

제 I 편 공 통 편

1장 서론

2장 현장조사 및 시험

3장 시설물의 상태평가

4장 종합평가 및 안전등급 지정

5장 보수·보강 및 유지관리방안

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 개요

1.3 과업의 범위 및 내용

1.4 과업수행 흐름도

1.5 사용장비 현황

1.6 과업 수행 일정

1.7 기호의 정의

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

본 용역은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제7조에 준하는 시설물안전점검 용역으로써, 시설물에 대한 물리적, 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 그에 대한 신속하고 적절한 보수·보강 방법 및 향후 유지관리 방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 개요

1.2.1 과업 기간

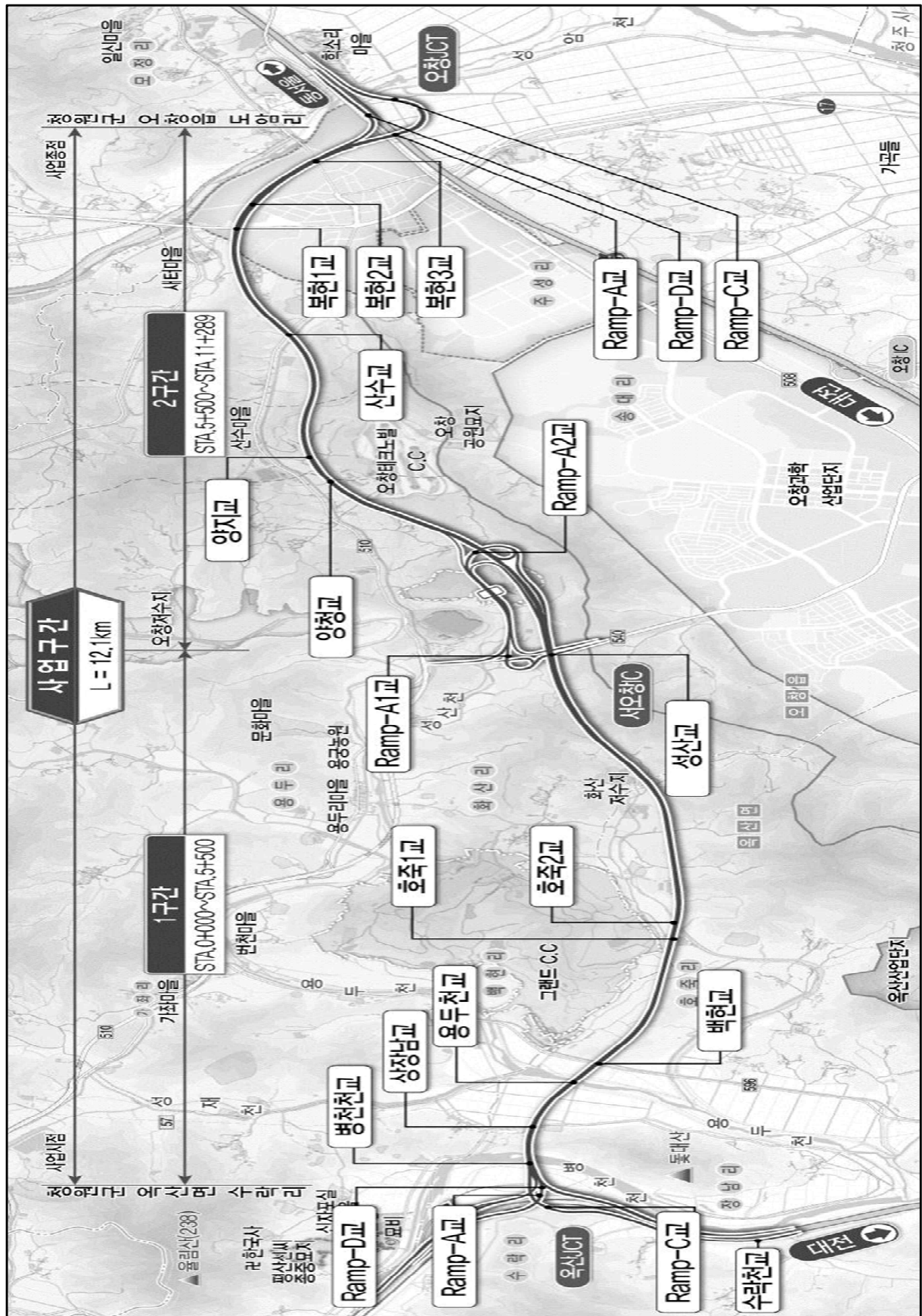
•2020. 09. 21 ~ 2020. 12. 29

1.2.2 대상시설물 현황

1) 시설명 : 17개 교량

시설물명	위치	연장(m)	폭(m)	설계하중	상부	종별
옥산JCT R-A교	청주시 옥산면 수락리 산 3-2	257	12.6	DB-24	DCB GIRDER	1종
옥산JCT R-C교	청주시 옥산면 수락리 산 3-5도	257	9.0	DB-24	DCB GIRDER	1종
옥산JCT R-D교	청주시 옥산면 수락리 산1-2도	170.0	12.6	DB-24	SEB GIRDER	1종
병천천교 오창방향	청주시 옥산면 장남리 482-1천	230.0	16.0	DB-24	BICON GIRDER	1종
병천천교 옥산방향	청주시 옥산면 장남리 482-1천	230.0	18.0	DB-24	BICON GIRDER	1종
용두천교	청주시 옥산면장남리 363-23천	135.0	24.47	DB-24	BICON GIRDER	2종
호죽2교 오창방향	청주시 옥산면 호죽리 796천	50.572	11.8	DB-24	BICON GIRDER	2종
호죽2교 옥산방향	청주시 옥산면 호죽리 796천	50.572	12.5	DB-24	BICON GIRDER	2종
성산교	청주시 오창읍 성산리 산153-13도	60.447	24.3	DB-24	PRECOM GIRDER	2종
산수교 오창방향	청주시 오창읍 양지리 산17-1임	140.265	12.6	DB-24	PSC BEAM	2종
산수교 옥산방향	청주시 오창읍 양지리 산17-1임	140.265	11.8	DB-24	PSC BEAM	2종
복현1교	청주시 오창읍 복현리 197-7전	105.225	24.64	DB-24	BICON GIRDER	2종
복현3교	청주시 오창읍 장대리 298-2도	100.66	24.64	DB-24	BICON GIRDER	1종
서오창IC R-A1교	청주시 오창읍 성산리 261-5도	50.305	19.2	DB-24	BICON GIRDER	2종
오창JCT R-A교	청주시 오창읍 장대리 34-19도	100.251	17.1	DB-24	BICON GIRDER	1종
오창JCT R-C교	청주시 오창읍 도암리 354-1천	180.00	9.17	DB-24	ST BOX GIRDER	2종
오창JCT R-D교	청주시 오창읍 학소리 산17-6도	415.422	9.17	DB-24	ST BOX BICON	1종

1.2.3 대상시설물 위치도



1.2.4 대상시설물 전경



옥산JCT R-A교



옥산JCT R-C교



옥산JCT R-D교



병천천교 오창방향



병천천교 옥산방향



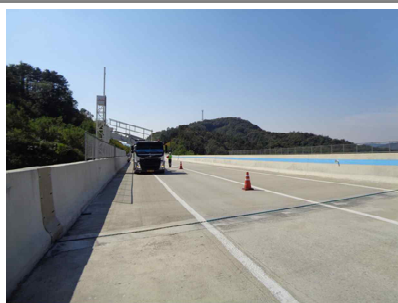
용두천교



호죽2교 오창방향



호죽2교 옥산방향



성산교



산수교 오창방향



산수교 옥산방향



북현1교



북현3교



서오창IC R-A1교



오창JCT R-A교



1.3 과업의 범위 및 내용

1.3.1 과업의 범위

구분	시설물명		지침 및 세부지침상 점검 및 진단 실시범위			금회 실시범위	비고
			정 안전점검	기 안전점검	밀 안전진단	정 안전점검	
주요부재	•상부구조	바닥판, 거더, 포장	○	○	○	◎	
	•하부구조	교대 및 교각, 기초	○	○	○	◎	
	•받침	교량받침	○	○	○	◎	
	•케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	◎	
	•기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장, 방호벽 등	○	○	○	◎	
보조부재	•2차부재	가로보 및 세로보	○	-	○	◎	
부속시설	•점검로	출입계단, 출입사다리 등	○	○	○	◎	

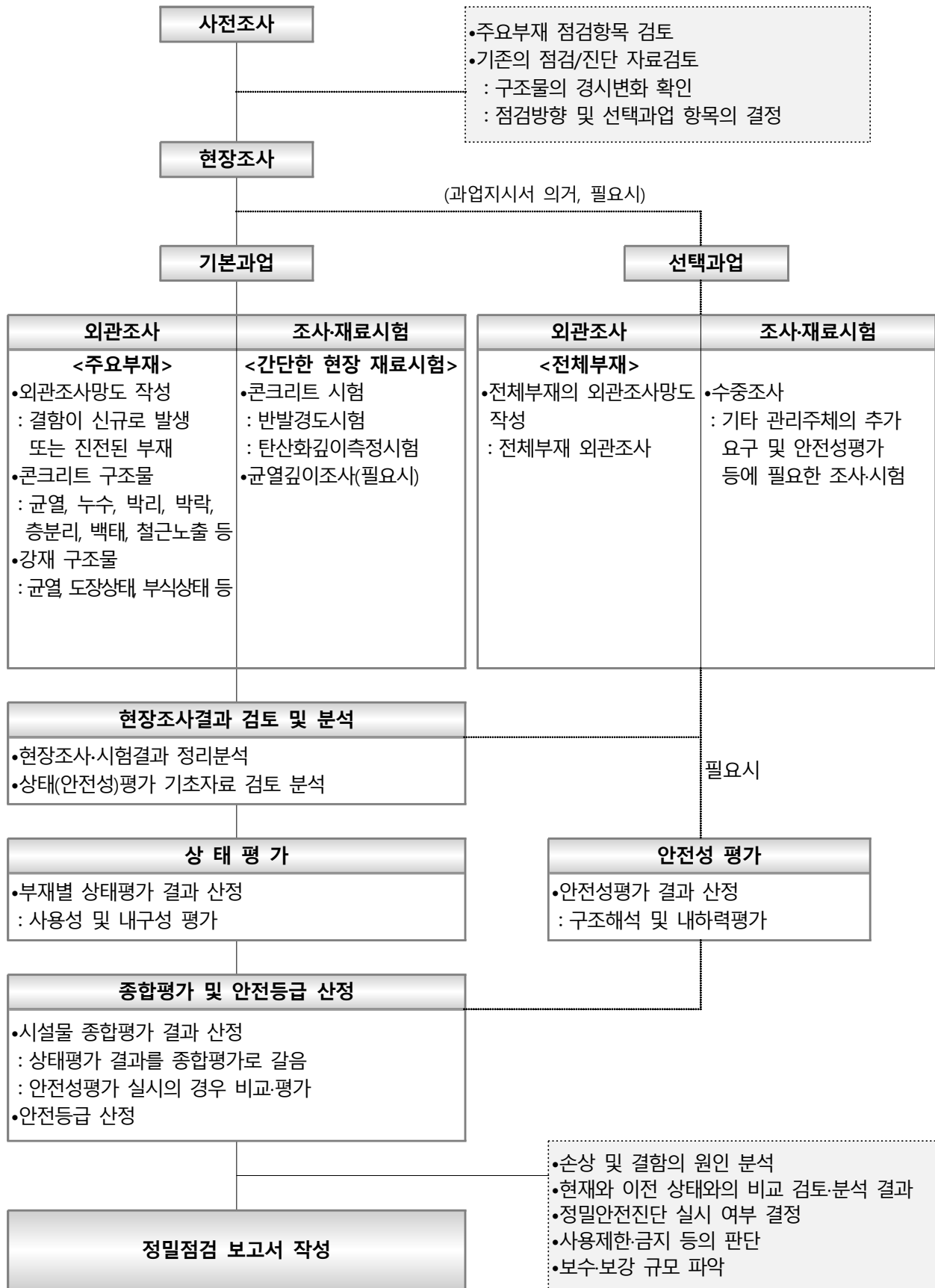
※『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침』 안전점검 및 진단 편(2019.9) '교량편'의 '교량시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위' 참조

1.3.2 과업의 내용

본 과업은 『시설물 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편), 2019.09, 국토교통부/ 한국시설안전공단』과 과업내용서를 준용하였으며, 과업내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

과업항목	과업 내용	비 고
적용지침	◦ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(2019.9)	교량편
1. 자료수집 및 분석 과업수행계획의 수립 (사전검토보고서 포함)	◦ 시공 및 유지관리 자료 검토·분석 1) 설계도서(준공도면, 구조계산서 등) 2) 시공관련자료 3) 시설물관리대장 4) 안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 5) 보수·보강이력 6) 계측기 설치 확인 및 검토 ◦ 점검계획 수립 ◦ 사전검토보고서 및 과업수행계획서 제출	
2. 현장조사	◦ 교량의 제원 및 시공상태 조사 ◦ 외관조사 및 외관조사망도 작성(세부지침에 의거) ◦ 하자검사 및 보수·보강부위 검사 ◦ 각 부재의 기능상태 조사	
3. 현장시험	◦ 현장 재료시험 1) 콘크리트 강도 측정 :반발경도 2) 콘크리트 탄산화 깊이 측정 :콘크리트 피복 확인 병행 3) 균열깊이 측정(필요시)	
4. 상태평가	◦ 외관조사 결과분석 ◦ 현장시험 및 재료시험 결과 분석 ◦ 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 ◦ 부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견	
5. 종합평가 및 안전등급	◦ 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 ◦ 안전등급 지정	
6. 보수·보강 방안	◦ 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 ◦ 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법제시	
7. 유지관리 방안	◦ 유지 관리상 문제점과 대책 제시 ◦ 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시 ◦ 일상점검시 확인을 필요로 하는 주요 점검내용 제시	
8. 보고서 작성	◦ 보고서 및 부록 작성	

1.4 과업수행 흐름도



[그림 1.4.1] 과업수행 흐름도

1.5 사용장비 현황

1.5.1 장비 및 기기 목록

[표 1.6.1] 주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

장 비 명	기 종	모 델	검교정 대상여부	검교정일	용 도	비고
시험기기	슈미트해머	NR10 (PROCEQ)	비대상	2020년 2월10일	표면 반발경도를 이용한 콘크리트 강도 추정	
	탄산화진행 측정기	-	비대상	-	콘크리트 탄산화 진행깊이 측정	
	철근탐지기	StructureScan Mini(GSSI)	비대상	-	콘크리트 내부의 철근 간격 및 피복 검사	
		PS35 (HILTI)	비대상	2020년 4월10일		
	초음파속도 측정기	TS-5000 (MKCNDT)	대 상 (12개월)	2020년 4월16일	콘크리트 강도추정 및 균열깊이 측정	
계측기기	균열경 균열자	PEAK (10배)	비대상	-	균열 확대 균열폭 측정	
	버니어 캘리퍼스	MITUTOYO	대 상 (12개월)	2020년 4월2일	각종 부재규격 정밀 측정 탄산화 진행깊이 측정	
	광파기	SET520K	대 상 (24개월)	2020년 2월8일	구조물 변위 측정 제원 측정(필요시)	
접근장비	사다리		-	-	근접조사시 이용	
	굴절차		20m 플랫폼	안전검사 완료차량		
	고소작업차 (스카이)		3.5톤, 5.0톤	안전검사 완료차량		
공기구	개인안전장구(안전모, 안전조끼, 안전대, 안전화 등 안전장비), 드릴, 그라인더, 줄자 디지털카메라, 랜턴 등					

1.5.2 점검/측정 장비 사진

			
슈미트해머	탄산화시험 세트	철근탐사기	철근탐사기 (PS35)
			
균열확대경	버니어캘리퍼스	고소작업차 (3.5톤)	굴절차 (플랫폼 형)

1.5.3 점검/측정 장비 검교정현황

장 비 명	기 종	모델(규격)	기기번호	검 · 교정 일자	유효기간	검 · 교정 기관	검 · 교정 대상 유무	비고
비파괴 시험기	슈미트 해머	NR-10	28191	2020.06.23	2021.06.23	씨엘 파트너스	비대상	적 합
	초음파 속도측정기	NJ80	008397	2020.06.25	2021.06.25	한국산업 기술시험원	비대상	적 합
	암반슈미트	암반용	88335	2020.06.25	2021.06.25	한국산업 기술시험원	비대상	적 합
계측기기	균열경	현미경	-	2020.06.25	2021.06.25	한국산업 기술시험원	○	적 합
	버니어	SET520K	A16019559	2020.06.25	2021.06.25	한국산업 기술시험원	○	적 합

■ 시험장비 검교정 성적서

슈미트해머

시험성적서 (Test Report)

고객사(Client): 주식회사 명성엔지니어링
주 소 (Address): 경기도 성남시 분당구 아탈로 69번길 18, 3층 301호
의뢰일 (Date of Receipt): 2020년 6월 22일

시험대상 품목 및 물성, 시료명 (Test Sample): 테스트해머 (반발경도계)
제조사 (Manufacturer): PROCEQ (Made in Switzerland)
모델명 (Model Name): NR-10 / NR Type
제조번호 (Serial Number): 28191

시험일자 (Date of Test): 2020년 6월 23일 ~ 2020년 6월 23일

시험규격 및 방법 (Test Standard, Method): KS F 2730

시험환경 (Testing Environment): 온도 (Temperature): (25.0 ± 0.1) °C
습도 (Humidity): (53 ± 1) % R.H.

시험결과 (Test Results): 시험결과 참조

비고 (Note): 이 성적서는 당사에서 시험한 시험성적서를 증명합니다.
2. 시험 등의 결과 본 성적서의 전부 혹은 일부를 복사 또는 유출할 수 없습니다.

2020년 6월 23일
씨엘파트너스(CL Partners)
경기도 고양시 일산서구 대안로 425, 한빛빌딩 2층 202호

시험 성적서 (TEST REPORT)

고객사 (Client): 주식회사 명성엔지니어링
주 소 (Address): 경기도 성남시 분당구 아탈로 69번길 18, 3층 301호 (아탈로, 푸아제인)
의뢰일자 (Date of Receipt): 2020. 06. 24.

시험성적서의 용도 (Use of Report): Q.C

시험대상 품목/시료명 (Test Sample): 테스트해머
제조사 (Manufacturer): 프로세크
모델명 (Model Name): NJ-80 / N TYPE
제조번호 (Serial Number): 008397
기 타 (Remark):

시험일자 (Date of Test): 2020년 06월 25일 ~ 2020년 06월 25일

시험장소 (Location of Test): KTL 고정시험실 (주소: 경기도 안산시 상록구 해안로 723)
☐ 현장시험

시험규격/방법 (Test Standard/Method): 시험결과 참조

시험결과 (Test Result): 시험결과 참조

비고 (Note): 1. 이 성적서는 시험대상 품목의 시험에 한하며, 법의 및 기타 법령의 규정에 준하여 사용함을 증명합니다.
2. 이 성적서는 원본과 동일하게, 일괄로 제 1차원, 2차원 및 3차원 모두에 걸쳐 증명합니다.
3. 이 성적서는 KTL에서 발행한 성적서로, 시험결과에 대한 책임은 KTL에 있습니다.
4. 이 성적서의 유효기간은 시험일로부터 1년입니다.
5. 이 성적서의 유효기간은 시험일로부터 1년입니다.
6. 이 성적서의 유효기간은 시험일로부터 1년입니다.

확인 (Affirmation): 시험 (Name): 김태영
기술책임자 (Technical Manager): 김태영
2020. 06. 26.

한국산업기술시험원
본소: 경기도 성남시 분당구 아탈로 69번길 18, 3층 301호 (아탈로, 푸아제인) Tel: 011-500-0217 Fax: 011-500-0269

슈미트머

시험성적서 (TEST REPORT)

ktl 한국산업기술시험원
Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 20-040076-01-6
Report No.
페이지 (1 / (총 2))
Page of Pages

1. 의뢰자 (Client)
기 관 명 (Name) : (주)알성테크니컬
주 소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 아람로69번길 18, 3층 301호(아람동, 동아제인)
회사일자 (Date of Receipt) : 2020. 06. 24.

2. 시험성적서의 용도 (Use of Report) : Q.C.

3. 시험대상품목/시험/시료명 (Test Sample)
제 품 명 (Description) : 테스트 챔버(압력용)
제조사 (Manufacturer) : KAMEKURA
모델명 (Model Name) : 2013 / N Type
세로번호 (Serial Number) : 88335
기 타 (Remark) :

4. 시험일자 (Date of Test) : 2020년 06월 25일 ~ 2020년 06월 25일

5. 시험장소 (Location of Test) : ☒ KTL 고정시험실 (주소: 경기도 안산시 상록구 해안로 723) ☐ 현장시험

6. 시험규격/방법 (Test Standard/Method) : 시험결과 참조

7. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조

비고 (Note) : 1. 측정치는 피측정 재료의 형태, 질량 및 치수공정의 크기 등으로부터 사용에 적합합니다.
2. 이 성적서는 원자의 측정값, 질량 및 치수공정의 크기 등으로부터 사용에 적합합니다.
3. 국제기구 KTL에서 발행한 성적서에는 국제기구 KTL에서 제공하는 모든 성적서를 포함합니다.
4. 국제기구 KTL에서 발행한 성적서에는 국제기구 KTL에서 제공하는 모든 성적서를 포함합니다.
5. 국제기구 KTL에서 발행한 성적서에는 국제기구 KTL에서 제공하는 모든 성적서를 포함합니다.

확인 (Affirmation)
작성자 (Tested by) : 김태영
기술책임자 (Technical Manager) : 문재현

2020. 06. 25.

한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory

경기도 안산시 상록구 해안로 723, 3층 301호, 성남시 분당구 아람로69번길 18, 3층 301호(아람동, 동아제인)
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

FP104-05-00



본 위 마크는 주위 전자현미경으로 다중 프로브에서 원본대로서 사용되는 것으로입니다.

시험결과 (Test Results)

ktl 한국산업기술시험원
Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 20-040076-01-6
Report No.
페이지 (2 / (총 2))
Page of Pages

1. 일반사항
○ 제품명 : 테스트 챔버(압력용)
○ 제작회사 : KAMEKURA
○ 모델명 : 2013 / N Type
○ 세로번호 : 88335

2. 사용된 표준규격의 명세
- Test ANVILKAMEKURA 57, KAMEKURA 82

3. 시험방법
- 기존 Test Anvil 값과 비교 시험한다.

