

제1편 공 통 편

제1장 정밀안전점검 개요

제2장 자료수집 및 분석

제3장 현장조사 및 시험

제4장 보수·보강 및 유지관리방안

제1장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.4 대상시설물 개요

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

1.6 시설물 기호의 정의

제 1 장 정밀안전점검 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” (이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제 11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수·보강방법 제시) 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

본 정밀안전점검은 경험과 기술을 갖춘 전문가가 용역 발주자와 충분한 사전 업무범위 및 내용을 협의한 후 수행하였으며, 근접 육안조사를 기본으로 필요 시 접근장비를 이용한 정밀 외관조사를 실시하되 현장조사 시에는 각종 안전조치를 취하였다. 현장 외관조사 결과 및 각종 측정 및 시험결과를 바탕으로 상태평가 결과를 도출하고 점검결과에 따라 적절한 보수 보강방법을 제시하였다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 조사결과 검토 및 분석
- 4) 시설물의 상태평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 6) 보수·보강 및 유지관리방안 제시
- 7) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2026. 03. 17. ~ 2026. 04. 30.

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원, 2026.01)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

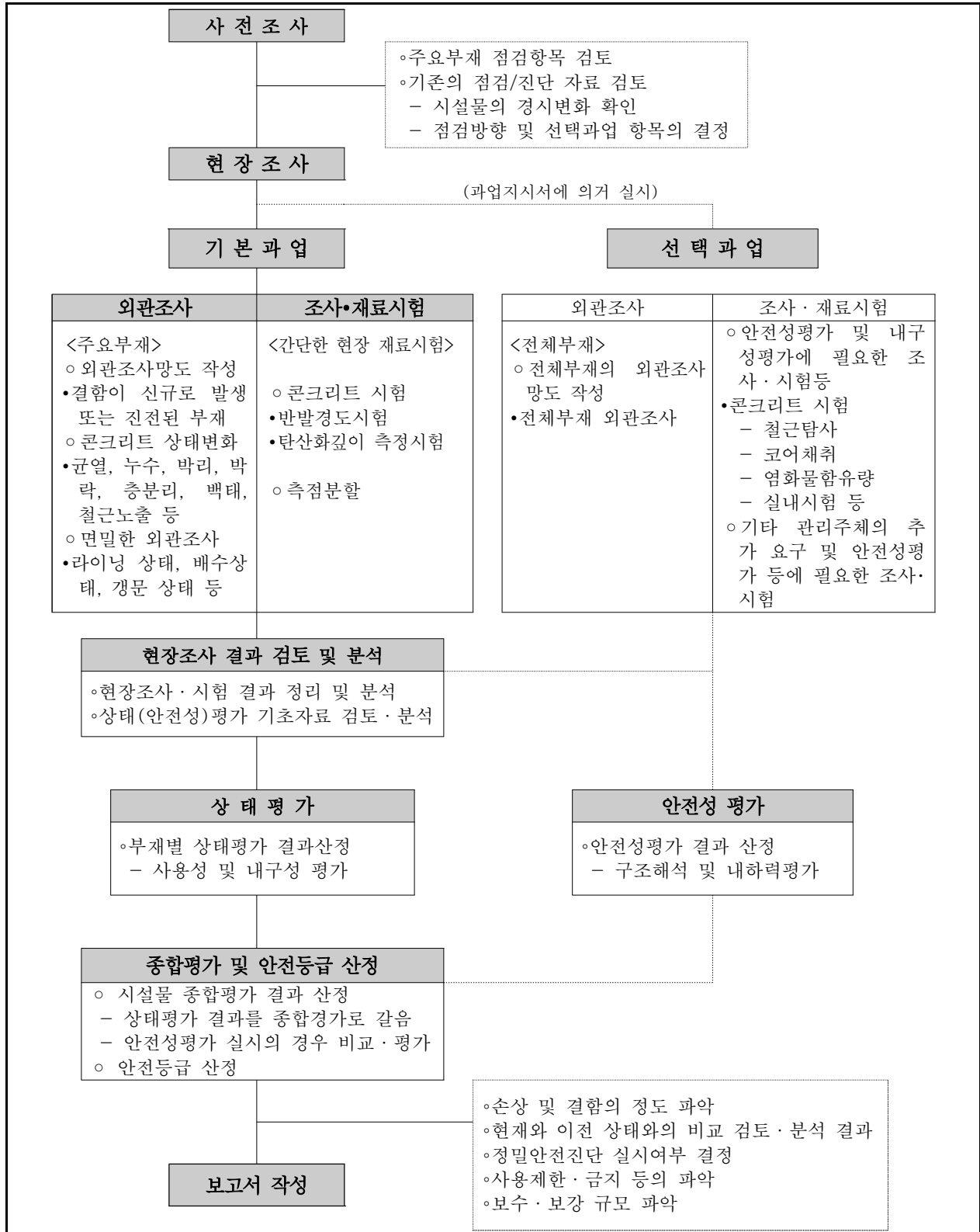
【표 1.2.1】과업의 내용

과업의 범위		과업의 내용	비고
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(준공도면, 구조계산서) 2) 기존 점검 및 유지관리자료 검토 (2023년 정밀점검, 2025년 하반기 정기안전점검 자료 등))	시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2026.01) 적용
현장 조사 및 시험	현장 조사	1) 시설물 외관 상태 조사 2) 외관조사망도 작성	
	현장 시험	1) 반발경도시험 2) 탄산화시험	
+		1) 외관조사 결과 분석 2) 현장시험 결과 분석 3) 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 4) 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견(안전등급 지정)	
종합평가 및 안전등급 지정		1) 상태평가 결과를 이용하여 안전등급 지정	
보수 및 보강대책 수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수보강 공법 제시 3) 보수보강 물량 및 보수보강 우선순위 제시	
