

**세
종
대
교

정
밀
점
검**

2016.03

**여
주
시
청**

세종대교 정밀점검 용역 정밀점검 보고서

2016. 03.



여 주 시 청



(주)명성엔지니어링

제 출 문

여주시청귀중

귀사에서 의뢰하신 『세종대교 정밀점검 용역』의 과업을 성실히 수행하고,
그 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2016년 03월

(주) 명 성 엔 지 니 어 링
경기도 여주시 세종로 88(홍문동) 2층
대 표 이 사 김 선 무 (인)



세종대교 정밀점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황						
용역명	세종대교 정밀점검 용역		점검기간	2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14		
관리주체명	여주시청		대표자	여주시장		
용역사 (공동수급)	(주)명성엔지니어링		계약방법	수의계약		
시설물 구분	교량		종 류	도로교량	종 별	1종
준공일	2007년 12월 14일		진단금액 (원)	20,450,000	안전등급	B
시설물 위치	경기도 여주시 하동		시설물 규모	L=1,875.0m, B=21.0m		
나. 정밀점검 실시결과 현황						
중대결함	-					
점검 주요결과	- 교면포장 : 아스콘 망상균열 및 라벨링, 포트홀, 파손 - 연석/난간 : 열화, 박리, 굽힘, 균열(Cw=0.3mm이상), 난간 파손 - 바닥판하면 : 균열(Cw=0.3mm미만), 균열(Cw=0.3mm이상), 균열부 누수 - 거더/가로보 : 도장들뜸 및 부식, 이물질퇴적 - 교대/교각 : 균열(Cw=0.3mm미만) 및 백태, 블록침하 - 받침장치 : 부식 및 도장손상, 받침콘크리트 균열 - 신축이음장치 : 후타재 균열, 하부 베어링 이탈, 볼트 녹발생 - 배수시설 : 배수관 누수					
주요 보수·보강	- 주입보수, 단면복구, 재도장, 표면처리, 아스콘 팻칭					
다. 책임기술자 현황						
구분	성명	과업 참여기간			비고	
사업책임기술자	장진원	2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14				
참여기술자	강영규	2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14				
	박이서	2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14				
	서동진	2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14				
	이상훈	2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14				
	손기영	2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14				
라. 참고사항						
차기 점검 및 안전진단시 중점 점검부위 - 신축이음 하부 베어링 이탈 및 하부 볼트 손상 진전여부 - 연석/난간 0.3mm이상 균열 진전여부 - 바닥판하면 0.3mm이상 균열 진전여부						

2. 결과 요약

책임기술자 종합의견	
◦ 외관조사 결과, 상·하부구조에서 건조수축 등 비구조적 요인과 시공미흡(다짐불량), 외부충격에 의한 폭 0.1~0.3mm 균열, 콘크리트 파손 및 철근노출이 발생되었으며, 교면포장은 차륜에 의한 영향으로 망상균열 및 소성변형이 발생한 상태이다. 또한 연석은 동결융해에 따른 균열 및 국부적인 박리(열화)가 조사되었으며, 교량받침은 신축이음부를 통한 누수로 플레이트가 부식되었고 건조수축 및 교량진동에 의해 폭 0.1~0.2mm의 받침몰탈 균열 등이 발생한 상태이다. 신축이음장치 및 교량받침은 기능상(유간 및 가동상태) 문제점은 없는 상태이나, 신축이음 본체 고무재 손상 및 노후화로 인해 하부 누수가 발생하였다. 교대 및 교각은 건조수축에 의한 균열 및 교대 범면 침하가 발생하였다. 특히, 신축이음 하부 베어링 밀림 및 하부 누수는 받침장치 부식, 교대 및 교각의 열화 등의 손상을 초래하므로 주의관찰 후, 신축이음 교체 등의 조치가 필요하다. ◦ 콘크리트에 대한 내구성 조사 결과, 콘크리트 강도는 설계기준 강도를 상회하는 양호한 상태이다. 콘크리트 탄산화 깊이 시험 결과, 상·하부구조에서 잔여피복두께가 30mm이상인 a등급으로 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단된다. ◦ 상태평가 결과, "B"로 평가됨 ◦ 종합결과, 전회차와 비교시 안전등급은 동일하나, 일부 신규 손상에 의해 평가점수가 다소 상승한 것으로 분석되었다. 따라서 금회 정밀점검 결과에 따라 효과적인 유지관리가 이루어진다면 시설물의 공용에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 장 진 원 (서명)	

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강					상태평가 결과 : B
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	결함원인	보수·보강(안)	
상부구조	바닥판	b/b ▶ 균열, 백태, 누수 ▶ 파손 및 철근노출	▶ 공용에 따른 손상 ▶ 외부충격 ▶ 시공미흡	▶ 표면처리 ▶ 주입보수 ▶ 단면복구	
	거 더	b/b ▶ 도장박리, 박락 ▶ 볼트부식 ▶ 조명등 탈락	▶ 시공미흡 ▶ 외부충격 ▶ 우수유입 ▶ 공용에 따른 손상	▶ 재도장 ▶ 정비	
	가로보	a/a ▶ 양호	-	-	-

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항 - 계속

하부 구조	교대 및 교각	b/b	▶ 균열, 표면오염 ▶ 파손 및 철근노출 ▶ 법면 블록 침하 ▶ 날개벽 재료분리	▶ 시공미흡, 외부충격 ▶ 공용에 따른 손상	▶ 표면처리 ▶ 주입보수 ▶ 단면복구 ▶ 흙채움, 재설치
받침장치		a/a	▶ 플레이트 부식 ▶ 몰탈 균열 ▶ 콘크리트 박락	▶ 우수유입에 따른 손상 ▶ 시공미흡	▶ 재도장 ▶ 주입보수 ▶ 단면복구
기타 부재	신축이음	c/c	▶ 후타재 균열 ▶ 하부 베어링 밀림 ▶ 하부 볼트 부식	▶ 건조수축 ▶ 시공미흡 ▶ 공용에 따른 손상	▶ 표면처리 ▶ 재설치 ▶ 재도장
	교면포장	b/b	▶ 아스콘 균열 ▶ 망상균열, 라벨링, 소성 변형 ▶ 포트홀, 패임	▶ 중차량 통행 ▶ 시공미흡 ▶ 공용에 따른 손상	▶ 아스콘 실링 ▶ 아스콘 팻칭
	배수시설	b/b	▶ 배수관 누수 ▶ 그레이팅 망실	▶ 공용에 따른 손상	▶ 정비
	방호벽	c/b	▶ 균열(cw=0.3mm미만) ▶ 균열(cw=0.3mm이상) ▶ 파손 및 들뜸	▶ 건조수축 ▶ 시공미흡, 외부충격 ▶ 공용에 따른 손상	▶ 표면처리 ▶ 주입보수 ▶ 단면복구

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석 방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-	-	-	-	과업대상 제외

다. 내진설계 반영여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결 과	검토결과 요약
-	Y	내진 1등급 지역으로 내진설계가 고려되어 적용 설계됨	

라. 현장시험 (비파괴시험)

구 분	시험부위 및 결과				책임기술자 의견	
압 축 강 도 시험 (MPa)	구분	부재명	반발경도법(MPa)	설계강도(MPa)	• 콘크리트 강도조사 결과, 모두 설계기준강도(상부구조 : 27.0MPa, 하부구조 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 분석됨	
	상부	바닥판	27.0~30.5	27.0		
	하부	교대, 교각	24.3~28.6	24.0		
탄산화시험 (mm)	구분	부재명	탄산화깊이	잔여피복	내구연한	• 탄산화에 의한 잔여피복두께는 상·하부구조(평가 : a)으로 양호한 상태로 평가됨
	상부	바닥판	6.0~7.5	32.5~34.0	100년 이상	
	하부	교대, 교각	7.2~7.9	92.1~92.8	100년 이상	

세종대교 현황표

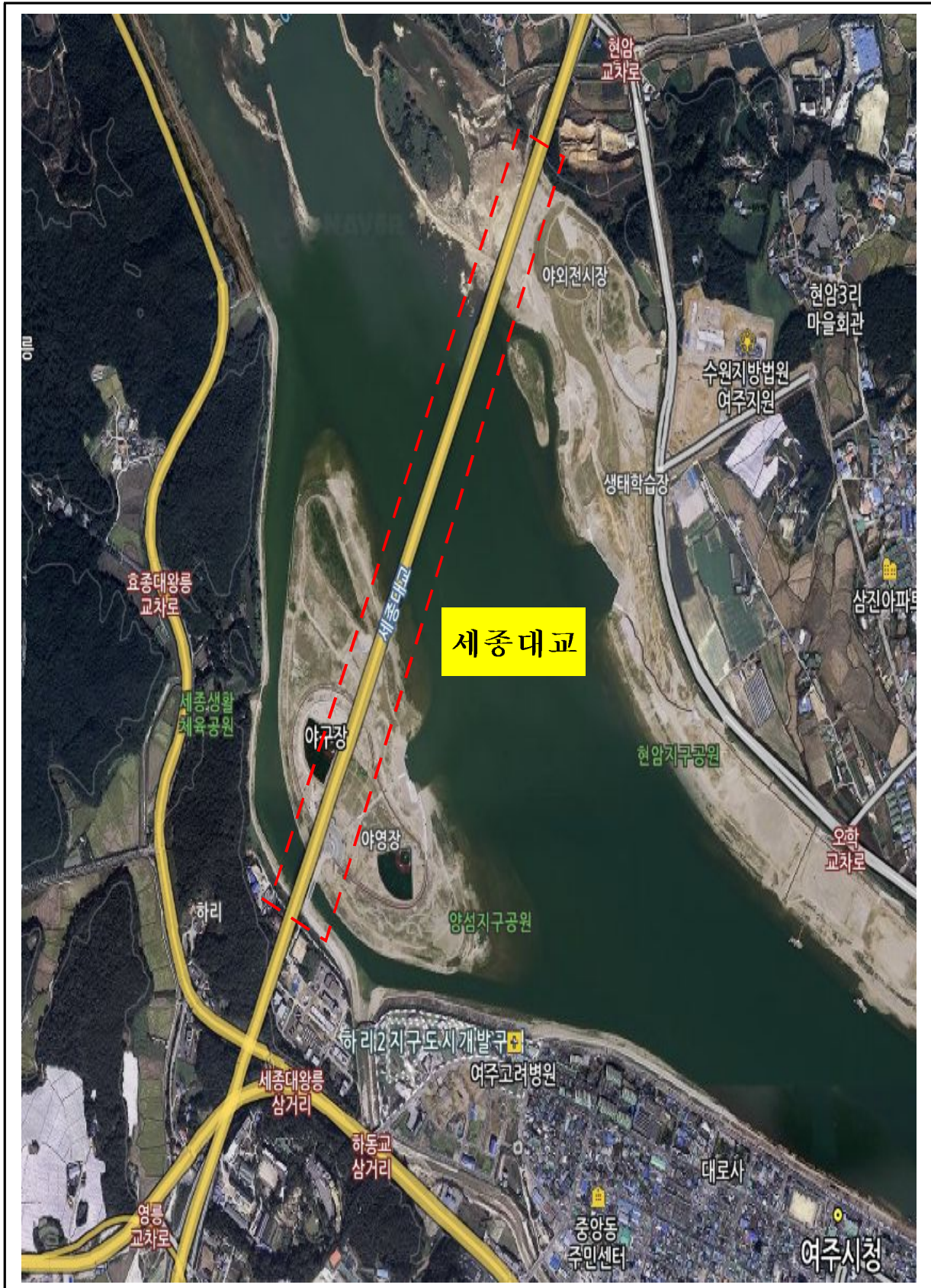
작성일 : 2016 년 03 월 03일

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		세종대교		시설물번호		BR2008-0000446	
준공년월일		2007년 12월 14일		관리번호		-	
시설물위치		경기도 여주시 하동					
설계하중		DB-24, DL-24		노선명(이정)		37호선	
제원	연장	L= 1875.0 m (47.5 + 2 @ 50 + 47.5 + 28 @ 60 = 1875.0 m)					
	폭	B = 21.0m (상,하행 각2차로)					
구조 형식	상부	Steel Box Girder		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : T형			교각	R.C.D + 직접기초	
교량받침		L.R.B		신축이음		RAIL JOINT	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		남한강		통과 높이		-	
부착시설내용		-					
기 타 (중점 점검 사항)		- 신축이음 하부 베어링 이탈 및 하부 볼트 손상 진전여부 - 연석/난간 0.3mm이상 균열 진전여부 - 바닥판하면 0.3mm이상 균열 진전여부					

참 여 기 술 진

구 분	성 명	소 속	자 격	참여분야	비 고
사 업 책임기술자	장 진 원	(주)명성엔지니어링	고급기술자	과업총괄	
분 야 별 참여기술자	강 영 규	(주)명성엔지니어링	특급기술자	상태평가 종합평가	
	박 이 서	(주)명성엔지니어링	특급기술자	현장조사 보고서작성	
	서 동 진	(주)명성엔지니어링	고급기술자	현장조사 보고서작성	
	이 상 훈	(주)명성엔지니어링	초급기술자	현장조사 보고서작성	
	손 기 영	(주)명성엔지니어링	공학사	현장조사 보고서작성	

위 치 도



전 경 사 진

상부전경



측면전경



하부전경 (교대)



하부전경 (교각)



주형 내부전경 (중앙부)



주형 내부전경 (지점부 교각)



요 약 문

1. 과업의 목적

본 과업은 시설물의 안전관리에 관한 특별법 규정에 의거 시설물의 물리적, 기능적 상태를 파악하기 위한 정밀점검으로 이전 상태로부터의 변화를 확인하여 교량 및 터널의 점진적 손상과 노후화를 방지하고 손상부분에 대한 유지보수방안을 제시하여 적절한 보수 계획을 수립함으로써 향후 효율적인 유지관리를 통하여, 재해를 예방하는데 그 목적이 있다.

2. 과업의 범위

- (1) 자료 수집 및 분석
- (2) 현장조사 및 시험
- (3) 상태평가
- (4) 종합평가 및 안전등급 지정
- (5) 보수·보강방안 및 유지관리방안 제시
- (6) 최종 보고서 작성

3. 과업의 기간

과업기간 : 2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14

4. 과업대상 시설물 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		세종대교		시설물번호		BR2008-0000446	
준공년월일		2007년 12월 14일		관리번호		-	
시설물위치		경기도 여주시 하동					
설계하중		DB-24, DL-24		노선명(이정)		37호선	
제원	연장	L= 1875.0 m (47.5 + 2 @ 50 + 47.5 + 28 @ 60 = 1875.0 m)					
	폭	B = 21.0m (상,하행 각2차로)					
구조 형식	상부	Steel Box Girder		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형 교각 : T형			교각	R.C.D + 직접기초	
교량받침		L.R.B		신축이음		RAIL JOINT	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		남한강		통과 높이		-	
부착시설내용		-					
전경 사진							

5. 외관조사 결과

5.1 교면포장

교면포장은 아스팔트 포장으로 보수이력 확인결과, 보수이력은 없는 것으로 확인되었다. 주요 손상은 장기공용 및 중차량 운행에 의한 아스콘 균열, 망상균열 및 라벨링 등이며, 국부적으로 포트홀, 패임이 발생하였다. 교면포장 외관조사 결과, 아스콘 망상균열 및 라벨링 (341.1m²)과, 아스콘 균열(33.0m), 포트홀 및 파손, 굽힘(1.1m²), 소성변형(163.8m²) 등이 조사되었다. 포장부의 손상은 반복적인 차량 하중, 중차량의 지속적인 통행 및 아스콘의 노후화에 의한 손상으로 판단되며, 기존 손상인 균열 및 라벨링, 포트홀의 손상 구간은 차량의 주행성 및 유지관리를 위한 재포장, 아스콘 팻칭, 실링 등의 조치가 요구된다.

5.2 연석/난간

연석/난간에 대한 보수이력 확인결과, 보수 이력은 확인되지 않은 상태이다. 주요 손상으로 공용에 인한 열화, 균열, 외부 충격에 의한 파손, 난간 파손, 텔리네이터 파손 등이 조사되었다. 연석/난간 및 중분대 상태에 대한 외관조사 결과, 0.3mm미만의 균열 (732.0m), 0.3mm이상 균열(56.1m), 콘크리트 파손 및 들뜸 (214.66m²), 재료분리(8.81m²), 난간파손 (15개소) 등이 발생되었다. 기 손상부는 장기간 공용으로 인한 열화, 외부 충격에 의한 파손, 건조수축에 의한 균열 등의 손상으로 판단되며, 손상부는 내구성 확보를 위하여 단면보수 등의 조치가 요구되며, 경미한 손상은 주기적인 관찰 후 표면처리, 교체 등의 조치가 필요하다.

5.3 바닥판 하면

바닥판 하면은 콘크리트 바닥판이 일체화된 강합성교 형식으로 구성되어 있다. 바닥판하면 상태에 대한 외관조사 결과 폭 0.3mm미만 균열(260.7m), 폭 0.3mm이상 (213.1m), 백태(40.86m²), 균열부 누수 및 누수흔적(2.09m²), 철근노출(0.45m²) 등이 조사되었다. 기 손상부는 초기 건조수축 균열구간에 우수의 유입으로 백태가 발생하였

고, 내구성 확보를 위하여 습식균열보수, 주입보수 등이 요구되며, 기 경미한 손상은 주기적인 관찰 후 진전 시 표면처리 등의 조치가 필요하다.

5.4 거더 및 가로보

5.4.1 거더 외부 및 가로보

Steel Box Girder로서 경간당 2련으로 구성되어 있으며, 각각 원주방향 G1~G2 와 양평방향 G1~G2 사이에 Cross Beam(가로보)이 설치되어 있다.

거더 외부, 가로보의 주요 손상은 Steel Box 전반에 걸쳐 발생된 장기공용에 의한 국부적인 부식 및 도장박리, 볼트부식, 굽힘 등으로 도장 상도층이 박리되거나 표면에 녹물이 배어있는 상태이다. 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 부식 및 도장박리(10.8 m²), 볼트부식(212개소), 도장굽힘(2.79m²) 등이 조사되었다. 세종대교는 강과 근접하고 있어, 강재에 대한 도장 부식, 박리, 박락 등의 손상발생 빈도가 높을 것으로 판단되며, 도장 박리 및 부식 구간은 재도장이 요구된다. 재도장시 상도를 벗겨내고 표면처리 후 정밀한 시공이 필요하다.

5.4.2 거더 내부

거더 내부의 주요 손상은 도장박리, 부식, 조명등 탈락 등이며, 거더 내부에 대한 외관조사 결과, 도장박리(23.58m²), 부식(5.84m²), 조명등 불량(35개소) 등이 발생되었다. 장기공용 및 시공미흡에 의한 도장박리 등은 상도층이 박리된 상태로, 재도장이 요망된다.

5.5 교대 및 교각

5.5.1 교대

교대는 역T형으로 시·종점측에 각각 시공되어 있으며, 교대의 외관조사 결과, 신축이음 및 배수관의 우수유입으로 인한 국부적인 법면 침하(8.0m²), 전선 덮개 부식, 날개벽 재료분리(2.0m²) 등의 손상이 발생되었다. 법면 침하구간은 흙채움 및 재설치 등의 조치가 요망되고, 재료분리 및 덮개부식은 주의관찰, 정비가 필요하다.

5.5.2 교각

교각의 형식은 T형으로 시공되어 있으며, 외관조사 결과, 교각은 망상균열(354.25 m²), 폭 0.3mm미만 균열(128.5m), 폭 0.3mm이상 균열(6.1m), 콘크리트 박리 및 철근노출, 굽힘, 박락 (2.09m²), 누수흔적 및 표면오염(147.85m²) 등이 조사되었다. 폭 0.3mm미만 균열 및 망상균열은 소규모로 내부구속에 의한 표면건조균열로 판단되며, 손상정도가 경미하여 유지관찰 후 손상 진전 시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 폭 0.3mm이상의 균열은 비구조적인 건조수축균열로 주입보수 등의 조치가 필요하다. 콘크리트 파손 및 철근노출은 외부 충격에 의한 경미한 손상으로 교각의 내구성 증진을 위하여 단면보수 등의 조치가 필요하다.

5.6 받침장치

세종대교의 받침장치 형식은 L.R.B 형식이다.

교량받침은 부식 및 플레이트 부식(49ea), 무수축몰탈 균열(1.7m), 받침콘크리트 박락, 파손(3.37m²), 재료분리(0.75m²)등이 발생하였다.

교량받침 기존 손상인 균열 및 박락 등의 손상은 지속적인 관찰 후 진전시 단면보수, 표면처리 등의 조치가 요구되며, 플레이트 부식 구간은 신축이음의 노후화로 우수유입에 의한 손상으로 신축이음의 우수유입 차단 후 채도장 등의 조치가 필요하다.

5.7 신축이음장치

세종대교의 신축이음장치는 Rail Joint 형식으로 시·종점부 교대 및 교각 총6기(A1, A2, P4, P11, P18, P25)가 설치되어 있다.

신축이음의 전반적으로 양호한 상태이나, 건조수축에 의한 후타재 균열(80.8m), 단차(0.1m), 파손(5.34m²), 차수관 미설치(1개소), 하부 베어링 밀림(8개소), 하부 볼트 부식(85개소)등이 발생한 상태이며, 기존에 하부 베어링 이탈 등의 손상은 보수 되었으나, 현재 이탈 및 밀림이 일부 진전 된 것으로 확인되었다. 신축이음 구간은 지속적인 관찰 후 진전시 신축이음 교체 등의 조치가 필요하다.

5.8 받침장치 및 신축이음장치 이동영향 분석

받침장치와 신축이음 장치의 이동량 비교분석 결과, 측정조사일(2016년 3월 3일)을 기준으로 받침장치 및 신축이음장치의 이동여유량은 온도에 의한 계산신축량보다 여유가 있는 것으로 검토되었다.

5.9 배수시설

배수시설 원주방향 96개소, 양평방향 98개소, 총 194개소가 설치되어 있으며, 각 배수구는 스틸그레이팅이 설치되어 있는 상태이다. 배수구 외관조사 결과, 일부 구간에서 배수구 누수, 그레이팅 망실 등의 손상이 조사되었고, 정비가 요망된다. 일부 구간의 누수는 동절기에 고드름이 발생하여 하부 공원으로 유입될 가능성이 존재하므로, 배수관 청소 등의 정비 및 이음부 재시공 등의 조치가 필요하다.

5.10 부대시설

세종대교의 부대시설로는 가로등 및 LED조명이 설치되어 있으며 양호한 상태이다.

6. 내구성조사 및 시험

6.1 콘크리트 내구성조사 및 시험 결과 분석

구 분	시험 결과				결과 분석	
압 축 강 도 시 험 (MPa)					• 콘크리트 강도조사 결과, 모두 설계기준강도(상부구 조 : 27.0MPa, 하부구조 : 24.0MPa)를 상회하는 것 으로 분석됨	
	구분	부재명	반발경도법(MPa)	설계강도(MPa)		
	상부	바닥판	27.0~30.5	27.0		
	하부	교대, 교각	24.3~28.6	24.0		
탄산화 시 험 (mm)					• 탄산화에 의한 잔여피복두 께는 상•하부구조(평가 : a) 으로 양호한 상태로 평가됨	
	구분	부재명	탄산화깊이	잔여피복		내구연한
	상부	바닥판	6.0~7.5	32.5~34.0		100년 이상
	하부	교대, 교각	7.2~7.9	92.1~92.8		100년 이상

7. 상태평가

7.1 교량 상태평가 결과

7.1.1 원주방향

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S1(A1)	STB	a	a	a	a	a	b	c	b	b	q	a	a
S2(P1)	STB	a	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S3(P2)	STB	a	b	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S4(P3)	STB	b	b	a	b	b	c	x	a	b	q	x	x
S5(P4)	STB	a	a	a	b	a	b	c	b	b	q	x	x
S6(P5)	STB	a	a	a	b	a	c	x	a	b	q	x	x
S7(P6)	STB	a	b	a	a	c	b	x	a	b	q	x	x
S8(P7)	STB	a	a	a	b	a	b	x	a	b	q	x	x
S9(P8)	STB	a	a	a	a	a	c	x	a	b	q	x	x
S10(P9)	STB	a	a	a	b	a	b	x	a	b	q	x	x
S11(P10)	STB	c	a	a	b	b	c	x	a	c	q	a	x
S12(P11)	STB	c	a	a	b	b	c	c	b	b	q	x	a
S13(P12)	STB	c	a	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S14(P13)	STB	c	a	a	b	b	b	x	a	c	q	x	x
S15(P14)	STB	c	a	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S16(P15)	STB	a	a	a	a	a	b	x	a	b	q	x	x
S17(P16)	STB	c	a	a	a	a	b	x	a	b	q	x	x
S18(P17)	STB	a	a	a	b	a	c	x	a	b	q	x	x
S19(P18)	STB	a	a	a	a	b	c	c	b	b	q	x	x
S20(P19)	STB	c	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S21(P20)	STB	c	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S22(P21)	STB	b	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S23(P22)	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S24(P23)	STB	a	b	a	b	b	b	x	b	b	q	x	x
S25(P24)	STB	a	b	a	a	b	b	x	b	b	q	x	x
S26(P25)	STB	a	b	a	a	b	b	c	b	c	q	x	x
S27(P26)	STB	b	b	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S28(P27)	STB	b	b	a	b	b	c	x	a	b	q	x	x
S29(P28)	STB	c	b	a	b	a	c	x	a	c	q	x	x
S30(P29)	STB	a	b	a	b	a	c	x	a	b	q	x	x
S31(P30)	STB	a	b	a	a	a	b	x	a	b	q	x	x
S32(P31)	STB	b	b	a	b	a	b	x	a	c	q	a	x
(A2)	STB							c	b	b	q	-	a
평균		0.200	0.141	0.100	0.156	0.166	0.263	0.400	0.124	0.230	0.000	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치) /가중치합		0.036	0.028	0.005	0.011	0.005	0.005	0.036	0.011	0.046	0.000	0.004	0.003
									환산결함도점수		0.191		
									상태평가결과		B		

7.1.2 양평방향

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S1(A1)	STB	b	b	a	b	a	b	c	b	a	q	a	a
S2(P1)	STB	b	b	a	a	a	b	x	a	b	q	x	x
S3(P2)	STB	c	b	a	a	b	b	x	b	b	q	x	x
S4(P3)	STB	c	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S5(P4)	STB	c	b	a	b	b	a	c	a	b	q	x	x
S6(P5)	STB	c	a	a	a	c	a	x	a	b	q	x	x
S7(P6)	STB	c	a	a	a	a	a	x	a	b	q	x	x
S8(P7)	STB	b	b	a	a	c	a	x	a	b	q	x	x
S9(P8)	STB	c	b	a	b	a	a	x	a	b	q	x	x
S10(P9)	STB	c	a	a	b	a	a	x	a	b	q	x	x
S11(P10)	STB	a	b	a	a	a	c	x	a	b	q	a	x
S12(P11)	STB	a	a	a	a	b	a	c	b	b	q	x	a
S13(P12)	STB	b	a	a	b	b	a	x	a	b	q	x	x
S14(P13)	STB	b	b	a	b	a	a	x	a	c	q	x	x
S15(P14)	STB	c	b	a	b	a	a	x	a	c	q	x	x
S16(P15)	STB	c	a	a	b	a	b	x	a	b	q	x	x
S17(P16)	STB	b	a	a	b	b	a	x	a	b	q	x	x
S18(P17)	STB	a	b	a	b	b	a	x	a	b	q	x	x
S19(P18)	STB	a	a	a	a	a	a	c	b	b	q	x	x
S20(P19)	STB	a	a	a	a	b	b	x	b	b	q	x	x
S21(P20)	STB	a	b	a	a	b	a	x	a	b	q	x	x
S22(P21)	STB	a	a	a	a	b	a	x	a	c	q	x	x
S23(P22)	STB	a	a	a	a	b	a	x	a	b	q	x	x
S24(P23)	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	c	q	x	x
S25(P24)	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S26(P25)	STB	a	b	a	a	b	b	c	b	b	q	x	x
S27(P26)	STB	c	b	a	b	b	a	x	a	b	q	x	x
S28(P27)	STB	a	b	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S29(P28)	STB	b	b	a	a	b	b	x	a	c	q	x	x
S30(P29)	STB	a	b	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S31(P30)	STB	b	b	a	a	a	b	x	a	c	q	x	x
S32(P31)	STB	b	b	a	a	a	b	x	a	b	q	a	x
(A2)	STB							c	b	a	q	-	a
평균		0.222	0.163	0.100	0.141	0.175	0.153	0.400	0.121	0.230	0.000	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치) /가중치합		0.040	0.033	0.005	0.010	0.005	0.003	0.036	0.011	0.046	0.000	0.004	0.003
									환산결함도점수		0.196		
									상태평가결과		B		

7.1.3 전체평가

교량명	구분	환산결함도 점수	상태 평가	연장	차선	길이X차선	연장비	환산결함도점수 X연장비
세종대교	원주방향	0.191	B	1875	2	3750	0.5	0.095
	양평방향	0.196	B	1875	2	3750	0.5	0.098
						환산결함도점수		0.193
						상태평가결과		B

세종대교 상태평가 결과, 환산결함도 점수는 0.193으로 산출되어 상태평가는 "B"로 평가되었다.

7.2 기 점검·진단결과 비교

본 구조물의 기 진단 및 점검 상태평가 결과를 비교·분석한 결과, 상태등급은 "B"를 유지하고 있으며, 일부 신규 손상에 의해 평가점수가 다소 상승한 것으로 분석되었다.

구 분	2014년 정밀 점검		금회 2016년 정밀점검	
	평가점수	평가결과	평가점수	평가결과
세종대교	0.183	B	0.193	B

8. 종합평가

세종대교의 상태평가 및 종합평가 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B(양호)등급”으로 평가되었다.

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.193	B	
안전성평가	-	-	
종합평가 등급	안전등급 : B 등급(양호)		
평 가	· 현장조사 결과, 장기공용에 의한 국부손상은 다소 증가하고 있으나, Cw=0.3mm이상 균열, 철근노출, 박리, 박락, 도장손상 등 구조물의 내구성에 저해되는 손상은 지속적인 유지보수를 실시하여, 손상확대 및 2차 손상으로의 진전을 예방하고 있는 것으로 분석되었으며, 거더 외부도장은 소규모의 도장박리가 조사됨 · 내구성 조사결과, 콘크리트 강도 및 탄산화 시험 등 전반적으로 양호한 상태로 것으로 조사됨 · 상태평가 및 현장조사를 종합적으로 분석한 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급(양호)”으로 지정됨		

9. 보수·보강 방안

9.1 개략공사비

9.1.1 1순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 물량	보수공법	단가 (천 원)	개략공사비 (천 원)
연석/난간	0.3mm이상균열	m	56.1	70.1	주입보수	47	3,296
바닥판하면	0.3mm이상균열	m	213.1	266.4	주입보수	47	12,520
	철근노출	m²	0.5	0.6	단면보수(t=20)	212	119
	박락 및 파손	m²	0.2	0.3	단면보수(t=20)	212	64
교대/교각	0.3mm이상균열	m	6.1	7.6	주입보수	47	358
	철근노출	m²	1.0	1.3	단면보수(t=20)	212	270
	파손, 박리, 굽힘	m²	2.2	2.7	단면보수(t=20)	212	580
신축이음	하부 볼트 이완	개소	2.0	2.5	신축이음 교체	식	937,250
	하부 볼트 부식, 본체 부식	개소	85.0	85.0			
	하부 베어링 이탈	개소	8.0	8.0			
순공사비			17,207				
부대공 (순공사비 10% 이상)			1,720				
제경비 (순공사비 50% 이상)			8,603				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			964,780				

9.1.2 2순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 물량	보수공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)
교면포장	망상균열 및 라벨링	m ²	341.1	106.6	아스콘실링	60	6,396
	소성변형	m ²	163.8	204.8	아스콘팻칭	60	12,285
	아스콘 균열	m	33.0	41.3	아스콘실링	60	2,475
	포트홀, 파손, 긁힘	m ²	1.1	1.4	아스콘팻칭	60	83
연석/난간	0.3mm미만 균열	m	732.0	228.8	표면처리	32	7,320
	파손, 박락, 들뜸, 열화	m ²	214.7	268.3	단면보수(t=20)	212	56,885
	철근노출	m ²	0.4	0.4	단면보수(t=20)	212	93
	재료분리	m ²	8.8	11.0	표면처리	32	352
바닥판하면	0.3mm미만 균열	m	260.7	81.5	표면처리	32	2,607
	균열부 백태	m ²	0.3	0.3	습식균열보수	67	23
	백태	m ²	40.9	51.1	표면처리	32	1,634
거더	도장 긁힘	m ²	2.8	3.5	재도장	77	269
	볼트부식	개소	212.0	212.0	재도장	77	16,324
	부식	m ²	5.8	7.3	재도장	77	562
교대/교각	누수흔적	m ²	147.9	184.8	표면처리	32	5,914
	망상균열	m ²	354.3	442.8	표면처리	32	14,170
	재료분리, 백태	m ²	23.5	29.4	표면처리	32	941
	블록 침하 및 파손	m ²	8.0	10.0	정비	식	7,000
받침장치	볼트 부식	EA	1.0	1.0	재도장	77	77
	박락, 파손	m ²	3.4	4.2	단면보수(t=20)	212	893
	0.3mm미만 균열	m	1.7	0.5	표면처리	32	17
	토사퇴적	m ²	2.0	2.5	정비	10	25
	재료분리	m ²	0.8	0.9	표면처리	32	30
	플레이트 부식	EA	49.0	49.0	재도장	77	3,773
신축이음	후타재 들뜸, 파손	m ²	5.3	6.7	단면보수(t=20)	212	1,415
	후타재 재료분리	m ²	1.6	2.0	표면처리	32	65
배수시설	배수관 누수	개소	3.0	3.0	정비	10	30
순공사비			141,865				
부대공 (순공사비 10% 이상)			14,186				
제경비 (순공사비 50% 이상)			70,933				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			226,984				

9.1.3 3순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 물량	보수공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)
연석/난간	난간 변형, 파손	m	74.5	93.1	주의관찰	-	-
	텔리네이터 파손	개소	8.0	8.0	주의관찰	-	-
바닥판하면	균열부 누수	m ²	2.1	2.6	습식균열보수	67	175
거더	부식 도장박리	m ²	10.8	13.5	채도장	77	1,040
	이물질퇴적	m ²	5.5	6.9	청소	10	69
	도장박리	m ²	23.6	29.5	채도장	77	2,270
	조명등 불량	EA	35.0	35.0	정비	10	350
교대/교각	0.3mm미만균열	m	128.5	40.2	표면처리	32	1,285
신축이음	후타재 균열	m	80.8	101.0	주의관찰	-	-
	토사퇴적	m	197.0	246.3	주의관찰	-	-
	후타재 단차	m	0.1	0.1	주의관찰	-	-
	차수판 미설치	개소	1.0	1.0	주의관찰	-	-
	차수판 길이부족	개소	8.0	8.0	주의관찰	-	-
배수시설	그레이팅 망실	개소	83.0	83.0	주의관찰	-	-
순공사비			5,189				
부대공 (순공사비 10% 이상)			518				
제경비 (순공사비 50% 이상)			2,595				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			8,302				

9.1.4 개략공사비 합계

구 분	순공사비 (천원)	부대공 (천원)	제경비 (천원)	총공사비 (천원)
1순위	17,207	1,720	8,603	964,780
2순위	141,865	14,186	70,933	226,984
3순위	5,189	518	2,595	8,302
합 계	-	-	-	1,200,066

*주) 1순위 총공사비는 신축이음교체(식)을 포함.

10. 종합결론

세종대교는 경기도 여주시 하동에 위치한 교량으로 2007년에 준공되어 8년 이상 공용 중이며, 연장 1,875.0m, 폭 21.0m의 Steel Box Girder교 형식으로 시공되었다.

과업수행계획에 따라 외관조사, 내구성 조사를 수행하였으며, 현장조사 자료를 바탕으로 상태평가를 산정하고 보수·보강 및 유지관리방안을 제시하였으며, 본 장에서는 그 결과를 정리, 수록하였다.

