관리번호

2017년 서울춘천고속도로 정밀점검용역
(미사대교 등29개시설물)

종 합 보 고 서

[발 산 1 교]

2017. 12.

서 울 춘 천 고 속 도 로

[주] 에 스 코 알 티 에 스

2017년

서울춘천고속도로

정밀점검용역

발산1교

종합보고서

2017
.
12

서울춘천고속도로

제 출 문

서울춘천고속도로주식회사 귀하

귀 사와 계약 체결한 『2017년 서울춘천고속도로 정밀점검용역(미사대교 등 29개 시설물)』을 성실히 수행하고 정밀점검 결과를 본 보고서에 수록하고 부속자료를 함께 제출합니다.

2017년 12월

서울특별시 강남구 테헤란로7길 7(역삼동)

㈜ 에 스 코 알 티 에 스

대 표 이 사 조 영 철 (인)

참여 기술진

참여구분	참여분야	이 름	등 급	직 책	서 명
사 업 책임기술자	사업책임	이 무 영	특급	전무	
참여기술자	보수·보강방안 제시	김 영 문	특급	이사	
	보수·보강방안 제시	김 도 훈	특급	이사	
	현장조사 및 비파괴시험 분석	양 찬 주	특급	이사	
	현장조사 및 비파괴시험 분석	최 대 성	고급	차장	
	현장조사 및 비파괴시험 분석	이 찬 영	고급	연구원(수석)	
	현장조사 및 비파괴시험 분석	김 정 민	초급	차장	
	보고서 및 도면 작성	윤 한 울	중급	대리	
	보고서 및 도면 작성	문 연 수	초급	사원	

위 치 도

발산1교

발산1교(서울) 상부 전경

발산1교(서울) 측면 전경

발산1교(양양) 상부 전경

발산1교(양양) 측면 전경

발산1교(서울) 전경사진

발산1교(서울) 상부전경

발산1교(서울) 측면전경

발산1교(서울) 정밀점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황

용 역 명	2017년 서울춘천고속도로 정밀점검용역(미사대교 등 29개 시설물)				
점검기간	2017년 09월 22일 ~ 2017년 12월 29일				
관리주체명	서울춘천고속도로(주)	대 표 자	임 민 규		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	제한경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2009년 08월 11일	점검금액(천원)	2,735	안전등급	B
시설물 위치	강원도 홍천군 서면 마곡리	시설물 규모	L=535.0m, B=12.6m		

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	없음.
점검 주요결과	· 방호벽 균열, 긁힘 · 교면포장 균열, 마모, 포트홀 · 배수시설 배수구 막힘, 배수관 이격 · 신축이음 후타재 균열, 파손, 본체 부식 등 · 거더 균열, 백태, 재료분리 등 · 교량받침 받침콘크리트 균열, 먼지보호링 탈락 등 · 하부구조 균열, 파손, 백태 등
주요 보수·보강	· 표면처리, 단면보수, 재도장 등

다. 책임(참여) 기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업 책임기술자	이 무 영	2017.09.22 ~ 2017.12.29	특급기술자
참여기술자	김 영 문	2017.09.22 ~ 2017.12.29	특급기술자
	김 도 훈	2017.09.22 ~ 2017.12.29	특급기술자
	양 찬 주	2017.09.22 ~ 2017.12.29	특급기술자
	최 대 성	2017.09.22 ~ 2017.12.29	고급기술자
	이 찬 영	2017.09.22 ~ 2017.12.29	고급기술자
	김 정 민	2017.09.22 ~ 2017.12.29	초급기술자
	윤 한 울	2017.09.22 ~ 2017.12.29	중급기술자
	문 연 수	2017.09.22 ~ 2017.12.29	초급기술자

라. 참고사항

- 폭 0.3mm이상 균열 및 단면손상 진전여부 확인

2. 결과요약

책임기술자 종합의견
발산1교(서울)는 준공 후 8년이 경과된 PSC BOX Girder 형식의 교량으로 교면포장 균열 및 패임, 방호벽 균열 및 긁힘, 배수시설 막힘 및 이격, 신축이음 본체 부식 및 고무재 파손, 후타재 균열 및 파손, 바닥판 백태 및 오염, 거더 균열, 백태, 박락 및 정착구 보강판 부식, 교량받침 균열 및 볼트 체결불량, 하부구조 표면열화, 파손, 균열, 백태, 망상균열 등이 조사되어 ”B등급“(양호)으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한, 하자보수를 실시한 보수부의 점검을 통한 재손상 여부를 판단하여 이에 대한 적절한 조치를 취하여야 할 것이다. 책임기술자 : 이 무 영 (서명)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 · 보강			상태평가 결과 : B
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수 · 보강(안)
교면포장	b	균열, 마모, 포트홀	주의관찰
방호벽	b	균열, 긁힘	표면처리, 주입보수, 단면보수
배수시설	b	배수구 막힘, 배수관 이격	청소, 재설치
신축이음	c	후타재 균열, 파손	표면처리, 단면보수
바닥판	b	균열, 누수 및 오염, 백태	표면처리
거더	b	균열, 망상균열, 백태	표면처리, 단면보수
교량받침	b	받침콘크리트 균열, 먼지보호링 탈락	표면처리 주의관찰
교대, 교각	b	균열, 백태, 파손	표면처리, 주입보수, 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-				

다. 내진성능 검토 수행 여부

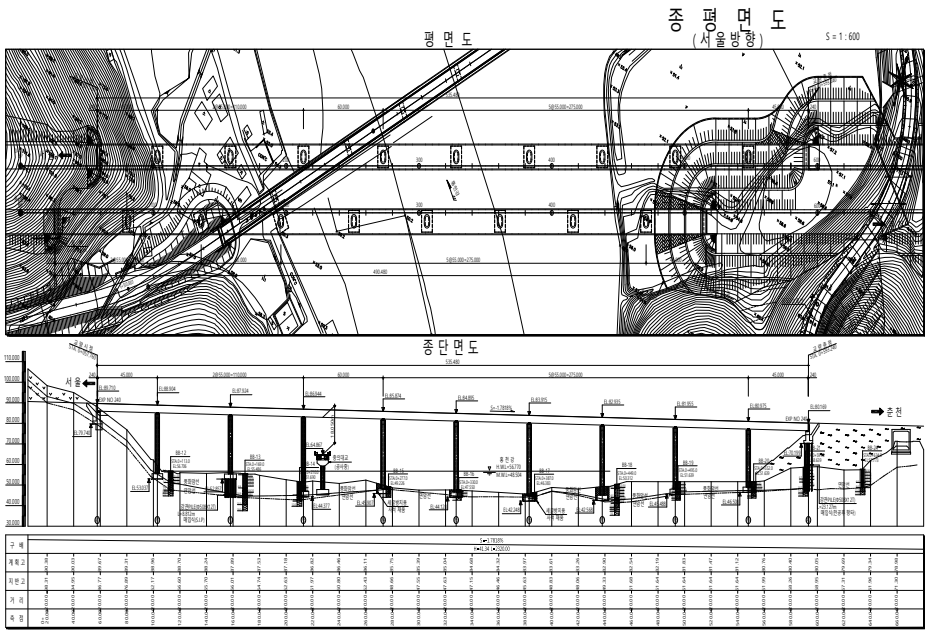
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
-	Yes		

라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과	책임기술자 의견
강도시험 (반발경도)	상・하부구조	상 부 : 41.3 ~ 47.4MPa 하 부 : 24.5 ~ 27.2MPa	설계기준강도 이상을 확보 (상부:40.0MPa, 하부:24.0MPa)
탄산화시험	상・하부구조	상부구조 : 3.2 ~ 3.9㎜ 하부구조 : 3.0 ~ 5.3㎜	탄산화 잔여깊이 30㎜이상으로 탄산화에 의한 철근부식 없음

발산1교(서울) 현황표

작 성 일 : 2017년 12월

구 분	내 용		구 분	내 용	
시설물명	발산1교(서울)		시설물번호	서울 : BR2009-0000736	
준공년월일	2009년 08월 11일		관리번호	-	
시설물위치	강원도 홍천군 서면 마곡리 산 129				
설계하중	DB-24, DL-24		노선명(이정)	서울춘천고속도로(43.64㎞)	
제원	연장	L =535.0m, (45+2@55+60+5@55+45 = 535.0m)			
	폭	B=12.6m, 방향별 2차로			
구조형식	상부	P.S.C Box Girder	기초형식	교대	직접 + 말뚝기초
	하부	교대 - 역T형 교각 - 중공트랙형		교각	직접 + 말뚝기초
교량받침	마찰형 포트받침 + L.R.B 면진받침		신축이음	Finger Joint	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)	충의대교, 홍천강		통과높이	18.05m	
부착시설물	-				
기 타					

발산1교(양양) 전경사진

발산1교(양양) 상부전경

발산1교(양양) 측면전경

발산1교(양양) 정밀점검 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황					
용 역 명	2017년 서울춘천고속도로 정밀점검용역(미사대교 등 29개 시설물)				
점검기간	2017년 09월 22일 ~ 2017년 12월 29일				
관리주체명	서울춘천고속도로(주)	대 표 자	임 민 규		
공동수급	독자수행 100%	계약방법	제한경쟁		
시설물 구분	교 량	종 류	도로교량	종 별	1종
준 공 일	2009년 08월 11일	점검금액(천원)	2,505	안전등급	B
시설물 위치	강원도 홍천군 서면 마곡리	시설물 규모	L=490.0m, B=12.6m		

나. 점검 실시결과 현황	
중대결함	없음.
점검 주요결과	· 교면포장 균열, 마모, 패임 · 방호벽 균열, 백태 · 배수시설 배수구 막힘, 배수관 탈락 · 신축이음 후타재 균열, 파손, 본체 부식, 이물질 퇴적 · 거더 균열, 백태, 박락 등 · 교량받침 받침콘크리트 균열 · 하부구조 균열, 백태, 들뜸 및 박락, 파손 등
주요 보수·보강	· 표면처리, 주입보수, 단면보수 등

다. 책임(참여) 기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급
사업 책임기술자	이 무 영	2017.09.22 ~ 2017.12.29	특급기술자
참여기술자	김 영 문	2017.09.22 ~ 2017.12.29	특급기술자
	김 도 훈	2017.09.22 ~ 2017.12.29	특급기술자
	양 찬 주	2017.09.22 ~ 2017.12.29	특급기술자
	최 대 성	2017.09.22 ~ 2017.12.29	고급기술자
	이 찬 영	2017.09.22 ~ 2017.12.29	고급기술자
	김 정 민	2017.09.22 ~ 2017.12.29	초급기술자
	윤 한 울	2017.09.22 ~ 2017.12.29	중급기술자
	문 연 수	2017.09.22 ~ 2017.12.29	초급기술자

라. 참고사항

- 폭 0.3mm이상 균열 및 단면손상 진전여부 확인

2. 결과요약

책임기술자 종합의견
발산1교(양양)는 준공 후 8년이 경과된 PSC BOX Girder 형식의 교량으로 교면포장 균열 및 마모, 방호벽 균열 및 백태, 배수시설 막힘 및 탈락, 신축이음 본체 부식 및 고무재 파손, 후타재 균열 및 파손, 바닥판 파손, 거더 균열, 백태, 박락 및 정착구 보강판 부식, 교량받침 균열, 하부구조 표면열화, 파손, 균열, 망상균열 등이 조사되어 ”B등급“(양호)으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상・결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한, 하자보수를 실시한 보수부의 점검을 통한 재손상 여부를 판단하여 이에 대한 적절한 조치를 취하여야 할 것이다. 책임기술자 : 이 무 영 (서명)

가. 정밀점검 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수 · 보강			상태평가 결과 : B
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수 · 보강(안)
교면포장	b	균열, 마모, 패임	주의관찰
방호벽	b	균열, 백태	표면처리
배수시설	c	배수구 막힘, 배수관 탈락	청소, 재설치
신축이음	c	후타재 균열, 파손, 본체 부식	표면처리, 단면보수 주의관찰
바닥판	b	백태, 파손, 보수부 들뜸	표면처리, 단면보수
거더	c	균열, 백태, 박락 및 들뜸	표면처리, 주입보수, 단면보수
교량받침	b	받침콘크리트 균열	표면처리, 주입보수
교대, 교각	c	균열, 백태, 들뜸 및 박락, 파손	표면처리, 주입보수, 단면보수

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
-				

다. 내진성능 검토 수행 여부

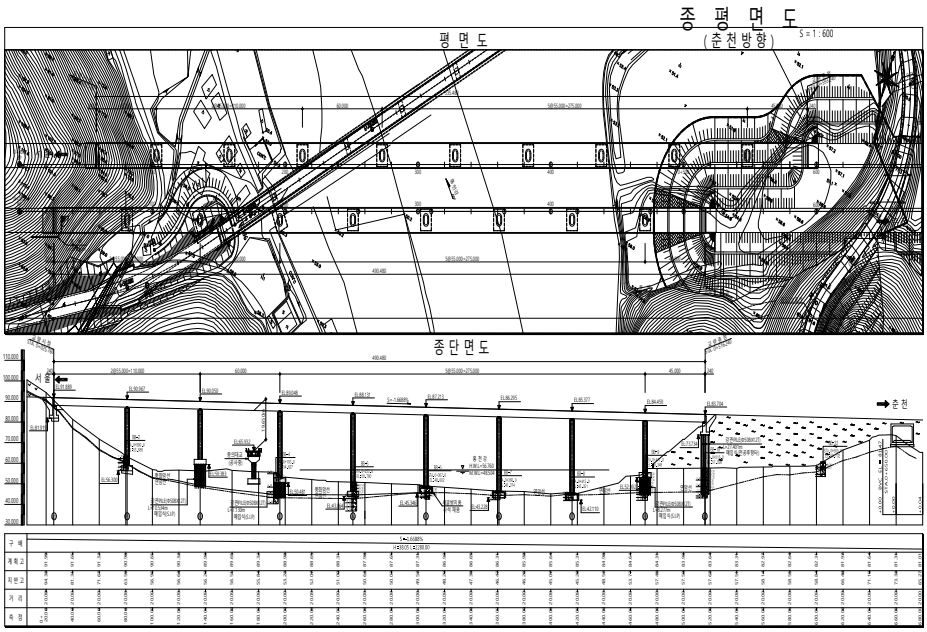
검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
-	Yes		

라. 현장시험

시 험 명	시험부위	시험 결과	책임기술자 의견
강도시험 (반발경도)	상・하부구조	상 부 : 44.1 ~ 47.2MPa 하 부 : 26.0 ~ 27.0MPa	설계기준강도 이상을 확보 (하부:40.0MPa, 하부:24.0MPa)
탄산화시험	상・하부구조	상부구조 : 3.0 ~ 3.5㎜ 하부구조 : 3.2 ~ 5.0㎜	탄산화 잔여깊이 30㎜이상으로 탄산화에 의한 철근부식 없음

발산1교(양양) 현황표

작 성 일 : 2017년 12월

구 분	내 용		구 분	내 용	
시설물명	발산1교(양양)		시설물번호	양양 : BR2009-0000737	
준공년월일	2009년 08월 11일		관리번호	-	
시설물위치	강원도 홍천군 서면 마곡리 산 129				
설계하중	DB-24, DL-24		노선명(이정)	서울춘천고속도로(43.64㎞)	
제원	연장	L =490.0m, (2@55+60+5@55+45=490.0m)			
	폭	B=12.6m, 방향별 2차로			
구조형식	상부	P.S.C Box Girder	기초형식	교대	직접기초, Pile기초
	하부	교대: 역T형 교각: 중공트랙형		교각	직접기초, Pile기초
교량받침	I.L.M 포트받침 + L.R.B 면진받침		신축이음	Finger Joint	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)	충의대교, 홍천강		통과높이	18.05m	
부착시설물	-				
기 타					

과 업 요 약 문

1. 과업의 목적

본 용역은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제6조 1항에 따라 실시하는 정밀점검 용역으로써 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 상태 등을 정확하게 검사, 평가하고 그에 대하여 적절하게 조치함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 체계적인 구조물 관리를 도모코자 함.

2. 시설물 개요

가. 과 업 명 : 2017년 서울춘천고속도로 정밀점검용역(미사대교 등 29개 시설물)

나. 과업기간 : 2017년 09월 22일 ~ 2017년 12월 29일

다. 대상시설물 개요

<표 2.1> 대상시설물 개요

교량명	노선명	위 치	연장 (m)	총 폭 (m)	형 식		설계 하중	준공 년도	비고
					상부	하부			
발산1교 (서울)	서울춘천고속도로 이정 43.64km	홍천군 서면 마곡리	535.0	12.6	PSC Box Girder	역T형 트랙형	DB-24 DL-24	2009	편도 2차선
발산1교 (양양)	서울춘천고속도로 이정 43.64km	홍천군 서면 마곡리	490.0	12.6	PSC Box Girder	역T형 트랙형	DB-24 DL-24	2009	편도 2차선

3. 과업의 범위 및 내용

3.1 과업범위

가. 자료수집 및 분석 (준공도면, 기 점검보고서, 보수자료 등) 검토

나. 현장조사 (외관조사)

다. 비파괴시험

라. 점검결과 검토 및 분석

마. 시설물 상태평가

바. 보수・보강 방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시

사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

아. 종합보고서 작성 전산입력(FMS)

3.2 과업의 세부내용

가. 자료수집 및 분석

◦ 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리・수문계산서

◦ 구조・수리・수문 계산(계산서가 없는 경우)

◦ 실측도면 작성(도면이 없는 경우)

◦ 시공・보수・보강도면, 제작 및 작업도면

◦ 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료

◦ 시설물관리대장

◦ 기존 안전점검・정밀안전진단 실시결과

◦ 보수・보강이력

나. 현장조사

◦ 외관조사 및 외관조사망도 작성

※ 작성대상부재는 감독원의 지시에 따른다.

- 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등
- 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등

◦ 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치·해체 등

◦ 조사용 접근장비 운용

◦ 조사부위 표면청소

◦ 마감재의 해체 및 복구

다. 비파괴시험

◦ 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험

◦ 간단한 현장 재료시험 등

- 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험)
- 콘크리트 탄산화 깊이 측정
- 철근탐사시험(선택적 항목), 용접부 결함검사(선택적 항목)

라. 점검결과 검토 및 분석

마. 시설물 상태평가

◦ 외관조사 결과 분석

◦ 시설물의 부재별 외관조사 및 점검결과에 따른 상태평가 실시

단, 상태평가 산정은 『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침』 및 시설안전기술공단의 상태평가 산정프로그램에 의한다.

◦ 시설물의 결함부위 진단 및 결함원인 분석

◦ 필요시 안전성 평가에 대한 내하력 평가시 구조해석 실시

◦ 구조해석은 시공상태를 기준으로 분석하고, 상부구조 및 하부구조를 포함

◦ 현장 재료시험 결과 분석

◦ 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가

◦ 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견(안전등급 지정)

바. 보수・보강 방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시

◦ 보수・보강 방법 제시

◦ 보수시기, 보수 우선순위 및 보수대책은 고속도로상 작업여건을 감안, 이용객의 불편을 최소화할 수 있는 방안으로 각 시설물별로 작성

◦ 보수・보강대책은 시설물의 전면보수 시까지 구조물의 기능을 유지하기 위하여 필요한 사항(보수대상, 적정공법, 소요예산 등)을 선정 제시

사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

◦ 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

본 과업수행 중 파악한 유지관리상의 문제점에 대한 적절한 보안대책을 작성, 유지관리 개선사항으로 제시

아. 종합보고서 작성 전산입력(FMS)

◦ 시설안전기술공단 『시설물정보 통합관리시스템(FMS)』

◦ 한국도로공사 『구조물 외관조사망도시스템(SDMS)』

4. 발산1교(서울) 정밀점검 결과

4.1 외관조사결과

1) 교면포장

교면포장은 ASP포장으로 시공되어 있으며, 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 실시하였다.

교면포장에 대한 외관조사 결과, 주요손상으로는 균열, 마모, 포트홀 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 현재 조사된 손상은 경미한 수준으로 주행성 및 내구성 확보상의 문제는 없는 상태이이나, 향후 공용년수 증가(반복적인 통행차량 윤하중 재하)에 따른 ASP포장부 마모 및 균열 등 추가 손상이 발생될 우려가 있으므로 주기적인 점검 및 유지관리가 필요하다.

2) 방호벽

방호벽은 철근콘크리트 방호벽으로 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적 요인에 의한 폭 0.3mm 미만의 균열과 긁힘 등이 발생한 것으로 조사되었다. 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동절기 동결융해의 반복에 의한 추가 손상이 발생될 수 있으므로 보수후 이에 대한 주의깊은 점검이 요구된다.

3) 배수시설

배수시설은 좌측 방호벽에 인접하여 설치되어 있으며, 배수파이프로 연결되어 하부로 배수하도록 시공되어 있다. 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부개소에서 배수구 막힘 및 배수관 이격이 조사되었다. 기 발생된 손상은 정비 등의 조치가 필요하다.

4) 신축이음

신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 핑거조인트(A1, A2)로 시공되어 있다.

외관조사 결과, 공용기간 증가 및 지속적인 차량통행으로 인한 후타재 균열, 국부적인 후타재 파손, 신축이음 본체 부식 및 고무재 파손 등이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발

생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.

발산1교(서울)의 각 신축이음별 신축량 및 유간거리를 검토한 결과 각 신축이음은 하절기 온도상승 및 동절기 온도하강시 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

5) 바닥판

ILM(Incremental Launching Method)공법으로 시공된 발산1교(서울)는 총 10경간으로 구성되어 있으며, 상부구조는 PSC 박스거더로 시공되어 있다. 상부구조 PSC 박스 거더의 상부플랜지는 외관조사 및 상태평가 산정시 바닥판으로 분류하였다.

외관조사결과, 바닥판 외부에 배수구 누수로 인한 백태 및 오염 등이 조사되었다. 기 발생된 손상부는 상부 배수구 정비와 연계한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

6) 거더

거더에 대한 외관조사 결과, 거더 내·외부에 국부적인 균열, 백태, 받침부 박락 등이 발생되었으며, 공용기간 증가로 인해 정착구 보강판 부식이 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

7) 교량받침

교량받침은 상・하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.

