

관리번호

서울춘천고속도로 3구간 정밀점검 보고서

[발산1교-서울]

2016. 07



서울춘천고속도로

관리번호

서울춘천고속도로 3구간 정밀점검 보고서

[발산1교-서울]

2016. 07



서울춘천고속도로

진단기관 :  (주)제이엘건설연구소



서울춘천고속도로 3 구간

정밀점검 보고서

발신교
(서울)

2016
07 서울춘천고속도로

125mm

170mm

제 출 문

서울춘천고속도로주식회사 대표이사 귀하

귀사와 계약 체결한 『서울춘천고속도로 정밀점검 3구간』과 관련하여 발산1교(서울)에 대한 본 보고서를 부속자료와 함께 제출합니다.

2016년 07월

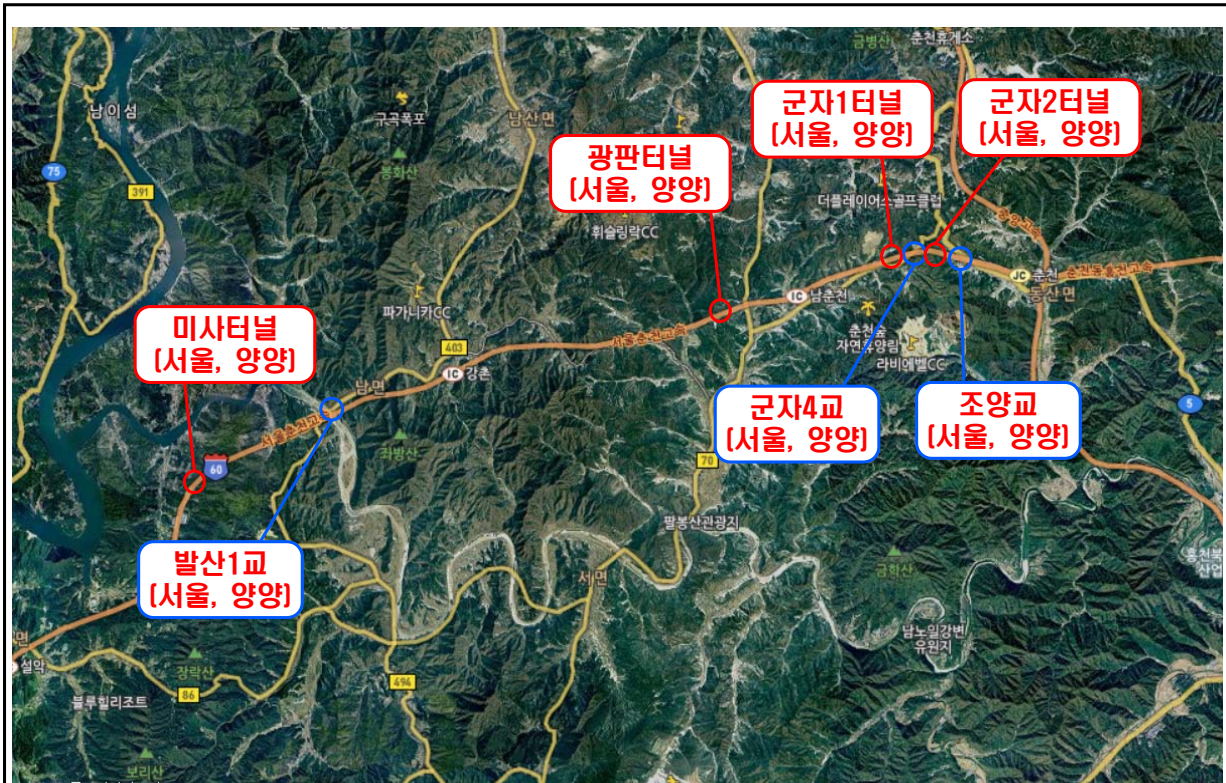
(주) 제 이 엘 건 설 연 구 소
대 표 이 사 지 해



참 여 기 술 자

구 분	성 명	주민등록번호	참 여 기 간	기술등급	서 명
사업책임 기 술 자	이 재 형	540110-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	특급	
자 문 및 업무지원	지 해 성	550714-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	특급	
참 여 기 술 자	박 양 기	540616-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	특급	
	곽 충 성	710706-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	고급	
	김 종 식	740112-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	고급	
	최 재 영	800109-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	고급	
	이 용 민	810625-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	초급	
	조 재 윤	890703-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	초급	
	이 인 아	870714-1*****	2016. 06. 15~2016. 07. 28	초급	

시 설 물 위 치 도



시 설 물 전 경



상부 전경



측면 전경

발산1교(서울) 정밀점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황					
용역명	서울춘천고속도로 정밀점검 3구간	점검기간	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		
관리주체명	서울춘천고속도로(주)	대표자	대표이사		
공동수급	독자수행	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	도로	종류	도로교량	종별	1종
준공일	2009년 8월 11일	점검금액(천원)	11,880	안전등급	B
시설물 위치	강원도 홍천군 서면 마곡리 산129	시설물 규모	L= 535.0m, B = 12.6m		
나. 점검 실시결과 현황					
중대결함	-				
점검 주요결과	PSCB 외부 : 균열, 박락, 백태 교대 : 균열, 파손, 누수흔적, 표면열화 받침장치 : 받침콘크리트 균열, 볼트체결불량 교면포장 : 균열, 마모, 포트홀 배수시설 : 막힘 PSCB 내부 : 균열, 망상균열, 백태, 부식 교각 : 균열, 망상균열, 파손, 백태 신축이음 : 본체부식, 후타재 균열 및 파손 방호벽 : 균열, 굽힘				
주요 보수·보강	PSCB 외부 : 표면처리, 단면복구 교대 : 표면처리, 단면복구 받침장치 : 지속관찰 교면포장 : 팻칭(HPC)보수 배수시설 : 청소 PSCB 내부 : 표면처리, 지속관찰 교각 : 표면처리, 주입보수, 단면복구 신축이음 : 지속관찰 방호벽 : 표면처리, 지속관찰				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업 참여기간		기술등급	
사업 책임기술자	이재형	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		특급	
참여 기술자	지해성	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		특급	
참여 기술자	박양기	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		특급	
참여 기술자	곽충성	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		고급	
참여 기술자	최재영	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		고급	
참여 기술자	김종식	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		고급	
참여 기술자	이용민	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		초급	
참여 기술자	조재윤	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		초급	
참여 기술자	이인아	2016. 6. 15 ~ 2016. 7. 28		초급	
라. 참고사항					
-					

발산1교(서울) 정밀점검 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
· 발산1교(서울)의 종합평가에 의한 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위한 일부의 보수가 필요한 상태인 B등급(양호)으로 지정되었다. · 발생한 결함에 대한 긴급 보수 사항은 없으나, PSC BOX 내·외부 균열 및 망상균열, 균열부 백태 및 백태, 박락, 부식, 교대 및 교각의 균열 및 망상균열, 균열부 백태 및 백태, 파손, 누수흔적, 표면열화, 받침콘크리트 균열, 볼트체결불량, 후타재 균열 및 파손, 신축잉음 본체 부식, 포장 균열 및 마모, 포트홀, 방호벽 균열 및 굽힘, 배수구 막힘 등의 손상은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 중·단기적 조치가 요망된다. · 본 대상시설물에 발생한 손상들에 대해서는 안전성과 내구성 확보를 위해 본 보고서에서 제시된 보수방안을 실시한 후 지속적인 점검과 유지관리를 실시한다면 교량의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 이 재 형 (서명)	

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			상태평가 결과 : B
결함발생부재	상태평가결과	결함종류	보수·보강(안)
PSCB 외부	a	· 균열, 박락, 백태	· 표면처리, 단면복구
PSCB 내부	b	· 균열, 망상균열, 백태, 부식	· 표면처리, 지속관찰
교대	b	· 균열, 파손, 누수흔적, 표면열화	· 표면처리, 단면복구
교각	b	· 균열, 망상균열, 파손, 백태	· 표면처리, 주입보수, 단면복구
받침장치	b	· 받침콘크리트 및 몰탈 균열, 볼트체결불량	· 지속관찰
신축잉음	c	· 본체부식, 후타재 균열 및 파손	· 지속관찰
교면포장	b	· 균열, 마모, 포트 홀	· 팻칭(HPC)보수
방호벽	b	· 균열, 굽힘	· 표면처리
배수시설	b	· 막힘	· 청소

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
		해당사항 없음		

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y	해당사항 없음	

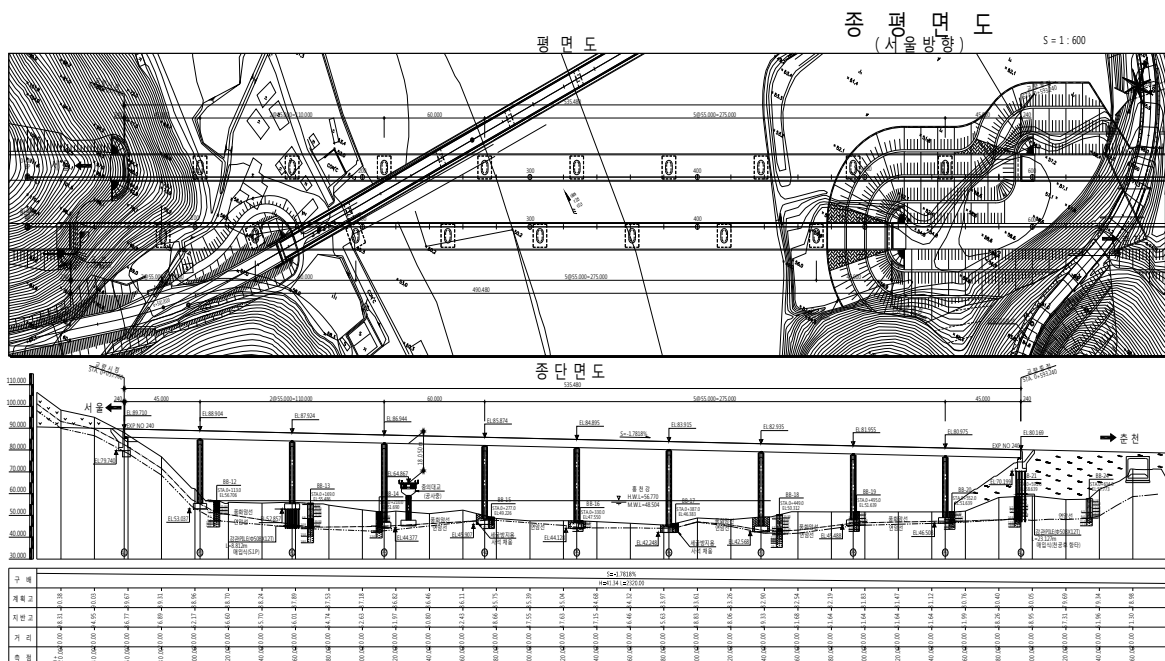
라. 현장시험 (비파괴 및 추가시험)

시 험 명	시험 부위	시험 결과		책임기술자 의 견
		측정치	기 준	
• 콘크리트 비파괴 압축강도 (반발경도법)	상부구조	45.5 MPa	40.0 MPa	양호
	하부구조	25.8 MPa	24.0 MPa	양호
• 최대 탄산화 (잔여피복)	상부구조	3.0mm (57.0mm)	30.0mm	a등급
	하부구조	4.0mm (85.7mm)	30.0mm	a등급

발산1교(서울) 현황표

시설물명		발산1교(서울)		시설물 번호		BR2009-0000736	
준공년월일		2009. 08. 11		관리번호		-	
시설물위치		강원도 홍천군 서면 마곡리 산129					
설계하중		DB-24		노선명(이정)		고속국도60호선(서울춘천선) (43.64km)	
제원	연장	$L = 45.0 + 2 @ 55.0 + 60 + 5 @ 55.0 + 45.0 = 535.0m$					
	폭	$B = 12.6m$, 2차로					
구조 형식	상부	P.S.C Box Girder		기초 형식	교대	직접 + 말뚝기초	
	하부	교대 : 역T형, 교각 : T형			교각	직접 + 말뚝기초	
교량받침		I.L.M포트받침 + L.R.B 면진받침		신축이음		Finger Joint	
교차시설물		충의대교, 홍천강		통과높이		18.05m	
부착시설내용							

기 타(종 · 평면도)



요 약 문

1. 과업의 목적

본 과업은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제6조 1항에 따라 실시하는 정밀점검 용역으로서 시설물에 내제되어 있는 위험요인이나 시설물의 상태 등을 정확하게 검사, 평가하고 그에 대하여 적절하게 조치함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 체계적인 구조물 관리를 도모코자 함에 그 목적이 있다.

2. 시설물 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		발산1교(서울)		시설물 번호		BR2009-0000736	
준공년월일		2009. 08. 11		관리번호		-	
설 계 사		(주)삼보기술단		시 공 사		고려개발(주)	
시설물위치		강원도 홍천군 서면 마곡리 산129					
설계하중		DB-24		노선명(이정)		고속국도60호선(서울춘천선) (43.64km)	
제원	연장	L = 45.0 + 2 @ 55.0 + 60 + 5 @ 55.0 + 45.0 = 535.0m					
	폭	B = 12.6m, 2차로					
구조	상부	P.S.C Box Girder		기초	교대	직접 + 말뚝기초	
형식	하부	교대 : 역T형, 교각 : T형		형식	교각	직접 + 말뚝기초	
교량받침		I.L.M포트받침 + L.R.B 면진받침		신축이음		Finger Joint	
교차시설물		충의대교, 홍천강		통과높이		18.05m	
부착시설내용							

3. 과업의 범위

- 가. 시공자료 수집 및 분석
- 나. 정밀점검(육안점검, 시험 및 측정)
- 다. 점검결과 검토 및 분석
- 라. 시설물의 상태평가
- 마. 보수·보강방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시
- 바. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시
- 사. 점검결과 전산입력(FMS)

4. 외관조사 결과

구 분		손상내용	손상수량	단위	비고
상부구조	P.S.C BOX 외부	· 박락 · 균열(cw=0.3mm미만) · 백태	0.20 0.16 4.00	m ² m m ²	
	P.S.C BOX 내부	· 균열(cw=0.3mm미만) · 균열부 백태 · 백태 · 망상균열 · 부식	60.80 1.20 0.64 3.00 72	m m m ² m ² EA	
하부구조	교대	· 균열(cw=0.3mm미만) · 파손 · 누수흔적, 표면열화	4.00 0.20 2.00	m m ² m ²	
	교각	· 균열(cw=0.3mm미만) · 균열(cw=0.3mm이상) · 균열부 백태 · 백태 · 파손 · 망상균열	15.10 1.40 0.20 0.04 0.04 0.80	m m m ² m ² m ² m ²	
받침장치		· 받침 콘크리트, 몰탈 균열 · 볼트체결 불량	3.25 1	m EA	
신축이음		· 후타재 균열 · 후타재 파손 · 본체부식	5.89 0.21 8.00	m m ² m	
교면포장		· 콘크리트 포장 균열 · 콘크리트 포장 마모 · 포트홀	464.00 10.00 0.04	m m ² m ²	
방호벽		· 균열(cw=0.3mm미만) · 굽힘	128.10 0.80	m m ²	
배수시설		· 배수구 막힘	1	EA	

5. 내구성 시험 결과

시 험 명		시험부위	시험 결과		비 고
			'16 정밀점검	설계값	
콘크리트	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	42. 1 ~ 47.9	40.0	양호
		하부구조	24.9 ~ 26.7	24.0	
	탄산화 깊이 (mm)	상부구조	2.4~3.6	잔여깊이 30mm이상	a등급
		하부구조	3.5~4.7		
종합평가		• 비파괴강도는 전반적으로 설계기준강도 이상을 확보하고 있는 것으로 평가됨. • 탄산화깊이 측정은 최소 100년 이상의 잔존수명을 확보하고 있는 상태로 탄산화에 의한 철근의 부식은 없을 것으로 판단됨. • 금회 점검결과, 비파괴 강도, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨.			

6. 상태평가 결과

구 교 량 명	환 산 결함도점수	상태평가 등급	연 장 (M)	차 선	길 차 × 이 선	연 장 비	환산결함도점수 × 연장비
발산1교 (서울방향)	0.190	B	535	2	1,070	1.000	0.190
합계(Σ)			535		1,070	1.000	0.190
<평가자 의견>							
1. 평가지수 =							0.190
2. 상태평가 결과 =							B 등급

7. 종합평가 및 안전등급

시설물명	발산1교(서울)		
평가구분	상태평가	안전성 평가	종합평가
평가등급	B	-	B
평가결과	- 외관조사에 따른 상태평가 등급과 안전성 검토에 근거한 안전성 평가 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가 등급으로 결정 - 종합평가 등급 : B등급(양호)		

8. 보수·보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수 공법	수량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
거 더	박락	단면복구	0.30	m ²	270	81	1	
	백태	표면처리	0.24	m ²	34	8	3	
	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	1.50	m ²	34	51	2	
교 대	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	1.50	m ²	34	51	2	
	파손	단면복구	0.30	m ²	270	81	2	
	누수흔적, 표면열화	표면처리	3.00	m ²	34	102	2	
교 각	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	5.66	m ²	34	192	2	
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	2.10	m	38	80	1	
	균열부 백태	표면처리	0.08	m ²	34	3	2	
	백태	표면처리	0.06	m ²	34	2	2	
	파손	단면복구	0.06	m ²	270	16	2	
	망상균열	표면처리	1.20	m ²	34	41	2	
교면포장	아스콘 포장 균열	팻칭(HPC)보수	174.00	m ²	84	14,616	3	
	아스콘 포장 마모	팻칭(HPC)보수	15.00	m ²	84	1,260	3	
	포트홀	팻칭(HPC)보수	0.06	m ²	84	5	3	
배수시설	배수구 막힘	청소	1	EA	140	140	1	
방 호 벽	균열(c.w=0.3mm미만)	표면처리	48.04	m ²	34	1,633	3	
순 공사비 합계(천원)					18,362			
제경비(순공사비×50%)					9,181			
개략 총 공사비(천원)					27,543			
순위별 총 공사비 (제경비 포함)		제1순위			452			
		제2순위			809			
		제3순위			26,283			

※ 상기 개략공사비는 실시설계에 따른 공법선정, 단가의 변동, 현장여건에 따른 부대시설 추가 설치 등으로 변동 될 수 있음.

9. 중점 유지관리 항목

▷ P.S.C BOX 외부 : 균열, 박락 • 박락 발생 부위 추가적인 손상 발생 유무 • 균열 발생부위 우수유입(누수)에 의한 백태 발생 여부
▷ 하부구조 : 균열 • 균열 발생부위 우수유입(누수)에 의한 백태 발생 여부

10. 종합결론 및 제언

☒ 발산1교(서울)의 종합평가에 의한 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위한 일부의 보수가 필요한 상태인 **B등급(양호)**으로 지정되었다.

☒ 발생한 결함에 대한 긴급 보수 사항은 없으나, PSC BOX 내·외부 균열 및 망상균열, 균열부 백태 및 백태, 박락, 부식, 교대 및 교각의 균열 및 망상균열, 균열부 백태 및 백태, 파손, 누수흔적, 표면열화, 받침콘크리트 균열, 볼트체결불량, 후타재 균열 및 파손, 신축잉음 본체 부식, 포장 균열 및 마모, 포트홀, 방호벽 균열 및 굽힘, 배수구 막힘 등의 손상은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 중·단기적 조치가 요망된다.

☒ 본 대상시설물에 발생한 손상들에 대해서는 안전성과 내구성 확보를 위해 본 보고서에서 제시된 보수방안을 실시한 후 지속적인 점검과 유지관리를 실시한다면 교량의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

목 차

제 1 장 정밀점검의 개요	1
1.1 과업의 목적	2
1.2 과업의 범위 및 내용	2
1.3 과업수행 절차 및 일정	5
1.4 대상 시설물 현황	7
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황	11
1.6 교량 기호 정의	12
제 2 장 자료수집 및 분석	14
2.1 자료수집 현황	15
2.2 기존 점검 및 진단 실시결과 요약	16
2.3 보수·보강 이력	18
2.4 시설물 내진설계 여부	18
2.5 자료 분석결과 요약	18
제 3 장 현장조사 및 시험	19
3.1 외관조사	20
3.2 내구성 조사	46
3.3 내구성 조사 결과 요약	56
제 4 장 시설물의 상태평가	57
4.1 개 요	58
4.2 상태평가 항목 및 기준	59
4.3 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치	65
4.4 상태평가 결과 산정방법	66
4.3 상태평가 결과	67
제 5 장 종합평가 및 안전등급 지정	70
5.1 종합평가 산정절차	71
5.2 종합평가 결과	72
5.3 안전등급	73

제 6 장 보수·보강 방안 74

6.1 개 요 75

6.2 보수·보강 대책 79

6.3 개략공사비 91

제 7 장 유지관리 방안 92

7.1 개 요 93

7.2 유지관리의 목적 93

7.3 유지관리 업무 및 흐름 94

7.4 유지관리 방안 98

7.5 중점 유지관리 항목 106

제 8 장 총 합 결 론 107

8.1 외관조사 결과 108

8.2 내구성 시험 결과 110

8.3 종합평가 및 안전등급 111

8.4 결론 및 제언 112

부 록

제1장

정밀점검 개요

- 1.1 과업의 목적
- 1.2 과업의 범위 및 내용
- 1.3 과업수행 절차 및 일정
- 1.4 대상 시설물 현황
- 1.5 사용장비 및 시험기기의 현황
- 1.6 교량 기호 정의

제 1 장 정밀점검 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제6조 1항에 따라 실시하는 정밀점검 용역으로서 시설물에 내제되어 있는 위험요인이나 시설물의 상태 등을 정확하게 검사, 평가하고 그에 대하여 적절하게 조치함으로서 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 체계적인 구조물 관리를 도모코자 함에 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

- 가. 시공자료 수집 및 분석
- 나. 정밀점검(육안점검, 시험 및 측정)
- 다. 점검결과 검토 및 분석
- 라. 시설물의 상태평가
- 마. 보수·보강방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시
- 바. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시
- 사. 점검결과 전산입력(FMS)

1.2.2 과업의 내용

- 가. 시공자료 수집 및 분석
 - 1) 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서
 - 2) 구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우)
 - 3) 실측도면 작성(도면이 없는 경우)
 - 4) 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면
 - 5) 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료
 - 6) 시설물관리대장
 - 7) 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과
 - 8) 보수·보강이력

나. 정밀점검(육안점검, 시험 및 측정)

- 1) 외관조사 및 외관조사망도 작성
 - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등
 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등
- 2) 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치·해체 등
- 3) 조사용 접근장비 운용
- 4) 조사부위 표면청소
- 5) 마감재의 해체 및 복구
- 6) 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험
- 7) 간단한 현장 재료시험 등
 - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험)
 - 콘크리트 탄산화 깊이 측정

다. 시설물의 상태평가

- 1) 외관조사 결과 분석
- 2) 시설물의 부재별 외관조사 및 점검결과에 따른 상태평가 실시
 - 상태평가 산정은 『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침』 및 시설안전기술공단의 상태평가 산정프로그램에 의한다.
- 3) 시설물의 결함부위 진단 및 결함원인 분석
- 4) 필요시 안전성 평가에 대한 내하력 평가 시 구조해석 실시
- 5) 구조해석은 시공 상태를 기준으로 분석하고, 상부구조 및 하부구조를 포함
- 6) 현장 재료시험 결과 분석
- 7) 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가
- 8) 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견(안전등급 지정)

라. 종합평가 및 안전등급 지정

마. 보수·보강방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시

- 1) 보수·보강 방법 제시
- 2) 보수시기, 보수 우선순위 및 보수대책은 고속도로상 작업여건을 감안, 이용객의 불편을

최소화할 수 있는 방안으로 각 시설물별로 작성

- 3) 보수·보강대책은 시설물의 전면보수 시까지 구조물의 기능을 유지하기 위하여 필요한 사항(보수대상, 적정공법, 소요예산 등)을 선정 제시
- 4) 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시
 - 본 과업수행 중 파악한 유지관리상의 문제점에 대한 적절한 보안대책을 작성, 유지관리 개선사항으로 제시

