제 1 장 공통편

1.1 과업의 개요

1.1.1 과업의 목적

호남고속선 오송-익산간 -0㎞543~66㎞213(환) 구간의 노반 시설물에 대하여 <시설물의 안전관리에 관한 특별법>에 의거 실시하는 정기·정밀점검과 <국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률>에 의거 실시하는 하자검사로 교량, 터널, 옹벽, 사면, 함거, 승강장, 토공부 및 노반구조물에 대한 물리적·기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취함으로써 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.1.2 대상시설물 현황

본 점검 과업대상시설물은 호남고속선 1-1공구에 위치한 교량 10개소(오송1교(상), 오송1교(하), 오송역(상), 오송역(하), 오송2교(상), 오송2교(하), 오송고가(상), 오송고가(하), 태성고가(상), 태성고가(하)) 및 터널 1개소(학천터널)로 구성되어 있으며, 점검 대상구조물 현황은 다음과 같다.

가. 교량시설물 현황

<표 1.1.1> 교량 시설물 현황

구조물명	위치(시점)	시설물 제원				종별	비고
		구조형식	연장(m)	폭원(m)	교각형태		
오송1교(T2)	KPR -0K543	PSC BOX	275.0	13.0~15.4	T형,π형	1종	
오송1교(T1)	KPR -0K543	PSC BOX	275.0	4.2~15.4	T형,π형	1종	
오송역(T2)	KPR -0K268	RC Rahmen	558.0	20.6	다주식	1종	
오송역(T1)	KPR -0K268	RC Rahmen	558.0	20.6	다주식	1종	
오송2교(T2)	KPR 0K290	PSC BOX, RC Rahmen	904.0	9.0~25.4	π형, 다주식, 중공식	1종	
오송2교(T1)	KPR 0K290	PSC BOX, RC Rahmen	904.0	9.0~25.4	π형, 다주식, 중공식	1종	
오송고가(T2)	KPR 1K194	PSC BOX	1,883.0	7.0	π형, 중공식	1종	
오송고가(T1)	KPR 1K194	PSC BOX, 강합성거더	1,883.0	7.0	π형, 중공식	1종	
태성고가(T2)	KPR 4K600	PSC BOX	130.0	7.2	중공식	1종	
태성고가(T1)	KPR 4K571	PSC BOX	130.0	7.2	중공식	1종	

나. 터널시설물 현황

<표 1.1.2> 터널시설물 현황

구조물명	위치(시점)	시설물 제원			종별	비고
		구조형식	연장(m)	폭원(m)		
학천터널	KPR 5K260	NATM, 개착식	1,160.0	13.26	1종	

다. 옹벽시설물 현황

<표 1.1.3> 옹벽시설물 현황

선별	위치(시점)	시설물명	제 원(m)			비고
			연장	형식	제원(B×H)	
호남 고속선	KPR 4K716(T1 좌)	역T형 옹벽	265.8	역T형(RC)	2.0~7.5	2013년
	KPR 4K691(상성 우)	역T형 옹벽	259.3	역T형(RC)	1.1~5.6	2013년

라. 암거시설물 현황

<표 1.1.4> 암거시설물 현황

선별	위치(시점)	시설물명	제 원(m)			비고
			연장	형식	제원(B×H)	
호남 고속선	KPR 3K396	B(라) 황탄	29.5	통로BOX	8.0×5.1	
	KPR 4K990	B(라) 산단	20.0	통로BOX	8.0×5.2	

마. 토공부 현황

<표 1.1.5> 토공부현황

선별	구 분	위 치	연장(m)	비고
호남 고속선	토공 1구간(절·성토 / T1)	KPR 3K077 ~ 4K600	1,523.8	2013년
	토공 2구간(절·성토 / T2)	KRP 3K033 ~ 4K571	1,538.6	2013년
	토공 3구간(절·성토 / T1)	KRP 4K730 ~ 5K226	496.0	2013년
	토공 4구간(절·성토 / T2)	KRP 4K701 ~ 5K197	496.0	2013년
	토공 5구간(절·성토 / T1, T2)	KRP 5K226 ~ 5K260	34.0	2013년
	토공 6구간(절·성토 / T1, T2)	KRP 6K420 ~ 6K700	280.0	2013년

1.1.3 과업의 범위

가. 과업의 범위

1) 현황조사 및 관련자료 수집과 분석

2) 부재별 외관조사 및 현장 재료시험

3) 시설물의 상태평가(손상 및 결함부위에 대한 원인분석)

4) 시설물의 종합평가(조사결과 검토 및 분석) 및 안전등급 지정

5) 교량 받침장치 손상·결함 조사 및 상태분석

6) 하자발생 여부 조사

7) 주요 결함부위에 대한 보수·보강대책 및 공법 제시

8) 보고서 작성 및 제출[외관망도(CAD도면, 누적기록) 작성 포함]

9) 종합결론 및 특별과업 결과 분석

10) 하자기간이 남아 있는 구조물에 대한 하자검사 결과 작성

11) 토공부 사면 침하 진행 및 하자유무 판단

나. 세부지침 상 과업의 범위

본 과업의 대상시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은【표 1.1.6】~【표 1.1.8】과 같다.

1) 교량

<표 1.1.6> 교량시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	교량구조물		점검 및 진단 실시범위			비고
			정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
주요부재	상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	
	하부구조	교대 및 교각	○	○	○	
	받침장치	교량받침	○	○	○	
	케이블	케이블,정착구, 행어밴드,새들	○	○	○	
	기타부재	신축이음, 배수시설 난간, 연석, 교면포장	○	○	○	
보조부재	2차부재	가로보 및 세로보	-	-	○	

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(국토해양부,2012.12) - 교량편 P.1-5 ［표1.1］ 교량시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위 참조.

2) 터널

<표 1.1.7> 터널시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	터널	점검 및 진단 실시범위			비고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	• 본선라이닝	○	○	○	
	• 갱문	○	○	○	
	• 개착터널	○	○	○	
	• 지하차도	○	○	○	
	• 지하정거장	○	○	○	
부대 시설물	• 연직갱 및 경사갱	○	-	○	
	• 환기구	○	-	○	
	• 피난연락갱	○	-	○	
	• 연결터널(환기시설)	○	-	○	
	• 갱구부옹벽	○	-	○	

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부,2011.12) - 터널편 P.2-3 〔표2.1〕 터널시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위 참조.

3) 절토사면

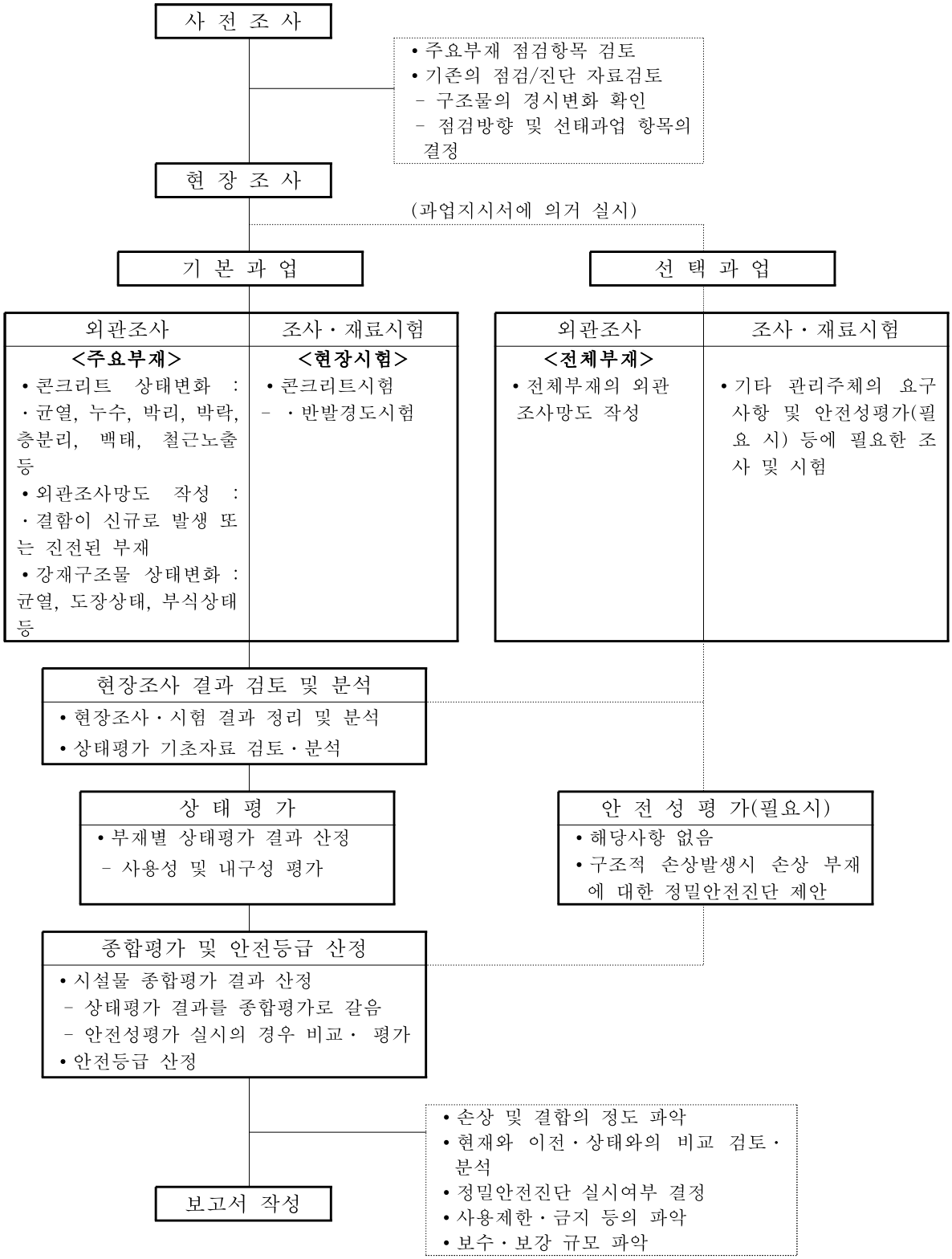
<표 1.1.8> 절토사면 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	터널	점검 및 진단 실시범위			비고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	• 상부자연사면	○	○	○	
	• 사면	○	○	○	
	• 사면하부	○	○	○	
부대 시설물	• 보호시설	○	○	○	
	• 보강시설	○	○	○	
	• 배수처리시설	○	-	○	
	• 이격거리내 시설	○	-	○	

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토해양부,2012.12) - 절토사면 P.12-3 〔표12.1〕 절토사면 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위 참조.

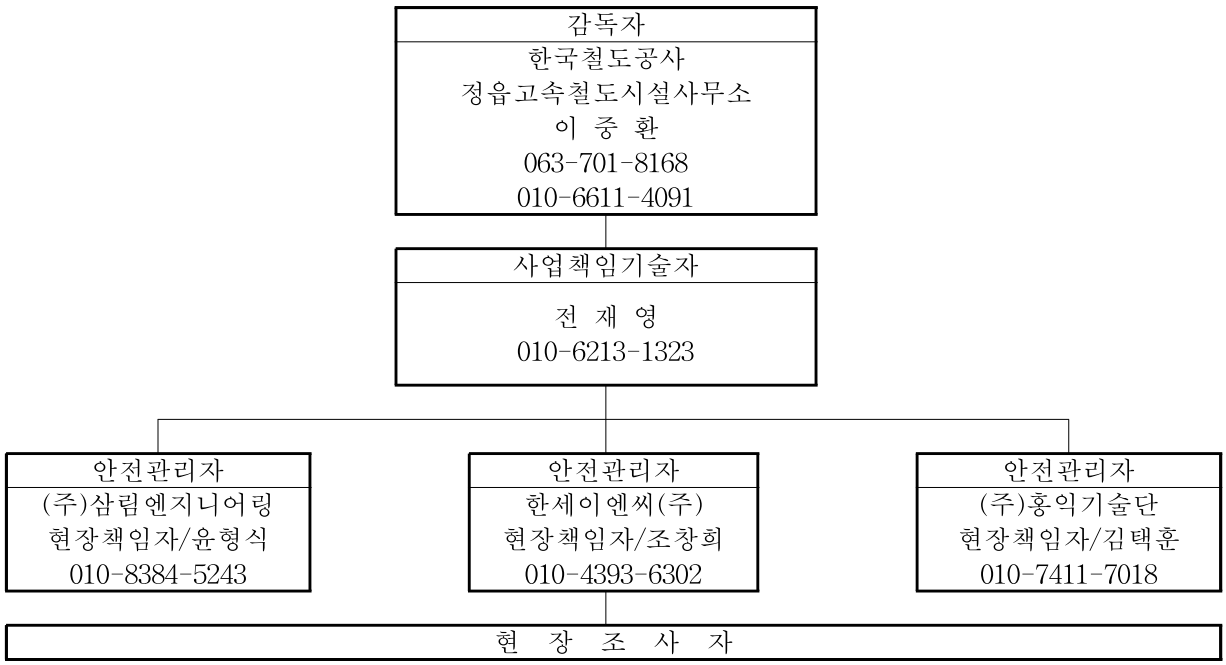
1.1.4 과업수행 방법

가. 과업수행흐름도



【그림 1.1.1】 과업수행 흐름도

나. 과업수행 조직체계



【그림 1.1.2】 과업수행 조직체계

1.1.5 과업추진 일정

본 정기점검 과업의 수행기간은 2017년 04월 07일 ~ 2017년 06월 30일이며, 세부 과업수행 공정표는 다음과 같다.