유지관리 대책 수립		1) 유지 관리상 중점점검사항 제시 2) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		1) 보고서 작성 2) 성과품 제출	

1.3 과업수행 절차 및 일정

1.3.1 과업수행 절차

본 터널의 정밀안전점검 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 터널 정밀안전점검 과업수행 흐름도

1.3.2 과업수행 일정

본 과업을 위해 수행한 정밀안전점검 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】 정밀안전점검 과업수행 일정

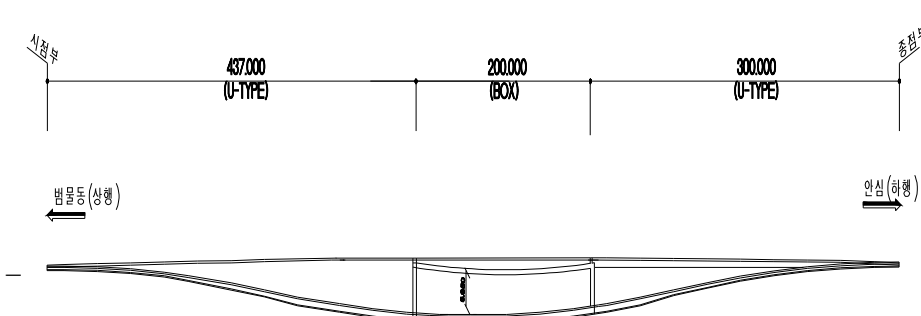
공 중		2026년 03월 17일 ~ 2026년 04월 30일							비 고	
		3월			4월					
		17	24	31	6	13	20	27		31
1. 자료수집 및 분석										- 3/17 착수
· 관계도서 수집 및 분석										
현장답사 및 점검계획 수립										
2. 현장조사 및 시험										-현장조사 및 시험 -구조물별 조사팀 운영 -필요시 추가조사
· 외관조사										
· 재료시험 및 측정										
3. 상태평가										-현장조사와 내업작업 병행 실시
· 상태평가 결과작성										
4. 종합평가 및 안전등급 지정										
· 종합평가										
· 안전등급 지정										
5. 보수·보강 및 유지관리 방안 제시										
· 보수·보강방안 제시										
· 유지관리방안 제시										
6. 보고서 작성										- 04/30 준공예정
· 보고서 작성										
· 보고서 수정 및 납품										
공정율(%)	진행	13	13	13	12	13	13	13	10	
	누계	13	26	39	51	64	77	90	100	

1.4 대상시설물 개요

1.4.1 지하차도 현황

본 과업의 대상시설물인 연호지하차도의 현황은 다음과 같다.

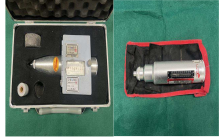
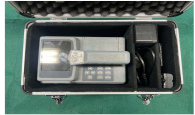
【표 1.4.1】 연호지하차도 현황표

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		연호지하차도		시설물번호		UR2003-0000118	
준공년도		2002년 08월 24일		관리번호		-	
위 치		대구광역시 수성구 연호동 일원(산79-2임외)					
설계하중		DB-24		노선명(이정)		범안로(대로 1-19호선)	
제원	연 장	L = 937m[437m(시점옹벽) + 200m(본선 BOX) + 300m(종점옹벽)]					
	폭	B = 25.0m, 왕복6차선					
BOX 구간	연 장	200m		U-Type 구간	연장	737m[시점:437m, 종점:300m]	
	토피고	0m			옹벽높이	7.5m(최대높이)	
통과높이		4.8m		펌프장유무		-	
신축이음유무		유		관리주체		대구동부순환도로(주)	
기 타		시점부 437,000 (U-TYPE) 200,000 (BOX) 300,000 (U-TYPE) 종점부 범용도(상행) 안심(하행) 					

1.5 사용장비 및 시험기기의 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 점검장비는 다음과 같다.