마. 보고서 작성

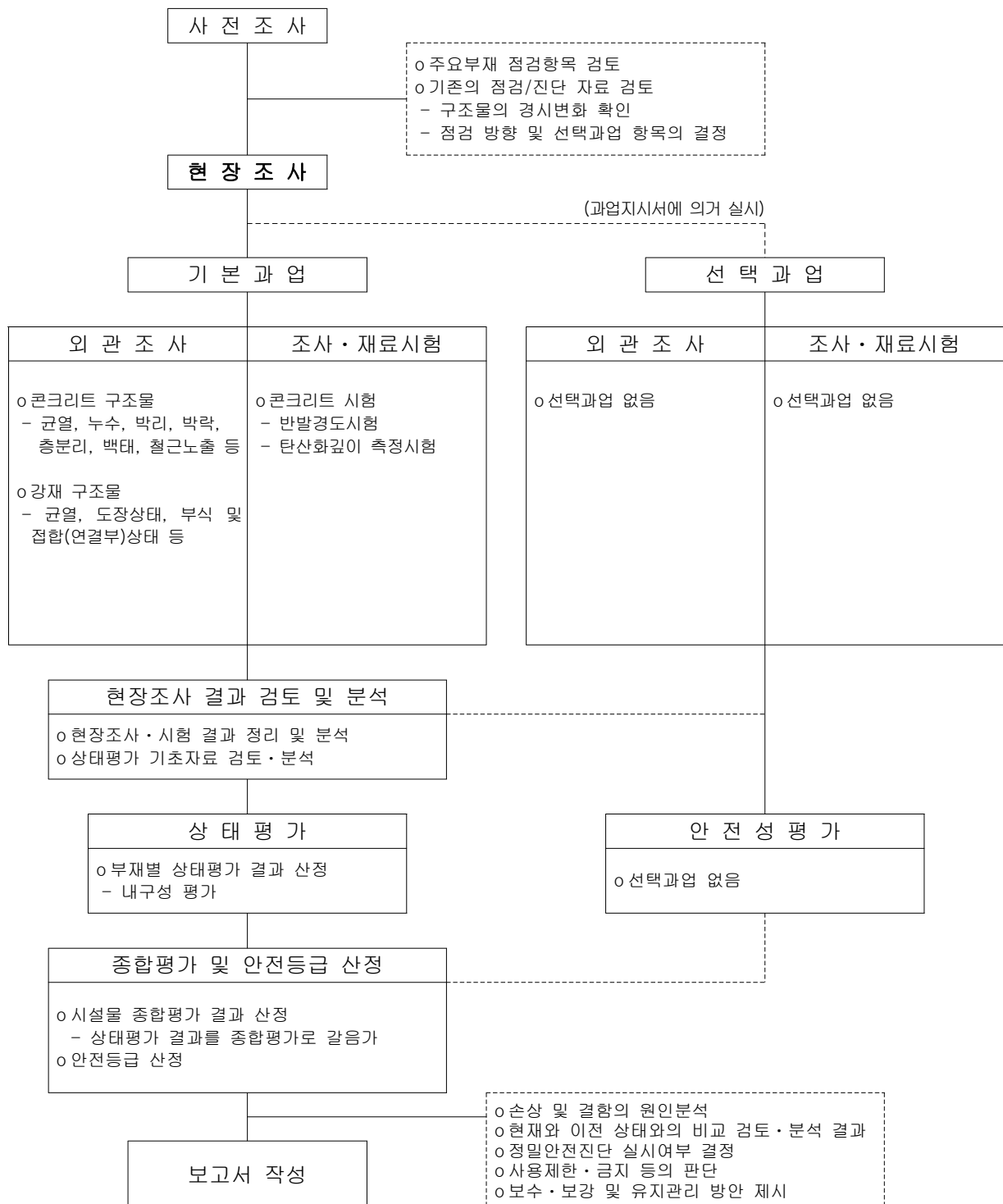
- 1) CAD 도면 작성 등 보고서 작성

바. 점검결과 전산입력

- 1) 시설안전기술공단 『시설물정보 통합관리시스템(FMS)』

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차



【그림 1.1】 과업 수행 흐름도

1.3.2 과업 수행 일정

- 용역명 : 서울춘천고속도로 정밀점검
- 용역명 : 착수일로부터 60일

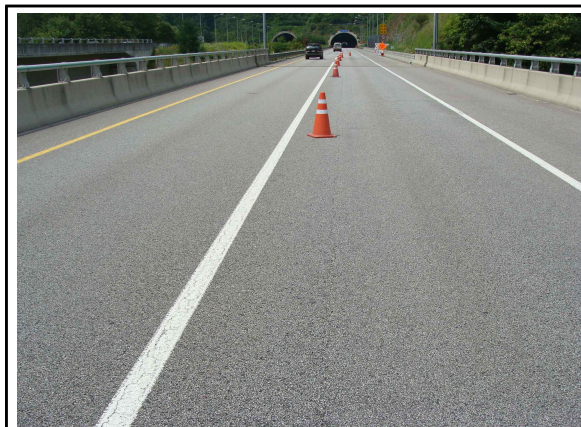
공 종	총 과업기간(60일)													비 고
	6월				7월						8월			
	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	13	
• 관련자료 수집 및 분석 • 현장답사 • 계획수립 • 관련자료 수집, 검토														
• 현장조사 및 시험 • 구조물 외관조사 • 비파괴 시험														
• 시설물의 상태평가 • 자료분석 및 검토 • 상태평가														
• 보수·보강 및 유지관리방안 • 종합평가, 안전등급 지정 • 보수·보강방안제시 • 유지관리방안 제시														
• 업무협의 및 성과품작성 • 협의 • 성과품 제출														
• 점검결과 전산입력														

1.4 대상 시설물 현황

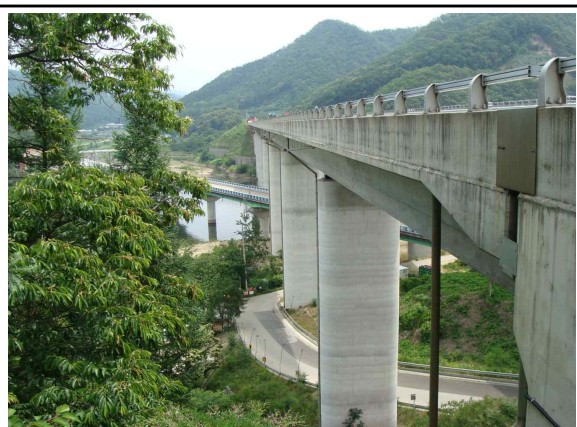
1.4.1 교량 현황

발산1교(서울방향)는 강원도 홍천군 서면 마곡리 산129에 위치하며, 연장 535.0m, 폭 12.6m, 2차로의 P.S.C Box Girder 교량으로 2009년에 준공되어 약 7년이 경과된 1종 시설물이다.

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		발산1교(서울)		시설물 번호		BR2009-0000736	
준공년월일		2009. 08. 11		관리번호		-	
설 계 사		(주)삼보기술단		시 공 사		고려개발(주)	
시설물위치		강원도 홍천군 서면 마곡리 산129					
설계하중		DB-24		노선명(이정)		고속국도60호선(서울춘천선) (43.64km)	
제원	연장	L = 45.0 + 2 @ 55.0 + 60 + 5 @ 55.0 + 45.0 = 535.0m					
	폭	B = 12.6m, 2차로					
구조	상부	P.S.C Box Girder		기초	교대	직접 + 말뚝기초	
형식	하부	교대 : 역T형, 교각 : 중공트랙형		형식	교각	직접 + 말뚝기초	
교량받침		I.L.M 포트받침 + L.R.B 면진받침		신축이음		Finger Joint	
교차시설물		충의대교, 홍천강		통과높이		18.05m	
부착시설내용							

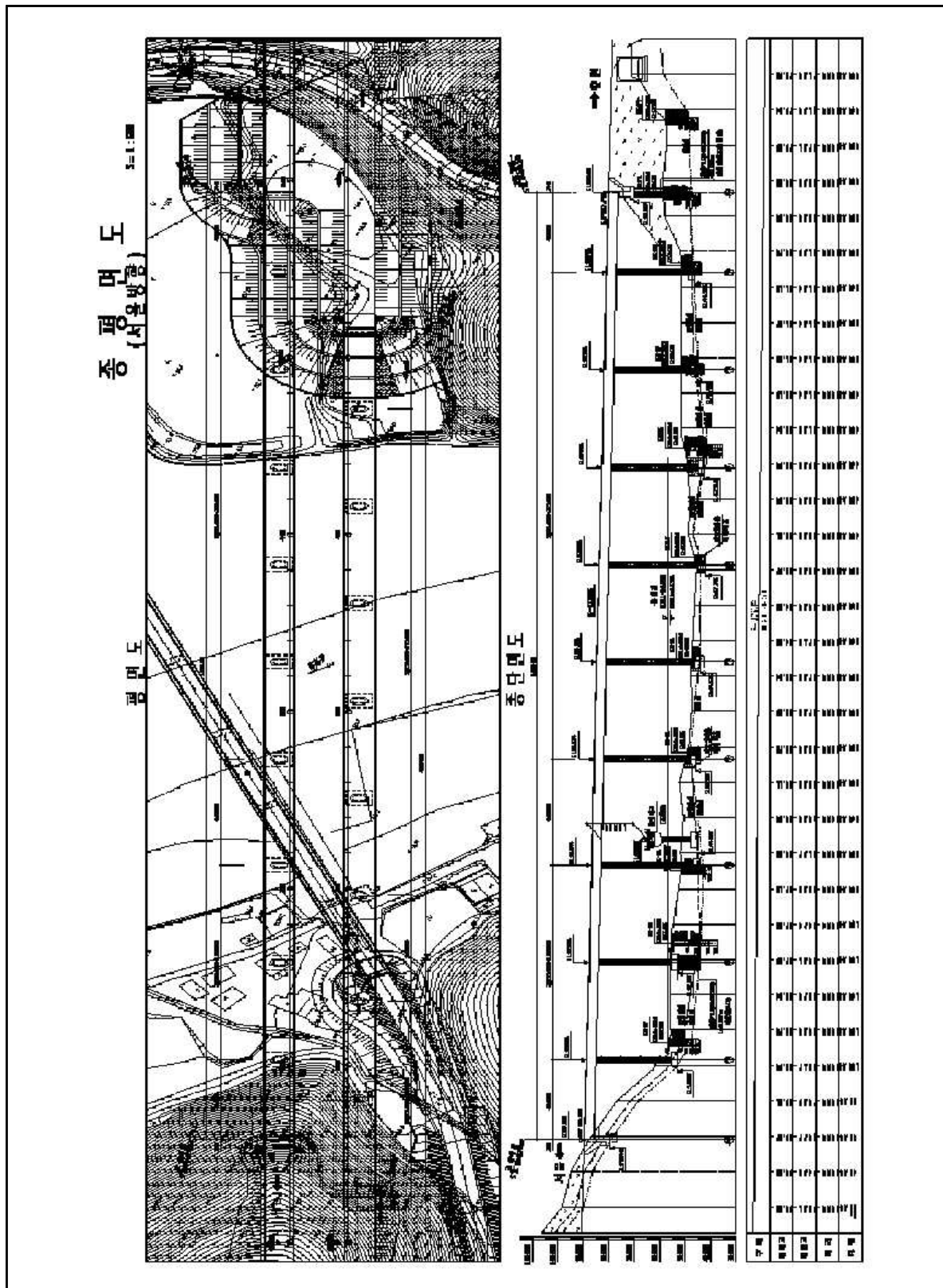


상부전경

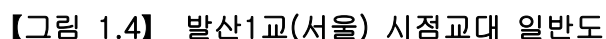
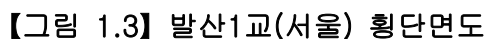


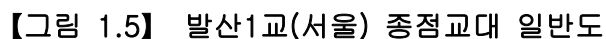
측면전경

1.4.2 교량 주요도면

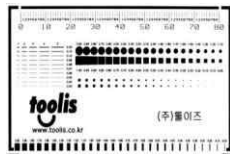


【그림 1.2】 발산1교(서울) 종·평면도





1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

장 비 명	기 종	모 델 (규 격)	용 도	비 고
점검차량	점검차	-	교량 점검용	
내 구 성 조 사	반발경도 측 정 기	Schmidt Hammer (NR Type)	콘크리트 강도측정	
	철 근 탐 지 기	RC-Radar (NJJ-95A)	철근배근상태 조사 (철근위치, 간격, 피복두께)	
	탄 산 화 시 험 기	CONKIT	탄산화 깊이 측정	
계측기기	크랙 스케일	-	균열폭 측정	
	버니어 캘리퍼스	-	제원 측정	
	전자수평기	IM-2DCL	경사도 측정	
공 기 구	디지털카메라, 무전기, 전동드릴, 그라인더, 온도계, 사다리, 줄자, 발전기 개인안전장구, 안전장비 등			

1.6 교량 기호의 정의

1.6.1 상부구조 형식 정의

영문약자	상부구조형식	영문약자	상부구조형식
RCS	RC슬래브교	RA	라멘교
RCH	RC중공슬래브교	STI	강I형교
RCT	RCT형교	SPG	강판형교
RCB	RC박스형교	STB	강박스형교
PSCI	PSCI형교	TR	트러스형교
PSCS	PSC슬래브교	AR	아치교
PSCH	PSC중공슬래브교	CS	사장교
PSCB	PSC박스형교	SU	현수교
PF	프리플렉스형교	ED	엑스트라도즈교
ETC	IPC, PCT 등 기타		

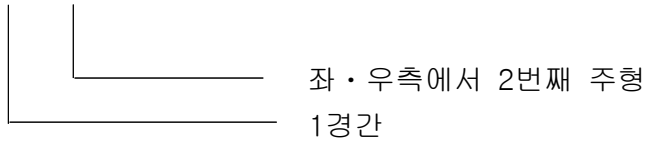
1.6.2 부재별 기호 정의

구 조 구 분			사 용 기 호	비 고
상부구조	공 통	경 간	S	Span
		거 더	G	Girder
		횡 형	CB	Cross Beam
		바 닥 판	SL	Slab
		교 량 받 침	SH	Shoe(Bearing)
		신축이음부	Exp	Expansion Joint
		램 프	Ra	Ramp
하부구조		교 대	A	Abutment
		교 각	P	Pier
		옹 벽	Wa	Wall

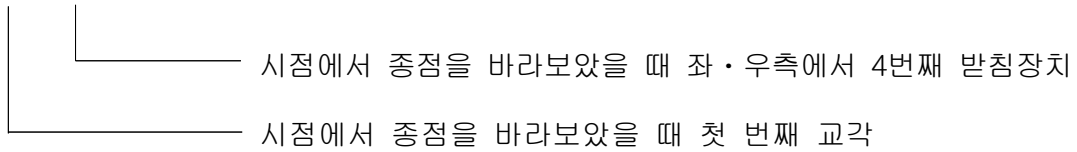
* 일련번호(n)

- 시점에서 종점방향으로 일련번호를 정한다.
- 시점에서 바라보았을 때 **중분대 내측을 기준으로** 일련번호를 정한다.

ex) S1-G2



P1-Sh4



제2장

자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

2.3 보수·보강 이력

2.4 시설물 내진설계 여부

2.5 자료 분석결과 요약

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

보존 대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계도서	• 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유	• 서울-춘천고속도로 민간투자시설사업 - 일반보고서(2009.08) - 토질조사보고서(2009.08) - 준공내역서(2009.08) - 준공도면(2009.08)
	• 설계도면	보유	- 구조 및 수리계산서(2009.08)
시 설 물 관리대장	• 기본현황 • 상세제원 • 유지관리 이력	보유	• 한국도로공사 시스템 내 관리대장
시 공 관련자료	• 시공관련 자료 • 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요구조부위에 대한 계측 관련자료 • 사고기록	보유	• 서울-춘천고속도로 민간투자시설사업 - 시공기록 보고서(2009.08) - 시공관련자료 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	• 정밀점검보고서(2014.01)
보수·보강 자료		보유	

2.2 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

2.2.1 점검 및 진단이력

번호	점검일자	구 분	주요 점검결과	등 급
1	2009.09.01 ~ 2009.11.27	정기점검 (자체수행)	· 이상 없음	양호
2	2010.05.25	정기점검 (자체수행)	· 이상 없음	양호
3	2010.10.27	정기점검 (자체수행)	· 양호함	양호
4	2011.03.07 ~ 2011.04.29	정기점검 (자체수행)	· 이상 없음	양호
5	2011.09.05 ~ 2011.11.29	정기점검 (자체수행)	· 이상 없음	양호
6	2012.05.01 ~ 2012.05.31	정기점검 (자체수행)	· 특이사항 없음	양호
7	2012.08.01 ~ 2012.11.15	정기점검 (자체수행)	· 이상 없음	양호
8	2012.09.03 ~ 2012.09.28	정기점검 (자체수행)	· 특이사항 없음	양호
9	2013.03.19	정기점검 (자체수행)	· A1 교대부 상단 동결융해, 무수축 몰탈Sh 융해, A2 녹발생, 교대부 체수	양호
10	2013.10.21 ~ 2014.01.18	정밀점검 (제이일건설연구소)	· PSC BOX 외부 받침장치 주변 박리 · 교대 및 교각 코핑부 균열(cw=0.2~0.3mm) · 교대 본체 파손 · 배수관 이격	B

2.2.2 전차 정밀점검 실시결과 요약 (2014년 - [주]제이엘건설연구소)

외관조사 결과		
구 분	주요결함 및 손상내용	보수방안
교면포장	• 포트홀	• 주의관찰
배수시설	• 배수구 막힘, 배수관 이음부 이격	• 청소, 탈락부 결속
방 호 벽	• 철근노출, 파손	• 표면보수, 주의관찰
신축이음	• 후타재 균열, 파손	• 주의관찰
P.S.C BOX	• 백태, 균열, 박리, 정착구 보강판 부식, 균열 및 백태	• 주의관찰, 표면보수, 단면보수
교량받침	• 받침콘크리트 균열 및 백태	• 주의관찰
교 대	• 균열(cw=0.2mm이하), 균열(cw=0.3mm이상), 파손, 표면열화	• 표면보수, 주입보수, 단면보수
교 각	• 균열(cw=0.2mm이하), 균열(cw=0.3mm이상)	• 표면보수, 주입보수

내구성조사 결과				
구 분	설계기준	조사결과	평가결과	
콘크리트 강도 (MPa)	상부구조	27.0	42.4 ~ 47.7 (44.63)	양호
	하부구조	24.0	25.6 ~ 27.0 (26.3)	
탄 산 화 시 험 (mm)	상부구조	30.0mm 이상	2.55 ⇒ 37.45	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
	하부구조		2.60 ⇒ 78.06	

상태평가 결과							
구 성 교 량 명	환 산 결함도점수	상태평가 등급	연 장 (M)	차 선	길 이 차 × 선	연 장 비	환산결함도점수 × 연장비
발산1교 (서울방향)	0.196	B	535	2	1070	1.000	0.196
합계(Σ)			535		1,070	1.000	0.196
<평가자 의견>							
1. 평가지수 =							0.196
2. 상태평가 결과 =							B 등급

2.3 보수·보강 이력

공사기간	부 위	공사내역	공 사 비 (천원)	시 공 자	비 고
		이력사항 없음			

2.4 시설물 내진설계 여부

구 분	해석방법	등급	FMS
현 황	다중모드 스펙트럼 해석	1등급(재현주기 1000년)	적용된 상태로 표기
분석결과	· 교량받침에 작용하는 수평지진력은 받침의 극한수평력 이내이므로 안정하다		

2.5 자료 분석결과 요약

- 가. 본 과업대상 구조물의 설계도면 및 구조계산 등의 관련 자료는 전산으로 관리되고 있는 상태이다.
- 나. 점검 이력사항에 대한 검토결과 금번 정밀점검 결함 사항이 포함된 조사 내용을 확인할 수 있었다.

제3장

현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외관조사

3.3 내구성 조사

3.4 내구성 조사 결과 요약

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

본 과업 대상 구조물인 발산1교(서울)는 서울춘천선 43.64km(이정) 지점의 강원도 홍천군 서면 마곡리 산129에 위치하며, 상부구조는 10경간 P.S.C BOX으로 구성되어 있다. 연장 535.0m (45.0+2@55.0+60.0+5@55.0+45.0m), 폭 12.6m로서 하부구조는 역T형 교대 및 중공트랙형 교각으로 모두 직접+말뚝기초로 시공된 상태이다.

과업은 대상 교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량 부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였고, 사전 현장답사를 통해 주변여건을 파악하여 교통통제에 따른 외관조사 일정계획을 수립하고, 기존 자료조사를 통하여 주요 손상을 파악한 후 외관조사 방향을 결정하여 교량의 외관상태를 조사하였다. 외관조사 시 교량 상부는 교통통제 후 교량점검차를 이용하여 가능한 근접하여 육안조사를 실시하였다.

【표 3.1】 외관조사 기간 및 조사현황

일 자	조사 내용	비 고
2016. 06. 22 ~ 2016. 07. 08	외관조사 실시	
교통통제 후 이동조사 및 점검차를 이용한 현장조사		
		

외관조사 범위는 주요 구조부재와 부부재로서 바닥판, 강재거더, 하부구조(교대 및 교각), 교량받침, 교면포장, 신축이음장치, 방호벽 및 중앙분리대, 배수시설 등의 현 상태를 조사하였고, “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2010. 12)”의 평가기준에 근거하여 구조물에 발생한 손상정도에 따라 등급 a~e의 5단계로 구분하여 판정하였다.

본문에서는 부재별로 외관조사 결과를 중심으로 수록하였으며, 비파괴 조사자료 등과 함께 구조물 안전성 평가 및 유지관리의 기초자료로 활용할 수 있도록 수행하였고, 외관조사망도는 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단, 2010. 12)에 따라 작성하여 부록에 수록하였다.

【표 3.2】 자료검토 등을 통한 외관조사 방향

구 분	외관조사 방향
예비조사 및 자료검토 결과	• 바닥판 균열, 철근노출, 누수·백태 등의 발생 현황 • 하부구조의 균열, 망상균열, 박락, 오염 등의 발생 현황 • 교량받침의 이동량 측정, 받침물탈·블록 균열, 부식 등의 발생 현황 • 교면포장 균열, 패임, 포트홀, 소성변형, 마모 등 발생 현황 • 신축이음장치의 부식, 누수, 후타재 균열 등의 발생 현황 • 방호벽 균열 및 망상균열 등의 발생 현황

3.1.1 부재별 외관조사 항목

【표 3.3】 부재별 조사내용

부재구분		진단부위		진단방법
상부구조	상판부	교면포장(아스팔트, 콘크리트)		육안
		배수시설(배수구, 배수관)		육안
		방호벽(강재, 콘크리트) 및 연석		육안
		바닥판 (철근콘크리트, 강바닥판)	손상(균열, 탈락)	비파괴장비 및 육안
			열화(누수, 백태)	육안
		신축이음 (고무형, 강재형)	본체(강재, 고무재)	간단한 공기구, 육안
			후타재(콘크리트)	간단한 공기구, 육안
		교량받침 (강재, 고무재)	기능, 손상, 열화	간단한 공기구, 육안
	거더	철근콘크리트	중앙부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안
			받침부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안
		프리스트레스트	중앙부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안
			받침부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안
		강재	손상(균열, 처짐, 변형)	계측장비, 육안
			연결부 상태	육안
			열화(부식, 오염)	육안
			브레이싱, 가로보	육안
하부구조		교대 및 교각		비파괴장비 및 육안
		기초		육안, 설계·시공자료

가. 바닥판 및 하부구조 조사방향

【표 3.4】 바닥판·하부구조 조사방향

손상내용		발생원인	조사방향
바닥판 하 면	횡방향 균열	- 건조수축에 의한 균열 - 횡 균열, 간격재를 잇는 수축균열	- 균열폭, 방향 및 연속성 - 균열부 누수, 백태 유무
	망상균열	- 양생 중 진동유입 - 바닥판 열화 진행	- 균열폭, 방향 및 연속성 - 균열부 누수, 백태 유무
	누수, 백태	- 포장하부 바닥판 균열부 우수침투 - 상대적 습도가 높은 하천 직상부 수분유입	- 포장손상 상관성 - 유출 백태 진행성
교대 및 교각	균열 박락	- 건조수축, 수화열에 의한 균열 - 시공이음부 균열, 횡전단 균열 - 지압응력에 의한 손상	- 균열폭, 방향 및 연속성 - 균열의 사·종점 - 연단거리 확보 유무

나. 교면포장 등 상면 조사방향

【표 3.5】 상면 조사방향

손상내용	발생원인	조사방향
균열, 망상균열 등	- 포장 노후화 및 내구성 저하 - 국부적 응력집중 - 거더 직상부 휨응력 - 시공이음부	- 규모 및 위치 - 차량주행성 - 바닥판의 누수, 백태 발생
들뜸	- 노후화 및 내구성 저하 - 품질불량 및 전압부족, 동결융해, 염해	- 규모 - 바닥판의 누수, 백태 발생
소성변형	- 중차량 통행	- 규모
포트홀	- 아스콘혼합물 품질불량 및 전압부족 - 패칭 보수부위 접착력 부족	- 바닥판의 누수, 백태 발생
체수, 배수시설	- 청소불량(배수구 막힘) - 배수관 유실 및 길이부족	- 체수발생 위치 및 규모
신축이음 누수	- 고무재 손상	- 발생위치 및 규모 - 누수 발생 유무 - 하단 부재 부식 여부
신축이음 후타재 균열, 파손 등	- 중차량 통과 - 노후화 및 시공불량	- 발생위치 및 규모

다. 단면결함(박리, 박락, 철근노출, 재료분리) 조사방향

【표 3.6】 단면결함 조사방향

손상내용	발생원인	조사방향
철근 비노출 손상 재료분리, 박리, 박락, 들뜸 등	- 다짐불량 - 인위적인 손상 - 탄산화로 인한 내부철근 부식	- 발생 규모 및 위치 - 청음조사
철근 노출 손상 재료분리 파손, 박락 등	- 피복두께 부족 - 내부철근 부식으로 인한 피복박리 - 인위적인 큰 단면 손상	- 발생 규모 및 위치 - 청음조사 - 부식으로 인한 철근단면 감소 여부

라. 주형 조사방향

【표 3.7】 주형 조사방향

손상내용		발생원인	조사방향
부재	변 형 단면손상	- 기 변형된 부재 사용 - 인위적인 절단, 충격(하중)	- 발생위치 및 규모 - 2차적인 손상발생 유무
용접부	용접누락	- 피복두께 부족, 철근노출, 부식	- 발생위치 및 규모 - 2차적인 손상발생 유무
	기공발생 언더컷 용접불량	- 용접전류, 용접속도 불량 - 미숙련자의 용접 - 용접자세 불량	
	균 열	- 용접불량 및 응력집중	
연결 볼트	누락 미조임 체결불량 길이부족 천공불량	- 연결부 제작오차로 인한 단차 발생 - 볼트 구멍 어긋남(불일치) - 다른 규격 볼트 사용 유무	- 발생위치 및 규모 - 2차적인 손상발생 유무
강재부식 및 도장박리		- 오랜 공용기간으로 인한 도장 열화 - 도막두께 부족 - 신축이음부 누수 및 빗물 유입	- 발생위치 및 규모 - 2차적인 손상발생 유무

마. 교량받침 조사방향

【표 3.8】 교량받침 조사방향

손상내용	발생원인	조사방향
가동 여유량 부족 및 밀착 발생 등	- 프리셋팅 불량 - 신축이음부 협착(교대 변위 등)	- 현 가동여유량 조사 - 발생 위치 및 개소 - 2차손상 발생 유무
연단부 및 받침 콘크리트 파손	- 받침장치 가동불량에 따른 전단파괴	- 교각 연단부 균열발생 여부 및 받침부 강재 변형 여부 관찰
고정앵커 볼트 미조임 및 길이부족 설치불량 등	- 볼트 나사선 청소불량 - 앵커 볼트 편심 시공 - 제작오차로 인한 조임시 하답과 밀착	- 발생 위치 및 개소 - 2차손상 발생 유무
녹 및 부식	- 오랜 공용기간으로 인한 도장열화 - 신축이음부 누수	- 발생 위치 및 개소
무수축 몰탈 균열 및 들뜸	- 신축이음부 누수에 의한 염해 - 건조수축, 이질재료간 온도차	- 발생 규모 및 위치 - 청음조사

3.1.2 상부구조

가. P.S.C BOX외부

P.S.C BOX외부 대한 외관조사 결과 일부 건조수축으로 인한 균열(c.w=0.3mm미만), 받침장치 결합시 거더의 수평이동의 구속 및 압출시공시 마찰에 의한 수평력, 불균등한 지압응력 등에 의한 박락이 조사되었다. 발생한 손상은 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위해 표면처리, 단면복구 등의 조치 후 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시해야 할 것으로 판단된다.

