		이물질 퇴적	3	3	개소
	교대 및 교각	균열(cw=0.3미만)	144	138.13	m
		파 손	2	6.36	m ²
		망상균열	10	8.68	m ²
		화재오염	3	2.50	m ²
		백 태	3	0.03	m ²
		이물질 적치	4	4	개소
	교량받침	몰탈균열(cw=0.3미만)	89	22.65	m
		볼트이완	15	15	개소
		몰탈 파손	4	0.04	m ²
		몰탈 들뜸	2	2	개소
		Plate 부식	15	15	개소
		탄성받침 들뜸	1	1	개소
	신축이음	이물질 퇴적	4	8.00	m
		볼트탈락	8	8	개소

(계속)

위 치		손 상 내 용	개 소	수 량	비 고
밀양대교 (부산)	교면포장	포트홀, 패임	17	2.18	m ²
		라벨링	3	40.75	m ²
	배수시설	배수관 연결 불량	3	3	개소
		유도배수관 길이부족	1	1	개소
	난 간	균열(cw=0.3미만)	60	198.00	m
		백 태	3	1.90	m ²
		파 손	1	0.12	m ²
	기타	차수관 볼트탈락	15	15	개소
		점검로 난간변형	1	1	개소

2) 비파괴시험

구 분	위 치	시험결과	비 고	검 토
콘크리트 강도시험	BOX 내부	·반발경도법 : 41.4~43.8MPa	·설계강도 : 40.0MPa	양호
	교대	·반발경도법 : 25.6~26.6MPa	·설계강도 : 24.0MPa	양호
	교각	·반발경도법 : 24.5~27.6MPa	·설계강도 : 24.0MPa	양호
탄산화시험	BOX 내부	·탄산화깊이 : 2~4mm ·피복두께 : 54~56mm ·평가등급 : a	· a등급 : 탄산화 잔여깊이 30mm이상	양호
	교대	·탄산화깊이 : 7mm ·피복두께 : 108mm ·평가등급 : a		
	교각	·탄산화깊이 : 6~7mm ·피복두께 : 104~106mm ·평가등급 : a		

3) 상태평가

부재의 분류		상부구조		기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
경간	구조형식	바닥판	거더	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
1	PSC Box교	a	b	a	a	b	c	b	b	Q	a	a
2	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
3	PSC Box교	b	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
4	PSC Box교	a	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
5	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
6	PSC Box교	b	a	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
7	PSC Box교	b	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
8	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
9	PSC Box교	a	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
10	PSC Box교	a	a	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
11	PSC Box교	b	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a

(계속)

부재의 분류		상부구조		기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
경간	구조형식	바닥판	거더	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
12	PSC Box교	b	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
13	PSC Box교	b	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
14	PSC Box교	b	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
15	PSC Box교	b	a	a	c	b	-	b	b	Q	a	a
16	PSC Box교	b	b	b	c	b	b	b	b	Q	a	a
17	PSC Box교	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
18	PSC Box교	a	a	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
19	PSC Box교	a	b	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
20	PSC Box교	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
21	PSC Box교	a	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
22	PSC Box교	a	a	a	a	b	-	b	b	Q	a	a
23	PSC Box교	b	a	b	c	b	-	b	b	Q	a	a
24	PSC Box교	b	b	b	a	b	-	b	a	Q	a	a
25	PSC Box교	b	b	b	a	b	-	b	b	Q	a	a
26	PSC Box교	-	-	-	-	-	b	b	b	Q	-	a
평균		0.148	0.168	0.148	0.136	0.200	0.267	0.200	0.196	-	0.100	0.100
가중치		23	20	7	3	2	9	9	20	-	4	3
평균x가중치 /가중치합		0.034	0.034	0.010	0.004	0.004	0.024	0.018	0.039	-	0.004	0.003

결함도 점수	0.174
상태 등급	B

4) 종합결론

밀양대교(부산)에 대한 정밀점검 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급의 양호한 상태로 평가되었다.

전회점검이후 일부 부재에 대한 보수가 실시되었으며, 미보수 구간에서 보조부재에 일부 손상이 조사되었으나, 교량의 안전성을 저해할 만한 손상은 없으며, 발생한 손상에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수와 지속적인 관찰 등을 통한 유지관리가 필요하다.

외관조사시 나타난 주된 손상은 주형외부 균열(폭0.3mm이하), 국부파손, 주형내부 균열(폭0.3mm미만), 이물질퇴적, 교대 및 교각 균열, 누수 및 체수, 교량받침 몰탈균열, Plate 도장손상 및 녹발생, 교면포장 라벨링, 신축이음 하부 고정볼트 탈락, 후타재 균열, 난간 균열 및 백태, 유도배수관 길이부족 등이 발생한 상태이다.

한편, 공용중 중점적인 관리가 필요한 현황으로서, 주형 균열, 신축이음 하부 손상에 대해서는 공용 년수 증가와 노후화로 인해 손상의 진전 및 추가 발생이 예상되므로, 보수후에도 정기점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

2.4 보수·보강 이력

【표 2.4.1】 밀양대교 보수·보강 이력

구분	공사기간	설계자	시공자	보수보강공법/내용	비고
보수	'06.09	-	대림산업(주)	교면포장 패칭보수, 신축이음 후타재, 주형, 받침 표면처리	-
보수	'06.10	-	대림산업(주)	방음벽 지주보강	-
보수	'07.07	-	대림산업(주)	교면포장 패칭보수, 방호벽, 주형 표면처리	-
보수	'08.04	-	대림산업(주)	교대/교각 표면처리	-
보수	'08.05	-	대림산업(주)	교면포장 패칭보수, 교대/교각 표면처리	-
보수	'09.04	-	대림산업(주)	교면포장 패칭보수, 교대/교각 표면처리	-
보수	'10.04	-	대림산업(주)	교대/교각 표면처리	-
보수	'10.05	-	대림산업(주)	방호벽, 주형, 교대/교각 표면처리, 배수관, 차수판 정비	-
보수	'10.07	-	대림산업(주)	신축이음 후타재 표면처리, 받침 재도장	-
보수	'10.12	-	대림산업(주)	받침 정비	-
보수	'10.12	-	대림산업(주)	교대 정비, 실란트충전	-
보수	'11.01	-	대림산업(주)	신축이음 정비	-
보수	'11.03	-	대림산업(주)	주형 출입구 설치	-
보수	'11.04	-	대림산업(주)	교대/교각 표면처리	-
보수	'11.10	-	대림산업(주)	교대/교각 표면처리, 단면보수, 법면보호블럭 정비	-
보수	'12.03	-	대림산업(주)	주형 내.외부, 교대/교각 균열보수, 교량받침 재도장	-
보수	'12.06	-	대림산업(주)	교면포장 재포장	-
보수	'12.11	-	대림산업(주)	ILM 내.외부 균열보수	-
보수	'12.11	-	대림산업(주)	주형 내.외부, 교대/교각 균열보수	-
보수	'13.04	-	대림산업(주)	신축이음 부품교체	-
보수	'14.02	-	대림산업(주)	P15(양방향), A2(대구) 신축이음 부품교체(베어링 60EA)	-
보수	'14.06	-	대림산업(주)	교대/교각 균열보수, 받침 재도장, 배수관 정비	-
보수	'14.11	-	대림산업(주)	점검로 정비	-

2.5 내진설계 여부

자료검토 결과 “교량구조물에 대한 내진보완설계(2001년)”를 실시하여 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

가. 설계 개요 및 조건

- 1) 내진해석방법 : 시간이력 해석법
- 2) 지진 구역계수 = 0.11
- 3) 내진 1등급 → 위험도계수(I) : 1.4
- 4) 가속도계수(A) = 0.154
- 5) 지반계수(S) = 1.5
- 6) 사용프로그램 : SAP 2000 Nonlinear

나. 기초 분리장치의 면진 설계

밀양대교는 P.C BOX (ILM)구조로 상부구조의 사하중이 커서 지진시의 관성력이 크므로 통상적인 일점고정 또는 다점고정으로서는 지진시의 수평력을 저항할 수 없으므로 기초분리장치를 적용하여 지반수평력을 감소시키는 방안으로 설계하였다.

다. 내진해석 결과 요약

1) 대구방향

구 분	연결부(tonf)			반침용량(tonf) (수직력)	비 고
	작용력	허용력	판정		
교대 A1	0.00	55.93	O.K	450	
교각 P1	82.03	112.63	O.K	1,000	
교각 P2	78.25	104.51	O.K	1,000	
교각 P3	79.80	104.51	O.K	1,000	
교각 P4	83.86	104.51	O.K	1,000	
교각 P5	81.27	104.51	O.K	1,000	
교각 P6	82.80	104.51	O.K	1,000	
교각 P7	82.44	104.51	O.K	1,000	
교각 P8	81.34	104.51	O.K	1,000	
교각 P9	81.69	104.51	O.K	1,000	
교각 P10	82.25	112.63	O.K	1,000	
교각 P11	0.00	55.93	O.K	450	
교각 P12	83.04	112.63	O.K	1,000	
교각 P13	79.59	112.63	O.K	1,000	
교각 P14	81.28	112.63	O.K	1,000	

(계속)

구 분	연결부(tonf)			받침용량(tonf) (수직력)	비 고
	작용력	허용력	판정		
교각 P15	82.25	104.51	O.K	1,000	
교각 P16	83.04	104.51	O.K	1,000	
교각 P17	81.95	104.51	O.K	1,000	
교각 P18	81.66	104.51	O.K	1,000	
교각 P19	83.07	104.51	O.K	1,000	
교각 P20	83.57	104.51	O.K	1,000	
교각 P21	82.98	104.51	O.K	1,000	
교각 P22	82.44	104.51	O.K	1,000	
교각 P23	82.53	112.63	O.K	1,000	
교각 P24	82.63	112.63	O.K	1,000	
교각 P25	82.93	112.63	O.K	1,000	
교대 A2	0.00	55.93	O.K	450	

2) 부산방향

구 분	연결부(tonf)			받침용량(tonf) (수직력)	비 고
	작용력	허용력	판정		
교대 A1	0.00	55.93	O.K	450	
교각 P1	81.52	112.63	O.K	1,000	
교각 P2	80.31	104.51	O.K	1,000	
교각 P3	81.35	104.51	O.K	1,000	
교각 P4	82.15	104.51	O.K	1,000	
교각 P5	82.27	104.51	O.K	1,000	
교각 P6	81.94	104.51	O.K	1,000	
교각 P7	80.09	104.51	O.K	1,000	
교각 P8	80.10	104.51	O.K	1,000	
교각 P9	80.41	102.63	O.K	1,000	
교각 P10	0.00	55.93	O.K	450	
교각 P11	82.99	112.63	O.K	1,000	
교각 P12	79.82	112.63	O.K	1,000	
교각 P13	81.40	112.63	O.K	1,000	
교각 P14	82.15	104.51	O.K	1,000	
교각 P15	82.40	104.51	O.K	1,000	
교각 P16	82.15	104.51	O.K	1,000	
교각 P17	81.94	104.51	O.K	1,000	
교각 P18	83.00	104.51	O.K	1,000	
교각 P19	83.67	104.51	O.K	1,000	
교각 P20	82.96	104.51	O.K	1,000	
교각 P21	82.40	104.51	O.K	1,000	
교각 P22	82.46	112.63	O.K	1,000	
교각 P23	85.54	112.63	O.K	1,000	
교각 P24	82.88	112.63	O.K	1,000	
교대 A2	0.00	55.93	O.K	450	

2.6 자료분석 결과요약

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료(대구~부산간 고속도로 민간투자사업(8공구))와 유지관리 자료(기 정밀점검 결과, 보수·보강자료 등) 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음 【표 2.6.1】과 같다.

【표 2.6.1】자료분석 결과요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 준공도면 및 구조계산서 : 대구-부산간 고속도로 민간투자사업 준공도서 - 실시설계 종합보고서 - 토질 및 지반보고서 - 준공내역서, 수량산출서 - 구조 및 수리계산서 - 토질조사보고서 - 설계도면	◇ 구조계산서 및 구조물도, 일반보고서는 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 구조계산서 및 구조물도의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨 ◇ 주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 확인됨	◇ 본 검토 자료는 교량 내구성 시험 및 구조물 발생 손상의 원인분석에 기초자료로 활용 ⇒ 현장 조사자료와 수집자료가 상이할 경우 현장조사 자료를 기준으로 과업진행
유 지 관 리 자 료	◇ 정밀점검 보고서 (2013.12) ◇ 정기점검 보고서 (2015.06) ◇ 보수·보강 이력 - 시설물 관리대장 - 시설물정보관리종합시스템 보수 및 점검이력	◇ 조류서식 흔적 ◇ 받침 고무재 들뜸, 변형 ◇ 신축이음 본체 하부 고정볼트 탈락 및 파단 ◇ 내구성 조사결과, 설계기준 이상으로 양호한 상태임 ◇ 교대/교각 균열보수 ◇ 신축이음 부품교체 (베어링 60EA) ◇ 점검로 정비	◇ 전회 점검결과와 금회 진단결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇ 전회 점검결과와 비교·검토하여 내구성 저하 여부 확인 ◇ 구조물의 체원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 상세 구조해석을 실시하여 안정성 확보여부 확인 ◇ 보수부 상태 확인

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사 결과(대구방향)

3.3 외관조사 결과(부산방향)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

밀양대교(대구, 부산)는 경상남도 밀양시 상남면 예림리(대구방향 : 부산기점 41.044 ~ 42.334 km, 부산방향 : 부산기점 41.057 ~ 42.297km) 일원에 위치하고 있으며, 2006년 2월에 준공된 교량으로 활성로, 용평로, 밀양강을 횡단하고 있다.

교량은 I.L.M(Incremental Launching Method)가설공법으로 시공된 P.S.C BOX 거더교의 분리 교량으로 대구방향은 총연장 1,290.00m $((40+14@50)+(11@50)=1,290.0m)$ 이고 폭원은 12.60m(2차로)이며, 상부구조는 11경간, 15경간 연속의 PSC BOX 거더교로 이루어져 있다. 부산방향은 1,240.00m $((40+14@50)+(10@50)=1,240.0m)$ 이고 폭원은 12.60m(2차로)이며, 상부구조는 10경간, 15경간 연속의 PSC BOX 거더교로 이루어져 있다.

하부구조는 교대 : 역T형, 교각 : T형으로 시공되어져 있으며, 기초는 교대 A2, 대구방향 P24, P25, 부산방향 P24는 직접기초, 그 외 하부 구조물 기초는 현장타설말뚝으로 시공되어져 있다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근 방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토해양부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 교량의 하천구간의 외관조사는 교량점검차를 이용하였으며, 하천 외 구간은 고소점검차를 이용하여 하부도로에서 구조물에 최대한 근접하여 외관조사를 실시하였다.

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

【표 3.1.1】부재별 조사항목

구 분		조 사 항 목	비 고
상부 구조	바닥판	- 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 - 누수, 백태, 표면오염	
	PSC BOX	균열, 백태, 재료분리, 파손, 철근노출, 박리, 박락, 보수부 재손상	
하부 구조	교대	- 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 누수, 백태, 박락, 파손, 재료분리 - 교대의 이동 및 회전 유무 - 거더 또는 바닥판과 협착 유무	
	교각	콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리	
	기초	세굴, 침하, 파손, 침식	
교면포장		균열, 요철, 단차, 포트홀, 물고임(체수)	
배수시설		파손, 배수관 길이 부족, 배수관 주변 및 연결부 누수, 배수구 위치불량	
연석 및 난간		균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
교량 받침	강제 받침	균열, 부식, 변형, 파손	
	기타	유간 부족, 편기, 수평불량, 가동불량, 교량받침 설치오류, 앵커볼트 파손	
신축이음		- 본체의 파손, 부식, 누수, 이상음 및 진동, 유간 부족 - 후타재의 균열, 파손, 단차 - 후타재와 포장면 사이 이격	



교량점검차를 이용한 조사



고소점검차를 이용한 조사

【사진 3.1.1】점검차를 이용한 근접 육안조사

3.2 외관조사 결과(대구방향)

3.2.1 상부구조

가. 부재의 개요

- 밀양대교(대구)의 상부구조는 I.L.M(Incremental Launching Method)가설공법으로 시공된 PSC BOX 거더교로 강선 정착부 균열/파손, 정·부 모멘트 구간의 균열, 강선 배치 구간의 균열/파손 등 구조적 손상 발생여부에 대해 중점점검을 실시하였으며, 그 외 파손, 철근노출, 백태, 시공이음부 누수 등 내구성과 사용성에 영향을 미치는 손상에 대해 점검하였다.
- PSC BOX거더 외부는 근접조사를 위해 교량점검차 및 고소점검차를 이용하여 조사하였으며, 내부는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.2.1】 PSC BOX거더 전경(대구)

나. PSC BOX 거더 내부

1) 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 내부에 대한 외관조사 결과, 상부 바닥판에 종균열이 다수 발생되었으며, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태, 백태, 이물질 퇴적 손상이 조사되었다.
- 상부 바닥판에 발생된 균열은 0.2mm 이하의 종방향균열로, Seg별 시공에 따른 신·구 콘크리트 재령일 차이에 의한 수축과 구속, 습윤양생후 거푸집 제거시 단면 내부와 외부의 상대습도 차에 의한 내부 구속 등 여러 시공적, 환경적 요인에 의해 복합적으로 발생된 전형적인 균열로 조사되었다.

- 벽체부에 발생된 균열은 대부분 시공이음부, External Tendon Block에서 발생된 0.2mm 이하의 수평 및 경사균열로 Seg별 시공에 따른 신·구 콘크리트 재령일 차이에 의한 수축과 구속, 건조수축에 의해 발생된 균열로 조사되었다.
- 격벽부 균열은 균열폭이 최대 0.3mm 이상으로 조사되었으며, 발생원인은 상자형 박스 완성후 박스내에 massive하게 시공하기 때문에 콘크리트 내부 수화열로 표면부와 온도차에 따른 수축변형에 대한 내부구속, 콘크리트 자체의 건조수축변형에 대한 내부철근의 구속, 기 시공된 상자형 박스 구조물에 의한 구속 등에 따라 발생된 균열로 대부분 시공초기 발생하여 수렴되는 손상으로 조사되었다.
- 균열부 백태, 백태 손상은 격벽, External Tendon Block 시공을 위해 절개 후 보수한 부위의 정밀시공미흡에 의해 절개면을 따라 발생된 손상으로 조사되었으며, 이물질 퇴적은 작업자의 마무리 미흡에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.1】 PSC BOX 거더 내부 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(0.1mm) (m/개소)	균열(0.2mm) (m/개소)	균열/백태 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)
S1	104.6/34	1.8/3	-	0.12/1	-	0.11/2
S2	246.8/32	0.8/2	-	-	-	-
S3	157.7/28	0.4/1	-	-	-	0.01/1
S4	196.9/24	0.4/1	1.0/1	-	0.05/1	0.09/1
S5	205.5/35	0.8/2	-	-	-	0.02/2
S6	187.9/28	2.9/7	-	-	-	-
S7	167.9/28	4.8/10	-	-	-	2.25/1
S8	94.3/27	3.8/7	-	-	-	0.01/1
S9	148.3/25	10.0/11	-	-	-	-
S10	169.9/33	3.5/6	-	-	-	-
S11	42.7/22	3.1/5	-	-	-	-
S12	116.6/15	1.1/3	-	-	0.02/1	-
S13	254.3/28	1.8/3	-	-	-	0.02/2
S14	186.6/26	3.4/7	-	-	-	-
S15	147.0/27	32.8/4	-	-	-	-
S16	36.5/8	2.6/2	-	-	-	-
S17	45.8/4	3.7/5	-	-	-	-
S18	42.1/17	1.3/2	-	-	-	-
S19	39.9/6	-	-	-	-	-
S20	28.7/8	1.5/3	-	-	-	-
S21	38.3/9	0.5/1	-	-	-	-
S22	8.9/4	1.0/2	-	-	-	-
S23	9.6/2	2.3/4	-	-	-	-
S24	6.7/2	8.4/5	-	-	-	-
S25	4.8/3	2.5/6	9.0/2	-	-	-
S26	28.9/17	1.5/1	-	-	-	-
합 계	2,717.2/492	96.7/103	10.0/3	0.12/1	0.07/2	2.51/10

	
종방향 균열(S5, 상부 슬래브)	0.2mm 벽체균열(S9, 시공이음부)
	
0.2mm 격벽 균열(S8, 대구방향)	균열/백태(S25, 상부슬래브)

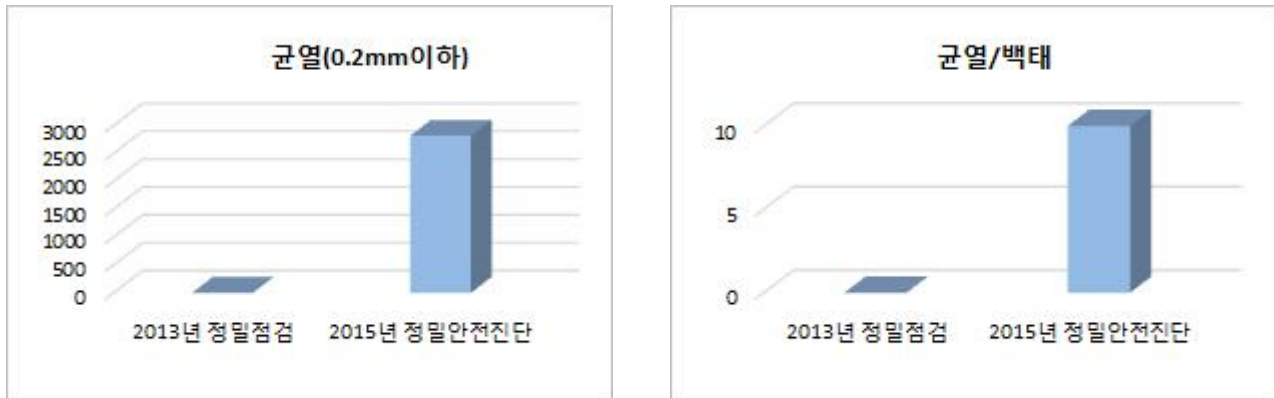
【사진 3.2.2】PSC BOX 거더 내부 손상현황(대구)

3) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- PSC BOX거더 내부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 금회 정밀육안조사에 의해 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2mm이하의 미세 균열이 다수 조사되었으며, 균열/백태 등의 손상이 일부 추가로 조사되었다.

【표 3.2.2】PSC BOX 거더 내부 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2mm이하)	-	2,813.9m	
균열/백태	-	10.0m	



【그림 3.2.1】 PSC BOX 거더 내부 기 점검 결과 비교(대구)

3) 검토의견

- 박스 내부의 발생한 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열은 주입 보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 균열/백태, 백태손상은 주입보수로 내구성을 확보하고, 이물질 퇴적은 제거 및 청소 실시가 바람직하다.
- PSC BOX 구조물은 작용하중에 대해 강선 긴장력에 의한 저항하는 구조물로 균열 및 기타 손상에 대해 지속적인 주의관찰 및 적절한 유지관리가 이루어져야 할 것이다.

다. PSC BOX거더 외부

1) 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 하부 바닥판에 종균열이 간헐적으로 발생되었으며, 벽체부에 수평 및 경사균열, 일부 개소에 균열부 백태, 백태, 파손, 철근노출 손상이 조사되었다.
- 하부 바닥판 균열은 Seg별 시공에 따른 신·구 콘크리트 재령일 차이에 의한 수축과 구속에 의해 발생한 0.2mm이하 균열로 조사되었다.
- 벽체부 균열은 압출시 고정하중, 상부의 작업하중, 압출을 위한 Lift하중, 온도하중 및 건조수축, 크리프 영향 등에 영향을 받고 압출과정에서 교각 지점부 통과로 정·부 모멘트 교차 발생, Seg별 시공에 따른 신·구 콘크리트 재령일 차이에 의한 수축과 구속 등 다수의 균열 발생 인자로 인해 시공중에 발생되어 시공완료 후 수렴되는 손상으로 조사되었다.
- 균열부 백태 손상은 슬래브 및 벽체 접속부 위치에 발생한 손상이며, 백태 손상은 신축이음측 단부 캔틸레부에 발생한 손상으로 점검시 우수 유입 흔적이 조사되지 않고 손상정도가 경미하여 시공초기 발생한 손상으로 판단된다.

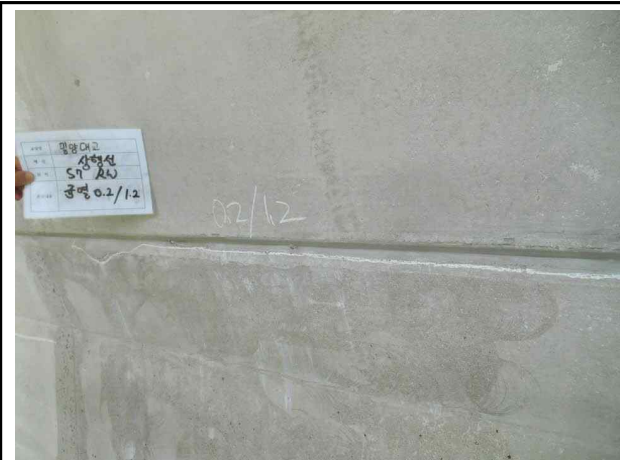
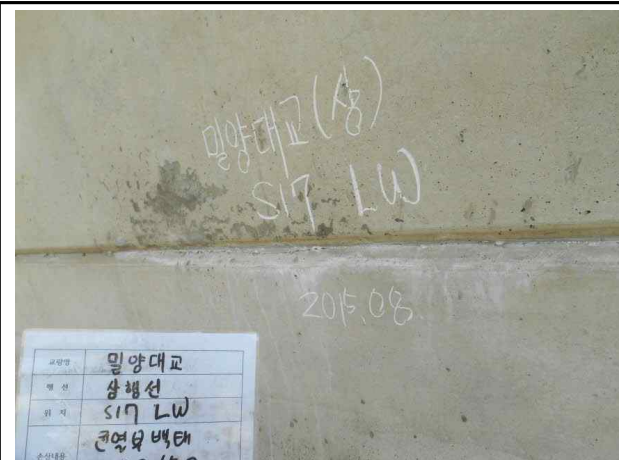
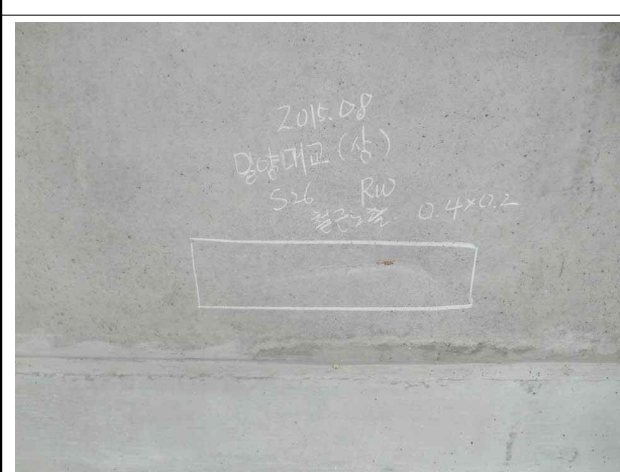
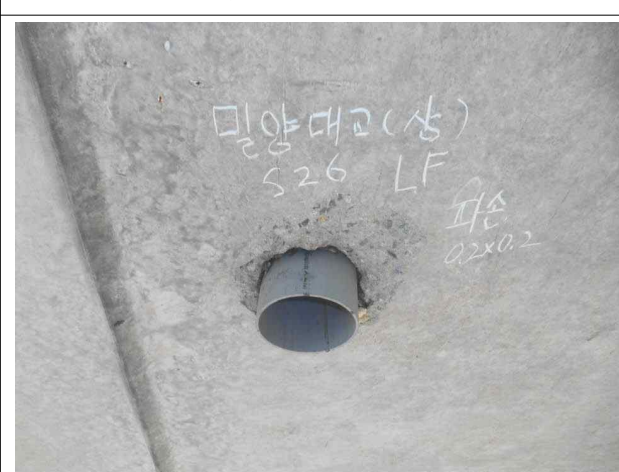
- 파손 손상은 배수구 주변 품질불량 개소의 콘크리트의 표면부 손상이며, 철근노출은 정밀시공 미흡에 의한 손상으로 조사되었고 굽힘은 하부 이동 차량에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.3】 PSC BOX거더 외부 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(0.1mm) (m/개소)	균열(0.2mm) (m/개소)	균열/백태 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	굽힘 (㎡/개소)
S1	23.7/29	5.5/1	-	-	-	-	-	-
S2	-	3.0/2	-	-	-	-	-	5.00/1
S3	11.0/14	-	-	-	-	-	-	-
S4	19.7/24	-	-	-	-	-	-	-
S5	6.0/10	-	-	-	-	-	-	-
S6	7.1/15	0.8/1	-	-	-	-	-	-
S7	29.6/32	1.2/1	-	-	-	-	-	-
S8	13.9/21	2.3/4	-	-	-	-	-	-
S9	5.6/7	0.6/3	-	-	-	-	-	-
S10	5.9/13	2.1/2	-	-	-	-	-	-
S11	19.0/19	-	-	-	-	-	-	-
S12	85.1/51	-	-	-	-	-	-	-
S13	99.5/54	0.7/1	-	-	-	-	-	-
S14	93.6/58	-	-	-	-	-	-	-
S15	57.2/40	5.8/2	-	-	-	-	-	-
S16	82.7/63	5.7/1	-	-	0.13/2	-	-	-
S17	63.4/57	-	5.0/1	-	-	-	-	-
S18	55.7/53	-	-	-	-	-	-	-
S19	75.2/53	-	-	-	-	-	-	-
S20	37.0/29	-	-	5.11/1	-	-	-	-
S21	45.1/36	-	-	-	-	-	-	-
S22	53.8/49	-	-	-	-	-	-	-
S23	-	-	-	-	-	-	-	-
S24	3.9/4	-	-	-	-	-	-	-
S25	9.1/3	-	-	-	-	-	-	-
S26	24.2/20	2.0/1	-	-	-	0.08/1	0.04/1	-
합 계	927.0/754	29.7/19	5.0/1	5.11/1	0.13/2	0.08/1	0.04/1	5.00/1



【사진 3.2.3】 PSC BOX 거더 외부 손상현황(대구)

	
0.2mm 균열(S7, 벽체 시공이음부)	균열부 백태(S17, 하부슬래브 및 벽체 이음부)
	
철근노출(S16, 캔틸레버)	파손(S26, 캔틸레버)
	
백태(S16, 캔틸레버)	긁힘(S2, 슬래브 하면)

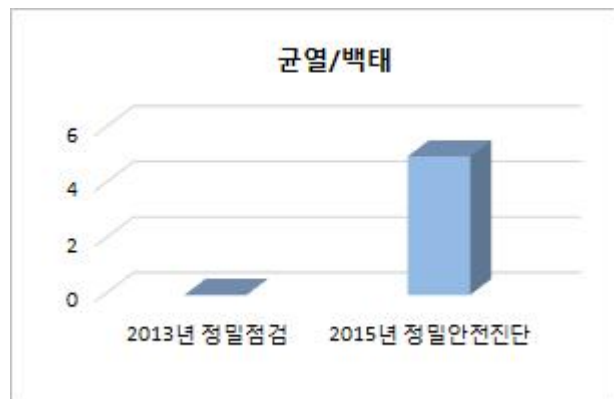
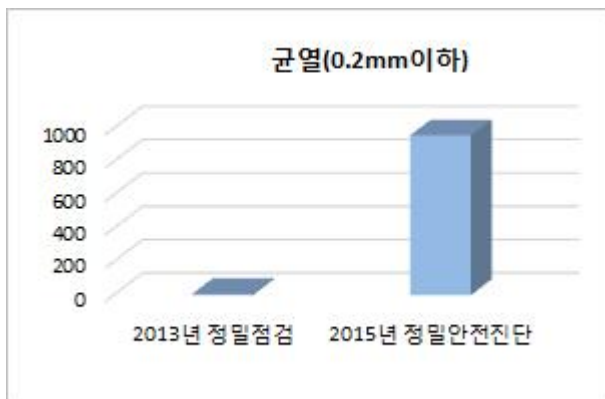
【사진 3.2.3】 PSC BOX 거더 외부 손상현황(대구, 계속)

2) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- PSC BOX거더 외부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2mm이하의 미세균열이 다수 조사되었으며, 이는 금회 진단시 점검장비 등을 이용한 근접조사에 의해 추가로 조사된 것으로 판단된다. 또한, 균열/백태 등의 손상이 일부 추가로 조사되었다.

【표 3.2.4】 PSC BOX 거더 외부 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2mm이하)	6.5m	956.7m	
균열/백태	-	5.0m	



【그림 3.2.2】 PSC BOX 거더 외부 기 점검 결과 비교(대구)

3) 검토의견

- 박스 외부의 발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열 및 균열 부 백태 손상은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 백태손상은 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하다.
- 파손 및 철근노출은 장기 공용시 손상확대가 우려되므로 단면보수가 바람직하며 굽힘 손상은 표면부 굽힘 손상으로 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하다.
- PSC BOX 구조물은 작용하중에 대해 강선 긴장력에 의한 저항하는 구조물로 균열 및 기타 손상에 대해 지속적인 주의관찰 및 적절한 유지관리가 이루어져야 할 것이다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

1) 부재의 개요

- 밀양대교(대구)의 교대 형식은 역T형이며, 기초는 A1은 현장타설말뚝, A2는 직접기초로 시공되어져 있고, 교대에 대한 외관조사는 도보로 근접하여 조사를 실시하였다.



【사진 3.2.4】 교대 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 교대의 외관조사 결과, 균열, 교좌면 체수 흔적, 배수측구 균열, 법면보호블럭 침하, 통로BOX 백태 등의 손상이 조사되었다.
- 발생균열은 교좌면, 벽체에 발생된 0.2mm이하의 수직균열로 온도 및 건조수축에 의한 비구조적 균열로 판단되며, 침하 및 지지력 부족에 의한 전단면 균열은 조사되지 않았다.
- 교좌면 체수 흔적은 분리 교량으로 상·하행 이격으로 인한 중앙부 체수 흔적으로 조사되었으며, 배수측구 균열, 법면보호블럭 침하는 다짐한계에 따른 지반침하 손상으로 조사되었다.
- 통로BOX의 백태 손상은 출입구 및 이음부 누수에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.5】 교대 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(m/개소) (0.2mm이하)	균열(m/개소) (0.3mm이상)	백태 (㎡/개소)	체수흔적 (㎡/개소)	점검계단 파손 (㎡/개소)	법면보호블럭 침하(㎡/개소)	배수측구 균열 (m/개소)
A1	2.5/3	1.0/1	0.46/3	6.00/1	-	-	
A2	-	-	0.41/2	-	0.05/1	3.25/2	1.0/1
합 계	2.5/3	1.0/1	0.87/5	6.00/1	0.05/1	3.25/2	1.0/1

※ PSC BOX거더 출입 통로BOX 포함

	
0.2mm 균열(A1 벽체)	교좌면 체수 흔적(A1 교좌면)
	
범면보호블럭 침하(A2 교대 전면부)	배수측구 균열(A2)

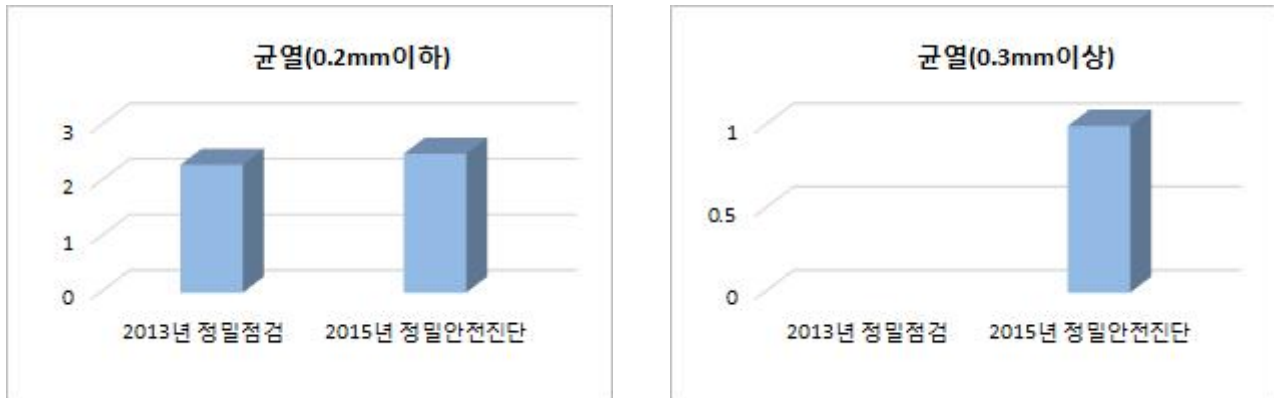
【사진 3.2.5】 교대 손상현황(대구)

3) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 시 조사된 균열에 대해 일부 보수가 이루어졌으나, 균열은 다소 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.2.6】 교대 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2mm이하)	2.3m	2.5m	
균열(0.3mm이상)	-	1.0m	



【그림 3.2.3】 교대 기 점검 결과 비교(대구)

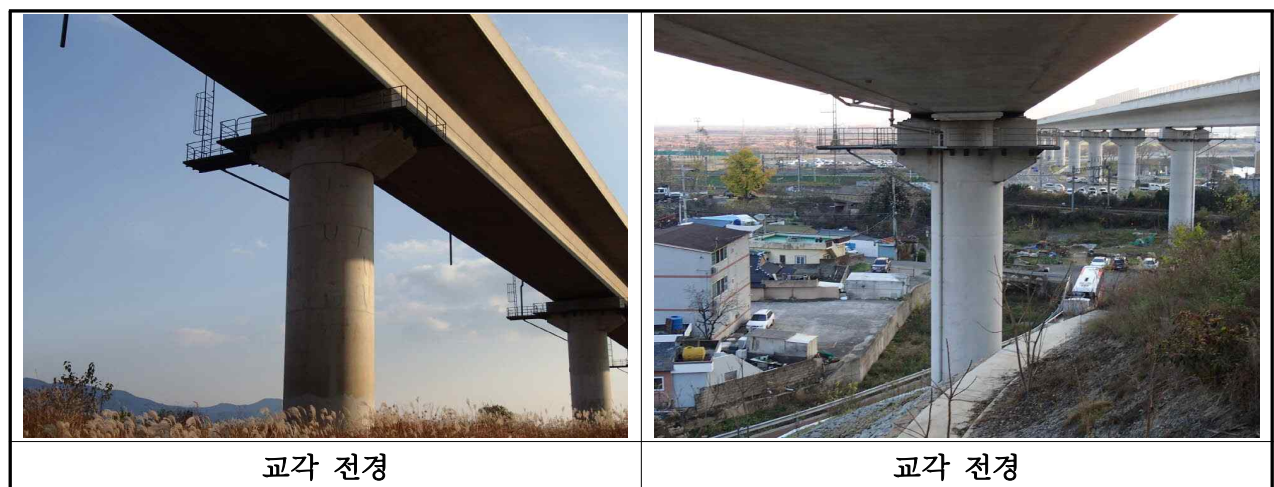
4) 검토의견

- 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하며, 체수 흔적은 상·하행선 이격부에 발생하는 손상으로 받침장치의 열화발생 여부에 대한 주의관찰이 필요하다.
- 법면보호블럭 침하 및 배수측구 균열은 우수 유입 방지를 위해 침하부 채움 및 측구 균열부 보수 실시가 바람직하며 통로BOX 백태 손상은 표면처리가 필요하다.

나. 교각

1) 부재의 개요

- 밀양대교(대구)의 교각 형식은 T형이며, 기초는 P24, P25는 직접기초 그 외 교각은 현장타설말뚝기초로 시공되어 있고, 교각에 대한 외관조사는 도보 및 교량점검차를 이용하여 근접 조사를 실시하였다.
- 본 교량은 밀양강을 횡단하는 교량으로 교각 P2~P13이 하천상에 위치하고 있으며, 갈수기로 인해 P11~P13만이 수중부에 위치하고 있으나, 수심이 0.100~1.15m로 근접 확인 조사가 가능하여 장화를 착용하고 도보로 하상부 및 교각부를 점검하였다.



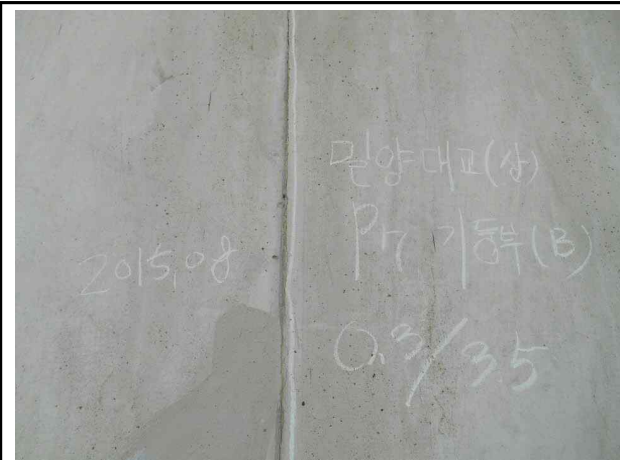
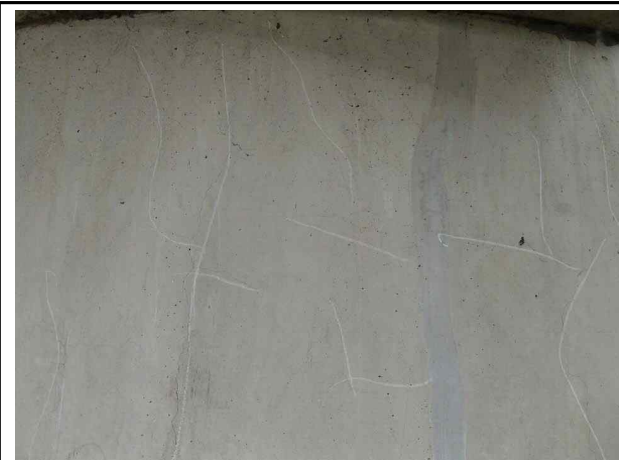
【사진 3.2.6】 교각 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 교각에 대한 외관조사결과, 망상균열, 균열, 표면오염, 누수오염/박리/열화, 이물질(조류배설물) 퇴적 등의 손상이 조사되었다.
- 발생균열은 대부분 코핑부, 기둥부에 발생된 0.3mm이하의 수직 및 망상균열로 균열 폭, 균열 형태 및 위치 등을 고려 할 때 온도 및 건조수축에 의해 발생된 비구조적 균열로 판단된다.
- 표면오염은 교각 P14에 위치한 배수관 막힘에 의한 월류 손상으로 조사되었으며, 누수오염/박리/열화 손상은 교각 P24에 설치된 배수관의 길이 부족에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.7】 교각 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(m/개소) (0.2mm이하)	균열(m/개소) (0.3mm이상)	망상균열 (㎡/개소)	누수오염/박리/열화 (㎡/개소)	이물질 (조류배설물)퇴적 (㎡/개소)
P1	0.1/1	0.5/1	-	-	-
P2	2.4/1	-	18.00/4	-	-
P3	20.2/14	-	1.00/1	-	-
P4	23.6/17	-	3.60/1	-	-
P5	4.6/17	-	-	-	-
P6	27.4/21	-	27.12/8	-	-
P7	1.9/3	8.3/2	86.40/4	-	-
P8	0.7/1	-	40.32/4	-	-
P9	2.1/2	0.5/1	100.80/4	-	-
P10	31.9/20	-	50.46/6	-	-
P11	35.1/16	41.6/7	-	-	-
P12	19.4/32	-	24.00/4	-	-
P13	8.2/7	-	4.00/1	-	-
P14	35.1/26	-	35.76/4	1.60/2	-
P15	1.6/1	-	144.00/4	-	8.00/1
P16	38.4/13	0.6/1	13.60/1	-	-
P17	32.9/9	-	10.80/1	-	-
P18	12.4/9	7.3/3	43.20/4	-	-
P19	46.1/20	-	86.40/4	-	-
P20	17.8/7	-	86.40/4	-	-
P21	25.3/22	-	-	-	-
P22	21.2/16	-	5.00/1	-	-
P23	20.1/15	-	-	-	-
P24	35.7/10	5.3/2	2.56/1	2.00/1	-
P25	7.9/14	-	35.40/6	-	-
합 계	472.1/314	64.1/17	818.82/67	3.60/3	8.00/1

	
0.3mm 균열(P7 기둥부)	망상균열(P10 기둥부)
	
표면오염(P14 코핑부)	누수오염/박리/열화(P24 기둥부)

【사진 3.2.7】 교각 손상현황(대구)

3) 수중부 교각 점검

- 밀양대교(대구)는 밀양강을 횡단하는 교량으로 교각 P2~P13이 하천상에 위치하고 있으나, 점검시 갈수기로 P11~P13만이 수중부에 위치하고 있고, 수중부 최대 수심이 1.15m 이하로 장화를 이용하여 도보 점검을 실시하였다.
- 수중부 교각의 외관상태는 유수에 의한 침식 및 파손이 발생되지 않은 양호한 상태이며, 교각 주변은 세굴방지용 사석채움 시공으로 하상 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

			
수중부 교각 점검		수심측정 : 0.10m~1.15m	
구 분	P11	P12	P13
최저수심(m)	0.10	0.10	0.20
최대수심(m)	1.07	1.15	0.25

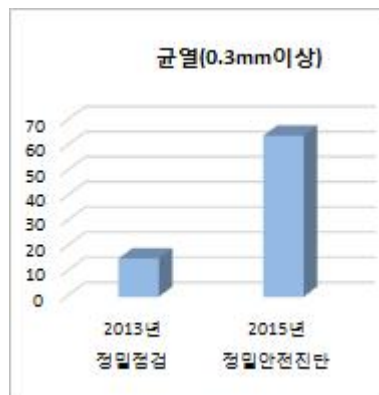
【사진 3.2.8】 교각 수중부 조사 현황(대구)

4) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 시 조사된 균열에 대해 일부 보수가 이루어졌으나, 금회 진단시 점검장비 등을 이용한 근접조사에 의해 시공초기 발생된 것으로 판단되는 균열 및 망상균열 등의 손상이 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.2.8】 교각 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2mm이하)	381.3m	472.1m	
균열(0.3mm이상)	15.2m	64.1m	
망상균열	-	818.82㎡	



【그림 3.2.4】 교각 기 점검 결과 비교(대구)

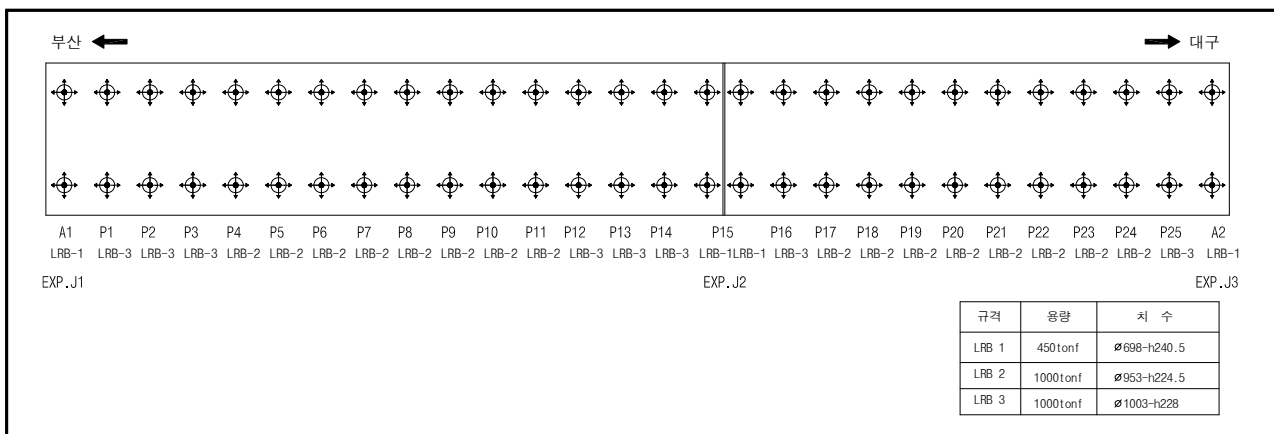
5) 검토의견

- 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 표면오염, 누수오염/박리/열화 손상은 배수관 막힘, 길이부족에 의한 손상으로 배수관 청소 및 길이 연장이 필요하며, 배수관 보수 후 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 바람직하다.
- 이물질(조류배설물) 퇴적은 조류서식에 의해 발생된 손상으로 이물질(조류배설물) 제거 및 청소가 필요하며, 조류배설물은 콘크리트 부식 등 구조물 열화 확대 가능성이 있어 주기적인 유지관리가 필요하다.

3.2.3 교량받침

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교량받침은 납면진반침(원형 L.R.B)으로 11경간, 15경간 연속교로 교대에 2개소, 일반부 교각에 2개소, 신축이음부 교각에 4개소가 설치되어 받침장치 총 개소는 56개소이며, 신축이음부 교각은 P15이다.



【그림 3.2.5】 교량받침 배치도(대구)



【사진 3.2.9】 교량받침 전경(대구)

나. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였으며 그 결과는 다음 【표 3.2.9】과 같다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 받침Plate 도장박리 및 녹발생, 볼트/와셔 녹발생, 받침 고무재 들뜸, 받침 몰탈 균열, 박리, 박락 및 파손 등의 손상이 조사되었으나, 받침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.

【표 3.2.9】 교량받침 외관조사 결과(대구)

구 분	받침Plate 도장박리 (개소)	받침Plate 녹발생 (개소)	볼트/와셔 녹발생 (개소)	볼트체결 불량(개소)	고무재 (피복고무재) 들뜸 (개소)	받침 몰탈 균열(0.2mm이하) (m/개소)	받침 몰탈 균열(0.3mm이상) (m/개소)	받침몰탈 박리/박락/파손 (㎡/개소)
A1	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	1	-	-	-	-	0.2/2	-	-
P2	-	2	-	-	-	0.8/2	-	-
P3	-	2	-	-	-	0.2/1	-	-
P4	-	2	-	-	-	0.1/1	-	-
P5	-	2	2	-	-	-	-	-
P6	2	2	-	-	-	1.4/7	-	0.01/1
P7	2	2	-	1	-	0.1/1	-	-
P8	-	2	5	-	-	-	-	0.06/1
P9	-	2	-	1	1	-	-	-
P10	-	2	6	-	1	0.6/1	-	0.04/1
P11	-	2	3	-	-	0.3/2	-	-
P12	-	2	4	-	-	0.4/1	-	-
P13	-	2	-	-	-	0.1/1	-	-
P14	2	2	-	-	-	0.5/2	-	-
P15	1	3	-	-	4	2.8/4	-	-
P16	-	2	1	-	-	-	-	0.01/1
P17	-	2	-	-	-	0.6/2	-	-
P18	-	2	1	-	1	-	-	0.01/1
P19	-	2	-	-	1	0.6/1	-	-
P20	-	2	1	-	-	0.2/2	-	0.02/1
P21	-	1	-	4	-	2.6/2	0.2/1	-
P22	2	2	-	-	-	0.3/2	-	-
P23	-	2	-	2	-	-	2.8/2	0.01/1
P24	-	2	-	-	-	0.1/1	-	-
P25	-	1	-	-	-	1.0/3	-	-
A2	-	1	-	-	-	-	-	-
합 계	10	48	23	8	8	12.9/38	3.0/3	0.16/7

	
받침 Plate 도장박리(P1-Sh2)	받침 Plate 녹발생(P3-Sh1)
	
볼트/와셔 녹발생(P11-Sh1)	볼트체결불량(P21-Sh1)
	
고무재(피복고무재) 들뜸(P19-Sh1)	받침 몰탈 0.3mm미만 균열(P12-Sh2)

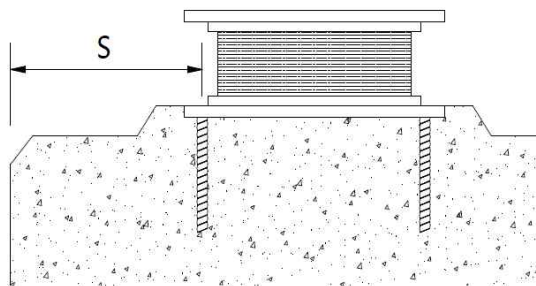
【사진 3.2.10】 교량받침 손상현황(대구)



【사진 3.2.10】 교량받침 손상현황(대구, 계속)

다. 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, 국토해양부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



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

【그림 3.2.6】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=40.0m) : $200+5 \times 40.0 = 400.0(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200+5 \times 50.0 = 450.0(\text{mm})$

2) 연단거리 측정 결과

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



【사진 3.2.11】 연단거리 측정 전경

【표 3.2.10】 연단거리 측정 결과(대구)

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)		검토 결과
			Sh1	Sh2	
A1		400	690	690	O.K
P1	A1측	400	580	580	O.K
	A2측	450	590	590	O.K
P2	A1측	450	580	580	O.K
	A2측	450	580	570	O.K
P3	A1측	450	580	580	O.K
	A2측	450	570	570	O.K
P4	A1측	450	660	670	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P5	A1측	450	670	670	O.K
	A2측	450	640	650	O.K
P6	A1측	450	670	660	O.K
	A2측	450	650	680	O.K
P7	A1측	450	650	680	O.K
	A2측	450	670	650	O.K
P8	A1측	450	680	680	O.K
	A2측	450	640	670	O.K
P9	A1측	450	680	680	O.K
	A2측	450	640	640	O.K
P10	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	640	660	O.K

【표 3.2.10】연단거리 측정 결과(대구, 계속)

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)		검토 결과
			Sh1(Sh3)	Sh2(Sh4)	
P11	A1측	450	670	670	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P12	A1측	450	570	580	O.K
	A2측	450	570	570	O.K
P13	A1측	450	570	570	O.K
	A2측	450	580	580	O.K
P14	A1측	450	580	570	O.K
	A2측	450	610	550	O.K
P15	A1측	450	500	500	O.K
	A2측	450	(530)	(530)	O.K
P16	A1측	450	550	550	O.K
	A2측	450	600	690	O.K
P17	A1측	450	650	640	O.K
	A2측	450	690	690	O.K
P18	A1측	450	670	670	O.K
	A2측	450	670	670	O.K
P19	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	670	660	O.K
P20	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	670	680	O.K
P21	A1측	450	680	670	O.K
	A2측	450	670	680	O.K
P22	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P23	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P24	A1측	450	670	640	O.K
	A2측	450	670	680	O.K
P25	A1측	450	520	520	O.K
	A2측	450	540	530	O.K
A2		450	650	650	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차 : 23.8℃(8월28일), 2차 : 14.6℃(10월14일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 전반적으로 이론 변동량과 유사한 것으로 측정되어 본 교량에 설치된 받침장치의 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.2.11】 교량받침 가동상태 검토결과(대구)

구 분		실측 이동량(mm)				변동량(mm)		비 고
		1차		2차		실측치	이론치	
A1	Sh1	0.0	-	-30.0	(A2)	-30.0	-34.0	
	Sh2	0.0	-	-30.0	(A2)	-30.0		
P1	Sh1	-20.0	(A2)	-45.0	(A2)	-25.0	-30.4	
	Sh2	-20.0	(A2)	-45.0	(A2)	-25.0		
P2	Sh1	-15.0	(A2)	-35.0	(A2)	-20.0	-25.8	
	Sh2	-15.0	(A2)	-35.0	(A2)	-20.0		
P3	Sh1	15.0	(A1)	0.0	-	-15.0	-21.2	
	Sh2	15.0	(A1)	0.0	-	-15.0		
P4	Sh1	10.0	(A1)	0.0	-	-10.0	-16.6	
	Sh2	10.0	(A1)	0.0	-	-10.0		
P5	Sh1	-40.0	(A2)	-50.0	(A2)	-10.0	-12.0	
	Sh2	-40.0	(A2)	-50.0	(A2)	-10.0		
P6	Sh1	-30.0	(A2)	-35.0	(A2)	-5.0	-7.4	
	Sh2	-30.0	(A2)	-35.0	(A2)	-5.0		
P7	Sh1	0.0	-	0.0	-	0.0	-2.8	
	Sh2	0.0	-	0.0	-	0.0		
P8	Sh1	-10.0	(A1)	-15.0	(A1)	-5.0	-1.8	
	Sh2	-10.0	(A1)	-15.0	(A1)	-5.0		
P9	Sh1	-10.0	(A1)	-15.0	(A1)	-5.0	-6.4	
	Sh2	-10.0	(A1)	-15.0	(A1)	-5.0		
P10	Sh1	-30.0	(A1)	-40.0	(A1)	-10.0	-11.0	
	Sh2	-30.0	(A1)	-40.0	(A1)	-10.0		
P11	Sh1	15.0	(A2)	0.0	-	-15.0	-15.6	
	Sh2	15.0	(A2)	0.0	-	-15.0		
P12	Sh1	15.0	(A2)	-5.0	(A1)	-20.0	-20.2	
	Sh2	15.0	(A2)	-5.0	(A1)	-20.0		
P13	Sh1	15.0	(A2)	-5.0	(A1)	-20.0	-24.8	
	Sh2	15.0	(A2)	-5.0	(A1)	-20.0		
P14	Sh1	20.0	(A2)	-5.0	(A1)	-25.0	-29.4	
	Sh2	20.0	(A2)	-5.0	(A1)	-25.0		
P15	Sh1	-10.0	(A1)	-40.0	(A1)	-30.0	-34.0	
	Sh2	-10.0		-40.0		-30.0		
	Sh3	-5.0		-20.0		-15.0	-25.3	
	Sh4	-5.0	(A2)	-20.0	(A2)	-15.0		
P16	Sh1	0.0	-	-15.0	(A2)	-15.0	-20.7	
	Sh2	0.0	-	-15.0	(A2)	-15.0		

【표 3.2.11】 교량받침 가동상태 검토결과(대구, 계속)

구 분		실측 이동량(mm)				변동량(mm)		비 고
		1차		2차		실측치	이론치	
P17	Sh1	10.0	(A1)	0.0	-	-10.0	-16.1	
	Sh2	10.0	(A1)	0.0	-	-10.0		
P18	Sh1	-12.0	(A2)	-20.0	(A2)	-8.0	-11.5	
	Sh2	-12.0	(A2)	-20.0	(A2)	-8.0		
P19	Sh1	0.0	-	-5.0	(A2)	-5.0	-6.9	
	Sh2	0.0	-	-5.0	(A2)	-5.0		
P20	Sh1	0.0	-	0.0	-	0.0	-2.3	
	Sh2	0.0	-	0.0	-	0.0		
P21	Sh1	-5.0	(A1)	-10.0	(A1)	-5.0	-2.3	
	Sh2	-5.0	(A1)	-10.0	(A1)	-5.0		
P22	Sh1	-5.0	(A1)	-10.0	(A1)	-5.0	-6.9	
	Sh2	-5.0	(A1)	-10.0	(A1)	-5.0		
P23	Sh1	-5.0	(A1)	-15.0	(A1)	-10.0	-11.5	
	Sh2	-5.0	(A1)	-15.0	(A1)	-10.0		
P24	Sh1	10.0	(A2)	0.0	-	-10.0	-16.1	
	Sh2	10.0	(A2)	0.0	-	-10.0		
P25	Sh1	10.0	(A2)	-5.0	(A1)	-15.0	-20.7	
	Sh2	10.0	(A2)	-5.0	(A1)	-15.0		
A2	Sh1	20.0	(A2)	0.0	-	-20.0	-25.3	
	Sh2	20.0	(A2)	0.0	-	-20.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 교량받침의 가동여유량을 검토한 결과, 설계기준온도에 따른 하절기 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 받침장치 모두 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.2.12】 교량받침 이동량 산정(대구)

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	370	-106.6	41.4	-	-106.6	41.4
P1	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	330	-95	37	-	-95	37
P2	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	280	-80.6	31.4	-	-80.6	31.4
P3	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	230	-66.2	25.8	-	-66.2	25.8
P4	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	180	-51.8	20.2	-	-51.8	20.2
P5	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	130	-37.4	14.6	-	-37.4	14.6
P6	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	80	-23	9	-	-23	9
P7	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	30	-8.6	3.4	-	-8.6	3.4

1) 조사당시 온도 : 23.8℃(조사일 : 2015년 8월 28일, 평균온도, 지점 : 밀양)

2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)

3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3.2.12】 교량받침 이동량 산정(대구, 계속)

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}\text{C}$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
P8	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	20	-5.8	2.2	-	-5.8	2.2
P9	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	70	-20.2	7.8	-	-20.2	7.8
P10	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	120	-34.6	13.4	-	-34.6	13.4
P11	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	170	-49	19.0	-	-49	19.0
P12	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	220	-63.4	24.6	-	-63.4	24.6
P13	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	270	-77.8	30.2	-	-77.8	30.2
P14	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	320	-92.2	35.8	-	-92.2	35.8
P15(A1측)	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	370	-106.6	41.4	-	-106.6	41.4
P15(A2측)	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	275	-79.2	30.8	-	-79.2	30.8
P16	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	225	-64.8	25.2	-	-64.8	25.2
P17	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	175	-50.4	19.6	-	-50.4	19.6
P18	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	125	-36	14.0	-	-36	14.0
P19	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	75	-21.6	8.4	-	-21.6	8.4
P20	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	25	-7.2	2.8	-	-7.2	2.8
P21	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	25	-7.2	2.8	-	-7.2	2.8
P22	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	75	-21.6	8.4	-	-21.6	8.4
P23	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	125	-36	14.0	-	-36	14.0
P24	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	175	-50.4	19.6	-	-50.4	19.6
P25	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	225	-64.8	25.2	-	-64.8	25.2
A2	-28.8 $^{\circ}\text{C}$	11.2 $^{\circ}\text{C}$	1×10^{-5}	275	-79.2	30.8	-	-79.2	30.8
1) 조사당시 온도 : 23.8 $^{\circ}\text{C}$ (조사일 : 2015년 8월 28일, 평균온도, 지점 : 밀양) 2) 검토온도 : -5 $^{\circ}\text{C}$ ~ 35 $^{\circ}\text{C}$ (보통지방) 3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)									

【표 3.2.13】 교량받침 이동량 검토결과(대구)

구 분		점검당시 실측이동량(mm)		최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		허용이동량 (mm)	검토 결과
				최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	0.0	-	-106.6	41.4	-126.0	126.0	± 126	O.K
	Sh2	0.0	-			-126.0	126.0	± 126	O.K
P1	Sh1	-20.0	(A2)	-95.0	37.0	-100.0	140.0	± 120	O.K
	Sh2	-20.0	(A2)			-100.0	140.0	± 120	O.K
P2	Sh1	-15.0	(A2)	-80.6	31.4	-105.0	135.0	± 120	O.K
	Sh2	-15.0	(A2)			-105.0	135.0	± 120	O.K
P3	Sh1	15.0	(A1)	-66.2	25.8	-135.0	105.0	± 120	O.K
	Sh2	15.0	(A1)			-135.0	105.0	± 120	O.K
P4	Sh1	10.0	(A1)	-51.8	20.2	-110.0	90.0	± 100	O.K
	Sh2	10.0	(A1)			-110.0	90.0	± 100	O.K
P5	Sh1	-40.0	(A2)	-37.4	14.6	-60.0	140.0	± 100	O.K
	Sh2	-40.0	(A2)			-60.0	140.0	± 100	O.K
P6	Sh1	-30.0	(A2)	-23.0	9.0	-70.0	130.0	± 100	O.K
	Sh2	-30.0	(A2)			-70.0	130.0	± 100	O.K
P7	Sh1	0.0	-	-5.8	2.2	-100.0	100.0	± 100	O.K
	Sh2	0.0	-			-100.0	100.0	± 100	O.K
P8	Sh1	-10.0	(A1)	-5.8	2.2	-90.0	110.0	± 100	O.K
	Sh2	-10.0	(A1)			-90.0	110.0	± 100	O.K
P9	Sh1	-10.0	(A1)	-20.2	7.8	-90.0	110.0	± 100	O.K
	Sh2	-10.0	(A1)			-90.0	110.0	± 100	O.K
P10	Sh1	-30.0	(A1)	-34.6	13.4	-70.0	130.0	± 100	O.K
	Sh2	-30.0	(A1)			-70.0	130.0	± 100	O.K
P11	Sh1	15.0	(A2)	-49.0	19.0	-115.0	85.0	± 100	O.K
	Sh2	15.0	(A2)			-115.0	85.0	± 100	O.K
P12	Sh1	15.0	(A2)	-63.4	24.6	-135.0	105.0	± 120	O.K
	Sh2	15.0	(A2)			-135.0	105.0	± 120	O.K
P13	Sh1	15.0	(A2)	-77.8	30.2	-135.0	105.0	± 120	O.K
	Sh2	15.0	(A2)			-135.0	105.0	± 120	O.K
P14	Sh1	20.0	(A2)	-92.2	35.8	-140.0	100.0	± 120	O.K
	Sh2	20.0	(A2)			-140.0	100.0	± 120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.2.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(대구, 계속)

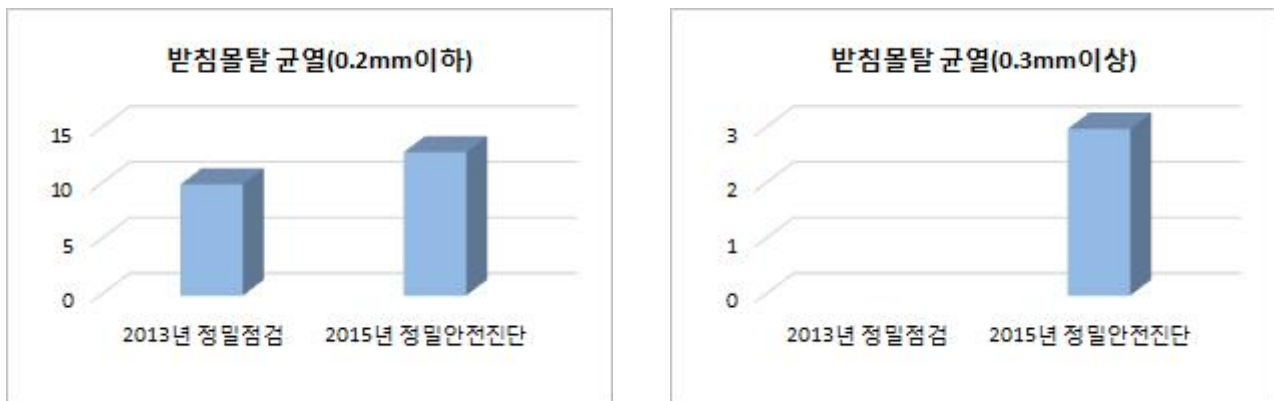
구 분		점검당시 실측이동량(mm)		최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		허용이동량 (mm)	검토 결과
				최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P15	Sh1	-10.0	(A1)	-106.6	41.4	-116.0	136.0	±126	O.K
	Sh2	-10.0	(A1)			-116.0	136.0	±126	O.K
	Sh3	-5.0	(A2)	-79.2	30.8	-121.0	131.0	±126	O.K
	Sh4	-5.0	(A2)			-121.0	131.0	±126	O.K
P16	Sh1	0.0	-	-64.8	25.2	-120.0	120.0	±120	O.K
	Sh2	0.0	-			-120.0	120.0	±120	O.K
P17	Sh1	10.0	(A1)	-50.4	19.6	-110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10.0	(A1)			-110.0	90.0	±100	O.K
P18	Sh1	-12.0	(A2)	-36.0	14.0	-88.0	112.0	±100	O.K
	Sh2	-12.0	(A2)			-88.0	112.0	±100	O.K
P19	Sh1	0.0	-	-21.6	8.4	-100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0.0	-			-100.0	100.0	±100	O.K
P20	Sh1	0.0	-	-7.2	2.8	-100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0.0	-			-100.0	100.0	±100	O.K
P21	Sh1	-5.0	(A1)	-7.2	2.8	-95.0	105.0	±100	O.K
	Sh2	-5.0	(A1)			-95.0	105.0	±100	O.K
P22	Sh1	-5.0	(A1)	-21.6	8.4	-95.0	105.0	±100	O.K
	Sh2	-5.0	(A1)			-95.0	105.0	±100	O.K
P23	Sh1	-5.0	(A1)	-36.0	14.0	-95.0	105.0	±100	O.K
	Sh2	-5.0	(A1)			-95.0	105.0	±100	O.K
P24	Sh1	10.0	(A2)	-50.4	19.6	-110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10.0	(A2)			-110.0	90.0	±100	O.K
P25	Sh1	10.0	(A2)	-64.8	25.2	-130.0	110.0	±120	O.K
	Sh2	10.0	(A2)			-130.0	110.0	±120	O.K
A2	Sh1	20.0	(A2)	-79.2	30.8	-146.0	106.0	±126	O.K
	Sh2	20.0	(A2)			-146.0	106.0	±126	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K									

마. 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교량받침부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 받침물탈 균열이 다소 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.2.14】 교량받침 기 점검 결과 비교(대구)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
받침물탈 균열(0.2mm이하)	10.0m	12.9m	
받침물탈 균열(0.3mm이상)	-	3.0m	



【그림 3.2.7】 교량받침 기 점검 결과 비교(대구)

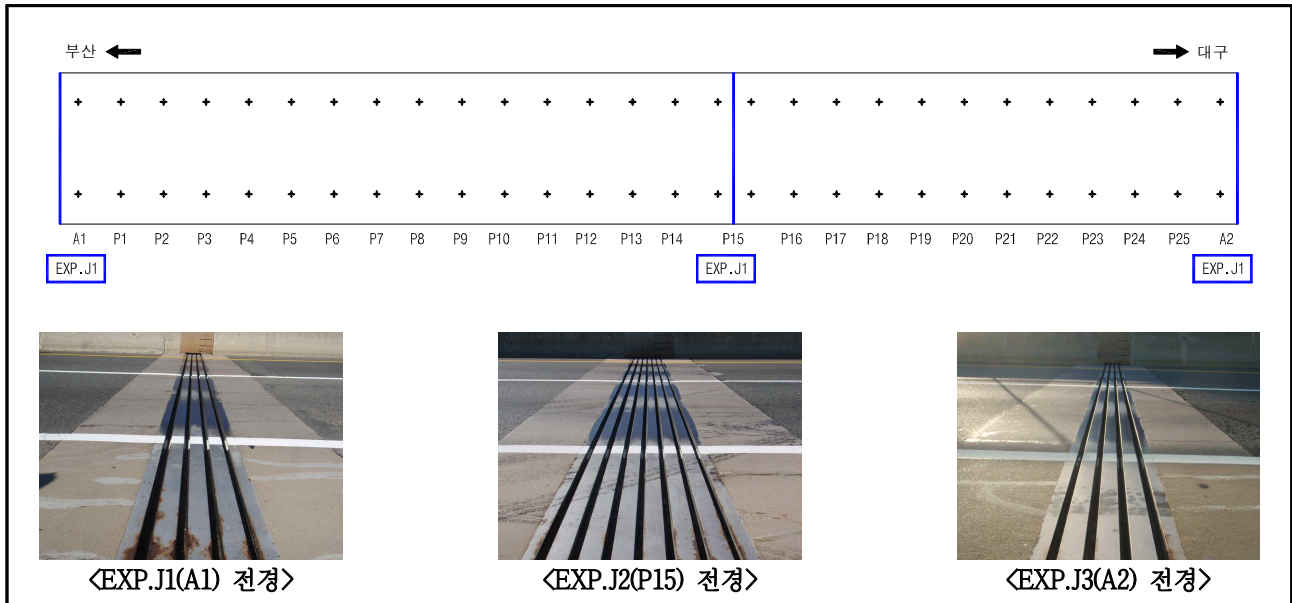
바. 검토의견

- 받침장치Plate 도장박리/녹발생, 볼트/와셔 녹발생은 공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요하며, 고무재 들뜸 손상은 받침장치 보호를 위한 피복 고무재의 들뜸으로 받침 기능발휘에는 영향이 없어 주의관찰이 바람직하다.
- 받침 물탈 균열은 온도 및 건조수축에 의한 균열로 내구성 확보를 위해 0.3mm 이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리가 바람직하며, 물탈 박리, 박락 및 파손은 외적 요인에 의한 모서리부 손상으로 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하다.