본 발산1교(서울)의 교대는 ILM 포트받침으로 이루어져 있으며 교각은 납면진 LRB받침으로 총 22개소가 시공되있다. 외관조사결과, 시공 초기 건조수축 및 시공오류로 인한 받침 콘크리트, 몰탈 균열, 볼트체결불량의 손상이 조사되었다. 기 발생된 손상은 수량이 미소하며, 받침장치의 기능상의 문제는 없는 것으로 판단되어, 주기적인 점검 및 관찰을 실시 후 손상의 진전여부를 확인하여 보수해야 할 것으로 사료된다.

교대 및 교각의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 발산1교(서울)는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

또한, 기 실시한 정밀점검(2016.08)과 비교시 측정오류 및 연단거리의 차이는 없는 것으로 측정・검토되었다.

대상 교량 받침장치의 대기온도 변화를 고려하여 상부 바닥판의 신축 변화량을 산정하

고 각 지점에서 측정된 받침장치 가동량을 측정 비교・검토하였다.

본 교량의 가동받침의 이동량 산정시 온도변화는 보통지방을 고려하여 -5℃～+35℃ 설계하였으며 설계시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정/확인 되었다.

8) 교대 및 교각

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 구조부재이며, 교대는 역T형(직접+Pile기초), 교각은 육각중공식(직접+Pile기초)으로 시공되어있다.

교대에 대한 외관조사결과, 초기 수화열 및 건조수축에 의한 폭0.3mm미만 균열과 외측부의 우수유입으로 인한 표면열화 및 누수흔적, 구체 파손의 손상이 발생되어 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

교각에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.3mm 내·외의 균열, 백태, 파손, 망상균열 등이 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

4.2 비파괴시험 결과

가. 비파괴시험에 의한 압축강도측정 결과

<표 4.1> 압축강도 측정결과 [단위 : MPa]

부재 \ 종류		시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
상부구조	거더	41.3 ~ 47.4	40.0	103 ~ 118
하부구조		24.5 ~ 27.2	24.0	102 ~ 113

콘크리트 비파괴 시험결과 상부구조 거더 추정 비파괴 강도는 41.3～47.4MPa, 하부구조 교대, 교각 추정 비파괴강도는 24.5～27.2MPa로서 설계기준강도(거더 : 40.0MPa, 교대, 교각 : 24.0MPa) 이상을 확보하고 있는 것으로 측정・검토 되었다.

나. 탄산화 깊이 측정 결과

<표 4.2> 탄산화깊이 측정결과 [단위 : mm]

시험위치	탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (t_d)	비고
거더내부 S2	3.5	8	1.24	36.5	100년이상	
거더외부 S3	3.2	8	1.13	36.8		
거더외부 S7	3.9	8	1.38	36.1		
교대 A1	3.0	8	1.06	97.0		
교각 P2	3.2	8	1.13	96.8		
교각 P4	5.3	8	1.87	94.7		

탄산화 깊이 측정은 총 6개소(상부구조 3개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였으며 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 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 측정결과 모든 측정부재에서 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정한 결과 100년 이상으로 탄산화에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단된다.

4.3 상태평가 결과

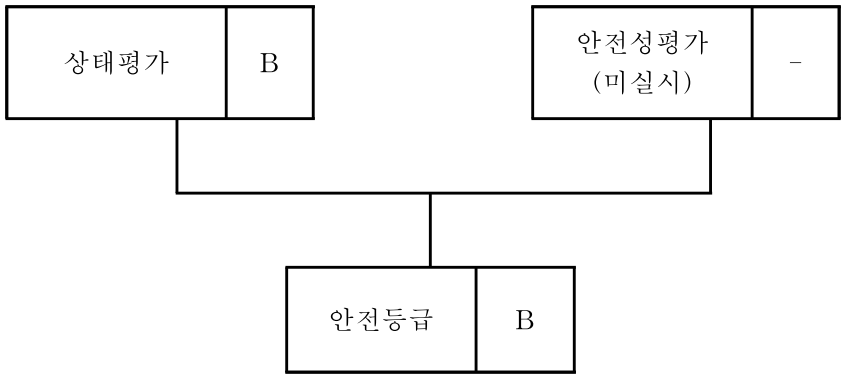
<표 4.3> 상태평가 결과

개별교량명	발산1교(서울)						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
발산1교(서울)	0.196	B	535.0	2	1,070	1.00	0.196
합계(Σ)			535.0		1,070	1.00	0.196
1. 평가지수 =						0.196	
2. 상태평가 결과 =						B 등급	

본 발산1교(서울)의 상태평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 "B등급"의 상태로 평가 되었다.

4.4 안전등급 지정

<표 4.4> 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	평가지수	평가기준
평가결과	0.196	B	미실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정				

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급"보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태"로 지정되었다.

4.5 보수 · 보강 방안

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
방호벽	균열(폭0.3mm미만)	36.42㎡	표면처리	1638.9	3	
	균열(폭0.3mm이상)	0.24m	주입보수	28.8	2	
	긁힘	0.96㎡	단면보수	192	2	
배수시설	배수구 막힘	1EA	청소	3	2	
	배수관 이음부 누수	1EA	정비	3	3	
	배수관 이격	2EA	정비	6	3	
신축이음	후타재 균열	1.8m	표면처리	81	3	
	후타재 파손	0.25㎡	단면보수	50	2	
	누수흔적	0.6㎡	표면처리	27	2	
바닥판	균열(0.3mm미만)	1.53㎡	표면처리	68.85	3	하자
	누수 및 오염	0.11㎡	표면처리	4.95	2	하자
	백태	0.34㎡	표면처리	15.3	2	하자
거더	균열(폭0.3㎜미만)	18.18㎡	표면처리	818.1	3	하자
	백태	1.01㎡	표면처리	45.45	2	하자
	망상균열	3.6㎡	표면처리	162	2	하자
	박락 및 들뜸	0.24㎡	단면복구	48	2	하자
	재료분리	0.07㎡	단면복구	14	2	하자
교량받침	균열(폭0.3mm미만)	0.95㎡	표면처리	42.75	3	하자
교대	균열(폭0.3mm미만)	1.5m	표면처리	67.5	3	하자
	파손	0.24㎡	단면복구	48	2	하자
	누수흔적	0.38㎡	표면처리	169.1	2	하자
	표면열화	2.02㎡	단면보수	404	2	하자
교각	균열(폭0.3mm미만)	4.65㎡	표면처리	209.25	3	하자
	균열(폭0.3mm이상)	0.42m	주입보수	50.4	2	하자
	백태	0.29㎡	표면처리	13.05	2	하자
	파손	0.05㎡	단면복구	10	2	하자
	망상균열	0.96㎡	표면처리	43.2	2	하자
순 공 사 비				4,264		
제경비(순공사비×0.5)				2,132		
총 공 사 비				**6,396**		

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

4.6 종합결론

발산1교(서울)는 준공 후 8년이 경과된 PSC BOX Girder 형식의 교량으로 교면포장 균열 및 패임, 방호벽 균열 및 긁힘, 배수시설 막힘 및 이격, 신축이음 본체 부식 및 고무재 파손, 후타재 균열 및 파손, 바닥판 백태 및 오염, 거더 균열, 백태, 박락 및 정착구 보강판 부식, 교량받침 균열 및 볼트 체결불량, 하부구조 표면열화, 파손, 균열, 백태, 망상균열 등이 조사되어 ”B등급“(양호)으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상・결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한, 하자보수를 실시한 보수부의 점검을 통한 재손상 여부를 판단하여 이에 대한 적절한 조치를 취하여야 할 것이다.

5. 발산1교(양양) 정밀점검 결과

5.1 외관조사결과

1) 교면포장

교면포장은 ASP포장으로 시공되어 있으며, 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 실시하였다.

교면포장에 대한 외관조사 결과, 주요손상으로는 균열, 마모, 패임 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다. 현재 조사된 손상은 경미한 수준으로 주행성 및 내구성 확보상의 문제는 없는 상태이이나, 향후 공용년수 증가(반복적인 통행차량 윤하중 재하)에 따른 ASP 포장부 마모 및 균열 등 추가 손상이 발생될 우려가 있으므로 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

2) 방호벽

방호벽은 철근콘크리트 방호벽으로 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적 요인에 의한 폭 0.3mm 미만의 균열과 백태 등이 발생한 것으로 조사되었다. 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동절기 동결융해의 반복에 의한 추가 손상이 발생될 수 있으므로 보수후 이에 대한 주의깊은 점검이 요구된다.

3) 배수시설

배수시설은 좌측 방호벽에 인접하여 설치되어 있으며, 배수파이프로 연결되어 하부로 배수하도록 시공되어 있다. 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나, 일부개소에서 배수구 막힘 및 배수관 탈락이 조사되었다. 기 발생된 손상은 정비 등의 조치가 필요한 것으로 판단된다.

4) 신축이음

신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 핑거조인트(A1, A2)로 시공되어 있다.

외관조사 결과, 공용기간 증가 및 지속적인 차량통행으로 인한 후타재 균열, 국부적인

후타재 파손, 신축이음 본체 부식 및 고무재 파손 등이 발생된 것으로 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단되며, 특히 본체 이물질 퇴적의 경우 신축이음의 원활한 거동을 위한 주기적인 청소 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

발산1교(양양)의 각 신축이음별 신축량 및 유간거리를 검토한 결과 각 신축이음은 하절기 온도상승 및 동절기 온도하강시 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

5) 바닥판

ILM(Incremental Launching Method)공법으로 시공된 발산1교(양양)는 총 9경간으로 구성되어 있으며, 상부구조는 PSC 박스거더로 시공되어 있다. 상부구조 PSC 박스 거더의 상부플랜지는 외관조사 및 상태평가 산정시 바닥판으로 분류하였다.

외관조사결과, 바닥판 외부에 국부적인 파손이 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요한 것으로 판단된다.

6) 거더

거더에 대한 외관조사 결과, 거더 내·외부에 국부적인 균열, 박락, 백태 및 부식 등이 발생되었으며, 공용기간 증가로 인해 정착구 보강판 부식이 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보 차원의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

7) 교량받침

교량받침은 상・하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.

본 발산1교(양양)의 교대는 ILM 포트받침으로 이루어져 있으며 교각은 납면진 LRB받침으로 총 20개소가 시공되있다. 외관조사결과, 시공 초기 건조수축 및 시공오류로 인한 받침 콘크리트 균열 및 몰탈 균열 등의 손상이 조사되었다. 기 발생된 손상은 수량이 미소하며, 받침장치의 기능상의 문제는 없는 것으로 판단되나 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

교대 및 교각의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 발산1교(양양)는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

또한, 기 실시한 정밀점검(2016.08)과 비교시 측정오류 및 연단거리의 차이는 없는 것으로 측정・검토되었다.

대상 교량 받침장치의 대기온도 변화를 고려하여 상부 바닥판의 신축 변화량을 산정하고 각 지점에서 측정된 받침장치 가동량을 측정 비교・검토하였다.

본 교량의 가동받침의 이동량 산정시 온도변화는 보통지방을 고려하여 -5℃～+35℃ 설계하였으며 설계시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정/확인 되었다.

8) 교대 및 교각

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 구조부재이며, 교대는 역T형(직접+Pile기초), 교각은 육각중공식(직접+Pile기초)으로 시공되어있다.

교대에 대한 외관조사결과, 초기 수화열 및 건조수축에 의한 폭0.3mm 내·외의 균열과 표면열화 등의 손상이 발생되어 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

교각에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.3mm 내·외의 균열, 파손, 망상균열 등이 조사되었다. 기 발생된 손상부는 내구성 확보를 위한 보수와 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

5.2 비파괴시험 결과

가. 비파괴시험에 의한 압축강도측정 결과

<표 5.1> 압축강도 측정결과 [단위 : MPa]

부재 \ 종류		시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
상부구조	거더	44.1 ~ 47.2	40.0	110 ~ 118
하부구조		26.0 ~ 27.0	24.0	108 ~ 112

콘크리트 비파괴 시험결과 상부구조 거더 추정 비파괴 강도는 44.1～47.2MPa, 하부구조 교대, 교각 추정 비파괴강도는 26.0～27.0MPa로서 설계기준강도(거더 : 40.0MPa, 교대, 교각 : 24.0MPa) 이상을 확보하고 있는 것으로 측정・검토 되었다.

나. 탄산화 깊이 측정 결과

<표 5.2> 탄산화깊이 측정결과 [단위 : mm]

시 험 위 치	탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (td)	비고
거더내부 S3	3.5	8	1.24	36.5	100년이상	
거더외부 S5	3.0	8	1.06	37.0		
거더외부 S8	3.5	8	1.24	36.5		
교대 A2	3.2	8	1.13	96.8		
교각 P4	3.5	8	1.24	96.5		
교각 P7	5.0	8	1.77	95.0		

탄산화 깊이 측정은 총 6개소(상부구조 3개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였으며 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 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 계산할 수 있다. 측정결과 모든 측정부재에서 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정한 결과 100년 이상으로 탄산화에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단된다.

5.3 상태평가 결과

<표 5.3> 상태평가 결과

개별교량명	발산1교(양양)						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
발산1교(양양)	0.229	B	490.0	2	980	1.00	0.229
합계(Σ)			490.0		980	1.00	0.229
1. 평가지수 =						0.229	
2. 상태평가 결과 =						B 등급	

본 발산1교(양양)의 상태평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 "B등급"의 상태로 평가 되었다.

5.4 안전등급 지정

<표 5.4> 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	평가지수	평가기준
평가결과	0.229	B	미실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가 (미실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급"보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태"로 지정되었다.

5.5 보수 · 보강 방안

점검부위	결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
교면포장	균열	141.9㎡	주의관찰	-	-	
	마모	19.2㎡	주의관찰	-	-	
	패임	0.1㎡	주의관찰	-	-	
방호벽	균열(폭0.3mm미만)	15.48㎡	표면처리	696.6	3	
	백태	3.36㎡	표면처리	151.2	3	
배수시설	배수구 막힘	11EA	청소	33	1	
	배수관 탈락	3EA	주의관찰	-	-	
신축이음	후타재 균열	0.63㎡	주의관찰	-	-	
	후타재 파손	0.52㎡	단면보수	104	2	
	본체 부식	8.0m	주의관찰	-	-	
	본체 고무재 파손	2.4㎡	주의관찰	-	-	
	이물질퇴적	1.5㎡	청소	4.5	1	
바닥판	파손	0.01㎡	단면보수	2	2	하자
	백태	0.1㎡	표면처리	4.5	2	하자
	보수부 들뜸	0.18㎡	단면보수	36	2	하자
거더	균열(폭0.3㎜미만)	12.21㎡	표면처리	549.45	3	하자
	균열(폭0.3㎜이상)	1.11m	주입보수	133.2	1	하자
	백태	0.06㎡	표면처리	2.7	2	하자
	정착구 부식	68EA	재도장	4,760	3	하자
	녹발생	0.12㎡	주의관찰	-	-	
	박락 및 들뜸	0.07㎡	단면보수	14	2	하자
교량받침	균열(폭0.3mm미만)	1.05㎡	표면처리	47.25	3	하자
	균열(폭0.3mm이상)	1.08m	주입보수	130	2	하자
교대	균열(폭0.3mm미만)	0.17㎡	표면처리	7.65	3	하자
	균열(폭0.3mm이상)	3.6m	주입보수	432	1	하자
	들뜸 및 박락	0.83㎡	단면보수	166	2	하자
	백태	0.72㎡	표면처리	32.4	2	하자
	표면열화	2.88㎡	단면보수	576	2	하자
	법면이격	10.0m	주의관찰	-	-	
교각	균열(폭0.3mm미만)	2.07㎡	표면처리	93.15	3	하자
	균열(폭0.3mm이상)	0.69m	주입보수	83	1	하자
	백태	0.36㎡	표면처리	16.2	2	하자
	파손	0.02㎡	단면보수	4	2	하자
	망상균열	0.38㎡	표면처리	17.1	2	하자
순 공 사 비				8,096		
제경비(순공사비×0.5)				4,048		
총 공 사 비				**12,144**		

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

5.6 종합결론

발산1교(양양)는 준공 후 8년이 경과된 PSC BOX Girder 형식의 교량으로 교면포장 균열 및 마모, 방호벽 균열 및 백태, 배수시설 막힘 및 탈락, 신축이음 본체 부식 및 고무재 파손, 후타재 균열 및 파손, 바닥판 파손, 거더 균열, 백태, 박락 및 정착구 보강판 부식, 교량받침 균열, 하부구조 표면열화, 파손, 균열, 망상균열 등이 조사되어 ”B등급“(양호)으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상・결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한, 하자보수를 실시한 보수부의 점검을 통한 재손상 여부를 판단하여 이에 대한 적절한 조치를 취하여야 할 것이다.

목 차

Ⅰ. 공통편

제 1 장 서 론 ····· 3

1.1 과업의 목적 ····· 5

1.2 시설물 개요 ····· 5

1.3 과업범위 및 내용 ····· 6

1.3.1 과업범위 ····· 6

1.3.2 과업의 세부내용 ····· 6

1.4 과업수행 흐름도 ····· 9

1.5 과업수행 투입장비 ····· 10

1.6 과업기간 ····· 11

제 2 장 상태평가 기준 ····· 13

2.1 상태평가 기준 ····· 15

2.1.1 콘크리트 바닥판 ····· 16

2.1.2 철근콘크리트 거더 ····· 17

2.1.3 프리스트레스 콘크리트 거더 ····· 18

2.1.4 콘크리트 가로보 ····· 18

2.1.5 교대 및 교각, 기초 ····· 19

2.1.6 교량받침 ····· 22

2.1.7 신축이음 ····· 23

2.1.8 교면포장 ····· 24

2.1.9 배수시설 ····· 25

2.1.10 난간 및 연석 ····· 25

2.1.11 구조형식에 따른 부재별 가중치 ····· 26

2.2 상태평가등급 산정절차 ····· 27

2.2.1 경간(지점)별 부재 상태평가 산정 ····· 27

2.2.2 전체 시설물의 상태평가 결과 결정 ····· 27
2.3 안전등급 지정 ····· 28

제 3 장 비파괴시험 ····· 29
3.1 내구성 조사 시험 개요 ····· 31
3.2 콘크리트 내구성조사 ····· 31
3.2.1 시험내용 및 평가기준 ····· 31

제 4 장 보수보강 방안 ····· 41
4.1 개요 ····· 43
4.2 보수・보강 방안 ····· 44
4.2.1 결함 내용별 보수・보강방법 ····· 44
4.3 유지관리방안 ····· 63
4.3.1 개요 ····· 63
4.3.2 유지관리 점검 ····· 64
4.3.3 유지관리업무 ····· 66
4.3.4 부위별 점검요령 ····· 74

Ⅱ. 시설물편

제 1 장 발산1교(서울) ····· 89
1.1 시설물개요 ····· 91
1.1.1 발산1교(서울) 전경 ····· 92
1.1.2 교량현황 ····· 92
1.1.3 위치도 ····· 92
1.1.4 일반도 ····· 93
1.1.5 자료수집 및 분석 ····· 99
1.2 외관조사 ····· 105
1.2.1 교면포장 ····· 106
1.2.2 방호벽 ····· 107
1.2.3 배수시설 ····· 108

1.2.4 신축이음 ····· 109
1.2.5 바닥판 ····· 112
1.2.6 거더 ····· 113
1.2.7 교량받침 ····· 115
1.2.8 교대 및 교각 ····· 120
1.2.9 기 점검결과와 비교 ····· 122
1.3 내구성조사 ····· 125
1.3.1 콘크리트 비파괴강도 조사 ····· 125
1.3.2 탄산화시험 ····· 126
1.3.3 기 점검결과와 비교 ····· 128
1.4 종합평가 ····· 129
1.4.1 상태평가 ····· 129
1.4.2 안전등급 지정 ····· 131
1.4.3 기 점검결과와 비교 ····· 131
1.5 정밀안전진단 및 사용제한 필요성 ····· 133
1.6 보수・보강 및 유지관리 방안 ····· 135
1.6.1 부재별 보수・보강방안 ····· 135
1.6.2 보수・보강 개략공사비 ····· 136
1.6.3 유지관리 방안 ····· 138
1.7 종합결론 ····· 145

제 2 장 발산1교(양양) ····· 149
2.1 시설물개요 ····· 151
2.1.1 발산1교(양양) 전경 ····· 151
2.1.2 교량현황 ····· 152
2.1.3 위치도 ····· 152
2.1.4 일반도 ····· 153
2.1.5 자료수집 및 분석 ····· 159
2.2 외관조사 ····· 165
2.2.1 교면포장 ····· 166
2.2.2 방호벽 ····· 167
2.2.3 배수시설 ····· 168

2.2.4 신축이음 ····· 169
2.2.5 바닥판 ····· 172
2.2.6 거더 ····· 173
2.2.7 교량받침 ····· 175
2.2.8 교대 및 교각 ····· 180
2.2.9 기 점검결과와 비교 ····· 183
2.3 내구성조사 ····· 185
2.3.1 콘크리트 비파괴강도 조사 ····· 185
2.3.2 탄산화시험 ····· 187
2.3.3 기 점검결과와 비교 ····· 189
2.4 종합평가 ····· 191
2.4.1 상태평가 ····· 191
2.4.2 안전등급 지정 ····· 193
2.4.3 기 점검결과와 비교 ····· 193
2.5 정밀안전진단 및 사용제한 필요성 ····· 195
2.6 보수・보강 및 유지관리 방안 ····· 197
2.6.1 부재별 보수・보강방안 ····· 197
2.6.2 보수・보강 개략공사비 ····· 198
2.6.3 유지관리 방안 ····· 200
2.7 종합결론 ····· 207

부록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 측정 및 시험 성과표
4. 상태평가결과 자료
5. 시설물관리대장 사본
6. 현장조사 및 외관조사 사진첩
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료

Ⅰ. 공 통 편

제 1장 서 론

제 2장 상태평가 기준

제 3장 비파괴시험

제 4장 보수·보강 방안

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

1.2 시설물 개요

1.3 과업범위 및 내용

1.4 과업수행 흐름도

1.5 과업수행 투입장비

1.6 과업기간

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

본 용역은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제6조 1항에 따라 실시하는 정밀점검 용역으로써 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 상태 등을 정확하게 검사, 평가하고 그에 대하여 적절하게 조치함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 체계적인 구조물 관리를 도모코자 함.