【표 3.9】 P.S.C BOX외부 손상현황

내 용	위치	원인	수 량	대책	비 고
박락	S1	시공미흡	0.20㎡	단면복구	
백태	S10	배수관 이음부 누수	0.16㎡	표면처리	
균열(cw=0.3mm미만)	S10	건조수축, 온도변화	4.0m	표면처리	

	
P.S.C BOX외부 전경	S1 P.S.C BOX외부 박락
	
S10 P.S.C BOX외부 균열(C.W=0.3mm미만)	S10 P.S.C BOX외부 백태

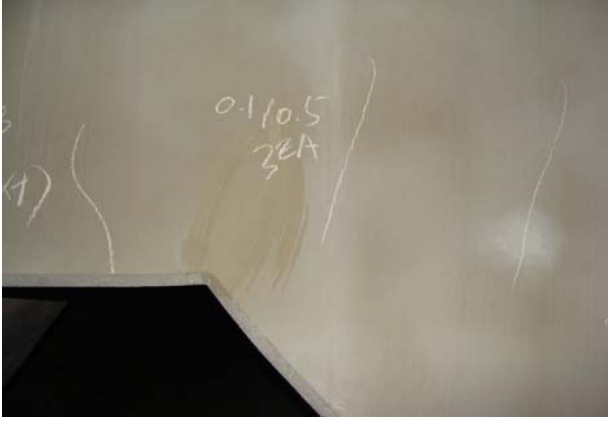
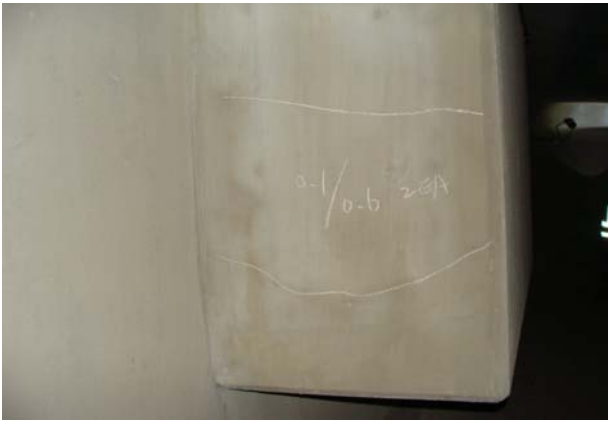
【사진 3.1】 P.S.C BOX외부 손상현황

나. P.S.C BOX내부

P.S.C BOX내부에 대한 외관조사 결과 정착구 마감부에 국부적으로 균열, 백태가 발생되었으며, 내부격벽에는 개구부 응력집중 및 높은 온도의 내부 수화열에 의한 수축작용으로 판단되는 균열이 조사되었다. 또한, 공용기간 증가로 인해 정착구 보강판 부식이 확인되었으나, 단기적은 보수조치를 요하는 손상들은 아닌 것으로 판단되어 지속적인 점검 및 관찰을 실시한 후 일괄 보수를 실시하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

【표 3.10】 P.S.C BOX내부 손상현황

내 용	위 치	원 인	수 량	대 책	비 고
균열	정착구 마감부, 내부격벽	건조수축	60.8m	주의관찰	
균열부 백태	정착구 마감부	시공미흡	1.2m	주의관찰	
백태	정착구 마감부	시공미흡	0.64㎡	주의관찰	
망상균열	내부 간벽	건조수축	3.0㎡	주의관찰	
부식	정착구 보강판	공용기간 증가	72EA	주의관찰	

	
P.S.C BOX내부 전경	내부격벽 균열(c.w=0.3mm미만)
	
정착구 보강판 부식	정착구 마감부 균열

【사진 3.2】 P.S.C BOX내부 손상현황

3.1.3 하부구조

가. 교대

발산1교(서울)의 교대는 역T형 구조로 기초형식은 강관말뚝+직접기초로 시공되어 있으며, 금번 외관조사 시 교대 구체 및 흙벽, 날개벽, 블록사면 등에 대한 조사를 실시하였다.

외관조사 결과, 교대 기울음 및 전도 부등침하 등 구조적 결함이 조사되지 않아 기초 상태는 큰 문제점이 없을 것으로 판단된다. 기 점검시 조사된 손상들의 보수가 시행된 상태이며, 교대 구체 및 흙벽에서 건조수축으로 인한 균열(c.w=0.3mm미만), 외측부의 우수유입으로 인한 표면열화 및 누수흔적, 구체 파손의 손상이 발생되어 표면처리 등의 보수를 실시하여 구조물의 내구성 및 안전성 확보해야 할 것으로 사료된다.

【표 3.11】 교대 손상현황

내 용	위 치	원 인	수 량	대 책	비 고
균열(cw=0.3mm미만)	구체 및 흙벽	건조수축	4.00m	표면처리	
파손	구체 및 흙벽	우수유입, 동결융해	0.20㎡	단면복구	
누수흔적, 표면열화	흙벽, 구체	우수유입	2.00㎡	표면처리	



【사진 3.3】 교대 손상현황

나. 교각

발산1교(서울)의 교각은 중공트랙형 구조로 기초형식은 직접기초로 시공되어 있으며, 교량 하부로는 국지도 86호선 및 위성골천이 횡단하고 있는 교량으로, 금번 외관조사 시 도보 및 굴절차를 이용하여 외관조사를 실시하였다.

교각에 대한 외관조사 결과, 건조수축 및 코핑 횡전단 작용에 의한 균열(c.w=0.3mm미만)이 전반적으로 코핑부에 발생되었으며, 기둥부에 시공초기 양생시 진동에 의한 망상균열이 조사되어 표면처리 등의 보수를 실시해야 할 것으로 판단된다.

【표 3.12】 교각 손상현황

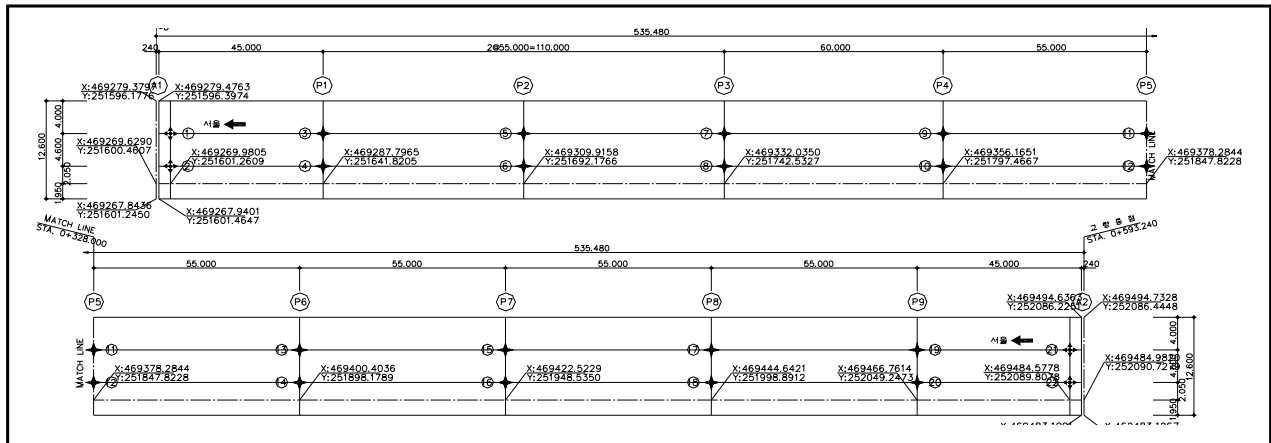
내 용	위 치	원 인	수 량	대 책	비 고
균열(cw=0.3mm미만)	기둥부	건조수축	15.1m	표면처리	
균열(cw=0.3mm이상)	P1, P4 기둥부	건조수축, 온도변화	1.4m	주입보수	
균열부 백태	P9 기둥부	균열부 우수유입	0.2m	표면처리	
백태	P9 기둥부	우수접촉	0.04㎡	표면처리	
파손	P2 기둥부	외부통격	0.04㎡	단면복구	
망상균열	P9 기둥부	건조수축, 온도변화	0.80㎡	표면처리	



【사진 3.4】 교각 손상현황

3.1.4 받침장치

본 발산1교(서울)의 교대는 ILM포트받침으로 이루어져 있으며 교각은 납면진 LRB받침으로 총 22개소가 시공되었으며, 받침장치 배치현황은 【그림 3.1】와 같다.



【그림 3.1】 받침장치 배치현황

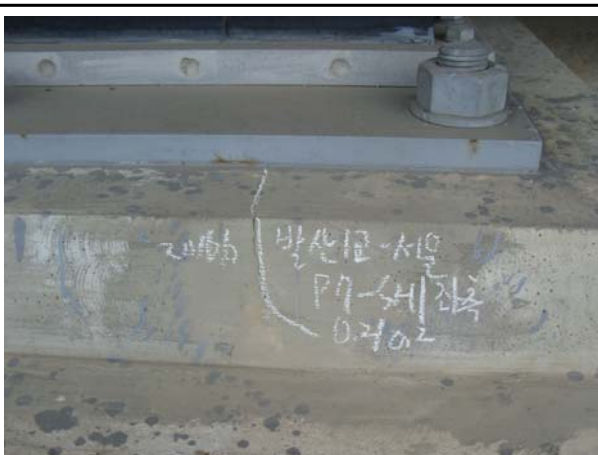
가. 외관조사 결과

교량 받침장치는 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 교량의 부속 장치로서 하중에 의해서 상부구조에 발생하는 변위와 온도변화 및 처짐에 의해 발생하는 교량의 변위, 변형에 대해서도 흡수 또는 저항하는 구조 요소이므로, 받침 본체의 기능상태, 신축유간, 편기상태 및 부식과 무수축몰탈 및 받침 콘크리트의 균열, 파손 등에 대해서도 정밀하게 조사를 시행 하였다.

외관조사 결과, 시공 초기 건조수축 및 시공오류로 인한 받침 콘크리트, 몰탈 균열, 볼트체결불량의 손상이 조사되었다. 발생한 결함은 수량이 미소하며, 받침장치의 기능상의 문제는 없는 것으로 판단되어, 주기적인 점검 및 관찰을 실시 후 손상의 진전여부를 확인 하여 보수해야 할 것으로 사료된다.

【표 3.13】 받침장치 손상현황

내 용	위 치	원 인	수 량	대 책	비 고
받침 콘크리트, 몰탈 균열	A2-SH1, 2	건조수축	3.25m	주의관찰	
볼트체결 불량	P6-SH1	시공오류	1EA	주의관찰	

	
P1 -SH 받침 전경	P5 - SH2 받침 전경
	
A2 -SH2 받침콘크리트 균열	P3 -SH1 받침몰탈 균열
	
P7 -SH1 받침몰탈 균열	P6 - SH1 볼트 체결 불량

【사진 3.5】 받침장치 손상현황

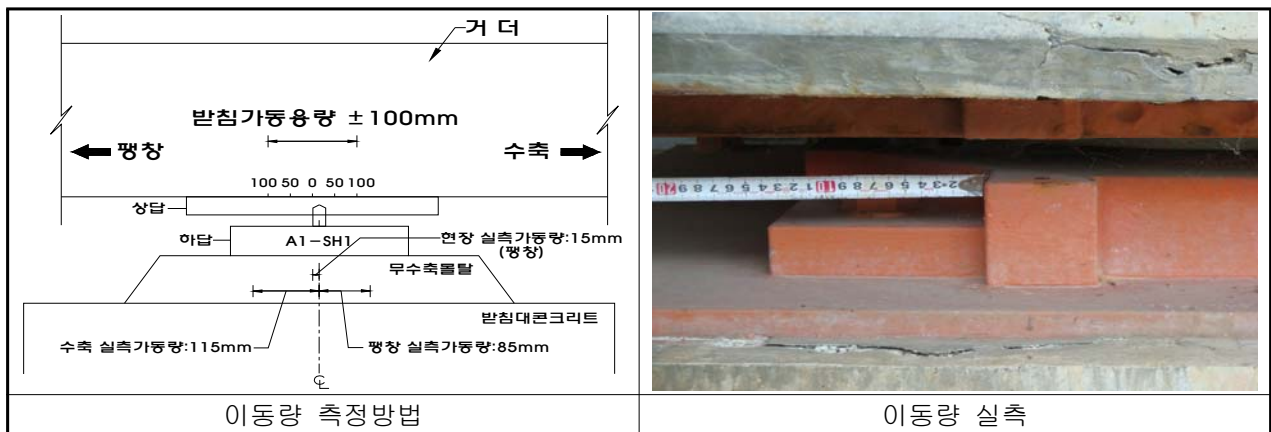
【표 3.14】 받침장치의 전경사진

A1	P1	P2	P3
			
SH1	SH1	SH1	SH1
			
SH2	SH2	SH2	SH2
P4	P5	P6	P7
			
SH1	SH1	SH1	SH1
			
SH2	SH2	SH2	SH2
P8	P9	A2	-
			
SH1	SH1	SH1	-
			
SH2	SH2	SH2	-

나. 받침장치 이동량 검토

발산1교의 받침장치에 대해 현재의 이동량을 실측하여 검토함으로써 이동량 부족으로 인한 받침장치의 기능저하를 방지하고자 하였다.

본 교량은 준공 후 7년 정도 공용 중인 PSCB 교량으로 각 받침장치에 대한 점검일 당시의 실측 이동량에 따른 신장 및 수축 여유량을 산정 하였으며, 그 결과 다음과 같다.



【사진 3.6】 받침장치 이동량 측정방법

【표 3.15】 받침장치 이동량 측정결과

단위(mm)

구 분		이동량		실측이동량		여유량		검토	비고
		교축	교축직각	교축	교축직각	교축	교축직각		
A1	SH1	±150	±50	15.0	0.0	135.0	50	양호	
	SH2	±150	±50	13.0	0.0	137.0	50	양호	
P1	SH1	-	-	5.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	7.0	0.0	-	-	양호	
P2	SH1	-	-	3.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	6.0	0.0	-	-	양호	
P3	SH1	-	-	3.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	4.0	0.0	-	-	양호	

*이동량은 본 교량 설계도서에서 발체한 내용임.

【표 3.15】 받침장치 이동량 측정결과(계속)

단위(mm)

구 분		이동량		실측이동량		여유량		검토	비고
		교축	교축직각	교축	교축직각	교축	교축직각		
P4	SH1	-	-	5.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	6.0	0.0	-	-	양호	
P5	SH1	-	-	33.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	32.0	0.0	-	-	양호	
P6	SH1	-	-	10.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	13.0	0.0	-	-	양호	
P7	SH1	-	-	18.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	15.0	0.0	-	-	양호	
P8	SH1	-	-	3.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	5.0	0.0	-	-	양호	
P9	SH1	-	-	2.0	0.0	-	-	양호	
	SH2	-	-	6.0	0.0	-	-	양호	
A2	SH1	±150	±50	5.5	0.0	144.5	50	양호	
	SH2	±150	±50	5.0	0.0	145.0	50	양호	

* 이동량은 본 교량 설계도서에서 발췌한 내용임.

1) 받침장치 이동량 측정결과

받침장치 이동량의 실측값과 계산값을 비교·검토한 결과, 현재 받침장치의 가동상태는 양호한 것으로 검토되었다. 추후 주기적으로 받침장치의 이동량을 측정하는 것은 교량의 유지관리에 도움이 될 것이다.

다. 받침장치 연단거리에 대한 조사

하부구조의 받침면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 짧으면 구체 콘크리트가 파손되거나 심한 경우 주형이 낙교할 수도 있다. 따라서 상부구조의 길이에 따라 도로교설계기준에서는 최소값을 정해놓았으며 그 값은 다음과 같다.

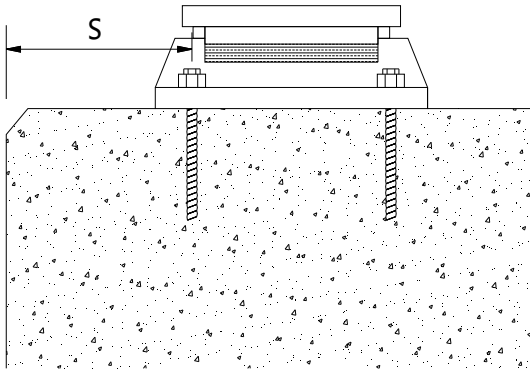
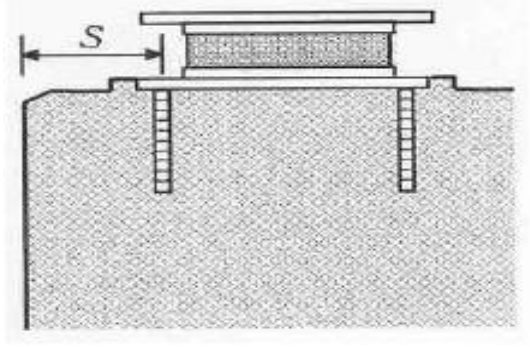
- 거더의 경간길이 100m 이하 : $S(\text{mm}) = 200 + 5 L$
- 거더의 경간길이 100m 이상 : $S(\text{mm}) = 300 + 4 L$

소요 연단거리 산출

$$S1, S10 (L=45.0) = 200 + 5 \times 45.0 = 425\text{mm}$$

$$S4 (L=60.0) = 200 + 5 \times 60.0 = 500\text{mm}$$

$$S2, S3, S5 \sim S9 (L=55.0) = 200 + 5 \times 55.0 = 475\text{mm}$$

	
연단거리 측정방법	연단거리 측정현황(A2)
	
연단거리 측정방법	연단거리 측정현황(P1)

【표 3.16】연단거리 측정결과

부 재	계산 연단 거리 (mm)	실측연단거리(mm)				비고
		SH1		SH2		
		서울	춘천	서울	춘천	
A1	425	-	570	-	560	양호
P1	475	1,090	1,200	1100	1180	양호
P2	475	1110	1180	1110	1190	양호
P3	500	1130	1150	1110	1190	양호
P4	475	1120	1200	1100	1180	양호
P5	475	1120	1180	1130	1160	양호
P6	475	1060	1170	1090	1180	양호
P7	475	1160	1120	1110	1160	양호
P8	475	1080	1200	1090	1190	양호
P9	475	1090	1200	1100	1170	양호
A2	425	600	-	580	-	양호

1) 연단거리 측정결과

연단거리 측정 결과 실측 연단거리가 계산 연단거리를 전체적으로 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

3.1.5 기타부재

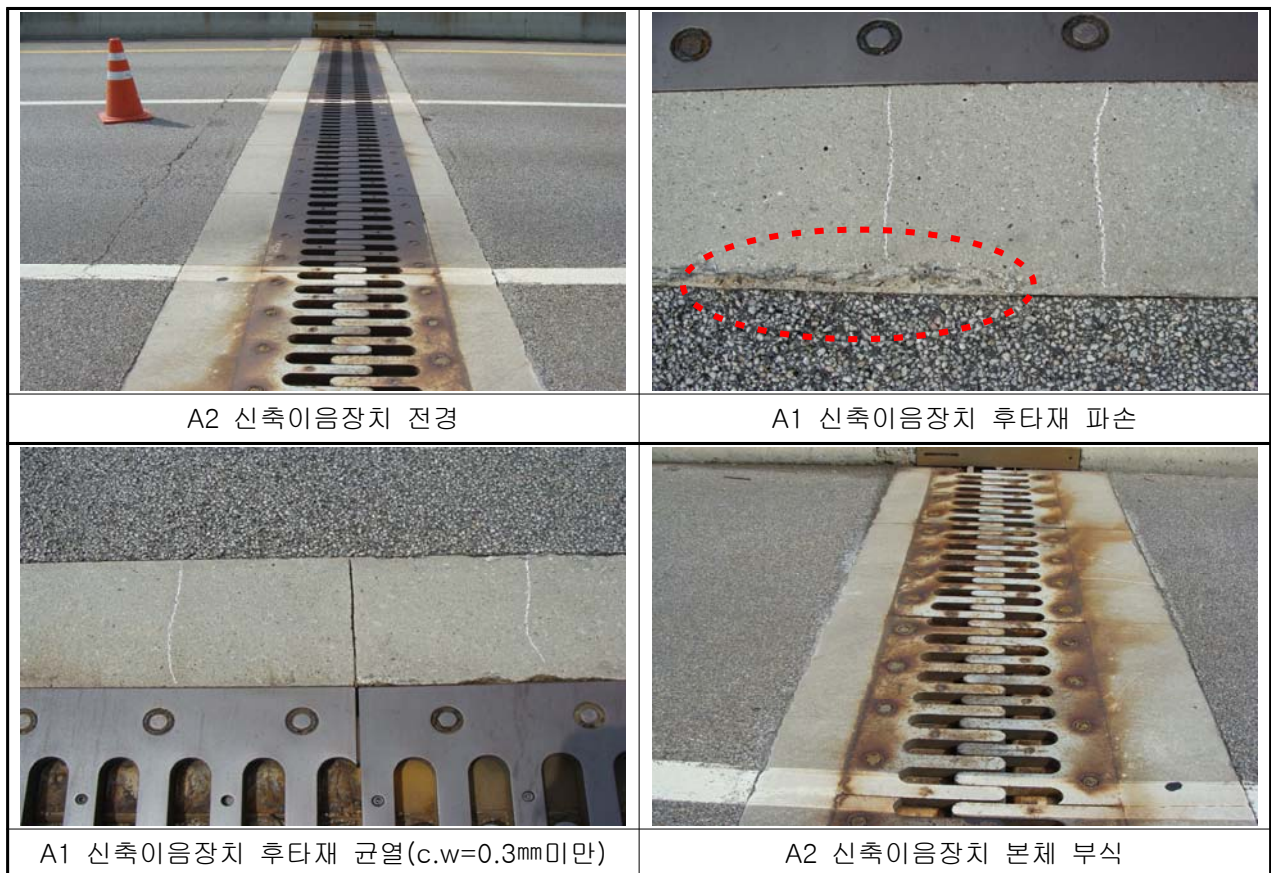
가. 신축이음장치

1) 외관조사 결과

신축이음 장치는 온도변화, 크리프, 건조수축 및 처짐 등에 의한 상부구조의 신축 또는 이동량을 흡수하고 교면의 평탄성을 유지하여 차량의 주행성을 확보하기 위한 부속장치로서 현장조사 시에 이러한 기능 저하여부, 내구성 측면, 차량 주행 안전성 등에 대해 중점적으로 조사하였다. 외관조사 결과, 공용기간 증가 및 지속적인 차량통행으로 인한 후타재 균열, 국부적인 후타재 파손, 신축이음 본체부식이 발생되었다.