4. 시험결과
1) Test Anvil (KAMEKURA)을 이용한 비교시험결과

표준값	1회	2회	3회	4회	5회	평균값	측정 불확도
57 ± 2	57	57	56	56	56	56.8	2.2
	57	57	57	58	57		

* 측정불확도 (신뢰수준 약 95 %, k = 2)

2) Test Anvil (KAMEKURA)을 이용한 비교시험결과

표준값	1회	2회	3회	4회	5회	평균값	측정 불확도
82 ± 2	85	85	86	86	86	85.6	2.2
	85	86	86	85	86		

* 측정불확도 (신뢰수준 약 95 %, k = 2)

본 위 마크는 주위 전자현미경으로 다중 프로브에서 원본대로서 사용되는 것으로입니다.

FP104-06-00



본 위 마크는 주위 전자현미경으로 다중 프로브에서 원본대로서 사용되는 것으로입니다.

균열경(PEAK)

교정성적서 (CALIBRATION CERTIFICATE)

ktl 한국산업기술시험원
Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 20-040076-01-1
Certificate No.
페이지 (1 / (총 2))
Page of Pages

TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

1. 의뢰자 (Client)
기 관 명 (Name) : (주)알성테크니컬
주 소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 아람로69번길 18, 3층 301호(아람동, 동아제인)

2. 측정기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 척 측정기
제조사 및 형식 (Manufacturer and Model Name) : PEAK / 10+ (±15, 1 div. = 0.1) mm
기 기 번호 (Serial Number) : None

3. 교정일자 (Date of Calibration) : 2020년 07월 02일

4. 교정환경 (Environment)
온도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) °C
습도 (Humidity) : (49 ± 1) % R.H.
교정장소 (Location) : ☒ 고정시험실 (KTL Lab.) ☐ 이동교정 (Mobile Lab.) ☐ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소: 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

5. 측정불확도의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
원인 가지는 국제 표준 (ISO 9001:2015)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성을 유지한 표준기를 사용하여 교정한다.
교정에 사용된 표준기의 명세 (List of used standards/specifications)

기 기 명 (Description)	제조사 및 형식 (Manufacturer and Model)	기 기 번호 (Serial Number)	국가측정표준기관 (National Calibration Laboratory)
Standard scale	Mitutoyo / 0 ~ 50) mm	103418	2023. 03. 26 한국산업기술시험원

6. 교정결과 (Calibration results) : 교정결과 참조

7. 측정불확도 (Measurement uncertainty) : 교정결과 참조

비고 (NOTE)
1. 이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 한하며, 법적 및 기타법정의 근거 등본의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본과 동일하며, 원본과 동일하게 사용된 시료에 한하며, 원본과 동일하게 사용됩니다.
(원본이 KTL에서 발행한 성적서이며, 모든 성적서는 국제기구 KTL에서 발행한 성적서를 포함합니다.)
3. 국제기구 KTL에서 발행한 성적서에는 국제기구 KTL에서 제공하는 모든 성적서를 포함합니다.

확인 (Affirmation)
작성자 (Measurements performed by) : 오재상
승인자 (Approved by) : 김태영
성명 (Name) : 오재상
성명 (Name) : 김태영

2020년 07월 03일

한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory

경기도 안산시 상록구 해안로 723, 3층 301호, 성남시 분당구 아람로69번길 18, 3층 301호(아람동, 동아제인)
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

FP104-09-00



본 위 마크는 주위 전자현미경으로 다중 프로브에서 원본대로서 사용되는 것으로입니다.

교정성적서 (CALIBRATION CERTIFICATE)

ktl 한국산업기술시험원
Korea Testing Laboratory

성적서 번호 : 20-040076-01-2
Certificate No.
페이지 (1 / (총 2))
Page of Pages

TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

1. 의뢰자 (Client)
기 관 명 (Name) : (주)알성테크니컬
주 소 (Address) : 경기도 성남시 분당구 아람로69번길 18, 3층 301호(아람동, 동아제인)

2. 측정기 (Calibration Subject)
기 기 명 (Description) : 스텝 가우지
제조사 및 형식 (Manufacturer and Model Name) : Mitutoyo / 0 ~ 150, 0.01) mm
기 기 번호 (Serial Number) : A16019559

3. 교정일자 (Date of Calibration) : 2020년 06월 25일

4. 교정환경 (Environment)
온도 (Temperature) : (20.0 ± 0.1) °C
습도 (Humidity) : (49 ± 1) % R.H.
교정장소 (Location) : ☒ 고정시험실 (KTL Lab.) ☐ 이동교정 (Mobile Lab.) ☐ 현장교정 (On Site Calibration)
(주소: 경기도 안산시 상록구 해안로 723)

5. 측정불확도의 소급성 (Traceability)
교정방법 및 소급성 서술 (Calibration method and/or brief description) :
원인 가지는 국제 표준 (ISO 9001:2015)에 따라 국가측정표준기관으로부터 소급성을 유지한 표준기를 사용하여 교정한다.
교정에 사용된 표준기의 명세 (List of used standards/specifications)

기 기 명 (Description)	제조사 및 형식 (Manufacturer and Model)	기 기 번호 (Serial Number)	국가측정표준기관 (National Calibration Laboratory)
Gauge blocks	Mitutoyo / 0 grade	1106288	2021. 04. 03 한국산업기술시험원
Step gauges	Mitutoyo / 300 mm	430127	2021. 07. 09 한국산업기술시험원

6. 교정결과 (Calibration Results) : 교정결과 참조

7. 측정불확도 (Measurement Uncertainty) : 교정결과 참조

비고 (NOTE)
1. 이 성적서는 의뢰자가 제공한 시료에 한하며, 법적 및 기타법정의 근거 등본의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 원본과 동일하며, 원본과 동일하게 사용된 시료에 한하며, 원본과 동일하게 사용됩니다.
(원본이 KTL에서 발행한 성적서이며, 모든 성적서는 국제기구 KTL에서 발행한 성적서를 포함합니다.)
3. 국제기구 KTL에서 발행한 성적서에는 국제기구 KTL에서 제공하는 모든 성적서를 포함합니다.

확인 (Affirmation)
작성자 (Measurements performed by) : 오재상
승인자 (Approved by) : 김태영
성명 (Name) : 오재상
성명 (Name) : 김태영

2020년 06월 25일

한국산업기술시험원장
Korea Testing Laboratory

경기도 안산시 상록구 해안로 723, 3층 301호, 성남시 분당구 아람로69번길 18, 3층 301호(아람동, 동아제인)
TEL : 031-500-0217 FAX : 031-500-0389

FP104-09-00



본 위 마크는 주위 전자현미경으로 다중 프로브에서 원본대로서 사용되는 것으로입니다.

1.6 과업 수행 일정

[표 1.6.2] 정밀안전점검 과업수행일정

공		종		2020년 09월 21일 ~ 2020년 12월 29일									비 고			
				9월		10월			11월			12월				
				21	30	10	20	31	10	20	30	10			20	29
1. 자료수집 및 분석													- 09/21 착수			
.관계도서 수집 및 분석 현장답사 및 점검계획 수립																
2. 현장조사 및 시험													-현장조사 및 시험 -구조물별 조사팀 운영 -필요시 추가조사			
.외관조사 .재료시험 및 측정																
3. 상태평가													-현장조사와 내업작업 병행 실시			
.상태평가 결과작성																
4. 종합평가 및 안전등급 지정																
.종합평가 .안전등급 지정																
5. 보수.보강 및 유지관리 방안 제시																
.보수.보강방안 제시 .유지관리방안 제시																
6. 보고서 작성													- 12/29 준공예정			
.보고서 작성 .보고서 수정 및 납품																
공정율(%)	진행	5	7	10	10	10	10	15	15	5	5	8				
	누계	5	12	22	32	42	52	67	82	87	92	100				

※ 접근장비(굴절차, 고소작업차)는 사전 통제 협의 및 발주처 신고 후 실시

1.7 기호의 정의

대상 교량의 정밀안전점검을 수행하면서 점검의 효율성과 통일성을 기하기 위하여 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

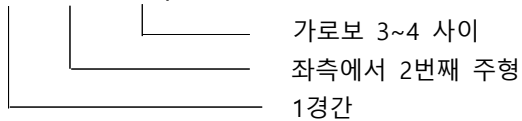
[표 1.7.1] 교량 기호의 정의

구조구분		사용기호		정의
경 간		S_i	Span	경간번호(시점에서 종점방향으로 i 번째 경간)
거 더		G_i	Girder	거더번호(종점방향을 보고 좌측에서 우측으로 i 번째 거더)
강박스 거 더	상부플랜지	UF	Upper-Flange	
	하부플랜지	LF	Lower-Flange	
	좌측복부판	LW	Left-Web	
	우측복부판	RW	Right-Web	
	수직보강재	V-stif	V-Stiffener	
	수평보강재	H-stif	H-Stiffener	
	가 로 보	CB	Cross Beam	
	거더이음부	SP	Splice	
가로보		CB	Cross Beam	
교 대		A_i	Abutment	교대번호(i 번째 교대)
교 각		P_i	Pier	교각번호(종점방향으로 i 번째 교각)
받침장치		Sh_i	Shoe	받침번호(종점방향을 보고 좌측에서 우측으로 i 번째 받침)
신축이음부		J_i	Expansion Joint	신축이음번호(종점방향으로 i 번째 신축이음)

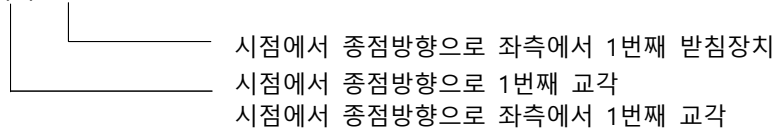
■ 일련번호(n)

- 시점에서 종점방향으로 일련번호를 정한다.
- 시점에서 바라보았을 때 좌측에서 우측으로 일련번호를 정한다.

ex) S1-G2-CB3/4



P1(1)-Sh1



제 2 장 현장조사 및 시험

2.1 개요

2.2 교량 점검부위 및 세부항목

2.3 콘크리트 내구성조사

제 2 장 현장조사 및 시험

2.1 개요

대상 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 실시하는 정밀안전점검으로서, 외관조사는 손상현황 및 결함의 상태를 파악하여 시설물의 건전성을 저해시키는 위험요인을 사전에 발견하고, 적절한 보수대책과 유지관리방안 수립을 위한 기본자료를 얻기 위해 실시하였으며, 현장조사는 도보조사 및 고소작업차, 굴절차 등의 접근장비를 이용하여 대상 부위에 최대한 근접하여 조사를 실시하였다. 외관조사에서 확인된 결함과 손상내용은 사진 촬영 후 외관조사망도에 상세히 수록하여 향후 보수·보강공사 및 점검 등의 유지관리에 효율적으로 활용될 수 있도록 하였다. 또한 조사 이전으로부터의 변화상태 판단을 위하여 기존 손상 또는 신규 손상 여부를 확인하고, 보수부의 손상 재발생 여부를 확인하였다.

2.1.1 근접 조사를 위한 접근 방법



▲ 고소작업차-하부 도로구간, 차량진입 가능구간



▲ 굴절차-하천횡단구간

- 교량하부 작업차량 진입이 가능한 구간(도로, 공터 등) → 고소작업차
- 교량하부 작업차량 진입이 불가능한 구간(하천횡단구간 및 작업차 불 공간 부족 등) → 굴절차
- 형하고가 높은 구간의 상부구조, 교각 상단부 등 → 고소작업차+굴절차 병행



▲ 교량 점검통로 및 근접 외관조사(도보)

- 교각 코핑부, 교좌면, 받침장치 등 → 교량 점검통로, 도보
- 형하고가 낮은 구간, 도보 접근이 가능한 구간 → 점검사다리, 도보
- 도보 진입이 가능한 강박스 내부 → 도보

※ 교량 하부 접근성, 현장 작업성, 효율성 등을 고려하여 각 구간별 접근 장비 투입

2.1.2 시설물별 접근장비 투입 계획

교량명	전경사진	접근성	굴절차	고소차	도보	비 고
옥산 JCT R-A교		◦ 전체 3경간 ◦ 교량하부 고속도로, 휴게소	○	○	○	
옥산 JCT R-C교		◦ 전체 3경간 ◦ 교량하부 고속도로, 휴게소	○	○	○	
옥산 JCT R-D교		◦ 전체 2경간 ◦ 교량하부 고속도로, 휴게소	-	○	○	
병천천교 오창방향		◦ 전체 5경간 ◦ 교량하부 하천, 농로	○	○	○	
병천천교 옥산방향		◦ 전체 5경간 ◦ 교량하부 하천, 농로	○	○	○	
용두천교		◦ 전체 3경간 ◦ 교량하부 하천, 농로	○	○	○	
호죽2교 오창방향		◦ 전체 1경간 ◦ 교량하부 하천, 농로	-	○	○	
호죽2교 옥산방향		◦ 전체 1경간 ◦ 교량하부 하천, 농로	-	○	○	

[표 계속]

교량명	전경사진	접근성	굴절차	고소차	도보	비 고
성산교		◦ 전체 1경간 ◦ 교량하부 도로	○	○	○	
산수교 오창방향		◦ 전체 3경간 ◦ 교량하부 도로, 공터	○	○	○	
산수교 옥산방향		◦ 전체 3경간 ◦ 교량하부 도로, 공터	○	○	○	
북현1교		◦ 전체 3경간 ◦ 교량하부 도로	-	○	○	
북현3교		◦ 전체 2경간 ◦ 교량하부 하천 및 도로	-	○	○	
서오창 IC R-A1교		◦ 전체 1경간 ◦ 교량하부 도로	-	○	○	
오창 JCT R-A교		◦ 전체 2경간 ◦ 교량하부 도로, 공터	○	○	○	
오창 JCT R-C교		◦ 전체 4경간 ◦ 교량하부 도로, 공터	○	○	○	

[표 계속]

교량명	전경사진	접근성	굴절차	고소차	도보	비 고
오창 JCT R-D교		◦ 전체 10경간 ◦ 교량하부 도로, 공터	○	○	○	

2.2 교량 점검부위 및 세부항목

2.2.1 중대한 결함

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제22조에 의한 "대통령령으로 정하는 중대한 결함"은 구조물의 안전에 직접 영향을 미치는 중대한 사항들에 대한 것으로, 이러한 중대 결함들은 시행령 제18조와 시행규칙 제19조에 명시되어 있으며 금회 점검과 관련된 내용은 다음과 같다.

- ① 시설물의 기초세굴
- ② 교량 교각의 부등침하
- ③ 교량 받침의 파손
- ④ 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력 손실
- ⑤ 그 밖에 시설물의 구조안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함은 다음과 같다.

[표 2.2.1] 시설물별 구조안전상 주요부위의 중대한 결함(국토교통부령 제19조 관련, 규칙 별표3)

시 설 물 명	주요부위의 중대한 결함
교 량	• 주요 구조부위 철근량 부족 • 주형의 균열 심화 • 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리 • 부재 연결판의 균열 및 심한 변형 • 철강재 용접부의 용접불량 • 케이블 부재 또는 긴장재의 손상 • 교대 · 교각의 균열 발생

2.2.2 중대한 결함의 정도

시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

- 1) 시설물의 기초세굴
 - 기초세굴에 대한 상태평가 기준이 "d" 이하의 경우

2) 교량 교각의 부등침하

- 교각 변위의 상태평가 기준이 "d" 이하의 경우

3) 교량 받침의 파손

- 교량받침의 상태평가 기준이 "d" 이하의 경우

4) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- 탄산화 잔여 깊이 또는 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 "d" 판정으로 철근콘크리트 바닥판, 철근콘크리트 거더, 프리스트레스 콘크리트 거더, 교대 및 교각 등에서 철근(강선)부식과 관련하여 상태평가 기준이 "e"를 포함하는 경우

5) 주요 구조부위의 철근량 부족

- 구조 안전성 검토 결과 철근량 부족으로 내력 보강이 필요한 경우로 철근콘크리트 바닥판, 거더 및 교각 코핑부 등이 해당

6) 콘크리트 부재의 균열 심화

- 부재의 균열 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

7) 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리

- 열화 및 손상의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

8) 철강재 용접부의 불량 용접

- 강재 용접연결부 결함의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

9) 교대·교각의 균열 발생

- 균열의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

10) 강재 거더 및 연결판의 균열 및 심한 변형

- 모재 및 연결부 손상의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

11) 케이블 부재의 손상

- 케이블 부재의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

12) 프리스트레스 콘크리트 부재의 손상

- 긴장재의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

2.2.3 점검부위 및 세부항목

[표 2.2.2] 교량 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구분	시설물명		지침 및 세부지침상 범위			금회 범위	비고
			정기 안전점검	정밀 안전점검	정밀 안전진단	정밀 안전점검	
주요부재	•상부구조	바닥판, 거더, 포장	○	○	○	◎	
	•하부구조	교대 및 교각, 기초	○	○	○	◎	
	•받침	교량받침	○	○	○	◎	
	•케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	◎	
	•기타부재	신축이음, 배수시설, 난간/연석, 포장, 방호벽 등	○	○	○	◎	
보조부재	•2차부재	가로보 및 세로보	○	-	○	◎	
부속시설	•점검로	출입계단, 출입사다리 등	○	○	○	◎	

※『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침』 안전점검 및 진단 편(2019.9) '교량편'의 '교량시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위' 참조

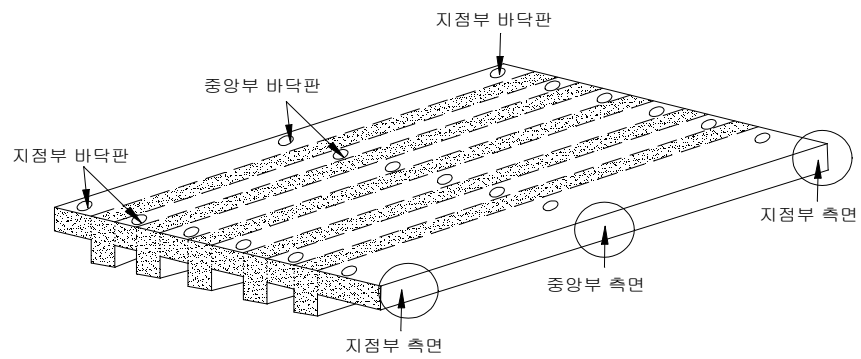
가. 콘크리트 바닥판

바닥판은 교면포장으로부터 전달되는 차량의 윤회중을 거더로 직접 전달하는 역할을 한다. 바닥판은 차량의 윤회중이 직접 작용하므로 교량 구성부재 중 손상이 가장 많이 발생하는 부재로서 한번 손상이 생기면 급속히 악화되므로 조기에 조치를 취하는 것이 중요하다.

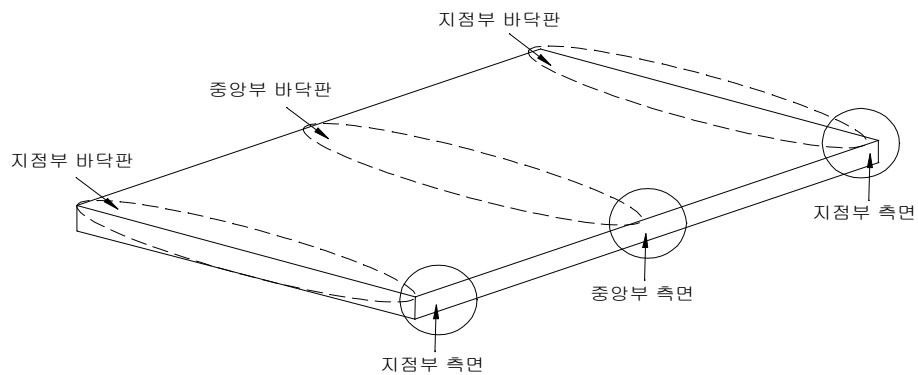
조사시에는 가능한 한 바닥판 밑면에 근접하여 점검하여야 하며, 표면에 경미한 손상이 발생한 경우라도 바닥판 내부 혹은 상부에 심각한 손상이 진행될 가능성이 있다는 것을 염두에 두고 점검하여야 한다. 또한 넓은 범위의 단면결손, 누수 또는 콘크리트 탈락이 의심스러운 경우 타격용 해머로 여러 부위를 타격하여 소리를 들으므로서 건전성 여부를 판단하고 원인을 분석하여야 한다.