1. 외관조사 결과, 상·하부구조에서 건조수축 등 비구조적 요인과 시공미흡(다짐불량), 외부충격에 의한 폭 0.1~0.3mm 균열, 콘크리트 파손 및 철근노출이 발생되었으며, 교면포장은 차륜에 의한 영향으로 망상균열 및 소성변형이 발생한 상태이다. 또한 연석은 동결융해에 따른 균열 및 국부적인 박리(열화)가 조사되었으며, 교량받침은 신축이음부를 통한 누수로 플레이트가 부식되었고 건조수축 및 교량진동에 의해 폭 0.1~0.2mm의 받침볼탈 균열 등이 발생한 상태이다. 신축이음장치 및 교량받침은 기능상(유간 및 가동상태) 문제점은 없는 상태이나, 신축이음 본체 고무재 손상 및 노후화로 인해 하부누수가 발생하였다. 교대 및 교각은 건조수축에 의한 균열 및 교대 법면 침하가 발생하였다. 특히, 신축이음 하부 베어링 밀림 및 하부 누수는 받침장치 부식, 교대 및 교각의 열화 등의 손상을 초래하므로 주의관찰 후, 신축이음 교체 등의 조치가 필요하다.
2. 콘크리트에 대한 내구성 조사 결과, 콘크리트 강도는 설계기준 강도를 상회하는 양호한 상태이다. 콘크리트 탄산화 깊이 시험 결과, 상·하부구조에서 잔여피복두께가 30mm 이상인 a등급으로 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단된다.
3. 외관조사 결과 및 내구성조사를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과에 의하여 종합평가를 실시한 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태로 평가되어 안전등급은 “B등급”으로 지정하였다.
 - 상태평가 결과 : $X = 0.193$ [B]

4. 하부구조에 발생된 균열 및 바닥판하면의 균열에 대해서는 주요 유지관리사항으로 균열에 대해 주입보수가 필요하며, 지속적인 유지관리 및 진전여부 관찰이 필요한 것으로 판단된다.
5. 본 시설물의 안전등급은 『B등급』으로 평가되었으며, 전회차와 비교시 안전등급은 동일하나, 일부 신규 손상에 의해 평가점수가 다소 상승한 것으로 분석되었다. 따라서 금회 정밀점검 결과에 따라 효과적인 유지관리가 이루어진다면 시설물의 공용에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

목 차

제 1 장 서 론	2
1.1 과업의 목적	2
1.2 과업의 범위 및 내용	2
1.2.1 과업의 범위	2
1.2.2 과업수행기간	2
1.2.3 과업의 내용	3
1.3 과업수행 일정	4
1.3.1 과업수행 절차	4
1.3.2 과업수행 일정	5
1.4 대상시설물의 개요	7
1.4.1 대상시설물 현황	7
1.4.2 일반도 및 구조도	8
1.5 사용장비 및 시험기기 현황	19
1.6 교량기호의 정의	20
 제 2 장 자료수집	 22
2.1 자료수집	22
2.2 자료분석 및 정리	23
2.2.1 기 정밀점검 및 진단이력검토	23
2.3 보수·보강 이력	25
2.4 내진성능 확보 여부	25
2.5 분석결과에 따른 중점진단방향	25
 제 3 장 외관조사	 27
3.1 개 요	27
3.2 외관조사 항목 및 방향설정	27
3.2.1 부위별 주요 조사항목	27
3.2.2 외관조사방향 설정	29
3.2.3 외관조사망도 작성방안	30
3.2.4 외관조사 전경	32

3.3 외관조사 결과	33
3.3.1 교면포장	34
3.3.2 연석/난간	37
3.3.3 바닥판 하면	41
3.3.4 거더(Steel Box Girder) 및 가로보	45
3.3.5 교대 및 교각	51
3.3.6 받침장치	56
3.3.7 신축이음장치	70
3.3.8 배수시설	75
3.3.9 부대시설	76
3.3.10 손상수량 집계표	77
3.4 외관조사 결과분석	79
3.4.1 교면포장	79
3.4.2 연석/난간	79
3.4.3 바닥판하면	79
3.4.4 거더 및 가로보	80
3.4.5 교대 및 교각	80
3.4.6 받침장치	81
3.4.7 신축이음장치	81
3.4.8 받침장치 및 신축이음장치 이동영향 분석	82
3.4.9 배수시설	82
3.4.10 부대시설	82
제 4 장 내구성 조사 및 시험	84
4.1 개 요	84
4.1.1 내구성 조사 및 시험 내용	84
4.1.2 시험 측정일자 및 조사자	85
4.1.3 적용 기준 및 실시 수량	85
4.1.4 내구성 조사 및 시험현황	86
4.2 콘크리트 내구성 조사 및 시험	87
4.2.1 개요	87
4.2.2 반발경도시험	89
4.2.3 탄산화깊이 및 콘크리트 내구수명 추정	92
4.3 내구성조사 및 시험 결과	95
4.3.1 콘크리트 내구성조사 및 시험 결과 분석	95

제 5 장 상태평가	97
5.1 개 요	97
5.2 상태평가 기준	97
5.2.1 상태평가 항목 및 기준	97
5.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치	108
5.2.3 상태평가 산정절차	109
5.3 상태평가 결과	110
5.3.1 교량 상태평가 결과	110
5.3.2 기 점검·진단결과 비교	113
 제 6 장 종합평가	 115
6.1 종합평가	115
6.1.1 개 요	115
6.1.2 안전등급 지정	115
6.1.3 종합평가 결과	116
 제 7 장 보수·보강 및 유지관리방안	 118
7.1 개 요	118
7.1.1 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항	118
7.1.2 보수·보강 필요성 판단	119
7.1.3 보수·보강 공법 선정 및 수준 결정	119
7.1.4 보수재료의 선정	120
7.1.5 보수·보강 우선순위	121
7.2 보수·보강 공법	126
7.2.1 균열보수공법	126
7.2.2 표면처리 공법	136
7.2.3 단면복구공법	139
7.2.4 도장보수	142
7.3 보수·보강 개략공사비	146
7.4 유지관리 방안	151
7.4.1 유지관리 업무 및 흐름	151
7.4.2 점검주기 및 주요조사항목	154
7.4.3 점검장비 운용	154
7.4.4 정기점검 계획 및 주요점검 사항	156
7.4.5 강교(Steel Box Girder) 점검사항	160
7.4.6 주요 유지관리사항	167
 제 8 장 종합 결론	 170

[부 록]

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 측정, 시험, 계측 성과표
4. 상태평가 결과
5. 시설물 관리대장 사본
6. 현황조사 및 외관조사 사진첩
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료일체
9. 기타참고자료

표 목 차

【표 1.1】 과업의 내용	3
【표 1.2】 과업수행 일정	5
【표 1.3】 과업수행 공정표	6
【표 1.4】 대상시설물 현황	7
【표 1.5】 외관조사 및 비파괴시험 진단장비 현황	19
【표 1.6】 부재별 기호	20
【표 2.1】 자료수집 현황	22
【표 2.2】 2013년 정밀안전진단결과 요약	24
【표 2.3】 부재별 중점점검사항	25
【표 3.1】 부위별 주요 조사항목	27
【표 3.2】 외관조사 방향(현장답사)	29
【표 3.3】 외관조사 방향(자료조사)	30
【표 3.4】 교면포장 외관조사 시 주요 점검항목	34
【표 3.5】 교면포장 결함 및 손상내용	36
【표 3.6】 교면포장 손상집계	36
【표 3.7】 방호벽 외관조사 시 주요 점검항목	37
【표 3.8】 연석/난간 결함 및 손상내용	39
【표 3.9】 연석/난간 손상집계	40
【표 3.10】 바닥판 하면 외관조사시 주요 점검항목	41
【표 3.11】 바닥판 하면 결함 및 손상내용	43
【표 3.12】 바닥판 하면 손상집계	44
【표 3.13】 거더(Steel Box Girder) 외관조사시 주요 점검항목	45
【표 3.14】 거더 외부 및 가로보 결함 및 손상내용	49
【표 3.15】 거더 외부 및 가로보 손상집계	49
【표 3.16】 거더 내부 결함 및 손상내용	50
【표 3.17】 거더 내부 손상집계	50
【표 3.18】 교대 및 교각 외관조사시 주요 점검항목	51
【표 3.19】 교대, 교각 결함 및 손상내용	54
【표 3.20】 교대, 교각 손상집계	55
【표 3.21】 교량받침 외관조사시 주요 점검항목	56
【표 3.22】 받침장치 결함 및 손상내용	58

【표 3.23】 받침장치 손상집계	58
【표 3.24】 받침장치 연단거리 측정결과	59
【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과	62
【표 3.26】 신축이음장치 외관조사시 주요 점검항목	70
【표 3.27】 신축이음장치 결함 및 손상내용	72
【표 3.28】 신축이음 손상집계	72
【표 3.29】 신축이음부 유간 조사결과	74
【표 3.30】 배수구 외관조사시 주요 점검항목	75
【표 3.31】 배수구 손상집계	76
【표 3.32】 손상수량 집계표	77
【표 4.1】 내구성 조사 및 시험 내용	84
【표 4.2】 내구성 조사 측정일자 및 조사자	85
【표 4.3】 내구성 조사 및 시험실시 수량	85
【표 4.4】 반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도 추정결과	89
【표 4.5】 반발경도 시험보고서	91
【표 4.6】 기 진단 추정압축강도 결과 비교	91
【표 4.7】 탄산화깊이 시험결과	92
【표 4.8】 탄산화깊이에 의한 콘크리트 내구연한	93
【표 4.9】 탄산화 시험 보고서	94
【표 4.10】 기 진단 탄산화시험 결과비교	94
【표 4.11】 콘크리트 내구성조사 및 시험 결과 분석	95
【표 5.1】 부재별 상태평가 적용 범위	97
【표 5.2】 콘크리트 바닥판 상태평가 기준	98
【표 5.3】 강 거더 상태평가 기준	100
【표 5.4】 강 가로보와 세로보 상태평가 기준	101
【표 5.5】 교대 상태평가 기준	102
【표 5.6】 콘크리트 교각 상태평가 기준	103
【표 5.7】 기초 상태평가 기준	103
【표 5.8】 교량받침 상태평가 기준	104
【표 5.9】 신축이음 상태평가 기준	105
【표 5.10】 교면포장 상태평가 기준	105
【표 5.11】 배수시설 상태평가 기준	106
【표 5.12】 난간 및 연석 상태평가 기준	107
【표 5.13】 탄산화 상태평가 기준	107
【표 5.14】 일반 거더 교량의 부재별 가중치	108

【표 5.15】 결함도 점수 범위에 따른 기준	109
【표 6.1】 시설물의 안전등급	115
【표 6.2】 종합평가 및 안전등급 결과	116
【표 7.1】 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항	118
【표 7.2】 보수·보강 우선순위 선정 기준	122
【표 7.3】 주요 손상 보수·보강 우선순위	124
【표 7.4】 균열보수공법 비교표	126
【표 7.5】 균열보수재료의 종류와 보수공법	129
【표 7.6】 균열 보수재료의 특징	130
【표 7.7】 무기계 균열 주입재 품질기준	131
【표 7.8】 에폭시수지계 균열 주입재 품질기준	132
【표 7.9】 균열충전용 에폭시 수지의 품질기준	133
【표 7.10】 에폭시수지 주입재료의 품질	133
【표 7.11】 균열폭에 알맞은 수지의 점성도	133
【표 7.12】 표면피복재의 품질기준	134
【표 7.13】 표면처리공법 비교	138
【표 7.14】 단면복구공법 비교표	141
【표 7.15】 강교 채도장 바탕처리 공법 비교안	145
【표 7.16】 유지관리 대상 및 수량	146
【표 7.17】 1순위 개략공사비 산정	148
【표 7.18】 2순위 개략공사비 산정	149
【표 7.19】 3순위 개략공사비 산정	150
【표 7.20】 개략공사비 합계	150
【표 7.21】 점검주기 및 주요조사항목	154
【표 7.22】 점검장비 종류	155
【표 7.23】 정기점검 구조부재별 점검표	156
【표 7.24】 정기점검시 주요 점검사항	158
【표 7.25】 시기별 주요 점검사항	159

그 립 목 차

【그림 1.1】 과업수행 흐름도	4
【그림 1.2】 종 · 평면도(1)	8
【그림 1.3】 종 · 평면도(2)	9
【그림 1.4】 종 · 평면도(3)	10
【그림 1.5】 종 · 평면도(4)	11
【그림 1.6】 슬래브 일반도(원주방향)	12
【그림 1.7】 슬래브 일반도(양평방향)	13
【그림 1.8】 강상형 일반도	14
【그림 1.9】 교대(A1) 일반도	15
【그림 1.9】 교대(A2) 일반도	15
【그림 3.1】 외관조사 작성 예(거더외부)	31
【그림 3.2】 외관조사 전경	32
【그림 3.3】 교면포장 현황	34
【그림 3.4】 교면포장 손상 현황	35
【그림 3.5】 방호벽 현황	37
【그림 3.6】 방호벽 손상 현황	38
【그림 3.7】 바닥판 하면 현황	41
【그림 3.8】 바닥판 하면 손상 현황	42
【그림 3.9】 Steel Box Girder 현황	45
【그림 3.10】 거더외부 손상 현황	47
【그림 3.11】 거더내부 손상 현황	48
【그림 3.12】 하부구조 현황	51
【그림 3.13】 교대 손상 현황	52
【그림 3.14】 교각 손상 현황	53
【그림 3.15】 교량받침 손상 현황	57
【그림 3.16】 신축이음 현황	70
【그림 3.17】 신축이음장치 손상 현황	71
【그림 3.18】 신축이음장치 유간 측정방법 및 조사전경	73
【그림 3.19】 신축이음 현황	75
【그림 3.20】 배수시설 손상 현황	76
【그림 3.21】 부대시설 설치 현황	76

【그림 4.1】 내구성조사 및 시험 위치도	86
【그림 5.1】 상태평가 산정과정의 예	109
【그림 7.1】 표면처리공법 시공순서도	137
【그림 7.2】 유지관리 흐름도	153
【그림 7.3】 신축이음 손상 현황	167
【그림 7.4】 바닥판하면 손상현황	168



제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 일정

1.4 대상시설물 개요

1.5 사용장비 및 시험기기 현황

1.6 교량기호의 정의

제 1 장 서론

1.1 과업의 목적

본 과업은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제6조에 의거 실시하는 정밀점검용역으로 교량관리시스템 구축을 통해 교량의 효율적인 유지관리를 도모하고 대상시설물의 외부적인 손상, 결함의 발견 및 원인 등을 조사, 측정하여 손상등급을 판정하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 보수·보강방안 및 효율적인 유지관리방안을 제시하는데 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

- (1) 자료수집 및 분석(기존 점검보고서 검토 포함)
- (2) 구조물의 제원, 손상상태 및 외관조사 등 현장조사(구조물 부재별로 실시)
- (3) 시설물의 내구성 조사 및 평가(비파괴시험 등)
- (4) 시설물의 상태 및 안전성평가(상태 및 안전성평가 등급산정 및 종합평가)-필요시
- (5) 시설물의 보수·보강 방안 또는 효율적인 유지관리방안 제시
- (6) 보고서 작성 제출(외관조사망도 포함)
- (7) 한국시설안전공단 자료 입력

1.2.2 과업수행기간

2016. 01. 28 ~ 2016. 03. 14

1.2.3 과업의 내용

본 과업을 수행하기 위하여 실시한 정밀점검의 세부내용은 【표 1.1】 과 같으며, 적용기준은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2013. 04)』에 따라 과업내용을 결정하였다.

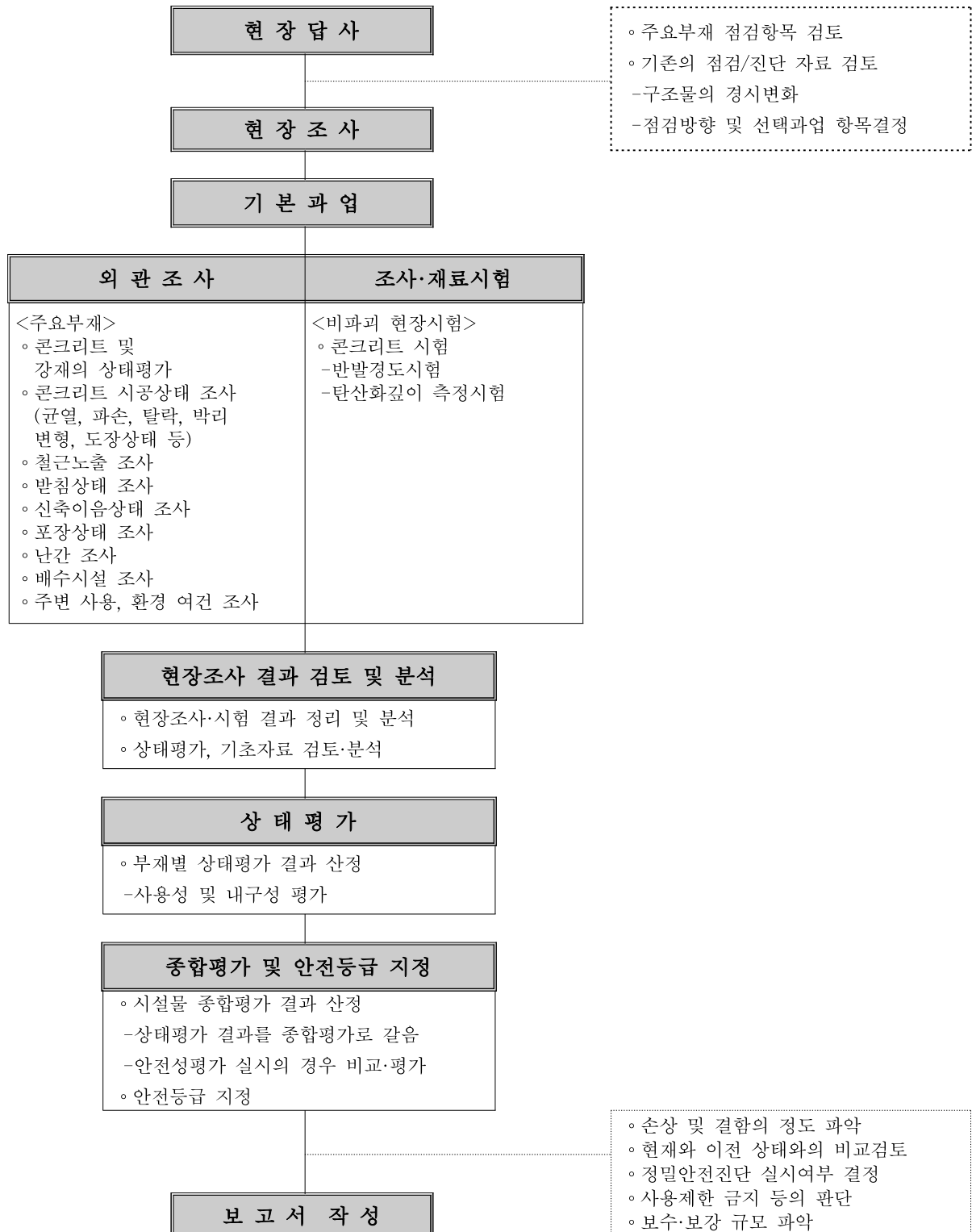
【표 1.1】 과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토	
현장 조사 및 시험	외관 조사	1) 교량의 제원 및 시공상태 조사 2) 용도변경, 구조변경, 하중변경 등의 조사 3) 상·하부구조 결함 및 손상 조사 4) 신축이음, 받침장치 기능상태 조사	
	내구성 조사	1) 콘크리트 강도조사 (반발경도) 2) 콘크리트 물성조사(탄산화 시험 측정)	
상태평가		1) 부재별 상태평가 2) 부재별 중요도에 따른 가중치를 고려하여 전체 평가 산정 3) 탄산화시험 결과 상태평가에 반영 4) 상태평가 결과를 종합평가 산정	
안전등급 지정		1) 상태평가 결과로 안전등급 지정	
보수 및 보강 대책수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 대책 수립 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법제시	
유지관리 대책수립		1) 유지관리상 중점 점검사항 작성 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 최종보고서 작성 2) 최종보고서 보완, 수정 3) 최종보고서 제출	

1.3 과업수행 일정

1.3.1 과업수행 절차

대상교량에 대한 정밀점검 과업수행 흐름도는 【그림 1.1】 과 같다.



【그림 1.1】 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

(1) 과업수행 일정

【표 1.2】 과업수행 일정

구 분	세 부 사 항	일 정
사전협의 · 과업수행계획	- 과업수행 방법 및 일정 - 과업의 범위(기본과업, 선택과업) - 인원 및 장비투입 계획 - 기타 과업에 필요한 사항 - 시설물 관련 자료 수집 - 교통처리 및 안전관리 계획 - 단계별 성과품 제출 계획 - 예정공정표, 세부공정계획 - 보안대책, 보안각서	2016. 01. 28 ~ 2016. 02. 04
업무협의	- 현장조사 중 필요시 - 조사 및 자료수집 완료 - 과업항목별 시작 및 완료시 - 성과품 작성시 - 공정보고시(필요시) - 준공시 - 기타 긴급 보수·보강을 요하는 사항 발생시	과업기간 중
중간보고	- 자료수집 및 분석 - 현장 시험 및 조사결과 검토 - 구간별 상태평가 - 안전성 평가(필요시) - 긴급보수·보강 필요 개소 유무 및 대책제시 - 보고서(안) 작성	공정 85%
최종성과품 작성 및 검수	- 보수·보강 대책 제시 - 유지관리 방안 제시 - 최종보고서 적정성 여부 등 - 최종성과품 검수	

(2) 과업수행 공정표

【표 1.3】 과업수행 공정표

과업기간 공종	착수일로부터 90일간						비 고
	15일	30일	45일	60일	75일	90일	
계획수립 및 현장답사							
현장조사 -외관조사 -부재별 상태조사							
점검 장비에 의한 측정							
자료분석 및 손상 상태평가							
보수·보강 대책수립							
과업결과보고							추후 협의
e-보고서 작성 성과품 제출							

1.4 대상 시설물의 개요

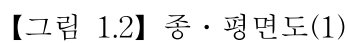
1.4.1 대상시설물 현황

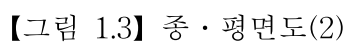
본 과업대상 시설물의 현황은 【표 1.4】와 같다.

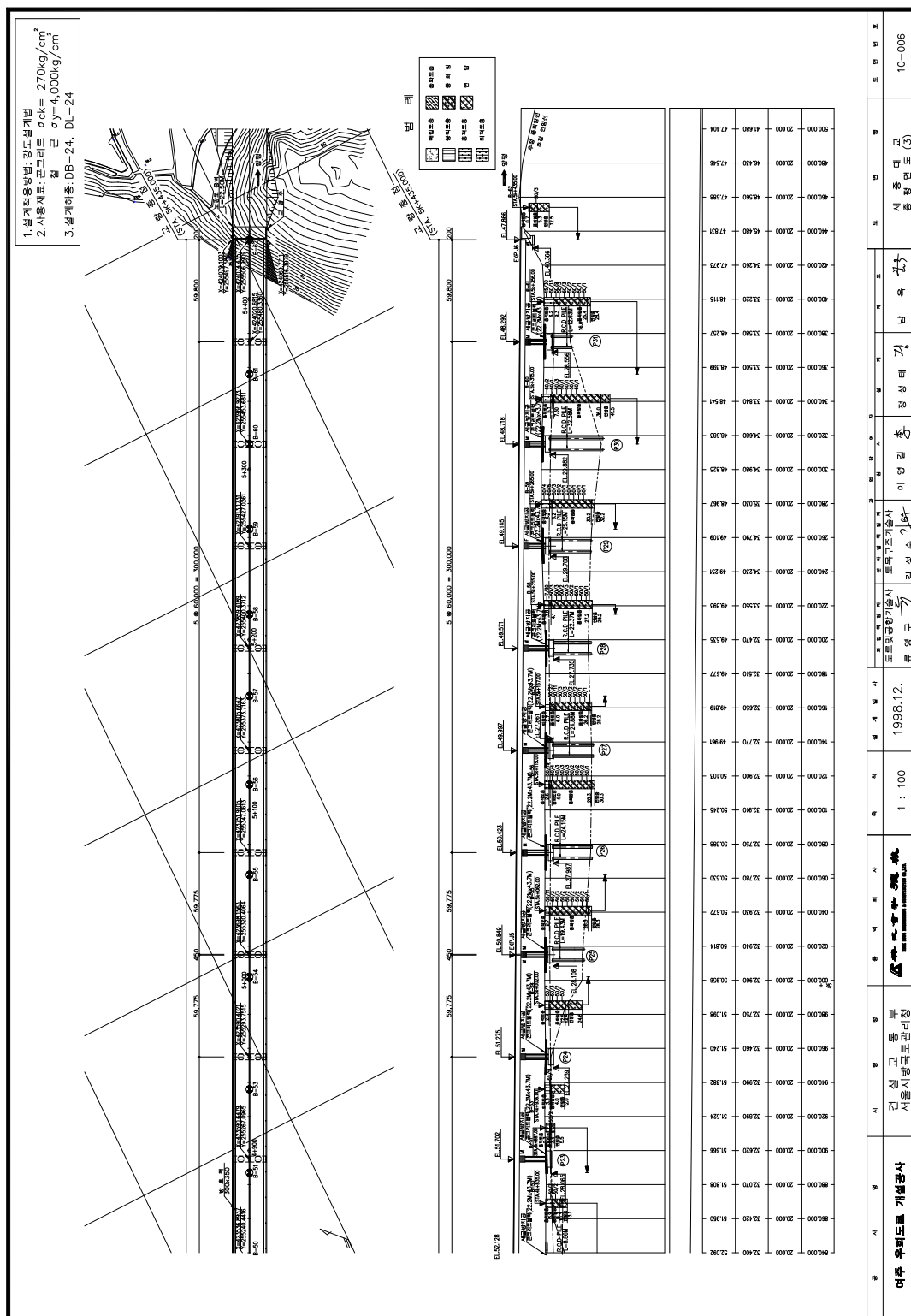
【표 1.4】 대상시설물 현황

구 분		내 용		
시설물명		세종대교	준공년도	2007. 12. 15
관리주체		여주시청	시설물번호	BR2008-0000446
위 치		경기도 여주군 여주읍 하리		
설계하중		DB-24, DL-24		
제 원	연 장	1,875.0m (47.5+2@50.0+47.5+4@(7@60))		
	폭	B = 21.0m (원주 : 10.5m, 양평 : 10.5m)		
구 조 형 식	상 부	Steel Box Girder		
	하 부	교대 : 역T형 기초 : 직접기초	교각 : T형 기초 : R.C.D + 직접기초(P1, P23, P24)	
포장형식		아스콘 포장		
교 량 받 침		L.R.B	신 축 이 음	RAIL JOINT
교차하천		남한강	통 과 높 이	-
평면현황				
전경사진				

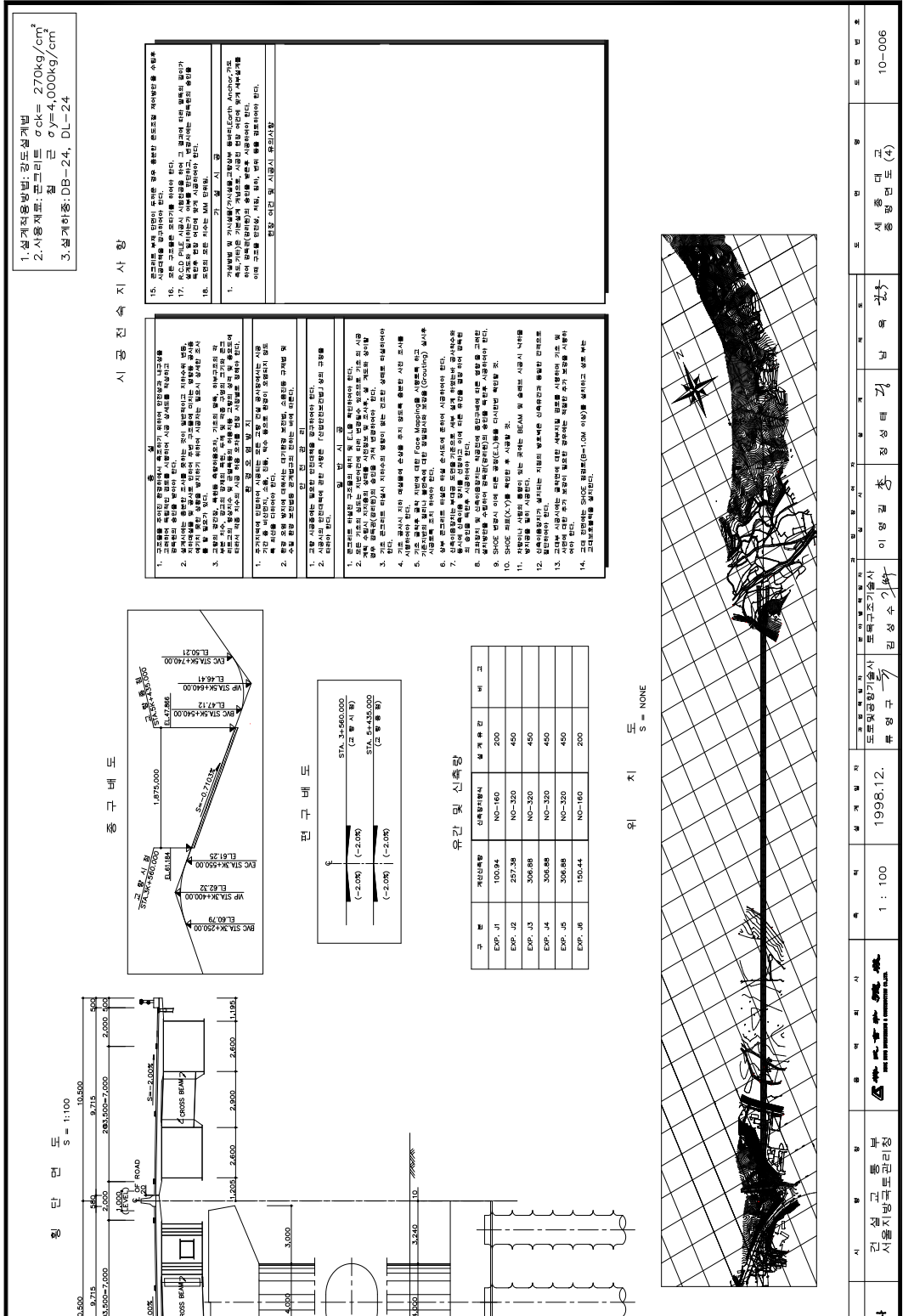
세종대교의 일반도 및 구조도는 【그림 1.2】 ~ 【그림 1.12】 와 같다.



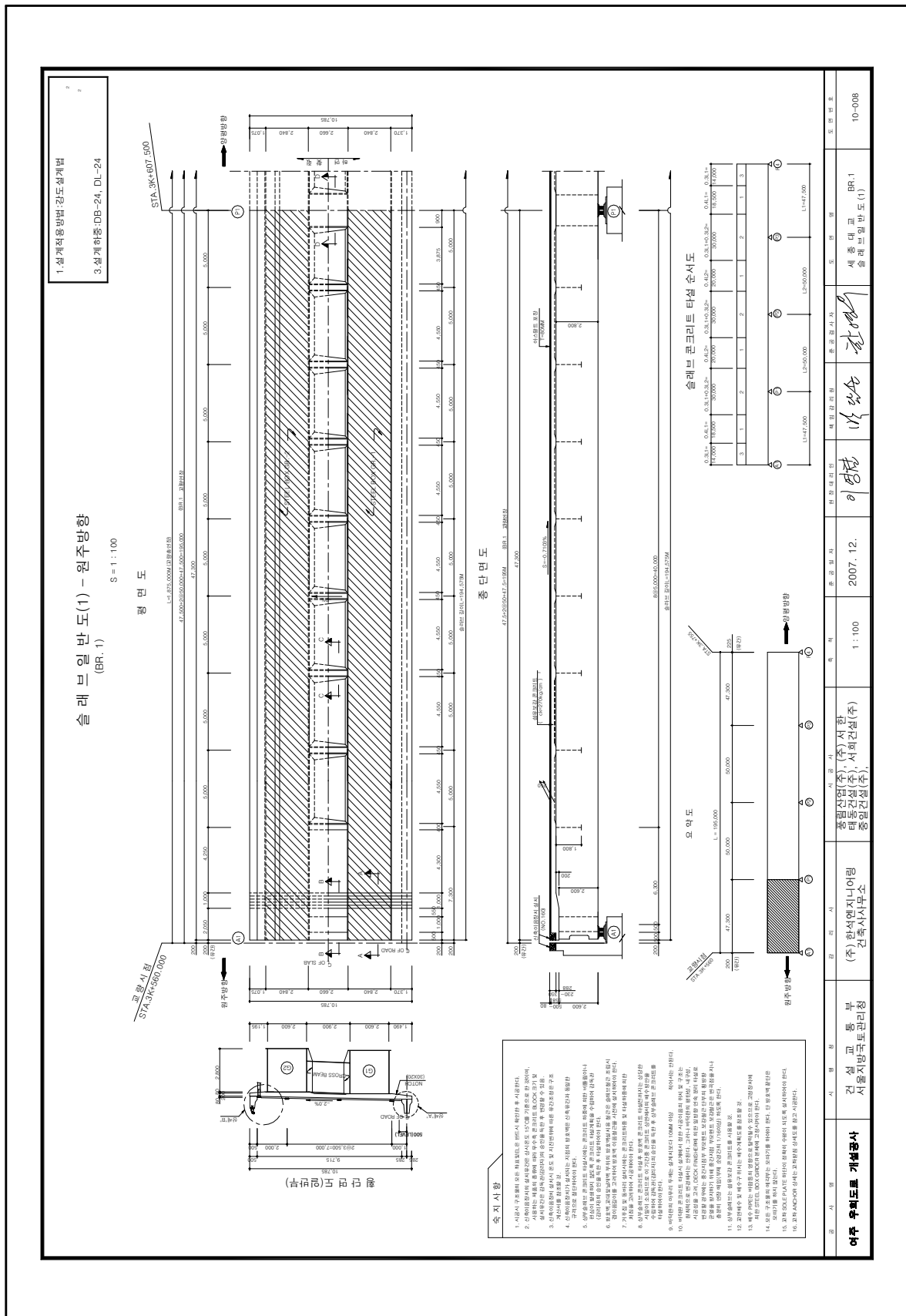




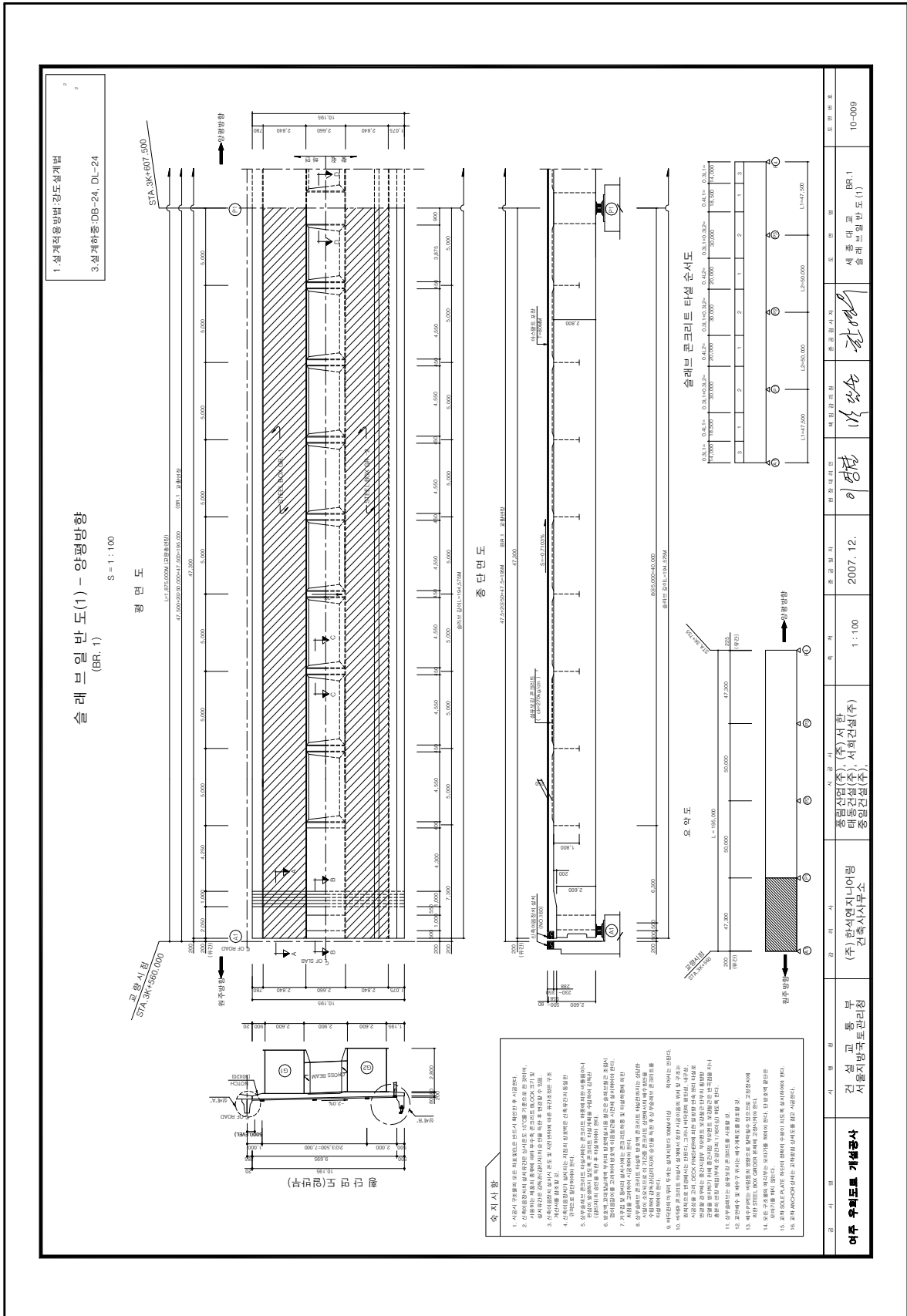
【그림 1.4】 종 · 평면도(3)



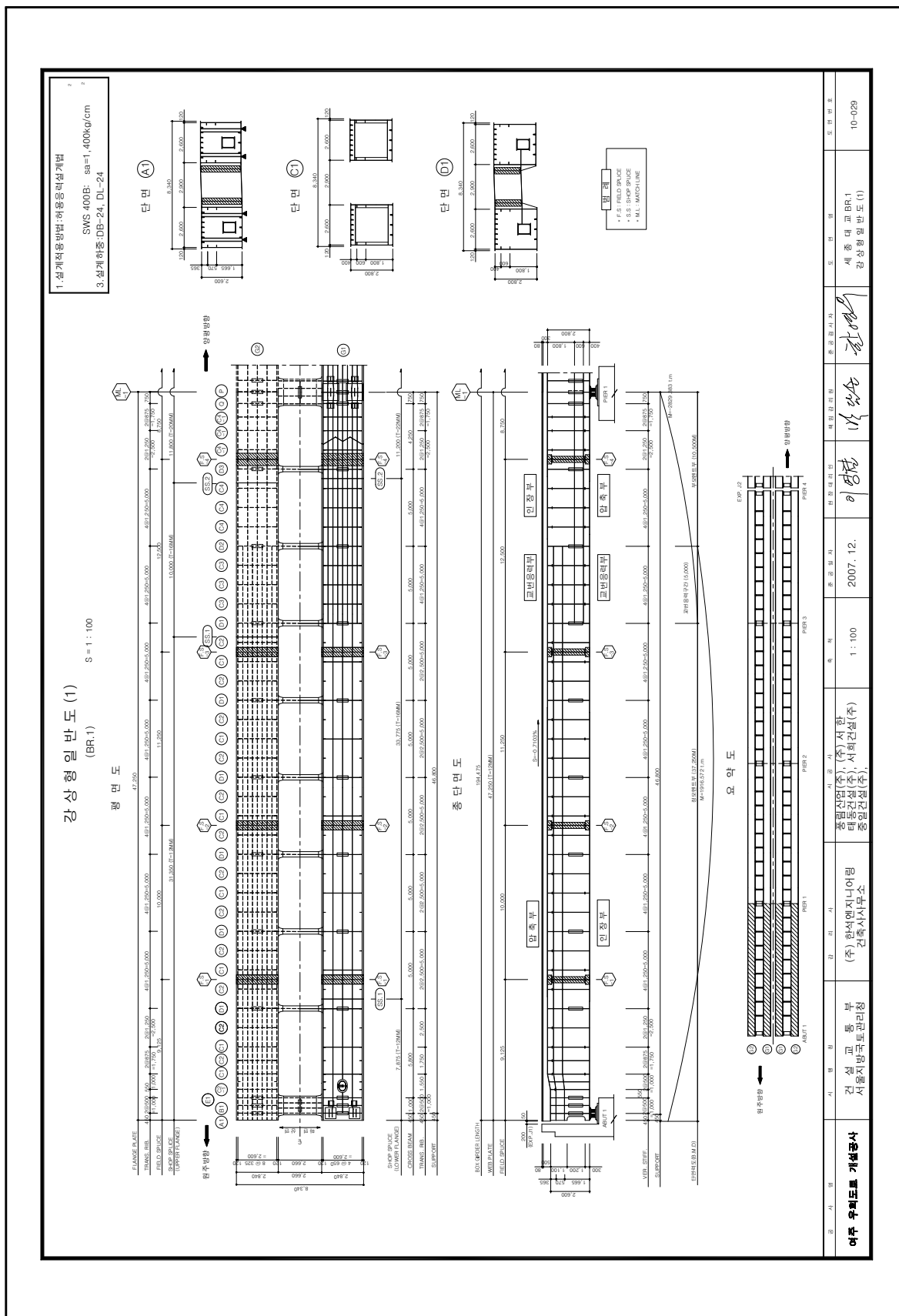
【그림 1.5】 중 · 평면도(4)



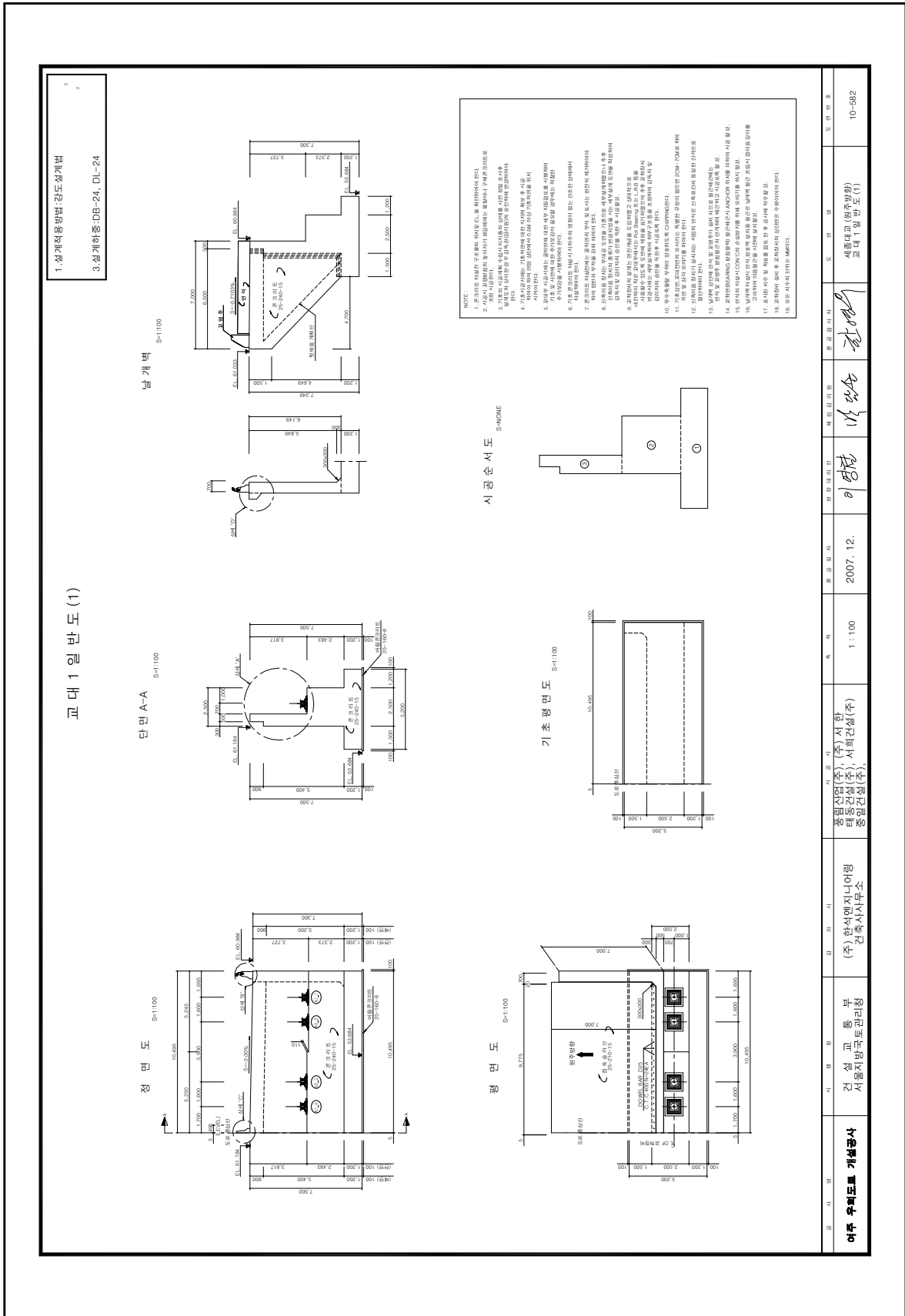
【그림 1.6】 슬래브 일반도(원주방향)