【표 3.17】 신축이음장치 외관조사 결과

내 용	위 치	원 인	수 량	대 책	비 고
후타재 균열	A1, A2	장기공용 및 차륜하중	5.89m	주의관찰	
후타재 파손	A1	차륜하중	0.21 m ²	주의관찰	
본체 부식	A1, A2	공용기간 증가	8.0m	주의관찰	



【사진 3.7】 신축이음장치 손상 현황

2) 신축이음장치 유간측정

본 조사는 외기온도차 및 처짐에 의해 발생하는 교량신축량이 신축이음장치 가동여유량 이내인가를 조사하기 위함으로 받침장치 가동량 계산, 가동량 조사방법 및 조사결과는 다음과 같다.

- 신축이음장치의 설계신축량은 기본신축량(온도신축+건조수축+크리프)과 여유량의 합계
- 신축량이라 함은 보의 가동단에서 움직임을 나타내는 용어로서, 신축이음 장치의 설계 시(설치)를 기준으로 한다. 본 교량은 신축이음장치가 설치된 상태이며 콘크리트 건조 수축이 끝난 것으로 가정하고 신축량 계산은 건조수축, 크리프 값을 제외하고 단순히 온도수축량, 설치여유량, 보의 처짐에 의한 이동량, 부가 여유량만을 계산하였다.



【사진 3.8】 유간 측정 현황

① 온도에 의한 가동량

- 콘크리트교 온도에 의한 수축가동량 $= \Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot l$

여기서, ΔT = 온도변화(한랭지방 : 콘크리트교 $-15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$)

α = 선팽창계수 1.0×10^{-5} , l = 수축들보 길이

- 강교 온도에 의한 가동량 $= \Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot l$

α = 선팽창계수 1.2×10^{-5} , l = 수축들보 길이

여기서, ΔT = 온도변화(한랭지방 : 강교 $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$)

② 여유량

- 신축장 100m 미만 $= (\Delta l_t + \Delta l_r) \times 0.2 + 10$
- 설치여유량(10mm) + 부가여유량(20mm) + 처짐에 의한 가동량(Δl_t)

$\Delta l_t = h_i \times \theta_i$ 여기서

h_i = 받침의 회전중심에서 보의 중립축까지의 높이(2h/3)

θ_i = 보의 회전각 (콘크리트교 : 1/300, 강교 : 1/150)

발산1교(서울) 거더 높이 22.56m

$$\Delta l_t = (5.12/3) \times (1/300) \times 1,000$$

$$\therefore \text{여유량 계산(신축장 길이 100m 이상)} = 10 + 20 + 5.69 = 35.69\text{mm}$$

③ 온도에 의한 신축량 계산

- 측정날짜 : 2016년 06월 21일

- 측정시 온도 : 24.6℃

【표 3.18】 온도에 의한 신장량

구 분	신 장 량
A1	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot l = 10.4 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 535,000 = 55.64\text{mm}$
A2	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot l = 10.4 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 535,000 = 55.64\text{mm}$

【표 3.19】 온도에 의한 수축량

구 분	수 축 량
A1	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot l = 39.6 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 535,000 = 211.86\text{mm}$
A2	$\Delta l_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot l = 39.6 \times 1.0 \times 10^{-5} \times 535,000 = 211.86\text{mm}$

④ 여유량 계산

【표 3.20】 신장량에 따른 여유량

구 분	신 장 량
A1(100m이상)	여유량 = $(2.56 \times 2/3) \times (1/300) \times 1,000 = (5.69) + 10 + 20 = 35.69\text{mm}$
A2(100m이상)	여유량 = $(2.56 \times 2/3) \times (1/300) \times 1,000 = (5.69) + 10 + 20 = 35.69\text{mm}$

【표 3.21】 수축량에 따른 여유량

구 분	수 축 량
A1(100m이상)	여유량 = $(2.56 \times 2/3) \times (1/300) \times 1,000 = (5.69) + 10 + 20 = 35.69\text{mm}$
A2(100m이상)	여유량 = $(2.56 \times 2/3) \times (1/300) \times 1,000 = (5.69) + 10 + 20 = 35.69\text{mm}$

⑤ 신축이음장치 유간 검토

【표 3.22】 신축이음장치 유간거리(A1)

구분	온도에 의한 가동량 (mm)		처짐에 의한 가동량 (mm)	설치 여유량 (mm)	부가 여유량 (mm)	총가동량 (mm)		측정치 (mm)		비고
	신장량	수축량				신장량	수축량	측정 위치	잔여 여유량	
A1	55.64	211.86	5.69	10.00	20.00	91.33	247.55	교면	140.0	
	55.64	211.86	5.69	10.00	20.00	91.33	247.55	슬래브	295.0	
	55.64	211.86	5.69	10.00	20.00	91.33	247.55	거더	760.0	

【표 3.23】 신축이음장치 유간거리(A2)

구분	온도에 의한 가동량 (mm)		처짐에 의한 가동량 (mm)	설치 여유량 (mm)	부가 여유량 (mm)	총가동량 (mm)		측정치 (mm)		비고
	신장량	수축량				신장량	수축량	측정 위치	잔여 여유량	
A2	55.64	211.86	5.69	10.00	20.00	91.33	247.55	교면	148.0	
	55.64	211.86	5.69	10.00	20.00	91.33	247.55	슬래브	310.0	
	55.64	211.86	5.69	10.00	20.00	91.33	247.55	거더	620.0	

신축이음장치(A1, A2)의 유간은 140.0~760.0mm(신축이음장치 기준)의 여유량을 확보하고 있는 양호한 상태인 것으로 측정되었다.

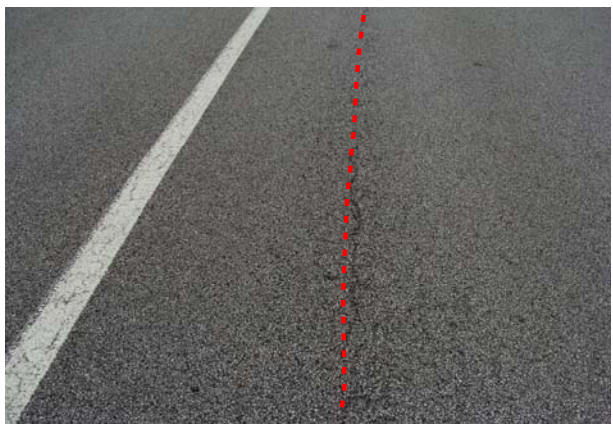
나. 교면포장

발산1교(서울)의 교면포장은 아스콘으로 시공되어 있으며, 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 통한 외관조사를 실시하였다.

외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었으나, 공용기간 증가 및 차륜하중으로 인한 콘크리트 포장 균열, 마모, 포트홀이 발생한 상태이며, 팻칭(HPC)보수 등에 의한 보수조치가 요구된다.

【표 3.24】 교면포장 외관조사 결과

내 용	위 치	원 인	수 량	대 책	비 고
콘크리트 포장 균열	교면	건조수축 및 차륜하중	464.00m	팻칭(HPC)보수	
콘크리트 포장 마모	S6	건조수축 및 차륜하중	10.00㎡	팻칭(HPC)보수	
포트홀	S6~8, S10	건조수축 및 차륜하중	0.04㎡	팻칭(HPC)보수	

	
S9 콘크리트 포장 전경	S6 콘크리트 포장 마모
	
S7 콘크리트 포장 포트홀	S6 콘크리트 포장 균열

【사진 3.9】 교면포장 손상 현황

다. 배수시설

본 교량의 배수시설은 교면 배수구가 좌측 방호벽에 인접하여 총 28개소 설치되어 있으며, 배수파이프로 연결되어 하부로 배수되도록 시공되어 있다. 배수시설 조사 시 배수구 막힘과 배수파이프 길이부족, 곡관설치 여부 등에 대해 중점적으로 조사를 실시하였다.

외관조사 결과, 이물질 퇴적으로 인한 배수구 막힘이 1개소 조사되었으며, 교면의 물고임 등의 2차 손상을 방지하기 위하여 청소 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3.25】 배수시설 외관조사 결과

내 용	위 치	원 인	수 량	대 책	비 고
배수구 막힘	S5	이물질 퇴적	1EA	청소	



【사진 3.10】 배수시설 손상 현황

라. 방호벽

방호벽은 사고 발생 시 차량의 낙하 및 추락을 방지하는 부재로서, 방호벽에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 건조수축 및 온도변화 등에 의한 균열, 외부충격으로 인한 굽힘이 발생되었다. 조사된 손상들에 대하여 표면처리 등의 적절한 보수를 실시한다면 안전성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

【표 3.26】 방호벽 외관조사 결과

내 용	위 치	원 인	수 량	대 책	비 고
균열(c.w=0.3mm미만)	방호벽	건조수축	128.10m	표면처리	
긁힘	S8	외부충격	0.80㎡	주의관찰	

	
S6 방호벽 전경	S1 방호벽 균열(c.w=0.3mm미만)
	
S6 방호벽 균열(c.w=0.3mm미만)	S8 방호벽 긁힘

【사진 3.11】 방호벽 손상 현황

3.1.6 손상 수량 집계

【표 3.27】 손상수량 집계표

구 분		손상내용	손상수량	단위	비고
상부구조	P.S.C BOX 외부	· 박락 · 균열(cw=0.3mm미만) · 백태	0.20 0.16 4.00	m ² m m ²	
	P.S.C BOX 내부	· 균열(cw=0.3mm미만) · 균열부 백태 · 백태 · 망상균열 · 부식	60.80 1.20 0.64 3.00 72	m m m ² m ² EA	
하부구조	교대	· 균열(cw=0.3mm미만) · 파손 · 누수흔적, 표면열화	4.00 0.20 2.00	m m ² m ²	
	교각	· 균열(cw=0.3mm미만) · 균열(cw=0.3mm이상) · 균열부 백태 · 백태 · 파손 · 망상균열	15.10 1.40 0.20 0.04 0.04 0.80	m m m ² m ² m ² m ²	
받침장치		· 받침 콘크리트, 몰탈 균열 · 볼트체결 불량	3.25 1	m EA	
신축이음		· 후타재 균열 · 후타재 파손 · 본체부식	5.89 0.21 8.00	m m ² m	
교면포장		· 콘크리트 포장 균열 · 콘크리트 포장 마모 · 포트홀	464.00 10.00 0.04	m m ² m ²	
난간 및 방호벽		· 균열(cw=0.3mm미만) · 굽힘	128.10 0.80	m m ²	
배수시설		· 배수구 막힘	1	EA	

3.1.6 기존 점검 결과와 비교 · 분석

【표 3.28】 외관조사 결과 비교 · 분석

구 분	2014년 정밀점검	2016년 정밀점검
PSC BOX 외부	·백태 : 0.18㎡ ·균열(cw=0.2mm이하) : 8.5m ·박리 : 0.72㎡	·박락 : 0.20㎡ ·균열(cw=0.3mm미만) : 0.16m ·백태 : 4.00㎡
PSC BOX 내부	·정착구 보강판 부식 : 72개소 ·균열(cw=0.2mm이하) : 5.5m ·박리 : 0.6㎡ ·균열 및 백태 : 6.0m ·백태 : 2.18㎡	·균열(cw=0.3mm미만) : 60.80m ·균열부 백태 : 1.20m ·백태 : 0.64㎡ ·망상균열 : 3.00㎡ ·부식 : 72 EA
교대	·균열(cw=0.2mm이하) : 22.2m ·균열(cw=0.3mm이상) : 2.15m ·파손 : 0.24㎡ ·표면열화 : 3.71㎡	·균열(cw=0.3mm미만) : 4.00m ·파손 : 0.20㎡ ·누수흔적, 표면열화 : 2.00㎡
교각	·균열(cw=0.2mm이하) : 40.00m ·균열(cw=0.3mm이상) : 3.00m	·균열(cw=0.3mm미만) : 15.10m ·균열(cw=0.3mm이상) : 1.40m ·균열부 백태 : 0.20m ·백태 : 0.04㎡ ·파손 : 0.04㎡ ·망상균열 : 0.80㎡
받침장치	·받침콘크리트 균열 및 백태 : 0.05㎡	·받침 콘크리트, 몰탈 균열 : 3.25m ·볼트체결 불량 : 1EA
신축이음	·후타재 균열(cw=0.2mm이하) : 2.7m ·후타재 파손 : 0.21㎡	·후타재 균열 : 5.89m ·후타재 파손 : 0.21㎡ ·본체부식 : 8.00m
교면포장	·포트홀 : 0.13㎡	·콘크리트 포장 균열 : 464.00m ·콘크리트 포장 마모 : 10.00㎡ ·포트홀 : 0.04㎡
난간 및 방호벽	·철근노출 : 0.10m ·파손 : 0.05㎡	·균열(cw=0.3mm미만) : 128.10m ·굽힘 : 0.80㎡
배수시설	·배수구 막힘 : 2개소 ·배수관 이음부 이격 : 1개소	·배수구 막힘 : 1 EA
총 평	■ 정밀점검 결과 ‘2014년 정밀점검 결과와 비교시 일부 보수가 진행 되었으나 일부 손상물량이 증가된 것으로 조사되었다. 이는 기 점검 시 간과된 손상 반영 및 공용년 수 증가에 따라 나타난 결과로 검토되었다.	

3.2 내구성 조사

3.2.1 개요

내구성 평가는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

내구성 조사의 적용 범위는 다음과 같다.

- 내구성 조사는 구조체를 중심으로 수행한다.
- 내구성 조사는 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용 년 수 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.

구조물은 하중을 안전하게 지지하고 그 기능을 원활히 발휘하여야 하며, 역학적으로 충분한 강도와 강성을 갖는 것이 필요하다. 따라서 구조의 각 부분이 균형 잡힌 안전도를 가지며, 내구성을 갖는 것이 요구된다.

과업 대상 시설물은 콘크리트와 강재 부재로 구성되어 있으므로 각 재료의 역학적, 물리·화학적 특성을 평가하기 위해 내구성 조사를 실시하였다.

콘크리트 비파괴 조사는 교량의 안전성 평가를 위한 시험과 내구성 평가를 위한 시험으로 구분하여 실시하였으며, 외관조사 내용과 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다.

가. 시험내용 및 평가기준

1) 콘크리트 (비)파괴 시험

① 시험내용, 방법 및 개소

【표 3.29】 재료시험 및 조사 내용

구 분	조사 항목		내 용	비고
내구상태 평가	콘크리트 강도	반발경도법	슈미트 해머를 이용하여 콘크리트 강도 조사	○
		초음파 전달속도법	초음파 측정기를 이용하여 콘크리트 품질상태조사	-
		조합법	반발경도법과 초음파 전달속도법을 조합하여 콘크리트 강도 조사	-
	철근배근 조사		RC-RADAR를 이용하여 철근배근상태, 피복두께조사	○
	탄산화 시험		탄산화시험기를 이용하여 콘크리트 구조물의 탄산화 깊이 조사	○
	염화물 함유량 시험		콘크리트 시료를 이용하여 염화물 함유량 실내 시험 실시	-

【표 3.30】재료시험 측정 기준 및 실시 수량

구 분		세부지침 기준 수량		실시수량	비고
		기 준	수량		
반발경도시험	상부	535m/50m = 10.7	11	11	개소
	하부	535m/50m = 10.7	11	11	
탄산화	상부	5경간이상 3~6개소	최소1개소이상	2	개소
	하부		3~6	3	

※ 조사 기준수량 : 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 적용
 ⇒ 세부지침 기준수량 이상 실시, 상세위치는 부록 시험위치도 수록

3.2.2 시험내용 및 평가기준

가. 반발경도법

1) 개 요

반발경도 시험법은 콘크리트 구조물의 압축강도를 비파괴 검사로 추정하는 방법으로, Schmidt Hammer를 이용하여 콘크리트 표면의 반발경도를 측정, 이 결과로부터 압축강도를 추정한다.

반발경도 측정은 방법이 비교적 용이하고 간편하며, 시험대상 구조물의 형상 및 크기에 관계없이 적용이 가능하다. 그러나 콘크리트 표면 상태에 국한되고 콘크리트 내부의 강도를 추정할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

또한, 콘크리트와 같은 비 균질 재료는 Schmidt Hammer를 이용하여 표면에서 국부적인 타격을 하는 경우에 반발치(R)가 타격면에 존재하는 굽은골재의 유무, 표면요철, 먼지, 습윤상태 등에 따라 영향을 받아 측정 위치별로 결과치의 차이가 발생할 수 있다.

이러한 단점에도 불구하고 간편하면서 신속하고 구조물 전체에 대한 압축강도 추정이 가능하여, 국제적으로 표준화된 장점이 있다.

반발경도 측정은 측정위치로 선정된 부위를 그라인딩으로 표면을 매끈하게 정리한 후 3cm의 격자간격으로 평균 20회 이상 타격한다. 반발경도 측정 후에는 측정값을 산술 평균한 다음 평균값에서 $\pm 20\%$ 이상 되는 값은 버리고 나머지 값들에 대하여 다시 산술 평균치를 구하여 측정 지점의 반발치로 한다. 다만, 반발치가 분산되어 제외시킨 측정값이 4개 이상일 때는 측정 지점의 반발치는 버린다. 여기서, 측정된 반발치 값들이 많은 편차를 보이면 보편적으로 콘크리트 표면의 품질상태가 불균질한 것으로 판단될 수 있을 것이다.

2) 반발경도(R) 보정

측정된 반발치(R)를 이용하여 콘크리트의 압축강도(F_c)를 추정하는 기법은 다음과 같다.

① 기준경도 R_0 의 보정

기준경도 R_0 은 다음식과 같이 측정된 반발경도 R 에 보정치 ΔR 을 더하여 구한다.

$$R_0 = R + \Delta R$$

② 타격방향에 따른 보정

수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다.

하향타격(-90°)의 경우에는 내부의 해머 중량에 의해서 실제보다 반발값이 작아지므로 (+)값으로 수정해 주어야 하며, 상향타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대 현상에 의해서 (-)값으로 수정해 주어야 한다. 타격방향에 따른 보정계수는 【표 3.31】과 같으며, 실제 적용된 각도 보정은 아래 표에 대한 $R-\Delta R$ 상관 관계식으로부터 적용하였다.

【표 3.31】 타격방향에 따른 반발경도 보정값(ΔR)

반발경도 (R)	수평과 이루는 각도			
	+90°(상향수직)	+45°(상향경사)	-45°(하향경사)	-90°(하향수직)
10	-	-	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.0	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.7	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

③ 콘크리트 습윤 상태에 대한 보정

콘크리트 표면이 습윤 상태에 있으면 기건 상태보다 반발치가 적게 나타나므로 완전 습윤 상태에서는 기건 상태를 기준으로 $\Delta R = +5$ 로 보정한다.

④ 콘크리트 재령에 대한 보정

수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면의 강도가 높기 때문에 재령 28일 압축강도로 환산수정하여 콘크리트의 압축강도를 추정한다. 콘크리트 재령에 따른 압축강도 의 보정 계수 n 은 【표 3.32】과 같고 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

【표 3.32】 재령에 따른 시간경과계수

재 령 (일)	5	10	14	20	28	30	40	60	80
시간경과계수(n)	1.84	1.55	1.37	1.15	1.00	0.99	0.93	0.86	0.82
재 령 (일)	100	150	200	400	500	750	1000	2000	3000
시간경과계수(n)	0.78	0.74	0.72	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

3) 압축강도의 추정

기준경도 R_0 를 이용하여 압축강도(F_c)를 추정하는 식은 일반적으로 널리 사용되고 있는 일본재료학회, 일본건축학회식을 사용한다.

$$F_c = 1.27 \cdot R_0 - 18.0 \quad [\text{일본재료학회}]$$

$$F_c = (7.3 \cdot R_0 + 100) \times 0.0098 \quad [\text{일본건축학회}]$$

$$F_c = 0.098(15.2 \cdot R_0 - 112.8) \quad [\text{한국과학기술부}] : \text{고강도 콘크리트 적용}$$

여기서, F_c : 콘크리트 추정압축강도(MPa)

R_0 : 기준경도

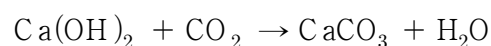
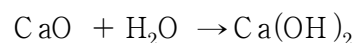
4) 압축강도의 판정

반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도 측정치는 콘크리트의 표면을 타격하여 반발에너지로부터 얻어지는 결과 값이므로 타격면 콘크리트 표면 상태에 따라 영향을 받기 때문에 이러한 오차요인을 감안하여 『일본 국토개발기술연구센터』에서 제안된 판정기준을 적용하였다. [판정 기준 : 측정강도 / 기준강도 ≥ 0.90]

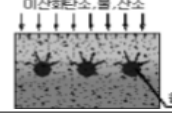
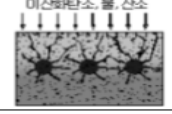
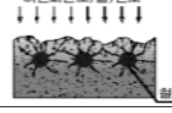
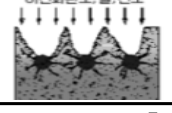
다. 탄산화 시험

1) 개 요

탄산화란 경화콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 말한다. 즉 건전한 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘($\text{Ca}(\text{CO}_3)$)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 낮아지는 현상이다.



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		재질 및 강도상의 변화는 거의 없다. (약간의 건조수축에 의한 균열)
◆ 2단계		녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생한다.
◆ 3단계		철근의 윗면이 팽창하며 균열이 표면까지 연장되고 동해 등의 다른 열화를 유발시키며 녹물이 보인다.
◆ 4단계		철근 윗면의 피복이 탈락되기 시작하고 철근노출이 시작된다. 철근의 단면적이 감소한다.
◆ 5단계		철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출된다. 내구성능 저하가 가속된다.

【그림 3.2】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정

2) 시험 방법

금번 시험은 콘크리트의 미소구간을 핸드그라인더를 이용하여 시편을 채취하거나, 시편이 부스러져 채취가 곤란하였던 경우에는 그라인딩 면에 직접 시험을 시행하였다.

- ① 시험 위치를 결정한 후 핸드그라인더로 측정 면 상·하 또는 좌·우로 커팅한다.
- ② 커팅 후 시료를 꺼낸 후 현장 또는 시험실에서 페놀프탈레인 용액을 분무하여 변색 위치를 계측한다.
- ③ 그라인딩으로 손상된 면에 에폭시 혼합재를 교반하여 충전 시킨 후 헤라를 이용하여 표면을 정리한다.

3) 탄산화 깊이 측정

① 시험면 현장 측정

- ㉠ 채취 시료가 부스러져 표면 시점이 모호하거나, 골재 등으로 인하여 조각이 많은 상태인 경우 채취면을 그라인더로 정리한 후 물이 든 분무기로 측정면에 분사하여 미세 석분을 제거 한다.

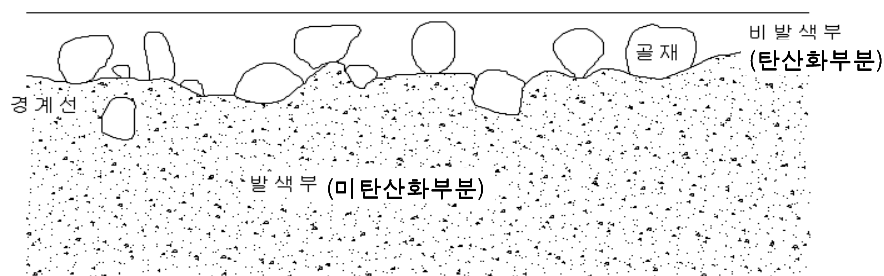
- ㉠ 표면이 건조된 후 면봉에 시약을 분무한 후 가장 최 외측면에서부터 내측방향으로 면봉을 찍어 변색 위치를 확인하여 버니어측정기를 이용하여 거리를 측정한다.
- ㉡ 그라인딩 후 물청소 없이 직접 시약을 분무하면 탄산화 영역이 명확하게 나타나며, 즉시 그 깊이를 측정할 수 있으나, 수초 후에는 잔류 석분 영향을 경계가 모호해지는 경향을 보이지만 재차 시약을 분무하면 선명한 경계를 확인할 수 있다.