<표 1.1.9>과업수행 일정

과 업 내 용	2017년 4월 7일 ~ 6월 30일 (착수일로부터 85일간)									비 고
	10	20	30	40	50	60	70	80	85	
1. 현장답사 및 계획준비										
2. 관련자료 조사분석										
3. 외관조사 및 현장측정										
4. 점검 및 측정결과 분석										
5. 보고서작성										
6. 뒷마무리										

1.2 외관조사

현장조사는 공용 중 구조물에 악영향을 미치는 과도한 외력이나 열악한 사용환경 조건하에서 나타나는 열화 손상상태를 육안 또는 간단한 기구를 사용하여 조사하는 점검 및 진단에 대한 기본자료 및 안전성, 사용성 평가에 있어 필수적인 중요한 자료를 제공한다. 따라서『시설물 안전관리에 관한 특별법』제13조 및 같은 법 시행령 제13조에 따라 고시된『안전점검 및 정밀안전진단의 세부지침』에서는 외관조사의 결과로부터 주요 구조 부재별 열화 손상정도에 따라 항목별 평가기준을 책정하여 구조물의 평가를 체계화 하였으며 건전도 평가 및 구조물의 보수·보강 범위 그리고 방법 결정의 기본 자료로 활용하고 있다. 결함, 손상 열화현상을 정확히 파악하고 원인을 추정하기 위해 시설별로 조사항목을<표 1.3.2>~<표 1.3.5>로 선정하였으며, 고소작업차 및 접근사다리 등을 이용한 근접조사를 원칙으로 하고 점검망치를 이용한 청음조사를 실시하여 박리 및 층분리 발생여부와 보수·보강 부위의 상태에 대한 조사를 중점적으로 실시하였다. 외관조사 시 정밀하고 체계적인 조사 및 분석을 위하여 조사요령, 양식 및 평가기준을『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(교량, 터널편 2010. 12. : 국토해양부, 한국시설안전공단)』에 따라 결과를 주요구조 부재 및 조사단위 별로 요약·정리하였다.

1.2.1 구조물별 점검항목

각 구조물별 점검사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용하였다.

가. 교량 구조물 주요 점검항목

<표 1.2.1>교량 구조물 주요 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
바닥판 상면	• 배수로 상태 및 파손 여부 • 자갈막이 파손 여부 • 앵커부 열화 및 파손 여부	• 육안조사 실시 • 점검망치 및 파쇄 장비로 열화유무 판단
방음벽	• 방음벽 내부 보수부 상태 여부 • 방음벽 외부 균열 및 철근노출, 박락, 열화 등 손상여부	• 육안조사 실시 • 고소작업차를 이용한 근접조사 • 점검망치 및 스패너 등

<표 1.2.1>교량 구조물 주요 점검항목(계속)

점 검 부 위		점 검 항 목	점 검 장 비
바닥판하면		• 균열 및 열화, 재료분리(공동. 공극) • 철근노출 및 박락, 누수, 백태(유리석회)	• 육안조사 실시 • 고소작업차를 이용한 근접조사
거더	PS & RC 콘크리트	• 휨균열, 종방향균열, 파손, 철근노출, 백태 • 복부 사인장균열 및 연속교 상단 휨균열 • 거더처짐, 쉬스관노출, 파손 • 박스내부 및 복부의 강선방향 균열 • 정착구역 균열 및 파손	• 육안조사 실시 • 고소작업차를 이용한 근접조사, 조명장치(내부)
	강거더	• 도장손상 및 부식 • 현장이음부 볼트 손상, 누수 • 신축부하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 • 플랜지 변형 및 처짐 • 맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열 • 복부판 부식 및 국부좌굴 • 거더와 받침연결부 부식 • 용접부 주변 균열 • 박스내부 바닥 물고임 및 부식	
신축이음부		• 신축이음부 누수 상태 • 지수판(고무재) 설치 상태 • 신축이음 주위 콘크리트 파손 상태	• 육안조사 실시
배수시설		• 배수관 설치상태 • 배수 및 누수 상태	• 육안조사 실시
교대, 교각		• 두부 균열 및 백태 • 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리 • 두부물고임, 받침부 하부 균열 및 파손 • 이동 및 기울음 • 단면결손 및 기타 열화상태	• 육안조사 실시 • 고소작업차를 이용한 근접조사 점검망치 사용
받침장치		• 가동받침 신축유간 여유량 • 이동제한 및 부상방지장치의 상태 • 지지거리 및 연단거리 • 부식 상태 여부 • 앵커볼트 파손 및 절단 상태	• 육안조사 실시 • 고소작업차를 이용한 근접조사 줄자, 점검망치사용

나. 터널 구조물의 주요 점검항목

<표 1.2.2>터널 구조물의 주요 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
터널내부	<면밀한 외관조사> - 라이닝 등 주요변상 • 균열, 누수, 파손 및 손상 • 박리, 박락, 백태 • 철근노출 등 - 기타조사 • 배수로 상태조사	• 균열경 및 균열측정기 • 망치, 카메라, 손전등, 필기도구, 줄자 등 • 이동식 사다리를 이용한 근접육안 조사
터널외부	<외관조사> - 갱문의 주요 변상 • 균열, 침하 등 - 기타조사	

다. 옹벽 구조물의 주요 점검항목

<표 1.2.3>옹벽 구조물의 주요점검 항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
콘크리트옹벽	• 파손 및 손상, 균열 • 누수, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출 • 배수공상태, 기초부의 세굴 • 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	• 망원경 • 카메라 • 필기도구 • 줄자 • 점검망치 • 손전등 • 균열경 및 균열측정기 • 측량기 또는 진행성결함 항목 측정 및 계측에 필요한 장비
보강토옹벽	• 파손 및 손상, 균열 • 유실, 이격, 기초부의 세굴 • 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
석축	• 파손 및 손상, 균열 • 유실, 이격, 배수공의 상태 • 기초부의 세굴 • 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	• 망원경 • 카메라 • 필기도구 • 줄자 • 점검망치 • 손전등 • 균열경 및 균열측정기 • 측량기 또는 진행성결함 항목 측정 및 계측에 필요한 장비
돌망태옹벽	• 기초부의 세굴 • 채움재 유실 • Wire mesh의 파손 • 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
공통	• 침하 • 활동 • 계획선형오차(전도/경사) • 균열	

라. 암거(통로암거) 구조물의 주요 점검항목

<표 1.2.4>암거(통로암거) 구조물의 주요점검 항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
암거 날개벽 물받이	• 상(하)부 슬래브 처짐 • 흄관변형 • 균열(종단, 횡단, 건조수축) • 기초 세굴 • 철근노출, 박락 • 콘크리트 파손, 박리 • 신축이음부 불량 • 퇴적 • 단차 • 누수, 백태 • 연결관 돌출	• 카메라 • 필기도구 • 줄자 • 점검망치 • 손전등 • 균열경 및 균열측정기

마. 절토사면 구조물의 주요 점검항목

<표 1.2.5>절토사면 구조물의 주요점검 항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
사면손상 상태	• 파괴징후 - 인장균열, 이완압괴 규모 - 사면 및 구조물 변형 상태 • 파괴현황 - 파괴유형, 위치, 규모 등	• 카메라 • 필기도구 • 줄자 • 지질용 해머 • 클리노컴파스 • 거리측정기 • 슈미트해머 • 토양경도계
사면파괴 요인	• 지반상태 - 토질 조건 및 토층 심도 - 토질의 연경도 - 절리 경사 및 방향 - 절리간격, 거칠기, 연장 등의 상태 • 사면형상 -사면경사 및 집수지형 • 자연적 외부 요인 상태 -강우 및 지하수 상태 • 인위적 외부 요인 상태 -절취 상태, 배수 조건 -표면 보호 및 보강공 상태	

1.3 내구성 시험

1.3.1 개요

구조물의 내구성은 탄산화, 염해, 동해, 대기오염, 산성비, 알칼리골재반응, 화재, 부식 등에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 재료의 내구성이 저하되면 강도저하, 균열, 변형, 단면감소 등을 동반하여 구조물 전체의 안전성 및 사용성을 위협하게 된다. 따라서 시설물의 구성 재료인 철근콘크리트의 재료적 특성을 체계적으로 규명하는 것은 구조물의 안전성을 평가하는데 중요한 부분이라 할 수 있다.

이에 본 과업에서는 점검대상 구조물의 품질조사를 위해 콘크리트 압축강도시험, 탄산화시험을 실시하였다.

1.3.2 콘크리트 압축강도

가. 개 요

콘크리트에 대한 강도평가는 일반적으로 비파괴시험에 의한 강도추정법과 Core 채취법에 의한 일축압축강도시험 등이 있다. 비파괴 시험에 의한 강도시험은 현재 여러 방법이 사용되고 있지만, 일반적으로 반발경도법(Schmidt hammer)과 초음파법(Ultrasonic) 및 조합법(초음파속도 및 반발경도법을 병용 조합한 계산식) 등 3가지 방법이 주로 사용되고 있다. 이와 같은 비파괴 시험에 의한 강도추정 방법은 구조물에 손상을 주지 않고 조사할 수 있고, 조사 과정도 비교적 편리하다는 장점이 있으나, 측정된 값은 균열, 골재의 유무, 표면요철, 먼지, 습윤 상태 및 철근의 피복 등에 따라 차이가 나는 결점이 있다.

한편, 파괴시험인 Core에 의한 강도평가는 비교적 신뢰할 만한 자료를 얻을 수 있으나, Core 채취로 인한 응력 집중현상 및 구조물에 국부적 손상을 미칠 수 있으므로, 다량의 Core 채취는 바람직하지 않다.

본 대상 구조물에 대한 콘크리트 강도평가는 반발경도법에 의한 방법으로 실시하였다.

1) 반발경도법

반발경도법(Concrete Test Hammer)에 대한 기본개념은 다음과 같다.

(가) 모델명

Schmidt Hammer (NR-Type)

(나) 특 성

콘크리트 강도를 결정짓는 요인 중 재령, 단위 시멘트량, 물-시멘트비, 굵은골재

의 크기에 대해서는 정(+)의 상관관계를 나타내고, 굵은골재 용적비에 대해서는 부(-)의 상관관계를 갖는다.

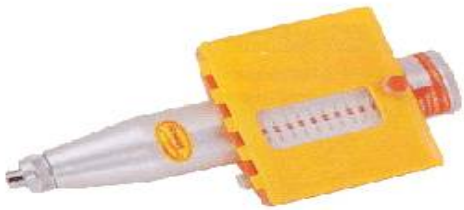
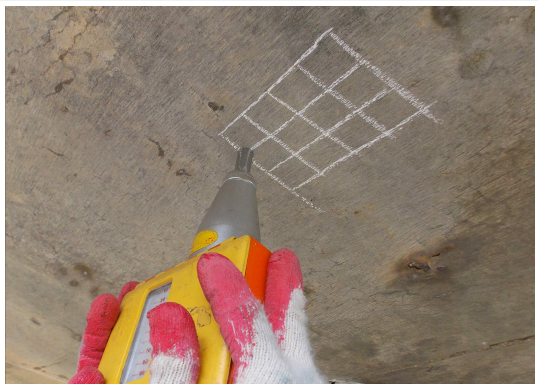
(다) 원리 및 측정 방법

① 원리

- 경화콘크리트에 Hammer 타격시, 반발도(R)와 콘크리트 압축강도(Fc)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

- 일반적으로 타격시의 반발도(R)는 타격에너지 및 피타격체의 형상과 크기, 재료의 물리적 특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다.

- 반발도(R)는 타격면에 존재하는 골재의 유무, 습윤 상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 난다. 반발경도법은 현재 세계 각국에서 가장 많이 사용되고 있는 대표적인 비파괴 시험 방법이다. 측정기가 비교적 저렴하고, 시험도 간편하기 때문에 품질관리나 내력 판정의 수단으로 손쉽게 적용되는 경우가 많지만, 각종 요인의 영향을 받으므로 결과의 판정이 반드시 용이하지만은 않다.

	
시험장비	시험전경

<그림 1.3.1> 반발경도 시험장비 및 전경

② 측정 방법

- 타격점의 상호 간격은 3cm로 하여 종으로 4열, 횡으로 5열의 선을 그어 직교되는 20점을 해머로 타격한다.

- 타격 방향은 수평으로 타격하는 것을 원칙으로 하여 실시하였다.

- 측정면은 형틀에 접해 있던 평활한 면에 행하는 것이 원칙이나 콘크리트 표면에 성능저하가 있을 경우 사포로 표면처리 후 시험을 실시하였다. 콘크리트 표면에 Rebound Hammer를 타격하면 Recording Paper에 횟수에 따라 자동적으로 막

대그래프가 그려진다. 이 값을 평균하여 결과를 산출 Data로 활용하였다.