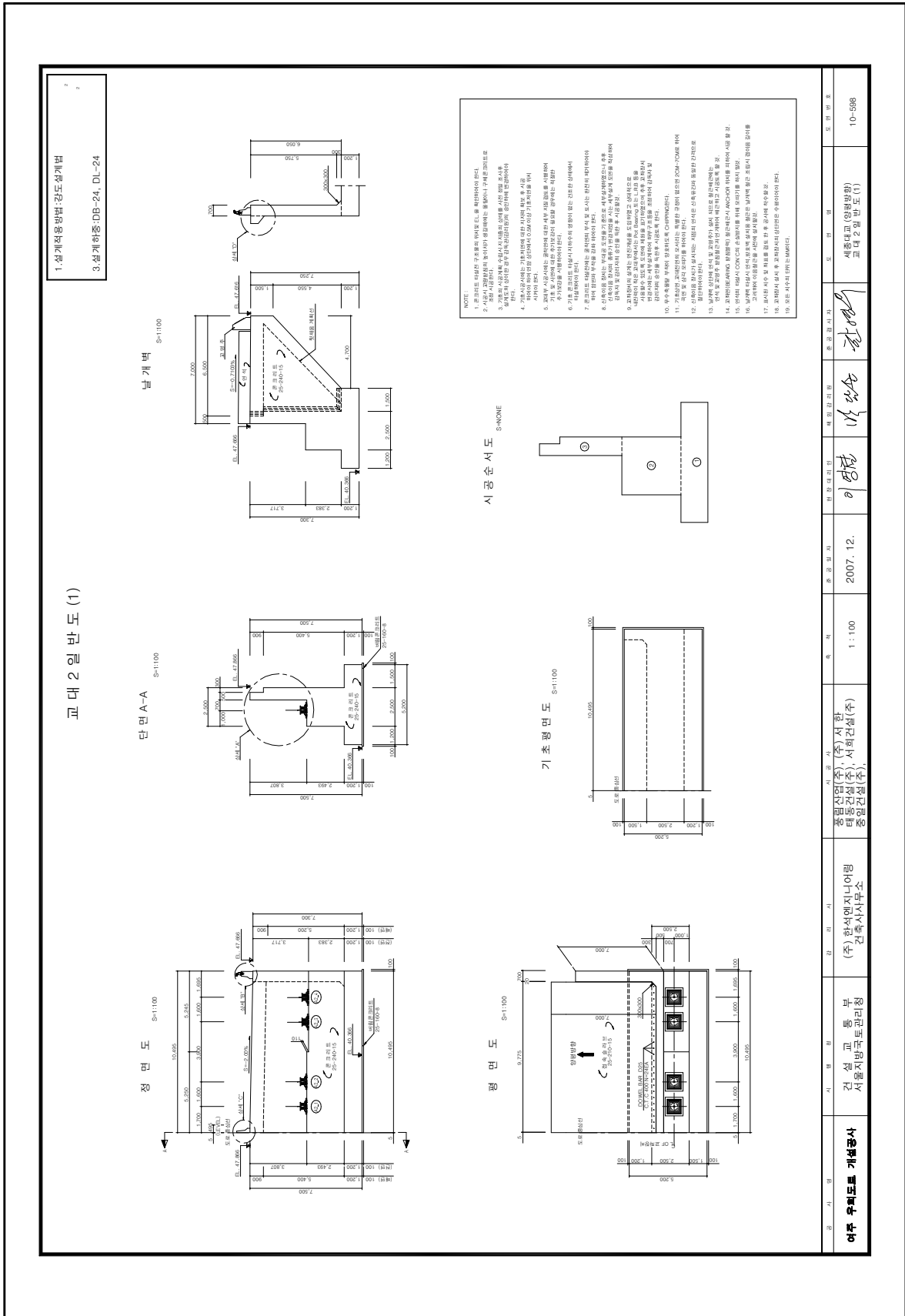
【그림 1.7】 슬래브 일반도(양평방향)

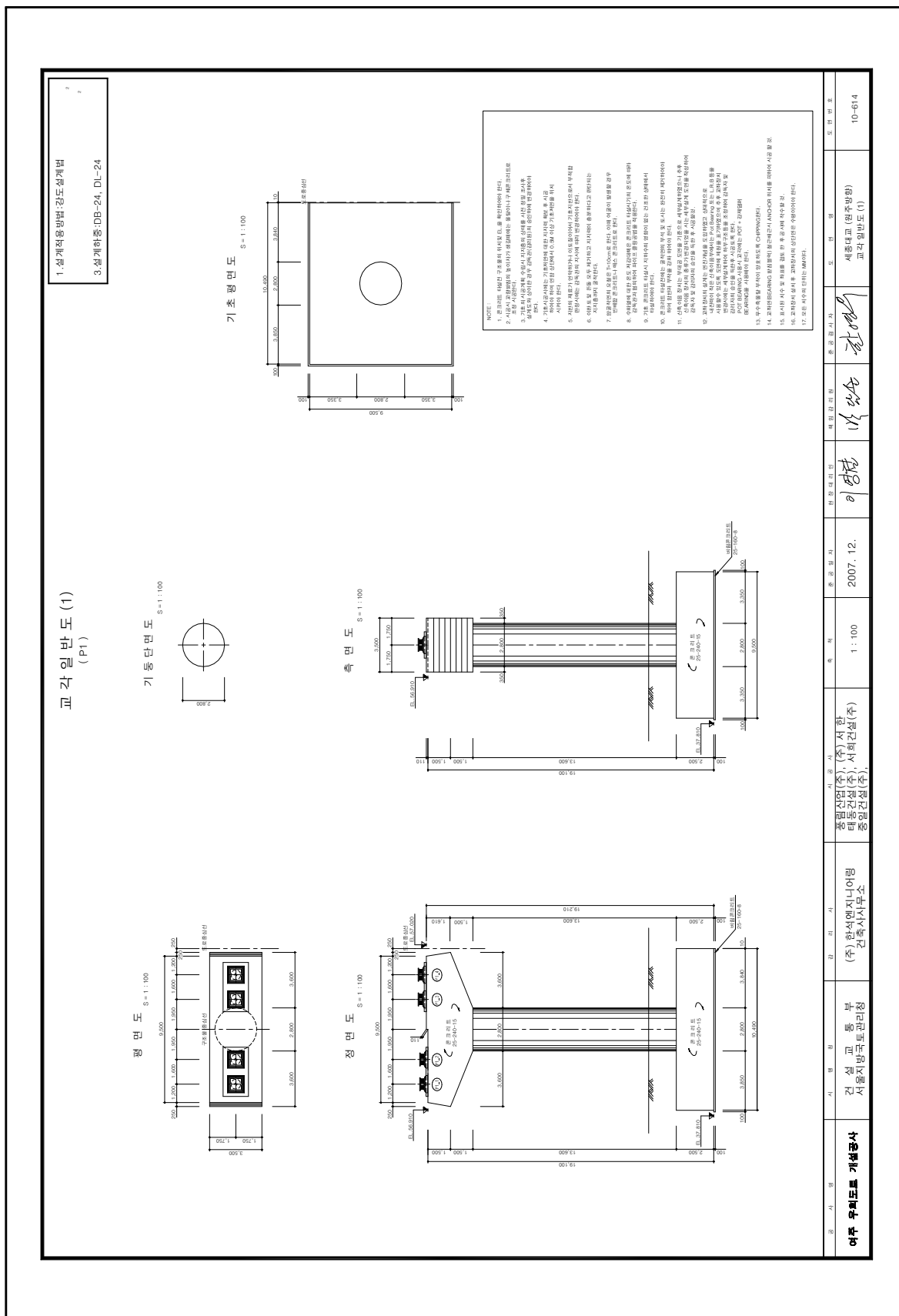


【그림 1.8】 강상형 일반도

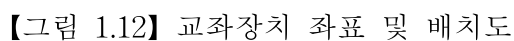


【그림 1.9】 교대(A1) 일반도





【그림 1.11】 교각(P1) 일반도



1.5 사용장비 및 시험기기 현황

본 과업의 수행에 사용된 장비는 외관조사, 콘크리트 및 강재 내구성조사를 위한 장비로 나눌 수 있으며, 사용된 시험장비의 목록은 다음과 같다.

【표 1.5】 외관조사 및 비파괴시험 진단장비 현황

장 비 명			규 격	용 도	활 용 방 법	장비사진	비 고
현 장 조 사	Doctor Hammer, 줄자, 카메라, 손전등, 망원경			콘크리트 및 강재 손상 상태 점검 (균열, 박락, 박리, 열화, 백태, 배수구 상태 등)			
	균 열 측 정 현미경	peak	1/10mm	균열폭 측정	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인		-
	반 발 경 도 측정기	Schmidt hammer	NR Type	콘크리트 압축강도 추정	약 3cm 간격에 20회 정도 타격하여 그 값의 평균치를 구함		-
	철 근 탐지기	RC -Radar	NJJ-95A	철근배근상태 · 피복측정	본체와 연결된 스케너를 통해 한쪽 방향으로 이동하여 철근의 위치를 액정화면을 통해 측정		-
	탄산화 시험기	페놀프탈레인 1% 에탄올 용액	콘크리트 탄산화 깊이측정	체크하고자 하는 면을 채취하여 페놀프탈레인 용액 1%를 분사하여 대비되는 색깔로 pH양을 측정			-
	핸드그라인더	Makita		반발경도 측정시 콘크리트 면정리			
	함마드릴	Hilti		탄산화 시험시 콘크리트 드릴링			

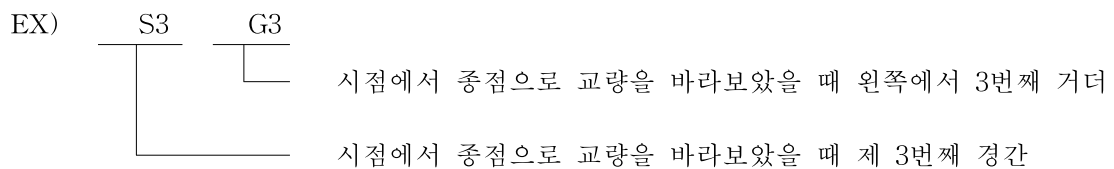
1.6 교량기호의 정의

대상교량의 정밀점검을 수행하면서 점검의 효율성과 점검의 통일성을 기하기 위하여 다음 표와 같이 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

- 1) 교량의 시점을 시작으로 하여 Numbering함.
- 2) 시점에서 종점으로 향하면서 좌측부터 Numbering함.

【표 1.6】 부재별 기호

구 조 구 분	사 용 기 호	비 고
경 간	S	Span
거 더	G	Girder
스플라이스	SP	Splice
가로보	CB	Cross Beam
교 대	A	Abutment
교 각	P	Pier
받침장치	SH	Shoe(Bearing)
신축이음장치	EJ	Expansion Joint
시공조인트	CJ	Construction Joint





제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집

2.2 자료분석 및 정리

2.3 보수·보강 이력

2.4 내진성능 확보 여부

2.5 분석결과에 따른 중점점검방향

제 2 장 자료수집

2.1 자료수집

자료수집은 건설당시의 자료와 유지관리 기간 중 점검 및 진단이력 등 유지관리의 이력을 중심으로 실시하였으며, 수집 가능한 자료는 다음과 같다.

【표 2.1】 자료수집 현황

구 분	자료수집 대상 자료	보관유무	비 고
건설관련 자료	1) 준공보고서 2) 준공도면 3) 시공상세도 4) 구조계산서 5) 수리수문계산서 6) 공사 및 특별시방서 7) 감리보고서 8) 품질관리 관련자료 9) 기타관련자료(지반조사서) 10) 건설공사 안전점검 보고서 11) 건설공사 초기점검보고서 12) 주요설계변경 내역 등 13) 기타	있음 있음 있음 있음 있음 있음 있음 있음 - 있음 있음 - -	
유지관련 자료	1) 시설물관리대장 2) 기존 정밀점검 자료 3) 기존 정밀안전진단 자료 4) 보수·보강 및 용도변경 자료 5) 구조물 복원도면 6) 계측관리 관련 자료	있음 있음 - - - -	
기타자료	1) 시설물 인접굴착 자료 2) 관리주체 자체 점검 자료 3) 관리주체 중점관리 구간 자료 4) 관리주체 시설물 관리 기준 5) 관리주체 유지관리 시스템 및 방안 자료 6) 기타	- - - - - -	

2.2 자료분석 및 정리

본 시설물은 2007년 준공 이후 정밀점검이 실시되었으며, 2014년 정밀점검시 B등급의 양호 상태인 것으로 검토되었다.

본 시설물의 점검이력 현황, 정밀점검 및 기타자료 결과는 다음과 같다.

2.2.1 기 정밀점검 이력검토

(1) 정밀점검 이력

번호	기간 및 구분	점검·진단기관명	상태 등급	주요내용	비고
1	07.01.04~07.08.31 초기점검	케이에스엠기술(주)	A	외관상태, 내구성 양호, 구조적 안전성 확보함.	
2	10.11.22~10.12.29 정밀점검	(주)천마기술단	B	세종대교는 STEEL BOX GIRDER형식의 교량으로 각 항목별 점검결과 교면포장, 방호벽/중앙분리대, 신축이음 및 BOX 내부, 교대 및 교각에 일부 손상(포장 소성변형, 포장 포트홀, 포장파손, 교량 설명판 망실, 난간변형, 도장박리, 균열 등)이 발생한 상태인 것으로 조사되었다.	
3	12.03.20~12.06.17 정밀점검	엔이티엔지니어링	B	국부적인 교면포장 파손, 난간 파손, 콘크리트 균열, 박락, 강재 도장박리 및 부식, 신축이음 차수판 설치불량, 배수구 그레이팅 등은 공용년수 증가 및 시공시 발생하는 일반적인 손상으로 교량의 내구성의 증대를 위하여 보수를 실시하면 구조물의 안전성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	
4	14.05.18~14.08.10 정밀점검	에스아이건설 주식회사	B	국부적인 콘크리트 균열, 차수판 시공불량과 교면포장 파손, 박락, 난간 파손, 도장박리 및 부식, 신축이음부의 충격소음, 배수구 그레이팅 등은 시공시 발생하는 일반적인 손상 및 공용년수 증가로 인한 손상으로 교량의 내구성의 증대를 위하여 지속적인 유지관리와 보수를 실시하여 구조물의 안전성 및 사용성에 문제가 없도록 하여야 할 것으로 판단된다.	

【표 2.2】 2014년 정밀점검 결과 요약

내 용	정밀점검 결과																											
외관조사	세종대교에서 나타난 국부적인 콘크리트 균열, 차수판 시공불량과 교면포장 파손, 박락, 난간 파손, 도장박리 및 부식, 신축이음부의 충격소음, 배수구 그레이팅 등은 시공시 발생되는 일반적인 손상 및 공용년수 증가로 인한 손상으로 교량의 내구성의 증대를 위하여 지속적인 유지관리와 보수를 실시하여 구조물의 안전성 및 사용성에 문제가 없도록 하여야 할 것으로 판단된다.																											
내구성조사																												
	<table><tr><th>구분</th><th>부 위</th><th>측정강도(MPa)</th><th>설계기준강도(MPa)</th><th>비고</th></tr><tr><td rowspan="2">반발경도</td><td>바닥판</td><td>27.6~30.7</td><td>27.0</td><td>-</td></tr><tr><td>교대, 교각</td><td>25.9~28.0</td><td>24.0</td><td>-</td></tr><tr><td rowspan="3">탄산화시험</td><td>부 위</td><td>측정깊이(mm)</td><td>피복두께(mm)</td><td>상태평가</td></tr><tr><td>바닥판</td><td>2.1~5.9</td><td>40.0</td><td>a</td></tr><tr><td>교대, 교각</td><td>2.0~5.9</td><td>50.0~100.0</td><td>a</td></tr></table>	구분	부 위	측정강도(MPa)	설계기준강도(MPa)	비고	반발경도	바닥판	27.6~30.7	27.0	-	교대, 교각	25.9~28.0	24.0	-	탄산화시험	부 위	측정깊이(mm)	피복두께(mm)	상태평가	바닥판	2.1~5.9	40.0	a	교대, 교각	2.0~5.9	50.0~100.0	a
	구분	부 위	측정강도(MPa)	설계기준강도(MPa)	비고																							
	반발경도	바닥판	27.6~30.7	27.0	-																							
		교대, 교각	25.9~28.0	24.0	-																							
	탄산화시험	부 위	측정깊이(mm)	피복두께(mm)	상태평가																							
		바닥판	2.1~5.9	40.0	a																							
교대, 교각		2.0~5.9	50.0~100.0	a																								
내구성 조사결과, 전반적인 콘크리트 및 강재의 품질은 양호한 것으로 판단된다.																												
시설물평가	- 상태평가 : B등급																											
종합결론	- 주요 결함부위에 대한 보수를 수행하고 정기적인 점검을 통한 지속적인 유지관리를 수행한다면 교량의 사용성 및 내하성능을 유지하는데 문제없을 것으로 판단됨																											

2.3 내진성능 확보 여부

구 분	내진성능 확보 여부
세종대교	◦ 시설물 유지관리자료인 세종대교 시설물관리대장 검토결과 상세제원에 내진설계 적용여부란에 “예”로 표기되어 내진설계가 반영된 것으로 판단된다.

2.4 분석결과에 따른 중점점검방향

기 점검 및 수집자료 분석결과, 콘크리트 비파괴강도 및 탄산화시험결과는 양호한 상태로 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 조사되었으며, 외관조사 및 보수·보강이력분석 결과 주요손상에 대해 유지관리를 실시하고 있는 것으로 확인되었다. 따라서 금회 정밀점검 시 중점 조사 항목은 다음과 같다.

【표 2.3】 부재별 중점점검사항

구 분	중 점 점 검 사 항	비 고
교면포장	◦ 공용기간 증가에 따른 포장면 손상 진전 및 신규발생여부(소성 변형, 아스콘 균열, 포트홀, 마모정도 재시공여부 판단)	
연석/난간/분리대	◦ 콘크리트 파손 및 균열	
거더/가로보	◦ 플랜지 및 보강재 변형 상태확인 ◦ 용접부 손상 상태확인 ◦ 도장탈락 및 부식 발생부, 발생원인 조사(노후에 따른 손상여부)	
바닥판	◦ 바닥판 하면 건조수축균열 진전여부 조사	
하부구조	◦ 균열 및 백태, 체수 상태 확인 ◦ 블럭 침하 및 유실 상태 확인	
받침장치	◦ 받침장치 기능상태, 부식 및 균열 상태 확인	
신축이음	◦ 신축이음 본체 및 후타재 상태 확인 및 추가손상 발생여부	
배수시설	◦ 배수시설 배수구 막힘 및 파손 발생여부조사	



제 3 장 외관조사

3.1 개 요

3.2 외관조사 항목 및 방향설정

3.3 외관조사 결과

3.4 외관조사 결과분석

제 3 장 외관조사

3.1 개 요

세종대교는 경기도 여주시 하동에 위치한 교량으로 2007년 12월에 준공된 1등교 (DB-24)로 왕복 4차선 교량이다. 교량의 상부 구조형식은 강박스거더(Steel Box Girder) 교이며, 하부구조는 역T형의 교대, T형의 교각으로 구성되어 있으며, 폭은 21.0m(원주:10.5m, 양평:10.5m), 총연장은 1,875.0m(47.5 + 2 @ 50.0 + 47.5 + 4@ (7 @ 60))이다.

본 과업대상 교량의 외관조사는 손상현황 및 결함의 상태를 파악하여 교량의 건전성을 저해시키는 위험요인을 사전에 발견하여 보다 적절한 보수대책 수립을 위한 기초자료를 얻기 위함이며 각 교량별 상부구조와 하부구조로 각각 나누어 직접, 사다리, 교량점검차, 고소차 등의 접근장비 등을 이용하여 대상 부위에 가능한 근접하여 조사를 실시하였다. 점검대상 부위는 육안관찰을 기본으로 하여 실시하였으며, 필요한 경우 망원경, 크레스케일, 균열확대경, 줄자 등을 이용하였고 카메라 촬영을 통하여 손상위치를 파악하였으며, 외관조사와 더불어 교량 부재의 기능상태를 확인을 위한 조사를 실시하였다.

『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단, 2013. 04)』의 평가기준에 근거하여 구조물에 발생한 손상정도에 따라 평가기준 a~e의 5단계로 구분하여 산정하였다.

본문에서는 교량 부재별로 외관조사 결과를 수록하였으며, 이에 따른 외관조사망도와 외관조사 총괄표는 향후 교량점검 및 유지관리 시에 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

3.2 외관조사 항목 및 방향설정

3.2.1 부위별 주요 조사항목

【표 3.1】 부위별 주요 조사항목

부재명	점검부위	주요 조사항목	비고
교면포장	◦ 공 통	◦ 균열(미세, 선상, 격자형) ◦ 소성변형(요철, 바퀴자국, 단차) ◦ 포트홀 ◦ 노면잡물(구배불량)	

【표 3.1】 부위별 주요 조사항목(계속)

부재명	점검부위	주요 조사항목	비고
교면포장	◦ 신축이음 전후, 구조물 경계부	◦ 단차, 침하	
	◦ 배수구 주변	◦ 물고임(배수구 간격, 유출구 위치)	
배수시설	◦ 배수구	◦ 파손, 누락 ◦ 누수, 체수(막힘) ◦ 오염(이물질 퇴적)	
	◦ 배수관	◦ 파손(연결 고정부 탈락) ◦ 배수관 길이부족(하부구조에 낙수) ◦ 유출구 위치 부적절	
방호벽	◦ 철근콘크리트	◦ 균열(부모멘트부 균열, 침하균열) ◦ 박리, 박락, 철근노출, 파손(충돌)	
바닥판	◦ 공 통	◦ 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 파손 ◦ 백태, 오염 ◦ 재료분리	
신축이음	◦ 본 체	◦ 누수, 오염(배수시설 누락, 이물질퇴적) ◦ 유간(부족 또는 과다) ◦ 이상진동(충격음) ◦ 본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림) ◦ 방수재(씰재) 파손 - 노면수 유입	
	◦ 후타재	◦ 균열, 파손(패임 및 요철) ◦ 전·후의 단차(교면포장과의 단차)	
교량받침	◦ 본 체	◦ 부식(오물퇴적), 변형 ◦ 균열, 파손 ◦ 가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 ◦ 받침과 거더의 밀착상태(분리) ◦ 앵커볼트 파손(절단) ◦ 가동방향 오류, 편기설치 ◦ 부속물 파손	
	◦ 받침대	◦ 균열, 파손 ◦ 부분침하	
주거터	◦ 공 통	◦ 변형, 균열, 파손 ◦ 표면(도장)상태 오염, 부식 ◦ 이상처짐 ◦ 연결부 볼트 이완, 파손, 이상음	
	◦ 받침부	◦ 복부판 부식 및 국부좌굴 ◦ 박스내부 출입구 개폐 ◦ 거더와 받침연결부 부식 ◦ 박스내부 바닥 물고임 및 부식	
	◦ 중앙부	◦ 맞대기 용접부 균열 ◦ 플랜지 변형 및 처짐 ◦ 다이아프램 연결부 균열	

【표 3.1】 부위별 주요 조사항목(계속)

부재명	점검부위	주요 조사항목	비고
주거터	◦ 2차부재	◦ 거더와의 연결부 균열	
	◦ 보수부위	◦ 용접부 및 용접부 주변 균열	
교 대	◦ 공 통	◦ 균열(시공이음부 횡방향 균열) ◦ 박리, 박락, 층분리, 백태, 파손, 철근노출 ◦ 교대회전	
	◦ 두 부	◦ 두부 물고임 ◦ 두부와 홍벽 경계부 균열 ◦ 거더와 홍벽 신축유간 부족	
	◦ 벽 체	◦ 균열(수직균열) ◦ 벽체와 날개벽 분리(이동)	
교 각	◦ 공 통	◦ 균열 박리, 철근노출, 파손 ◦ 침하	
	◦ 두 부	◦ 두부 물고임 ◦ 받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락)	
	◦ 구 체	◦ 수직균열 ◦ 이동 또는 기울음	

3.2.2 외관조사방향 설정

외관조사는 현장답사를 통해 접근방법 및 안전조치사항 등을 결정하고, 예비조사를 통해 세부적인 외관조사방법을 결정하여 외관조사를 시행하였다.

【표 3.2】 외관조사 방향(현장답사)

구 분	외관조사 방향
현장답사	◦ 현장접근에 필요한 고소차 등의 접근방법, 장비동원과 일정계획을 수립 ◦ 강변 진입경로 및 협의기관 파악 ◦ 예비조사를 통해 교량에 발생된 주요 결함을 형태별로 분류 ◦ 결함 및 손상의 발생원인을 추정하고 조사방향 결정 ◦ 현장조사 안전조치 사항

【표 3.3】 외관조사 방향(자료조사)

구 분	외관조사 방향
예비조사 및 감독관협의	◦ 교면포장 망상균열, 균열, 소성변형 등의 결함 발생 현황 ◦ 연석 균열 등으로 인한 내구성 저하 여부 ◦ 신축이음장치의 균열 현황 ◦ 바닥판하면 균열 현황 ◦ 강재 거더에 발생된 부식, 도장박리, 리브변형 발생 현황 ◦ 하부구조의 손상 현황 ◦ 보수·보강부의 위치, 상태 조사 ◦ 받침장치의 이동량 측정, 기능성 여부 및 손상 발생 현황 ◦ 신축이음부의 손상 및 유간측정, 차수기능 저해 여부 확인

3.2.3 외관조사망도 작성방안

- (1) 외관조사망도 작성은 가장 최근에 실시한 2014년 정밀점검 야장을 기준으로 손상의 진행 및 보수여부를 파악하기 위하여 손상의 조사 시기를 파악 할 수 있도록 아래와 같이 구분하여 표기하였다. 또한 기존 손상은 점선으로 금회 조사된 신규 손상은 실선으로 구분하였다

KEY PLAN

외관단면도

범례

외관단면도	외관단면도	외관단면도	외관단면도
외관단면도	외관단면도	외관단면도	외관단면도
외관단면도	외관단면도	외관단면도	외관단면도
외관단면도	외관단면도	외관단면도	외관단면도

외관단면도

외관단면도

222 여 주 시 (주)명성엔지니어링

세종대학교 정밀점검 기술용역

222 세종대학교(원주방향) 바닥판하면 (S1, S2)

222 외관조사망도

222 NONE

33

【그림 3.1】 외관조사 작성 예(바닥판하면)

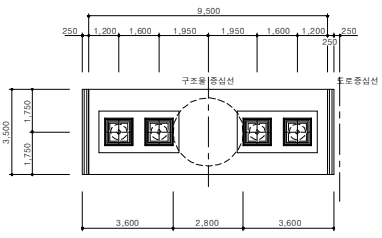
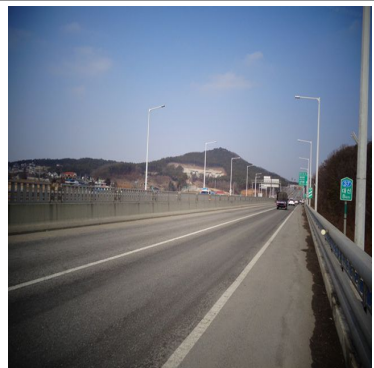
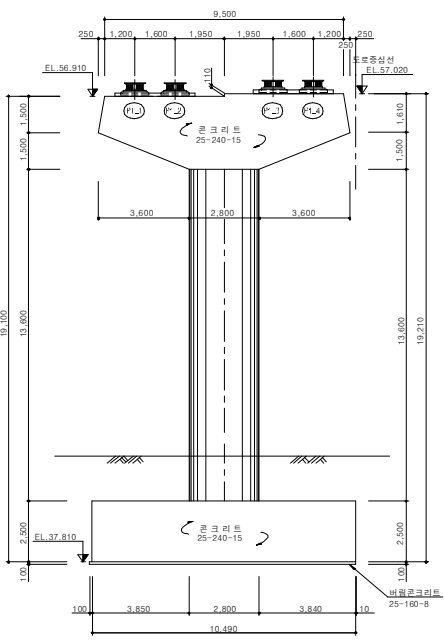
3.2.4 외관조사 전경



【그림 3.2】 외관조사 전경

3.3 외관조사 결과

세종대교는 Steel Box Girder형식의 32경간이며, 외관조사는 교면포장, 바닥판, 거더, 교대, 교각 등 부재별로 세분화하여 조사를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

평면도 S = 1 : 100 	상부 전경 
정면도 S = 1 : 100 	거더 전경 
	하부 전경 

3.3.1 교면포장

(1) 현황

교면포장은 아스팔트 포장으로 보수이력 확인결과, 보수이력은 없는 것으로 확인되었다.



【그림 3.3】 교면포장 현황

(2) 조사항목

외관조사는 아래와 같은 항목을 주요 점검항목으로 하여 조사를 실시하였다.

【표 3.4】 교면포장 외관조사 시 주요 점검항목

점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
공 통	• 균열(미세, 선상, 격자형) • 소성변형(요철, 바퀴자국, 단차) • 포트홀 • 노면잡물(구배불량)	
신축이음 전·후, 구조물경계부	• 단차, 침하	
배수구주변	• 물고임(배수구 간격, 유출구 위치)	
기 타	• 종단경사 및 곡선구간으로 구조적 특성에 의한 포장밀림, 소성변형(요철) 조사	

(3) 외관조사 내용

교면포장의 주요 손상은 장기공용 및 중차량 운행에 의한 아스콘 균열, 망상균열 및 라벨링 등이며, 국부적으로 포트홀, 패임이 발생하였다.

교면포장 외관조사 결과, 아스콘 망상균열 및 라벨링 (341.1㎡)과, 아스콘 균열 (33.0m), 포트홀 및 파손, 긁힘(1.1㎡), 소성변형(163.8㎡) 등이 조사되었다. 포장부의 손상은 반복적인 차량 하중, 중차량의 지속적인 통행 및 아스콘의 노후화에 의한 손상으로 판단되며, 기존 손상인 균열 및 라벨링, 포트홀의 손상 구간은 차량의 주행성 및 유지관리를 위한 재포장, 아스콘 팻칭, 실링 등의 조치가 요망된다.



S4 소성변형 (원주방향)



S5 아스콘 균열 (원주방향)



S11 망상균열 (원주방향)



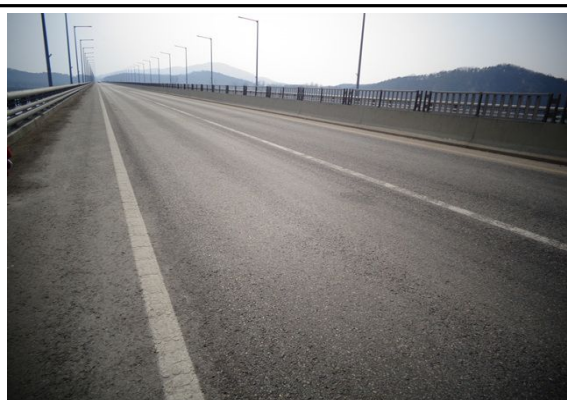
S32 망상균열 및 소성변형 (원주방향)



S9 아스콘 균열 (양평방향)



S15 망상균열 및 소성변형 (양평방향)



S25 아스콘 소성변형 (양평방향)



S27 포트홀 (양평방향)

【그림 3.4】 교면포장 손상 현황

(4) 손상규모

【표 3.5】 교면포장 결함 및 손상내용

구 분	손상물량			
	망상균열 및 라벨링 (㎡/개소)	소성변형 (㎡/개소)	아스콘 균열 (m/개소)	포트홀, 파손, 긁힘 (㎡/개소)
S1	-	-	10.0/1	-
S4	-	25.0/1	-	-
S5	12.5/2	-	-	0.04/1
S6	27.0/2	-	-	-
S8	4.0/1	-	-	-
S9	-	-	10.0/1	-
S10	7.2/1	-	13.0/1	0.04/1
S11	6.0/1	-	-	-
S12	12.0/1	-	-	-
S13	-	40.0/2	-	0.02/1
S14	40.0/2	13.6/1	-	-
S15	40.0/1	14.4/1	-	0.01/1
S16	-	10.8/1	-	0.04/1
S17	-	-	-	0.04/1
S18	60.0/1	-	-	0.01/1
S23	30.0/1	-	-	-
S24	-	30.0/1	-	0.04/1
S25	-	30.0/1	-	-
S27	30.5/2	-	-	0.05/2
S28	7.5/1	-	-	0.01/1
S29	12.0/2	-	-	-
S30	11.2/1	-	-	-
S31	41.2/3	-	-	0.8/1
소 계	341.1/22	163.8/7	33/3	1.1/12

【표 3.6】 교면포장 손상집계

구 분	단위	‘14 정밀	‘16 정밀	증감	비고
		수량	수량		
망상균열 및 라벨링	㎡	228	341.1	▲ 113.1	물량수정
소성변형	㎡	174	163.8	▼ -10.2	물량수정
아스콘 균열	m	-	33	▲ 33	신규손상
포트홀, 파손, 긁힘	㎡	1.5	1.1	▼ -0.4	물량수정

3.3.2 연석/난간

(1) 현황

연석/난간에 대한 보수이력 확인결과, 보수 이력은 확인되지 않은 상태이다.



【그림 3.5】 방호벽 현황

(2) 조사항목

외관조사는 아래와 같은 항목을 주요 점검항목으로 하여 조사를 실시하였다.

【표 3.7】 방호벽 외관조사 시 주요 점검항목

점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
철근콘크리트 방호벽	• 균열(부모멘트부 균열, 침하균열) • 박리, 박락, 철근노출, 파손(충돌)	
기 타	• 신축이음부 주변 교대측 방호벽과 간섭영향 발생여부	

(3) 외관조사 내용

연석/난간의 주요 손상으로 공용에 인한 열화, 균열, 외부 충격에 의한 파손, 난간 파손, 델리네이터 파손 등이 조사되었다.

연석/난간 및 중분대 상태에 대한 외관조사 결과, 폭 0.3mm미만의 균열(732.0m), 폭 0.3mm이상 균열(56.1m), 콘크리트 파손 및 들뜸 (214.66㎡), 재료분리(8.81㎡), 난간파손 (15개소) 등이 발생되었다. 기 손상부는 장기간 공용으로 인한 열화, 외부 충격에 의한 파손, 건조수축에 의한 균열 등의 손상으로 판단되며, 내구성 확보를 위하여 단면보수 등의 조치가 요구되며, 경미한 손상은 주기적인 관찰 후 표면처리, 교체 등의 조치가 필요하다.



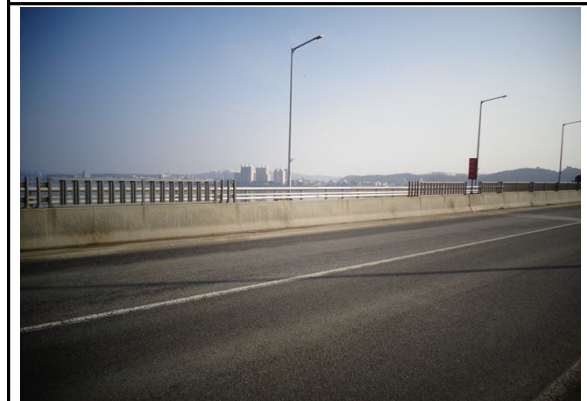
S1~4 연석 열화 (원주방향)



S5 연석 박락 (원주방향)



S8 난간 변형 (원주방향)



S19 중분대 난간 파손 (원주방향)



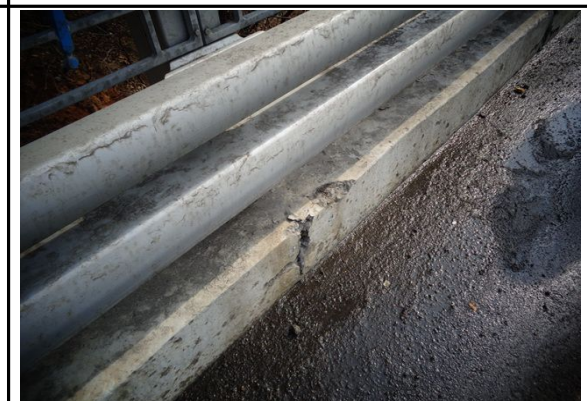
S23 델리네이터 파손 (양평방향)



S24 중분대 균열 (양평방향)



S31 연석 파손 (양평방향)



S32 연석 파손 (양평방향)

【그림 3.6】 방호벽 손상 현황

(4) 손상규모

【표 3.8】 난간/연석 결함 및 손상내용

구 분	손상물량						
	0.3mm미만 균열 (m/개소)	0.3mm이상 균열 (m/개소)	텔리네이터 파손 (개소)	파손, 박락, 박리, 들뜸 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	강재난간 변형/파손 (m/개소)	재료분리 (㎡/개소)
S1	27.0/27	-	-	20.0/2	-	1.0/1	-
S2	29.0/29	-	-	60.0/2	-	-	-
S3	20.0/20	-	-	60.0/2	-	-	-
S4	37.0/37	1.5/1	-	60.0/2	-	-	-
S5	26.4/32	-	-	2.5/6	-	-	3.84/2
S6	24.0/30	8.0/5	-	3.19/4	-	-	-
S7	24.0/30	-	-	-	-	-	-
S8	24.0/30	-	-	-	-	7.0/2	-
S9	24.0/30	3.6/2	-	0.09	-	-	4.97/4
S10	24.0/30	-	-	1.05/2	-	2.0/1	-
S11	18.4/23	12.2/10	1	0.4/3	-	-	-
S12	25.0/31	9.0/5	-	0.54/1	-	-	-
S13	24.0/30	-	1	0.69/1	-	-	-
S14	24.0/30	-	1	-	-	-	-
S15	24.0/30	-	-	-	-	3.5/2	-
S16	24.0/30	-	-	1.18/2	-	2.0/1	-
S17	24.0/30	-	-	-	-	4.0/1	-
S18	25.0/31	1.0/1	-	1.98/3	-	-	-
S19	20.0/25	4.0/5	-	-	-	8.0/1	-
S20	24.0/30	-	-	-	-	8.0/1	-
S21	24.0/30	-	-	0.64/1	-	-	-
S22	24.0/30	-	-	-	-	-	-
S23	24.0/30	-	-	-	-	-	-
S24	25.0/31	-	2	0.3/1	-	6.0/1	-
S25	24.0/30	-	1	0.7/2	-	5.0/2	-
S26	24.0/30	-	1	0.08/1	-	-	-
S27	24.0/30	-	-	-	-	-	-
S28	18.4/23	5.6/7	1	0.3/1	0.35/1	-	-
S29	22.4/27	5.6/7	-	-	-	-	-
S30	6.4/8	5.6/7	-	0.06/1	-	-	-
S31	12.0/15	-	-	0.1/1	-	-	-
S32	12.0/15	-	-	0.86/5	-	26.0/2	-
소 계	732.0/864	56.1/50	8	214.66/44	0.35/1	74.5/15	8.81/6

【표 3.9】 연석/난간 손상집계

구 분	단위	‘14 정밀	‘16 정밀	증감	비고
		수량	수량		
0.3mm미만 균열	m	-	732.0	▲ 732.0	물량수정
0.3mm이상 균열	m	42.0	56.1	▲ 14.1	신규손상
파손, 박리 및 박락, 들뜸, 열화	m ²	19.5	214.66	▲ 195.16	신규손상
철근노출	m ²	-	0.35	▲ 0.35	신규손상
강재난간 변형 및 파손	m	51.5	74.5	▲ 23.0	신규손상
재료분리	m ²	-	8.81	▲ 8.81	신규손상
텔레네이터 파손	개소	8	8	- -	변동없음

3.3.3 바닥판 하면

(1) 현황

바닥판 하면은 콘크리트 바닥판이 일체화된 강합성교 형식으로 구성되어 있다.



【그림 3.7】 바닥판 하면 현황

(2) 조사항목

외관조사는 아래와 같은 항목을 주요 점검항목으로 하여 조사를 실시하였다.

【표 3.10】 바닥판 하면 외관조사시 주요 점검항목

점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
콘크리트 바닥판 (캔틸레버)	· 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 파손, 누수, 백태, 재료분리, 오염	
기타	· 횡방향 균열 진행여부 조사	

(3) 외관조사 내용

바닥판 하면은 균열 및 백태, 균열부 누수흔적 등이 발생한 상태이다.

바닥판 하면 상태에 대한 외관조사 결과, 폭 0.3mm미만 균열(260.7m), 폭 0.3mm 이상 균열(213.1m), 백태(40.86㎡), 균열부 누수 및 누수흔적(2.09㎡), 철근노출(0.45㎡) 등이 조사되었다. 기 손상부는 초기 건조수축 균열구간에 우수의 유입으로 백태가 발생하였고, 내구성 확보를 위하여 습식균열보수, 주입보수 등이 요구되며, 경미한 손상은 주기적인 관찰 후 진전 시 표면처리 등의 조치가 필요하다.