【표 1.5.1】 주요 사용장비 및 시험기기

수행장비	장비명	용도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열게이지	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌 즈를 통해 육안으로 확인	
비파괴 시험 장비	콘크리트 슈미트 해머	콘크리트 강도조사	
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 면처리	
	햄머드릴	콘크리트 탄산화 조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	Rc-Radar	철근배근측정	
접근 장비	고소 점검차 (스카이)	외관조사시 근접조사	

1.6 시설물 기호의 정의

대상 지하차도의 정밀점검을 수행하면서 점검의 효율성과 통일성을 기하기 위하여 각 위치별, 부재별 기호를 부여하였다.

지하차도에 대한 측점은 향후 유지관리를 위해 BOX부는 안심방향을 상행으로 하고 범물동방향을 하행으로 하여 1 SPAN 단위로 표기하였으며, 옹벽부는 범물측을 시점부로 하고, 안심측을 종점부로 하여 외관조사 및 외관조사망도를 작성하였다.

【표 1.6.1】 대상시설물 기호의 정의

구 분	사용기호	비 고
벽 체	LW, RW	L(범물방향), R(안심방향)
기 둥	LC, RC	
포 장	LB, RB	
상부슬래브	LS, RS	

BOX	옹벽

1종점부(우측)	2시점부(우측)
3종점부(좌측)	4시점부(좌측)

연호지하차도	
--------	--

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개요

2.2 자료수집 현황

2.3 설계 및 시공 자료

2.4 기존 점검 및 진단자료

2.5 시설물 보수·보강 자료

2.6 내진설계 여부 확인

2.7 자료수집 및 분석 결과요약

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 개요

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련 자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다. 또한, 본 과업 대상구조물의 관련 자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

2.2 자료수집 및 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계 도서	◦ 공 통 - 준공 내역서, 실시설계 보고서 - 각종 계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	일부 보유	(FMS 보유)
	◦ 설계도면 - 위치도, 평면도, 단면도(중·형) - 상,하단부 구조물도	보유	준 공 도 (FMS 보유)
시설물 관리대장	◦ 기본 현황 ◦ 상제 제원 ◦ 유지관리 이력	보유	(FMS 보유)
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서, 품질시험기록 - 각종 시험 기록 ◦ 사고기록	보유	(FMS 보유)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		보유	(FMS 보유)
시설물 보수·보강 자료		보유	(FMS 보유)

2.3 설계 및 시공 자료

대상시설물은 준공도를 보유하고 있으며, 금회 준공도를 참조하여 점검을 실시하였다.

2.4 기존 점검 및 진단 자료

각 시설물의 2장 자료수집 및 검토편에 수록하였다.

2.5 시설물 보수·보강 자료

대상시설물은 보수 및 보강은 시설물 편에 수록 하였다.

NO	보수 시기	내 용	보수비(천원)	비고
1	-	-	-	

2.6 내진설계 여부 확인

대상시설물은 내진설계는 시설물 편에 수록하였다.

NO	시설물명	내진등급	비고
1	-	-	

2.7 자료수집 및 분석 결과요약

대상시설물은 준공도를 보유하고 있어 금회 점검시 참조하여 점검을 실시하였다.

제3장 현장조사 및 시험

3.1 시설물의 점검사항

3.2 현장조사 요령

3.3 재료시험 항목 및 수량

3.4 터널 부재별 점검항목 및 상태평가 기준

3.5 내구성조사 및 결과분석 방법

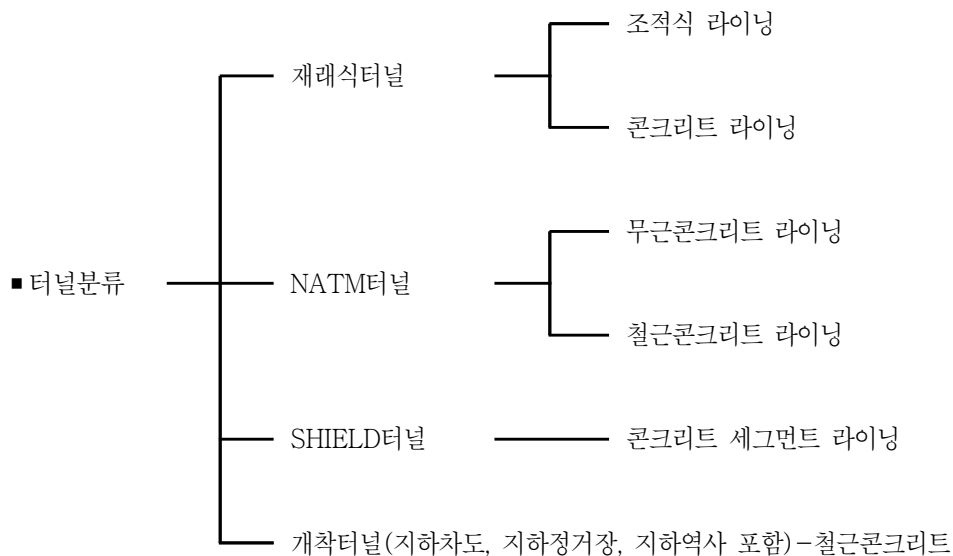
제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 시설물의 점검사항