(라) 분석 방법

Rebound Hammer의 타격에 의한 Rebound Value는 수화작용에 의하여 발생된 Ca(OH)2 (수산화칼슘)가 장기간 노출된 구조물의 경우 공기 중의 이산화탄소와 결합하여 $CaCO_3$(탄산칼슘)로 변화가 되어 상당한 영향을 받게 된다. 즉, 대기 중이나 빗물 등에 녹아 있는 CO_2가 콘크리트의 시멘트와 화학반응을 일으키면 다음과 같이 되기 때문이다.

$$3CaO \times Al_2O_3 \times 3CaSO_4 \times 32H_2O + 3CO_2 \rightarrow 3CaCO_3 \times 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 \times 2H_2O + 27H_2O$$

따라서 이러한 영향을 고려하여 타격 표면을 1cm 정도 갈아내거나 표면에 직접 타격한 경우 보정을 하여야 하며, 타격 방향에 의한 보정도 이루어져야 한다.

구조물 자체의 재령을 감안하여 산출된 강도치를 재령경과에 따른 보정계수를 곱한 값을 추정압축강도로 하여야 한다. 또한, 강도시험시 철근 및 굵은골재에 의한 반발치의 이상과다와 미세한 균열, 내부 공극 및 표면상태 등에 의해 수치가 낮게 나오는 경우가 있다. 이러한 불확실한 요소를 가진 수치를 제외한 나머지 수치, 즉 가장 확실한 수치를 취합하여 콘크리트 품질의 전반적인 흐름을 확인·평가하였다.

(마) 보정 방법

① Test용 Anvil

Test용 Anvil과 충격면의 접촉면은 깨끗하게 유지한다.

Test Anvil 타격시 반발도가 $R_0 = 80 \pm 1$이 되어야 하나 $R_0 = 80 \pm 2$까지 허용한다. 단, 이 값을 초과하는 경우 다음과 같이 보정하여야 한다.

$$R = R_0 \cdot \frac{80}{R_a}$$

∴ R_a : Anvil에 수직 하향 타격(-90°) 시의 반발도 평균

R_0 : 반발도 R의 평균치

- 이 공식은 R_a = 72까지 유용하다. 만약 R_a 수치가 72 이하로 낮을 경우는 전문가에게 의뢰하여 수선하여야 한다(청소).

② 타격방향에 대한 보정값

수평방향 0°이외의 방향으로 타격한 경우는 다음 표에 의해 보정치 ΔR을 구한다.

<표 1.3.1> 타격방향에 대한 보정값

리바운드 수치 R_0	경사각도 수정 (ΔR)			
	상 단		하 단	
	+ 90°	+ 45°	-45°	- 90°
10			+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

③ 재령에 의한 보정

재령일의 증가에 따라 반발경도가 증가하므로 28일 강도를 추정하기 위해서는 <표 3.2.2>의 재령계수(α)를 인용하여 보정하여야 한다.

<표 1.3.2> 재령보정계수

재령(일)	28	100	300	500	1000	3000
재령보정계수 (α)	1.0	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

(바) 강도 추정식

반발경도법에 의한 압축강도 추정식은 현재 여러 시험결과에 의해 다양한 방법이 통용되고 있으나, 본 과업에서는 일본재료학회식과 일본건축학회식을 적용하였으며, 그 내용은<표 3.1.6>과 같다.

<표 1.3.3> 반발경도에 의한 강도 추정식

일본 재료학회식	$fc = \alpha(-18.0+1.27R_0)$ (MPa)
일본 건축학회식	$fc = \alpha(7.3R_0+100)\times0.1$ (MPa)

∴ f_c = 콘크리트압축강도(MPa)

α = 재령보정계수

R_0 = 측정반발도($R_0 = R+\Delta R$)

1.4 상태평가

1.4.1 상태평가 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여「세부지침」의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 외관조사 결과를 정밀점검 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

정밀점검 수행 책임기술자는「세부지침」의 상태평가 기준 및 절차에 따라 조사 및 평가하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 본 장에 기술되지 않은 결함 및 손상이 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 각 단계의 상태평가 기준 및 평가유형을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

1.4.2 상태평가 기준

상태평가 기준은 다음 표를 따르는 것을 원칙으로 한다.

<표 1.4.1>상태평가 기준

상태평가 기준	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	

1.4.3 교량구조물

가. 교량의 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 1.4.2>부재별 상태평가 적용범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재(가로보, 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 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자의 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

1) 콘크리트 바닥판

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.3>콘크리트 바닥판 점검부위

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)

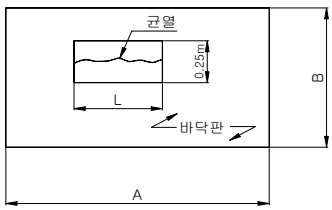
② 상태평가 기준

<표 1.4.4>콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균 열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	- 균열폭 0.1㎜미만	- 망상균열폭 0.1㎜미만	- 없음
b	- 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만 - 균열율 2%미만	- 망상균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	- 표면 손상면적 2%미만
c	- 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 - 균열율 2%이상~10%미만	- 망상균열폭 0.3㎜이상	- 표면 손상면적 2%이상~10미만 - 철근부식 손상면적 2%미만 - 데크플레이트 박리 및 누수발생
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 부식발생
e	- 균열폭 1.0㎜이상 - 균열율 20%이상	- 망상균열에 의한 박리가 심하여 펀칭파괴 발생가능성 있음	- 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

균열율 산정방법

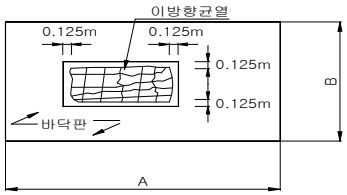
- 1방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 균열길이 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 점선내 면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(\text{㎡})}{A(m) \times B(m)} \times 100 = (\%)$$

- 표면손상에 대한 면적율 산정방법

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

- 철근부식 손상면적율 산정방법

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) 철근콘크리트 거더

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.5>철근콘크리트 거더 점검부위

점 검 부 위	손 상 종 류
• 공통	• 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태
• 받침부	• 부스러짐 • 복부 사인장균열
• 중앙부	• 횡방향균열

② 상태평가 기준

<표 1.4.6>철근콘크리트 거더 상태평가 기준

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 - 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	- 표면 손상면적 10%이상 - 철근부식 손상면적 2%이상
e	- 균열폭 1.0㎜이상 - 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	- 지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성 저하

3) 프리스트레스 콘크리트 거더

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.7>프리스트레스 콘크리트 거더 점검부위

점 검 부 위	손 상 종 류
• 공통	• 박리, 박락(파손), 철근노출, 백태(유리석회)
• 받침부	• 부스러짐 • 복부 사인장균열 • 연속교 상단 휨균열 • 격벽 개구부 모서리 균열
• 중앙부	• 휨균열, 거더처짐 • 쉬스관 노출 및 파손 • 박스내부 및 복부의 강선방향 균열 • 시공이음부 균열 및 누수
• 강선정착부	• 정착부 균열 및 파손
• 누수노출부 - 신축이음 하부, 배수구 주변, 난간하부	• 누수, 물고임, 백태

② 상태평가 기준

<표 1.4.8>프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	- 없음	- 없음
b	- 균열폭 0.2㎜미만	- 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 안전성저하

4) 강 바닥판, 강거더 및 강교각

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.9>강 바닥판, 강거더 및 강교각(강주탑)거더 점검부위

점 검 부 위	손 상 종 류
• 공통	• 도장 손상 및 부식 • 현자이음부 볼트손상, 누수 • 신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 • 이상음발생
• 피로강도등급 낮은 용접상세부(D,E급)	• 피로균열
• 받침부	• 복부판 부식 및 국부좌굴 • 거더와 받침연결부 부식 • 게르버교의 경우 핀 연결부 부식 • 지점보강재 하단 용접부 균열 • 박스내부 출입구 방치 • 박스내부 바닥 물고임 및 부식
• 중앙부	• 부식 • 플랜지 변형 및 처짐 • 맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
• 주탑	• 주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
• 보수부위	• 용접부 및 용접부 주변 균열
• 부재연결판	• 트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결판의 부식, 균열 및 변형 • 사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결판의 부식, 균열 및 변형

② 상태평가 기준

<표 1.4.10>강 바닥판, 강거더 및 강교각(강주탑)거더 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 전반적변형 및 파단 • 주부재의 국부적 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 • 주부재2%이상~10%미만	• 인장플랜지 용접 연결부 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 용접 연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	• 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

5) 강 가로보와 세로보

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.11>강가로보와 세로보 점검부위

점 검 부 위	손 상 종 류
• 공통	• 도장 손상 및 부식 • 현자이음부 볼트손상, 누수 • 신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 • 이상음발생
• 피로강도등급 낮은 용접상세부(D,E급)	• 피로균열
• 2차부재	• 가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 • 하중 집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 • 거세트판 용접부 끝부분 균열
• 보수부위	• 용접부 및 용접부 주변 균열

② 상태평가 기준

<표 1.4.12>강가로보와 세로보 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	• 주부재의 국부적 변형 • 변형 및 충격에 의한 손상 발생	• 보조부재 2% 이상~10%미만 • 주부재 2%미만	• 주부재의 심한 용접불량 (기공,슬래그,언더컷) • 부분적 용입부족, 용접누락	• 도장탈락 면적 10%이상 • 부식발생 면적 2%이상~10%미만 • 부식에 의한 단면손상면적 2%미만
d	• 주부재의 전반적 균열	• 주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 • 부재의 파단 발생	• 보조부재 10%이상 • 주부재 2%이상	• 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	• 부식발생 면적 10%이상 • 부식에 의한 단면손상 면적 2%이상
e	-	-	-	-	-

6) 콘크리트 가로보

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.13>콘크리트 가로보 점검부위

점 검 부 위	손 상 종 류
• 공통	• 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태
• 받침부	• 박락(파손), 철근노출 • 경사균열(거더의 상대처짐 의심)
• 중앙부	• 쉬스관 노출 및 파손 • 정착부 균열 및 파손

② 상태평가 기준

<표 1.4.14>콘크리트 가로보 상태평가 기준

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	- 표면 손상면적 10%이상 - 철근부식 손상면적 2%이상
e	-	-

7) 교대

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.15>교대 점검부위

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

② 상태평가 기준

<표 1.4.16>교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근노출
a	- 구체 균열폭 0.1㎜미만 미세균열	- 없음
b	- 구체 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	- 표면 손상면적 2%미만 - 앵커블럭 내부 결로 발생
c	- 구체 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 - 교대와 날개벽사이 폭 1.0㎜이상의 균열	- 표면 손상면적 2%이상~10%미만 - 철근부식 손상면적 2%미만 - 앵커블럭 내부 결로의 체수
d	- 구체 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 - 날개벽 기울음 및 손상 심화(배면토유출)	- 표면 손상면적 10%이상 - 철근부식 손상면적 2%이상
e	- 구체 균열폭 1.0㎜이상 - 날개벽 전도위험 있음 - 부등침하로 인한 교대 안전성 저하	- 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 - 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

8) 교각

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.17>교각 점검부위

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

② 상태평가 기준

<표 1.4.18>교각 상태평가 기준

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 - 교대와 날개벽사이 폭 1.0㎜이상의 균열	- 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 교대 안전성 저하	- 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 - 심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

9) 기초

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.19>기초 점검부위

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

② 상태평가 기준

<표 1.4.20>기초 상태평가 기준

기준	세굴, 기초손상	침하, 변위
a	- 균열폭 0.1㎜미만	- 없음
b	- 직접기초(확대기초)에 폭 0.3㎜미만의 균열 발생	- 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴 등에의해 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 철근노출 발생 - 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	- 침하가 20㎜이상 발생 - 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 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 의해 교대/교각이 기울음이 발생하여 상부구조의 단차 및 파손 발생

10) 교량받침

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.21>교량받침 점검부위

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)
	• 고무받침	• 부풀음 및 갈라짐 • 고무판의 과도한 변형
• 받침콘크리트		• 앵커볼트 파손, 절단 • 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 • 교각두부 균열

② 상태평가 기준

<표 1.4.22>교량받침 상태평가 기준

기준	받침본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	-양호	-양호	- 없음
b	-미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	-외부 도장탈락 및 부식 -도장탈색, 먼지 쌓임	- 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	-측면 부풀음 -받침두께의 0.3배 미만의 전단변형	-미끄럼판 부식 발생 -부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	- 받침 콘크리트에 0.3㎜이상 균열 발생 - 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상장애
d	-고무재 파손 및 단차, 균열 심화 -받침두께의 0.3배 이상의 전단 변형 -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 거더등 주부재의 파손 발생 -받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 -작동불능 상태	-