1.2 시설물 개요

가. 과 업 명 : 2017년 서울춘천고속도로 정밀점검용역(미사대교 등 29개 시설물)

나. 과업기간 : 2017년 09월 22일 ~ 2017년 12월 29일

다. 대상시설물 개요

<표 1.2.1> 대상시설물 개요

교량명	노선명	위 치	연장 (m)	총 폭 (m)	형 식		설계 하중	준공 년도	비고
					상부	하부			
발산1교 (서울)	서울춘천고속도로 이정 43.64km	홍천군 서면 마곡리	535.0	12.6	PSC Box Girder	역T형 트랙형	DB-24 DL-24	2009	편도 2차선
발산1교 (양양)	서울춘천고속도로 이정 43.64km	홍천군 서면 마곡리	490.0	12.6	PSC Box Girder	역T형 트랙형	DB-24 DL-24	2009	편도 2차선

1.3 과업범위 및 내용

1.3.1 과업범위

가. 자료수집 및 분석 (준공도면, 기 점검보고서, 보수자료 등) 검토

나. 현장조사 (외관조사)

다. 비파괴시험

라. 점검결과 검토 및 분석

마. 시설물 상태평가

바. 보수・보강 방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시

사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

아. 종합보고서 작성 전산입력(FMS)

1.3.2 과업의 세부내용

가. 자료수집 및 분석

◦ 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리・수문계산서

◦ 구조・수리・수문 계산(계산서가 없는 경우)

◦ 실측도면 작성(도면이 없는 경우)

◦ 시공・보수・보강도면, 제작 및 작업도면

◦ 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료

◦ 시설물관리대장

◦ 기존 안전점검・정밀안전진단 실시결과

◦ 보수・보강이력

나. 현장조사

◦ 외관조사 및 외관조사망도 작성

※ 작성대상부재는 감독원의 지시에 따른다.

- 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등
- 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등

◦ 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치·해체 등

◦ 조사용 접근장비 운용

◦ 조사부위 표면청소

◦ 마감재의 해체 및 복구

다. 비파괴시험

◦ 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험

◦ 간단한 현장 재료시험 등

- 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험)
- 콘크리트 탄산화 깊이 측정
- 철근탐사시험(선택적 항목), 용접부 결함검사(선택적 항목)

라. 점검결과 검토 및 분석

마. 시설물 상태평가

◦ 외관조사 결과 분석

◦ 시설물의 부재별 외관조사 및 점검결과에 따른 상태평가 실시

단, 상태평가 산정은 『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침』 및 시설안전기술공단의 상태평가 산정프로그램에 의한다.

◦ 시설물의 결함부위 진단 및 결함원인 분석

◦ 필요시 안전성 평가에 대한 내하력 평가시 구조해석 실시

◦ 구조해석은 시공상태를 기준으로 분석하고, 상부구조 및 하부구조를 포함

◦ 현장 재료시험 결과 분석

◦ 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가

◦ 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견(안전등급 지정)

바. 보수·보강 방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시

◦ 보수・보강 방법 제시

◦ 보수시기, 보수 우선순위 및 보수대책은 고속도로상 작업여건을 감안, 이용객의 불편을 최소화할 수 있는 방안으로 각 시설물별로 작성

◦ 보수・보강대책은 시설물의 전면보수 시까지 구조물의 기능을 유지하기 위하여 필요한 사항(보수대상, 적정공법, 소요예산 등)을 선정 제시

사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

◦ 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

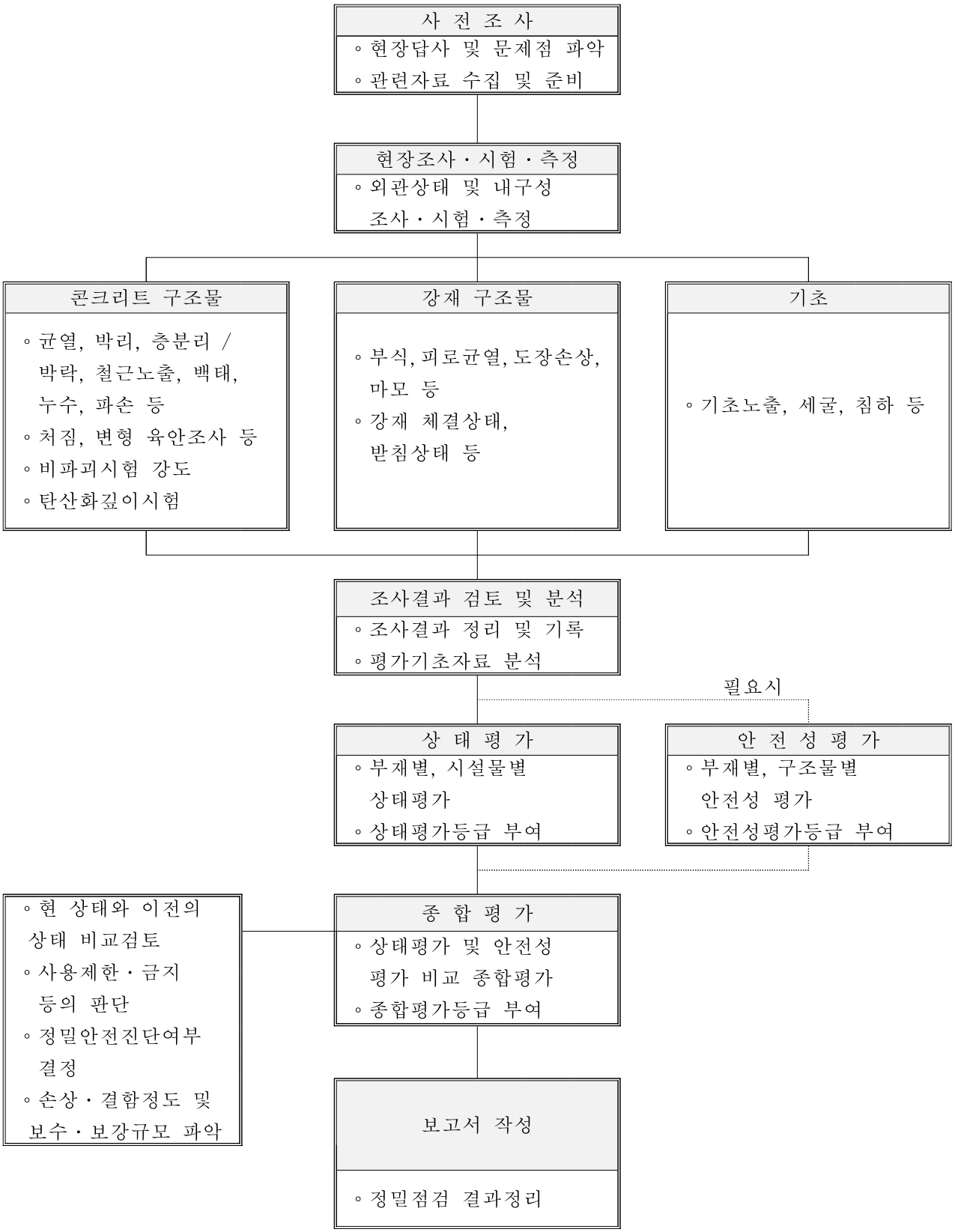
본 과업수행 중 파악한 유지관리상의 문제점에 대한 적절한 보안대책을 작성, 유지관리 개선사항으로 제시

아. 종합보고서 작성 전산입력(FMS)

◦ 시설안전기술공단 『시설물정보 통합관리시스템(FMS)』

◦ 한국도로공사 『구조물 외관조사망도시스템(SDMS)』

1.4 과업수행 흐름도



<그림 1.4.1> 과업수행 흐름도

1.5 과업수행 투입장비

<표 1.5.1> 과업수행 투입장비 목록

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	
비파괴 시험	슈미트해머	콘크리트 압축강도조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
외관조사	고소작업차	구조물 외관조사	

1.6 과업기간

■ 2017년 09월 22일 ~ 2017년 12월 29일

과 업 내 용	공 정(일)				
	20	40	60	80	99
1. 관련계획 검토 및 현황조사					
1) 착수준비					
2) 관련계획 검토					
3) 시설물의 주요 제원 파악					
4) 일반 현황조사					
5) 중점 진단 사항 착안					
2. 설계도서 및 관련자료 검토					
1) 설계도서 및 시방서 검토					
2) 보수이력 검토					
3) 도출된 문제점 분석					
3. 현장조사 및 비파괴 시험					
1) 현장조사 및 비파괴시험					
4. 상태평가 및 안전성 평가, 자료분석·검토					
1) 현장조사자료 분석·평가					
2) 비파괴 시험성과 분석·평가					
3) 상태평가					
4) 대책방안 분석 및 검토					
5. 보수·보강 및 유지관리 방안 검토					
1) 보수·보강공법 선정					
2) 보수 ·보강 시기 검토					
3) 효율적인 유지관리 방안 검토					
6. 최종보고 및 지적사항 수정					
7. 성과품 작성					
1) 보고서 작성					
2) 보고서 등 성과품 제작					

제 2 장 상태평가 기준

2.1 상태평가 기준

2.2 상태평가 등급산정 절차

2.3 안전등급 지정

제 2 장 상태평가 기준

2.1 상태평가 기준

본 정밀점검 과업에서는 기본시설물 또는 주요부재에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 산정한다.

다만, 선택과업으로 전체부재에 대한 외관조사망도를 작성하였을 경우에는 정밀안전진단의 상태평가 절차에 따라 상태평가 결과를 산정한다.

상태평가 기준은 <표 2.1.1>를 따르는 것을 원칙으로 한다.

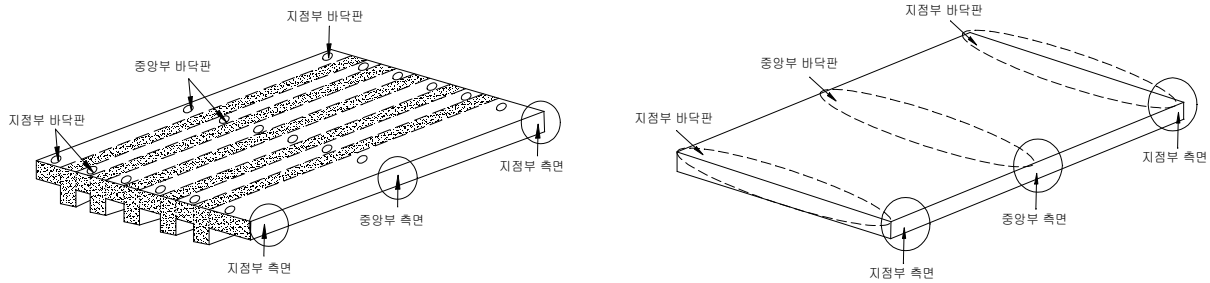
<표 2.1.1> 상태평가 기준

상태평가등급	상태 및 안전성	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	

2.1.1 콘크리트 바닥판

가. 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
▷라멘하부	- 측벽	· 균열(수직, 수평)



거더가 있는 경우의 바닥판 점검부위　　거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위

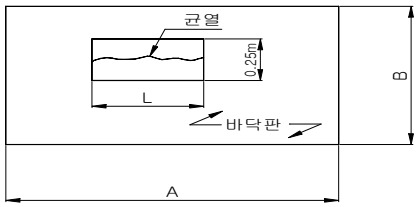
<그림 2.1.1> 거더의 점검부위

나. 상태평가기준

기준	균 열		열화 및 손상, 철근노출
	1방향균열	2방향균열	
a	· 균열폭 0.1㎜미만	· 망상균열폭 0.1㎜미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	· 망상균열폭 0.1㎜~0.3㎜미만	· 표면 손상면적이 2%미만
c	· 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 · 균열율 2%이상~10%미만	· 망상균열폭 0.3㎜이상	· 표면 손상면적이 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만 · 데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	· 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜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 1.0㎜이상 · 균열율 20%이상	· 망상균열에 인한 박리가 심하여 펀칭파괴 발생 가능성 있음	· 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

※ 균열면적 및 균열율 계산

(1) 일방향 균열



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{바닥판(점검단위)면적}} \times 100$$

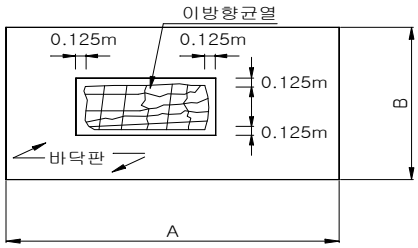
$$= \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B(m)} \times 100 =$$

① 일방향 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.

② 일방향 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 균열발생 면적을 구한다.

③ 균열발생 간격이 0.25m 이하로 발생할 경우에도 ②의 기준을 적용한다.

(2) 이방향 균열(망상균열)



① 이방향 균열의 발생면적은 균열발생부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구분한 후 균열 발생면적(점선내부면적)은(가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 계산한다.

② 균열발생간격이 0.25m 이하로 발생할 경우에도 ①의 기준을 적용한다.

2.1.2 철근콘크리트 거더

기준	균 열	열화 및 손상
a	· 균열폭 0.1㎜미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만
d	· 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만	· 표면 손상면적 10%이상 · 철근부식 손상면적 2%이상
e	· 균열폭 1.0㎜이상 · 횡균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	· 지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성 저하

2.1.3 프리스트레스 콘크리트 거더

기준	균 열	열화 및 손상
a	· 없음	· 없음
b	· 균열폭 0.2㎜이미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열폭 0.2㎜이상~0.3㎜미만	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만
d	· 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 · 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	· 표면 손상면적 10%이상 · 철근부식 손상면적 2%이상
e	· 균열폭 0.5㎜이상 · 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	· 단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안전성 저하

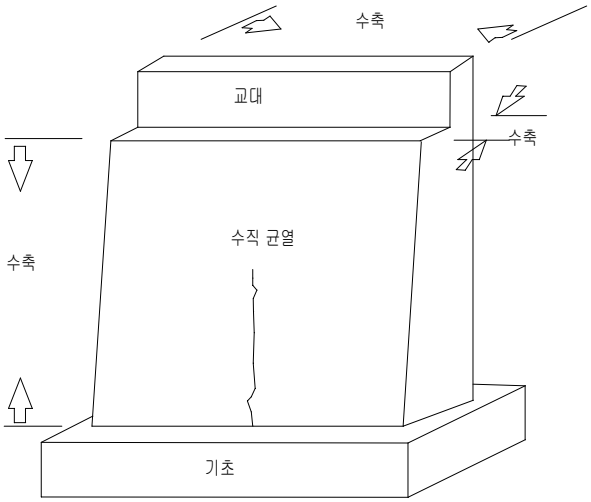
2.1.4 콘크리트 가로보

기준	균 열	열화 및 손상
a	· 균열폭 0.1㎜이미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만
d	· 균열폭 0.5㎜이상	· 표면 손상면적 10%이상 · 철근부식 손상면적 2%이상
e	-	-

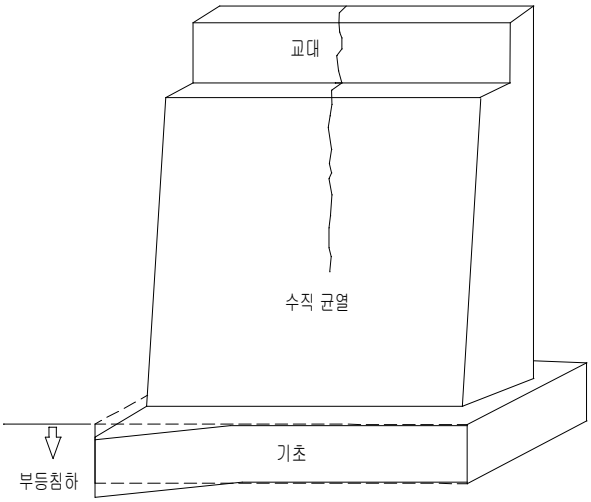
2.1.5 교대 및 교각, 기초

1) 점검부위 및 손상종류

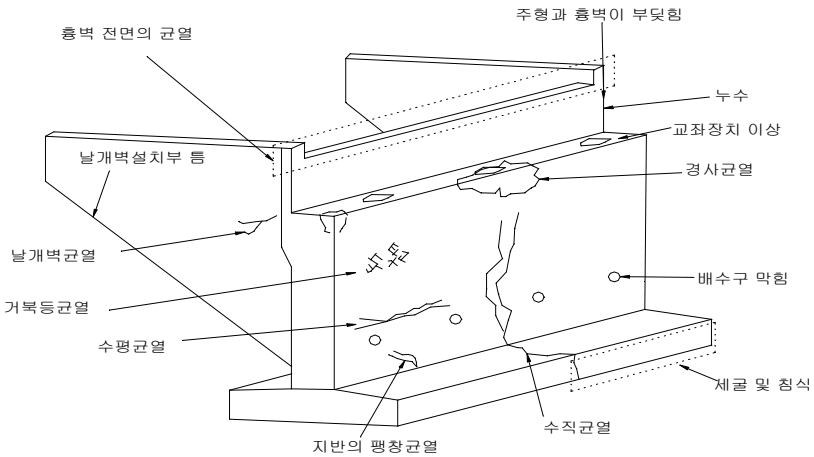
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	• 교대 회전(기울음), 침하(연직이동) • 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	• 두부 물고임 • 받침부 균열 및 파손 • 두부와 흉벽 경계부 균열 • 거더와 흉벽 신축유간 부족
▷벽체	• 수직균열 및 침하 • 구체와 날개벽 분리 • 구체부 배수구 막힘 • 수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	• 날개벽 이동, 전도 • 석축이 있는 경우 사면붕괴



온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열



부등침하로 인한 교대의 수평균열



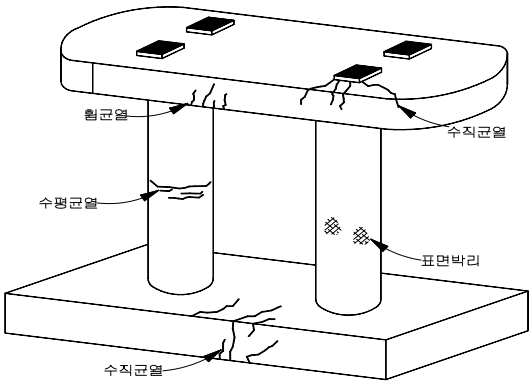
<그림 2.1.2> 교대의 점검부위

2) 교대의 상태평가 기준

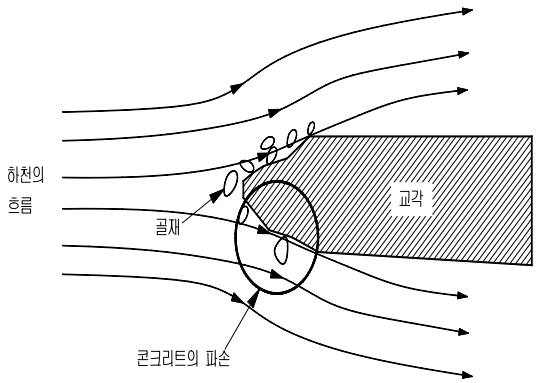
기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근노출
a	· 구체 균열폭 0.1㎜미만	· 없음
b	· 구체 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	· 표면 손상면적 2% 미만 · 앵커블록 내부 결로 발생
c	· 구체 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 · 교대와 날개벽 사이에 폭 1.0㎜이상의 균열 발생	· 표면 손상면적 2%이상~10% 미만 · 철근부식 손상면적 2% 미만 · 앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	· 구체 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 · 날개벽 기울음 및 손상 심화(배면토 유출) · 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2% 이상
e	· 구체 균열폭 1.0㎜이상 · 날개벽 전도 위험 있음 · 부등침하로 인한 교대 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

3) 교각의 점검부위 및 손상종류

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



교각의 점검부위



유수에 의한 교각의 침식

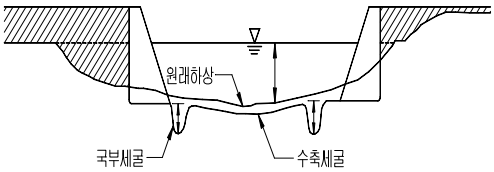
<그림 2.1.3> 교각의 점검부위

4) 교각의 상태평가기준

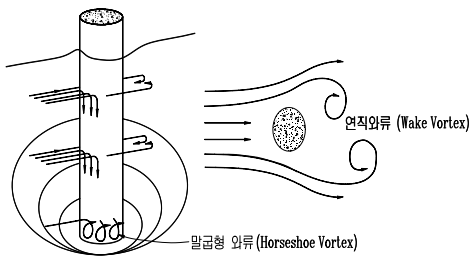
기준	균열	열화 및 손상, 철근노출
a	· 균열폭 0.1㎜미만	· 없음
b	· 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	· 표면 손상면적 2%미만
c	· 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	· 표면 손상면적 2%이상~10%미만 · 철근부식 손상면적 2%미만
d	· 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 · 기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	· 표면 손상면적 10% 이상 · 철근부식 손상면적 2%이상
e	· 균열폭 1.0㎜이상 · 부등침하로 인한 교각 안전성 저하	· 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 · 심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이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

5) 기초의 점검부위 및 손상종류

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	· 박리, 박락, 철근노출, 백태 · 침식, 세굴, 이동, 침하
▷직접기초	· 수직방향 균열
▷말뚝기초	· 침식 및 말뚝 노출
▷케이슨기초	· 충돌파손