가. 일반

시설물의 상태평가 시 점검사항은 구조물의 특성에 따라 다를 수 있으므로 수정, 보완하여 사용한다. 각 세부시설별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검 부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

터널 시공방법 및 라이닝의 재질에 따라 터널을 분류하면 다음과 같다.



【그림 3.1.1】 터널 라이닝 시공방법에 따른 터널 분류

나. 시설물 상태변화의 점검항목

1) 상태변화 점검항목

시설물의 상태변화에 따른 평가는 터널의 라이닝 및 주변 시설물로 구분하며, 지하차도는 철근 콘크리트 구조물과 주변상태 등을 상태평가 시 점검사항은 다음과 같다.

【표 3.1.1】 지하차도의 상태변화 점검항목

구 분	평 가 항 목	비 고
철근콘크리트	◦ 균열 ◦ 누수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)	
지하차도 주변 상태 등	◦ 배수상태 ◦ 갭문상태	

2) 정밀안전점검 점검 항목

【표 3.1.2】 정밀안전점검 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
터널내부	- 라이닝 등 주요변상 · 균열, 누수, 파손 및 손상 · 박리, 박락, 백태 · 철근노출 등 - 하중상태의 변화 - 반발경도법에 의한 강도조사 - 탄산화 시험 - 기타조사(환기설비, 조명시설 등)	- 슈미트 해머 - 균열경 및 균열측정기 - 망치, 카메라, 손전등, 필기도구, 줄자, - 탄산화 시험기구
터널외부	- 갭문의 주요변상 · 균열, 침하 등 - 공중이 이용하는 부위 - 결함원인분석을 위한 지상부 조사	

【표 3.1.3】 터널의 일반적인 사전조사 항목

사전조사 항목	검 토 내 용
기초 자료조사 및 검토	- 과업지시서 - 지반조사 현황 및 결과 - 지반분류 현황 및 평가 - 지반 및 재료 특성치 조사 - 기타 폐광 등 터널과 관련된 모든 자료 조사
터널 해석방법 및 결과분석	- 사용 프로그램 확인 - 해석용 입력자료 분석 - 표준 지보패턴 - 콘크리트 라이닝 해석 - 보조 공법의 유무 및 적정성
설계도면 검토	- 터널의 단면 검토 - 방수 및 배수 시스템(System) - 콘크리트 라이닝 철근보강 유무 - 타입(Type)(패턴별 적용구간) - 발파패턴 - 시공순서도 - 해석결과와 설계도면 일치성 비교

3.2 현장조사 요령

가. 측점 분할

1) 일반사항

○ 측점 분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 터널의 진행 방향으로 위치를 표시하는 작업을 말한다.

○ 예비조사와 기타 사전조사 시에 입수한 자료를 검토하여 도면에서의 표기 방식을 참고로 현장에서 해당 위치를 표시하고, 위치 표시는 현장에서 쉽게 식별될 수 있도록 하여 추후 유지관리 시에도 활용할 수 있어야 한다.

2) 조사수량 및 측정방법

○ 정밀안전점검(필요시) 및 정밀안전진단 시 측점 분할 간격은 각종 현장 조사 시 좌우로 확인 가능한 거리인 5.0m 내외가 적당하며 면밀한 조사가 필요한 구간에 대하여는 별도로 세분해야 하고, 내업 정리 및 분석 작업은 필요에 따라 5~50m간격으로 조정 가능하다.

3) 결과분석

- 국부적인 표면 오염이나 습기 등이 있는 경우 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성 펜 등으로 표시 하며 석필, 분필 등으로 표시할 수도 있다. 철도 터널, 도로터널과 같이 현장에서 기 표시된 측점은 반드시 확인하여야 한다.
- 측점분할은 통상 터널 입구부터 시작하여 출구에서 끝나며 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면 변화 구간, 횡갱구간, 소화전, 응급 대피소 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 위치를 파악하여, 측점 분할함으로써 오차를 줄인다.

나. 단면 측량

1) 일반사항

- 외관조사 결과 터널 내공단면이 불규칙한 곳에 대하여는 정확한 단면상태 및 시공상태의 파악을 위하여 터널의 종·횡단 측량 또는 선형 측량을 실시한다.
- 준공도상의 단면과 현 상태의 차이를 검토하고 건축한계선과 비교하여 보수·보강대책 수립 시와 유지·관리업무 수행 시에도 활용할 수 있도록 한다.