[표 2.2.3] 콘크리트 바닥판 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
• 공통		• 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 • 재료분리(공동, 공극) • 누수 및 백태(유리석회)
• 거더교		• 종방향 균열, 망상균열
• 슬래브, 라멘상부	- 받침부(단부)	• 부스러짐 • 사인장균열
	- 중앙부	• 휨균열



<거더가 있는 경우>

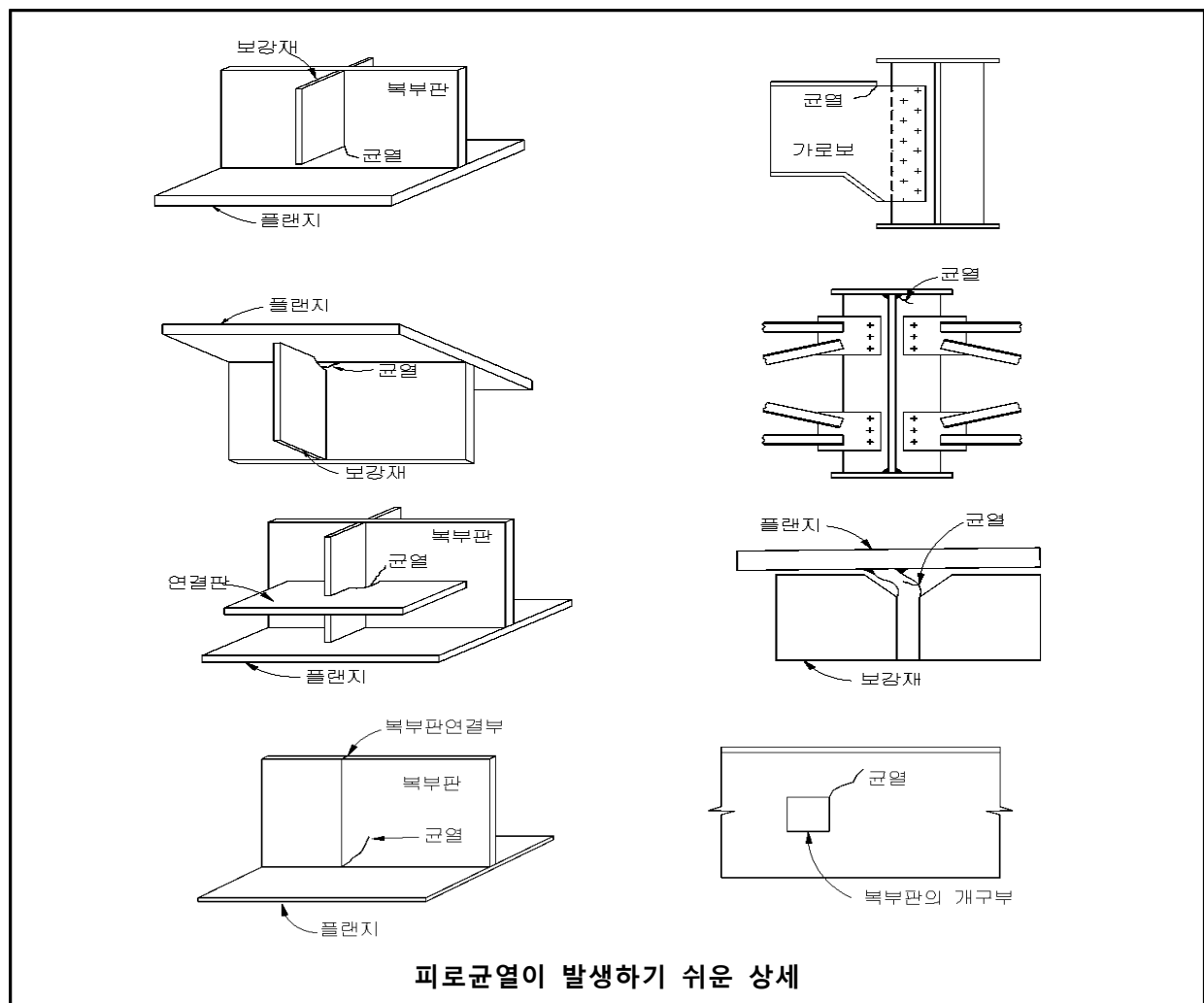


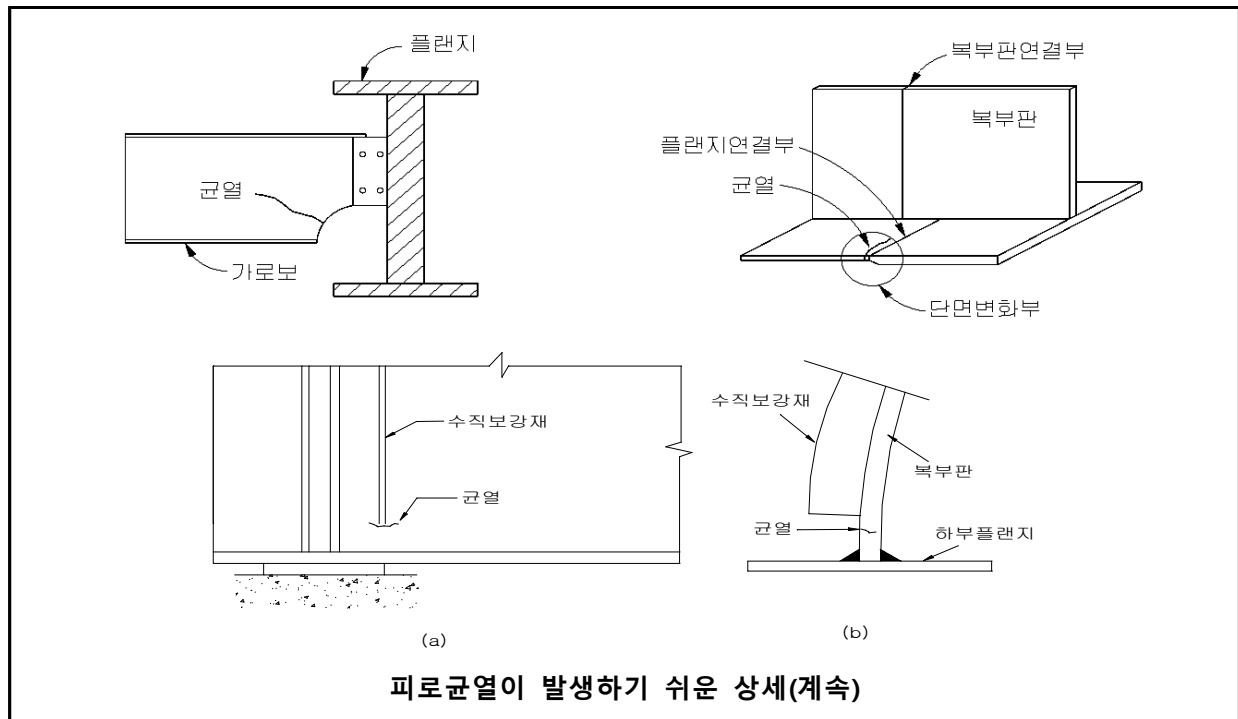
<거더가 없는 경우>

나. 강 거더 및 강 가로보

[표 2.2.4] 강 거더 및 강 가로보 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
• 공통	• 도장 손상 및 부식 • 스프라이스부 볼트손상, 누수 • 신축이음부 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식
• 피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	• 피로균열
• 받침부	• 복부판 부식 및 국부좌굴 • 거더와 받침연결부 부식
• 중앙부	• 부식 • 플랜지 변형 및 처짐 • 맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
• 보수부위	• 용접부 및 용접부 주변 균열
• 부재연결판	• 사장교 케이블 정착구 연결판 부식, 균열, 변형
• 2차부재	• 가로보, 세로보, 브라켓, 브레이싱 변형 • 하중집중점, 가로보와 세로보 교차부 균열





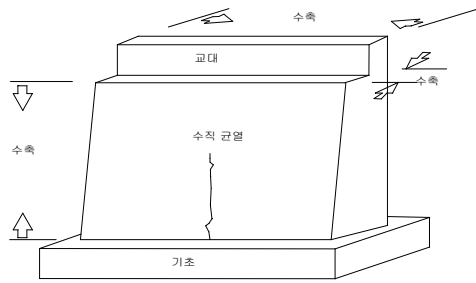
다. 교대

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다. 일반적으로 교량을 점검할 때에 하부구조의 점검을 소홀히 하는 경우가 있는데, 교량 형식에 따라서는 하부구조에 약간의 손상이 발생되더라도 교량 전체의 안전에 중대한 위험이 발생되므로 하부구조의 점검에는 특별한 주의를 필요로 한다.

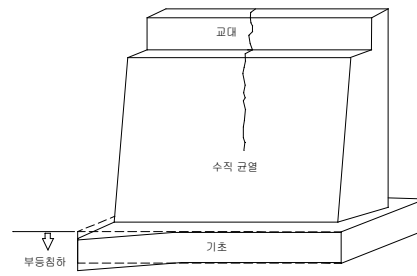
하천에 놓여진 교량의 경우에는 특히 세굴과 같은 흐르는 물에 의한 손상이 흔히 발생하지만 물속에 발생한 손상은 점검자가 쉽게 파악할 수 없으므로 특히 세심한 점검을 필요로 한다.

[표 2.2.5] 교대 점검부위 및 손상종류

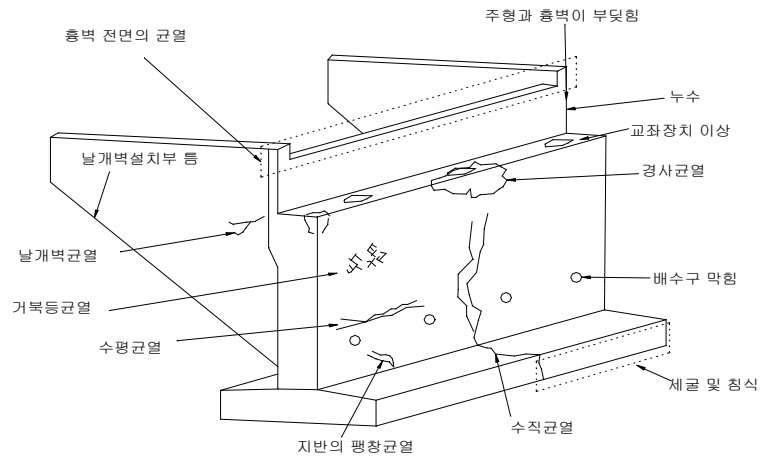
점 검 부 위	손 상 종 류
•공통	- 교대 기울음, 전도 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석화)
•두부(Coping)	- 두부 물고임 - 받침부 균열 및 파손 - 두부와 홍벽 경계부 균열 - 거더와 홍벽 신축유간 부족
•벽체	- 수직균열 및 침하 - 구체와 날개벽 분리 - 구체부 배수구 막힘 - 수면접촉부 침식
•날개벽(옹벽 포함)	- 날개벽 이동, 전도 - 석축이 있는 경우 사면붕괴



(온도응력, 건조수축에 의한 균열)



(부등침하로 인한 균열)

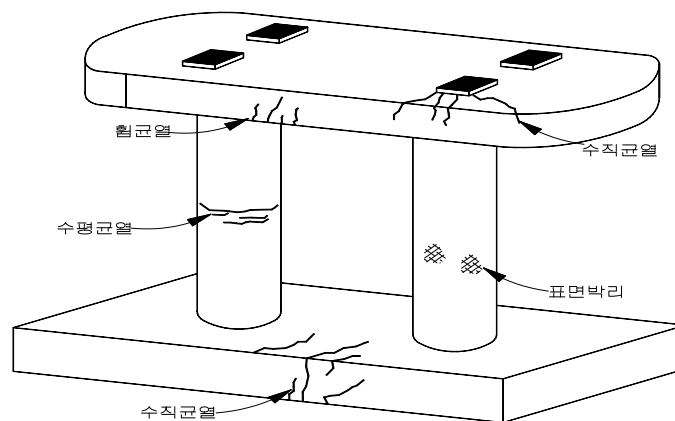


(교대의 점검부위)

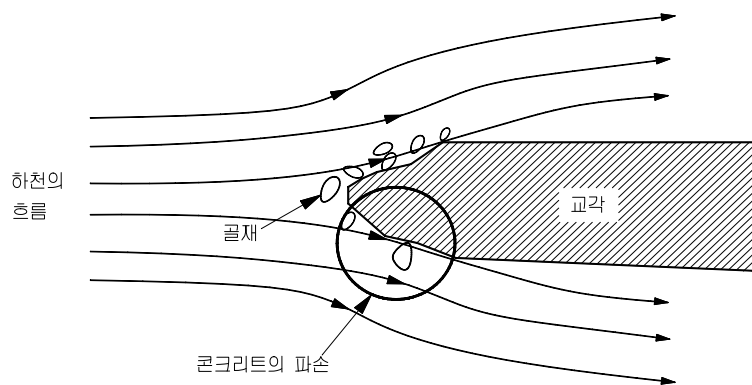
라. 콘크리트 교각

[표 2.2.6] 교각 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
•공통	• 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태
•두부(Coping)	• 두부 물고임 • 받침부 하부 균열 및 파손
•구체	• 시공이음부 균열 • 이동 또는 기울음 • 수면접촉부 침식



(콘크리트 교각의 점검부위)

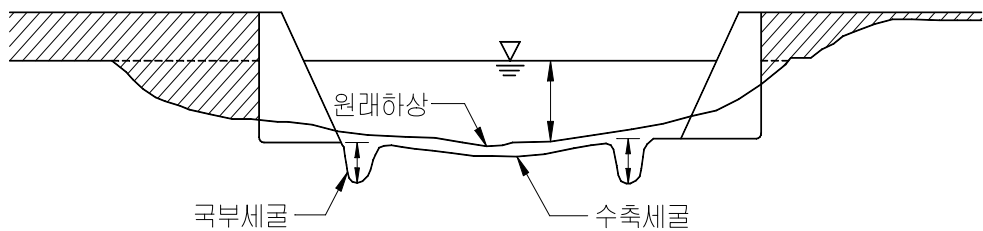


(유수에 의한 콘크리트 교각의 침식)

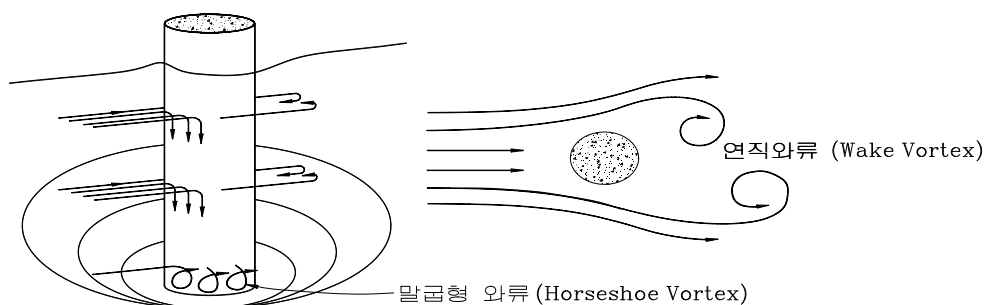
마. 기초

[표 2.2.7] 기초 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
•공통	· 박리, 박락, 철근노출, 백태 · 침식, 세굴, 측방유동, 침하 · 하부구조물 기울음 및 전도
•직접기초	· 콘크리트 균열 및 파손
•말뚝기초	· 말뚝 노출 및 침식
•케이슨기초	· 케이슨 노출 및 침식 · 충돌 파손



(국부세굴과 수축세굴)



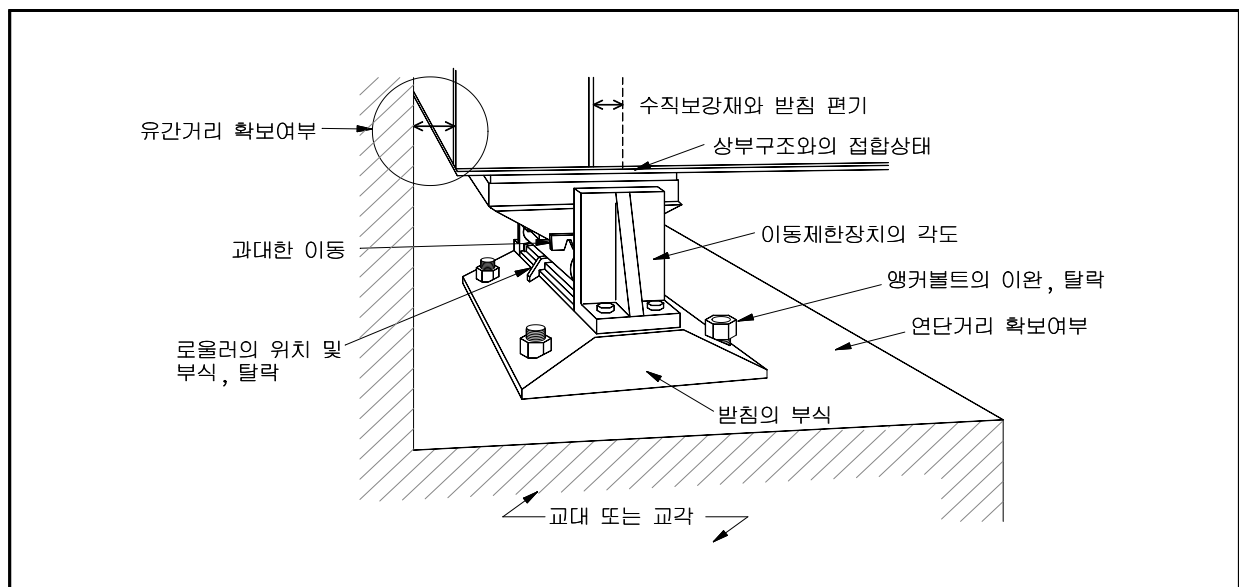
(원형기초의 국부세굴)

바. 교량받침

받침은 상, 하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 응력의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 응력전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다. 받침을 점검할 때에는 받침이 설계시나 시공시 의도한 대로 작동하고 있는가에 유의하여야 하며, 재료에 따라 손상 특성이 다르므로 강재, 고무재 받침에 대한 특성을 고려하여 점검한다.

[표 2.2.8] 교량받침 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
•본체	- 공통	· 가동받침의 신축유간 부족 · 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 · 받침과 주형의 밀착상태 · 수직보강재와 받침 편기상태 · 받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	· 가동면 부식 · 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 탄성받침	· 고무재 부풀음 및 갈라짐 · 고무판의 과도한 변형
•받침콘크리트		· 앵커볼트 파손, 절단 · 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 · 교각두부 균열



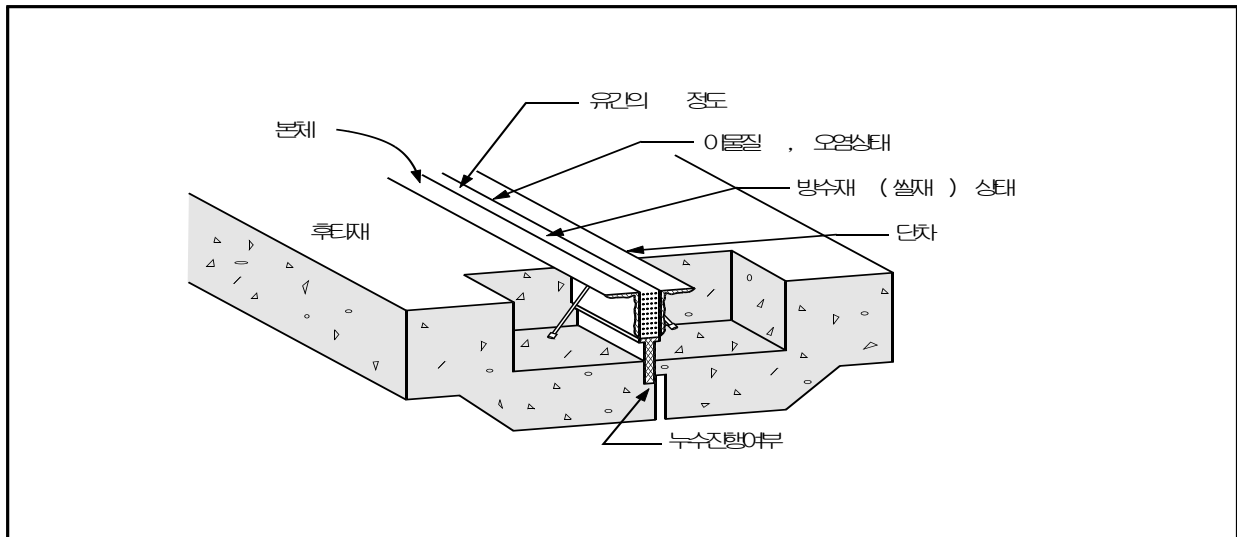
사. 신축이음

교량의 신축이음은 온도변화, 건조수축, 활하중에 따른 상부구조의 신축을 원활하게 수용하고 상부구조 이음부에서 차량의 주행성을 확보하기 위한 중요한 부속시설이다. 신축이음은 교면에서 차량하중을 직접 받고 외부에 노출되어 있어서 변형 및 파손되기 쉽다.

신축이음의 점검에서는 재료적인 열화, 방수재의 기능, 신축유간의 확보, 외부충격에 의한 파손 등을 중점적으로 점검하여야 한다.

[표 2.2.9] 신축이음 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
•본체	- 공통	- 충격음, 본체유동 및 파손 - 누수 - 유간부족 및 유간과다 - 유간 오물퇴적
	- 고무재	고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강재	강재 연결부 이완 및 파손
•후타재		- 단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) - 균열 및 파손



아. 교면포장

[표 2.2.10] 교면포장 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
•공통	- 아스팔트	• 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	- 콘크리트	• 균열, 마모, 박리, 파손
•신축이음 전후, 구조물 경계부		• 단차, 파손
•곡선부, 중차량 통행차로		• 마모, 바퀴자국
•배수구 주변		• 물고임

자. 배수시설

배수시설은 교면의 빗물을 배수하는 교량의 부속시설로서 배수시설의 상태가 불량하게 되면 교량을 주행하는 차량의 안전성을 위협하며, 누수로 인하여 구조물의 열화를 발생시키는 주요원인을 제공하게 된다.

[표 2.2.11] 배수시설 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위		손 상 종 류
•배수구(유입구)	-뚜껑(그레이팅)	• 뚜껑파손 및 주변파손, 누락 • 오물퇴적, 막힘 • 배수구의 설치높이가 높음 • 배수구 설치위치 불량 • 배수구 설치간격 넓음
•배수관		• 관의 연결부 어긋남, 파손 • 이물질에 의한 막힘 • 지지철물의 이완 및 파손 • 배수관 길이 부족(짧음) • 유출구 위치 부적절(도로구간)

2.3 콘크리트 내구성조사

2.3.1 개요

일반적으로 콘크리트 구조물은 탄산화, 염해, 화학적 침식, 대기오염, 알칼리골재반응, 부식 등에 의해 내구성이 저하된다. 재료의 내구성 저하는 강도의 저하, 균열의 발생, 부재의 변형 및 단면감소 등을 유발하여 구조물 전체의 안전성 및 사용성을 저하시키게 된다. 따라서 본 내구성 조사는 구조물 재료인 콘크리트의 물리적·화학적 특성을 체계적으로 규명하여 내구성을 평가하고, 아울러 도출된 결과를 비교·분석·평가하여 구조물 평가의 기초자료로 활용하기 위해 실시하였다.

각 항목별 시험위치 및 실시수량은 세부지침을 근거로 수행하되, 대상 선정은 부재의 구조적인 중요도, 시험 표면부의 상태, 접근 가능성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였고, 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2019.09, 국토교통부)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법을 실시하였다.