수축세굴과 국부세굴



원형기초의 국부세굴

<그림 2.1.4> 기초의 점검부위

6) 기초의 상태평가기준

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

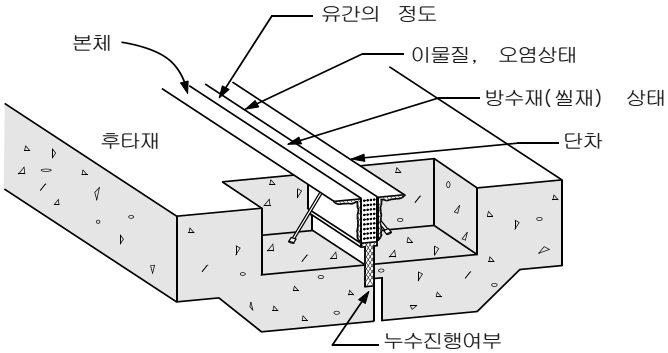
2.1.6 교량받침

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	· 외부 도장탈락 및 부식 · 도장탈색, 먼지쌓임	· 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	· 측면 부풀음 · 받침두께의 0.3배 미만의 전단변형	· 미끄럼판 부식 발생 · 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	· 받침콘크리트에 0.3㎜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 1/2미만 · 받침의 신축기능 불량	· 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 · 받침 본체 파손 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2미만	· 받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	· 받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2이상	· 받침신축기능 불량으로 인하여 거더 등 주부재의 파손 발생 · 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2이상 · 작동불능 상태	-

2.1.7 신축이음

1) 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



<그림 2.1.5> 신축이음의 점검부위

2) 상태평가기준

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

2.1.8 교면포장

1) 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

2) 상태평가기준

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 통행차량의 안전성 저하
e	-	-	-

2.1.9 배수시설

1) 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) 상태평가기준

기준	상태등급 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	-

2.1.10 난간 및 연석

기준	강 재		콘크리트
a	· 양호	· 양호	· 양호
b	· 도장불량 10%미만	· 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	· 경미한 손상, 0.3㎜이하 균열
c	· 도장불량 10%이상 · 부식으로 인한 단면손상 10%미만	· 파손 및 탈락 10%미만	· 0.3㎜이상 균열 · 박리, 파손, 철근노출 10%미만 · 철근부식손상 길이 2%미만
d	· 부식으로 인한 단면손상 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	-	-	-

2.1.11 구조형식에 따른 부재별 가중치

<표 2.1.2> 구조형식에 따른 부재별 가중치 ( ) : 정밀점검시 적용가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량							라멘교		
				일반 거더교			바닥판거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개)	
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강바닥판			
상부	바닥판		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	-
하부	교대/교각		20	13	13	18	13		13		34	22	24
	기초		7	7	7	7	7		7		7	7	7
받침	교량받침		10	9	9	14	9		9		3	3	3
기타	신축이음		10	9	9	-	9		9		3	3	3
	교면포장		7	7	7	-	7		7		3	3	3
	배수시설		3	3	3	-	3		3		3	3	3
	난간/연석		2	2	2	6	2		2		2	2	2
콘크리트	탄산화	상부	2(1)	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)			

2.2 상태평가등급 산정절차

2.2.1 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

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

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

다. 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

2.2.2 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

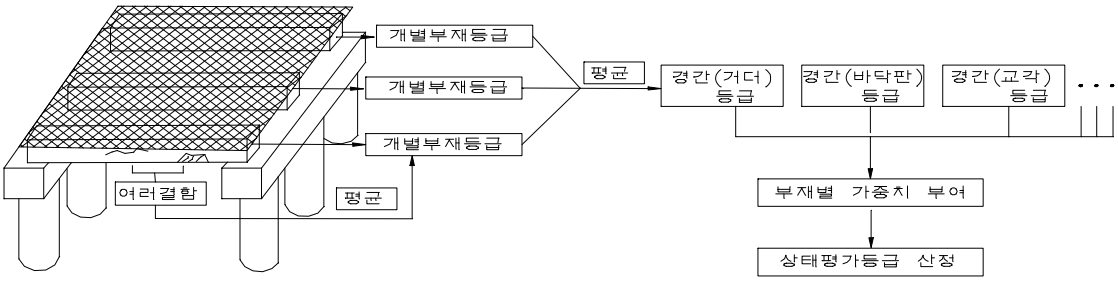
구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, <표 2.2.1>의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

<표 2.2.1> 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도범위	0≤ x 〈0.13	0.13≤ x 〈0.26	0.26≤ x 〈0.49	0.49≤ x 〈0.79	0.79≤ x

가. 램프가 포함된 교량의 경우

본교와 각 램프교에 대해서 각각 상태평가 결과를 산정하며, 길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상태평가 결과를 산정한다. 또한 경간 및 부재의 상태가 좋지 않은 경우 부가적인 설명을 명시한다.



<그림 2.2.1> 상태평가등급 산정과정의 예

2.3 안전등급 지정

<표 2.3.1> 시설물 안전등급

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	

제 3 장 비파괴시험

3.1 내구성조사 시험개요

3.2 콘크리트 내구성조사

제 3 장 비파괴시험

3.1 내구성 조사 시험 개요

내구성 조사는 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 적용범위는 다음과 같다.

○ 내구성 조사를 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.

○ 내구성 조사는 구조체를 중심으로 수행한다.

○ 내구성 조사는 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 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.

3.2 콘크리트 내구성조사

3.2.1 시험내용 및 평가기준

본 과업에서 비파괴시험은 대상구조물의 Con′c 실제강도 및 배근상태, 균열깊이 측정, 탄산화깊이 측정 등을 조사하였으며, 각 시험별 내용 및 평가방법은 다음과 같다.

가. 반발경도시험

Con′c의 표면 경도를 측정하여 이 측정치로부터 Con′c의 압축강도를 비파괴적으로

추정하는 검사방법이다.

반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 Con′c 표면을 타격하여 반발도(R)와 Con′c의 압축강도(F_c')와의 사이에 특정 상관 관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

1) 반발경도(R)

슈미트 해머로 경화된 Con′c 표면의 타격시 내부에 중추의 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도의 크기에 따라 Con′c의 압축강도를 추정한다.

측정기의 기종 선정
↓
점검기에 의한 정도확인
↓
측정장소의 확인, 요철제거
↓
Marker등에 의한 측정점의 표시
↓
측 정
↓
20점 이상의 평균
↓
타격 방향과 습윤의 보정
↓
강도추정식에 의한 압축강도 산출
↓
재령 보정
↓
압축강도의 추정

<그림 3.2.1> 반발경도법에 의한 압축강도 추정도

반발경도시험

반발경도시험

<사진 3.2.1> 반발경도시험 현황

외관조사 결과에 의해서 결정된 측정개소에 대해서 표면 평활작업을 하며 타격점 상호 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도의 산술 평균값(Rm)을 구한다.

산술평균값 Rm에 대해 RILEM Recommendation에 따라 각 반발경도의 값이 Rm±20%의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다. 제외된 반발치가 4개 이상일 때는 측정지점의 반발경도값(R)은 버린다. 여기서 측정된 반발치의 값들이 많은 편차를 보이고 있으면 보편적으로 Con′c의 품질이 불균질하다고 평가 될 수 있을 것이다.

2) 보정반발경도(Ro)

보정반발경도 Ro는 다음 (식 3.1)과 같이 측정경도 R에 보정값 ΔR1, ΔR2 , ΔR3를 더한 값으로 한다.

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 \quad \cdots\cdots (3.1)$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값

ΔR_3 : Con′c의 습윤상태에 따른 보정값

(1) 타격 방향에 따른 반발경도의 보정(ΔR_1)

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

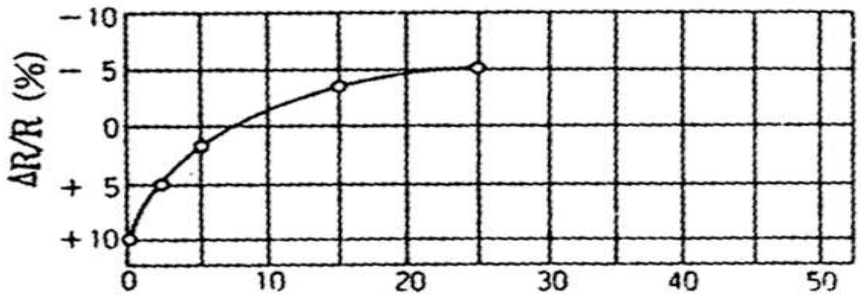
하향 타격(-90°)의 경우에는 Schmidt Hammer 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 ＋값으로 수정해 주고, 상향의 타격(+90°)의 경우에는 반대현상에 의해서 －값으로 수정해 주어야 한다.

<표 3.2.1> 반발경도 보정값

반발경도	보 정 값				비 고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10			+2.4	+3.2	상향수직타격 +90° 하향수직타격 -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	+1.5	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

(2) 압축응력에 따른 반발경도 보정(ΔR_2)

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험결과 입증되었다. 그 크기는 대략 압축응력이 1MPa 인 경우 ΔR2 = - 0.015R, 2.5MPa 인 경우 ΔR2 = - 0.05R 이다.



압축응력(kgf/cm^2)

<그림 3.2.2> 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

(3) Con′c 습윤상태에 따른 보정(ΔR_3)

Con′c 표면이 습윤상태에 있으면 기건상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 완전 습윤상태에서는 기건상태를 기준으로 ΔR_3=+5로 보정한다.

3) 압축강도의 추정

보정반발경도 Ro 로부터 압축강도(Fc) 의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같다.

- 일본재료학회 (보통Con′c)

$$F_C = -18.4 + 1.27 R_o \ (MPa)$$

- 일본건축학회 CNDT 소위원회 강도계산식

$$F_C = (7.3 R_o + 100) \times 0.1 \ (MPa)$$

- 한국시설안전공단 (고강도Con′c)

F28 = (17.2R0 - 241) X 0.098

- 과학기술부 강도계산식

F28 = (15.2R0 - 112.8) X 0.098

4) 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 Con′c 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. Con′c의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α는 <표 3.2.2>와 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

<표 3.2.2> 재령계수 α의 값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	2000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.64	0.63

나. Con′c의 탄산화조사

탄산화는 콘크리트 구조물의 열화 문제로 현재 주목받고 있는 현상 중 하나이다. 여기서 탄산화란 굳은 콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 일컫는다. 즉 건전한 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘(Ca(OH)2)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘(CaCO3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 낮아지는 현상이다.

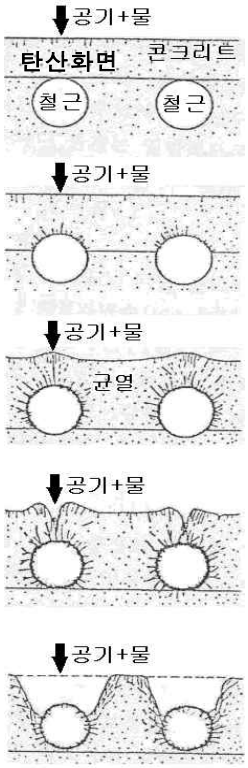
$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

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. 이와 같이 탄산화에 의한 철근콘크리트 성능저하 과정은 <그림 3.2.3>과 같다.

a. 탄산화시험을 위한 천공

b. 탄산화 시험(측벽부)

<사진 3.2.2> 탄산화 시험 현황



STEP 1

정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없다
(약간의 건조수축에 의한 균열)

STEP 2

녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생한다.

STEP 3

철근의 윗면이 팽창한다. 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보인다.

STEP 4

철근 윗면의 피복이 부수어져 떨어지고, 철근의 노출이 시작된다.
철근단면적이 감소한다.

STEP 5

철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출된다.
내구성능은 없다.

<그림 3.2.3> 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

1) 탄산화 진행에 따른 상태평가

탄산화 진행상태는 피복두께의 절대값이 클수록 탄산화 잔여 절대값이 커지므로 피복두께가 클수록 일반적으로 철근부식까지의 탄산화도달시간에 대한 여유가 크다. 피복두께와 탄산화 측정깊이를 고려한 철근 콘크리트 구조물에서의 탄산화 진행상태에 대한 상태평가 등급은 다음 <표 3.2.3>과 같다.

<표 3.2.3> 탄산화 진행상태에 따른 상태평가 등급

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	30㎜이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	10㎜이상~30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	0㎜이상~10㎜미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	0㎜미만	철근부식 발생
e	-	-

2) 경과년수에 따른 탄산화 깊이의 비교분석

【표 3.2.4】는 탄산화 진행 예측식을 나타낸 것이다. 본 과업에서 예측식의 적용은 보통포틀랜드 시멘트를 사용하고, AE제와 같은 혼화제는 사용하지 않고, 골재는 일반골재로 가정하였고, 표면마감은 없는 것으로 가정하였다. 설계기준강도를 고려할 때 적절한 물-시멘트비인 55%를 가정하였다.

<표 3.2.4> 탄산화 속도식 비교

식 종류	탄산화 속도식	비 고
하마다식 (浜田式)	$t=\frac{0.3(1.15+3x)/(x-0.25)^2}{R}C^2$	x : 물-시멘트 비 R : 시멘트, 골재, 활성제의 종류에 따른 계수
키시타니식 (岸谷式)	$t=\frac{0.3(1.15+3x)}{R^2(x-0.25)^2}C^2$ (x≥0.6) $t=\frac{(7.2)}{R^2(4.6x-1.76)^2}C^2$ (x≤0.6)	x : 물-시멘트 비 R : 시멘트, 골재, 활성제의 종류에 따른 계수
시로야마식 (白山式)	$t=\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\frac{500C^2}{(x-38)^2}$	x : 물-시멘트 비 αβγδε : 시멘트, 시공정도, 마감재, 내외 등에 따른 계수
요다식 (依田式)	$t=\alpha\beta\gamma\frac{262}{(100x-18)^2}\times C^2$ (실내) $t=\alpha\beta\gamma\frac{155}{(100x-36)^2}\times C^2$ (실외)	x : 물-시멘트 비 αβγ : 마감재, 실내외 등에 따른 계수

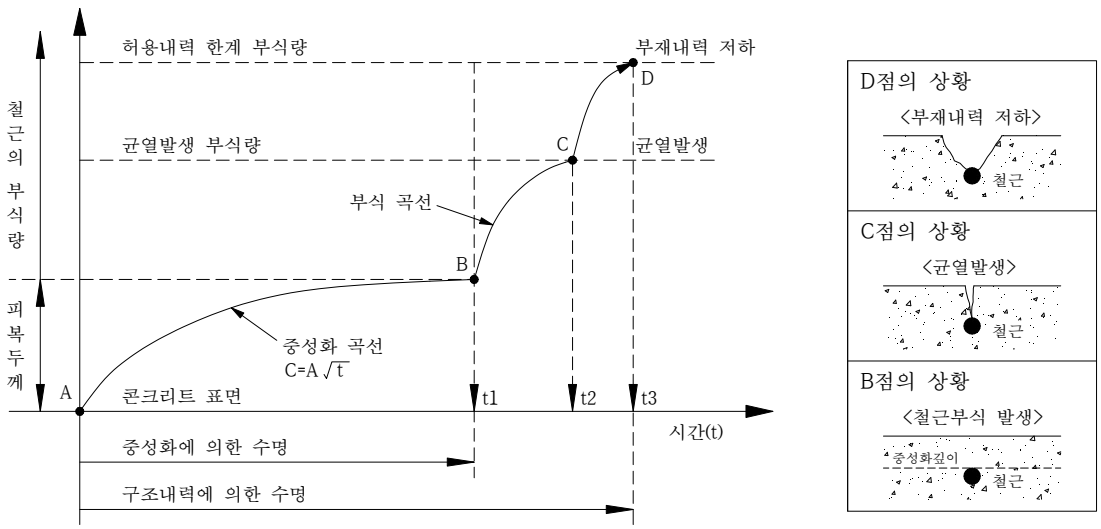
• t = 경과년수(년) , C =탄산화깊이(cm)

3) 내구수명 평가

콘크리트의 탄산화가 진행하여 철근에 다다르게 되면 철근의 부식이 시작된다. 그러나 철근주변까지 콘크리트가 탄산화되었다고 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 탄산화되어 철근의 부식이 시작되고, 수명에 이르는 개념을 <그림 3.2.4>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 3.2.4> 콘크리트 내부에서의 철근부식의 개념

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

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

위의 식에서 계수 A는 탄산화속도 계수라고 하며, A의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A는 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 t는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A를 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_d는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_0는 현재의 구조물 경과시간이다.

제 4 장 보수·보강 방안

4.1 개요

4.2 보수·보강 방안

4.3 유지관리 방안

제 4 장 보수·보강 방안

4.1 개요

본 과업에서는 과업대상 교량의 기존 점검 및 보수·보강에 입각한 외관조사 및 내구성 조사를 실시하였고 이를 토대로 구조안전성 및 건전성 평가를 수행하였다. 또한 이러한 상세 분석을 통하여 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 활용하여 교량의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방안을 제안하고자 한다.

이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있으며 1) 결함 및 손상에 대한 원인에 따른 내하력 확보차원의 보수·보강방법, 2) 콘크리트 및 철근의 내구성 확보차원의 보수, 3) 외관상태의 결함에 대한 보수, 4) 구조물의 유지관리 차원의 보수에 대한 방법을 제시하는데 있다.

주요손상 및 결함에 따른 보수·보강안은 <표 4.1.1> ~ <표 4.1.2>에 각 부재별로 일람표를 작성 제시하였고 이에 따른 부위별 손상 및 보수위치, 자세한 보수·보강방안은 콘크리트 구조물 및 강재 구조물로 구분하여 상세히 제시하였고 외관조사망도에 각 결함 및 손상을 표기하여 제시하였다.

또한. 구조물에 대한 보수는 손상현황의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수의 수준을 정한다.

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생된 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보수를 위해서는 현장조사결과와 상태평가 결과 등을 정밀검토한 후에 보수의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

4.2 보수·보강 방안

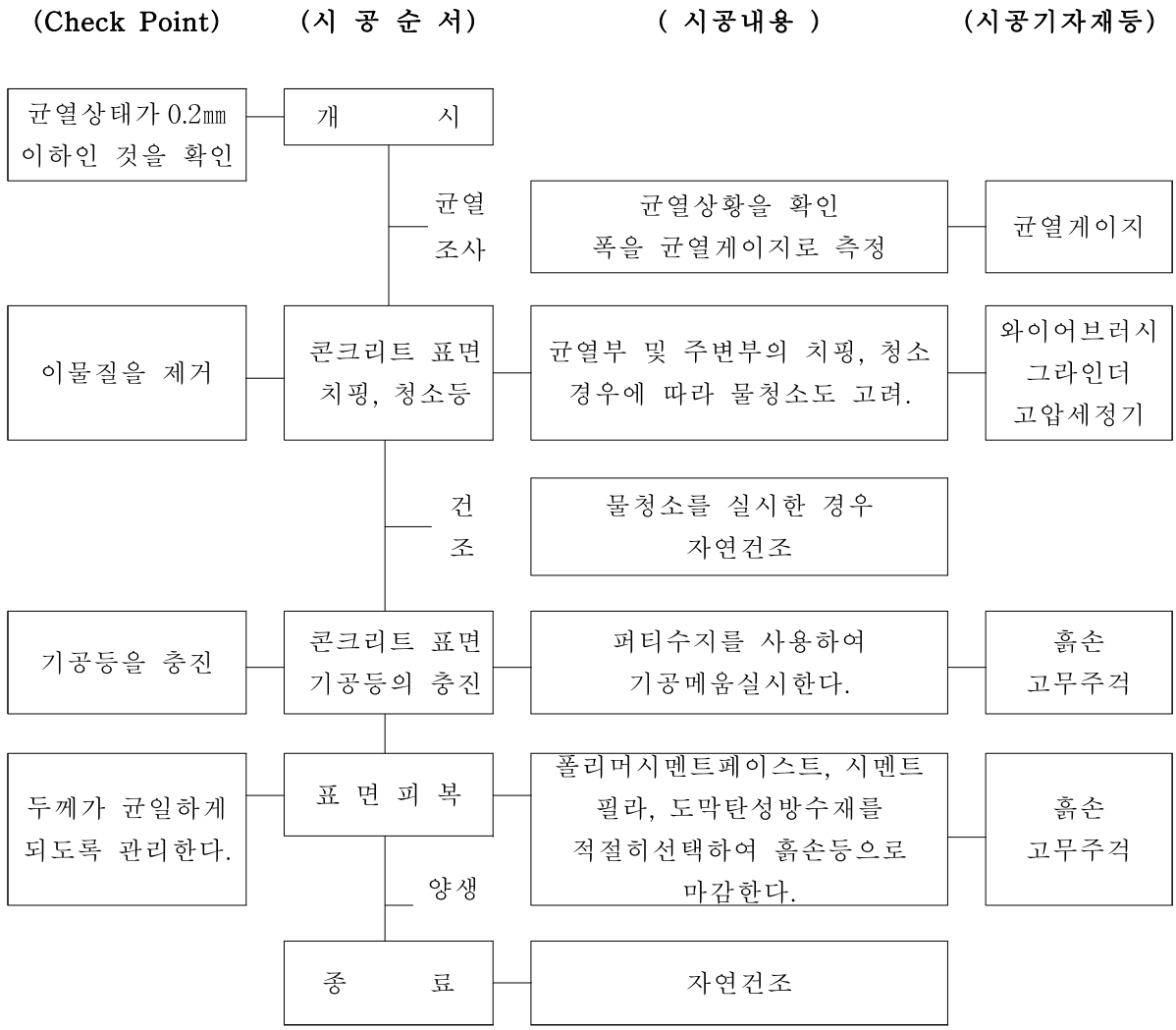
본 장은 시설물에 발생된 결함에 대한 보수·보강 일람표를 제시하여 실무담당자 및 유지관리 책임자가 쉽게 이해하도록 제시하였다.

4.2.1 결함 내용별 보수·보강방법

가. 단면보수 방법

1) 균열표면처리 보수

본 과업에서의 균열폭 0.3mm미만의 균열 및 망상균열이 발생한 구간은 향후 균열표면처리 보수시 본 공법을 적용하여 보수를 실시하며, 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다. 균열표면처리공법의 흐름도 및 공법 개요도는 다음과 같다.