【그림 3.8】 바닥판 하면 손상 현황

(4) 손상규모

【표 3.11】 바닥판 하면 결함 및 손상내용

구 분	손상물량						
	0.3mm미만 균열 (m/개소)	0.3mm이상 균열 (m/개소)	균열부백태 (㎡/개소)	백태 (㎡/개소)	철근노출 (㎡/개소)	박락, 파손 (㎡/개소)	균열부누수 (㎡/개소)
S1	11.2/14	-	-	-	-	-	-
S2	25.2/18	-	-	-	-	-	-
S3	13.0/1	20.0/1	-	-	-	-	-
S4	13.0/1	22.0/1	-	0.9/3	-	-	-
S5	18.0/1	19.0/1	-	-	-	-	-
S6	4.0/1	42.0/1	-	2.0/1	-	-	-
S7	14.0/2	27.0/2	-	14.0/11	-	-	-
S8	39.2/5	-	-	-	-	-	-
S9	-	41.0/2	-	-	-	-	-
S10	19.0/1	13.0/1	-	-	-	-	-
S11	4.6/3	-	-	-	0.25/1	-	0.16/1
S12	30.4/3	-	-	-	0.2/1	-	0.24/1
S13	8.0/10	-	-	-	-	-	0.18/1
S14	2.4/4	-	-	-	-	-	0.72/2
S15	2.4/3	4.0/5	0.24/1	-	-	-	0.24/1
S16	-	5.4/3	-	-	-	-	-
S17	19.0/2	2.2/1	-	15.0/2	-	-	0.2/1
S20	-	5.0/1	-	-	-	-	-
S21	1.4/1	11.0/2	-	-	-	-	-
S22	0.8/1	-	-	-	-	-	-
S27	-	1.5/1	0.03/1	-	-	-	-
S28	-	-	-	8.28/2	-	-	-
S29	7.5/2	-	-	0.04/1	-	-	0.35/2
S31	15.0/6	-	-	0.64/1	-	-	-
S32	12.6/7	-	-		-	0.24/1	-
소 계	260.7/84	213.1/22	0.27/2	40.86/21	0.45/2	0.24/1	2.09/9

【표 3.12】 바닥판 하면 손상집계

구 분	단위	‘14 정밀	‘16 정밀	증감	비고
		수량	수량		
0.3mm미만 균열	m	350	260.7	▼ -89.3	손상진전
0.3mm이상 균열	m	12	213.1	▲ 201.1	손상진전
균열부 백태	m ²	2.61	0.27	▼ -2.34	물량수정
백태	m ²	-	40.86	▲ 40.86	물량수정
철근노출	m ²	-	0.45	▲ 0.45	신규손상
박락 및 파손	m ²	2.2	0.24	▼ -1.96	물량수정
균열부 누수	m ²	-	2.09	▲ 2.09	신규손상

3.3.4 거더(Steel Box Girder) 및 가로보

(1) 현황

Steel Box Girder로서 경간당 2편으로 구성되어 있으며, 각각 원주방향 G1~G2와 양평방향 G1~G2 사이에 Cross Beam(가로보)이 설치되어 있다.



【그림 3.9】 Steel Box Girder 현황

(2) 조사항목

외관조사는 아래와 같은 항목을 주요 점검항목으로 하여 조사를 실시하였다.

【표 3.13】 거더(Steel Box Girder) 외관조사시 주요 점검항목

점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
공 통	• 변형, 균열, 파손 • 표면(도장)상태 오염, 부식 • 이상처짐 • 연결부 볼트이완, 파손, 이상음	
받침부	• 복부판 부식 및 국부좌굴 • 박스내부 출입구 개폐 • 거더와 받침연결부 부식 • 박스내부 바닥 물고임 및 부식	
중앙부	• 맞대기 용접부 균열 • 플랜지 변형 및 처짐 • 다이아프램 연결부 처짐	

【표 3.13】 거더(Steel Box Girder) 외관조사시 주요 점검항목(계속)

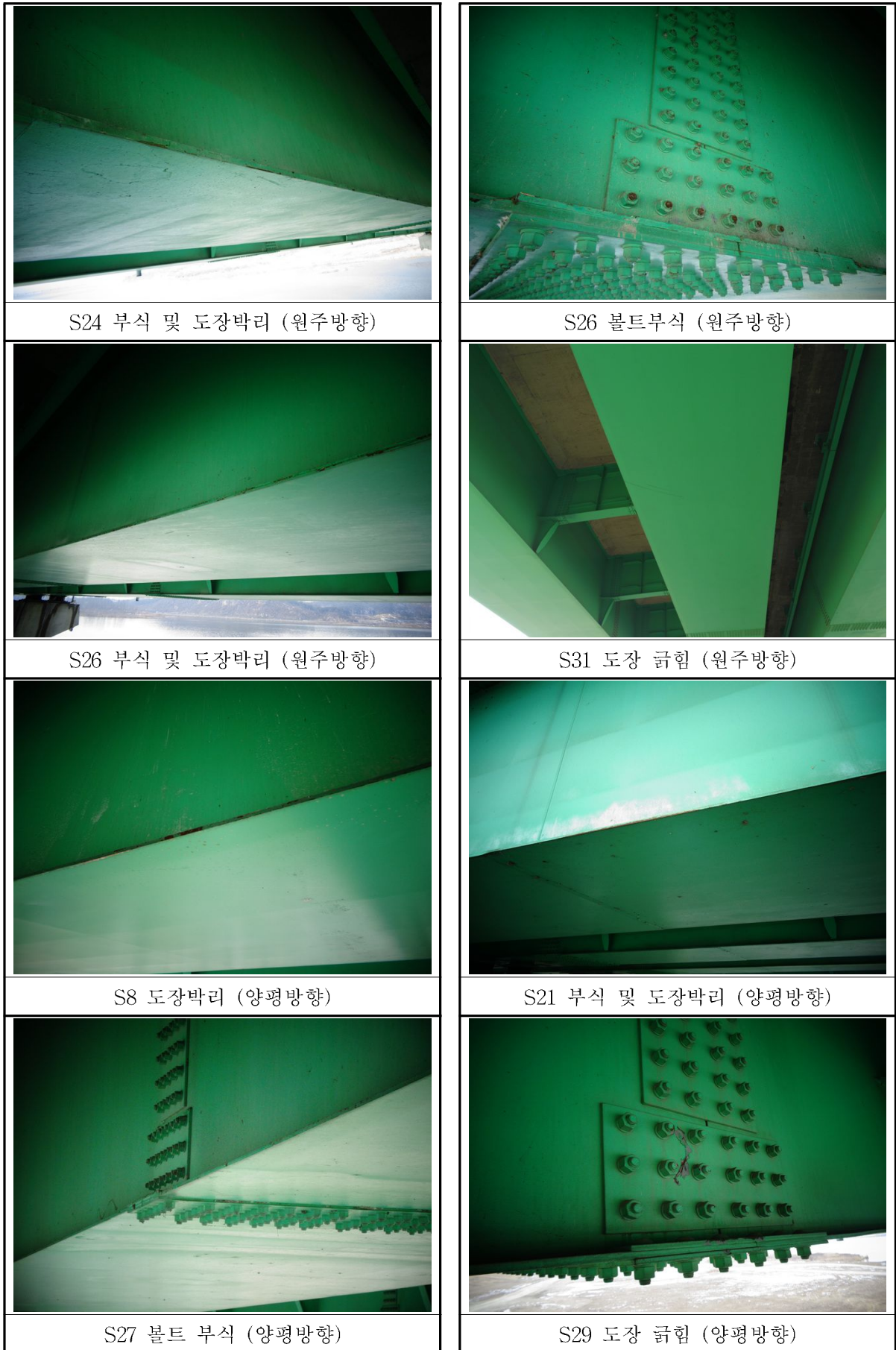
점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
2차부재	• 거더와의 연결부 균열	
보수부위	• 용접부 및 용접부 주변 균열	
기타	• 외부도장 보수부 재 손상여부 조사 • 배수구 주위 우수유입여부(배수구 길이부족) • 내부출입구 확대방안	

(3) 외관조사 내용

① 거더 외부 및 가로보

거더 외부, 가로보의 주요 손상은 Steel Box 전반에 걸쳐 발생된 장기공용에 의한 국부적인 부식 및 도장박리, 볼트부식, 굽힘 등으로 도장 상도층이 박리되거나 표면에 녹물이 배어있는 상태이다.

거더 외부에 대한 외관조사 결과, 부식 및 도장박리(10.8㎡), 볼트부식(212개소), 도장 굽힘(2.79㎡) 등이 조사되었다. 세종대교는 강과 근접하고 있어, 강재에 대한 도장 부식, 박리, 박락 등의 손상발생 빈도가 높을 것으로 판단되며, 도장 박리 및 부식 구간은 재도장이 요구된다. 재도장시 상도를 벗겨내고 표면처리 후 정밀한 시공이 필요하다.



【그림 3.10】 거더외부 손상 현황

② 거더 내부

거더 내부의 주요 손상은 도장박리, 부식, 조명등 탈락 등이 있다.

거더 내부에 대한 외관조사 결과, 도장박리(23.58㎡), 부식(5.84㎡), 조명등 불량 (35개소) 등이 발생되었다. 장기공용 및 시공미흡에 의한 도장박리 등은 상도층이 박리된 상태로, 재도장이 요망된다.



【그림 3.11】 거더내부 손상 현황

(4) 손상규모

【표 3.14】 거더 외부 및 가로보 결함 및 손상내용

구 분	손상물량		
	부식 및 도장박리, 박락 (㎡/개소)	도장 긁힘 (㎡/개소)	볼트부식 (개소)
S5	1.5/1	-	-
S7	-	0.06/2	-
S14	-	0.05/1	-
S15	-	0.03/1	-
S21	0.1/1	-	-
S23	1.0/1	-	-
S24	3.0/3	-	-
S25	-	0.15/1	-
S26	3.0/3	-	89
S27	0.14/1	-	80
S28	-	-	31
S29	0.06/1	1.02/2	-
S30	-	0.45/1	-
S31	-	1.03/5	-
S32	2.0/1	-	12
소 계	10.8/12	2.79/13	212

【표 3.15】 거더 외부와 가로보 손상집계

구 분	단위	‘14 정밀	‘16 정밀	증감		비고
		수량/개소	수량/개소			
부식 및 도장박리, 박락	㎡	10.8	10.8	-	-	변동없음
도장긁힘	㎡	2.79	2.79	-	-	변동없음
볼트부식	개소	206	212	▲	6	손상증가

【표 3.16】 거더 내부 결함 및 손상내용

구 분	손상물량			
	이물질퇴적 (㎡)	부식 (㎡/개소)	도장박리 (㎡/개소)	조명등 불량 (개소)
S1	-	0.45/3	-	3
S2	-	-	-	5
S3	-	2.19/5	-	-
S4	-	3.2/2	-	2
S5	-	-	0.03/1	-
S8	-	-	0.09/1	2
S9	-	-	0.2/1	-
S11	-	-	0.04/1	-
S18	-	-	0.28/1	-
S23	-	-	0.27/4	1
S24	-	-	0.39/8	-
S25	4.0/1	-	-	4
S26	-	-	11.99/64	2
S27	-	-	9.67/99	7
S28	-	-	-	4
S29	-	-	0.62/15	1
S30	-	-	-	2
S31	-	-	-	1
S32	1.5/1	-	-	1
소 계	5.5/2	5.84/10	23.58/195	35

【표 3.17】 거더 내부 손상집계

구 분	단위	‘14 정밀	‘16 정밀	증감		비고
		수량	수량			
이물질퇴적	㎡	-	5.5	▲	5.5	손상증가
부식	㎡	2.6	5.84	▲	3.24	손상증가
도장박리	㎡	-	23.58	▲	23.58	손상증가
조명등 불량	EA	-	35	▲	35	손상증가

3.3.5 교대 및 교각

(1) 현황

교대는 역T형으로 시·종점측에 각각 시공되어 있으며, 교각의 형식은 T형으로 시공되었다.



【그림 3.12】 하부구조 현황

(2) 조사항목

외관조사는 아래와 같은 항목을 주요 점검항목으로 하여 조사를 실시하였다.

【표 3.18】 교대 및 교각 외관조사시 주요 점검항목

점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
공 통	• 균열(시공이음부 횡방향 균열) • 박리, 박락, 층분리, 백태, 파손, 철근노출 • 교대회전, 침하(교대, 교각)	
두 부	• 두부 물고임(교대, 교각) • 두부와 홍벽 경계부 균열(교대) • 거더와 홍벽 신축유간 부족 • 받침하부 균열 및 파손(박리, 박락)	
벽 체(구체)	• 균열(수직균열) • 벽체와 날개벽 분리(이동) • 이동 또는 기울음	
기 타	• 하상구간 세굴여부 조사	

(3) 외관조사 내용

① 교대

교대의 외관조사 결과, 신축이음 및 배수관의 우수유입으로 인한 국부적인 범면 침하(8.0m²), 전선 덮개 부식, 날개벽 재료분리(2.0m²) 등의 손상이 발생되었다. 범면 침하구간은 흙채움 및 재설치 등의 조치가 요망되고, 재료분리 및 덮개부식은 주의 관찰, 정비가 필요하다.



【그림 3.13】 교대 손상 현황

② 교각

교각의 외관조사 결과, 교각은 망상균열(354.25m^2), 폭 0.3mm미만 균열(128.5m), 폭 0.3mm이상 균열(6.1m), 콘크리트 박리 및 철근노출, 굽힘, 박락 (2.09m^2), 누수흔적 및 표면오염(147.85m^2) 등이 조사되었다. 폭 0.3mm미만 균열 및 망상균열은 소규모로 내부구속에 의한 표면건조균열로 판단되며, 손상정도가 경미하여 주의관찰 후 손상 진전 시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 폭 0.3mm이상의 균열은 비구조적인 건조수축균열로 주입보수 등의 조치가 필요하다. 콘크리트 파손 및 철근노출은 외부 충격에 의한 경미한 손상으로 교각의 내구성 증진을 위하여 단면보수 등의 조치가 필요하다.



【그림 3.14】 교각 손상 현황

(4) 손상규모

【표 3.19】 교대, 교각 결함 및 손상내용

구 분	손상물량							
	0.3mm미만 균열 (m)	0.3mm이상 균열 (m)	누수흔적 (㎡)	철근노출 (㎡)	망상균열 (㎡)	재료분리 백태 (㎡)	블록 침하 및 파손 (㎡)	파손, 박리 긱힘 (㎡)
A1	-	-	-	-	-	-	4.0/1	-
A2	-	-	-	-	-	2.0/1	4.0/1	0.1/1
P1	2.0/4	-	-	-	-	-	-	-
P2	4.4/8	-	-	-	-	8.0/1	-	-
P3	3.0/4	-	-	-	-	-	-	-
P4	2.0/4	-	0.75/1	-	36.0/1	0.06/1	-	0.2/1
P5	11.0/7	-	-	-	-	-	-	-
P6	4.8/5	-	-	-	-	-	-	-
P7	5.8/6	-	-	-	14.65/3	0.6/1	-	-
P8	2.0/4	-	-	-	31.05/3	-	-	-
P9	5.2/7	-	-	-	-	-	-	-
P10	3.4/5	-	-	-	30.0/1	-	-	-
P11	2.7/5	-	92.4/6	-	-	-	-	-
P12	2.0/4	-	-	-	-	-	-	-
P13	3.8/5	-	-	-	76.8/2	-	-	-
P14	9.3/8	-	-	0.36/1	39.6/1	-	-	-
P15	4.0/5	-	-	-	-	6.8/1	-	-
P16	2.0/4	-	-	-	-	1.24/5	-	-
P17	2.0/4	-	-	-	-	-	-	-
P18	3.4/6	-	8.2/2	-	-	0.9/1	-	1.89/1
P19	5.7/10	-	-	-	-	-	-	-
P20	9.1/17	-	-	-	-	-	-	-
P21	7.8/10	1.0/1	-	-	-	-	-	-
P22	6.9/11	-	-	-	-	-	-	-
P23	5.2/9	1.0/1	-	-	-	-	-	-
P24	2.0/4	-	-	-	-	-	-	-
P25	3.7/7	2.2/2	46.5/3	0.66/1	-	-	-	-
P26	2.7/5	-	-	-	-	-	-	-
P27	3.4/6	-	-	-	-	-	-	-
P28	6.7/10	-	-	-	60.0/2	-	-	-
P29	-	-	-	-	4.5/1	-	-	-
P30	2.0/1	1.9/2	-	-	5.25/1	1.89/2	-	-
P31	0.5/1	-	-	-	56.4/2	1.44/1	-	-
소 계	128.5/186	6.1/6	147.85/11	1.02/2	354.25/17	23.53/14	8/2	2.19/3

【표 3.20】 교대, 교각 손상집계

구 분	단위	'14 정밀	'16 정밀	증감	비고
		수량	수량		
0.3mm미만 균열	m	88	128.5	▲ 40.5	추가손상
0.3mm이상 균열	m	12	6.1	▼ -5.9	일부보수
누수흔적	m ²	-	147.85	▲ 147.85	추가손상
철근노출	m ²	-	1.02	▲ 1.02	추가손상
망상균열	m ²	59	354.25	▲ 295.25	추가손상
재료분리, 백태	m ²	22.3	23.53	▲ 1.23	추가손상
블록 침하 및 파손	m ²	-	8	▲ 8	추가손상
파손, 박리, 굽힘	m ²	-	2.19	▲ 2.19	추가손상

3.3.6 받침장치

(1) 현황

세종대교의 받침장치 형식은 L.R.B 형식이다.

(2) 조사항목

외관조사는 아래와 같은 항목을 주요 점검항목으로 하여 조사를 실시하였다.

【표 3.21】 교량받침 외관조사시 주요 점검항목

점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
본체	- 부식(오물퇴적), 변형 - 균열, 파손 - 가동받침의 유간부족 및 가동 장애 요소 - 받침과 거더의 밀착상태(분리) - 앵커볼트 파손(절단) - 가동방향오류, 편기설치 - 부속물 파손	
받침콘크리트	- 균열, 파손 - 부분침하	

(3) 외관조사 내용

교량받침은 부식 및 플레이트 부식(49ea), 무수축몰탈 균열(1.7m), 받침콘크리트 박락, 파손(3.37m²), 재료분리(0.75m²)등이 발생하였다.

교량받침 기존 손상인 균열 및 박락 등의 손상은 지속적인 관찰 후 진전시 단면 보수, 표면처리 등의 조치가 요구되며, 플레이트 부식 구간은 신축이음의 노후화로 우수유입에 의한 손상으로 신축이음의 우수유입 차단 후 재도장 등의 조치가 필요하다.



【그림 3.15】 교량받침 손상현황

(4) 손상규모

【표 3.22】 받침장치 결함 및 손상내용

구 분	손상물량					
	플레이트부식 (개소)	볼트부식 (개소)	박락, 파손 (㎡/개소)	무수축물탈 균열 (m/개소)	토사퇴적 (㎡/개소)	재료분리 (㎡/개소)
A1	-	-	0.01/1	0.5/5	-	-
A2	3	-	-	-	-	-
P2	3	-	-	-	-	-
P4	2	-	-	-	-	-
P11	13	-	0.96/3	-	-	-
P18	14	1	0.8/5	-	2.0/1	-
P19	-	-	-	0.8/4	-	-
P23	-	-	-	0.2/1	-	-
P25	14	-	1.6/4	0.2/1	-	0.75/1
소 계	49	1	3.37/13	1.7/6	2.0/1	0.75/1

【표 3.23】 받침장치 손상집계

구 분	단위	‘14 정밀	‘16 정밀	증감	비고
		수량	수량		
플레이트 부식	EA	42	49	▲ 7	추가손상
볼트 부식	EA	-	1	▲ 1	신규손상
박락, 파손	㎡	-	3.37	▲ 3.37	신규손상
0.3mm미만 균열	m	-	1.7	▲ 1.7	물량변동
토사퇴적	㎡	-	2.0	▲ 2.0	신규손상
재료분리	㎡	-	0.75	▲ 0.75	물량변동

(5) 받침장치 연단거리 측정

교량 받침면은 받침장치를 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고 또한 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서 받침장치 앵커볼트에 서 정부(楨部)연단까지의 거리가 작으면, 고정단에서는 전단면에서 받침면이 파손되는 경우가 있고, 또한 가동단에서는 받침이 벗어나 거더가 낙교 할 수도 있다. 따라서 본 과업에서는 도로교 설계기준(2010)에 준하여 실제 연단거리와 설계 연단거리를 비교·검토하였다.

- 거더의 경간길이 100m이하 : 연단거리(S) = 200 + 5 × L

- 거더의 경간길이 100m이상 : 연단거리(S) = 300 + 4 × L

여기서, L : 지간길이 (m)

- 세종대교 최소연단거리 = 200 + 5 × 47.3 = 436mm

- 세종대교 최소연단거리 = 200 + 5 × 60.0 = 500mm

각 지점별 받침에 대한 연단거리를 측정한 결과, 【표 3.25】 과 같이 52.0~137.0cm로 측정되었으며, 도로교 설계기준의 최소연단거리에 만족하는 것으로 조사되었다.

【표 3.24】 받침장치 연단거리 측정결과

구분	교좌 형식	연단거리(cm)								최소 연단거리 (cm)	비고
		원주방향				양평방향					
		1	2	3	4	1	2	3	4		
A1	↕	-	-	-	-	71	70	72	71	43.7	O.K
P1	↑	131	132	131	133	135	135	136	136	45.0	O.K
P2	●	130	131	131	130	133	132	133	132	45.0	O.K
P3	↑	131	130	131	132	131	133	132	131	45.0	O.K
P4	↕	51	52	51	50	-	-	-	-	43.7	O.K
	↕	-	-	-	-	70	69	70	69	50.0	O.K
P5	↑	131	132	133	132	135	136	136	135	50.0	O.K
P6	↑	134	133	133	134	136	135	136	136	50.0	O.K
P7	↑	131	130	131	130	132	133	132	133	50.0	O.K
P8	●	129	130	130	130	131	132	132	131	50.0	O.K
P9	↑	130	131	131	130	134	133	132	133	50.0	O.K
P10	↑	135	134	135	134	130	131	131	130	50.0	O.K

【표 3.24】 받침장치 연단거리 측정결과(계속)

구분	교좌 형식	연단거리(cm)								최소 연단거리 (cm)	비고
		원주방향				양평방향					
		1	2	3	4	1	2	3	4		
P11	↕	53	54	53	52	-	-	-	-	50.0	O.K
	↕	-	-	-	-	71	70	71	70	50.0	O.K
P12	↑	131	132	132	131	136	135	136	135	50.0	O.K
P13	↑	130	131	131	130	135	136	135	136	50.0	O.K
P14	↑	132	132	131	131	136	135	135	136	50.0	O.K
P15	●	130	130	131	131	136	136	136	135	50.0	O.K
P16	↑	132	133	132	133	137	135	137	135	50.0	O.K
P17	↑	130	131	131	130	135	136	137	136	50.0	O.K
P18	↕	54	53	54	54	-	-	-	-	50.0	O.K
	↕	-	-	-	-	66	67	67	66	50.0	O.K
P19	↑	132	131	133	132	137	136	136	135	50.0	O.K
P20	↑	131	130	132	130	134	135	135	136	50.0	O.K
P21	↑	131	130	130	130	136	135	137	136	50.0	O.K
P22	●	132	131	133	132	137	136	137	135	50.0	O.K
P23	↑	130	130	130	131	135	136	136	136	50.0	O.K
P24	↑	135	136	135	136	131	131	130	130	50.0	O.K
P25	↕	54	54	53	53	-	-	-	-	50.0	O.K
	↕	-	-	-	-	66	66	65	65	50.0	O.K
P26	↑	132	131	132	131	135	134	135	135	50.0	O.K
P27	↑	135	135	136	136	130	130	131	131	50.0	O.K
P28	↑	132	131	130	131	132	132	132	131	50.0	O.K
P29	●	136	135	135	136	131	131	132	132	50.0	O.K
P30	↑	135	136	135	136	130	131	132	130	50.0	O.K
P31	↑	132	132	131	131	135	136	136	135	50.0	O.K
A2	↕	131	132	131	132	-	-	-	-	50.0	O.K

(6) 받침장치 가동 여유량 검토

설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프, 건조수축, 부가여유량 및 설치 여유량 등을 고려하여 산정하나, 금회 조사에서는 교량의 공용년수가 8년 경과되었으므로 크리프 및 건조수축 의한 변화는 거의 종결된 것으로 간주하여 온도변화에 의한 이동량을 검토하였다.

받침장치 가동여유량에 대한 검토는 『도로교설계기준, 2010』에 따라 측정일 온도에서 설계검토 최저, 최고온도까지 수축 및 신장거동에 대한 받침장치의 부가여유량을 검토하였다.

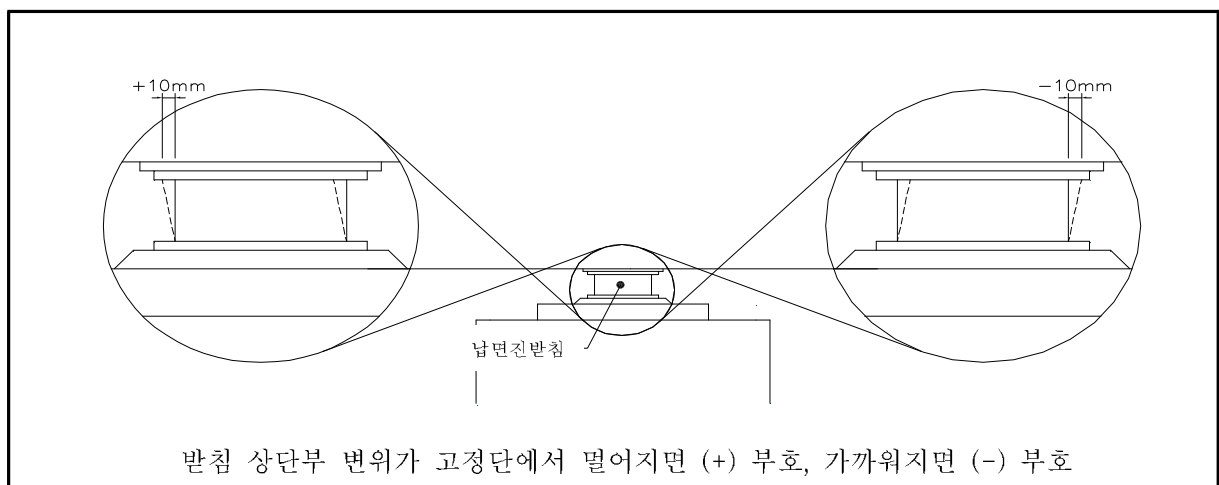
본 교량의 허용이동량은 고무받침의 높이가 최소인 23cm의 70%를 허용이동량으로 하여 결과를 도출하였다.

- 조사시 온도 : 2016년 3월 3일 가동량 측정시 외기온도 $\Rightarrow 10.0^{\circ}\text{C}$
- 검토 온도 : $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ (강교일 경우)

◎ 받침장치 여유량 산정

- 온도에 의한 이동량 : $\Delta \ell t = \alpha \times \Delta T \times \ell$
- 선팽창계수(강교) : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$
- 온도범위 : $\Delta T = 10.0^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C}) = 20.0^{\circ}\text{C}$ (최대 수축시, 동절기)
- $40^{\circ}\text{C} - 10.0^{\circ}\text{C} = 30.0^{\circ}\text{C}$ (최대 신장시, 하절기)

- 적용 경간 길이 (ℓ) = 97.5m(A1,P4(원주)), 50.0m(P1,3),
60.0m(P7,9,14,16,21,23,28,30),
120.0m(P6,10,13,17,20,24,27,31),
180.0m(P5,11(원주),12,18(원주),19,25(원주),26,A2),
240.0m(P4(양평),11(양평),18(양평),25(양평))



【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
A1 원주 방향	SH1	±160	-20.0	180.0	140.0	35.1	23.4	O.K
	SH2		-20.0	180.0	140.0	35.1	23.4	O.K
	SH3		-20.0	180.0	140.0	35.1	23.4	O.K
	SH4		-20.0	180.0	140.0	35.1	23.4	O.K
A1 양평 방향	SH1	±160	-20.0	180.0	140.0	35.1	23.4	O.K
	SH2		-20.0	180.0	140.0	35.1	23.4	O.K
	SH3		-20.0	180.0	140.0	35.1	23.4	O.K
	SH4		-20.0	180.0	140.0	35.1	23.4	O.K
P1 원주 방향	SH1	±160	-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH2		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH3		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH4		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
P1 양평 방향	SH1	±160	-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH2		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH3		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH4		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
P2 원주 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P2 양평 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P3 원주 방향	SH1	±160	-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH2		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH3		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH4		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
P3 양평 방향	SH1	±160	-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH2		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH3		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
	SH4		-15.0	175.0	145.0	18.0	12.0	O.K
P4 원주 방향	SH1	±160	-25.0	185.0	135.0	35.1	23.4	O.K
	SH2		-25.0	185.0	135.0	35.1	23.4	O.K
	SH3		-25.0	185.0	135.0	35.1	23.4	O.K
	SH4		-25.0	185.0	135.0	35.1	23.4	O.K
	SH5	±160	-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH6		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH7		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH8		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K

※ 실측 이동량은 고정단을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과(계속)

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P4 양평 방향	SH1	±160	-25.0	185.0	135.0	35.1	23.4	O.K
	SH2		-25.0	185.0	135.0	35.1	23.4	O.K
	SH3		-25.0	185.0	135.0	35.1	23.4	O.K
	SH4		-25.0	185.0	135.0	35.1	23.4	O.K
	SH5	±160	-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH6		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH7		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH8		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
P5 원주 방향	SH1	±160	-23.0	183.0	137.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-23.0	183.0	137.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-23.0	183.0	137.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-23.0	183.0	137.0	64.8	43.2	O.K
P5 양평 방향	SH1	±160	-23.0	183.0	137.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-23.0	183.0	137.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-23.0	183.0	137.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-23.0	183.0	137.0	64.8	43.2	O.K
P6 원주 방향	SH1	±160	-18.0	178.0	142.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-18.0	178.0	142.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-18.0	178.0	142.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-18.0	178.0	142.0	43.2	28.8	O.K
P6 양평 방향	SH1	±160	-18.0	178.0	142.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-18.0	178.0	142.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-18.0	178.0	142.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-18.0	178.0	142.0	43.2	28.8	O.K
P7 원주 방향	SH1	±160	-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
P7 양평 방향	SH1	±160	-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
P8 원주 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P8 양평 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-

※ 실측 이동량은 고정단을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과(계속)

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P9 원주 방향	SH1	±160	-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
P9 양평 방향	SH1	±160	-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-10.0	170.0	150.0	21.6	14.4	O.K
P10 원주 방향	SH1	±160	-14.0	174.0	146.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-14.0	174.0	146.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-14.0	174.0	146.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-14.0	174.0	146.0	43.2	28.8	O.K
P10 양평 방향	SH1	±160	-14.0	174.0	146.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-14.0	174.0	146.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-14.0	174.0	146.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-14.0	174.0	146.0	43.2	28.8	O.K
P11 원주 방향	SH1	±160	-20.0	180.0	140.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-20.0	180.0	140.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-20.0	180.0	140.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-20.0	180.0	140.0	64.8	43.2	O.K
	SH5	±160	-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH6		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH7		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH8		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
P11 양평 방향	SH1	±160	-20.0	180.0	140.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-20.0	180.0	140.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-20.0	180.0	140.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-20.0	180.0	140.0	64.8	43.2	O.K
	SH5	±160	-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH6		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH7		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
	SH8		-25.0	185.0	135.0	86.4	57.6	O.K
P12 원주 방향	SH1	±160	-22.0	182.0	148.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-22.0	182.0	148.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-22.0	182.0	148.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-22.0	182.0	148.0	64.8	43.2	O.K
P12 양평 방향	SH1	±160	-22.0	182.0	148.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-22.0	182.0	148.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-22.0	182.0	148.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-22.0	182.0	148.0	64.8	43.2	O.K

※ 실측 이동량은 고정단을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과(계속)

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P13 원주 방향	SH1	±160	-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
P13 양평 방향	SH1	±160	-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
P14 원주 방향	SH1	±160	-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
P14 양평 방향	SH1	±160	-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
P15 원주 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P15 양평 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P16 원주 방향	SH1	±160	-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
P16 양평 방향	SH1	±160	-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-15.0	175.0	145.0	21.6	14.4	O.K
P17 원주 방향	SH1	±160	-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
P17 양평 방향	SH1	±160	-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K

※ 실측 이동량은 고정단을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과(계속)

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P18 원주 방향	SH1	±160	-35.0	195.0	125.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-35.0	195.0	125.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-35.0	195.0	125.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-35.0	195.0	125.0	64.8	43.2	O.K
	SH5	±160	-40.0	200.0	120.0	86.4	57.6	O.K
	SH6		-40.0	200.0	120.0	86.4	57.6	O.K
	SH7		-40.0	200.0	120.0	86.4	57.6	O.K
	SH8		-40.0	200.0	120.0	86.4	57.6	O.K
P18 양평 방향	SH1	±160	-35.0	195.0	125.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-35.0	195.0	125.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-35.0	195.0	125.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-35.0	195.0	125.0	64.8	43.2	O.K
	SH5	±160	-40.0	200.0	120.0	86.4	57.6	O.K
	SH6		-40.0	200.0	120.0	86.4	57.6	O.K
	SH7		-40.0	200.0	120.0	86.4	57.6	O.K
	SH8		-40.0	200.0	120.0	86.4	57.6	O.K
P19 원주 방향	SH1	±160	-36.0	196.0	124.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-36.0	196.0	124.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-36.0	196.0	124.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-36.0	196.0	124.0	64.8	43.2	O.K
P19 양평 방향	SH1	±160	-36.0	196.0	124.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-36.0	196.0	124.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-36.0	196.0	124.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-36.0	196.0	124.0	64.8	43.2	O.K
P20 원주 방향	SH1	±160	-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
P20 양평 방향	SH1	±160	-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-30.0	190.0	130.0	43.2	28.8	O.K
P21 원주 방향	SH1	±160	-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
P21 양평 방향	SH1	±160	-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K

※ 실측 이동량은 고정단을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과(계속)

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P22 원주 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P22 양평 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P23 원주 방향	SH1	±160	-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
P23 양평 방향	SH1	±160	-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-16.0	176.0	144.0	21.6	14.4	O.K
P24 원주 방향	SH1	±160	-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
P24 양평 방향	SH1	±160	-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
P25 원주 방향	SH1	±160	-40.0	200.0	120.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-40.0	200.0	120.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-40.0	200.0	120.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-40.0	200.0	120.0	64.8	43.2	O.K
	SH5	±160	-45.0	205.0	115.0	86.4	57.6	O.K
	SH6		-45.0	205.0	115.0	86.4	57.6	O.K
	SH7		-45.0	205.0	115.0	86.4	57.6	O.K
	SH8		-45.0	205.0	115.0	86.4	57.6	O.K
P25 양평 방향	SH1	±160	-40.0	200.0	120.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-40.0	200.0	120.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-40.0	200.0	120.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-40.0	200.0	120.0	64.8	43.2	O.K
	SH5	±160	-45.0	205.0	115.0	86.4	57.6	O.K
	SH6		-45.0	205.0	115.0	86.4	57.6	O.K
	SH7		-45.0	205.0	115.0	86.4	57.6	O.K
	SH8		-45.0	205.0	115.0	86.4	57.6	O.K

※ 실측 이동량은 고정단을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과(계속)

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P26 원주 방향	SH1	±160	-38.0	198.0	122.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-38.0	198.0	122.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-38.0	198.0	122.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-38.0	198.0	122.0	64.8	43.2	O.K
P26 양평 방향	SH1	±160	-38.0	198.0	122.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-38.0	198.0	122.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-38.0	198.0	122.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-38.0	198.0	122.0	64.8	43.2	O.K
P27 원주 방향	SH1	±160	-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
P27 양평 방향	SH1	±160	-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-25.0	185.0	135.0	43.2	28.8	O.K
P28 원주 방향	SH1	±160	-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
P28 양평 방향	SH1	±160	-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
P29 원주 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P29 양평 방향	SH1	-	고정단	-	-	-	-	-
	SH2		고정단	-	-	-	-	-
	SH3		고정단	-	-	-	-	-
	SH4		고정단	-	-	-	-	-
P30 원주 방향	SH1	±160	-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
P30 양평 방향	SH1	±160	-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH2		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH3		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K
	SH4		-12.0	172.0	148.0	21.6	14.4	O.K

※ 실측 이동량은 고정단을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

【표 3.25】 교량받침 여유량 조사 결과(계속)

위 치	구 분	설계 이동량 (mm)	실측 이동량 (mm)	여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
				신장	수축	신장	수축	
P31 원주 방향	SH1	±160	-22.0	182.0	138.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-22.0	182.0	138.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-22.0	182.0	138.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-22.0	182.0	138.0	43.2	28.8	O.K
P31 양평 방향	SH1	±160	-22.0	182.0	138.0	43.2	28.8	O.K
	SH2		-22.0	182.0	138.0	43.2	28.8	O.K
	SH3		-22.0	182.0	138.0	43.2	28.8	O.K
	SH4		-22.0	182.0	138.0	43.2	28.8	O.K
A2 원주 방향	SH1	±160	-30.0	190.0	130.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-30.0	190.0	130.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-30.0	190.0	130.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-30.0	190.0	130.0	64.8	43.2	O.K
A2 양평 방향	SH1	±160	-30.0	190.0	130.0	64.8	43.2	O.K
	SH2		-30.0	190.0	130.0	64.8	43.2	O.K
	SH3		-30.0	190.0	130.0	64.8	43.2	O.K
	SH4		-30.0	190.0	130.0	64.8	43.2	O.K

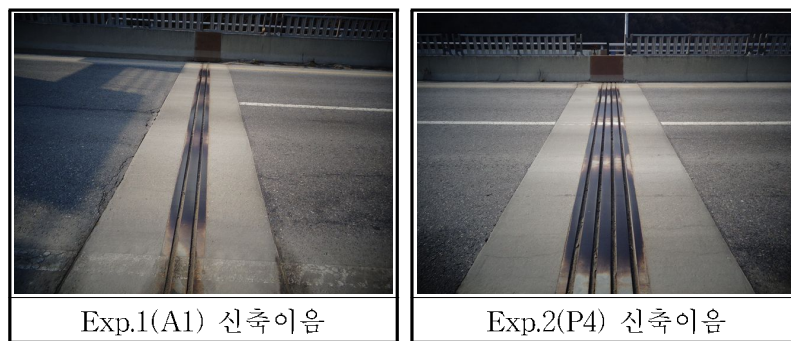
※ 실측 이동량은 고정단을 기준으로 신장시(+), 수축시(-)로 명기.

받침장치의 이동량 검토결과, 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

3.3.7 신축이음장치

(1) 현황

세종대교의 신축이음장치는 Rail Joint 형식으로 시·종점부 교대 및 교각 총6기 (A1, A2, P4, P11, P18, P25)가 설치되어 있다.



【그림 3.16】 신축이음 현황

(2) 조사항목

외관조사는 아래와 같은 항목을 주요 점검항목으로 하여 조사를 실시하였다.

【표 3.26】 신축이음장치 외관조사시 주요 점검항목

점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
본체 (강재 신축이음)	• 누수, 오염(배수시설 누락, 이물) • 유간(부족 또는 과다) • 이상진동(충격음)	• 본체유동 및 파손(충격음, 흔들림) • 방수재(셀재) 파손-노면수 유입
후타재	• 전·후의 단차(교면포장과의 단차) • 균열 및 파손(패임 및 요철)	

(3) 외관조사 내용

신축이음의 외관조사 결과, 건조수축에 의한 후타재 균열(80.8m), 단차(0.1m), 파손(5.34m²), 차수판 미설치(1개소), 하부 베어링 밀림(8개소), 하부 볼트 부식(85개소)등이 발생한 상태이며, 기존에 하부 베어링 이탈 등의 손상은 보수 되었으나, 현재 이탈 및 밀림이 일부 진전 된 것으로 확인되었다. 신축이음 구간은 지속적인 관찰 후 진전시 신축이음 교체 등의 조치가 필요하다.