[표 2.3.1] 정밀안전점검의 기본과업 재료시험 기준수량(교량)

구 분	기 준 수 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 50m 마다	○ 연장 50m 마다	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 2~3개소1) ○ 5경간 이상 : 3~6개소2)		• 철근탐사를 통한 피복 확인 병행

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

● 반발경도시험 		○ 슈미트햄머를 이용한 콘크리트 비파괴강도 측정 ○ 사용 장비 : NR형, 디지털형 ○ 사용 방법 : 콘크리트 표면에 3cm 간격으로 20점을 타격하여 표면 반발경도 측정
○ 콘크리트 표면에서의 반발경도를 이용하여 비파괴강도를 추정하고 설계기준강도와 비교		
● 탄산화시험 		○ 페놀프탈레인 용액을 이용한 콘크리트 탄산화 진전깊이 측정 ○ 사용 장비 : 페놀프탈레인 용액 1%, 버어니어 캘리퍼스 ○ 사용 방법 : 측정하고자하는 콘크리트의 일부 파취 후 페놀프탈레인 용액 분사, 색상이 변하지 않는 부위까지 깊이 측정
○ 탄산화 잔여깊이를 계산하여 내구성능 및 수명 평가		
● 철근탐사 		○ 레이더를 이용한 콘크리트 내의 철근 배근, 피복두께 측정 ○ 사용 장비 : Structure Scan Mini, PS35 ○ 사용 방법 : 콘크리트 표면에서 전자기파를 입사 후 콘크리트 내부 철근에서 반사되어 돌아오는 반사 신호 수신
○ 콘크리트 구조물의 배근상태 및 피복두께 등을 확인하여 품질의 적정성 여부 판단		

2.3.2 시험 및 측정 방법

가. 콘크리트 강도조사(반발경도법)

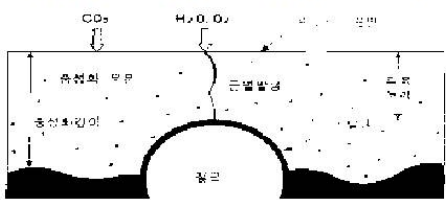
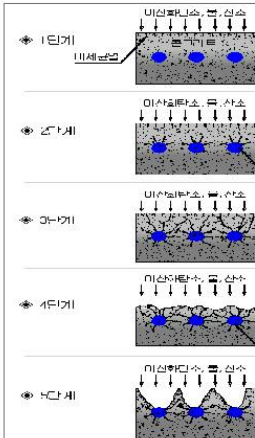
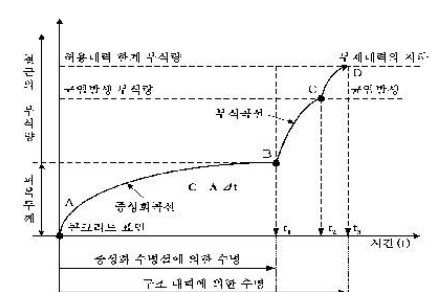
개 요	■콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법 ■슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 함																																																																
시험방법	■반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종.횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 $\pm 20\%$를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정 ■보,기둥의 모서리에서는 최소 30~60mm 이격하여 측정하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm 이상을 원칙으로 함 ■측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건습에 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">반발 경도 (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> ■콘크리트의 습윤상태에 따른 보정(ΔR_3) 기건상태 : $\Delta R_3 = 0$, 습윤상태 $\Delta R_3 = +5$ ■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>	반발 경도 (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	■압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정(ΔR_2) 압축응력 1.0kgf/cm² 인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$, 2.5kgf/cm² 인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 정도임 <압축응력에 따른 반발경도 보정곡선>
반발 경도 (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	■$R_o = R + \Delta R$ ($\Rightarrow \Delta R = \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3$) 여기서, ΔR_1:타격방향에 따른 보정값 ΔR_2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값, ΔR_3 : 콘크리트 습윤상태에 따른 보정값 ■일반강도 식① : $F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본 재료학회 추정식 식② : $F_c = (7.3 \times R_o + 100) \times 0.098$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본건축학회 추정식 ■고 강도 식③ : $F_c = (2.304 \times R_o - 38.80)$ (MPa) $\Rightarrow$ 권영웅 외 추정식 ■일반강도 식④ : $F_c = (15.2 \times R_o - 112.8) \times 0.1$ (MPa) $\Rightarrow$ 과학기술부 추정식																																																																

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

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

※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검·진단 편)(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019.09) 참조

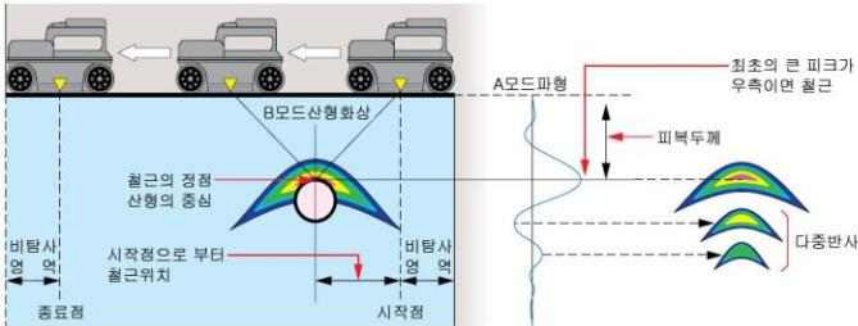
나. 탄산화시험

개요	■경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화하여 pH값이 12~13에서 8~10이하로 감소 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 정의 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  ■콘크리트는 탄산화에 의한 직접적 성능 저하보다는 탄산화가 콘크리트 피복두께를 넘어 철근표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식 시작	 재질 및 강도설의 변 기의 영향(약간의 건 촉에 의한 영향) 특히 발생에 의한 전 콘크리트 내부에 있는 이산화탄소가 발생 강도의 약간의 감소 강도의 약간의 감소 강도의 약간의 감소 강도의 약간의 감소 강도의 약간의 감소 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 철근의 부식이 시작 <탄산화에 의한 콘크리트 성능저하과정>																								
측정위치 및 방법	①코어 공시체 표면 또는 햄머드릴을 이용하여 직경 1~2 cm 정도의 구멍을 뚫고 청소 후에 페놀프탈레인 용액을 분무하여 탄산화 깊이를 측정 또는 채취된 코어에 시험 ②페놀프탈레인 1% 용액 : 페놀프탈레인 1g+에탄올 90cc(순도 95%) + 증류수 = 100ml로 제조																									
시험순서	①햄머드릴을 이용 콘크리트 구조체의 철근의 위치까지 콘크리트를 긁어냄 ②콘크리트를 긁어낸 면을 붓, 솔 등으로 깨끗이 청소 ③페놀프탈레인 1% 용액을 콘크리트를 벗겨낸 면에 분무기로 분무 ④탄산화되지 않은 부분은 자주색으로 변하며, 탄산화된 부분은 착색되지 않음 ⑤콘크리트 표면으로부터 색이 변화되지 않은 깊이(mm)를 측정, 평균값 산정																									
평가기준	<토목분야 콘크리트 탄산화 상태평가 기준> <table><tr><th>구분</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr><tr><td>탄산화 잔여깊이</td><td>30mm 이상</td><td>10mm이상 ~ 30mm미만</td><td>10mm이상 ~ 30mm미만</td><td>0mm 미만</td><td>-</td></tr></table> ※일본구조물진단기술협회(비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼) <건축분야 콘크리트 탄산화 상태평가 기준> <table><tr><th>구분</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr><tr><td>콘크리트 탄산화</td><td>$C_t \leq 0.25D$</td><td>$0.25D < C_t \leq 0.5D$</td><td>$0.5D < C_t \leq 0.75D$</td><td>$0.75D < C_t \leq D$</td><td>$C_t > D$</td></tr></table> ※C_t : 콘크리트 탄산화 깊이(mm), D : 측정된 콘크리트의 피복두께(mm) ※상태평가 결과가 "e"이고, 철근노출의 상태평가 결과가 "d"이하이면 "중대한 결함"으로 판단		구분	a	b	c	d	e	탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm이상 ~ 30mm미만	10mm이상 ~ 30mm미만	0mm 미만	-	구분	a	b	c	d	e	콘크리트 탄산화	$C_t \leq 0.25D$	$0.25D < C_t \leq 0.5D$	$0.5D < C_t \leq 0.75D$	$0.75D < C_t \leq D$	$C_t > D$
구분	a	b	c	d	e																					
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm이상 ~ 30mm미만	10mm이상 ~ 30mm미만	0mm 미만	-																					
구분	a	b	c	d	e																					
콘크리트 탄산화	$C_t \leq 0.25D$	$0.25D < C_t \leq 0.5D$	$0.5D < C_t \leq 0.75D$	$0.75D < C_t \leq D$	$C_t > D$																					
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 : $\sqrt{C/A \cdot t}$ 여기서, C : 탄산화깊이(mm) A : 탄산화속도계수(mm/$\sqrt{\text{년}}$) t : 재령(년) ■탄산화가 철근에 도달하는 시간(t_d) : $t_d = (D^2/C_0) - t_0$ 여기서, D_c : 철근까지의 콘크리트 피복두께(mm) t_0 : 현재의 구조물 경과시간(년)		 <콘크리트내부에서철근부식의개념>																							

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

※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검.진단 편)(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019.09) 참조

다. 철근배근 조사

개 요	■본 탐사는 시공 상태평가를 위하여 설계도서에 기록된 배근간격과의 동일 시공여부를 비교하여 구조체 배근상태의 적정성을 판단하며, 콘크리트 피복두께를 조사하여 탄산화로 인한 구조물의 내구성 평가와 장기적인 내구성 확보를 위한 대책마련을 위해 실시																																																															
탐사조건	■적용 가능한 조건 ◦ 탐사심도 200mm 이내 ◦ 탐사대상 철근지름이 6mm 이상 ◦ 콘크리트의 질이 균일한 곳 ◦ 철근이 안테나 진행 방향에 직교한 곳 ■적용 곤란한 조건 ◦ 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑에 철근이 위치한 경우 ◦ 100mm 이하의 피치에서 배근된 경우 ◦ 철근이 안테나 진행 방향과 평행한 경우																																																															
측정방법	■철근탐사장비 STRUCTURE MINI, RC-Radar의 측정원리는 전자파를 콘크리트의 표면에서 내부로 방사하여 콘크리트와 전기적 성질이 다른 철근이나 공동 등의 대상물로부터 반사되는 전파를 다시 안테나에서 수신하여 철근의 배근상태나 공동 등의 위치 및 깊이를 화상으로 기록하는 장비로 레이더 방식(화면 모니터 방식)이며, 측정가능심도는 5~200mm  <철근탐사 측정원리>																																																															
평가기준	■콘크리트의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리로 함 ■콘크리트의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부를 판단 ■실측된 철근배근 간격과 콘크리트 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직함 <콘크리트의 피복두께 기준> <table><tr><th>구 분</th><th>조 건</th><th>부재종류</th><th>철근직경/구분</th><th>피복두께(mm)</th><th>비 고</th></tr><tr><td rowspan="10">현장 타설 콘크리트</td><td rowspan="4">옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위</td><td rowspan="2">슬래브 벽체, 장선</td><td>D35 초과</td><td>40</td><td></td></tr><tr><td>D35 이하</td><td>20</td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">보 기둥</td><td>fck ≥ 40MPa</td><td>30</td><td>규정값에서 10mm 저감 가능</td></tr><tr><td>fck < 40MPa</td><td>40</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">셀, 절판 부재</td><td></td><td>20</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">수중에서 타설 되는 콘크리트</td><td></td><td>100</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트</td><td></td><td>80</td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트</td><td></td><td>D29 이상 철근</td><td>60</td><td></td></tr><tr><td></td><td>D25 이하 철근</td><td>50</td><td></td></tr><tr><td></td><td>D16 이하의 철근</td><td>40</td><td></td></tr></table> ※콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회, 2007) 참조 <table><tr><th>유효깊이(d)</th><th>유효깊이의 허용오차</th><th>피복두께의 허용오차</th></tr><tr><td>d ≤ 200mm</td><td>±10mm</td><td>-10mm</td></tr><tr><td>d > 200mm</td><td>±13mm</td><td>-13mm</td></tr></table> ※피복두께의 허용오차는 도면 또는 설계기준에서 요구하는 최소 피복두께의 -1/3로 하여야 함					구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(mm)	비 고	현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위	슬래브 벽체, 장선	D35 초과	40		D35 이하	20		보 기둥	fck ≥ 40MPa	30	규정값에서 10mm 저감 가능	fck < 40MPa	40		셀, 절판 부재			20		수중에서 타설 되는 콘크리트			100		흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트			80		흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트		D29 이상 철근	60			D25 이하 철근	50			D16 이하의 철근	40		유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차	d ≤ 200mm	±10mm	-10mm	d > 200mm	±13mm	-13mm
구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(mm)	비 고																																																											
현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위	슬래브 벽체, 장선	D35 초과	40																																																												
			D35 이하	20																																																												
		보 기둥	fck ≥ 40MPa	30	규정값에서 10mm 저감 가능																																																											
			fck < 40MPa	40																																																												
	셀, 절판 부재			20																																																												
	수중에서 타설 되는 콘크리트			100																																																												
	흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트			80																																																												
	흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트		D29 이상 철근	60																																																												
			D25 이하 철근	50																																																												
			D16 이하의 철근	40																																																												
유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차																																																														
d ≤ 200mm	±10mm	-10mm																																																														
d > 200mm	±13mm	-13mm																																																														

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

※진단장비 활용.관리 매뉴얼(한국시설안전기술공단, 2006.12) 참조

※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검.진단 편)(국토교통부, 한국시설안전공단, 2019.09) 참조

제 3 장 시설물의 상태평가

3.1 개요

3.2 상태평가

제 3 장 시설물의 상태평가

3.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물 안전 및 유지관리 실시 세부지침 안전점검·진단 편, 2019.09, 국토교통부』의 상태평가 기준에 따라 실시하였다.

정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사방도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하였다.

3.2 상태평가

3.2.1 부재별 상태평가 적용범위

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

[표 3.2.1] 부재별 상태평가 적용 범위

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

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

3.2.2 부재별 상태평가 기준

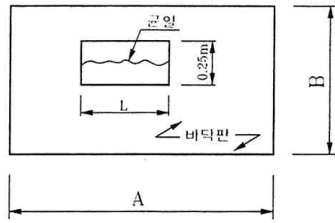
1) 콘크리트 바닥판

[표 3.2.2] 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	■ 균열폭 0.1mm 미만	■ 망상균열 폭 0.1mm 미만	■ 없음
b	■ 균열폭 0.1mm 이상 ~ 0.3mm 미만 ■ 균열율 2%미만	■ 망상균열 폭 0.1mm 이상~0.3mm 미만	■ 표면 손상면적 2%미만
c	■ 균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm 미만 ■ 균열율 2%이상 ~ 10%미만	■ 망상균열 폭 0.3mm 이상	■ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ■ 철근부식 손상면적 2%미만 ■ 데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	■ 균열폭 0.5mm 이상 ~ 1.0mm 미만 ■ 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 1.0mm 이상 ■ 균열율 20%이상	■ 망상균열에 의한 박리가 심하여 편칭파괴 발생 가능성 있음	■ 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

- 본 상태평가 기준은 모든 교량형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 및 PSC 박스거더 교량의 상부플랜지의 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.
- PSC 박스거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC거더로 구분하여 상태평가를 수행한다.
- 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 개정된 콘크리트 설계기준에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.

■ 1방향 균열인 경우

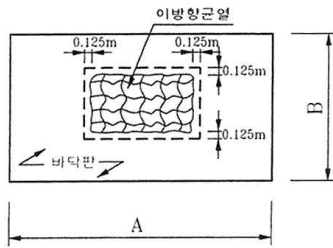


○ 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

○ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

■ 2방향 균열인 경우



○ 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.

○ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

■ 표면손상에 대한 면적율 산정 방법

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

■ 철근부식 손상면적율 산정 방법

노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

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

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

[표 3.2.3] 강 바닥판, 강 거더, 강 교각(강 주탑) 상태평가 기준

기준	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 국부 변형 ■ 주탑하단부 연결볼트 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 연결볼트 파단	■ 보조부재 10%이상 ■ 주부재 2%이상 ~ 10%미만	■ 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	■ 부식발생 면적 10%이상 ■ 부식에 의한 단면손상 면적 10%미만
e	■ 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	■ 좌굴에 의한 과대변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	■ 주부재 10%이상	■ 인장플랜지 용접연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	■ 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

- 강 바닥판, 강 거더, 강 교각 및 케이블 교량의 보강형과 강 주탑의 상태평가에 적용한다.
- 강재 거더 상태평가지 용접부에 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.
- 강 주탑의 경우 케이블 정착구와 새들은 케이블 시스템에 포함하여 평가하며, 주탑 본체는 강 교각의 평가기준을 적용한다. 강 주탑 평가시 보조주탑 및 기초와의 연결부 볼트의 부식 및 파단에 대한 손상항목을 추가한다.
- 하중이 집중되는 부재연결판(트러스교의 현재, 사재, 수직재, 아치교의 아치부재, 수직재, 케이블 교량의 케이블 정착구)에 심한 부식, 균열, 변형과 같은 손상이 발생된 경우에는 연결판의 안전성을 별도로 평가한다.

3) 철근콘크리트 거더

[표 3.2.4] 철근콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	균열	열화 및 손상
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 ■ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	■ 표면 손상면적 10%이상 ■ 철근부식 손상면적 2%이상
e	■ 균열폭 1.0mm이상 ■ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	■ 지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성 저하

- 본 상태평가 기준은 RCT거더교, 라멘교 및 프리플렉스교의 거더와 RC박스거더교의 거더부(북부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- 철근콘크리트 부재의 경우 재료 및 구조적 특성상 어느 정도의 균열을 동반하는 구조체이며, 사인장균열과 휨균열 및 기타 균열을 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용하였다.
- 0.1mm미만의 균열은 콘크리트 부재에 흔히 발생할 수 있는 미세균열로써 평가기준을 "a"로 분류하였고, 1.0mm이상의 균열은 구조적 균열로써 "e"로 분류하였다.
- 철근콘크리트 거더에 발생한 손상의 경우, 철근에 영향을 미치지 않을 경우에는 표면손상으로, 철근노출 및 열화로 인해 철근부식의 가능성이 있을 경우에는 철근부식손상으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

4) 프리스트레스 콘크리트 거더

[표 3.2.5] 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	거 더		긴 장 재(텐 던)		
	균열	열화 및 손상	강연선 노출 및 손상	시멘트 그라우트 충전 결함	보호관 손상
a	○ 없음	○ 없음	○ 노출없음	○ 충전결함 없음	○ 이상없음
b	○ 균열폭 0.2mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만	○ 노출 ¹⁾	○ 충전결함	○ 손상 ⁵⁾
c	○ 균열폭 0.2mm 이상 ~ 0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 ○ 철근부식 손상 면적 2%미만	○ 표면부식 ²⁾	○ 충전결함 시 염화물함량 ⁴⁾ 1.2kg/m ³ 이상 ~ 2.5kg/m ³ 미만	-
d	○ 균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상 면적 2%이상	○ 단면손실을 동반한 부식 ³⁾	○ 충전결함 시 염화물함량 2.5kg/m ³ 이상	-
e	○ 균열폭 0.5mm이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대 처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○ 단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안정성 저하	○ 강연선(소선) 파단(단선)	-	-

주1) 노출 : 강연선이 그라우트 충전결함으로 파복되지 않은 상태

주2) 표면부식 : 강연선 표면에 녹이 발생한 상태

주3) 부식 : 표면부식이 진전되어 단면손실이 발생한 상태, 국부부식 등

주4) 염화물함량 : 전 염화물 이온량 기준

주5) 손상 : 누수, 백태, 단차, 파손 등

- 본 상태평가 기준은 PSC거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- 프리스트레스 콘크리트 거더의 경우에는 긴장재로 인해 철근콘크리트 거더보다 균열발생 가능성이 적으므로 균열의 평가 기준을 중앙부(휨) 균열, 받침부(사인장) 균열 및 정착부 균열로 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용한다.
- 프리스트레스 콘크리트 거더의 단부 콘크리트가 파손이 심하거나 정착부 파손으로 안정성이 저하되는 경우 평가기준을 "e"로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.
- PSC 부재는 균열이 발생하지 않도록 설계하므로, 균열이 없을 경우의 평가기준은 "a"로, 0.5mm 이상의 균열이 발생할 경우 내하력저하로 인한 거더의 안전성이 우려되므로 "e"로 분류한다.
- PSC 박스거더의 경우 하부플랜지와 복부는 거더로 평가하며, 상부플랜지는 바닥판으로 평가한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.
- 설계·시공방법을 검토하여 인장균열을 제어하기 위해 긴장재로 긴장을 한 프리플렉스교의 경우에는 프리스트레스 콘크리트로 평가할 수 있다.
- 외부긴장재에 대한 내부 충전결함은 강구막대를 이용한 청음조사가 일반적으로서 격벽상단 변곡부(크라운부) 및 방향전환블럭 전·후 1.5m 구간에 대해 기본과업으로 실시한다.

- 강연선이 노출되어 있으나 표면부식이 없는 경우는 "b"이고 표면부식이 있으면 "c"이고, 단면손실이 발생한 경우 "d"이다.
- 시멘트 그라우트의 전염화물 이온량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 염화물 상태평가 기준을 따른다.
- 외부긴장재의 보호관은 강연선과 충전재(그라우트)의 케이싱 역할로 중요도가 높지 않으므로 상태평가 기준범위를 "a~b"로 하며, 상태평가 기준이 "b" 일지라도 보호관 역할을 수행 못 할 정도의 손상이 조사되었을 경우에는 책임기술자가 판단하여 보수방안을 제시한다.
- 강연선(소선)의 파단(단선) 시작은 연속적인 추가 파단으로 이어질 수 있으므로 책임기술자의 기술적인 판단(구조 검토 등)에 따라 관리주체의 승인을 받아 필요시 선택과업으로 장력시험(외부 강연선) 또는 재하시험(내부강연선)을 실시하여 결과에 따른 시설물의 사용중지, 보수·보강 이후 계속사용 또는 개축을 검토한다.
- 강연선의 기준(a~e)과 시멘트 그라우트의 기준(c~d)을 산정하기 위한 선택과업(천공시험, 내시경 조사 등)은 책임기술자의 기술적인 판단에 따라 관리주체의 승인을 받아 실시한다.(필요시 전문가 자문 요청)
- 내부긴장재의 경우 외관조사 시 프리스트레스트 콘크리트 거더 상태평가 균열 기준 "d, e"에 해당하는 균열폭의 구조적균열이 발견될 경우 균열에 대한 분석을 실시하여 긴장재 손상과 관련된 구조적 균열로 의심될 경우 책임기술자의 판단에 따라 천공시험 등을 실시하여 강연선의 상태평가 기준을 적용한다.