<그림 4.2.1> 표면처리 공법 시공 흐름도

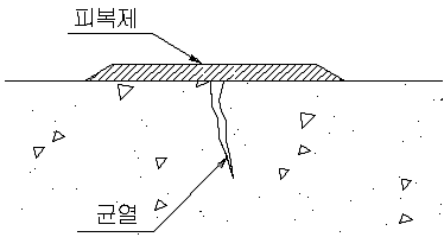
균열의 성장이 정지된 상태에서는 <그림 4.2.2>의 좌측과 같이 균열선 및 백태를 따라 폭 50～100 mm를 와이어 브러쉬로 닦아내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 균일하게 도포한다. 콘크리트 표면에 0.3mm이하의 미세한 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

균열 폭의 변동이 큰 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 <그림 4.2.2> 우측과 같이 균열 면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10～15mm 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30～50mm, 두께 2～4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

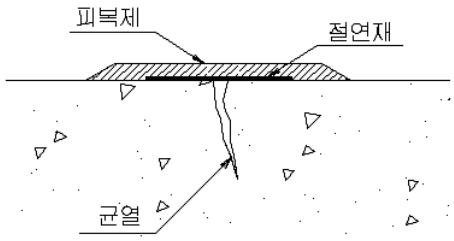
[사용재료]

① 폴리머시멘트 페이스트　　② 시멘트 필라

③ 도막탄성방수재 (아크릴 수지계)　　④ 도막탄성방수재 (우레탄 수지계)



(표면처리공법)



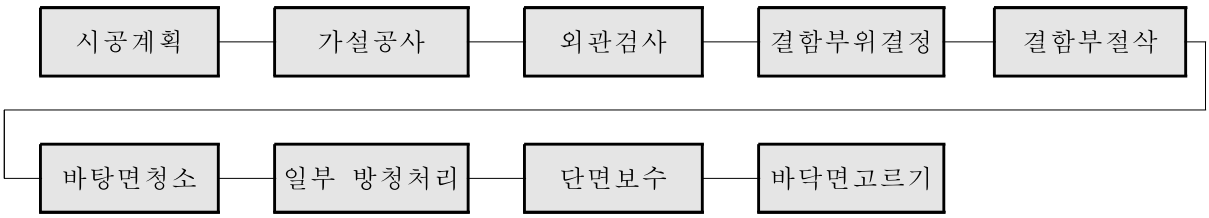
(균열폭의 변동이 큰 경우의 표면처리공법 일례)

<그림 4.2.2> 균열부 표면처리 공법 개요도

2) 콘크리트 단면보수

단면보수 공법은 콘크리트의 손상 중 균열부에 누수 및 백태가 발생하는 경우, 기 표면 보수부의 박리나 결함 재발생 부위 등에 적용하는 것으로 하며 외관조사에 따른 손상정도는 심각하지는 않으나 방치할 경우 Con′c 열화가 진전되어 철근부식 및 내구성에 영향을 미칠 수 있는 부위에 실시하는 것으로 한다.

콘크리트 표면에 발생된 Con′c 열화 및 보수부 박리 등은 바탕면의 청소 및 열화된 Con′c 제거가 잘되어야 보수 후 신·구 콘크리트의 접착이 양호하므로 충분한 사전작업을 하여야 하며 결함부위에 대해서 다음과 같은 요령으로 보수한다.



<그림 4.2.3> 단면보수 순서도

※ 보수요령

① 결함부 절삭 : 콘크리트의 균열, 박리부분 및 콘크리트 표면에 결함이 있는 곳을 절삭한다.

② 바탕면 청소 : 콘크리트 표면의 레이턴스, 부착 유지류 등 접착에 악영향을 미치는 오염원을 제거한다.

③ 방청처리(필요시) : 철근이 노출되어 있을 경우 방청재를 도포한다.

④ 단면보수 : 단면손실 부분은 복원재를 이용하여 충분히 도포한다.

⑤ 바닥면 고르기 : 단면보수를 실시하지 않은 부위라도 연장하여 단면 조정재로 도포한다.

※ 사용재료

① 방청재 : 우레탄수지 또는 알키드수지 사용

② 단면보수재 : 라텍스혼합시멘트 모르터, 에폭시수지 모르터, 우레탄수지 혼입시멘트 모르터 등이 사용 가능함.

나. 주입보수

주입보수는 외관조사에 조사된 균열 중 폭이 0.3mm를 초과하는 경우에 활용하는 것으로 하며 표면 및 단면보수 부위라도 균열 폭이 큰 경우 적용하여야 한다. 균열부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안정성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용한다.

<표 4.2.1> 수지주입 공법의 종류

압 입 식
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력
흡 입 식
· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

1) 수지주입 공법의 선정

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식 및 저압·저속식 주입 방법이 있으며 <표 4.2.1>은 주입공법의 종류이다.

종래에는 수동식 기계주입 방법이 많이 이용되고 있으나, 이 방법은 주입량을 정확하게 파악할 수 없으며, 관통하지 않은 균열은 구석까지 보수재료를 주입하기가 곤란하다. 또한 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀 주는 등의 문제점이 있다. 따라서, <표 4.2.2>의 저압·저속 주입의 압입식 공법이 주요하며, 저압·저속의 주입공법은 주입량 파악이 쉬우며, 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있다.

<표 4.2.2> 저압·저속식 주입방법

압 입 방 식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

2) 압입식 수지주입 공법 선정

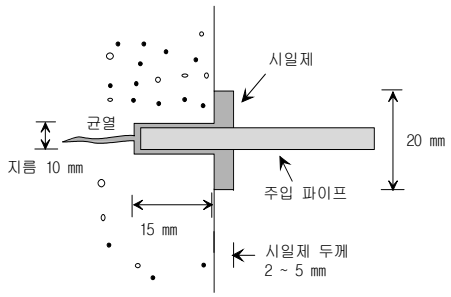
이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 <표 4.2.2>와 같다.

<표 4.2.3> 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

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

<표 4.2.4> 균열폭에 따른 주입파이프의 간격

균열폭	주입파이프 간격(mm)
0.3 이하	50 ~ 100
0.3 ~ 0.5	100 ~ 200
0.5 ~ 1.0	150 ~ 250
1.0 이상	200 ~ 300



<그림 4.2.4> 주입파이프 설치도

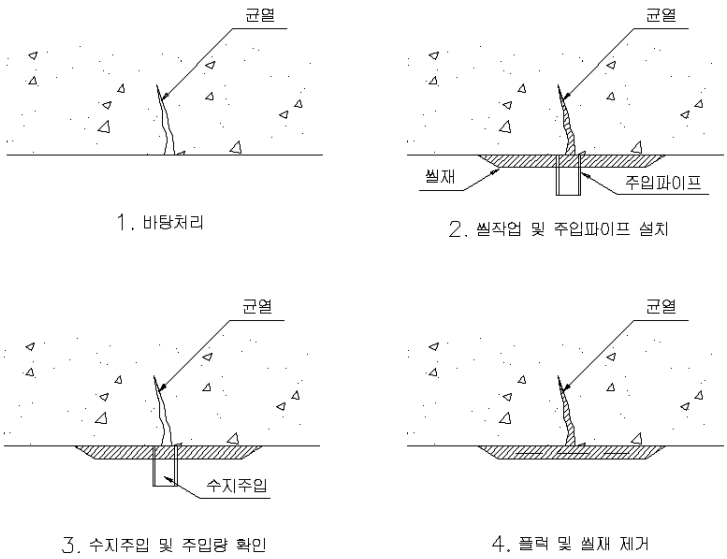
이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 <표 4.2.3>과 같으며, 일반적인 주입 파이프의 간격과 설치 개요는 <표 4.2.4>, <그림 4.2.4>와 같다.

3) 압입식 수지주입 공법 특징

수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고, 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다.

주입압력은 4kgf/㎠ 이하로 규정되어 있으나 실제로는 1kgf/㎠ 전후가 사용된다. 주입제는 에폭시수지 이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있으며, 무기질계 슬러리는 습윤 환경하에서도 사용이 가능하다. 반면에 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

수지주입공법의 흐름도 및 공법개요도는 <그림 4.2.5>, <그림 5.2.6>과 같고, 수지계 주입재의 특징은 <표 4.2.5>과 같다.



<그림 4.2.5> 균열 수지주입 공법 개요도

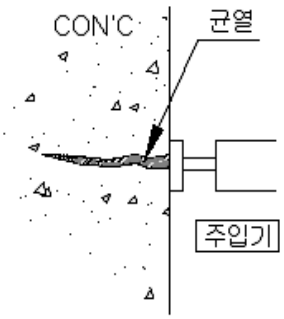
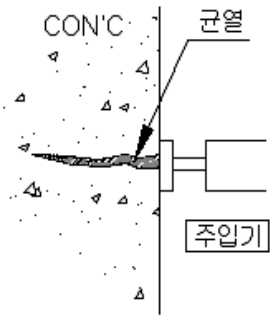
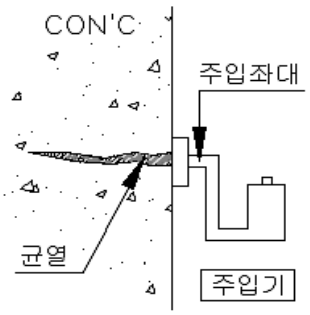
(Check Point)	(시 공 순 서)	(시 공 내 용)	(시공기자재등)
균열폭 측정 및 표식	균열 조사	균열상황 확인 폭을 균열게이지로 측정	균열게이지
주입구가 청소에 의해 메워지지 않도록 주의	균열부 표면청소	주입구 주변 청소	와이어브러시 그라인더 드릴
	주입파이프 고정	주입파이프 간격 확인(100～200 ㎜), 주입파이프 접착 밀도 확인	스케일 등
씰재의 접착을 견고하게 양생(가장 중요)	비주입부위 균열의 씰링		흙손 등
진행성 균열의 경우는 가소성 에폭시수지의 사용을 검토	전용 펌프로 천천히 주입		주입용 펌프
	주입양 확인 양 생		
시공전의 상태에 근 접하게 제거	주입파이프 씰재 제거 작업종료		망치, 끌, 정 드라이버 등

<그림 4.2.6> 수지주입 공법 시공 흐름도

<표 4.2.5> 수지계 주입재의 특징

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

<표 4.2.6> 수지주입공법의 비교

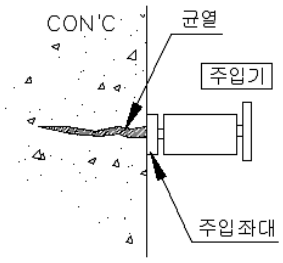
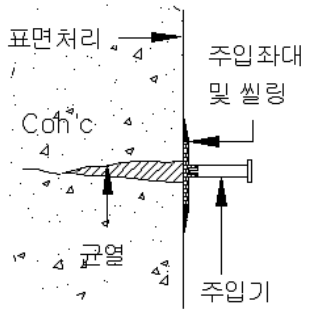
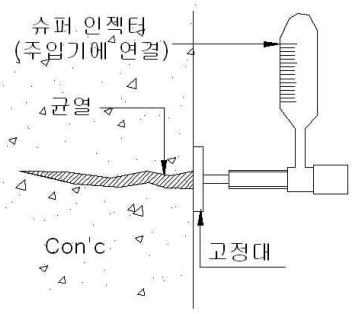
구 분	제 1 안	제 2 안	제 3 안
	에폭시 수지계 (일반)	폴리머 모르터	수성 에폭시콘크리트
개요도			
공법 개요	콘크리트 균열부위에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열부위에 무기계 재료인 RF슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열 부위에 유기계+무기계 재료인 수성 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리 → V컷팅 → 주입기 설치 → 균열부 씰링 →에폭시 주입 → 단면복구	표면처리 → V컷팅 → 주입기 설치 → 균열부 씰링 → RF슬러리주입 → 단면복구	표면처리 → V컷팅 → 주입기 설치 → 균열부 씰링 → 수성 에폭시주입 → 단면복구
특 징	- 습윤면 시공 가능 - 시공성이 좋다 - 경화속도가 빠르다. - 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다 - 가장 일반적으로 쓰이는 공법으로 실적이 많다	- 모체와 탄성계수, 열팽창 계수가 동일하여 재균열 발생 가능성 적음 - 모체와 일체화 가능 - 기존의 콘크리트 구체와 동일한 구조거동을 하며, 재탈락의 현상 없음 - 습윤면 시공 불가능 - 저점도이므로 균열폭이 작으면 주입이 되지 않는다.	- 미세 균열주위 콘크리트 강도 증가 - 내지하수, 내해수, 내약품성, 화학적 침식성 우수 - 경화속도가 무기계에 비해 빠르다 - 물성치가 콘크리트와 상이함으로 온도 및 하중변화에 의한 재균열 발생 우려

4) 시공시 주의사항

(1) 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

보수부 콘크리트의 표면 온도는 10℃이상을 표준으로 하고 있으므로 기온차가 심한 경우에는 기온의 변화에 대응하는 에폭시계 수지의 성상을 조사하여 두고 겨울철 부득이 시공하는 경우에는 가열양생 등의 조치를 생각할 필요가 있다.

<표 4.2.6> 수지주입공법의 비교-계속

구 분	제 4 안	제 5 안	제 6 안
	그라우트(에폭시수지계)	습식 에폭시수지계	무색 에폭시수지계
개요도			
공법 개요	콘크리트 균열부위에 초미립자 무기계 슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법	1차로 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시 탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열보강액 주입 가능한 공법
시공 방법	표면처리→V컷팅→주입좌대 고정→균열부실링→초미립무기계→슬러리주입→단면복구	표면처리→주입구선정→균열부위 씰링→고정판설치→에폭시주입→표면정리	균열부위 면처리→에어컨 먼지제거 → 균열부실링→고정제부착→실린더 고정판에 부착→슈퍼인젝터를 실린더에 부착후 주입→고정대 제거 후 마감.
특 징	- 무기계 재료로서 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 온도, 하중변화에 의한 재균열 발생가능성이 없음 - 습윤면 시공불가능 - 균열부 콘크리트 방청, 중성화 및 염해방지 기능이 있음 - 공정이 다소 복잡하여 시공 전문가 필요	- 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있음. - 건식, 습식, 수중 시공이 가능. - 균열의 표면뿐만 아니라, 내부균열 깊숙이 주입이 가능. - 압력조절에 주의가 요망되며, 압력 이 클 경우 균열이 확대되어 버림.	- 각각의 시공 부위에 따라 슈퍼인젝터의 각도를 조절하면 완벽한 주입가능. - 자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능. - 약품이 역류되지 않아 시공면이 오염되지 않음. - 시공이 매우 용이하여 시공비가 저렴하다. - 사용년수 증가시 접착력이 떨어질 수 있다.

(2) 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

일반적으로 에폭시계 수지의 경화시간이란 접착제를 혼합해서 충분한 접착강도가 보증되는 작업 가능시까지의 시간을 말하나 기온, 혼합량의 대소 등에 따라서도 다르므로 주의해야 한다.

(3) 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 롯트마다 시험을 실시하여 품질의 확인이 필요하다.

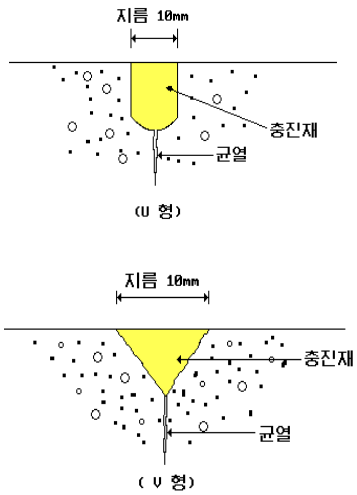
(4) 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

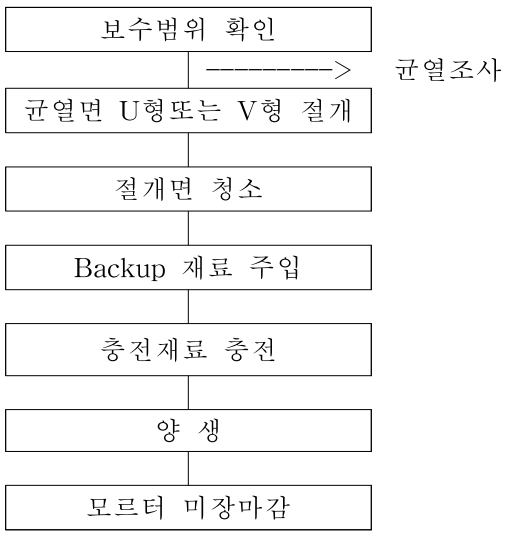
(5) 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 마무리한다.

5) 충전공법

충전공법은 균열의 폭이 0.5 mm 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로, 균열을 따라 모르터 마감 또는 콘크리트를 절단하여, 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근이 부식되어 있는 경우와 부식되지 않은 경우에 따라 보수방법이 다르다. 충전공법에는 철근이 부식되지 않은 경우, 철근이 부식되어 있는 경우, U커트 실링재 충전공법, 결함부위 에폭시수지 모르터 충전공법 그리고 결함부위 폴리머 시멘트 모르터 충전공법 등이 있다.

◆ 철근이 부식되지 않은 경우





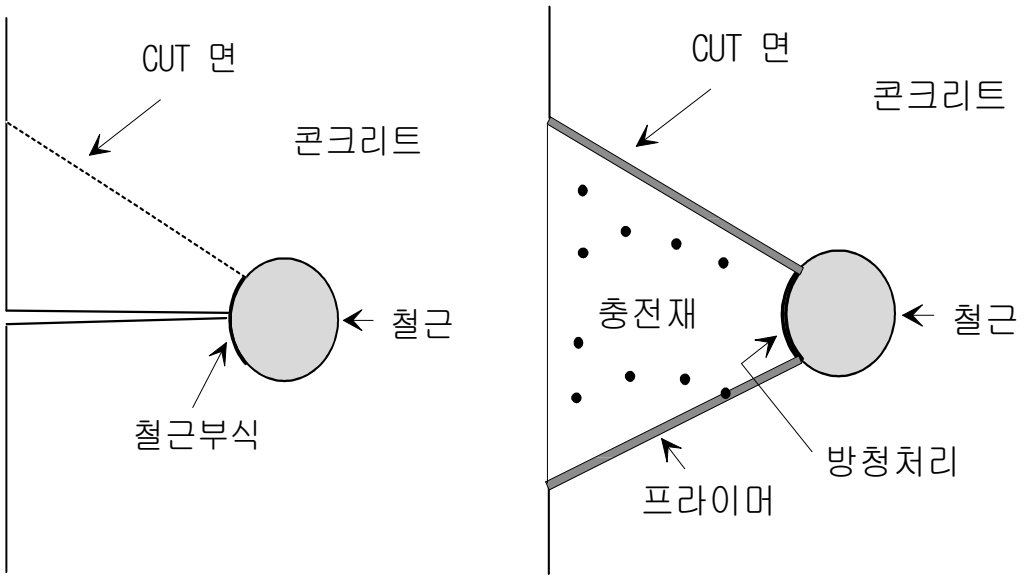
<그림 4.2.7> 철근이 부식하지 않는 경우의 충전공법 및 시공흐름

철근이 부식되지 않은 경우는 <그림 4.2.7>과 같이 균열을 따라 약 10 mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절개한 후, 이 부위에 실링재·유연성 에폭시수지 또는 폴리머 시멘트 모르터 등을 충전하여 보수한다. V형으로 절개하는 방법은 간편하지만 폴리머 시멘트 모르터를 충전하는 경우 충전한 모르터의 박리가 발생하기 쉽기 때문에 U형으로 절개하는 방법이 보다 효과적이다.

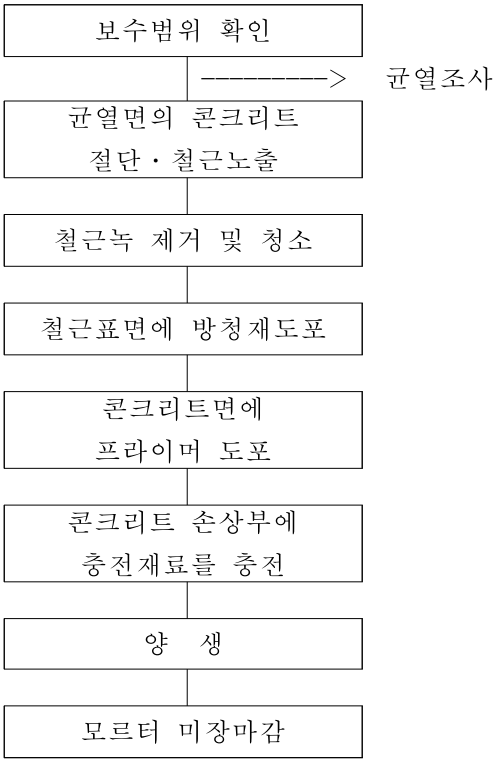
◆ 철근이 부식된 경우

철근이 부식된 경우의 충전공법은 <그림 4.2.8>과 같이 부식된 철근부위까지 콘크리트를 깨내고 철근의 녹을 완전히 제거한다. 철근에 대한 방청처리와 콘크리트면에 대한 프라이머 도포후 폴리머 시멘트 모르터나 에폭시수지 모르터 등의 재료로 충전하는 순서로 시공하며 보수 순서는 <그림 4.2.9>와 같다.

이 방법은 철근이 부식된 경우 철근콘크리트 구조물의 내구성 회복을 목표로 하는 균열보수의 주된 방법으로 환경조건에 따라 여러 가지의 재료 및 공법이 사용될 수 있다. 철근이 부식된 경우의 충전공법은 크게 보수재료에 의해 물리적으로 부식을 방지하는 방법, 콘크리트에 알카리성을 부가하여 화학적으로 부식을 방지하는 방법 및 이 두 가지의 혼용방법 등 3가지로 분류될 수 있다.