② 시험실 측정

- ㉢ 채취 시료는 약 2~3mm의 두께이므로 손으로 쪼갠 후 면봉에 시약을 묻혀 쪼개진 면에 바른다.
- ㉣ 시약에 의하여 탄산화 경계가 나타나면 버니어측정기를 이용하여 거리를 측정후 사진을 촬영한다.

③ 탄산화깊이 결정

- ㉤ 콘크리트 표면으로부터 적자색으로 변색한 부분까지의 거리를 측정한다.
- ㉥ 선명한 적자색으로 변색된 부분보다 옅은 부분에 흐린 적자색의 부분이 나타나는 경우 선명한 적자색 단면까지의 거리를 탄산화 깊이로서 측정함과 동시에 연한적자색 부분까지의 거리도 함께 측정한다.
- ㉦ 평균 탄산화깊이는 측정값의 합계를 측정 개수로 나누어 구하고, 반올림하여 소수점 이하 한 자리까지 구한다.



【그림 3.3】 페놀프탈레인법에 의한 탄산화부분과 미탄산화 부분의 경계

4) 탄산화 진행에 따른 상태평가 기준

탄산화 진행상태는 피복두께의 절대값이 클수록 탄산화 잔여 절대값이 커지므로 피복두께가 클수록 일반적으로 철근부식까지의 탄산화 도달시간에 대한 여유가 크다. 피복두께와 탄산화 측정 깊이를 고려한 철근 콘크리트 구조물에서의 탄산화 진행 상태에 따른 상

태평가 등급은 다음과 같다.

【표 3.33】 탄산화 상태평가 기준

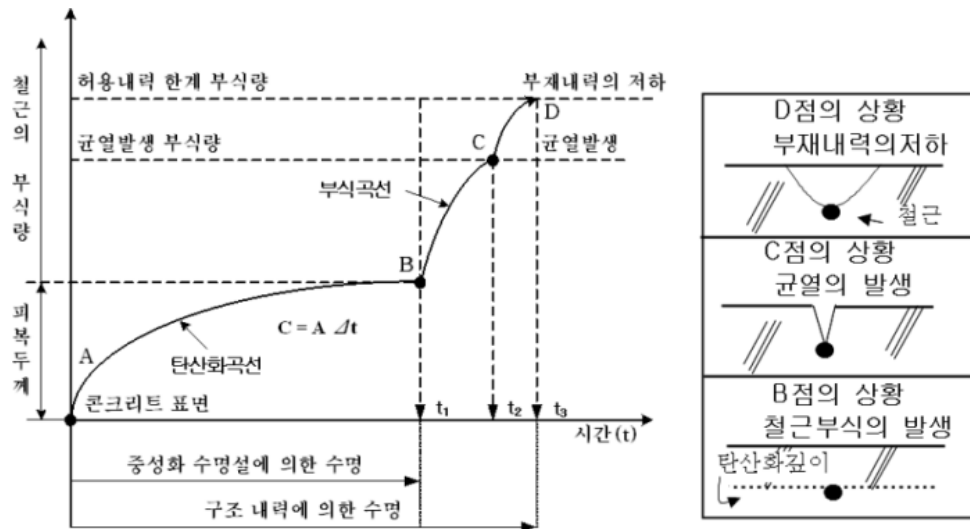
기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	·30mm이상	·탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	·10mm이상 ~ 30mm미만	·향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	·0mm이상 ~ 10mm미만	·탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	·0mm미만	·철근부식 발생
e	-	-

5) 내구수명 평가

콘크리트의 탄산화가 진행하여 철근에 다다르게 되면 철근의 부식이 시작된다. 그러나 철근주변까지 콘크리트가 탄산화 되었다고 해서 바로 부식이 발생하여 철근의 단면 결손이 발생하는 것은 아니다. 또한 실내외의 환경조건에 따라 철근 부식 조건이 달라진다. 宗英雄 등의 연구에 따르면 실외에서는 탄산화영역이 철근위치에 도달하면 급속하게 철근의 부식이 발생하는 반면, 실내의 경우는 탄산화영역이 철근에 도달해도 급속하게 부식하는 경우는 없고, 탄산화영역이 피복두께를 20~30mm 지나치는 시점에서 부식이 시작된다.

콘크리트가 탄산화 되어 철근의 부식이 시작되고, 수명에 이르는 개념을 【그림 3.4】에 나타내었다. 즉 t1은 탄산화영역이 철근표면에 도달하는 시점, t2는 그 결과 철근이 부식되고 콘크리트에 균열을 발생시키는 시점, t3은 부재내력이 한계에 달하는 시점을 의미한다.

지금까지 철근콘크리트 구조물의 수명은 t1의 시점이라고 판단되어 왔으나 실제 구조물에 적용할 경우 많은 문제점이 나타나게 된다. 전문가에 따라서는 t1의 시점이 반드시 철근의 유해한 부식량의 시점이라고는 생각되지 않기 때문에, t2의 시점을 수명으로 산정하는 것이 적절하다는 의견이 있으므로 아직까지는 명확한 수명을 판단하기가 어렵다. 또한 다양한 환경조건에 따라 t1에서 t2 도달까지의 시간이 다르기 때문에 본 과업에서는 탄산화에 대한 내구수명으로서 t1에 도달할 때까지의 시간으로 결정하고 내구수명을 산정하였다.



【그림 3.4】 콘크리트 내부에서의 철근부식의 개념

대기 중의 탄산가스에 의한 콘크리트 표면으로부터의 탄산화 진행을 경과시간의 함수로서 표현한 것이 탄산화 속도식이다. 탄산화가 정상상태에서 탄산가스의 콘크리트내부 확산에 따라 생긴다고 가정하면, 탄산화깊이 C 는 경과시간 t 의 평방근에 비례한다고 하는 식이 도출된다. 이것은 통상, $\sqrt{t}$ 법으로 불리며, 가장 일반적으로 사용되고 있다.

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

위의 식에서 계수 A 는 탄산화속도 계수라고 하며, A 의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A 는 콘크리트의 재료적 요인 및 환경조건에 의해 정해지는 복잡한 함수이다.

본 과업에서 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t 는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C 는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A 를 계산할 수 있다. 이에 따라 다음 식을 통하여 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정할 수 있다.

$$t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_0$$

여기서, t_d 는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c 는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A 는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_0 는 현재의 구조물 경과시간이다.

3.2.3 시험결과 및 분석

1) 콘크리트 강도시험

본 교량의 콘크리트 비파괴강도시험(반발경도시험)은 총 22개소(상부구조 11개소, 하부구조 11개소)에서 실시하였으며 검토결과, 상부구조는 평균강도가 45.4MPa로 설계기준 강도(40.0MPa)의 113.5%, 하부구조는 평균강도가 25.7MPa로 설계기준강도(24.0MPa)의 107.1%로 나타나 허용기준치(JICE, 설계기준강도의 90% 이상)를 만족하는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.34】 부재별 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		비파괴시험	반발경도법			설계기준강도
		반발경도 (R_0)	① 식	② 식	평균	
상부구조	S1-RW	55.8	46.8	46.1	46.5	40.0
	S2-LW	57.2	48.3	47.5	47.9	
	S3-RW	54.6	45.5	45.0	45.3	
	S4-LW	54.3	45.1	44.7	44.9	
	S5-캔틸레버	51.4	42.1	42.0	42.1	
	S5-RW	54.9	45.8	45.3	45.6	
	S6-거더하면	53.4	44.3	43.9	44.1	
	S7-거더하면	56.7	47.8	47.0	47.4	
	S8-거더하면	56.8	47.9	47.1	47.5	
	S9-캔틸레버	54.6	45.5	45.0	45.3	
	S10-거더하면	52.8	43.6	43.3	43.5	
하부구조	교대(A1)	45.4	25.3	27.1	26.2	24.0
	교각(P1)	43.2	23.6	26.1	24.9	
	교각(P2)	44.5	24.6	26.7	25.7	
	교각(P3)	44.0	24.2	26.4	25.3	
	교각(P4)	45.7	25.6	27.2	26.4	
	교각(P5)	43.5	23.8	26.2	25.0	
	교각(P6)	44.5	24.6	26.7	25.7	
	교각(P7)	44.3	24.4	26.6	25.5	
	교각(P8)	46.2	26.0	27.4	26.7	
	교각(P9)	44.7	24.8	26.7	25.8	
	교대(A2)	45.4	25.3	27.1	26.2	

【표 3.35】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	부 재	평균강도(A) (MPa)	설계기준강도(B) (MPa)	A/B ×100(%)
상부구조	바닥판	45.4	40.0	113.5%
하부구조	교대, 교각	25.7	24.0	107.1%

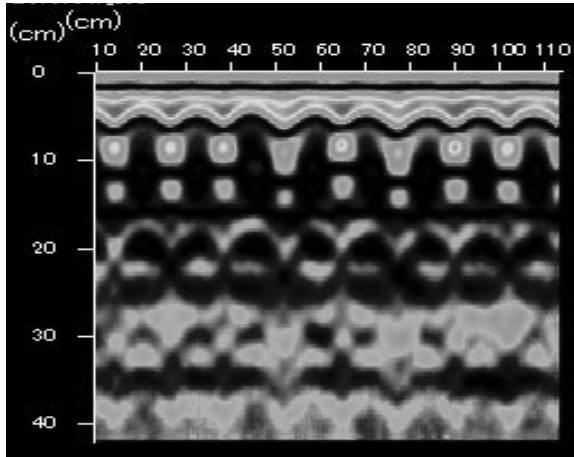


2) 탄산화시험결과

탄산화 깊이 측정은 총 5개소(상부구조 2개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 전 부재 모두 탄산화 잔여깊이가 30.0 mm이상으로 측정되어 상태등급은“a”로 평가되었다. 철근까지의 탄산화 도달시간은 시험개소 모두 100년 이상으로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성이 없는 양호한 상태로 분석되었다.

【표 3.36】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

부재명		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	평가결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 (년)	비고
상부 구조	거더 하면(S5)	3.6	65.0	61.4	a	1.36	>100	
	거더 하면(S9)	2.4	55.0	52.6	a	0.91	>100	
하부 구조	교대(A1)	3.7	59.0	55.3	a	1.40	>100	
	교각(P1)	3.5	100.0	96.5	a	1.32	>100	
	교각(P7)	4.7	110.0	105.3	a	1.78	>100	

부 재	탄산화 깊이 측정	철근탐사 결과
거 더 하 면 (S5)		

3) 고 찰

비파괴강도는 전반적으로 설계강도 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되었고, 콘크리트 탄산화에 의한 콘크리트 내구성은 대체로 양호한 것으로 판단된다.

금회 점검결과, 비파괴 강도, 탄산화 깊이 시험결과, 모두 양호한 수준으로 측정되었다.

3.3 내구성 조사 결과 요약

【표 3.37】 내구성조사 결과 요약

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				‘16 정밀점검	설계값	
콘크리트	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	반발경도	42.1~47.9	40.0	·설계기준강도 이상을 만족하는 양호한 상태임
		하부구조	반발경도	24.9~26.7	24.0	
	탄산화 깊이(mm)	상부구조		2.4~3.6	잔여깊이 30mm이상	·상태등급 a등급
		하부구조		3.5~4.7		
종합 평가	- 비파괴강도는 전반적으로 설계강도 이상을 확보하고 있는 것으로 평가됨. - 탄산화깊이 측정은 최소 100년 이상의 잔존수명을 확보하고 있는 상태로 탄산화에 의한 철근의 부식은 없을 것으로 판단됨. - 금회 점검결과, 비파괴 강도, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨.					

제4장

시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 구조형식에 따른 일반교량의 부재별
가중치

4.4 상태평가 결과 산정방법

4.5 상태평가 결과

제 4 장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

각종 구조물의 건설이 날로 늘어감에 따라 보다 체계적이고 객관적인 교량의 유지관리가 요구되고 있으나 이에 따른 상태평가 기준·기법 등이 정립되어 있지 않은 실정으로 관리자 및 점검자의 수준 및 경험 정도에 의해 주관적인 판단이 많이 작용하게 된다.

특수교를 제외한 일반 형식의 교량에 대하여 상태평가등급을 산정할 수 있는 통일된 절차를 제시하여 상태평가에 객관성을 확보하여 보다 효율적인 안전점검 및 정밀안전진단이 되도록 하였다.

4.1.1 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다.

【표 4.1】 부재별 상태평가 적용 범위

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

4.2 상태평가 항목 및 기준

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

4.2.1 콘크리트 바닥판

【표 4.2】 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	◦균열폭 0.1mm미만	◦망상균열폭 0.1mm미만	◦없음
b	◦균열폭 0.1mm이상 ~ 0.3mm미만 ◦균열율 2%미만	◦망상균열폭 0.1mm이상 ~ 0.3mm미만	◦표면 손상면적 2%미만
c	◦균열폭 0.3mm이상 ~ 0.5mm미만 ◦균열율 2%이상 ~ 10%미만	◦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 ~ 20%미만	◦망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	◦표면 손상면적 10%이상 ◦철근부식 손상면적 2%이상 ◦데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	◦균열폭 1.0mm이상 ◦균열율 20%이상	◦망상균열에 인한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가 능성 있음	◦부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되 는 경우

4.2.2 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

【표 4.3】 강 바닥판, 강거더, 강 교각(강 주탑) 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결볼트 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 ◦주탑하단부 연결 볼트 부식	◦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 ◦주탑하단부 연결 볼트 파단	◦보조부재 10%이상 ◦주부재 2%이상 ~ 10%미만	◦인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	◦부식발생 면적 10%이상 ◦부식에 의한 단면 손상면적 10%미만
e	◦균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	◦좌굴에 의한 과대 변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	◦주부재 10%이상	◦인장플랜지 용접연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	◦부식에 의한 단면 손상면적 10%이상

4.2.3 강 가로보와 세로보

【표 4.4】 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재의 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 압축부 좌굴에 의한 변형 ◦부재의 파단 발생	◦보조부재 10% 이상 ◦주부재 2%이상	◦인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	◦부식발생 면적 10%이상 ◦부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

4.2.4 교대

【표 4.5】 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 ◦앵커블록 내부 결로 발생
c	◦구체 균열폭 0.3mm이상 ~ 0.5mm미만 ◦교대와 날개벽사이에 폭 1.0mm이상의 균열발생	◦표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 ◦철근부식 손상면적 2%미만 ◦앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	◦구체 균열폭 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

4.2.5 콘크리트 교각

【표 4.6】 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 거더의 탈락 가능성 있음 ◦심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

4.2.6 기초

【표 4.7】 기초 상태평가 기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨) 손상	지반의 안정성
a	◦없음	◦없음
b	◦직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm미만의 균열 발생	◦매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에 의해 노출됨
c	◦직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm이상의 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 철근노출 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 하부 구조물의 안전성 저하	◦기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

4.2.7 교량 받침

【표 4.8】 교량받침 상태평가 기준

기준	받침 본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	◦ 양호	◦ 양호	◦ 양호
b	◦미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	◦외부 도장탈락 및 부식 ◦도장탈색, 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,탈락등 손상으로지지 단면 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 하부 공동으로 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 1/2 이상	◦받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 ◦받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 ◦작동불능 상태	-

4.2.8 교면포장

【표 4.9】 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%이상 ~ 10%미만	◦ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음	◦ 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성 저하
d	◦ 포장불량 10%이상	◦ 전반적인 재포장이 필요한 상태	◦ 배수불량에 의한 물고임으로 통행 차량의 안전성 저하
e	-	-	-

4.2.9 배수시설

【표 4.10】 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	-

4.2.10 난간 및 연석

【표 4.11】 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강재		콘크리트
a	◦ 양호	◦ 양호	◦ 양호
b	◦ 도장 불량 10%미만	◦ 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	◦ 경미한 손상, 0.3mm이하 균열
c	◦ 도장 불량 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	-	-	-

4.2.11 탄산화

【표 4.12】 탄산화 상태평가 기준

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

4.3 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

【표 4.13】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량						라멘교			
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
				일반	2차 부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크 리트 바닥판	강 바닥판			
상 부	바 닥 판		34	18	18	－	20	23	15	34	20	21	
	주 형		－	20	25	37	18	20	23	－	21	23	
	2차부재		－	5	－	11	5	－	5	－	5	－	
하 부	교대/교각		20	13	13	18	13		13	34	22	24	
	기 초		7	7	7	7	7		7	7	7	7	
받 침	받침장치		10	9	9	14	9		9	3	3	3	
기 타	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	
콘 크 리 트	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)			

4.4 상태평가 결과 산정방법

4.4.1 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

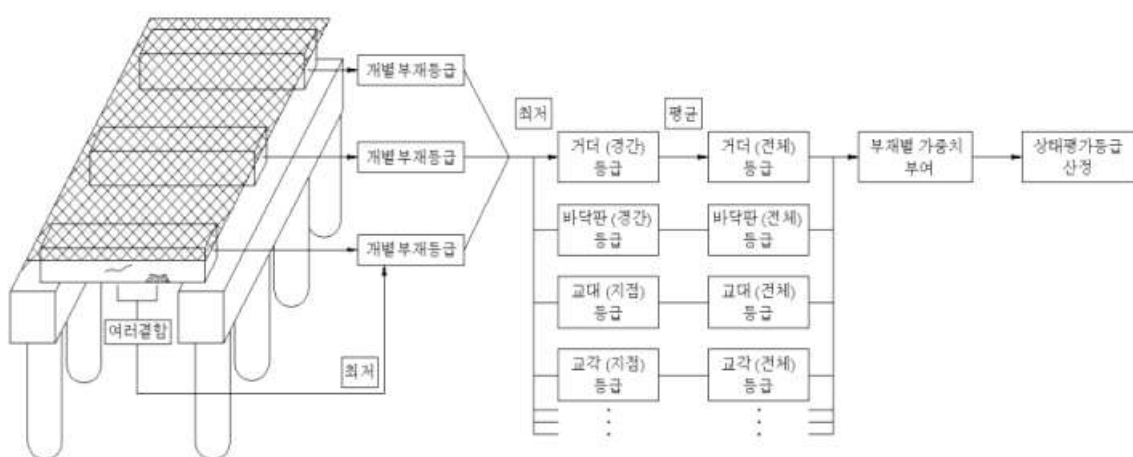
- 1) 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 2) 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우에는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

4.4.2 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가결과를 산정하기 위한 기준값이며 【표 4.14】의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.14】 결함도 점수 범위에 따른 기준

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



【그림 4.1】 교량 상태평가 결과 산정 절차

4.5 상태평가 결과

가. 상태평가 결과 산정 방법

상태평가 결과 산정 방법은 외관조사 결과 부재별로 상태기준을 매긴 후, 부재별 중요도를 고려한 가중치를 고려하여 전체 교량의 상태평가 결과를 산정하였다. 또한, 내구성과 관련된 요소로서 탄산화 및 염화물 함유량에 대한 상태기준을 산정한 후 일반 부재와 같이 가중치를 부여하여 교량 전체의 상태평가항목에 반영하였다.

나. 공간(지점)별 부재 상태평가 산정

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

다. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, 다음과 같은 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

【표 4.15】 결함도 점수에 따른 기준

기 준	A	B	C	D	E
결함도 범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$

라. 상태평가 결과

【표 4.16】 발산1교(서울) 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성요소			
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	교면포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화		염화물	
												상부	하부	상부	하부
1	PSC Box교	a	c	N/A	b	a	b	c	b	b	Q	X	a	N/A	N/A
2	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	a	c	Q	X	a	N/A	N/A
3	PSC Box교	a	b	N/A	b	c	b	X	a	b	Q	X	X	N/A	N/A
4	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	a	b	Q	X	X	N/A	N/A
5	PSC Box교	a	b	N/A	b	c	b	X	a	c	Q	a	X	N/A	N/A
6	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	a	b	Q	X	X	N/A	N/A
7	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	b	c	Q	X	X	N/A	N/A
8	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	b	b	Q	X	a	N/A	N/A
9	PSC Box교	a	b	N/A	b	a	b	X	b	b	Q	a	X	N/A	N/A
10	PSC Box교	b	b	N/A	b	a	b	X	a	b	Q	X	X	N/A	N/A
11	PSC Box교	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	b	b	b	Q	N/A	X	N/A	N/A
평균		0.110	0.220	N/A	0.200	0.160	0.200	0.300	0.145	0.255	N/A	0.100	0.100	N/A	N/A
가중치		23	20	N/A	7	3	2	9	9	20	N/A	2	5	N/A	N/A
(평균×가중치) /가중치합		0.025	0.044	N/A	0.014	0.005	0.004	0.027	0.013	0.051	N/A	0.002	0.005	N/A	N/A
												0.190			
												b			

【표 4.17】 발산1교(서울) 상태평가 결과

구분	구조형식	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도점수 X 연장비
발산1교 (서울)	PSC Box교	0.190	b	535	1.000	0.190
합계(Σ)				535	1.000	0.190
<평가자 의견>						
1. 환산결함도 점수 =		0.190				
2. 상태평가 결과 =		b 등급				

【표 4.18】 발산1교(서울) 상태평가 결과

구성 교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이x차선	연장비	환산결함도점수 X 연장비
발산1교 (서울)	0.190	b	535	2	1,070	1.000	0.190
합계(Σ)			535		1,070	1.000	0.190
<평가자 의견>							
1. 평가지수 =		0.190					
2. 상태평가 결과 =		b 등급					

마. 기존 결과와 비교·분석

【표 4.19】 상태평가 결과 비교·분석

구 분	2014년 정밀점검	2016년 정밀점검
결함지수	0.196	0.190
상태평가결과	b	b
총 평	■ '14'년 정밀점검과 비교·분석한 결과, 기점검 시 조사된 손상에 대한 보수조치가 실시되어 결함지수가 감소한 것으로 판단된다.	

제5장

■ 종합평가 및 안전등급 지정

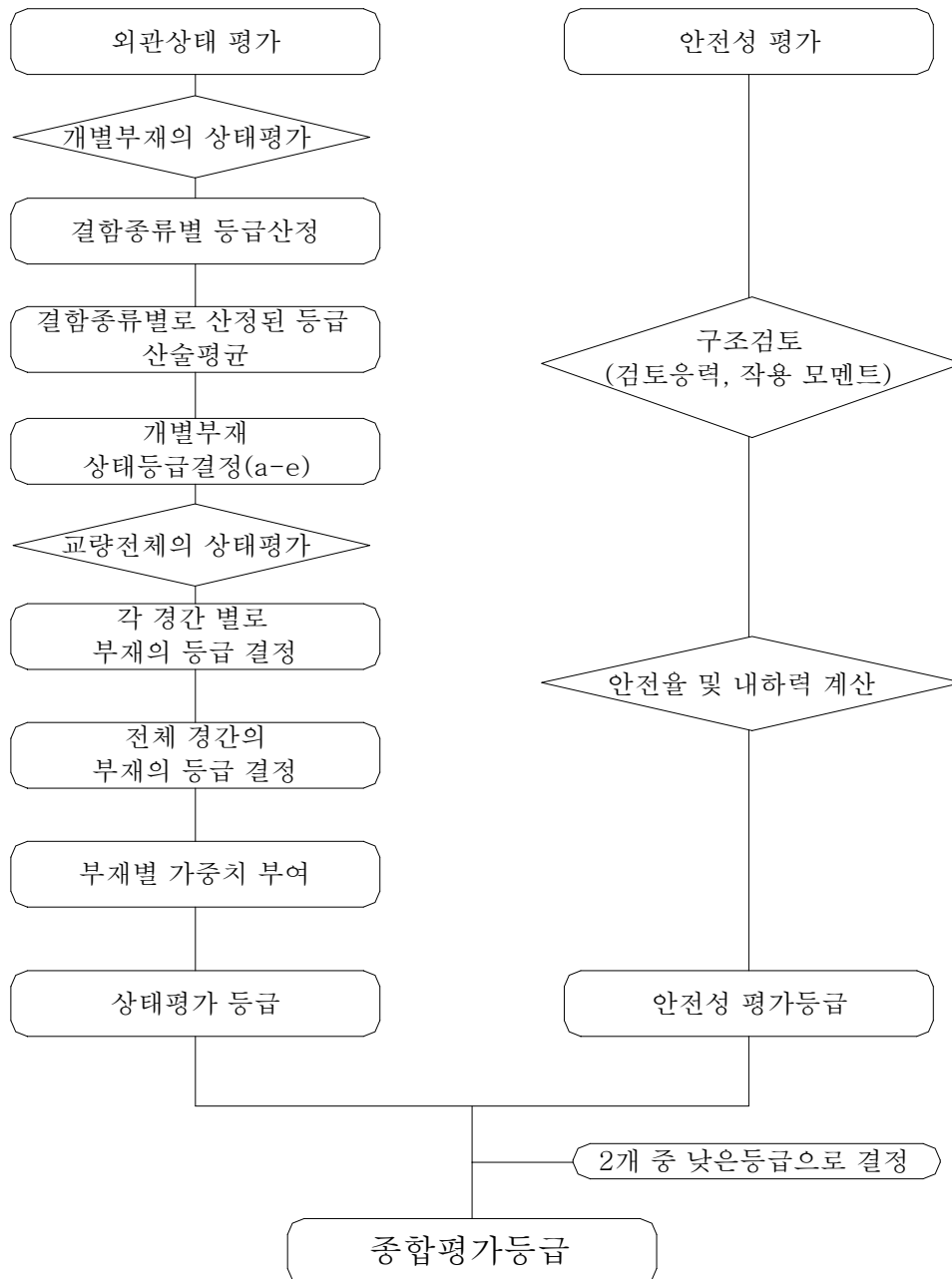
5.1 종합평가 산정절차

5.2 종합평가 결과

5.3 안전등급 지정

제 5 장 종합평가 및 안전등급 지정

5.1 종합평가 산정절차



【그림 5.1】 종합평가 등급 산정 흐름도

5.1.1 종합평가 기준

시설물의 종합평가는 상태평가만 실시한 경우에는 상태평가결과에 의해 부여된 상태평가 등급이 그 시설물에 대한 종합평가등급으로 결정되지만, 상태평가와 안전성평가를 전부 실시한 경우에는 상태평가등급과 안전성평가등급을 비교하여 그 시설물에 대한 종합평가등급을 결정하는 것이 필요하다.