11) 신축이음

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.23>신축이음 점검부위

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

② 상태평가 기준

<표 1.4.24>신축이음 상태평가 기준

기준	본체	후타재
a	• 없음	• 양호
b	• 토사, 이물질퇴적, 고무판 노화	• 미세균열 발생
c	• 물받이 미설치 또는 파손으로 부분적으로 누수 • 유간사이 이물질로 기능 불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 • 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 • 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	• 균열이 50cm 이하의 간격으로 발생 • 국부적인 박리, 박락, 파손
d	• 강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 • 신축유간이 밀차되어 거동불량 • 신축유간이 넓어 차량통행에 지장초래 • 신축이음 본체 탈락, 피손 및 작동 불능	• 신축이음장치의 심한파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 • 파손범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

12) 배수시설

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.25>배수시설 점검부위

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 상태평가 기준

<표 1.4.26>배수시설 상태평가 기준

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

13) 난간, 연석

① 점검부위 및 손상종류

<표 1.4.27>난간, 연석 점검부위

점 검 부 위		손 상 종 류
• 난간 연석	• 강재, 알루미늄	• 강재의 경우 도장 손상 및 부식 • 난간과 상판연결부의 결함, 파손 • 전체적인 처짐 및 선형불량
	• 철근 콘크리트	• 균열, 박리, 파손 • 철근노출 및 부식 • 전체적인 처짐 및 선형불량

② 상태평가 기준

<표 1.4.28>난간, 연석 상태평가 기준

기준	강재		콘크리트
a	• 양호	• 양호	• 양호
b	• 도장불량 10%미만	• 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	• 경미한 손상, 0.3㎜미만 균열
c	• 도장불량 10%미상 • 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 • 난석으로 인한 손상발생 • 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	• 박리, 파손, 철근노출 10%이상 • 철근부식손상 길이 2%이상
e	-	-	-

14) 탄산화

① 상태평가 기준

<표 1.4.29>탄산화 상태평가 기준

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

나. 구조형식에 따른 부재별 가중치

<표 1.4.30>구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교 량	거더교량							라멘교		
				일반 거더교			바닥판 · 거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 복개구조물	
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판			
상부	바닥판		34	18	18	-	20	20	15		34	20	21
	주형		-	20	25	37	18	20	23		-	21	23
	2차부재		-	5	-	11	5	3	5		-	5	-
하부	교대/교각		20	13	13	18	13		13		34	22	24
	기초		7	7	7	7	7		7		7	7	7
받침	교량받침		10	9	9	14	9		9		3	3	3
기타	신축이음		10	9	9	-	9		9		3	3	3
	교면포장		7	7	7	-	7		7		7	7	7
	배수시설		3	3	3	-	3		3		3	3	3
	난간/연석		2	2	2	6	2		2		2	2	2
콘크리트	탄산화	상부	2(4)	2(4)		-	-	2(4)	2(4)	-	4(7)		
		하부	2(3)	2(3)		4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)			
	염화물	상부	2(0)	2(0)		-	-	2(0)	2(0)	-	3(0)		
		하부	1(0)	1(0)		3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)			

( ) : 정밀점검 시 적용가중치

<해 설>

1. 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.
2. 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.
3. 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개구조물은 터널시설물의 상태평가 기준에 따라 평가한다.
4. 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.
5. 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
6. 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함 시킨다.

다. 상태평가 산정절차

1) 상태평가 결과 산정방법

① 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 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

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 1.4.31>의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

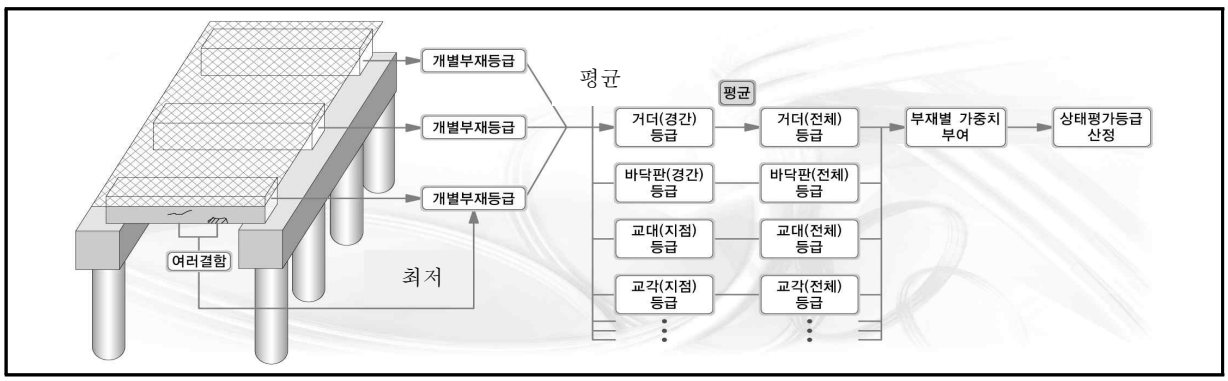
<표 1.4.31>결함도점수 범위에 따른 기준범위

등 급	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.1	0.2	0.4	0.7	1.0
결함도 범위	0≤x<0.13	0.13≤x<0.26	0.26≤x<0.49	0.49≤x<0.79	0.79≤x

- 램프교가 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 1.4.1>전체 교량의 상태평가 결과 산정과정의 예

1.4.4 터널

가. 상태평가 항목

터널의 상태평가는 라이닝 상태평가와 터널주변 상태평가로 구분하여 실시하며 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

<표 1.4.32>터널 주요 평가항목

구 분		평 가 항 목
터널 상태 평가	라이닝 상태	• 균열 • 누수 • 파손 및 손상 • 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 재료분리, 탄산화, 염화물)
	터널주변 상태 등	• 배수상태 • 지반상태 • 공동구상태 • 특수조건 : 추가점수 부여
부대시설 상태평가		• 균열 • 누수 • 파손 및 손상 • 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

나. 터널 상태평가 결과 기준

터널의 상태평가 결과를 산정하는 구성요소는 시설물의 육안조사에 의한 외관상태 항목과 함께 주요구조부에 대한 재료시험에서 조사된 상태에 대한 평가를 포함하며 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하여 결함의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E의 5가지 단계로 상태평가 결과를 매긴다.

<표 1.4.33>시설물의 상태평가 기준(터널)

상태평가 기준	결함지수(F)	시설물의 상태
A	0.00≤F<0.15	문제점이 없는 최상의 상태
B	0.15≤F<0.30	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C	0.30≤F<0.55	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	0.55≤F<0.75	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	0.75≤F	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

다. 터널별 결함점수 및 결함지수 산정기준

터널분류에 따른 터널별 상태평가를 위한 평가항목별등급 및 결함점수와 결함지수 산출방법 중 대상구조물에 적용되는 사항은 다음과 같다.

1) NATM터널(무근콘크리트 라이닝, 철근콘크리트 라이닝)

NATM터널 시공법으로 시공되는 무근, 철근콘크리트 라이닝구조의 결함점수 및 결함지수 산정기준은 다음과 같다.

<표 1.4.34>NATM터널(무근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">평가기준</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th>0≤f<0.15</th><th>0.15≤f<0.30</th><th>0.30≤f<0.55</th><th>0.55≤f<0.75</th><th>0.75≤f</th></tr>
<tr><td rowspan="6">라이닝</td><td colspan="2">균열</td><td>0~2</td><td>3~5</td><td>6~8</td><td>9~11</td><td>12~13</td></tr>
<tr><td colspan="2">누수</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4~5</td></tr>
<tr><td colspan="2">파손 및 손상</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">재질열화</td><td>박리</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>층분리 및 박락</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td>백 태</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>재료분리</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="6">터널 주변</td><td rowspan="2">배수상태</td><td colspan="5">오 염 됨 : 1</td></tr>
<tr><td colspan="5">배수불량 또는 막힘 : 2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">지반상태</td><td rowspan="2">풍화변질 및 단층파쇄대</td><td colspan="4">영향범위 내 : 2~3</td></tr>
<tr><td colspan="4">영향범위 외 : 1</td></tr>
<tr><td>갱문상태</td><td colspan="5">손 상 : 0.5~1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">공동구 상태</td><td colspan="5">덮개파손 및 오염됨 : 0.5</td></tr>
<tr><td colspan="5">이물질 퇴적 및 침수 : 1</td></tr>
<tr><td colspan="3">특수조건</td><td colspan="5">도심지 토사터널, 전력구 터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3</td></tr>
<tr><td colspan="8">라이닝 결함점수(f) = $\frac{\sum 결함점수}{27}$, 터널결함지수(F) = $\frac{\sum 결함점수}{34}$</td></tr>
</table>

<표 1.4.35>NATM터널(철근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준

평가기준			a	b	c	d	e
			0≤f<0.15	0.15≤f<0.30	0.30≤f<0.55	0.55≤f<0.75	0.75≤f
라이닝	균열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄 산 화	0	1	2	3	-
		염 화 물	0	1	1	2	-
터널 주변	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대		영향범위 내 : 2~3		
					영향범위 외 : 1		
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구 상태		덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건			도심지 토사터널, 전력구 터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3				

라이닝 결함점수(f) $= \frac{\sum \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\sum \text{결함점수}}{43}$

2) 개착식터널(철근콘크리트 구조물)

<표 1.4.36>개착식터널(철근콘크리트 구조물) 결함지수 산정기준

평가기준			a	b	c	d	e
			0≤f<0.15	0.15≤f<0.30	0.30≤f<0.55	0.55≤f<0.75	0.75≤f
개착식 터널 (BOX형 철근 콘크리트 구조물)	균열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박 리	0	0	1	1	1
		박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	-
		염화물	0	1(0)	1(0)	2(0)	-
터널주변	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대		영향범위 내 : 2~3		
					영향범위 외 : 1		
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구 상태		덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건			도심지 토사터널, 전력구 터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3				
라이닝 결함점수(f) = $\frac{\sum 결함점수}{36}$, 터널결함지수(F) = $\frac{\sum 결함점수}{43}$							

라. 상태평가 항목 및 기준

터널 평가항목은 기존의 국내 세부지침 기준과 같이 5단계로 세분하였고, 평가항목별 상태평가기준은 터널 상태평가 결과와의 차이를 두기 위하여 소문자 a, b, c, d, e 로 표기한다. 세부기준은 기존 국내기준과 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 설문조사를 통한 실무자들의 의견과 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 조사될 경우에는 하향평가 한다. 터널 라이닝의 상태평가 단위길이는 일반적으로 30m를 기준으로 한다. 상태평가 단위길이는 터널 라이닝의 신축이음(약 20~30m)을 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 조정할 수 있다.

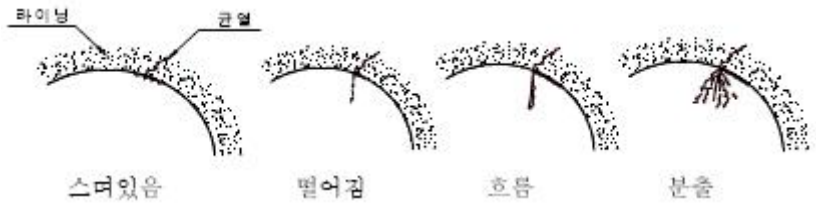
1) 균열

<표 1.4.37>균열의 상태등급 산정

구 분 \ 평가기준		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	무근(균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 1.0㎜ 미만	1.0㎜ 이상 3.0㎜ 미만	3.0㎜ 이상
	철근(균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 0.7㎜ 미만	0.7㎜ 이상
개착터널	BOX(균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 0.7㎜ 미만	0.7㎜ 이상
조적식 라이닝	줄눈균열	없음	아주 경미한 줄눈깨짐	벽돌 2개소 이하	벽돌 2~5개소	벽돌 5개소 이상

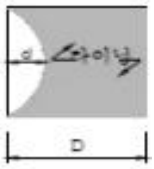
2) 누수

<표 1.4.38>누수의 상태등급 산정

구 분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
누 수	없 음	스며 있음	떨 어 짐	흐 름	분 출
					
해 설	1) 누수발생부위는 아치부와 측벽부, 노면으로 구분하며, 아치부에 누수가 발생하여 차량통행에 지장을 주는 경우 평가는 하향조정하도록 한다. 2) 아치부에 발생된 누수가 얼어 고드름이 형성된 경우와 측벽부에 발생된 누수가 얼어서 시설한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 평가는 하향조정 하도록 한다. 3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 평가는 하향조정하고, 그 원인을 정밀 조사하도록 한다. 4) 누수가 배수공과 시공이음, 신축이음의 결함, 균열, 배면공동, 수맥 등의 영향으로 인하여 발생될 경우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발 시킬 수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다. 5) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적요인을 반영하여 평가할 수 있다. 6) 보수·보강부위는 누수상태(수질, 수량, 물흐름)의 변화 유무 등을 주기적인점검(정기정검)결과를 활용하여 평가할 수 있다.				