3.2.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 신축이음장치는 11경간, 15경간경간 연속교로 A1, P15, A2에 설치되어 있으며 전 개소에 Rail Joint가 시공되어져 있다.



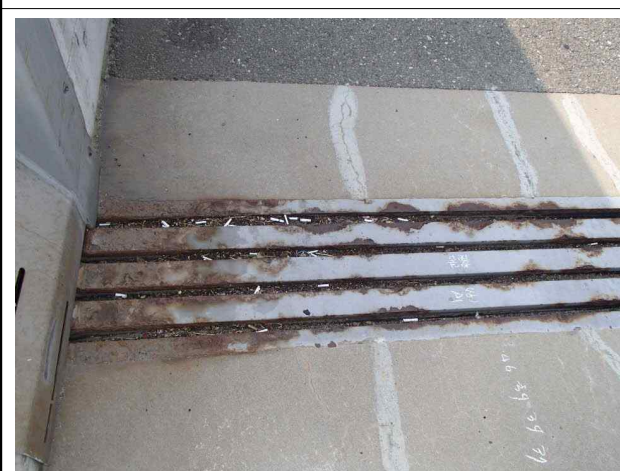
【그림 3.2.8】 신축이음장치 전경 및 배치도(대구)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 신축거동은 원활하나, 신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적, 차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림, 후타재 균열 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.2.15】 신축이음장치 외관조사 결과(대구)

위 치	구 분	손상내용	비고
A1	Rail Joint (No.320)	■ 신축이음 본체 녹발생(L=1.0m) ■ 신축이음 본체 유간부 토사퇴적(L=2.0m) ■ 차수판 앵커볼트 탈락(2개소) ■ 차수판 앵커볼트 풀림(7개소) ■ 후타재 균열(0.2mm이하, L=11.4m)	
P15	Rail Joint (No.560)	■ 신축이음 본체 녹발생(L=0.15m) ■ 신축이음 본체 유간부 토사퇴적(L=2.0m) ■ 차수판 앵커볼트 탈락(7개소) ■ 후타재 균열(0.2mm이하, L=2.4m)	
A2	Rail Joint (No.320)	■ 신축이음 본체 녹발생(L=1.8m) ■ 신축이음 본체 유간부 토사퇴적(L=2.0m) ■ 신축이음 하부 볼트 탈락(15개소) ■ 차수판 앵커볼트 탈락(3개소) ■ 차수판 앵커볼트 풀림(2개소) ■ 후타재 균열(0.2mm이하, L=16.8m)	

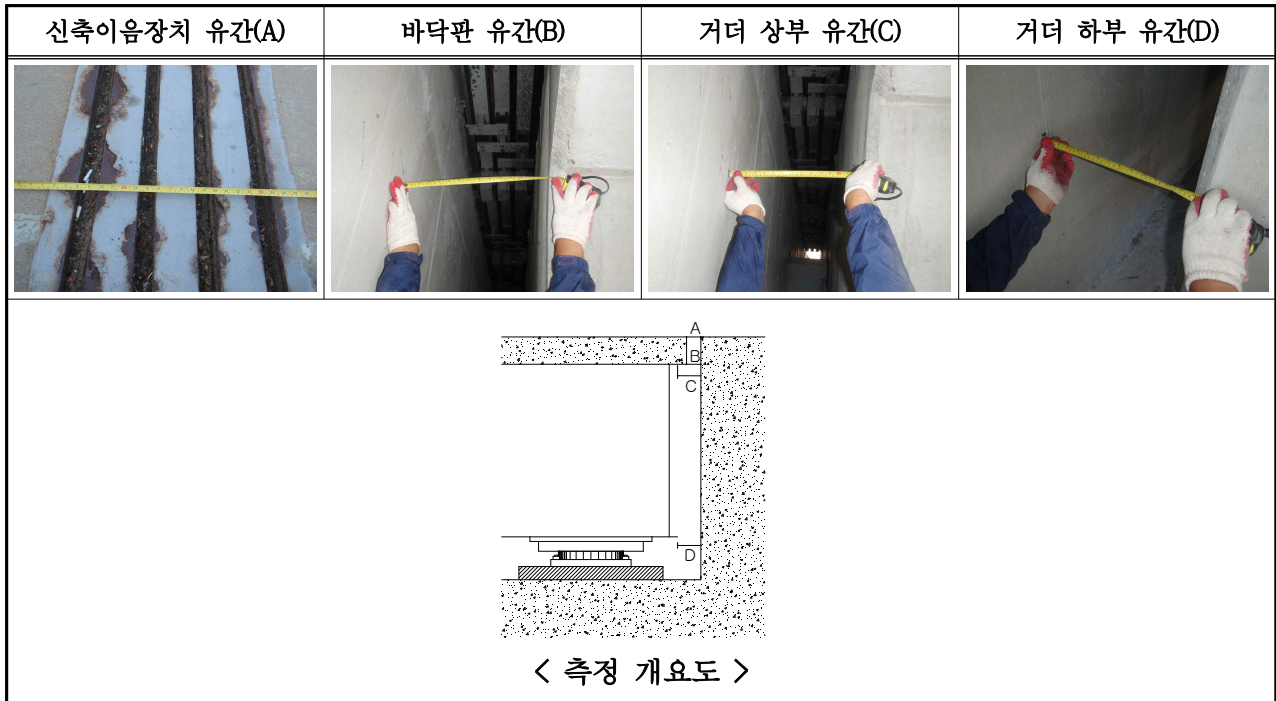
	
0.2mm 후타재 균열(A1)	유간부 토사퇴적(P15)
	
본체 녹발생(A1)	차수판 앵커볼트 풀립/탈락(P15)

【사진 3.2.12】 신축이음장치 손상현황(대구)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차 : 23.8℃(8월28일), 2차 : 15.8℃(10월23일)에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.



【사진 3.2.13】 신축이음 유간 측정방법(대구)

【표 3.2.16】 신축이음 유간 측정결과(대구)

측정위치	측 정 값(mm)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	145	170	355	375	355	375	325	345	Rail Joint(No.320)
EXP.J2(P15)	265	300	640	670	620	650	585	610	Rail Joint(No.560)
EXP.J3(A2)	140	160	385	400	385	400	370	385	Rail Joint(No.320)

- 8월(23.8℃)과 10월(15.8℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 교량의 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.2.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(대구)

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	145.0	170.0	-25.0	-29.6	
	바닥판 단부	355.0	375.0	-20.0		
EXP.J2(P15)	신축이음장치	265.0	300.0	-35.0	-51.6	
	바닥판 단부	640.0	670.0	-30.0		
EXP.J3(A2)	신축이음장치	140.0	160.0	-20.0	-22.0	
	바닥판 단부	385.0	400.0	-15.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 금회 신축이음 유간을 검토한 결과, 신축이음 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

【표 3.2.18】 신축이음 신축이동량 산정(대구)

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	370	-106.6	41.4	6.5	-113.1	41.4
EXP.J2 (P15)	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	645	-185.8	72.2	6.5	-192.3	72.2
EXP.J3 (A2)	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	275	-79.2	30.8	6.5	-85.7	30.8

1) 조사당시 온도 : 23.8℃(조사일 : 2015년 8월 28일, 평균온도, 지점 : 밀양)
 2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
 3) 활하중에 의한 거더의 처짐 이동량 : 신축장 100m 이상인 경우 동절기 최대 수축시 적용(도로설계요령, 2009)
 4) (+)값 신장량, (-)값 수축량

【표 3.2.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(대구)

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④+(①-③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	-113.1	41.4	145	320	61.9	103.6	O.K
	바닥판 단부	-113.1	41.4	355	320		313.6	O.K
EXP.J2 (P15)	신축이음장치	-192.3	72.2	265	560	102.7	192.8	O.K
	바닥판 단부	-192.3	72.2	640	560		567.8	O.K
EXP.J3 (A2)	신축이음장치	-85.7	30.8	140	320	94.3	109.2	O.K
	바닥판 단부	-85.7	30.8	385	320		354.2	O.K

주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$

마. 검토 결과

- 본체 녹발생은 차도 외측부의 신축이음장치 본체에 외부 환경적 요인에 의해 발생된 손상 으로 내구성 확보를 위해 도장 실시가 바람직하며, 유간부 토사퇴적은 신축거더 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직하다.
- 차수관은 방호벽의 신축이음 유간부를 통해 교량 하부로 우수가 유입되는 것을 방지하기 위해 설치하는 시설물로 점검시 지속적인 바람 및 차량진동, 시공미흡에 의해 앵커볼트 탈

락 및 풀림이 조사되어 차수판의 건전성 확보를 위해 보수가 바람직하다.

- 후타재에 발생된 0.2mm이하 균열은 급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생된 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며 향후, 손상 확대시 보수가 필요하다.
- Rail Joint 유간조절장치 고정을 위한 볼트가 탈락된 것으로 조사되었으나, 신축이음장치의 기능발휘에는 문제가 없고 차량하중에 의한 신축이음장치의 변형 등으로 볼트체결이 어려워 주위관찰이 바람직하다.

3.2.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 총 2차로로 이루어져 있고 외측에 폭 3.0m의 갓길이 위치하고 있다.



교면포장 전경

【사진 3.2.14】 교면포장 전경(대구)

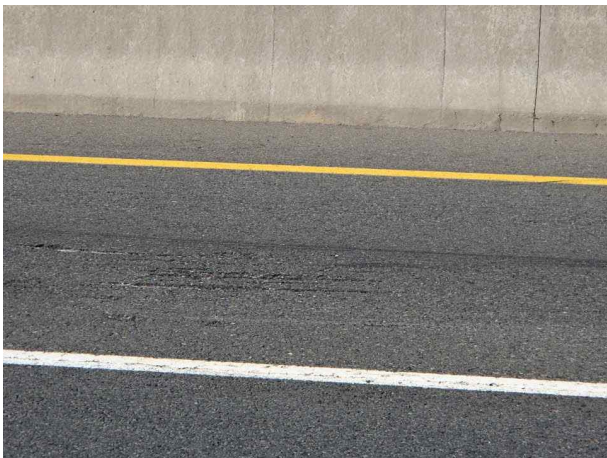
나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 균열, 망상균열, 라벨링, 소성변형, 아스콘 패임, 보수부 포장불량 및 패임, 시공이음 등의 손상이 조사되었다.
- 포장부의 균열, 망상균열, 라벨링, 소성변형, 아스콘 패임은 포장시공시 차량 통행에 따른 제한적 시공여건, 고속도로의 빈번한 중차량 통행, 공용기간 증가에 따른 마모 등 여러 복합적인 원인에 의해 일반적으로 발생하는 손상으로 주행차량의 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았다.

- 보수부 포장불량 및 패임, 시공이음부 손상은 부분보수 및 차선별 포장시 이음부 발생에 따른 손상으로 차량하중에 의해 일부 구간에 손상확대가 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.

【표 3.2.20】 교면포장 외관조사 결과(대구)

구 분	라벨링 (㎡/개소)	아스콘 망상균열 (㎡/개소)	아스콘 균열 (m/개소)	아스콘 패임 (㎡/개소)	소성변형 (㎡/개소)	포장불량 (보수부) (㎡/개소)	포장시공이음 (m/개소)
S1	16.50/1	-	-	0.09/1	-	-	-
S2	15.00/1	-	-	-	-	-	-
S3	12.00/1	-	-	-	-	-	-
S4	25.00/1	-	-	0.21/7	-	0.50/1	-
S5	-	-	-	0.24/3	-	-	44.0/3
S6	-	-	-	-	-	-	100.0/2
S7	-	-	-	-	-	-	100.0/2
S8	-	-	-	-	-	-	100.0/2
S9	-	-	-	-	-	-	100.0/2
S10	-	-	-	-	-	-	100.0/2
S11	-	-	-	0.30/1	-	-	100.0/2
S12	-	-	-	5.30/7	-	-	100.0/2
S13	-	-	-	0.54/3	-	-	36.0/3
S14	-	-	-	3.51/10	-	-	-
S15	70.00/2	-	-	0.12/2	-	-	4.0/1
S16	30.00/1	-	-	0.40/1	-	-	4.0/1
S17	180.00/1	-	-	-	-	-	49.0/2
S18	140.00/2	-	-	5.20/4	-	-	100.0/3
S19	180.00/1	-	-	-	-	1.00/1	83.0/3
S20	-	-	-	-	-	-	118.0/6
S21	228.00/2	-	-	0.08/1	-	-	80.0/4
S22	400.00/2	-	-	-	-	-	-
S23	200.00/1	-	-	-	-	-	-
S24	120.00/1	-	5.0/5	0.09/1	-	-	92.0/4
S25	110.40/1	40.00/1	2.0/2	-	1.00/1	-	-
S26	83.00/2	-	-	0.01/1	-	-	-
합 계	1,809.90/20	40.00/1	7.0/7	16.09/42	1.00/1	1.50/2	1310.0/44

	
ASP 라벨링(S24)	ASP 패임(S12)
	
포장시공이음/패임(S18)	포장시공이음(S4)

【사진 3.2.15】 교면포장 손상현황(대구)

다. 검토 의견

- 본 교량의 교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았으나, 점검시 발생된 손상은 차량하중 작용으로 손상확대가 우려되고, 포장층내 우수 침투로 구조물의 내구성 저하를 유발할 수 있어 패임, 소성변형은 손상 정도가 경미하나, 주행성을 고려하여 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상은 손상확대 여부를 관찰하고 포장 보수 계획 수립 후 적절한 시기에 보수 실시가 바람직하다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 밀양대교(대구)는 도로 및 하천횡단 교량으로 직선구간에 위치하여 우측 캔틸레버에 배수구가 위치하고 있으며, 총 65개소가 설치되어 있다. 배수관의 설치형태는 S1, S2, S15~S26경간은 하부에 도로, 공원이 위치하여 육교용으로 설치되어 있고, 그 외 구간은 하천형으로 설치된 것으로 조사되었다.



【사진 3.2.16】 배수구 및 배수관 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 개소에서 배수관 막힘, 배수관 이음부 누수, 배수관 길이부족 손상이 조사되었다.
- 배수시설에 발생한 손상은 공용증가에 따른 이물질 퇴적, 시공시 설치미흡에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.21】 배수시설 외관조사 결과(대구)

구 분	배수구 막힘(개소)	배수관 이음부 누수(개소)	배수관 길이 부족(m/개소)
S15	1	1	-
S16	-	1	-
S19	-	1	-
P24	-	-	2.5/1
합 계	1	3	2.5/1

	
배수관 막힘(S15, P14측)	배수관 길이 부족(P24)
	
배수관 이음부 누수(S15)	배수관 이음부 누수(S16)

【사진 3.2.17】 배수시설 손상현황

3) 검토 의견

- 배수 시설은 교면의 우수을 원활히 배수처리하여 주행차량의 안전성을 확보하고 구조물의 내구성을 확보하기 위한 시설로 원활한 배수처리가 이루어져야 하나, 배수관 막힘, 이음부 누수는 배수관 이물질 퇴적에 의한 손상으로 배수처리 미흡 및 누수 발생으로 하부구조 열하 등 주변부에 대해 2차 손상 발생 가능성이 있어 배수관 청소가 바람직하며, 배수관 길이 부족은 하부구조의 열화방지를 위해 길이 연장설치가 바람직하다.

나. 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 대상교량은 분리형 교량으로 슬래브 단부 양측에 철근콘크리트 방호벽이 설치되어 있고, S21~S26경간의 교량 외측 방호벽 상단부에 방음벽이 설치되어 있으며, 내측 방호벽 상단부에는 S16~S26경간에 방음벽과 낙하물방지망이 설치되어 있다.



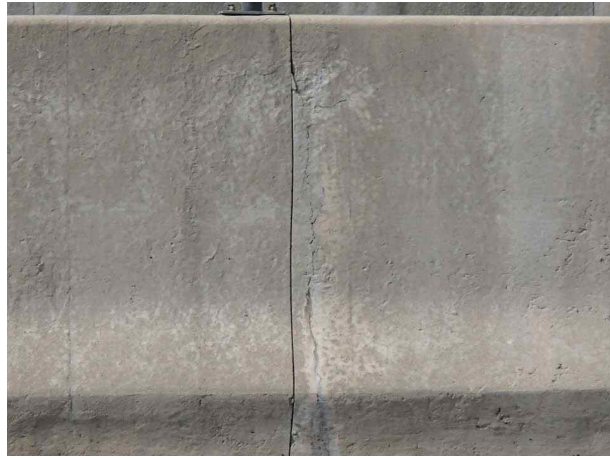
【사진 3.2.18】 방호벽 전경(대구)

2) 외관조사 결과

- 방호벽에 대한 외관조사 결과, 수평 및 수직균열이 다수 조사되었으며, 일부구간에 파손, 표면보수재 박리, 균열부 백태, 방호벽 단차 등이 발생한 것으로 조사되었다.
- 방호벽의 발생균열은 대부분 온도 및 건조수축에 의한 수직균열과 타설시 차량 진동에 의한 표면부 수평 트임 균열로 일부 균열부에 백태가 발생되었으나, 교량의 안전성이 미치는 영향은 없는 상태로 조사되었다.
- 파손, 표면보수재 박리는 차량 충돌, 시공미흡에 의한 손상으로 조사되었고, 방호벽 단차는 접속슬래브와 토공 접속부에 발생한 손상으로 구조물과 토공부의 압축성 차이에 발생한 손상으로 조사되었다.

【표 3.2.22】 방호벽 외관조사 결과(대구)

구 분	균열(0.2mm이하) (m/개소)	균열(0.3mm이상) (m/개소)	균열/백태 (m/개소)	표면보수재 박리(㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	방호벽단차 (개소)
S1	7.3/9	-	-	-	-	-
S2	4.0/2	2.0/1	-	-	-	-
S3	15.5/4	-	-	20.00/1	-	-
S4	26.0/6	-	-	20.00/1	-	-
S5	28.5/5	12.5/1	-	32.00/2	-	-
S6	46.5/3	-	-	-	-	-
S7	36.0/5	5.0/1	-	-	-	-
S8	21.0/6	15.0/1	-	-	-	-
S9	50.5/8	-	-	-	-	-
S10	92.0/4	-	-	-	-	-
S11	65.0/7	-	-	-	-	-
S12	63.0/7	-	-	-	-	-
S13	93.5/10	-	-	-	0.30/1	-
S14	101.0/7	15.0/1	-	-	-	-
S15	150.0/3	-	-	-	-	-
S16	118.0/6	-	-	-	-	-
S17	120.0/4	-	-	-	-	-
S18	7.0/1	-	-	-	-	-
S19	49.5/6	-	-	-	-	-
S20	34.0/3	2.5/1	-	-	-	-
S21	28.0/3	4.0/1	-	-	-	-
S22	3.0/1	-	-	-	-	-
S23	10.2/2	-	-	-	-	-
S24	40.0/4	-	-	-	-	-
S25	15.0/4	-	-	-	-	-
S26	57.0/2	-	1.5/1	-	-	1
합 계	1,281.5/122	56.0/7	1.5/1	72.00/4	0.30/1	1

	
방호벽 수직균열(S20)	방호벽 수평균열(S4)
	
파손(S13)	방호벽 단차(접속슬래브구간)

【사진 3.2.19】 방호벽 손상현황(대구)

3) 검토 의견

- 방호벽은 사고시 차량의 낙하 방지를 위해 설치된 시설물로 기능 및 내구성 확보를 위해 파손 손상은 단면보수를 실시하고, 0.3mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입 보수, 0.2mm이하 균열 및 표면보수재 박리 손상은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 방호벽 단차발생은 공용년수를 고려할 때 손상 진행이 수렴된 것으로 판단되므로 현 상태에 대해 주의관찰하고 향후, 추가 손상 및 손상확대시 대책수립이 바람직하다.

다. 기타 시설(점검로 등)

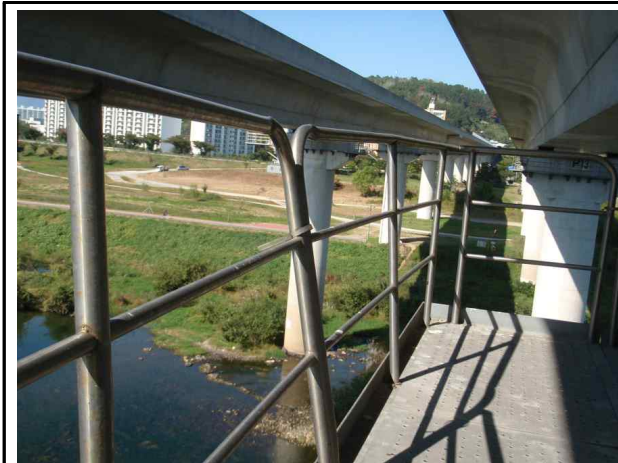
1) 현황 및 외관조사 결과

- 교량 구조물에 이정표지 및 운전자의 안전을 위한 시선유도표지, 방음벽, 낙하물 방지 망, 하부 구조물 점검을 위한 점검사다리 및 점검로가 설치되어 있으며, 기타 시설에 대한 점검 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 텔리네이터 파손 1개소, 방음판 손상, 낙하물방지망 지주 변형(지지부 용접균열), 점검로 난간변형 및 이물질(조

류서식지 및 배설물 등) 퇴적, 시점측 출입문 고정상태 불량 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.2.23】 기타시설 외관조사 결과(대구)

구 분	텔레네이터 파손(개소)	방음판 손상 (㎡/개소)	낙하물방지망 지주변형(개소)	점검로 난간 변형(개소)	점검로 이물질 퇴적(㎡/개소)	시점측 출입문 고정상태 불량
S1	-	-	-	-	-	1
S6	1	-	-	-	-	-
S12	-	-	-	2	-	-
S15	-	-	-	-	2.00/1	-
S17	-	-	1	-	-	-
S22	-	-	-	-	6.00/2	-
S23	-	-	-	-	1.00/1	-
S24	-	-	-	-	2.25/1	-
S26	-	0.04/2	-	-	-	-
합 계	1	0.04/2	1	2	11.25/5	1



점검로 난간지주변형(P12)



시점부 출입문 고정상태 불량



텔레네이터 파손(S13)



낙하물방지망 지주변형(S17, 지지부 용접 균열)

【사진 3.2.20】 기타 시설 손상현황(대구)

2) 검토 의견

- 방호벽의 부착된 시선유도 표지 및 방음판 손상은 공용중 차량 및 작업자에 의한 손상으로 방음판 파손은 경미하여 주의관찰하고, 텔리네이터 파손은 운전자의 시선유도로 사고방지를 위해 재설치가 바람직하다.
- 낙하물방지망은 교량 하부에 철로가 위치하여 고속도로 이용차량의 쓰레기 및 위험물 투척으로부터 안전성을 확보하기 위해 설치한 시설물로 철로의 안전성 확보를 위해 낙하물방지망 변형(지지부 용접 균열) 지주에 대해 재설치가 필요하다.
- 점검로 난간변형 및 이물질 퇴적 손상은 점검자의 안전 및 원활한 점검을 위해 변형부 재설치, 이물질 제거가 바람직하며, 시점부 출입문 고정상태 불량은 출입문 유실가능성이 있고 점검자의 원활한 점검을 위해 교체시공이 바람직하다.

3.3 외관조사 결과(부산방향)

3.3.1 상부구조

가. 부재의 개요

- 밀양대교(부산)의 상부구조는 I.L.M(Incremental Launching Method)가설공법으로 시공된 PSC BOX 거더교로 강선 정착부 균열/파손, 정·부 모멘트 구간의 균열, 강선 배치 구간의 균열/파손 등 구조적 손상 발생여부에 대해 중점점검을 실시하였으며, 그 외 파손, 철근노출, 백태, 시공이음부 누수 등 내구성과 사용성에 영향을 미치는 손상에 대해 점검하였다.
- PSC BOX거더 외부는 근접조사를 위해 교량점검차 및 고소점검차를 이용하여 조사하였으며, 내부는 도보에 의해 외관조사를 실시하였다.



【사진 3.3.1】 PSC BOX 거더 전경(부산)

나. PSC BOX 거더 내부

1) 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 내부에 대한 외관조사 결과 상부 바닥판에 종균열이 다수 발생되었으며, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태, 백태, 이물질 퇴적 손상이 조사되었다.
- 상부 바닥판에 발생한 균열은 0.2mm 이하의 종방향균열로, Seg별 시공에 따른 신·구 콘크리트 재령일 차이에 의한 수축과 구속, 습윤양생후 거푸집 제거시 단면 내부와 외부의 상대습도 차에 의한 내부 구속 등 여러 시공적, 환경적 요인에 의해 복합적으로 발생한 전형적인 균열로 조사되었다.

- 벽체부에 발생된 균열은 대부분 시공이음부, External Tendon Block에서 발생된 0.2mm 이하의 수평 및 경사균열로 Seg별 시공에 따른 신·구 콘크리트 재령일 차이에 의한 수축과 구속, 건조수축에 의해 발생된 균열로 조사되었다.
- 격벽부 균열은 균열폭이 최대 0.3mm 이상으로 조사되었으며, 발생원인은 상자형 박스 완성후 박스내에 massive하게 시공하기 때문에 콘크리트 내부 수화열로 표면부와 온도차에 따른 수축변형에 대한 내부구속, 콘크리트 자체의 건조수축변형에 대한 내부철근의 구속, 복부, 기 시공된 상자형 박스 구조물에 의한 구속 등에 따라 발생된 균열로 대부분 시공초기 발생하여 수렴되는 손상으로 조사되었다.
- 균열부 백태, 백태 손상은 표면부의 경미한 손상으로 우수유입흔적이 조사되지 않고 공용년수를 감안할 때 초기 손상으로 판단되며, 이물질 퇴적 손상은 작업자의 마무리 미흡 및 조류배설물로 조사되었다.

【표 3.3.1】 PSC BOX 거더 내부 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(0.1mm) (m/개소)	균열(0.2mm) (m/개소)	균열/백태 (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	이물질퇴적 (㎡/개소)
S1	154.5/24	60.1/14	-	2.70/2	-	0.01/1
S2	223.0/32	15.8/17	-	3.54/3	-	-
S3	107.2/24	11.1/13	-	6.00/4	-	-
S4	68.4/28	6.0/8	-	1.34/4	-	-
S5	63.8/35	2.4/3	-	0.50/2	-	0.04/1
S6	83.2/24	10.9/9	-	-	0.54/3	-
S7	71.6/17	5.8/7	-	1.88/3	-	-
S8	59.9/15	3.9/6	-	-	-	-
S9	66.9/18	5.9/4	-	0.36/1	-	-
S10	62.9/12	4.9/3	-	-	-	-
S11	19.0/11	2.9/3	-	-	-	-
S12	85.4/17	21.5/14	-	0.80/1	-	-
S13	144.8/31	4.3/4	-	0.80/1	-	-
S14	73.7/17	6.5/5	0.1/1	-	-	-
S15	141.2/17	3.6/6	-	-	-	-
S16	128.1/19	-	-	-	1.60/1	29.20/3
S17	102.8/16	1.5/2	-	-	1.10/1	-
S18	83.4/16	11.1/8	-	-	-	-
S19	95.4/23	4.0/5	-	1.80/1	0.04/1	-
S20	37.0/10	8.8/11	-	1.75/3	-	-
S21	49.4/11	11.1/5	-	-	-	-
S22	41.7/11	0.3/1	-	-	-	-
S23	18.5/16	-	-	-	-	-
S24	12.9/4	4.5/5	-	-	-	2.00/1
S25	3.6/5	7.1/10	-	-	-	-
합 계	1,998.3/453	214.0/163	0.1/1	21.47/25	3.28/6	31.25/6

	
종방향 균열백태(S2, 상부 슬래브)	0.2mm 벽체균열(S3, 시공이음부)
	
0.2mm 격벽 균열(S25, 부산방향)	균열/백태(S14, 벽체)

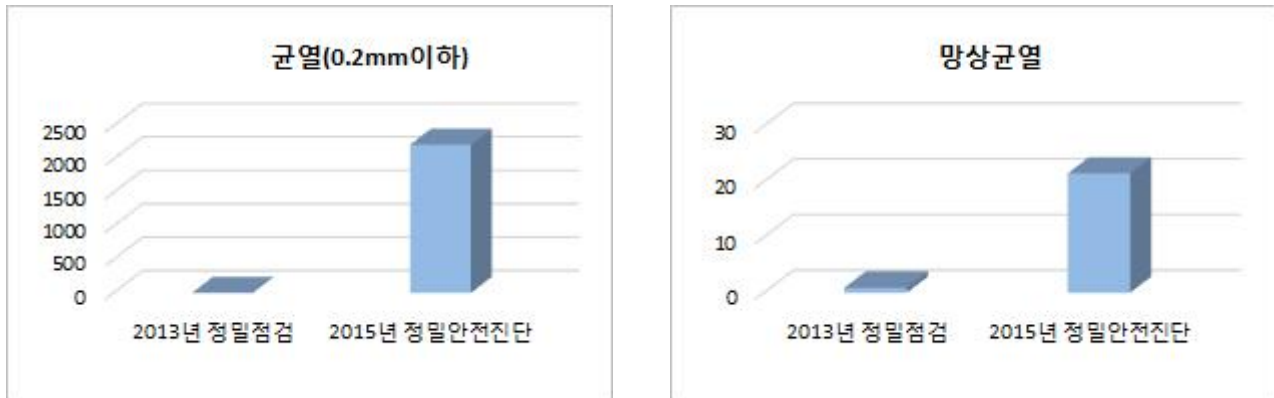
【사진 3.3.2】 PSC BOX 거더 내부 손상현황(부산)

3) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- PSC BOX거더 내부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 금회 정밀육안조사에 의해 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2mm이하의 미세 균열 및 망상균열이 다수 조사되었다.

【표 3.3.2】 PCS BOX 거더 내부 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2mm이하)	0.1m	2,212.3m	
망상균열	0.90㎡	21.47㎡	



【그림 3.3.1】 PSC BOX 거더 내부 기 점검 결과 비교(부산)

3) 검토의견

- 박스 내부의 발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열은 주입 보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 균열/백태, 백태 손상은 공용기간을 고려할 때 발생 정도 및 규모가 경미하며, 초기 발생 손상으로 판단되어 내구성 확보를 위해 균열/백태 손상은 주입보수, 백태 손상은 표면처리를 실시하고 향후, 점검시 손상부에 대한 주기적인 주의관찰이 필요하다.
- 이물질은 원활한 유지관리를 위해 제거 및 청소 실시가 바람직하다.
- PSC BOX 구조물은 작용하중에 대해 강선 긴장력에 의한 저항하는 구조물로 균열 및 기타 손상에 대해 지속적인 주의관찰 및 적절한 유지관리가 이루어져야 할 것이다.

다. PSC BOX 거더 외부

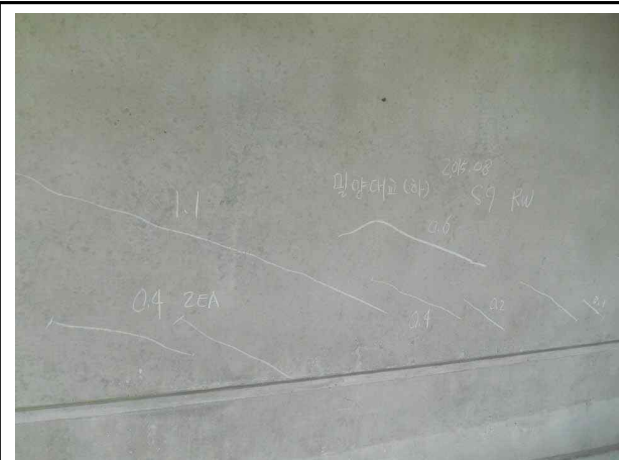
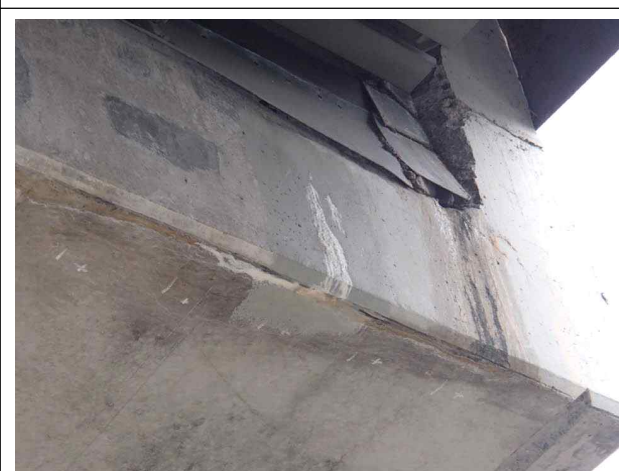
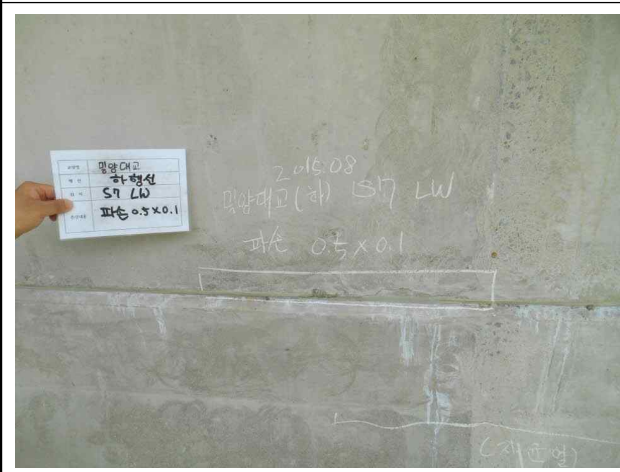
1) 외관조사 결과

- PSC BOX 거더 외부에 대한 외관조사 결과 하부 바닥판에 종균열이 간헐적으로 발생 되었으며, 벽체부에 수평 및 경사균열, 망상균열, 일부 개소에 누수오염, 백태, 보수불량, 파손, 파손/철근노출 등의 손상이 조사되었다.
- 하부 바닥판 균열은 Seg별 시공에 따른 신·구 콘크리트 재령일 차이에 의한 수축과 구속에 의해 발생한 0.2mm이하 균열로 조사되었다.
- 벽체부 균열은 압출시 고정하중, 상부의 작업하중, 압출을 위한 Lift하중, 온도하중 및 건조수축, 크리프 영향 등에 영향을 받고 압출과정에서 교각 지점부 통과로 정·부 모멘트 교차 발생, Seg별 시공에 따른 신·구 콘크리트 재령일 차이에 의한 수축과 구속 등 다수의 균열 발생 인자로 인해 시공중에 발생되어 시공완료 후 수렴되는 손상 으로 조사되었다.

- 누수오염, 백태 손상은 신축이음 단부측, 시공이음부 손상으로 점검시 백태 발생부에 누수흔적이 조사되지 않고 손상정도가 경미하여 시공초기 발생된 것으로 조사되었으며, 누수오염은 신축이음 단부 마감부를 통해 경미하게 누수가 발생되고 있는 것으로 조사되었다.
- 파손은 슬래브 및 벽체 접속부의 경미한 표면손상으로 압출시 발생된 것으로 판단되며, 파손/철근노출은 신축이음 설치를 위해 콘크리트 파취 후 마감불량에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.3.3】 PSC BOX 거더 외부 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(0.1mm) (m/개소)	균열(0.2mm) (m/개소)	망상균열 (㎡/개소)	백태/누수오염 (㎡/개소)	파손 (㎡/개소)	파손/철근노출 (㎡/개소)	유도배수관 길이부족 (개소)
S1	12.2/10	-	-	-	-	-	1
S2	-	-	-	-	-	-	-
S3	9.8/14	-	-	-	0.04/1	-	-
S4	11.6/8	-	-	-	-	-	-
S5	24.4/25	2.7/2	-	-	-	-	-
S6	13.2/15	2.5/1	-	-	-	-	-
S7	22.1/27	4.0/2	-	-	0.05/1	-	-
S8	10.0/19	0.5/1	-	-	-	-	-
S9	46.5/45	0.2/1	-	-	-	-	-
S10	12.2/16	0.6/1	-	-	-	-	-
S11	27.8/19	-	-	0.05/1	-	-	-
S12	88.7/50	-	-	-	-	-	-
S13	63.9/37	3.8/2	-	0.20/1	-	-	-
S14	63.2/37	-	3.00/1	-	-	-	-
S15	59.3/35	4.0/3	-	-	-	3.75/1	1
S16	109.4/51	3.0/2	0.72/1	3.17/3	-	-	-
S17	80.2/23	0.8/1	14.00/3	0.30/1	-	-	-
S18	45.9/23	-	1.20/1	-	-	-	-
S19	34.1/16	3.0/2	6.48/2	-	-	-	-
S20	3.9/6	2.0/2	-	-	-	-	-
S21	17.0/21	1.8/3	-	0.24/1	-	-	-
S22	6.3/9	0.4/1	-	-	-	-	-
S23	-	-	-	-	-	-	-
S24	7.9/15	1.0/2	-	-	-	-	-
S25	4.4/8	0.5/1	-	-	-	-	-
합 계	774.0/529	30.8/27	25.40/8	3.96/7	0.09/2	3.75/1	2

	
0.1mm 균열(S16, 하부슬래브)	0.1mm 균열(S19, 벽체)
	
백태(S3, 벽체 시공이음부)	누수흔적, 백태(S16, 신축이음 하단)
	
파손(S7, 바닥판 및 벽체 접속부)	파손/철근노출(S15, 신축이음부)

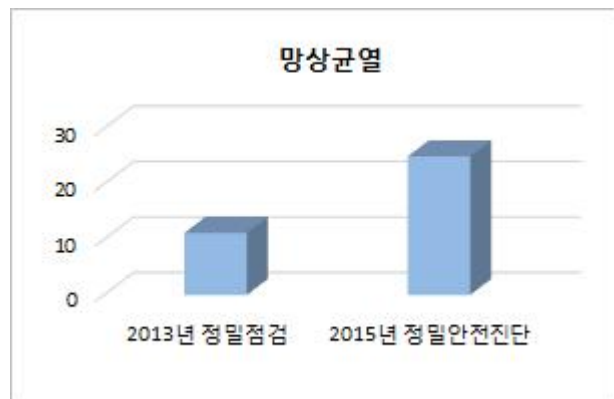
【사진 3.3.3】PSC BOX 거더 외부 손상현황(부산)

2) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- PSC BOX거더 외부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2mm이하의 미세균열 및 망상균열이 다수 조사되었으며, 이는 금회 진단시 점검장비 등을 이용한 근접조사에 의해 추가로 조사된 것으로 판단된다.

【표 3.3.4】 PSC BOX 거더 외부 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2mm이하)	6.5m	804.8m	
망상균열	11.20㎡	25.40㎡	



【그림 3.3.2】 PSC BOX 거더 외부 기 점검 결과 비교(부산)

3) 검토의견

- 박스 외부의 발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열 및 균열 부 백태 손상은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 백태손상은 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하다.
- 누수흔적은 신축이음 방호벽 단부측 누수에 의한 손상으로 향후, 신축이음장치 교체시 방호벽측 단부 마감에 대해 정밀 시공이 필요하며, 백태는 시공초기 손상으로 판단되므로 표면처리 후 주의관찰이 필요하다.
- 파손, 파손/철근노출은 공용중 손상확대가 우려되므로 손상확대 방지를 위해 단면보수가 바람직하다.
- PSC BOX 구조물은 작용하중에 대해 강선 긴장력에 의한 저항하는 구조물로 균열 및 기타 손상에 대해 지속적인 주의관찰 및 적절한 유지관리가 이루어져야 할 것이다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

1) 부재의 개요

- 밀양대교(부산)의 교대 형식은 역T형이며, 기초는 A1은 현장타설말뚝, A2는 직접기초로 시공되어져 있고, 교대에 대한 외관조사는 도보로 근접하여 조사를 실시하였다.



【사진 3.3.4】 교대 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 교대의 외관조사 결과, 균열, 체수 흔적, 배수측구균열, 법면보호블럭 침하, 파손, 통로BOX 백태 등의 손상이 조사되었다.
- 발생균열은 교좌면, 벽체에 발생된 0.2mm이하의 수직균열로 온도 및 건조수축에 의한 비구조적 균열로 판단되며, 침하 및 지지력 부족에 의한 전단면 균열은 조사되지 않았다.
- 교좌면 체수 흔적은 교좌면 단부측 손상으로 방호벽측 신축이음 단부의 마감불량에 의해 발생된 것으로 조사되었고, 배수측구 균열, 법면보호블럭 침하는 다짐한계에 따른 지반침하 손상으로 조사되었다.
- 파손 손상은 신축이음 설치를 위해 교대 흉벽 상단 콘크리트 파취 후 마무리 시공미흡에 의한 손상으로 조사되었다.
- 통로BOX의 백태 손상은 출입구 및 이음부 누수에 의한 손상으로 조사되었다.

【표 3.3.5】 교대 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(m/개소) (0.2mm이하)	파손 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	체수흔적 (㎡/개소)	법면보호블럭 침하(㎡/개소)	배수측구 균열 (m/개소)
A1	7.3/8	2.58/1	0.60/1	2.00/1	-	0.6/1
A2	1.0/1	-	-	-	9.11/2	-
합 계	8.3/9	2.58/1	0.60/1	2.00/1	9.11/2	0.6/1

※ PSC BOX거더 출입 통로BOX 포함

	
0.2mm 균열(A1 벽체)	교좌면 체수 흔적(A1 교좌면)
	
법면보호블럭 침하(A2 교대 전면부)	파손(A1 홍벽 상단 신축이음부)

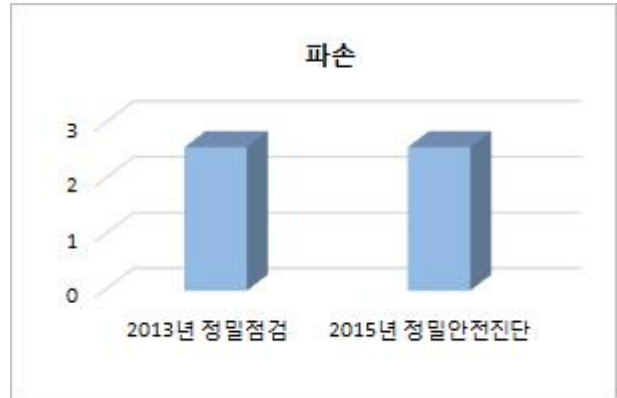
【사진 3.3.5】 교대 손상현황(부산)

3) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 시 조사된 균열에 대해 일부 보수가 이루어졌으나 균열이 다소 증가된 것으로 조사되었으며, 기타 손상의 추가발생은 전반적으로 경미한 상태이다.

【표 3.3.6】 교대 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2mm이하)	7.3m	8.3m	
파손	2.58㎡	2.58㎡	



【그림 3.3.3】 교대 기 점검 결과 비교(부산)

4) 검토의견

- 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하며, 체수 흔적은 방호벽측 신축이음 단부의 마감불량에 의한 손상으로 향후 신축이음 교체시 하부로의 누수 방지를 위해 단부 마감에 대한 정밀 시공이 필요하다.
- 법면보호블럭 침하 및 배수측구 균열은 우수 유입 방지를 위해 침하부 채움 및 측구 균열부 보수 실시가 바람직하고, 파손 손상은 점검시 파손으로 인한 추가 손상은 조사되지 않았으나, 장기 공용에 따른 손상확대 우려가 있어 단면보수 마감 실시가 바람직하다.
- 통로BOX 백테 손상은 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하다.

나. 교각

1) 부재의 개요

- 밀양대교(부산)의 교각 형식은 T형이며, 기초는 P24는 직접기초 그 외 교각은 현장타설말뚝기초로 시공되어 있고, 교각에 대한 외관조사는 도보 및 교량점검차를 이용하여 근접 조사를 실시하였다.
- 본 교량은 밀양강을 횡단하는 교량으로 교각 P2~P13이 하천상에 위치하고 있으며, 갈수기로 인해 P11~P13만이 수중부에 위치하고 있으나, 수심이 0.10~1.40m로 근접 확인 조사가 가능하여 장화를 착용하고 도보로 하상부 및 교각부를 점검하였다.



【사진 3.3.6】 교각 전경(부산)

2) 외관조사 결과

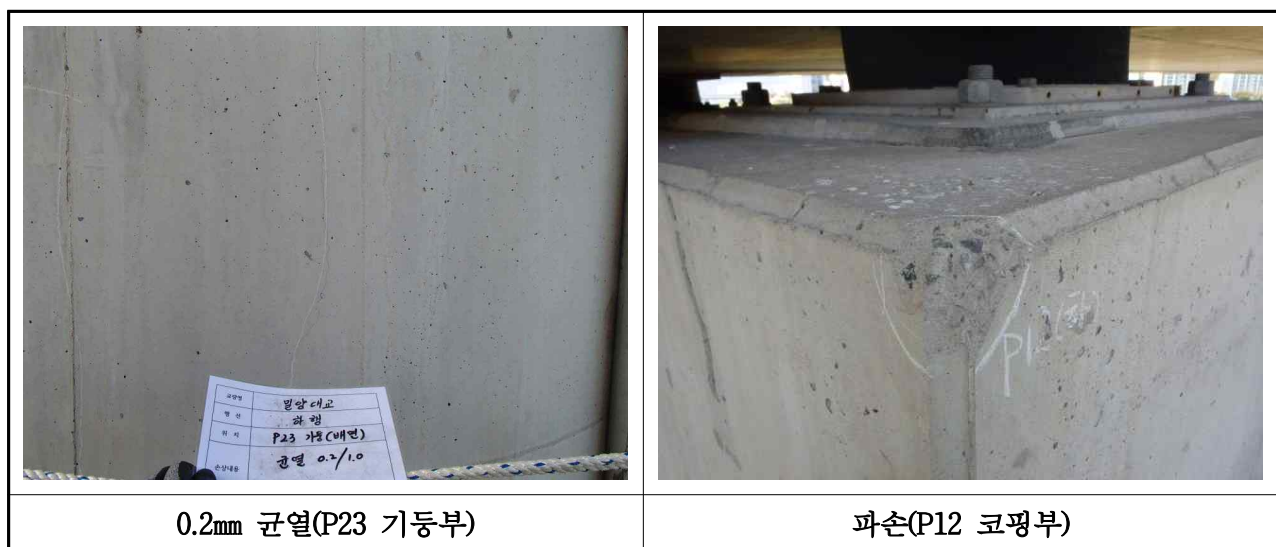
- 교각에 대한 외관조사 결과 망상균열, 균열, 파손, 박락, 백태, 그을음 등의 손상이 조사되었다.
- 발생균열은 대부분 코핑부, 기둥부에 발생된 0.2mm이하의 수직 및 망상균열로 균열 폭, 균열 형태 및 위치 등을 고려 할 때 온도 및 건조수축에 의해 발생된 비구조적 균열로 판단된다.
- 파손은 코핑부(P12)와 기둥부(P14)의 손상으로 외부충격에 의해 발생된 것으로 조사되었으며, 박락(P24)은 기둥하단부의 표면부 손상으로 조사되었다.
- 백태(P11)는 우수유입 가능성이 없어 시공초기 발생된 손상으로 조사되었으며, 그을음은 쓰레기 소각에 의한 손상으로 조사되었으나, 그을음부의 균열, 박락 등의 추가 손상은 조사되지 않았다.

【표 3.3.7】 교각 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(m/개소) (0.2mm이하)	망상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	박락, 파손 (㎡/개소)	그을음 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)
P1	9.8/13	8.86/3	-	-	-	-
P2	5.5/4	-	-	-	-	-
P3	5.2/4	-	-	-	-	-
P4	3.7/2	39.84/6	-	-	-	-
P5	15.1/14	10.25/4	-	-	-	-

【표 3.3.7】 교각 외관조사 결과(부산, 계속)

구 분	균열(m/개소) (0.2mm이하)	땅상균열 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	박락, 파손 (㎡/개소)	그을음 (㎡/개소)	이물질 퇴적 (㎡/개소)
P6	48.3/23	-	-	-	-	-
P7	19.5/11	-	-	-	-	-
P8	31.5/22	19.60/3	-	-	-	-
P9	1.5/2	-	-	-	-	-
P10	26.4/26	1.44/1	-	-	1.05/1	-
P11	23.2/10	43.20/4	0.06/2	-	-	-
P12	28.2/13	-	-	0.02/1	-	-
P13	7.1/8	4.80/2	-	-	-	-
P14	48.6/37	4.44/2	-	0.02/1	-	-
P15	27.8/19	32.56/8	-	-	-	8.00/1
P16	63.3/38	2.04/2	-	-	-	-
P17	32.4/27	35.12/5	-	-	-	-
P18	30.0/25	3.75/1	-	-	-	-
P19	64.2/46	1.00/1	-	-	-	-
P20	42.3/25	14.40/6	-	-	-	-
P21	27.9/30	-	-	-	-	-
P22	15.1/16	-	-	-	-	-
P23	34.9/31	3.60/1	-	-	-	-
P24	27.6/21	-	-	0.10/5	-	-
합 계	639.1/467	224.90/49	0.06/2	0.14/7	1.05/1	8.00/1



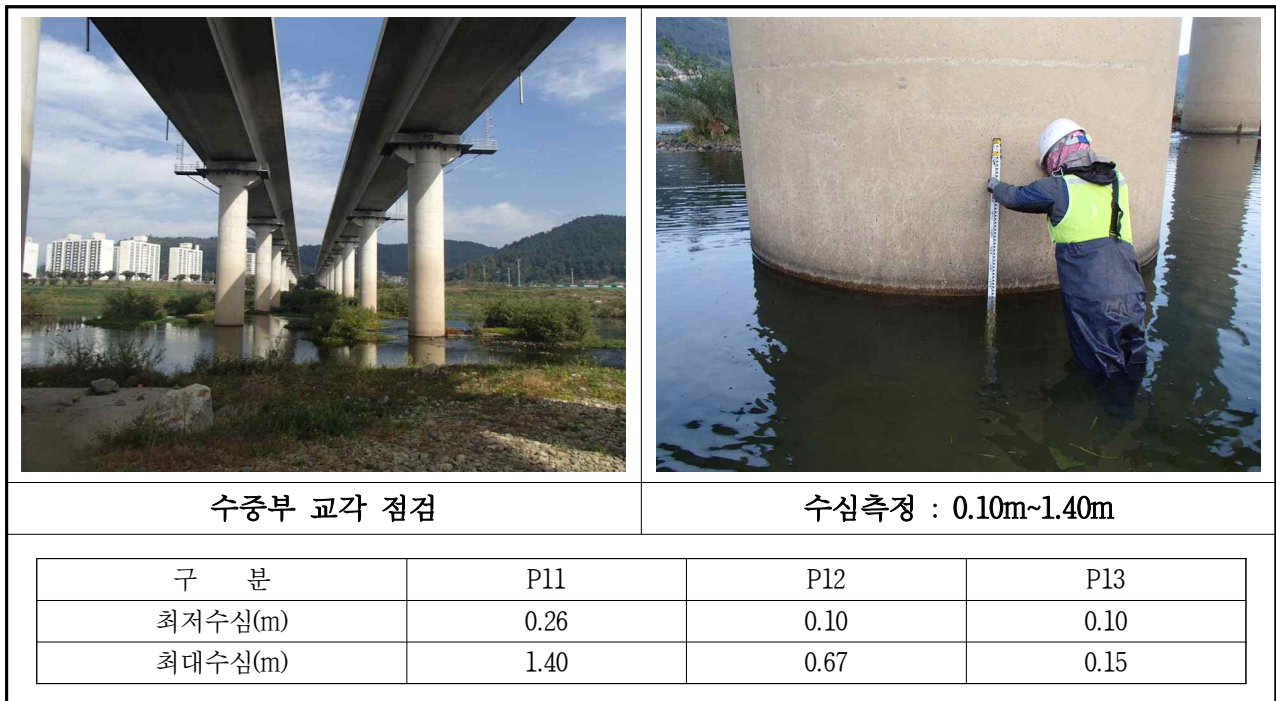
【사진 3.3.7】 교각 손상현황(부산)



【사진 3.3.7】 교각 손상현황(부산, 계속)

3) 수중부 교각 점검

- 밀양대교(부산)는 밀양강을 횡단하는 교량으로 교각 P2~P13이 하천상에 위치하고 있으나 점검시 갈수기로 P11~P13만이 수중부에 위치하고 수중부 최대 수심이 1.40m 이하로 장화를 이용하여 도보 점검을 실시하였다.
- 수중부 교각의 외관상태는 유수에 의한 침식 및 파손이 발생되지 않은 양호한 상태이며, 교각 주변은 세굴방지용 사석채움 시공으로 하상 상태는 양호한 것으로 조사되었다.



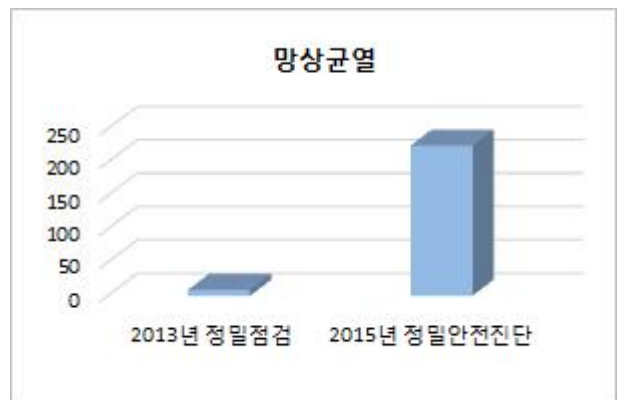
【사진 3.3.8】 교각 수중부 조사 현황(부산)

4) 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 기 점검 시 조사된 균열에 대해 일부 보수가 이루어졌으나, 금회 진단시 점검장비 등을 이용한 근접조사에 의해 시공초기 발생된 것으로 판단되는 0.2mm이하 균열 및 망상균열 등의 손상이 추가로 조사되었다.

【표 3.3.8】 교각 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
균열(0.2mm이하)	379.3m	639.1m	
망상균열	8.68㎡	224.9㎡	



【그림 3.3.4】 교각 기 점검결과 비교(부산)

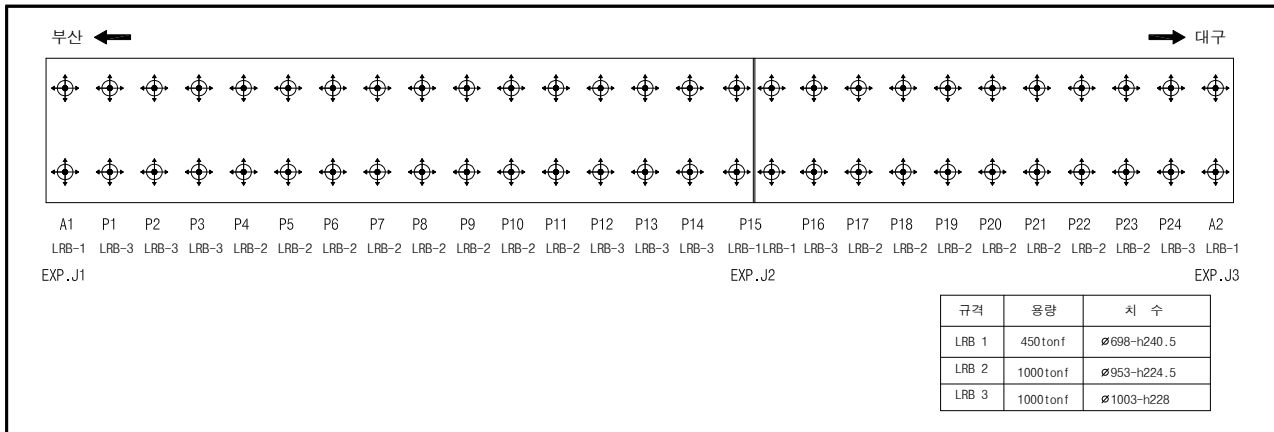
5) 검토의견

- 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 바람직하며, 파손 손상은 손상확대 방지를 위해 단면보수가 필요하다.
- 박락, 백태, 그을음 손상은 표면부의 경미한 손상으로 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 바람직하다.

3.3.3 교량받침

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교량받침은 납면진받침(원형 L.R.B)으로 10경간, 15경간 연속교로 교대에 2개소, 일반부 교각에 2개소, 신축이음부 교각에 4개소가 설치되어 받침장치 총 개소는 54개소이며, 신축이음부 교각은 P15이다.



【그림 3.3.5】 교량받침 배치도(부산)



【사진 3.3.9】 교량받침 전경(부산)

나. 외관조사 결과

- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였으며 그 결과는 다음 【표 3.3.9】과 같다.
- 받침장치의 외관조사 결과, 받침Plate 도장박리 및 녹발생, 볼트 녹발생 및 체결불량, 받침 고무재 들뜸 및 배부름, 받침 몰탈 균열, 들뜸, 박락, 파손 등의 손상이 조사되었으나, 받침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.