<그림 4.2.8> 철근이 부식된 경우의 충전공법



<그림 4.2.9> 철근이 부식된 경우의 충전공법의 흐름도

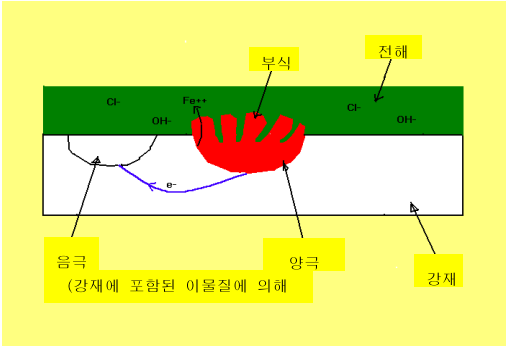
철근이 부식된 경우의 보수에는 다음 사항을 고려해야 한다. 첫째, 부식된 철근의 녹을 완전히 제거하는 것을 원칙으로 한다. 둘째, 균열이 발생되지 않은 부분의 철근도 부식하는 경우가 많기 때문에 그 부분을 포함하여 보수한다. 셋째, 균열이 진행성이면 균열폭이 증가되는 경우가 많이 있기 때문에 변형에 대한 유연성이 큰 보수재료를 사용한다. 이상에서 언급한 공법에 사용하는 재료로서는 일반적으로 콘크리트는 타설 후 수년이 지나도 수분을 함유하는 재료이므로 균열면은 항상 습윤 상태로 있는 것이 많다. 이같은 경우는 습윤 균열 전용으로 개발된 에폭시 수지계 보수재료를 이용하는 것이 바람직하다. 시멘트계 보수재료는 현재 주입성능이 합성수지계에 비해 떨어지나 수경성이므로 습윤면의 시공에 적합하고 내구성, 내화성이 우수하여 화재 발생시 등에 유리하다.

다. 도장보수

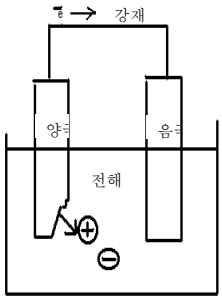
1) 부식발생의 매카니즘

일반적으로 강교에서 부식문제는 상당한 부분을 차지하므로 부식에 대한 이해를 돕기 위하여 부식의 발생 매카니즘을 제시하고자 한다. 부식 및 발청의 원인은 <그림 4.2.10>과 같이 부식 환경하에서 강재표면에 부착된 수분과 이물질 등이 전해질 용액이

되고, 강재의 제작시 포함된 이물질이 양극이 되며, 강재가 음극과 도체의 역할을 함으로써 전해질액, 이물질, 강재를 잇는 전류의 흐름이 형성된다. 여기서 양극의 철입자(Fe++)가 전해질액 속으로 녹아 들어감으로써 부식이 진행되며, 대부분의 부식방지법은 이러한 전류의 흐름을 차단하는데 주안점을 두고 있다.



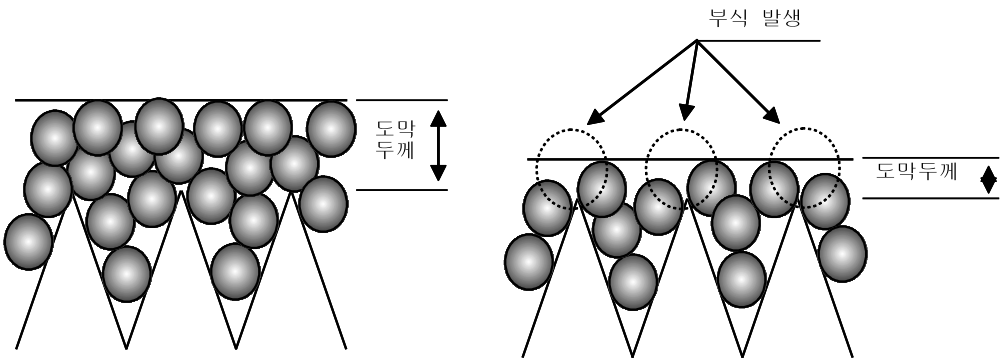
(a) 강재의 부식과정



(b) 부식원리

<그림 4.2.10> 강재의 부식과정 및 원리

상시 부식 환경이 조성된 경우에는 계속적인 입자의 손실로 인하여 도막두께가 감소하는 결과를 초래할 수도 있으며, 모서리부는 입자의 부착이 어려우므로 부식이 다른 부위보다 먼저 발생할 수도 있다. 이러한 도막두께 부족에 따른 부식은 <그림 4.2.11>과 같이 도막이 부족한 경우에 부식이 우선적으로 발생하고 그 범위가 점차 전체 구조물로 확대되는 것이다.



(a) 정상적인 도막두께　　(b) 도막두께가 부족한 경우

<그림 4.2.11> 도막두께 부족으로 인한 부식발생

2) 강재부식 및 도장박리 보수방안

(1) 일반사항

하천을 횡단하는 교량의 특수성과 통행차량의 매연 및 산악지대의 지리적 특성상 안개 등 습기의 반복적인 노출의 영향을 받고 있는 것을 감안하면 박스 내·외부의 도장은 가혹한 부식 환경으로 보고 특수 환경용 중방식 도장을 채용하는 것이 효과적이라 판단된다. '중방식 도장(Heavy Duty Coating)'이라함은 교량, 해상 구조물 등 심한 부식 환경에 놓여있는 철구조물을 장기간에 걸쳐 부식으로 보호하기 위하여 제조한 도료로 시공하는 방식도장을 말한다.

특히, 부식이 심하게 발생된 부위의 재도장은 기존 부식에 의한 단면 감소가 발생하지 않도록 표면처리(블라스팅)를 충분히 실시하는 것이 중요하므로 이를 숙지하여야 한다.

(2) 사용도료 및 건조도막 두께

① 부분 재도장시

- 도장은 수용성 무기징크의 하도와 타르에폭시계의 상도가 시공되어져 있다.
- 수용성 무기징크는 건조 후 탄산칼륨이 잔존하며, 탄산칼륨이 물과 반응하여 수소가스 및 탄산가스가 발생되어 도막층간 부착력 불량하여 수용성 무기징크 위에는 후속 도장을 실시하지 않는다.
- 일반적으로 보수 도장시에는 표면처리 후 Epoxy mastic중도 도장과 우레탄상도를 추천하고 있으나 수용성 무기징크의 반응 Mechanism을 볼때 추천불가능하나 각 도료 회사의 제품특성이 있으므로 보수도장 전에 추천한 도료회사와 협의 후 보수도장 사양서를 결정하는 것이 바람직하다.

② 적용 요령

- 도료의 종류와 건조도막두께는 공사 및 도료의 특성에 따라 변경될 수도 있다.
- 무기질 징크 위에 도장 전에는 반드시 미스트 코트를 실시한다.
- 내부의 상도는 유지관리상 가급적 밝은색(회색)으로 도장한다.

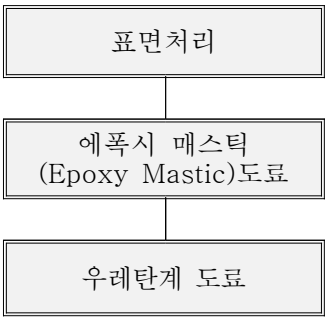
▷ 덧칠하는 경우(Steel Box Girder 내부)

- 기존 도료가 무기질이므로 덧칠할 경우에는 Mist Coat 하여 표면의 편탄성을 향상시켜야 한다.
- 와이어 브러시(Wire Brush)나 그라인더로 표면을 청소하여야 한다.

<그림 4.2.12> 보수도장 방법 개요도(덧칠하는 경우)

▷ 재도장하는 경우(Steel Box Girder 내부)

· 점부식이 심하거나 아연염이 문질러 손에 묻어나는 경우 표면처리하여야 한다.



<그림 4.2.13> 보수도장 방법 개요도(재도장하는 경우)

(3) 특수부위의 도장

· 모재와 연결판 접촉면은 후막형 무기징크리치 페인트로 도장한다.

· 강상판, 강재료와 콘크리트의 접촉면, 방수층면은 브라스팅 처리를하여 녹·흑피 등을 제거한 후 무기징크리치 페인트로 도장한다.

· 받침장치·앵커볼트부위는 특별히 규정한 경우를 제외하고는 제청작업을 한 후 무기질 징크리치 도료나 에폭시계 (알미늄 또는 마스틱)도료로 도장한다.

(4) 도장시 고려사항

강재의 부식에는 재도장을 하여 부식을 방지하는 것이 원칙이며, 본 교량의 경우에도 기존의 발청부위의 부식을 제거하고, 재도장으로 방식처리를 하는 것이 필요하다.

재도장시에는 아래의 사항을 고려하여 시행하는 것이 바람직하다.

◦도장면 물청소	현재 도장면에는 공기중의 염분이 고형화하여 부착되어 있다. 재도장을 위한 표면처리시 이러한 염분을 제거하지 않으면 블라스팅시 염분이 강재에 부착되어 부식의 원인이 되므로 먼저 기존의 도장면을 깨끗이 청소한다.
◦가벼운 블라스팅	발청부위를 가볍게 블라스팅한다. 화이트 블라스팅은 비용증가 및 환경오염을 가중시킬 우려가 있으므로, 기존의 발청부위를 가볍게 블라스팅하여 녹을 제거한다. 블라스팅 대상부위에는 보강형 하면, 주탑가로보 하면 및 모서리, 주케이블 하면 등이 있다.
◦도장	기존의 무기질 아연 도장면 위에 재도장을 실시하며, 도장재료는 이러한 특성을 고려하여 선택하도록 한다. 도장작업시 주의해야 할 사항을 아래에 정리하였다.
-도막두께 불량 (Thickness)	얇은 도막은 점녹의 발생원인이 될 수가 있고, 도막이 두꺼우면 내부 용융상태에서 표면이 경화함으로 인해 균열이 발생할 수 있다.
-핀홀 (Pinholes)	기존 도장면의 핀홀위에 스프레이 도장을 할 경우에는 도장후 핀홀내부의 공기가 빠져나오면서 구멍이 발생한다(gassing 효과). 따라서, 도장작업시 핀홀이 발생하면 이를 먼저 제거하는 것이 바람직하다.
-건조스프레이 (Dry spray)	건조스프레이는 용제의 빠른 증발로 인하여 페인트 입자가 건조한 상태로 분사되는 것을 말하며, 이러한 현상이 발견되면 즉시 제거한 후 재도장한다.
-불연속	부분적으로 도장이 누락되거나, 오버랩이 되지 않아 도막두께가 얇은 것을 불연속(discontinuities) 또는 휴일(holiday)이라고 한다.
-분화구 (Cratering)	도장후에 부분적으로 분화구 모양의 구멍이 형성되는 경우가 있는데, 이를 분화구(Cratering) 또는 어안(Fisheyes)라고 한다. 이것은 도장면 또는 페인트 분무공기에 함유되어 있던 기름에 의한 것으로, 이러한 현상이 발생하면 표면을 거칠게 한 후 브러쉬로 재도장한다.
-점토상 균열 (Mud Cracking)	점토상 균열은 두터운 도장면(특히 아연이 많은 도장)에서 발생하며, 두터운 수용성 도장면에서 용제나 수분이 빠르게 증발할 때 발생한다. 따라서, 빠른 건조가 예상되는 곳에서는 고비율 수용성 도장재료의 적용을 가능하면 피하는 것이 바람직하다.
-점녹 (Pin Point Rusting)	점녹은 도막두께가 적절하지 않거나 아연함량이 적은 아연도장에서 방식효과가 감소함으로써 발생한다. 이러한 결함을 방지하기 위해서는 적절한 함량의 아연도장재료를 사용하고, 도막두께가 충분해야 한다.

(5) 표면처리 순서

① 발청부위

a. 기 도장된 표면에 부착된 염분량을 측정하여 염분부착량이 150 mg/m^2 이상인 경우에는 강재 표면의 염분과 이물질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 이때 분사압력은 2 MPa로 하며, 강재면과의 거리는 30~45cm 정도 유지한다.

b. 강재표면이 건조해질 때까지 기다린 후, 동력공구세정방법(power tool cleaning)을 선정하여 강재표면의 녹을 제거한다. 이때 기존의 도장을 완전히 제거할 필요는 없다.

c. 블라스팅시 표면조도가 15~35μm가 되도록 한다. 기존의 도장면 위에 재도장을 실시한다.

d. 블라스팅과 하부도장은 같은 날 실시한다. 블라스팅후 재도장까지 1일 이상 지체되면 밤에 응결된 수분에 의해 발청이 될 수도 있다.

e. 하부도장을 실시한 후 상부도장까지는 7일이 경과하지 않도록 한다. 만약 7일이상 경과하면, 상부도장 이전에 깨끗한 물로 세척한 후 도장하도록 한다.

② 발청이 없는 부위

a. 기 도장된 표면에 부착된 염분량을 측정하여 염분부착량이 150 mg/m^2 이상인 경우에는 강재 표면의 염분과 이물질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 강재 표면의 염분과 이물질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 이때 분사압력은 2MPa로 하며, 강재면과의 거리는 30~45cm 정도 유지한다.

b. 강재표면이 건조해질 때까지 기다린 후, 샌드페이퍼링(sand papering) 으로 강재표면의 표면조도가 15μm 정도가 되도록 한 후 분진을 강력에어로 철저히 청소한다. 이때 기존의 도장을 완전히 제거할 필요는 없으며, 기존의 도장면 위에 재도장을 실시한다.

c. 블라스팅과 하부도장은 같은 날 실시한다. 블라스팅 후 재도장까지 1일 이상 지체되면 밤에 응결된 수분에 의해 발청이 될 수도 있다.

d. 하부도장을 실시한 후 상부도장까지는 7일이 경과하지 않도록 한다. 만약 7일 이상 경과하면, 상부도장 이전에 깨끗한 물로 세척한 후 도장하도록 한다.

(6) 검 사

① 검사항목

<표 4.2.7> 도장 검사항목 및 검사방법

검사시기	검사항목	검사방법
도장전	· 도 료 · 피로체 바탕처리 상태	· 시험성적표심사 · 시료체취시험실시(KSM5000) · 시방서 기준
도장후	· 도료사용량 · 외관조사 · 도막두께 · 도막부착시험	· 전수조사 · 육안조사 · 측정기에 의함 · 테이프 테스트

② 도료의 품질검사

a. 제조업체 시험성적표

· 제조업체가 제출한 시험성적표가 규격에 적합한지 확인하여야 한다.

· 시험성적표는 도료의 종류별·도료 롯트별로 확인 검사를 해야한다.

· 용기의 규격번호 및 명칭이 표시되었는지 확인하여야 한다.

· 도료의 수량은 설계 소요량이 반입되었는지 확인하여야 한다.

  · 현장시료 채취시험은 반드시 공인된 시험기간에 의뢰검사를 실시하여야 한다. 도장후 도막의 부착성 시험도 필요시에는 의뢰검사를 실시할 수 있다.

b. 불합격 도료의 처리

  · 시험에 불합격한 도료는 즉시 현장외로 반출하고 반출을 증빙할 수 있도록 반품과정의 사진을 촬영하여 반출송장과 함께 보관한다.

  · 시험에 불합격하여 도료를 반출하고 재반입하는 경우는 도료 제조업체를 변경한다.

③ 도장후 검사

a. 외관의 육안조사

도막의 변·퇴색이나, 광택의 감퇴, 백염화, 오손, 균열, 벗겨짐, 부풀음 및 녹 등의 이상유무 및 발생정도를 판정한다.

· 층별도장이 건조된 후 도막측정기에 의하여 도막 두께를 측정한다.

· 도막의 부착성 실험

b. 칼로 X-컷한후 테이프 테스트를 실시하여 3A등급 이상 (ASTM D 3359 기준)이어야 한다.

라. 교면포장 아스팔트 균열보수

1) 아스팔트 균열개요

아스팔트 포장도로는 지형, 기후 그리고 교통량에 따라 엄격하게 설계되지만 차량 윤하중의 반복작용과 온도변화에 의한 수축·팽창 작용 및 기층의 변화상태에 의해 설계에 관계없이 점차 노화하기 시작하며 특히 아스팔트에 포함된 가소성분, 아스팔트 성분은 산화작용으로 경화되며 교통량에 따른 중압과 온도변화로 탄성력이 작아져 균열이 진행된다.

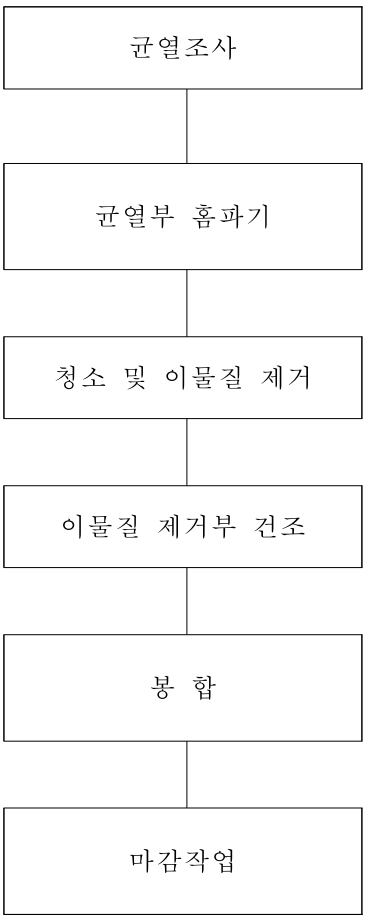
2) 교면포장 아스팔트 균열접합보수

(1) 일반사항

단순균열 부분에 적합하여 시공속도가 빠르고 경제적이며 균열의 폭이 좁고 깊이가 상태적으로 낮아 이물질이 적게 침투되어 있는 균열에 적합.

발달된 균열의 진행방향에 따라 홈파기작업을 하여 침투되어 있는 이물질을 제거하며, 시공면 접착부의 접착 강도를 증진시킬 수 있어 균열의 폭이 크고 깊이가 깊은 균열에 적합.

(2) 보수순서



<그림 4.2.14> 교면포장 아스팔트 균열보수

4.3 유지관리방안

4.3.1 개요

본 유지관리방안은 "시설물의 안전관리에 관한 특별법"규정에 따라 고시된 안전점검 및 정밀안전진단지침과 관련하여 본 교량에 관한 상세한 유지관리지침을 제시하여 과학적이고 체계적인 유지관리를 도모함에 있다. 교량의 유지관리는 시설물의 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 일상점검 및 정기점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인할 수 있고 특히, 결함발생 초기에 발견하여 손상 정도에 따라 적정한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 실시되어야 한다. 결함발생 초기에서 보수시기를 놓치면 장기에는 보수하기 어려울 뿐만 아니라 많은 보수비와 보수기간의 장기화로 통행차량의 불편과 동시에 물류비 증액의 원인이 된다.

따라서, 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따라 시설물의 개량, 보수·보강에 필요한 활동을 하는 것으로 교량의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의깊게 점검하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

또한. 교량의 유지관리는 교량의 기능과 사용재료의 성능저하 등을 신속 정확히 조사, 측정, 평가하여 이에 대한 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전과 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후, 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것이 목적이며, 세부목적은 다음과 같다.

· 교량 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 한다.
· 교량 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
· 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.
· 보수, 보강, 개축 등 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
· 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여, 예산의 최적분배가 가능하게 한다.
· 축적된 점검결과 분석을 통해 향후 설계, 시공될 교량의 개선을 기대한다.

위와 같은 목적에서 금번 정밀점검에서 조사되고 분석된 손상 및 결함을 근거로 하여 <표 4.3.1>에 중점유지관리 항목을 제시하였고 그에 따른 유지관리업무를 기술하였다.

4.3.2 유지관리 점검

<표 4.3.1> 유지관리 점검표

구조부재	점 검 부 위		점 검 항 목
교면 포장	▷공통		• 균열 (미세, 선상, 격자형) • 소성변형 (요철, 바퀴자국, 단차) • 함몰 (패임) • 노면잡물 (구배불량)
	▷신축이음 전후 ▷구조물 경계부		• 단차, 침하
	▷배수구 주변		• 물고임 (배수구 간격, 유출구 위치)
신축이음	▷본체	- 공통	• 누수, 오염 (배수시설 누락, 유간의 오물퇴적) • 유간 (부족 및 과다) • 이상진동 (충격음) • 본체 유동 및 파손 (충격음, 흔들림)
	▷후타재		• 균열, 파손 (패임 및 요철) • 전·후의 단차 (교면포장과의 단차)
배수시설	▷배수구	- 격자판 (grating) - 유입구	• 파손, 누락 • 누수, 체수 (막힘) • 오염 (오물퇴적)
	▷배수관		• 파손 (연결 고정부 탈락) • 배수관 길이 부족 (하부구조에 물 떨어짐) • 유출구 위치 부적절 (도로상이나 구조물 위에 위치)
교량 받침	▷본체	- 공통	• 부식(오물퇴적), 변형 • 균열, 파손 (균열발생으로 파손진행) • 가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 • 받침과 거더의 밀착상태 (분리) • 앵커볼트 파손 (절단) • 가동방향 오류, 편기설치
		- 강재받침	• 가동면 부식 • 부속물 파손
	▷받침대		• 균열, 파손 (하부공동) • 부분 침하
PSC Beam	▷공통		• 균열, 박리, 박락, 파손, 철근노출 • PS강재 또는 쉬스관 노출, 부식, 파단 • 재료분리
	▷받침부		• 신축이음 하면 및 배수구 주변 누수, 백태 • 부수러짐 • 복부 사인장 균열
	▷중앙부		• 횡방향 균열 및 처짐 • 쉬스관 노출 및 파손 • 시공이음부 누수
	▷강선 정착구		• 정착구역 균열 및 파손

<표 4.3.1> 유지관리 점검표 (계속)

구조부재	점 검 부 위	점 검 항 목
케이블	▷케이블 부재	• 도장손상 및 부식 • 부식으로 인한 케이블 단면 손상 • 케이블 변형 및 꺾임 • 외부 및 내부 소선 단선
	▷보호관	• 보호관의 파손
	▷정착구	• 강재 정착구의 도장손상 및 부식 • 콘크리트 정착구의 파손, 누수 및 체수 • 정착구 댐퍼 파손
	▷행어밴드, 새들	• 도장 열화 및 부식 • 고정볼트 이완, 탈락 • 변형 및 파손
교대	▷공통	• 균열 (시공이음부 횡방향 균열) • 박리, 백태, 파손, 철근노출 • 교대 회전 (기울음) • 교대 침하 (연직이동)
	▷두부(Coping)	• 두부 물고임 • 두부와 흉벽 경계부 균열 (흉벽 후면으로 기울음) • 거더와 흉벽 신축유간 부족
	▷구체	• 균열 (수직균열) • 구체와 날개벽 분리 (이동)
	▷날개벽	• 날개벽 이동, 전도
교각 및 기초	▷공통	• 균열, 박리, 철근노출, 파손, 침하
	▷두부	• 두부 물고임 • 받침 하부 균열 및 파손 (박리, 박락)
	▷구체	• 수직균열 • 이동 또는 기울음
	▷기초	• 수중구간의 경우 침식, 세굴 • JACKET 기초 부식
부속시설	▷점검로	• 점검로 설치용 앵커부 파손 • 지지부재 손상
	▷조명시설	• 지주 기초 연결볼트 이완 • 거더 내부 점검등 고장
	▷표지판	• 청소불량 및 노후화 • 파손

4.3.3 유지관리업무

가. 일반

효과적인 교량관리를 위하여 설계도서를 포함한 필요한 자료를 보관하여야 한다.