3) 파손 및 손상

<표 1.4.39>파손 및 손상의 상태등급 산정

구 분 \ 평가기준		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손상도	없음	1/6미만	1/6이상 1/3미만	1/3이상 1/2미만	1/2이상
	손상 면적	없음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10㎝×10㎝미만)	중간 손상 (10㎝×10㎝이상, 30㎝×30㎝미만)	극심한 손상 (30㎝×30㎝이상)
조적식 라이닝	손상 두께	없음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1~2개	벽돌 2개 이상
해 설		1) 손상도는 콘크리트 라이닝에 대한 것으로 라이닝 두께에 대한 손상된 두께를 말하며, 일반적으로 라이닝 설계두께를 기준으로 하고, 라이닝 측정두께가 있는 경우 이를 기준으로 한다. ※ 손상도 = d (파손 및 손상두께) / D(라이닝두께)  2) 조적식 라이닝에서 파손 및 손상두께는 벽돌두께를 기준으로 적용한다. 3) 조적식 라이닝인 경우 파손 및 손상면적은 벽돌크기를 기준으로 하여 산정 하도록 한다. 4) 지반탐사 등으로 측정된 라이닝 두께가 설계두께에 못 미치는 경우에는 이를 손상으로 평가 할 수 있다. 5) 파손 및 손상발생부위는 아치부와 측벽부로 구분하며, 아치부에 파손 및 손상이 발생하여 낙하위험이 있는 경우 평가는 하향조정한다. 6) 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.				

4) 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

<표 1.4.40>재질열화의 상태등급 산정

평가기준 / 구분	a	b	c	d	e
박리	없음	0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 1.0㎜ 미만	1.0㎜ 이상 25㎜ 미만	25㎜ 이상 이거나 조골재 손실
층분리 및 박락	없음	깊이 12㎜미만 또는 직경 75㎜미만	깊이 12~25㎜미만 또는 직경 75~150㎜미만	깊이 25㎜이상 또는 직경 150㎜이상	박락이 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
백 태, 재료분리	없음	면적율 5%미만	면적율 5~10%	면적율 10~20%	면적율 20%이상
철근노출	없음	면적율 1%미만	면적율 1~3%미만	면적율 3~5%미만	면적율 5%이상
탄산화 잔여깊이	30㎜ 이상	10㎜ 이상 ~ 30㎜ 미만	0㎜ 이상 ~ 10㎜ 미만	0㎜ 미만	-
전염화물 이온량	0.3kg/㎥이하	0.3kg/㎥ 초과 ~ 1.2kg/㎥ 미만	1.2kg/㎥ 이상 ~ 2.5kg/㎥ 미만	2.5kg/㎥ 이상	-
해 설	1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변환경영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리 층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교 검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용하며, 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다. 평가는 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다. <일본구조물진단기술협회「비파괴시험을이용한토목콘크리트구조물의건전도진단매뉴얼」(2003년)> 7) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하며, 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다. 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10㎜또는 20㎜)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며,염화물 이온농도의 분포를 도시한다. <일본구조물진단기술협회「비파괴시험을이용한토목콘크리트구조물의건전도진단매뉴얼」(2003년)> 8) 박리, 층분리 및 박락의 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.				

5) 배수상태

<표 1.4.41>배수상태의 상태등급 산정

구 분	오염됨	배수불량 및 막힘(배수시설 작동불량)
결함 점수	1(1~2)	2(3~4)
해 설	1) 배수상태는 지하수를 유도하여 배수를 허용하는 배수형 터널의 경우에 한하며, 배수형 터널이 아닌 경우에는 전문가의 판단에 따라 별도로 적용하도록 한다. 2) 배수된 물의 함유성분에 의한 오염이 우려되는 경우에는 수질을 조사하여 오염의 원인을 평가하도록 한다. 3) 배수된 물에 토사가 섞여 나오는 경우에는 계속적인 토사유출로 라이닝 배면에 문제가 발생할 가능성이 있으므로 토사유출량과 터널안정성에 대해 정밀조사하도록 한다. 4) 집수정이 설치된 경우 배수시설(펌프설비 등)의 작동유무, 정착상태, 전원설비상태 등을 점검하고 작동이 안되거나 정착이 불량한 경우 관리주체에 통보하여 교체 또는 수리 등의 조치가 가능하도록 하여야 한다.	

6) 지반상태

<표 1.4.42>지반상태의 상태등급 산정

구 분	풍화변질 및 단층파쇄대			
	풍화변질	단 층 파 쇄 대		
		영향범위 외	영향범위 내	
			중·소규모 단층	대규모 단층
결함 점수	1	1	2	3
해 설	1) 기 시공된 터널에서는 주변지반상태를 육안으로 확인하는 것이 쉽지 않으므로 설계 및 시공자료를 참고하여 판단하도록 하며, 안전성 평가시 지반조사를 실시하여 지반상태를 평가하도록 한다. 2) 지반상태가 터널에 영향을 미치는 범위는 0.5D를 기준으로 한다. 3) 지반의 풍화변질상태는 육안으로 확인할 수 있는 갱구부 주변의 지반이나 노출된 암반으로부터 평가하도록 한다. 4) 터널에 직접적인 영향을 주는 지질구조(단층, 습곡, 선구조선)의 영향은 지질도나 시공자료, 지표지질조사결과 그리고 필요시 인공위성사진, 항공사진 등을 이용하여 검토하도록 한다. 5) 이완토압, 편토압, 소성압 등으로 인하여 내공변위가 발생한 경우에는 단층파쇄대의 영향범위 내에 해당하는 점수를 부여한다. 6) 도심지 터널의 경우 낮은 심도로 인하여 불량지반, 복합지반에 위치하는 경우에 지반상태를 평가하고 영향범위에 따른 점수를 부여한다.			

7) 갱문(접속부) 상태

<표 1.4.43>갱문(접속부)의 상태등급 산정

구 분	손 상	
	보통인 상태	불량한 상태
결함점수	0.5(1)	1(2)
해 설	1) 갱구부는 터널의 입출구부로서 차량의 통행에 직접적인 영향을 주기 때문에 갱문(접속부)상태를 반영하여 손상여부를 평가한다. 2) 갱문(접속부)의 평가방법은 일반 콘크리트구조물에서의 평가방법에 준하며, 특히 주변지반의 변화상태 등에 유의하여야 한다. 3) 갱문(접속부)에 심각한 손상이 발생한 경우, 주변 지반조사를 실시하여 손상원인을 규명 하도록 한다.	

8) 공동구 상태

<표 1.4.44>공동구의 상태등급 산정

구 분	덮개파손 및 오염됨	이물질 퇴적 및 침수
결함점수	0.5	1
해 설	1) 통신케이블, 신호용케이블, 전기케이블 등의 보호를 위해 터널내에 설치되는 공간을 가리키며, 일반적으로 배수구와 병행하여 시공된다. 2) 공동구의 오염상태, 덮개파손, 이물질의 퇴적이나 침수 등을 조사하여 상태를 평가하도록 한다.	

9) 특수조건(추가점수)

<표 1.4.45>특수조건의 상태등급 산정

구 분	도심지 토사터널		전력구터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D)	제한범위 (1D미만)	측벽부 낙수	아치부 낙수	동결위험
결함점수	1	2	1	2	3
해 설	1) 도심지 토사터널은 터널심도, 인접시설물(건축물, 철도, 도로 등)과의 거리 등을 검토·분석하고 터널에 영향을 미치는 범위를 고려하여 이를 반영한다. 2) 전력구터널, 전차선을 설치한 터널은 전기를 사용하므로 누전문제에 대한 위험성을 상태평가에 추가 반영하도록 하고, 특히 전차선을 설치한 터널은 동결시 차량운행에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 반영한다. 3) 기타 일반적인 터널조건과 다른 특수터널인 경우, 조사자의 판단에 따라 상태평가에 특수조건을 부과하여 가점하도록 한다.				

마. 상태평가 결과 산정 방법

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

② 라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다.

③ 라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 라이닝 단위길이별 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

② 라이닝 전체의 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

2) 3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정

① 터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갱문, 공동구상태의 결함점수를 부여한다.

② 특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정 시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

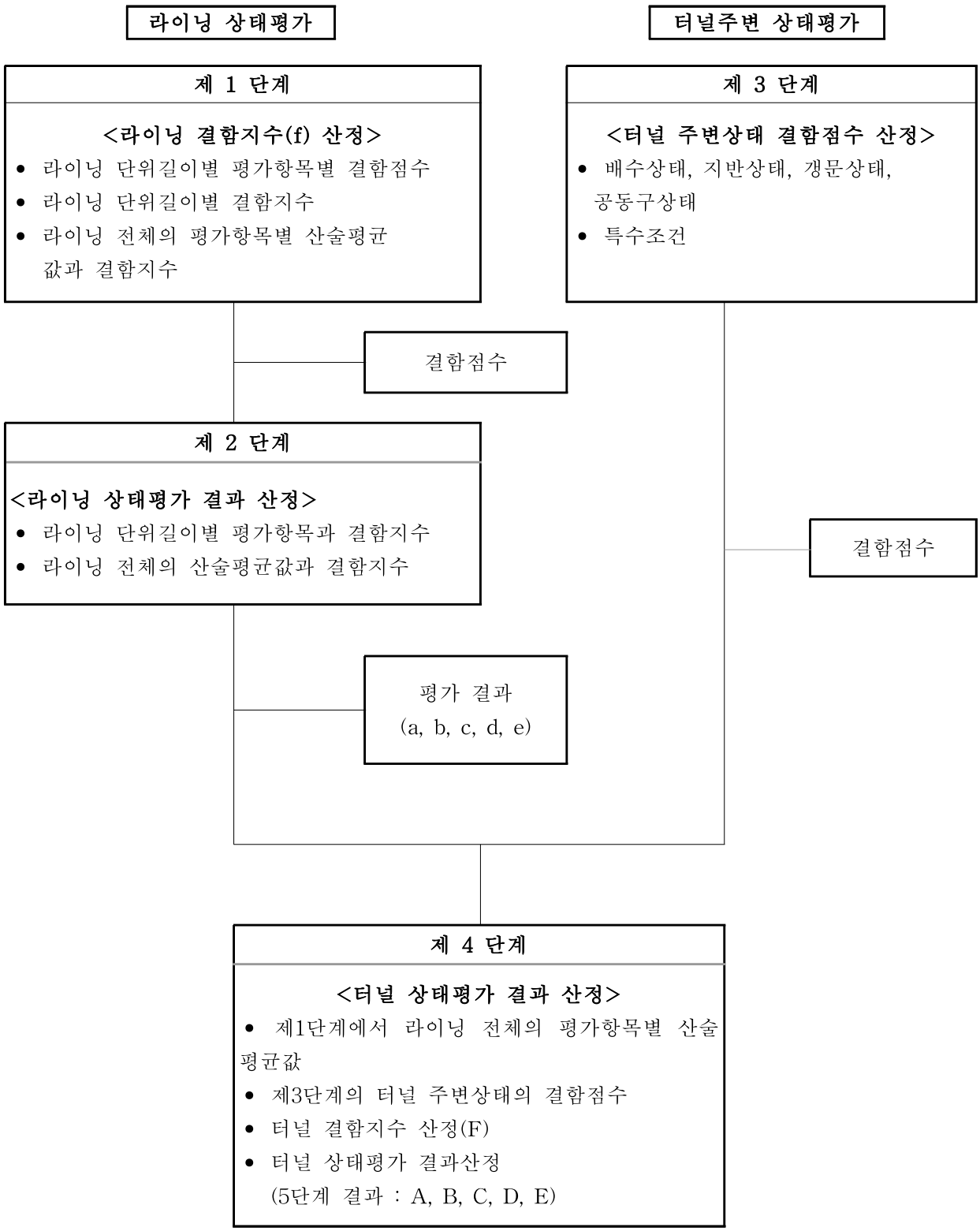
4) 제4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정 시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

② 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

③ 터널 상태평가 결과 산정

- A등급(우수) : 터널 결함지수(F) 0.00 $F \leq 0.15$
- B등급(양호) : 터널 결함지수(F) 0.15 $F \leq 0.30$
- C등급(보통) : 터널 결함지수(F) 0.30 $F \leq 0.55$
- D등급(미흡) : 터널 결함지수(F) 0.55 $F \leq 0.75$
- E등급(불량) : 터널 결함지수(F) 0.75 F