【표 3.3.9】 교량받침 외관조사 결과(부산)

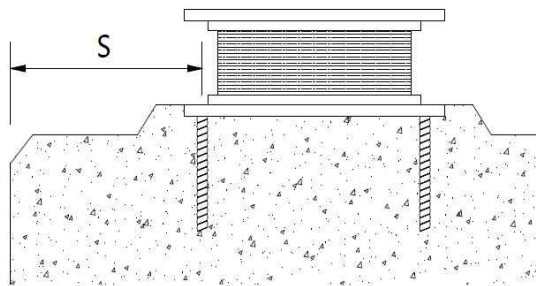
구 분	받침Plate 도장박리 (개소)	받침Plate 녹발생 (개소)	볼트 녹발생 (개소)	볼트 체결 불량 (개소)	받침 고무재 들뜸/배부름 (개소)	받침 몰탈 균열(m/개소)		받침 몰탈 들뜸/박락/파손 (㎡/개소)
						0.2mm이하	0.3mm이상	
A1	-	2	-	-	-	-		-
P1	1	-	-	-	-	1.2/3		-
P2	-	2	-	-	-	1.4/2		0.03/1
P3	-	2	-	-	-	1.6/2		-
P4	-	2	-	-	-	1.4/2		-
P5	-	1	-	-	-	0.4/2		-
P6	-	2	-	-	-	0.4/2		-
P7	-	2	-	-	-	1.0/2		-
P8	-	2	-	-	-	0.6/2		-
P9	-	2	-	-	1	1.2/2		-
P10	-	-	-	-	1	1.0/3		-
P11	-	2	-	-	-	0.1/1		-
P12	-	2	-	-	-	0.8/1		-
P13	-	2	-	-	-	0.6/1		-
P14	-	2	1	-	2	0.2/1		-
P15	-	4	-	1	4	0.8/1		-
P16	-	1	1	1	2	8.1/3		-
P17	-	1	-	-	-	5.2/5		0.06/1
P18	-	1	-	-	-	1.0/2		0.01/1
P19	-	2	-	-	-	1.2/3	0.1/1	0.03/3
P20	-	-	-	-	-	0.4/2		-
P21	-	-	-	2	-	0.3/1		-
P22	-	2	-	-	-	0.6/1	0.4/1	-
P23	-	1	-	2	1	0.3/1		-
P24	-	-	-	-	1	0.4/2		-
A2	-	1	-	-	1	-		-
합 계	1	38	2	4	13	30.2/47	0.5/2	0.13/6

	
받침 Plate 녹발생(P3-Sh1)	받침 Plate 녹발생(P23-Sh1)
	
볼트 체결 불량(P16-Sh2)	받침 고무재(피복고무재) 들뜸/배부름(P23-Sh1)
	
받침 몰탈 균열(P9-Sh2)	받침 몰탈 들뜸/박락/파손(P19-Sh2)

【사진 3.3.10】 교량받침 손상현황(부산)

다. 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, 국토해양부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



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

【그림 3.3.6】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=40.0m) : $200+5 \times 40.0 = 400.0(\text{mm})$
- 거더 경간길이(L=50.0m) : $200+5 \times 50.0 = 450.0(\text{mm})$

2) 연단거리 측정 결과

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



【사진 3.3.11】 연단거리 측정 전경

【표 3.3.10】연단거리 측정 결과(부산)

구 분		계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)		검토 결과
			Sh1(Sh3)	Sh2(Sh4)	
A1		400	650	650	O.K
P1	A1측	400	560	570	O.K
	A2측	450	580	580	O.K
P2	A1측	450	580	580	O.K
	A2측	450	570	570	O.K
P3	A1측	450	570	570	O.K
	A2측	450	570	570	O.K
P4	A1측	450	650	650	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P5	A1측	450	650	650	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P6	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	670	660	O.K
P7	A1측	450	650	650	O.K
	A2측	450	670	670	O.K
P8	A1측	450	650	640	O.K
	A2측	450	670	680	O.K
P9	A1측	450	640	660	O.K
	A2측	450	660	670	O.K
P10	A1측	450	620	630	O.K
	A2측	450	690	680	O.K
P11	A1측	450	660	650	O.K
	A2측	450	670	660	O.K
P12	A1측	450	580	580	O.K
	A2측	450	560	560	O.K
P13	A1측	450	550	570	O.K
	A2측	450	600	580	O.K
P14	A1측	450	550	570	O.K
	A2측	450	590	580	O.K
P15	A1측	450	490	490	O.K
	A2측	450	(490)	(490)	O.K
P16	A1측	450	530	540	O.K
	A2측	450	610	600	O.K
P17	A1측	450	630	630	O.K
	A2측	450	680	680	O.K
P18	A1측	450	680	700	O.K
	A2측	450	700	680	O.K
P19	A1측	450	650	670	O.K
	A2측	450	670	650	O.K
P20	A1측	450	650	660	O.K
	A2측	450	670	660	O.K
P21	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P22	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P23	A1측	450	660	660	O.K
	A2측	450	660	660	O.K
P24	A1측	450	550	580	O.K
	A2측	450	590	570	O.K
A2		450	680	680	O.K

라. 교량받침 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 교량받침의 이동량은 2회(1차 : 23.8℃(8월28일), 2차 : 14.6℃(10월14일))에 걸쳐 측정하였으며, 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 전반적으로 이론 변동량과 유사한 것으로 측정되어 본 교량에 설치된 받침장치의 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.3.11】 교량받침 가동상태 검토결과(부산)

구 분		실측 이동량(mm)				변동량(mm)		비 고
		1차		2차		실측치	이론치	
A1	Sh1	-10.0	(A2)	-40.0	(A2)	-30.0	-34.0	
	Sh2	-10.0	(A2)	-40.0	(A2)	-30.0		
P1	Sh1	-20.0	(A2)	-40.0	(A2)	-20.0	-30.4	
	Sh2	-20.0	(A2)	-40.0	(A2)	-20.0		
P2	Sh1	-10.0	(A2)	-30.0	(A2)	-20.0	-25.8	
	Sh2	-10.0	(A2)	-30.0	(A2)	-20.0		
P3	Sh1	5.0	(A1)	-10.0	(A2)	-15.0	-21.2	
	Sh2	5.0	(A1)	-10.0	(A2)	-15.0		
P4	Sh1	-10.0	(A2)	-20.0	(A2)	-10.0	-16.6	
	Sh2	-10.0	(A2)	-20.0	(A2)	-10.0		
P5	Sh1	5.0	(A1)	0.0	-	-5.0	-12.0	
	Sh2	5.0	(A1)	0.0	-	-5.0		
P6	Sh1	-25.0	(A2)	-30.0	(A2)	-5.0	-7.4	
	Sh2	-25.0	(A2)	-30.0	(A2)	-5.0		
P7	Sh1	0.0	-	0.0	-	0.0	-2.8	
	Sh2	0.0	-	0.0	-	0.0		
P8	Sh1	-15.0	(A1)	-20.0	(A1)	-5.0	-1.8	
	Sh2	-15.0	(A1)	-20.0	(A1)	-5.0		
P9	Sh1	-15.0	(A1)	-20.0	(A1)	-5.0	-6.4	
	Sh2	-15.0	(A1)	-20.0	(A1)	-5.0		
P10	Sh1	-20.0	(A1)	-30.0	(A1)	-10.0	-11.0	
	Sh2	-20.0	(A1)	-30.0	(A1)	-10.0		
P11	Sh1	5.0	(A2)	-5.0	(A1)	-10.0	-15.6	
	Sh2	5.0	(A2)	-5.0	(A1)	-10.0		
P12	Sh1	10.0	(A2)	-5.0	(A1)	-15.0	-20.2	
	Sh2	10.0	(A2)	-5.0	(A1)	-15.0		
P13	Sh1	10.0	(A2)	-10.0	(A1)	-20.0	-24.8	
	Sh2	10.0	(A2)	-10.0	(A1)	-20.0		
P14	Sh1	5.0	(A2)	-20.0	(A1)	-25.0	-29.4	
	Sh2	5.0	(A2)	-20.0	(A1)	-25.0		
P15	Sh1	0.0	-	-30.0	(A1)	-30.0	-34.0	
	Sh2	0.0	-	-30.0	(A1)	-30.0		
	Sh3	15.0	(A1)	0.0	-	-15.0	-23.0	
	Sh4	15.0	(A1)	0.0	-	-15.0		
P16	Sh1	20.0	(A1)	10.0	(A1)	-10.0	-18.4	
	Sh2	20.0	(A1)	10.0	(A1)	-10.0		

【표 3.3.11】 교량받침 가동상태 검토결과(부산, 계속)

구 분		실측 이동량(mm)				변동량(mm)		비 고
		1차		2차		실측치	이론치	
P17	Sh1	20.0	(A1)	10.0	(A1)	-10.0	-13.8	
	Sh2	20.0	(A1)	10.0	(A1)	-10.0		
P18	Sh1	-10.0	(A2)	-20.0	(A2)	-10.0	-9.2	
	Sh2	-10.0	(A2)	-20.0	(A2)	-10.0		
P19	Sh1	0.0	-	-5.0	(A2)	-5.0	-4.6	
	Sh2	0.0	-	-5.0	(A2)	-5.0		
P20	Sh1	0.0	-	0.0	-	0.0	-	
	Sh2	0.0	-	0.0	-	0.0		
P21	Sh1	0.0	-	-3.0	(A1)	-3.0	-4.6	
	Sh2	0.0	-	-3.0	(A1)	-3.0		
P22	Sh1	-5.0	(A1)	-10.0	(A1)	-5.0	-9.2	
	Sh2	-5.0	(A1)	-10.0	(A1)	-5.0		
P23	Sh1	10.0	(A2)	0.0	-	-10.0	-13.8	
	Sh2	10.0	(A2)	0.0	-	-10.0		
P24	Sh1	5.0	(A2)	-10.0	(A1)	-15.0	-18.4	
	Sh2	5.0	(A2)	-10.0	(A1)	-15.0		
A2	Sh1	10.0	(A2)	-10.0	(A1)	-20.0	-23.0	
	Sh2	10.0	(A2)	-10.0	(A1)	-20.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 교량받침의 가동여유량을 검토한 결과, 설계기준온도에 따른 하절기 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 받침장치 모두 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

【표 3.3.12】 교량받침 이동량 산정(부산)

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선판창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	370	-106.6	41.4	-	-106.6	41.4
P1	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	330	-95.0	37.0	-	-95.0	37.0
P2	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	280	-80.6	31.4	-	-80.6	31.4
P3	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	230	-66.2	25.8	-	-66.2	25.8
P4	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	180	-51.8	20.2	-	-51.8	20.2
P5	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	130	-37.4	14.6	-	-37.4	14.6
P6	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	80	-23.0	9.0	-	-23.0	9.0
P7	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	30	-8.6	3.4	-	-8.6	3.4
1) 조사당시 온도 : 23.8℃(조사일 : 2015년 8월 28일, 평균온도, 지점 : 밀양) 2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방) 3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)									

【표 3.3.12】 교량받침 이동량 산정(부산, 계속)

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
P8	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	20	-5.8	2.2	-	-5.8	2.2
P9	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	70	-20.2	7.8	-	-20.2	7.8
P10	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	120	-34.6	13.4	-	-34.6	13.4
P11	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	170	-49.0	19.0	-	-49.0	19.0
P12	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	220	-63.4	24.6	-	-63.4	24.6
P13	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	270	-77.8	30.2	-	-77.8	30.2
P14	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	320	-92.2	35.8	-	-92.2	35.8
P15(A1측)	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	370	-106.6	41.4	-	-106.6	41.4
P15(A2측)	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	250	-72.0	28.0	-	-72.0	28.0
P16	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	200	-57.6	22.4	-	-57.6	22.4
P17	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	150	-43.2	16.8	-	-43.2	16.8
P18	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	100	-28.8	11.2	-	-28.8	11.2
P19	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	50	-14.4	5.6	-	-14.4	5.6
P20	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	0	0	0	-	0	0
P21	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	50	-14.4	5.6	-	-14.4	5.6
P22	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	100	-28.8	11.2	-	-28.8	11.2
P23	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	150	-43.2	16.8	-	-43.2	16.8
P24	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	200	-57.6	22.4	-	-57.6	22.4
A2	-28.8°C	11.2°C	1×10^{-5}	250	-72.0	28.0	-	-72.0	28.0
1) 조사당시 온도 : 23.8°C(조사일 : 2015년 8월 28일, 평균온도, 지점 : 밀양) 2) 검토온도 : -5°C ~ 35°C(보통지방) 3) 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)									

【표 3.3.13】 교량받침 이동량 검토결과(부산)

구 분		점검당시 실측이동량(mm)		최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		허용이동량 (mm)	검토 결과
				최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	-10.0	(A2)	-106.6	41.4	-116.0	136.0	± 126	O.K
	Sh2	-10.0	(A2)			-116.0	136.0	± 126	O.K
P1	Sh1	-20.0	(A2)	-95.0	37.0	-100.0	140.0	± 120	O.K
	Sh2	-20.0	(A2)			-100.0	140.0	± 120	O.K
P2	Sh1	-10.0	(A2)	-80.6	31.4	-110.0	130.0	± 120	O.K
	Sh2	-10.0	(A2)			-110.0	130.0	± 120	O.K
P3	Sh1	5.0	(A1)	-66.2	25.8	-125.0	115.0	± 120	O.K
	Sh2	5.0	(A1)			-125.0	115.0	± 120	O.K
P4	Sh1	-10.0	(A2)	-51.8	20.2	-90.0	110.0	± 100	O.K
	Sh2	-10.0	(A2)			-90.0	110.0	± 100	O.K
P5	Sh1	5.0	(A1)	-37.4	14.6	-105.0	95.0	± 100	O.K
	Sh2	5.0	(A1)			-105.0	95.0	± 100	O.K
P6	Sh1	-25.0	(A2)	-23.0	9.0	-75.0	125.0	± 100	O.K
	Sh2	-25.0	(A2)			-75.0	125.0	± 100	O.K
P7	Sh1	0.0	-	-5.8	2.2	-100.0	100.0	± 100	O.K
	Sh2	0.0	-			-100.0	100.0	± 100	O.K
P8	Sh1	-15.0	(A1)	-5.8	2.2	-85.0	115.0	± 100	O.K
	Sh2	-15.0	(A1)			-85.0	115.0	± 100	O.K
P9	Sh1	-15.0	(A1)	-20.2	7.8	-85.0	115.0	± 100	O.K
	Sh2	-15.0	(A1)			-85.0	115.0	± 100	O.K
P10	Sh1	-20.0	(A1)	-34.6	13.4	-80.0	120.0	± 100	O.K
	Sh2	-20.0	(A1)			-80.0	120.0	± 100	O.K
P11	Sh1	5.0	(A2)	-49.0	19.0	-105.0	95.0	± 100	O.K
	Sh2	5.0	(A2)			-105.0	95.0	± 100	O.K
P12	Sh1	10.0	(A2)	-63.4	24.6	-130.0	110.0	± 120	O.K
	Sh2	10.0	(A2)			-130.0	110.0	± 120	O.K
P13	Sh1	10.0	(A2)	-77.8	30.2	-130.0	110.0	± 120	O.K
	Sh2	10.0	(A2)			-130.0	110.0	± 120	O.K
P14	Sh1	5.0	(A2)	-92.2	35.8	-125.0	115.0	± 120	O.K
	Sh2	5.0	(A2)			-125.0	115.0	± 120	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K									

【표 3.3.13】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과(부산, 계속)

구 분		점검당시 실측이동량(mm)		최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		허용이동량 (mm)	검토 결과
				최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
P15	Sh1	0.0	-	-106.6	41.4	-126.0	126.0	±126	O.K
	Sh2	0.0	-			-126.0	126.0	±126	O.K
	Sh3	15.0	(A1)	-72.0	28.0	-141.0	111.0	±126	O.K
	Sh4	15.0	(A1)			-141.0	111.0	±126	O.K
P16	Sh1	20.0	(A1)	-57.6	22.4	-140.0	100.0	±120	O.K
	Sh2	20.0	(A1)			-140.0	100.0	±120	O.K
P17	Sh1	20.0	(A1)	-43.2	16.8	-120.0	80.0	±100	O.K
	Sh2	20.0	(A1)			-120.0	80.0	±100	O.K
P18	Sh1	-10.0	(A2)	-28.8	11.2	-90.0	110.0	±100	O.K
	Sh2	-10.0	(A2)			-90.0	110.0	±100	O.K
P19	Sh1	0.0	-	-14.4	5.6	-100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0.0	-			-100.0	100.0	±100	O.K
P20	Sh1	0.0	-	-	-	-100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0.0	-			-100.0	100.0	±100	O.K
P21	Sh1	0.0	-	-14.4	5.6	-100.0	100.0	±100	O.K
	Sh2	0.0	-			-100.0	100.0	±100	O.K
P22	Sh1	-5.0	(A1)	-28.8	11.2	-95.0	105.0	±100	O.K
	Sh2	-5.0	(A1)			-95.0	105.0	±100	O.K
P23	Sh1	10.0	(A2)	-43.2	16.8	-110.0	90.0	±100	O.K
	Sh2	10.0	(A2)			-110.0	90.0	±100	O.K
P24	Sh1	5.0	(A2)	-57.6	22.4	-125.0	115.0	±120	O.K
	Sh2	5.0	(A2)			-125.0	115.0	±120	O.K
A2	Sh1	10.0	(A2)	-72.0	28.0	-136.0	116.0	±126	O.K
	Sh2	10.0	(A2)			-136.0	116.0	±126	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K									

마. 기 점검(2013년 정밀점검) 결과와 비교

- 교량받침부에 대하여 기 점검 결과를 토대로 주요 손상의 진전여부를 검토한 결과, 받침물탈 균열이 다소 증가된 것으로 조사되었다.

【표 3.3.14】 교량받침 기 점검 결과 비교(부산)

구 분	2013년 정밀점검	2015년 정밀안전진단	비 고
받침물탈 균열(0.2mm이하)	22.7m	30.2m	



【그림 3.3.7】 교량받침 기 점검 결과 비교(부산)

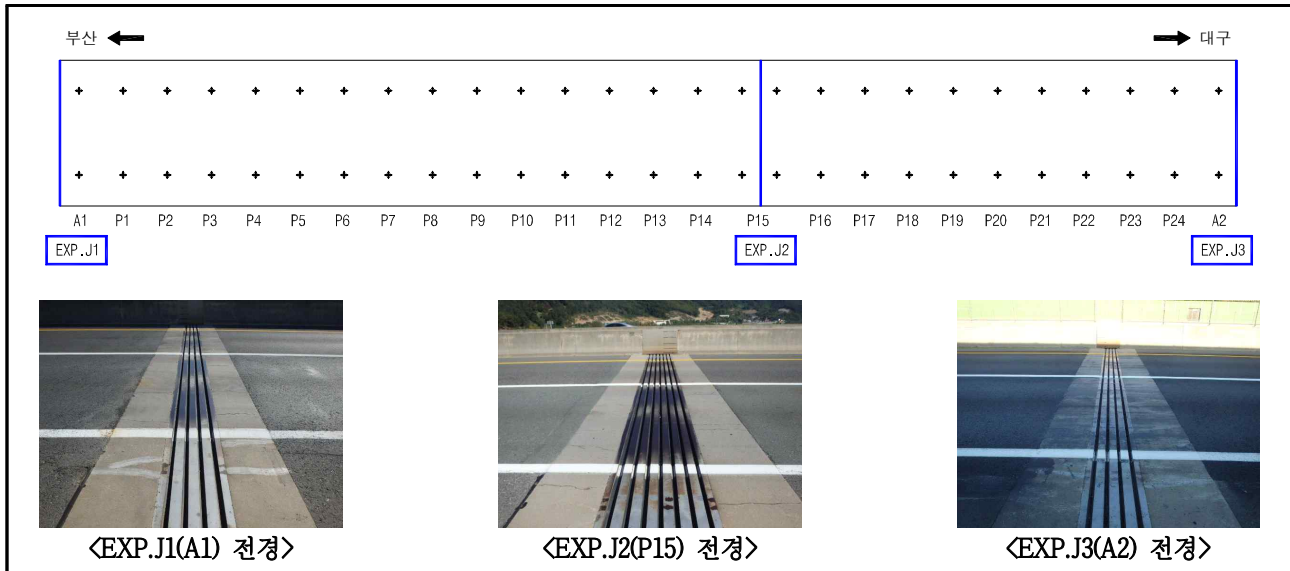
바. 검토의견

- 받침장치Plate 녹발생, 볼트 녹발생은 공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요하다.
- 받침 고무재 들뜸은 받침장치 보호를 위한 피복 고무재 들뜸이며 배부름은 받침장치의 경미한 손상으로 10년의 공용년수를 감안할 때 기능발휘에는 문제가 없는 것으로 판단되어 주위관찰이 바람직하다.
- 받침 물탈 균열은 균열은 온도 및 건조수축에 의한 손상으로 0.3mm 이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열로 표면처리가 바람직하며, 받침 물탈 들뜸, 박락, 파손 손상은 외적요인에 의한 손상으로 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하다.

3.3.4 신축이음장치

가. 부재의 개요

- 신축이음장치는 10경간, 17경간 연속교로 A1, P15, A2에 설치되어 있으며 전 개소에 Rail Joint가 시공되어져 있다.



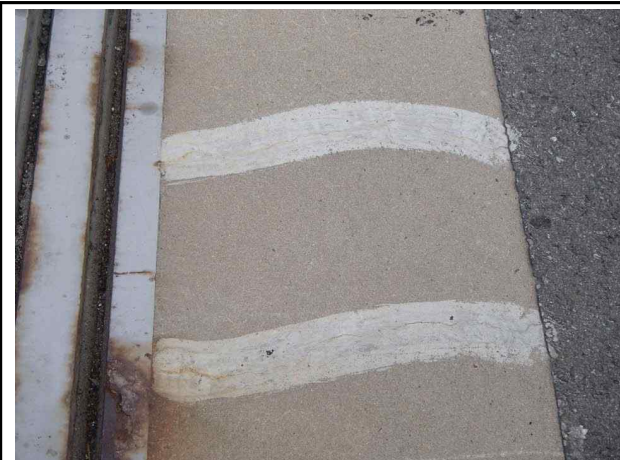
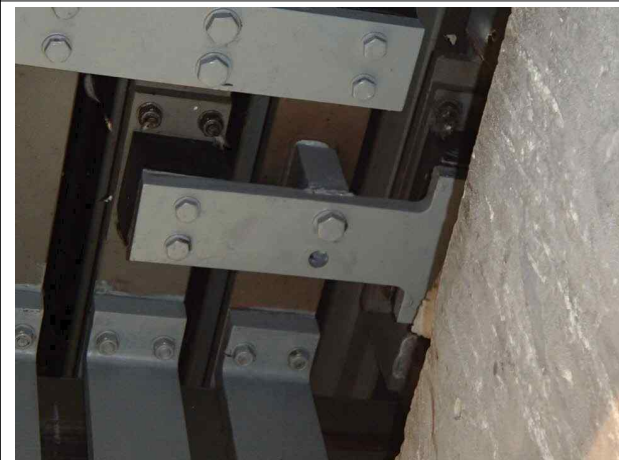
【그림 3.3.8】 신축이음장치 전경 및 배치도(부산)

나. 외관조사 결과

- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 신축거동은 원활하나, 신축이음 본체 녹발생 및 유간부 토사퇴적, 신축이음 하부 볼트 탈락(A1), 차수판 앵커볼트 탈락 및 체결불량, 후타재 균열(0.2mm이하) 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.3.15】 신축이음장치 외관조사 결과(부산)

위 치	구 분	손상내용	비고
A1	Rail Joint (No.320)	■ 신축이음 본체 유간부 토사퇴적(L=4.5m) ■ 차수판 앵커볼트 탈락(1개소) ■ 후타재 균열(0.2mm이하, L=14.4m) ■ 신축이음 하부 볼트 탈락(2개소)	
P15	Rail Joint (No.560)	■ 신축이음 본체 녹발생(L=1.5m) ■ 신축이음 본체 유간부 토사퇴적(L=1.0m) ■ 차수판 앵커볼트 탈락(6개소) ■ 후타재 균열(0.2mm이하, L=8.5m)	
A2	Rail Joint (No.320)	■ 신축이음 본체 유간부 토사퇴적(L=2.0m) ■ 차수판 앵커볼트 탈락(2개소) ■ 차수판 앵커볼트 체결불량(2개소) ■ 후타재 균열(0.2mm이하, L=4.2m)	

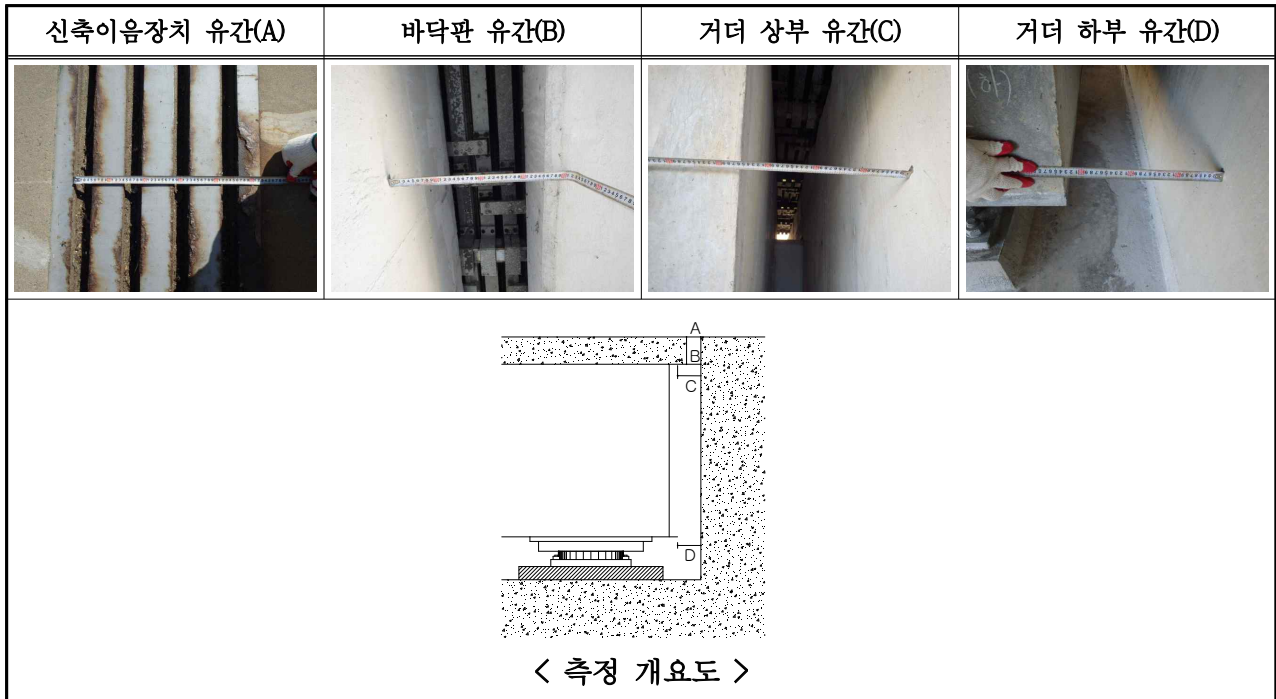
	
0.2mm 후타재 균열(A1)	본체 녹발생(P15)
	
차수판 앵커볼트 탈락 및 제결불량(P15)	유간조절장치 볼트 탈락(A2)

【사진 3.3.12】 신축이음장치 손상현황(부산)

다. 신축이음 신축거동상태 검토

1) 온도변화에 따른 가동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 2회(1차 : 23.8℃(8월28일), 2차 : 15.8℃(10월23일))에 걸쳐 신축이음장치, 바닥판 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.



【사진 3.3.13】 신축이음 유간 측정방법(부산)

【표 3.3.16】 신축이음 유간 측정결과(부산)

측정위치	측 정 값(mm)								비 고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더 상부(C)		거더 하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
EXP.J1(A1)	162	185	340	360	340	360	320	340	Rail Joint(No.320)
EXP.J2(P15)	315	345	680	710	630	660	630	660	Rail Joint(No.560)
EXP.J3(A2)	165	180	375	390	375	390	375	390	Rail Joint(No.320)

- 8월(23.8℃)과 10월(15.8℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 유사한 것으로 나타나 교량의 신축거동상태는 양호한 것으로 판단된다.

【표 3.3.17】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과(부산)

측정위치		측정유간(mm)		변동량(mm)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
EXP.J1(A1)	신축이음장치	162.0	185.0	-23.0	-29.6	
	바닥판 단부	340.0	360.0	-20.0		
EXP.J2(P15)	신축이음장치	315.0	345.0	-30.0	-49.6	
	바닥판 단부	680.0	710.0	-30.0		
EXP.J3(A2)	신축이음장치	165.0	180.0	-15.0	-20.0	
	바닥판 단부	375.0	390.0	-15.0		

2) 설계기준온도(-5℃ ~ 35℃(보통지방))에 따른 여유량 검토

- 금회 신축이음 유간을 검토한 결과, 신축이음 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

【표 3.3.18】 신축이음 신축이동량 산정(부산)

구 분	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
EXP.J1 (A1)	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	370	-106.6	41.4	6.5	-113.1	41.4
EXP.J2 (P15)	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	620	-178.6	69.4	6.5	-185.1	69.4
EXP.J3 (A2)	-28.8℃	11.2℃	1×10^{-5}	250	-72	28	6.5	-78.5	28

1) 조사당시 온도 : 23.8℃(조사일 : 2014년 8월 28일, 평균온도, 지점 : 밀양)
 2) 검토온도 : -5℃ ~ 35℃(보통지방)
 3) 활하중에 의한 거더의 처짐 이동량 : 신축장 100m 이상인 경우 동절기 최대 수축시 적용(도로설계요령, 2009)
 4) (+)값 신장량, (-)값 수축량

【표 3.3.19】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(부산)

구 분		계산 이동량(mm)		점검당시 실측유간(mm) ③	허용량(mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④+(①-③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음장치	-113.1	41.4	162	320	44.9	120.6	O.K
	바닥판 단부	-113.1	41.4	340	320		298.6	O.K
EXP.J2 (P15)	신축이음장치	-185.1	69.4	315	560	59.9	245.6	O.K
	바닥판 단부	-185.1	69.4	680	560		610.6	O.K
EXP.J3 (A2)	신축이음장치	-78.5	28	165	320	76.5	137	O.K
	바닥판 단부	-78.5	28	375	320		347	O.K

주) 판정 : $0.0\text{mm} \leq \text{신축 여유량} \leq \text{허용량} \Rightarrow \text{O.K}$

라. 검토 결과

- 본체 낙발생은 차도 외측부의 신축이음장치 본체에 외부 환경적 요인에 의해 발생한 손상
으로 내구성 확보를 위해 도장 실시가 바람직하며, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로
구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직하다.
- 차수판은 방호벽의 신축이음 유간부를 통해 교량 하부로 우수가 유입되는 것을 방지하기
위해 설치하는 시설물로 점검시 지속적인 바람 및 차량진동, 시공미흡에 의해 앵커볼트 탈
락 및 체결불량이 조사되어 차수판의 건전성 확보를 위해 보수가 바람직하다.
- 후타재에 발생한 0.2mm이하 균열은 급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의
해 발생한 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며 향후, 손상 확대시 보수
가 필요하다.
- Rail Joint 유간조절장치 고정을 위한 볼트가 탈락된 것으로 조사되었으나, 신축이음장치의
기능발휘에는 문제가 없고 차량하중에 의한 신축이음장치의 변형 등으로 볼트체결이 어려
워 주위관찰이 바람직하다.

3.3.5 교면포장

가. 부재의 개요

- 본 교량의 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 총 2차로로 이루어져 있고 외측에 폭
3.0m의 갓길이 위치하고 있다.



교면포장 전경

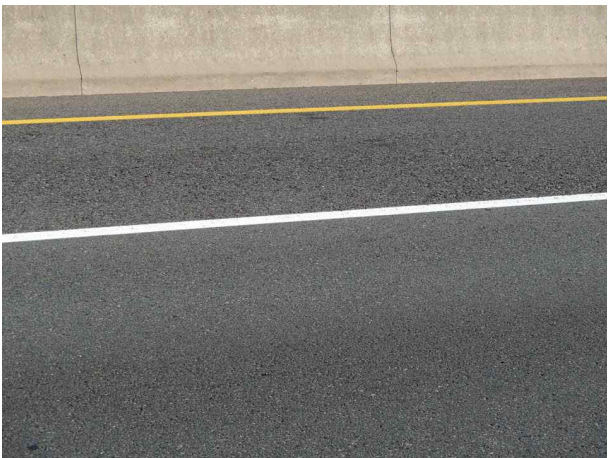
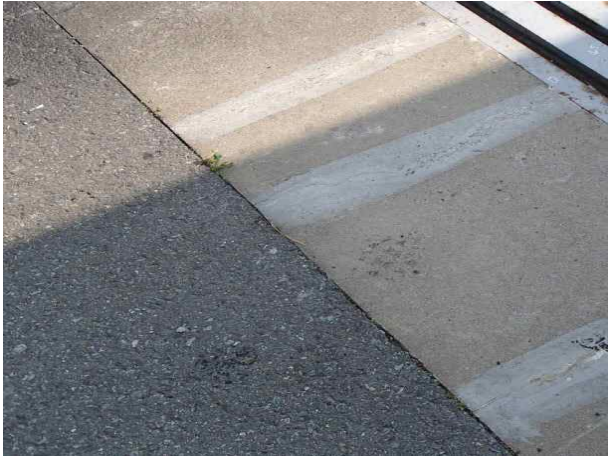
【사진 3.3.14】 교면포장 전경(부산)

나. 외관조사 결과

- 교면포장에 대한 외관조사 결과, 아스콘 패임, 라벨링, 접속부 이격, 시공이음 등의 손상이 조사되었다.
- 포장부의 라벨링, 아스콘 패임 공용기간 중 교통량 증가 및 중차량 통행에 의해 발생한 일반적인 손상으로 차량의 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았다.
- 접속부 이격은 포장시공시 신축이음 후타재 접속부의 마감시공 미흡에 의한 손상으로 조사되었으며, 시공이음은 구간보수, 차선별 포장시 발생한 손상으로 구간별 손상확대가 이루어지고 있는 것으로 조사되었다.

【표 3.3.20】 교면포장 외관조사 결과(부산)

구 분	라벨링 (㎡/개소)	아스콘 패임 (㎡/개소)	포장/후타재 접속부 이격 (mm/개소)	포장 시공이음부 (㎡/개소)
S1	-	0.40/1	-	-
S2	160.00/1	0.01/1	-	-
S3	136.00/1	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	36.00/1	0.01/1	-	-
S6	100.00/1	-	-	-
S7	100.00/1	0.56/2	-	-
S8	-	3.00/1	-	-
S9	40.00/1	0.16/4	-	-
S10	-	0.70/2	-	-
S11	52.00/1	0.42/3	-	-
S12	40.00/1	0.18/1	-	0.80/1
S13	206.00/2	-	-	-
S14	72.00/2	-	-	-
S15	200.00/1	-	-	-
S16	100.00/1	0.25/1	-	-
S17	120.00/1	-	-	-
S18	200.00/1	-	-	-
S19	80.00/1	-	-	-
S20	-	-	-	-
S21	-	-	-	-
S22	-	0.04/4	-	-
S23	-	0.80/1	-	-
S24	-	-	-	-
S25	-	-	2.0/1	-
합 계	1,642.00/17	6.53/22	2.0/1	0.80/1

	
ASP 라벨링(S1)	ASP 패임(S12)
	
포장시공이음/패임(S12)	ASP 접속부 이격(S25)

【사진 3.3.15】 교면포장 손상현황(부산)

다. 검토 의견

- 본 교량의 교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았으나, 점검시 조사된 패임 손상은 방치시 포창층의 우수 침투, 교통하중의 반복적인 재하 및 충격작용 등으로 인해 손상의 확대 가능성이 있으므로 차량의 주행성 및 구조물의 내구성 증진을 위해 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상의 경우 그 손상정도가 경미하여 향후, 손상진행 여부에 따른 적절한 보수가 바람직하다.

3.3.6 기타부재

가. 배수시설

1) 부재의 개요

- 밀양대교(부산)는 도로 및 하천횡단 교량으로 직선구간에 위치하여 좌측 캔틸레버에 배수구가 위치하고 있으며 총 62개소가 설치되어 있다. 배수관의 설치형태는 S1, S2, S15~S25경간은 하부에 도로, 공원이 위치하여 육교용으로 설치되어 있고, 그 외 구간은 하천형으로 설치된 것으로 조사되었다.



【사진 3.3.16】 배수구 및 배수관 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 배수시설에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 개소에서 배수관 연결부 누수, 배수관 녹발생, 배수관 막힘 손상이 조사되었다.
- 배수시설의 일부 구간에 발생한 손상은 공용증가에 따른 배수관 내의 이물질 퇴적 손상으로 이음부 누수에 의한 녹발생, 하부구조의 표면열화 등 2차 손상이 발생되고 있는 것으로 조사되었다.

【표 3.3.21】 배수시설 외관조사 결과(부산)

구 분	배수관 연결부 누수(개소)	배수관 녹발생(개소)	배수관 막힘(개소)
S15	1	-	-
S16	-	1	-
S24	-	-	1
합 계	1	1	1



【사진 3.3.17】 배수시설 손상현황(부산)

3) 검토 의견

- 배수관 막힘 및 배수관 녹발생은 교면 하부의 배수관에 이물질 퇴적 손상으로 교면 우수처리에 큰 영향을 미치지 않으나, 하부구조의 및 배수관 주변부에 2차 손상을 유발하고 교량하부 이용자의 피해가능성이 있어 배수관 청소 실시가 바람직하다.
- 배수관 연결부 누수는 기존 보수부에 발생한 손상으로 교량하부에 자전거 도로 및 공원이 있어 누수로 인한 피해가 발생되지 않도록 손상부에 대해 재용접 또는 충전 보수가 바람직하다.

나. 난간 및 연석(방호벽)

1) 부재의 개요

- 대상교량은 분리형 교량으로 슬래브 단부 양측에 철근콘크리트 방호벽이 설치되어 있고, S18~S25경간의 교량 외측 상단부에 방음벽이 설치되어 있으며, 내측 상단부에는 S17~S25경간에 낙하물방지망이 설치되어 있다.



【사진 3.3.18】 방호벽 전경(부산)

2) 외관조사 결과

- 방호벽에 대한 외관조사 결과, 수평 및 수직균열이 다수 조사되었으며, 일부구간에 균열부 백태, 파손, 실런트 이격, 방호벽 단차 등이 발생한 것으로 조사되었다.
- 방호벽의 발생균열은 대부분 온도 및 건조수축에 의한 수직균열과 타설시 차량 진동에 의한 표면부 수평 트임 균열로 일부 균열부에 백태가 발생되었으나, 교량의 안전성에 미치는 영향은 없는 상태로 조사되었다.
- 파손 손상은 신축이음 연단부 파손으로 신축거동에 따른 연단부 응력집중에 의해 모서리측 파손이 발생한 것으로 조사되었으며, 실런트 이격은 공용증가에 의한 손상으로 조사되었다.
- 방호벽 단차는 접속슬래브와 토공 접속부에 발생한 손상으로 구조물과 토공부의 압축성 차이에 발생한 손상으로 조사되었다.

【표 3.3.22】 방호벽 외관조사 결과(부산)

구 분	균열(0.2mm이하) (m/개소)	균열(0.3mm이상) (m/개소)	균열/백태 (m/개소)	파손 (㎡/개소)	방호벽 단차 (개소)	실런트 이격 (개소)
S1	13.0/4	-	-	0.09/1	-	-
S2	25.0/6	-	-	-	-	-
S3	50.0/6	-	15.0/1	-	-	-
S4	37.5/7	-	-	-	-	-
S5	39.0/5	-	-	-	-	-
S6	8.5/2	-	-	-	-	-
S7	35.0/3	-	-	-	-	-
S8	3.7/3	-	-	-	-	-
S9	18.0/6	-	-	-	-	-
S10	15.5/6	-	-	-	-	-
S11	40.0/2	-	-	-	-	-
S12	5.0/2	-	-	-	-	-
S13	65.0/6	-	-	-	-	-
S14	65.9/8	-	-	-	-	-
S15	35.0/7	-	-	-	-	-
S16	80.0/5	-	-	-	-	-
S17	25.0/6	-	-	-	-	-
S18	30.1/6	-	-	-	-	-
S19	42.5/10	-	-	-	-	-
S20	9.6/8	-	-	-	-	-
S21	33.0/7	1.5/1	-	-	-	-
S22	72.7/17	-	-	-	-	-
S23	44.0/4	-	-	-	-	-
S24	57.5/5	-	-	-	-	-
S25	6.3/5	1.5/1	-	-	1	1
합 계	856.8/146	3.0/2	15.0/1	0.09/1	1	1



【사진 3.3.19】 방호벽 손상현황(부산)



【사진 3.3.19】 방호벽 손상현황(부산, 계속)

3) 검토 의견

- 방호벽은 사고시 차량의 낙하 방지를 위해 설치된 시설물로 기능 및 내구성 확보를 위해 파손 손상은 단면보수를 실시하고, 0.3mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입 보수, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 구조물과 토공부 방호벽 유간부 실런트는 신축 거동을 위한 유간부의 이물질 퇴적 방지를 위해 설치하는 것으로 노후화로 인해 실런트 이격이 발생되었으나, 기능발휘에 문제가 없으므로 주의관찰 후 향후, 손상 확대시 보수가 바람직하다.
- 방호벽 단차발생은 공용년수를 고려할 때 손상 진행이 수렴된 것으로 판단되므로 현 상태에 대해 주의관찰하고 향후, 추가 손상 및 손상확대시 대책수립이 바람직하다.

다. 기타 시설(점검로 등)

- 교량 구조물에 이정표지 및 운전자의 안전을 위한 시선유도표지, 방음벽, 낙하물방지 망, 하부 구조물 점검을 위한 점검사다리 및 점검로가 설치되어 있으며, 기타 시설물에 대한 점검 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 점검로에 난간변형, 점검사다리 지지판 변형/파손, 이물질(조류서식지 및 배설물 등) 퇴적 등이 조사되었고, 일부 개소에 텔리네이터 파손 2개소, 방음판 파손이 조사되었다.

【표 3.3.23】 기타시설 외관조사 결과(부산)

구 분	점검로 난간변형 (m/개소)	점검 사다리 지지판 변형/파손(개소)	점검로 이물질 퇴적(㎡/개소)	방음판 파손 (㎡/개소)	텔리네이터 파손 (개소)
S9	-	-	-	-	1
S14	-	-	-	-	1
S15	4.1/1	1	29.00/1	-	-
S18	-	-	27.00/1	-	-
S23	-	-	2.25/1	2.75/4	-
S24	-	-	-	0.37/2	-
합 계	4.1/1	1	58.25/3	3.12/6	2

	
점검로 난간변형(P15)	이물질 퇴적(P15)
	
점검사다리 지지판 변형/파손(S15)	텔레네이터 파손(S14)

【사진 3.3.20】 기타 시설 손상현황(부산)

3) 검토 의견

- 점검로 난간변형은 외부 충격에 의한 변형으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며, 점검사다리 지지판 변형/파손은 지지판이 신축이음부에 위치하여 발생한 손상으로 점검시 점검사다리 사용 및 안전성에 문제가 없어 주의관찰 후, 손상확대시 보수 실시가 바람직하다.
- 점검로 이물질 퇴적 손상은 조류배설물 퇴적 손상으로 원활한 유지관리 및 배설물에 의한 점검로 부식 방지를 위해 제거 및 청소가 바람직하다.
- 방음판 및 텔레네이터 파손은 공용중 차량 및 작업자에 의한 손상으로 손상정도가 경미한 방음판은 주의관찰하고, 텔레네이터 파손은 운전자의 시선유도로 사고방지를 위해 재설치가 바람직하다.

3.4 콘크리트 내구성조사

3.4.1 개 요

가. 개 요

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

본 과업의 내구성조사는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

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

【표 3.4.1】 콘크리트 비파괴시험 현황(대구)

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	28	15	33	15	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	28	15	33	15	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	28	15	33	15	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 6~9개소 ²⁾		6 ~ 9		4	5	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상 ³⁾		3		2	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따 라 수량 결정		-		2	2	고강도:0.2mm 보통:0.3mm
주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시 주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시 주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시 ※ 직선보간에 의한 연장조정비 : 300m 미만 → 100% 적용 (밀양대교(대구) L=1,290m → 54%적용)							

【표 3.4.2】 콘크리트 비파괴시험 현황(부산)

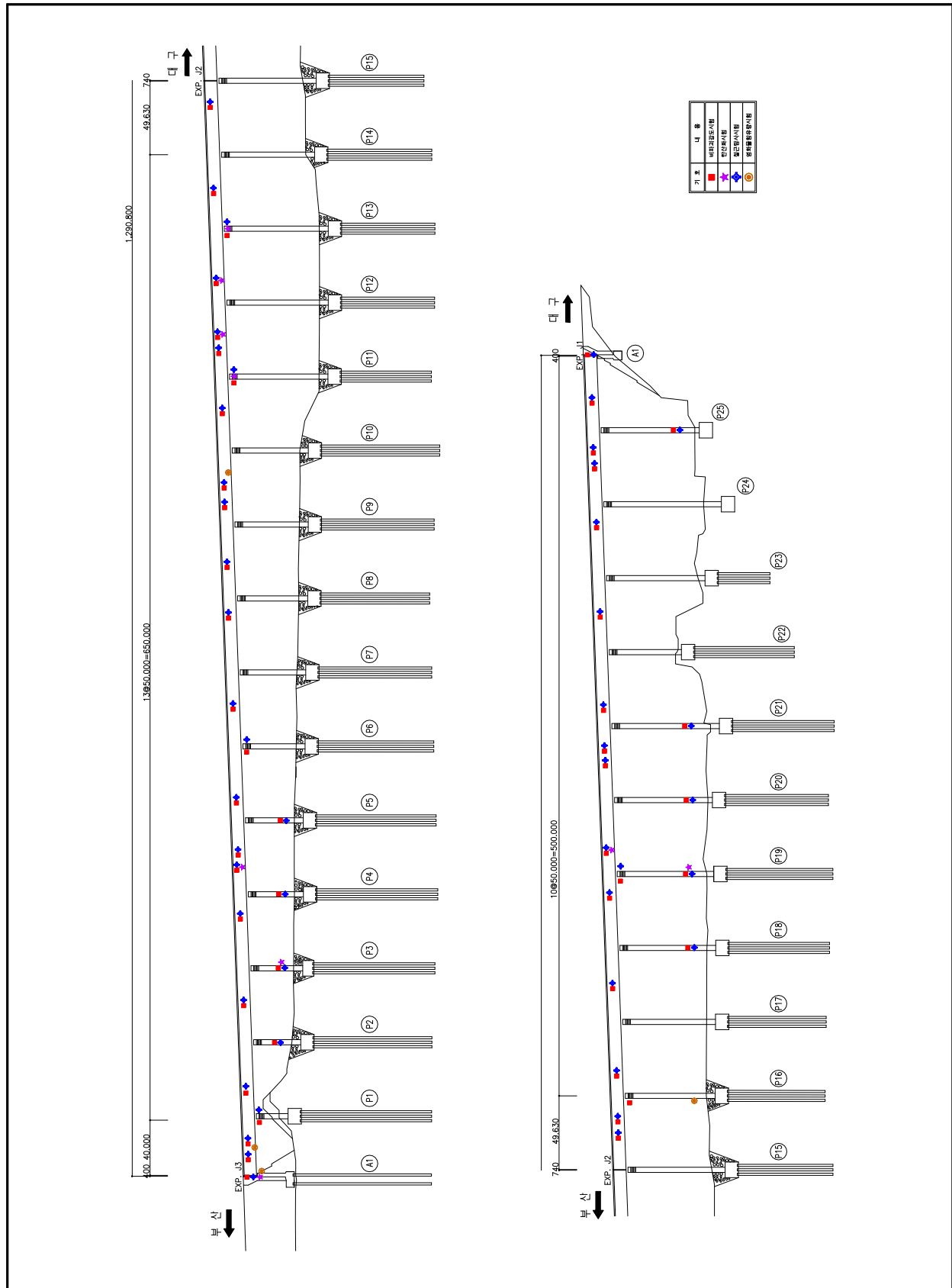
항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조(STEEL BOX)	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	28	14	32	14	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	28	14	32	14	
철근탐사 시 험	• 철근콘크리트: 2개소/50m • 강합성교: 1개소/50m	• 1개소/연장50m • 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	28	14	32	14	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 4~6개소 ¹⁾ • 5경간 이상: 6~9개소 ²⁾		6 ~ 9		4	5	
염화물 함유량시험	• 3개소 이상 ³⁾		3		2	2	
균열깊이 조 사	• 부재의 중요도를 고려하여 책임기술자의 판단에 따 라 수량 결정		-		3	-	고강도:0.2mm 보통:0.3mm
주1) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시 주2) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 3개소 이상 실시 주3) 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시 ※ 직선보간에 의한 연장조정비 : 300m 미만 → 100% 적용 (밀양대교(부산) L=1,240m → 55%적용)							

2) 조사 사진

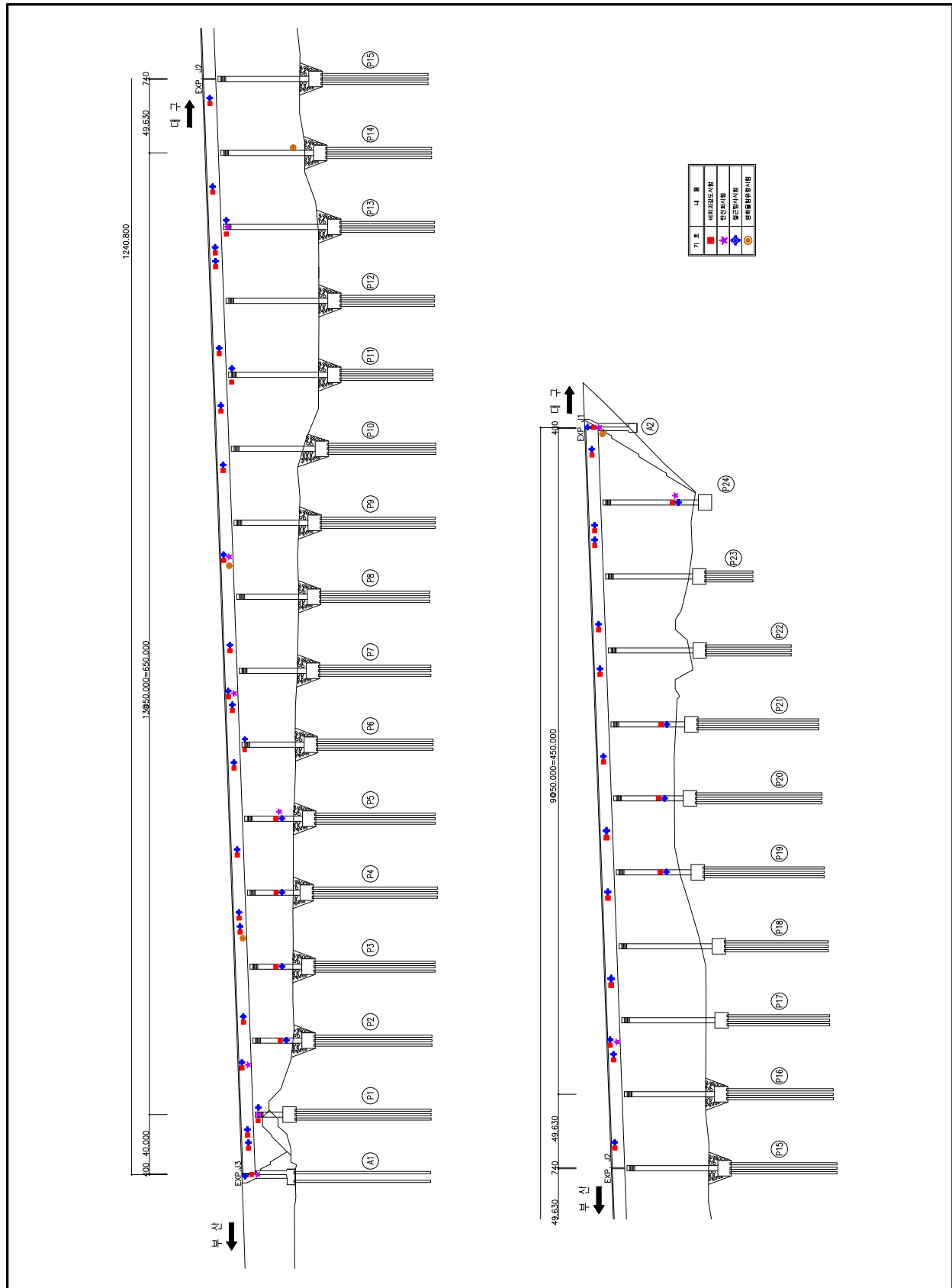


【사진 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 전경

3) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.4.1】 콘크리트 내구성조사 위치도(대구)



【그림 3.4.2】 콘크리트 내구성조사 위치도(부산)

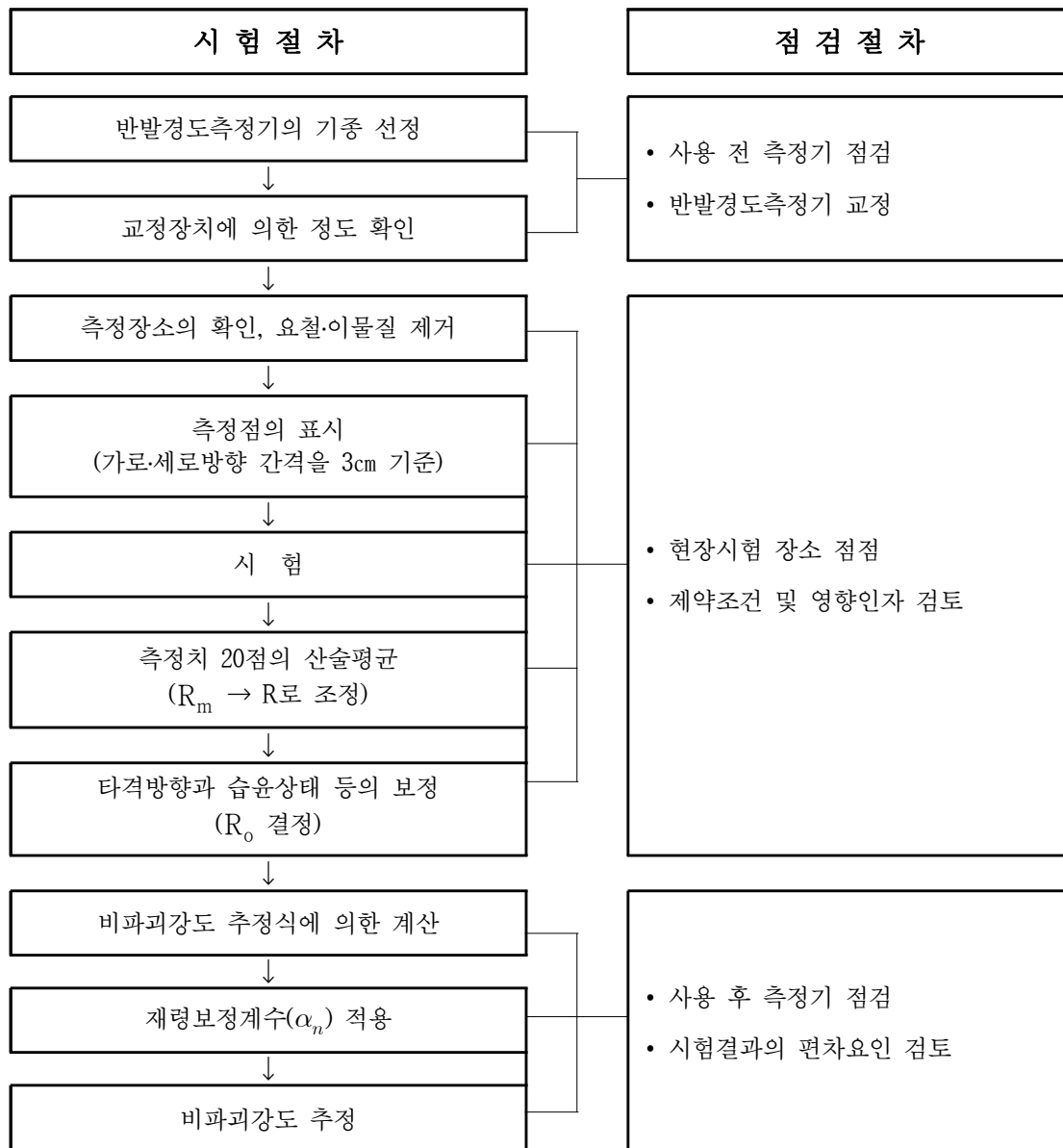
3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.4.3】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

【표 3.4.4】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분		추 정 식(MPa)	비 고
보통 콘크리트	일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
	동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	-
	일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
	U.S Army	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	-
고강도 콘크리트	과학기술부	$F_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.098$	금회 적용(식③)
	고속철도공단	$F_c = (13.3R_o - 124) \times 0.098$	-
	권영웅 외 제안식	$F_c = 2.304R_o - 38.8$	-
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)			

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 아래 【표 3.4.5】과 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

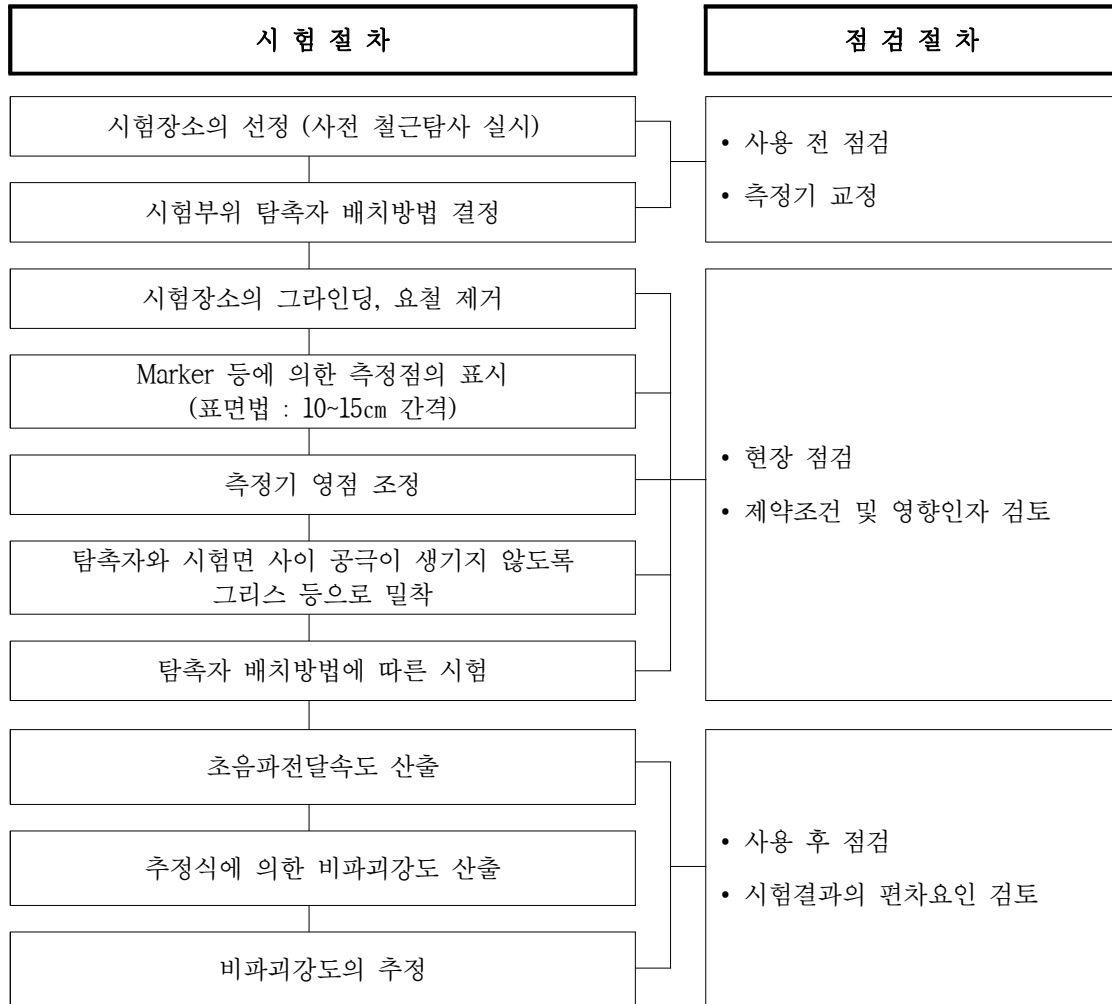
【표 3.4.5】 재령계수 α 값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

2) 초음파전달속도시험

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나, 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질 비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



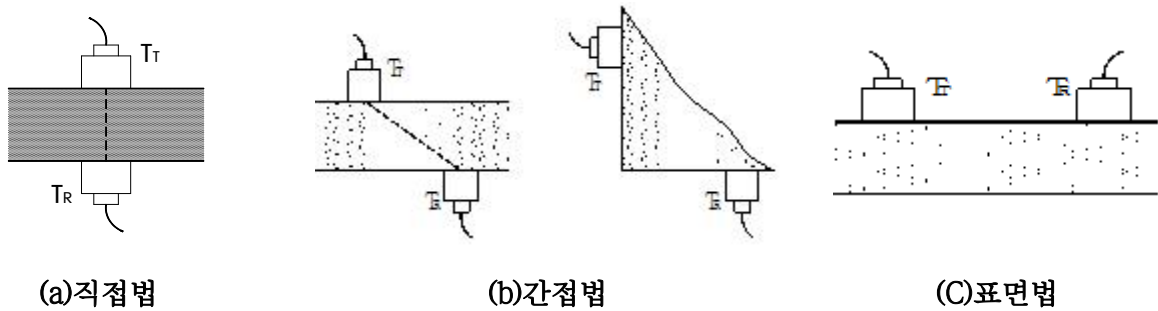
【그림 3.4.4】 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

② 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

초음파전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 아래 식에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도(Velocity)} = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}}$$

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



【그림 3.4.5】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

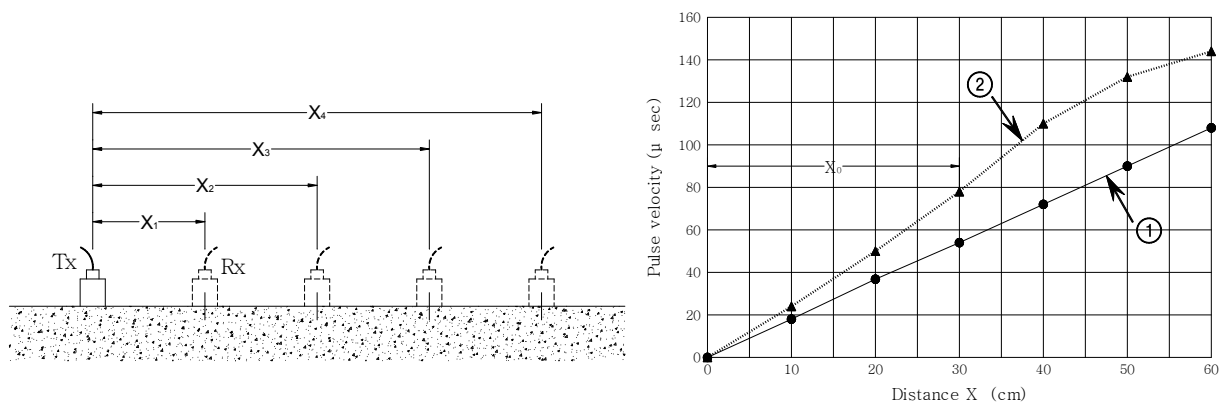
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

직접법과 표면법의 초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 보편적으로 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$ 의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있다.

보다 정확한 직접법과 표면법의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법을 수행한 동일 조건의 구조물이나, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

표면법은 등간격(100~150mm)으로 5점 이상의 측정점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간(T_i)을 측정하고, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도(V_i)로 한다.



【그림 3.4.6】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性)검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 다음 식에 의해서 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\sum (X_i - \bar{X})(T_i - \bar{T}))^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (T_i - \bar{T})^2}$$

여기서, $\bar{X}$, $\bar{T}$ 는 거리 및 전달시간의 평균값

③ 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 r^2 값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i 를 계산하였다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파전달속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.4.6】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분		추 정 식(MPa)	비 고
보통 콘크리트	일본건축학회	$F_c = (215 V_d - 620) \times 0.098$	금회 적용(식④)
	일본재료학회	$F_c = (102 V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용(식⑤)
	한전기술연구원	$F_c = (339.1 V_d - 1107) \times 0.098$	-
	谷川の 제안식	$F_c = (172.5 V_d - 499.6) \times 0.098$	-
고강도 콘크리트	대한건축학회논문집	$F_c = (33.53 V_d - 103.38)$	금회 적용(식⑥)
	가을학술논문집	$F_c = (-99.65 V_d^2 + 841.49 V_d - 1708.57)$	-
※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s) ※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단) 참조 ※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조			

나. 철근탐사시험

1) 개 요

본 시험은 전자파레이더를 이용한 철근탐사 시험기(RC Radar)를 활용하여 철근콘크리트 구조물에 배근된 철근간격, 콘크리트 피복을 측정하기 위해 실시한다.

철근콘크리트 구조물의 부재 내부에 배근되어 있는 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있으므로 철근탐사는 설계 당시와 같이 콘크리트 내에 배근되어 있는 철근의 배근상태 및 피복두께를 파악하기 위하여 실시한다.