5) 콘크리트 가로보

[표 3.2.6] 콘크리트 가로보 상태평가 기준

기준	균 열	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 ■ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	■ 표면 손상면적 10%이상 ■ 철근부식 손상면적 2%이상
e	-	-

- 본 상태평가 기준은 콘크리트 교량의 RC 및 PSC 가로보와 라멘교의 기둥과 기둥사이를 연결하는 중간보의 상태평가에 적용한다.
- 2차부재인 철근콘크리트 가로보의 경우, 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

6) 강 가로보와 세로보

[표 3.2.7] 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재의 균열	변형, 파단	연결 이완, 볼트 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 손상발생	■ 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 파단발생	■ 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	-	-	-	-	-

- 본 상태평가 기준은 강거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블교량의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.
- 2차부재인 강재 가로보 및 세로보의 경우 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 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, 복부 판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.
- 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.
- 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.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

7) 케이블

[표 3.2.8] 케이블부재 상태평가 기준

기준	케이블 부재			정착구	행어밴드, 새들
	부식	손상, 단선	보호관		
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 도장열화 및 탈락발생 ○ 점녹발생길이 10%미만	○ 케이블의 변형발생	○ 보호관 파손길이 2%미만	○ 도장열화 및 탈락 발생 ○ 정착구 누수발생	○ 도장열화 및 탈락발생
c	○ 점녹발생길이 10%이상 ○ 부식발생길이 2%미만 ○ 내부소선 부식 발생	○ 케이블의 변형으로 소선 손상 ○ 소선단선 갯수 2%미만	○ 보호관 파손길이 2%이상~ 10%미만	○ 표면부식 발생 ○ 변형 발생 ○ 댐퍼 열화, 변형 ○ 정착구 체수로 인한 강재부식, 콘크리트 열화 발생	○ 부식발생 ○ 행어밴드 고정볼트 긴장력 감소
d	○ 부식발생길이 2%이상 ○ 부식에 의한 단면감소 발생 ○ 내부소선 부식으로 인한 단면 손상	○ 소선단선 갯수 2%이상 ~ 10%미만	○ 보호관 파손길이 10%이상	○ 부식으로 인한 단면손상 발생 ○ 부분적인 파손 ○ 댐퍼 이탈, 파손 ○ 정착구 체수로 인한 강재 단면 손상 및 콘크리트 파손 발생	○ 부식에 의한 단면 손상 발생 ○ 볼트이완 및 탈락 발생
e	○ 부식에 의해 케이블 소선 단선 발생	○ 소선단선 갯수 10%이상	-	○ 부식 및 파손으로 인한 정착구 안전성 저하	○ 볼트이완 및 탈락으로 인한 변형 및 변위 발생 ○ 행어밴드 및 새들 파손

- 본 평가기준은 현수교의 주케이블과 행어케이블, 사장교의 사장재 및 기타형식의 교량케이블의 상태평가에 적용한다.
- 점녹이라 함은 도장두께부족이나 도장하부의 염분입자 등으로 인해 점 모양의 부식이 발생한 것을 말하며, 일반적인 부식평가 기준에 비해 완화된 기준을 적용한다.
- 부식에 의해 발생한 단선은 조치를 취하지 않으면 연속적인 단선이 발생할 가능성이 크므로 엄격한 기준을 적용하여야 하나, 시공중 또는 공용중 일시적으로 발생한 충격에 의해 발생한 단선은 동일한 충격이 지속적으로 반복되지 않으면 손상이 진행되지 않으므로 부식에 의한 단선보다는 완화된 기준을 적용한다.
- 내부소선의 부식발생여부는 채기조사방법에 의해 확인한다.
- 사장교 사장재에 보호관이 설치되어 있을 경우, 부분적으로 절취하여 케이블의 상태를 확인할 수 있으나, 전체적인 케이블의 상태를 직접적으로 확인할 수 없으므로, 보호관의 상태만 평가한다. 이 경우 보호관의 상태평가 기준 범위는 “a~d”이며, 보호관의 손상길이가 전체길이의 10%이상 일 경우(d)에는 손상된 보호관을 제거한 후 케이블의 상태를 직접 확인하여야 한다.
- 현수교의 주탑상부와 앵커블록 내에 설치된 새들은 구조적으로 케이블 부재는 아니지만, 새들의 상태는 주탑이나 앵커블록보다 케이블의 안전과 밀접한 연관이 있으므로 케이블 부재의 평가항목에 포함한다.

8) 교대

[표 3.2.9] 교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	■ 구체 균열폭 0.1mm 미만	■ 없음
b	■ 구체 균열폭 0.1mm 이상 ~ 0.3mm 미만	■ 표면 손상면적 2%미만 ■ 앵커블록 내부 결로 발생
c	■ 구체 균열폭 0.3mm 이상 ~ 0.5mm 미만 ■ 교대와 날개벽 사이에 폭 1.0mm 이상의 균열 발생	■ 표면 손상면적 2%이상 ~ 10%미만 ■ 철근부식 손상면적 2%미만 ■ 앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	■ 구체 균열폭 0.5mm 이상 ~ 1.0mm 미만 ■ 날개벽 기울음 및 손상 심화 (배면토 유출) ■ 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	■ 표면 손상면적 10%이상 ■ 철근부식 손상면적 2%이상
e	■ 구체 균열폭 1.0mm 이상 ■ 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 교대와 현수교의 앵커블록의 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.

9) 콘크리트 교각

[표 3.2.10] 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.

10) 기초

[표 3.2.11] 기초 상태평가 기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
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	■ 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨 기초가 부분적으로 노출
d	■ 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 ■ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	■ 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨 기초가 전반적으로 노출 ■ 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

- 기초 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등, 지반의 안정성항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가항목이 된다.
- 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.

11) 교량받침

[표 3.2.12] 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 전단 변형	■ 미끄러짐판 부식 발생 ■ 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	■ 받침 콘크리트에 0.3mm 이상 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 1/2 이상	■ 받침 신축기능 불량으로 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.
- 받침본체의 상태평가 기준 범위는 "a~e"를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여 중요도가 낮으므로 "a~d"로 한다.

12) 신축이음

[표 3.2.13] 신축이음 상태평가 기준

기준	본 체	후타재
a	■ 없음	■ 양호
b	■ 토사, 이물질 퇴적 ■ 고무판 노화	■ 미세균열 발생
c	■ 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 ■ 유간사이 이물질로 기능불량, 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 50cm이하의 간격으로 발생 ■ 국부적인 박리, 박락, 파손
d	■ 강판유동 및 연결 불량으로 이상을 발생 ■ 신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 ■ 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	-	-

- 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.

13) 교면포장

[표 3.2.14] 교면포장 상태평가 기준

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

- 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.
- 포장불량율은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 상온형 아스콘 등으로 임시보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.

14) 배수시설

[표 3.2.15] 배수시설 상태평가 기준

기 준	상태기준 설명
a	■ 양호
b	■ 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	■ 배수장치의 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	-

- 평가기준 "d"등급은 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태로 정의한다.
- 한 경간에 두 개 이상의 배수시설이 있는 경우 각 배수시설의 평가기준 중 최저값을 배수시설의 평가결과로 한다.

15) 난간 및 연석

[표 3.2.16] 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강 재		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 단면손상 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 손상 발생 ■ 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽).	■ 박리, 파손, 철근노출 10%이상 ■ 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	-

- 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 c등급으로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

16) 탄산화

[표 3.2.17] 탄산화 상태평가 기준

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

- 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 깊이 측정에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- 콘크리트의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 하며, 콘크리트 피복두께 조사를 실시하지 않은 경우는 설계도의 수치를 따른다.

3.2.3 구조형식에 따른 부재별 가중치

상태평가 결과 산정 방법은 외관조사 결과 부재별로 상태기준을 매긴 후, 부재별 중요도를 고려한 가중치를 고려하여 전체 교량의 상태평가 결과를 산정하였다.

[표 3.2.18] 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치 적용

구분	결함도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교	
			일반 거더교			바닥판거더일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	Con'c 바닥판	강 바닥판		
상부	바닥판	34	18	18	-	20	20	15		34	20 21
	거 더	-	20	25	37	18	20	23		-	21 23
	2차부재	-	5	-	11	5	3	5		-	5 -
하부	교대교각	20	20	13	18	13		13		34	22 24
	기초	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	상부	2(4)	4		-	-	2(4)	2(4)	-	4(7)	
	하부	2(3)	3		4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)		
	상부	2(0)	-		-	-	2(0)	2(0)	-	3(0)	
	하부	1(0)	-		3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)		

[표 3.2.19] 구조형식에 따른 케이블교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목	현수교		사장교		엑스트라도즈교	
		일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	PSC거더형
상부	케이블	25	25	23	23	20	20
	바닥판	8	-	9	-	10	-
	거 더	8	20	9	22	10	25
	2차부재	4	-	4	-	5	-
하부	주탑	13		13		6	
	보조주탑	5		5		12	
	교대(앵커블럭)	8		6		6	
	교각	-		2		2	
	기초	4		4		4	
받침	교량받침	5		5		5	
기타	신축이음	5		5		5	
	교면포장	4		4		4	
	배수시설	2		2		2	
	난간/연석	2		2		2	
콘크리트	탄산화	상부	2	2	2	2	2
		하부	2	2	2	2	2
	염화물	상부	1	1	1	1	1
		하부	2	2	2	2	2

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우에는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점)의 상태평가 결과로 산정한다.

나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

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

[표 3.2.20] 결함도 점수 범위에 따른 기준

기 준	A	B	C	D	E
결함도 점수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$

제 4 장 종합평가 및 안전등급 지정

4.1 종합평가

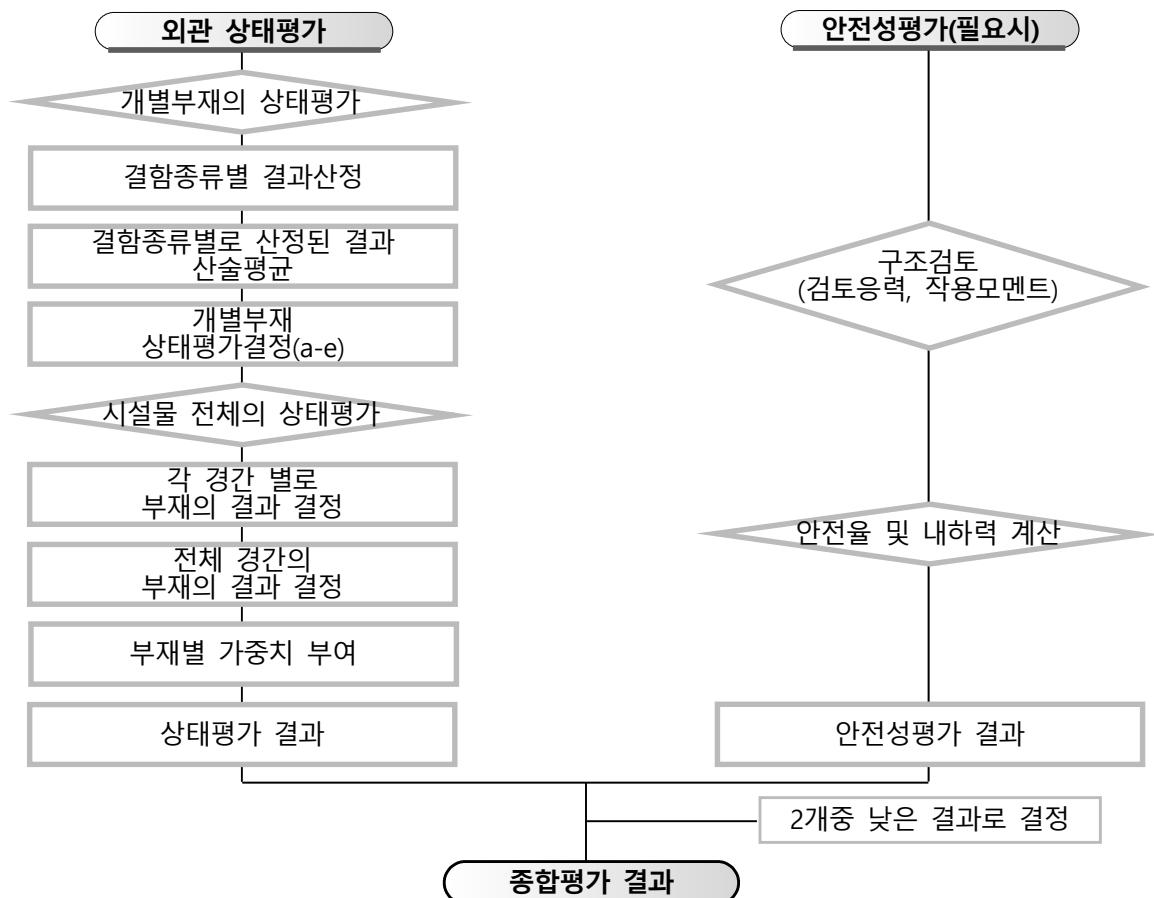
4.2 안전등급 지정

제 4 장 종합평가 및 안전등급 지정

4.1 종합평가

시설물의 종합평가는 구조물 부재의 결함 및 손상에 대하여 평가기준 및 상태평가기법에 따라 수행한 상태평가 결과와 시설물의 안전성평가 결과를 고려하여 개별시설물의 종합평가 결과를 결정한다. 각 시설물에 대한 종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시하는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 가름하여 상태평가 결과가 종합평가 결과로 결정되지만 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교 검토하여 최종적인 종합평가 결과를 부여하게 된다.

금회 실시된 정밀안전점검은 안전성평가가 제외된 과업으로 상태평가 결과를 바탕으로 종합평가 결과를 산정하였으며, 시설물의 종합평가 산정 절차는 아래와 같다.



[그림 4.1.1] 시설물의 종합평가 결과 산정절차

4.2 안전등급 지정

안전점검 실시 결과에 의해 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제16조(시설물의 안전등급 지정 등) 및 「영」 제12조(시설물의 안전등급 기준)에 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정한다.

다만 안전점검 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수.보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

안전등급에 따른 시설물의 상태 및 안전성은 다음과 같다.

[표 4.2.1] 안전등급 기준

안전등급	상태 및 안전성	비 고
A(우수)	문제점이 없는 최상의 상태	
B(양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에 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	

제 5 장 보수·보강 및 유지관리방안

5.1 개요

5.2 보수·보강공법

5.3 유지관리방안

제 5 장 보수·보강 및 유지관리방안

5.1 개요

모든 구조물은 시간의 경과에 따라 중성화, 염해, 알카리골재반응, 하중 및 지반조건의 변위, 구성재료의 특성, 환경조건, 유지관리의 상태 및 사용 용도의 변경으로 점진으로 노후화되어 가면서 구조물이 자기의 수명을 다하지 못한다.

따라서 구조물의 안전성과 사용성을 확보하기 위해서는 시설물의 유지관리 활동, 즉 시설물의 안전점검, 진단, 보수·보강 조치, 교체, 자료축적 등의 행위가 이루어져야 하며, 이러한 유지관리 정책은 안전성의 고려, 사용성의 고려, 경제성과 기술적인 고려 등의 3가지 개념에 따라 수행되어야 한다.

1) 보수·보강방안 수립시 고려사항

구조물에 대한 보수·보강은 손상 구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 방법 및 수준을 제안하였으며, 각 부재별 결함 및 손상은 관리주체가 효율적으로 유지관리계획을 수립할 수 있도록 보수대상 필요 여부와 우선순위를 지정하여 제안하였다.

2) 보수·보강의 수준결정

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

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

3) 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다. 이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서, 시설물관련 제반자료, 안전점검시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

4) 보수 우선순위 결정방안

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생한 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 보수보다 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 있다. 따라서 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

5.2 보수·보강공법

5.2.1 포장 보수

가. 아스팔트 썰링

1) 개 요

도로의 포장균열 부위를 적기에 보수하지 않으면 우수 침투로 주변부까지 손상되어 표층 또는 기층까지 재시공하여야 하는 등 적기 보수가 가장 중요하다. 따라서 균열 실린트를 균열부에 주입함으로써 포장 내구성을 증진시킨다.

2) 균열보수절차

(1) 균열 절단

균열 또는 아스팔트 시공 조인트 선에 균열 실린트를 주입하기 위해서 적절한 장비(diamond saw 또는 rotary impact router)를 사용하여 균열주위의 파손을 최소화하며 균열부를 절단하여야 한다. 커팅 깊이는 40mm까지 조절이 가능하며 폭은 12mm로 커팅한다.

(2) 균열부 청소 및 건조

절단된 균열의 이물질을 깨끗이 제거하고 건조 후 공기청소기로 균열면 미세먼지 제거 시 뜨거운 공기로 청소해야 한다. 균열보수에서 균열 채움재가 쉽게 떨어지는 주된 원인으로 균열면과 실린트의 접착 불량인데, 청소 및 건조부분을 제대로 하지 못하면 채움재와 균열면의 접착이 약해지게 된다.

(3) 실린트의 준비

실린트는 ASTM D3405의 규격을 만족해야 하며, 공급자가 제공하는 사용 규격(최소 재료가열온도, 주입온도, 교통개방가능 온도 등 명기)에 따라 시행되어야 한다. 특히, 실린트의

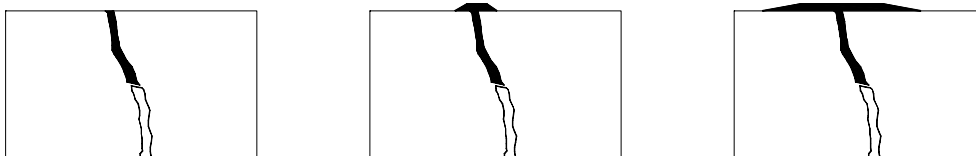
overheating이 되지 않도록 주의해야 한다. 실런트의 overheating은 실런트의 성질을 바뀌게 하여 균열보수에 적합한 실런트가 되지 못하기 때문이다. Overheating을 했을 경우에는 재료를 버리고 새로운 실런트를 다시 준비하여야 한다.

○ 실런트 기준(ASTM D 3405)

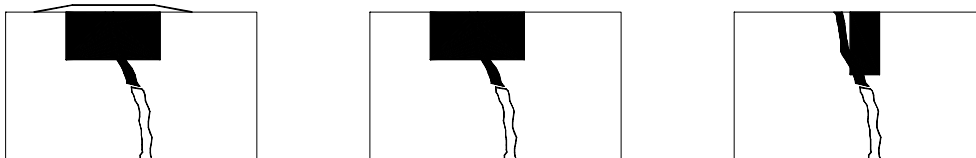
구 분	기 준
안전가열온도	· 가열시 견딜수 있는 최대온도(제조회사)
침입도(25℃)	· 90 이하
흐름도(25℃)	· 3.0mm 이하
접착성(-29℃)	· 세 번의 사이클 실험에서 재료이탈이 생기면 안됨
탄성회복률(25℃)	· 최소 60% 이상 회복
아스팔트 친밀도(60℃)	· 실런트와 아스팔트의 접착성이 보장되어야 함

(4) 실런트의 주입

실런트의 주입에는 여러 가지의 형태가 있다. 대표적인 형태는 다음 그림과 같이 실런트 주입시 균열의 하부에서부터 위로 연속적으로 주입시키므로 공기 등이 갇혀 있지 않도록 하여야 한다.



(a) Crack filling의 형태



(b) Crack Sealing의 형태

[그림 5.2.1] 실런트 주입 형태

균열보수에 있어 실런트의 물성과 균열면과의 접착성이 중요한 요인으로, 시공은 실런트의 감온성을 고려하여 덥거나 추운 여름과 겨울보다는, 봄, 가을의 10℃ 이상의 맑은 날에 시공하는 것이 바람직하다. 특히 기온이 5℃ 이하일 때와 강우의 염려가 있을 때에는 작업을 시작해서는 안된다.

균열보수공법이 시행된 뒤 바로 교통 개방을 할 필요가 있을 경우에는 균열처리부에 모래를 살포하거나 휴지 등을 덮어 실런트가 양생 중 떨어져 나가는 것을 방지할 수 있다.

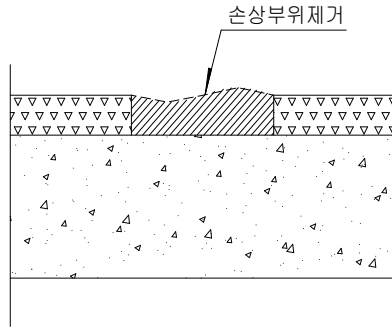
나. 아스팔트 패칭

1) 적용범위

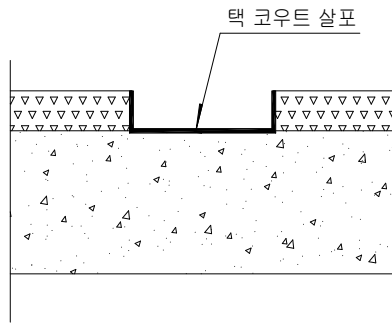
- 패임, 함몰 등의 아스팔트 손상에 적용한다.
- 부분적인 아스팔트보장의 보수에 사용되는 공법으로, 보수의 긴급성에 따라 가열혼합식과 상온혼합식으로 나누며, 보수효과가 좋은 가열혼합식을 사용하는 것으로 한다.
- 패칭보수 완료 후 신·구 아스콘 접속부에서 체수가 될 수 있으므로, 접속부의 마무리에 유의하여야 한다. 포장의 절취는 상판면까지 행하고, 택코우트 및 도막방수는 상판뿐만 아니라 측면까지 잘 도포 한다. 아스팔트 패칭보수는 작업의 효율성 및 보수효과를 위해 1.0m×1.0m를 기준으로 한다.