2) 조사수량 및 측량 방법

- 터널 정밀안전진단 시 터널단면 측량은 최소 200m마다 1개소씩 측량하며, 특히 단면변화구간 및 육안조사 단면의 이상부위는 보다 정확한 측량이 필요하다.
- 추가적인 조사가 필요한 경우에는 종단측량 및 선형측량의 경우 설계 시점부터 종점까지(통상 터널 입구부터 출구) 측량한다.
- 사용하는 장비는 일반적으로 일체형 광과거리계에 의한 측량기를 사용하며, 측정간격은 100~200m 범위에서 변상정도에 따라 위치를 선정하여 측량한다.

3) 결과 분석

- 횡단측량 시 측정된 결과와 설계도면 및 건축 한계선과 비교하여, 도면과 일치 하는지 여부를 확인한다. 이때 건축 한계선을 초과하는 경우는 매우 심각한 단면 변화 구간으로서 이에 대한 적절한 조치가 필요하다.

다. 내공변위 측정

1) 일반 사항

- 측정 목적은 터널 라이닝의 상대변위 및 집중현상을 측정하여 터널내부의 붕괴예측과 굴착지반이나 구조물의 변위예측을 위하여 실시한다.

○ 내공변위계는 앵커(Anchor)와 자(Tape)로 구성된다. 장점은 간편한 작동, 경량임으로 취급이 용이하다는 점이다

2) 조사수량 및 측정 방법

○ 터널 정밀안전진단 시 내공변위 측정은 변위가 예상되거나 발생한 지점에 최소 1개소를 측정한다. 이때의 다이얼게이지의 눈금을 읽어 측정치로 하고 3회 반복 측정치의 산술 평균치를 측정치로 한다.

○ 측정하고자 하는 지점에 앵커를 삽입시킬 수 있도록 천공한 다음 앵커를 삽입한 후 그라우팅이나 레진(Resin) 또는 시멘트 모르타르로 고정시키고, 고정된 양단의 앵커에 내공변위계의 후크를 걸고 일정한 장력이 되도록 조작한다.

3) 결과 분석

○ 정밀안전진단 시의 내공 변위의 측정은 시공 현장이나, 유지관리 과정에서처럼 정기적으로 조사할 수는 없으므로, 통상 1차 조사 후 15일 또는 30일 단위로 실시하여 내공 변위의 진행 여부 및 응력 집중 정도를 파악한다.

라. 내부결함 탐사

1) 일반사항

라이닝의 내부결함(라이닝 두께, 배면공동의 규모 등)과 라이닝 내부의 강지보 설치 및 철근의 배근 상태를 파악하기 위하여 비파괴검사 방법과 보링(Boring)등을 실시하여 조사한다.

2) 조사방법

① 타음검사

햄머(Hammer)로 라이닝 표면을 타격하여 햄머의 반발방향과 타격음에 의해 이상 유무를 조사하는 수단으로 정성적인 방법이지만 적정한 라이닝두께의 유무, 배면공동의 유무, 박리부분의 검사, 압축파괴의 유무, 라이닝표면의 열화상황을 조사하는 방법이다.

건전한 콘크리트라이닝은 타격음이 청음을 내고, 열화된 라이닝은 둔한 소리를 낸다. 또 라이닝배면에 공동이 있는 경우와 압축파괴된 부위도 역시 둔한 음을 낸다. 특히 벽돌·석적으로 시공된 경우의 건전한 라이닝은 금속성의 음을 낸다.

② 전자파법(레이다 탐사법, GPR)

250MHz~2.5GHz정도의 전자파를 콘크리트중에 방사하여 라이닝 배면에서의 반사파를

잡아 그 파형을 해석하는 것으로 라이닝 콘크리트의 두께, 공동의 유무를 판정하는 방법이다.

③ 라이닝 보링(Boring)조사

라이닝 두께와 배면의 공동, 지질상황 등을 직접 보링(Boring)에 의해 조사하는 방법으로 사전에 위치, 깊이등에 대해 충분히 검토하여 실시할 필요가 있다.

④ 내시경조사

보링(Boring)또는 드릴링에 의해 천공 후 공내에 내시경 조사장비를 삽입하여 라이닝 배면의 상황을 육안 관찰하는 방법이다.

바. 진동 및 소음 측정

1) 일반 사항

○ 터널 구조물을 통과하는 각종 차량 및 철도 객차 등에서 발생하는 진동과 주변공사장 및 중장비 주행 등에 따른 터널 라이닝에 미치는 진동의 영향을 파악하고자 진동측정을 실시할 수 있다.