2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래 【그림 3.4.7】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

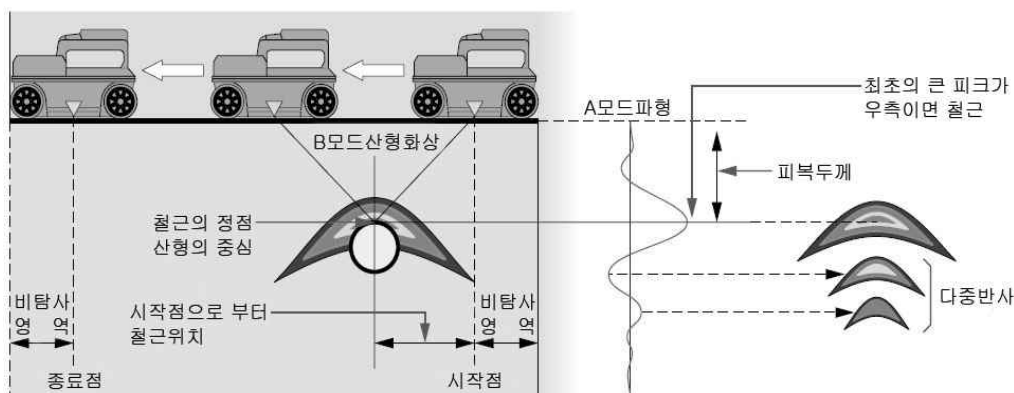
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ϵ_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

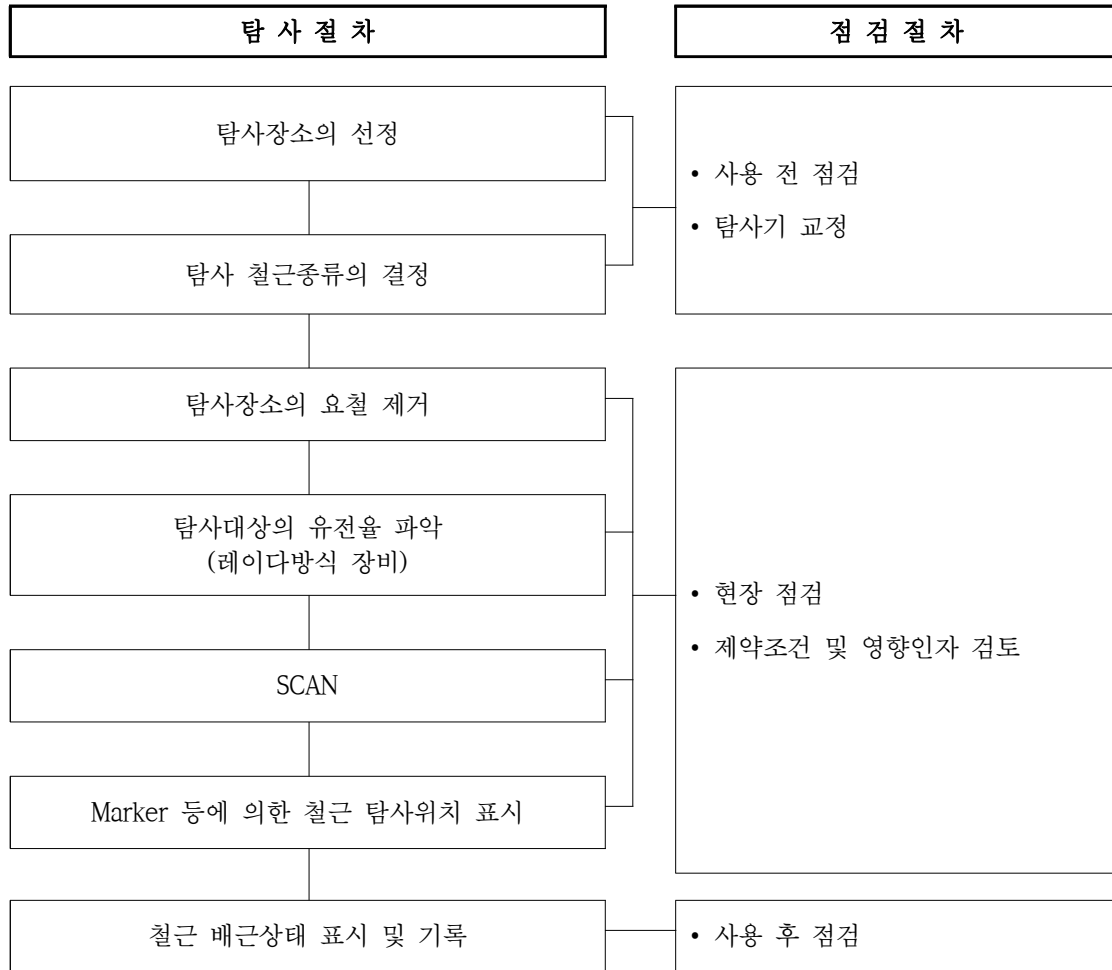
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (\text{m})$$



【그림 3.4.7】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.



【그림 3.4.8】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
 - 탐사심도 200mm이내
 - 탐사대상 철근지름이 $\phi 6\text{mm}$ 이상
 - 콘크리트의 질이 균일한 곳
 - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
 - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
 - 100mm이하의 피치로 배근되어 있는 경우
 - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

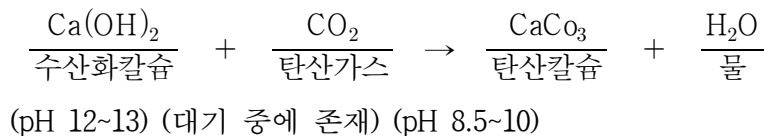
② 적용한계

- 탐사대상 물체의 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우
- 비유전율에 따라 피복두께의 차이가 있으므로 탐사 대상물의 비유전율을 추정하기 어려움
- 철근직경과 복철근 및 경사철근의 판독 불가능
- 탐사대상 표면에 요철이 많은 장소는 탐사결과의 신뢰성 저하
- 안테나의 사용으로 좁고, 짧은 위치의 탐사 불편

다. 탄산화깊이 측정

1) 개 요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

	STEP 1 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음 (약간의 건조수축에 의한 균열)
	STEP 2 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	STEP 3 - 철근의 윗면이 팽창함 - 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	STEP 4 - 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨 - 철근단면적이 감소함
	STEP 5 - 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨 - 내구성능은 없음

【그림 3.4.9】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로서는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

【표 3.4.7】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	- 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 - 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름

【표 3.4.7】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름
외적 요인	온도	• 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 • 20~50 °C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	• 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 • 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	• 상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	• 실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명예측년수} - \text{경과년수}$$

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.4.8】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30mm이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10mm이상 ~ 30mm미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0mm이상 ~ 10mm미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0mm미만	• 철근부식 발생
e	-	-

라. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

염화물의 콘크리트 침투를 구분해 보면 일반적으로 두가지로 크게 구분할 수 있다.

하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우이고, 다른 하나는 방동대책으로서 염화칼슘(CaCl_2)과 염화나트륨(NaCl)의 살포에 의해 염화물이 침투하는 경우이다.

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레쉬 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘(CaCl_2)의 사용, ③ 염화칼슘(CaCl_2)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl))을 주로 함유한 것의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

콘크리트 중에 함유하는 염화물은 ① 가용성 염화물(수용성 염화물), ② 전 염화물(산 용해성 염화물)의 2종류로 분류할 수 있다. ①의 가용성 염화물로는 콘크리트에서 물에 의해 유출되는 염화물이고, ②의 전 염화물은 콘크리트를 강한 산으로 용해함으로써 유출되는 염화물이다. 가용성 염화물의 측정은 콘크리트의 세공용액 속에 용해되어 있는 유리 염화물의 양을 구하는 경우로 측정할 수 있고 유출온도 등 시험방법의 자세한 내용은 제안되고 있는 각 방법에 따라 약간 차이가 있다. 일본 콘크리트공학협회(JCI)에서는 가용성 염화물을 「경화콘크리트 중에 함유된 50℃의 온수에 녹는 염화물」이라 정의하여 측정방법을 정하고 있다.

전 염화물량과 가용성 염화물량과의 차이는 시멘트 수화물에 고정되어 있는 염화물로서

판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로 0.3~1.2kg/m³ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 0.3~0.6kg/m³ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m³ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조서편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³ 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³ 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/m³이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/m³까지 허용

② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.4.9】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

부재의 종류	최대 수용성 염소이온(Cl ⁻), 시멘트의 중량에 대한 비(%)
프리스트레스트 콘크리트	0.06
염화물에 노출된 철근콘크리트	0.15
건조상태 또는 습기로부터 차단된 철근콘크리트	1.00
기타 철근콘크리트	0.30

③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)

【표 3.4.10】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

기 준	전염화물 이온량(kg/m ³)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 ≤ 0.3kg/m ³	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• 0.3kg/m ³ < 염화물 ≤ 1.2kg/m ³	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• 1.2kg/m ³ < 염화물 ≤ 2.5kg/m ³	• 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 ≥ 2.5kg/m ³	• 철근 부식발생
e	-	-

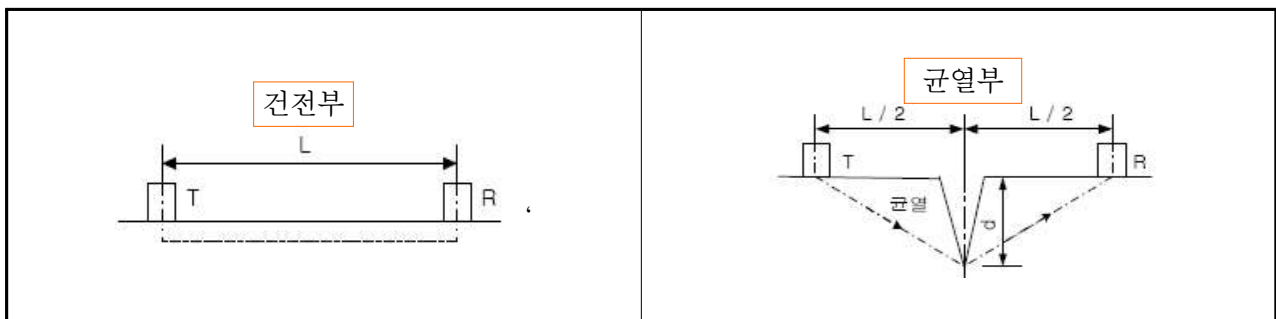
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_0 법으로 구한다.

T_c-T_0 법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래【그림 3.4.10】과 같이 각각 측정하고, 양자의 데이터 비교에 의해 균열깊이를 산출하는 것이다. 본 방법에서는 균열부분을 중심으로 하여 송신탐측자와 수신탐측자를 등간격으로 배치한다. 송신탐측자(T)로부터 발신된 종파초음파가 그림 중의 점선과 같이 콘크리트 내를 전파하고 균열 선단부를 경유해서 수신탐측자(R)에 도달하기까지의 시간 T_c 를 구한다.

비교용으로서 같은 콘크리트 부재에서 균열이 없는 부분을 대상으로 송신탐측자와 수신탐측자의 거리 L 과 초음파가 전파하는 시간 T_0 를 구해 다음 식을 적용하여 균열깊이를 구한다. 본 과업에서는 $X=10\text{cm}$ 를 적용하였다.

$$d = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{(T_c^2)}{(T_0^2)} - 1}$$



【그림 3.4.10】 T_c-T_0 법에 의한 탐측자 배치 및 균열깊이 측정방법

바. G.P.R 탐사

1) 탐사의 목적

본 G.P.R 탐사는 밀양대교(대구)에 대하여 교면포장 및 포장부 배면의 들뜸 여부와 위치 등을 확인하기 위하여 실시하였다.

2) G.P.R 장비의 제원

본 조사에 사용된 장비는 러시아 ©Geotech사의 CONSTRUCTION SCAN 1700 3D를 이용하였으며 기존 G.P.R 시스템을 통합한 모델로서 제원은 다음과 같다.

【표 3.4.11】 G.P.R 제원

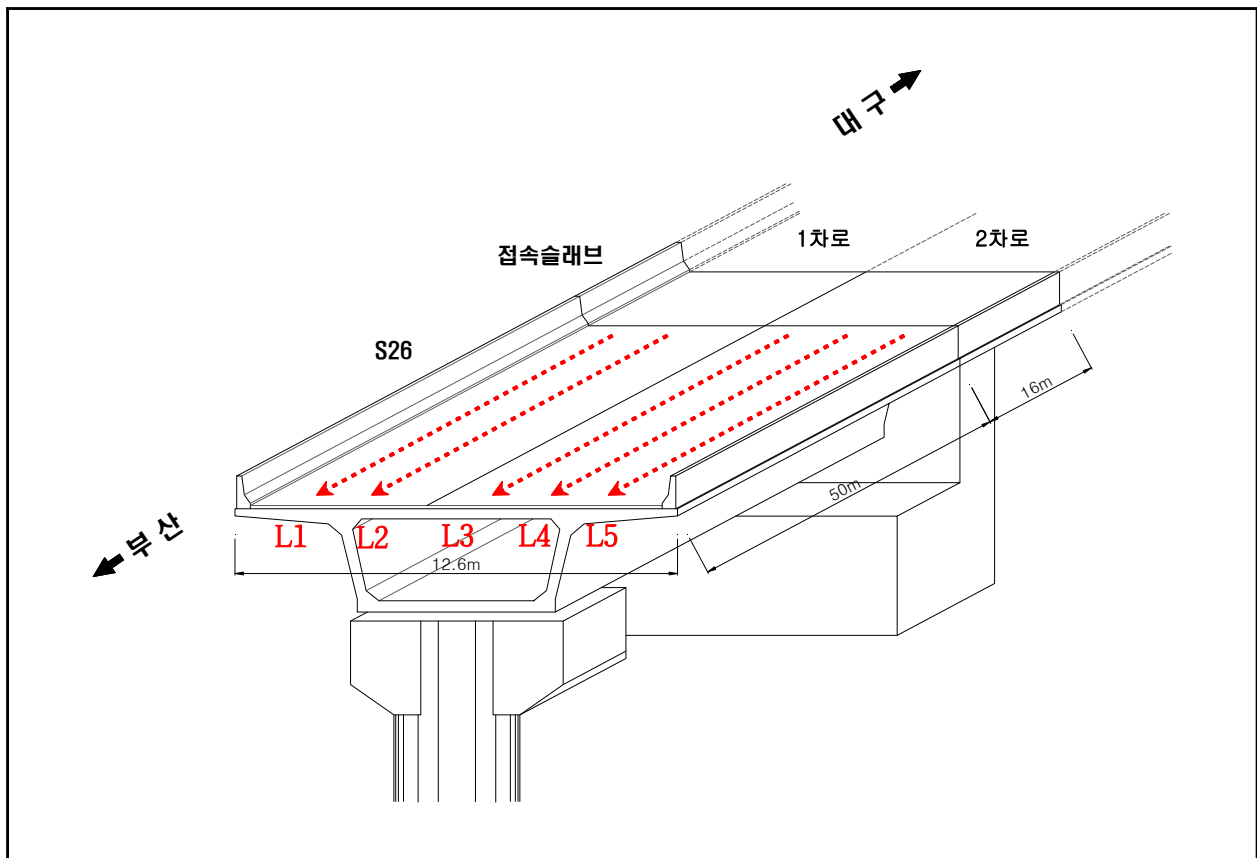
		
구 분	특 성	비 고
제 조 사	Geotech	러시아
모 델 명	CONSTRUCTION SCAN 1700	3D구현 가능
안테나 중심 주파수	1700 MHz	
투과깊이	1.0m 이하	
해 상 도	3.0cm 이하	
발견 결함의 최소 직경	0.3mm	
투과율(Rate of penetration)	1.0m/sec 이하	
무 게	1.5 kg	
규 격	22 × 17 × 14 cm	
온도 범위	-20℃ ~ +50℃	

3) G.P.R 탐사범위

밀양대교(대구)의 S26경간에 대하여 다음과 같이 G.P.R 탐사를 실시하였다. 탐사방향은 S26경간의 종점에서 시점방향으로 종방향 5측선을 선정하여 탐사하였다. 본 탐사에 적용된 안테나의 중심주파수는 약 1700MHz이다.

【표 3.4.12】 탐사구간 및 연장

구 분		위 치	탐사연장	비고
본선 S26	1차로	중분대측	50m	L1
		중앙부	50m	L2
	2차로	1차로측	50m	L3
		중앙부	50m	L4
		방호벽측	50m	L5
합 계		250m		-



【그림 3.4.11】 밀양대교(대구) 측선도

3.4.3 시험결과 및 분석

가. 대구방향

1) 콘크리트 강도시험

밀양대교(대구)의 콘크리트 비파괴강도시험은 반발경도법 및 초음파속도법을 이용하여 상부구조 33개소, 하부구조 15개소 등 총 48개소의 비파괴강도 시험을 실시하였으며, 측정 결과는 다음과 같다.

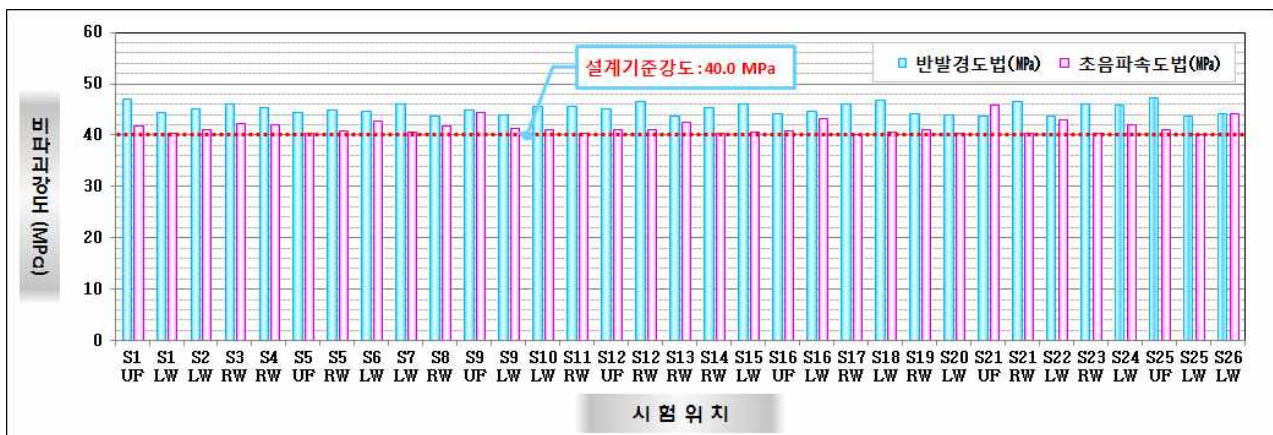
① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.13】 상부구조(PSC BOX) 비파괴강도 시험결과(대구)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계기준 강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
PSC BOX 내부	상부플랜지 S1	57.5	4.333	47.0	41.9	40.0
	좌측복부 S1	54.7	4.286	44.4	40.3	
	좌측복부 S2	55.6	4.306	45.2	41.0	
	우측복부 S3	56.7	4.344	46.2	42.3	
	우측복부 S4	55.7	4.338	45.3	42.1	
	상부플랜지 S5	54.7	4.269	44.4	40.3	
	우측복부 S5	55.3	4.299	44.9	40.8	
	좌측복부 S6	54.9	4.359	44.6	42.8	
	좌측복부 S7	56.5	4.295	46.1	40.6	
	우측복부 S8	54.1	4.329	43.8	41.8	
	상부플랜지 S9	55.4	4.406	45.0	44.4	
	좌측복부 S9	54.3	4.317	44.0	41.4	
	좌측복부 S10	56.1	4.311	45.7	41.2	
	우측복부 S11	56.1	4.292	45.7	40.5	
	상부플랜지 S12	55.5	4.305	45.1	41.0	
	우측복부 S12	57.0	4.31	46.5	41.1	
	우측복부 S13	54.0	4.353	43.7	42.6	
	우측복부 S14	55.9	4.289	45.5	40.4	
	좌측복부 S15	56.5	4.295	46.1	40.6	

【표 3.4.13】 상부구조(PSC BOX) 비파괴강도 시험결과(대구, 계속)

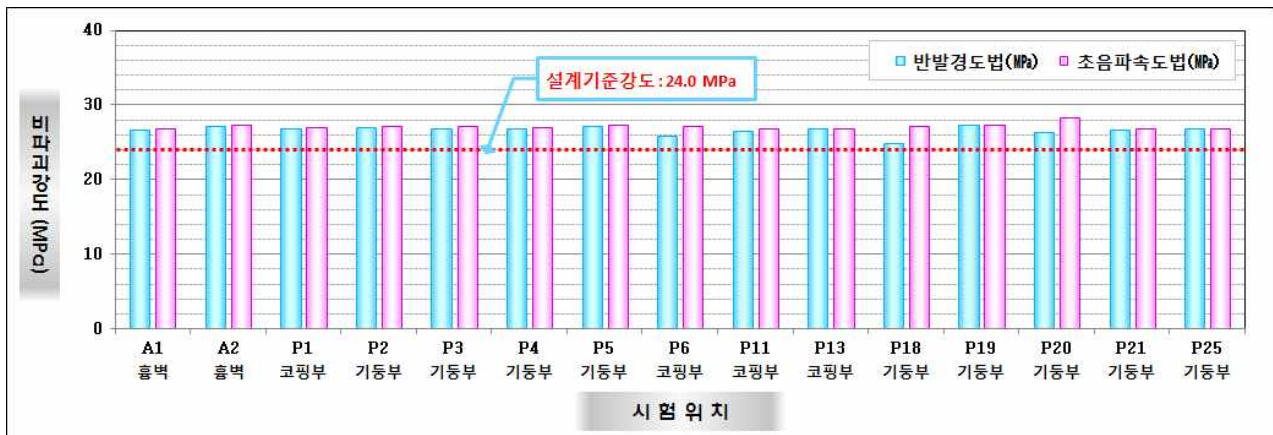
시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계기준 강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식③	식⑥	
PSC BOX 내부	상부플랜지 S16	54.6	4.304	44.3	40.9	40.0
	좌측복부 S16	55.2	4.375	44.8	43.3	
	우측복부 S17	56.5	4.278	46.1	40.1	
	좌측복부 S18	57.3	4.297	46.8	40.7	
	우측복부 S19	54.4	4.307	44.1	41.0	
	좌측복부 S20	54.3	4.290	44.0	40.5	
	상부플랜지 S21	54.1	4.448	43.8	45.8	
	우측복부 S21	57.1	4.290	46.6	40.5	
	좌측복부 S22	54.0	4.368	43.7	43.1	
	우측복부 S23	56.7	4.287	46.2	40.4	
	좌측복부 S24	56.3	4.340	45.9	42.1	
	상부플랜지 S25	57.9	4.306	47.4	41.0	
	좌측복부 S25	54.0	4.278	43.7	40.1	
	좌측복부 S26	54.5	4.398	44.2	44.1	
평 균				45.2	41.5	
표 준 편 차				1.1	1.4	
변 동 계 수				2.4	3.4	



【그림 3.4.12】 상부구조(PSC BOX) 평균압축강도 추정결과(대구)

【표 3.4.14】하부구조(교대, 교각) 비파괴강도 시험결과(대구)

시험위치			비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
			반발경도 (R_o)	초음파 속도 (V_d)	식①	식②	평균	식④	식⑤	평균	
하부 구조	교대	A1 흥벽	46.7	4.053	26.0	27.2	26.6	24.6	29.0	26.8	24.0
		A2 흥벽	47.6	4.083	26.7	27.6	27.2	25.3	29.3	27.3	
	교각	P1 코핑부	47.0	4.059	26.3	27.4	26.9	24.8	29.1	27.0	
		P2 기둥부	47.3	4.071	26.5	27.5	27.0	25.0	29.2	27.1	
		P3 기둥부	47.1	4.066	26.3	27.4	26.9	24.9	29.2	27.1	
		P4 기둥부	46.9	4.062	26.2	27.3	26.8	24.8	29.1	27.0	
		P5 기둥부	47.5	4.080	26.7	27.6	27.2	25.2	29.3	27.3	
		P6 코핑부	45.4	4.077	25.0	26.6	25.8	25.1	29.3	27.2	
		P11 코핑부	46.5	4.047	25.9	27.1	26.5	24.5	29.0	26.8	
		P13 코핑부	46.9	4.045	26.2	27.3	26.8	24.5	29.0	26.8	
		P18 기둥부	43.8	4.070	23.7	25.9	24.8	25.0	29.2	27.1	
		P19 기둥부	47.8	4.086	26.9	27.7	27.3	25.3	29.4	27.4	
		P20 기둥부	46.2	4.144	25.6	27.0	26.3	26.6	30.0	28.3	
		P21 기둥부	46.6	4.055	25.9	27.2	26.6	24.7	29.1	26.9	
		P25 기둥부	47.0	4.047	26.3	27.4	26.9	24.5	29.0	26.8	
평 균				26.0	27.2	26.6	25.0	29.2	27.1		
표 준 편 차				0.8	0.5	0.6	0.5	0.3	0.4		
변 동 계 수				3.1	1.7	2.4	2.1	0.9	1.4		



【그림 3.4.13】하부구조(교대, 교각) 평균압축강도 추정결과(대구)

- 각 시험법에 의한 비파괴강도 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 100~119%, 하부구조 103~118%로 반발경도법 및 초음파속도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회하는 값으로 분석되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 강도는 설계기준강도의 100%이상을 만족하면 적절한 것으로 판단함(일본 국토개발기술연구센터)에 따라 전구간 강도가 설계강도에 100%이상으로 조사되어 상·하부구조의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 밀양대교(대구) 상·하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용연수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.15】 비파괴강도시험 결과분석(대구)

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조 (PSC BOX)	반발경도법	43.7 ~ 47.4	40.0	109 ~ 119
	초음파속도법	40.1 ~ 45.8	40.0	100 ~ 115
하부구조 (교대, 교각)	반발경도법	24.8 ~ 27.3	24.0	103 ~ 114
	초음파속도법	26.8 ~ 28.3	24.0	112 ~ 118

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.16】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교(대구)

구 분		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도
반발경도법	상부구조 (PSC BOX)	41.3~44.7	43.7~47.4	40.0
	하부구조 (교대, 교각)	24.7~27.5	24.8~27.3	24.0
검토의견		■ 기 정밀점검('13년)과 비교분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.		

2) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 상부구조 33개소, 하부구조 15개소 등 총 48개소에 대하여 철근배근간격 및 피복두께 측정을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.4.17】 철근탐사 시험결과(대구)

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조 PSC BOX	상부플랜지 S1	횡방향철근	119	46	125	40.5	
		종방향철근	205	65	200	59.5	
	좌측복부 S1	수직철근	124	64	125	40.5	
		수평철근	192	98	200	59.5	
	좌측복부 S2	수직철근	122	70	125	40.5	
		수평철근	203	97	200	59.5	
	우측복부 S3	수직철근	123	54	125	40.5	
		수평철근	200	89	200	59.5	
	우측복부 S4	수직철근	122	51	125	40.5	
		수평철근	205	94	200	59.5	
	상부플랜지 S5	횡방향철근	124	42	125	40.5	
		종방향철근	210	88	200	59.5	
	우측복부 S5	수직철근	125	56	125	40.5	
		수평철근	203	82	200	59.5	
	좌측복부 S6	수직철근	123	59	125	40.5	
		수평철근	198	93	200	59.5	
	좌측복부 S7	수직철근	123	49	125	40.5	
		수평철근	201	96	200	59.5	
	우측복부 S8	수직철근	119	44	125	40.5	
		수평철근	153	88	200	59.5	
	상부플랜지 S9	횡방향철근	120	37	125	40.5	
		종방향철근	203	83	200	59.5	
	좌측복부 S9	수직철근	128	41	125	40.5	
		수평철근	205	82	200	59.5	
	좌측복부 S10	수직철근	122	51	125	40.5	
		수평철근	200	86	200	59.5	
	우측복부 S11	수직철근	126	52	125	40.5	
		수평철근	190	92	200	59.5	
	상부플랜지 S12	횡방향철근	119	37	125	40.5	
		종방향철근	205	84	200	59.5	

【표 3.4.17】 철근탐사 시험결과(대구, 계속)

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조 PSC BOX	우측복부 S12	수직철근	123	61	125	40.5	
		수평철근	193	95	200	59.5	
	우측복부 S13	수직철근	119	51	125	40.5	
		수평철근	210	90	200	59.5	
	우측복부 S14	수직철근	124	61	125	40.5	
		수평철근	195	92	200	59.5	
	좌측복부 S15	수직철근	118	66	125	40.5	
		수평철근	193	101	200	59.5	
	상부플랜지 S16	횡방향철근	121	40	125	40.5	
		종방향철근	195	77	200	59.5	
	좌측복부 S16	수직철근	124	33	125	40.5	
		수평철근	205	61	200	59.5	
	우측복부 S17	수직철근	125	37	125	40.5	
		수평철근	210	66	200	59.5	
	좌측복부 S18	수직철근	130	39	125	40.5	
		수평철근	213	83	200	59.5	
	우측복부 S19	수직철근	121	34	125	40.5	
		수평철근	205	54	200	59.5	
	좌측복부 S20	수직철근	128	50	125	40.5	
		수평철근	153	98	200	59.5	
	상부플랜지 S21	횡방향철근	126	55	125	40.5	
		종방향철근	200	90	200	59.5	
	우측복부 S21	수직철근	124	53	125	40.5	
		수평철근	195	87	200	59.5	
	좌측복부 S22	수직철근	126	76	125	40.5	
		수평철근	205	109	200	59.5	
	우측복부 S23	수직철근	121	55	125	40.5	
		수평철근	200	89	200	59.5	
	좌측복부 S24	수직철근	126	57	125	40.5	
		수평철근	208	90	200	59.5	
	상부플랜지 S25	횡방향철근	127	55	125	40.5	
		종방향철근	200	83	200	59.5	
	좌측복부 S25	수직철근	121	55	125	40.5	
		수평철근	200	89	200	59.5	
	좌측복부 S26	수직철근	123	83	125	40.5	
		수평철근	100	103	100	59.5	

【표 3.4.17】 철근탐사 시험결과(대구, 계속)

시험위치			철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	교대	A1 홍벽	수직철근	188	45	200	87.5	
			수평철근	248	77	250	112.5	
		A2 홍벽	수직철근	193	56	200	87.5	
			수평철근	240	89	250	112.5	
	교각	P1 코핑부	수직철근	200	104	200	111	
			수평철근	145	69	150	89	
		P2 기둥부	수직철근	100	93	100	108	
			띠철근	153	89	150	92	
		P3 기둥부	수직철근	103	107	100	108	
			띠철근	153	86	150	92	
		P4 기둥부	수직철근	103	59	100	108	
			띠철근	305	87	300	92	
		P5 기둥부	수직철근	98	115	100	108	
			띠철근	145	94	150	92	
		P6 코핑부	수직철근	200	97	200	111	
			수평철근	148	73	150	89	
		P11 코핑부	수직철근	208	103	200	111	
			수평철근	155	76	150	89	
		P13 코핑부	수직철근	193	102	200	111	
			수평철근	153	79	150	89	
		P18 기둥부	수직철근	103	121	100	108	
			띠철근	138	96	150	92	
		P19 기둥부	수직철근	113	101	100	108	
			띠철근	140	85	150	92	
		P20 기둥부	수직철근	100	110	100	108	
			띠철근	150	85	150	92	
		P21 기둥부	수직철근	98	125	100	108	
			띠철근	298	93	300	92	
		P25 기둥부	수직철근	103	118	100	108	
			띠철근	303	89	300	92	

【표 3.4.18】철근탐사시험 결과분석(대구)

구 분	부재	철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조 (PSC BOX)	상·하부 플랜지	횡방향철근	119~127	37~55	125	40.5	
		종방향철근	195~210	65~90	200	59.5	
	복부	수직철근	119~130	33~83	125	40.5	
		수평철근	100~213	61~109	100, 200	59.5	
하부구조 (교대, 교각)	교대	수직철근	188~193	45~56	200	87.5	
		수평철근	240~248	77~89	250	112.5	
	교각 코핑부	수직철근	193~208	97~104	200	111	
		수평철근	145~155	69~79	150	89	
	교각 기둥부	수직철근	98~113	59~125	100	108	
		띠철근	138~305	85~96	150, 300	92	

본 과업대상 교량에 대하여 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 부재별로 설계도서과 비교시 일부 구간에서 미소한 편차는 있으나 대부분의 측정 부재에서 근사한 것으로 측정되었으며, 지속적인 점검 및 관찰을 실시한다면 문제는 없을 것으로 판단된다.

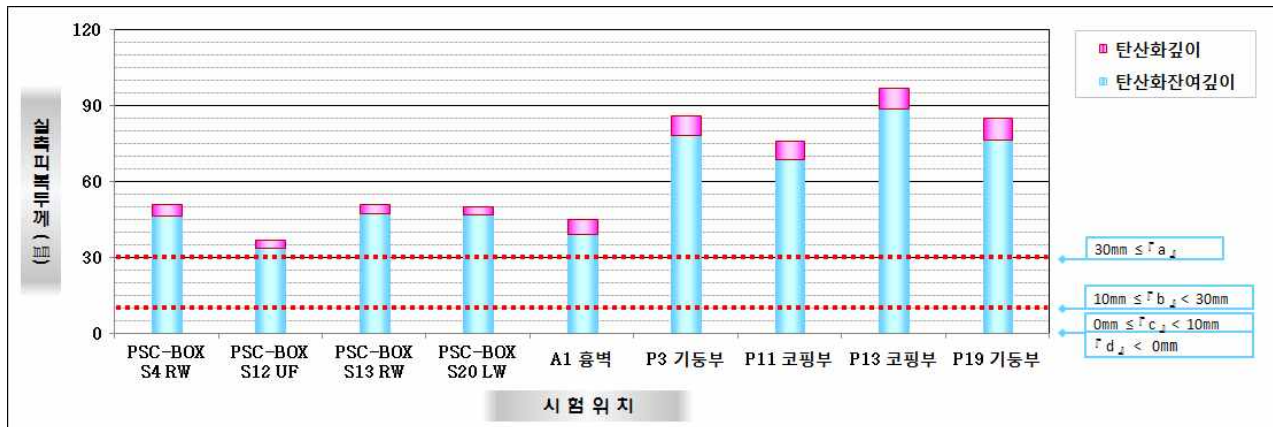
3) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 상부구조 4개소, 하부구조 5개소 등 총 9개소에 대하여 탄산화 잔여 깊이를 측정하였고, 실측 최소 피복두께를 적용하기 위해 철근탐사시험과 동일한 위치를 선정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.19】탄산화 깊이 측정결과 및 평가(대구)

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	PSC-BOX S4 RW	4.5	51	46.5	a	1.445	1,236	100년이상
	PSC-BOX S12 UF	3.2	37	33.8	a	1.027	1,288	
	PSC-BOX S13 RW	3.7	51	47.3	a	1.188	1,833	
	PSC-BOX S20 LW	2.9	50	47.1	a	0.931	2,875	
하부 구조	교대 A1 홍벽	5.7	45	39.3	a	1.830	595	100년이상
	교각 P3 기둥부	7.6	86	78.4	a	2.440	1,233	
	교각 P11 코핑부	7.4	76	68.6	a	2.376	1,013	
	교각 P13 코핑부	8.2	97	88.8	a	2.633	1,347	
	교각 P19 기둥부	8.7	85	76.3	a	2.793	916	



【그림 3.4.14】 탄산화 깊이 측정결과(대구)

콘크리트 부재에 대한 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0mm 이상으로 측정되어 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2012. 10)』의 건전성 평가 기준에 의거 “a”로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.20】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교(대구)

구 분		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	비 고
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조	3.0 ~ 6.0	2.9 ~ 4.5	
	하부구조	6.0 ~ 8.0	5.7 ~ 8.7	
검토의견		■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.		

4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 상부구조 2개소, 하부구조 2개소 등 총 4개소에 대하여 깊이별 시료를 채취하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

① 염화물 함유량 시험결과

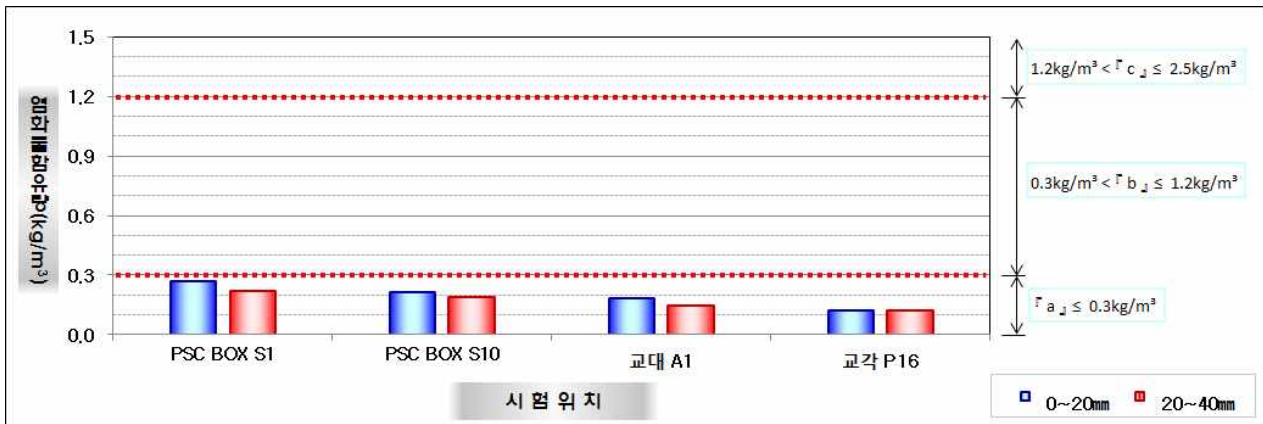
【표 3.4.21】 염화물함유량 시험결과 및 평가(대구)

시험위치		측정 깊이	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			CI ⁻ (%)	CI ⁻ (kg/m ³)		
상부 구조	PSC BOX S1	0~20mm	0.0119	0.269	a	
		20~40mm	0.0097	0.219	a	
	PSC BOX S10	0~20mm	0.0094	0.212	a	
		20~40mm	0.0084	0.190	a	
하부 구조	교대 A1	0~20mm	0.0082	0.185	a	
		20~40mm	0.0064	0.144	a	
	교각 P16	0~20mm	0.0054	0.122	a	
		20~40mm	0.0053	0.119	a	

※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/m³) = 전 염화물 함유량(CI⁻)% / 100 × 콘크리트 단위중량(2,263kg/m³)

콘크리트 시료의 염화물함유량 평가는 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)” 평가기준에 의거하여 수행하였으며, 깊이별 분석결과 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없는 상태인 “a” 로 평가되었다.

다만, 바닥판상면, 신축이음 인접부재 등은 동절기 제설작업을 위해 살포한 염화칼슘의 영향으로 염화물함유량이 높아져 철근부식 등의 내구성 저하를 야기할 수 있으므로 향후 염화물함유량에 대한 주기적인 측정이 필요하다.



【그림 3.4.15】 염화물시험 측정결과(대구)

5) 균열깊이 측정결과

외관조사시 PSC-BOX(고강도) 및 하부 콘크리트에 국부적으로 조사된 균열폭 0.2mm이상 균열 중 임의로 대표손상을 선정하였으며, 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

【표 3.4.22】 균열깊이 측정결과(대구)

시험위치		균열폭 (mm)	전달거리 (mm)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	비고
				전진부 (To)	균열부 (Tc)			
상부 구조	PSC-BOX 내부 S7 UF	0.2	200	48.4	53.4	46.6	40.5	
	PSC-BOX 외부 S15 UF	0.2	200	50.6	55.3	44.1	40.5	
하부 구조	교각 P7 기둥부	0.3	200	55.9	72.1	81.5	92	
	교각 P11 기둥부	0.3	200	53.7	69.5	82.2	92	

균열깊이 측정결과, 측정 대상 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.

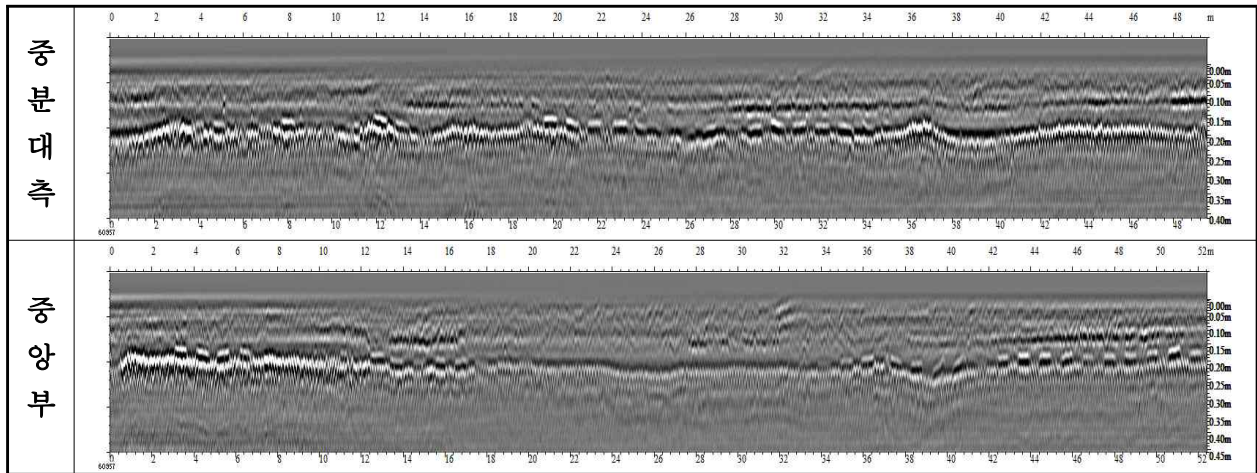
6) G.P.R 탐사결과

밀양대교(대구방향) S26구간 교면포장에 대한 분석결과, 특정 구간에서 이상반사파가 탐사되었으며, 탐사된 이상반사파는 심도 및 이상반사파의 형상으로 판단할 때 대부분 교면포장과 상부슬래브 사이의 경계부에서 발생한 들뜸현상으로 판단된다.

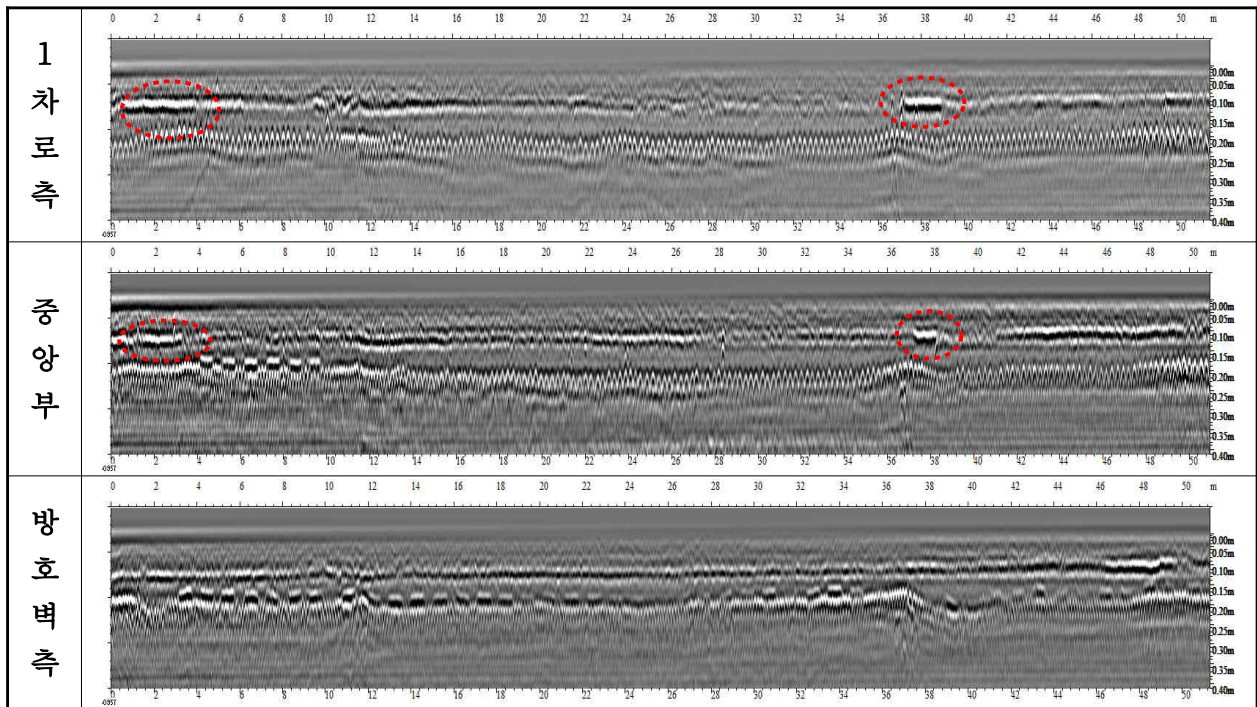
다음은 S26구간 교면포장에 대한 종측선 탐사결과이며 경계부 들뜸으로 추정되는 이상반사파가 2차로의 두 측선에서 연장 1.5~3.0m, 두께 10~20mm로 탐지되었으며 연장률은 3.65%로 조사되었다.

【표 3.4.23】 밀양대교(대구방향 S26) 교면포장 이상반사파 탐사구간

구 분		탐사연장	이상반사파 탐사구간		비고
			조사위치	조사연장	
1차로	중분대측	50m	-	-	
	중앙부	50m	-	-	
2차로	1차로측	50m	A2로부터 0.5m A2로부터 37.0m	3.0m 1.7m	
	중앙부	50m	A2로부터 0.0m A2로부터 37.0m	2.7m 1.5m	
	방호벽측	50m	-	-	
합 계		250m	8.9m		3.65%



【그림 3.4.16】 밀양대교(대구방향 S26) 교면포장 1차로 탐사결과



【그림 3.4.17】 밀양대교(대구방향 S26) 교면포장 2차로 탐사결과

본 교량에 대한 G.P.R 탐사결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) S26구간 교면포장에 대한 분석결과 2차로에서 신축이음부 A2로부터 0m, 37m위치에서 이상반사파가 탐사되었으며, 탐사된 이상반사파는 심도 및 형상으로 판단할 때 대부분 교면포장과 상부슬래브 사이의 경계부에서 발생된 들뜸현상으로 판단된다.
- 2) 경계부 들뜸으로 추정되는 이상반사파는 2차로의 두 측선에서 연장 1.5~3.0m, 두께 10~20 mm로 탐지되었으며 연장률은 3.65%로 조사되었다.

- 3) 일반적으로 동결기시 염화물계 제설제 살포에 의한 염해, 동결융해의 반복에 의한 동해, 탄산화 등이 복합되어 작용하는 복합열화가 바닥판에서 발생할 경우 그에 따른 팽창압으로 포장층을 밀어 올려 바닥판과 포장층이 들뜨는 현상이 발생되며, 이 경우 횡단경사에 의해 우수가 채수되기 쉬운 외측 가장자리에 발생하는 경우가 많다. 이를 감안하면 5개소의 측선가운데 2차로 방호벽측 포장층의 이상반사파가 강하게 나타나야 하나 본 측정에서는 그러한 특징을 나타내지는 않는다. 이상반사파가 탐지된 위치가 교량의 기하학적 형상과는 일치하지 않으나 탐사심도를 기준으로 포장층과 바닥판의 경계부가 확실하며 본 교량의 포장을 최근 재시공한 이력이 있고 포장자체에서는 특별한 손상이 발견되지 않음을 감안할 때 바닥판의 열화에 의한 손상일 가능성이 크다. 따라서, 포장의 손상진행여부를 바닥판 손상과 연계하여 주의관찰하여야 한다.

나. 부산방향

1) 콘크리트 강도시험

밀양대교(부산)의 콘크리트 비파괴강도시험은 반발경도법 및 초음파속도법을 이용하여 상부구조 32개소, 하부구조 15개소 등 총 47개소의 비파괴강도 시험을 실시하였으며, 측정 결과는 다음과 같다.

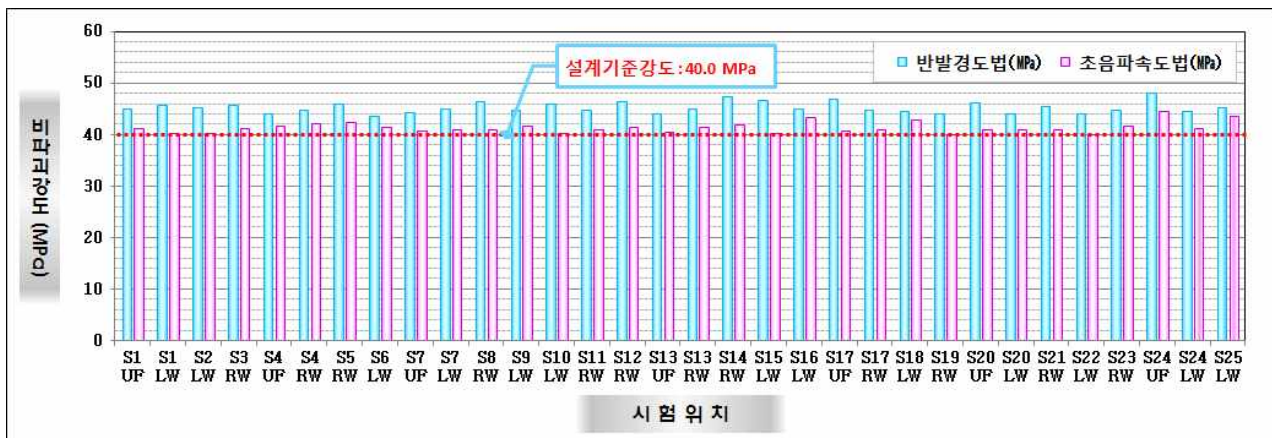
① 비파괴강도 시험결과

【표 3.4.24】 상부구조(PSC BOX) 비파괴강도 시험결과(부산)

시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계기준 강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식 ③	식 ⑥	
PSC BOX 내부	상부플랜지 S1	55.5	4.311	45.1	41.2	40.0
	좌측복부 S1	56.2	4.283	45.8	40.2	
	좌측복부 S2	55.6	4.286	45.2	40.3	
	우측복부 S3	56.2	4.314	45.8	41.3	
	상부플랜지 S4	54.3	4.328	44.0	41.7	
	우측복부 S4	55.3	4.344	44.9	42.3	
	우측복부 S5	56.4	4.347	46.0	42.4	
	좌측복부 S6	53.9	4.318	43.6	41.4	
	상부플랜지 S7	54.6	4.3	44.3	40.8	
	좌측복부 S7	55.4	4.306	45.0	41.0	
	우측복부 S8	56.9	4.302	46.4	40.9	
	좌측복부 S9	55.3	4.327	44.9	41.7	
	좌측복부 S10	56.3	4.286	45.9	40.3	

【표 3.4.24】 상부구조(PSC BOX) 비파괴강도 시험결과(부산, 계속)

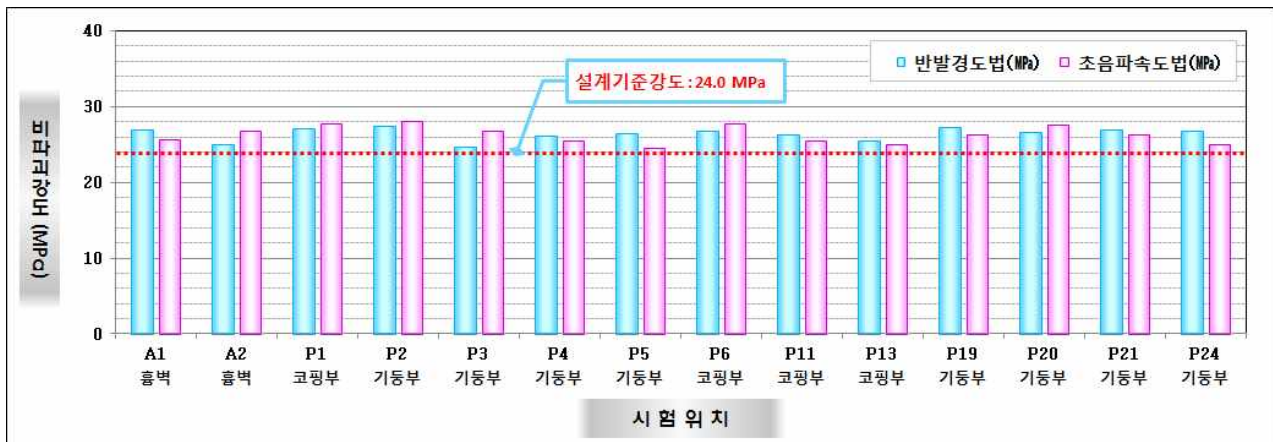
시험위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)	초음파속도법(MPa)	설계기준 강도(MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식 ③	식 ⑥	
PSC BOX 내부	우측복부 S11	55.1	4.306	44.7	41.0	40.0
	우측복부 S12	56.9	4.322	46.4	41.5	
	상부플랜지 S13	54.5	4.293	44.2	40.6	
	우측복부 S13	55.5	4.32	45.1	41.5	
	우측복부 S14	58	4.333	47.5	41.9	
	좌측복부 S15	57.1	4.281	46.6	40.2	
	좌측복부 S16	55.4	4.375	45.0	43.3	
	상부플랜지 S17	57.4	4.298	46.9	40.7	
	우측복부 S17	55	4.309	44.7	41.1	
	좌측복부 S18	54.8	4.359	44.5	42.8	
	우측복부 S19	54.5	4.278	44.2	40.1	
	상부플랜지 S20	56.8	4.308	46.3	41.1	
	좌측복부 S20	54.5	4.306	44.2	41.0	
	우측복부 S21	56.0	4.305	45.6	41.0	
	좌측복부 S22	54.4	4.279	44.1	40.1	
	우측복부 S23	55.2	4.324	44.8	41.6	
	상부플랜지 S24	58.8	4.409	48.2	44.5	
	좌측복부 S24	54.9	4.312	44.6	41.2	
	좌측복부 S25	55.6	4.386	45.2	43.7	
평 균				45.3	41.4	
표 준 편 차				1.1	1.0	
변 동 계 수				2.4	2.5	



【그림 3.4.18】 밀양대교(부산) 상부구조(PSC BOX) 평균압축강도 추정결과

【표 3.4.25】하부구조(교대, 교각) 비파괴강도 시험결과(부산)

시험위치			비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
			반발경도 (R_o)	초음파 속도 (V_d)	식 ①	식 ②	평균	식 ④	식 ⑤	평균	
하부 구조	교대	A1 흥벽	47.4	3.978	26.6	27.5	27.1	23.1	28.3	25.7	24.0
		A2 흥벽	44.3	4.045	24.1	26.1	25.1	24.5	29.0	26.8	
	교각	P1 코핑부	47.6	4.118	26.7	27.6	27.2	26.0	29.7	27.9	
		P2 기둥부	48	4.143	27.1	27.8	27.5	26.5	29.9	28.2	
		P3 기둥부	43.7	4.057	23.6	25.9	24.8	24.7	29.1	26.9	
		P4 기둥부	46.2	3.969	25.6	27.0	26.3	22.9	28.2	25.6	
		P5 기둥부	46.6	3.906	25.9	27.2	26.6	21.5	27.6	24.6	
		P6 코핑부	47.2	4.113	26.4	27.4	26.9	25.9	29.6	27.8	
		P11 코핑부	46.3	3.973	25.7	27.0	26.4	23.0	28.2	25.6	
		P13 코핑부	45.1	3.943	24.7	26.5	25.6	22.3	27.9	25.1	
		P19 기둥부	47.7	4.023	26.8	27.7	27.3	24.0	28.7	26.4	
		P20 기둥부	46.8	4.106	26.1	27.3	26.7	25.8	29.6	27.7	
		P21 기둥부	47.3	4.025	26.5	27.5	27.0	24.0	28.8	26.4	
		P24 기둥부	47	3.94	26.3	27.4	26.9	22.3	27.9	25.1	
		평 균			25.9	27.1	26.5	24.0	28.8	26.4	
		표 준 편 차			1.0	0.6	0.8	1.6	0.8	1.2	
		변 동 계 수			4.0	2.2	3.1	6.6	2.6	4.4	



【그림 3.4.19】밀양대교(부산) 하부구조(교대, 교각) 평균압축강도 추정결과

- 각 시험법에 의한 비파괴강도 검토결과, 설계기준 대비 상부구조 100~121%, 하부구조 103~118%로 반발경도법 및 초음파속도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 100% 이상을 상회하는 값으로 분석되었다.
- 비파괴 추정식에 의해 평가된 강도는 설계기준강도의 100%이상을 만족하면 적절한 것으로 판단함(일본 국토개발기술연구센터)에 따라 전구간 강도가 설계강도에 100%이상으로 조사되어 상·하부구조의 콘크리트 강도는 양호한 것으로 판단된다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 밀양대교(부산) 상·하부구조에 대한 콘크리트 강도는 공용연수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

【표 3.4.26】 비파괴강도시험 결과분석(부산)

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조 (PSC BOX)	반발경도법	43.6 ~ 48.2	40.0	109 ~ 121
	초음파속도법	40.1 ~ 44.5	40.0	100 ~ 111
하부구조 (교대, 교각)	반발경도법	24.8 ~ 27.5	24.0	103 ~ 115
	초음파속도법	24.6 ~ 28.2	24.0	103 ~ 118

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.27】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교(부산)

구 분		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도
반발경도법	상부구조 (PSC BOX)	41.4~43.8	43.6~48.2	40.0
	하부구조 (교대, 교각)	24.5~27.6	24.8~27.5	24.0
검토의견		■ 기 정밀점검('13년)과 비교분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.		

2) 철근탐사시험

철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 상부구조 32개소, 하부구조 15개소 등 총 47개소에 대하여 철근배근간격 및 피복두께 측정을 실시하였으며, 측정결과는 다음과 같다.

① 철근탐사 시험결과

【표 3.4.28】 철근탐사 시험결과(부산)

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조 PSC BOX	상부플랜지 S1	횡방향철근	121	47	125	40.5	
		종방향철근	200	76	200	59.5	
	좌측복부 S1	수직철근	127	68	125	40.5	
		수평철근	198	85	200	59.5	
	좌측복부 S2	수직철근	128	66	125	40.5	
		수평철근	221	85	200	59.5	
	우측복부 S3	수직철근	119	38	125	40.5	
		수평철근	198	59	200	59.5	
	상부플랜지 S4	횡방향철근	125	44	125	40.5	
		종방향철근	245	75	200	59.5	
	우측복부 S4	수직철근	127	71	125	40.5	
		수평철근	198	94	200	59.5	
	우측복부 S5	수직철근	121	73	125	40.5	
		수평철근	202	90	200	59.5	
	좌측복부 S6	수직철근	108	41	125	40.5	
		수평철근	136	90	200	59.5	
	상부플랜지 S7	횡방향철근	112	48	125	40.5	
		종방향철근	200	82	200	59.5	
	좌측복부 S7	수직철근	123	52	125	40.5	
		수평철근	208	91	200	59.5	
	우측복부 S8	수직철근	124	43	125	40.5	
		수평철근	205	76	200	59.5	
	좌측복부 S9	수직철근	124	65	125	40.5	
		수평철근	200	94	200	59.5	
	좌측복부 S10	수직철근	113	77	125	40.5	
		수평철근	203	99	200	59.5	
	우측복부 S11	수직철근	125	62	125	40.5	
		수평철근	203	93	200	59.5	

【표 3.4.28】 철근탐사 시험결과(부산, 계속)

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조 PSC BOX	우측복부 S12	수직철근	123	37	125	40.5	
		수평철근	129	88	200	59.5	
	상부플랜지 S13	횡방향철근	122	47	125	40.5	
		종방향철근	172	83	200	59.5	
	우측복부 S13	수직철근	125	62	125	40.5	
		수평철근	213	100	200	59.5	
	우측복부 S14	수직철근	123	55	125	40.5	
		수평철근	201	87	200	59.5	
	좌측복부 S15	수직철근	123	35	125	40.5	
		수평철근	221	59	200	59.5	
	좌측복부 S16	수직철근	125	54	125	40.5	
		수평철근	198	91	200	59.5	
	상부플랜지 S17	횡방향철근	121	50	125	40.5	
		종방향철근	205	82	200	59.5	
	우측복부 S17	수직철근	125	58	125	40.5	
		수평철근	245	92	200	59.5	
	좌측복부 S18	수직철근	126	45	125	40.5	
		수평철근	208	72	200	59.5	
	우측복부 S19	수직철근	122	60	125	40.5	
		수평철근	203	91	200	59.5	
	상부플랜지 S20	횡방향철근	133	55	125	40.5	
		종방향철근	196	87	200	59.5	
	좌측복부 S20	수직철근	124	46	125	40.5	
		수평철근	200	76	200	59.5	
	우측복부 S21	수직철근	125	60	125	40.5	
		수평철근	193	87	200	59.5	
	좌측복부 S22	수직철근	121	46	125	40.5	
		수평철근	215	80	200	59.5	
	우측복부 S23	수직철근	126	62	125	40.5	
		수평철근	195	93	200	59.5	
	상부플랜지 S24	횡방향철근	119	54	125	40.5	
		종방향철근	180	84	200	59.5	
	좌측복부 S24	수직철근	123	51	125	40.5	
		수평철근	205	96	200	59.5	
	좌측복부 S25	수직철근	123	41	125	40.5	
		수평철근	98	90	100	59.5	

【표 3.4.28】 철근탐사 시험결과(부산, 계속)

시험위치			철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
하부 구조	교대	A1 흉벽	수직철근	189	50	200	87.5	
			수평철근	238	68	250	112.5	
		A2 흉벽	수직철근	188	62	200	87.5	
			수평철근	255	86	250	112.5	
	교각	P1 코핑부	수직철근	220	102	200	111	
			수평철근	145	67	150	89	
		P2 기둥부	수직철근	108	111	100	108	
			띠철근	300	93	300	92	
		P3 기둥부	수직철근	93	107	100	108	
			띠철근	288	86	300	92	
		P4 기둥부	수직철근	110	103	100	108	
			띠철근	293	93	300	92	
		P5 기둥부	수직철근	108	97	100	108	
			띠철근	148	75	150	92	
		P6 코핑부	수직철근	200	104	200	111	
			수평철근	145	78	150	89	
		P11 코핑부	수직철근	203	92	200	111	
			수평철근	150	75	150	89	
		P13 코핑부	수직철근	208	110	200	111	
			수평철근	145	84	150	89	
		P19 기둥부	수직철근	98	103	100	108	
			띠철근	280	85	300	92	
		P20 기둥부	수직철근	108	103	100	108	
			띠철근	298	81	300	92	
		P21 기둥부	수직철근	106	90	100	108	
			띠철근	293	57	300	92	
		P24 기둥부	수직철근	113	92	100	108	
			띠철근	153	83	150	92	

【표 3.4.29】철근탐사시험 결과분석(부산)

구 분	부재	철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조 (PSC BOX)	상·하부 플랜지	횡방향철근	119~133	44~55	125	40.5	
		종방향철근	175~245	75~87	200	59.5	
	복부	수직철근	108~128	35~77	125	40.5	
		수평철근	98~245	59~100	100, 200	59.5	
하부구조 (교대, 교각)	교대	수직철근	188~189	50~62	200	87.5	
		수평철근	238~255	68~86	250	112.5	
	교각 코핑부	수직철근	200~208	92~110	200	111	
		수평철근	145~150	67~84	150	89	
	교각 기둥부	수직철근	93~110	90~111	100	108	
		띠철근	148~300	57~93	150, 300	92	

본 과업대상 교량에 대하여 철근탐사 수행결과, 측정된 철근배근 간격 및 피복두께는 부재별로 설계도서과 비교시 일부 구간에서 미소한 편차는 있으나 대부분의 측정 부재에서 근사한 것으로 측정되었으며, 지속적인 점검 및 관찰을 실시한다면 문제는 없을 것으로 판단된다.

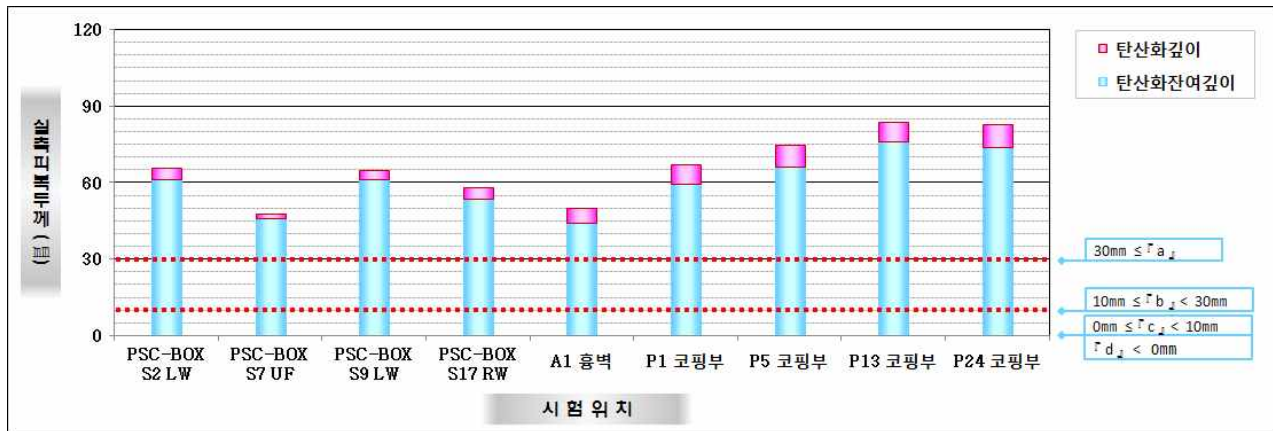
3) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 상부구조 4개소, 하부구조 5개소 등 총 9개소에 대하여 탄산화 잔여 깊이를 측정하였고, 실측 피복두께를 적용하기 위해 철근탐사시험과 동일한 위치를 선정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.30】탄산화 깊이 측정결과 및 평가(부산)

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	PSC-BOX S2 LW	4.5	66	61.5	a	1.445	2,076	100년이상
	PSC-BOX S7 UF	2.1	48	45.9	a	0.674	5,062	
	PSC-BOX S9 LW	3.8	65	61.2	a	1.220	2,829	
	PSC-BOX S17 RW	4.2	58	53.8	a	1.349	1,839	
하부 구조	교대 A1 흥벽	5.9	50	44.1	a	1.894	687	100년이상
	교각 P1 코핑부	7.4	67	59.6	a	2.376	785	
	교각 P5 기둥부	8.6	75	66.4	a	2.761	728	
	교각 P13 코핑부	7.8	84	76.2	a	2.504	1,116	
	교각 P24 기둥부	8.9	83	74.1	a	2.858	834	



【그림 3.4.20】 탄산화 깊이 측정결과(부산)

콘크리트 부재에 대한 탄산화 깊이 측정결과, 실측 피복두께와 비교시 탄산화 잔여깊이가 30.0mm 이상으로 측정되어 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2012. 10)』의 건전성 평가 기준에 의거 “a”로 평가되었으며, 철근까지의 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.4.31】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교(부산)

구 분		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	비 고
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조	2.0 ~ 4.0	2.1 ~ 4.5	
	하부구조	6.0 ~ 7.0	5.9 ~ 8.9	
검토의견		■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.		