<그림 1.4.2>상태평가 결과 산정절차

1.5 보수·보강 및 유지관리방안

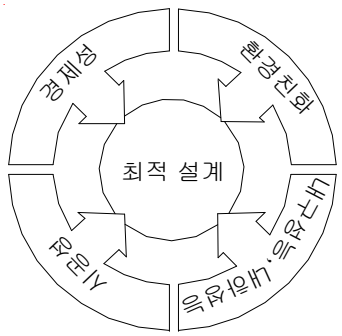
1.5.1 개요

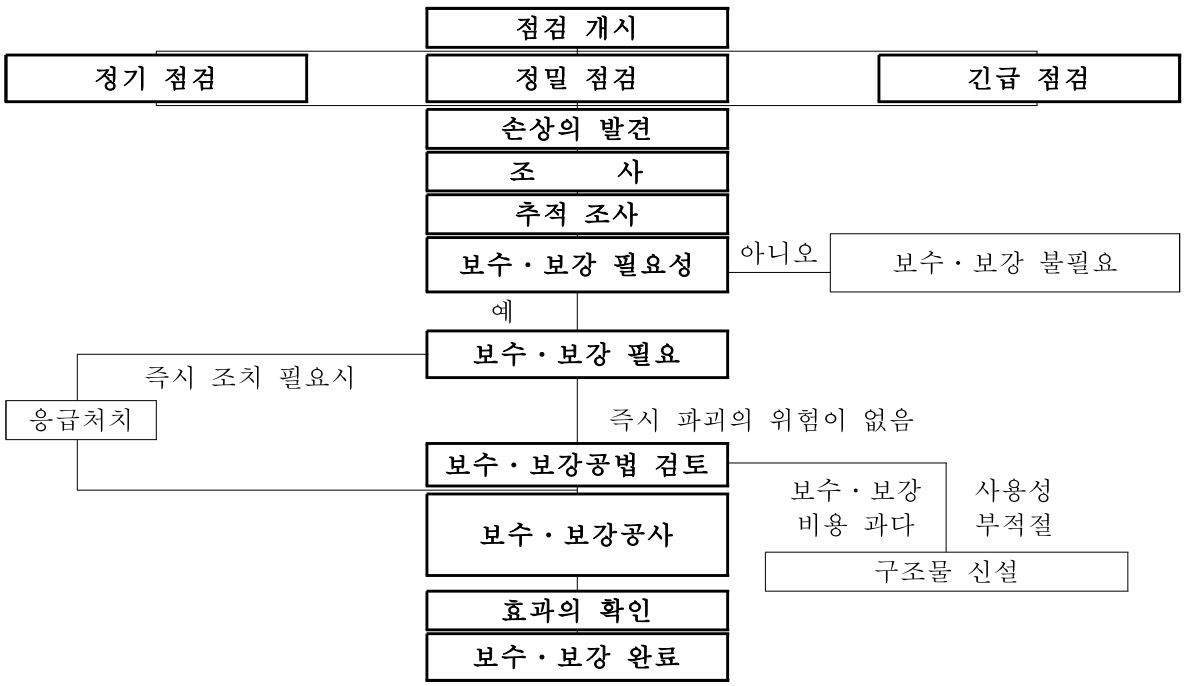
본 구조물에 필요한 보수·보강의 우선순위는 손상 및 결함의 종류, 성상 및 원인 등을 고려하여, 보수의 완급성을 판단하여 다음과 같이 정하였다.

○ 보수보다는 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.

○ 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

가. 선정 시 고려사항

보수 · 보강 방안 선정의 요건	보수 · 보강 재료 및 공법 선정시 고려사항	
	내구성능 내하성능	•충분한 내구성 확보가 가능한 보수 방안 •충분한 내하력 확보가 가능한 보강 방안
	환경친화	•유해환경요소를 발생시키지 않는 방안 •화재 등 재해의 피해를 최소화 할 수 있는 방안 •미관이 양호한 방안
	시 공 성	•시공성의 제약요소를 최소화 할 수 있는 방안 •시공이 간단한 방안 •보수·보강 품질이 확실한 방안
	경 제 성	•경제적으로 유리한 방안 •공기를 단축시킬 수 있는 방안 •주변 민원발생을 최소화 할 수 있는 방안



<그림 1.5.1>보수 · 보강의 업무 흐름도

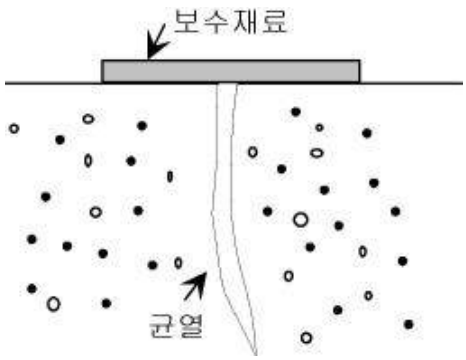
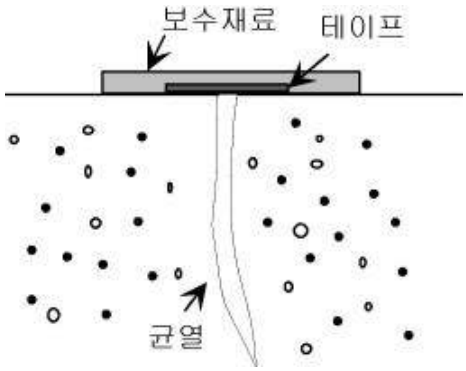
나. 보수・보강 공법상세

1) 균열 보수공법

① 표면처리공법 / 백태보수공법

공법개요	표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.2㎜이하)위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있음

보수개념도

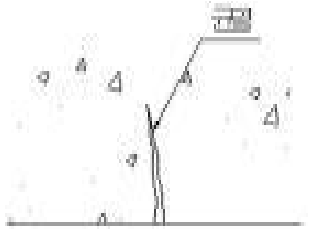
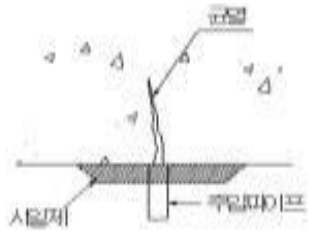
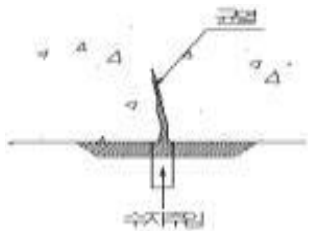
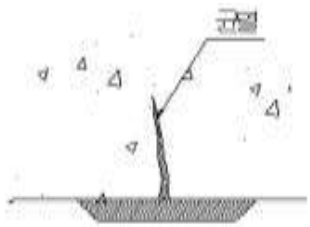
비 진행성 균열	진행성 균열
	

시공순서

② 주입공법

공법개요	주입공법은 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 들떠 있는 경우에도 적용할 수 있음

보수개념도

시공순서	시공상세	
보수범위 확인 ↓ 균열부위 청소 ↓ 주입용 파이프 설치 ↓ 균열면 씰링 ↓ 주 입 ↓ 파이프, 씰링재 제거 ↓ 모르터 미장마감		• 바탕처리 : 균열면에 유리석회 및 먼지제거
		• 주입파이프설치 및 씰링 : 주입파이프 사이의 균열부분에 씰링후 1~2일 양생
		• 수지주입 : 수동식, 유압식, 자동식 주입법 등으로 주입
		• 주입파이프 철거 및 표면마무리

주입용수지의 요구선능

1) 장시간의 보관에도 재료성질 변화가 없을 것
2) 균열폭의 크기에 따라 점도의 조정이 용이할 것
3) 사용시 기온에 대해 사용기간을 용이하게 조절할 수 있을 것
4) 주입후 상온에 경화될 수 있을 것
5) 경화시 수축이 작을 것

<표 1.5.1>균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20°C, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1㎜ 전후
	고점도	1,500±500	0.2㎜ 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0㎜ 전후

<표 1.5.2>에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	단 위	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20°C 7일간		1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20°C	분	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	CPS	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20°C 7일간	kgf/㎠	600이상	600이상
휨강도	〃	〃	〃	350이상	400이상
인장강도	〃	〃	〃	200이상	200이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	〃	(1.0~6.0)×10	(1.0~6.0)×10
인장전단강도	KS M 3722	〃		100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	kgf·cm/㎠	1.5이상	3.0이상
경 도	ASTM D 2240	〃	shore	80이상	80이상

※"콘크리트교량의 보수·보강관련 신기술 및 표준품셈 공법편람, 국토해양부, 2002.4"

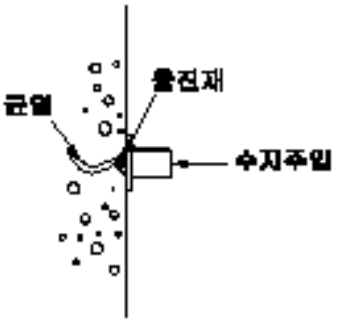
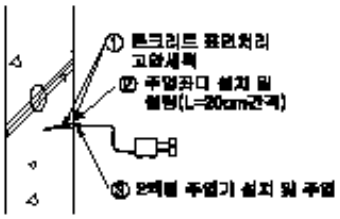
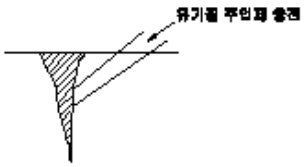
주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리

압 입 식	•수동식 주입 : 인력 •기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 •저압/저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 입력

③ 공법비교안

<표 1.5.3>균열주입공법 비교안

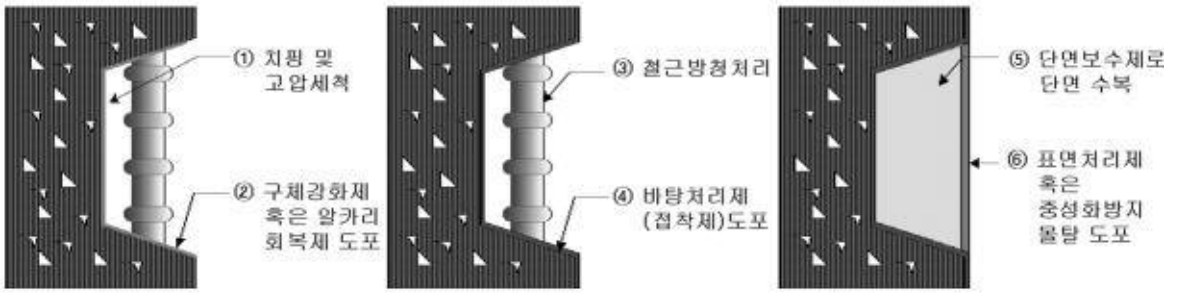
공 종 / 보수공법	제 1 안 에폭시수지 주입공법	제 2 안 무기계 슬러리 주입공법	제 3 안 유기질계 충전공법
개 요 도			
공법개요	·가장 일반적인 공법으로 무기질 재료인 에폭시계 수지를 주입기를 통해 주입하는 공법 ·기존의 에폭시 주입공법을 개량시킨 저점도에폭시 수지를 특수주입기를 사용하여 미세 부위까지 주입하는 공법	·콘크리트 균열부에 유기계+무기계 재료인 수성에폭시를 주입기를 통해 주입 하는 공법	·균열 부위를 V-Cut한 후 유기질계 재료를 충전하는 공법
시공방법	·Con′c 표면청소 → 주입기, 패카설치 ->U&V호 주입 → 패카제거 → 균열부위 V컷트 → 접착력강화 → V컷트 부위 충전	·표면처리 → U Cutting→ 주입기 설치 → 균열부 씰링 → RF슬러리 주입 → 단면복구	·드릴로 천공 → 팩커 삽입 → 폴리머시멘트 주입 → 단면복구 → 마무리 청소
장 점	·공사비 저렴 ·시공성 용이 ·시공실적 다수	·모체와 탄성계수, 열팽창계수가 동일하여 재균열 발생 가능성이 작음 ·모체와 일체화 가능 ·습윤면 시공이 가능	·인장 및 휨강도 우수 ·시공성 및 부착성 우수
단 점	·전문 기능공 필요	·유기계에 비해 접착강도가 떨어짐 ·경화속도가유기계에 비해 지연됨 ·균열폭이 0.5㎜ 이상에 대해서만 주입가능	·기존 콘크리트와 물리적 성질이 달라 온도 및 하중 변화에 의해 재균열 발생 가능성이 있음 ·인체에 다소 유해함
경 제 성	56,000 원/㎡	112,000 원/㎡	89,000 원/㎡

2) 단면복구공법

① 단면복구공법 개요

공법개요	단면복구공법은 콘크리트 구체에 발생 재료분리, 철근노출, 박리·박락, 표면열화 등의 손상부위를 제거하고, 철근의 부식이 진행된 경우에는 방청처리를 실시한 후 적절한 보수재료를 통하여 제거된 단면을 원래대로 복구하는 공법

보수개념도



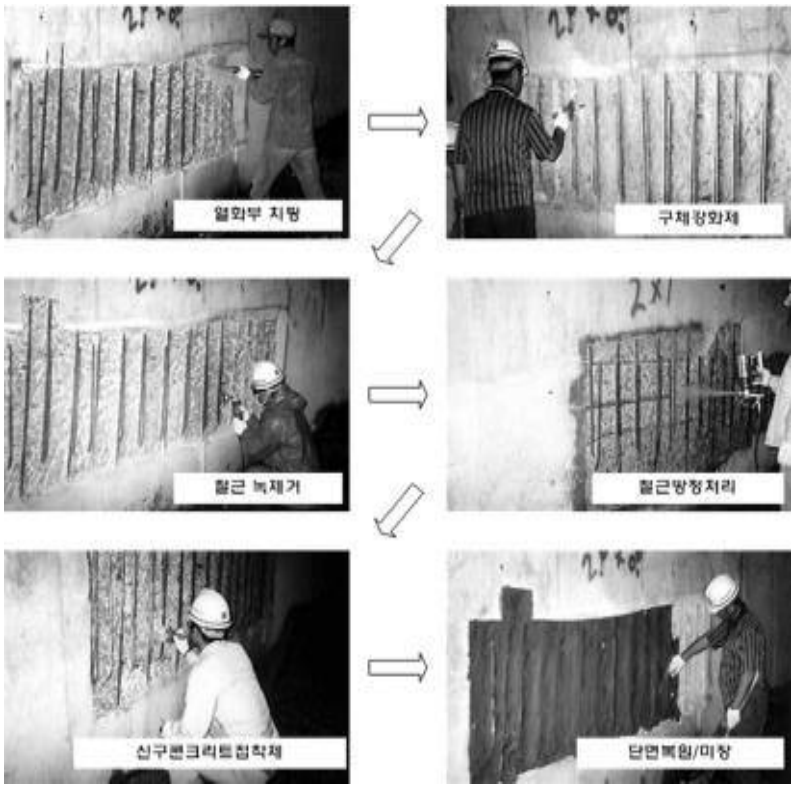
시공순서

열화부 제거, 치핑
↓
구체강화제 도포 (혹은 알카리회복제 도포)
↓
철근 녹제거 및 방청처리
↓
신구콘크리트 접착제 도포
↓
모르터 수복(단면복원)
↓
미장 및 마감
↓
마무리