1) 설계도

· 시공도서 : 시공도면, 보수・보강도면, 준공내역서, 구조계산서

· 제작 및 작업도면 : 붕괴유발부재를 포함한 교량부재의 상세도면

· 준공도면 : 최종도면

2) 시방서

· 표준시방서 및 전문시방서(보수・보강공사 포함)

3) 사 진

· 전경, 정면, 측면, 주요 결함부, 주요 공정사진

4) 재료시험

· 시공재료 종류, 등급, 품질을 기록한 공장 재료증명서

· 품질관리(선정 및 관리시험)기록

· 비파괴 시험자료(재료의 강도 등)

5) 보수이력

· 보수기간, 보수위치・공법・물량 및 손상종류, 시공회사, 공사비, 참여기술자

6) 사고기록

· 사고일시, 경위, 부재의 손상 및 보수・보강현황, 인명이나 장비등 손상정도

7) 교량관리대장

· 교량에 관한 손상과 보수・보강을 포함한 연도별 점검기록이 포함된 교량관리기록으로서 관리항목에는 다음과 관련된 사항이 포함된다.

- 교량구분

교량명, 교량일련번호, 관리주체, 위치, 이정, 교차코드, 확장구분

- 교량형식 및 사용재료

경간수, 상부구조 형식, 하부구조 형식, 부착시설 형식, 중앙・차보도 분리대 형식 및 높이, 난간・조명 형식

- 연령 및 공용성

착·준공 년월일, 상·하행 차선수, 우회로 연장·경로, 일평균 교통량 등 교통관련기록

- 교량제원

교장, 총폭원, 유효폭원, 최대경간장, 교고, 통과높이, 곡선반경, 보도폭, 접속도로 폭·곡선반경

- 교량분류, 내하력 및 통행제한

교량등급, 설계하중, 내하력 평가방법 및 계산기록, 기본내하력, 공용하중, 교량안전도, 허용통과하중 및 통행제한여부, 붕괴유발부재 표시도면, 재하시험 수행시 고유진동수, 충격계수

- 교량상태 평가

바닥판, 상부구조, 하부구조, 수로에 관한 관찰 상태, 유지관리활동 또는 제한사항 등을 포함한 교량상태 점검결과

- 기 타

교각보호시설여부, 세굴위험여부, 통행제한사항(하중,속도), 부대시설물, 기타 구조물에 피해를 주는 환경조건

· 교량관리대장의 변경 작성

- 확폭이나 확장의 경우

유지보수나 개량작업으로 부재의 강도나 사하중의 변화가 구조물의 상태 또는 내하력을 변화시키는 경우 그에 따른 내하력 계산을 한다.

- 사고일시, 경위(원인 및 대책포함), 부재의 손상 및 보수·보강현황
- 부착시설 현황(상수도관, 가스관, 통신케이블 등)
- 전면 개수시는 기존교량 대장은 보존하고 재작성

나. 점검 및 진단 자료

1) 점검 및 진단 이력

· 점검종류 및 일시, 점검자, 관리주체, 점검결과 등 모든 점검/진단활동 관련사항

2) 점검시 필요조치사항

· 현장점검을 원활히 수행하기 위한 각 교량의 특성과 부위, 특수장비 목록, 접근방법

· 점검자나 공공 안전확보를 위한 점검시 교통운용계획을 포함한 특별한 사항

· 기 실시한 점검 및 진단보고서

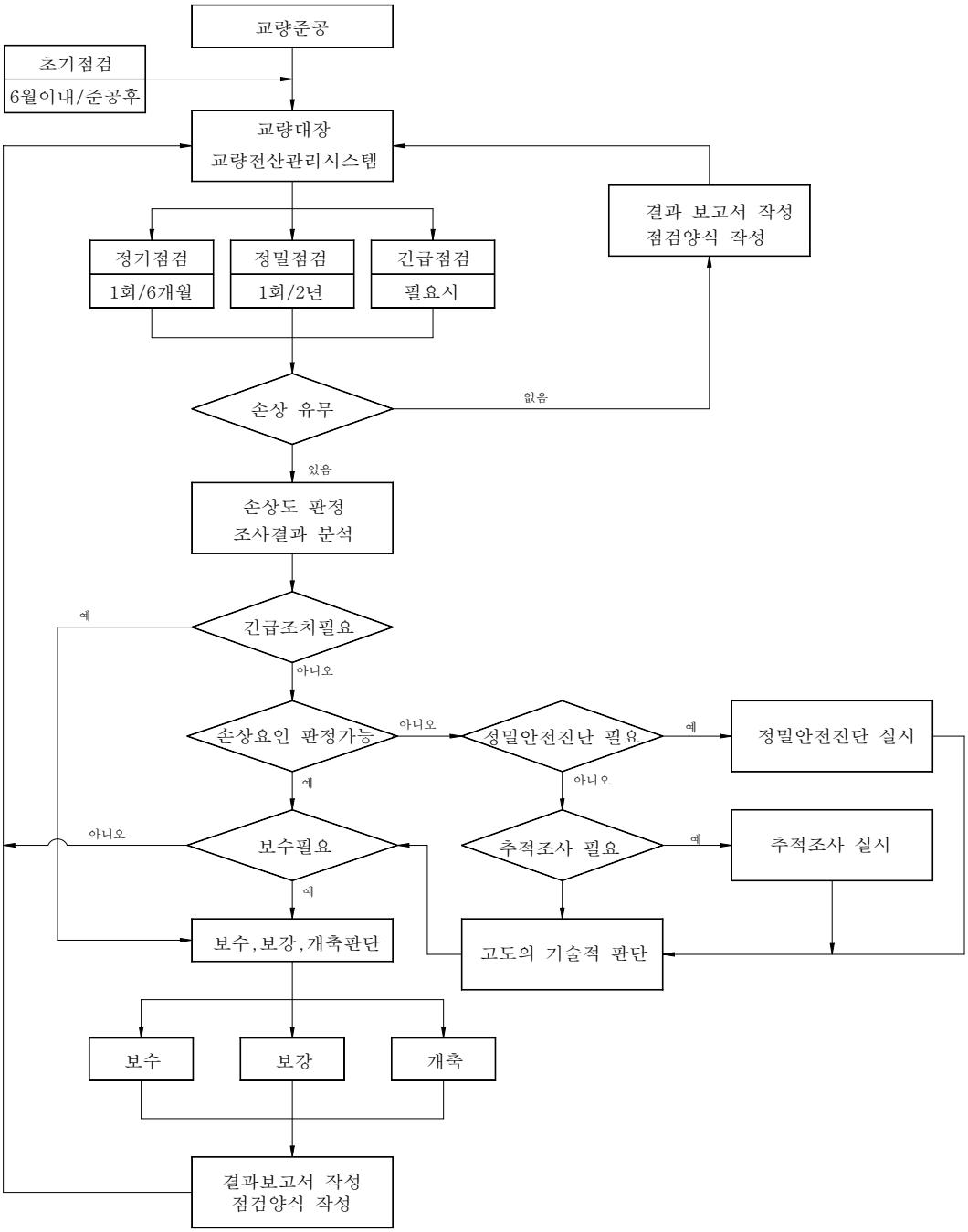
· 준공도면 등 건설 관련 기록

· 보수·보강 기록이나 사고이력

3) 점검자료의 갱신

· 교량관리대장에는 현장조사일시를 명시하며 최종 점검 이후 교량에서 수행된 주요작업에 대하여 기록한다.

· 유지관리와 개량작업으로 인하여 구조물의 규격이 변경된 경우에도 변경된 치수를 기록한다.



<그림 4.3.1> 유지관리 흐름도

다. 상태 및 안전성 평가 자료

1) 내하력 평가기록

관리주체는 내하력 평가방법과 종류 및 해석결과, 사용된 계수 등 내하력 결정에 관련된 제반기록을 보관한다.

2) 계측기록

계측이 필요하다고 판단되는 구간에는 중요한 구조부위를 선정하여 정기적으로 계측을 시행하고 그 기록을 보존한다. 계측을 실시한 경우에는 시설물에 계측지점을 표시·보존함으로서 연계성 있는 계측을 할 수 있도록 도상(圖上)과 계측지점을 일치시켜 기록·보존한다.

라. 유지관리업무 종류와 방법

안전점검은 정기점검, 정밀점검, 초기점검, 긴급점검이 있다.

1) 정기점검

손상을 미리 발견하기 위하여 반기별 1회이상 실시하는 순찰과 유사한 성격의 점검으로 도보로 접근이 가능한 부재에 대하여 전반적인 외관상태를 관찰하는 수준으로 실시한다.

2) 정밀점검

시설물의 수명을 연장하기 위하여 2년에 1회 이상 정기적으로 실시하는 점검으로 도보접근이 가능한 부재를 육안이나 간단한 점검장비를 이용하여 실시하되 전반적인 외관상태를 대상으로 한다.

점검은 육안검사와 정기점검에 사용되는 보조기구 외에 카메라, 반발경도 측정기, 균열자, 줄자 등의 간단한 측정기구를 사용하여 영구작업대, 점검통로 또는 점검차를 사용하여 거더 및 바닥판 하부 등 정기점검시 접근이 불가능한 부위까지 점검한다. 손상상태평가는 경간별 지점별로 행하되 문제부위에 대하여는 외관조사망도를 구성하여 등급을 매기는 것으로 한다. 구조 혹은 하중상태가 변화된 경우에는 구조계산을 통한 내하력평가를 시행한다.

3) 초기점검

공용개시 전에 교량전체에 대한 육안검사와 콘크리트 강도조사, 철근 배근상태조사, 재료시험 등의 현장시험을 실시하여 시공상태를 평가하고, 구조물에 손상을 주지 않는 범위 내에서 재하시험을 시행, 처짐과 공용내하력의 초기치를 설정하여 향후 교량의 점검 및 진단 시에 기초자료로 활용하도록 하기 위한 점검으로서 정밀안전진단 수준으로 실시한다.

구조형태가 변화되었을 때에도 초기치를 결정하기 위하여 초기점검을 실시하고 비파괴 현장시험 및 재료시험의 종류는 기존자료 및 교량상태를 고려하여 선정한다. 육안검사시 결함이 있는 경우에는 도면으로 기록하며, 교량전체 부재에 대한 안전성 조사 및 상태 평가, 현장시험 등 각종점검자료를 보존토록 한다.

4) 긴급점검

(1) 손상점검

재해가 발생한 경우나 발생우려가 있는 경우, 일상점검에서 이상이 발견된 경우 시설물 안전성을 확보하기 위하여 실시한다.

점검의 범위는 긴급한 사용제한이나 사용금지의 필요성이 있는지의 판단과 보수를 수행하는 데 있어 필요한 작업량의 정도를 결정할 수 있어야 한다. 손상점검은 정밀점검의 보완수단으로 손상의 정도와 보수의 긴급성 그리고 보수작업의 규모를 파악할 수 있어야 하며 시험장비에 의한 현장측정 및 사용제한기간에 대한 판단이 필요하다.

(2) 특별점검

관리주체가 판단하여 행하는 정밀점검 수준의 점검으로 기초의 침하 또는 세굴, 부재변형 등 결함이 의심되는 경우나, 하중제한중인 시설물의 지속적인 사용여부를 판단하기 위한 점검이다.

마. 정밀안전진단

점검으로는 발견할 수 없는 결함부위를 찾기 위하여 행하여지는 정밀한 육안검사 및 장비에 의한 근접점검이다. 필요한 경우 점검차, 비계, 작업선 등의 특수장비와 잠수부와 같은 특수기술자가 필요하며 결함의 존재 및 범위를 파악하기 위한 내구성측면의

비파괴 현장시험 및 기타 재료시험을 병행한다.

손상상태평가는 전체경간, 전체지점에 대하여 외관조사망도를 구성하여 손상표기 범례에 따라 상세히 작성하고 수중부분은 잠수부를 동원하여 정밀한 점검을 행한다. 외관상태 평가시의 착안사항은 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 따른다.

교량의 안전성 평가는 대상교량의 활하중 지지능력을 평가하는 것으로서 교량 구조부재의 저항능력을 정확히 산정하는 것이 중요하다. 진단은 교량에 대한 안전성 평가를 포함하며 내하력 평가시 필요할 경우 재하시험을 실시한다.

교량부재의 저항능력은 정밀 육안검사 및 비파괴시험을 통해 파악된 부재의 상태와 교량의 현상황을 고려한 구조해석 결과와 필요시 재하시험을 실시하여 산정하며, 제반기준은 현행 도로교표준시방서 및 철도건설공사표준시방서의 기준에 의하여 산정한다. 정밀안전진단 결과 보수, 보강이 필요할 경우에는 그 방법을 제시한다.

바. 일상순찰

일반적으로 작업차로 교량을 순찰할 때 발견되는 교량의 바닥판 상면의 노면잡물, 집수구 주변의 오물 퇴적, 연석이나 표지판의 불결함 등 사용자들에게 줄 수 있는 위협감이나 불쾌감을 해소하기 위하여 일반 작업원들이 실시하는 작업을 말한다.

1) 바닥판 및 집수구 관리

- 바닥판, 보도부, 표지판 청소, 집수구 청소

2) 신축이음장치 관리

- 차량 통과시 이상음, 승차감의 이상, 단차 발견시 기술자에게 위치 및 손상보고

사. 교체

난간, 보차도 경계석, 중앙분리대, 조명시설, 교통표지판, 게시물 등 구조부재를 제외한 교량의 부대장치나 시설 중에서 교량전체의 사용연한보다 연한이 짧은 것에 대하여 교체, 치환 또는 복원하는 작업을 말한다. 이는 각 대상별로 정해진 주기에 따라 실시하거나 관리책임자의 판단에 따라 필요한 경우 실시한다. 작업중 안전성, 내구성, 사용성에 미치는 영향에 대하여 해당 기술자의 검토가 선행되어야 한다.

아. 보수

교량의 구조에 영향을 주는 부재(교량받침, 신축이음부, 포장, 콘크리트부재, 강재부재, 교각, 교대 등)가 손상되어 안전성, 내구성, 사용성에 장애가 있다고 판단되고 단순한 기능환원공사에 의하여 그 장애가 제거될 수 있는 경우에 실시한다. 보수는 보강과는 달리 기능 및 강도의 강화를 꾀하는 것은 아니며 손상전의 상태로 복원하는 것을 의미한다. 모든 보수공정은 전문기술자가 교량 전체의 안전성, 내구성, 사용성의 영향을 검토하여 계획을 수립하여야 한다.

자. 보강

손상의 정도가 심각하여 보수의 효과가 의심스럽거나 사회, 정책적인 필요에 의해 강도증진 또는 기능강화가 필요한 경우 실시한다. 이는 원 설계자가 의도한 구조의 변경을 의미하므로 일부부재의 보강이 다른 구조요소에 미치는 영향을 반드시 검토하여야 하며 보강의 효과를 보증할 수 있는 방법으로 설계/시공되어야 한다.

차. 폐쇄

교량의 손상이 극도로 심화되고 교량의 내구연한에 달하여 보수나 보강의 효과가 극히 의심스럽거나 비경제적인 경우, 또는 사회, 정책적인 필요에 의해 더 이상의 교량 사용요구가 없을 경우 실시한다. 폐쇄는 보수, 보강비용과 폐쇄 후 파급비용을 대비하여 비용-이득간 분석(cost-benefit analysis)을 행한 후 결정하는 것이 바람직하다. 폐쇄 후 신설을 고려해야 할 경우에는 보수, 보강기술의 발전속도를 고려하여 성급히 결정하기보다는 교량의 등급을 하향 조정하여 사용제한 하거나 시한부 폐쇄 후 가능한 보강방법을 모색할 수도 있다.

카. 점검장비 운용

점검에 사용하는 점검장비는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비로 구분되며 다음 표와 같이 분류한다. 각 점검장비에 대한 상세한 사용법은 해당 장비의 사용설명서 등 관련문헌을 참조하여 장비특성 및 시험법을 숙지하여야 한다.

1) 정기점검

일상적 휴대장비, 간단한 접근장비

2) 초기점검

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비, 재하시험장비

3) 정밀점검

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비

4) 긴급점검

정밀점검과 동일한 수준으로 점검목적에 따라 선별, 시험장비에 의한 현장측정

5) 정밀안전진단

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

<표 4.3.3> 점검장비 종류

구 분		점 검 장 비
콘크리트 탐사장비	콘크리트 강도측정	·슈미트해머, 테스트 엔빌, 초음파탐사기, 탄성파탐사기
	콘크리트 균열 및 결함탐사	·초음파탐사기, 탄성파탐사기(AE법), 레이저탐사기, 적외선카메라, 스틸카메라, 레이다 탐사기
	철근탐지	·페코미터, 방사선투과기
	철근부식탐지	·레이다탐사기, 부식측정기
	콘크리트열화도 탐사	·탄산화시험, 알칼리 골재반응시험
	염해 탐사	·재료시편에 대한 염해시험

<표 4.3.3> 점검장비 종류

구 분		점 검 장 비
휴대장비		·망원경, 확대경, 손전등, 카메라, 필기도구 (흑판, 분필,매직펜), 줄자, 균열경, 교통규제 기구 등
접근장비		·사다리, 점검차(고소작업차, 굴절차), 점검보트
강재 탐사장비	표면균열탐지	·자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투법, 와동전류법
	내부결함탐지	·초음파탐사기, AE장비. 방사선투과기
	용접부 결함	·방사선 투과기, 초음파탐사기
	피로균열탐사	·자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투법
	응력부식탐사	·자기입자탐사기, 염료침투법
	두께검사	·초음파탐사기, 방사선 탐사기

타. 점검인원의 구성

정기점검은 교량 담당요원이 수행하는 것으로 보고, 정밀점검은 정기점검팀 혹은 별도의 점검팀을 구성하여 실시하는 것으로 한다. 정기점검은 정기점검 자격을 갖춘 책임기술자 1인을 포함하여 총 2인이 한 조가 되어 도보로 접근 가능한 전체부위를 정해 놓은 일정에 따라서 점검한다.

정밀점검은 정기점검시 근접점검이 어려운 부위를 위주로 시행하며 정밀점검 자격을 갖춘 책임기술자 1인을 포함하여 별도의 점검팀을 구성하여야 한다.

4.3.4 부위별 점검요령

가. 교면포장

1) 교면포장의 정의

바닥판 상면에 위치하여 차량으로부터 진동을 흡수·분산시키고 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 한다. 또한 교면포장은 직접 윤하중과 접촉하는 상태이므로 결함발생 빈도가 높으며 국부적인 포장의 결함이 많이 나타난다.

2) 교면포장의 형식 및 기본 구성

콘크리트 포장은 시멘트·골재·물을 혼합하여 시멘트의 수경성(水硬性)을 이용하는 포장으로, 포장 바닥판(slab:판)이 강성(剛性)을 갖도록 설계되어 강성포장이라고도 한다. 콘크리트 포장은 표층에 해당하는 콘크리트 바닥판과 중간층, 보조기층으로 구성되어 있다. 콘크리트 바닥판은 직접 교통에 공용되어 그 하중을 지지하는 가장 중요한 층으로, 온도 변화 및 함수량 변화 등에 의한 응력(應力)을 줄이기 위해 줄눈(joint)을 적당 한 간격으로 설치하는 등 단면을 두껍게 한다. 보조기층은 콘크리트 바닥판을 지지하며 바닥판으로부터 전달되는 교통하중을 분산하여 노상에 전달하는 층으로, 내구성이 좋고 충분한 지지력을 가진 재료가 사용된다. 이밖에 보조기층의 내수성 및 내구성을 개선하기 위해 보조기층 최상부에 아스팔트 중간층을 설치하기도 한다.

3) 일반적 손상 유형

- 균열 • 마모
- 박리 • 파손

4) 교면포장의 점검 요령

- 급제동 구간이나 커브 구간에서의 포장의 균열, 마모손상 점검
- 중차량 통행이 많은 구간의 균열, 파손등의 결함 점검
- 신축이음부 전후방 : 후타 콘크리트재 파손과 병행하여 포장의 균열 및 파손점검
- 물고임구간 : 포장 배수경사가 불량한 구간에 대하여 비온 직후 물고임구간을 점검

나. 배수시설

1) 배수시설의 정의

교면의 물고임에 따른 차량 사고방지 및 물유입에 따른 부식방지를 위해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위한 시설로 일반적으로 노견측에 배치한다. 배수시설이 불량하여 교면에 물이 고여 있을 경우 주행차량에 큰 지장을 주고 겨울철에는 빙판을 이루어 교통사고의 원인이 될 수 있다.