4) 염화물함유량 시험

염화물함유량 시험은 상부구조 2개소, 하부구조 2개소 등 총 4개소에 대하여 깊이별 시료를 채취하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

① 염화물 함유량 시험결과

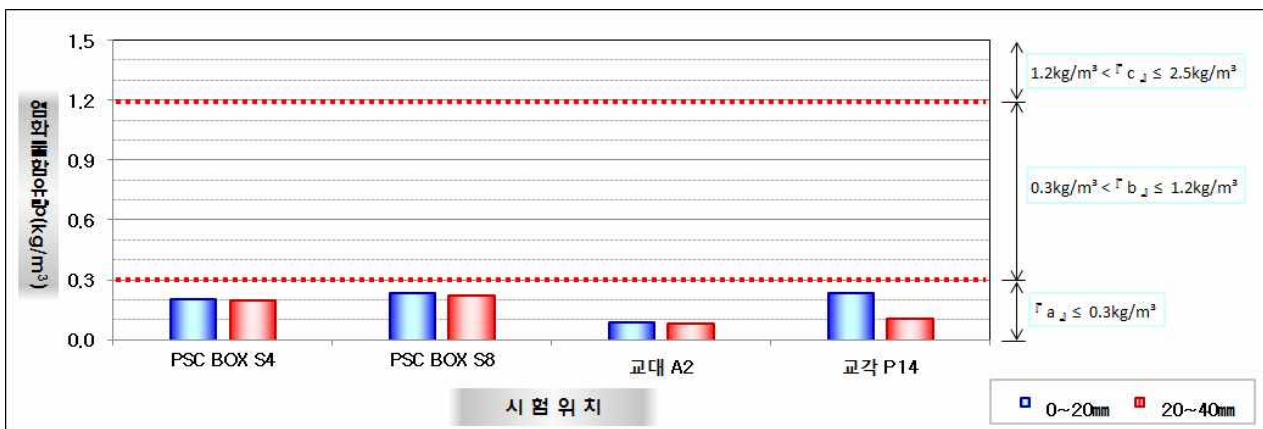
【표 3.4.32】 염화물함유량 시험결과 및 평가(부산)

시험위치		측정 깊이	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			CI ⁻ (%)	CI ⁻ (kg/m ³)		
상부 구조	PSC BOX S4	0~20mm	0.0090	0.203	a	
		20~40mm	0.0089	0.201	a	
	PSC BOX S8	0~20mm	0.0105	0.237	a	
		20~40mm	0.0100	0.226	a	
하부 구조	교대 A2	0~20mm	0.0040	0.090	a	
		20~40mm	0.0038	0.085	a	
	교각 P14	0~20mm	0.0104	0.235	a	
		20~40mm	0.0048	0.108	a	

※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/m³) = 전 염화물 함유량(CI⁻)% / 100 × 콘크리트 단위중량(2,263kg/m³)

콘크리트 시료의 염화물함유량 평가는 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)” 평가기준에 의거하여 수행하였으며, 깊이별 분석결과 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없는 상태인 “a” 로 평가되었다.

다만, 바닥판상면, 신축이음 인접부재 등은 동절기 제설작업을 위해 살포한 염화칼슘의 영향으로 염화물함유량이 높아져 철근부식 등의 내구성 저하를 야기할 수 있으므로 향후 염화물함유량에 대한 주기적인 측정이 필요하다.



【그림 3.4.21】 염화물시험 측정결과(부산)

5) 균열깊이 측정결과

외관조사시 PSC-BOX(고강도)에 국부적으로 조사된 균열폭 0.2mm이상 균열 중 임의로 대표손상을 선정하였으며, 초음파속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

【표 3.4.33】 균열깊이 측정결과(부산)

시험위치		균열폭 (mm)	전달거리 (mm)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	비고
				건전부 (To)	균열부 (Tc)			
상부 구조	PSC-BOX 외부 S8 LW	0.3	200	52.3	58.4	49.7	40.5	
	PSC-BOX 내부 S12 UF	0.2	200	51.4	55.1	38.6	40.5	
	PSC-BOX 내부 S14 격벽	0.3	200	49.5	55.8	52.0	40.5	

균열깊이 측정결과, 측정 대상 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.

3.5 현장조사 및 시험 결과요약

3.5.1 외관조사 결과요약

가. 대구방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.5.1】 외관조사 결과요약(대구)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
PSC BOX 거더	내부	상부 바닥판에 종균열이 다수 발생되었으며, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태, 백태, 이물질 퇴적 손상 등이 조사됨	발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 균열/백태, 백태손상은 주입보수로 내구성을 확보하고, 이물질 퇴적은 제거 및 청소 실시가 바람직함
	외부	- 하부 바닥판에 종균열이 간헐적으로 발생되었으며, 벽체부에 수평 및 경사 균열이 조사됨 - 일부 개소에 균열부 백태, 백태 등이 조사됨	발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 백태손상은 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직함
		파손, 철근노출 손상이 조사됨	공용중 손상확대가 우려되므로 손상확대 방지를 위해 단면보수가 바람직함
교대		균열, 교좌면 체수 흔적	조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하며, 체수 흔적은 상·하행선 이격부에 발생하는 손상으로 받침장치의 열화발생 여부에 대한 주의관찰이 필요함
		배수측구 균열, 법면보호블럭 침하 등의 손상이 조사됨	법면보호블럭 침하 및 배수측구 균열은 우수 유입 방지를 위해 침하부 채움 및 측구 균열부 보수 실시가 바람직함
교각		망상균열, 균열 등	조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직함
		표면오염, 누수오염/박리/열화, 이물질(조류배설물) 퇴적 등	표면오염, 누수오염/박리/열화 손상은 배수관 막힘, 길이부족에 의한 손상으로 배수관 청소 및 길이연장이 필요하며, 배수관 보수 후 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 바람직하고, 이물질(조류배설물) 퇴적은 제거 및 청소가 필요함

【표 3.5.1】외관조사 결과요약(대구, 계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	•받침Plate 도장박리 및 녹발생, 볼트/와셔 녹발생	•공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요함
	•받침 고무재 들뜸	•받침 기능발휘에는 영향이 없어 주의관찰이 바람직함
	•받침 몰탈 균열, 박리, 박락 및 파손 등	•받침 몰탈 균열은 온도 및 건조수축에 의한 균열로 내구성 확보를 위해 0.3mm 이상 균열은 주입보수를 실시하고 0.2mm이하 균열은 표면처리가 바람직하며, 받침 몰탈 들뜸, 박락 및 파손 등의 손상은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요함
신축이음	•신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적 등	•본체 녹발생은 내구성 확보를 위해 도장 실시가 바람직하며, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직함
	•차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림 등	•차수판의 건전성 확보를 위해 재설치가 바람직함
	•후타재 균열(0.2mm이하)	•급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생된 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며 향후 손상 확대시 보수가 필요함
	•Rail Joint 유간조절장치 볼트 탈락	•신축이음장치의 기능발휘에는 문제가 없고 차량하중에 의한 신축이음장치의 변형 등으로 볼트 체결이 어려워 주위관찰이 바람직함
교면포장	•균열, 망상균열, 라벨링, 소성변형, 아스콘 패임, 보수부 포장불량 및 패임, 시공이음 등	•교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았음 •아스콘 패임, 소성변형은 손상정도가 경미하나, 포장층내 우수 침투, 차량하중의 반복적인 재하, 충격작용으로 손상확대 가능성이 있으므로 차량의 주행성 및 내구성 증진을 위해 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상은 손상확대 여부를 관찰하고 포장 보수 계획 수립 후 적절한 시기에 보수 실시가 바람직함
배수시설	•전반적으로 양호한 상태이나, 일부 개소에서 배수관 막힘, 배수관 이음부 누수, 배수관 길이부족 손상이 조사됨	•하부구조 열하 등 주변부에 대해 2차 손상 발생 가능성이 있어 배수관 청소가 바람직하며, 배수관 길이 부족은 하부구조의 열화방지를 위해 길이 연장설치가 바람직함
난간 (방호벽)	•수평 및 수직균열이 다수 조사됨 •일부구간에 파손, 표면보수재 박리, 균열부 백태, 방호벽 단차 등이 발생됨	•내구성 확보를 위해 파손 손상은 단면보수를 실시하고, 0.3mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2mm이하 균열 및 표면보수재 박리 손상은 표면처리 실시가 바람직함 •방호벽 단차발생은 공용년수를 고려할 때 손상진행이 수렴된 것으로 판단되므로 현 상태에 대해 주의관찰

2) 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교

【표 3.5.2】외관조사 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교(대구)

구 분		2013년 정밀점검 결과	금회 진단결과	비 고
PSC BOX 거더	내부	•전반적으로 양호한 상태	•상부 바닥판에 종균열, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태 등이 조사됨	
	외부	•균열, 보수부 채균열, 망상균열, 백태 등이 조사됨	•대부분 기 손상이며, 금회 근접조사에 의해 균열, 균열/백태 등의 손상이 추가로 다수 조사됨	
교대		•파손, 누수흔적(A1), 교좌면 체수(A1) 등이 조사됨	•대부분 기 손상이며, 균열이 다소 증가된 것으로 조사됨	
교각		•균열, 보수부 채균열, 망상균열 등이 조사됨	•기 손상은 대부분 미보수된 상태이며, 금회 근접조사에 의해 균열 및 망상균열 등이 추가로 다수 조사됨	
교량받침		•받침Plate 녹발생, 받침물탈 균열 및 국부적인 파손, 일부 개소 고무재 들뜸 등이 조사됨 •교량받침의 신축여유량에는 문제가 없는 것으로 평가됨	•대부분 기 손상이며, 받침물탈 균열이 다소 증가된 것으로 조사됨 •교량받침의 가동여유량은 설계기준에 따른 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
신축이음		•신축이음 본체 녹발생 및 유간부 토사 퇴적, 후타재 균열, 본체 하부 간격조절재 볼트 탈락 등이 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	•대부분 기 손상이며, 신축이음 본체 녹발생 및 후타재 균열 등의 손상이 다소 증가된 것으로 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
교면포장		•라벨링, 아스콘 패임, 포트홀, 소성변형 등의 손상이 조사됨	•금회 진단시 일부 손상에 대해 보수가 실시된 상태이나, 공용기간 중대, 빈번한 중차량 통행 등에 의해 라벨링 손상 증가 및 균열, 아스콘 패임 등의 손상이 추가로 조사됨	
기타부재		•배수시설 : 배수관 고정고리 및 지지대 탈락 등의 손상이 조사됨 •방호벽 : 균열폭 0.3mm미만 수직/수평 균열, 백태 등이 조사됨	•배수시설 : 기 손상은 대부분 보수된 상태이나, 배수구 막힘, 배수관 이음부 누수, 배수관 길이 부족 등이 추가로 조사됨 •방호벽 : 대부분 기 손상이며, 균열 및 균열부 백태, 표면보수재 박리 균열 등의 손상이 추가로 조사됨	
검토의견		•기 점검(2013년)과 비교결과, 교면포장 및 배수시설에 발생한 손상은 일부 보수가 이루어진 것으로 확인되었으나, 대부분의 손상은 미보수된 상태로 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 조사됨 •또한, PSC BOX 거더 및 교각에서 미세균열, 망상균열 등은 금회 근접조사에 의해 기 점검(2013년) 대비 추가로 다수 조사됨		

나. 부산방향

1) 금회 진단 외관조사 결과요약

【표 3.5.3】 외관조사 결과요약(부산)

구 분		주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
PSC BOX 거더	내부	상부 바닥판에 중균열이 다수 발생되었으며, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태, 백태, 이물질 퇴적 손상 등이 조사됨	발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하며, 균열/백태, 백태손상은 주입보수로 내구성을 확보하고, 이물질 퇴적은 제거 및 청소 실시가 바람직함
	외부	- 하부 바닥판에 중균열이 간헐적으로 발생되었으며, 벽체부에 수평 및 경사 균열, 망상균열, 국부적인 파손 등이 조사됨 - 일부 개소에 누수오염, 백태 등이 조사됨	- 발생된 손상은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직함 - 누수흔적은 신축이음 방호벽 단부측 누수에 의한 손상으로 향후, 신축이음장치 교체시 방호벽측 단부 마감에 대해 정밀 시공이 필요함 - 백태는 시공초기 손상으로 판단되므로 표면처리가 필요함
		파손, 철근노출 손상이 조사됨	공용중 손상확대가 우려되므로 손상확대 방지를 위해 단면보수가 바람직함
교대		균열, 교좌면 체수 흔적	조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하며, 체수 흔적은 방호벽측 신축이음 단부의 마감불량에 의한 손상으로 향후 신축이음 교체시 하부로의 누수 방지를 위해 단부 마감에 대한 정밀 시공이 필요함
		배수측구 균열, 법면보호블럭 침하 등의 손상이 조사됨	법면보호블럭 침하 및 배수측구 균열은 우수 유입 방지를 위해 침하부 채움 및 측구 균열부 보수 실시가 바람직함
교각		망상균열, 균열	조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직함
		파손, 박락, 백태, 그을음 등의 손상이 조사됨	박락, 백태, 그을음 손상은 표면부의 경미한 손상으로 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 바람직함
교량받침		받침Plate 도장박리 및 녹발생, 볼트 녹발생 및 체결불량	공용기간 증가에 따른 손상으로 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장 실시가 필요함

【표 3.5.3】외관조사 결과요약(부산, 계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	•받침 고무재 들뜸	•받침 기능발휘에는 영향이 없어 주의관찰이 바람직함
	•받침 몰탈 균열, 들뜸, 박락 및 파손 등	•받침 몰탈 균열은 온도 및 건조수축에 의한 균열로 내구성 확보를 위해 0.3mm 이상 균열은 주입보수를 실시하고 0.2mm이하 균열은 표면처리가 바람직하며, 받침 몰탈 들뜸, 박락 및 파손 등의 손상은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요함
신축이음	•신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적 등	•본체 녹발생은 내구성 확보를 위해 도장 실시가 바람직하며, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직함
	•차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림 등	•차수판의 건전성 확보를 위해 재설치가 바람직함
	•후타재 균열(0.2mm이하)	•급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생한 손상으로 손상정도가 경미하여 주의관찰이 바람직하며 향후 손상 확대시 보수가 필요함
	•Rail Joint 유간조절장치 볼트 탈락	•신축이음장치의 기능발휘에는 문제가 없고 차량하중에 의한 신축이음장치의 변형 등으로 볼트 체결이 어려워 주위관찰이 바람직함
교면포장	•라벨링, 아스콘 패임, 후타재 접속부 이격, 시공이음 등이 조사됨	•교면포장은 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았음 •아스콘 패임은 포장층내 우수 침투, 차량하중의 반복적인 재하, 충격작용으로 손상확대 가능성이 있으므로 차량의 주행성 및 내구성 증진을 위해 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상은 손상정도가 경미하여 향후, 손상 진행 여부에 따른 적절한 보수가 바람직함
배수시설	•전반적으로 양호한 상태이나, 일부 개소에서 배수관 막힘, 배수관 이음부 누수, 배수관 녹발생 등의 손상이 조사됨	•배수관 막힘 및 배수관 녹발생은 하부구조 열하 등 주변부에 대해 2차 손상 발생 가능성이 있어 배수관 청소가 바람직하며, 배수관 연결부 누수는 기 보수부에 발생한 손상으로 료량하부(자전거 도로 및 공원) 이용자에게 피해가 발생되지 않도록 적절한 보수가 필요함
난간 (방호벽)	•수평 및 수직균열이 다수 조사됨 •일부구간에 파손, 표면보수재 박리, 균열부 백태, 방호벽 단차, 실런트 이격 등이 조사됨	•내구성 확보를 위해 파손 손상은 단면보수를 실시하고, 0.3mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2mm이하 균열 및 표면보수재 박리 손상은 표면처리 실시가 바람직함 •방호벽 단차는 발생은 공용년수를 고려할 때 손상 진행이 수렴된 것으로 판단되므로 주의관찰 •실런트 이격이 발생되었으나, 기능발휘에 문제가 없으므로 주의관찰 후 향후, 손상 확대시 보수가 바람직함

2) 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교

【표 3.5.4】외관조사 기 정밀점검(2013년) 결과와의 비교(부산)

구 분		2013년 정밀점검 결과	금회 진단결과	비 고
PSC BOX 거더	내부	•전반적으로 양호하나, 일부 개소 균열, 망상균열, 파손, 백태 등의 손상이 조사됨	•상부 바닥판에 종균열, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태 등이 조사됨	
	외부	•균열, 보수부 재균열, 망상균열, 파손, 백태 등이 조사됨	•대부분 기 손상이며, 금회 근접조사에 의해 균열, 망상균열 등의 손상이 추가로 다수 조사됨	
교대		•국부적인 콘크리트 파손이 조사됨	•대부분 기 손상이며, 손상의 진전 및 확대는 미미한 것으로 조사됨	
교각		•균열, 보수부 재균열, 망상균열 등이 조사됨	•기 손상은 대부분 미보수된 상태이며, 금회 근접조사에 의해 균열 및 망상균열 등이 추가로 다수 조사됨	
교량받침		•받침Plate 녹발생, 받침물탈 균열, 국부적인 파손 및 들뜸, 일부 개소 고무재 들뜸 등이 조사됨 •교량받침의 신축여유량에는 문제가 없는 것으로 평가됨	•대부분 기 손상이며, 받침물탈 균열이 다소 증가된 것으로 조사됨 •교량받침의 가동여유량은 설계기준온도에 따른 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
신축이음		•신축이음 본체 녹발생 및 유간부 토사 퇴적, 후타재 균열, 본체 하부 간격조절재 볼트 탈락 등이 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	•대부분 기 손상이며, 신축이음 본체 녹발생 및 후타재 균열 등의 손상이 다소 증가된 것으로 조사됨 •신축이음은 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 평가됨	
교면포장		•아스콘 패임 및 일부 구간 라벨링 등의 손상이 조사됨	•금회 진단시 일부 손상에 대해 보수가 실시된 상태이나, 공용기간 증대, 빈번한 중차량 통행 등에 의해 라벨링 손상 증가 및 아스콘 패임 등의 손상이 추가로 조사됨	
기타부재		•배수시설 : 배수관 녹발생 및 연결부 누수흔적 •방호벽 : 균열폭 0.3mm미만 수직/수평 균열, 백태 등이 조사됨	•배수시설 : 대부분 기 손상이며, 배수관 막힘이 추가로 조사됨 •방호벽 : 대부분 기 손상이며, 균열 및 균열부 백태, 실런트 이격 등의 손상이 추가로 조사됨	
검토의견		•기 점검(2013년)과 비교결과, 교면포장 및 배수시설에 발생된 손상은 일부 보수가 이루어진 것으로 확인되었으나, 대부분의 손상은 미보수된 상태로 금회 상세조사를 통한 추가적인 손상이 조사됨 •또한, PSC BOX 거더 및 교각에서 미세균열, 망상균열 등은 금회 근접조사에 의해 기 점검(2013년) 대비 추가로 다수 조사됨		

3.5.2 현장시험 결과 요약

가. 대구방향

1) 금회 진단 현장시험 결과 요약

【표 3.5.5】 금회 진단 현장시험 결과 요약(대구)

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과				비 고		
비파괴 강도 (MPa)	부재	시험종류	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)				
	상부구조 (PSC BOX)	반발경도법	43.7~47.4	40.0	109 ~ 119				
		초음파속도법	40.1~45.8		100 ~ 115				
	하부구조 (교대, 교각)	반발경도법	24.8~27.3	24.0	103 ~ 114				
		초음파속도법	26.8~28.3		112 ~ 118				
검토의견			■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.						
철근탐사 (mm)	부재		철근종류	측정치		설계치			
	상부구조 (PSC BOX)	상 · 하부 플랜지	횡방향철근	119~127	37~55	125	40.5		
			종방향철근	195~210	65~90	200	59.5		
		복부	수직철근	119~130	33~83	125	40.5		
			수평철근	100~213	61~109	100, 200	59.5		
		하부구조 (교대, 교각)	교대	수직철근	188~193	45~56	200		87.5
				수평철근	240~248	77~89	250		112.5
	교각 코핑부		수직철근	193~208	97~104	200	111		
			수평철근	145~155	69~79	150	89		
	교각 기둥부		수직철근	98~113	59~125	100	108		
			띠철근	138~305	85~96	150, 300	92		
	검토의견			■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계치과 근사함.					
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재		탄산화깊이	피복두께	잔여깊이	평가	잔존수명		
	상부구조	PSC BOX	3.2~4.5	37~51	33.8~47.3	a	100년 이상		
	하부구조	교대, 교각	5.7~8.7	45~97	39.3~88.8	a	100년 이상		
	검토의견			■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.					
염화물 함유량	부재		Cl ⁻ (%)		Cl ⁻ (kg/ m ³)		평가		
	상부구조	PSC BOX	0.0084~0.0119		0.190~0.269		a		
	하부구조	교대, 교각	0.0054~0.0082		0.119~0.185		a		
	검토의견			■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮은 상태인 “a” 로 평가됨					
균열 깊이 (mm)	부재		균열폭		균열깊이		피복두께		
	상부구조	PSC BOX	0.2		44.1~46.6		40.5		
	하부구조	교각	0.3		81.5~82.2		92		
	검토의견			■ 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨					

2) 기 정밀점검(2013년)결과 비교

【표 3.5.6】 현장시험 기 정밀점검(2013년)결과 비교(대구)

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고
비파괴 강도 (MPa)	시험종류	부재	'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도	
	반발경도법	상부구조	41.3~44.7	43.7~47.4	40.0	
		하부구조	24.7~27.5	24.8~27.3	24.0	
	검토의견		■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.			
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	평가	
	상부구조		3.0 ~ 6.0	2.9 ~ 4.5	a	
	하부구조		6.0 ~ 8.0	5.7 ~ 8.7	a	
	검토의견		■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.			

나. 부산방향

1) 금회 진단 현장시험 결과 요약

【표 3.5.7】 금회 진단 현장시험 결과 요약(부산)

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고	
비파괴 강도 (MPa)	부재	시험종류	추정강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)		
	상부구조 (PSC BOX)	반발경도법	43.6~48.2	40.0	109 ~ 121		
		초음파속도법	40.1~44.5		100 ~ 111		
	하부구조 (교대, 교각)	반발경도법	24.8~27.5	24.0	103 ~ 115		
		초음파속도법	24.6~28.2		103 ~ 118		
검토의견			■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.				
철근탐사 (mm)	부재		철근종류	측정치		설계치	
	상부구조 (PSC BOX)	상 · 하부 플랜지	횡방향철근	119~133	44~55	125	40.5
			종방향철근	175~245	75~87	200	59.5
		복부	수직철근	108~128	35~77	125	40.5
			수평철근	98~245	59~100	100, 200	59.5
	하부구조 (교대, 교각)	교대	수직철근	188~189	50~62	200	87.5
			수평철근	238~255	68~86	250	112.5
		교각 코핑부	수직철근	200~208	92~110	200	111
			수평철근	145~150	67~84	150	89
		교각 기둥부	수직철근	93~110	90~111	100	108
			띠철근	148~300	57~93	150, 300	92
	검토의견			■ 전반적으로 철근간격 및 피복두께가 설계치와 근사함.			
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재		탄산화깊이	피복두께	잔여깊이	평가	잔존수명
	상부구조	PSC BOX	2.1~4.5	48~66	45.9~61.5	a	100년 이상
	하부구조	교대, 교각	5.9~8.9	50~84	44.1~76.2	a	100년 이상
	검토의견			■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.			
염화물 함유량	부재		Cl ⁻ (%)		Cl ⁻ (kg/ m ³)		평가
	상부구조	PSC BOX	0.0089~0.0105		0.201~0.237		a
	하부구조	교대, 교각	0.0038~0.0104		0.085~0.235		a
	검토의견			■ 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮은 상태인 “a” 로 평가됨			
균열 깊이 (mm)	부재		균열폭		균열깊이		피복두께
	상부구조	PSC BOX	0.2~0.3		38.6~52.0		40.5
	검토의견			■ 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되었으며, 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단됨			

2) 기 정밀점검(2013년)결과 비교

【표 3.5.8】 현장시험 기 정밀점검(2013년)결과 비교(부산)

시험명	시 험 위 치		시 험 결 과			비 고
비파괴 강도 (MPa)	시험종류	부재	'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	설계기준강도	
	반발경도법	상부구조	41.4~43.8	43.6~48.2	40.0	
		하부구조	24.5~27.6	24.8~27.5	24.0	
	검토의견		■ 설계기준강도 대비 100%이상으로 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨.			
탄산화 잔여깊이 (mm)	부재		'13년 정밀점검	금회('15년) 정밀안전진단	평가	
	상부구조		2.0 ~ 4.0	2.1 ~ 4.5	a	
	하부구조		6.0 ~ 7.0	5.9 ~ 8.9	a	
	검토의견		■ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상인 “a” 로 평가되며, 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨. ■ 기 정밀점검('13년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없는 것으로 판단됨.			

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2010. 12」의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전진단의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화 함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다. 교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

【표 4.2.1】 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재 (가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물	a, b, c, d

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

4.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.2.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결합도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교	
			일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치,트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판		
상부	바닥판	34	18	18	-	20	20	15		34	20 21
	주 형	-	20	25	37	18	20	23		-	21 23
	2차부재	-	5	-	11	5	3	5		-	5 -
하부	교대/교각	20	13	13	18	13		13		34	22 24
	기초	7	7	7	7	7		7		7	7 7
받침	교량받침	10	9	9	14	9		9		3	3 3
기타	신축이음	10	9	9	-	9		9		3	3 3
	교면포장	7	7	7	-	7		7		7	7 7
	배수시설	3	3	3	-	3		3		3	3 3
	난간/연석	2	2	2	6	2		2		2	2 2
콘크리트	탄산화	상부	2	2	-	-	2	2	-	4	
		하부	2	2	4	4	2	2	4		
	염화물	상부	2	2	-	-	2	2	-	3	
		하부	1	1	3	3	1	1	3		

<해 설>

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.
- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물 항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

4.2.3 상태평가 결과 결정

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- 1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 3) 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

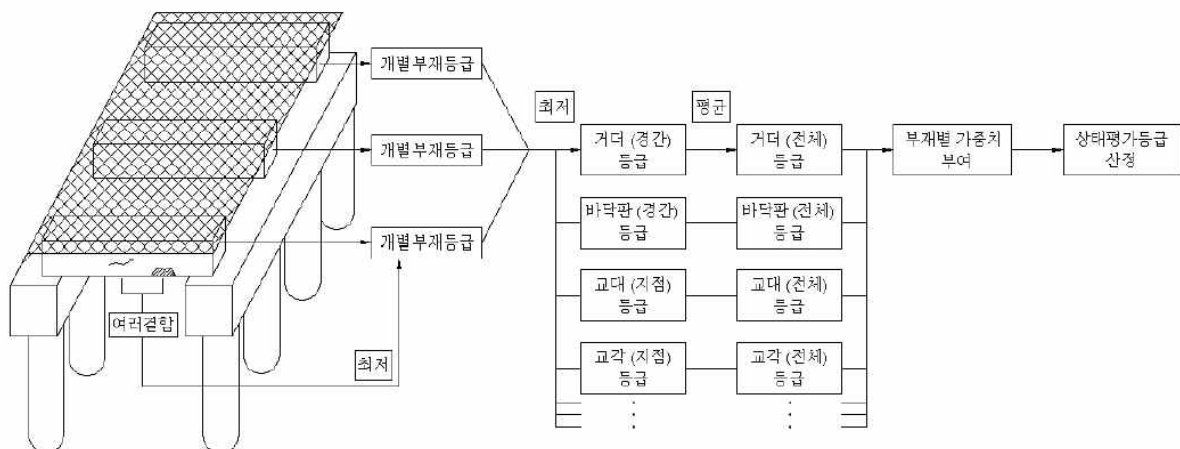
나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준 값이며, 【표 4.2.3】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.2.3】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq \chi < 0.13$	$0.13 \leq \chi < 0.26$	$0.26 \leq \chi < 0.49$	$0.49 \leq \chi < 0.79$	$0.79 \leq \chi$



【그림 4.2.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법

4.3 상태평가 결과

4.3.1 대구방향

가. 각 부재별 상태평가 결과

1) 콘크리트 바닥판(PSC BOX 상부플랜지)

- 콘크리트 바닥판에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’로 평가되었다.
- 경간별 평가내용 분석결과 전 경간에 걸쳐 균열폭 0.1mm가 발생되어 ‘b’, 일부구간에 균열폭 0.2mm가 발생되어 ‘c’로 평가되었다. 열화 및 손상은 일부구간에서 표면손상 면적이 2%미만으로 조사되어 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.1】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(대구)

구분	부재 면적 (㎡)	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		균열율 (%)		균열폭 (mm)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	504.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S2	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S3	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S4	630.0	0.2이하	c	0.01	b	-	a	-	a	0.01	b	없음	a	c
S5	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S6	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S7	630.0	0.2이하	c	0.06	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S8	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S9	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S10	630.0	0.2이하	c	0.08	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S11	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S12	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S13	630.0	0.2이하	c	0.03	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S14	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S15	625.3	0.2이하	c	1.37	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S16	625.3	0.2이하	c	0.08	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S17	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S18	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S19	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b

【표 4.3.1】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(대구, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		균열율 (%)		균열폭 (mm)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S20	630.0	0.1이하	b	-	a	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S21	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S22	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S23	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S24	630.0	0.2이하	c	0.26	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S25	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S26	630.0	0.2이하	c	0.08	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c

2) 프리스트레스 콘크리트 거더(PSC BOX 복부, 하부플랜지)

- 프리스트레스 콘크리트 거더 내·외부에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’로 평가되었다.
- 분석결과 S3~S5, S12, S18, S19~S22, S24, S25경간에 0.1mm이하 균열이 발생되어 ‘b’, S1, S2, S6~S11, S13~S17, S23, S26에 균열폭 0.2mm이하 균열이 발생되어 ‘c’로 평가되었다.
- 일부구간에 열화 및 손상이 발생되었으며, 표면손상면적이 2%미만으로 조사되어 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.2】 프리스트레스 거더(복부,하부플랜지) 상태평가 결과(대구)

구분	부재 면적 (㎡)	균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		휨균열 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	884.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S2	1105.0	0.2이하	c	없음	a	0.57	b	없음	a	c
S3	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S4	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S5	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S6	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S7	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S8	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S9	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c

【표 4.3.2】 프리스트레스 거더(복부,하부플랜지) 상태평가 결과(대구, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		휨균열 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S10	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S11	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S12	1105.0	0.1이하	b	없음	a	0.01	b	없음	a	b
S13	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S14	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S15	1096.8	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S16	1096.8	0.2이하	c	없음	a	0.01	b	없음	a	c
S17	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S18	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S19	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S20	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S21	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S22	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S23	1105.0	0.2이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
S24	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S25	1105.0	0.1이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
S26	1105.0	0.1이하	b	없음	a	0.01	b	0.01	c	c

3) 콘크리트 가로보(격벽)

- 콘크리트 가로보(격벽)에 대한 상태평가 결과, 전구간에 균열폭 0.2mm이하 균열이 발생되어 ‘b’ 로 평가되었으나, 일부구간에서 균열폭 0.3mm이상의 균열이 발생되어 ‘c’ 로 평가되었다.

【표 4.3.3】 콘크리트 가로보(격벽) 상태평가 결과(대구)

구분	부재 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S2	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S3	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b

【표 4.3.3】콘크리트 가로보(격벽) 상태평가 결과(대구, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S4	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S5	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S6	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S7	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S8	19.46	0.3이하	c	없음	a	없음	a	c
S9	19.46	0.3이하	c	없음	a	없음	a	c
S10	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S11	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S12	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S13	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S14	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S15	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S16	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S17	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S18	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S19	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S20	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S21	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S22	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S23	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S24	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S25	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S26	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S24	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S25	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S26	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b

4) 교대 및 교각

① 콘크리트 교대

- 교대에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’로 평가되었다.
- 지점별 평가내용 분석결과 교대 A1에 폭 0.3mm의 균열이 발생되어 ‘c’, 교대 A2에 폭 0.2mm균열이 발생되어 ‘b’로 평가 되었으며, 교대 A1, A2의 열화 및 손상은 표면손상 면적이 2%미만으로 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.4】 콘크리트 교대 상태평가 결과(대구)

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
A1	252.52	0.3이하	c	없음	a	0.18	b	없음	a	c
A2	252.52	0.2이하	b	없음	a	0.16	b	없음	a	b

② 콘크리트 교각

- 교각에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’로 평가되었다.
- 분석결과 P1, P7, P9, P11, P16, P18, P24 교각은 폭 0.3mm의 균열이 발생되어 ‘c’ P2~P6, P10, P12~P15, P17, P19~P23 교각은 폭 0.2mm이하로 ‘b’로 평가되었으며, P14, P24 교각에서 표면손상이 2%미만으로 발생되어 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.5】 콘크리트 교각 상태평가 결과(대구)

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
P1	108.8	0.3이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P2	147.0	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P3	157.7	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P4	166.5	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P5	172.8	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P6	183.8	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P7	192.2	0.3이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P8	203.7	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P9	211.5	0.3이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P10	219.2	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P11	274.5	0.3이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c

【표 4.3.5】콘크리트 교각 상태평가 결과(대구, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
P12	281.0	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P13	287.6	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P14	260.4	0.2이하	b	없음	a	0.61	b	없음	a	b
P15	278.2	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P16	252.7	0.3이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P17	259.9	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P18	267.2	0.3이하	c	없음	a	없음	a	없음	a	c
P19	273.7	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P20	283.1	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P21	296.0	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P22	208.8	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P23	275.3	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P24	320.5	0.3이하	c	없음	a	0.62	b	없음	a	c
P25	272.4	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b

5) 기초

- 기초에 대한 상태평가 결과, 기초가 노출되어 있지 않는 상태로 점검불가인 ‘q’로 평가되었다.

【표 4.3.6】기초 상태평가 결과(대구)

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (mm)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (mm)		
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P5	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P6	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P7	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P8	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P9	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

【표 4.3.6】 기초 상태평가 결과(대구, 계속)

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (mm)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (mm)		
P10	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P11	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P12	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P13	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P14	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P15	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P16	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P17	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P18	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P19	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P20	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P21	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P22	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P23	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P24	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P25	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

- 교량받침에 대한 상태평가 결과, ‘a~b’로 평가되었다.
- 받침 본체는 일부개소를 제외한 전개소에서 도장박리 및 부식으로 ‘b’로 평가되었으며, 받침 몰탈 손상은 콘크리트 손상으로 반영하여 일부 균열폭 0.2mm이하 및 박리/박락/파손 등이 발생되어 ‘b’로 평가되었다.
- 또한, 일부 받침의 경우 고무재 들뜸이 조사되어 ‘d’로 평가하여야 하나 본 손상은 받침 장치 보호를 위한 피복 고무재의 들뜸으로 받침 기능발휘에 문제가 없어 피복 고무재에 대한 지속적인 주의관찰이 이루어지도록 책임기술자의 판단하에 ‘c’로 상향하여 평가하였다.

【표 4.3.7】 교량받침 상태평가 결과(대구)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	면진받침		균열폭(mm)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	없음	a	없음	a	없음	a	a
P1	도장박리	b	0.2이하	b	없음	a	b

【표 4.3.7】 교량받침 상태평가 결과(대구, 계속)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	면진받침		균열폭(mm)		박리, 탈락, 파손 등		
P2	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P3	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P4	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P5	부식	b	없음	a	없음	a	b
P6	도장박리/부식	b	0.2이하	b	몰탈 박락	b	b
P7	도장박리/부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P8	부식	b	없음	a	몰탈 박리	b	b
P9	부식, 고무재 들뜸	c	없음	a	없음	a	c
P10	부식, 고무재 들뜸	c	0.2이하	b	몰탈 파손	b	c
P11	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P12	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P13	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P14	도장박리/부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P15	도장박리/부식, 고무재 들뜸	c	0.2이하	b	없음	a	c
P16	부식	b	없음	a	몰탈 들뜸	b	b
P17	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P18	부식, 고무재 들뜸	c	없음	a	몰탈 들뜸	b	c
P19	부식, 고무재 들뜸	c	0.2이하	b	없음	a	c
P20	부식	b	0.2이하	b	몰탈 들뜸	b	b
P21	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P22	도장박리/부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P23	부식	b	없음	a	몰탈 박락	b	b
P24	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
P25	부식	b	0.2이하	b	없음	a	b
A2	부식	b	없음	a	없음	a	b

7) 신축이음

- 신축이음(A1, P15, A2, 총 3개소)에 대한 상태평가 결과 ‘c’ 로 평가되었다.
- 분석결과 본체 유간 토사퇴적 및 본체 부식, 하부 볼트탈락에 의해 ‘c’로, 후타재는 일부 균열이 발생되어 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.8】 신축이음 상태평가 결과(대구)

구분	본 체		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
A1	이물질 퇴적, 녹발생	c	일부 균열 발생	b	없음	a	c
P15	이물질 퇴적, 녹발생	c	일부 균열 발생	b	없음	a	c
A2	이물질 퇴적, 녹발생, 하부 볼트탈락	c	일부 균열 발생	b	없음	a	c

8) 교면포장

- 교면포장에 대한 상태평가 결과, 전 구간 ‘b’ 로 평가되었다.
- 경간별 평가내용 분석결과 일부구간 포장불량이 10%이상으로 ‘d’로 평가되어야 하나 손상이 미미하여 주행에 영향이 없고 배수기능에도 문제가 없으므로 책임기술자의 판단으로 ‘b’로 상향하여 평가하였다.

【표 4.3.9】 교면포장 상태평가 결과(대구)

구분	부재 면적 (㎡)	포장불량				배 수		평가 결과
		포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
S1	468.0	3.54	b	없음	a	없음	a	b
S2	585.0	2.56	b	없음	a	없음	a	b
S3	585.0	2.05	b	없음	a	없음	a	b
S4	585.0	4.39	b	없음	a	없음	a	b
S5	585.0	0.04	b	없음	a	없음	a	b
S6	585.0	0.34	b	없음	a	없음	a	b
S7	585.0	0.34	b	없음	a	없음	a	b
S8	585.0	0.34	b	없음	a	없음	a	b
S9	585.0	0.34	b	없음	a	없음	a	b
S10	585.0	0.34	b	없음	a	없음	a	b
S11	585.0	0.05	b	없음	a	없음	a	b

【표 4.3.9】 교면포장 상태평가 결과(대구, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	포장불량				배 수		평가 결과
		포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
S12	585.0	0.91	b	없음	a	없음	a	b
S13	585.0	0.09	b	없음	a	없음	a	b
S14	585.0	0.60	b	없음	a	없음	a	b
S15	580.7	12.08	b	없음	a	없음	a	b
S16	580.7	5.24	b	없음	a	없음	a	b
S17	585.0	30.77	b	없음	a	없음	a	b
S18	585.0	24.82	b	없음	a	없음	a	b
S19	585.0	30.94	b	없음	a	없음	a	b
S20	585.0	0.40	b	없음	a	없음	a	b
S21	585.0	38.99	b	없음	a	없음	a	b
S22	585.0	68.38	b	없음	a	없음	a	b
S23	585.0	34.19	b	없음	a	없음	a	b
S24	585.0	20.53	b	없음	a	없음	a	b
S25	585.0	19.04	b	없음	a	없음	a	b
S26	585.0	14.19	b	없음	a	없음	a	b

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 상태평가 결과, 일부 개소에 이음부 누수 및 배수관 막힘, 배수관 길이부족으로 ‘c’ 로 평가되었다.

【표 4.3.10】 배수시설 상태평가 결과(대구)

구분	토사/이물질		상태불량 및 길이부족		위치부적절 및 하부 통행위험		누수		파손/노후화		평가 결과
S1	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S2	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S3	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S4	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a

【표 4.3.10】 배수시설 상태평가 결과(대구, 계속)

구분	토사/이물질		상태불량 및 길이부족		위치부적절 및 하부 통행위험		누수		파손/노후화		평가 결과
S5	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S6	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S7	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S8	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S9	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S10	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S11	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S12	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S13	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S14	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S15	막힘	c	양호	a	양호	a	양호	a	이음부 누수	c	c
S16	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	이음부 누수	c	c
S17	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S18	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S19	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S20	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	이음부 누수	c	c
S21	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S22	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S23	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S24	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a
S25	양호	a	길이부족	c	양호	a	양호	a	양호	a	c
S26	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	양호	a	a

10) 난간 및 연석

- 난간 및 연석(차량방호벽, 중앙분리대)에 대한 상태평가 결과 ‘b~d’로 평가되었다.
- 분석결과 방호벽 전면에 걸쳐 폭 0.2~0.3mm이상 균열이 발생되어 ‘b~c’로 평가되었으며, 일부구간에 표면손상이 발생되어 ‘c~d’로 평가되었다.

【표 4.3.11】 난간 및 연석 상태평가 결과(대구)

구분	부재 면적 (㎡)	강재						콘크리트						평가 결과
		도장불량 및 부식		파손 및 탈락		기타손상		균열폭 (mm)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	192.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S2	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	양호	a	없음	a	c
S3	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	8.33	c	없음	a	c
S4	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	8.33	c	없음	a	c
S5	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	13.33	d	없음	a	d
S6	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S7	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	양호	a	없음	a	c
S8	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	양호	a	없음	a	c
S9	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S10	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S11	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S12	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S13	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	0.125	b	없음	a	b
S14	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	양호	a	없음	a	c
S15	238.2	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S16	238.2	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S17	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S18	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S19	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S20	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	양호	a	없음	a	c
S21	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	양호	a	없음	a	c
S22	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S23	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S24	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S25	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	양호	a	없음	a	b
S26	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	양호	a	없음	a	c

11) 탄산화

- 탄산화 깊이 측정은 총 9개소(상부구조 4개소, 하부구조 5개소)에서 실시하였으며, 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0 mm 이상을 확보하고 있는 상태로 “a” 로 평가되었다.

【표 4.3.12】 탄산화 상태평가 결과(대구)

구분		탄산화 잔여 깊이(mm)	평가기준	평가결과
상부구조	S4 거더내부 RW	46.5	< 탄산화 잔여 깊이 > · a : 30mm이상 · b : 10mm이상~30mm미만 · c : 0mm이상~10mm미만 · d : 0mm미만	a
	S12 거더내부 UF	33.8		a
	S13 거더내부 RW	47.3		a
	S20 거더내부 LW	47.1		a
하부구조	A1 홍벽	39.3		a
	P3 기둥부	78.4		a
	P11 코핑부	68.6		a
	P13 코핑부	88.8		a
	P19 기둥부	76.3		a

12) 염화물

- 염화물함유량 시험은 총 4개소(상부구조 2개소, 하부구조 2개소)에서 실시하여 깊이별 시험을 실시하였다.
- 염화물시험은 철근깊이에서의 염분함유량을 근거로 상태평가를 실시하였으며, ‘a’ 로 평가되었다.

【표 4.3.13】 염화물 상태평가 결과(대구)

구분			전염화물 이온량(kg/m³)	평가기준	평가결과
상부구조	S1	0~20mm	0.269	< 전염화물 이온량 > · a : 염화물 ≤ 0.3kg/m³ · b : 0.3kg/m³ < 염화물 < 1.2kg/m³ · c : 1.2kg/m³ ≤ 염화물 < 2.5kg/m³ · d : 염화물 ≥ 2.5kg/m³	a
		20~40mm	0.219		a
	S10	0~20mm	0.212		a
		20~40mm	0.190		a
하부구조	A1	0~20mm	0.185		a
		20~40mm	0.144		a
	P16	0~20mm	0.122		a
		20~40mm	0.119		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

밀양대교(대구)의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B”로 산정되었다.

다만, 각 부재에 발생한 균열, 박락, 파손 등의 콘크리트 손상, 거더 및 받침의 도장손상, 녹발생 등의 강재 손상, 포장부 손상 등이 확인되어 구조물의 내구성 확보를 위한 보수 및 유지관리가 요구된다.

【표 4.3.14】 상태평가 결과표(대구)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간/연석	신축이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	PSCB	b	c	b	b	a	b	c	a	c	q	x	a	a	a
2	PSCB	b	c	b	b	a	c	x	b	c	q	x	x	x	x
3	PSCB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
4	PSCB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	a	a	x	x
5	PSCB	b	b	b	b	a	d	x	b	b	q	x	x	x	x
6	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
7	PSCB	b	c	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
8	PSCB	b	c	c	b	a	c	x	b	c	q	x	x	x	x
9	PSCB	b	c	c	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
10	PSCB	c	c	b	b	a	b	x	c	c	q	x	x	a	x
11	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
12	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	b	c	q	a	a	x	x
13	PSCB	c	c	b	b	a	b	x	b	b	q	a	x	x	x
14	PSCB	b	c	b	b	a	c	x	b	b	q	x	a	x	x
15	PSCB	c	c	b	b	c	c	x	c	b	q	x	x	x	x
16	PSCB	c	c	b	b	c	b	c	b	b	q	x	x	x	x
17	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	c	q	x	x	x	a
18	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
19	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	c	c	q	x	x	x	x
20	PSCB	b	b	b	b	c	c	x	b	b	q	a	a	x	x
21	PSCB	b	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
22	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
23	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
24	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
25	PSCB	b	b	b	b	c	b	x	b	c	q	x	x	x	x
26	PSCB	c	b	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
								c	b	b	q		x		x
평균		0.254	0.308	0.215	0.200	0.146	0.296	0.400	0.233	0.259	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	N/A	2	2	2	1
(평균X가중치)/가중치합		0.051	0.062	0.006	0.014	0.004	0.006	0.036	0.021	0.052	N/A	0.002	0.002	0.002	0.001
														0.259	
														B	

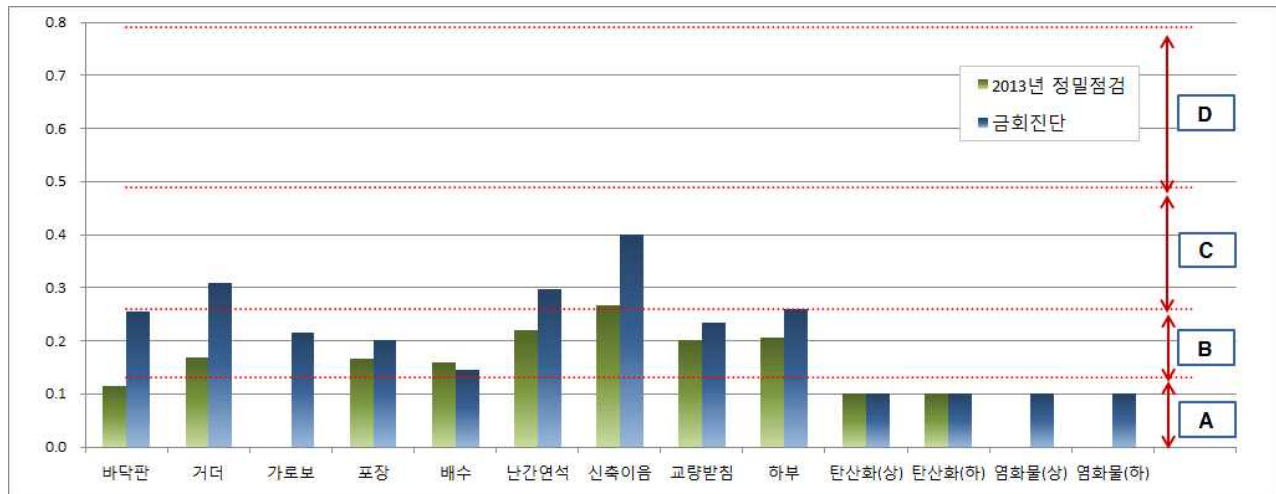
■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도 지수}(0.259) < 0.260$

다. 기 점검('13년) 결과와의 비교

- 최종 상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 평가되었으며, '13년 정밀점검 이후 구조적 영향을 미칠만한 손상에 진전은 없는 것으로 조사되었다.
- 상·하부구조의 기 손상들은 국부적으로 보수가 되었으나, 공용 경과에 따른 손상이 증가되었으며, 일부 미보수된 손상 및 보수부 재손상이 발생되었다.
- 공용기간 경과에 따른 손상증가 (바닥판하면 및 거더 균열 및 망상균열 증가, 교면포장 아스콘 손상 증가, 신축이음장치 후타재 손상 증가, 교대 및 교각 균열 증가)로 인하여 환산결함도 점수가 0.172 ⇨ 0.259으로 증가한 것으로 분석되었다.

【표 4.3.15】 기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(대구)

구 분		'13년 정밀점검		금회('15년) 진단		결함도 지수 변화요인
		등급	부채별 결함도 지수	등급	부채별 결함도 지수	
상부 구조	바닥판 (상부플랜지)	a	0.155	b	0.254	· 균열 및 균열/백태 증가
	거더 (복부, 하부플랜지)	b	0.169	c	0.308	· 균열 및 균열/백태 증가
2차 부재	격벽	-	-	b	0.215	· 균열 및 백태 증가
기타 부재	포장	b	0.165	b	0.200	· 라벨링, 패임, 아스콘 균열 증가
	배수	b	0.158	b	0.146	· 배수구 막힘 증가
	난간, 연석	b	0.219	c	0.296	· 균열 및 균열/백태, 보수재 박리 증가
	신축이음	c	0.267	c	0.400	· 본체 녹발생 및 후타재 균열 증가
받침	교량받침	b	0.200	b	0.233	· 몰탈 균열 증가
하부 구조	하부	b	0.207	b	0.259	· 균열 및 망상균열 증가
	기초	q	N/A	q	N/A	-
내구 성 요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	· 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없음 · 잔여깊이가 30mm 이상
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	-	-	a	0.100	· 염화물이 함유되어 있으나, 부식 발생 가능성이 낮은 상태인 'a'로 평가됨
	염화물(하부)	-	-	a	0.100	
합 계		B	0.172	B	0.259	



【그림 4.3.1】 기 점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(대구)

4.3.2 부산방향

가. 각 부재별 상태평가 결과

- 콘크리트 바닥판에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’ 로 평가되었다.
- 경간별 평가내용 분석결과 전 경간에 걸쳐 폭 0.1mm 균열이 발생되어 ‘b’ , 일부구간에 폭 0.2mm 균열이 발생되어 ‘c’ 로 평가되었다. 열화 및 손상은 일부구간에서 표면손상 면적이 2%미만으로 조사되어 ‘b’ 로 평가되었다.

【표 4.3.16】 콘크리트 바닥판(상부플랜지) 상태평가 결과(부산)

구분	부재 면적 (㎡)	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		균열율 (%)		균열폭 (mm)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	504.0	0.2이하	c	2.48	c	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S2	630.0	0.2이하	c	0.21	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S3	630.0	0.2이하	c	0.10	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S4	630.0	0.2이하	c	0.05	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S5	630.0	0.2이하	c	0.02	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S6	630.0	0.2이하	c	0.21	b	-	a	-	a	0.09	b	없음	a	c
S7	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S8	630.0	0.2이하	c	0.07	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S9	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S10	630.0	0.2이하	c	0.02	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S11	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S12	630.0	0.2이하	c	0.56	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S13	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S14	630.0	0.1이하	b	-	a	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S15	625.3	0.2이하	c	0.10	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S16	625.3	0.2이하	c	0.12	b	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S17	630.0	0.2이하	c	0.03	b	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S18	630.0	0.1이하	b	-	a	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S19	630.0	0.2이하	c	0.12	b	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S20	630.0	0.2이하	c	0.08	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S21	630.0	0.2이하	c	0.04	b	0.1미만	a	-	a	없음	a	없음	a	c

【표 4.3.16】 콘크리트 바닥판(상부플랜지) 상태평가 결과(부산, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	1방향 균열				2방향 균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		균열율 (%)		균열폭 (mm)		균열율 (%)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S22	630.0	0.2이하	c	0.02	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S23	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b
S24	630.0	0.2이하	c	0.04	b	-	a	-	a	없음	a	없음	a	c
S25	630.0	0.1이하	b	-	a	-	a	-	a	없음	a	없음	a	b

2) 프리스트레스 콘크리트 거더(PSC BOX 복부, 하부플랜지)

- 프리스트레스 콘크리트 거더 내·외부에 대한 상태평가 결과 ‘a~c’로 평가되었다.
- 분석결과 S1, S4, S8, S10~S12, S14, S16~S20, S22, S24경간에 폭 0.1mm이하 균열이 발생되어 ‘b’, S2, S3, S5, S6, S7, S9, S13, S15, S21, S23, S25경간에 폭 0.2mm이하 균열이 발생되어 ‘c’로 평가되었다.
- 일부구간에 열화 및 손상이 발생되었으며, 표면손상면적이 2%미만으로 조사되어 ‘b’, S15경간에 철근노출이 발생되어 ‘c’로 평가되었다.

【표 4.3.17】 프리스트레스 거더(복부,하부플랜지) 상태평가 결과(부산)

구분	부재 면적 (㎡)	균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		휨균열 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	884.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S2	1105.0	-	a	-	a	없음	a	없음	a	a
S3	1105.0	0.2이하	c	-	a	0.01	b	없음	a	c
S4	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S5	1105.0	0.2이하	c	-	a	없음	a	없음	a	c
S6	1105.0	0.2이하	c	-	a	없음	a	없음	a	c
S7	1105.0	0.2이하	c	-	a	0.01	b	없음	a	c
S8	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S9	1105.0	0.2이하	c	-	a	없음	a	없음	a	c
S10	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S11	1105.0	0.1이하	b	-	a	0.01	b	없음	a	b
S12	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S13	1105.0	0.2이하	c	-	a	0.02	b	없음	a	c
S14	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b

【표 4.3.17】 프리스트레스 거더(복부,하부플랜지) 상태평가 결과(부산, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	균열				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		휨균열 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S15	1096.8	0.2이하	c	-	a	없음	a	0.34	c	c
S16	1096.8	0.1이하	b	-	a	0.29	b	없음	a	b
S17	1105.0	0.1이하	b	-	a	0.03	b	없음	a	b
S18	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S19	1105.0	0.1이하	b	-	a	0.01	b	없음	a	b
S20	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S21	1105.0	0.2이하	c	-	a	0.02	b	없음	a	c
S22	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S23	1105.0	-	a	-	a	없음	a	없음	a	a
S24	1105.0	0.1이하	b	-	a	없음	a	없음	a	b
S25	1105.0	0.2이하	c	-	a	없음	a	없음	a	c

3) 콘크리트 가로보(격벽)

- 콘크리트 가로보(격벽)에 대한 상태평가 결과, 전구간에 균열폭 0.2mm이하 균열이 발생되어 ‘b’ 로 평가되었으나, 일부구간에서 균열폭 0.3mm이상의 균열이 발생되어 ‘c’ 로 평가되었다.

【표 4.3.18】 콘크리트 가로보(격벽) 상태평가 결과(부산)

구분	부재 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S2	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S3	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S4	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S5	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S6	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S7	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S8	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S9	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S10	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b

【표 4.3.18】 콘크리트 가로보(격벽) 상태평가 결과(부산, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	균열		열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S11	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S12	19.46	0.3이상	c	없음	a	없음	a	c
S13	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S14	19.46	0.3이상	c	없음	a	없음	a	c
S15	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S16	19.46	0.2이하	b	8.20	c	없음	a	c
S17	19.46	0.2이하	b	5.70	c	없음	a	c
S18	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S19	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S20	19.46	0.3이상	c	없음	a	없음	a	c
S21	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S22	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S23	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S24	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S25	19.46	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b

4) 교대 및 교각

① 콘크리트 교대

- 교대에 대한 상태평가 결과 ‘b’ 로 평가되었다.
- 지점별 평가내용 분석결과 교대 A1, A2에 폭 0.2mm균열이 발생되어 ‘b’ 로 평가 되었으며, 교대 A1의 열화 및 손상은 표면손상 면적이 2%미만으로 ‘b’ 로 평가되었다.

【표 4.3.19】 콘크리트 교대 상태평가 결과(부산)

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
A1	196.2	0.2이하	b	없음	a	1.56	b	없음	-	b
A2	196.2	0.2이하	b	없음	a	없음	-	없음	-	b

② 콘크리트 교각

- 교각에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’ 로 평가되었다.
- 분석결과 교각 P1, P7, P9, P11, P16, P18, P24에서 폭 0.3mm의 균열이 발생되어 ‘c’ 교각 P2~P6, P10, P12~P15, P17, P19~P23에서 폭 0.2mm이하 균열로 ‘b’ 로 평가되었다.
- 교각 P14, P24에서 표면손상이 2%미만으로 발생되었으나, P24는 폭 0.3mm이상 균열로 ‘c’ 로 평가하였다.

【표 4.3.20】 콘크리트 교각 상태평가 결과(부산)

구분	부재 면적 (㎡)	균열, 변위				열화 및 손상				평가 결과
		균열폭 (mm)		변위		표면 손상면적 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
P1	98.1	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P2	152.3	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P3	158.5	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P4	166.1	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P5	173.3	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P6	184.0	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P7	195.8	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P8	205.1	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P9	212.9	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P10	237.2	0.2이하	b	없음	a	0.44	b	없음	a	b
P11	274.4	0.2이하	b	없음	a	0.02	b	없음	a	b
P12	281.0	0.2이하	b	없음	a	0.01	b	없음	a	b
P13	287.5	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P14	259.5	0.2이하	b	없음	a	0.01	b	없음	a	b
P15	272.9	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P16	252.8	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P17	260.3	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P18	260.0	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P19	214.8	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P20	202.5	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P21	212.4	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P22	239.5	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P23	246.6	0.2이하	b	없음	a	없음	a	없음	a	b
P24	265.5	0.2이하	b	없음	a	0.04	b	없음	a	b

5) 기초

- 기초에 대한 상태평가 결과, 기초가 노출되어 있지 않는 상태로 점검불가인 ‘q’로 평가되었다.

【표 4.3.21】 기초 상태평가 결과(부산)

구분	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상				지반의 안정성				평가 결과
	균열폭 (mm)		단면손상 (파손, 철근노출 등)		세굴 여부		침하 (mm)		
P1	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P2	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P3	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P4	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P5	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P6	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P7	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P8	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P9	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P10	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P11	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P12	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P13	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P14	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P15	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P16	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P17	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P18	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P19	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P20	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P21	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P22	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P23	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q
P24	비노출	q	비노출	q	비노출	q	비노출	q	q

6) 교량받침

- 교량받침에 대한 상태평가 결과, ‘a~b’로 평가되었다.
- 받침 본체는 일부개소를 제외한 전개소에서 도장박리 및 부식으로 ‘b’로 평가되었으며, 받침 몰탈 손상은 콘크리트 손상으로 반영하여 일부 균열폭 0.2mm이하 및 박리/박락/파손 등이 발생되어 ‘b’로 평가되었다. 다만, 교각 P22에서 균열폭 0.3mm이상의 균열이 발생되어 ‘c’로 평가되었다.
- 또한, 일부 받침의 경우 고무재 들뜸이 조사되어 ‘d’로 평가하여야 하나 본 손상은 받침 장치 보호를 위한 피복 고무재의 들뜸으로 받침 기능발휘에 문제가 없어 피복 고무재에 대한 지속적인 주의관찰이 이루어지도록 책임기술자의 판단하에 ‘c’로 상향하여 평가하였다.

【표 4.3.22】 교량받침 상태평가 결과(부산)

구분	받침 본체		받침 콘크리트				평가 결과
	면진받침		균열폭(mm)		박리, 탈락, 파손 등		
A1	녹발생	b	양호	a	없음	a	b
P1	도장박리	b	0.2	b	없음	a	b
P2	녹발생	b	0.2	b	몰탈 파손	b	b
P3	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P4	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P5	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P6	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P7	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P8	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P9	녹발생, 고무재 들뜸	c	0.2	b	없음	a	c
P10	고무재 들뜸	a	0.2	b	없음	a	b
P11	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P12	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P13	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P14	녹발생, 고무재 들뜸	c	0.2	b	없음	a	c
P15	녹발생, 고무재 들뜸	c	0.2	b	없음	a	c
P16	녹발생, 고무재 들뜸	c	0.2	b	없음	a	c
P17	녹발생	b	0.2	b	몰탈 박락	b	b
P18	녹발생	b	0.2	b	없음	a	b
P19	녹발생	b	0.3	c	몰탈 들뜸/박락	b	c
P20	없음	a	0.2	b	없음	a	b
P21	없음	a	0.2	b	없음	a	b
P22	녹발생	b	0.3	c	없음	a	c
P23	녹발생, 고무재 들뜸	c	0.2	b	없음	a	c
P24	고무재들뜸	a	0.2	b	없음	a	b
A2	녹발생, 고무재 들뜸	c	양호	a	없음	a	c

7) 신축이음

- 신축이음(A1, P15, A2, 총 3개소)에 대한 상태평가 결과 ‘b~c’로 평가되었다.
- 분석결과 본체 유간 토사퇴적 및 후타재 일부 균열이 발생되어 ‘b’로 평가되었으나, P15에 일부 신축이음 녹발생이 발생되어 ‘c’로 평가되었다.

【표 4.3.23】 신축이음 상태평가 결과(대구)

구분	본 체		후타재				평가 결과
			균열		박리, 박락, 파손 등		
A1	이물질 퇴적	b	일부 균열 발생	b	없음	a	b
P15	이물질 퇴적, 녹발생	c	일부 균열 발생	b	없음	a	c
A2	이물질 퇴적	b	일부 균열 발생	b	없음	a	b

8) 교면포장

- 교면포장에 대한 상태평가 결과, 전 구간 ‘b’로 평가되었다.
- 경간별 평가내용 분석결과 일부구간 포장불량이 10%이상으로 ‘d’로 평가되어야 하나 손상이 미미하여 주행에 영향이 없고 배수기능에도 문제가 없으므로 책임기술자의 판단으로 ‘b’로 상향하여 평가하였다.

【표 4.3.24】 교면포장 상태평가 결과(부산)

구분	부재 면적 (㎡)	포장불량				배 수		평가 결과
		포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
S1	468.0	0.09	b	없음	a	없음	a	b
S2	585.0	27.35	b	없음	a	없음	a	b
S3	585.0	23.25	b	없음	a	없음	a	b
S4	585.0	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	585.0	6.16	b	없음	a	없음	a	b
S6	585.0	17.09	b	없음	a	없음	a	b
S7	585.0	17.19	b	없음	a	없음	a	b
S8	585.0	0.51	b	없음	a	없음	a	b
S9	585.0	6.86	b	없음	a	없음	a	b
S10	585.0	0.12	b	없음	a	없음	a	b

【표 4.3.24】 교면포장 상태평가 결과(부산, 계속)

구분	부재 면적 (㎡)	포장불량				배 수		평가 결과
		포장불량 면적 (%)		포장손상에 따른 주행성 및 통행성				
S11	585.0	8.96	b	없음	a	없음	a	b
S12	585.0	6.87	b	없음	a	없음	a	b
S13	585.0	35.21	b	없음	a	없음	a	b
S14	585.0	12.31	b	없음	a	없음	a	b
S15	580.7	34.44	b	없음	a	없음	a	b
S16	580.7	17.26	b	없음	a	없음	a	b
S17	585.0	20.51	b	없음	a	없음	a	b
S18	585.0	34.19	b	없음	a	없음	a	b
S19	585.0	13.68	b	없음	a	없음	a	b
S20	585.0	없음	a	없음	a	없음	a	a
S21	585.0	없음	a	없음	a	없음	a	a
S22	585.0	0.01	b	없음	a	없음	a	b
S23	585.0	0.14	b	없음	a	없음	a	b
S24	585.0	없음	a	없음	a	없음	a	a
S25	585.0	없음	a	없음	a	없음	a	a

9) 배수시설

- 배수시설에 대한 상태평가 결과, 일부 개소에 이음부 누수 및 배수관 막힘, 녹발생이 발생되어 ‘c’ 로 평가되었다.