5.2 종합평가 결과

5.2.1 상태평가 결과

발산1교(서울)에 대한 상태평가 결과, “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 “b(양호)”로 평가되었다.

【표 5.1】 전체교량 상태평가 결과표

구조물명	환 산 결함도지수	상태평가 결 과	연 장 (M)	차 선	길 이 X 차 선	연장비	환산결함도지수 X 연장비
발산1교 (서울)	0.190	b	535	2	1,070	1.000	0.190
평가지수							0.190
상태평가 결과							b

5.2.2 종합평가 결과

발산1교(서울)는 금회 정밀점검 대상교량으로서 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2010.12), [교량편]」에 의하여 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행하였으며, 상태평가 결과 『b』를 해당시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

■ 종합평가결과 : B

5.3 안전등급

5.3.1 안전등급 기준

【표 5.2】 안전등급 기준

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

5.3.2 안전등급 지정

【표 5.3】 발산1교(서울) 안전등급

구 분	상태평가	
	평가지수	평가기준
평가결과	0.190	B
안전등급 지정	▶ 발산1교(서울)의 안전등급은 양호한 상태인 B등급으로 평가됨.	

제6장

보수·보강 방안

6.1 개 요

6.2 보수 · 보강 대책

6.3 개략공사비

제 6 장 보수·보강 방안

6.1 개 요

본 장의 보수·보강 방안은 과업 결과에 따라서 구조물의 내구성, 방수성, 내하력, 안전성, 기밀성 및 미관을 고려하여 보수·보강 방법을 제시하며, 보수·보강에 있어서의 손상 원인, 보수 범위와 규모, 환경조건, 안전, 공사기간, 경제성 등이 합리적으로 적용되어 소기의 목적이 달성될 수 있도록 하였다.

보수·보강의 목적은 열화·손상된 구조물의 중요도, 열화도, 손상도에 따라 다르지만 크게 나누어 보면 다음과 같이 구분된다.

- 현 상태의 내하력 등의 안전성, 내구성, 기능성 등의 성능을 유지하기 위하여 열화·손상의 진행을 억제한다.
- 열화·손상되었거나 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대하여 실용상 지장이 없는 소요의 성능회복을 도모한다.
- 열화·손상되었거나 또는 그 가능성이 있는 구조물에 대하여 그 성능을 초기 수준이상으로 개선한다.

보수·보강은 이런 목적에 부합되도록 적합한 방법을 선택하여 시행할 필요가 있다.

일반적으로 보수라는 것은 손상을 받은 콘크리트 구조물의 기능을 회복시키는 것이라 생각되고 있으나 손상을 받은 구조물의 경우 기능만을 회복시키는 경우 다시 동일한 형태의 손상이 생길 가능성이 크고, 특히 환경, 하중 작용에 대한 추정부족에 기인하는 가능성이 현저하다. 따라서 보수시에는 손상원인을 제거하거나 혹은 손상 열화에 대한 저항성을 향상 시켜서 대상 구조물의 성능을 개선하는 것이 주목적이다.

보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생한 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보강이란 설계하중 이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기 위해서 내하력 등을 증진시키는 것을 말한다.

6.1.1 보수·보강 공법 선정 기준

본 구조물의 진단 및 유지관리 활동 중에 발견된 구조물의 손상부위는 보수·보강 등의 대책이 필요 하게 된다. 따라서 손상부위에 적합한 공법의 선정은 매우 중요한 문제이며, 이를 위해 다음과 같은 사항이 고려되어야 할 것이다. ① 경제적이고, ② 재료의 품질에 좋은 것이며, ③ 설계이론이 분명한 것이어야 하며, ④ 시공기간이 짧으며, ⑤ 안정성에서 문제가 없으며, ⑥ 미관을 배려하며, ⑦ 환경에 의해 요소가 적은 것.

구조물의 손상은 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하여 발생하는 경우가 많으므로 정량화된 공법을 제시하기가 매우 어려워 보수·보강공법의 선정시 다음 【표 6.1】과 같은 내용을 고려하여 보수·보강공법을 선정하였다.

본 보수·보강 공법 선정 시 총 수량에 대해서는 “부록의 『외관조사망도』를 기초로 하였다.

【표 6.1】 보수·보강공법 선정기준

보수·보강공법	내 용
필요성	▶ 외관조사 결과 손상상태 평가 C급 이하인 경우
우선 순위 결정	▶ 손상정도 및 구조적 안전성 검토 결과에 의거 장·단기대책수립
공 법	▶ 국내외 최신 기술과 시공실적을 고려하여 각 손상별 공법검토
안 전 성	▶ 보수, 보강실시 후 공용하중에 대한 안전성을 확보 여부 검토
시 공 성	▶ 현장작업 여건과 교통 불편을 최소화할 수 있는 공법 검토
경 제 성	▶ 시공 가능한 공법 중 내구성·안전성을 고려하여 가장 경제적인 공법을 선정
유지관리 차원	▶ 공학적인 측면에서 보수·보강공법을 검토하여 시설물의 효율적인 유지관리에 문제점이 없는 방안 검토
설 계 서 작성	▶ 보수·보강도면 및 관련 시방서 작성

가. 보수·보강의 필요성

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 본 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

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

나. 보수·보강 수준

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 선택한다.

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| 1) 현상유지(진행억제) | 2) 실용상 지장이 없는 성능까지 회복 |
| 3) 초기 수준이상으로 개선 | 4) 개축 |

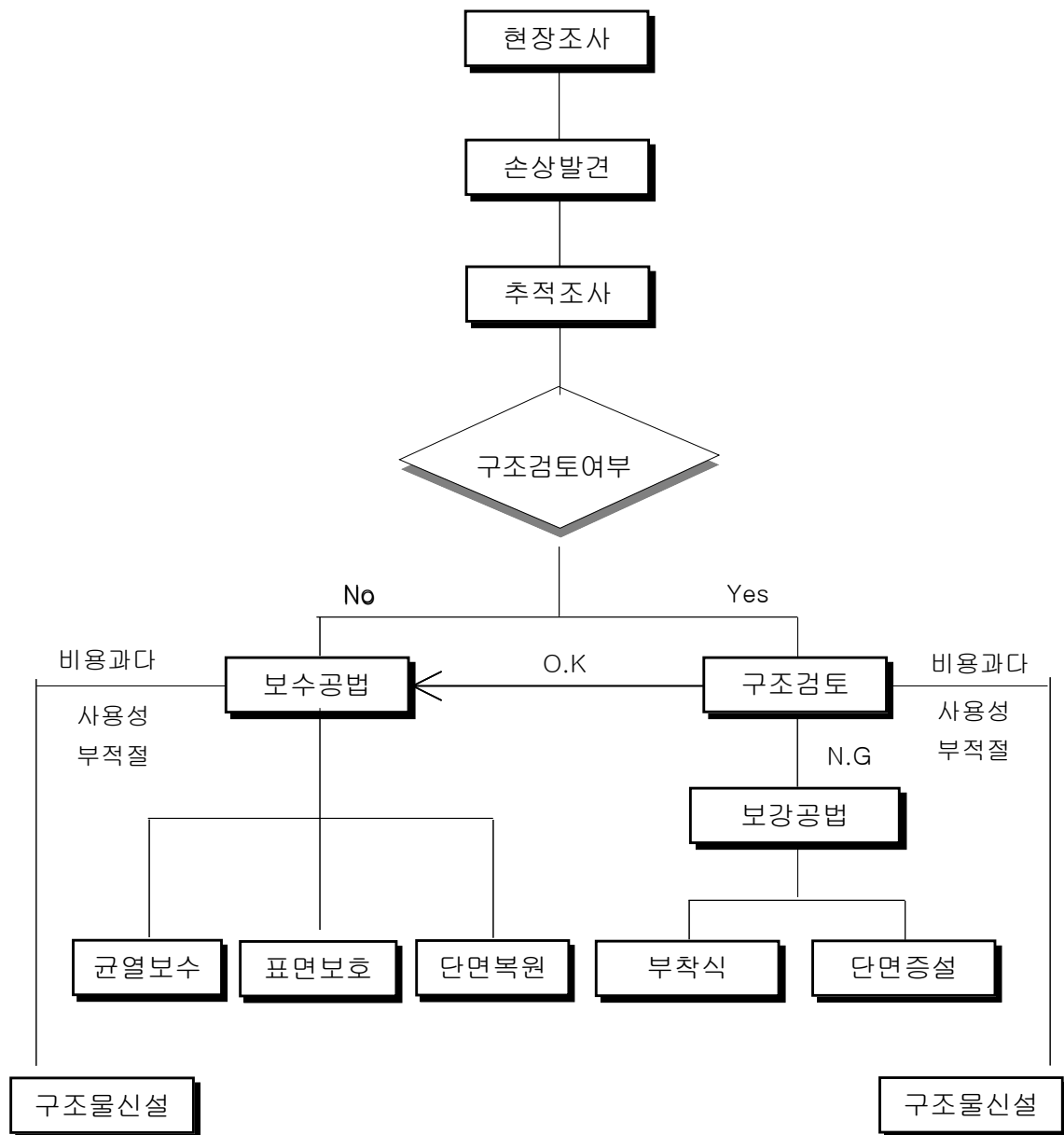
다. 보수·보강 우선순위

본 과업 대상시설물에서 조사된 손상 및 결함에 대하여 보수·보강의 우선순위는 시설물을 구성하는 부재에 대하여 안전성·사용성 및 내구성을 고려하여 결정하였으며 아래 【표 6.2】와 같다.

【표 6.2】 보수·보강 우선 순위

구분	순위	내 용
단기	1순위	· 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 <u>“대통령령이 정하는 중대한 결함”</u> 에 포함되는 손상-철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 · <u>주요부재</u> 에 발생한 결함 및 손상이 커 <u>상태평가 기준“d”</u> 이하인 경우 · 철근부식에 의한 <u>내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우</u>
장기	2순위	· <u>보조부재</u> 에 발생한 결함 및 손상이 커 <u>내구성에 영향을 미치는 경우</u> · 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 · 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	· 기능발휘에는 지장이 없거나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
지속관찰		· 1~3순위를 제오한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적인 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 경미한 강재의 용접결함 - 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상 - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않는 경우

라. 보수·보강의 업무 흐름도



【그림 6.1】 보수·보강의 업무 흐름도

6.2 보수·보강 대책

6.2.1 보수·보강 공법 선정

본 정밀점검 용역을 위해 실시한 외관조사에서 발견된 손상에 대하여 보수·보강 공법을 다음과 같이 제시 하였다. 공법의 제시는 보수공사의 효율성 및 긴급성 등을 감안하여 손상 상태가 경미하거나, 내구성에 미치는 영향이 적다고 판단되는 결함에 대해서는 지속관찰로 차기 점검시 점검 소견에 따라 보수방안을 적용할 수 있도록 하였다.

【표 6.3】 부재별 보수·보강 공법

구분	손상내용	손상 수량	단위	보수·보강 공법	비고
P.S.C BOX 내부	균열(cw=0.3mm미만)	60.80	m	주의관찰	-
	균열부 백태	1.20	m	주의관찰	-
	백태	0.64	m ²	주의관찰	-
	망상균열	3.00	m ²	주의관찰	-
	부식	72	EA	주의관찰	-
P.S.C BOX 외부	박락	0.30	m ²	단면복구	하자
	백태	0.24	m ²	표면처리	하자
	균열(cw=0.3mm미만)	1.50	m ²	표면처리	하자
교 대	균열(cw=0.3mm미만)	1.50	m ²	표면처리	하자
	파손	0.30	m ²	단면복구	하자
	누수흔적, 표면열화	3.00	m ²	표면처리	하자
교 각	균열(cw=0.3mm미만)	5.66	m ²	표면처리	하자
	균열(cw=0.3mm이상)	2.10	m	주입보수	하자
	균열부 백태	0.08	m ²	표면처리	하자
	백태	0.06	m ²	표면처리	하자
	파손	0.06	m ²	단면복구	하자
	망상균열	1.20	m ²	표면처리	하자
교면포장	아스콘 포장 균열	174.00	m ²	팻칭(HPC)보수	3
	아스콘 포장 마모	15.00	m ²	팻칭(HPC)보수	3
	포트홀	0.06	m ²	팻칭(HPC)보수	3
받침장치	받침 콘크리트, 몰탈 균열	3.25	m	주의관찰	-
	볼트체결 불량	1	EA	주의관찰	-
신축이음	후타재 균열	5.89	m	주의관찰	-
	후타재 파손	0.21	m ²	주의관찰	-
	본체 부식	8.00	m	주의관찰	-
배수시설	배수구 막힘	1	EA	청소	1
방 호 벽	균열(c.w=0.3mm미만)	48.04	m ²	표면처리	3
	균침	0.80	m ²	주의관찰	-

6.2.2 보수·보강 공법

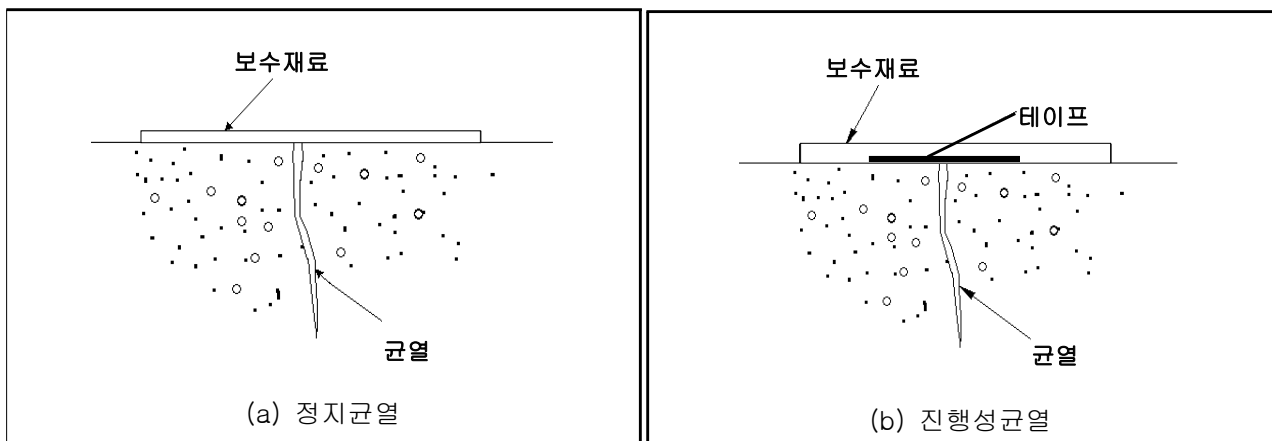
가. 표면처리 공법

1) 개요

표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.3mm미만)위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다.

균열의 성장이 정지된 상태에서는 【그림 6.2(a)】와 같이 균열 선을 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러시로 닦아낸 후 폴리머시멘트 페이스트나 모르타르로 균일하게 도포한다. 콘크리트표면에 0.3mm 미만의 미세한 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

진행성 균열인 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머시멘트 페이스트나 모르타르로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 【그림 6.2(b)】와 같이 균열 면을 와이어 브러시로 완전히 청소한 후 균열 선을 중심으로 폭 10~15mm 테이프를 부착하고, 테이프를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 썰링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.



【그림 6.2】 표면처리공법

나. 수지주입공법

주입공법은 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 떨어져 있는 경우에도 적용할 수 있다. 이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열 폭에 대응한

점도의 재료를 선정하는 것이 중요하다. 시공위치 및 균열 폭에 따른 주입방법과 균열 폭에 알맞은 수지의 점성도는 【표 6.5】, 【표 6.6】와 같다.

【표 6.5】 균열폭에 따른 주입공법의 분류

구 분		기계주입	수동주입	유입공법	저압수지 주입공법
시공위치	수평면(상)	○	○	○	○
	수평면(하)	○	○		○
	수직면	○	○		○
균열폭	0.25 이하	○			○
	0.25~2.0		○	○	○
	2.0~5.0		○	○	
	5.0이상			○	

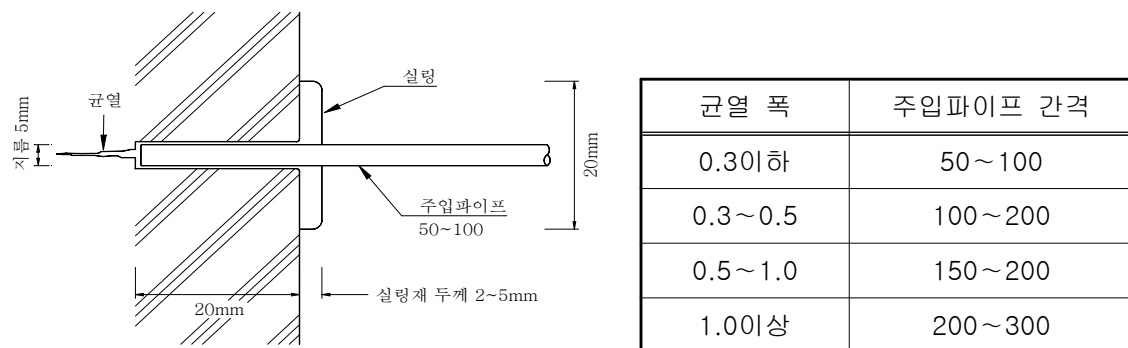
【표 6.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

형 상		점성도(20℃,cp)	주입 가능한 균열폭
액상	저점성도	500±200	0.1mm 전후
	고점성도	1,500±500	0.2mm 전후
겔 상태		6,000±1,000	0.5~5mm 전후

에폭시수지를 진행성 균열의 보수에 사용하는 경우, 에폭시수지의 변형에 대한 적용성이 문제된다. 일반적으로 사용되고 있는 에폭시수지의 변형량은 2% 정도로, 이와 같은 재료로 보수한 균열의 주변에 새로운 균열이 발생하는 경우가 많다. 따라서 이러한 균열에 대해서는 유연성의 것을 사용하거나 충전공법을 고려할 필요가 있다.

1) 에폭시 수지 주입공법의 특징

- ① 내하력 복원의 안전성을 기대할 수 있다.
- ② 에폭시수지의 접착강도가 크며, 경화 시 수축이 거의 없다.
- ③ 휨 시험 시에는 대부분 모재에서 파단이 일어난다.
- ④ 내구성저하 방지 및 누수방지를 기대할 수 있다.
- ⑤ 미세한 균열에도 주입이 가능하다.
- ⑥ 균열이 발생한 콘크리트를 일체화 시킬 수 있다.
- ⑦ 산소 및 수분을 차단할 수 있어 콘크리트의 중성화를 억제할 수 있다.
- ⑧ 경화후의 에폭시수지는 화학적 성질이 안정하여 내후성이 좋다.



【그림 6.3】 일반적인 주입공법

2) 주입공법의 종류

주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식 및 저압·저속식 주입방법이 있다.

① 압입식

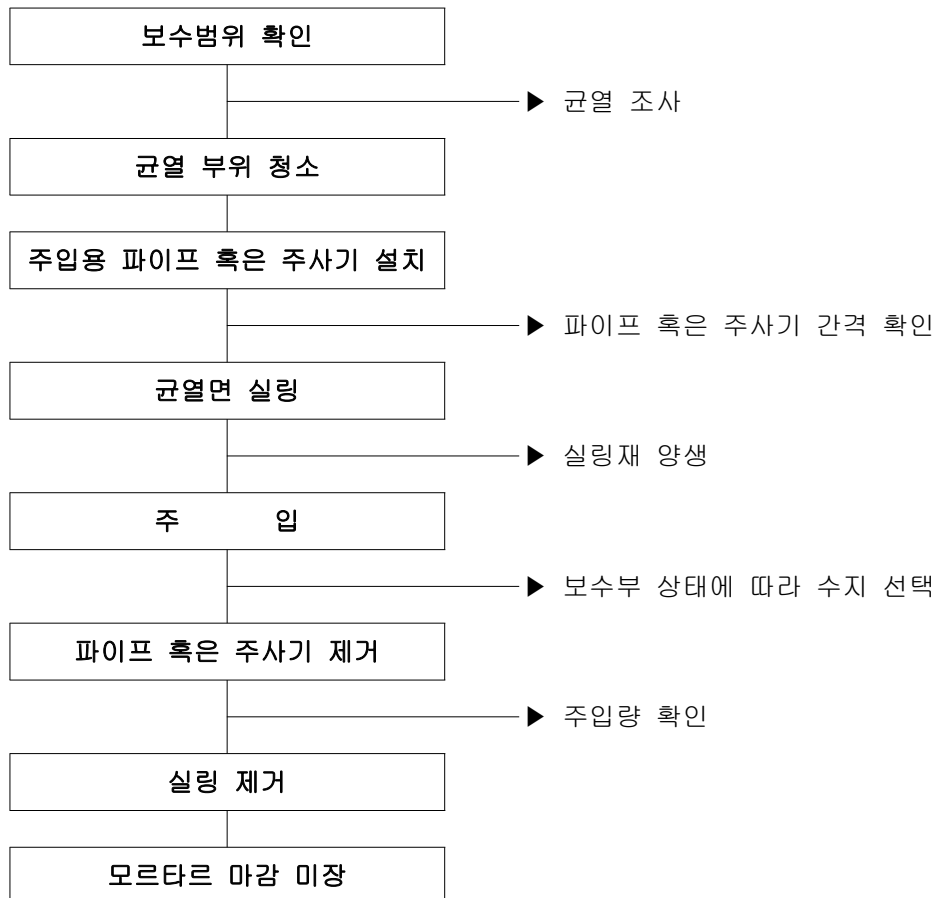
- ㉠ 수동식 주입 : 인력
- ㉡ 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식
- ㉢ 저압, 저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력

② 흡입식

균열의 양단에 흡입구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입 주입

3) 주입공법의 시공순서

주입공법의 일반적인 시공순서는 【그림 6.4】와 같다.



【그림 6.4】 주입공법의 시공순서

① 수동식 주입공법

수동식 주입공법은 주입 건, 소형펌프를 사용하여 주입재를 비교적 다량으로 주입하는 방식으로 콘크리트 표면의 균열 폭이 0.2mm 정도 이상의 균열부위에 그리스 펌프를 사용하여 에폭시수지를 주입하는 경우에 적용한다.

② 저압·저속식 주입공법

이 공법은 균열위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 【표 6.7】과 같다.