2) 배수시설의 기본구성

그레이팅(Grating), 배수구, 배수관, 홈통 또는 물받이

3) 일반적인 손상 유형

- 배수구 그레이팅 파손 및 누락
- 배수구 막힘
- 집수구 설치위치가 포장면 보다 높음
- 배수구 길이 주거더높이 보다 짧게 설치
- 배수관 고정상태 불량
- 집수구 주변 배수경사 불량으로 인한 물고임
- 배수관 유출구 위치확인(도로부)

4) 배수시설의 점검 요령

- 배수관

· 신축이음부 하부에 있는 배수홈통 내부에 오물퇴적 여부 점검

· 배수관 길이가 주거더높이보다 길이가 짧아 주거더에 물이 튀길 염려가 있는지 조사

· 배수관 유출구의 위치가 교각상에 있거나 도로상에 있어 차량통행에 지장 초래여부 조사

· 배수관을 지지하는 고정장치 등이 흔들리는지 여부 점검

다. 방호벽

1) 방호벽의 정의

- 방호벽 : 주행중 정상적인 주행경로를 벗어난 차량이 길밖, 대향차로 또는 보도 등으로 이탈하는 것을 방지하는 동시에 탑승자의 상해 및 차량파손을 최소한도로 줄이고 차량을 정상 진행방향으로 복귀시키는 것을 목적으로 하며 부수적으로 운전자의 시선을 유도하고 보행자의 무단횡단을 억제한다.

2) 일반적인 손상 유형

- 방호벽의 균열, 파손 및 박리
- 방호벽의 철근노출

3) 방호벽의 점검 요령

- 방호벽의 종단선형이 급격하게 변화하는 부분이 있는지 확인이 필요하고 이러한 부분이 있다면 처짐을 의심하여야 함
- 연석은 주로 차량의 충격에 의한 국부파손, 균열 등의 손상에 대하여 점검
- 신축이음부에서 교량의 신축작용에 의한 손상여부 확인

· 콘크리트 균열 및 박리, 철근노출

· 방호책 파손

· 방호책 정착부 이완

라. 신축이음

1) 신축이음의 정의

바닥판의 연결부에 설치되며 교량의 온도변화로 인한 신축, 콘크리트의 재령에 따른 크리프와 건조수축, 활하중에 의한 처짐 등 상부구조의 이동과 회전을 원활하게 수용하고 단부의 변위에 대해 주행성에 지장이 없도록 설치한 장치이며, 교면 우수 및 오물의 교량하부 유입방지 기능도 한다.

2) 유지관리 주요 Point 및 유의사항

① 이음장치 유간 및 정상작동 여부

② 이음장치 고무재의 마모 및 파손 여부

③ 후타재의 균열 및 파손 여부

④ 이음장치의 누수

3) 손상발생 가능공종

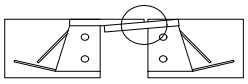
① 방수기능 저하로 하부 구조물(받침장치 등) 부식 유발

② 이물질로 인해 신축기능 마비

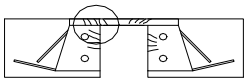
③ 후타재의 균열과 박리로 주행성 저하

④ 상판 콘크리트 바닥판 하면의 콘크리트 열화

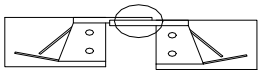
■ 본체



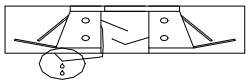
강재의 변형



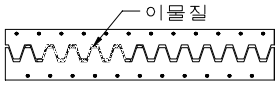
강재의 균열



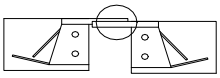
강재의 이탈 및 파손



누수(타부재의 손상원인 제공)

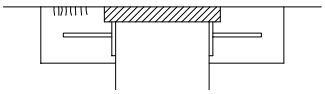


신축유간 부적절 및 유간사이의 이물질, 폐쇄

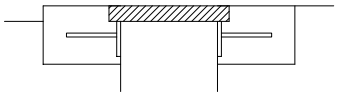


유간의 단차로 평탄성 불량

■ 후타재



콘크리트 후타재 균열 및 파손



콘크리트 후타재와 포장 또는 접속바닥판과의 단차
(차량하중으로 인한 충격유발)

4) 신축이음의 점검 요령

신축이음은 교량 상부구조의 신축을 수용하여야 하므로 점검자는 신축이음이 제대로 작동하는지를 면밀히 점검·기록하여야 한다. 신축이음의 손상은 구조물의 다른 부분에 이상이 발생한 것을 나타내는 경우도 있기 때문에 철저하게 점검하는 것이 바람직하다.

신축이음의 점검시기는 일반적으로 신축유간이 많이 벌어져 이물질 유입, 충격 등으로 결함이 많이 발견되는 동절기와 이와 반대로 신축유간이 좁게 되어 신축이음의 충진재 등이 부풀어 오르는 하절기에 점검하는 것이 바람직하다.

• 외관 및 청소상태

- 유간의 틈사이에 오물 등의 퇴적여부 점검

• 평탄성 확보 및 소음발생여부

- 차량통과시 소음발생 및 단차(10mm 이상)발생 여부 육안점검

• 방수성 확보

- 교각, 교대 위에서 점검이 가능하며, 또한 교량 상부에서 충진재 노출 및 탈락한 부분이 있는지 점검

• 정착볼트 파손에 따른 신축이음 유동 여부

- 차량통과시 충격음 발생, 신축이음의 움직임 등을 관찰

• 후타콘크리트 및 접속부 포장상태

- 콘크리트 균열, 박락 징후 등을 점검하여 접속부 포장에 균열이 다수 발견될 경우에는 교면포장 내부의 콘크리트 상태가 불량할 경우가 많으므로 포장제거 후 점검

• 고무재 표면마모

- 고무재 신축이음 제품에서 고무마모로 인하여 강재노출 및 볼트머리 노출 등의 점검

• 난간부 신축이음은 방호벽과 이음부 처리 점검

- 방호벽과 신축이음 틈 사이에 노면수가 유입되지 않도록 마감 씰재 등의 접촉부 손상여부 확인

• 설치유간

- 교량 받침의 신축유간장 계산과 동일하며 점검당시 온도와 유간장을 측정

마. 주거더(Steel Box)

1) 주거더의 정의

바닥판과 바닥틀(가로보 및 세로보)로부터 전달되는 하중을 지지하고 받침부를 통하여 교대나 교각으로 하중을 전달하는 역할을 하며 하중전달 방법에 따라 라멘교, 거더교, 트러스교, 아치교, 케이블교로 구분된다.

2) 거더의 일반적인 손상유형

- 변형 및 이상처짐
  - 복부판 국부 좌굴(면외 변형)
- 균열, 파손
- 표면(도장)상태 오염, 부식
- 연결부 볼트이완, 파손, 이상음
- 누수 및 백태

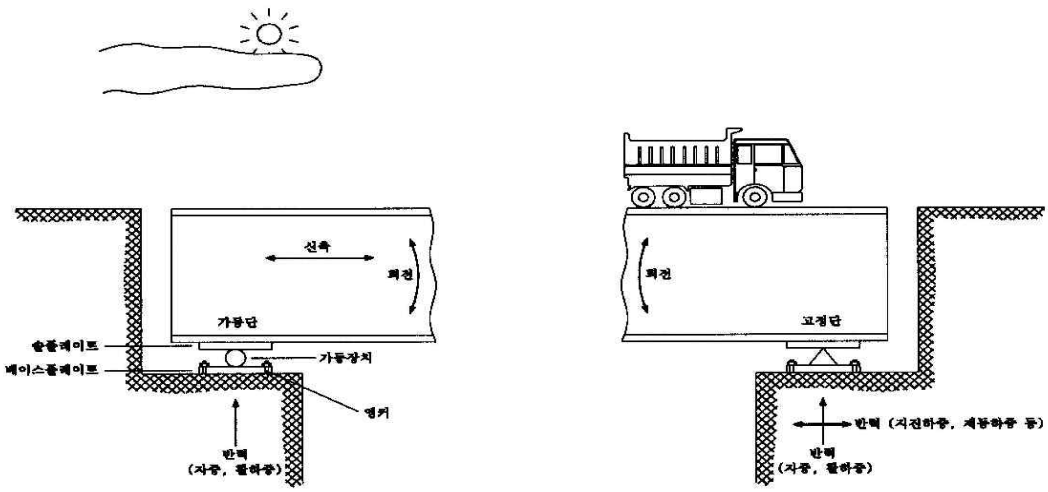
바. 교량받침

1) 받침의 정의

상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하기 위해 교량의 상·하부구조의 접점에 설치하는 구조부재

2) 받침의 기본구성

- 구성요소
  - · 소울 플레이트(Sole Plate)
  - · 가동장치
  - · 베이스 플레이트(Base Plate)
  - · 앵커(Anchor)



<그림 4.3.2> 받침의 구성요소

• 받침의 기능

· 가동단

- 상부구조의 하중을 하부구조에 전달
- 온도신축에 의한 상부구조의 종방향 이동
- 상부구조의 처짐 등에 따른 회전

· 고정단

- 상부구조의 하중 전달
- 상부구조의 처짐 등에 따른 회전
- 상부구조의 종방향 이동 방지

3) 일반적 손상 유형

· 받침과 격벽의 편기

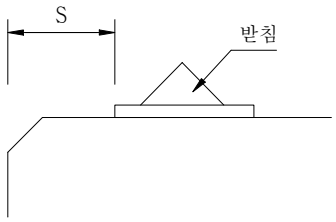
· 수평이동 여유량 부족

· 받침 연단거리 부족 및 연단부 콘크리트 파손 유무

연단거리 S(cm)

- 지간거리 100m이하 : S = 20 + 0.5L
- 지간거리 100m이상 : S = 30 + 0.4L

여기서, L : 지간거리(m)



· 받침의 침하

☞ 특히, 연속교에서 받침의 침하는 불균등 모멘트의 발생으로 인하여 인접지간이나 지점부에 취약부분이 발생함.

· 앵커볼트 변형 및 상부받침의 볼트설치 상태불량

· 가동면의 이물질 부착 및 부속품과 받침본체 접촉으로 인한 작동장애

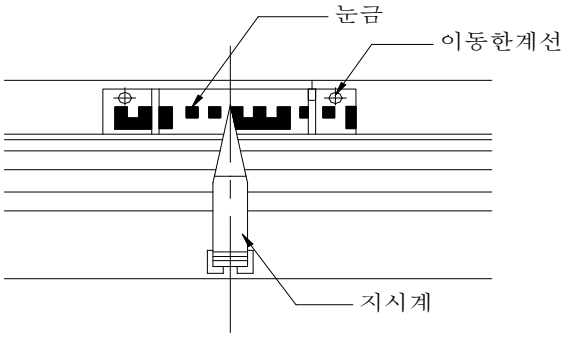
· 받침 몰탈의 높이부족, 받침하부 공극 및 파손

· 받침 설치면인 교각 두부의 체수 및 받침부식

4) 받침의 점검 요령

• 신축작용 적정여부

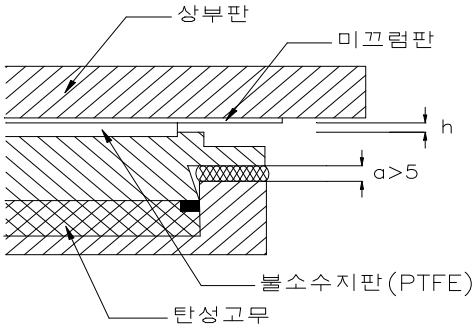
· 받침상부에 측정용 게이지가 부착된 경우는 초기점검당시 온도와 지시계의 위치를 확인하여 기록하여야 하며 측정게이지가 부착되지 않은 경우에는 점검시 기준선을 상·하부 받침에 일직선으로 표시한후 대기온도를 기록한다. 이후 점검은 초기점검과 비교하여 온도차가 크게 날 때 시행하는 것이 바람직하며 보통은 10℃ 이상 차이가 있을 때 이동량을 확인하여 실측치와 계산치의 이동량을 비교한다.

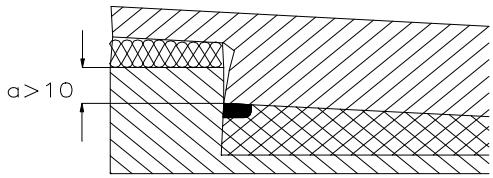


• 신축유간장 확보여부

· 받침상부에 측정용 게이지가 부착된 경우는 전후방의 붉은색 한계선의 남은거리를 확인한후 여유가 없을 경우에는 점검시 온도와 최고(저) 온도와의 차이에 의한 이동 가동량을 계산하여 여유장과 비교하여야 한다. 측정게이지가 부착되지 않은 경우에는 상부에 붙은 스테인레스 판의 끝단부와 받침판의 남은 거리로서 확인한다.

• 받침의 건전성 확인





· 간격 a는 5mm 이상인지 확인할 것

· 불소수지판(PTFE)과 미끄럼판(sliding sheet) 사이의 간격 h가 직접 육안으로 확인 가능한지 여부

· 지시계(indicator)가 이동측정 게이지 위에 표시된 붉은색 한계선을 초과 확인

• 부식

· PTFE 판과 고무를 제외한 나머지 부재들은 부식이 발생할 수 있으며 특히 신축 이음하부에 위치한 받침은 주의하여 점검할 것

• 변형과 마모

· PTFE 재료는 비금속재료인 불소수지로 이루어져 있어 타 재료에 비하여 압축강도가 작고 온도변형이 크므로 점검시 마모(h=10mm이하), 압착 특히 압출(밖으로 밀려나오는 현상)을 점검하여야 한다.

· 고무는 하부판(Pot) 내부에 있어 육안점검이 불가하나 간혹 노출되므로 갈라지거나 삐져나온 부분이 없는지 확인할 것

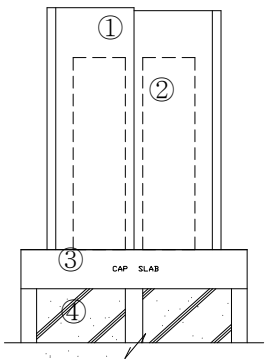
· 황동으로 제작되어 하부의 고무에 이물질이 유입되는 것을 차단하는 역할을 하는 황동링은 과대한 회전변위나 설치오차로 인하여 탈락되거나 변형된 부분이 없는지 확인할 것

사. 교각 및 기초

1) 교각의 정의

교량의 시·종점 교대사이에 위치하여 상부구조물을 지지하는 하부구조이다.

2) 교각의 기본구성



① 교각두부
② 교각구체
③ 기초
④ 파일 또는 우물통

3) 일반적인 손상 유형

• 기초세굴

· 세굴의 정의 : 세굴은 유수의 침식작용에 따라 하상이나 성토부의 재료를 제거하는 작용임

• 세굴의 형태

· 일반세굴(General Scour)

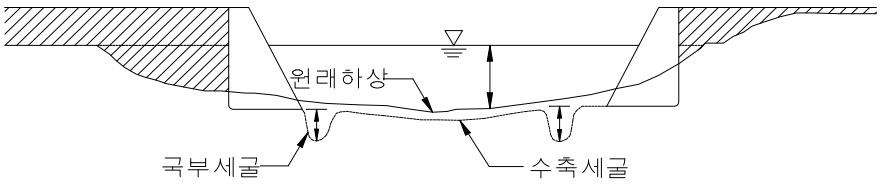
하상이 장기적으로 어느 일정한 길이에 걸쳐 침식되는 현상

· 수축세굴(Contraction Scour)

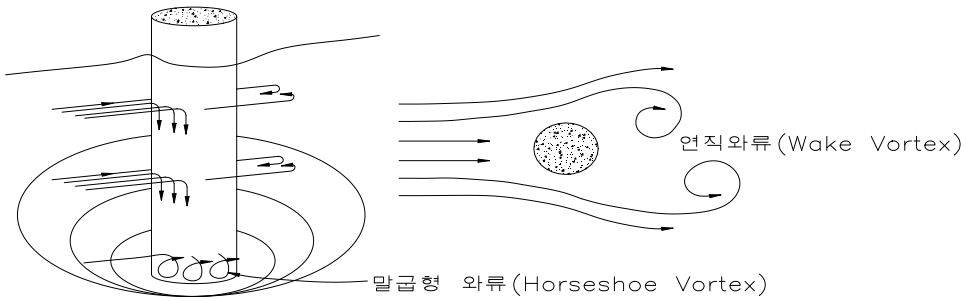
원래 수로단면이 축소되었을 때 평균유속 및 하상 전단응력의 증가에 의해 하상물질이 제거되는 현상

· 국부세굴(Local Scour)

와류(Vortices)의 형성으로 교대 및 교각의 주위가 침식되는 현상으로 하상이 어느 정도 안정된 경우 대부분 국부세굴이 문제가 된다.



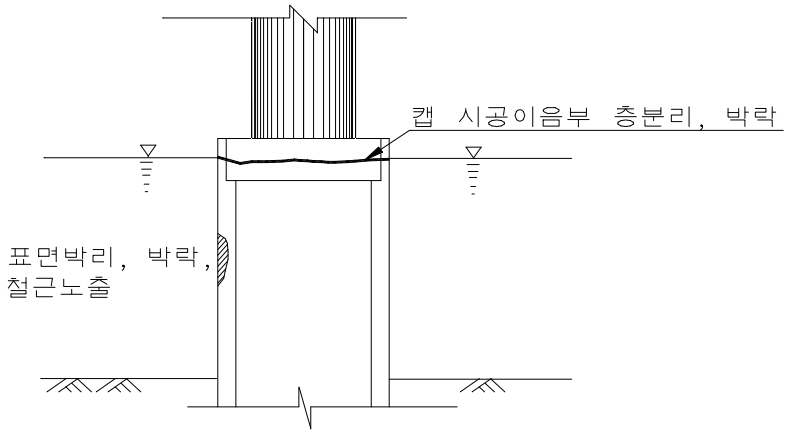
(a) 수축세굴과 국부세굴



(b) 원형기초의 국부세굴

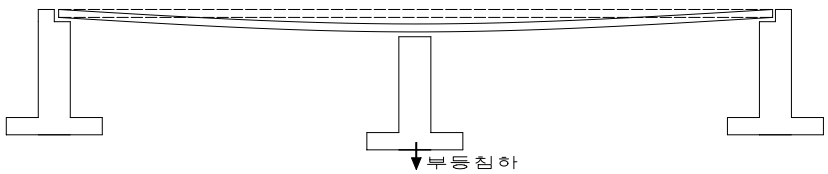
• 교각콘크리트의 침식

부유물의 충돌, 동결융해, 유수에 의한 장기적인 콘크리트의 마모 등으로 인하여 우물통 캡콘크리트 시공이음부에 박락의 결함이 발견된다. 수중에서는 콘크리트 표면의 박리 및 박락의 결함이 발생하며 이에 따른 철근노출의 결함도 발생한다.



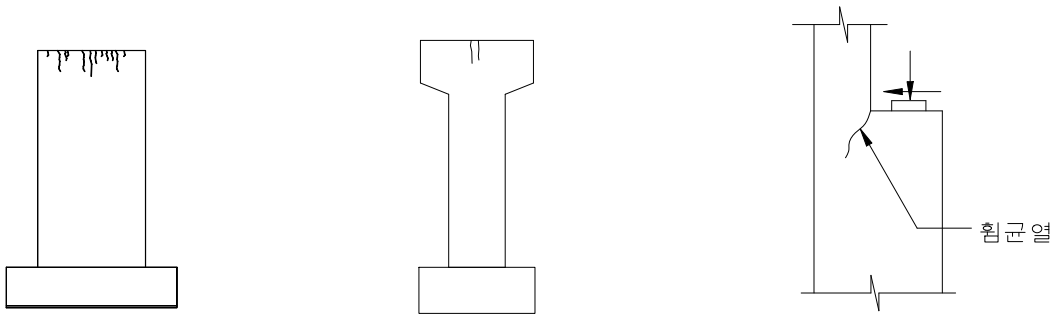
• 교각의 침하

교각이 부등침하할 경우에는 심각한 문제들이 발생한다. 이러한 현상이 발생하게 되면 신축이음부가 심하게 벌어지거나 완전히 닫혀버리는 현상이 발생하게 된다. 한편 부분적으로 콘크리트가 떨어져 나가는 현상도 발생하게 된다. 즉, 콘크리트의 박락, 균열, 또는 부재의 좌굴도 발생하게 된다. 이러한 현상은 지반의 지지력 감소, 압밀, 기초세굴, 기초재료의 파손 등에 의해서 발생한다.



• 콘크리트 균열

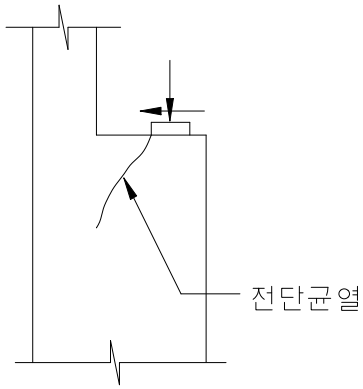
· 휨균열 : 최대모멘트 작용위치에서 일반적으로 부재 높이의 1/2이내 구간까지, 연단부에서 최대, 중립축에서 최소폭의 크기로 발생



(a) 벽식 (b) T 형식 (c) 내민식

· 전단균열 : 최대 전단력 위치에서 45°방향으로 발생하며, 전단철근이 부족하게

배치된 경우에 발견됨



· 할렬균열 : 교량받침 하부의 보강철근이 부족할 경우 주로 발견되며 받침에서 떨어진 위치에서 인장응력에 의해 발생함

5) 교각의 점검 요령

• 교각구체 및 기초

· 교각의 침하

- 신축이음 양측이 비정상적으로 크게 벌어지거나 또는 붙어있는 경우 점검
- 침하의 징후가 되는 균열발생여부 점검
- 상부 구조물의 바닥판 혹은 난간 등의 선형점검 - 필요한 경우 측량기 이용
- 우물통 기초 주변의 하상세굴 점검

· 회전 및 수평이동

- 추를 이용하여 수직선형을 점검.
- 빔과 빔사이의 간격을 점검.
- 교량받침이 과도하게 이동한 흔적이 있는지 점검

· 콘크리트 손상

- 주철근 배근위치의 휨균열(콘크리트 손상유형 참조)
- 교각 받침부 주변의 휨 및 전단균열을 점검