【표 4.3.25】 배수시설 상태평가 결과(부산)

구분	토사/이물질		상태불량 및 길이부족		위치부적절 및 하부 통행위험		누수로 인한 구조물 부식		파손/노후화		평가 결과
S1	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S2	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S3	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S4	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S5	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S6	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S7	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S8	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a

【표 4.3.25】 배수시설 상태평가 결과(부산, 계속)

구분	토사/이물질		상태불량 및 길이부족		위치부적절 및 하부 통행위험		누수로 인한 구조물 부식		파손/노후화		평가 결과
S9	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S10	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S11	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S12	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S13	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S14	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S15	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	연결부 누수	c	c
S16	없음	a	없음	a	없음	a	녹발생	c	없음	a	c
S17	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S18	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S19	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S20	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S21	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S22	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S23	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a
S24	막힘	c	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	c
S25	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	없음	a	a

10) 난간 및 연석

- 난간 및 연석(차량방호벽, 중앙분리대)에 대한 상태평가 결과, ‘b~d’로 평가되었다.
- 분석결과 방호벽 전면에 걸쳐 폭 0.2~0.3mm이상 균열이 발생되어 ‘b~c’로 평가되었으며, 일부구간에 표면손상이 경미하게 발생되어 ‘b’로 평가되었다.

【표 4.3.26】 난간 및 연석 상태평가 결과(부산)

구분	부재 면적 (㎡)	강재						콘크리트						평가 결과
		도장불량 및 부식		파손 및 탈락		기타손상		균열폭 (mm)		박리, 파손, 철근노출 (%)		철근부식 손상면적 (%)		
S1	192.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	0.05	b	없음	a	b
S2	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S3	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	c	없음	a	없음	a	c
S4	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S5	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S6	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S7	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S8	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S9	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S10	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S11	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S12	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S13	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S14	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S15	238.2	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S16	238.2	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S17	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S18	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S19	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S20	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S21	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	없음	a	없음	a	c
S22	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S23	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S24	240.0	-	-	-	-	-	-	0.2이하	b	없음	a	없음	a	b
S25	240.0	-	-	-	-	-	-	0.3이상	c	없음	a	없음	a	c

11) 탄산화

- 탄산화 깊이 측정은 총 9개소(상부구조 4개소, 하부구조 5개소)에서 실시하였으며, 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 개소의 탄산화 잔여깊이가 30.0 mm 이상을 확보하고 있는 상태로 “a” 로 평가되었다.

【표 4.3.27】 탄산화 상태평가 결과(부산)

구분		탄산화 잔여 깊이(mm)	평가기준	평가결과
상부구조	S2 거더내부 LW	61.5	< 탄산화 잔여 깊이 > · a : 30mm이상 · b : 10mm이상~30mm미만 · c : 0mm이상~10mm미만 · d : 0mm미만	a
	S7 거더내부 UF	45.9		a
	S9 거더내부 LW	61.2		a
	S17 거더내부 RW	53.8		a
하부구조	A1 홍벽	44.1		a
	P1 코핑부	59.6		a
	P5 기둥부	66.4		a
	P13 코핑부	76.2		a
	P24 기둥부	74.1		a

12) 염화물

- 염화물함유량 시험은 총 4개소(상부구조 2개소, 하부구조 2개소)에서 실시하여 깊이별 시험을 실시하였다.
- 염화물시험은 철근깊이에서의 염분함유량을 근거로 상태평가를 실시하였으며, ‘a’ 로 평가되었다.

【표 4.3.28】 염화물 상태평가 결과(부산)

구분			전염화물 이온량(kg/m³)	평가기준	평가결과
상부구조	S4	0~20mm	0.203	< 전염화물 이온량 > · a : 염화물 ≤ 0.3kg/m³ · b : 0.3kg/m³ < 염화물 < 1.2kg/m³ · c : 1.2kg/m³ ≤ 염화물 < 2.5kg/m³ · d : 염화물 ≥ 2.5kg/m³	a
		20~40mm	0.201		a
	S8	0~20mm	0.237		a
		20~40mm	0.226		a
하부구조	A2	0~20mm	0.090		a
		20~40mm	0.085		a
	P14	0~20mm	0.235		a
		20~40mm	0.108		a

나. 시설물 전체 상태평가 결과

밀양대교(부산)의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 전반적으로 양호한 상태인 “B”로 산정되었다.

다만, 각 부재에 발생한 균열, 박락, 파손 등의 콘크리트 손상, 거더 및 받침의 도장손상, 녹발생 등의 강재 손상, 포장부 손상 등이 확인되어 구조물의 내구성 확보를 위한 보수 및 유지관리가 요구된다.

【표 4.3.29】 상태평가 결과표(부산)

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간/연석	신축이음	교량 받침	하부	기초	상부	하부	상부	하부
1	PSCB	c	b	b	b	a	b	b	b	b	q	x	a	x	x
2	PSCB	c	a	b	b	a	b	x	b	b	q	a	a	x	x
3	PSCB	c	c	b	b	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
4	PSCB	c	b	b	a	a	b	x	b	b	q	x	x	a	x
5	PSCB	c	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
6	PSCB	c	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	a	x	x
7	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	a	x	x	x
8	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	a	x
9	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	a	x	x	x
10	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
11	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
12	PSCB	c	b	c	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
13	PSCB	b	c	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
14	PSCB	b	b	c	b	a	b	x	b	b	q	x	a	x	x
15	PSCB	c	c	b	b	c	b	c	c	b	q	x	x	x	a
16	PSCB	c	b	c	b	c	b	x	c	b	q	x	x	x	x
17	PSCB	c	b	c	b	a	b	x	c	b	q	a	x	x	x
18	PSCB	b	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
19	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
20	PSCB	c	b	c	a	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
21	PSCB	c	c	b	a	a	c	x	b	b	q	x	x	x	x
22	PSCB	c	b	b	b	a	b	x	b	b	q	x	x	x	x
23	PSCB	b	a	b	b	a	b	x	c	b	q	x	x	x	x
24	PSCB	c	b	b	a	c	b	x	c	b	q	x	x	x	x
25	PSCB	b	c	b	a	a	c	x	c	b	q	x	a	x	x
								b	c	b	q	-	x	-	a
평균		0.336	0.264	0.240	0.180	0.136	0.224	0.267	0.277	0.200	N/A	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	N/A	2	2	2	1
(평균X가중치)/가중치합		0.067	0.053	0.007	0.013	0.004	0.004	0.024	0.025	0.040	N/A	0.002	0.002	0.002	0.001
														0.244	
														B	

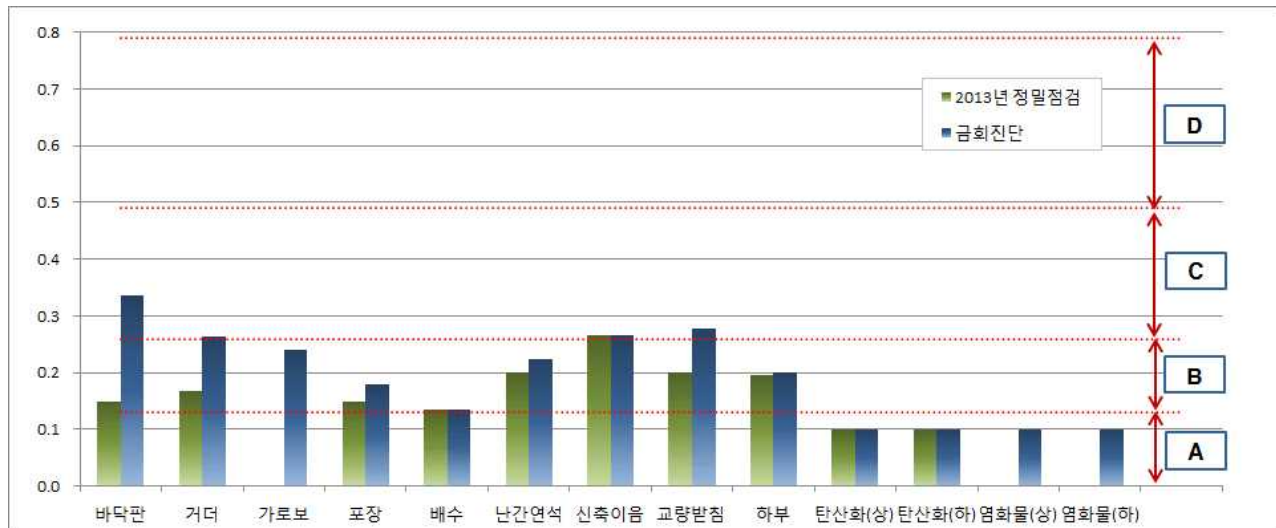
■ 결함도 범위 : $0.130 \leq \text{결함도 지수}(0.244) < 0.260$

다. 기 점검('13년) 결과와의 비교

- 최종 상태평가 결과, 상태기준은 “B”로 평가되었으며, '13년 정밀점검 이후 구조적 영향을 미칠만한 손상에 진전은 없는 것으로 조사되었다.
- 상·하부구조의 기 손상들은 국부적으로 보수가 되었으나, 공용 경과에 따른 손상이 증가되었으며, 일부 미보수된 손상 및 보수부 재손상이 발생되었다.
- 공용기간 경과에 따른 손상증가 (바닥판하면 및 거더 균열 및 망상균열 증가, 교면포장 아스콘 손상 증가, 신축이음장치 후타재 손상 증가, 교대 및 교각 균열 증가)로 인하여 환산결함도 점수가 0.174 ⇨ 0.244으로 증가한 것으로 분석되었다.

【표 4.3.30】 기 진단 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(부산)

구 분		'13년 정밀점검		금회('15년) 진단		결함도 지수 변화요인
		등급	부재별 결함도 지수	등급	부재별 결함도 지수	
상부 구조	바닥판 (상부플랜지)	b	0.148	c	0.336	· 균열 및 망상균열 증가
	거더 (복부, 하부플랜지)	b	0.168	c	0.264	· 균열 및 망상균열, 철근노출 증가
2차 부재	격벽	-	-	b	0.240	· 균열 및 망상균열 증가
기타 부재	포장	b	0.148	b	0.180	· 라벨링, 아스콘 패임 증가
	배수	b	0.136	b	0.136	· 배수관 막힘 증가
	난간, 연석	b	0.200	b	0.224	· 균열 및 균열/백태 증가
	신축이음	c	0.267	c	0.267	· 본체 녹발생 및 후타재 균열 증가
받침	교량받침	b	0.200	c	0.277	· 도장박리/녹발생, 몰탈 균열 일부 증가
하부 구조	하부	b	0.196	b	0.200	· 균열 및 망상균열 증가
	기초	q	-	q	N/A	
내구 성 요소	탄산화(상부)	a	0.100	a	0.100	· 공용기간 경과에 따른 탄산화의 급격한 진전은 없음 · 잔여깊이가 30mm 이상
	탄산화(하부)	a	0.100	a	0.100	
	염화물(상부)	-	-	a	0.100	· 염화물에 의한 부식이 발생할 우려가 없는 상태
	염화물(하부)	-	-	a	0.100	
합 계		B	0.174	B	0.244	



【그림 4.3.2】 기 점검 결과와의 부재별 상태평가 결과 비교(부산)

제 5장 시설물의 안전성평가

5.1 개 요

5.2 상부구조 안전성평가

5.3 기본내하력 검토

5.4 하부구조 안전성평가

5.5 안전성평가 결과요약

제 5장 시설물의 안전성평가

5.1 개 요

본교량은 연속 PSC 박스 거더교로 압출공법(Incremental Launching Method, ILM)으로 시공된 교량으로서 상행선의 P11, 하행선의 P10에 신축이음을 가진 2개 교량으로 구성되어 있으며 상부구조 안전성 검토는 상행선 대구방향의 11경간 연속교 구간을 선정하였다. 구조 안전성 검토 및 내하력 평가를 위한 구조해석은 고정하중 외 1등급의 DB-24(DL-24)의 활하중과 종방향 온도, 상·하연 온도차, 크리프 및 건조수축과 프리스트레스에 의한 부정정력 등에 대하여 사용하중 상태의 응력 검토와 극한상태에서의 구조안전성 검토를 수행하였다. 본 교량의 시공방법은 ILM(Incremental Launching Method)으로 교량의 경간을 통과할 수 있는 평형압축력을 포스트텐션 방식에 의하여 제작된 세그먼트에 도입시켜 기 제작된 주형과 일체화 시킨 후 압출장치에 의해 거더를 교축방향으로 밀어내는 공법이다. 압출공법에 의해 교량을 가설하는 경우 시공 중에 발생하는 거더의 응력이 완성된 후 발생하는 거더의 응력보다 크게 되는 수도 있다.

일반적으로 압출시공 중 고정하중 등에 의해 발생하는 교변응력에 대해서는 PS강재(Central Tendon)에 의해 프리스트레스를 도입해서 대처하고, 압출완료 후에는 부가적인 고정하중이나 활하중 등에 의해 발생하는 응력에 대해서는 2차 PS강재(Continuity Tendon)에 의해 프리스트레스를 도입해서 대처하고 있다. 단, 1차 PS강재라고 해서 반드시 시공중에만 필요한 PS강재를 배치하는 것에 한하지 않고, 경우에 따라서는 압출시공중에 뿐만 아니라 완성 후의 설계단면력을 고려해서 압출시공중에 필요한 PS강재를 미리 1차 PS강재로서 배치하는 경우도 있다.

본 교량의 압출시공시 주형에 발생하는 단면력을 저감시킬 목적과 거더의 압출이 원활하게 될 수 있도록 가이드 역할을 하게 할 목적으로 거더의 선단에 강재로 된 압출노즈(L=36m)를 설치하였다. 본 구조해석에서는 PSC Box 거더교의 시공단계 해석이 가능한 MIDAS CIVIL 범용 프로그램을 사용하여 설계하중에 대한 구조해석을 수행하였다.

5.2 상부구조 안전성평가

5.2.1 교량 제원

- 교량 형식 : PSC 박스 거더교
- 가설 공법 : Incremental Launching Method (ILM)
- 교 폭 : 12.600m
- 교량 등급 : 1등급(DB-24, DL-24)
- 경간 구성 : L= 11@50=550.0m(상행선 대구방향)

5.2.2 재료의 물성치 및 허용응력

가. 콘크리트

- 설계기준강도 : $f_{ck} = 40\text{MPa}$
- 탄성계수 : $E_c = 28,000\text{MPa}$
- 단위중량 : $\gamma_c = 25\text{kN/m}^3$
- 프리스트레스 도입 시 콘크리트 압축강도 : $f_{ci} = 32\text{MPa}$
- 허용응력
 - ※ 크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력
 - 허용휨압축응력 : $0.55 f_{ci} = 17.6\text{MPa}$
 - 허용휨인장응력 : $0.5 \sqrt{f_{ci}} = 2.83\text{MPa}$ (부착철근이 있는 경우)
 - 1.4MPa 또는 $0.25 \sqrt{f_{ci}} = 1.4\text{MPa}$ (부착철근이 없는 경우)
 - ※ 모든 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력
 - 허용휨압축응력 : $0.40 f_{ck} = 16\text{MPa}$
 - 허용휨인장응력 : $1.6 \sqrt{f_{ck}} = 3.20\text{MPa}$
- 균열응력 : $0.63 \sqrt{f_{ck}} = 3.98\text{MPa}$
 - ※ 부가하중(크리프, 건조수축, 지점침하 등)고려시 허용응력 증가계수 1.15 적용
 - ※ 가설시 하중고려시 허용응력 증가계수 1.25 적용

나. 철근(SD40)

- 항복응력 : $f_y = 400\text{MPa}$

- 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^5$ MPa

다. PS 강연선

- $f_{pu} = 1,900$ MPa
- Top : 12 - $\varnothing 12.7$ mm
- Bottom : 7 - $\varnothing 12.7$ mm
- Continuity : 19 - $\varnothing 12.7$ mm
- P.S 강연선의 허용응력
 - 정착직후 정착구에서의 응력 : $0.7f_{pu} = 1,330$ MPa
 - 손실이 일어난 후 설계하중 작용시 : $0.8f_{py} = 1,280$ MPa
- 마찰 계수
 - 곡률 마찰계수 : $\mu = 0.25/\text{rad}$
 - 파상 마찰계수 : $k = 0.0066/\text{m}$ (금속쉬스)
- Wedge slip량 : 6mm
- 릴렉세이션율 : 5%

5.2.3 하중조건

가. 고정하중

- PSC BOX 및 격벽 자중(1차 고정하중) : $\gamma = 25$ kN/m³ 적용
- 2차 고정하중

① Asphalt	:	$0.08 \times 11.700 \times 23.0 =$	21.530 kN/m
② 방호울타리	:	$0.8365 \times 2EA =$	16.730 kN/m
합 계 :			38.260 kN/m

나. 활하중

- DB-24 : $P_r = 96.0\text{kN}$, $P_f = 24.0\text{kN}$
- DL-24 : $P_m = 108.0\text{kN}$, $P_s = 156.0\text{kN}$, $w = 12.7$ kN/m

$$\text{- 충격계수 : } i = \frac{15}{40 + L} \leq 0.3$$

DB-24(DL-24) 활하중 재하경우에 대하여 MIDAS CIVIL 프로그램은 이동하중을 자동 재하

하여 최대/최소 단면력에 대한 활하중 포락선도를 계산함

- 설계 차로 : 3차로 (설계 차로폭 3.6m)
- 하중 재하 : 설계 차로폭을 고려한 중앙재하 및 편재하

다. 기타 하중

- 온도 하중 : ·중방향 = $\pm \Delta 15^{\circ}\text{C}$ ·상하연온도차 = $\pm \Delta 5^{\circ}\text{C}$
- 지점 침하 : $\Delta l = 10\text{mm}$

라. 크리프 및 건조수축

- 시멘트 : 보통(1종) 시멘트
- 지속하중 재하시 콘크리트 재령 : $t' = 7\text{일}$
- 콘크리트가 외기중에 노출되었을 때의 재령 : $t_s = 3\text{일}$
- 상대습도 : 70% (가정)
- 외기 또는 양생온도 : $T = 20^{\circ}\text{C}$
- 콘크리트의 크리프

$\varepsilon_{cs}(t, t')$: t' 일에서 $f_c(t')$ 에 의한 콘크리트의 순간 변형 및 크리프변형을 함께 고려한 전체 크리프 변형을

$$\varepsilon_{cs}(t, t') = f_c(t') \left[\frac{1}{E_{ci}(t')} + \frac{\phi(t, t')}{E_{ci}} \right]$$

E_{ci} : 28일 재령 콘크리트의 초기 접선탄성계수(Mpa)

$$E_{ci} = 2.15 \times 10^4 \sqrt[3]{\frac{f_{cu}}{10}}$$

$\phi(t, t')$: 크리프 계수 $\phi(t, t') = \phi_0 \beta_c(t - t')$

t : 콘크리트의 재령 (일)

t' : 지속하중이 작용할 때의 콘크리트의 재령 (일)

ϕ_0 : 콘크리트의 개념 크리프 계수 $\phi_0 = \phi_{RH} \beta_c(f_{cu}) \beta(t')$

ϕ_{RH} : 외기의 상대습도와 부재 두께에 의해 크리프에 미치는 영향 계수

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - 0.01RH}{0.1 \sqrt[3]{h}}$$

$\beta_c(f_{cu})$: 콘크리트 강도에 의해 크리프에 미치는 영향 함수

$$\beta(f_{cu}) = \frac{16.8}{\sqrt[3]{f_{cu}}}$$

$\beta(t')$: 지속하중이 가해지는 시간 t' 에 의해 크리프에 미치는 영향 함수

$$\beta(t') = \frac{1}{0.1 + (t')^{0.2}}$$

$\beta_c(t-t')$: 재하시간에 따라 크리프에 미치는 영향 함수

$$\beta_c(t-t') = \left[\frac{(t-t')}{\beta_H + (t-t')} \right]^{0.3}$$

β_H : 외기의 상대습도와 부재의 두께에 따른 계수

$$\beta_H = 15[1 + (0.012RH)^{18}]h + 250 \leq 1500 \text{ 일}$$

h : 개념적인 부재치수(cm), $h = \frac{2A_c}{u}$

A_c : 단면적 (cm²)

u : 외기와 접촉하는 단면 둘레(cm)

RH : 상대습도 (%)

f_{cu} : 콘크리트의 28일 평균 압축강도(Mpa)

■ 콘크리트의 건조수축 변형률

$\varepsilon_{sh}(t, t')$: t_s 재령에서 외기에 노출된 콘크리트 재령, t 에서의 전체 건조수축 변형률

$$\varepsilon_{sh}(t, t_s) = \varepsilon_{sh0} \beta_s(t - t_s)$$

ε_{sh0} : 개념적인 건조수축 계수

$$\varepsilon_{sh0} = \varepsilon_s(f_{cu}) \beta_{RH}$$

$\beta_s(t-t')$: 건조 기간에 따른 건조수축 변형률 함수

$$\beta_s(t-t_s) = \sqrt{\frac{(t-t_s)}{0.035h^2 + (t-t_s)}}$$

t_s : 수축이 시작 될 때의 콘크리트의 재령 (일)

$$\varepsilon_s(f_{cu}) = \left[160 + 10\beta_{sc} \left(9 - \frac{f_{cu}}{10} \right) \right] \times 10^{-6}$$

β_{RH} : 외기습도에 따른 크리프와 건조수축에 미치는 영향 계수

$$\beta_{RH} = \begin{cases} -1.55 \left[1 - \left(\frac{RH}{100} \right)^3 \right] & 40\% \leq RH < 90\% \\ 0.25 & RH \geq 90\% \end{cases}$$

h : 개념적인 부재치수(mm), $h = \frac{2A_c}{u}$

5.2.4 종방향 구조해석

설계하중 DB/DL-24로 안전성 및 내하력 평가를 위하여 시공단계 및 현 구조물 상태에 따른 하중상태를 고려하여 허용응력 및 강도설계법에 의한 안전성평가를 수행하고 이를 바탕으로 내하력 평가를 수행하고자 한다. 따라서, 내하력 평가를 위해 시공단계를 고려한 구조해석 및 기타 하중에 대한 정적해석을 수행한다.

단, 시공단계 구성은 설계도면에 근거하여 2.5m 기준으로 하여 압출 단계를 나누었고 압출 노즈가 교각에 거치되기 전 단계 등을 고려하였으며 그에 따른 단면력에 대하여 시공단계에 대한 안전성검토를 수행하였다. 시공단계별 안전성평가는 구조적으로 주요하게 생각되는 37 단계에 대하여 제시하였다.

5.2.5 허용응력에 의한 안전성평가

가. 개 요

일반적으로 PSC 박스 거더에 적용되는 하중은 자중(1차 고정하중)과 2차 고정하중, 활하중, 크리프와 건조수축, 온도, 프리스트레싱 및 2차 부정정력 등이 고려되며 본 구조해석은 도로교 설계기준에 준용하여 실시하였다.

즉, 시공단계 해석을 통하여 PSC 박스 자중(1차 고정하중)과 2차 고정하중, 크리프와 건조수축에 대한 응력 집계를 수행하였고 이후 활하중에 대하여 최대·최소 단면력을 고려하여 각각에 대한 조합을 수행하였다.

나. 종방향 응력 검토 결과

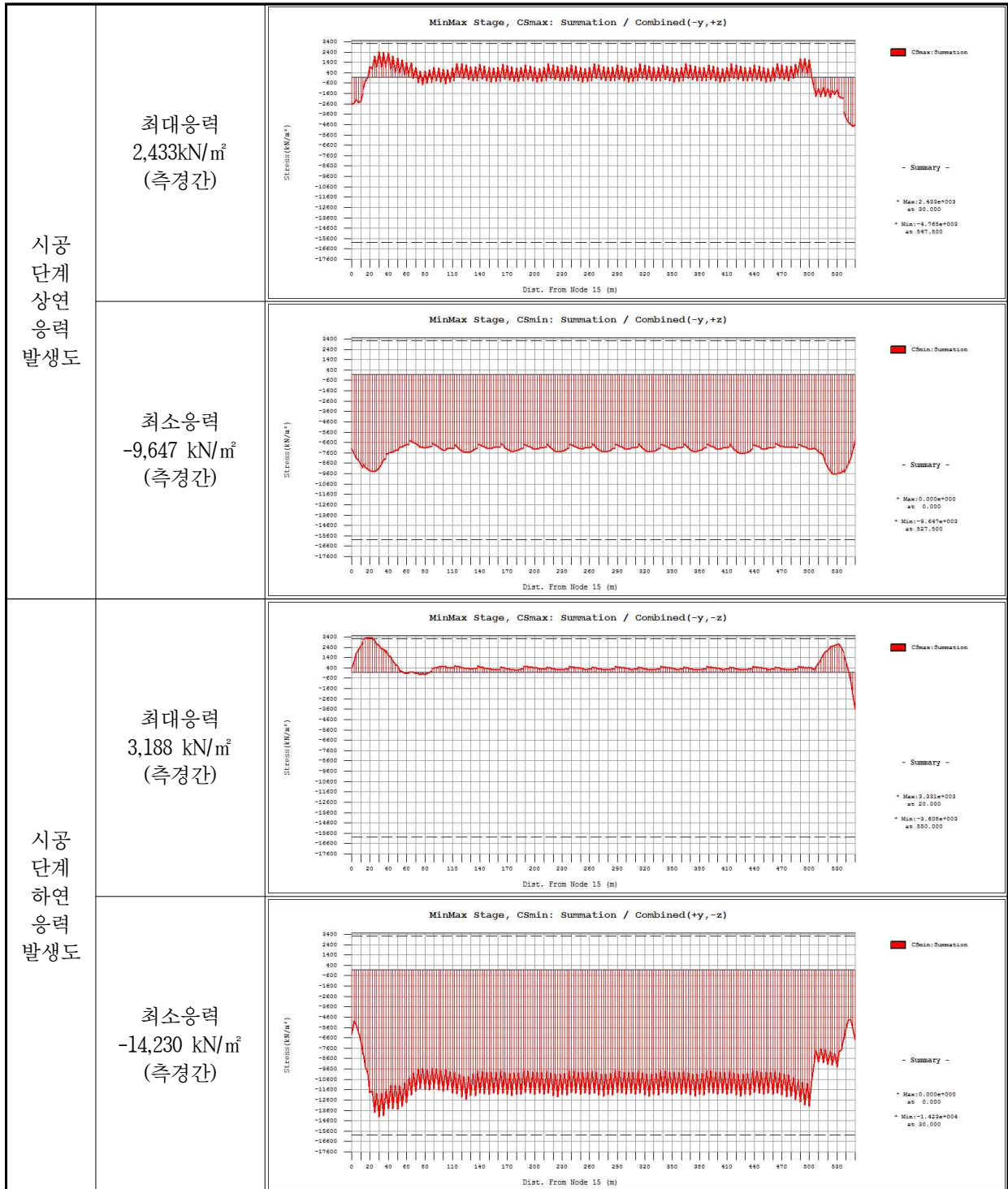
1) 시공단계별 발생응력

시공단계별 상·하연 발생응력은 다음과 같다. 여기서, 시공단계 해석에 대한 허용인장응력은 $3,200\text{kN/m}^2$ 이고, 허용압축응력은 $16,000\text{kN/m}^2$ 이다. 이후 그래프에서 X축 값은 시점에서의 거리를 의미한다.

검토 결과 시공단계 중 하연응력이 허용응력을 초과하나 공용중 최대 발생응력은 허용응력 이내로 안전성을 확보하는 것으로 나타났다.

【표 5.2.1】 시공단계 PSC Box 상·하연 발생응력 결과

구분	상 연 (kN/m ²)			하 연 (kN/m ²)		
	발생응력	허용응력	비고	발생응력	허용응력	비고
인장응력	2,433	3,200	OK	3,188	3,200	O.K.
압축응력	9,647	16,000	OK	14,230	16,000	O.K.



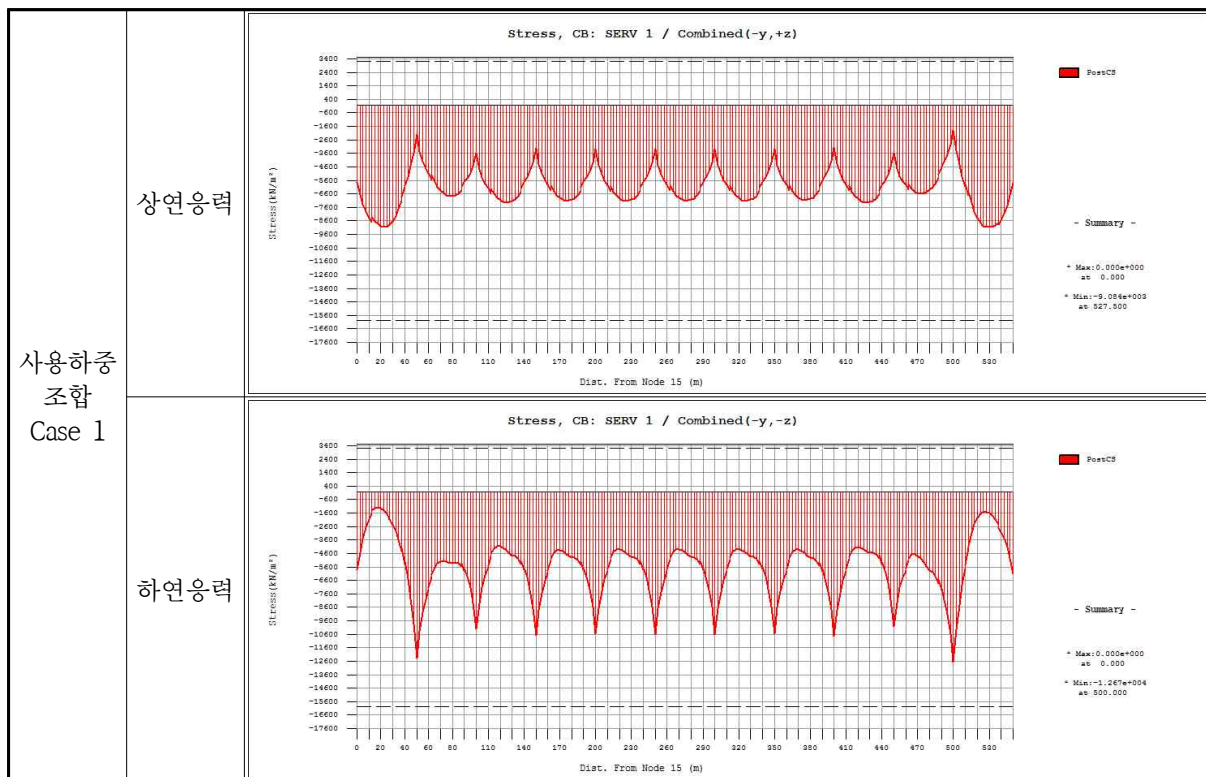
【그림 5.2.1】 시공 단계별 상·하연 최대·최소 응력

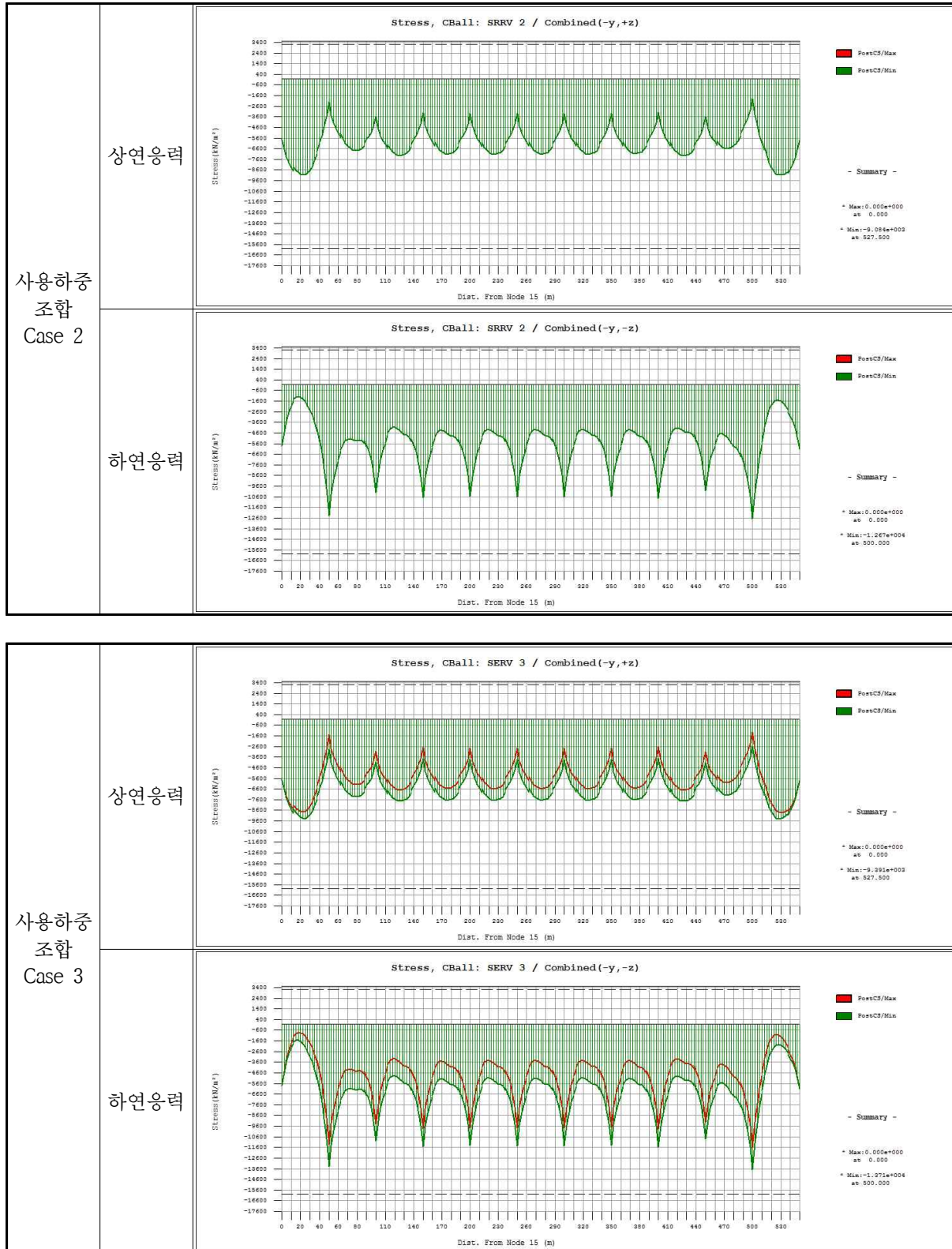
2) 공용 중 발생응력

시공단계 해석을 고려한 사용하중 조합에 따른 최대·최소 발생응력은 다음과 같다. 여기서, 공용 중 허용인장응력은 $3,680\text{kN/m}^2$ 이고 허용압축응력은 $18,400\text{kN/m}^2$ 이다.

- 사용하중조합 Case 1 : Post-Tensioning + 자중 + 2차고정하중
- 사용하중조합 Case 2 : Post-Tensioning + 자중 + 2차고정하중 + 활하중
- 사용하중조합 Case 3 : Post-Tensioning + 자중 + 2차고정하중 + 활하중 + 온도하중

모든 하중조합을 고려한 발생응력과 허용응력을 각각 비교한 결과 공용 중의 발생응력은 허용응력 이내로 안전성을 확보하는 것으로 나타났다.





3) 허용응력법에 의한 안전을 산정

【표 5.2.2】 허용응력법에 의한 안전을 산정 (단위 : kN/m²)

조합 Case	허용 응력	측경간 중앙부		측경간 지점부		중앙경간 중앙부		중앙경간 지점부	
		조합응력	S.F	조합응력	S.F	조합응력	S.F	조합응력	S.F
1	18,400	8,880	2.07	10,400	1.76	6,740	2.72	8,320	2.21
2	18,400	9,940	1.85	11,750	1.56	8,080	2.27	9,530	1.93
3	18,400	10,290	1.78	12,750	1.44	8,670	2.12	10,310	1.78
최소 안전율		1.78		1.44		2.12		1.78	

안전성평가등급	A

5.2.6 강도설계법에 의한 안전성평가

가. 단면력 검토

1) 설계 휨강도

① 중립축이 플랜지내에 있는 플랜지를 갖는 단면(사각형 단면)

$$\phi M_n = \phi \left[A_{ps} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59 \left(\frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p} \frac{\rho_f f_y}{f_{ck}} \right) \right\} \right] + A_s \left\{ 1 - 0.59 \left(\frac{d_p}{d} \frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} + \frac{\rho_f f_y}{f_{ck}} \right) \right\}$$

인장 또는 압축 측에 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우는

$$\phi M_n = \phi \left[A_{ps} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59 \frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} \right\} \right]$$

② 중립축이 플랜지내에 있지 않는 플랜지를 갖는 단면

$$\phi M_n = \phi \left[A_{pw} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59 \frac{A_{pw} f_{ps}}{b_0 d_p f_{ck}} \right\} + A_s f_y (d - d_p) + 0.85 f_{ck} (b - b_0) t (d_p - 0.5t) \right]$$

인장 또는 압축 측에 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우는

$$\phi M_n = \phi \left[A_{pw} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59 \frac{A_{pw} f_{ps}}{b_0 d_p f_{ck}} \right\} + 0.85 f_{ck} (b - b_0) t (d_p - 0.5t) \right]$$

여기서, $A_{pw} = A_p - A_{pf}$ (식(2)에 적용)

$$A_{pw} = A_p + (A_s f_y / f_{ps}) - A_{pf} \text{ (식(1)에 적용)}$$

$$A_{pf} = 0.85 f_{ck} (b - b_0) t / f_{ps}$$

t : 압축플랜지 두께, 혹은 플랜지를 갖는 부재의 플랜지 평균두께

2) PS강재의 응력

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left\{ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p} \left(\rho \frac{f_y}{f_{ck}} - \rho' \frac{f_y}{f_{ck}} \right) \right\} \right]$$

인장 또는 압축 측에 철근을 배치하지 않았거나, 배치했더라도 그 영향을 무시할 수 있는 경우는

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \cdot \frac{\rho_p f_{pu}}{f_{ck}} \right]$$

여기서, γ_p : 0.4(응력제거 강재), 0.28(저 탈락세이션 강재), 0.55(강봉)

f_{ps} : PS강재의 극한강도

ρ_p : PS강재 비 = $A_{ps} / (b \times d_p)$

γ_p : 강재의 종류에 따른 계수

d_p : 압축측 연단에서 긴장내 도심까지의 거리

3) PS강재의 제한(연성 한계)

① 최대 PS강재량

■ 중립축이 플랜지내에 있는 플랜지를 갖는 단면

$$q_p = \rho_p \frac{f_{ps}}{f_{ck}} \leq 0.36 \beta_1$$

강재지수가 $0.36 \beta_1$ 보다 큰 부재에서는 설계 휨강도를 다음 값보다 크지 않게 취해야 한다.

$$\phi M_n = \phi [(0.36 \beta_1 - 0.08 \beta_1^2) f_{ck} b d_p^2]$$

■ 중립축이 플랜지내에 있거나 없는 플랜지를 갖는 단면

$$q_p = A_{pw} \frac{f_{ps}}{b_w d_p f_{ck}} \leq 0.36 \beta_1$$

강재지수가 $0.36 \beta_1$ 보다 큰 부재에서는 설계 휨강도를 다음 값보다 크지 않게 취해야 한다.

$$\phi M_n = \phi \left[(0.36\beta_1 - 0.08\beta_1^2) f_{ck} b_w d_p^2 + 0.85 f_{ck} (b - b_w) t (d_p - 0.5t) \right]$$

② 최소 PS강재량

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr}^* \quad f_{ru} = 0.5 \sqrt{f_{ck}}$$

여기서, f_{pe} : 유효프리스트레스에 의한 콘크리트 압축응력

③ $f_{ck} = 40\text{Mpa}$, $f_y = 1,900\text{Mpa}$, $\beta_1 = 0.4$ (응력제거 강재)

나. 휨강도 검토

1) 계수하중조합에 의한 단면력도

- 계수하중조합 Comb. 1 : $1.3 \times$ 고정하중 + $2.15 \times$ 활하중
- 계수하중조합 Comb. 2 : $1.3 \times$ 고정하중 + $2.15 \times$ 활하중 + $0.63 \times$ 활하중
+ $1.25 \times$ 온도하중 + $1.25 \times$ 지점침하

2) 휨강도 검토

【표 5.2.3】설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력

위 치	Mu (kN · m)	ØMn (kN · m)	안전성
측경간 중앙부	61,387.9	153,651.0	O.K.
측경간 지점부	63,764.3	166,133.0	O.K.
중앙경간 중앙부	30,173.5	153,651.0	O.K.
중앙경간 지점부	44,346.3	166,133.0	O.K.

안전성평가등급	A

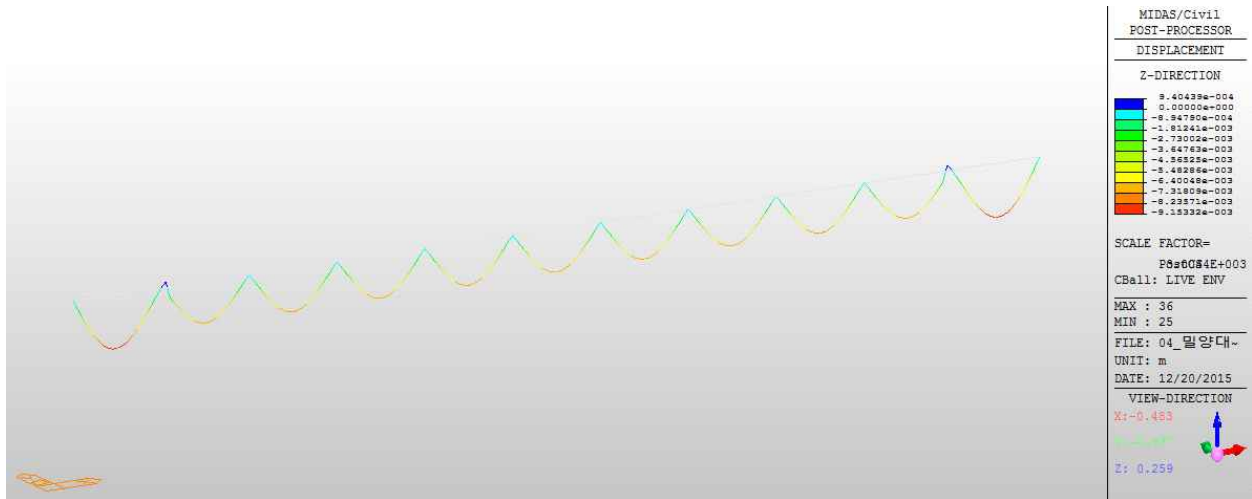
다. 받침용량검토

【표 5.2.4】반력 집계결과

구 분		1차 고정 (자중+PO STTENSIO NING)	활하중 재하시		풍하중		온도하 중	지점 침하	계	비 고
			P (연직력)	M (torsion)	P (연직력)	M (torsion)				
A1	Rmax	279.356	116.497	248.664	39.199	180.314	7.423	5.896	448.371	450tonf
	Rmin	279.356	8.383		-39.199		7.423	5.896	261.858	
P1	Rmax	710.045	215.741	415.394	84.866	390.383	3.310	-19.189	994.773	1000tonf
	Rmin	710.045	35.134		-84.866		3.310	-19.189	644.435	
P2	Rmax	711.800	216.605	415.392	84.695	389.595	2.367	-28.470	986.997	1000tonf
	Rmin	711.800	36.000		-84.695		2.367	-28.470	637.003	
P3	Rmax	715.775	217.138	415.397	84.924	390.651	0.602	-28.332	990.107	1000tonf
	Rmin	715.775	36.531		-84.924		0.602	-28.332	639.651	
P4	Rmax	715.900	218.172	415.397	85.794	394.651	0.151	-31.431	988.585	1000tonf
	Rmin	715.900	37.564		-85.794		0.151	-31.431	636.390	
P5	Rmax	717.230	218.286	415.397	85.770	394.544	0.029	-31.574	989.742	1000tonf
	Rmin	717.230	37.679		-85.770		0.029	-31.574	637.593	
P6	Rmax	717.355	218.286	415.397	85.770	394.544	0.029	-31.574	989.867	1000tonf
	Rmin	717.355	37.679		-85.770		0.029	-31.574	637.718	
P7	Rmax	715.190	218.172	415.397	85.701	394.224	0.151	-31.432	987.781	1000tonf
	Rmin	715.190	37.564		-85.701		0.151	-31.432	635.772	
P8	Rmax	715.945	218.638	415.397	86.011	395.651	0.602	-30.832	990.364	1000tonf
	Rmin	715.945	38.031		-86.011		0.602	-30.832	637.734	
P9	Rmax	706.195	216.651	415.605	84.707	389.651	2.367	-28.470	981.451	1000tonf
	Rmin	706.195	35.954		-84.707		2.367	-28.470	631.339	
P10	Rmax	710.115	215.741	415.394	84.866	390.383	3.310	-19.189	994.843	1000tonf
	Rmin	710.115	35.134		-84.866		3.310	-19.189	644.505	
A2	Rmax	276.331	116.497	248.664	39.199	180.314	7.423	5.896	445.346	450tonf
	Rmin	276.331	8.383		-39.199		7.423	5.896	258.833	

받침 최대반력이 받침장치의 허용용량 미만으로 안전성을 확보하고 있음.

라. 처짐 검토



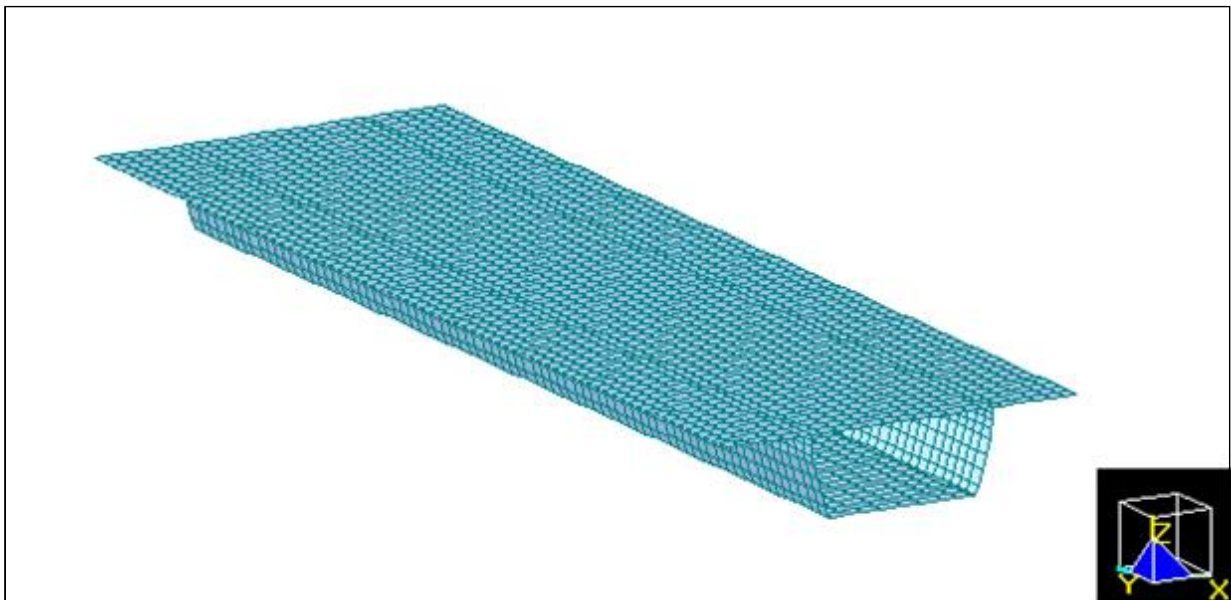
【그림 5.2.2】 처짐도

- 작용처짐량 = 9.13mm < 허용처짐량 = 62.5mm ($L/800 = 50,000/800$) O.K.

5.2.7 횡방향 구조해석

횡방향 해석을 통한 구조 안전성 검토를 위해 철근콘크리트 구조로서 강도 설계법에 의한 극한 상태에서의 안전성 검토를 수행하였다.

가. 구조해석 모델링



【그림 5.2.3】 모델링

- 유한요소로 해석으로 부터 계산한 횡방향 모멘트를 M이라하고,FRAME 해석으로부터 계산한 횡방향 모멘트를 M'라 하면 $E = M'/M$ 으로 부터 유효중 분포폭을 얻을 수 있음.

검토지점	하 중 경 우	SHELL 해석(M)		FRAME 해석(M')		유효중 분포폭	
		정모멘트	부모멘트	정모멘트	부모멘트	정모멘트	부모멘트
캔틸레버부	L.C.1	-	-10.220	-	-36.430	-	3.565
내측부	L.C.2	2.879	-10.998	6.780	-43.340	2.355	3.941
	L.C.3	4.049	-8.214	8.750	-32.690	2.161	3.980

※ 여기서, 유효중 분포폭(E)는 M'/M 으로부터 산출.

나. 하중조합

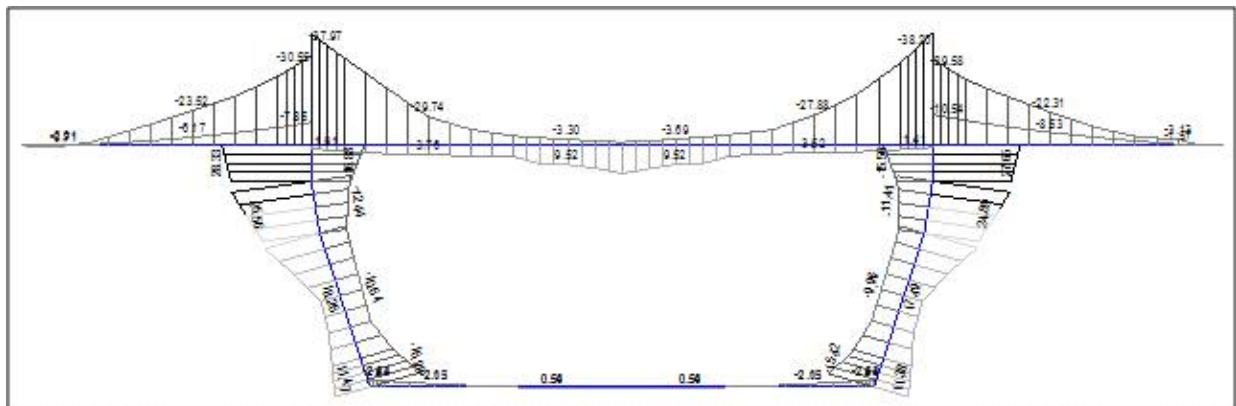
1) 하중조합

횡방향 단면검토를 위한 하중조합은 아래와 같다.

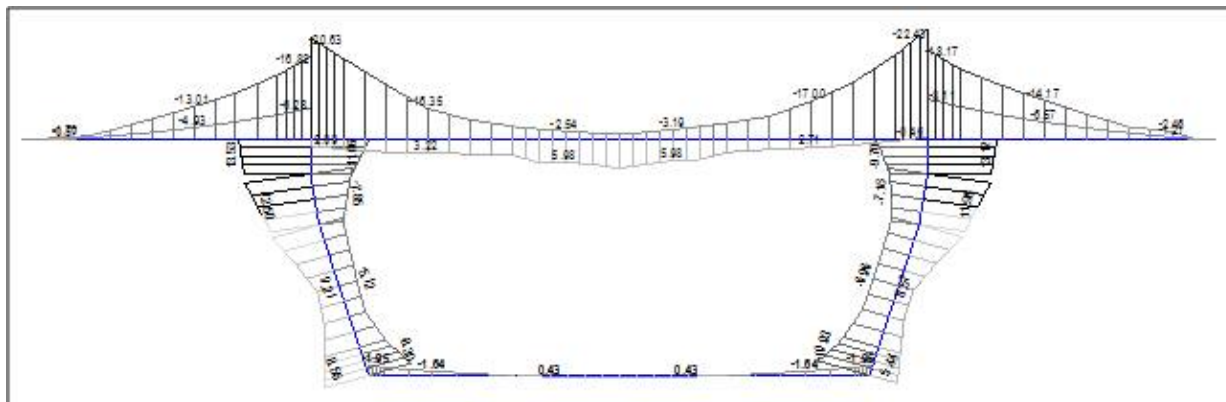
【표 5.2.5】 횡방향 구조해석 하중조합

구 분	계수하중				구 분	사용하중			
	고정하중	활하중	풍하중	온도변화		고정하중	활하중	풍하중	온도변화
COMB1	1.30	2.15			COMB7	1.00	1.00		
COMB2	1.30		1.30		COMB8	1.00		1.00	
COMB3	1.30	1.30	0.65		COMB9	1.00	1.00	1.00	
COMB4	1.30	1.30		±1.30	COMB10	1.00	1.00		±1.00
COMB5	1.25		1.25	±1.25	COMB11	1.00		1.00	±1.00
COMB6	1.25	1.25	0.63	±1.25	COMB12	1.00	1.00	1.00	±1.00

2) 하중별 해석결과



【그림 5.2.4】 계수하중에 의한 휨모멘트도



【그림 5.2.5】 사용하중에 의한 휨모멘트도

다. 단면력 검토

횡방향 구조해석 결과에 대한 극한강도를 검토한 결과 발생 단면력이 공칭 휨강도를 만족하는 것으로 나타나 안전성에는 문제가 없는 것으로 확인되었다.

【표 5.2.6】 하중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토

부 제	사용철근량(As)	휨 검 토		안전율
		Mu (kN · m)	Φ Mn (kN · m)	
캔틸레버부 단부	H25@250 + H25@250	305.50	504.64	1.85
중간 지점부	H25@250 + H25@250	382.00	628.68	1.85
내부슬래브 중앙부	H19 @125	95.20	153.14	1.60

안전성평가등급	A

5.3 기본내하력 검토

5.3.1 개요

본 교량의 안전성평가는 시공중과 시공완료 후 공용하중에 대해 평가를 하였으며 시공 완료 후에 대해서는 현 시방기준에 입각하여 허용응력법과 강도설계법에 의해 평가를 하였다. 거더의 종방향 내하력 평가는 허용응력법과 강도설계법에 의한 기본내하율을 각각 구하였으며 횡방향에 대한 내하율은 강도설계법에 의하여 산정하였다.

$$\bullet \text{ 허용응력법에 의한 내하율}(RF) = \frac{f_a - (f_d + f_{pt} + f_{cs})}{f_l (1+i)}$$

여기서, f_a = 허용응력

f_d = 고정하중에 의한 발생응력

f_{pt} = 프리스트레스력에 의한 발생응력

f_{cs} = Creep, Shrinkage에 의한 발생응력

f_l = 활하중에 의한 발생응력

$$\bullet \text{ 강도설계법에 의한 내하율}(RF) = \frac{\phi M_n - (\gamma_d M_d + \gamma_{pt} M_{pt})}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ϕM_n = 극한 저항 모멘트 (RC-PC구조물의 휨부재 $\phi=0.85$)

M_d = 고정하중 모멘트(증가계수 $\gamma_d = 1.3$)

M_{pt} = 프리스트레스력에 의한 모멘트(증가계수 $\gamma_{pt} = 1.0$)

M_l = 활하중에 의한 모멘트(증가계수 $\gamma_l = 2.15$)

i = 충격계수

5.3.2 종방향 평가

가. 허용응력법에 의한 거더의 내하율 산정

【표 5.3.1】 허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가 (단위 : kN/m²)

위 치	내하율 계산	내하율(RH)	기본내하력
측경간 중앙부	$\frac{18,400 - (8,880)}{1,060}$	8.98	DB-24 이상
측경간 지점부	$\frac{18,400 - (10,400)}{1,350}$	5.92	DB-24 이상
중앙경간 중앙부	$\frac{18,400 - (6,740)}{1,340}$	8.70	DB-24 이상
중앙경간 지점부	$\frac{18,400 - (8,320)}{1,210}$	8.33	DB-24 이상

나. 극한강도법에 의한 거더의 내하율 산정

【표 5.3.2】 극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가 (단위:kN · m)

위치	내하율 계산	내하율(RH)	기본내하력
측경간 중앙부	$\frac{153,651 - (1.3 \times 46,993 + 18,441)}{2.15 \times (11,279)}$	3.05	DB-24 이상
측경간 지점부	$\frac{166,133 - (1.3 \times 58,046 + 28,793)}{2.15 \times (9,428)}$	3.05	DB-24 이상
중앙경간 중앙부	$\frac{153,651 - (1.3 \times 23,551 + 17,197)}{2.15 \times (9,534)}$	5.16	DB-24 이상
중앙경간 지점부	$\frac{166,133 - (1.3 \times 39,639 + 25,281)}{2.15 \times (8,440)}$	4.92	DB-24 이상

평가 결과, 설계 활하중 DB-24(DL-24)에 대하여 충분한 내하력을 확보하는 것으로 나타났다.

5.3.3 횡방향 평가

【표 5.3.3】 횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가 (단위:kN · m)

위 치	내하율 계산	내하율(RH)	기본 내하력
캔틸레버부 단부	$\frac{504.64 - 1.3 \times 52.0}{2.15 \times 102.0}$	1.99	DB-24 이상
중간 지점부	$\frac{628.68 - 1.3 \times 81.0}{2.15 \times 151.0}$	1.61	DB-24 이상
내부슬래브 중앙부	$\frac{153.14 - 1.3 \times 6.0}{2.15 \times 40.0}$	1.69	DB-24 이상

평가 결과, 설계 활하중 DB-24(DL-24)에 대하여 충분한 내하력을 확보하는 것으로 나타났다.

5.4 하부구조 안전성평가

5.4.1 교각(P2) 구조검토

가. 검토조건

1) 일반사항

- ① 하부구조형식 : T형 교각
- ② 상부구조형식 : PSC Box Girder
- ③ 교량등급 : 1등교(DB-24, DL-24)
- ④ 기초형식 : 말뚝기초

2) 하중

- ① 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- ② 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.0 \text{ kN/m}^3$

3) 사용재료

① 콘크리트

- 설계기준강도(f_{ck}) : 24MPa(코핑부, 기둥)
- 탄성계수(E_c) : 26,636.6MPa

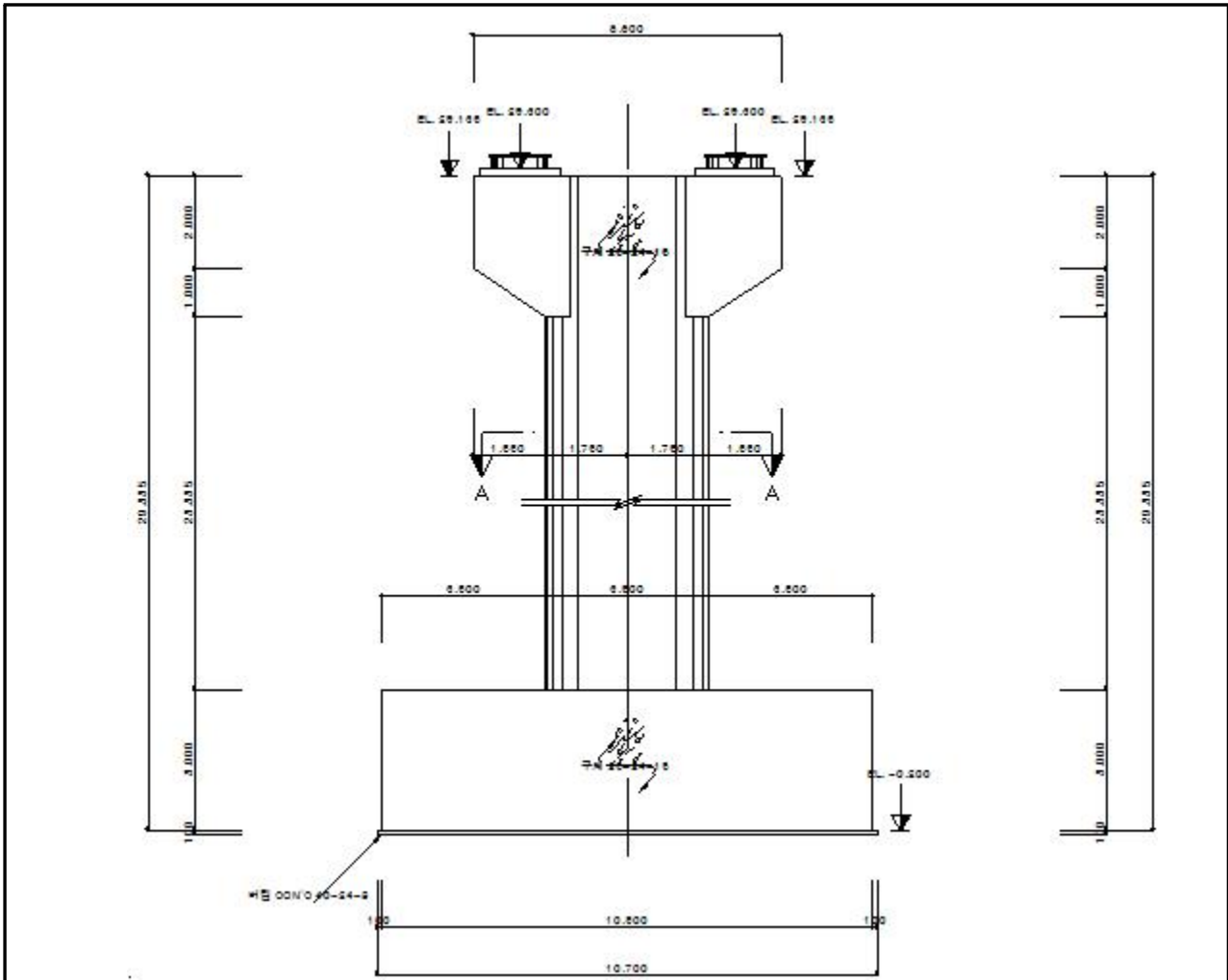
② 철근(SD300)

- 항복강도(f_y) : 300MPa
- 탄성계수(E_s) : 200,000MPa

4) 설계방법

극한강도설계법 적용

나. 해석단면



【그림 5.4.1】 해석단면(P2)

다. 하중산정

1) 상부반력 및 교각자중

교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
		만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
1	7118.000	1263.000	2166.050	360.000
2	7118.000	1263.000	360.000	2166.050
계	14236.000	2526.000	2526.050	2526.050

※ 교각자중은 25.0 kN/m³의 값을 프로그램에서 자동재하

2) 풍하중

① 상부구조에 작용하는 풍하중

$$B/D = 12.600 / 7.030 = 1.792 [1 \leq B/D < 8]$$

$$W_1 = [4.0 - 0.2 \times 1.792] \times 7.030 = 25.600 \text{ kN/m} \geq 6.0 \text{ 이므로}$$

$$= 25.600 \text{ kN/m}$$

$$P_1 = 25.600 \times (50.0 + 50.0) / 2 \times \sin 90$$

$$= 1280.000 \text{ kN}$$

$$\text{작용위치 } h = 7.030/2 + 0.45 + 1.000 = 4.965 \text{ m (거더중심 기준)}$$

$$\text{작용모멘트 } M_y = P_h \times h = 1280.000 \times 4.965 = 6355.200 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

② 하부구조에 작용하는 풍하중

$$W'_{\text{copping}} = 22.500 \text{ kN}$$

$$W'_{\text{column}} = 1.500 \times 3.5 = 5.25 \text{ kN/m (풍상측)}$$

※ 활하중 재하시에는 계산된 하중의 1/2을 적용한다.

3) 온도하중

① 교축직각방향(G-TR)

연평균 온도변화차 $\Delta T = 10^\circ \text{ C}$ 적용한다.

② 교축방향(G-LO)

- 교각의 종방향 변위를 유발하는 수평력

$$\delta = \alpha \times \Delta T \times L = 0.000010 \times 20.0 \times 200.000 = 0.040 \text{ m}$$

$$\delta = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I}, \quad P_h = \frac{3 \times E \times I \times \delta}{L^3}$$

$$P_h = 3 \times 26636600 \times 7.36618 \times 1 \text{ EA} \times 0.04000 / 26.335^3 \times \sin 90.0 = 1289.146 \text{ kN}$$

- 교량 받침에 의한 수평력

$$\text{LRB받침의 고무강성계수 : } k_d = 49243.700 \text{ kN/m}$$

$$\text{LRB받침의 특성강도계수 : } Q_d = 498.000 \text{ kN}$$

$$P_h = (1/4 \times Q_d + k_d \times \delta) \times N = (1/4 \times 498.000 + 49243.700 \times 0.04000) \times \sin 90.0$$

$$= 2094.248$$

- 수평력은 ①, ②중 작은값 1289.146 kN를 적용한다.