【표 6.7】저압·저속식 주입공법

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무풍선 압으로 주입	고무풍선
고무 밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

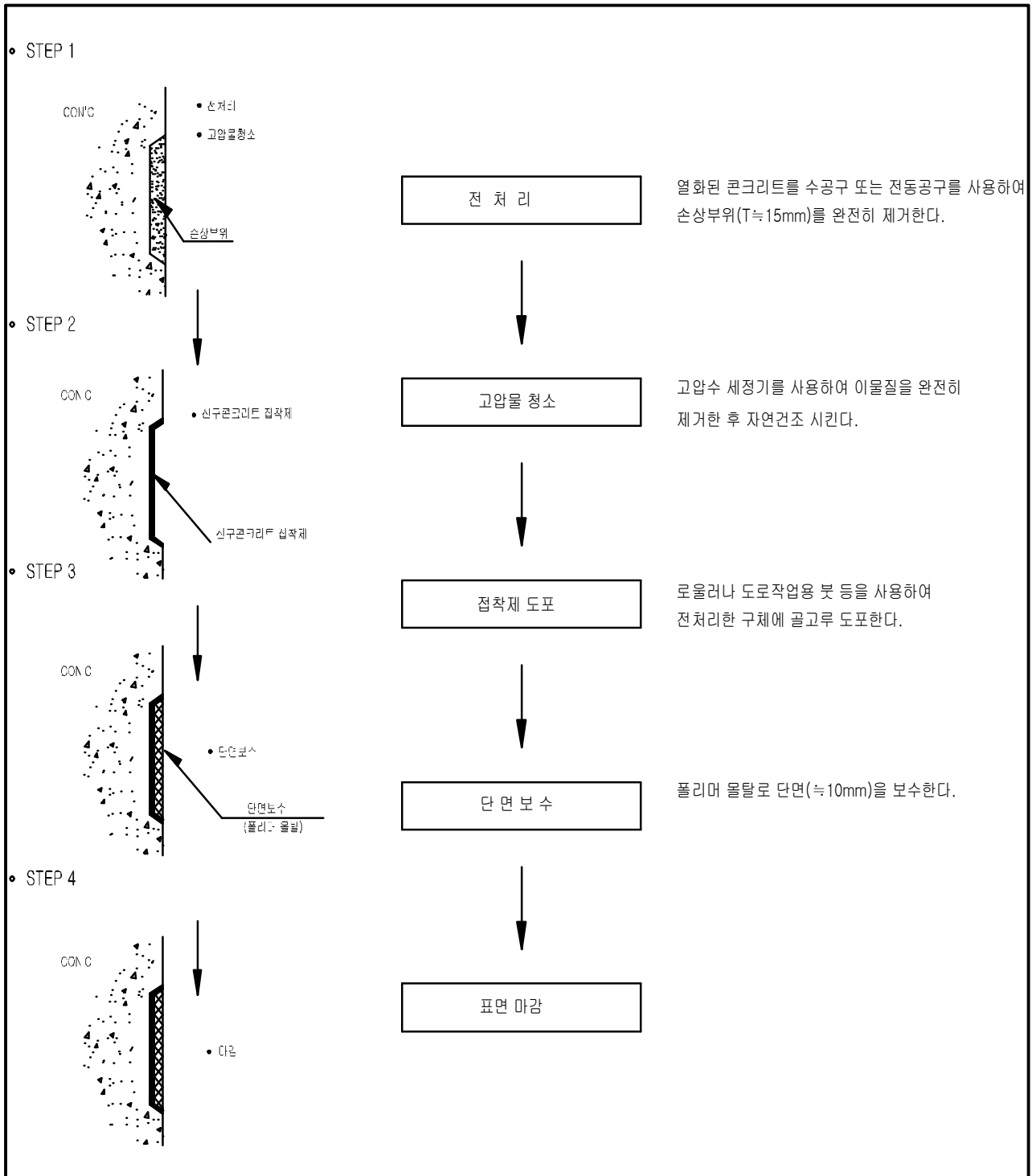
이 공법은 다음과 같은 특징이 있다. 수지가 들어있는 용기를 균열위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기높이의 저 압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 이하로 규정되어 있으나 실제로는 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 전후가 사용된다. 최근에는 확실한 주입을 위하여 압력($21\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력까지)주입을 하는 경우가 많다. 주입재는 에폭시 수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있어, 습윤 환경 하에서도 사용이 가능하다. 반면, 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

【표 6.8】 균열 주입보수 공법

구분	고압주입방식	중압주입방식	저압주입방식
공법 개요	6cm이상 천공후 철재 패커를 설치, 고압주입기를 이용하여 약액 주입	2cm깊이 천공, 플라스틱 패커 설치, 가변 압력으로 약액 주 입	좌대부착, 주사기로 고무줄 또는 스프링을 이용하여 장시 간 저압 주입
개요도			
특징 및 용도	1.고압의 강제 주입하므로 미 세균열 및 누수 발생 균열에 적용 2. 좌대를 부착할 수 없는 구 조물에 적용	1.균열에 따라 적절한 압력을 가하여 충분히 주입 2. 건축 및 토목 구조물 균열 보수	1.주사기나 스프링의 압력으 로 장시간 주입하므로 비교적 얇은 두께(15cm이하)의 구조 물 및 미세균열(0.5mm이하) 보수
주입 압력	100 ~ 300 kgf/cm ²	1 ~ 100 kgf/cm ²	1 ~ 6 kgf/cm ²
장점	1. 누수 균열 시공 용이 2. 단기간 작업 가능 3. 시공부위 제한 없음 4. 천공시 균열 틈 폐쇄	1. 다양한 보수액 주입 2. 주입압력, 양 조절 용이 3. 시공부위 제한 없음 4. 단기간 작업 가능 5. 천공 후 균열 틈 잔존	1. 저가의 시공비 2. 경화시간 짧음 3. 콘크리트 같은 물성 4. 경량, 시공성 좋음 5. 실적 많음
단점	1. 구조물 손상이 큼 2. 주입 여부 확인 곤란	1. 신공법 인지도 미흡 2. 숙련공 필요	1. 주입량 조절 곤란 2. 미관 불량 3. 동절기 하자 발생 증가

다. 면보수 공법

망상균열, 백태, 박리 등의 발생부에 면보수를 실시하여 손상심화 방지와 지속적인 내구성을 유지할 수 있도록 한다.



【그림 6.5】 면보수공법 공정도

【표 6.9】면보수 공법

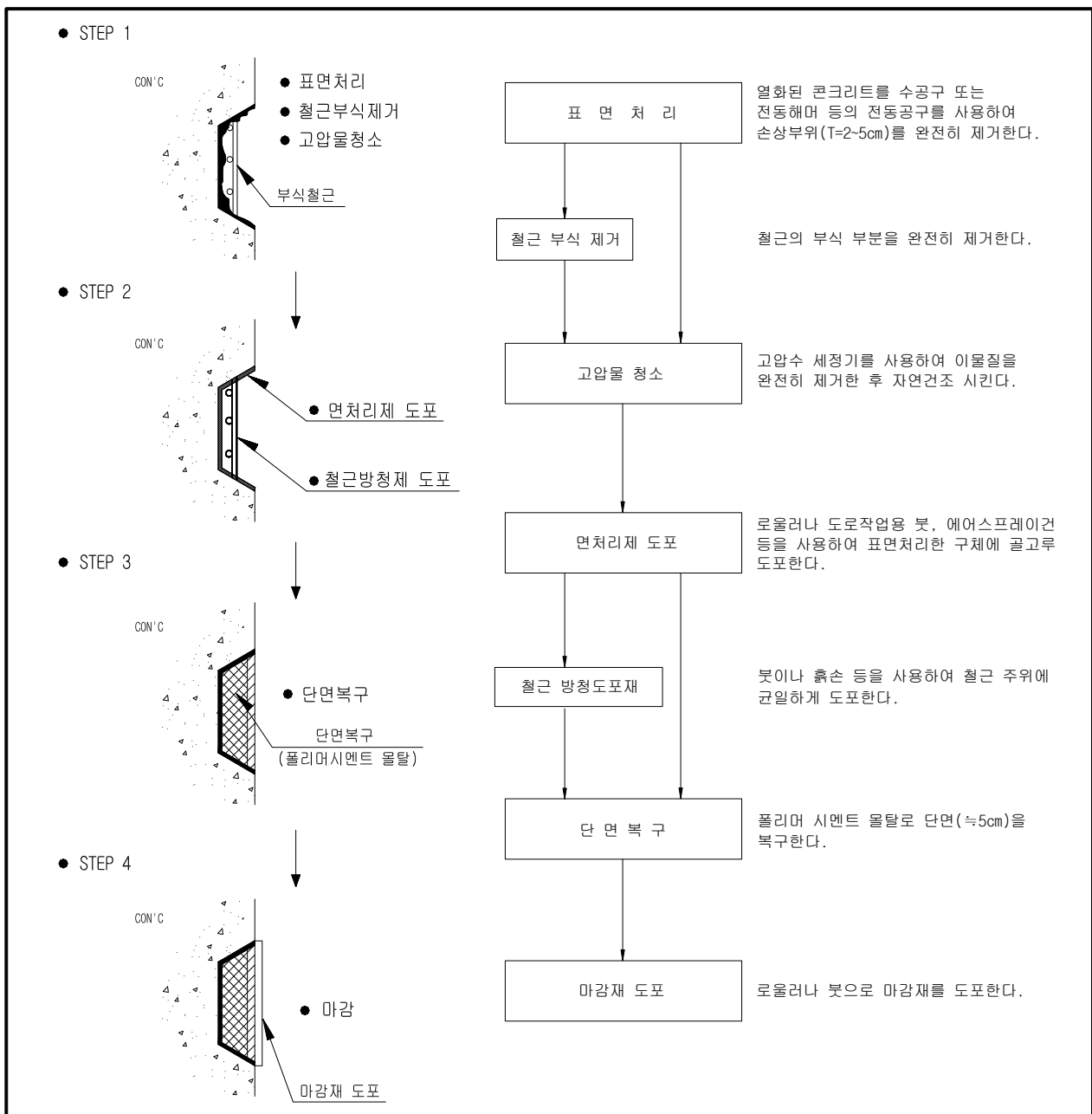
항 목		무기계 표면 도포제	EPOXY계 표면코팅	엠네오시스템 공법
시공 개요		·열화부 치핑 ·고압 세척 ·코팅재 혼합 및 시공 ·마감 및 양생	·열화부 치핑 ·고압 세척 ·에폭시계 표면처리제 도포 ·마감 및 양생	·열화부 치핑 ·고압 세척 ·바탕조정재 도포 ·오염방지 도포
비교 평가	장점	·표면 접착력이 강하다. ·빠른 시간내 지수효과가 크다. ·경화 후 충격이나 내후성이 강하다.	·시공이 간편하다. ·표면이 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 크다.	·염해, 탄산화방지 및 방식성능 우수 ·시공 공정 간단 ·유지관리비 절감 ·환경개선 효과 우수
	단점	·5℃이하에서는 작업이 불가하다.	·손상면에 습기 등 발생시 보수부 박리발생.	·시공에 대한 기초 지식 필요 ·재료배합 비율 준수

라. 단면복구 공법

파손, 철근노출 및 박락이 국부적으로 발생되어 있어, 발생한 손상에 대해서는 단면복구를 실시하여 손상심화 방지와 지속적인 내구성을 유지할 수 있도록 해야 한다.

1) 단면복구 공법(1)

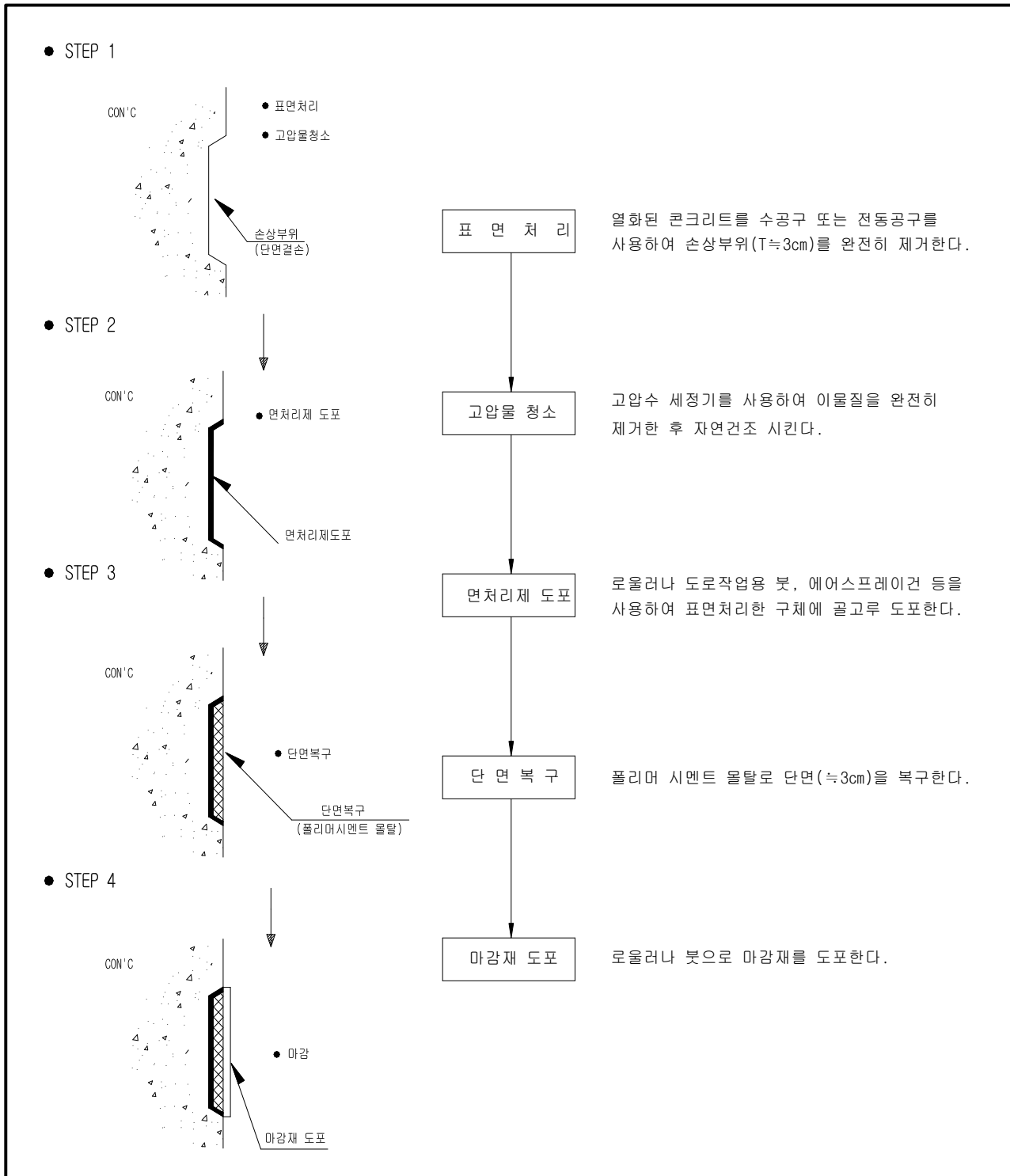
철근노출이 동반된 들뜸, 공동, 박락 등의 손상부와 피복부족에 따른 철근노출부에 적용하는 공법이다.



【그림 6.6】 단면복구공법(1) 공정도

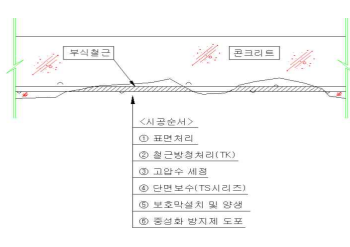
2) 단면복구 공법(II)

재료분리, 들뜸, 공동, 박락 등의 손상부의 적용하는 공법으로 철근방청이 필요 없는 손상부에 적용하는 공법이다.



【그림 6.7】 단면복구공법(II) 공정도

【표 6.10】 단면복구 공법

항 목		일반 단면복구 공법	MDF 공법	리폼시스템 공법
시공 개요		·열화부 제거 후 일반 폴리머 몰탈로 마감하는 공법으로 보수공정은 타 공법과 유사하며, 단면 수복제가 일반 몰탈로 사용하는 공법.	·철근노출 및 단면손실 부위에 분말형 폴리머 몰탈을 혼합기에 물과 혼합한 후 고압펌프에 의해 압축 이송하여 분사노출에 압축공기를 투입시켜 보수해야할 단면에 2mm이하의 입자상태를 고압분사시켜 단면을 복구하는 공법.	·철근노출 및 단면손실 부위에 철근방청과 수성 아크릴계 폴리머 몰탈을 사용하여 구조물의 내구성을 증진시키는 공법.
시공 개요도				
비교 평가	장점	·탄성계수, 열팽창 계수 등 기존 콘크리트와 물성치가 유사함. ·인력작업으로 공정이 단순함.	·무수축이며, 고강도의 품질을 가질수 있음. ·전문 기계화 시공으로 타공법에 비해 시공속도가 빠르며 고른 시공품질 확보가 가능함. ·리비용량이 적다. ·무기계 재료로서 기존 구조물과 거동의 일체성을 유지함.	·무수축이며, 고강도의 품질을 가질수 있음. ·내약품성, 내마모성이 우수함. ·물성특성이 콘크리트와 비슷한 시멘트계(열팽창계수가 비슷)로서 균열, 탈락 등의 현상이 없음.
	단점	·일반 폴리머 모르타 사용으로 내부식성이 다른 신기술 공법에 비해 떨어짐 ·저온 부위에 대한 시공 저하. ·소규모 공사에 적합.	·스프레이 시공이므로 암거와 같은 협소공간은 작업성이 떨어짐 ·시공시 온도 및 습도에 유의해야 함.	·시공시 온도 및 습도에 유의해야 함. ·폴리머 모르타의 부착 시공은 숙련된 미장공에 의한 정밀시공이 요구됨. ·부착성, 방수성이 미흡함. ·공사비가 다소 고가임.
	강도	·휨 강도 : 4.5Mpa ·부착강도 : 2.8Mpa	·휨 강도 : 11.8Mpa ·부착강도 : 3.3Mpa	·휨 강도 : 8.9Mpa ·부착강도 : 2.8Mpa

6.3 개략공사비

【표 6.11】 개략공사비

구 분	손상내용	보수 공법	수량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
거 더	박락	단면복구	0.30	m ²	270	81	1	
	백태	표면처리	0.24	m ²	34	8	3	
	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	1.50	m ²	34	51	2	
교 대	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	1.50	m ²	34	51	2	
	파손	단면복구	0.30	m ²	270	81	2	
	누수흔적, 표면열화	표면처리	3.00	m ²	34	102	2	
교 각	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	5.66	m ²	34	192	2	
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	2.10	m	38	80	1	
	균열부 백태	표면처리	0.08	m ²	34	3	2	
	백태	표면처리	0.06	m ²	34	2	2	
	파손	단면복구	0.06	m ²	270	16	2	
	망상균열	표면처리	1.20	m ²	34	41	2	
교면포장	아스콘 포장 균열	팻칭(HPC)보수	174.00	m ²	84	14,616	3	
	아스콘 포장 마모	팻칭(HPC)보수	15.00	m ²	84	1,260	3	
	포트홀	팻칭(HPC)보수	0.06	m ²	84	5	3	
배수시설	배수구 막힘	청소	1	EA	140	140	1	
방 호 벽	균열(c.w=0.3mm미만)	표면처리	48.04	m ²	34	1,633	3	
순 공사비 합계(천원)					18,362			
제경비(순공사비×50%)					9,181			
개략 총 공사비(천원)					27,543			
순위별 총 공사비 (제경비 포함)		제1순위			452			
		제2순위			809			
		제3순위			26,283			

※ 상기 개략공사비는 실시설계에 따른 공법선정, 단가의 변동, 현장여건에 따른 부대시설 추가 설치 등으로 변동 될 수 있음.

제7장

유지관리 방안

7.1 개 요

7.2 유지관리의 목적

7.3 유지관리 업무 및 흐름

7.4 부재별 유지관리 방안

7.5 중점 유지관리 항목

제 7 장 유지관리 방안

7.1 개 요

교량은 도로망을 구성하는데 있어 중요한 역할을 하는 필수적인 구조물이다. 그러므로 사용 기간 중 필요한 수준의 안전성을 확보하도록 설계 및 시공이 되어야 하며 시간이 경과함에 따라 발생하는 사용 재료의 부식 및 예기치 않은 구조물의 파손을 미연에 방지할 수 있도록 최대한 조치를 취하여야 할 것이다. 도로의 한 구성을 이루고 있는 구조물의 파손 및 부식은 도로의 기능을 마비시킬 뿐만 아니라 국가의 기간산업 발전에도 막대한 영향을 끼칠 것이다.

이러한 관점에서 유지관리는 필수적인 것이며 조기에 이상 유무를 발견하여 조치를 강구하는 것이 필요하다. 예측되는 파손 부위의 등급 규정, 원인 규명, 단면력 평가, 보수의 필요성 평가, 보수 순서 및 방법 선택 등에 대한 준비 및 검토가 이루어져야 하고 아울러 예비 조치를 위한 재료의 선택, 보수 공법 설계가 가설년도에 따른 사용 재료의 수명 예측, 장래 교통량 예측 등도 검토 대상이 되어야 한다.

결과적으로 공로로서의 안전성을 보장하여야 하고, 장애 요인을 조기에 발견하여 구조물의 유지관리를 최소화하고, 보전 상황의 기록 등을 유지하는데 그 목적을 두어야 할 것이다.

7.2 유지관리의 목적

유지관리에는 사후 유지관리와 예방 유지관리로 분류할 수 있다. 사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강하는 방식이고 예방 유지관리는 문제 발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 적절한 조치를 취함으로써 문제 발생을 예방하는 방식이다. 과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나, 오늘날은 기술 및 장비의 발달로 예방 유지관리를 지향하고 있으며 유지관리를 통하여 시설물의 안전성 및 사용성 확보뿐만 아니라 다음과 같은 목적을 가지고 있다.

- 시설물의 사용성과 내화성을 가능한 한 연장시킴
- 현재 및 향후 소요된 유지관리 비용은 최소화시킴
- 주어진 예산 범위 내에서 시설물의 사용 수준을 높임
- 시설물 사용자의 안전성을 보장함
- 교통 장애를 최소화 함

7.3 유지관리 업무 및 흐름

유지관리업무는 대별하여 아래의 항목에 대하여 대상 구조물을 관리하는 것으로 요약할 수 있다.

7.3.1 자료 관리

자료 관리는 본 구조물에 관련된 설계도서, 구조물 대장, 보수·보강 대장, 사고 이력 등의 자료를 정리, 관리하는 일을 말한다. 그 목적은 본 구조물이 처해 있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위해서이다.

자료는 구조물의 점검, 보수·보강시마다 자료가 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 관련 내용을 전산화하여 데이터베이스를 구축하여 관리하면 효율적이다.

유지관리 시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 가. 설계도서(종합보고서, 구조계산서, 준공도면, 보수부 상세 도면)
- 나. 공사 내역서 및 시공 시방서
- 다. 사진 자료
- 라. 시험 결과 성적표
- 마. 사고 기록 및 조치 사항
- 바. 시설물 관리 대장(점검 및 진단 이력, 보수·보강 이력)
- 사. 상태 및 안전성 평가 기록

7.3.2 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하기 위하여 수행하는 작업을 말하는 것으로 근접점검 및 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

7.3.3 점검 및 진단

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

점검은 정기점검, 정밀점검(초기점검 포함), 긴급점검으로 나누며, 점검의 결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 추적 조사나 상세 조사를 실시한다. 또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단할 때에는 전문가에 의한 안전 진단을 실시한다.

가. 안전점검 및 정밀안전진단 실시

안전점검과 동시에 필요 시 적기에 정밀안전진단을 실시하여 사전에 사고를 예방하여야 한다. 안전점검 및 정밀안전진단은 다음의 표를 기준으로 실시한다.

【표 7.1】 정밀점검 및 정밀안전진단 실시시기

안전등급	정밀점검	정밀안전진단
A등급	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상
B・C등급	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상
D・E등급	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상

- 1) 정기점검: 6개월에 1회 이상
- 2) 긴급점검: 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계 행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 긴급점검을 요청한 때
- 3) 최초로 실시하는 정밀점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)을 기준으로 3년 이내에 실시하여야 한다.
- 4) 위 정밀점검 실시주기에 따라 정밀점검을 실시한 경우에도 제9조에 따라 정밀안전진단을 받은 경우에는 진단 완료일을 기준으로 정밀점검의 실시주기를 정한다.

나. 점검 및 진단기록

안전점검부터 정밀안전진단까지 모든 기록이 유지되어야 한다.

다. 정밀점검 및 정밀안전진단 지침

1) 일 반

시설물의 점검항목이 빠지지 않도록 현장점검을 체계적이고도 조직적인 방식으로 수행하여야 하며, 시설물 점검 및 진단 절차를 표준화하여야 한다.

2) 현장검사

현장검사는 기존 시설물에 관한 최소한의 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 변화되는 균열폭과 길이 등의 변화를 추적하기 위하여 수행한다. 시설물 현장에서의 측정은 도면이 없거나 도면상에 나타난 자료를 확인하기 위하여 필요하다. 측정의 정확성은 원하는 목적을 달성하는 정도이면 충분하다.

3) 점검 및 진단부위의 청소

부식, 노후화 또는 기타 식별이 어려운 결함을 발견하기 위하여 정밀 육안 근접 점검 전에 조사 부위를 깨끗이 청소하여야 한다.