【그림 3.17】 신축이음장치 손상 현황

(4) 손상규모

【표 3.27】 신축이음 결합 및 손상내용

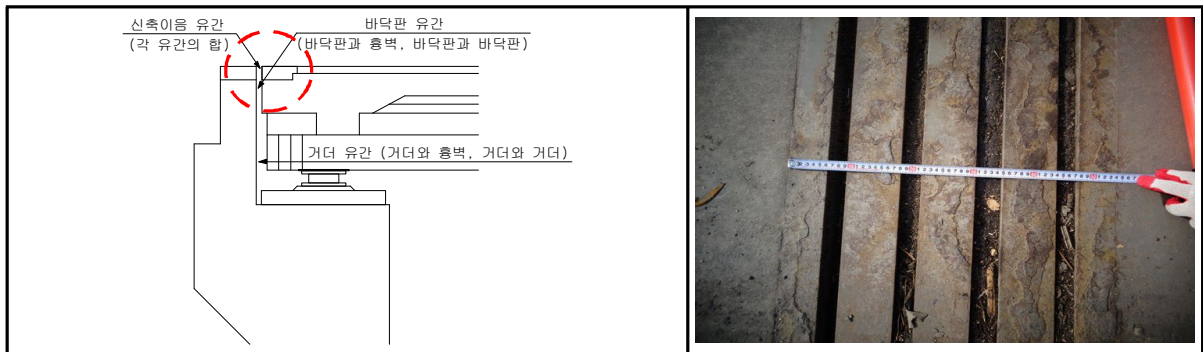
구분	손상물량									
	후타재 균열 (m/개소)	토사퇴적 (m/개소)	후타재 단차 (m/개소)	차수판 미설치 (개소)	차수판 길이 부족 (개소)	후타재 들뜸, 파손 (㎡/개소)	볼트 이완 (개소)	후타재 재료 분리 (㎡/개소)	하부 볼트 부식 (개소)	하부 베어링 이탈 (개소)
A1	13.2/26	31.0/2	0.1/1	-	-	-	-	-	-	-
P4	11.4/19	31.0/2	-	1	2	0.12/1	2	-	20	-
P11	12.0/16	31.0/2	-	-	2	0.32/2	-	1.62/1	20	2
P18	10.2/17	31.0/2	-	-	2	4.8/2	-	-	25	2
P25	18.0/30	31.0/2	-	-	2	0.04/1	-	-	20	4
A2	16.0/32	42.0/2	-	-	-	0.06/1	-	-	-	-
소계	80.8/64	197.0/12	0.1/1	1	8	5.34/7	2	1.62/1	85	8

【표 3.28】 신축이음 손상집계

구분	단위	‘14 정밀	‘16 정밀	증감		비고
		수량/개소	수량/개소			
후타재 균열	m	45	80.8	▲	35.8	신규손상
토사퇴적	m	-	197.0	▲	197.0	물량변동
후타재 단차	m	-	0.1	▲	0.1	신규손상
차수판 미설치	개소	1	1	-	-	변동없음
차수판 길이부족	개소	8	8	-	-	변동없음
후타재 들뜸 및 파손	㎡	1.5	5.34	▲	3.84	신규손상
하부 볼트 이완	개소	-	2	▲	2	신규손상
후타재 재료분리	㎡	-	1.62	▲	1.62	신규손상
하부 볼트 부식	개소	-	85	▲	85	신규손상
하부 베어링 이탈	개소	96	8	▼	-88	일부보수

(5) 신축이음 유간 및 가동량 검토

신축이음장치의 선정과 설계의 기준이 되는 신축량의 계산은 온도 상승에 따른 상부구조의 신장거동으로 인하여 양쪽 단부의 충돌을 방지하고자 도로교설계기준에 따라 온도변화에 따른 이동량을 고려하여 여유량을 검토하였으며, 조사일자별 온도에 따른 신축이음장치의 가동량을 측정하여 그 기능성을 평가하였다.



【그림 3.18】 신축이음장치 유간 측정방법 및 조사전경

① 신축여유량 검토

신축이음장치의 유간에 대한 검토는 『도로교설계기준, 2010』에 따라 측정일 온도에서 설계검토 최고온도까지의 신장거동에 대한 부가여유량을 검토하였다.

- 조사시 온도 : 2016년 3월 3일 외기온도 $\Rightarrow 10^{\circ}\text{C}$
- 검토 온도 : $+40^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ (강교일 경우)

◎ 신축이음장치 이동여유량 산정

- 온도에 의한 이동량 : $\Delta \ell_t = \alpha \times \Delta T \times \ell$
- 선팽창계수 : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$ (강교)
- 온도범위 : $\Delta T = 40^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{C}$ (최대 신장시, 강교)
 $-10^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = -20^{\circ}\text{C}$ (최대 수축시, 강교)
- 적용 경간 길이 (ℓ) : 97.5m(A1), 337.5m(P4), 420.0m(P11,18,25)
180.0m(A2)

【표 3.29】 신축이음부 유간 조사결과

위 치	형 식	지 간 (m)	유간측정량 (mm)	온도에 의한 신축량 (mm)		신축여유량 (mm)		검 토
				신장시	수축시	신장시	수축시	
Exp.1 (원주 A1)	레일 조인트	97.5	60.0	35.1	23.4	60.0	100.0	O.K
Exp.1 (양평 A1)		97.5	60.0	35.1	23.4	60.0	100.0	O.K
Exp.2 (원주 P4)		337.5	135.0	121.5	81.0	135.0	185.0	O.K
Exp.2 (양평 P4)		337.5	145.0	121.5	81.0	145.0	175.0	O.K
Exp.3 (원주 P11)		420.0	155.0	151.2	100.8	155.0	165.0	O.K
Exp.3 (양평 P11)		420.0	153.0	151.2	100.8	153.0	167.0	O.K
Exp.4 (원주 P18)		420.0	155.0	151.2	100.8	155.0	165.0	O.K
Exp.4 (양평 P18)		420.0	156.0	151.2	100.8	156.0	164.0	O.K
Exp.5 (원주 P25)		420.0	158.0	151.2	100.8	158.0	162.0	O.K
Exp.5 (양평 P25)		420.0	160.0	151.2	100.8	160.0	160.0	O.K
Exp.6 (원주 A2)		180.0	65.0	64.8	43.2	65.0	95.0	O.K
Exp.6 (양평 A2)		180.0	65.0	64.8	43.2	65.0	95.0	O.K

온도변화에 의한 신축이음부 여유량은 측정 조사일(2016년 3월 3일)에 실측을 하여 계산신축량과 검토한 결과, 실측한 신축이음의 여유량은 계산에 의한 신축량 보다 여유가 있는 것으로 검토되었다.

3.3.8 배수시설

(1) 현황

배수구는 원주방향 96개소, 양평방향 98개소, 총 194개소가 설치되어 있으며, 각 배수구는 스틸그레이팅이 설치되어 있는 상태이다.



【그림 3.19】 신축이음 현황

(2) 조사항목

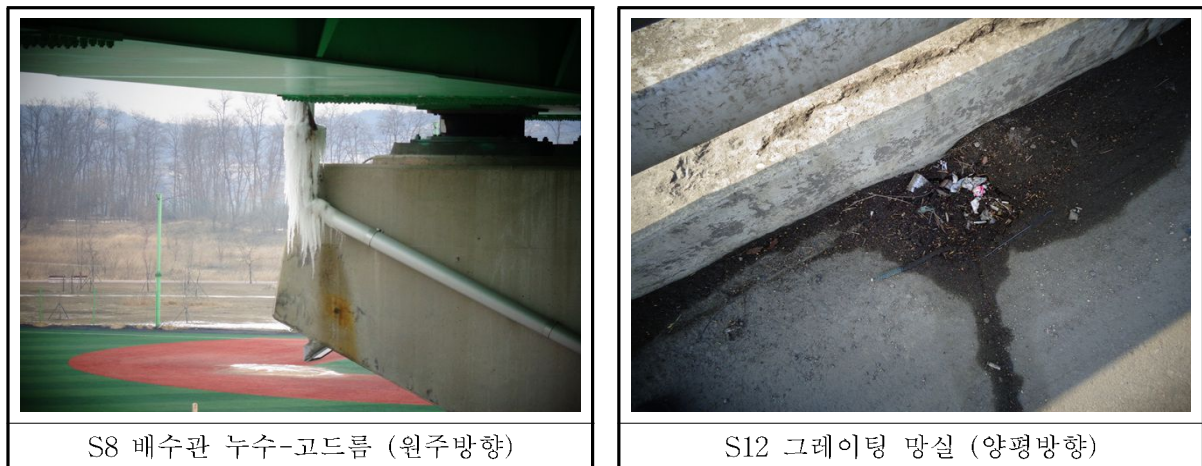
외관조사는 아래와 같은 항목을 주요 점검항목으로 조사를 실시하였다.

【표 3.30】 배수구 외관조사시 주요 점검항목

점 검 부 위	손 상 종 류	비 고
배 수 구	• 파손, 누락 • 누수, 체수(막힘) • 오염(이물질 퇴적)	
배 수 관	• 파손(연결 고정부 탈락) • 배수관 길이부족(하부구조 낙수) • 유출구 위치 부적절(도로구간)	
기 타	• 배수구 길이가 짧은 구간 거더 외관상태	

(3) 외관조사 내용

배수구 외관조사 결과, 일부 구간에서 배수구 누수, 그레이팅 망실 등의 손상이 조사되었고, 정비가 요망된다. 일부 구간의 누수는 동절기에 고드름이 발생하여 하부 공원으로 유입될 가능성이 존재하므로, 배수관 청소 등의 정비 및 이음부 재시공 등의 조치가 필요하다.



【그림 3.20】 배수시설 손상 현황

(4) 손상규모

【표 3.31】 배수구 손상집계

구 분	단 위	'14 정밀 수량/개소	'16 정밀 수량/개소	증감	비고
그레이팅 망실	EA	96	83	▼ -13	물량수정
배수관 누수	EA		3	▲ 3	신규손상

3.3.9 부대시설

세종대교의 부대시설로는 가로등 및 LED조명이 설치되어 있으며 양호한 상태이다.



【그림 3.21】 부대시설 설치현황

3.3.10 손상수량 집계표

(1) 손상수량 집계표

【표 3.32】 손상수량 집계표

구 분		단위	'14 정밀	'16 정밀	증감		비고
			수량/개소	수량/개소			
교 면 포 장	망상균열 및 라벨링	m ²	228	341.1	▲	113.1	물 량수정
	소성변형	m ²	174	163.8	▼	-10.2	물 량수정
	아스콘 균열	m	-	33	▲	33	신규손상
	포트홀, 파손, 긁힘	m ²	1.5	1.1	▼	-0.4	물 량수정
연석/ 난간	0.3mm미만 균열	m	-	732.0	▲	732.0	물 량수정
	0.3mm이상 균열	m	42.0	56.1	▲	14.1	신규손상
	파손, 박리 및 박락, 들뜸, 열화	m ²	19.5	214.66	▲	195.16	신규손상
	철근노출	m ²	-	0.35	▲	0.35	신규손상
	강재난간 변형 및 파손	m	51.5	74.5	▲	23.0	신규손상
	재료분리	m ²	-	8.81	▲	8.81	신규손상
	텔리네이터 파손	개소	8	8	-	-	변동없음
바닥판 하 면	0.3mm미만 균열	m	350	260.7	▼	-89.3	손상진전
	0.3mm이상 균열	m	12	213.1	▲	201.1	손상진전
	균열부 백태	m ²	2.61	0.27	▼	-2.34	물 량수정
	백태	m ²	-	40.86	▲	40.86	물 량수정
	철근노출	m ²	-	0.45	▲	0.45	신규손상
	박락 및 파손	m ²	2.2	0.24	▼	-1.96	물 량수정
	균열부 누수	m ²	-	2.09	▲	2.09	신규손상
거 더 외 부 및 가로보	부식 및 도장박리, 박락	m ²	10.8	10.8	-	-	변동없음
	도장긁힘	m ²	2.7	2.79	-	-	변동없음
	볼트부식	개소	206	212	▲	6	물 량수정
거 더 내 부	이물질퇴적	m ²	-	5.5	▲	5.5	물 량변동
	부식	m ²	2.6	5.84	▲	3.24	손상증가
	도장박리	m ²	-	23.58	▲	23.58	물 량변동
	조명등 불량	EA	-	35	▲	35	물 량변동

【표 3.32】 손상수량 집계표(계속)

구 분		단위	‘13 진단	‘15 점검	증감		비고
			수량/개소	수량/개소			
교 대 교 각	0.3mm미만 균열	m	88	128.5	▲	40.5	추가손상
	0.3mm이상 균열	m	12	6.1	▼	-5.9	일부보수
	누수흔적	m ²	-	147.85	▲	147.85	물량변동
	철근노출	m ²	-	1.02	▲	1.02	물량변동
	망상균열	m ²	59	354.25	▲	295.25	물량변동
	재료분리, 백태	m ²	22.3	23.53	▲	1.23	추가손상
	블록 침하 및 파손	m ²	-	8	▲	8	추가손상
	파손, 박리, 굽힘	m ²	-	2.19	▲	2.19	물량변동
받침 장치	플레이트 부식	EA	42	49	▲	7	추가손상
	볼트 부식	EA	-	1	▲	1	신규손상
	박락, 파손	m ²	-	3.37	▲	3.37	신규손상
	0.3mm미만 균열	m	-	1.7	▲	1.7	물량변동
	토사퇴적	m ²	-	2.0	▲	2.0	신규손상
	재료분리	m ²	-	0.75	▲	0.75	물량변동
신 축 이 음	후타재 균열	m	45	80.8	▲	35.8	신규손상
	토사퇴적	m	-	197.0	▲	197.0	물량변동
	후타재 단차	m	-	0.1	▲	0.1	신규손상
	차수판 미설치	개소	1	1	-	-	변동없음
	차수판 길이부족	개소	8	8	-	-	변동없음
	후타재 들뜸 및 파손	m ²	1.5	5.34	▲	3.84	신규손상
	하부 볼트 이완	개소	-	2	▲	2	신규손상
	후타재 재료분리	m ²	-	1.62	▲	1.62	신규손상
	하부 볼트 부식	개소	-	85	▲	85	신규손상
	하부 베어링 이탈	개소	96	8	▼	-88	일부보수
배 수 시 설	그레이팅 망실	EA	96	83	▼	-13	물량수정
	배수관 누수	EA	-	3	▲	3	신규물량

(2) 손상수량 집계결과 분석

손상집계 결과, 교면포장, 연석/난간 등은 공용연수 증가에 따른 차량충돌, 외기환경 등에 의해 손상수량이 일부 증가하였다.

3.4 외관조사 결과분석

3.4.1 교면포장

교면포장은 아스팔트 포장으로 보수이력 확인결과, 보수이력은 없는 것으로 확인되었다. 주요 손상은 장기공용 및 중차량 운행에 의한 아스콘 균열, 망상균열 및 라벨링 등이며, 국부적으로 포트홀, 패임이 발생하였다. 교면포장 외관조사 결과, 아스콘 망상균열 및 라벨링 (341.1m²)과, 아스콘 균열(33.0m), 포트홀 및 파손, 굽힘(1.1m²), 소성변형(163.8m²) 등이 조사되었다. 포장부의 손상은 반복적인 차량 하중, 중차량의 지속적인 통행 및 아스콘의 노후화에 의한 손상으로 판단되며, 기존 손상인 균열 및 라벨링, 포트홀의 손상 구간은 차량의 주행성 및 유지관리를 위한 재포장, 아스콘 팻칭, 실링 등의 조치가 요망된다.

3.4.2 연석/난간

연석/난간에 대한 보수이력 확인결과, 보수 이력은 확인되지 않은 상태이다. 주요 손상으로 공용에 인한 열화, 균열, 외부 충격에 의한 파손, 난간 파손, 델리네이터 파손 등이 조사되었다. 연석/난간 및 중분대 상태에 대한 외관조사 결과, 폭 0.3mm미만의 균열(732.0m), 폭 0.3mm이상 균열(56.1m), 콘크리트 파손 및 들뜸 (214.66m²), 재료분리(8.81m²), 난간파손 (15개소) 등이 발생되었다. 기 손상부는 장기간 공용으로 인한 열화, 외부 충격에 의한 파손, 건조수축에 의한 균열 등의 손상으로 판단되며, 내구성 확보를 위하여 단면보수 등의 조치가 요구되며, 경미한 손상은 주기적인 관찰 후 표면처리, 교체 등의 조치가 필요하다.

3.4.3 바닥판하면

바닥판 하면은 콘크리트 바닥판이 일체화된 강합성교 형식으로 구성되어 있다. 외관조사 결과, 균열 및 백태, 균열부 누수흔적 등이 발생한 상태이다.

바닥판 하면 상태에 대한 외관조사 결과 폭 0.3mm미만 균열(260.7m), 폭 0.3mm이상 균열(213.1m), 백태(40.86m²), 균열부 누수 및 누수흔적(2.09m²), 철근노출(0.45m²) 등이 조사되었다. 기 손상부는 초기 건조수축 균열구간에 우수의 유입으로 백태가 발생하였고, 내구성 확보를 위하여 습식균열보수, 주입보수 등이 요구되며, 경미한 손상은 주기적인 관찰 후 진진 시 표면처리 등의 조치가 필요하다.

3.4.4 거더 및 가로보

(1) 거더 외부 및 가로보

Steel Box Girder로서 경간당 2련으로 구성되어 있으며, 각각 원주방향 G1~G2 와 양평방향 G1~G2 사이에 Cross Beam(가로보)이 설치되어 있다.

거더 외부, 가로보의 주요 손상은 Steel Box 전반에 걸쳐 발생된 장기공용에 의한 국부적인 부식 및 도장박리, 볼트부식, 굽힘 등으로 도장 상도층이 박리되거나 표면에 녹물이 배어있는 상태이다.

거더 외부에 대한 외관조사 결과, 부식 및 도장박리(10.8m²), 볼트부식(212개소), 도장굽힘(2.79m²) 등이 조사되었다. 세종대교는 강과 근접하고 있어, 강재에 대한 도장 부식, 박리, 박락 등의 손상발생 빈도가 높을 것으로 판단되며, 도장 박리 및 부식 구간은 재도장이 요구된다. 재도장시 상도를 벗겨내고 표면처리 후 정밀한 시공이 필요하다.

(2) 거더 내부

거더 내부의 주요 손상은 도장박리, 부식, 조명등 탈락 등이며, 현재 거더내부에 대한 외관조사 결과, 도장박리(23.58m²), 부식(5.84m²), 조명등 불량(35개소) 등이 발생되었다. 장기공용 및 시공미흡에 의한 도장박리 등은 상도층이 박리된 상태로, 재도장이 요망된다.

3.4.5 교대 및 교각

(1) 교대

교대는 역T형으로 시·종점측에 각각 시공되어 있다.

교대의 외관조사 결과, 신축이음 및 배수관의 우수유입으로 인한 국부적인 범면 침하(8.0m²), 전선 덮개 부식, 날개벽 재료분리(2.0m²) 등의 손상이 발생되었다. 범면 침하구간은 흙채움 및 재설치 등의 조치가 요망되고, 재료분리 및 덮개부식은 주의관찰, 정비가 필요하다.

(2) 교각

교각의 형식은 T형으로 시공되어 있으며, 외관조사 결과, 교각은 망상균열(354.25m²), 폭 0.3mm미만 균열(128.5m), 폭 0.3mm이상 균열(6.1m), 콘크리트 박리 및 철근노출, 굽힘, 박락 (2.09m²), 누수흔적 및 표면오염(147.85m²) 등이 조사되었다. 폭 0.3mm미만 균열 및 망상균열은 소규모로 내부구속에 의한 표면건조균열로 판단되며, 손상정도가 경미하여 주의관찰 후 손상 진전 시 보수를 실시하는 것이 바람직하다. 폭 0.3mm이상의 균열은 비구조적인 건조수축균열로 주입보수 등의 조치가 필요하다. 콘크리트 파손 및 철근노출은 외부 충격에 의한 경미한 손상으로 교각의 내구성 증진을 위하여 단면보수 등의 조치가 필요하다.

3.4.6 받침장치

세종대교의 받침장치 형식은 L.R.B 형식이다.

교량받침은 부식 및 플레이트 부식(49ea), 무수축물탈 균열(1.7m), 받침콘크리트 박락, 파손(3.37m²), 재료분리(0.75m²)등이 발생하였다.

교량받침 기존 손상인 균열 및 박락 등의 손상은 지속적인 관찰 후 진전시 단면보수, 표면처리 등의 조치가 요구되며, 플레이트 부식 구간은 신축이음의 노후화로 우수유입에 의한 손상으로 신축이음의 우수유입 차단 후 재도장 등의 조치가 필요하다.

3.4.7 신축이음장치

세종대교의 신축이음장치는 Rail Joint 형식으로 시·종점부 교대 및 교각 총6기(A1, A2, P4, P11, P18, P25)가 설치되어 있다.

신축이음의 외관조사 결과, 건조수축에 의한 후타재 균열(80.8m), 단차(0.1m), 파손(5.34m²), 차수판 미설치(1개소), 하부 베어링 밀림(8개소), 하부 볼트 부식(85개소)등이 발생된 상태이며, 기존에 하부 베어링 이탈 등의 손상은 보수 되었으나, 현재 이탈 및 밀림이 일부 진전 된 것으로 확인되었다. 신축이음 구간은 지속적인 관찰 후 진전시 신축이음 교체 등의 조치가 필요하다.

3.4.8 받침장치 및 신축이음장치 이동영향 분석

받침장치와 신축이음 장치의 이동량 비교분석 결과, 측정조사일(2016년 3월 3일)을 기준으로 받침장치 및 신축이음장치의 이동여유량은 온도에 의한 계산신축량보다 여유가 있는 것으로 검토되었다.

3.4.9 배수시설

배수구는 원주방향 96개소, 양평방향 98개소, 총 194개소가 설치되어 있으며, 각 배수구는 스틸그레이팅이 설치되어 있는 상태이다. 배수구 외관조사 결과, 일부 구간에서 배수구 누수, 그레이팅 망실 등의 손상이 조사되었고, 정비가 요망된다. 일부 구간의 누수는 동절기에 고드름이 발생하여 하부 공원으로 유입될 가능성이 존재하므로, 배수관 청소 등의 정비 및 이음부 재시공 등의 조치가 필요하다.

3.4.10 부대시설

세종대교의 부대시설로는 가로등 및 LED조명이 설치되어 있으며 양호한 상태이다.



제 4 장 내구성 조사 및 시험

4.1 개 요

4.2 콘크리트 내구성 조사 및 시험

4.3 내구성 조사 및 시험 결과

제 4 장 내구성 조사 및 시험

4.1 개 요

본 과업 구조물의 상태평가를 적절히 수행하기 위해서는 정밀점검의 목적에 부합하는 내구성 조사 및 시험을 실시하여야 하며, 이를 통해 제3장에서 기술한 외관조사 내용과 함께 구조물의 사용성, 안전성을 검토하고 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 한다.

내구성 조사 및 시험은 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 방법으로 사용장비 및 측정방법, 적용한계 등을 고려하여 사용법을 충분히 숙지한 자가 검·교정을 필한 장비를 사용하여 실시한다.

4.1.1 내구성 조사 및 시험 내용

- (1) 각 부재별 바닥판, 교대, 교각에 대해 조사를 실시하였다.
- (2) 각 항목별 시험위치 및 측정개소는 외관조사를 실시한 후 부재의 구조적인 안전성과 부재의 외관상태를 고려(손상다수)하여 선정하였다.
- (3) 내구성조사 및 시험은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편)』에 준하여 실시하였다.

【표 4.1】 내구성 조사 및 시험 내용

구 분	조 사 및 시 험 내 용
1. 반발경도시험	슈미트햄머로 반발경도를 측정하여 콘크리트 강도를 측정
2. 탄산화깊이시험	페놀프탈레인용액으로 콘크리트의 탄산화 진행깊이를 조사

4.1.2 시험 측정일자 및 조사자

【표 4.2】 내구성 조사 측정일자 및 조사자

구 분	일 자	조 사 자	비 고
콘크리트 비파괴 시험	2016. 02. 29 ~ 2016. 03. 07	장 진 원 외 4명	-

4.1.3 적용 기준 및 실시 수량

본 교량에 대한 콘크리트 및 강재 비파괴 시험은 “안전점검 및 정밀안전진단 세부 지침(국토해양부, 2013.04)”에 근거하여 위치 및 수량을 결정하였으며, 구조물의 분석이 객관적이며 보편타당하게 이루어질 수 있도록 기준 수량을 모두 만족하였다.

【표 4.3】 내구성 조사 및 시험실시 수량

구 분		세부지침 기준		세부지침 기준 산출 수량		금회 시험 수량		비 고
		상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	
콘크리트	반발경도시험	◦ 1개소/50m	◦ 1개소/50m	46	46	46	46	
	탄산화깊이시험	◦ 5경간 이상 : 3~6개소 (상부구조 2개소 이상)		6	6	6	6	

4.1.4 내구성 조사 및 시험현황



면정리(바닥판하면)



탄산화깊이 시험(바닥판하면)



페놀프탈레인 용액 측정(드릴링)



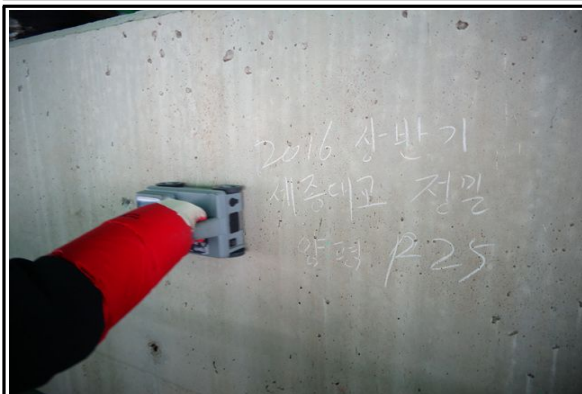
반발경도 시험(바닥판하면)



면정리(교각)



탄산화깊이 시험(교각)



피복두께 측정 (교각)



반발경도 시험(교각)

【그림 4.1】 내구성 조사 및 시험현황

4.2 콘크리트 내구성 조사 및 시험

4.2.1 개요

(1) 반발경도시험

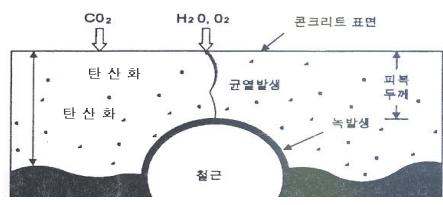
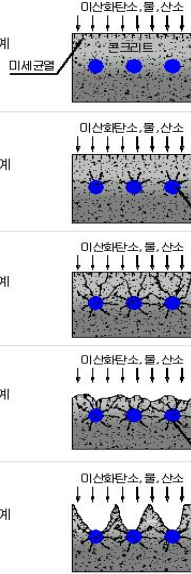
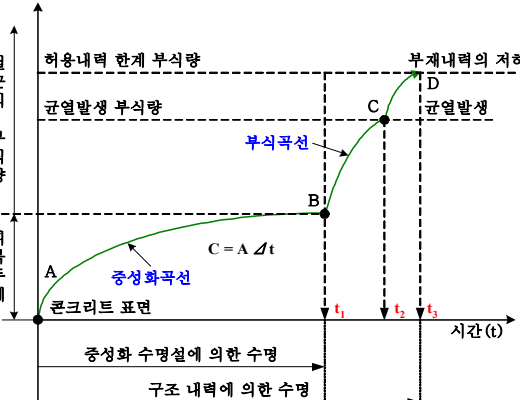
개 요	■ 콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법이다. ■ 슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.																																																															
시험방법	■ 반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 중·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 $\pm 20\%$ 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정 ■ 보-기둥의 모서리에서는 최소 30~60mm 이격 하고, 측정 부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm이상을 원칙으로 함 ■ 측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건조에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함 측정기의 기종 선정 ↓ 점검기에 의한 정도확인 ↓ 측정 장소의 확인, 요철제거 ↓ Marker 등에 의한 측정점의 표시 ↓ 측정, 20점 이상의 평균 ↓ 타격 방향, 습윤 및 재령의 보정 ↓ 강도추정식에 의한 압축강도 산출 ↓ 압축강도의 추정 <반발경도법에 의한 강도추정 흐름도>																																																															
보정방법	■ 타격방향에 따른 보정(ΔR_1) <table><tr><th rowspan="2">반발경도 (R)</th><th colspan="4">수평과 이루는 각도</th><th rowspan="2">비고</th></tr><tr><th>+90°</th><th>+45°</th><th>-45°</th><th>-90°</th></tr><tr><td>10</td><td>-</td><td>-</td><td>+2.4</td><td>+3.2</td><td rowspan="6">상향수직 : +90° 하향수직 : -90°</td></tr><tr><td>20</td><td>-5.4</td><td>-3.5</td><td>+2.5</td><td>+3.4</td></tr><tr><td>30</td><td>-4.7</td><td>-3.1</td><td>+2.3</td><td>+3.1</td></tr><tr><td>40</td><td>-3.9</td><td>-2.6</td><td>+2.0</td><td>+2.7</td></tr><tr><td>50</td><td>-3.1</td><td>-2.1</td><td>+1.6</td><td>+2.2</td></tr><tr><td>60</td><td>-2.3</td><td>-1.6</td><td>+1.3</td><td>+1.7</td></tr></table> ■ 콘크리트 재령에 따른 보정(α) <table><tr><th>구분</th><th>7일</th><th>14일</th><th>21일</th><th>28일</th><th>100일</th><th>500일</th><th>750일</th><th>1000일</th><th>2000일</th><th>3000일</th></tr><tr><td>재령(α)</td><td>1.72</td><td>1.36</td><td>1.12</td><td>1.00</td><td>0.78</td><td>0.67</td><td>0.66</td><td>0.65</td><td>0.64</td><td>0.63</td></tr></table> ■ $R_o = R + \Delta R_1$ 여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값	반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고	+90°	+45°	-45°	-90°	10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°	20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2	60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일	재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고																																																											
	+90°	+45°	-45°	-90°																																																												
10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°																																																											
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4																																																												
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1																																																												
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7																																																												
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2																																																												
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7																																																												
구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일																																																						
재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63																																																						
압축강도 추정식	■ 방법 1 : $F_c = (-18.0+1.27\times R_o)\times \alpha$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본재료학회 추정식 ■ 방법 2 : $F_c = \{(7.3R_o + 100)\times 0.098\}\times \alpha$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본건축학회 추정식																																																															

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조

※ 콘크리트 내구성 평가절차 수립(국토해양부, 시설안전기술공단, 1999.12) 참조

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단, 2013.04) 참조

(2) 탄산화깊이 시험

개요	■ 경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화 하여 pH값은 12~13에서 8~10이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 한다. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  ■ 콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다.	 ◆ 1단계 미세균열 미산화탄소, 물, 산소 ◆ 2단계 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생 미산화탄소, 물, 산소 ◆ 3단계 철근의 윗면이 팽창하여 균열이 표면까지 연장되고 동해 등의 다른 열화를 유발시킴. 녹물이 보임 미산화탄소, 물, 산소 ◆ 4단계 철근 윗면의 피복이 탈락되기 시작하고 철근노출이 시작됨. 철근의 단면적 감소 미산화탄소, 물, 산소 ◆ 5단계 철근의 피복이 탈락하여 철근은 공기와 풍수에 직접 노출됨. 내구성은 저하 가속 미산화탄소, 물, 산소 <탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정>																		
측정 방법	■ 코어 공시체 표면 또는 햄머드릴을 이용하여 직경 1~2cm 정도의 구멍을 뚫고 청소 후에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 탄산화 깊이를 측정 또는 채취된 코어에 시험 ■ 페놀프탈레인 1%용액: 페놀프탈레인 1g + 에탄올 90cc(순도 95%) + 증류수 = 100ml로 제조																			
시험 순서	① 탄산화시험 위치 선정 ② 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 원형시험지 준비 ③ 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지를 드릴 밑에 두고 드릴링 시작 ④ 원형시험지가 변색되는 시점에 드릴링 멈춤 ⑤ 드릴링된 깊이(mm) 측정, 평균값 선정																			
평가 기준	<탄산화 상태평가 기준> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">구분 \ 평가</th> <th style="text-align: center;">a</th> <th style="text-align: center;">b</th> <th style="text-align: center;">c</th> <th style="text-align: center;">d</th> <th style="text-align: center;">e</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">탄산화 잔여 깊이</td> <td style="text-align: center;">30mm 이상</td> <td style="text-align: center;">10 mm 이상 ~ 30mm 미만</td> <td style="text-align: center;">0 mm 이상 ~ 10mm 미만</td> <td style="text-align: center;">0mm 미만</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">철근부식의 가능성</td> <td style="text-align: center;">탄산화에 의한 부식발생 우려 없음</td> <td style="text-align: center;">향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음</td> <td style="text-align: center;">탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음</td> <td style="text-align: center;">철근부식 발생</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>		구분 \ 평가	a	b	c	d	e	탄산화 잔여 깊이	30mm 이상	10 mm 이상 ~ 30mm 미만	0 mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-	철근부식의 가능성	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-
구분 \ 평가	a	b	c	d	e															
탄산화 잔여 깊이	30mm 이상	10 mm 이상 ~ 30mm 미만	0 mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-															
철근부식의 가능성	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-															
내구 수명 평가	■ t_1: 탄산화가 철근표면에 도달하는 시점 t_2: 철근 부식, 콘크리트 균열 발생 시점 t_3: 부재내력이 한계에 달하는 시점 ■ 탄산화속도 식: $C = A\sqrt{t}$ 여기서, C: 탄산화깊이(mm) : 경과년수(년) : 탄산화 속도계수(mm/) ■ 탄산화가 철근에 도달하는 시간(t_d): $t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_0$ 여기서, D_c: 철근까지의 피복두께(mm) t_0: 현재의 구조물 경과시간(년)	 <콘크리트 내부에서 철근부식의 개념>																		

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부, 한국시설안전공단, 2013.04) 참조

(2) 시험 보고서

【표 4.5】 반발경도 시험보고서

구 분	세종대교
시험일자	2016. 03. 02 ~ 03. 07.
시험시간	09:00~18:00
구조물에서 시험 영역의 위치	바닥판, 교대, 교각
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	비교적 양호한 상태 (구조적 손상 없음)
콘크리트의 설계 조건	바닥판 : fck=27.0MPa, 교대·교각 : fck=24.0MPa
시험 위치의 표면 상태	양호
시험시의 온도	기온 : -4.7℃ ~ 12.3℃
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부함수 상태	기건 상태
반발경도측정기의 종류 및 제품 번호	종류:NR-TYPE, 제품번호: 28191
반발경도측정기의 타격 방향	90°, 0°

(3) 기 점검 콘크리트강도 비교·분석

① 비파괴강도

본 교량에 대한 기 점검의 추정압축강도 결과와 금회의 추정압축강도를 비교·분석한 결과 다음과 같다.

【표 4.6】 기 점검 추정압축강도 결과 비교

구분	반발경도법(MPa)		설계강도	비 고
	2014년 정밀점검	금회 정밀점검		
바닥판 하면	27.6~30.7	27.0~30.5		
교대, 교각	25.9~28.0	24.3~28.6		

주) 전차와의 비교는 각각의 측정위치가 일치하지 않아 부재별 측정치의 최소·최대값으로 비교하였다.

② 비교·분석 결과

기 점검에서 실시한 반발경도시험 결과를 금회 측정치와 비교·분석한 결과, 전반적으로 비슷한 콘크리트 강도를 보이고 있는 것으로 분석되었으며, 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.

4.2.3 탄산화깊이 및 콘크리트 내구수명 측정

(1) 탄산화 깊이 측정

탄산화깊이 시험은 구조물에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위한 시험으로, 시험용액을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행깊이를 조사한 후 실측한 피복두께 대비 잔여피복두께를 파악하여 구조물의 내구성을 판단하고 상태평가 및 유지관리방안의 기초자료로 활용하였다.

(2) 탄산화 깊이 측정결과

【표 4.7】 탄산화깊이 시험결과

구분	부재	위치	탄산화깊이 (mm)	최소피복 (mm)	잔여피복 (mm)	평가결과
상부 구조	바닥판	S1 원주방향	6.5	40.0	33.5	a
		S1 양평방향	6.3	40.0	33.7	a
		S11 원주방향	6.5	40.0	33.5	a
		S11 양평방향	6.0	40.0	34.0	a
		S32 원주방향	6.9	40.0	33.1	a
		S32 양평방향	7.5	40.0	32.5	a
하부 구조	교대	A1 원주방향	7.2	100.0	92.8	a
		A1 양평방향	7.2	100.0	92.8	a
		A2 원주방향	7.5	100.0	92.5	a
		A2 양평방향	7.5	100.0	92.5	a
	교각	P11 원주방향	7.5	100.0	92.5	a
		P11 양평방향	7.9	100.0	92.1	a

주) 상기 피복두께 측정값은 급회 및 전회, 설계값 중 최소값을 적용함.

본 구조물의 탄산화깊이 시험결과, 바닥판은 6.0~7.5mm로 측정되었으며, 교대, 교각은 7.2~7.9mm로 측정되었다. 탄산화진행 정도에 따른 잔여피복두께는 상·하부구조 모두 30.0mm 이상으로 양호한 상태(평가 : a)로 평가되었다. 이에 따른 콘크리트의 내구수명을 다음과 같이 분석하였다.

(3) 탄산화진행 정도에 따른 콘크리트의 내구수명 예측

본 구조물의 탄산화깊이에 따른 탄산화속도를 계산하여 측정부위에 대한 내구수명을 예측하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 세종대교 준공년도 : 2007년 (경과년수 : 8년)
- 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{\text{경과년수(년)}}$
- 수명예측(년) = (실측피복두께 / 탄산화속도계수)²

【표 4.8】 탄산화깊이에 의한 콘크리트 내구연한

시험 위치		탄산화 깊이(mm)	실측피복 두께(mm)	평가	탄산화속도 계수(A)	수명예측 (년)	비 고
바닥판	S1 원주방향	6.5	40.0	a	2.30	212.5	
	S1 양평방향	6.3	40.0	a	2.23	228.9	
	S11 원주방향	6.5	40.0	a	2.30	212.5	
	S11 양평방향	6.0	40.0	a	2.12	256.9	
	S32 원주방향	6.9	40.0	a	2.44	184.1	
	S32 양평방향	7.5	40.0	a	2.65	150.2	
교대	A1 원주방향	7.2	100.0	a	2.55	∞	
	A1 양평방향	7.2	100.0	a	2.55	∞	
	A2 원주방향	7.5	100.0	a	2.65	∞	
	A2 양평방향	7.5	100.0	a	2.65	∞	
교각	P11 원주방향	7.5	100.0	a	2.65	∞	
	P11 양평방향	7.9	100.0	a	2.79	∞	

※ ∞ : 탄산화 예측수명년수와 잔존수명년수가 1,000년 이상인 경우

콘크리트의 내구수명을 분석해본 결과, 내구연한(탄산화진행이 최외측 철근까지 도달하는데 걸리는 시간)은 100년 이상으로, 탄산화시험 결과 상·하부 구조 모두 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단되나, 본 자료는 이론적인 것이므로 여러 환경적요소에 대비하여 향후 정밀안전진단 및 정밀점검 시에 지속적으로 탄산화 시험을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

(4) 탄산화 시험보고서

【표 4.9】 탄산화 시험 보고서

구 분		세종대교
경과년수		8년
사용 골재의 종류		확인되지 않음
측정면의 종류		드릴링에 의한 콘크리트면
시약		페놀프탈레인 1%용액
측정기구		버니어 캘리퍼스
시약분무 후 측정시간		직 후
탄산화 깊이	측정값	비파괴위치도 참조
	평균값	7.0mm
	최대값	7.9mm

(5) 기 점검 탄산화시험 결과 비교·분석

금회 측정한 탄산화깊이와 전회 점검(2014년 점검) 탄산화진행에 따른 잔여피복두께를 비교하여 그 경향을 분석한 결과, 전 시험부재에서 모두 양호한 상태로 평가되었으며, 측정값이 기 점검결과와 다소 상이하나 이는 시험위치 및 수량의 차이로 인한 것으로 판단된다.

【표 4.10】 기 점검 탄산화시험 결과비교

시험 위치		2014년 점검		금회 점검	
		탄산화 깊이	잔여피복	탄산화 깊이	잔여피복
상부 구조	바닥판	2.1~5.9	34.2~37.3	6.0~7.5	32.5~34.0
하부 구조	교대/교각	2.0~5.9	44.8~97.9	7.2~7.9	92.1~92.8

주) 전차와의 비교는 각각의 측정위치가 다소 일치하지 않아 부재의 최소·최대값으로 비교하였다.

4.3 내구성조사 및 시험 결과

4.3.1 콘크리트 내구성조사 및 시험 결과 분석

【표 4.11】 콘크리트 내구성조사 및 시험 결과 분석

구 분	시험 결과				결과 분석	
압 축 시 험 (MPa)					• 콘크리트 강도조사 결과, 모두 설계기준강도(상부구조 : 27.0MPa, 하부구조 : 24.0MPa)를 상회하는 것으로 분석됨	
	구분	부재명	반발경도법(MPa)	설계강도(MPa)		
	상부	바닥판	27.0~30.5	27.0		
	하부	교대, 교각	24.3~28.6	24.0		
탄산화 시 험 (mm)					• 탄산화에 의한 잔여피복두께는 상·하부구조(평가 : a)으로 양호한 상태로 평가됨	
	구분	부재명	탄산화깊이	잔여피복		내구연한
	상부	바닥판	6.0~7.5	32.5~34.0		100년 이상
	하부	교대, 교각	7.2~7.9	92.1~92.8		100년 이상



제 5 장 상태평가

5.1 개 요

5.2 상태평가 기준

5.3 상태평가 결과

제 5 장 상태평가

5.1 개 요

상태평가는 구조물의 정량적이고 객관적인 상태를 나타내기 위한 것으로, 상태평가 기준의 구성요소는 시설물의 육안조사를 통한 각 부재의 외관 상태변화 항목(결함, 손상, 열화)과 내구성 요소인 탄산화 시험 및 염화물함유량 시험 항목을 포함한다. 상태평가 기준은 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(제1장 교량), 2013.04』을 참고하였으며 책임기술자의 판단 하에 당 현장여건 및 구조형식에 맞는 평가기준을 적용하여 상태평가를 산정하였다.

5.2 상태평가 기준

5.2.1 상태평가 항목 및 기준

(1) 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 부재의 중요도를 감안하여 차등화 하였으며, 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 적용하였다.