- 작용모멘트

$$M_h = 1289.146 \times (0.450 + 2.000/2) = 1869.262 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

라. 하중조합

1) 계수하중 검토시

구분	D	L1	L2	L3	W	WL	G	GS	CO
ULB01	1.30	2.15							
ULB02	1.30		2.15						
ULB03	1.30			2.15					
ULB04	1.30				1.30				
ULB05	1.30	1.30			0.65	1.30			
ULB06	1.30		1.30		0.65	1.30			
ULB07	1.30			1.30	0.65	1.30			
ULB08	1.30	1.30					1.30	1.30	
ULB09	1.30	1.30					-1.30	1.30	
ULB10	1.30		1.30				1.30	1.30	
ULB11	1.30		1.30				-1.30	1.30	
ULB12	1.30			1.30			1.30	1.30	
ULB13	1.30			1.30			-1.30	1.30	
ULB14	1.25				1.25		1.25	1.25	
ULB15	1.25				1.25		-1.25	1.25	
ULB16	1.25	1.25			0.63	1.25	1.25	1.25	
ULB17	1.25	1.25			0.63	1.25	-1.25	1.25	
ULB18	1.25		1.25		0.63	1.25	1.25	1.25	
ULB19	1.25		1.25		0.63	1.25	-1.25	1.25	
ULB20	1.25			1.25	0.63	1.25	1.25	1.25	
ULB21	1.25			1.25	0.63	1.25	-1.25	1.25	
ULB22	1.00								
ULB23	1.30	1.30							1.30
ULB24	1.30		1.30						1.30
ULB25	1.30			1.30					1.30
ULB26	1.20				1.20				1.20

※ D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

W : 활하중 비재하시 풍하중에 따른 단면력

WL : 활하중 재하시 풍하중에 따른 단면력

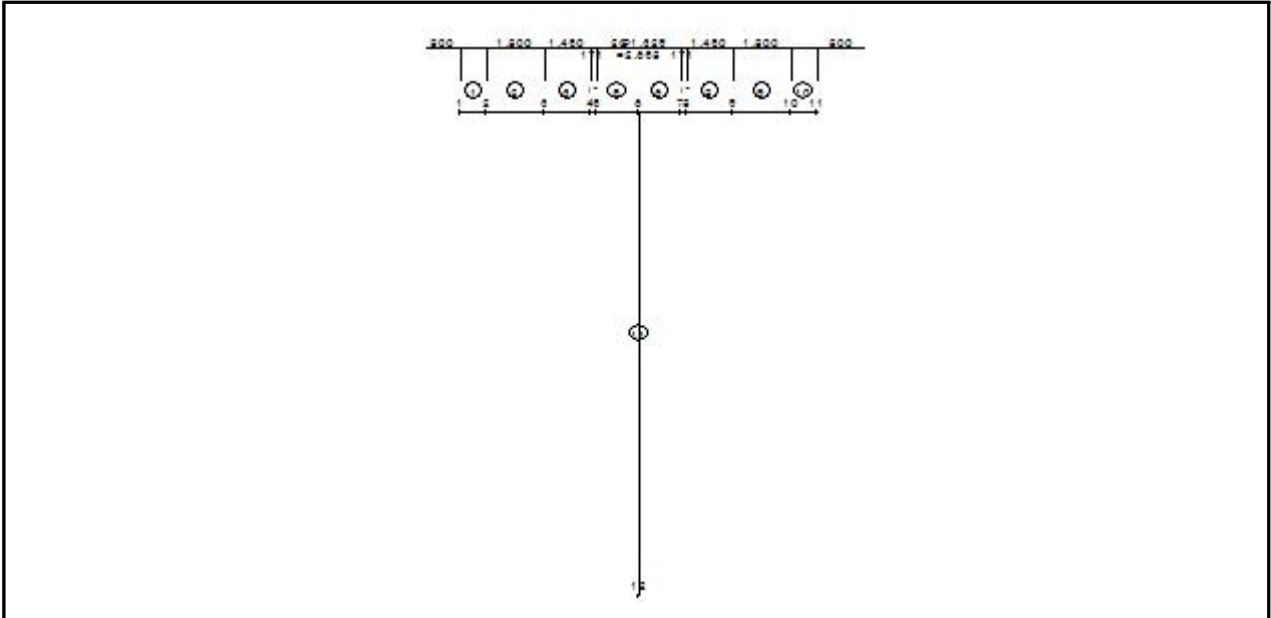
G : 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

Q : 유수압 및 유목충돌에 의한 단면력

마. 구조해석

1) 해석모델링

상부 및 하부구조물의 상호작용을 고려하기 위하여 병합하여 모델링하였다.



【그림 5.4.2】 해석모델링(P2)

바. 코핑부 검토

1) 내민보 검토

① 내민길이의 산정

원형이나 정다각형 기둥인 경우 내민 길이는 정사각형 기둥단면으로 치환하여 구한다.

- 기둥의 단면적

$$A = \pi \times 3.5^2 / 4 = 9.621 \text{ m}^2$$

- 치환단면의 한변길이

$$L = \sqrt{9.621} = 3.102 \text{ m}$$

위험단면은 기둥 끝단으로부터 0.199m(= 1.75 - 3.102/2)에 위치한다.

② 브래킷 판정

- 위험단면에서의 작용력

$$V_u = 14,273.747 \text{ kN}$$

$$M_u = 10,714.103 \text{ kN.m}$$

$$N_u = 0 \text{ kN.m}$$

• 브래킷 판정

$$a = 10,714.103 / 14,273.747 = 0.751 \text{ m}$$

$$d = 3.000 - 0.150 = 2.850 \text{ m}$$

$$a/d = 0.751 / 2.850 = 0.263 \leq 1.0 \quad \therefore \text{브래킷으로 검토}$$

③ 브래킷 검토

- 단면제원 및 검토조건

$$f_{ck}=24\text{MPa}, f_y=300\text{MPa}, \phi=0.80, \phi_f=0.80, \phi_v=0.80$$

B(mm)	H(mm)	d(mm)	피복(mm)	외단깊이(mm)	Vu(kN)
2,500.0	3,000.0	2,850.0	100.0	2,644.1	14,273.7

㉠ 사용 철근량

$$\text{㉠ 주인장철근 : 3단 } D29 - 24EA (46,252.800\text{mm}^2)$$

$$\text{㉠ 폐합스트립 : 1단 } D25 - 6EA (= 3,040.2\text{mm}^2)$$

㉡ 최대전단강도

$$V_{n1} = 0.2f_{ck}bd = 0.2 \times 24 \times 2500.000 \times 2850.000 = 34,200.000 \text{ kN}$$

$$V_{n2} = 5.6bd = 5.6 \times 2500.000 \times 2850.000 = 39,900.000 \text{ kN}$$

$$\phi V_{\max} = 0.8 \times \min(V_{n1}, V_{n2}) = 27,360.000 \text{ kN}$$

㉢ 철근량 산정

㉢ 전단력에 저항할 전단철근

$$A_{vf} = \frac{S_u}{\phi \times \mu \times f_y} = 42,481.390 \text{ mm}^2$$

㉢ 인장력에 저항할 철근

$$A_{vn} = \frac{N_u}{\phi \times f_y} = 11,894.789 \text{ mm}^2$$

㉢ 모멘트에 저항할 철근

$$a = \frac{f_y \times A_f}{0.85f_{ck}b} = 0.005A_f$$

$$A_f = \frac{M_u}{\phi b f_y (d - a/2)} = 16,591.785 \text{ mm}^2$$

㉢ 주인장철근량 검토

주인장철근의 단면적은 $(A_f + A_n)$ 과 $(2/3 A_{vf} + A_n)$ 중 큰값을 취한다.

$$\max(A_{s1} = A_f + A_n, A_{s2} = 2/3A_{vf} + A_n) = 40,215,716 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 0.04 \times \frac{f_{ck}}{f_y} \times b \times d = 22,800.000 \text{ mm}^2$$

$$\max(A_{s1}, A_{s2}, A_{\min}) = 40,215,716 \text{ mm}^2 \leq A_s (= 46,252.800 \text{ mm}^2) \quad \text{O.K}$$

㉔ 폐합스트립 검토

$$A_h = 0.5(A_s - A_n) = 14,160.463 \text{ mm}^2 \leq A_{used} (= 39,522.600) \text{ mm}^2 \quad \text{O.K}$$

④ 깊은보 검토

상세과정은 부록 참조

구 분	ΦV_n (kN)	V_u (kN)	S.F	검토 결과
깊은보 검토	17,764.144	14,184.809	1.25	O.K

사. 기둥 단면검토

1) 부재력 집계 : 기둥 하단

【표 5.4.1】부재력 산정결과

- 교축직각방향

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ (m)	비 고
ULO02	-27911.511	-33342.518	-8930.917	-8930.917	0.000	-0.02074	축력최대
ULO04	-27911.511	-27911.510	11648.260	53018.601	-1852.519	0.08845	모멘트최대
UEO26	-19323.354	-19323.353	10752.240	48940.247	-1710.017	0.08164	편심최대

- 교축방향

구 분	Pe(kN)	Pu(kN)	M1(kN.m)	M2(kN.m)	V(kN)	Δ (m)	비 고
ULB02	-27911.511	-33342.518	0.000	0.000	0.000	0.00000	축력최대
ULB14	-26837.991	-26837.991	-5696.316	-46682.937	1833.012	0.07408	모멘트최대
UEB14	-20396.873	-20396.873	-5696.316	-46682.937	1833.012	0.07408	편심최대

- 합성부재력

구 분	Pu(kN)	Mx(kN.m)	My(kN.m)	M2(kN.m)	비 고
UL02	-33342.518	0.000	-9730.226	9730.226	축력최대
UL14	-26837.991	-46682.937	53719.098	71169.081	모멘트최대
UE14	-20396.873	-46682.937	53924.923	71324.567	편심최대
UL04	-27911.510	-3661.546	55985.851	56105.458	모멘트최대
UE26	-19323.353	-3379.889	51610.979	51721.531	편심최대

※ P_e : 장기지속축력 (= 고정하중에 의한 축력 $\times$ 고정하중 계수)

P_u : 전체축력 , $M1, M2$: Non-Sway모멘트, Sway모멘트

Δ : 기둥 상단의 변위량

2) 기둥 단면검토

【표 5.4.2】기둥 단면검토 결과(P2)

- 교축직각방향

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ϕP_n	P_u	M_u	안전도	비 고
축력최대	0.010	0.024	0.060	O.K	146222.73	33342.518	9730.226	4.385	O.K
모멘트최대	0.010	0.024	0.060	O.K	50760.056	27911.510	55985.851	1.819	O.K
편심최대	0.010	0.024	0.060	O.K	38110.838	19323.353	51610.979	1.972	O.K

- 교축방향

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ϕP_n	P_u	M_u	안전도	비 고
축력최대	0.010	0.024	0.060	O.K	146222.73	33342.518	0.000	4.385	O.K
모멘트최대	0.010	0.024	0.060	O.K	57996.668	26837.991	46682.937	2.161	O.K
편심최대	0.010	0.024	0.060	O.K	45154.311	20396.873	46682.937	2.214	O.K

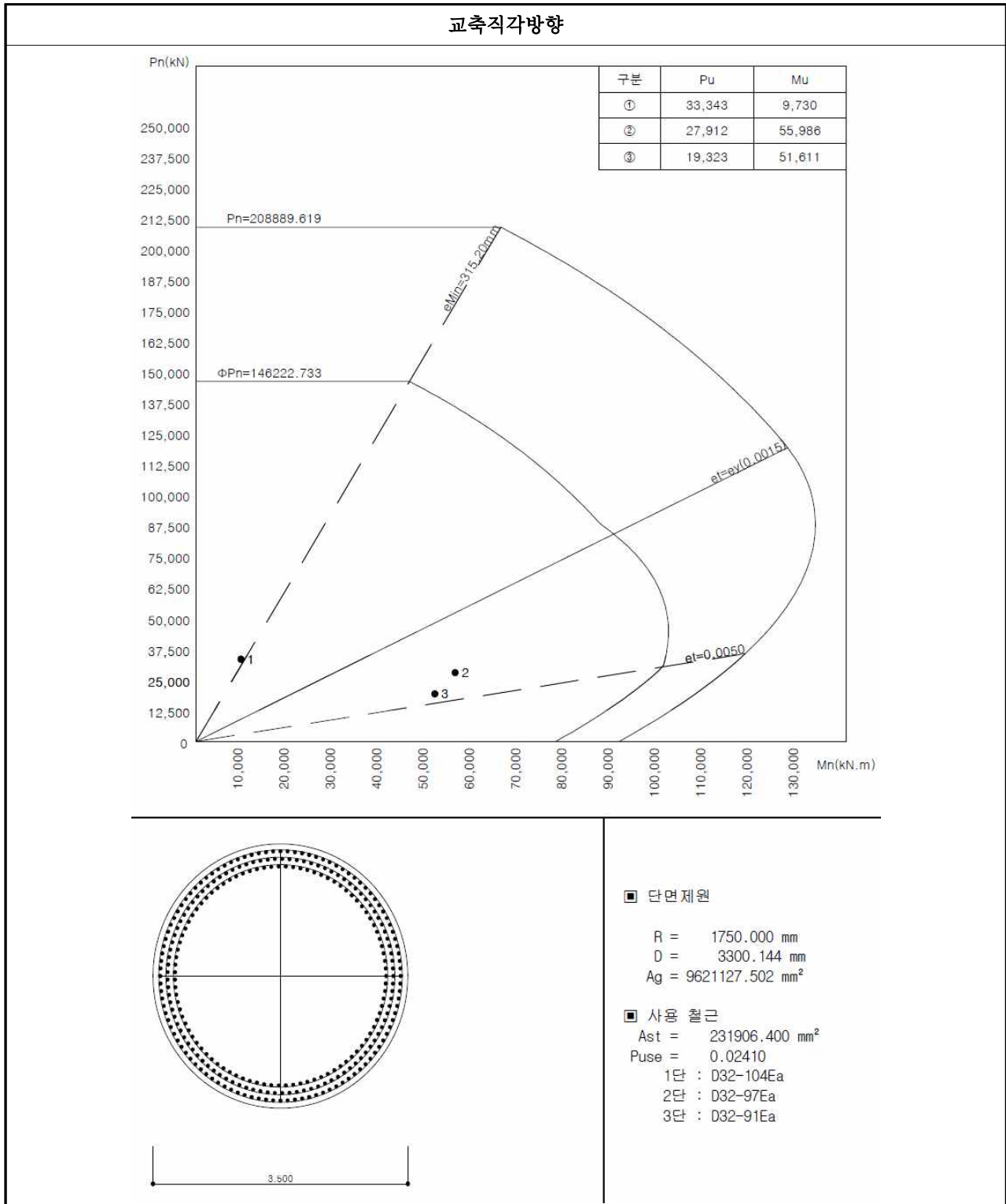
- 합성부재력

구 분	철 근 비				축방향력, 휨				
	Pmin	Puse	Pmax	비고	ϕP_n	P_u	M_u	안전도	비 고
축력최대	0.010	0.024	0.060	O.K	146222.73	33342.518	9730.226	4.385	O.K
모멘트최대	0.010	0.024	0.060	O.K	38393.912	26837.991	71169.081	1.431	O.K
편심최대	0.010	0.024	0.060	O.K	28547.875	20396.873	71324.567	1.400	O.K
모멘트최대	0.010	0.024	0.060	O.K	50654.972	27911.510	56105.458	1.815	O.K
편심최대	0.010	0.024	0.060	O.K	38026.965	19323.353	51721.531	1.968	O.K

※ 자세한 계산과정은 부록 참조

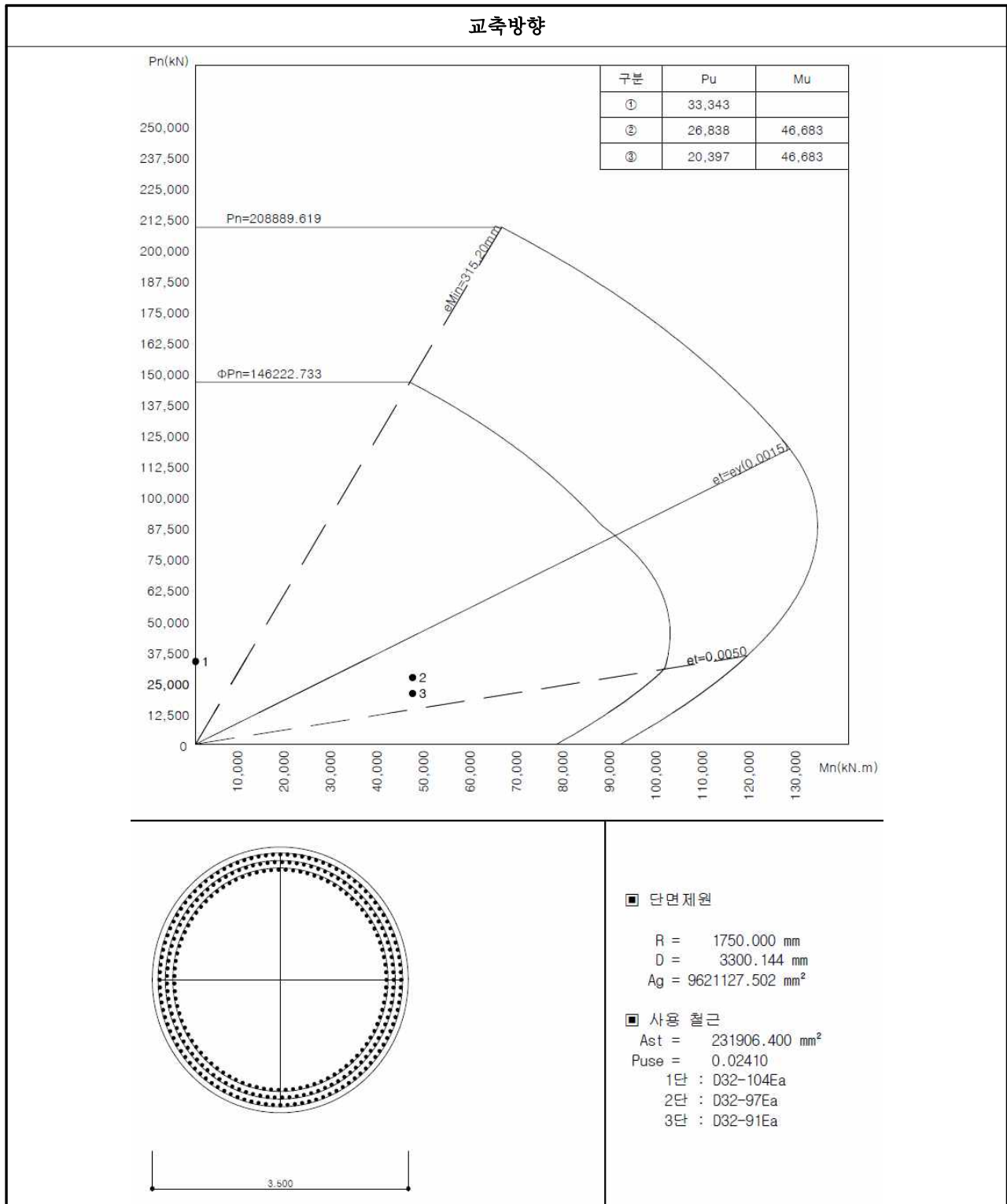
3) P-M 상관도

① 교축직각방향



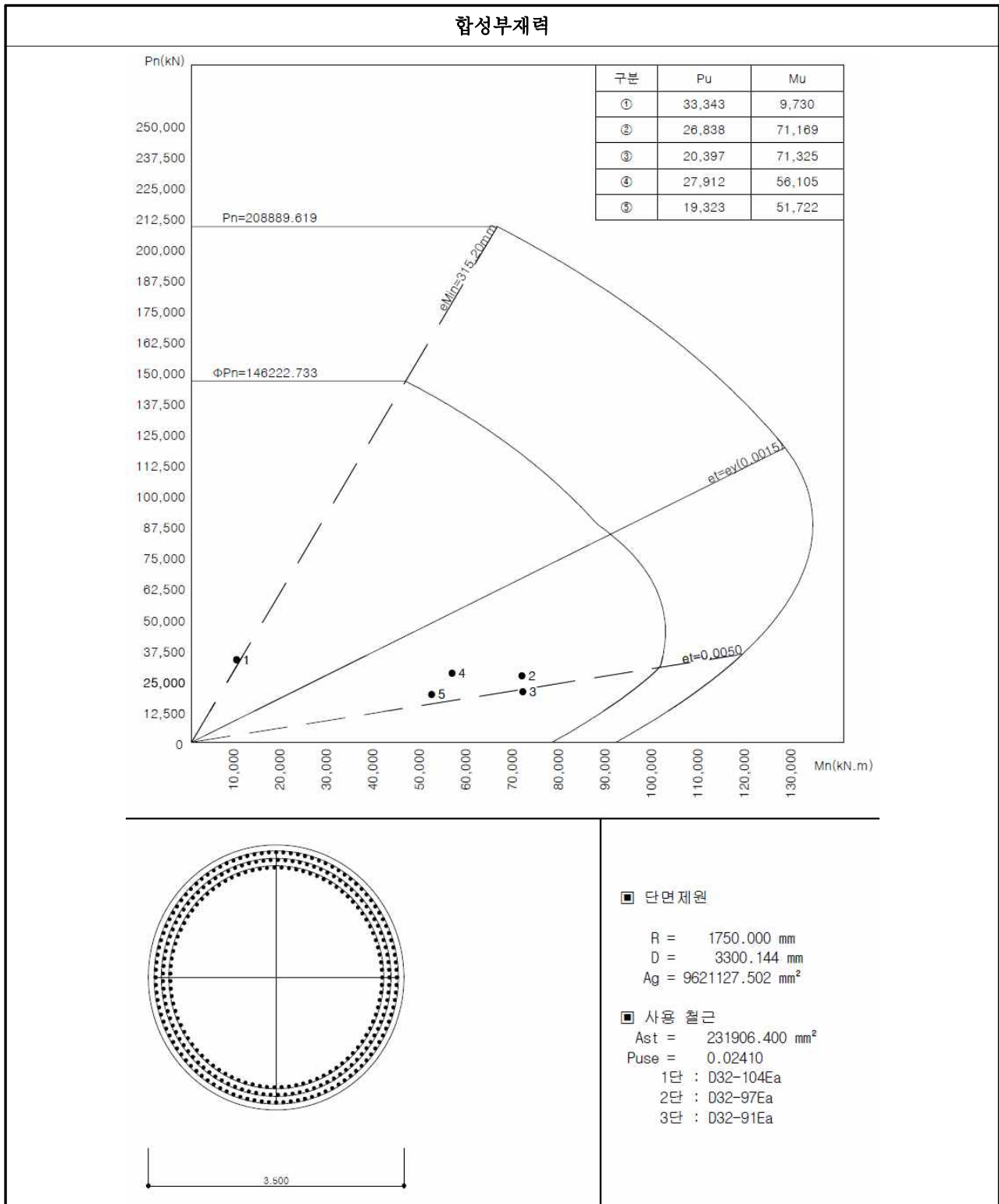
【그림 5.4.3】 P-M 상관도(교축직각방향)

② 교축방향



【그림 5.4.4】 P-M 상관도(교축방향)

③ 합성부재력



【그림 5.4.5】 P-M 상관도(합성부재력)

5.5 안전성평가 결과요약

5.5.1 안전성평가결과

가. 상부구조

1) 종방향 검토

【표 5.5.1】 허용응력법에 의한 안전율 산정 (단위 : kN/m²)

조합 Case	허용 응력	측경간 중앙부		측경간 지점부		중앙경간 중앙부		중앙경간 지점부	
		조합응력	S.F	조합응력	S.F	조합응력	S.F	조합응력	S.F
1	18,400	8,880	2.07	10,400	1.76	6,740	2.72	8,320	2.21
2	18,400	9,940	1.85	11,750	1.56	8,080	2.27	9,530	1.93
3	18,400	10,290	1.78	12,750	1.44	8,670	2.12	10,310	1.78
최소 안전율		1.78		1.44		2.12		1.78	

안전성평가등급

A

【표 5.5.2】 설계하중 작용시 검토단면의 최대 단면력

위 치	Mu (kN · m)	ØMn (kN · m)	안전성
측경간 중앙부	61,387.9	153,651.0	O.K.
측경간 지점부	63,764.3	166,133.0	O.K.
중앙경간 중앙부	30,173.5	153,651.0	O.K.
중앙경간 지점부	44,346.3	166,133.0	O.K.

안전성평가등급

A

【표 5.5.3】 하중조합에 따른 위치별 단면력 모멘트검토

부 재	사용철근량(As)	휨 검 토		안전율
		Mu (kN · m)	ØMn (kN · m)	
캔틸레버부 단부	H25@250 + H25@250	305.50	504.64	1.85
중간 지점부	H25@250 + H25@250	382.00	628.68	1.85
내부슬래브 중앙부	H19 @125	95.20	153.14	1.60

안전성평가등급

A

나. 하부구조

【표 5.5.4】 하부구조 안전성평가결과

단면위치		Puse	Pu(kN)	φ Pn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	0.024	33342.518	146222.737	4.385	O.K
	모멘트최대	0.024	26837.991	57996.668	2.161	O.K
	편심최대	0.024	20396.873	45154.311	2.214	O.K
교축직각방향	축력최대	0.024	33342.518	146222.737	4.385	O.K
	모멘트최대	0.024	27911.510	50760.056	1.819	O.K
	편심최대	0.024	19323.353	38110.838	1.972	O.K
합성부재력	축력최대	0.024	33342.518	146222.737	4.385	O.K
	모멘트최대	0.024	26837.991	38393.912	1.431	O.K
	편심최대	0.024	20396.873	28547.875	1.400	O.K
	모멘트최대	0.024	27911.510	50654.972	1.815	O.K
	편심최대	0.024	19323.353	38026.965	1.968	O.K

5.5.2 기본내하력 평가결과

【표 5.5.5】 허용응력법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력평가 (단위 : kN/m²)

위 치	내하율 계산	내하율(RH)	기본내하력
측경간 중앙부	$\frac{18,400 - (8,880)}{1,060}$	8.98	DB-24 이상
측경간 지점부	$\frac{18,400 - (10,400)}{1,350}$	5.92	DB-24 이상
중앙경간 중앙부	$\frac{18,400 - (6,740)}{1,340}$	8.70	DB-24 이상
중앙경간 지점부	$\frac{18,400 - (8,320)}{1,210}$	8.33	DB-24 이상

【표 5.5.6】극한강도법에 의한 거더의 종방향 내하율 및 내하력 평가 (단위:kN·m)

위 치	내하율 계산	내하율(RH)	기본내하력
측경간 중앙부	$\frac{153,651 - (1.3 \times 46,993 + 18,441)}{2.15 \times (11,279)}$	3.05	DB-24 이상
측경간 지점부	$\frac{166,133 - (1.3 \times 58,046 + 28,793)}{2.15 \times (9,428)}$	3.05	DB-24 이상
중앙경간 중앙부	$\frac{153,651 - (1.3 \times 23,551 + 17,197)}{2.15 \times (9,534)}$	5.16	DB-24 이상
중앙경간 지점부	$\frac{166,133 - (1.3 \times 39,639 + 25,281)}{2.15 \times (8,440)}$	4.92	DB-24 이상

【표 5.5.7】횡방향 각 단면에 대한 내하력 평가 (단위:kN·m)

위 치	내하율 계산	내하율(RH)	기본 내하력
캔틸레버부 단부	$\frac{504.64 - 1.3 \times 52.0}{2.15 \times 102.0}$	1.99	DB-24 이상
중간 지점부	$\frac{628.68 - 1.3 \times 81.0}{2.15 \times 151.0}$	1.61	DB-24 이상
내부슬래브 중앙부	$\frac{153.14 - 1.3 \times 6.0}{2.15 \times 40.0}$	1.69	DB-24 이상

5.5.3 안전성평가 종합결론

상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판 및 거더에 대해서 최소안전율이 각각 1.60 및 1.44으로 안전율 1.0을 상회하고 교각 P2의 하부구조에 대한 구조검토결과, 기둥은 P-M상 관도 해석에 의한 최소안전율 1.400으로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성평가 등급은 A등급이다.

제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가

6.2 안전등급

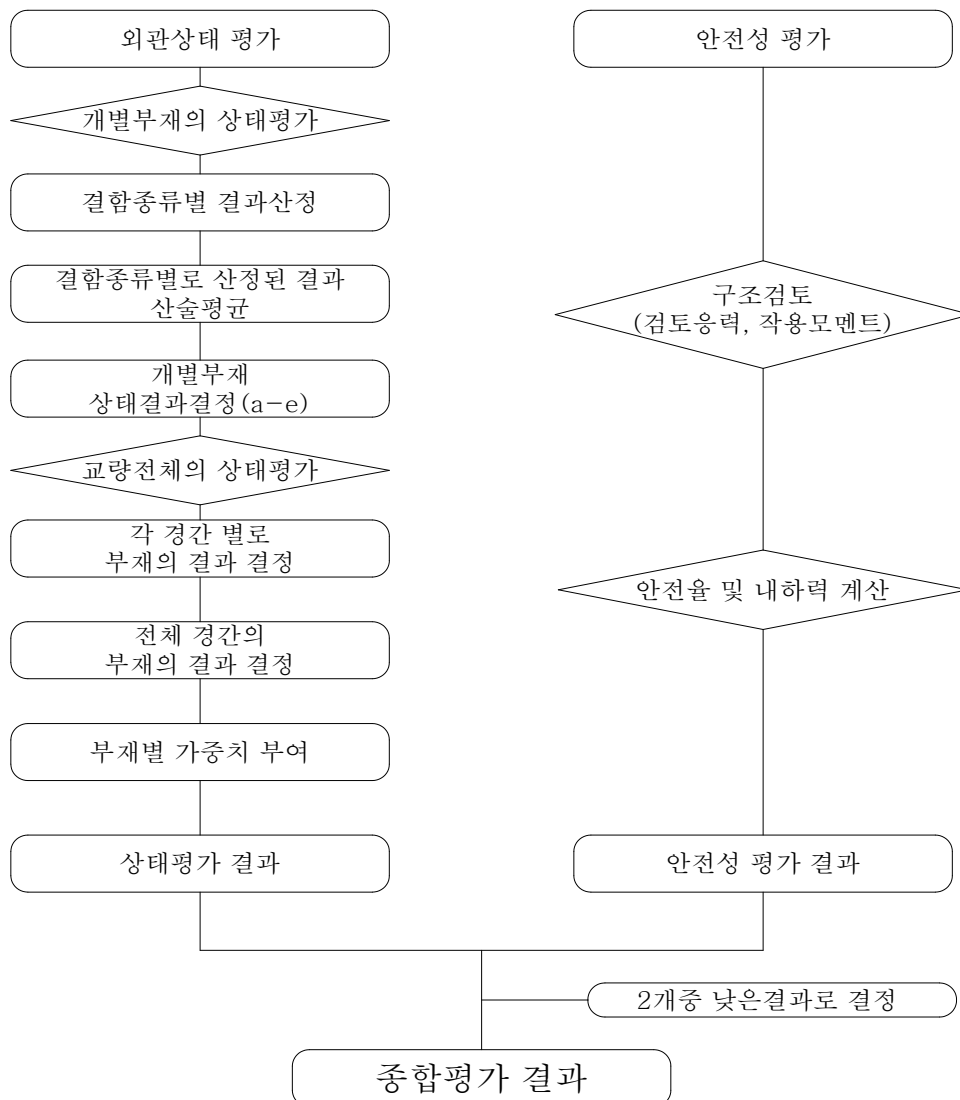
제 6장 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가

6.1.1 종합평가 결과 산정방법

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

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 결과, 안전성 평가 결과)



【그림 6.1.1】 종합평가 결과 산정절차

6.1.2 종합평가 결과

외관조사 및 시험에 의한 상태평가 결과와 구조검토에 의한 안전성 평가 결과를 종합하여 검토한 결과, 밀양대교(대구, 부산)의 종합평가 결과는 “B”로 평가되었다.

【표 6.1.1】종합평가 결과

구조물명	상태평가 결과		안전성 평가 결과		종합평가 결과
	환산결합도점수	기준	S・F	기준	
밀양대교(대구)	0.259	B	1.44(거더) 1.60(바닥판) 1.40(교각 P2)	A	B
밀양대교(부산)	0.244	B			B
종합평가	•밀양대교(대구, 부산)의 외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 내구성 확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B”로 평가됨 •안전성 평가 결과, 최소 안전율 1.0이상으로 “A”로 평가됨 •상태평가 및 안전성 평가 결과를 통한 종합평가 결과, 밀양대교(대구, 부산)는 “B”로 평가됨				

6.2 안전등급

6.2.1 안전등급기준

정밀안전진단을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제 10조의 2 및 「영」 제11조의 5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

【표 6.2.1】 시설물의 안전등급

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

6.2.2 안전등급 지정

밀양대교(대구, 부산)에 대한 상태평가 및 안전성평가 결과 시설물의 상태는 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태』로 안전등급 B등급으로 평가되었다.

안전등급	구조물명	안전등급
	밀양대교(대구)	B등급(양호)
	밀양대교(부산)	B등급(양호)

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수 · 보강 방안

7.3 보수 · 보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

밀양대교(대구, 부산)는 경상남도 밀양시 상남면 예림리(대구방향 : 부산기점 41.044 ~ 42.334 km, 부산방향 : 부산기점 41.057 ~ 42.297km) 일원에 위치하고 있으며, 2006년 2월에 준공된 교량으로 활성로, 용평로, 밀양강을 횡단하고 있다.

교량은 I.L.M(Incremental Launching Method)가설공법으로 시공된 P.S.C BOX 거더교의 분리 교량으로 대구방향은 총연장 1,290.00m((40+14@50)+(11@50)=1,290.0m)이고 폭원은 12.60m(2차로)이며, 상부구조는 11경간, 15경간 연속의 PSC BOX 거더교로 이루어져 있다. 부산방향은 1,240.00m((40+14@50)+(10@50)=1,240.0m)이고 폭원은 12.60m(2차로)이며, 상부구조는 10경간, 15경간 연속의 PSC BOX 거더교로 이루어져 있다.

하부구조는 교대 : 역T형, 교각 : T형으로 시공되어져 있으며, 기초는 교대 A2, 대구방향 P24, P25, 부산방향 P24는 직접기초, 그 외 하부 구조물 기초는 현장타설말뚝으로 시공되어져 있다.

본 교량은 준공 이후 시설물 유지보수공사 및 하자보수공사 등을 통해 공용 중 발생한 손상에 대한 지속적인 유지관리가 시행되고 있는 시설물이다.

외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 균열, 백태, 망상균열, 국부적인 단면손상이 조사되었으며 신축이음장치 녹발생 및 유간부 이물질 퇴적, 받침장치 고무재(피복고무재) 들뜸, 받침장치 Plate 녹발생 및 볼트 체결불량, 배수구 이음부 누수 및 길이부족, 배수구 막힘, 연결재 및 연결고리 손상 등의 손상이 조사되었다. 교량의 구조안전성 평가결과, 상·하행선 모두 1등급(DB-24)로서의 내하력을 확보하고 있으며, 하부구조 또한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

본 장에서는 정밀안전진단 결과에 의한 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 토대로 교량의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방법을 제안하고자 한다. 이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있다. 밀양대교(대구, 부산)의 보수·보강방안에 대한 검토사항은 기존자료의 검토를 통한 보수·보강 이력을 조사하고 진단 결과에 따른 보수·보강 범위를 선정하며, 이에 따른 공법선정, 재료의 선정 등을 검토하여 보수·보강 긴급우선순위에 따른 보수시기를 결정하여야 한다. 【표 7.1.1】은 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 일반적인 검토사항을 언급하였다.

【표 7.1.1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

검 토 순 서	내 용
기존자료분석	기존 점검 및 진단자료 분석, 설계도서 조사
보수·보강 이력검토	사용기간중 시설물의 보수·보강이력검토
보수보강의 범위 선정	손상규모에 따른 보수여부 결정 구조물의 사용년한을 고려한 보수·보강 범위 산정
공법의 선정	구조물의 기능에 따른 공법선정 구조물의 주변환경 및 형식을 고려하여 공법선정 공법의 시공성 및 경제성 고려하여 결정
보수재료의 선정	기존의 재료와 물성이 같은 보수재 선택 구조물의 종류 및 환경조건 고려 구조물의 사용년한을 고려한 보수재 선택
보수시기 결정	구조적인 안전성, 내구성, 사용성, 결함, 열화의 중요도에 따라 우선순위 부여

7.2 보수·보강 방안

7.2.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정

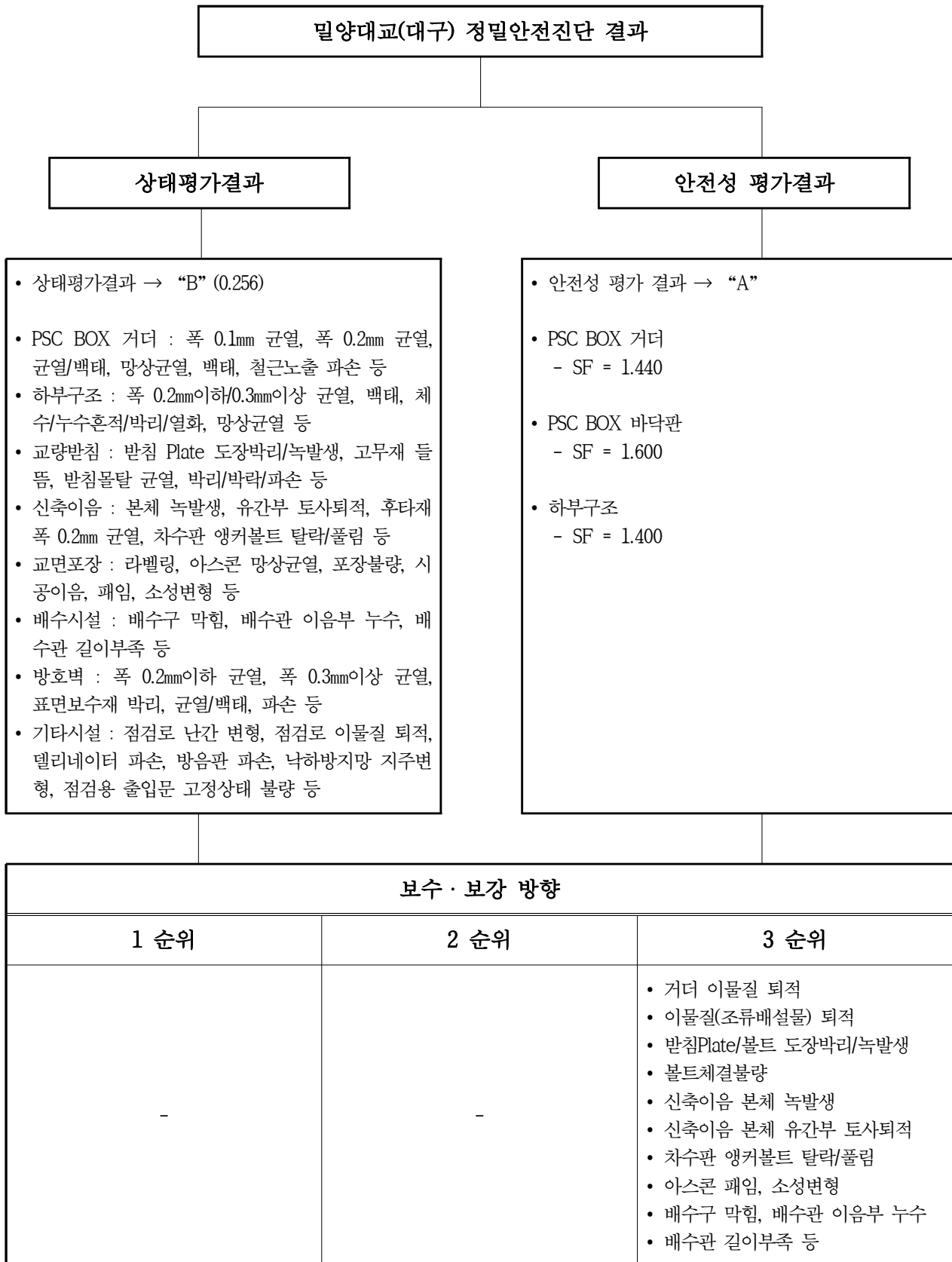
밀양대교(대구, 부산)에 대한 정밀안전진단을 수행한 결과, 본 구조물은 시공 시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생하여 있는 것으로 조사되었다.

금회 진단은 준공 후 최초 진단으로서 하자대상(철근 콘크리트 및 철골 구조부 손상) 손상을 제외한 기타 손상에 대해서만 보수 우선순위를 부여하였다.

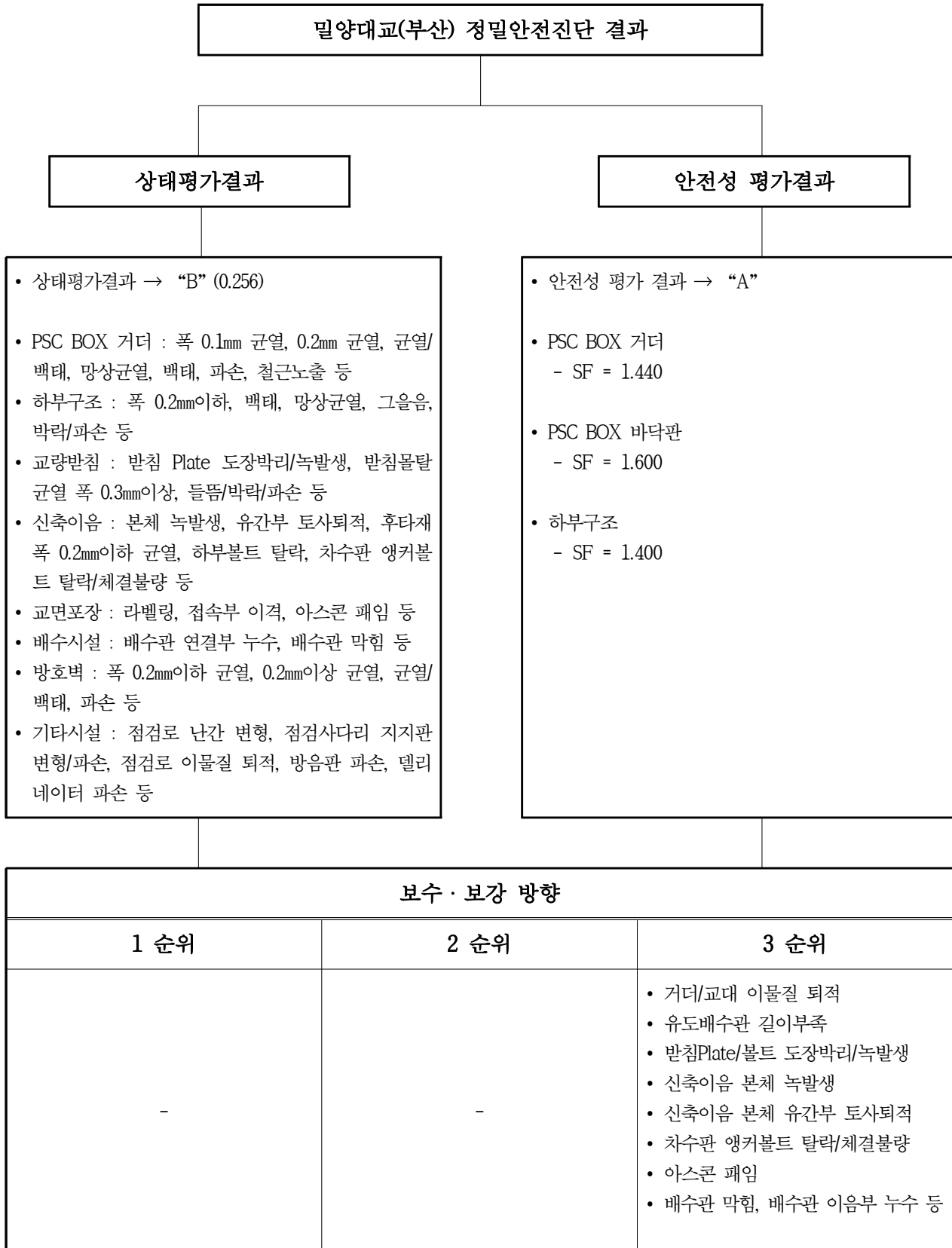
【표 7.2.1】 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 - 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 - 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중장기	2순위	- 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 - 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 - 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
지속관찰		1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상(빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

※ 금회 철근콘크리트 및 철골구조부재의 손상은 하자보수대상임.



【그림 7.2.1】 보수·보강방안 추진방향(대구)



【그림 7.2.2】 보수·보강방안 추진방향(부산)

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

가. 대구방향

【표 7.2.2】 보수·보강 일람표(대구)

구 분	손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
PSC BOX 거더 내부	균열(0.1mm)	2717.2	m	지속관찰	-
	균열(0.2mm)	96.7	m	지속관찰	-
	균열/백태	10	m	지속관찰	-
	망상균열	0.12	m ²	지속관찰	-
	백태	0.07	m ²	지속관찰	-
	이물질 퇴적	2.51	m ²	정비	3
PSC BOX 거더 외부	균열(0.1mm)	927	m	지속관찰	-
	균열(0.2mm)	29.7	m	지속관찰	-
	균열/백태	5	m	지속관찰	-
	망상균열	5.11	m ²	지속관찰	-
	백태	0.13	m ²	지속관찰	-
	철근노출	0.08	m ²	지속관찰	-
	파손	0.04	m ²	지속관찰	-
	굽힘	5	m ²	지속관찰	-
교대	균열(0.2mm이하)	2.5	m	지속관찰	-
	균열(0.3mm이상)	1	m	지속관찰	-
	백태	0.87	m ²	지속관찰	-
	채수흔적	6	m ²	지속관찰	-
	점검계단파손	0.05	m ²	점검계단 보수	3
	범면보호블럭 침하	3.25	m ²	토사채움	3
	배수측구 균열	1	m	주입보수	3
교각	균열(0.2mm이하)	472.1	m	지속관찰	-
	균열(0.3mm이상)	64.1	m	지속관찰	-
	망상균열	818.82	m ²	지속관찰	-
	누수오염/박리/열화	3.6	m ²	지속관찰	-
	이물질(조류배설물) 퇴적	8	m ²	정비	3
교량받침	받침Plate 도장박리	10	개소	재도장	3
	받침Plate 녹발생	48	개소	재도장	3
	볼트/와셔 녹발생	23	개소	재도장	3
	볼트체결불량	8	개소	재체결	3
	고무재(피복고무재)들뜸	8	개소	지속관찰	-

【표 7.2.2】 보수·보강 일람표(대구, 계속)

구 분	손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
교량받침	받침물탈균열(0.2mm이하)	12.9	m	지속관찰	-
	받침물탈균열(0.3mm이상)	3	m	지속관찰	-
	받침물탈 박리/박락/파손	0.16	m ²	지속관찰	-
신축이음	신축이음 본체 녹발생	2.95	m	재도장	3
	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	6	m	정비	3
	차수관 앵커볼트 탈락/폴립	21	개소	재설치	3
	후타재 균열(0.2mm이하)	30.6	m	지속관찰	-
	유간조절장치 볼트 탈락	15	개소	지속관찰	-
교면포장	라벨링	1809.9	m ²	지속관찰	-
	아스콘 망상균열	40	m ²	지속관찰	-
	아스콘 균열	7	m	지속관찰	-
	아스콘 패임	16.09	m ²	아스팔트 패칭	3
	소성변형	1	m ²	절삭 후 오버레이	3
	포장불량(보수부)	1.5	m ²	지속관찰	-
	포장시공이음	1310	m	지속관찰	-
배수시설	배수구 막힘	1	개소	정비	3
	배수관 이음부 누수	3	개소	정비	3
	배수관 길이부족	2.5	m	배수관 길이연장	3
방호벽	균열(0.2mm이하)	1281.5	m	지속관찰	-
	균열(0.3mm이상)	56	m	지속관찰	-
	균열/백태	1.5	m	지속관찰	-
	표면보수재 박리	72	m ²	지속관찰	-
	파손	0.3	m ²	지속관찰	-
	방호벽 단차	1	개소	지속관찰	-
기타시설	텔리네이터 파손	1	개소	텔리네이터 재설치	3
	방음판 파손	0.04	m ²	지속관찰	-
	낙하물방지망 지주변형	1	개소	지주 재설치	3
	점검로 난간변형	2	개소	점검로 난간대 재설치	3
	점검로 이물질퇴적	11.25	m ²	정비	3
	출입문 고정상태 불량(시점측)	1	개소	출입문 교체	3

나. 부산방향

【표 7.2.3】 보수·보강 일람표(부산)

구 분	손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
PSC BOX 거더 내부	균열(0.1mm)	1998.3	m	지속관찰	-
	균열(0.2mm)	214	m	지속관찰	-
	균열/백태	0.1	m	지속관찰	-
	망상균열	21.47	m ²	지속관찰	-
	백태	3.28	m ²	지속관찰	-
	이물질 퇴적	31.25	m ²	정비	3
PSC BOX 거더 외부	균열(0.1mm)	774	m	지속관찰	-
	균열(0.2mm)	30.8	m	지속관찰	-
	망상균열	25.4	m ²	지속관찰	-
	백태/누수오염	3.96	m ²	지속관찰	-
	파손	0.09	m ²	지속관찰	-
	파손/철근노출	3.75	m ²	지속관찰	-
	유도배수관 길이부족	2	개소	유도배수관 연장	3
교대	균열(0.2mm이하)	8.3	m	지속관찰	-
	파손	2.58	m ²	지속관찰	-
	백태	0.6	m ²	지속관찰	-
	채수흔적	2	m ²	지속관찰	-
	범면보호블럭 침하	9.11	m ²	토사채움	3
	배수측구 균열	0.6	m	주입보수	3
교각	균열(0.2mm이하)	639.1	m	지속관찰	-
	망상균열	224.9	m ²	지속관찰	-
	백태	0.06	m ²	지속관찰	-
	박락, 파손	0.14	m ²	지속관찰	-
	그을음	1.05	m ²	지속관찰	-
	이물질 퇴적	8	m ²	정비	3
교량받침	받침Plate 도장박리	1	개소	재도장	3
	받침Plate 녹발생	38	개소	재도장	3
	볼트 녹발생	2	개소	재도장	3
	볼트체결불량	4	개소	재체결	3
	받침고무재 들뜸/배부름	13	개소	지속관찰	-
	받침몰탈 균열(0.2mm이하)	30.2	m	지속관찰	-

【표 7.2.3】 보수·보강 일람표(부산, 계속)

구 분	손상내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
교량받침	받침물탈 균열(0.3mm이상)	0.5	m	지속관찰	-
	받침물탈 들뜸/박락/파손	0.13	m ²	지속관찰	-
신축이음	신축이음 본체 녹발생	1.5	m	재도장	3
	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	7.5	m	정비	3
	차수관 앵커볼트 탈락/체결불량	11	개소	재설치	3
	후타재 균열(0.2mm이하)	27.1	m	지속관찰	-
	유간조절장치 볼트 탈락	2	개소	지속관찰	-
교면포장	라벨링	1642	m ²	지속관찰	-
	아스콘 패임	6.53	m ²	아스팔트 패칭	3
	포장/후타재 접속부 이격	2	m	지속관찰	-
	포장 시공이음	0.8	m ²	지속관찰	-
배수시설	배수관 연결부 누수	1	개소	배수관 재용접	3
	배수관 녹발생	1	개소	지속관찰	-
	배수관 막힘	1	개소	정비	3
방호벽	균열(0.2mm이하)	856.8	m	지속관찰	-
	균열(0.3mm이상)	3	m	지속관찰	-
	균열/백태	15	m	지속관찰	-
	파손	0.09	m ²	지속관찰	-
	방호벽 단차	1	개소	지속관찰	-
	실런트 이격	1	개소	지속관찰	-
기타시설	점검로 난간변형	4.1	m	지속관찰	-
	점검사다리 지지판 변형/파손	1	개소	지속관찰	-
	점검로 이물질 퇴적	58.25	m ²	정비	3
	방음판 파손	3.12	m ²	지속관찰	-
	텔레네이터 파손	2	개소	텔레네이터 재설치	3

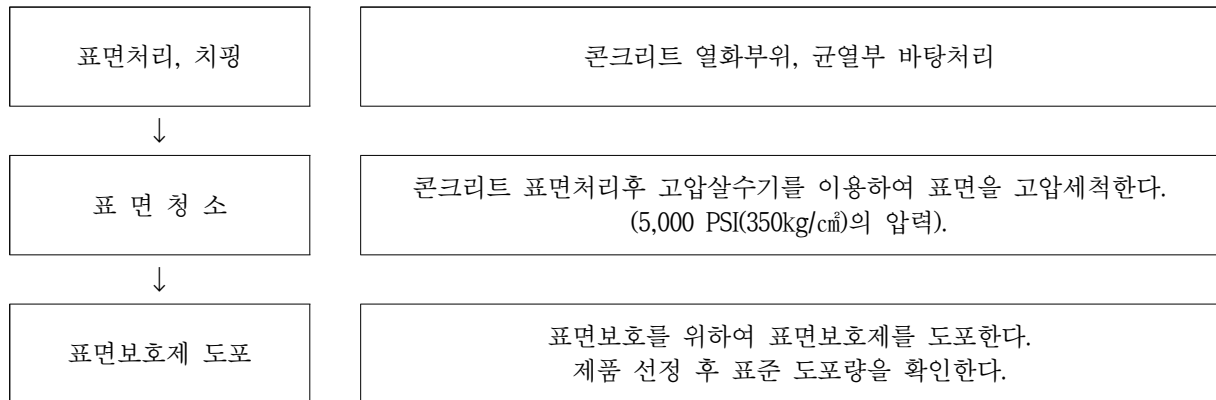
7.2.3 보수·보강 방안

가. 표면처리공법

1) 개요

시설물의 내구성 확보를 위해 폭 0.3mm미만 균열 및 균열백태에 대하여 실시하는 보수 방안으로 공법의 상세 내용은 다음과 같다.

2) 시공흐름도



3) 보수재료의 선정

【표 7.2.4】표면보수 재료목록

구분	방수성 향상	내구성 향상	균열제어	내하성 향상
도막탄성방수제	◎	○	×	×
침투성방수제	○	△	×	×
폴리머시멘트모르타르	○	△	×	×
시멘트필라	○	△	×	×
탄소섬유시트	◎	◎	◎	◎
아라미드, 섬유시트	◎	○	◎	◎
유리섬유시트	◎	○	△	△
◎: 우수, ○:양호, △:가, ×:불가				

나. 균열 주입보수

1) 개요

콘크리트 구조물에 0.3mm 이상의 균열이 발생한 경우 콘크리트 균열부분을 깨끗이 청소하고 지수성이 좋은 수지를 주입하여 균열을 충전하고 더 이상의 균열이 발생하지 않도록 하는 작업이다. 에폭시 수지 주입공법을 적용할 때에는 충분한 가사시간과 균열 폭에 적합한 점도를 가진 재료를 선정하는 것이 중요하며 점도는 용재를 넣어 조절 가능하지만 과다하면 접착력이 저하되므로 주의하고 진행 중인 균열의 경우 변형성이 작은 에폭시 수지를 사용하면 보수한 균열 부근에 새로운 균열이 발생하는 경우가 많으므로 주의를 요한다.

2) 에폭시 주입제의 특성

- ① 습기, 습윤, 수중에서도 시공이 가능하여야 한다.
- ② 방청효과가 뛰어나야 한다.
- ③ 오염이나 독성이 없어야 한다.
- ④ 내마모성이 뛰어나야 한다.
- ⑤ 콘크리트 탄산화방지가 있어야 한다.

3) 시공방법 및 유의사항

- ① 기존 콘크리트 표면의 균열부위를 공기압축기를 이용하여 이물질을 깨끗이 제거한다.
- ② 공기압축기 사용시 압력을 적절히 조절하면서 사용하고 분진 및 먼지 등이 발생되므로 보호안경을 착용하도록 한다.
- ③ 균열부위를 전동커터를 이용하여 V-CUTTING하며 커팅시 분진 및 파편이 발생되므로 보호안경을 착용하고 작업에 임한다.
- ④ 균열부위에 좌대 및 주입기를 20 ~ 30cm 간격으로 균열 폭에 맞추어 설치한다.
- ⑤ 균열부위에 틈이 없도록 수성폴리머 몰탈 또는 퍼티로 밀실하게 충전한다.
- ⑥ 기온이 5℃ 이하에서는 작업을 중지해야 한다.
- ⑦ 주입파이프를 통하여 저점도 에폭시 주입재를 주입한다.
- ⑧ 주입재 주입이 완료된 후 12시간이상 경화된 후 주입좌대를 제거한다.
- ⑨ 비가 예상되거나 습도가 80%이상일 경우, 안개가 심한 경우 작업을 중지하여야 한다.
- ⑩ 공사 완료 후 시공도구 및 배합통 등은 바로 세척한다.
- ⑪ 주입용 파이프 설치 시 균열의 교차점은 반드시 설치한다.
- ⑫ 균열의 중심부와 주입용 파이프의 중심부는 완전히 일치시켜 부착한다.

4) 보수 재료의 선정

【표 7.2.5】 KS F 4923(콘크리트 구조물 보수용 에폭시 수지)

항 목	기준치	항 목	기준치	시험방법
배합비	주제 : 경화제 (3:1 이상)	접착 강도	표준조건 6.0N/mm ² 이상	KS F 4923
		습윤시	3.0N/mm ² 이상	
외관색상	혼합시 투명	인장강도	15.0N/mm ² 이상	
점도(mPs · s)	130~260±50	경화수축율	3% 이하	
가시시간	상온 60분±10	인장파단시 신장율	10% 이하	
지속경화시	상온 14시간±5	완전 경화시간	24~36시간	-
- 경질에폭시 중에서 점도가 100~1000mPs · s인 에폭시를 저점도 에폭시라 함 - 초저점도 조건에서도 상기의 접착강도 및 인장강도를 만족하여야 함				

5) 시공흐름도



주입은 저압 저속의 주입공법이 주요하며, 저압·저속의 주입공법은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있다. 이 공법은 균열위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입하는 방식은 【표 7.2.6】과 같다.

【표 7.2.6】저압·저속식 주입방법

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무풍선압으로 주입	고무풍선
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 【표 7.2.7】과 같으며, 일반적인 주입파이프의 간격은 【표 7.2.8】과 같다.

【표 7.2.7】균열폭에 알맞은 수지의 점성도

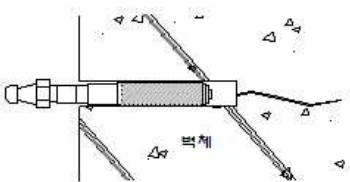
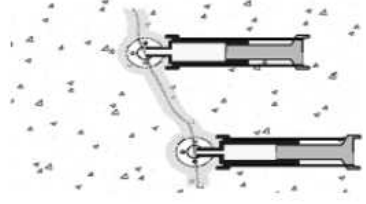
형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500±200	0.1mm 전후
	고점성도	1,500±500	0.2mm 전후
겔 상태		6,000±1,000	0.5~5mm 전후

【표 7.2.8】일반적인 주입파이프의 간격

균열폭	주입파이프 간격
0.3이하	50~100
0.3~0.5	100~200
0.5~1.0	150~250
1.0이상	200~300

이 공법은 다음과 같은 특징이 있다. 수지가 들어있는 용기를 균열위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기높이의 저압력에 의해 자동으로 주입 되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 작아 시공관리가 용이하다. 그리고 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 4kg/cm² 이하로 규정되어 있으나 실제로는 사용할 수 있어, 습윤환경에서 사용 가능하다. 반면, 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

【표 7.2.9】 균열주입공법 비교

구분	고압주입공법	저압주입공법
공법개요	균열부를 천공하여 팩커를 삽입한 후 주입펌프를 사용하여 균열 내부로 에폭시 수지를 강제로 주입하는 공법	균열부에 좌대를 부착시키고 고무줄 또는 스프링 주사기에 에폭시를 주입한 후 균열 내부로 에폭시수지를 주입하는 공법
개요도		
특징	- 주입방법 : 팩커에 의한 주입 - 주입압력 : 고압	- 주입방법 : 좌대+고무줄 or 스프링 - 주입압력 : 저압
장점	- 단기간 작업 가능 - 누수균열 보수 시 적합	- 저압으로 균열 확장 없음 - 적용 실적이 많음
단점	- 주입량 조절이 어려움 - 시공 부위에 제한을 받음 - 천공 시 균열 내부가 막힘 - 주입 시 균열이 확장될 수 있음 - 미세 균열 주입이 어려움	- 주입량 조절이 어려움 - 주입재의 재주입이 어려움 - 다량의 폐기물이 발생됨 - 보수에 장시간이 소요 - 습윤부위 시공시 효과 떨어짐
경제성	△	●
시공성	△	●

다. 단면보수공법(철근 노출부)

1) 개요

이 공법은 콘크리트의 박리, 박락 등에 의하여 철근의 노출 및 부식에 대한 보수공법으로 녹을 제거하고 단면결손부를 회복시키는 공법이다.

2) 시공방법

① 청소 및 녹제거

- 콘크리트 건전부까지 치핑한다.
- 발청된 부분을 진동 블라스트 등으로 온전히 제거한다.
- 기타 이물질을 청소 제거한다.

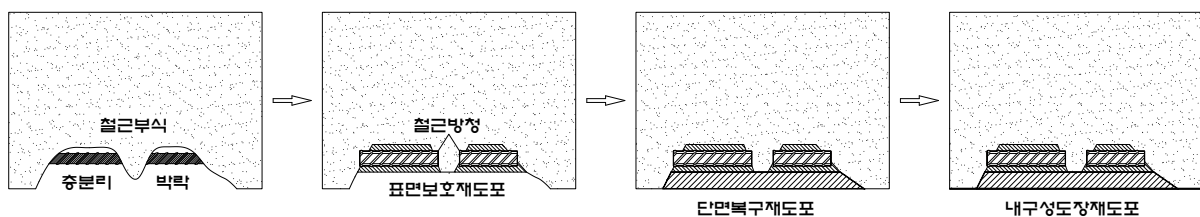
② 단면복구

- 건전부 콘크리트에 침투제를 도포한다.
- 철근에 방청 처리를 한다.
- 콘크리트 결손부위에 방청 페이스트를 충전한다.

③ 마감처리

- 주입 파이프 절단
- 그라인더 등을 이용한 면 정리

3) 개요도



【그림 7.2.3】 철근노출부 단면복구 개요도

4) 사용재료

녹전환형 방청제, 수지계 방청재, 몰탈, 시멘트, 팽창제

5) 주의사항

- ① 신, 구접착에 주의하여 2차 박락을 방지한다.
- ② 불량면을 확실하게 제거한다.
- ③ 침투제 및 방청제의 도포를 충분히 한다.

- ④ 필요시 형틀을 설치한다.
- ⑤ 주입 파이프의 간격을 일정하게 한다.

라. 단면보수공법(철근 비노출부)

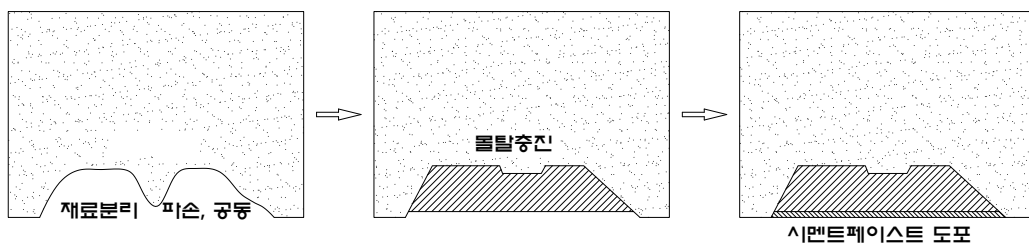
1) 개요

이 공법은 열화 된 구체를 강화하고 단면결손부에 대하여 조강 무수축 몰탈로 단면을 수복시키는 일반적인 공법이다.

2) 시공방법

- ① 손상부 표면제거 - 콘크리트 건전부까지 치핑한다.
- ② 고압세척 및 콘크리트 접착제 도포 - 고압세정기 사용하여 이물질제거
- ③ 몰탈충진 - 몰탈로 단면복구
- ④ 표면처리 - 시멘트페이스트 등 도포

3) 개요도



【그림 7.2.4】 재료분리, 파손 단면복구 개요도

4) 결손 단면복구용 재료 성질

- ① 장시간 보관에도 재료의 성질 변화가 없을 것
- ② 부착력이 높은 재료

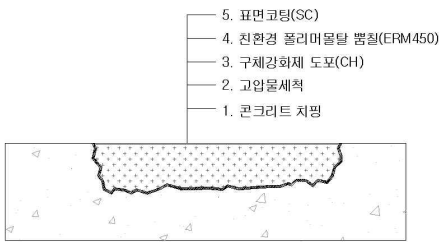
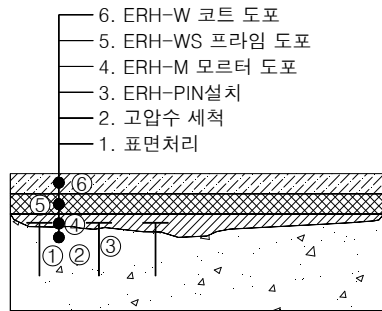
5) 주의사항

- ① 고압세정기의 용량은 50 ~ 150 kg/cm²를 사용
- ② 1회 도포시 두께는 10mm 정도로 한다.

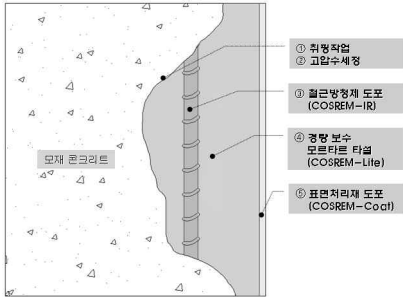
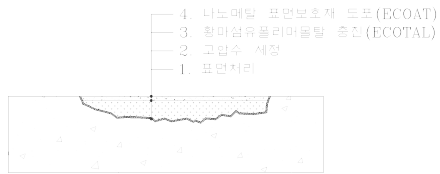
6) 콘크리트 충전

- ① 단면결손이 큰 공동에 대한 보수시 단면복구 재료는 일반 콘크리트를 단면복구재로 사용하여 충전시킨 후 단면을 복구한다.