4) 시설물의 상태평가

서로 다른 책임기술자에 의하여 다른 시간대에 수행된 점검 및 진단결과의 일관성을 확보하기 위하여 책임기술자 등은 시설물, 부위별 상태평가를 위하여 제시된 통일된 점검 및 진단양식과 기준에 의하여 조사하여야 한다.

5) 중대한 위험이 예견되는 결함

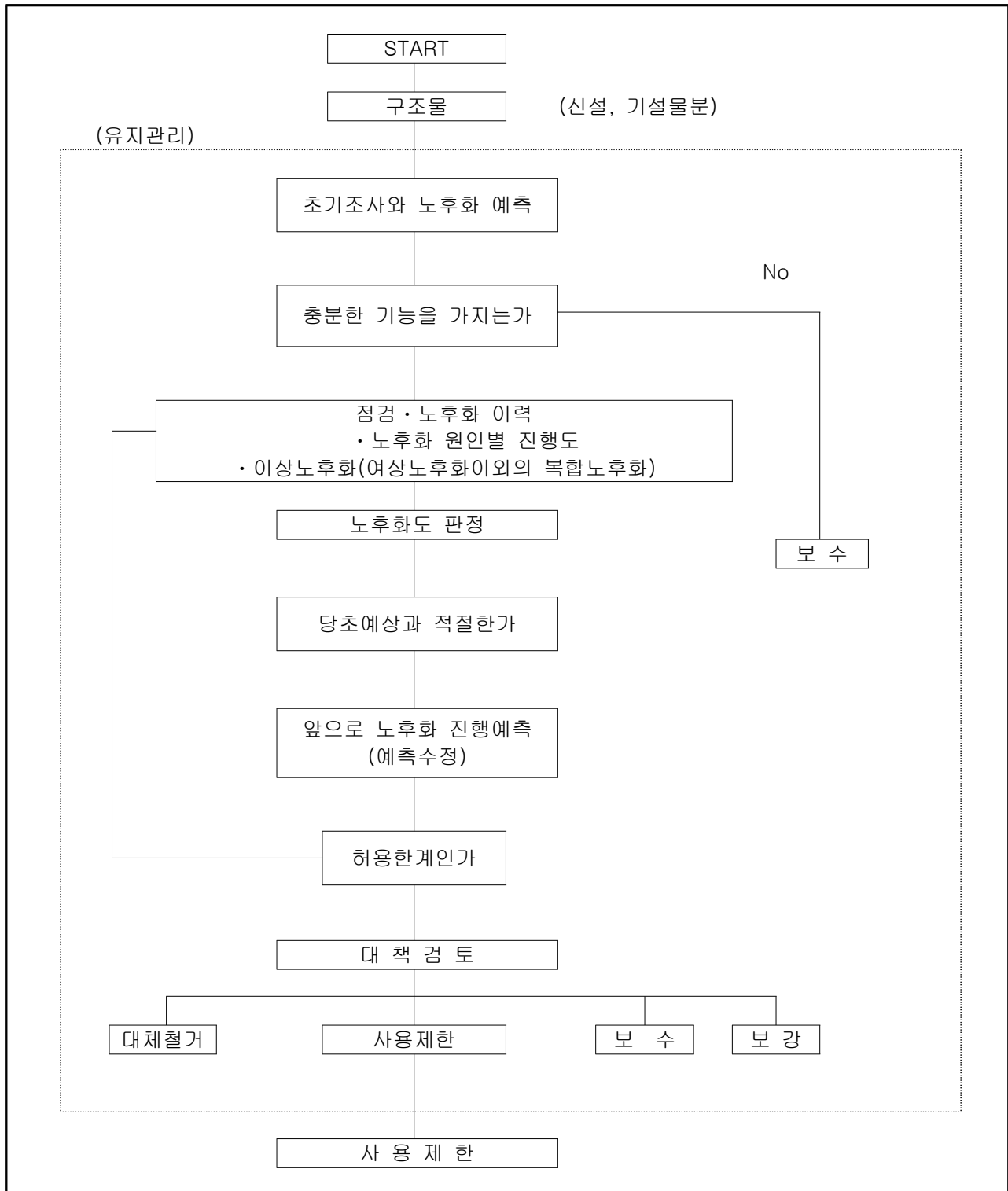
현장에서의 점검 및 진단결과 공중에 위험을 끼칠 수 있는 구조 또는 안전과 관련된 위험이 존재하는 경우에는 즉시 관리주체에 통보하여야 하며 관리주체는 다음과 같은 사항에 대하여 체계화된 조치를 취하여야 한다.

- ① 결함에 대하여 소관행정기관의 장에게 신속한 보고
- ② 경찰과 주민에 대한 긴급통지
- ③ 발견된 결함에 대한 신속한 평가
- ④ 신속한 후속조치
- ⑤ 후속 조치 결과의 확인
- ⑥ 다른 사고 시설물에서 발견된 결함부와 유사한 구조부위를 가지고 있는지 여부의 확인
- ⑦ 기타 필요한 사항

7.3.4 보수 및 보강

점검이나 진단을 통하여 손상 또는 결함을 발견하였을 때는 정밀 안전 진단을 실시하여 손상의 원인을 정확히 파악하고 보수·보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수란 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능으로 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상 방지는 물론 구조적 내하력 및 하중 전달 기능을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

상기 유지관리에 대한 절차를 흐름도로 나타내면 다음 【그림 7.1】과 같다.



【그림 7.1】 유지관리 흐름도

7.4 부재별 유지관리 방안

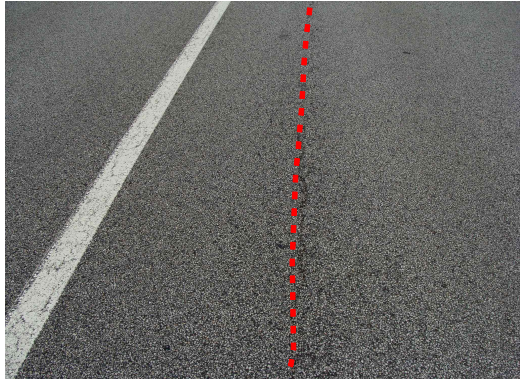
유지점검의 체계화를 위하여 점검부위와 손상 및 결함(이하 “손상”이라 한다) 종류를 분류하였다.

※ 용어설명

- 박리(Scaling) : 콘크리트 표면의 모르타가 점진적으로 손실되는 현상
- 박락(Spalling) : 콘크리트가 균열을 따라서 원형으로 떨어져 나가는 현상
- 층분리(Delamination) : 철근의 상부 또는 하부에서 콘크리트가 층을 이루며 분리되는 현상으로 철근의 부식에 의한 팽창이 주요원인 임.
- 백태(Efflorescence) : 노후화된 표면에 생기는 백색의 결정. 콘크리트 중의 황산칼슘, 황산마그네슘, 수산화칼슘 등이 물에 녹아 침출되어 공기중의 탄산가스와 화합한 것.
- 열화(Deterioration) : 자연력 및 인위작용을 받아 시간이 경과함에 따라 물리적, 화학적으로 변질, 변형되어가는 현상

본 과업대상 시설물의 안정성과 기능성, 사용성, 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서는 주기적이고 체계적인 정기점검, 정밀점검, 특별점검, 정밀안전진단 등을 통한 유지관리가 최선의 방법이라고 사료된다.

7.4.1 교면포장

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		·균열, 단차
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부		·단차, 침하
▷ 배수구 주변		·물고임, 이물질 퇴적
주요 사진	 	<교면포장 전경> <교면포장 균열>
점검 방법	- 방호벽측 노면에서 도보점검 - 중차량 통행이 많은 차선, 곡선부 외측, 급정지 구간 주변의 손상 점검 - 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검 및 노면체수 여부 - 포장손상이 심한부위는 하부점검시 누수 및 백태발생 여부 확인 - 교면위 물고임 점검(가급적 비온 직후 점검) - 포장의 노후화에 따른 종방향균열의 진전여부, 망상균열의 진전여부	
손상 발생시 조치	- 손상이 확인한 부분은 위치, 규모에 대하여 기록 후 사진 촬영 - 종방향 단차가 30mm이상 발생하여 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립	
점검시 유의 사항	- 노면은 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검	
점검 도구	- 사진기, 5m자, 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)	

7.4.2 방호벽

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 방호벽	- 철근콘크리트	·균열, 박리, 철근노출, 파손
주요 사진	  <방호벽 전경> <방호벽 균열>	
점검 방법	- 교량 한쪽에서 눈을 방호벽 높이 정도로 낮추어 방호벽의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검 - 철근콘크리트 차량방호벽은 녹물이 흘러내려 미관을 해치는 부분이 있는지 점검	
손상 발생시 조치	- 방호벽의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 교량받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 - 방호벽의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 또는 차량의 추락 위험이 있을 시 즉시 연락하여 추락 방지시설 등의 응급조치 필요	
점검 도구	- 사진기, 5m자, 점검용 망치, 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)	

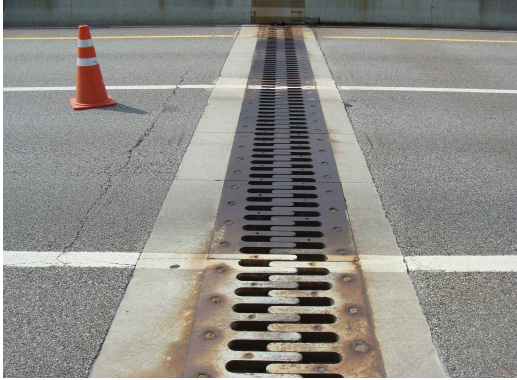
7.4.3 배수시설

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 배수구	- 격자판 (grating) - 유입구	·파손, 누락 ·누수, 체수, 오염
▷ 배수관		·파손 ·배수관 길이 부족 ·유출구 위치 부적절
주요 사진	 < 배수관 설치 현황 >  < 배수구 설치 현황 >	
점검 방법	- 배수구 : 노면측에서 도보로 점검하며 유입구 누락, 파손 및 오물퇴적 확인 - 배수관 : 교량하부 및 측면에서 육안 또는 망원경으로 점검하며 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 바로 위로 떨어지지 않는지 점검	
손상 발생시 조치	- 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거	
점검 도구	- 갓길에서 점검시 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 통행차량에 주의	
점검 도구	- 사진기, 5m자, 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)	

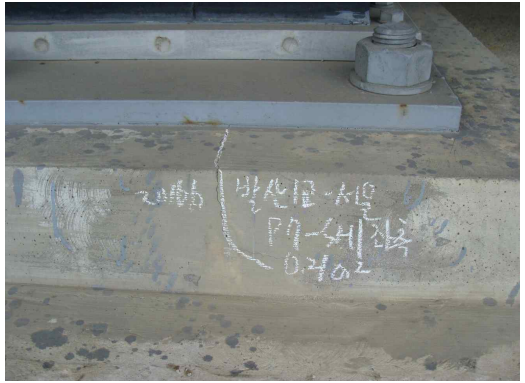
7.4.4 P.S.C BOX Girder

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		·균열, 박리, 박락, 파손, 철근노출 ·PS강재 또는 쉬스관 노출, 부식, 파단 ·재료분리
▷ 받침부		·부스러짐 ·연속교 상단 횡 균열 ·복부 사인장균열 ·격벽 개구부 모서리 균열
▷ 중앙부		·횡 균열, 거더 처짐 ·쉬스관 노출 및 파손 ·박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 ·시공이음부 균열 및 누수
▷ 강성정착부		·정착구역 균열 및 파손
주요 사진	 	<P.S.C BOX 내부 전경> <P.S.C BOX 외부 박락>
점검 방법	·공통 -접근장비를 이용하여 박스외부를 점검하고 박스내부는 도보에 의해 점검하며 복부 높이가 높은 곳에는 가벼운 이동식 사다리로 점검 ·박스외부 -중앙부 하부플랜지의 횡 균열과 병행하여 처짐이 발생한 경우는 원인분석을 위한 안전성 검토 필요 ·박스내부 -강선 정착부는 정착부 자체 및 정착부 후방의 복부 및 플랜지에 발생한 횡방향 균열을 주로 점검 -기 보강부위 : 정착단 앵커부 균열 및 강선의 선형 점검	
손상 발생시 조치	-박스내부의 상부플랜지에 강선방향의 균열이 0.3mm 이상이고 상부플랜지에 횡방향 강선이 배치되지 않았을 경우 횡단면은 RC구조로 안전성 평가	
점검 도구	- 사진기, 줄자(5m자), 점검용 망치, 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)	

7.4.5 신축이음

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 본 체	- 공통	·누수, 오염 ·유간 부족 및 과다 ·이상진동 ·본체 유동 및 파손
	- 강재	·방수재 파손 - 노면수 유입
▷ 후타재		·균열, 파손 ·전·후의 단차
주요 사진	 	
점검 방법	- 방호울타리측 갓길에서 점검 - 신축이음부의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격발생 여부 점검 - 고무재의 마모, 파손, 충전 실패로 노출로 차량통행 지해 여부 점검 - 방호울타리부 신축이음의 방수기능 등 점검 - 신축유간 확보량이 확연히 의심스러운 경우 안전을 고려하여 노면 방호벽에서 약 50cm 떨어진 곳에 측정지점을 표시하여 하절기와 동절기에 동일위치에서 신축유간 점검	
손상 발생시 조치	- 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책 수립	
점검시 유의 사항	- 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행 - 신축유간 점검시 통행차량에 유의	
점검 도구	- 사진기, 줄자, 드라이버(driver) - 유간오물 확인 - 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)	

7.4.6 교량받침

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 본체	- 공통	·부식, 변형 ·균열, 파손 ·가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 ·받침과 거더의 밀착상태 ·앵커볼트 파손
	- 고무받침	·노화, 균열, 탈락, 파손
▷ 받침대		·균열, 파손
주요 사진	 <교량받침 전경>	 <P7-SH1 받침모탈 균열>
점검 방법	- 점검로가 설치된 부분은 근접하여 점검하고 점검로가 없는 부분은 교량하부에서 받침 하부의 교각두부 균열 점검 - 신축유간은 하절기나 동절기에 신축방향으로 유간이 개략 1cm 이내일 경우 점검하며 유성펜으로 현재 유간을 표기후 다음 점검시에 이동량을 확인하는 방법도 가능함 - 곡선교 내측단부 혹은 사교의 예각부 단부에 위치한 받침은 부반력의 발생으로 거더와 떠있는 사례가 있음 - 받침하부에 공동이 의심되면 드라이버 혹은 철사 등으로 찔러서 확인 - 고무받침의 과도한 변형(45°이상) 및 부풀음 점검	
손상 발생시 조치	- 받침하부 교각 두부에 0.3mm 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고 안전성 검토 및 대책수립 필요	
점검시 유의 사항	- 교각 두부에서 사진 촬영 및 점검시 점검자 자신의 안전에 주의	
점검 도구	- 사진기, 줄자(5m자), 드라이버(driver) - 균열자, 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필), 유성펜(매직) 및 청소용 걸레	

7.4.7 하부구조

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 공통		·균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 파손
▷ 두부		·두부 물고임 ·받침 하부 균열 및 파손
▷ 구체		·이동 또는 기울음 ·차량충돌로 인한 파손 ·수중구간의 경우 침식
주요 사진	 	<교대 흥벽 균열> <교각 기둥부 균열>
점검 방법	- 교량하부 및 점검로에서 점검시행 - 교대측 혹은 점검로에서 인접교각들의 선형을 전반적으로 관찰하여 침하나 기울음 징후 점검 - 백태, 철근노출 등 개략점검, 필요시 수중조사	
손상 발생시 조치	- 교각두부 받침하부에 0.3mm이상의 균열이 단부까지 진행된 경우나 기초에 세굴이 발생하여 침하가 예상될 경우 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고하고 대책수립	
점검시 유의 사항	- 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 닫힘, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검시 참고해야 할 항목임	
점검 도구	- 사진기(망원렌즈), 균열자, 줄자(5m자) - 망원경, 점검용 망치, 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)	

7.5 중점 유지관리 항목

구 분		조사내용
▷ P.S.C BOX 외부		· 균열, 박락
주요 사진		
	<P.S.C BOX외부 박락>	< P.S.C BOX외부 균열>
중점 점검 사항	- 박락 발생 부위 추가적인 손상 발생 유무 - 균열 발생부위 우수유입(누수)에 의한 백태 발생 여부	

구 분		조사내용
▷ 하부구조		· 균열
주요 사진		
	<A1 흥벽 균열>	<P1 기둥부 균열>
중점 점검 사항	- 균열 발생부위 우수유입(누수)에 의한 백태 발생 여부	

제8장

종 합 결 론

8.1 외관조사 결과

8.2 내구성 평가

8.3 종합평가 및 안전등급

8.4 결론 및 제언

제 8 장 종합결론

본 과업 대상 구조물인 발산1교(서울)는 서울춘천선 43.64km(이정) 지점의 홍천군 서면 마곡리에 위치하며, 상부구조는 10경간 P.S.C BOX으로 구성되어 있다. 연장 535.0m (45.0+2@55.0+60.0+5@55.0+45.0m), 폭 12.6m로서 하부구조는 역T형 교대 및 T형 교각으로 모두 직접+말뚝기초로 시공된 상태이다. 각 부재별 조사 내용과 시험·평가를 요약하고 정리한 종합결론은 다음과 같다.

8.1 외관조사 결과

가. 상부구조

1) P.S.C BOX외부

P.S.C BOX외부 대한 외관조사 결과 일부 건조수축으로 인한 균열(c.w=0.3mm미만), 받침장치 결합 시 거더의 수평이동의 구속 및 압출시공 시 마찰에 의한 수평력, 불균등한 지압응력 등에 의한 박락이 조사되었다. 발생한 손상은 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위해 표면처리, 단면복구 등의 조치 후 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시해야 할 것으로 판단된다.

2) P.S.C BOX내부

P.S.C BOX내부에 대한 외관조사 결과 정착구 마감부에 국부적으로 균열, 백태가 발생되었으며, 내부격벽에는 개구부 응력집중 및 높은 온도의 내부 수화열에 의한 수축작용으로 판단되는 균열이 조사되었다. 또한, 공용기간 증가로 인해 정착구 보강판 부식이 확인되었으나, 단기적은 보수조치를 요하는 손상들은 아닌 것으로 판단되어 지속적인 점검 및 관찰을 실시한 후 일괄 보수를 실시하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

나. 하부구조

1) 교대

발산1교(서울)의 교대에 대한 외관조사 결과, 교대 기울음 및 전도 부등침하 등 구조적 결함이 조사되지 않아 기초 상태는 큰 문제점이 없을 것으로 판단된다. 기 점검 시 조사된 손상들의 보수가 시행된 상태이며, 교대 구체 및 흙벽에서 건조수축으로 인한 균열

(c.w=0.3mm미만), 외측부의 우수유입으로 인한 표면열화 및 누수흔적, 구체 파손의 손상이 발생되어 표면처리 등의 보수를 실시하여 구조물의 내구성 및 안전성 확보해야 할 것으로 사료된다.

2) 교각

발산1교(서울)의 교각에 대한 외관조사 결과, 건조수축 및 코핑 휨전단 작용에 의한 균열(c.w=0.3mm미만)이 전반적으로 코핑부에 발생되었으며, 기둥부에 시공초기 양생 시 진동에 의한 망상균열이 조사되어 표면처리 등의 보수를 실시해야 할 것으로 판단된다.

다. 교량받침

1) 외관조사 결과

교량 받침장치에 대한 외관조사 결과, 시공 초기 건조수축 및 시공오류로 인한 받침 콘크리트, 몰탈 균열, 볼트체결불량의 손상이 조사되었다. 발생한 결함은 수량이 미소하며, 받침장치의 기능상의 문제는 없는 것으로 판단되어, 주기적인 점검 및 관찰을 실시 후 손상의 진전여부를 확인하여 보수해야 할 것으로 사료된다.

2) 받침장치 이동량 검토

발산1교의 받침장치 이동량의 실측값과 계산값을 비교·검토한 결과, 현재 받침장치의 가동상태는 양호한 것으로 검토되었다. 추후 주기적으로 받침장치의 이동량을 측정하는 것은 교량의 유지관리에 도움이 될 것이다.

3) 받침장치 연단거리에 대한 조사

발산1교의 받침장치 연단거리 측정 결과 실측 연단거리가 계산 연단거리를 전체적으로 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

라. 신축이음

1) 외관조사 결과

신축이음 장치에 대한 외관조사 결과, 공용기간 증가 및 지속적인 차량통행으로 인한 후타재 균열, 국부적인 후타재 파손, 신축이음 본체부식이 발생되었다.

2) 신축이음장치 유간측정

신축이음장치(A1, A2)의 유간은 140.0~760.0mm(신축이음장치 기준)의 여유량을 확보하고 있는 양호한 상태인 것으로 측정되었다.

마. 교면포장

발산1교(서울)의 교면포장에 대한 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었으나, 공용기간 증가 및 차륜하중으로 인한 콘크리트 포장 균열, 마모, 포트홀이 발생된 상태이며, 팻칭(HPC)보수 등에 의한 보수조치가 요구된다.

바. 배수시설

본 교량의 배수시설은 교면 배수구가 좌측 방호벽에 인접하여 총 28개소 설치된 상태로 외관조사 결과, 이물질 퇴적으로 인한 배수구 막힘이 1개소 조사되었으며, 교면의 물 고임 등의 2차 손상을 방지하기 위하여 청소 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

사. 방호벽 및 중앙분리대

방호벽은 사고 발생 시 차량의 낙하 및 추락을 방지하는 부재로서, 방호벽에 대한 현장조사 결과, 전반적으로 건조수축 및 온도변화 등에 의한 균열, 외부충격으로 인한 굽힘이 발생되었다. 조사된 손상들에 대하여 표면처리 등의 적절한 보수를 실시한다면 안전성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

8.2 내구성 시험 결과

시 험 명		시험부위		시험 결과		비 고
				‘16 정밀점검	설계값	
콘크리트	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	반발경도	42.1~47.9	40.0	• 설계기준강도 이상을 만족하는 양호한 상태임
		하부구조	반발경도	24.9~26.7	24.0	
	탄산화 깊이 (mm)	상부구조		2.4~3.6	잔여깊이 30mm이상	• 상태등급 a등급
		하부구조		3.5~4.7		
종합 평가	- 비파괴강도는 전반적으로 설계강도 이상을 확보하고 있는 것으로 평가됨. - 탄산화깊이 측정은 최소 100년 이상의 잔존수명을 확보하고 있는 상태로 탄산화에 의한 철근의 부식은 없을 것으로 판단됨. - 금회 점검결과, 비파괴 강도, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨.					

8.3 종합평가 및 안전등급

가. 상태평가 결과

상태평가 결과							
구 교 량 명	환 산 결 함 도 점 수	상 태 평 가 등 급	연 장 (M)	차 선	길 이 × 차 선	연 장 비	환산결함도점수 × 연장비
발산1교 (서울방향)	0.190	B	535	2	1,070	1.000	0.190
합계(Σ)			535		1,070	1.000	0.19
<평가자 의견>							
1. 평가지수 =							0.190
2. 상태평가 결과 =							B 등급

나. 기존 결과와 비교·분석

시설물명	2014년 정밀점검	2016년 정밀점검
결함지수	0.196	0.190
상태평가결과	B	B
총 평	■ '14'년 정밀점검과 비교·분석한 결과, 기점검 시 조사된 손상에 대한 보수조치가 실시되어 결함지수가 감소한 것으로 판단된다.	

다. 종합평가 및 안전등급 지정

시설물명	발산1교(서울)		
평가구분	상태평가	안전성 평가	종합평가
평가등급	B	-	B
평가결과	• 외관조사에 따른 상태평가 등급과 안전성 검토에 근거한 안전성 평가 등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가 등급으로 결정 • 종합평가 등급 : B등급(양호)		

8.4 결론 및 제언

☒ 발산1교(서울)의 종합평가에 의한 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위한 일부의 보수가 필요한 상태인 **B등급(양호)**으로 지정되었다.

☒ 발생한 결함에 대한 긴급 보수 사항은 없으나, PSC BOX 내·외부 균열 및 망상균열, 균열부 백태 및 백태, 박락, 부식, 교대 및 교각의 균열 및 망상균열, 균열부 백태 및 백태, 파손, 누수흔적, 표면열화, 받침콘크리트 균열, 볼트체결불량, 후타재 균열 및 파손, 신축잉음 본체 부식, 포장 균열 및 마모, 포트홀, 방호벽 균열 및 굽힘, 배수구 막힘 등의 손상은 교량의 내구성 저하 방지를 위한 중·단기적 조치가 요망된다.

☒ 본 대상시설물에 발생한 손상들에 대해서는 안전성과 내구성 확보를 위해 본 보고서에서 제시된 보수방안을 실시한 후 지속적인 점검과 유지관리를 실시한다면 교량의 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.