【표 5.1】 부재별 상태평가 적용 범위

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

(2) 부재별 상태평가 기준

① 콘크리트 바닥판

【표 5.2】 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상
	1방향균열	2방향균열	
a	• 균열폭 0.1mm 미만	• 망상균열폭 0.1mm미만	• 없음
b	• 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만 • 균열율 2%미만	• 망상균열폭 0.1mm이상~0.3mm 미만	• 표면 손상면적 2%미만
c	• 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 • 균열율 2%이상~10미만	• 망상균열폭 0.3mm이상	• 표면 손상면적 2%이상~10%미만 • 철근부식 손상면적 2%미만 • 데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	• 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 • 균열율 10%이상~20미만	• 망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	• 표면 손상면적 10%이상 • 철근부식 손상면적 2%이상 • 데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	• 균열폭 1.0mm 이상 • 균열율 20%이상	• 망상균열에 의한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	• 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

㉠ 본 상태평가 기준은 RC 바닥판의 상태평가에 적용한다.

㉡ 1방향균열의 경우 0.3mm미만의 균열평가 기준을 “b”로 1.0mm이상의 균열과 균열율 20% 이상인 상태를 “e”로 평가한다.

㉢ 2방향균열의 경우 망상균열로 인한 박리 발생시 평가기준을 “d”, 편칭파괴의 발생 가능성이 있으면 “e”로 평가한다.

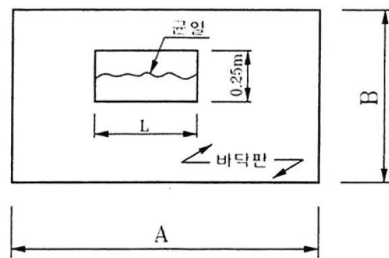
㉣ “열화 및 손상” 손상항목은 표면손상 면적과 철근부식손상 면적으로 평가하며, 철근부식에 따르는 내하력 저하의 가능성이 없으면 표면손상으로, 부식에 의한 철근의 단면감소로 인하여 내하력 저하의 가능성이 있으면 철근부식손상으로 규정한다.

㉤ 표면손상은 파손, 박락, 층분리, 재료분리 등과 같이 손상이 콘크리트 부분에 국한된 경우를 말하며, 철근부식손상은 철근노출 및 노출된 철근이 부식된 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트의 팽창, 균열 및 박리가 발생한 경우를 말한다.

- ㉠ 균열율은 폭 0.2mm이상의 균열을 대상으로 산정한다.
- ㉡ 바닥판 하면이 데크플레이트로 보호된 경우 강바닥판이 아닌 콘크리트 바닥판으로 평가한다.
- ㉢ 콘크리트 균열에 의한 평가기준은 콘크리트 부재에 대한 설계, 시공 및 유지관리 분야간의 일관성을 위해 2012년 12월 개정된 콘크리트구조기준에 명시된 허용균열 폭을 참고하였다.
- ㉣ 균열율 및 면적을 산정 방법

(가) 균열율 산정

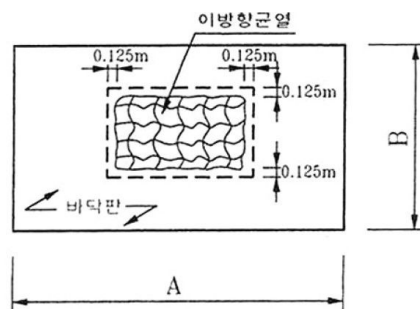
- 일방향 균열



- 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

- 이방향 균열



- 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내 면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

(나) 표면손상에 대한 면적을 산정

$$\text{표면손상면적율}(\%) = \frac{\text{결함및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

(다) 철근부식 손상면적을 산정

노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.

$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

② 강 거더

【표 5.3】 강 거더 상태평가 기준

항목	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2%미만	· 부분적 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장탈락 면적 10%미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 보조부재의 전반적 변형 및 파단 · 주부재의 국부적 변형	· 보조부재 2%이상~10%미만 · 주부재 2% 미만	· 주부재의 심한 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용입부족, 용접누락	· 도장탈락 면적 10%이상 · 부식발생 면적 2% 이상 ~ 10% 미만
d	· 주부재의 전반적 균열	· 주부재의 전반적 변형 및 파단 · 좌굴에 의한 주부재 변형	· 보조부재 10%이상 · 주부재 2%이상~10%미만	· 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생 면적 10%이상 · 부식에 의한 단면 손상 면적 10%미만
e	· 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	· 좌굴에 의한 과대변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	· 주부재 10%이상	· 인장플랜지 용접 연결부 균열 진전으로 인해 연결 기능 상실	· 부식에 의한 단면 손상 면적 10%이상

㉠ 본 상태평가 기준은 강박스거더 상태평가에 적용한다.

㉡ 강재 거더에 대한 상태평가 시 용접연결부에 대한 육안조사 및 비파괴조사 결과를 반영하여 상태평가를 수행한다.

㉢ 주부재라 함은 바닥판(거더)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 강박스의 경우 상,하부 플랜지, 복부판, 종리브, 지점부 격벽은 주부재이며, 수평/수직보강재, 횡리브는 보조부재이다.

㉣ 용접불량의 종류를 내하력저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

㉤ 부식발생면적과 도장탈락면적을 구분하여 평가한다.

즉, 도장탈락은 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하며, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.

㉥ 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

③ 강 가로보와 세로보

【표 5.4】 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

항목	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음	· 없음
b	· 보조부재의 국부적 균열	· 보조부재의 국부적 변형	· 보조부재 2%미만	· 부분적 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷)	· 도장손상 면적 10%미만 · 부식발생 면적 2%미만
c	· 보조부재의 전반적 균열 · 주부재의 국부적 균열	· 주부재의 국부적 변형 · 변형 및 충격에 의한 손상 발생	· 보조부재 2%이상 ~ 10%미만 · 주부재 2% 미만	· 주부재의 심한 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷) · 부분적 용입부족, 용접누락	· 도장손상 면적 10%이상 · 부식발생 면적 2% 이상 ~ 10% 미만 · 부식에 의한 단면 손상 면적 2% 미만
d	· 주부재의 전반적 균열	· 주부재의 압축부좌굴에 의한 변형 · 부재의 파단 발생	· 보조부재 10%이상 · 주부재 2%이상	· 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	· 부식발생 면적 10%이상 · 부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

- ㉓ 본 상태평가 기준은 강거더교의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.
- ㉔ 2차부재인 강재 가로보 및 세로보의 경우 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- ㉕ 주부재라 함은 가로보(세로보)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 가로보의 경우 상, 하부 플랜지, 복부판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.
- ㉖ 용접연결부 결함에 대한 상태평가 기준을 용접불량의 종류에서 내하력 저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- ㉗ 부식 발생면적과 도장 손상면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하며, 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하고, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- ㉘ 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

④ 교대

【표 5.5】 교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	· 구체 균열폭 0.1mm미만	· 없음
b	· 구체 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 구체 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 · 교대와 날개벽사이에 폭 1.0mm이상의 균열발생	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만
d	· 구체균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 · 날개벽 기울음 및 손상 심화(배면토 유출) · 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2%이상
e	· 구체 균열폭 1.0mm이상 · 날개벽 전도 위험 있음 · 부등침하로 인한 교대 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

㉠ 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교대의 상태평가에 적용한다.

㉡ 균열폭에 관한 상태평가 기준은 교대 구체에서 발생한 균열에 국한한다.

㉢ 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.

㉣ 상부구조의 침하 및 단차가 발생하거나, 받침 연단부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e” 로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

⑤ 콘크리트 교각

【표 5.6】 콘크리트 교각 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근부식
a	· 균열폭 0.1mm미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만
d	· 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 · 기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2%이상
e	· 균열폭 1.0mm이상 · 부등침하로 인한 교각 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

- ㉠ 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교각의 상태평가에 적용한다.
- ㉡ 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.
- ㉢ 코핑부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e”로 평가하며 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

⑥ 기초

【표 5.7】 기초 상태평가 기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상	지반의 안전성
a	· 없음	· 없음
b	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 미만의 균열 발생	· 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의해 노출됨
c	· 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 이상의 균열 및 단면손상 발생 · 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	· 침하가 20mm미만 발생 · 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	· 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근 노출 발생 · 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	· 침하가 20mm이상 발생 · 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 · 기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	· 기초의 파손 및 침식으로 인한 하부구조물의 안전성 저하	· 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

- ㉠ 본 상태평가 기준은 모든 하부구조물의 기초의 상태평가에 적용한다.
- ㉡ 기초 자체의 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등이 있으며, 지반의 안정성항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가항목이 된다.
- ㉢ 기초의 침하는 20mm 미만이 발생하면 평가기준은 “c”, 20mm 이상이 발생하면 “d”로 평가한다.
- ㉣ 지반의 안정성 평가항목의 경우, 세굴이 진행하여 기초 하부의 국부적인 노출이 발생하면 평가기준은 “c”로 평가하고, 기초하부의 전반적인 노출 및 부등침하 발생시 “d”로 평가하며, 부등침하로 인한 상부구조물의 안전에 위해가 발생할 경우 “e”로 평가한다.

⑦ 교량받침

【표 5.8】 교량받침 상태평가 기준

기준	받침본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	· 외부 도장탈락 및 부식 · 도장도색, 먼지 쌓임	· 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	· 측면 부풀음 · 받침두께의 0.3배 미만의 전단변형	· 미끄럼판 부식 발생 · 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	· 받침 콘크리트에 0.3mm이상 균열 발생 · 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	· 고무재 파손 및 단차, 균열 심화 · 받침두께의 0.3배 이상의 전단변형 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 · 받침의 신축기능 불량	· 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 · 받침 본체 파손 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	· 받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	· 받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2이상	· 받침 신축기능 불량 인하여 거더 등 주부재의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 · 작동불능 상태	-

㉠ 본 상태평가 기준은 강재 및 탄성받침의 상태평가에 적용하며, 기타 특수받침의 경우에도 본 상태평가 기준을 준용한다.

㉡ 받침 본체는 상태평가 기준 범위는 “a~e”를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여 중요도가 낮으므로 “a~d”로 한다.

⑧ 신축이음

【표 5.9】 신축이음 상태평가 기준

기준	본체	후타재
a	· 없음	· 양호
b	· 토사, 이물질 퇴적 · 고무판 노후화	· 미세균열이 발생
c	· 물받이 미설치 또는 파손으로 부분적으로 누수 · 유간사이 이물질로 기능 불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 · 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 · 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	· 균열이 50cm 이하의 간격으로 발생 · 국부적인 박리, 박락, 파손
d	· 강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 · 신축유간 밀착으로 인한 거동 불량 · 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 · 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	· 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 · 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

㉠ 본 상태평가 기준은 모든 신축이음의 상태평가에 적용한다.

㉡ 기타부재인 신축이음의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

㉢ 신축이음 본체 하부의 전체적인 부식 및 변형이 발생하는 경우 “d”로 평가하며, 긴급보수·보강을 실시한다.

㉣ 후타재 균열이 30cm이하의 간격으로 발생하거나, 전반적인 파손과 단차가 발생하면 평가를 “d”로 한다.

⑨ 교면포장

【표 5.10】 교면포장 상태평가 기준

기준	포장불량		배수
a	· 미세균열	· 없음	· 없음
b	· 포장불량 2% 미만	· 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음	· 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 부분적 물고임
c	· 포장불량 2~10% 미만	· 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음	· 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성 저하
d	· 포장불량 100% 이상	· 전반적인 재포장이 필요한 상태	· 배수불량에 의한 물고임으로 통행 차량의 안전성 저하
e	-	-	-

- ㉠ 본 상태평가 기준은 아스팔트포장과 콘크리트포장을 포함하여 모든 교면포장의 상태평가에 적용한다.
- ㉡ 기타부재인 교면포장의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- ㉢ 평가기준 “d”는 균열율을 포함하여 포장불량이 10%이상인 상태 즉, 전반적인 재포장이 필요한 상태로 평가한다.
- ㉣ 포장불량은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 기보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.

⑩ 배수시설

【표 5.11】 배수시설 상태평가 기준

기준	상태기준 설명
a	· 양호
b	· 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	· 배수시설의 상태불량, 길이부족 · 많은 퇴적물, 누수 · 누수로 인하여 구조물 부식 발생 · 배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 따른 위험 초래
d	· 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

- ㉠ 본 상태평가 기준은 모든 배수시설의 상태평가에 적용한다.
- ㉡ 기타부재인 배수시설의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- ㉢ 평가기준 “d”는 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태로 정의한다.
- ㉣ 한 경간에 두 개 이상의 배수시설이 있는 경우 각 배수시설의 평가기준 중 최저값을 배수시설의 평가결과로 한다.

⑪ 난간 및 연석

【표 5.12】 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강 재		콘크리트
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 도장 불량 10%미만	· 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적으로 발생	· 경미한 손상, 0.3mm이하 균열
c	· 도장불량 10%이상 · 부식으로 인한 단면 손상 10%미만	· 파손 및 탈락 10%미만	· 0.3mm이상 균열 · 박리, 파손, 철근노출, 10% 미만 · 철근부식손상 길이 2%미만
d	· 부식으로 인한 단면 손상 10%이상	· 파손 및 탈락 10%이상 · 낙석으로 인한 손상발생 · 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	· 박리, 파손, 철근노출, 10%이상 · 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	-

- ㉠ 본 상태평가 기준은 강재 및 콘크리트 난간 및 연석을 포함하여 모든 난간과 연석의 상태평가에 적용한다.
- ㉡ 기타부재인 난간과 연석의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 하며, 점검단위는 부재의 길이로 한다.
- ㉢ 중앙분리대, 방호벽, 방음벽의 상태평가 시 난간 및 연석의 평가기준을 적용한다.
- ㉣ 강재의 경우 도장 변색 및 손상 점검길이의 10%이상 즉, 단면 결손으로 차량이나 사용자에게 위험 가능성이 있는 상태의 기준은 “c”로 평가한다.
- ㉤ 콘크리트는 0.3mm이상의 균열이 발생할 경우 평가기준은 “c”로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

⑫ 탄산화

【표 5.13】 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	· 30mm이상	· 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10mm이상~30mm 미만	· 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0mm이상~10mm 미만	· 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0mm 미만	· 철근부식 발생
e	-	-

* 일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」 (2003년)

- ㉠ 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용 한다.
- ㉡ 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- ㉢ 탄산화 조사는 상·하부구조로 구분하여 콘크리트 탄산화 깊이 측정에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- ㉣ 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다.

5.2.2 구조형식에 따른 부재별 가중치

교량전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 부재별 가중치는 전체 100점을 기준으로 다음과 같이 구조형식별로 부재별 중요도를 달리하여 배분하였으며, 외관상태와는 별도로 내구성 요소인 탄산화 및 염화물 항목도 개별부재로 취급하여 가중치를 적용하였다.

【표 5.14】 일반 거더 교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량						라멘교			
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트리스		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	24	
하부	교대/교각		20	13	13	18	13		13	34	22	-	
	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(4)	2(4)		-	-	2(4)	2(4)	-	4(7)		
		하부	2(3)	2(3)		4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)			
	염화물	상부	2(0)	2(0)		-	-	2(0)	2(0)	-	3(0)		
		하부	1(0)	1(0)		3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)			

* () : 정밀점검 시 적용 가중치

* 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

5.2.3 상태평가 산정절차

상태평가 산정과정은 외관조사 결과 부재별로 상태평가를 매긴 후, 부재별 중요도를 고려한 가중치를 고려하여 전체 평가결과를 산정하는 과정으로 되어 있다.

이외에 내구성과 관련된 요소로서 탄산화에 대한 평가를 분석한 후 일반 부재와 같이 가중치를 부여하여 교량 전체의 상태평가항목으로 반영하였다. 평가의 혼란을 방지하기 위하여 부재별 평가는 소문자(a-e)로 표시하고 전체 상태평가결과는 대문자(A-E)로 표기하였다.

(1) 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- ① 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최솟값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- ② 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최솟값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

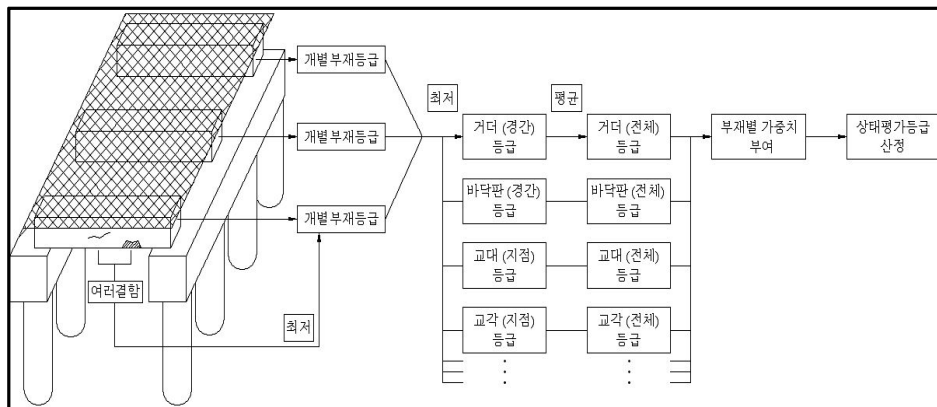
(2) 전체시설물의 상태평가 결과 산정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 구한다. 환산결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, 【표 5.15】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 5.15】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도범위	$0 \leq F < 0.13$	$0.13 \leq F < 0.26$	$0.26 \leq F < 0.49$	$0.49 \leq F < 0.79$	$0.79 \leq F$

(3) 상태평가 산정방법



【그림 5.1】 상태평가 산정과정의 예

5.3 상태평가 결과

본 교량의 각 부재에 발생된 손상에 대한 평가는 구조형식에 따른 경간별·부재의 상태 평가 결과를 바탕으로 세종대교(Steel Box Girder) 상태평가 결과를 산정하였다.

5.3.1 교량 상태평가 결과

세종대교 상태평가 결과, 환산결합도 점수는 0.193으로 산출되어 상태평가는 "B"로 평가되었다.

(1) 원주방향

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S1(A1)	STB	a	a	a	a	a	b	c	b	b	q	a	a
S2(P1)	STB	a	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S3(P2)	STB	a	b	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S4(P3)	STB	b	b	a	b	b	c	x	a	b	q	x	x
S5(P4)	STB	a	a	a	b	a	b	c	b	b	q	x	x
S6(P5)	STB	a	a	a	b	a	c	x	a	b	q	x	x
S7(P6)	STB	a	b	a	a	c	b	x	a	b	q	x	x
S8(P7)	STB	a	a	a	b	a	b	x	a	b	q	x	x
S9(P8)	STB	a	a	a	a	a	c	x	a	b	q	x	x
S10(P9)	STB	a	a	a	b	a	b	x	a	b	q	x	x
S11(P10)	STB	c	a	a	b	b	c	x	a	c	q	a	x
S12(P11)	STB	c	a	a	b	b	c	c	b	b	q	x	a
S13(P12)	STB	c	a	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S14(P13)	STB	c	a	a	b	b	b	x	a	c	q	x	x
S15(P14)	STB	c	a	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S16(P15)	STB	a	a	a	a	a	b	x	a	b	q	x	x
S17(P16)	STB	c	a	a	a	a	b	x	a	b	q	x	x
S18(P17)	STB	a	a	a	b	a	c	x	a	b	q	x	x
S19(P18)	STB	a	a	a	a	b	c	c	b	b	q	x	x
S20(P19)	STB	c	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S21(P20)	STB	c	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S22(P21)	STB	b	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S23(P22)	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S24(P23)	STB	a	b	a	b	b	b	x	b	b	q	x	x
S25(P24)	STB	a	b	a	a	b	b	x	b	b	q	x	x
S26(P25)	STB	a	b	a	a	b	b	c	b	c	q	x	x
S27(P26)	STB	b	b	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S28(P27)	STB	b	b	a	b	b	c	x	a	b	q	x	x
S29(P28)	STB	c	b	a	b	a	c	x	a	c	q	x	x
S30(P29)	STB	a	b	a	b	a	c	x	a	b	q	x	x
S31(P30)	STB	a	b	a	a	a	b	x	a	b	q	x	x
S32(P31)	STB	b	b	a	b	a	b	x	a	c	q	a	x
(A2)	STB							c	b	b	q	-	a
평균		0.200	0.141	0.100	0.156	0.166	0.263	0.400	0.124	0.230	0.000	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치) /가중치합		0.036	0.028	0.005	0.011	0.005	0.005	0.036	0.011	0.046	0.000	0.004	0.003
									환산결함도점수		0.191		
									상태평가결과		B		

(2) 양평방향

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S1(A1)	STB	b	b	a	b	a	b	c	b	a	q	a	a
S2(P1)	STB	b	b	a	a	a	b	x	a	b	q	x	x
S3(P2)	STB	c	b	a	a	b	b	x	b	b	q	x	x
S4(P3)	STB	c	a	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S5(P4)	STB	c	b	a	b	b	a	c	a	b	q	x	x
S6(P5)	STB	c	a	a	a	c	a	x	a	b	q	x	x
S7(P6)	STB	c	a	a	a	a	a	x	a	b	q	x	x
S8(P7)	STB	b	b	a	a	c	a	x	a	b	q	x	x
S9(P8)	STB	c	b	a	b	a	a	x	a	b	q	x	x
S10(P9)	STB	c	a	a	b	a	a	x	a	b	q	x	x
S11(P10)	STB	a	b	a	a	a	c	x	a	b	q	a	x
S12(P11)	STB	a	a	a	a	b	a	c	b	b	q	x	a
S13(P12)	STB	b	a	a	b	b	a	x	a	b	q	x	x
S14(P13)	STB	b	b	a	b	a	a	x	a	c	q	x	x
S15(P14)	STB	c	b	a	b	a	a	x	a	c	q	x	x
S16(P15)	STB	c	a	a	b	a	b	x	a	b	q	x	x
S17(P16)	STB	b	a	a	b	b	a	x	a	b	q	x	x
S18(P17)	STB	a	b	a	b	b	a	x	a	b	q	x	x
S19(P18)	STB	a	a	a	a	a	a	c	b	b	q	x	x
S20(P19)	STB	a	a	a	a	b	b	x	b	b	q	x	x
S21(P20)	STB	a	b	a	a	b	a	x	a	b	q	x	x
S22(P21)	STB	a	a	a	a	b	a	x	a	c	q	x	x
S23(P22)	STB	a	a	a	a	b	a	x	a	b	q	x	x
S24(P23)	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	c	q	x	x
S25(P24)	STB	a	b	a	b	b	b	x	a	b	q	x	x
S26(P25)	STB	a	b	a	a	b	b	c	b	b	q	x	x
S27(P26)	STB	c	b	a	b	b	a	x	a	b	q	x	x
S28(P27)	STB	a	b	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S29(P28)	STB	b	b	a	a	b	b	x	a	c	q	x	x
S30(P29)	STB	a	b	a	a	b	b	x	a	b	q	x	x
S31(P30)	STB	b	b	a	a	a	b	x	a	c	q	x	x
S32(P31)	STB	b	b	a	a	a	b	x	a	b	q	a	x
(A2)	STB							c	b	a	q	-	a
평균		0.222	0.163	0.100	0.141	0.175	0.153	0.400	0.121	0.230	0.000	0.100	0.100
가중치		18	20	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치) /가중치합		0.040	0.033	0.005	0.010	0.005	0.003	0.036	0.011	0.046	0.000	0.004	0.003
										환산결함도점수		0.196	
										상태평가결과		B	

(3) 전체평가

교량명	구분	환산결합 도점수	상태 평가	연장	차선	길이X차선	연장비	환산결합도점수 X연장비
세종대교	원주방향	0.191	B	1875	2	3750	0.5	0.095
	양평방향	0.196	B	1875	2	3750	0.5	0.098
환산결합도점수								0.193
상태평가결과								B

5.3.2 기 점검결과 비교

본 구조물의 기 점검 상태평가 결과를 비교·분석한 결과, 상태등급은 “B”를 유지하고 있으며, 일부 신규 손상에 의해 평가점수가 다소 상승한 것으로 분석되었다.

구 분	2014년 정밀 점검		금회 2016년 정밀점검	
	평가점수	평가결과	평가점수	평가결과
세종대교	0.183	B	0.193	B



제 6 장 종 합 평 가

6.1 종합평가

제 6 장 종합평가

6.1 종합평가

6.1.1 개 요

시설물의 종합평가는 구조물 부재의 결함 및 손상에 대하여 평가기준 및 상태평가 기법에 따라 수행한 상태평가 결과와 시설물의 안전성평가 결과를 고려하여 개별시설물의 종합평가 결과를 결정한다. 본 용역에서는 상태평가 및 외관조사 결과를 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부 2013.04.)』에 따라 평가를 실시하였다.

6.1.2 안전등급 지정

시설물의 상태평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 안전등급을 결정한다.

【표 6.1】 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 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

6.1.3 종합평가 결과

세종대교의 상태평가 및 종합평가 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B(양호) 등급”으로 평가되었다.

【표 6.2】 종합평가 및 안전등급 결과

평가구분	결함지수	평가등급	비 고
상태평가	F = 0.193	B	
안전성평가	-	-	
종합평가 등급	안전등급 : B 등급(양호)		
평 가	· 현장조사 결과, 장기공용에 의한 국부손상은 다소 증가하고 있으나, Cw=0.3mm이상 균열, 철근노출, 박리, 박락, 도장손상 등 구조물의 내구성에 저해되는 손상은 지속적인 유지보수를 실시하여, 손상확대 및 2차 손상으로의 진전을 예방하고 있는 것으로 분석되었으며, 거더 외 부도장은 소규모의 도장박리가 조사됨 · 내구성 조사결과, 콘크리트 강도 및 탄산화 시험 등 전반적으로 양호한 상태로 것으로 조사됨 · 상태평가 및 현장조사를 종합적으로 분석한 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급(양호)”으로 지정됨		

※본 용역에서는 안전성 평가를 실시하지 않음.



제 7 장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

7.2 보수 · 보강 공법

7.3 보수 · 보강 개략공사비

7.4 유지관리방안

제 7 장 보수 · 보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

현장조사를 통한 결함이나 손상에 대해서는 상태평가를 통해 보수의 필요 여부, 상태평가 및 안전성평가를 통한 보강 여부 등에 대한 분석을 통해 구조물의 내구성능 회복 또는 향상, 내하력 및 강성 등의 역학적인 성능 회복 혹은 향상시킬 필요가 있다. 따라서 보수·보강은 기 발생된 결함 및 손상의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 결정하여야 한다.

7.1.1 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항

외관조사, 내구성조사 및 시험, 구조검토, 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수·보강공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강의 우선순위는 결함, 손상의 상태에 따라서 구조적 안전성, 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

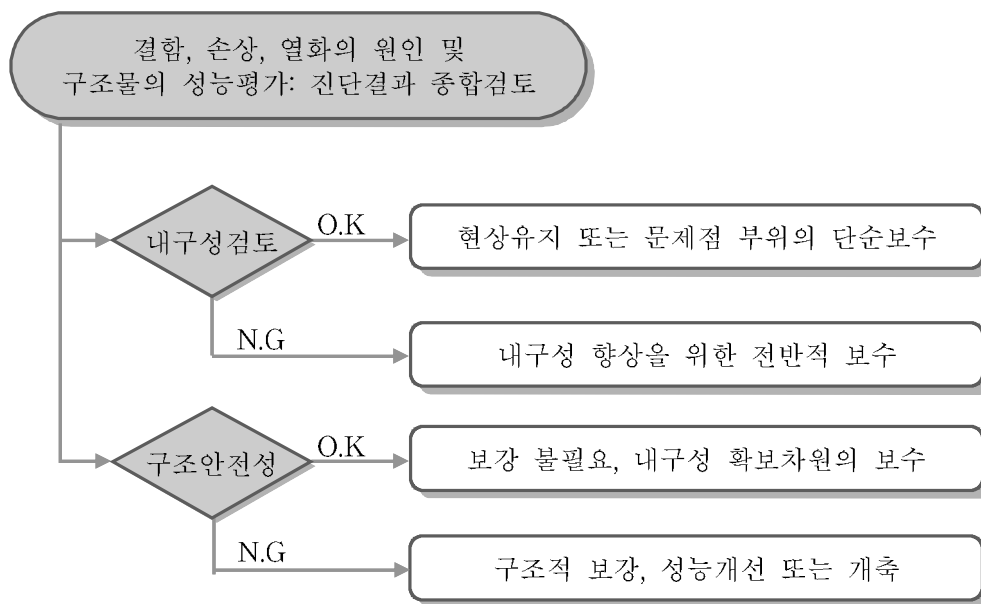
【표 7.1】 보수 · 보강 방안 수립에 따른 검토사항

검 토 항 목	검 토 내 용
보수 · 보강 필요성 판단	- 외관조사, 내구성조사 및 시험, 구조검토, 상태 및 안전성 평가 ⇒ 점검 결과 종합 분석 후 보수 · 보강 여부 판단
보수 · 보강 공법의 선정	- 구조물의 기능 및 중요도 - 구조물의 형식과 환경조건 - 보수 후의 요구 내용년수 - 공법의 시공성과 경제성
보수 · 보강의 수준 결정	- 국부적인 보수 또는 전반적 보수여부 결정 - 구조물 수명과 장·단기 대책을 고려한 보수 · 보강 범위 산정
보수 · 보강 우선순위 결정	- 결함 및 손상의 정도, 구조물의 중요도 - 구조적 안전성, 내구성

7.1.2 보수 · 보강 필요성 판단

보수의 필요성은 발생된 결함 및 손상이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 각종 설계기준, 시방서, 지침(정밀안전진단 세부지침 등) 등을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 확보하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.



7.1.3 보수 · 보강 공법 선정 및 수준 결정

(1) 보수 · 보강 공법의 선정

우수한 성능의 보수 · 보강 공법도 적용구조물의 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있다. 따라서 보수 · 보강 공법 선정 시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 확인하여야 한다.

(2) 보수·보강의 수준 결정

각종 조사 및 시험을 통하여 얻은 결과를 기초자료로 종합적인 평가를 실시한 후 보수·보강의 수준을 결정하게 된다. 손상 및 열화에 대하여 분포면적, 분포유형, 시설물의 안전성, 현 상태의 내구성능, 보수 후의 회복목표수준 등을 고려하여 보수·보강 여부 및 수준을 아래의 경우 중에서 결정한다.

- ① 현상유지
- ② 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- ③ 초기 수준이상으로 개선
- ④ 개축

7.1.4 보수재료의 선정

보수재료는 보수공법의 사용목적에 부합하고 시공하기에 적절한 기본적인 성능을 만족하여야 한다.

(1) 보수재료의 기본 특성 설정

보수재료의 선정을 위한 기본은 구조물의 종류 및 기능, 보수재료의 종류 및 성능 규격치, 환경조건, 시공조건 및 보수부위의 내용년수 등을 설정한다.

(2) 보수재료의 요구 성능 설정

보수재료의 요구 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다. 내구성능은 보수재료의 원래의 목적이 되는 성능이지만 보수 후의 공용기간 중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능으로 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

(3) 적용 가능한 보수재료의 선정

구체적인 요구 성능 및 그 요구수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보를 선정한다. 단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판 재료 중에서 요구 성능을 만족시키는 것으로 생각되는 것을 선택하거나, 혹은 요구 성능을 만족하도록 복수의 시판재료를 조합한 재료시스템을 구축한다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해둘 필요가 있다.

(4) 보수재료의 성능조사

보수재료가 요구성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능 평가값이 요구성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 성능조사의 구체적인 방법은 다음과 같다.

첫 번째 방법으로는 재료의 다양한 특성값을 사용해서 요구 성능을 직접 평가하고 그 결과를 요구수준과 비교하는 것이다.

또 다른 방법으로는 공공기관이 정한 규격시험을 통해 얻어진 재료시험 결과를 공공기관이 설정한 규격치와 비교하는 것이다.

7.1.5 보수·보강 우선순위

(1) 보수·보강 우선순위 선정 기준

본 구조물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 시설물에서 발생한 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 보수보다는 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있으므로, 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

이에, 본 구조물에 필요한 보수·보강의 우선순위는 손상 및 결함의 종류, 성상, 원인, 구조적 안전성 등을 고려하여 보수의 완급성을 판단하여 다음과 같이 정하였다.

【표 7.2】 보수·보강 우선순위 선정 기준

구 분	순 위	내 용
단 기 대 책	1순위	• 보조부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 ① 신축이음의 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 후타재 파손
중 기 대 책	2순위	• 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우 ① 교면포장 기능성 확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 미끄럼방지재 탈락, 노면경사 불량(A1 4차로구간) ② 거더의 기능성 회복 및 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 녹 발생, 도장박리, 배설물퇴적 - 내부출입문 재설치 ② 신축이음의 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 신축이음 덮개부식 • 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나 철근부식 가능성이 있는 손상 ① 방호벽의 철근부식 방지를 위한 성능회복 차원의 보수 - 철근노출, 박리, 박락 등의 단면손상 ③ 바닥판 하면의 철근부식 방지를 위한 성능회복 차원의 보수 - $Cw=0.3mm$이상 균열, 철근노출, 박리, 파손 등의 단면손상
장 기 대 책	3순위	• 기능발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위해 연차보수가 필요한 경우 ① 교명주 기능성확보 차원의 보수 - 교명주 이격 ② 바닥판하면의 내구성 및 기능성 확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 균열, 백태, 망상균열 ③ 교대, 교각 기능성확보 차원의 보수 - 앞성토 보호블럭 파손, 실링재 노후

【표 7.2】 보수·보강 우선순위 선정 기준(계속)

구 분	순 위	내 용
장 기 대 책	3순위	④ 신축이음의 내구성확보를 위한 성능회복 차원의 보수 - 후타재 철근노출 ⑤ 배수시설 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 배수구 길이부족
	4순위	• 발생한 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우 ① 교면포장의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 아스콘 균열, 망상균열, 소성변형 ② 방호벽의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - $Cw=0.3mm$ 미만 균열, 굽힘 ③ 거더의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 용접불량, 강재국부변형, 용접누락, 거더내부 실링재 마감불량 ④ 교대 및 교각의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - $Cw=0.3mm$ 미만 균열, 백태, 박리, 박락, 파손 들뜸, 재료분리, 망상균열 ⑤ 받침장치의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 받침물탈균열($Cw=0.3mm$ 미만), 받침물탈 망상균열($Cw=0.3mm$ 미만) ⑥ 신축이음장치의 손상 중 현상유지 차원의 유지관리 - 후타재 $Cw=0.3mm$ 미만 균열, 후타재 마모

(2) 주요 손상 보수·보강 우선순위

【표 7.3】 주요 손상 보수·보강 우선순위

주요 손상 조사결과		보수·보강 필요성 판단	보수·보강 수준	우선순위
교면포장	망상균열 및 라벨링	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	소성변형	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	아스콘 균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	포트홀, 파손, 긁힘	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
연석/난간	0.3mm미만 균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	0.3mm이상 균열	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	파손, 박락, 들뜸, 열화	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	철근노출	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	강재난간 변형 및 파손	• 유지관리	• 현상유지	3
	재료분리	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	텔리네이터 파손	• 유지관리	• 현상유지	3
바닥판 하 면	0.3mm미만 균열	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	2
	0.3mm이상 균열	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	균열부 백태	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	백태	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	철근노출	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	박락 및 파손	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	균열부 누수	• 유지관리	• 현상유지	3
거더 외부	부식 및 도장박리, 박락	• 유지관리	• 현상유지	3
	도장긁힘	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	2
	볼트부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
거더 내부	이물질퇴적	• 유지관리	• 현상유지	3
	부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	도장박리	• 유지관리	• 현상유지	3
	조명등 불량	• 유지관리	• 현상유지	3

【표 7.3】 주요 손상 보수·보강 우선순위 (계속)

주요 손상 조사결과		보수·보강 필요성 판단	보수·보강 수준	우선순위
교대/교각	0.3mm미만 균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	3
	0.3mm이상 균열	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	누수흔적	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	철근노출	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
	망상균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	재료분리, 백태	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	블록 침하 및 파손	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	파손, 박리, 굽힘	• 내구성 확보를 위해 보수	• 성능회복	1
받침장치	플레이트 부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	3
	볼트 부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	박락, 파손	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	0.3mm미만 균열	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	토사퇴적	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	재료분리	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
신축이음	후타재균열	• 사용성 확보를 위한 보수 필요	• 현상유지	3
	토사퇴적	• 유지관리	• 현상유지	3
	후타재 단차	• 유지관리	• 현상유지	3
	차수판 미설치	• 유지관리	• 현상유지	3
	차수판 길이부족	• 유지관리	• 현상유지	3
	후타재 들뜸 및 파손	• 사용성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	하부 볼트 이완	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	1
	후타재 재료분리	• 사용성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	2
	하부 볼트 부식	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	1
	하부 베어링 이탈	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 성능회복	1
배수시설	그레이팅 망실	• 유지관리	• 현상유지	3
	배수관 누수	• 기능성 확보를 위한 보수 필요	• 기능회복	2

7.2 보수·보강 공법

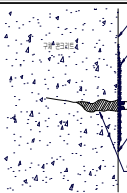
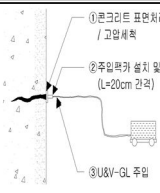
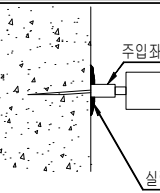
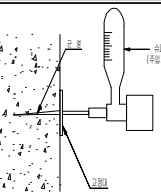
7.2.1 균열보수공법

(1) 개요

금회 조사에서 구조물에 발생된 균열은 콘크리트 재료적 특징인 건조수축 및 외적(환경)인 요인 등에 의해 발생한 것으로, 이를 그대로 방치할 경우 철근부식 등 내구성 저하가 우려되므로 다음과 같은 보수가 필요하다. 내구성확보 측면에서 $Cw=0.3mm$ 이상 균열은 주입공법을 적용하여 보수를 실시하고 $Cw=0.3mm$ 미만 균열은 지속적인 관찰 후 균열의 폭 및 길이의 진행이 있을시 보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

(2) 균열보수공법 비교

【표 7.4】 균열보수공법 비교표

구분	건·습식 에폭시수지계	리폼 공법 (특허 0311054호)	균열누수보수공법 (신기술 507호)	고탄성 이액형 폴리우레탄 주입 공법(습식)	무색 에폭시수지계
개요도					
공법 개요	내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법임	비정질의 실리카를 이용한 콘크리트 구조체 강화 및 수성 아크릴, 에폭시, 폴리머를 이용한 방식보수, 보강 복합화 공법임	콘크리트 균열부위에 일액형 초미립 이소시아네이트 수지(에폭시+우레탄+아크릴+이소시아네이트)를 주입하여 기존 구조와 균열부를 복원하는 공법임	1차 차수용 발수제를 주입후 차수가된 다음에 1차 주입한 동일한 팩카를 통하여 고탄성 이액형 폴리우레탄 주입, 두 주입제가 반응하여 경화되면서 누수를 차단하는 공법임	1차 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열의 보강액 주입이 가능한 공법임
특징	- 주입량 점검이 용이하고 균열 속 깊이까지 주입할 수 있음 - 건식, 습식, 수중 시공이 가능함 - 균열의 표면뿐만 아니라 내부균열 깊숙이 주입이 가능함 - 압력조절에 주의가 요망되며, 압력이 클 경우 균열이 확대되어 버릴 수 있음	- 시공성, 접착성 및 주입성이 우수함 - 균열부 콘크리트 내 철근방청 기능이 있음 - 미세균열에 대한 침투성 우수함 - 습윤부 및 수중부 시공 가능함 - 시공시 온도에 유이가 필요함	- 친수성 일액형 수지로 사용이 간편함 - 건조면, 습윤면, 유면 사용 가능함 - 자체압력 10kg/cm²로 균열 충전함 - 콘크리트와 물성이 거의 일치함 - 하자를 감소 및 시공성 우수함 - 수압 2.5kg/cm² 압력을 차단함 - 경화시간이 느림	- 수분없이 반응함 - 강도발현 200kg/cm² - 구조체가 Closed Cell화 되어 누수차단함 - 신축율 좋음(탄성적인 재료) - 무수축, 무변형, 무발포성 임 - 보수비가 비교적 고가임 - 장기 내구성이 떨어짐 - 균열폭이 큰 경우는 재균열의 발생소지가 있음	- 각각의 시공부위에 따라 슈퍼인젝터의 각도를 조절하면 완벽한 주입가능함 - 자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능함 - 약품이 역류되지 않아 시공면이 오염되지 않음 - 시공이 매우 용이하며 시공비가 저렴함 - 사용년수 증가시 접착력이 떨어질 수 있음
시공 방법	(가) 표면처리 (나) V컷팅 (다) 격자천공 (라) 균열부 쉐링 (마) 저점도 에폭시주입 (바) 팩카제거→표면정리	(가) 콘크리트 표면처리/고압세척 (나) 주입팩카 설치 (다) 쉐링 (라) U&V-GL 주입 (마) 팩카제거 (바) 제거부위 단면복구	(가) 콘크리트 표면처리/고압세척 (나) 주입팩카 설치 (다) 쉐링 (라) MDI 수지주입 (마) 팩카제거 및 표면정리	(가) 표면처리 (나) 천공실시 (다) 팩카장착 (라) 1, 2차 주입제 주입 (마) 팩카제거 (바) 제거부위 단면복구	(가) 표면처리 (나) 에이전으로 먼지 제거 (다) 균열부 쉐링 (라) 고정제 부착 (마) 실린더 고정판에 부착 (바) 슈퍼인젝터를 실린더에 부착후 주입 (사) 고정대 제거후 마감

(3) 균열보수공법 선정 및 검사

① 균열폭(Cw) 0.3mm 이상의 경우

균열 유형			적용공법	보수공법(재료)선정시 유의사항	비고
비구조적 균열	진행성 (변화)	건식	탄성실링 주입공법	신축성을 고려하여 균열 재발 방지	
		습식	탄성실링 그라우팅	신축성, 차수성 고려하여 균열, 누수 차단	
	고정	건식	주입공법	-	
		습식	탄성실링 그라우팅	차수성을 고려한 보수재료 선택	
구조적 균열			탄성실링 그라우팅	해당사항 없음	

* 누수를 동반한 습식 균열의 경우, 수밀성을 확보할 수 있는 누수보수공법을 적용한다.