2) 시공방법

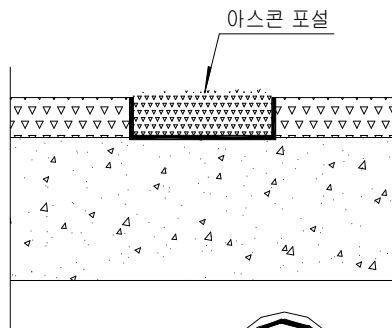
- ① 안전관리기준에 의거 안전시설 설치 후 교통통제를 실시한다.
- ② 제거부분을 양호한 포장면과 30cm 정도 겹쳐지게 페인트 등으로 표시한다.
- ③ 로드컷터기를 사용하여 차량진행 방향과 나란하게 직각 절단하고 브레이커로 파쇄한다.
- ④ 절삭구간은 바스켓을 이용하여 부산물을 모두 제거하고, 특히 절삭면에 분리되어 있는 잔재는 인력으로 압축공기를 이용하여 가열, 건조시킨다.
- ⑤ 바닥면과 옆면에 수동 살포기 및 인력을 이용하여 택코팅을 실시한다.
- ⑥ 아스팔트 혼합물 포설.
- ⑦ 탠덤로라를 사용하여 충분히 다짐을 실시한다.
- ⑧ 패칭부 가장자리를 유제 아스팔트로 실링하여 신·구 아스콘 접속을 견고히 함으로서 우수의 침투를 예방한다.
- ⑨ 이음부 칩실 시 유제가 많이 포설되었을 경우에는 모래를 뿌려 제거한다.
- ⑩ 포장보수 완료 후 시공 주위를 깨끗이 청소한다.
- ⑪ 교통통제시설 철거 후 교통개방 시 표면온도는 50°C이하가 되도록 한다.
- ⑫ 절삭된 폐아스팔트는 지정장소에 모아서 처리한다.



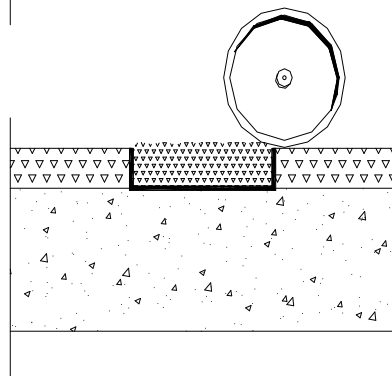
1. 파손된 부분보다 30cm 정도 크게 절삭기를 이용하여 절삭한다.
2. 제거하는 부분은 수직으로 정사각형 또는 직사각형의 형상을 만든다.
3. 차량 진행 방향에 직각으로 해야 한다.
4. 포장의 절단은 면이 고르게 나올 수 있도록 해야 한다.
5. 먼지 및 부스러기를 깨끗이 청소한다.



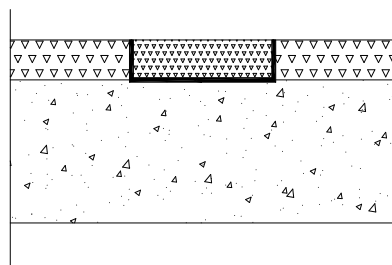
1. 급속 경화형 커트백 아스팔트를 이용하여 택 코우팅을 실시한다.
2. 택 코우트는 적정량을 균일하게 살포하는 것이 중요하므로 시험 살포를 통하여 디스트 리뷰터의 속도와 살포량의 관계를 파악하여 두는 것이 중요하다.
3. 절삭된 면에도 택 코우트를 실시하여 기존 포장면과의 접착력을 증가시켜야 한다.



1. 밀입도 아스팔트 혼합물을 채운다.
2. 가열 아스팔트를 포설할 경우에는 온도가 120℃ 이하가 되지 않도록 시공해야 한다.
3. 인력 포설 경우에는 혼합물의 온도가 쉽게 내려가기 때문에 신속히 작업해야 한다.
4. 균일한 밀도 및 두께가 되도록 신중히 포설한다.
5. 포설시 혼합물의 재료 분리가 발생되지 않도록 주의한다.
6. 가열 아스팔트 혼합물의 사용이 불가능하면 유화 아스팔트나 커트백 아스팔트를 사용한 플랜트 배합 아스팔트를 사용할 수 있다.



1. 포설 후 가능하면 빨리 다짐을 하며, 다짐을 하기 전에 표면을 점검하고 불균일한 표면이나 요철 등이 발생한 경우에는 즉시 수정해야 한다.
2. 다짐 작업은 보수 규모에 맞는 장비를 선택해야 한다.
작업의 규모가 작은 보수 공사의 경우에는 진동 컴팩터 또는 1t 진동 롤러가 적합하며 작업 규모가 큰 경우에는 8~12t사이의 진동 롤러가 적합하다.



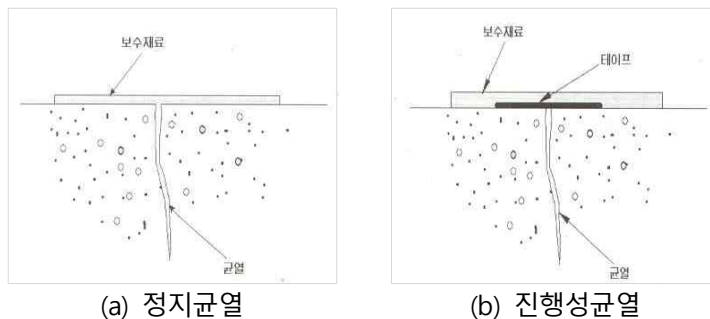
1. 보수 부위의 종단평탄성을 비롯한 품질 관리를 위해서는 직선자 또는 스트링 라인(String line)을 사용한다.

[그림 5.2.2] 아스팔트 패칭공법 시공개요도

5.2.2 콘크리트 보수

가. 균열 표면처리공법

표면처리공법은 미세한 균열 위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킬 목적이며, 균열부만 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다. 진행이 정지된 상태에서는 균열선을 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러쉬로 닦아낸 후 폴리머시멘트페이스트나 모르타르로 도포한다. 콘크리트표면에 0.3mm미만의 미세 균열이 많이 분포해한 경우도 같은 방법으로 도포하며, 재료를 기계로 분무, 도포할 수도 있다. 진행성 균열인 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머시멘트 페이스트나 모르타르로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 테이프를 부착하고 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.



[그림 5.2.3] 표면처리공법

[표 5.2.1] 표면처리 보수재의 비교

재료	폴리머 모르타르	에폭시 모르타르	폴리우레탄	타르 에폭시
재료 특성	• 접착성 우수, 무수축 • 탄산화 저항성 우수 • 내구성, 내후성 우수	• 접착성 우수 • 침투성 양호 • 경화시간 조정 가능	• 완전 1액형 • 우수한 탄성, 복원력	• 방수성 뛰어남 • 신축성 큼 • 2액형
장점	• 콘크리트와 물성 유사 • 부착면 상태에 영향 적게 받음	• 부착성 상대적 우수 • 현장여건에 따른 경화시간 조정가능	• 탄성력 우수 • 누수차단성 큼	• 시공성 양호 • 표면 방수효과 큼 • 공사비 저렴
단점	• 경화시간 김	• 열팽창계수 큼 • 재료비 고가 • 고온 약함	• 콘크리트와 물성치 다름 • 보수 후 강성 복원 없음	• 내구성 적음 • 콘크리트와 물성치 다름 • 보수 후 강성 복원 없음
적용성	• 구조체 전반에 발생된 균열에 적합 • 미관측면의 보수	• 구조체 일방향 균열에 적합 • 표면열화가 있는 균열부	• 구체우수 침투부 • 비구조체 • 신축이음부등	• 미세균열부 표면방수 목적 • 지중 방수재기능

[표 5.2.2] 표면처리공법 비교

재료	DPCON-BASIC 공법	레미가드	오래콘	TGRS 공법
공 법 개 요	- 콘크리트에 직접 액상 도포, 내부 알칼리와 화학반응하여 침투깊이 10mm이내의 강화 영역을 형성, 수밀성/내구성/내화학성 등 극대화 - 반영구적인 성능을 발현하는 무기계 흡수 및 결합형 공법	변성실리콘계 고분자와 TEOS를 이용하여 인체 무해한 친환경적 콘크리트 표면보호재. 신설 구조물 표면보호 및 열화된 구조물 보수보강 재료 부착성, 내오염성, 내후성, 내약품성, 내산성 우수한 공법	중성화, 염해 및 여러 가지 원인에 의한 손상된 철근콘크리트 구조물의 단면의 표면을 세라믹도료를 사용하여 표면을 보호하는 공법	철근의 산화피막 회복, 중성화된 콘크리트의 재알칼리화, 자기희생양극법, 외부로부터 유해인자를 차단하는 표면처리 공법
장 점	- 탈락 우려 적음 - 침투성/방수성 우수 - 동결융해 저항성 우수	- 생산성 내화학성 우수 - 중성화 방지 효과 - 내충격, 내마모성 우수	- 손상부, 보수부의 부착력 우수 - 리바운드를 적음	- 염해 방지 우수 - 동결융해 방지 우수
단 점	- 무색의 경우 미관개선 효과 낮음 - 시공전 기술 습득 필요	- 무기계 공법으로 경화 시간이 느림 - 표면미관 확보상태	- 시공실적이 적음 - 숙련된 작업 필요	숙련 작업 필요
적 용 특 성	- 탄산화된 구체의 재알칼리화 - 습윤면에서 시공 가능	다단계시공으로 단계별 품질관리 필요	세라믹도료를 사용하여 표면보호	- 아질산 라툼의 중성화 방지제 이용, 화학적 처리 - 전기 화학적 방법 이용

나. 균열 주입공법

균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 들떠 있는 경우에도 적용할 수 있다. 이 공법 적용시 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하다.

[표 5.2.3] 균열에 따른 주입공법의 분류

공 법		기계주입공법	수동주입공법	유입공법	저압수지주입공법
조 건	수평면(상)	○	○	○	○
	수평면(하)	○	○		○
	수직면	○	○		○
균열폭	0.25mm이하	○			○
	0.25mm~2.0mm		○	○	○
	2.0mm~5.0mm		○	○	
	5.0mm이상			○	

[표 5.2.4] 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

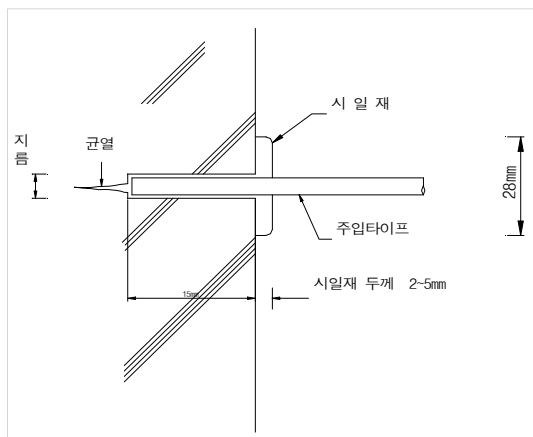
형 상		점성도(20°C, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500±200	0.1mm전후
	고점성도	1,500±500	0.2mm전후
젤상태		6,000±1,000	0.5mm~5.0mm전후

△ 주입공법의 특징

- 1) 내하력복구의 안전성을 기대할 수 있으며, 에폭시수지의 접착강도가 크고 경화시 수축이 거의 없음.
※ 단, 휨시험에서는 대부분 모재에서 파단이 일어남.
- 2) 내구성저하 방지, 누수방지를 기대할 수 있으며, 미세한 균열에도 주입이 가능하고 균열이 발생한 콘크리트를 일체화시킬 수 있음.
- 3) 경화후의 에폭시수지는 화학적 성질이 안정하여 내후성이 좋음.
- 4) 미관의 유지가 용이함.
- 5) 경제적으로 구조물의 자중 증가가 거의 없으며, 접착강도가 단기간에 발현되고 작업성이 좋음.

[표 5.2.5] 주입공법의 종류

구 분	내 용
압입식	•수동식 주입: 인력 •기계식 주입: 공기압식, 유압식, 기어식 •저압, 저속식 주입: 고무, 용수철, 공기 등의 압력
흡입식	•균열의 양단에 흡기구와 충전제 주입구를 설치하여 흡입펌프로 충전제를 흡입주입



균 열 폭	주입파이프 간격
0.3mm이하	50.0mm~100.0mm
0.3mm~0.5mm	100.0mm~200.0mm
0.5mm~1.0mm	150.0mm~250.0mm
1.0mm이상	200.0mm~300.0mm

[그림 5.2.4] 일반적인 주입공법



[그림 5.2.5] 주입공법의 시공순서

1) 수동식 주입공법

주입건, 소형펌프를 사용하여 주입재를 비교적 다량으로 주입하는 방식으로, 콘크리트표면의 균열폭이 0.2mm정도 이상의 균열부위에 그리스펌프를 사용하여 에폭시수지를 주입하는 경우에 적용한다.

[표 5.2.6] 수동식 주입공법의 장점, 단점

구 분	내 용
장 점	•다량의 수지를 단 시간에 주입할 수 있다. •주입용 수지의 점도에 제약을 받지 않는다. •벽, 바닥, 천장 등의 부위에 따른 제약이 없다. •주입구 부위에서 넓은 면적을 주입할 수 있다. •들뜸이 매우 적은 부위, 모재와 접착되어 있지 않은 부위, 발기 직전의 부위에도 주입이 가능하다. •주입량을 정확하게 알 수 있다. •주입압이나 속도를 조절할 수 있다.
단 점	•균열 폭 0.5mm이하의 경우에는 주입이 매우 곤란하다. •공극부에 압력이 가해진다. •주입시 압력펌프를 필요로 한다. •경우에 따라 압착양생을 필요로 한다. •주입조작, 기기취급 조작시 숙련도가 요구되어 관리상의 문제점이 있다.

2) 저압, 저속식 주입공법

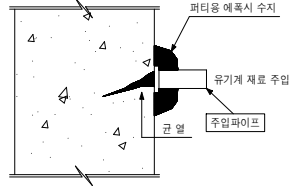
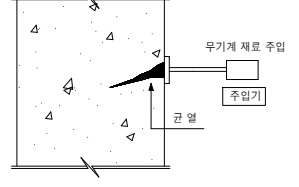
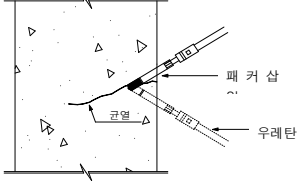
균열 위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입방식으로 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다.

주입압력은 0.4MPa이하로 규정되어 있으나 실제로는 0.1MPa전후가 사용되며, 최근에는 주입 품질을 위해 2.1MPa의 압력까지 주입하는 경우가 많으며, 주입재는 에폭시수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있어 습윤환경하에서도 사용가능하다.

반면, 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실시 큰 단점이 있다.

3) 균열주입보수 비교안

[표 5.2.7] 균열의 보수공법

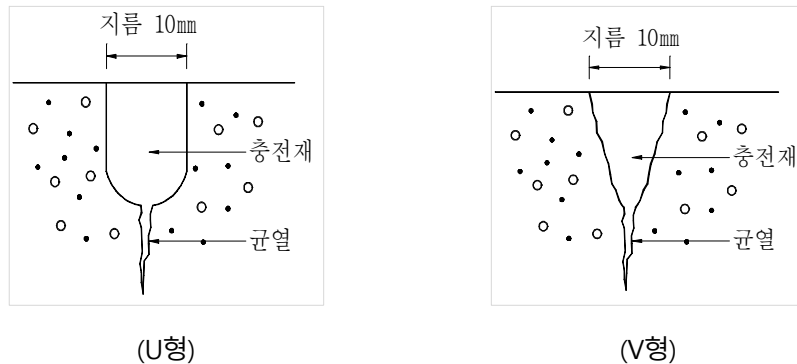
구분	1 안 에폭시 주입공법	2 안 슬러시멘트 주입공법	3 안 우레탄 주입공법
개요도			
공법개요	•균열부위 컷팅, 균열부 싺링 후 유기계 재료인 에폭시를 주입기로 주입	•균열부위 컷팅, 균열부 싺링 후 무기계 재료인 폴리머 슬러시멘트를 주입기로 주입하는 공법	•균열부위에 지그재그 방향으로 패커를 삽입하고 우레탄을 주입하는 공법
시공방법	표면처리→주입기설치→균열부 싺링→에폭시주입→단면복구	표면처리→주입기설치→균열부 싺링→폴리머슬러시멘트주입→단면복구	표면처리→지그재그 천공→패커설치→지수용 우레탄 발포제 주입→마무리
장점	•인장, 휨강도 우수 •건조한 환경에 유리 •경화시간이 빠름 •시공실적 다수	•품질관리가 용이, 재균열 발생우려 없음 •콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보 •수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공 가능	•접착력 우수 •탄성 및 인장강도 우수 •저점도로 미세균열 침투
단점	•습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리 어려움 •주입압력이 크면 균열 확대되므로 주의 •탄성계수, 열팽창계수 콘크리트와 다름	•보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐 •공정이 다소 복잡, 시공전문가가 필요 •유기계에 비해 접착강도 떨어짐	•다소 유해 •변형 발생가능 있음
검토	•균열주입보수 재료로는 인장, 휨강도가 우수하며 현재 콘크리트 구조물 보수에 널리 사용되고 있는 에폭시 주입공법이 적합		

다. 충전공법

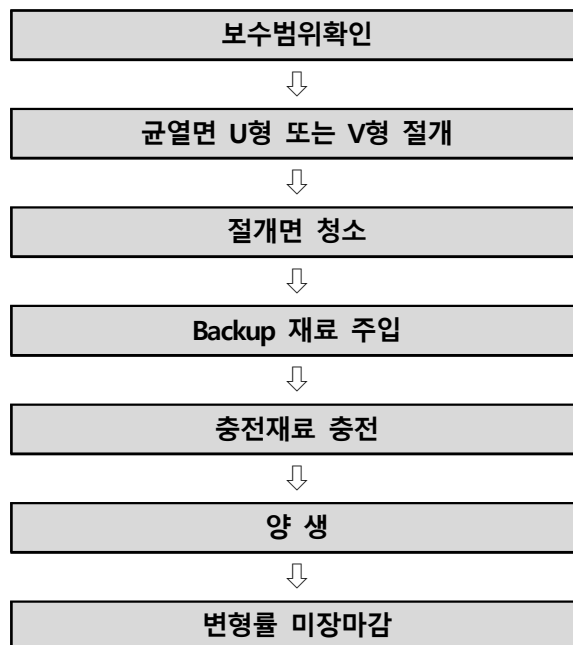
균열의 폭이 0.5mm이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로 균열을 따라 모르타르 마감 또는 콘크리트를 절단하여 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근이 부식되어 있는 경우와 부식되지 않은 경우에 따라 보수방법이 다르며, 충전공법에는 철근이 부식되지 않은 경우, 철근이 부식되어 있는 경우, U컷 실링재 충전 공법, 결함부위에폭시수지모르타르 충전공법 그리고 결함부위 폴리머시멘트모르타르 충전공법 등이 있다.

1) 철근이 부식되지 않은 경우

균열을 따라 약 10.0mm폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절개한 후, 이 부위에 실링재, 유연성 에폭시수지, 폴리머시멘트모르타르 등을 충전하여 보수한다. V형으로 절개하는 방법은 간편하지만 폴리머시멘트모르타르를 충전하는 경우 충전한 모르타르의 박리가 발생하기 쉽기 때문에 U형으로 절개하는 방법이 보다 효과적이다.



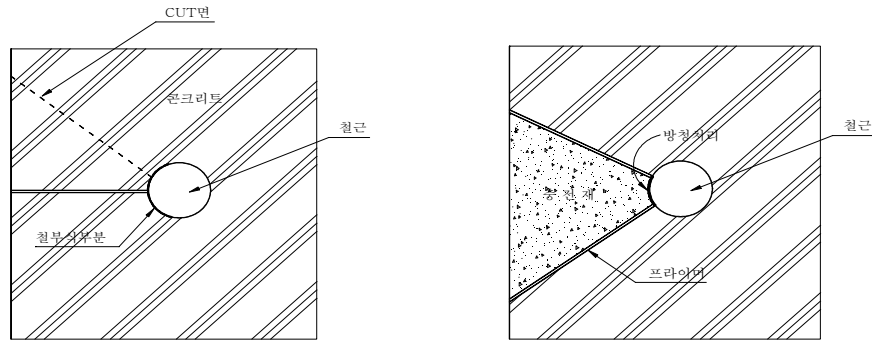
[그림 5.2.6] 철근이 부식되지 않은 경우의 충전공법



[그림 5.2.7] 철근이 부식되지 않은 경우의 충전공법 흐름도

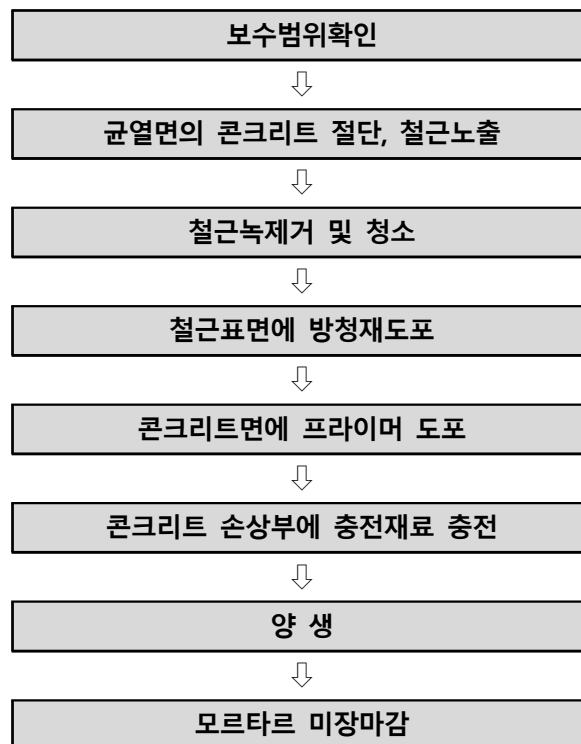
2) 철근이 부식된 경우

철근이 부식된 경우의 충전공법은 크게 보수재료에 의해 물리적으로 부식을 방지하는 방법, 콘크리트에 알칼리성을 부가하여 화학적으로 부식을 방지하는 방법 그리고 이 두 가지의 혼용방법 등 3가지로 분류될 수 있다.



구 분	보수시 유의사항
첫 째	부식된 철근의 녹을 완전히 제거하는 것을 원칙으로 함.
둘 째	균열이 발생되지 않은 부분의 철근도 부식하는 경우가 많기 때문에 그 부분을 포함하여 보수함.
셋 째	균열이 진행성이면 균열폭이 증가되는 경우가 많으므로 변형에 대한 유연성이 큰 보수재료를 사용함.