보수전 조사항목

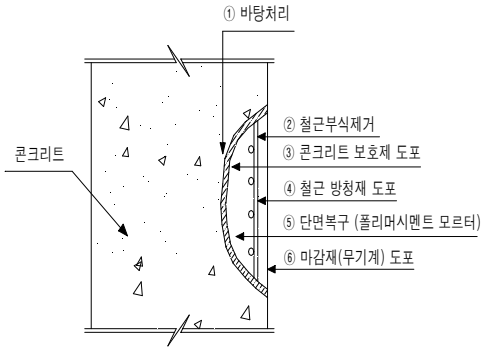
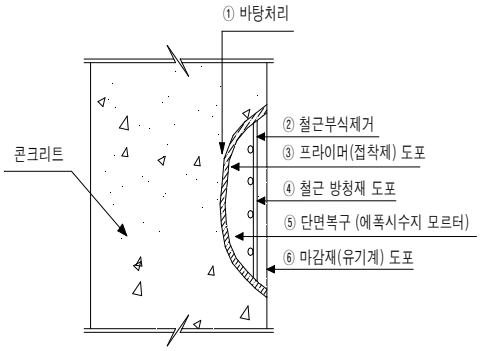
- 내부 철근의 부식상태
- 콘크리트의 열화 및 중성화 상태
- 균열의 발생/진전상태
- 염화물 함유량

시공사례



② 단면복구공법 재료비교

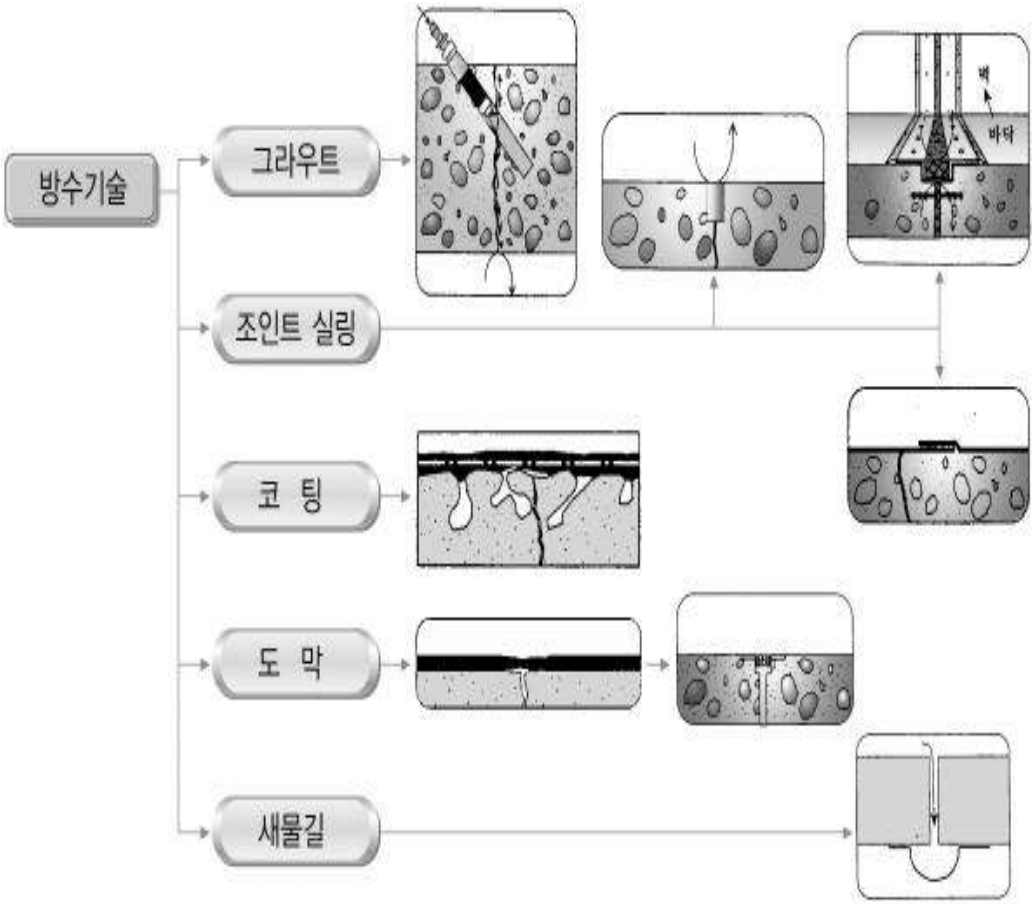
<표 1.5.4>단면복구공법 재료비교

구 분	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
개 요 도		
공법개요	• 콘크리트 손상부위 및 철근 부식부를 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	• 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	• 치핑/고압수 세척 → 철근의 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계) 도포	• 치핑/고압수 세척 → 철근의 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
장 점	• 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 • 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 • 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수함 • 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함	• 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 • 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 • 경화시간이 빠름
단 점	• 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 • 보통 형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐	• 방청효과가 확실하지 않음 • 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 • 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

3) 누수보수공법

① 누수보수공법 개요

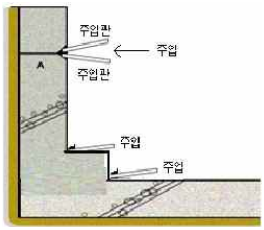
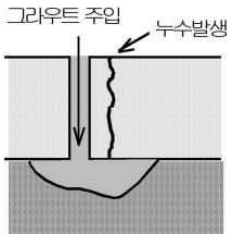
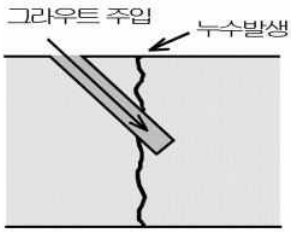
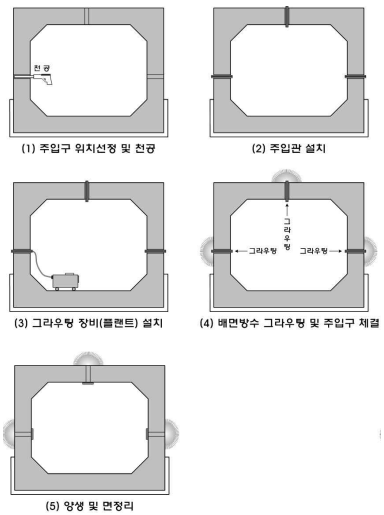
- 콘크리트의 누수는 구조물의 기능장애와 열화의 원인이 되므로, 누수방지 및 방수대책을 수립할 경우에는 가능한 모든 인자들을 고려하여 공법을 선정하는 것이 중요하다. 기존 구조물의 누수방지공법에는 주입공법(Injection 및 Grouting), 줄눈실링공법(Joint Sealing), 쉬트식방수공법, 도막식방수공법, 침투식방수공법, 시멘트방수공법 등이 있다.
- 시공이음, 줄눈 등과 같이 구조물의 수축·팽창 작용에 의하여 누수발생이 필연적인 부분의 경우 일부 누수를 허용하여 유도배수를 시행하는 방법도 있다.



<그림 1.5.2>누수부 보수 개념도

② 누수보수공법 비교

<표 1.5.5>누수보수공법 비교

구분	전면 주입공법	배면 주입공법	충전 주입공법
개요도			
공법 개요	누수부위의 크고 작음에 관계없이 누수위치가 확실한 경우 적용되는 보수공법	누수면적이 넓으면서 누수위치가 불분명하고 산발적인 경우 적용되는 보수공법	수밀치 못한 콘크리트 구조물의 표면에 부분적으로 스며든 누수에 대한 보수공법
사용재료	우레탄 겔 및 기포, 친수성 아크릴레이트, 에폭시, 친수성 초미세시멘트 등	시멘트 모르터, 우레탄, 에폭시 등	우레탄 겔 및 기포, 친수성 아크릴레이트, 에폭시, 친수성 초미세시멘트 등
시공순서			
적용부위	• 균열, 공극, 이음부 부위	• 보호벽돌과 구조물 공간 • 토사와 구조물의 경계면 부위	• 누수위치가 확실한 국부적인 포인트를 보수 할 때 • 콘크리트의 파취가 곤란한 부위 • 구체의 두께가 두텁고 공극 혹은 균열이 망상으로 발생한 부위 • 누수발생부위 중 시간이 오래 경과되어 석회분이 흘러내려 백화현상이 심한 부위

4) 노치설치방안

① 개요

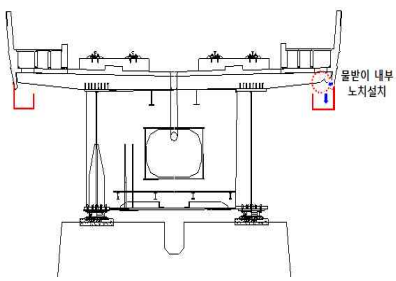
노치 미설치로 인한 우수유입이 전교량에서 확인되어 장기간 방치시 강재 단면손상 및 받침부식 등이 발생할 우려가 있으므로 노치를 설치하여 내부로 우수유입을 차단하는 방안을 제시하였다.

② 설치방안

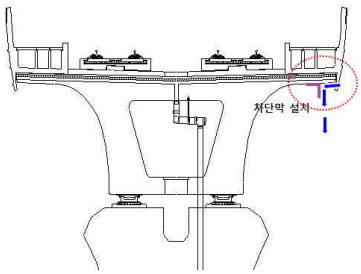
캔틸레버측 우수 유입으로 인한 하부구조물의 손상을 억제하기 위한 노치 설치 방안 개요도를 아래에 제시하였다.

T형 노치 설치 방안

- 좌측 사진은 노치 미설치로 우수유입 발생
- 노치 미설치로 인하여 우기시 우수유입이 발생되는 상태로서 차수막 또는 노치를 설치하여 교량의 장기사용성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 시공성을 고려하여 노치 설치 방안을 제안하였다.



물받이 설치구간 노치개요도

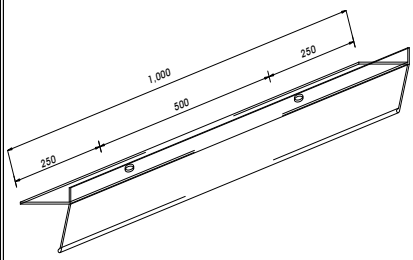


물받이 미설치구간 노치개요도

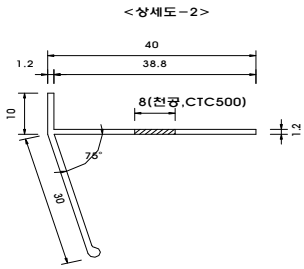
◆ 설치방법 ◆

- T형 노치 절곡 제작(L=1.0M)을 한다.
- 셋트앙카 및 카플링 위치 마킹.
- 앙카 또는 카플일 홀 천공.
- 천공 후 콘크리트 면 청소.
- 미리 제작해둔 T형 노치 설치.
- T형 설치 후 틈새 및 이음부 실리콘으로 마감처리 한다.