② 균열폭(Cw) 0.3mm 미만인 경우

균열 유형			적용공법	보수공법(재료)선정시 유의사항	비고
건식	균열폭	0.2mm 이하	유지관리	-	
습식	균열폭	0.2mm 이하	유지관리, 표면처리	-	

③ 균열보수의 검사

균열보수 검사는 보수 공사 전·중·후로 구분하여 보수 공사가 설계, 시방서 내용대로 적합하게 시공되고 있는지 여부를 단계별로 중점 시공관리 사항을 정하여 검사한다.

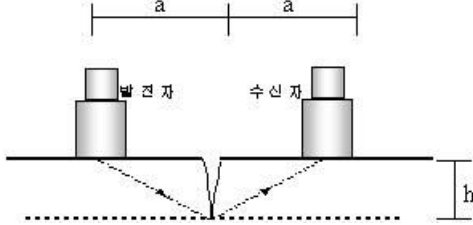
㉠ 작업전의 검사 항목

- 표면정리 및 균열 확인

㉡ 작업중의 검사 항목

- 주입량 체크 : 주입 보수 실시 전에 주입기에 있는 주입재의 양과 보수 완료 후 주입기 제거 전에 주입재의 양을 체크하여 주입 정도를 판단한다.

㉔ 작업 종료 후의 검사 항목

구 분	적 용 방 법
초음파시험	초음파법을 이용하여 T0-TC법으로 균열공극부의 주입여부를 확인한다. 이 방법은 균열이 보수의 전체적인 품질을 평가하는데 유용하며, 효과적인 시험을 위해서는 보수 직전과 직후에 수행되어야 한다.  균열깊이 h는 다음 식으로부터 계산된다. $\text{균열깊이}(H) = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$
충격음법	충격음법은 균열이 분리되어 있을 때 접착재료의 침투 정도를 결정하기 위해서 사용된다. 충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 응력과파동이 불연속적으로 마주칠 때 파동의 일부가 시험 표면에 되돌아 반사한다. 채워지지 않았거나 부분적으로 채워진 균열은 불연속적으로 구성된다.
코어채취	주입 및 부착재료의 침투깊이 및 주입효과 등은 균열의 보수부를 포함하는 코어 시료의 채취에 의해 평가한다. 시료는 다이아몬드 끝날을 사용하는 건식 또는 습식 드릴에 의해 채취하며, 사후 보수 평가의 책임 기술자는 코어 채취 위치나 시편의 수를 결정해야 한다. 고려해야 할 사항으로는 구조물 유형(보, 슬래브, 벽체 등), 구조부재의 크기, 보수의 성격(구조적, 비구조적), 품질의 보증 정도 등이 있다.

(4) 시공개요도

① 주입공법

공법	주 입 공 법
개 요	Cw=0.3mm 이상의 균열부에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 내구성을 향상시키는 공법
특 징	①내하력복원의 안전성을 기대할 수 있다. ②내구성저하 및 누수 방지를 기대할 수 있다. ③미관의 유지가 용이하다. ④경제적이다.
시공도	
시공순서	①보수범위 확인 ②균열부위 청소 ③주입용파이프 설치 ④균열면 실링 ⑤주입 ⑥파이프 제거 ⑦실제거 ⑧모르터 미장마감

② 탄성 실링

진행성균열은 샌드블래스트(sand blast) 또는 고수압 분사기 등으로 균열부를 청소하고 적당한 현경 성형에 의한 유연성이 있는 실런트에 의해 실링을 하는 것이 좋다.

(5) 균열 보수의 관리기준

① 균열 보수재료의 선정기준

균열 보수재료의 선정기준은 현재 각 기관에서 적용되고 있는 기준과 “콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문시방서”(‘1999. 12 시설안전기술공단)를 적용하였다. 일반적으로 균열 보수재료는 수지계 재료(폴리머 모르터, 에폭시수지, 가요성에폭시수지, 탄성실링제, 도막탄성방수재 등), 시멘트계 재료(폴리머시멘트슬러리, 폴리머시멘트페이스트, 폴리머시멘트모르터, 시멘트충전재, 팽창시멘트주입재 등)가 있다.

균열보수공법에는 일반적으로 표면처리공법, 주입공법, 충전공법, 기타의 공법이 있고, 공법에 따라 사용재료가 상이하게 된다. 균열보수에 사용되는 재료의 종류와 보수공법 사이의 관계는 【표 7.5】과 같다.

㉠ 균열 보수재료의 종류와 보수공법

【표 7.5】 균열보수재료의 종류와 보수공법

구 분	보수재료의 종류	표면처리공법	주입공법	충전공법
수 지 계 재 료	폴리머 모르터			○
	에폭시 수지		○	○
	가요성에폭시수지		○	○
	탄성실링재	○		○
	도막탄성방수재	○		
시 멘트 계 재 료	폴리머시멘트슬러리		○	
	폴리머시멘트페이스트	○		
	폴리머시멘트모르터			○
	시멘트충전재	○		
	팽창시멘트주입재		○	

㉠ 균열 보수재료 특징

【표 7.6】 균열 보수재료의 특징

재료명	주요성분	특징 · 용도
에폭시수지계 균열주입재	에폭시수지	• 균열, 추종성 양호 • 적용가능 균열 폭은 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시수지	• 경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 • 균열 및 알칼리골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형 에폭시수지	• 수중경화, 콘크리트 중의 수분과 반응 • 강도특성이 뛰어남 • 균열 폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	• 수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 • 적용 균열 폭 1mm~10mm
실런트계 충전재	우레탄수지	• 단일성분으로 작업성이 뛰어남 • 탄성계수가 작아 균열 추종성이 양호 • 구조물의 신축 줄눈부에 사용
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전 미분말충전재 조강시멘트	• 균열 폭 5.0mm 이상에 적용 • 습윤면에 대하여 접착성이 우수 • 알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합

㉔ 무기계 균열 주입재의 품질기준

【표 7.7】 무기계 균열 주입재 품질기준

구 분 항 목		일본 건설성(콘크리트의 내구성향상기술개발) 한신고속도로공단		JH시험연구소		JCI	시험방법 (JIS,KS)
종 류		폴리머 시멘트계	실런트계	초미립자계	폴리머 시멘트계		
적 용	적용						
	균열진행도			진행도 A	진행도 A		
	균열폭			0.2~2.0	0.8~5.0		
유동성(초)						25±5	토목학회표준 (JSCE) F-
경화수축율(%)		0.1 이하		3.0 이하	3.0 이하	0.05이하	JIS K 6911/JIS A 1129 KS M 3015/KS F 2424
부착강도 (kgf/cm ²)	긴조	{60} 이상		{41} 이상	{41} 이상		JIS A 6024 KS M 3722
	수축	{30} 이상	휨 10mm 이상에서 파괴				
휨강도 (kgf/cm ²)				{41} 이상	{41} 이상		JIS A 6024 KS M 3015
압축강도 (kgf/cm ²)						{150} 이상	JIS R 5021 KS M 3015

㉔ 수지계 주입재의 품질기준

【표 7.8】 에폭시수지계 균열 주입재 품질기준

구 분 항 목			일본 건설성 (콘크리트의 내구성향상기술개발) 한신고속도로 공단			JH시험연구소			일본수도 고속도로공단			일본콘크리트 공학협회(JCI) 균열지침			콘크리트 교량 가설 특수공법 설계 시공 유 지관리 지침 (건설교통부)			시험방법 (JIS,KS)		
			1종	2종	3종	1종	2종	3종												
종 류			1종	2종	3종	1종	2종	3종												
적 용	적용		균열주입			균열주입			균열주입			균열주입			균열주입					
	균열진행		B		A	A	B	C												
	균열폭		0.2~5.0			0.2~5.0									0.1~5.0					
비 중									1.1~1.9			1.0~1.4			1.0~1.4			KS M 3015		
늘임율(%)				>50	>100		>50	>100										JIS K 7113 KS M 3015		
접착 강도 (N/mm ²) (kgf/cm ²)	표준		{60} 이상			{60} 이상												JIS A 6024 KS M 3015		
	특수 조건	저온																		
		습윤				{30} 이상														
		건습																		
휨강도 (N/mm ²) (kgf/cm ²)									{400} 이상			{150} 이상			{400} 이상			JIS A 6024 KS M 3015		
압축강도 (N/mm ²) (kgf/cm ²)									{700} 이상			{400} 이상			{600} 이상			JIS A 6911 (JIS A 6024) KS M 3015		
인장강도 (N/mm ²) (kgf/cm ²)									{200} 이상			{100} 이상			{200} 이상			JIS K 6911 (JIS A 6024) KS M 3015		
비고			A:균열진행중 B:균열진행이 없음			균열 (A:진행없음, B:정지하고 있 다고 확신할수 없음, C:진행중)														

【표 7.9】 균열충전용 에폭시 수지의 품질기준

항 목	기 준
비중	표준치±0.1
슬럼프(slump)	3mm이내
가열감량	5%이하
인장강도	2.0MPa
신장률	20% 이상
인장부착강도	1.0MPa
파단변형률	10% 이상
방수성	소요값 이상

균열폭에 알맞은 에폭시수지 주입재료의 품질은 【표 7.10】 과 같고, 수지의 소요 점성도는 【표 7.11】 와 같으며, 시공 전에 검정시험(mock-up test)에 의해 품질과 시공성능이 확인되어야 한다.

【표 7.10】 에폭시수지 주입재료의 품질

항 목	기 준(20℃)
비중	1.0~1.4
점성도	10,000cp 이하
인장강도	10MPa 이상
휨강도	15MPa 이상
압축강도	40MPa 이상

【표 7.11】 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

㉔ 표면처리재의 품질기준

【표 7.12】 표면피복재의 품질기준

구 분 항 목		일본도로협회	일본도로공단	수도고속도로공단	시험방법 (JIS,KS)
적용목적		염해	일반, 염해, 경관 등	일반, 경관	
도 막 의 외 관	표준양생후	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 벗겨짐이 없는 것	JIS K 5400 KS M 5000
	온냉반복		10사이클의 시험으로 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	15사이클의 시험으로 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	JIS A 6909
	내알칼리성 포화Ca(OH) ₂	30일간 침지, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐, 연화, 용출이 없는 것	10일간 수중에 반침, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	30일간 침지, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐, 연화, 용출이 없는 것	JIS K 5400 JIS A 6909 KS M 5000
차염성 mg/cm ² · 일		A,B : 10 ⁻² 이하 C : 10 ⁻³ 이하	5.0×10 ⁻³ 이하	10 ⁻³ 이하	도로교지침
수증기차단성 mg/cm ² · 일			5.0 이하		JIS Z 0208
탄산화저지			1개월에 1mm 이하	1개월에 1mm 이하	CO ₂ 5%, 30℃, 60% RH
부 착 성	표준양생후 kgf/cm ²	7 이상	10 이상	10 이상	JIS A 6909
	온냉반복 kgf/cm ²		10 이상	10 이상	
	내알칼리성 kgf/cm ²		10 이상	10 이상	
균 열 추 중 성	표준양생후 (상온) mm		0.4 이하		제로스팬, JIS K 5400
	표준양생후 (저온) mm		0.2 이하		
	축진내후성 mm		0.2 이하		

② 균열 보수의 품질관리

보수에 앞서 공사관리 자격이 있는 공사관리자와 보수재료의 품질을 확인한다.

㉠ 자격요건 관리

- 주입작업 기간 동안 시방에 적격인 공사관리자 또는 작업반장을 상시 배치한다.
- 시방에 적합한 보수재료 제조사 대리인을 배치하여 주입하는 기술을 보수작업 반에게 전수한다.

㉡ 재료 품질관리

- 보수 재료는 보수시방서가 요구하는 일반요건을 만족시키는 것을 사용한다.
- 제조사로부터 받은 제품에 대한 자료를 상시 비치한다.
- 제품은 취급설명서에 따라 취급, 운반한다.
- 용기가 손상, 개방된 재료는 사용을 금한다.
- 용기에 다음과 같은 표식이 되어 있는가를 확인한 후 시공시 취급상 주의사항을 준수한다.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · 제조사명 · 제조사의 제품명 또는 제품번호 · 제조사의 Lot No · 배합비 · 주입, 접착에 대한 시방서와의 일치 · 재료의 위험정도와 취급상 주의사항 |
|---|

㉢ 제출 자료

보수공사 시공전 다음 자료들을 제출하여 품질보증을 받는다.

- 자격요건에 관한 증빙서류(시험시공 착수전 제출)
 - : 시공자의 공사관리자, 보수재료 제조자 및 대리인
- 보수재료의 기술자료
 - : 재료의 검정을 위해 재료의 견본과 기술자료 및 사용법을 발주자 대리인에게 제출한다.

㉣ 보수재료의 선택

보수재료 선택시에는 균열 유형별로 구분하여 부착성, 신축성, 강도 등을 고려하여 선택한다.

7.2.2 표면처리 공법

(1) 개 요

콘크리트 구조물의 표면에 발생된 백태, 망상균열 등의 콘크리트 표면손상(열화)은 구조물의 미관을 저하시킬 뿐만 아니라 장기적으로 방치시 구조물의 내구성에도 영향을 미칠 수 있으므로 열화부를 제거 한 후 내구성 확보를 위한 보수를 시행하여야 한다.

따라서, 본 교량의 콘크리트 표면에 발생된 망상균열 등의 표면손상은 콘크리트의 내구성 저하를 촉진시켜 장기적인 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 보수가 필요한 상태이다.

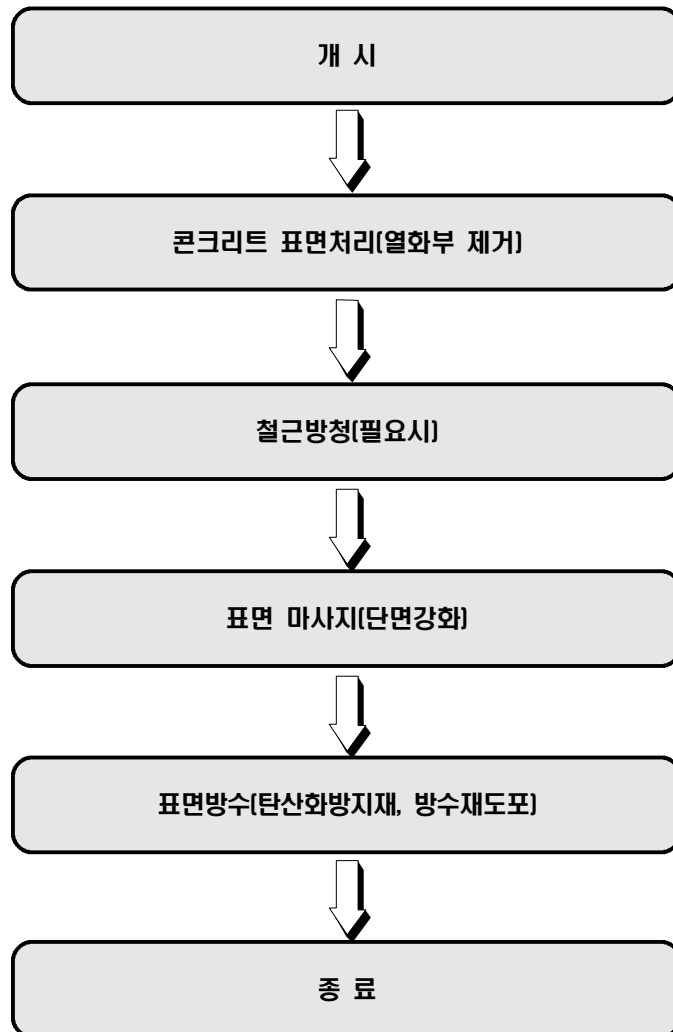
또한, 바닥판 하면에 발생된 폭 0.3mm미만의 균열에 대해서도 철근부식 등 내구성 저하가 우려되므로 표면처리 보수를 실시한다.

(2) 시공개요도

공법	표면처리공법
개 요	표면 열화 손상 위에 도막을 형성하여 내구성을 향상시키기 위해 균열부 또는 전면을 피복하는 공법
특 징	① 내충격성, 내마모성, 내약품성, 부착력, 통기성, 내화학적, 시공성, 유지보수성 등의 재료적 성질을 고려하여 현장여건에 맞는 재료를 선정할 수 있다. ② 시공이 간단하다. ③ 경제적이다.
시공도	(a) 정지균열 (b) 진행성균열
시공순서	①보수범위 확인 ②균열면 및 보수면 청소 ③프라이머 도포 ④에폭시수지 모르터 도포 ⑤표면마감 ※에폭시모르터 도포공법 경우

(3) 시공방법

콘크리트 표면에 발생된 누수오염, 망상균열 등의 표면 손상은 열화부를 제거한 후 탄산화 방지 및 방수재를 도포하여 표면처리에 의한 보수를 시행하며, 열화가 철근 표면까지 진행되었거나 철근이 부식되었을 경우 철근이 노출되도록 완전히 치핑한 후 철근방청작업을 시행한 후 탄산화 방지재 및 방수재를 도포한다.



【그림 7.1】 표면처리공법 시공순서도

(4) 시공순서

- ① 기존 콘크리트의 누수흔적, 백태 및 망상균열 부분을 그라인더 등을 이용하여 콘크리트 표면을 처리한다.
- ② 콘크리트 표면처리 후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다.
- ③ 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- ④ 부식철근 및 열화부내 철근에 대한 방청을 실시한다.
- ⑤ 기존 콘크리트의 구체 및 표면강화를 위하여 침투성 표면강화재 및 발청억제재 + 급결시멘트(폴리머모르터)로 표면을 마사지 하며 단면을 복원한다.
- ⑥ 콘크리트 탄산화 방지, 방수를 위해 탄산화 방지 및 방수재를 2회 도포한다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗하게 정리한다.

(5) 보수공법 비교

【표 7.13】 표면처리공법 비교

구 분	무기계 표면 도포재	EPOXY계 표면코팅	시멘트 페이스트
장점	· 표면 접착력이 강함 · 빠른 시간내 지수효과가 큼 · 경화 후 충격이나 내후성이 강함	· 시공이 간편 · 표면이 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 큼	· 시공이 간편 · 공사비가 저렴
단점	· 5℃이하에서는 작업이 불가함	· 손상면에 습기 등 발생시 보수부 박리 발생	· 보강효과가 다른공법에 비하여 떨어짐 · 보수 후 재발가능성이 큼
시공 방법	· 백태, 누수흔적 부분을 치핑 · 고압 세척 · 코팅재 혼합 및 시공 · 마감 및 양생	· 백태, 누수흔적 부분을 치핑 · 표면을 고압세척 · 에폭시계 표면처리제를 도포 · 마감	· 백태, 누수흔적 부분을 치핑 · 표면을 고압세척 · 건조 후 시멘트 페이스트를 도포 · 마감

7.2.3 단면복구공법

(1) 개요

외관조사 결과, 피복두께 부족으로 인한 국부적인 철근노출, 박리, 박락 등이 발생된 상태로 향후 철근 부식에 따른 콘크리트 및 철근 단면손실 가능성이 있으므로, 내구성 확보를 위해 단면복구를 실시하여야 한다.

적용 공법은 경제성, 내구성, 유지관리 용이성 등을 고려하여 적절한 공법을 선정하여야 한다.

(2) 단면복구공법 보수범위 결정

① 바닥판하면

바닥판하면은 전반적으로 피복두께를 만족하고 있는 상태이므로, 국부적으로 발생된 박리, 파손에 대해서는 30mm의 단면복구가 적정하며, 국부적으로 발생된 캔틸레버 철근 피복두께 부족으로 인해 발생된 철근노출의 경우 철근방청후 30mm의 단면복구를 실시하여 내구성을 확보한다.

② 교대 및 교각

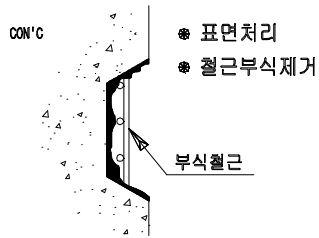
교대에 국부적으로 가외철근의 피복두께가 부족하여 발생된 손상에 대해서는 철근방청후 30mm의 단면복구를 실시한다.

③ 방호벽

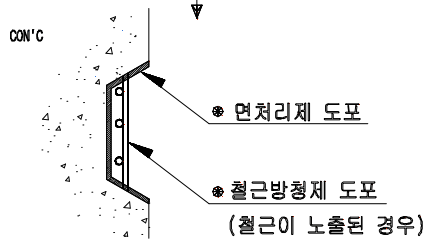
방호벽의 단면손상은 손상정도를 고려하여 보수부 재손상이 발생된 시점부 좌측 1개소는 철근까지 치핑 후 50mm의 단면복구가 적정하며, 나머지 2개소는 손상깊이가 얕아 30mm정도의 단면복구를 실시한다.

(3) 시공개요도

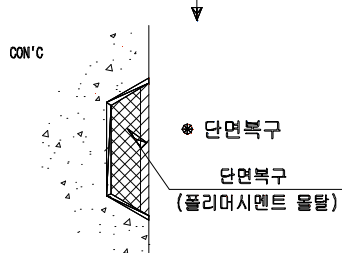
● STEP 1



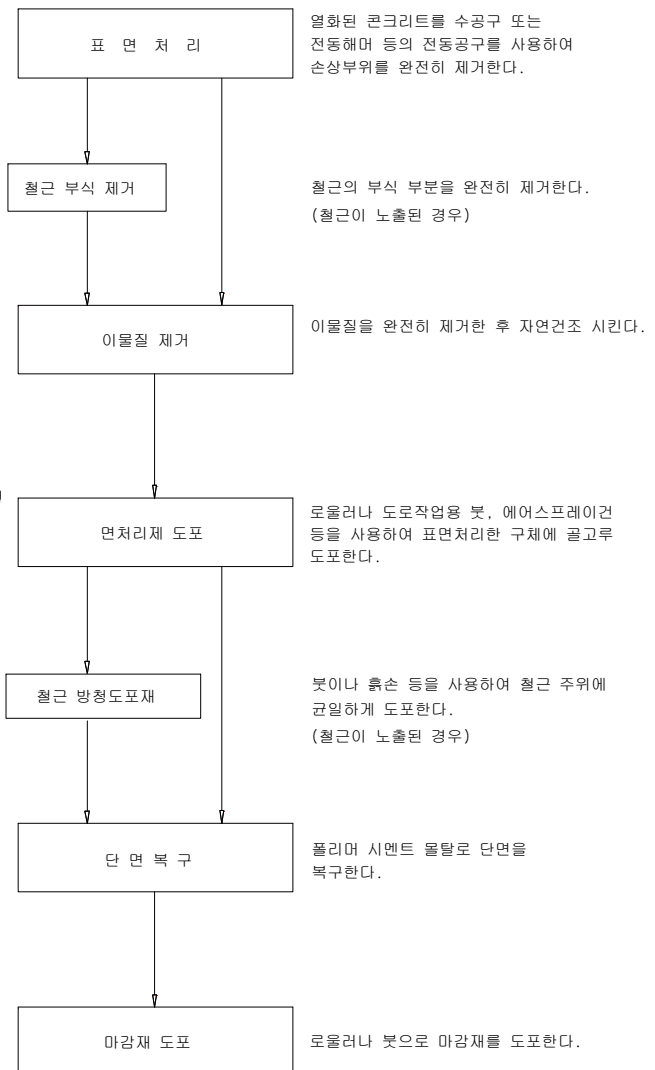
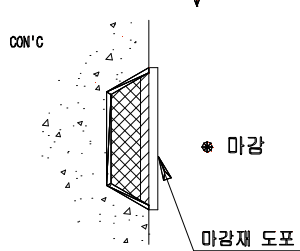
● STEP 2



● STEP 3



● STEP 4



7.2.4 도장보수

(1) 개 요

거더 도장에 대한 보수·보강이력을 검토한 결과, 준공('97년)이후 재도장 보수는 없는 것으로 확인 되었다.

시공당시 적용된 도장공법은 중방식 도장으로 하도(무기징크계도료 75μ 1회), 중도(후막형에폭시도료 100μ 1회), 상도(폴리우레탄계도료 40μ 2회)로 시공되었으므로, 이를 참조하여 재도장 보수를 실시해야 할 것이다.

(2) 재도장 시스템의 선정

보수의 방법에는 부분적인 보수와 전면적인 보수로 분류할 수 있다. 강교량의 도장은 일률적으로 노화하는 경우는 없고 부위에 따라 노화정도가 다르므로 도막에 노화가 발견된 시점에서 즉시 그 부분을 보수하거나 또는 노화상태를 고려하여 전면적인 보수를 하여야 할 것인지를 결정하여야 한다.

(3) 표면처리

도료를 칠할 경우 강재표면을 청결히 하고 적당한 조도를 제공하기 위해서는 반드시 표면처리를 해야 하는데 이는 도료의 밀착이 잘되게 하여 도막의 녹방지 효과를 높이기 위해서이다. 재도장 전의 기존 도막의 경화가 진행되면 재도장 도료가 부착되지 않아 갈라짐, 벗겨짐, 박리, 녹 등의 열화현상이 광범위하게 발생한다. 도막 전면에 표면처리를 하여 부착물을 제거하고, 사막(死膜)을 제거한 후 활막(活膜)은 남긴다. 특히 녹발생 부분은 강재면이 노출되기까지 연마해야 한다.

작업내용에 따라 1종~4종의 4종류로 구분되며, 실제의 재도장에서는 대부분 3종 표면처리법을 적용하고 있다. 또한 1, 2종을 사용한 경우 주변의 환경오염문제 뿐만 아니라 작업에 필요한 시간이 길고 비용도 많이 들기 때문에 본 교량의 재도장시에 도 3종에 의한 표면처리를 하는 것이 바람직하나 환경오염에 대한 철저한 준비가 가능하다면 1종이 바람직하다고 판단된다.

표면처리 후 검사자는 다음의 사항에 대하여 검사하여야 한다.

- 완벽한 표면처리 후에 도장하는 것이 중요하며 표면에 물리적인 손상이 없어야 한다.
- 검사자는 도장전에 기존도막과 도장될 도료와의 부착력을 검토해야 하고 미비한

표면상태를 발견하면 다시 표면처리한 후 재도장 하도록 한다.

- 표면조도계측기 등을 사용하여 표면처리된 강재의 조도 등을 시각적으로 비교한다.
- 검사자는 주머니칼을 사용하여 부풀음이나 도막 밑에 부식이 생긴 것으로 추정되는 도막을 긁어봐서 경도를 검사한다. 이 방법은 주관적이어서 검사자의 경험에 영향을 받을 수 있다.

(4) 재도장 작업

재도장 작업 관리의 주된 항목은 표면처리의 상태, 겹칠 간격, 시공 후의 도막외관, 도막두께, 도료의 사용량 등이다. 그러나 도막두께의 평가는 신설 도장시와는 다르며 적용하는 표면처리의 종류에 따라 평가방법을 다르게 해야 한다. 재도장에 있어서 품질관리는 도막면의 상태, 은폐력, 작업성, 도료의 사용량 등에 따라 행하지만, 도장계에 따라서는 도장두께가 두껍게 되면 도막이 갈라질 염려가 있다.

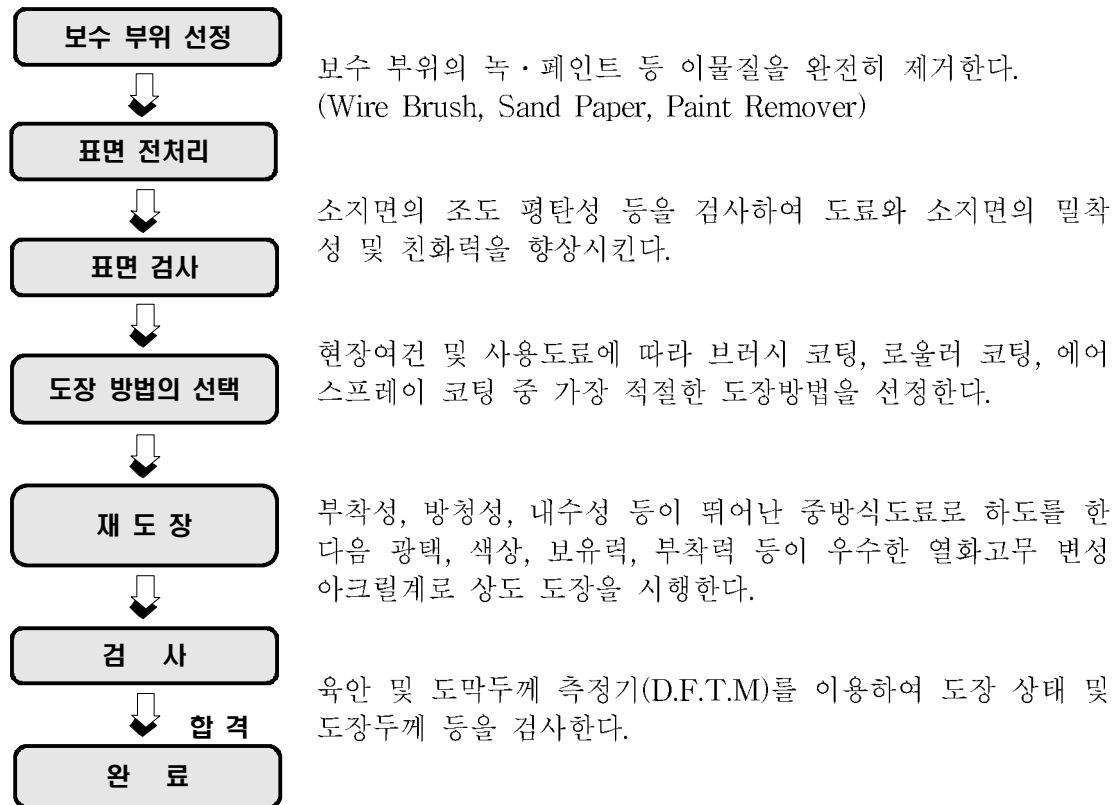
재도장 작업시 다음과 같은 기상조건에 유의하면서 실시하여야 한다.

- 도장에 필요한 최저 기온은 5℃이고, 도장하는 표면에 습기와 서리가 없도록 해야 한다.
 - 표면온도, 도료온도, 도장 및 경화가 5℃ 이상 60℃ 이하에서 시공
 - 상대습도 85% 이하
 - 표면온도는 이슬점 온도보다 2.7℃ 이상에서 시공
- 경화되는 순간에 온도가 최저치보다 내려가면 도막이 손상된다.
- 온도와 관련된 도막 손상 문제는 온도를 측정하지 않는데서 기인하기 때문에 계속적인 온도 측정이 필요하다.
- 습기 있는 곳에서의 2층 도장은 1층 도막이 반드시 건조되어 있어야 한다.
- 스프레이 할 때 풍향과 풍속으로 상부의 열차, 자동차, 보행자, 하부의 보트, 다른 구조물에 피해를 주는가를 반드시 고려해야 한다.
- 강한 바람은 도료 입자들의 과도한 건조를 초래하며 건조분사를 발생시켜 도장의 부착력이나 다음 층 도장될 도료의 부착력을 저하시킨다.

기타 시공조건은 도료 제조회사가 제공한 각 도료의 도장지시서에 따르며 도장완료 후 감독관으로부터 품질관리기준에 의한 각종 검사를 득하여야 한다.

또한, 보수도장을 실시한 후 3~5년 이후에는 반드시 발청상태를 재확인하는 것이 필요하므로 전문가에 의한 현장조사를 실시하여야 한다.

(5) 시공방법



(6) 공법비교안

① 강교 재도장 바탕처리

【표 7.15】 강교 재도장 바탕처리 공법 비교안

구 분	최근 시공방법		종래 시공방법				
	ECS (고주파) + 약품처리		샌드블라스팅 (Sand Blasting)		스틸블라스팅 (Steel Blasting)		Power tool (연마지)
개 요	고주파를 사용하여 기존도막을 제거하는 친환경 바탕처리 시공방법		모래와 콤프레샤를 사용하여 기존도막을 제거하는 바탕처리 시공방법		스틸과 콤프레샤를 사용하여 기존도막을 제거하는 바탕처리 시공방법		연마지와 핸드그라인더를 사용하여 기존도막을 제거하는 바탕처리 시공방법
개요도							
장 점	· 현장 재도장용으로 적합 (고주파를 사용) · 비산먼지 및 소음발생을 최소화한 친환경 방법 · 기존도장의 완벽한 제거가 가능 LCC(Life Cycle Cost)향상 · 제거된 도장재의 잔재 수거가 용이함 (제거된 잔재의 형태가 수거하기 용이한 비닐모양으로 발생함-상수원 등 수질 관리가 필요한 공간에서 작업이 용이함) · 분진막 설치면적 최소화 할 수 있음		· 신설 공장도장용으로 적합(밀폐공간 확보 필수) · 환경적 제약을 받지 않은 장소에서 적용이 타당함 · 강재면의 불규칙한 면을 조성, 페인트 접착력이 우수 · 기존도장 제거 후 바탕면 추가연마 불필요 · 연결 볼트 등 돌출면 별도의 바탕처리 불필요		· 신설 공장도장용으로 적합(밀폐공간 확보 필수) · 환경적 제약을 받지 않은 장소에서 적용이 타당함 · 강재면의 불규칙한 면을 조성, 페인트 접착력이 우수 · 기존도장 제거 후 바탕면 추가연마 불필요 · 연결 볼트 등 돌출면 별도의 바탕처리 불필요		· 부분도장에 적합 · 공기가 많이 소요되는 관계로 소규모 공사에 적합 · 작업도구나 장비마련이 용이
단 점	· 도막두께가 두꺼울 경우 2~3회의 반복작업 필요 · 볼트이음부 등에 대해서는 약품처리로 제거해야함 · 도장이 두꺼운 경우, 추가 비용 발생		· 잔재가 분말형태로 발생하여 비산먼지 및 소음발생 과다 (방진막으로 해결 어려움) · 도장 잔재와 샌드가 혼합되어 분리수거가 곤란하며 폐기물이 과다발생 · 추가시설 설치필요, 분진막 및 집진시설 등		· 잔재가 분말형태로 발생하여 비산먼지 및 소음발생 과다 (방진막으로 해결 어려움) · 도장 잔재와 스틸볼이 혼합되어 분리수거가 곤란하며 폐기물이 과다발생 · 추가시설 설치필요, 분진막 및 집진시설 등 · 스틸 사용으로 바탕면에 손상을 줄 수 있음		· 잔재가 분말형태로 발생하여 비산먼지 및 소음발생 과다 (방진막으로 해결 어려움) · 제거된 도장재의 수거가 어려움 · 추가시설 설치필요, 분진막 및 집진시설 등 · 기능공의 숙련도에 의한 품질좌우가 매우 심함(과 임현상) · 공기가 많이 소요됨
시공방법	고주파 기기 셋팅→ 고주파 유도가열→ 기존도장 제거→ 바탕면다듬→ 잔재수거→ 도장		콤프레샤 기기 셋팅→ 에어와 샌드로 기존 도장면 Blasting→ 잔재수거→ 도장		콤프레샤 기기 셋팅→ 에어와 스틸볼로 기존 도장면 Blasting→ 잔재수거→ 도장		그라인더 기기 셋팅→ 연마지와 그라인더로 기존도장 제거→ 잔재수거→ 도장
경제성	직공비	29,955원/㎡ (B급 기준)	30,300원/㎡ (B급 기준)	20,200원/㎡ (C급 기준)	30,300원/㎡ (B급 기준)	20,200원/㎡ (C급 기준)	30,300원/㎡ (B급 기준)
	제경비 포함	45,445원/㎡ (B급 기준)	53,800원/㎡ (B급 기준)	35,800원/㎡ (C급 기준)	53,800원/㎡ (B급 기준)	35,800원/㎡ (C급 기준)	53,800원/㎡ (B급 기준)
	비계 및 분진막 추가	-	비계 및 분진막 10% 추가설치 - 비계 3만원의10%= 3,000원 - 분진막:5천원의10%= 500원 = 3,500 의 150% = 5,250원		비계 및 분진막 10% 추가설치 - 비계 3만원의10%= 3,000원 - 분진막:5천원의10%= 500원 = 3,500 의 150% = 5,250원		비계 및 분진막 10% 추가설치 - 비계 3만원의10%= 3,000원 - 분진막:5천원의10%= 500원 = 3,500 의 150% = 5,250원
	집진시설 추가	-	집진시설 50% 추가설치 (2개소→4개소) - 2개소× 150만원/개소= 300만원의 150% = 450만원 = 450만원 ÷ (16.8/폭× 50/경간= 약840㎡) = 5,357원		집진시설 50% 추가설치 (2개소→4개소) - 2개소× 150만원/개소= 300만원의 150% = 450만원 = 450만원 ÷ (16.8/폭× 50/경간= 약840㎡) = 5,357원		집진시설 50% 추가설치 (2개소→4개소) - 2개소× 150만원/개소= 300만원의 150% = 450만원 = 450만원 ÷ (16.8/폭× 50/경간= 약840㎡) = 5,357원
	소 계	45,445원/㎡	64,407원/㎡	46,407원/㎡	64,407원/㎡	46,407원/㎡	64,407원/㎡
검토의견	바탕면 도장재 제거는 비산먼지, 소음발생, 잔재수거, 상수원 수질오염방지 등 환경적 문제가 없는 방법으로 시공하는 것이 타당하다고 판단됨						

※ 경제성 검토 : VAT 포함, 본 제비율은 조달청 기준 『50억 미만공사』를 기준으로 함

※ 보수도장 (품셈요약) : A급 상태 매우불량 (재도장의 박락이 극히 심하고 요철로 부식이 심한 도막 및 강철 기타 부착물을 완전히 청탁하여 철판의 전면이 노출될 정도

B급 상태 불량 (재래도장의 박락이 심하고 부분적으로 부식되어 대부분의 도막 및 기타 부착물의 완전 제거를 요하는 정도

C급 상태 보통 (재래도장이 분출되어 있는 녹을 제거하고 기타는 와이어 브러쉬로 청소할 정도)

7.3 보수 · 보강 개략공사비

세종대교에 발생한 손상에 대하여 유지관리 및 보수 · 보강 대책을 정리하였다.