2) 조사수량 및 측정방법

○ 일반적으로 큰 소리 또는 음(Noise)에 의한 일상생활에 방해가 되는 소리, 감정적 혐오감을 주는 소리를 소음이라 하며, 터널의 사용성을 고려하여 진동측정과 동시에 소음측정도 실시할 수 있다.

○ 터널 정밀안전진단 시 진동 및 소음측정은 주변건물 신축 및 열차, 차량 통과 등의 피해가 예상되는 경우 책임기술자 판단에 따라 실시 할 수 있다.

○ 진동측정기는 물리적인 운동이나 압력을 전류로 바꾸어 주는 변환기 또는 센서, 전류를 전달하는 케이블, 증폭장치 및 최초 신호의 상대 시간변화를 보존하는 저장장치 및 이로부터 재생된 신호를 최후의 영구적인 기록으로 보존하는 출력기록장치로 구분된다.

○ 시간적인 변동이 거의 없는 소음에서는 그 읽는 값을 그대로 소음의 크기로 평가하지만 도로터널, 철도터널과 같이 시간별로 소음이 변하거나, 인접의 공사장이 있는 경우 등은 그 소음치가 시간에 따라 변하므로 최고치 및 최저치 등을 조사하여 산출한다.

3) 결과 분석

○ 일반적으로 진동규제기준치는 최대입자속도(Peak Particle Velocity)에 따라 결정하여 사용되고 있다. 전반적으로 최대입자속도 5cm/sec 보다 작은 발파나 진동의 경우 인접구조물에 손상이 생기지 않는 것으로 되어 있다. 그러나 이 기준치는 튼튼한 상가구조물에 대하여는 안전측이 되고 벽돌구조물과 같이 약한 구조물에 대하여는 위험측의 기준이 된다.

○ 소음측정 시 유의할 점은 어떤 점의 소음레벨은 주위의 반사음이나, 타 소음원 등의 영향을 받아 나타나는 결과이다. 따라서 주위의 영향을 배제하고 음원의 음 자체를 측정하기 위해서는 가급적 주위에 반사물 등이 없는 곳에서 또한 음원에 접근하여 소음을 측정하는 것이 타당하다.

바. 수질 조사 및 침전물 분석 시험

수질분석 시험은 필요시 지하수 등의 침출수 및 유수가 콘크리트 구조물에 접하거나 침투하여 콘크리트와 화학반응을 일으켜 구조물을 노후화시킬 수 있는 성분을 함유하고 있는가를 판단하기 위한 시험이다.

시료채취 과정에서 오염물질이 혼입되지 않도록 주의해야 하며, 일반적으로 지하수 등은 오염이 적어 전처리없이 시험을 해도 지장이 없는 때가 많다.

그러나 시료의 상태나 시험의 종류에 따라서는 공존 물질의 방해를 제거하기 위한 전처리를 필요로 하는 경우도 있다.

시료 채취 후 시험 실시까지의 기간 동안 보관은 시료 특성에 따라 냉암소 보관, 보관 유효기간 등의 지배를 받으므로 주의하여야 한다.

사. 배수상태조사

배수상태조사는 터널과 같은 시설물의 운영 중 발생하는 용수, 강수가 터널 주변의 지표수 및 지하수에 영향을 미쳐 시설물의 안전상태를 미리 예측하고 대처하기 위해 실시하며, 주요 내용은 다음과 같다.

○ 시추자료, 지표의 용수지점, 우물의 수위 등으로 지하수위 등고선을 그리고 그 흐름방향이나 구배를 찾아서 터널용수의 유무나 갈수범위 등을 추정한다. 또한 지하수가 불투수층으로 막혀 낮은 지하수층과 지하수층으로 분리되는 경우 대수층으로 분류한다.

○ 위의 결과를 참조하여 터널 주변의 배수상태 즉, 내부와 외부상태를 검토한다.

아. 지반상태조사 (지형 및 지질조사 포함)

1) 현장시험

- 현장시험은 지반정보를 구하는 중요한 방법으로서 특히 지층구성이나 거시적 지반정보를 얻는 것과 원지반 상태 그대로에서 각종 지반정보를 얻는 것이 특징이다.
- 불교란 시료를 채취하기 어려워서 실내시험에서 공학적 특성을 측정할 수 없는 구간에서는 현장 원위치 시험을 실시하여 지반특성을 측정한다.

2) 현장시험의 종류와 적용

시추공을 이용한 시험법에는 시추공 저면을 이용하는 것이 있으며, 시험목적으로 분류하면 원위치 지반의 강도와 변형계수 등의 역학적 정보를 얻기 위한 것과 지하수 정보나 물리 정보를 얻기 위한 것이 있다.

3) 풍화변질 및 단층파쇄대

터널에 영향을 줄 수 있는 범위 등을 조사한다.