[그림 5.2.8] 철근이 부식된 경우의 충전공법

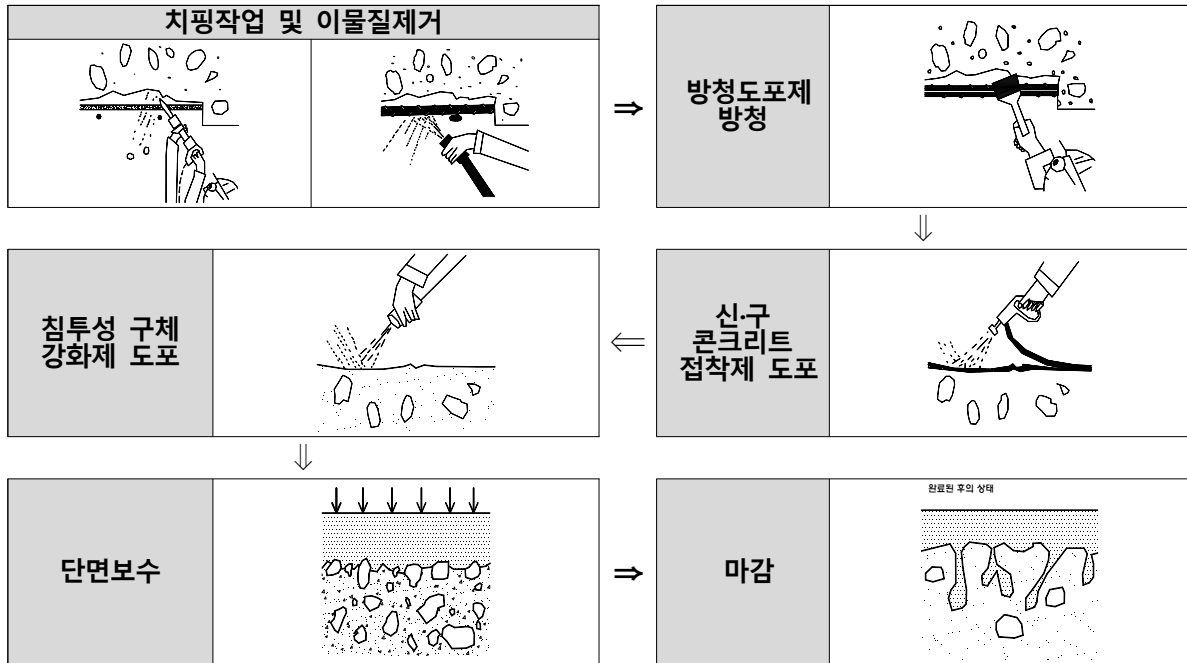


[그림 5.2.9] 철근이 부식된 경우의 충전공법 흐름도

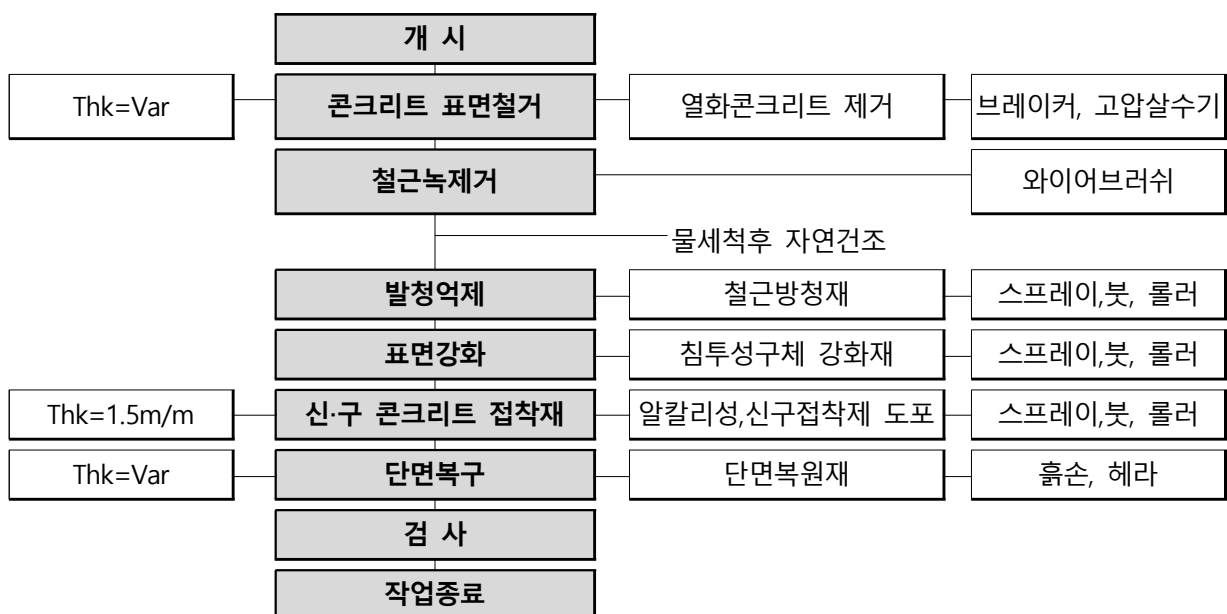
라. 단면보수공법

1) 개 요

단면보수공법은 콘크리트 구조물이 상태변화로 당초 단면을 손실한 경우의 복구나 탄산화, 염화물 이온 등의 상태변화요인을 포함한 콘크리트 피복을 철거한 경우의 단면복구에 적용하는 보수공법이다. 콘크리트 구체에 발생한 재료분리, 철근노출, 박리, 박락, 표면열화 등의 손상부위를 제거하며, 철근의 부식이 진행된 경우에는 방청처리를 실시한 후 적절한 보수재료를 통하여 단면을 회복한다.



[그림 5.2.10] 단면보수 시공방법



[그림 5.2.11] 단면보수공법 흐름도

2) 단면보수공법 비교안

[표 5.2.8] 단면보수공법 비교표-1

구 분	ECOTECT 공법(신기술 제642호) (2012년 02월 06일 ~ 2022년 02월 05일)	에코플래쉬 공법(신기술 제 577호) (2009년 04월 27일 ~ 2019년 04월 26일 만료)	COSREM 공법(신기술 제596호) (2009년 12월 10일 ~ 2019년 12월 09일 만료)	FCSM 공법(신기술 제 522호) (2007년 02월 08일 ~ 2010년 02월 07일 만료)	비고
명 칭	황마섬유 혼입폴리머 모르타르와 나노메탈 함유 표면보호재를 항온정량배합 분사장비로 시공하는 보수·보호공법	접착보강편을 설치하고 미세분말 플라이애시 및 삼산화규산칼슘 섬유가 혼입된 모르타르를 회전돌기형 믹싱샤프트건에 의해 건식분사하는 콘크리트 단면보수공법	경량 보수모르타르와 통기성 경량 복합 보강 판넬을 활용한 콘크리트 구조물의 보수보강 공법	PVA섬유복합모르타르와 전용믹서 및 이중추진방식의 스프레이건을 이용한 콘크리트구조물의 단면보수기술	
개요도					
시 공 도	①콘크리트치핑→②철근녹제거/철근방청→③고압수세정→④철근방청처리→⑤ECOTAL충진→⑥ECOAT도포	①표면처리→②철근녹제거→③고압수세정→④ERH-PIN설치→⑤철근방청처리→⑥표면처리제 도포 (ERH-모르타르,프라임, 코트 도포)	①콘크리트치핑→②고압세척→③철근방청제도포→④경량하이브리드 보수모르타르 타설→⑤표면처리제 도포	①열화부제거→②철근방청→③구체접착강화제→④섬유복합모르타르→⑤표면코팅제 도포	
기술개요	•단면보수 모르타르의 초기건조수축 균열 저감과 모르타르 양생시 급격한 수분증발로 인한 계면 부착력 저하의 문제를 개선시키기 위해 천연 재료인 황마섬유가 혼입된 폴리머 모르타르를 이용하여 단면을 보수하고, 콘크리트 구조물의 내구성 증진 및 유해물질 침투를 방지하기 위해 나노메탈 미분이 함유된 표면보호재를 항온 정량 배합 분사 장비로 균일하게 분사하여 내구성을 확보하는 콘크리트 보수·보호공법	•열화된 콘크리트 제거한 보수단면에 삽입편과 사각의 매쉬형 접착보강구조물이 결합된 접착보강편을 설치하고 미세분말 플라이애시 및 삼산화규산칼슘 섬유가 혼입된 모르타르를 타설하여 보수콘크리트의 균열이나 들뜸을 억제하였으며, 건식 압송장치로 모르타르 재료를 이송하고 노즐에서 압축공기와 물이 공급되는 회전돌기형 믹싱샤프트건으로 분사함으로써 이송거리를 증대시키고 재료분리 현상을 저감시킨 콘크리트 단면보수 공법	•페라이트계 경량골재, 나일론 보강 단섬유, 첨가제 등으로 구성된 경량 보수모르타르(COSREM-Lite)를 사용하여 보수함으로써 보수 모르타르의 기준 성능을 만족하고, 기존 보수 모르타르 대비 단위 중량을 경량화하였으며, 기존 장비를 이용하여 시공이 가능한 공법	•PVA(Polyvinyl alcohol)단섬유와 구형의 경량비드, CSA(Calcium Sulpho Aluminate)팽창재 등을 첨가하여 제조된 보수모르타르와 이를 시공 할 수 있는 섬유투입장치, 배합수 공급장치, 교반속도 조절장치를 포함한 전용믹서와 이중추진방식의 스프레이건을 사용하여 구조물을 보수하는 기술	
특 징	•초기 건조수축균열 완벽히 차단 •친환경보수재료 •단면 회복 우수 •시공성, 점착력, 부착력, 내화학적, 내약품성, 균열 저항성등이 우수 •기계화 시공으로 인한 품질 확보 가능	•물리적 특성 우수(무기섬유) •내약품성 및 내화학적이 우수 •천연무기재료에 의한 표면피복 •기계화 시공으로 부착력 및 품질 향상	•경량화 •초·장기 부착성능증진 •거동일체성 •균열 저항성 우수, 시공성 우수 •기계화 시공으로 부착력 및 품질 향상	•PVA 섬유의3차원 가교작용으로 균열억제 •건조수축및진동에 의한 균열저항성우수 •동결융해시공 장소에 제약을 받지 않음 •초기강도 및 시공성 탁월 •시공실적 다수 •섬유 별도 혼입에 따른 품질저하우려	
부착강도	3.3N/mm ²	1.8N/mm ²	0.8N/mm ² 이상	2.5N/mm ²	

[표 5.2.8] 단면보수공법 비교표-2

구 분	PR공법 (특허 제1119893호)	HI-REPAIR공법 (특허 제0643524)	DPCON-Repack 공법 (특허 제10-1891567호)	CNB-CON 공법 (특허 제10-1110704호)	비고
명 칭	고강도 섬유질 무기계 폴리머 모르타르를 비롯한 물리적/ 화학적인 방법으로 콘크리트를 보수 보강하는 공법	철근콘크리트 구조물 열화부의 단면보수 및 보강공법	단면복구재에 의해 화학적, 저항성, 부착강도 증진, 처짐 및 크랙저항성을 확보하는 다중 단면복구 공법	열화된 콘크리트를 보호하여 구조물의 내구성 및 내후성을 증대시키는 공법	
개요도	중성화된 콘크리트에 알칼리 회복제를 도포함으로써 중성화된 콘크리트를 재알칼리화로 회복시킴과 동시에 표면의 취약층을 강화시키고 무기계 폴리머 모르타르를 도포함으로써 향후의 중성화 및 염해를 방지하는 무기계 보수보강공법이다.	기존 콘크리트와 동일한 성분인 무기계 모르타르를 이용하여 보수 및 보강함에 따라 높은 부착강도를 유지함과 동시에 내구성이 탁월한 철근콘크리트 구조물 열화부단면 보수 및 보강공법	모체결합형 강화재에 의한 구체 자체의 조직치밀화, 동결융해 저항성 등 내구성 증진(1차 보호) 후, 활성 실리카, 알루미늄계 성분 및 친수성 섬유가 혼입된 단면복구재에 의해 장기 내구성, 내산, 내알칼리성, 내수성 등 화학적 저항성, 부착강도의 증진, 처짐 및 크랙저항성을 확보(2차 보호)하는 다중 단면복구 공법	초기 강도 발현과 수축, 팽창, 부식 등 성능조절이 뛰어난 CSA계 시멘트를 이용한 폴리머몰탈과 시멘트 혼입 폴리머계 탄성방수제를 이용하여 구조물에 물이 침투되는 것을 막는 방수기능은 물론 미세균열 및 열화인자 침투를 사전에 차단하고, 열화된 콘크리트를 보호하여 구조물의 내구성 및 내후성을 증대시키는 공법	
시 공 도					
기술개요	•치핑작업 •고압 물세정 •철근 녹제거 라파다운 도포 •발청 억제 라파코드 도포 •침투성 알칼리 회복제 라파알큐어 도포 •신구 접착제 라파본드 도포 •면복구 라파콘 시공	•바탕처리 및 세척 •보수표면에 하이 글라스 매쉬 부착 •모르타르 단면 복구 •표면 처리제 도포	•처짐 및 크랙저항성 확보 •다중 단면복구	•콘크리트 열화부 제거(치핑) •철근 부식제거(필요시) •고압 물 세척, 이물질제거 (필요시) •CNB-M100 몰탈 (THK=VAR)	
장 점	•습윤면 시공 가능 •조기강도로 시공기간 단축 •우수한 부착력, 균열발생 없음 •무독성 시공 가능 •진공상태에서 시공 가능	•중성화방지, 알칼리회복 우수 •동해,염해방지,도막방수 우수 •내구성증진효과 우수 •무수축 고강도 모르타르로 습윤면 부착강도 우수 •경화 후 균열발생 없음	•무기 혼화재에 의한 수축저감, 초기강도 발현 •친수성 섬유에 의한 처짐방지 및 크랙저항성 부여 •초미립 아크릴계 분말수지 적용에 의한 부착력, 내마모성 및 크랙저항성 증가 •강도 및 내구성이 우수하여 공용기간 연장 및 유지보수 비용 절감 효과	•제품의 응결시간을 촉진시켜 초기강도 발현 및 수축, 팽창, 부식 등 성능조절 탁월 •시멘트 계열의 무기질 탄성방수재 사용으로 콘크리트와 함께 수축 및 팽창거동 •아크릴 에멀전을 사용하여 내마모성, 내후성, 내균열성, 내충격성 우수	
단 점	•기계화 시공이므로 치밀한 현장준비 필요	•가림막 설치 및 습윤양생 필요	•처짐 및 저항성 확보하는데 장시간 소요	•부식제거 및 이물질제거 시 정확한 작업 요함	

마. 백태보수공법

노후화된 콘크리트 표면에 생기는 백색의 결정으로 수밀성이 약한 콘크리트나 모르타르에 물이 새어나면서 탄산칼슘이 표면에 퇴적하여 나타나는 현상이다.

그 방안으로는 콘크리트를 완전히 건조시킨 후 백태를 제거하고 폴리머모르타르 등으로 마감한다. 백태의 제거방법은 희석한 염산(1:5~1:10)으로 처리하거나 모래방사에 의해 제거하며, 인산으로 처리할 때는 처리 후 잔류인산을 물로 완전히 씻어내고 직사광선을 피하고 바람이 없는 날에 작업을 실시한다.

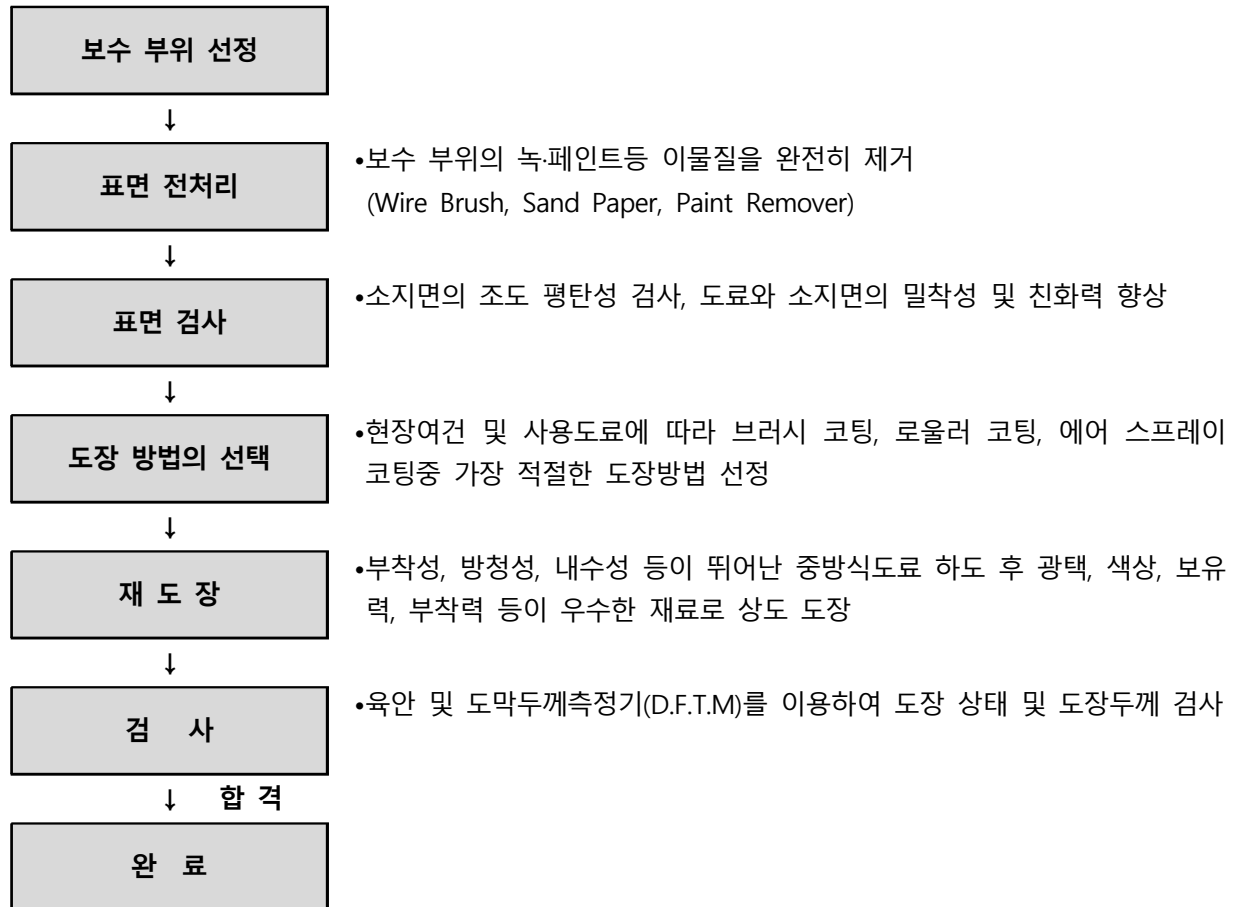
- ① 작업 전 충분한 안전교육을 실시하고 개인 안전장구 착용여부를 반드시 확인한다.
- ② 기온이 5℃이하에서는 작업을 중지하여야 한다.
- ③ 기존 콘크리트의 백태부분은 그라인더를 이용하여 표면처리하고 깨끗이 청소한다.
- ④ 백태제거제는 주제화 경화재를 중량비에 의해 배합한다.
- ⑤ 기존 콘크리트 표면에 백태제거제를 고르게 도포한다.
- ⑥ 백태제거제 도포 후 2시간 정도 건조시킨 후 후속작업을 실시한다.



[그림 5.2.12] 백태보수 시공흐름도

5.2.3 강재 보수

가. 공법 개요



[그림 5.2.13] 도장보수 시공순서도

나. 시공 상세도

구분	내 용	
시공 상세도		
적용대상	•강박스거더 외부 도장부식 및 박락 •캔틸레버 하면 브래킷 부식 •받침장치 부식	•강박스거더 내부 도장박리 및 부식

다. 공법 비교

[표 5.2.9] 도장보수 전처리공법 비교표

공 법	숫 블라스팅	습식 샌드 블라스팅	건식 샌드 블라스팅
특 징	•숫 또는 그릿이라고 하는 금속·비금속의 미세한 입자를 매분 약 2,000회전의 고속으로 회전시켜 표면을 처리하는 기술	•물에 젖은 모래를 물+에어를 혼합한 기기를 이용하여 분사시켜 표면을 처리하는 기술(수압식)	•건조된 모래를 에어(공기)를 이용하여 분사시켜 표면을 처리하는 기술(압축공기식)
시 순 공 서	•사전 준비 •steel ball(grit)을 탱크안에 넣고 고속 회전시킴 •매분 약 2,000회전으로 원심력을 이용하여 분사	•사전준비 •습식 샌드를 탱크안에 넣고 물을 채움 •8:2로 섞여져 있는 물과 샌드의 혼합물을 분사	•사전준비 •건식 샌드를 탱크안에 넣고 물을 채움 •8:2로 섞여져 있는 공기와 샌드의 혼합물을 분사
공법의 특징	•샌드 블라스팅에 비해 작업 시간 짧음 •Rebound성 높으며 가공 시간단축 •공정이 복잡하여 전문가 필요 •시공성 좋음 •내구성 좋음 •공사비 고가	•건식 샌드 블라스팅에 비해 분진 없음 •규격 샌드가 별도로 필요 없음 •건식 샌드 블라스팅에 비해 미관성 좋지 않음 •공사비 다소 고가 •폐기물 절감 •샌드 소모량 줄여줌	•샌드재가 젓지 않도록 별도 보관소 필요 •작업지역 먼지, 분진 발생 •샌드물에 장막이나 칸막이 필요 •공사비 저렴함 •강인한 전처리 가능 •규격 샌드 준비

[표 5.2.10] 강도장보수 공법 비교표

공 법	중방식 금속혼합물피막	염화고무계도료 (일반중방식)	에폭시계 도료	세라믹계 도료
시 공 순 서	•표면처리 •1차피막 (하도) •2차피막 (중도) •3차피막 (상도)	•표면처리 •무기질징크 하도 •염화고무도료 중, 상도	•표면처리 •수용성 무기징크 1,2,3차 도포	•세라믹코팅 바탕만들기 •무기아연말계 •무기세라믹계 •우레탄세라믹
장 점	•내열성, 내후성, 방청력, 부착력, 신율우수 •내약품성, 내충격성 •희생양극방식 기능 •Re-Coating이 용이	•일반적인 시공성 •국내적용 실적이 많음 •건조가 빠름	•내약품성 •강인한 도막 미관성 •희생양극방식기능	•내약품성 •강인한 도막, 미관성 •내구성
단 점	•일반적 도료에 비해 비교적 고가 •작업시 접착제와 금속혼합물이 잘 혼합되도록 전동 믹서기를 이용하여 혼합하여야 함 •작업전 시공교육 필요	•내약품성이 나쁨. •내구성이 짧음 •내열성이 나쁨 •초기접착력은 우수하나, 접착력 저하(계 면탈락) •저온시 증점(점도상승, 유동성감소) 및 겔화현상 발생	•공사비 고가 •수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 •자외선에 약해 변색, 재료의 변형 유발 •고온에서 황변현상 •초기접착력은 우수하나, 접착력저하(계면탈락)	•공사비 고가 •수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 •다른 재질이므로 층간분리현상이 나타날 수 있음
내구성	20년	3 ~ 4년	5년	10년

5.2.4 보수성능 평가

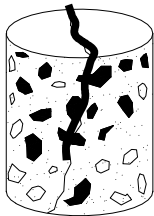
금회 점검에서 조사된 손상의 보수는 손상의 규모, 형태, 범위 및 작업성 등을 고려하여 최상의 보수효과를 기대할 수 있도록 공법을 선정하여 제안하였으며, 향후 다음의 보수성능 평가 방법을 참고하여 보수 전·후 여건 변화시 적절히 공법을 적용할 수 있도록 할 필요가 있다. 보수공사를 실시 후 보수성능 및 효과 확인 및 평가를 위한 방법으로 구조적으로 문제가 되지 않는 부위에 최소 직경으로 코어를 채취할 수 있으며, 구조물 방수효과를 확인하는 방법으로 가스압입 누수진단기, 방식효과 확인은 전기 화학적 분극저항 측정법 등이 있다.