【표 7.2.10】 콘크리트 단면보수 공법 비교

신기술 명칭	E.R.M 공법 (신기술 제 576호)	에코플래시공법 (신기술 제 577호)
공 법 개 요	친환경 모르타르와 급결제용 날개식 이중 분사장치 및 원추형 노즐로 구성된 스프레이 장비를 이용한 콘크리트 구조물 급속 보수공법	접착보강편을 설치하고 미세분말 플라이애시 및 삼산화규산칼슘 함유가 혼입된 모르타르를 회전돌기형 믹싱샤프트건에 의해 건식분사하는 콘크리트 단면보수공법
시 공 순 서		
시공성	건설폐기물인 순환골재를 활용하여, 급결제 사용에 따른 초기강도의 감소현상을 저감시키기 위해서 알칼리 무기염계를 이용한 친환경 모르타르를 사용하는 공법	중성화, 염해, 동해 및 화학적 부식등의 열화원인에 대응하여 천연광물을 함유한 모르타르와 특수건식 스프레이를 이용하여 화학적, 물리적으로 개보수하고 접착보강편을 추가하여 장기부착강도를 증진시킨 보수공법
장 점	- 무기계 재료로 기존구체와의 일체화 - 급결제(필요시) 및 알칼리 무기염계 사용으로 초기부착강도 확보 - 스프레이시 리바운드가 적다 - 산업부산물 사용으로 친환경적 - 내구성능 우수 1회 최대 300mm 시공으로 작업시간 단축(요구시)	- 무기섬유 혼입에 의한 물리적 특성우수 - 화학적 부식 및 중성화에 저항성 우수 - 기계화(건식스프레이)시공을 통한 우수한 품질과 공기단축 - 천연재료의 사용으로 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 재손상 발생가능 적음 - 물리적 접착보강편을 통한 장기부착 강도 확보 - 무기코트재료에 의한 표면피복
단 점	5℃ 이하 작업어려움 - 기계화시공으로 숙련공이 필요	- 공정이 다소 복잡하여 시공전문가 필요 - 기계화 시공시 습식스프레이에 비해 분진발생이 많음

【표 7.2.10】 콘크리트 단면보수 공법 비교(계속)

신기술 명칭	COSREM 공법 (신기술 제 596호)	에코텍트 공법 (신기술 제 642호)
공 법 개 요	경량 보수모르타르와 통기성 경량 복합 보강 판넬을 활용한 콘크리트 구조물의 보수 공법	황마섬유 혼입 폴리머 모르타르와 나노메탈 함유 표면보호재를 항온정량배합 분사장비로 시공하는 보수공법
시 공 순 서		
시 공 성	천연재료인 황마섬유가 혼입된 폴리머 모르타르를 이용하여 단면을 보수하고, 콘크리트 구조물의 내구성 증진 및 유해물질 침투를 방지하기 위해 나노메탈 미분이 함유된 표면보호재를 항온 정량 배합 분사 장비로 균일하게 분사하여 내구성을 확보하는 콘크리트 보수공법	몰탈 미세 기공에 1μm이하의 칼슘실리케이트 수화물 형성으로 조직을 치밀하게 하며, 유리 전이온도가 낮은 에멀전을 사용하여 유연성과 탄성을 유지하여, 장기 내구성을 유지하는 열화 콘크리트 보수 공법
장 점	- 내화화성, 중성화 방지, 내후성 및 내염성이 우수, 부착력 및 내구성 우수 - 스프레이 장비와 인력 시공에 대한 현장구애를 받지 않으므로 시공성 향상 - 난연성1급 재료, 화재시 안전성 확보함 - 내굴곡성(신율)이 좋아 구조물 의 진동(거동) 변화에도 표면에 균열이 발생하지 않음 - 친환경 내후성 도료(ECOAT)임	- 조직이 치밀하여 내구성 및 강도 우수 - 동절기에도 유연성과 탄성을 지녀, 내구성 유지 - 동결 융해의 피해 최소화 - 부착강도 우수 - 몰탈 경량화로 자재량 절감 - 시공절차가 간단하며, 경제성이 우수 - 친환경 표면보호재를 사용
단 점	- 최신기술 적용공법으로 정밀시공 요함 - 실적 부족	시공에 대한 기초 지식이 필요함

마. 교량받침 도장보수

1) 개요

교량받침 철재면의 부식과 도장면이 불량하거나 벗겨진 경우에 진동브러쉬 등을 사용하여 발청부위를 완전 제거 후 재도장하는 방법이다.

2) 시공흐름도



3) 시공방법 및 유의사항

- ① 작업 전 충분한 시간동안 안전교육을 실시하고 개인안전장구 착용여부를 반드시 확인 점검한다.
- ② 교량받침에 사용되는 모든 재료와 배합 및 색채는 사전승인을 득하고 실시한다.
- ③ 상대습도가 85%이상이거나 도장 면이 굳기 전에 비가 내릴 염려가 있을 때에는 작업을 해서는 안 된다.
- ④ 기온이 5℃ 이하 일 때는 시공을 하지 않는다.
- ⑤ 강재의 온도가 높아서 도장작업 시 도장 면에 거품이 생길 우려가 있을 때와 강재의 온도가 대기의 온도보다 3℃ 낮을 때에는 도장을 하지 않는다.
- ⑥ 녹 제거 완료 후 3시간 이내에 하도도장을 실시한다.
- ⑦ 받침장치의 철재 면은 도장작업 전 녹, 유지, 먼지 기타 불순물을 완전히 제거 후 부

드러운 솔이나 압축공기로 깨끗이 청소한다.

- ⑧ 하도, 중도, 상도의 도장간격은 각각 충분히 건조된 후에 실시하여야 한다.
- ⑨ 모든 도료는 사용 전에 침전 및 덩어리가 없도록 충분히 교반해야 하며 혼합비율은 제조회사의 규정에 의한다.
- ⑩ 녹 등 잡물 제거 시에는 진동브러쉬나 연마지 등을 사용하고 유류는 휘발유나 벤졸을 사용한다.
- ⑪ 교량받침 청소 시 사전에 접근가능 장비(빔 리프트 카, 사다리, 비계 등)를 선정하여 작업에 임한다.
- ⑫ 접근장비를 이용하여 청소 시 빔 리프트 카는 붐대 이동시 거더에 상해를 입지 않도록 주의하고 사다리나 비계를 이용하여 접근 시는 떨어지지 않도록 주의해야 한다.
- ⑬ 스프레이 도장시 피도체와의 거리는 30cm 정도를 유지하고 항상 피도면에 직각이 되도록 하여야 한다.
- ⑭ 도장작업 시는 얼룩진 곳이 없도록 균일하게 도장하여야 한다.
- ⑮ 최종마무리 도장 후 미흡한 부위가 있는지 확인하고 표면을 깨끗이 유지한다.

바. 도장보수(신축이음부)

1) 개요

신축이음장치 외측의 부식부를 진동브러쉬 등을 사용하여 발청부위를 완전 제거 후 재도장하는 방법이다.

2) 자재

- ① 방청페인트 : KS M 5311에 적합한 것으로 한다.
- ② 조합페인트 : KS M 5312의 1급에 적합한 것으로 한다.
- ③ 회 석 제 : KS M 5319의 2종에 적합한 것으로 한다.

3) 시공방법 및 유의사항

- ① 오염, 먼지 등은 닦아내고 단조, 용접, 리벳접합부위 등에 부착된 불순물을 스크레이퍼, 와이어 브러시, 연마지 등으로 제거한다.
- ② 기름, 지방분 등의 부착물은 닦아낸 후 휘발유, 벤졸, 트리크렌, 솔벤트, 나프타 등이 용제나 비눗물로 씻고, 물로 다시 씻어 낸다.
- ③ 일반 구조재의 붉은 녹은 샌드 블라스트 및 와이어 브러시로 제거하고 청소한다.
- ④ 바탕처리 후에 철재면에 부착되어 있는 수분은 완전히 건조시킨다.
- ⑤ 하도로 철재 부식방지용인 방청페인트를 도장하고 상도는 조합페인트를 2회 도장하되 색상은 시행청과 협의 후 시공하여야 한다.

사. 아스팔트 패칭공법

1) 개요

아스팔트 포장에 국부적으로 발생한 패임에 대해 아스팔트 패칭으로 보수한다.

2) 시공방법 및 유의사항

- ① 안전관리 기준에 의거 안전시설 설치 후 교통통제를 실시한다.
- ② 제거부분을 양호한 포장면과 30cm 정도 겹쳐지게 페인트 등으로 표시한다.
- ③ 로드컷터기를 사용하여 차량진행 방향과 나란하게 직각 절단하고 브레이커로 파쇄한다.
- ④ 절삭구간은 바브켓을 이용하여 부산물을 모두 제거하고 특히 절삭면에 분리되어 있는 잔재는 인력으로 압축공기를 이용하여 가열, 건조시킨다.
- ⑤ 바닥면과 옆면에 수동살포기 및 인력을 이용하여 텍코팅을 실시한다.
 - 텍코팅수량 : 40 l /a (과다 코팅금지)
- ⑥ 아스팔트 혼합물 포설
 - 최대입경 19mm이하 혼합물
 - 포설온도가 120℃ 이상 유지
 - 1층 포설두께 10cm 이내
 - 마지막 층은 두께 5cm 이내로 포설
- ⑦ 탄뎀로라(5 ~ 8TON)를 사용하여 충분히 다짐을 실시한다.
- ⑧ 패칭부 가장자리를 유제 아스팔트로 실링하여 신·구 아스콘 접속을 견고히 함으로 우수의 침투를 예방한다.
- ⑨ 이음부 칩실시 유제가 많이 포설되었을 경우에는 모래를 뿌려 제거한다.
- ⑩ 포장보수 완료 후 시공 주위를 깨끗이 청소한다.
- ⑪ 교통통제 시설 철거 후 교통개방시 표면온도는 50℃ 이하가 되도록 한다.
- ⑫ 절삭된 폐아스팔트는 지정장소에 모아서 처리한다.

3) 시공흐름도



아. 절삭 후 오버레이 공법

1) 개요

포장의 상태가 전면적이 재포장을 실시하기까지는 이르지 않았으며 오버레이 실시도 적합지 않은 경우에 채택하는 공법이다.

2) 시공방법 및 유의사항

- ① 절삭 오버레이는 절삭한 두께만 교체해도 좋은 경우와 포장두께의 부족분까지 두껍게 포설해야 하는 경우가 있다.
- ② 노면 절삭의 방법에는 상온의 상태에서 기계적으로 절삭하는 방식, 포장면을 버너 등으로 가열해서 포장표면을 연화시켜 얇게 깎아내는 방식이 있다.(상온방식의 전용 기계에는 주행형식에 따라 크롤러형과 휠형이 있음)
- ③ 절삭 중 기계가 좌우로 기운다든지 진행방향을 올라갔다 내려갔다 하지 않도록 주의하고 계획높이에 맞춰 정확히 절삭한다. (절삭깊이가 깊은 경우에는 반복해서 작업하는 것이 좋음)
- ④ 절삭 폐재는 깨끗이 제거하고, 특히 절삭된 부분에 절삭 폐재 등이 남지 않도록 주의한다.

7.2.4 보수 후 성능평가 방법

보수를 실시한 후 아래에서 제시하고 있는 방법으로 보수 후 성능평가를 실시하여 보수공사가 적합하게 이루어져 있는가를 검사하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

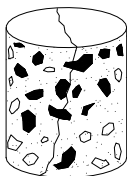
보수공사 후 평가는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 보수효과를 확인을 행하는 것이 좋다. 또는, 구조물에 대한 보수에 의한 방수효과를 비파괴적으로 확인하는 방법으로는 가스압입 누수진단기나, 방식효과에 대해서는 전기 화학적인 방법인 분극저항 측정법 등이 제안되고 있다.

가. 코어채취에 의한 평가 방법

1) 콘크리트 코어강도

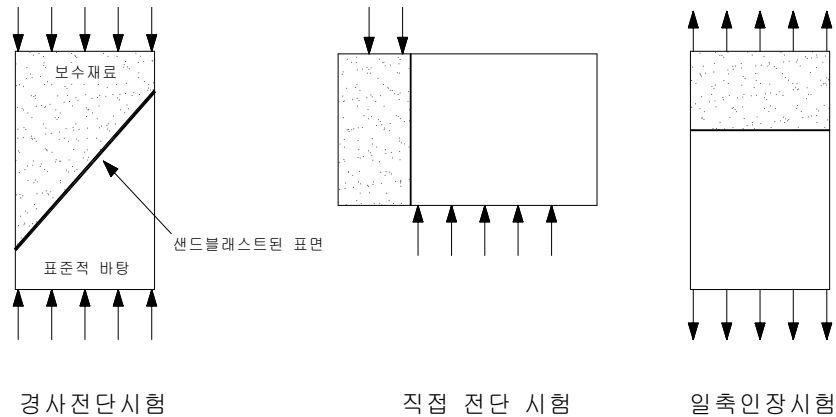
KS F 2422

2) 육안에 의한 주입효과 평가



- 주입효과를 위해 채취된 콘크리트 코어
- 외국의 연구결과에 의하면 균열깊이 80% 주입만으로도 거의 완전한 주입효과를 나타낼 수 있다고 보고되고 있어 최소한 균열깊이의 80% 이상 주입이 권장된다.

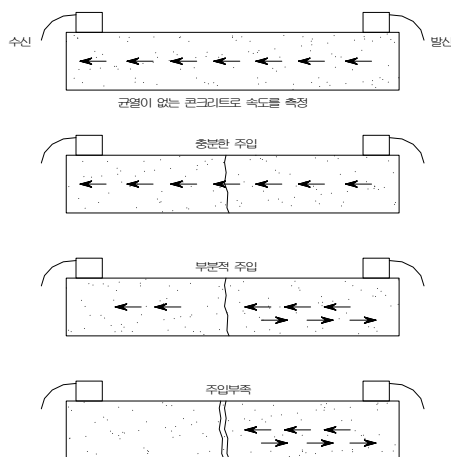
3) 실내시험에 의한 평가



- ① 경사전단 시험 : 경제적이고 쉬움(부착강도=파괴하중/부착면적)관련 시험법
(ASTM C 881~884, ASTM C 1042, 1059)
- ② 직접전단 시험 : 시험실과 현장 어느 곳의 공시체도 측정가능관련 시험법
(BNL직접전단, IOWA 직접전단)
- ③ 일축인장 시험 : 현장의 콘크리트와 덧씌우기의 부착강도를 측정하는 시험방법
관련 시험법(BNL직접전단, IOWA 직접전단)

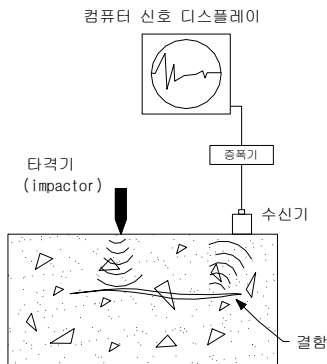
나. 초음파신호 속도(UPV) 시험

초음파 전달속도 측정에 의한 보수효과의 평가는 아래 그림과 같다.



- ① 균열이 없는 콘크리트 단면에 초기화 (calibration)를 행한다.
- ② 송신 수신장치는 일정간격 고정한다.
- ③ 주입된 균열 콘크리트와 균열이 없는 콘크리트는 같은 전파 속도를 갖는다.
- ④ 주입이 되지 않은 균열 부위는 작은 초음파 전파속도를 보인다.

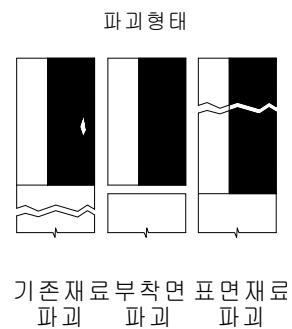
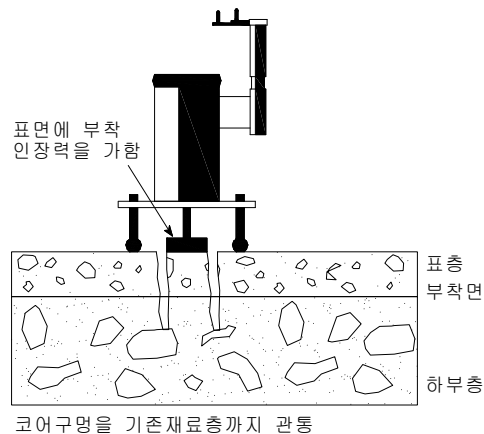
다. 충격음(Impact echo)법



- 충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 아래 그림과 같이 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 보수 효과는 보수전과 후의 측정값의 차이와 건전면에서 측정된 값의 비교를 통하여 확인할 수 있다.

라. 현장 부착강도 시험

덧씌우기나 표면접착제의 부착강도는 인발시험(pull-off test)과 같은 현장시험으로 판정할 수 있다. 코어를 기존재료에 부착되어 있는 상태로 둔 채, 인장기구를 코어에 연결하여 파괴될 때까지 하중을 구한다. 보수한 부분을 바로 평가하여 보수공사를 조정할 수 있는 장점이 있다.



7.3 보수·보강 개략공사비

【표 7.3.1】 보수·보강 개략공사비(대구방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
PSC BOX 거더 내부	균열(0.1mm)	지속관찰	2717.2	679.30	m ²	49	33,285	-	표면처리
	균열(0.2mm)	지속관찰	96.7	96.70	m	130	12,571	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	10	10.00	m	130	1,300	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	0.12	0.12	m ²	49	5	-	표면처리
	백태	지속관찰	0.07	0.11	m ²	49	5	-	표면처리
	이물질 퇴적	정비	2.51	3.77	m ²	5	18	3	-
PSC BOX 거더 외부	균열(0.1mm)	지속관찰	927	231.75	m ²	49	11,355	-	표면처리
	균열(0.2mm)	지속관찰	29.7	29.70	m	130	3,861	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	5	5.00	m	130	650	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	5.11	5.11	m ²	49	250	-	표면처리
	백태	지속관찰	0.13	0.20	m ²	49	9	-	표면처리
	철근노출	지속관찰	0.08	0.12	m ²	232	27	-	단면보수(방청)
	파손	지속관찰	0.04	0.06	m ²	215	12	-	단면보수
	긁힘	지속관찰	5	7.50	m ²	49	367	-	표면처리
교대	균열(0.2mm이하)	지속관찰	2.5	0.63	m ²	49	30	-	표면처리
	균열(0.3mm이상)	지속관찰	1	1.00	m	130	130	-	주입보수
	백태	지속관찰	0.87	1.31	m ²	49	63	-	표면처리
	채수흔적	지속관찰	6	6.00	m ²	49	294	-	표면처리
	점검계단파손	점검계단 보수	0.05	1.00	개소	30	30	3	-
	법면보호블럭 침하	토사채움	3.25	4.88	m ²	8	39	3	-
	배수측구 균열	주입보수	1	1.00	m	130	130	3	-
교각	균열(0.2mm이하)	지속관찰	472.1	118.03	m ²	49	5,783	-	표면처리
	균열(0.3mm이상)	지속관찰	64.1	64.10	m	130	8,333	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	818.82	818.82	m ²	49	40,122	-	표면처리
	누수오염 /박리/열화	지속관찰	3.6	5.40	m ²	49	264	-	표면처리
	조류배설물 퇴적	정비	8	12.00	m ²	5	60	3	-
	반침Plate	재도장	10	10.00	개소	4	40	3	-
교량반침	반침Plate 도장박리	재도장	48	48.00	개소	39	1,872	3	-
	볼트/와셔 녹발생	재도장	23	23.00	개소	4	92	3	-
	볼트체결볼량	재체결	8	8.00	개소	5	40	3	-

【표 7.3.1】 보수·보강 개략공사비(대구방향, 계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
교량받침	받침몰탈균열 (0.2mm이하)	지속관찰	12.9	3.23	m ²	49	158	-	표면처리
	받침몰탈균열 (0.3mm이상)	지속관찰	3	3.00	m	130	390	-	주입보수
	받침몰탈 박리/박락/파손	지속관찰	0.16	0.24	m ²	215	51	-	단면보수
신축이음	신축이음 본체 녹발생	재도장	2.95	2.95	m	4	11	3	-
	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	정비	6	6.00	m	15	90	3	-
	차수관 앵커볼트 탈락/폴림	재설치	21	21.00	개소	5	105	3	-
교면포장	아스콘 패임	아스팔트 패칭	16.09	24.14	m ²	55	1,327	3	-
	소성변형	절삭 후 오버레이	1	1.50	m ²	20	30	3	-
배수시설	배수구 막힘	정비	1	1.00	개소	5	5	3	-
	배수관 이음부 누수	정비	3	3.00	개소	20	60	3	-
	배수관 길이부족	길이연장	2.5	2.50	m	68	170	3	-
방호벽	균열(0.2mm이하)	지속관찰	1281.5	320.38	m ²	49	15,698	-	표면처리
	균열(0.3mm이상)	지속관찰	56	56.00	m	130	7,280	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	1.5	1.50	m	130	195	-	주입보수
	표면보수재 박리	지속관찰	72	108.00	m ²	49	5,292	-	표면처리
	파손	지속관찰	0.3	0.45	m ²	215	96	-	단면보수
기타시설	텔레네이터 파손	텔레네이터 재설치	1	1.00	개소	15	15	3	-
	낙하물방지망 지주변형	지주 재설치	1	1.00	개소	300	300	3	-
	점검로 난간변형	점검로 난간대 재설치	2	2.00	개소	15	30	3	-
	점검로 이물질퇴적	정비	11.25	16.88	m ²	5	84	3	-
	출입문 고정상태 불량(시접측)	출입문 교체	1	1.00	개소	600	600	3	-
순공사비 합계(천원)							153,024		
제경비(순공사비×50%)							76,512		
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위						-		
	2순위						-		
	3순위						7,722		
	지속관찰						221,814		
유지보수 개략공사비 총계							229,536		

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

※ 철근노출 단면복구 → 30mm(잡철물 제외)

※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

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

※ 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

【표 7.3.2】 보수·보강 개략공사비(부산방향)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
PSC BOX 거더 내부	균열(0.1mm)	지속관찰	1998.3	499.58	m ²	49	24,479	-	표면처리
	균열(0.2mm)	지속관찰	214	214.00	m	130	27,820	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	0.1	0.10	m	130	13	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	21.47	21.47	m ²	49	1,052	-	표면처리
	백태	지속관찰	3.28	4.92	m ²	49	241	-	표면처리
	이물질 퇴적	정비	31.25	46.88	m ²	5	234	3	-
PSC BOX 거더 외부	균열(0.1mm)	지속관찰	774	193.50	m ²	49	9,481	-	표면처리
	균열(0.2mm)	지속관찰	30.8	30.80	m	130	4,004	-	주입보수
	망상균열	지속관찰	25.4	25.40	m ²	49	1,244	-	표면처리
	백태/누수오염	지속관찰	3.96	5.94	m ²	49	291	-	표면처리
	파손	지속관찰	0.09	0.14	m ²	215	29	-	단면보수
	파손/철근노출	지속관찰	3.75	5.63	m ²	232	1,305	-	단면보수(방청)
	유도배수관 길이부족	유도배수관 연장	2	2.00	개소	30	60	3	-
교대	균열(0.2mm이하)	지속관찰	8.3	2.08	m ²	49	101	-	표면처리
	파손	지속관찰	2.58	3.87	m ²	215	832	-	단면보수
	백태	지속관찰	0.6	0.90	m ²	49	44	-	표면처리
	채수흔적	지속관찰	2	2.00	m ²	49	98	-	표면처리
	법면보호블럭 침하	토사채움	9.11	13.67	m ²	8	109	3	-
	배수측구 균열	주입보수	0.6	0.60	m	130	78	3	-
교각	균열(0.2mm이하)	지속관찰	639.1	159.78	m ²	49	7,828	-	표면처리
	망상균열	지속관찰	224.9	224.90	m ²	49	11,020	-	표면처리
	백태	지속관찰	0.06	0.09	m ²	49	4	-	표면처리
	박락, 파손	지속관찰	0.14	0.21	m ²	215	45	-	단면보수
	그을음	지속관찰	1.05	1.58	m ²	49	77	-	표면처리
	이물질 퇴적	정비	8	12.00	m ²	5	60	3	-
교량받침	받침Plate 도장박리	재도장	1	1.00	개소	4	4	3	-
	받침Plate 녹발생	재도장	38	38.00	개소	5	190	3	-
	볼트 녹발생	재도장	2	2.00	개소	4	8	3	-
	볼트체결불량	재체결	4	4.00	개소	5	20	3	-
	받침물탈 균열(0.2mm이하)	지속관찰	30.2	7.55	m ²	49	369	-	표면처리

【표 7.3.2】 보수·보강 개략공사비(부산방향, 계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위	비고
교량받침	받침물탈 균열(0.3mm이상)	지속관찰	0.5	0.50	m	130	65	-	주입보수
	받침물탈 들뜸/박락/파손	지속관찰	0.13	0.20	m ²	215	41	-	단면보수
신축이음	신축이음 본체 녹발생	재도장	1.5	1.50	m	4	6	3	-
	신축이음 본체 유간부 토사퇴적	정비	7.5	7.50	m	15	112	3	-
	차수관 앵커볼트 탈락/체결불량	재설치	11	11.00	개소	5	55	3	-
교면포장	아스콘 패임	아스팔트 패칭	6.53	9.80	m ²	55	538	3	-
배수시설	배수관 연결부 누수	배수관 재용접	1	1.00	개소	200	200	3	-
	배수관 막힘	정비	1	1.00	개소	20	20	3	-
방호벽	균열(0.2mm이하)	지속관찰	856.8	214.20	m ²	49	10,495	-	표면처리
	균열(0.3mm이상)	지속관찰	3	3.00	m	130	390	-	주입보수
	균열/백태	지속관찰	15	15.00	m	130	1,950	-	주입보수
	파손	지속관찰	0.09	0.14	m ²	215	29	-	단면보수
	점검로 이물질 퇴적	정비	58.25	87.38	m ²	5	436	3	-
	텔리네이터 파손	텔리네이터 재설치	2	2.00	개소	15	30	3	-
순공사비 합계(천원)							105,507		
제경비(순공사비×50%)							52,754		
순위별 공사비 (제경비 포함)	1순위						-		
	2순위						-		
	3순위						3,240		
	지속관찰						155,021		
유지보수 개략공사비 총계							158,261		

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

※ 철근노출 단면복구 → 30mm(잡철물 제외)

※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

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

※ 상기 개략공사비는 2015년 하반기 현장조사시 확인한 물량으로 산정하였으며, 이후의 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

7.4 유지관리 방안

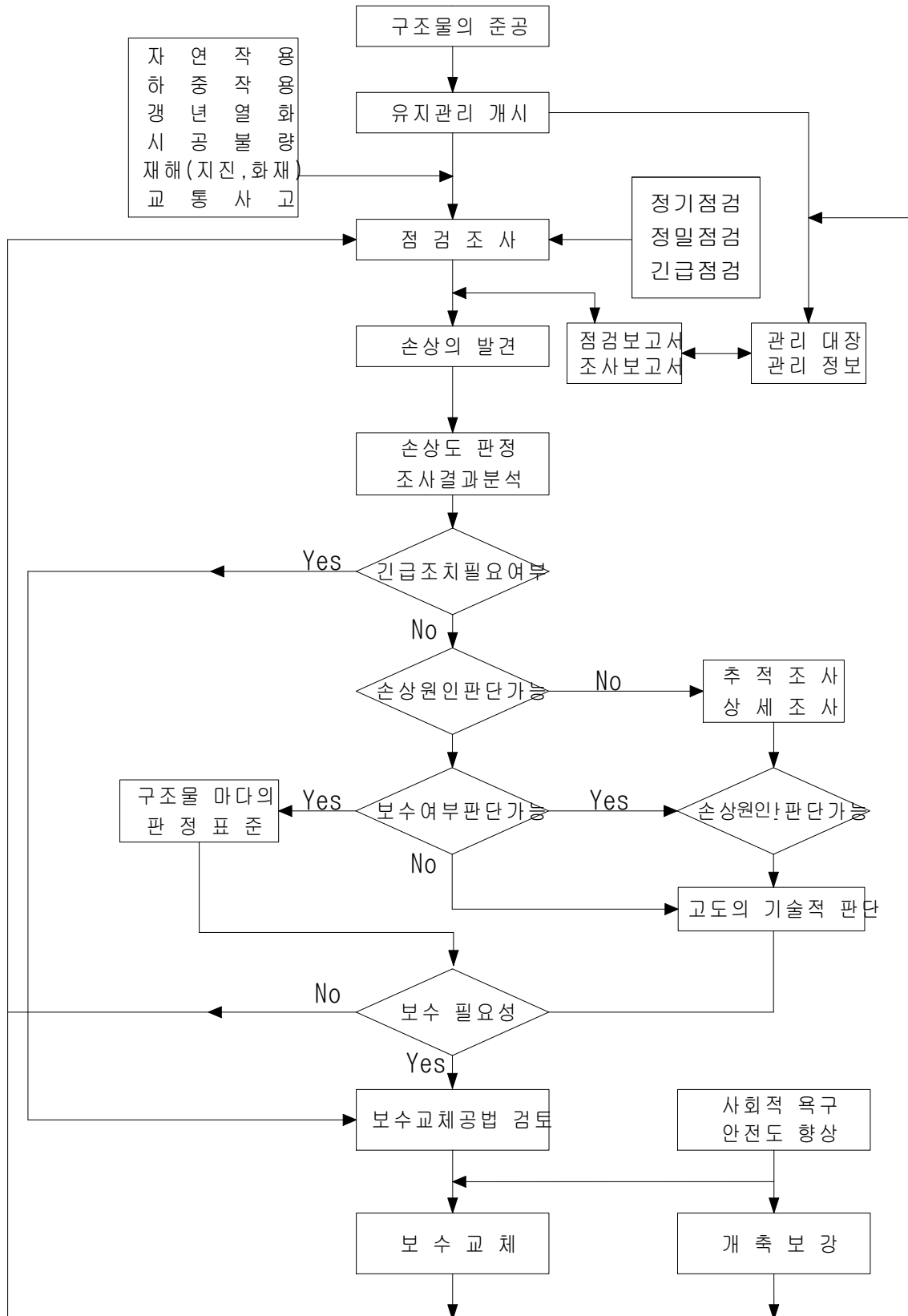
공용중인 시설물은 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 일상점검 및 정밀점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인하고 그 결함정도에 따라 적절한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 이루어지도록 체계적인 유지관리가 필요하다. 시설물에 발견된 결함은 보수시기를 놓치면 손상 증대로 보수가 어려울 뿐만 아니라 보수비용 증대, 보수기간 장기화로 통행차량의 불편과 동시에 물류비 증액의 원인이 되어 지속적인 유지관리는 매우 중요하다.

따라서 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복구하여야 하며, 시간 경과에 따라 시설물의 개량, 보수·보강을 실시하여 건전성을 유지토록 하여야 하며 교량의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 정밀점검을 실시하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

7.4.1 유지관리 일반

시설물의 유지란 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상복구 하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 시설을 추가함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다.

시설물 유지관리는 사후 유지관리와 예방 유지관리로 분류할 수 있다. 사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강하는 방식이고, 예방 유지관리는 문제발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 적절한 조치를 취함으로써 문제발생을 예방하는 방식이다. 과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나, 오늘날은 기술 및 장비의 발달로 예방 유지관리를 지향하고 있으며, 이를 통한 시설물의 안전성 및 사용성 확보에 그 목적이 있다. 유지관리를 효율적으로 하기 위해서는 아래의 항목에 대해서 【그림 7.4.1】에 따라서 수행하는 것이 바람직하다.



【그림 7.4.1】 유지관리 흐름도

가. 자료관리

자료관리는 대상구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위한 자료를 관리하는 업무를 말하며, 일반적으로 설계도서, 구조물대장, 보수·보강관리대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강시마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련 내용을 전산화하여 관리하면 효율적이다.

일반적으로 구조물의 유지관리시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)
- 공사내역서 및 시방서
- 보수·보강이력
- 사고기록, 점검 및 진단이력
- 사진 및 시험결과
- 시설물 관리대장
- 상태 및 안전성 평가기록

나. 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

다. 점검 및 진단(예방 유지관리)

점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로써 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여도 점검이 필요하다.

점검은 일상점검, 정기점검(초기점검 포함) 및 긴급점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다.

또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 정밀안전진단을 실시한다.

라. 보수 및 보강(사후 유지관리)

점검이나 진단을 통하여 손상을 발견하였을 때는 손상의 원인을 정확히 파악하여 보수·보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수란 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능으로 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

7.4.2 점검주기 및 주요 조사항목

본 구조물의 공용기간 중에는 점검주기 및 주요 조사항목, 등급별 실시주기에 따른 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

【표 7.4.1】 점검주기 및 주요 조사항목

점검종류	점검주기	주요 조사항목
정기점검	반기 1회	◦재료분리, 철근노출, 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검 이후 변형, 변위 발달상태 ◦손상의 지속유무 확인(누수, 균열, 변형 등)
정밀점검	안전등급에 따라 차등실시	◦설계도서 검토 ◦형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) ◦상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) ◦현장시험·측정(강도, 철근, 피복, 철근부식, 중성화 등) ◦전회의 정기점검 및 정밀점검시와 비교하여 손상의 진행여부 판단 ◦보수, 보강시공 상태의 확인(필요시)
긴급점검	필요시	◦손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요 보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등
정밀 안전진단	안전등급에 따라 차등실시	◦구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 점검 상태로부터의 변화 확인 ◦구조해석 및 안정성 평가 ◦정기점검 및 정밀점검 결과 분석

※ 정밀점검 및 정밀안전진단 실시주기

(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 교량편 : 국토해양부, 한국시설안전공단. 2010.12)

【표 7.4.2】 등급별 실시주기

안전등급	정밀점검		정밀안전진단
	건축물	그 외 시설물	
A등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상
B, C등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상
D, E등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상

※ 건축물에는 그 건축물의 부대시설인 옹벽과 절토사면을 포함하며, 항만시설물 중 썰물 시 바닷물에 항상 잠겨있는 부분은 4년에 1회 이상 정밀점검을 하여야 한다.

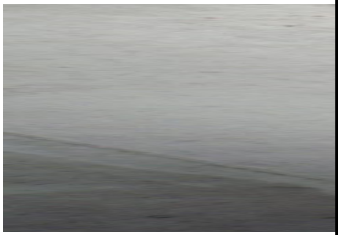
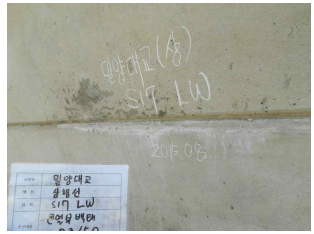
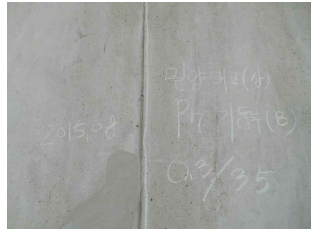
※ 최초로 실시하는 정밀점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)을 기준으로 3년 이내(건축물은 4년 이내)에 실시하여야 한다.

※ 정밀점검 또는 정밀안전진단을 받은 경우 그 날(완료일)을 기준으로 정밀점검의 실시 주기를 정한다. 또한 정밀안전진단 실시 기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다.

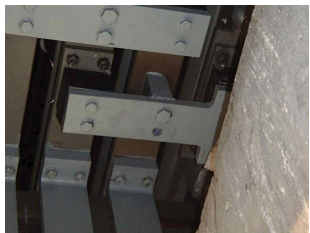
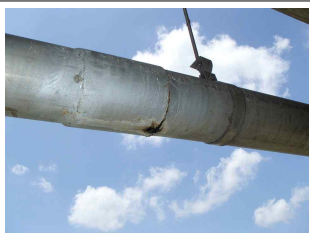
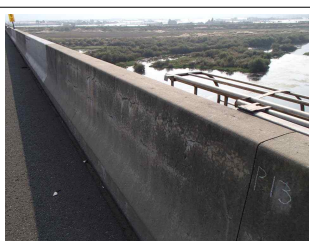
7.4.3 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

금회 정밀안전진단 결과, 밀양대교(대구, 부산)는 구조물에 균열, 백태, 망상균열, 국부적인 단면손상이 조사되었으며 신축이음장치 녹발생 및 유간부 이물질 퇴적, 받침장치 고무재(피복고무재) 들뜸, 받침장치 Plate 녹발생 및 볼트 체결불량, 배수구 이음부 누수 및 길이부족, 배수구 막힘, 연결재 및 연결고리 손상 등이 다수 조사된 상태이며, 손상진전을 방지하고 구조물의 내구성 확보를 위해 관리가 요구된다.

【표 7.4.3】 부재별 유지관리 중점사항

부재구분	중 점 점 검 내 용	관련사진
바닥판	• 균열, 균열/백태 진전 여부	 내부 슬래브 균열
거더 및 격벽	• 균열 진전여부 • 백태 진전여부	 시공이음균열/백태
하부구조	• 교대 균열의 진전여부 • 교각 코핑부 및 기둥부 균열 진전여부 • 수중부 교각의 침식 및 파손, 세굴 여부	 기둥부 균열(P7)
교량받침	• 받침Plate 도장박리/녹발생 여부 • 받침볼트 체결 상태 • 받침 고무재(피복고무재) 손상진행여부 • 받침물탈 및 받침콘크리트의 균열 - 미세균열 진전여부 및 추가손상발생 여부	 받침콘크리트 Plate 도장박리

【표 7.4.3】 부재별 유지관리 중점사항(계속)

부재구분	중 점 점 검 내 용	관련사진
신축이음장치	• 신축이음장치 가동상태 확인 - 본체 유간부 이물질 퇴적에 대해 주기적인 청소 필요 - 유간확보여부 주기적 점검 - Rail Joint 본체 하부 베어링 및 유간조절장치 볼트 탈락 여부 • 후타재 균열 진전여부 - 손상진전 여부 점검	
		유간부 이물질 퇴적
		 유간조절장치 볼트 탈락
교면포장	• 공용기간 증대 및 빈번한 중차량 통행에 의한 손상 진전여부 (패임, 라벨링, 균열, 소성변형 등)	
		포장 패임
배수시설	• 배수구 막힘 • 배수관 길이부족 - 주변 시설물 손상확대 여부 • 배수관 이음부 누수 - 이음부 및 주변 시설물 손상확대 여부 • 배수관 연결재, 연결고리 손상 • 집수관 및 배수관 연결핀 손상	
		배수관 이음부 누수
방호벽 및 중앙분리대	• 0.2mm~0.3mm균열(백태동반) - 손상진전 여부 점검 • 이음부 파손	
		균열/백태

7.4.4 유지관리시 점검요령

교량의 안전성과 기능성, 사용성 및 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서 주기적이고 체계적인 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단 등을 통한 유지관리가 무엇보다도 중요하다. 따라서, 정밀안전진단 결과를 바탕으로 부재별 결함부위에 대한 원인분석과 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검해야 하는 사항을 제시하고 필요한 점검항목 및 점검요령을 기술하였다.

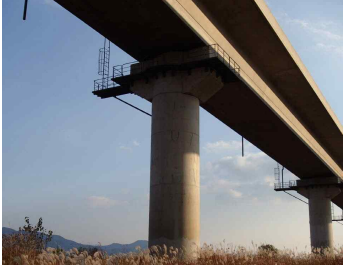
가. PSC BOX 거더

점 검 부 위		점 검 항 목
▷공통		•박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷받침부		•부스러짐 •복부 사인장 균열 •연속교 상단 휨균열 •격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부		•휨균열, 거더처짐 •쉬스관 노출 및 파손 •박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 •시공이음부 균열 및 누수
▷강선정착부		•정착부 균열 및 파손
▷누수노출부 - 신축이음 하부, 배수구 주변, 난간하부		•누수, 물고임, 백태
주요 부위	 <거더 외부>	 <거더 내부>
점 검 요 령	○ 접근장비를 이용하여 육안점검하되 구조적 균열의 발생위치를 미리 숙지하고 그 위치를 중점적으로 점검 ○ 기존 균열의 연장성, 폭의 변화여부로서 이전상태로부터의 변화여부를 필히 확인할 것 ○ 보수부위는 기존 거더와의 일체성을 육안 또는 점검망치를 두드리는 방법으로 확인 ○ 하부슬래브 바닥은 쉬스관 배치로 인한 다짐부족으로 내부에 공동, 재료분리와 같은 손상이 존재할 가능성이 높으므로 점검망치를 활용함 ○ 쉬스관 그라우팅이 불량할 때 균열이 발생하면 과도한 응력을 받고 있는 강선이 쉽게 부식환경에 노출되어 내하력 저하가 예상되므로 정밀한 점검이 필요함 ○ 배수구 주변, 신축이음부 하면의 외측 거더 등은 열화에 취약한 부위이므로 백태 및 단면손실 등의 상황을 점검할 것 ○ 균열은 밝은 날 낮 추운 날씨에 더 잘 보이며 대부분 교량은 좌우 대칭이므로 균열이 발생한 곳과 동일한 조건의 다른 부위에도 균열발생여부를 주의하여 살펴볼 것	
점 검 도 구	•사진기(망원렌즈) •줄자(5m자) •점검야장 •점검용 망치 •손전등(박스내부) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)	

나. 교대

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		•균열(시공이음부 횡방향 균열) •박리, 박락, 층분리, 백태(유리석회), 파손, 철근노출 •교대 회전(기울음), 침하(연직이동)
▷ 두부		•두부 물고임 •두부와 홍벽 경계부 균열(후면으로 기울음) •거더와 홍벽 신축유간 부족
▷ 벽체		•균열(수직균열) •벽체와 날개벽 분리(이동)
▷ 날개벽		•날개벽 이동, 전도
주 요 부 위	 <교 대 A1>  <교 대 A2>	
점 검 요 령	○ 점검방법 - 접근 장비에 의해 근접 육안점검 - 교대 입지조건이 성토부 혹은 연약지반에 위치한 경우 전후방으로 교대 벽체가 기울었는지 확인하고 의심스러운 경우 실을 매단 점검추를 늘어뜨리거나 측량기로 확인(날개벽, 옹벽 포함) - 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부위이므로 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이 확인 ○ 점검시 유의사항 - 신축이음 유간이 벌어져 충격음이 발생하거나 단혀 있을 경우 거더 상·하부와 홍벽 사이 간격이 서로 차이가 나는지 점검하고 교대 전도 여부도 확인 - 연약지반상의 교대는 뒷채움부의 침하로 인하여 접속슬래브 하부에 공동이 발생하여 홍벽이 교대 뒤쪽으로 전도되어 균열이 발생하기도 함 - 교대 뒷면과 날개벽 사이에 공동이 발생했거나 흙이 침하된 경우 날개벽의 전도를 의심하여 점검 - 벽체에 수직으로 발생하는 균열은 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 우려할 바는 아니지만 폭이 넓은 교대에서 균열폭이 1mm 이상이면 교대기초의 부등침하도 의심하여야 함	
점 검 도 구	•사진기 •균열자 •줄자(5m자) •점검용 망치	•점검추 - 기울음 측정 •중성화 시험기 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

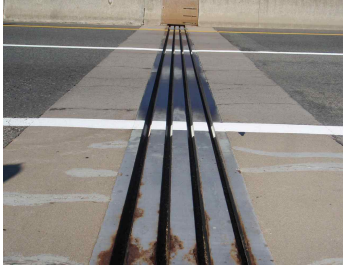
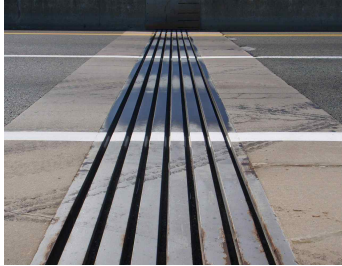
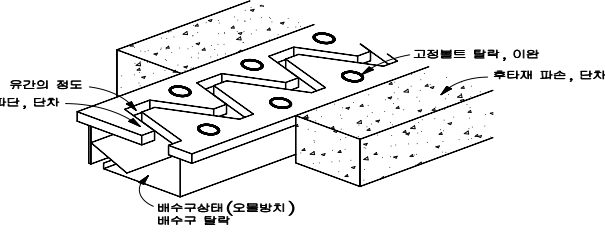
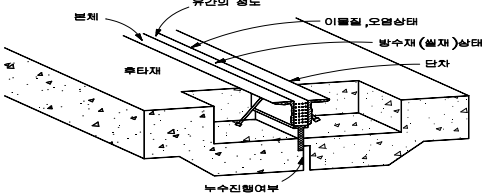
다. 교각

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		• 균열, 박리, 철근노출, 파손 • 침하
▷ 두부		• 두부 물고임 • 받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락)
▷ 구체		• 수직균열 • 이동 또는 기울음
▷ 수면접촉부		• 수중구간의 경우 침식
주요 부위	 <교 각-1>	 <교 각-2>
점 검 요 령	○ 점검방법 - 접근장비 및 점검로에서 점검 - 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 단함)이거나 방호울타리선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측정하여 교각의 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인 ○ 손상발생시 조치 - 교각두부 받침하부에 폭 0.3mm이상 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고 및 대책수립 ○ 점검시 유의사항 - 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 단함, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검 시 참고해야 할 항목임	
점 검 도 구	• 사진기 • 균열자 • 줄자(5m자) • 점검용 망치	• 점검추 - 기울음 측정 • 중성화 시험기 • 필기 도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장

라. 교량받침

점 검 부 위		점 검 항 목	
▷본체	- 공통	•부식(오물퇴적), 변형 •균열, 파손(균열발생으로 파손진행) •가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 •받침과 거더의 밀착상태(분리) •앵커볼트 파손(절단) •가동방향 오류, 편기설치	
	- 강재받침	•가동면 부식 •부속물 파손	
	- LRB받침	•고무재 부풀음 및 갈라짐 •고무판의 과도한 변형	
▷받침대		•균열, 파손(하부공동) •부분 침하	
▷이동제한장치		•용접부 균열 •파손	
주요부위			
	<받침장치(Type-1)>	<받침장치(Type-2)>	<받침장치(Type-3)>
점검요령	○ 점검방법 - 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검 - 가동받침의 가동여부는 가동면의 윤활재가 밀린 흔적이나 먼지 부착정도로 확인 가능함 - 눈금자가 설치되지 않은 받침은 측면을 깨끗한 형철로 잘 닦고 유성펜으로 상부받침과 이동제한장치 끝부분에 수직으로 선을 그어 놓으면 다음 점검시 온도차에 따른 가동량을 측정할 수 있음 - 곡선교 내측 단부 혹은 사교의 예각부 단부의 부반력으로 인한 받침과 거더의 들뜸 상태 점검 - 경사교에서 받침 경사설치로 인한 상부가동받침과 하부받침 접촉 및 받침 부속품과의 접촉으로 인한 가동장애요소 점검 - 수직보강재와 받침이 10cm 이상 편기시 하부플랜지의 국부변형이나 거더 복부판의 좌굴 여부 확인 - 받침하부에 공동이 의심되면 긴드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인 - 받침부의 물고임 부분은 누수부위의 확인 및 물고임 원인분석 ○ 손상발생시 조치 - 받침하부 교각 두부에 폭 0.3mm 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고, 안전성 검토 및 대책 수립 필요		
점검도구	•사진기 •줄자 •균열자 •온도계 •유성펜(매직) 및 청소용 걸레 •점검용 망치 •드라이버(driver) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장		

마. 신축이음장치

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 본체	- 공통	•누수, 오염(배수시설 누락, 유간의 오물퇴적) •유간(부족 및 과다) •이상진동(충격음) •본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림)
	- 고무재	•고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강재	•방수재(씰링재) 파손 - 노면수 유입
▷ 후타재		•균열, 파손(패임 및 요철)
주요 부 위	 <신축이음장치 A1>	 <신축이음장치 P15>
주요 내 용	 	
점 검 요 령	○ 점검방법 - 보도에서 점검 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생 여부 점검 - 고무재의 마모, 파손, 충전 씰링재 노출로 차량운행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브상태 점검 - 방호울타리부 신축이음의 방수기능 점검 - 점검기간 내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하고 있는지 확인 점검 ○ 손상발생시 조치 - 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격으로 타부재에 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 ○ 점검시 유의사항 - 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행 - 신축유간 점검시 차량에 유의	
점검 도구	•사진기 •줄자 •점검용 망치	•드라이버(driver) - 유간오물 확인 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

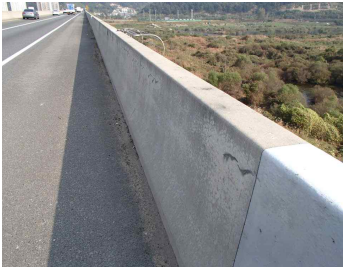
바. 교면포장

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		•균열, 요철, 단차, 포트홀, 소성변형
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부		•단차, 침하
▷ 배수구 주변		•물고임, 이물질 퇴적
주 요 부 위	 <교면포장-1>  <교면포장-2>	
점 검 요 령	◦점검방법 - 방호벽측 갓길에서 도보점검 - 중차량 통행이 많은 차선, 곡선부 외측, 급정지 구간 주변의 손상 점검 - 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검 - 교면위 물고임 및 포트홀 점검(가급적 비온 직후 점검) - 포장의 노후화에 따른 종방향균열의 진전여부, 망상균열의 진전여부 ◦손상발생시 조치 - 손상이 확인한 부분은 위치, 규모에 대하여 기록 후 사진 촬영 - 포트홀의 직경이 20cm이상 혹은 종방향 단차가 30mm이상 발생하여 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 ◦점검시 유의사항 - 갓길은 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검	
점 검 도 구	•사진기 •줄자(5m) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) 및 점검야장	

사. 배수시설

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 배수관		•파손(연결 고정부 탈락) •배수관 길이 부족(거더에 물 떨어짐) •유출구 위치 부적절 (도로상이나 구조물 위에 위치)
주 요 부 위	 <배수구>	 <배수관>
점 검 요 령	○ 점검방법 - 배수관 ① 갓길 측에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근장비를 이용 ② 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 위로 떨어지지 않는지 점검 ③ 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검 ④ 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지 점검 ⑤ 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검 ○ 손상발생시 조치 - 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거 ○ 점검시 유의사항 - 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 차량운행에 주의 - 접근장비 사용시 차량운행 및 안전에 유의	
점 검 도 구	•사진기 •줄자 •점검용 망치	

아. 난간

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 난간, 방음벽	- 강재, 알루미늄	• 변형 • 파손
▷ 보도		• 신축이음 접촉부 부스러짐(파손) • 표면 부스러짐(동결융해)
▷ 연석	- 철근콘크리트	• 박리, 박락, 부스러짐, 파손
주요 부위	 <방호벽(우측)>  <방호벽(좌측)>	
점 검 요 령	○ 점검방법 - 교량 한쪽에서 눈을 난간높이 정도로 낮추어 난간의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검 - 안전난간 및 방음벽의 경우 안전난간 및 방음벽의 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인 - 연속 받침부 연석 및 자갈막이는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 폭 0.3mm이상)을 점검 ○ 손상발생시 조치 - 난간의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 유지 - 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 고려 ○ 점검시 유의사항 - 난간의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 추락 위험이 있을 시 즉시 연락하여 추락 방지시설 등의 응급조치 필요	
점 검 도 구	• 사진기 • 솔(브러쉬) • 강재 부식부위 등 상세확인 • 줄자 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장	

제 8장 종합결론

제 8장 종합결론

밀양대교(대구, 부산)는 경상남도 밀양시 상남면 예림리(대구방향 : 부산기점 41.044 ~ 42.334 km 부산방향 : 부산기점 41.057 ~ 42.297km) 일원에 위치하고 있으며, 2006년 2월에 준공된 교량으로 활성로, 용평로, 밀양강을 횡단하고 있다.

교량은 I.L.M(Incremental Launching Method)가설공법으로 시공된 P.S.C BOX 거더교의 분리 교량으로 대구방향은 총연장 1,290.00m((40+14@50)+(11@50)=1,290.0m)이고 폭원은 12.60m(2차로)이며, 상부구조는 11경간, 15경간 연속의 PSC BOX 거더교로 이루어져 있다. 부산방향은 1,240.00m((40+14@50)+(10@50)=1,240.0m)이고 폭원은 12.60m(2차로)이며, 상부구조는 10경간, 15경간 연속의 PSC BOX 거더교로 이루어져 있다.

하부구조는 교대 : 역T형, 교각 : T형으로 시공되어져 있으며, 기초는 교대 A2, 대구방향 P24, P25, 부산방향 P24는 직접기초, 그 외 하부 구조물 기초는 현장타설말뚝으로 시공되어져 있다.

본 과업은 준공 후 최초로 실시하는 정밀안전진단이며, 설계 및 시공자료와 유지관리자료를 분석한 후 과업수행계획에 따라 외관조사, 내구성 조사 및 시험 등의 현장조사를 실시하였고, 설계도서와 현장조사의 결과를 토대로 구조안전성을 평가하였으며, 정밀안전진단결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

가. 외관조사 결과

1) PSC BOX 거더

- PSC BOX 거더 내부의 상부 바닥판에 종균열이 다수 발생되었으며, 벽체부에 간헐적인 수평 및 경사균열, 격벽부 균열, 균열부 백태, 이물질 퇴적 등의 손상이 조사되었다. 거더 외부의 하부 바닥판에는 종균열이 간헐적으로 발생되었으며, 벽체부에 수평 및 경사균열, 망상균열, 일부 개소에 균열부 백태, 누수오염/백태, 보수불량, 파손/철근노출, 굽힘 등의 손상이 조사되었다.
- PSC BOX 거더에 발생한 균열은 시공적, 환경적 요인에 의한 손상으로 장기 공용에 따라 Tendon이나 철근 부식, Con'c 내구성에 영향을 미칠 수 있어 0.2mm이상 균열, 균열부 백태는 주입보수를 실시하고, 0.1mm이하 균열 및 망상균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 보수불량, 파손 및 철근노출 등의 손상은 손상확대가 우려되므로 단면보수가 필요하며,

표면부 긁힘 손상은 미관 및 내구성 확보를 위해 표면보수가 바람직하다.

- 누수오염은 신축이음 방호벽 단부측 누수에 의한 손상으로 향후, 신축이음장치 교체시 방호벽측 단부 마감에 대해 정밀 시공이 필요하며, 백태는 시공초기 손상으로 판단되므로 표면보수 후 주의관찰이 필요하다.
- 이물질 퇴적 손상은 원활한 유지관리를 위해 청소/제거가 바람직하다.

2) 교대

- 외관조사 결과, 균열, 파손, 교좌면 체수 흔적, 배수측구 균열, 법면보호블럭 침하, 통로BOX 백태 등의 손상이 조사되었고, 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 교대 A1 교좌면에서 체수흔적이 조사되었으므로 받침장치의 열화발생 여부에 대한 주의관찰이 필요하며, 국부적인 파손 손상은 손상확대 우려가 있어 단면보수가 바람직하다.
- 법면보호블럭 침하 및 배수측구 균열은 우수 유입 방지를 위해 침하부 채움 및 측구 균열부 보수 실시가 바람직하며, 통로BOX 백태 손상은 표면보수가 필요하다.

3) 교각

- 교각의 외관조사 결과, 망상균열, 균열, 파손, 박락, 표면오염/백태, 누수오염/박리/열화, 그을음, 이물질(조류배설물) 퇴적 등의 손상이 조사되었으며, 조사된 균열은 비구조적 균열로 구조물의 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리 실시가 바람직하다.
- 표면오염, 누수오염/박리/열화 손상은 배수관 막힘, 길이부족에 의한 손상으로 배수관 청소 및 길이 연장 후 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리 실시가 필요하며, 박락, 백태, 그을음 손상은 표면부의 경미한 손상으로 미관 및 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직하다.
- 국부적인 파손 손상은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하며, 이물질(조류배설물) 퇴적은 제거 및 청소가 바람직하다.
- 밀양대교는 밀양강을 횡단하는 교각으로 교각 P2~P13이 하천상에 위치하고 있으나, 점검시 갈수기로 P11~P13만이 수중부에 위치하고 있고, 수중부 교각의 외관상태는 유수에 의한 침식 및 파손이 발생되지 않은 양호한 상태이며, 교각 주변은 세굴방지용 사석채움 시공으로 하상 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

4) 교량받침

- 교량받침은 납면진받침(원형 L.R.B)으로 설치되어 있으며, 받침Plate 도장박리 및 녹발생, 볼트/와셔 녹발생 및 체결불량, 받침 고무재 들뜸, 받침 몰탈 균열, 들뜸, 박락 및 파손 등의 손상이 조사되었으나, 받침 가동에 유해한 영향을 미칠만한 손상은 확인되지 않았다.
- 받침Plate 도장박리/녹발생, 볼트/와셔 녹발생은 내구성 및 건전성 확보를 위해 재도장이 필요하며, 받침몰탈 균열은 0.3mm이상 균열은 주입보수를 실시하고, 0.2mm이하 균열은 표면처리가 바람직하다.
- 받침몰탈 들뜸, 박락 및 파손 등은 내구성 확보를 위해 단면보수가 필요하며, 고무재 들뜸 손상은 받침장치 보호를 위한 피복 고무재의 들뜸으로 받침 기능발휘에는 영향이 없어 주의관찰이 바람직하다.
- 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 교량받침의 가동여유량을 검토한 결과, 설계기준온도에 따른 하절기 최대 신장여유량 및 동절기 최대 신축여유량을 받침장치 모두 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

5) 신축이음

- 신축이음장치는 A1, P15, A2에 Rail Joint로 시공되어져 있고 외관조사 결과, 전반적으로 신축거동은 원활하나, 신축이음 본체 녹발생, 유간부 토사퇴적, 차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림, 후타재 균열, 유간조절장치 볼트 탈락 등의 손상이 조사되었다.
- 교대 A1, A2에서 Rail Joint 유간조절장치 고정을 위한 볼트가 탈락된 것으로 조사되었으나, 신축이음장치의 기능발휘에는 문제가 없고 차량하중에 의한 신축이음장치의 변형 등으로 볼트체결이 어려워 주위관찰이 바람직하다.
- 신축이음 본체 녹발생은 내구성 확보를 위해 도장 실시가 바람직하며, 유간부 토사퇴적은 신축거동 제한으로 구조물에 영향을 미칠 수 있어 주기적인 청소가 바람직하다.
- 차수판 앵커볼트 탈락 및 풀림 등의 손상이 조사되었으므로 차수판의 건전성 확보를 위해 보수가 바람직하다.
- 후타재에 발생한 균열은 급속시공 및 조기차량 통행 등 제한적 시공여건에 의해 발생한 손상으로 급회 조사된 0.2mm이하 미세균열은 주의관찰이 바람직하며 향후, 손상 확대시 보수가 필요하다.
- 급회 신축이음 유간을 검토한 결과, 신축이음 모두 신장여유량을 확보하고 있는 것으로 확인되었다.

6) 교면포장

- 교면은 아스팔트로 포장되어 있으며, 아스콘 패임, 라벨링, 접속부 이격, 시공이음 등의 손상이 조사되었으며, 주기적인 보수작업으로 주행성을 크게 저해할 만한 손상은 조사되지 않았다. 다만, 아스콘 패임 손상은 차량하중의 반복적인 재하 및 충격작용 등으로 인해 손상확대가 우려되고, 포장층내 우수 침투로 구조물의 내구성 저하를 유발할 수 있어 보수 실시가 바람직하며, 기타 손상의 경우 그 손상정도가 경미하여 향후, 손상진행 여부에 따른 적절한 보수가 바람직하다.
- 밀양대교(대구방향 S26)에 대하여 교면포장 및 포장부 배면의 들뜸 여부와 위치 등을 확인하기 위하여 G.P.R 탐사를 실시하여 분석결과, 2차로에서 신축이음부 A2로부터 0m, 37m위치에서 이상반사파가 탐사되었으며, 탐사된 이상반사파는 심도 및 형상으로 판단할 때 대부분 교면포장과 상부슬래브 사이의 경계부에서 발생한 들뜸현상으로 판단된다. 본 교량의 포장은 최근 재시공한 이력이 있고 포장자체에서는 특별한 손상이 발견되지 않음을 감안할 때 바닥판의 열화에 의한 손상일 가능성이 크므로 포장의 손상진행여부를 바닥판 손상과 연계하여 주의관찰하여야 한다.

7) 배수시설

- 배수시설은 전반적으로 양호한 상태이나, 일부 개소에서 배수관 연결부 누수, 배수관 녹발생, 배수관 막힘 등이 조사되었다.
- 배수관 막힘 및 배수관 녹발생 등은 교면 하부의 배수관에 이물질 퇴적 손상으로 교면 우수처리에 큰 영향을 미치지 않으나, 하부구조의 및 배수관 주변부에 2차 손상을 유발하고 교량하부 이용자의 피해가능성이 있어 배수관 청소 실시가 바람직하다.
- 배수관 연결부 누수는 기존 보수부에 발생한 손상으로 교량하부에 자전거 도로 및 공원이 있어 누수로 인한 피해가 발생되지 않도록 손상부에 대해 채용접 또는 충전 보수가 바람직하다.

8) 방호벽

- 외관조사결과, 수평 및 수직균열이 다수 조사되었으며, 일부구간에 균열부 백태, 파손, 실런트 이격, 방호벽 단차 등이 조사되었으므로, 내구성 확보를 위해 0.3mm이상 균열 및 균열부 백태 손상은 주입보수, 0.2mm이하 균열은 표면보수 실시가 필요하며,
- 방호벽 유간부 실런트 이격은 기능발휘에 문제가 없으므로 주의관찰 후 향후, 손상 확대 시 보수가 바람직하며, 방호벽 단차는 진행이 수렴된 것으로 판단되므로 주의관찰이 바람직하다.

9) 기타 시설

- 기타 시설에 대한 점검 결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 텔리네이터 파손, 방음판 손상, 낙하물방지망 지주 변형(지지부 용접균열), 점검로 난간변형, 점검사다리 지지판 변형/파손, 이물질(조류서식지 및 배설물 등) 퇴적, 시점측 출입문 고정상태 불량 등이 조사되었으므로, 운전자의 시선유도로 사고방지를 위해 텔리네이터는 재설치가 필요하다.
- 교량 하부 철로 구간에 위치하는 낙하물방지망 변형(지지부 용접 균열)에 대해서는 철로의 안전성 확보를 위해 재설치가 필요하며, 점검시설의 변형/파손 등에 대해서는 원활한 점검을 위해 재설치 또는 주의관찰이 바람직하다.

나. 내구성 시험 및 측정 결과

- 콘크리트의 내구성 시험결과 콘크리트의 강도는 설계기준강도(상부구조 40MPa, 하부구조 24MPa)를 상회하며, 철근배근상태는 설계치에 근사한 것으로 조사되었다.
- 탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 30.0mm이상으로 측정되어 탄산화에 의한 철근부식발생의 우려가 없는 “a” 로 평가되었다.
- 염화물함유량 시험결과 염화물에 의한 철근 부식 발생의 우려가 없는 “a” 로 평가되었다.
- 균열깊이 측정결과, 측정 대상 균열심도가 철근피복두께를 초과하거나 근접한 것으로 측정되어 내구성확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.

다. 상태평가 결과

- 상태평가결과, 바닥판, 구조물의 영향을 미칠만한 손상이 조사되지 않은 상태로서 내구성 확보를 위해 일부 보수가 필요한 “B” (대구방향 0.259, 부산방향 0.244)로 평가되었다.

라. 안전성 평가 결과

- 상부구조에 대한 구조검토결과, 바닥판 및 거더에 대해서 최소안전율이 각각 1.60 및 1.44으로 안전율 1.0을 상회하고 교각 P2의 하부구조에 대한 구조검토결과, 기둥은 P-M상관도 해석에 의한 최소안전율 1.400으로서 안전율 1.0을 초과하며 내하력 평가결과, 기본내하력이 설계활하중인 DB-24를 상회하여 구조물이 전반적으로 구조적 안전성을 확보한 것으로 판단되며 최종적인 안전성 평가등급은 A등급이다.

마. 결 언

- 밀양대교는 약 10년의 공용기간이 경과한 교량시설물로 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 보수를 요하는 손상인 콘크리트 부재 균열 및 망상균열, 국부적인 단면손상, 누수오염, 교량받침Plate 녹발생, 신축이음 유간부 토사퇴적, 아스콘 패임, 배수관 막힘, 배수관 연결부 누수 등의 손상이 일부 조사되었다.
- 본 교량의 상태평가 및 안전성 평가 결과를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급(양호)』로 평가되었으며, PSC BOX 구조물은 작용하중에 대해 강선 긴장력에 의해 저항하는 구조물로 균열 및 기타 손상에 대해 지속적인 주의관찰 및 적절한 유지관리가 이루어져야 하므로, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 진단 보고서에 제시된 보수를 시행하고 중점유지관리가 필요한 구간에 대한 지속적인 유지관리가 수행된다면 1등급(DB-24)로서의 기능을 유지 할 수 있을 것으로 판단된다.