자. 갯문상태 조사

갯문은 터널 입·출부에 위치하여 터널의 안전성에 유해요소를 작용하므로 손상상태를 파악하여 시설물 유지관리에 활용한다.

차. 특수조건조사

전력구 터널, 전차선을 설치한 터널 등에서 누수로 인한 낙수 및 동결위험도를 조사하여 시설물 유지관리에 활용한다.

카. 공중이 이용하는 부위 조사

책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다.

단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.

대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.

조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

3.3 재료시험 항목 및 수량

가. 재료시험 항목 및 평가방법

【표 3.3.1】 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 라이닝	○ 측점분할 ○ 콘크리트 강도 (비파괴 : 반발경도시험) ○ 탄산화깊이 측정 시험	○ 콘크리트 강도 (국부파괴 : 코어시험) ○ 염화물함유량시험

【표 3.3.2】 정밀안전점검의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 콘크리트강도 - 비파괴 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 탄산화 깊이 측정 시험	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택과업	○ 콘크리트강도 - 국부파괴 : 코어강도	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사 시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근위치 탐사
	○ 콘크리트 염화물 함유량	○ 시료채취 및 평가

나. 재료시험 기준수량

【표 3.3.3】 정밀안전점검 기본과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 5~20m 간격	○ 책임기술자 조정 가능
반발경도시험	○ 총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	
탄산화깊이 측정	○ 철근콘크리트 구조물 - 총연장 1,000m미만 : 2개소 - 총연장 1,000m이상 : 최소2개소+1,000m당 1개소 추가	

3.4 터널 부재별 점검항목 및 상태평가 기준

3.4.1 상태평가 기준

가. 일반

1) 기본시설 및 부대시설

터널의 기본시설과 부대시설물은 [표 3.4.1]과 같다.

터널 부대시설물 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기계장 등은 상태평가지 기본시설물에 포함하여 평가한다.

시설물의 중요도 및 규모 등이 상대적으로 큰 연직갱/경사갱, 환기구, 피난연락갱, 연결터널 등은 별도 평가 후 부대시설물 가중치를 적용하여 시설물을 평가한다.

상태평가 대상구간에 무근콘크리트 라이닝과 철근콘크리트 라이닝 또는 개착터널과 굴착터널 구간이 교호하여 시공된 경우 각각 평가 후 각 길이를 환산한 가중치를 적용한 가중산술평균 방법으로 평가한다.

터널 갱구부에 절토사면 또는 옹벽 등이 존재하는 경우 상태평가기준은 본 세부지침에서 설정하고 있는 상태평가기준을 각각 적용한다

【표 3.4.1】 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦라이닝	○	○	○	
	◦갱문	○	○	○	
	◦개착터널	○	○	○	
	◦지하차도	○	○	○	
	◦지하역사	○	○	○	
부대 시설물	◦연직갱 및 경사갱	○		○	
	◦환기구	○		○	
	◦피난연락갱	○		○	
	◦연결터널(환기시설)	○		○	
	◦갱구부옹벽	○		○	
	◦절토사면	○		○	
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설	○	○	○	
	◦도로포장	○	○	○	
	◦도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦환기구 등의 덮개	○	○	○	

2) 상태평가 항목

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

【표 3.4.2】 터널 상태평가 항목

구 분		평 가 항 목
터널상태 평 가	라이닝 상 태	◦균 열 ◦누 수 ◦파손 및 손상 ◦재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	터널주변 상 태	◦배수상태 ◦지반상태 ◦갱문상태 ◦공동구상태 ◦특수조건 : 도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널 (추가점수 부여)

나. 기본시설 결함지수 산정기준

1) 터널별 결함지수 산정기준

기본시설물 상태평가를 위한 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다. 여기서, 라이닝 결함지수(f)는 터널주변 항목점수를 제외한 라이닝만의 결함점수인 총점 36점(조적식 : 26점, 무근 콘크리트 : 27점)으로 계산되며, 터널 결함지수(F)는 라이닝의 결함점수 및 터널주변 결함점수를 모두 합한 총점 43점(조적식 : 33점, 무근콘크리트 : 34점, 지하차도 등 : 42점)으로 계산하여 상태평가결과를 산정하면 된다. NATM터널(철근콘크리트 라이닝)과 TBM터널(세그먼트 라이닝), 개착터널(철근콘크리트 구조물, 지하역사 포함), 지하차도의 정밀안전점검 시 선택과업인 염화물 함유량 시험이 미 실시 된 경우에는 책임기술자의 판단에 따라 전차 보고서 자료를 활용하거나 라이닝 결함지수의 총점을 34점으로 조정하여 적용할 수 있다. 즉, 평가항목 중(특수조건 제외) 실시하지 않아도 되거나 공동구 등의 주변시설이 없는 경우는 해당 점수를 감하여 평가할 수 있다.