1) 코어채취 방법-소규모, 구조적 영향이 적은 부위에 제한

가) 코어강도시험

- KS F 2422

나) 육안 확인

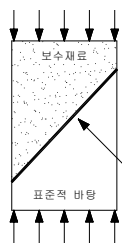


· 콘크리트 코어의 육안 확인을 통한 보수효과 평가

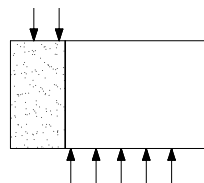
:외국의 연구결과에 의하면 균열깊이 80% 주입만으로도 거의 완전한 주입효과를 나타낼 수 있다고 보고되고 있어 최소한 균열깊이의 80% 이상 주입이 권장됨.

:구조물에 직접적인 손상을 입히는 코어의 채취에는 신중해야 하며, 구조적인 영향이 적은 부위에 소규모, 제한적으로 실시하도록 해야함.

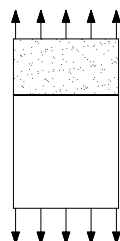
다) 실내시험에 의한 평가



경사전단시험



직접 전단 시험



일축인장시험

·경사전단 시험

:경제적이고 쉬움

(부착강도=파괴하중/부착면적)

:관련시험법(ASTM C 881~884,

ASTM C 1042,1059)

·직접전단 시험

:시험실과 현장 어느곳의 공시체도 측정가능

:관련 시험법(BNL 직접전단, IOWA 직접전단)

·일축인장 시험

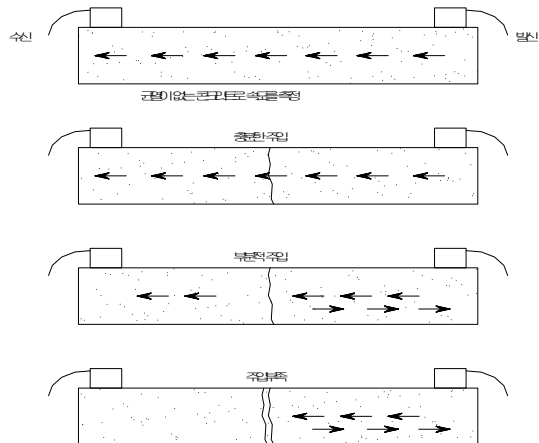
:현장의 콘크리트와 덧씌우기의 부착강도를 측정하는 시험방법

:관련 시험법(ACI 503R, NIST 연구 NISTIR 4648)

2) 비파괴 평가 방법

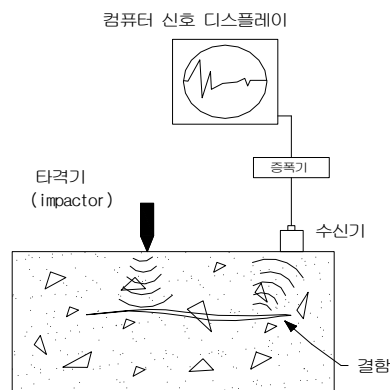
가) 초음파신호 속도(UPV) 시험

초음파 전파속도 측정에 의한 보수효과의 평가는 아래 그림과 같다.



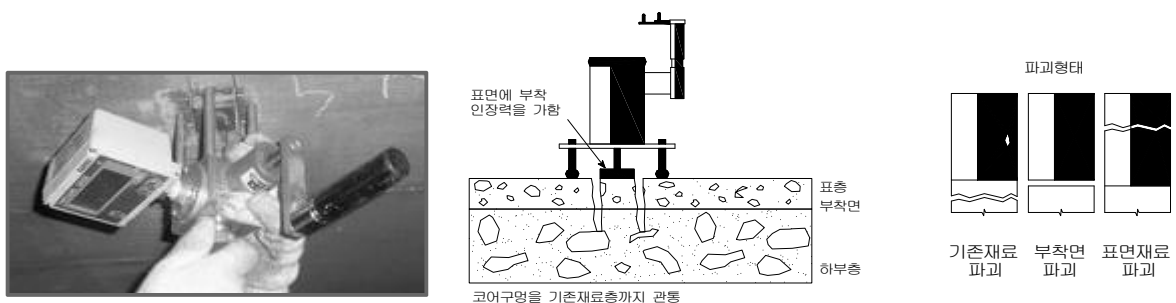
나) 충격 반향법(impact echo)

콘크리트 표면에 응력을 만들기 위해 타격기를 이용 기계적인 충격을 가했을 때 보수 전·후와 건전부에서 측정된 값의 비교하여 확인할 수 있다.



다) 부착강도 시험

섬유보강 등과 같은 표면접착 보수보강부의 부착강도는 인발시험(pull-off test) 등을 통해 현장 보수보강 효과를 확인할 수 있다.

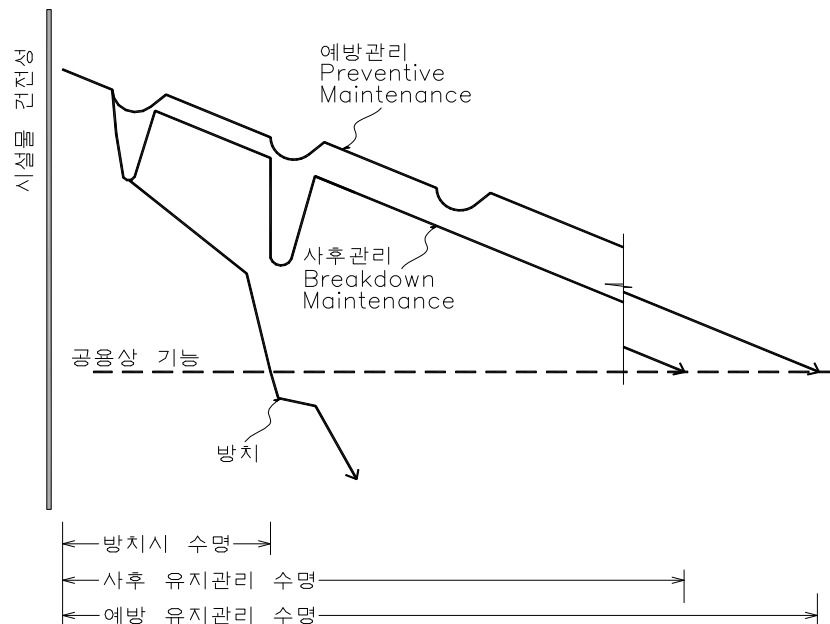


5.3 유지관리방안

5.3.1 개 요

시설물의 유지관리란「시설물의 안전관리에 관한 특별법」이하‘시특법’제2조에서‘완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량, 개수, 보강에 필요한 활동을 하는 것’으로 규정하고 있다.

이러한 유지관리는 수행방식에 따라 사후유지관리(Breakdown Maintenance)와 예방유지관리(Preventive Maintenance)방식의 두 가지 개념으로 구분하여 설명 할 수 있다.



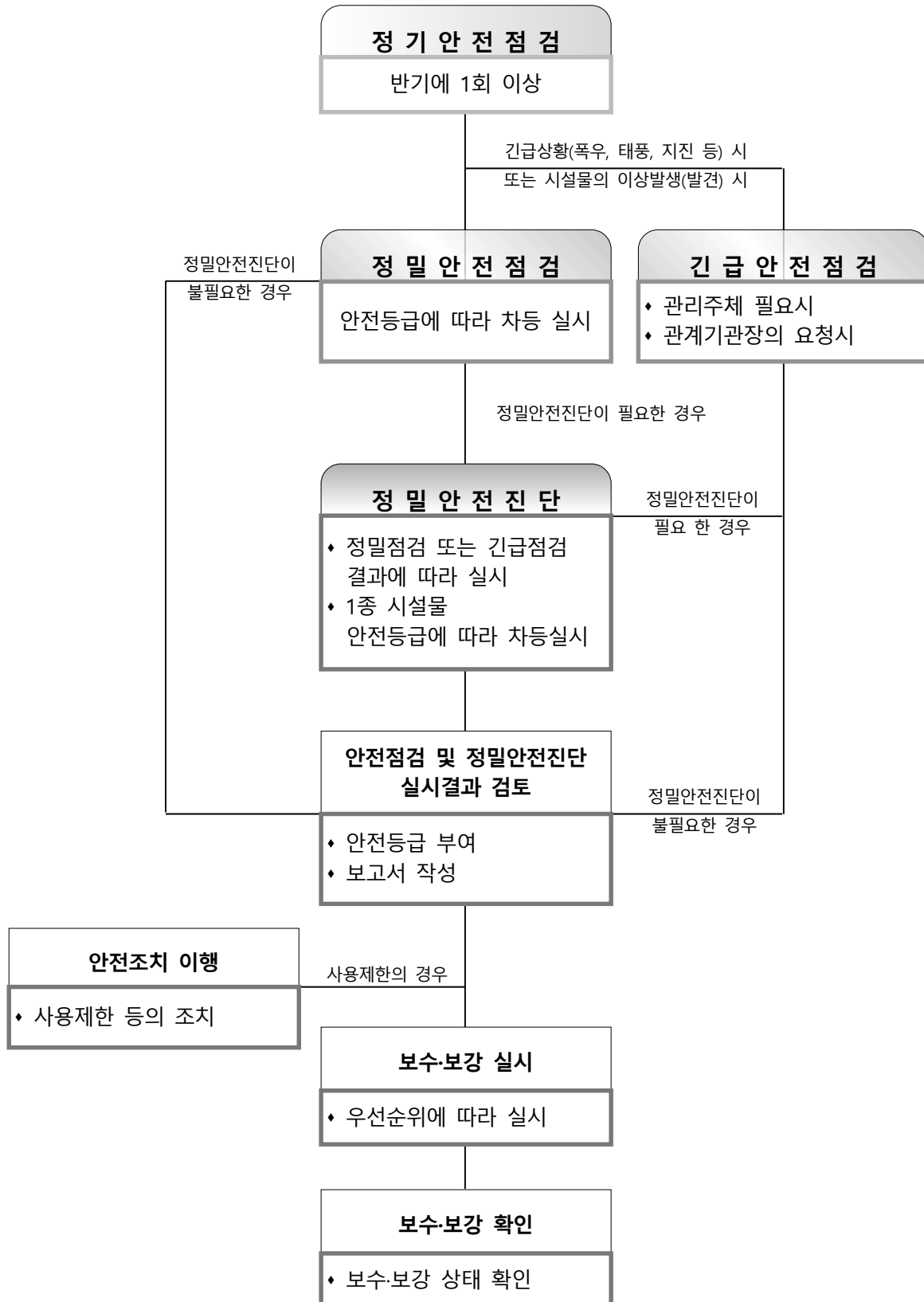
[그림 5.3.1] 유지관리 유형에 따른 시설물의 공용기간

- ① 시설물을 방치하면 손상이 더욱 진행되고 또 다른 손상을 유발시키는 등 기능저하가 가속되어 결국 공용성을 상실하게 되고
- ② 손상진행 후에 보수하는 방법 즉 사후유지관리를 한다면 손상이 경미한 시점에서 보수하여 기능회복을 도모하므로 공용 년 수를 연장할 수 있다. 단 손상의 진행이 현저하면 기능회복이 어렵고 많은 비용이 소요된다.
- ③ 손상 초기나 사전에 조치를 취하는 방법 즉 예방유지관리를 하면 손상의 초기단계에 조치되므로 비교적 적은 비용으로 기능을 회복할 수 있으며 건전한 상태의 공용 년 수를 확보 할 수 있다.

과거에는 보통 사후유지관리가 대부분이었으나, 인식의 변화와 기술의 발달로 근래에는 예방유지관리를 지향하고 있는 실정이며 그 일련의 대표적 활동이 시특법에 의한 시설물의 점검과 진단이며 결과에 따른 적극적 대책이 보수·보강이다.

5.3.2 안전점검 및 정밀안전진단 실시시기

시설물 유지관리의 일환인 안전점검 및 정밀안전진단의 실시시기는 아래와 같다.



[그림 5.3.2] 안전관리 업무 흐름도

5.3.3 중대결함

안전점검 또는 정밀안전진단 실시결과를 통보받은 관리주체는 중대결함이 포함되어있을 경우 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제23조제1항에 따라 시설물의 중대한 결함에 대한

통보를 받은 경우에는 법 제13조제6항에 따른 조치명령 또는 법 제23조제1항에 따른 통보를 받은 날부터 2년 이내에 시설물의 보수·보강 등 필요한 조치에 착수하여야 하며, 특별한 사유가 없는 한 착수한 날부터 3년 이내에 이를 완료하여야 한다.

가. 교량의 중대한 결함

- ① 시설물기초의 세굴
- ② 교량 교각의 부등침하
- ③ 교량 받침의 파손
- ④ 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력 손실
- ⑤ 그 밖에 시설물의 구조안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함은 다음과 같다.

[표 5.3.1] 시설물별 구조안전에 영향을 주는 결함(국토교통부령)-교량

시 설 물 명	주요부위의 중대한 결함
교 량	• 주요 구조부위 철근량 부족 • 주형의 균열 심화 • 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리 • 부재 연결판의 균열 및 심한 변형 • 철강재 용접부의 용접불량 • 케이블 부재 또는 긴장재의 손상 • 교대 · 교각의 균열 발생

나. 중대한 결함의 정도

시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

- (1) 시설물의 기초세굴
 - 기초세굴에 대한 상태평가 기준이 "d" 이하의 경우
- (2) 교량 교각의 부등침하
 - 교각 변위의 상태평가 기준이 "d" 이하의 경우
- (3) 교량 받침의 파손
 - 교량받침의 상태평가 기준이 "d" 이하의 경우
- (4) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

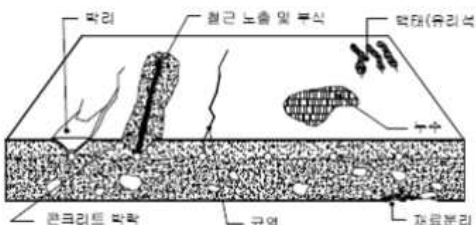
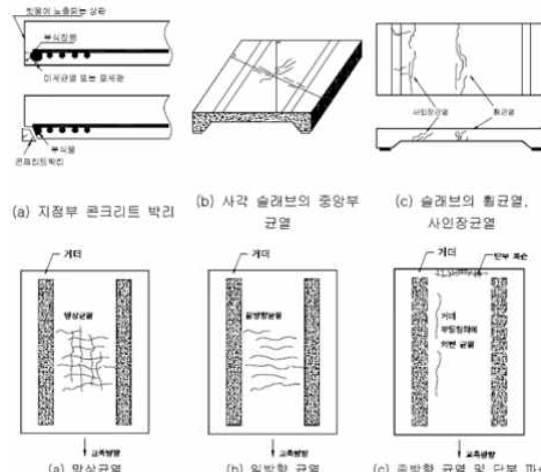
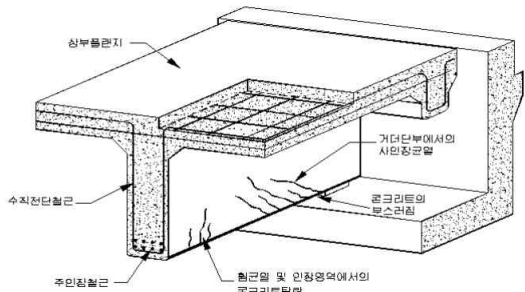
- 탄산화 잔여 깊이 또는 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 "d" 판정으로 철근콘크리트 바닥판, 철근콘크리트 거더, 프리스트레스 콘크리트 거더, 교대 및 교각 등에서 철근(강선)부식과 관련하여 상태평가 기준이 "e"를 포함하는 경우
- (5) 주요 구조부위의 철근량 부족
 - 구조 안전성 검토 결과 철근량 부족으로 내력 보강이 필요한 경우로 철근콘크리트 바닥판, 거더 및 교각 코핑부 등이 해당
- (6) 콘크리트 부재의 균열 심화
 - 부재의 균열 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우
- (7) 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리
 - 열화 및 손상의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우
- (8) 철강재 용접부의 불량 용접
 - 강재 용접연결부 결함의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우
- (9) 교대·교각의 균열 발생
 - 균열의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우
- (10) 강재 거더 및 연결판의 균열 및 심한 변형
 - 모재 및 연결부 손상의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우
- (11) 케이블 부재의 손상
 - 케이블 부재의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우
- (12) 프리스트레스 콘크리트 부재의 손상
 - 긴장재의 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

5.3.4 구조 부재별 점검사항

이 절에서 언급하는 내용은 본 교량에서 외관조사 결과 조사된 결함에 대해 보수·보강을 실시한 부재나 결함의 진전여부와 발생유무를 주기적으로 관찰함으로써 후에 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검하여야 할 사항들이다.

각 시설물별 중점유지관리 사항은 본 보고서 '제2편 교량편'에 상세히 기술하였으며, 장기적인 공용성의 확보를 위해 대상 교량의 각각의 구조부재 별로 중점적으로 유지관리 해야 할 부분들을 정리하면 다음과 같다.

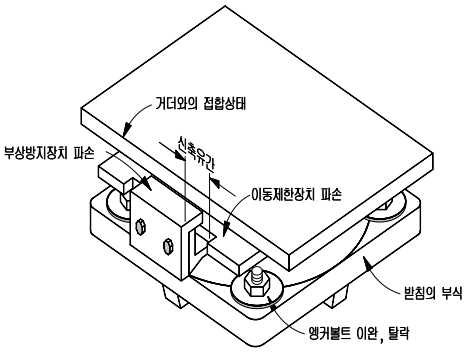
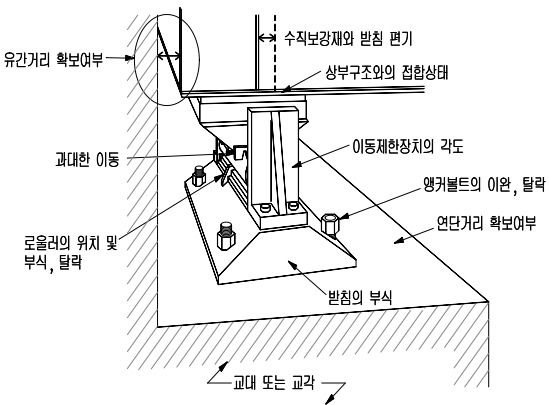
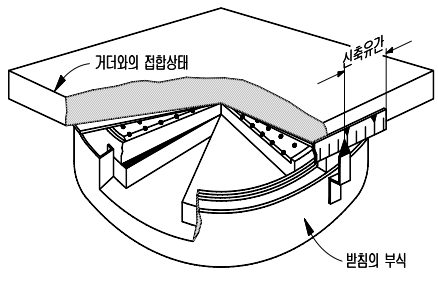
[표 5.3.2] 구조 부재별 점검사항(1)

구 분	점 검 내 용
바닥판	•종,횡방향 균열과 망상균열 발생 여부 •누수 및 백태 발생 여부 •캔틸레버 손상여부   (a) 종방향 균열 (a) 종방향 균열 (a) 종방향 균열 (b) 횡방향 균열 (b) 횡방향 균열 (b) 횡방향 균열 (c) 종·횡방향 균열 (c) 종·횡방향 균열 (c) 종·횡방향 균열
콘크리트 주거터 및 2차 부재	•신축에 의한 교대 흥벽과의 밀착 여부 (하절기) •거터의 받침부의 부스러짐, 복부 사인장 균열 발생 여부 •거터 중앙부 횡방향 균열 발생 여부 •처짐 및 변형 여부 •경사균열(거터의 상대처짐) 발생 여부 

[표 5.3.3] 구조 부재별 점검사항(2)

구 분	점 검 내 용	
교면포장	•포장면의 균열, 마모, 함몰, 단차 및 요철발생 여부 •제빙재의 빈번한 살포에 의한 노후화 정도	
신축이음	•신축이음 본체 파손여부 •신축이음 물받이 오물퇴적 여부 •후타재 콘크리트의 균열 및 파손 여부 •신축이음부 파손에 따른 누수 여부	
난간 (콘크리트 방호벽)	•방호벽 균열 발생 여부 •방호벽이음부의 우수 침투 및 열화에 의한 박리, 박락, 백태 발생 여부	
배수시설	•배수구 및 배수관 오물퇴적 발생 여부 •배수구 덮개 파손 발생 여부	<포장 단면>

[표 5.3.4] 구조 부재별 점검사항(3)

구 분	점 검 내 용	
받침부	•거동상태, 부식발생 여부 •받침모르타르 균열 및 파손여부 •신축 여유량 부족 여부 •교대, 교각의 연단부 파괴(파손) 여부 	 
교대 교각 기초	•교대/교각 균열 발생부에 대한 보수후 재균열 여부 (철근부식에 따른 팽창균열 발생 등) •기초지반의 변화상태 •변위(경사, 침하 등)여부 •신축이음부 누수로 인한 백태 •육안조사 및 타격조사를 통해 확인된 열화 및 손상부는 충분한 제거 후 보수를 시행해야 함.	