【표 7.16】 유지관리 대상 및 수량

구 분	손 상 현 황	단 위	손상물량	우선순위	비 고
교면포장	망상균열 및 라벨링	m ²	341.1	2	
	소성변형	m ²	163.8	2	
	아스콘 균열	m	33	2	
	포트홀, 파손, 긁힘	m ²	1.1	2	
연석/난간	0.3mm미만 균열	m	732.0	2	
	0.3mm이상 균열	m	56.1	1	
	파손, 박락, 들뜸, 열화	m ²	214.66	1	
	철근노출	m ²	0.35	1	
	강재난간 변형 및 파손	m	74.5	3	
	재료분리	m ²	8.81	2	
	텔리네이터 파손	개소	8	3	
바닥판 하 면	0.3mm미만 균열	m	260.7	2	
	0.3mm이상 균열	m	213.1	1	
	균열부 백태	m ²	0.27	2	
	백태	m ²	40.86	2	
	철근노출	m ²	0.45	1	
	박락 및 파손	m ²	0.24	1	
	균열부 누수	m ²	2.09	3	
거더 외부	부식 및 도장박리, 박락	m ²	10.8	3	
	도장긁힘	m ²	2.79	2	
	볼트부식	개소	212	2	
거더 내부	이물질퇴적	m ²	5.5	3	
	부식	m ²	5.84	2	
	도장박리	m ²	23.58	3	
	조명등 불량	EA	35	3	

【표 7.16】 유지관리 대상 및 수량 (계속)

구 분	손 상 현 황	단 위	손상물량	우선순위	비고
교대/교각	0.3mm미만 균열	m	128.5	3	
	0.3mm이상 균열	m	6.1	1	
	누수흔적	m ²	147.85	2	
	철근노출	m ²	1.02	1	
	망상균열	m ²	354.25	2	
	재료분리, 백태	m ²	23.53	2	
	블록 침하 및 파손	m ²	8	2	
	파손, 박리, 굽힘	m ²	2.19	1	
받침장치	플레이트 부식	EA	49	3	
	볼트 부식	EA	1	2	
	박락, 파손	m ²	3.37	2	
	0.3mm미만 균열	m	1.7	2	
	토사퇴적	m ²	2.0	2	
	재료분리	m ²	0.75	2	
신축이음	후타재 균열	m	80.8	3	
	토사퇴적	m	197.0	3	
	후타재 단차	m	0.1	3	
	차수판 미설치	개소	1	3	
	차수판 길이부족	개소	8	3	
	후타재 들뜸 및 파손	m ²	5.34	2	
	하부 볼트 이완	개소	2	1	
	후타재 재료분리	m ²	1.62	2	
	하부 볼트 부식	개소	85	1	
	하부 베어링 이탈	개소	8	1	
배수시설	그레이팅 망실	개소	83	3	
	배수관 누수	개소	3	2	

【표 7.17】 1순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 물량	보수공법	단가 (천 원)	개략공사비 (천 원)
연석/난간	0.3mm이상균열	m	56.1	70.1	주입보수	47	3,296
바닥판하면	0.3mm이상균열	m	213.1	266.4	주입보수	47	12,520
	철근노출	m ²	0.5	0.6	단면보수(t=20)	212	119
	박락 및 파손	m ²	0.2	0.3	단면보수(t=20)	212	64
교대/교각	0.3mm이상균열	m	6.1	7.6	주입보수	47	358
	철근노출	m ²	1.0	1.3	단면보수(t=20)	212	270
	파손, 박리, 굽힘	m ²	2.2	2.7	단면보수(t=20)	212	580
신축이음	하부 볼트 이완	개소	2.0	2.5	신축이음 교체	식	937,250
	하부 볼트 부식, 본체 부식	개소	85.0	85.0			
	하부 베어링 이탈	개소	8.0	8.0			
순공사비			17,207				
부대공 (순공사비 10% 이상)			1,720				
제경비 (순공사비 50% 이상)			8,603				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			964,780				

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 25%적용 = 위험할증15%+유해할증10%

【표 7.18】 2순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 물량	보수공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)
교면포장	망상균열 및 라벨링	m ²	341.1	106.6	아스콘실링	60	6,396
	소성변형	m ²	163.8	204.8	아스콘팻칭	60	12,285
	아스콘 균열	m	33.0	41.3	아스콘실링	60	2,475
	포트홀, 파손, 긁힘	m ²	1.1	1.4	아스콘팻칭	60	83
연석/난간	0.3mm미만 균열	m	732.0	228.8	표면처리	32	7,320
	파손, 박락, 들뜸, 열화	m ²	214.7	268.3	단면보수(t=20)	212	56,885
	철근노출	m ²	0.4	0.4	단면보수(t=20)	212	93
	재료분리	m ²	8.8	11.0	표면처리	32	352
바닥판하면	0.3mm미만 균열	m	260.7	81.5	표면처리	32	2,607
	균열부 백태	m ²	0.3	0.3	습식균열보수	67	23
	백태	m ²	40.9	51.1	표면처리	32	1,634
거더	도장 긁힘	m ²	2.8	3.5	재도장	77	269
	볼트부식	개소	212.0	212.0	재도장	77	16,324
	부식	m ²	5.8	7.3	재도장	77	562
교대/교각	누수흔적	m ²	147.9	184.8	표면처리	32	5,914
	망상균열	m ²	354.3	442.8	표면처리	32	14,170
	재료분리, 백태	m ²	23.5	29.4	표면처리	32	941
	블록 침하 및 파손	m ²	8.0	10.0	정비	식	7,000
받침장치	볼트 부식	EA	1.0	1.0	재도장	77	77
	박락, 파손	m ²	3.4	4.2	단면보수(t=20)	212	893
	0.3mm미만 균열	m	1.7	0.5	표면처리	32	17
	토사퇴적	m ²	2.0	2.5	정비	10	25
	재료분리	m ²	0.8	0.9	표면처리	32	30
	플레이트 부식	EA	49.0	49.0	재도장	77	3,773
신축이음	후타재 들뜸, 파손	m ²	5.3	6.7	단면보수(t=20)	212	1,415
	후타재 재료분리	m ²	1.6	2.0	표면처리	32	65
배수시설	배수관 누수	개소	3.0	3.0	정비	10	30
순공사비			141,865				
부대공 (순공사비 10% 이상)			14,186				
제경비 (순공사비 50% 이상)			70,933				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			226,984				

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 25%적용 = 위험할증15%+유해할증10%

- 균열(표면처리) = 손상물량 × 1.25 × 0.25

【표 7.19】 3순위 개략공사비 산정

구분	손상내용	단위	손상 수량	보수 물량	보수공법	단가 (천원)	개략공사비 (천원)
연석/난간	난간 변형, 파손	m	74.5	93.1	주의관찰	-	-
	텔레네이터 파손	개소	8.0	8.0	주의관찰	-	-
바닥판하면	균열부 누수	m ²	2.1	2.6	습식균열보수	67	175
거더	부식 도장박리	m ²	10.8	13.5	재도장	77	1,040
	이물질퇴적	m ²	5.5	6.9	청소	10	69
	도장박리	m ²	23.6	29.5	재도장	77	2,270
	조명등 불량	EA	35.0	35.0	정비	10	350
교대/교각	0.3mm미만균열	m	128.5	40.2	표면처리	32	1,285
신축이음	후타재 균열	m	80.8	101.0	주의관찰	-	-
	토사퇴적	m	197.0	246.3	주의관찰	-	-
	후타재 단차	m	0.1	0.1	주의관찰	-	-
	차수판 미설치	개소	1.0	1.0	주의관찰	-	-
	차수판 길이부족	개소	8.0	8.0	주의관찰	-	-
배수시설	그레이팅 망실	개소	83.0	83.0	주의관찰	-	-
순공사비			5,189				
부대공 (순공사비 10% 이상)			518				
제경비 (순공사비 50% 이상)			2,595				
총공사비 (순공사비+부대공+제경비)			8,302				

*주) 보수물량은 손상물량의 할증 25%적용 = 위험할증15%+유해할증10%

【표 7.20】 개략공사비 합계

◆ 개략공사비 합계

구 분	순공사비 (천원)	부대공 (천원)	제경비 (천원)	총공사비 (천원)
1순위	17,207	1,720	8,603	964,780
2순위	141,865	14,186	70,933	226,984
3순위	5,189	518	2,595	8,302
합 계	-	-	-	1,200,066

*주) 1순위 총공사비는 신축이음교체(식)을 포함.

7.4 유지관리방안

시설물의 유지관리란 공용기간 동안 시설물과 그에 따른 부대시설의 목적 및 기능을 보존하고, 이용자의 편익과 안전을 도모하기 위하여 정기적으로 시설물의 상태를 조사하고 발생한 손상에 대해 조치를 취하는 일련의 행위를 의미한다.

본 과업에서는 세종대교의 현 상태를 파악하고 손상 및 결함을 조기에 발견하여 적절한 조치를 취하고, 정밀안전진단 결과를 토대로 구조물에 대한 향후 유지관리방안을 제시하여 구조물의 기능과 안전을 지속적으로 유지할 수 있도록 하고자 한다.

7.4.1 유지관리 업무 및 흐름

유지관리를 효율적으로 하기 위해서는 아래의 항목 및 유지관리 흐름도에 따라서 업무를 수행하는 것이 바람직하다.

(1) 자료관리

자료관리는 대상구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위한 자료를 관리하는 업무를 말하며 일반적으로 설계도서, 구조물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강시마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련내용을 전산화하여 관리하면 효율적이다.

일반적으로 구조물의 유지관리시 필요한 관련자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)
- 공사내역서 및 시방서
- 사진 및 시험결과
- 보수·보강이력
- 사고기록, 점검 및 진단이력
- 상태 및 안전성 평가기록

(2) 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.

(3) 점검 및 진단

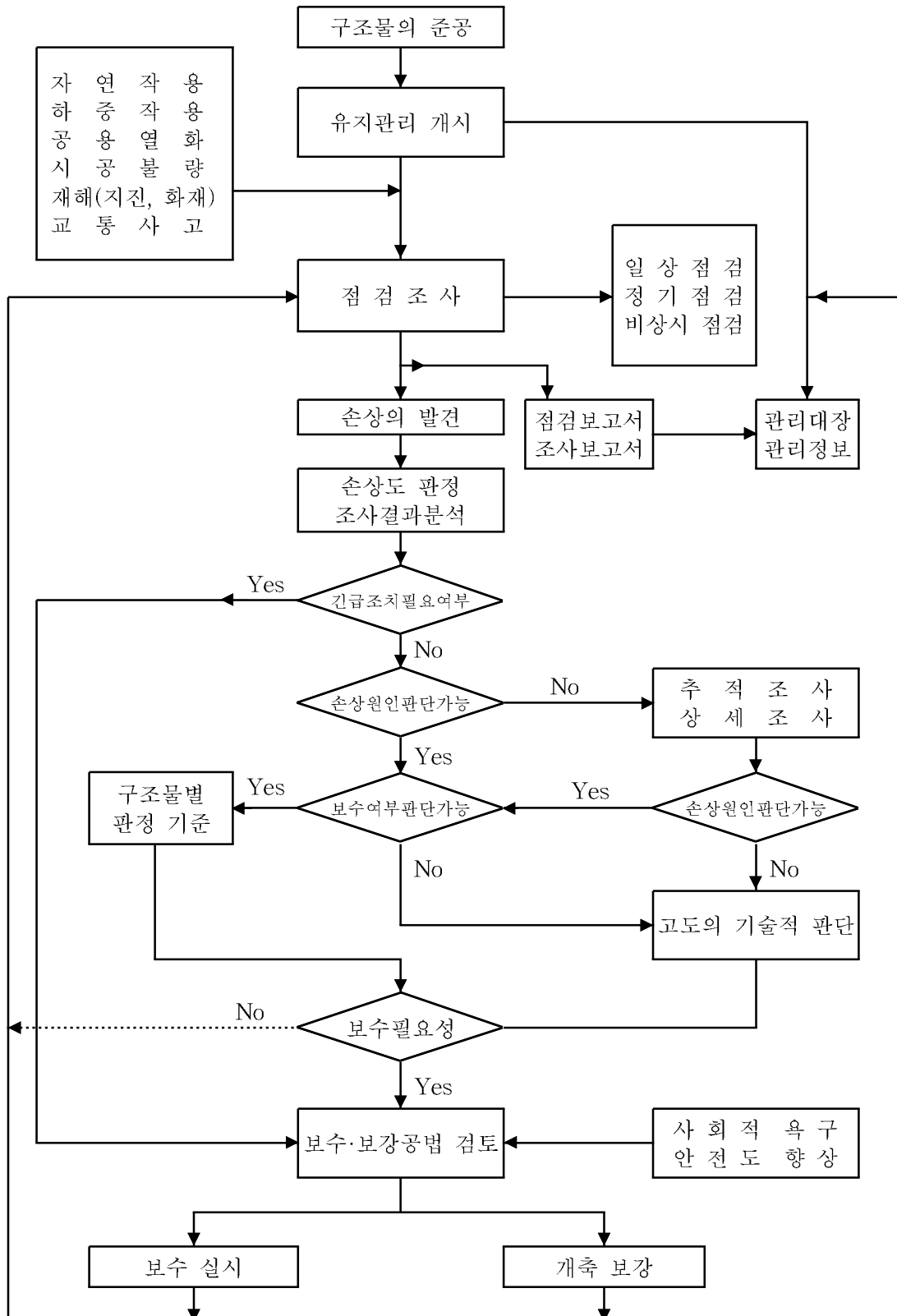
점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로서 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여 점검이 필요하다.

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 안전진단을 실시한다.

(4) 보수 및 보강

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.



【그림 7.2】 유지관리 흐름도

7.4.2 점검주기 및 주요조사항목

본 시설물의 공용기간 중에는 다음의 점검주기마다 주요조사항목에 대한 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

【표 7.21】 점검주기 및 주요조사항목

점검 종류	점검 주기	주 요 조 사 항 목	비고
정기점검	시설물의 준공일 또는 사용승인일로부터 반기에 1회이상 실시	· 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검시와의 변형, 변위 발달상태 · 전회 진단 및 점검시 주요부재 손상에 대해 주의관찰로 제시된 손상(균열, 누수, 부식, 볼트 체결불량 등)	
정밀점검	A등급 : 3년에 1회 이상 B·C등급 : 2년에 1회 이상 D·E등급 : 1년에 1회 이상	· 설계도서 검토 · 형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) · 상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) · 현장시험·측정(강도, 철근피복, 철근부식, 탄산화 등)	
긴급점검	필요시	· 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등	
정밀안전 진단	A등급 : 6년에 1회 이상 B·C등급 : 5년에 1회 이상 D·E등급 : 4년에 1회 이상	· 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 정기점검 상태로 부터의 변화 확인 · 구조해석 및 안정성 평가	

7.4.3 점검장비 운용

점검에 사용하는 점검장비는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비로 구분되며, 각 점검장비에 대한 상세한 사용법은 해당 장비의 사용설명서 등 관련문헌을 참조하여 장비특성 및 시험법을 숙지하여야 한다. 점검 단계별 사용장비는 다음과 같다.

(1) 정기점검

일상적 휴대장비, 간단한 접근장비

(2) 초기점검

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비, 재하시험장비

(3) 정밀점검

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비

(4) 긴급점검

정밀점검과 동일한 수준으로 점검목적에 따라 선별, 시험장비에 의한 현장측정

(5) 정밀안전진단

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 비파괴 점검장비, 정·동적 재하시험장비

【표 7.22】 점검장비 종류

구 분			점 검 장 비
휴대장비			망원경, 확대경, 손전등, 카메라, 필기도구(흑판, 분필, 매직펜) 줄자, 균열경, 교통규제 기구 등
접근장비			사다리, 점검차(굴절차), 점검보트, 수중카메라
시험 장비	콘크리트 손상 탐사 장비	콘크리트 강도측정	슈미트해머, 테스트 엔빌, 초음파탐사기, 코아 채취기
		콘크리트 균열 및 결함탐사	초음파탐사기, 균열경
		철근탐지	RC-Radar
		콘크리트열화도 탐사	탄산화시험
		염화물함유량 시험	재료시편에 대한 염화물함유량시험
	강재 손상 탐사 장비	표면균열탐지	자기입자탐사기, 초음파탐사기
		내부결함탐지	초음파탐사기
		용접부 결함	초음파탐사기
		피로균열탐사	자기입자탐사기, 초음파탐사기
		두께검사	초음파탐사기, 방사선 탐사기

7.4.4 정기점검 계획 및 주요점검 사항

- (1) 점 검 대 상 : 도보 및 점검로를 이용한 접근이 가능한 구간
- (2) 점검 책임자 : “건설기술관리법”에 따른 토목·건축 또는 안전관리(건설안전) 직무분야의 건설기술자중 초급기술자 이상
- (3) 점 검 시 기 : 년 2회 한기(1.10~1.30) 및 혹서기(7.20~8.10)기간은 신축이음 유간측정 실시
- (4) 점 검 수 준 : 도보에 의한 점검, 간단한 점검장비 지참
비교적 근접점검 (거더 및 바닥판 제외)
- (5) 구조부재별 점검표
- (6) 구조부재별 점검표

【표 7.23】 정기점검 구조부재별 점검표

구조부재	점 검 부 위		점 검 항 목
방호벽	▷철근 콘크리트		• 균열, 박리, 철근노출, 파손
신축이음	▷본체		• 누수, 오염, 유간 부족 및 과다 • 이상진동, 본체유동 및 파손
	▷후타재		• 균열, 파손, 전·후의 단차
배수시설	▷배수구	- Grating - 유입구	• 파손, 누락, 누수, 체수, 오염, 막힘
	▷배수관		• 파손, 배수관 길이 부족, 유출구 위치 부적절
교량받침	▷강재받침		• 부식, 변형, 균열, 파손 • 가동받침의 여유량부족 및 가동 장애요소 • 받침과 거더의 밀착상태, 앵커볼트 파손
	▷받침대		• 균열, 파손

【표 7.23】 정기점검 구조부재별 점검표 (계속)

구조부재	점 검 부 위	점 검 항 목
강박스거더 (Steel Box Girder)	▷공통	• 변형, 균열, 파손 • 표면(도장)상태 오염, 부식 • 박스내부 출입구 개폐 • 박스내부 바닥 물고임 및 부식
	▷연결부	• 볼트 이완, 파손, 이상음
바닥판	▷바닥판	• 균열, 박리, 철근노출, 파손, 백태, 오염, 재료분리
교대	▷공통	• 균열, 박리, 백태, 파손, 철근노출
	▷두부(Coping)	• 두부 물고임, 두부와 홍벽 경계부 균열 • 거더와 홍벽 신축유간 부족
	▷구체	• 구체와 날개벽 분리
	▷날개벽(옹벽 포함)	• 날개벽 이동, 전도
교각 및 기초	▷공통	• 균열, 박리, 철근노출, 파손
	▷두부	• 두부 물고임, 받침 하부 균열 및 파손
	▷구체	• 이동 또는 기울음

(7) 정기점검시 주요점검 및 착안사항

금회 점검 시 조사된 주요 손상은 보수가 필요한 상태이며, 향후 동일 손상이 재발생할 수 있으므로 다음 표에 명시된 위치 및 손상에 유의하며, 본 교량의 점검을 실시하여야 할 것이다.

또한 금회 진단시 주요부재에 발생한 손상 중 그 정도가 경미하여 주의관찰로 제시된 손상(용접불량 및 누락, 수평보강재 누락 등)에 대해서는 정기점검시 세심한 조사를 통해 손상의 진행성이 있는지의 여부를 확인해야 될 것이다.

【표 7.24】 정기점검시 주요 점검사항

구분		점검사항	비고
배수시설		▪ 배수구 막힘	
교면포장		▪ 아스콘 균열, 망상균열	
방호벽		▪ 균열(Cw=0.3mm미만) ▪ 균열(Cw=0.3mm이상) ▪ 열화	
신축이음장치		▪ 후타재균열(Cw=0.3mm미만) ▪ 누수	
교량받침		▪ 균열(Cw=0.3mm미만) ▪ 플레이트 부식	
거더	내부	▪ 강재 도장손상	
	외부	▪ 강재 도장손상	
교대, 교각		▪ 균열(Cw=0.3mm이상) ▪ 백태 ▪ 박리, 파손, 들뜸 ▪ 망상균열	

① 박스 내부 점검

St.Box구간의 거더 내부 접근방법은 A1, A2(도보)에 있는 출입구를 이용하여 내부 출입이 가능한 상태이며, 내부 출입 공간이 협소하여 출입시 주의가 필요하다.

거더 내부는 노숙자 거주, 유해가스, 부상 등 예기치 않은 안전사고가 발생할 우려가 있으므로 안전사고 시 빠른 대처를 위하여 2인 이상이 1조가 되어 점검하며, 강재 취약부에 대하여 중점 점검한다.

② 점검시기별 중점조사 사항

우리나라는 4계절이 뚜렷하여 계절별 온도차와 강우, 강설 등 매우 다른 양상이 전개되므로 해빙기, 우기, 동절기 등 시기별 취약부재에 대하여 사전점검을 통한 위험요소를 제거하는 수준의 점검이 필요하며, 각 시기별 주요점검사항을 표로 정리하였다.

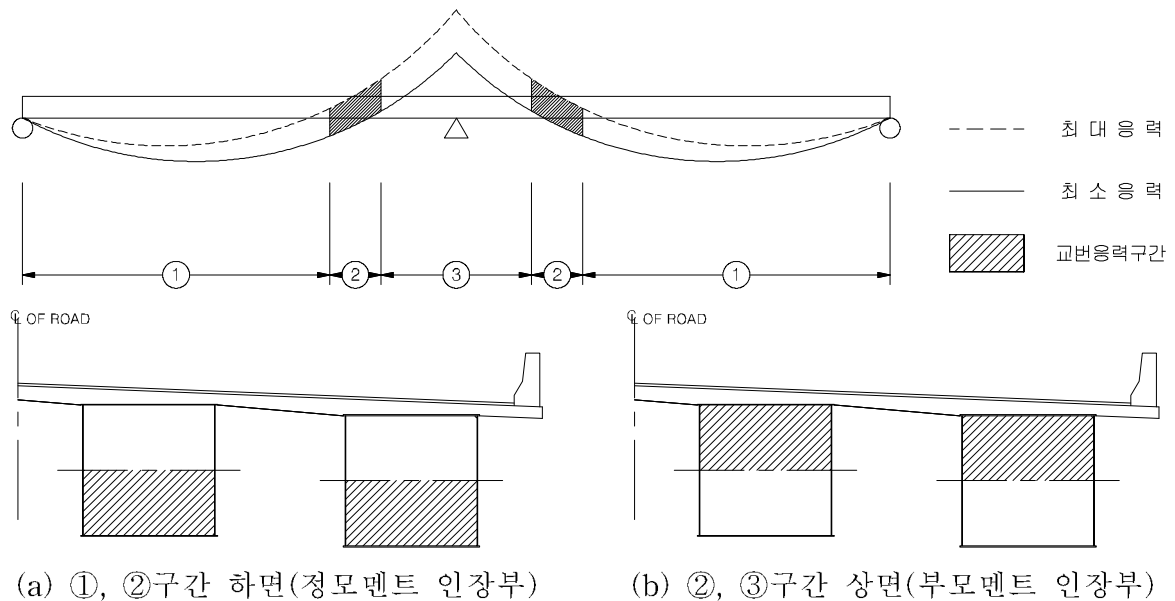
【표 7.25】 시기별 주요 점검사항

구분	점검사항	점검장비
해빙기	▪ 교대 앞성토 사면 지반침하여부 조사(앞성토 보호블럭 침하, 이완 용기 등) ▪ 옹벽사면 등 낙하물 제거(사면의 지반이 녹음으로 인하여 낙석우려가 있는 잡석, 콘크리트 덩어리 등 제거) ▪ 콘크리트 방호벽 등 동결융해에 의한 콘크리트 박리, 박락 여부조사 ▪ 교면포장 포트 홀, 요철 등 발생여부 조사와 동절기에 사용한 염화칼슘, 모래등 이물질 제거 및 청소	▪ 점검망치 ▪ 줄자 ▪ 사진기 ▪ 매모장
우기(하절기)	▪ 신축이음 및 받침장치 유간조사(동절기 조사결과와비교하여 가동여부 분석) ▪ 배수시설 조사(배수구 막힘, 이완, 탈락), 물고임 발생여부 조사 ▪ 지면과 접하는 배수구 주변 낙수에 의한 패임발생여부 및 설치상태조사, 앞성토 보호블럭 우수에 의한 손상여부 조사 ▪ 신축이음부 누수여부 조사 ▪ 교면포장 아스콘균열, 망상균열 등 조사(우기에 균열 틈으로 수분이 유입되어 포트 홀의 주요원인임) ▪ 하천구간 교각기초 세굴여부조사 ▪ 유수장애시설조사	▪ 점검망치 ▪ 줄자 ▪ 사진기 ▪ 매모장 ▪ 탐침봉
동절기	▪ 신축이음 및 받침장치 유간조사(하절기 조사결과와비교하여 가동여부 분석) ▪ 신축이음부 누수여부 조사 ▪ 교면포장 아스콘균열, 망상균열 등 조사(균열 틈으로 수분이 유입되어 포트 홀의 주요원인이며, 염화칼슘 포설로 바닥판 염화물 함유량 증가원인임) ▪ 고드름이나 얼음덩어리 등 낙하물 제거	▪ 점검망치 ▪ 줄자 ▪ 사진기 ▪ 매모장

7.4.5 강교(Steel Box Girder) 점검사항

(1) 주요 점검사항

본 교량의 강상형 형식은 하중경로에 여유가 없는 구조로서 붕괴유발부재에 해당되므로 특히 휨인장응력이 발생하는 용접상세부의 균열발생여부에 대하여 정밀한 점검이 필요하다.



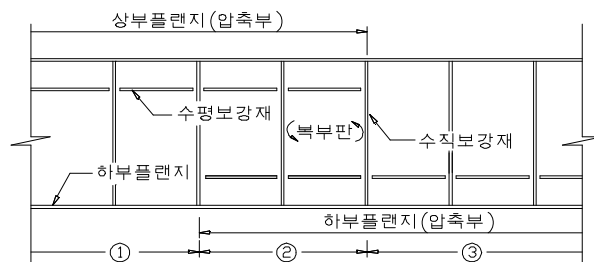
- 휨응력 발생부위(①구간 하면, ②구간 상·하면, ③구간 상면)

- 전체적인 종단선형의 급변부 등 조사
- 인장부의 하부플랜지 및 보강재 용접부위의 균열 및 손상
- 박스내부의 물고임에 의한 부식 및 단면손실
- 연속교의 경우 교각부의 상부플랜지 균열
- 비틀림으로 인한 격벽부의 손상점검

- 전단응력 발생부위(③구간 받침부 및 단부)

- 받침부 거더의 복부판 점검
- 거더의 끝부분 및 격벽과의 연결부
- 과하중으로 인한 복부판 좌굴변형

- 브레이싱 용접부 및 볼트연결부(①구간 하면, ②구간 상·하면, ③구간 상면)
 - 복부판과 브레이싱의 용접부 균열 및 변형
 - 하부플랜지 종방향 리브의 맞대기 용접부 균열
 - 복부판과 플랜지를 용접한 부위와 서로 교차되는 용접부
 - 볼트이음(splice)부 볼트이완
-
- 인장부와 압축부의 구별

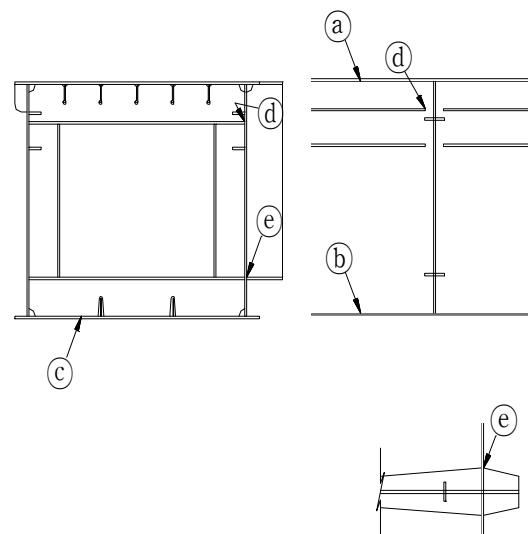


박스내부 점검시 연속교의 경우 어느 부분까지 점검했는지 혹은 인장부위가 어느 부분인지 헷갈릴 때, 복부에 붙어있는 수평보강재의 위치가 위에 있는지 혹은 아래위에 동시에 있는지, 아래에만 있는지를 확인하여 자신의 위치를 알 수 있다. 왜냐하면 보강재는 좌굴방지용으로 압축측에 설치하기 때문이다. 예를 들어 ①구역은 수평보강재가 위에 있으므로 상부플랜지는 압축, 하부플랜지는 인장구역으로 정모멘트 구간임을 알 수 있다.

① 피로취약부 주요점검부위

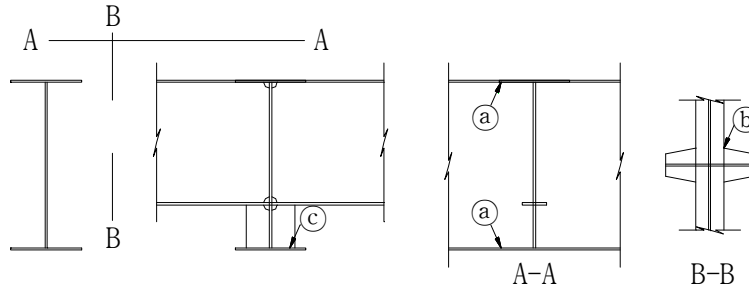
· 거더

- ①, ② 플랜지와 복부의 용접이음부
- ③ 격벽과 인장측 플랜지의 용접이음부
- ④ 수평보강재 용접끝부분
- ⑤ 가로보 연결 거셋판 용접끝부분



· 가로보

- ㉠ 플랜지와 복부의 용접이음부
- ㉡ 세로보 연결용 거셋판 용접끝부분
- ㉢ 수직보강재 용접끝부분



· 기타

- ㉠ 거더의 맞대기이음부
- ㉡ 전단연결재가 용접되어 있는 거더의 상부플랜지
- ㉢ 거더의 받침부 보강재 용접끝부분
- ㉣ 볼트이음부(splice)

② 피로취약부 중점점검부위

· 면외변형 발생부

- 가로보나 격벽이 연결된 복부판
- 격벽 연결 끝부위(상부플랜지와 복부판 필렛 용접부) 및 격벽이 연결된 복부판
- 가로보를 연결하고 있는 복부판에 용접된 수평 브레이싱 거셋판
- 가로보와 캔틸레버 브라켓(cantilever bracket)의 거더 연결부
- 용접손상부를 용접으로 보수한 부분

(용접손상부 또는 부재를 덧대어 보수한 부분은 용접열에 의한 잔류응력의 존재, 새로운 구속조건 등에 의해 피로균열과 같은 손상이 재차 발생할 우려가 높음)

· 상세도중 응력범주(A~F)가 낮은 부위

- 특히 응력범주 D급 이하 부위는 주의깊은 점검필요

(2) 피로강도등급(응력범주) 적용기준

반복응력을 받는 부재와 용접부는 재료의 극한응력보다 아주 낮은 응력을 받는 경우에도 균열이 발생하기 쉬우며 이러한 균열을 “피로균열”이라 하며, 피로균열이 발생하기 쉬운 정도는 반복되는 활하중 응력의 크기, 용접형태 등에 따라 다르다. 철도설계기준(철도교편)에서는 피로균열이 발생하기 쉬운 정도에 따라 구조상세 범주를 A~F(B', E')의 8가지로 구분하고 있다. 즉 상세 범주에서 A보다는 C가 C보다는 E인 경우가 피로균열이 발생하기 쉬운 구조이며 특히 D~E'까지의 범주에 해당하는 부분은 허용피로응력이 상대적으로 낮으므로 점검시 주의를 기울여야 한다.

허용피로 응력범위는 응력의 방향, 용접상세부의 형태에 따라 다르지만 일반적으로 피로균열은 용접의 상태가 조잡하거나 부재가 많이 첨가되어 있는 부위일수록 발생하기 쉬우므로 관통용접부, 복부의 보강재가 많이 부착된 부분 등을 피로취약부로 취급하여 상세한 점검을 실시하는 것이 바람직하다.

- 허용 피로응력 범위(붕괴유발부재인 경우, 200만회 미만)

상 세 범 주	A	B	B'	C	D	E	E' ⁱⁱ⁾	F
허용응력범위, * $f_{Rfat}(MPa)$	168	112	77	70 84 ⁱ⁾	56	42	28	49

* 응력범위는 최대응력과 최소응력의 대수차를 의미함

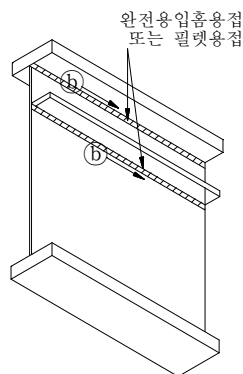
* L>30m 이상, 응력반복횟수 200만회 미만 (철도설계기준 2.3.2 참조)

* i) 복부판과 플랜지에의 수직보강재 용접부

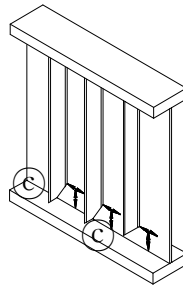
ii) 두께가 20mm 이상인 플랜지를 갖는 붕괴유발부재에는 국부보강용 용접덧개판을 사용해서는 안된다.

① 복부판과 플랜지의 필렛용접부(응력범주:B)

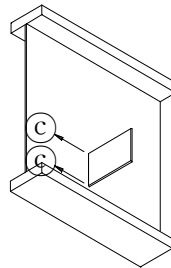
복부판과 수평보강재의 필렛용접부(응력범주:B)



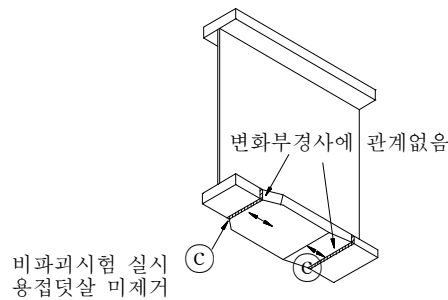
② 수직보강재의 용접단부 (응력범주: C)



③ 복부판에 부착된 수직거šet판의 용접단부 (응력범주: C)



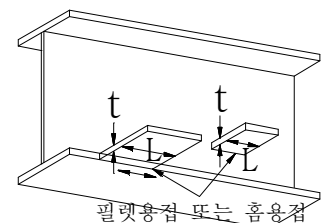
④ 맞대기 이음부, 용접덧살을 제거하지 않은 경우 (응력범주: C)



⑤ 필렛용접, 홈용접된 부착물

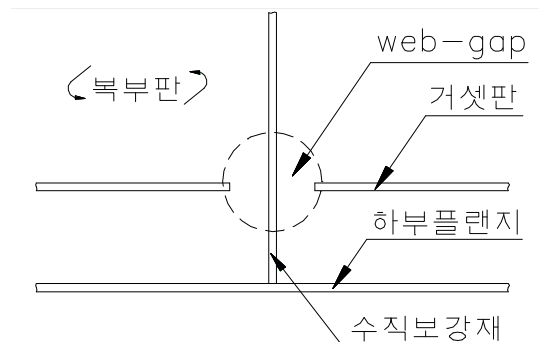
※변화부반경, R을 갖는 경우는 이음길이와 관계없이 R에 의해 응력범주가 결정됨

응력방향 용접길이 L(mm)	부착물두께 t(mm)	응력범주
$L \leq 50$	-	C
$50 < L \leq 100$ (단, $12t$ 이하)	-	D
$L > 12t$ 또는 $L > 100$	$t < 25$	E
	$t \geq 25$	E'



(3) 점검방법

- ① 전체적으로 선형이 급격하게 변화된 부분이 있는지 확인하며, 특히 처짐의 과다발생 여부에 대해 점검할 것
- ② 정모멘트 부위는 하면을, 부모멘트 부위는 상면의 용접부를 기준으로 하여 피로균열의 발생유무를 점검할 것
- ③ 강교는 균열이 발생하여도 도장으로 인해 육안점검을 통한 균열의 관찰이 어려우므로 도장의 들뜸, 부풀음, 산화물, 분말가루 및 이상음 발생 등의 징후에 유의하여 점검하고 도장 색깔이 변했거나 특히 블리딩(Bleeding)이 발생한 경우 균열 발생을 의심할 것
- ④ 균열은 경우에 따라 도장 표면에서 얇은 녹흔적으로 나타나므로 주변 도장을 조심스럽게 제거한 후 확대경을 사용하여 면밀하게 점검하고 특히 균열이 미세할 경우 불결하게 문질러 지워지지 않도록 하여야 하며 점검 후에도 균열상황을 재검토하기 위하여 균열부위는 청결하게 유지하여야 함
- ⑤ 정밀한 조사가 필요하면 와이어 브러시(wire brush), 그라인딩(grinding), 샌드 블라스팅(sand blasting) 등으로 페인트를 제거하고 조사해야 함
- ⑥ 복부판에 수평 거셋판이 용접된 부분(web-gap)은 피로등급이 낮은 부분으로서 정밀한 조사가 필요하며 균열발생 및 범위가 육안으로 확인되지 않은 경우에 염료침투검사도 병행하여 점검할 것



- ⑦ 스칼럽(scallop) 부분 등 육안으로 점검이 어려운 부분은 점검용 거울을 사용하여 점검할 것
- ⑧ 피로균열은 주로 주부재 보다는 보강재나 2차부재의 거셋판 등에서 발생하므로 어느 부위에 어떤 형태의 피로균열이 많이 발생하는지 미리 파악해 두는 것도 중요함
- ⑨ 볼트체결부의 점검은 망치로 타격하는 방법을 사용하며 망치사용 방법은 좌측 검지를 너트에 대고 우측손에 망치를 들고 너트를 타격하여 진동이 발생하면 덜 조여진 상태로 판단함
- ⑩ 배수구 주변, 신축이음부 하면의 외측거더 등은 부식에 취약한 부위이므로 도막탈락 및 단면손실 등의 부식 상황을 점검할 것
- ⑪ 균열은 밝은 날 낮 추운 날씨에 더 잘보이며 대부분의 교량은 좌우 대칭이므로 균열이 발생한 곳과 동일한 조건의 다른 부위에도 균열발생여부를 주의하여 살펴볼 것
- ⑫ 동일한 형식이 계속 반복되는 경우가 많아 따분하고 지루하지만 끝까지 처음의 자세를 흐트러지지 않는 점검자세 유지가 중요함
- ⑬ 박스내부 점검시 내부전등이 설치된 경우라도 상세한 점검을 위하여 손전등을 준비하여야 하며 이때 예비 배터리를 휴대할 것

7.4.6 주요 유지관리사항

(1) 신축이음 중점 점검사항

세종대교의 신축이음의 하부 베어링 이탈 및 볼트 부식, 누수에 대한 손상은 손상의 재발생을 지속적으로 확인하여야 한다.

구분	손상 물량 (개소)	유지관리방안
하부 베어링 이탈	8	진전 여부 확인
하부 볼트 부식	85	

※ 각 손상의 상세위치는 외관조사망도에 수록

금회 점검에서는 상기에 표기된 신축이음 하부 베어링 이탈, 볼트 부식, 누수에 대해 외관조사망도를 작성하여 부록에 수록하였으며, 향후 이를 토대로 정기점검 및 정밀점검 시 손상의 진행 여부를 확인해야 할 것으로 판단된다.



【그림 7.3】 신축이음 손상현황

(2) 바닥판하면 중점 점검사항

외관조사시 손상부위에 주의관찰 할 수 있도록 점검년도 및 손상현황을 분필으로 표기 하였으며, 균열 현황은 다음과 같다.

구분	손상 물량 (m)	유지관리방안
0.3mm미만 균열	260.7	진전 여부 확인
0.3mm이상 균열	213.1	

※ 각 손상의 상세위치는 외관조사망도에 수록

금회 점검에서는 상기에 표기된 바닥판하면 균열에 대해 외관조사망도를 작성하여 부록에 수록하였으며, 향후 이를 토대로 정기점검 및 정밀점검시 손상의 진행 여부를 확인해야 할 것으로 판단된다.



【그림 7.4】 바닥판하면 손상현황



제 8 장 종합결론

제 8 장 종합결론

세종대교는 경기도 여주시 하동에 위치한 교량으로 2007년에 준공되어 8년 이상 공용중이며, 연장 1,875.0m, 폭 21.0m의 Steel Box Girder교 형식으로 시공되었다.

과업수행계획에 따라 외관조사, 내구성 조사를 수행하였으며, 현장조사 자료를 바탕으로 상태평가를 산정하고 보수·보강 및 유지관리방안을 제시하였으며, 본 장에서는 그 결과를 정리, 수록하였다.

1. 외관조사 결과, 상·하부구조에서 건조수축 등 비구조적 요인과 시공미흡(다짐불량), 외부충격에 의한 폭 0.1~0.3mm 균열, 콘크리트 파손 및 철근노출이 발생되었으며, 교면포장은 차륜에 의한 영향으로 망상균열 및 소성변형이 발생한 상태이다. 또한 연석은 동결융해에 따른 균열 및 국부적인 박리(열화)가 조사되었으며, 교량받침은 신축이음부를 통한 누수로 플레이트가 부식되었고 건조수축 및 교량진동에 의해 폭 0.1~0.2mm의 받침몰탈 균열 등이 발생한 상태이다. 신축이음장치 및 교량받침은 기능상(유간 및 가동상태) 문제점은 없는 상태이나, 신축이음 본체 고무재 손상 및 노후화로 인해 하부 누수가 발생하였다. 교대 및 교각은 건조수축에 의한 균열 및 교대 법면 침하가 발생하였다. 특히, 신축이음 하부 베어링 밀림 및 하부 누수는 받침장치 부식, 교대 및 교각의 열화 등의 손상을 초래하므로 주의관찰 후, 신축이음 교체 등의 조치가 필요하다.
2. 콘크리트에 대한 내구성 조사 결과, 콘크리트 강도는 설계기준 강도를 상회하는 양호한 상태이다. 콘크리트 탄산화 깊이 시험 결과, 상·하부구조에서 잔여피복두께가 30mm이상인 a등급으로 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 것으로 판단된다.
3. 외관조사 결과 및 내구성조사를 토대로 한 시설물의 상태평가 결과에 의하여 종합평가를 실시한 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태로 평가되어 안전등급은 “B등급”으로 지정하였다.
 - 상태평가 결과 : $X = 0.193$ [B]

4. 하부구조에 발생된 균열 및 바닥판하면의 균열에 대해서는 주요 유지관리사항으로 균열에 대해 주입보수가 필요하며, 지속적인 유지관리 및 진전여부 관찰이 필요한 것으로 판단된다.
5. 본 시설물의 안전등급은 『B등급』으로 평가되었으며, 전회차와 비교시 안전등급은 동일하나, 일부 신규 손상에 의해 평가점수가 다소 상승한 것으로 분석되었다. 따라서 금회 정밀점검 결과에 따라 효과적인 유지관리가 이루어진다면 시설물의 공용에는 문제가 없을 것으로 판단된다.