<상세도-1>



<상세도-2>



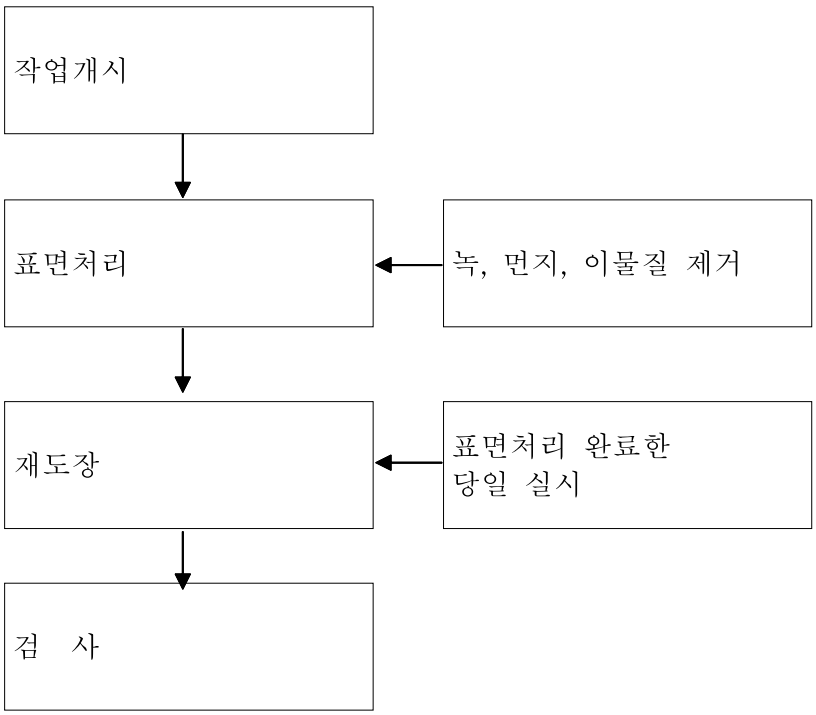
<그림 1.5.3>T형 노치 설치방안 개요도

5) 도장보수공법

① 개요

부식에 의한 결함이 발생한 부재에 대해서 녹에 의한 부식이 그 이상 진행하지 않도록 녹 및 이물질을 제거한 후 중방식도장을 실시하는 공법이다.

② 시공방법



<그림 1.5.4>도장보수 공법 순서도

③ 시공상세 및 유의사항

·동력공구 및 수공구(와이어브러쉬, 샌트 페이퍼)로 표면처리한다.

·구 도장계에 대한 확인 및 확실한 표면처리를 실시한다.

·표면처리 후 분무기 또는 붓을 이용하여 재도장 실시한다.

·표면처리 후 같은 날 하지도장을 실시한다(결로 및 이물질 등의 영향).

·도료의 칠 중복은 충분히 건조한 후에 실시하고 대기온도 및 칠표면의 온도가 5℃ 이상이어야 한다.

·표면처리 후 당일 도장을 수행하지 못한 부분은 다시 표면처리 후 도장한다.

·폐쇄된 개소에서의 작업시에는 통풍 및 조명등의 환경여건과 안전작업에 대한 대책을 수립한 후에 실시한다.

④ 도장공법비교

<표 1.5.6>도장공법 비교

공 법	염화고무계도료 (일반중방식)	에폭시계 도료	세라믹계 도료	중방식 금속혼합물피막
시공순서	· 표면처리 · 무기질징크 하도 · 염화고무도료 (중, 상도)	· 표면처리 · 수용성 무기징크 (1, 2, 3차 도포)	· 세라믹코팅 바탕 만들기 · 무기 아연말계 · 무기 세라믹계 · 우레탄 세라믹	· 표면처리 · 1차피막 (하도) · 2차피막 (중도) · 3차피막 (상도)
장 점	· 일반적인 시공성 · 국내 적용 실적이 많음. · 건조가 빠름.	· 내약품성 · 강인한 도막, 미관성 우수 · 희생양극방식기능	· 내약품성 · 강인한 도막, 미관성 우수 · 내구성 우수	· 내열성, 내후성, 방청력, 부착력, 신율 우수 · 내마모성 우수 · 강인한 도막, 미관성 · 내약품성, 내충격성 · 희생양극방식 기능 · 내염성, 내구성 · Re-Coating이 용이 · 음용수 기준에도 적합한 친환경적 소재
단 점	· 내약품성이 나쁨. · 내구성이 짧음 · 초기접착력은 우수하나, 장기 접착력 저하(계면탈락) · 저온시 증점(점도상승, 유동성 감소) 및 겔화 현상 발생	· 공사비 고가 · 수축팽창에 대한 유연성 부족 · 자외선에 약해 변색을 일으키며, 재료의 변형 유발 · 고온에서 황변 현상 있음. · 초기접착력은 우수하나, 장기 접착력 저하(계면탈락)	· 공사비 고가 · 수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 · 다른 재질이므로 층간 분리현상이 나타날 수 있음.	· 일반적 도료에 비해 비교적 고가 · 작업시 접착제와 금속혼합물이 잘 혼합되도록 전동믹서기를 이용하여 혼합하여야 한다 · 작업전 시공 교육 필요
검토의견	본 비교표는 다수의 도장공법 중 일부에 대하여 수록한 상태이므로 공법 및 제품은 관리주체의 선택이 필요함.			

1.7 유지관리방안

1.7.1 개요

효과적인 교량 유지관리는 결함, 손상 및 열화를 초래할 수 있는 요인들을 미리 발견하여 예방적 조치를 취함으로서 손상단계로의 진전을 미연에 방지하고 이미 결함, 손상 및 열화가 발생한 경우에는 초기에 대책을 강구함으로서 대규모의 보수·보강에 까지 이르지 않도록 경제적인 유지관리를 행하여 교량의 공용수명을 연장하는 것이다. 이를 위해서는 관련자료의 보존, 점검 및 진단, 일상적 예방 유지관리 계획수립과 시행결과에 따른 조치대책 수립 등의 일련의 과정이 적절히 수행되어야 한다.

<표 1.7.1>유지관리의 기본개념

구 분			내 용
유지관리	점검 · 검사		•정기점검, 이상시 점검을 주체로 하며 이에 동반되는 관리업무
	평 가		•점검 결과에 따라 시설의 건전도를 평가하여, 보수의 필요성을 판단하는 것
	유지보수	유지	•시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 멈추게 하기 위한 행위
		보수	•물리적·기능적으로 노후화된 시설물을 부분적으로 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
		보강	•외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 보수하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
갱신 · 교체			•물리적·기능적으로 노후화된 시설물이나 이상한 외력에 의하여 파손된 시설물을 전면적으로 수리하여 원래의 기능과 구조물로 회복시키는 행위
개 량			•당초 계획했던 기능을 능가하는 기능을 갖출 수 있는 구조로 개량하는 행위

1.7.2 유지관리 일반

가. 개 요

시설물의 유지란 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상 복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 시설을 추가함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다. 시설물 유지관리는 사후유지관리와 예방 유지관리로 분류할 수 있다. 사후 유지관리는 문제가 발생된 후 보수 또는 보강하는 방식이고, 예방 유지관리는 문제발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 적절한 조치를 취함으로써 문제발생을 예방하는 방식이다. 과거에는 보통 사후 유지관리가 대부분이었으나, 오늘날은 기술 및 장비의 발달로 예방 유지관리를 지향하고 있으며, 이를 통한 시설물의 안전성 및 사용성 확보에 그 목적이 있다.

1.7.3 유지관리 업무 및 흐름

유지관리를 효율적으로 하기 위해서는 아래의 항목에 대해 아래 그림에 따라서 수행하는 것이 바람직하다.

가. 자료관리

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

일반적으로 구조물의 유지관리 시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

1) 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)

2) 공사내역서 및 시방서

3) 사진 및 시험결과

4) 보수·보강이력

5) 시설물관리대장

6) 사고기록, 점검 및 진단이력

7) 상태 및 안전성 평가기록

나. 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

다. 점검 및 진단(예방 유지관리)

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

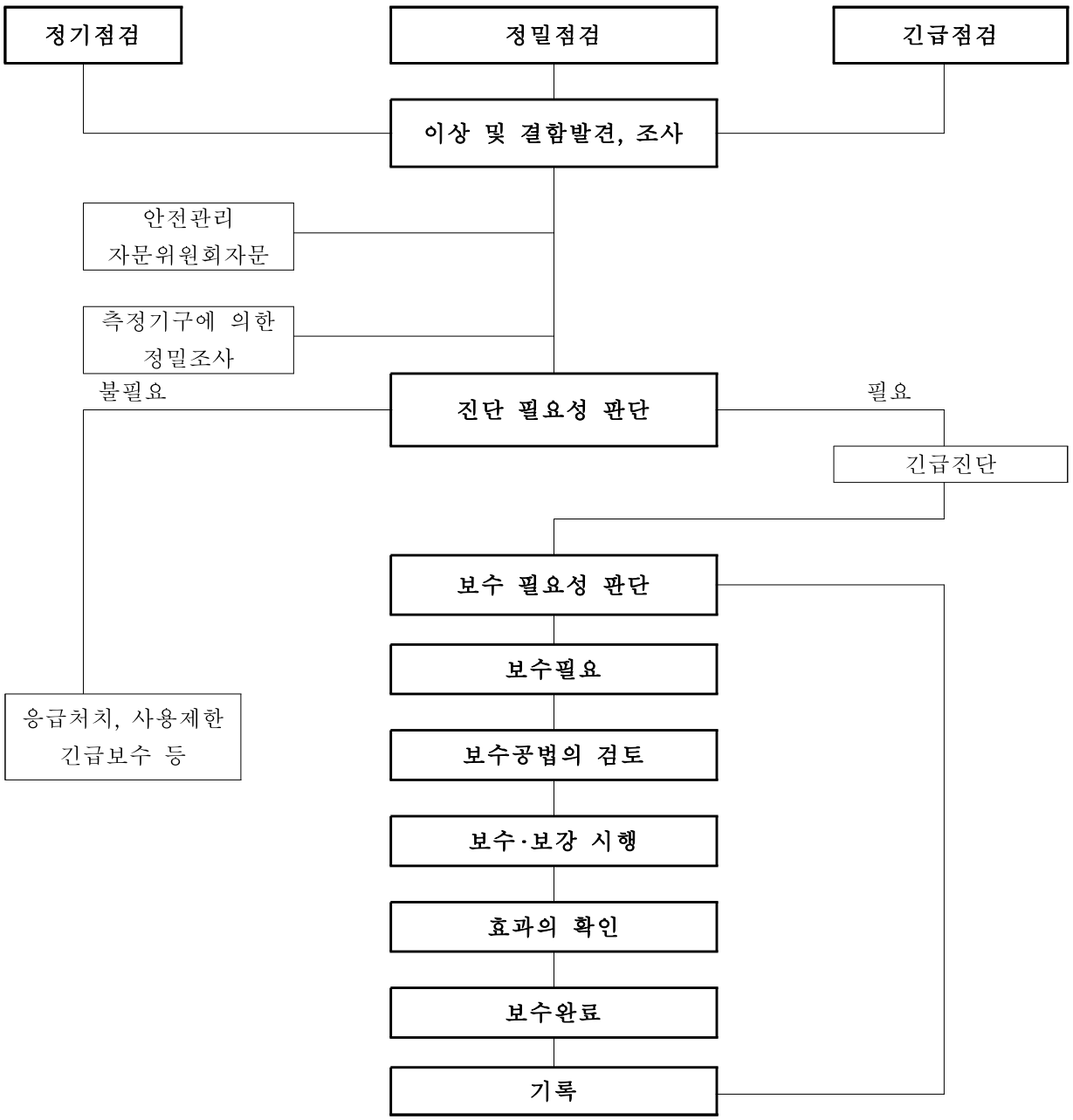
점검은 일상점검, 정기점검(초기점검 포함)및 긴급점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수・보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다.

또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

라. 보수 및 보강(사후 유지관리)

점검이나 진단을 통하여 손상을 발견하였을 때는 손상의 원인을 정확히 파악하여 보수·보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수란 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능으로 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

효율적인 유지관리를 위한 흐름도는 다음과 같다.



<그림 1.7.1>유지관리 흐름도

1.7.4 점검주기 및 주요 조사항목

본 시설물의 공용기간 중에는 다음의 점검주기 및 주요 조사항목에 대한 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

<표 1.7.2>점검주기 및 주요조사항목

점검종류	점검주기	주요 조사항목
정기점검	반기 1회	•박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검 이후 변형, 변위 발달상태 •손상의 지속유무 확인(누수, 균열, 변형 등)
정밀점검	안전등급에 따라 차등실시	•설계도서 검토 •형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) •상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) •현장시험·측정(강도, 철근, 피복, 철근부식, 중성화 등) •전회의 정기점검 및 정밀점검 시와 비교하여 손상의 진행여부 판단 •보수, 보강시공 상태의 확인(필요시)
긴급점검	필 요 시	•손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등
정밀안전진단	안전등급에 따라 차등실시	•구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 점검 상태로부터의 변화 확인 •구조해석 및 안정성 평가 •정기점검 및 정밀점검 결과 분석

주) 정밀점검 및 정밀안전진단 실시주기(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 국토교통부, 한국시설안전공단, 2013)

<표 1.7.3>안전등급별 시설물의 점검 및 진단주기

안전등급	정밀점검		정밀안전진단
	건 축 물	그 외 시설물	
A등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상
B, C등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상
D, E등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상

주) 1. 건축물에는 그 건축물의 부대시설인 옹벽과 절토사면을 포함하며, 항만시설물 중 썰물시 바닷물에 항상 잠겨있는 부분은 4년에 1회 이상 정밀점검을 하여야 한다.
2. 최초로 실시하는 정밀점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)을 기준으로 3년 이내(건축물은 4년 이내)에 실시하여야 한다.
3. 정밀점검 또는 정밀안전진단을 받은 경우 그 날(완료일)을 기준으로 정밀점검의 실시주기를 정한다. 또한 정밀안전진단 실시 기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다.