(가) 재래식터널(조적식 라이닝)

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	줄눈균열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누 수	0	1	2	3	4~5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박 리	0	0	1	1	
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
터 널 주 변	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손 상 : 0~1					
	공동구상태	문제가 없는 경우 : 0					
덧개파손 및 오염됨 : 0.5							
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{26}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{33}$							

(나) 재래식터널(무근콘크리트 라이닝)

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
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	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터널 주변	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2~3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손상 : 0~1					
	공동구상태	문제가 없는 경우 : 0					
		덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{27}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{34}$							

(다) NATM터널(무근콘크리트 라이닝)

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	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	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터 널 주 변	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손상 : 0.~1					
	공동구상태	문제가 없는 경우 : 0					
		덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Delta \text{결함점수}}{27}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Delta \text{결함점수}}{34}$							

(라) NATM터널(철근콘크리트 라이닝, 지하정거장 및 지하역사 포함)

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	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	
	재 질 열 화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	3
염화물		0	1	1	2	2	
터 널 주 변	배수상태		문제가 없는 경우 : 0				
			배수불량 또는 막힘 : 1~2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3			
				영향범위 외 : 1			
	갱문상태		손상 : 0~1				
	공동구상태		문제가 없는 경우 : 0				
			덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Delta \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Delta \text{결함점수}}{43}$							

(마) TBM 터널(콘크리트 세그먼트 라이닝)

TBM(Tunnel Boring Machine)터널은 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버력처리까지 기계화·시스템화되어 있는 대규모 굴착기계를 말하며, 일반적으로 open TBM과 shield TBM으로 구분한다. 본 상태평가기준은 콘크리트 세그먼트 라이닝이 설치되는 TBM터널에 적용한다.

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
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
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	3
염화물		0	1	1	2	2	
터널주변	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손상 : 0~1					
	공동구상태	문제가 없는 경우 : 0					
		덧개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{43}$							

(바) 개착식터널(철근콘크리트 구조물, 지하역사 포함)

개착식터널에 대한 상태평가는 철근콘크리트구조물의 평가방법에 준하며, 본 상태평가 기준을 적용하는 경우 철근콘크리트 구조물에 대한 평가방법을 적용한다.

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
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	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	3
염화물	0	1	1	2	2		
터널 주변	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	손상 : 0~1					
	공동구상태	문제가 없는 경우 : 0					
		덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{43}$							

(사) 지하차도(철근콘크리트 구조물)

지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 대한 상태평가는 철근콘크리트구조물의 평가방법에 준하여 적용한다.

지하차도의 부대시설인 U-Type 옹벽의 상태평가는 제13장 「옹벽」에서 설정하고 있는 상태평가기준을 적용하여 각각 평가한다.

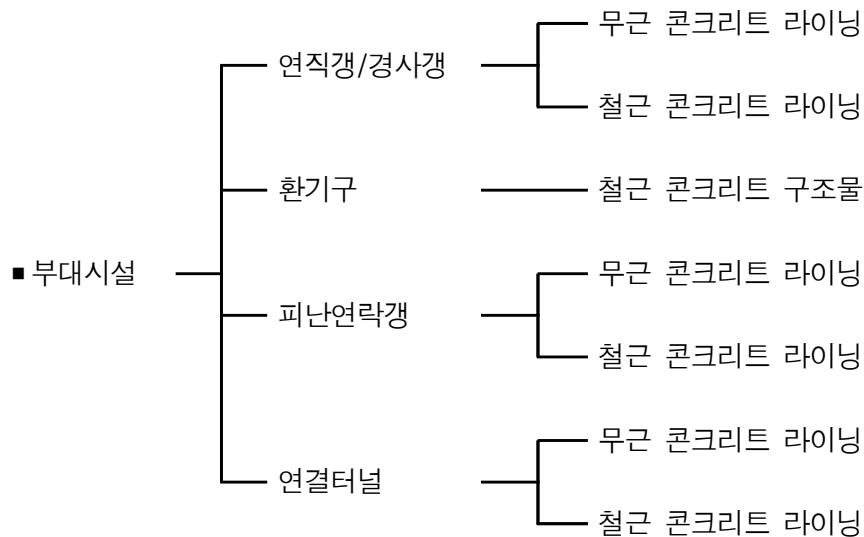
평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
철근콘크리트 구조물	균열	0~2	3~5	6~8	9~11	12~13	
	누수	0	1	2	3	4~5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	3
염화물		0	1	1	2	2	
주변상태	배수상태	문제가 없는 경우 : 0					
		배수불량 또는 막힘 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2~3				
			영향범위 외 : 1				
	갯문(접속부) 상태	손상 : 0~1					

$$\text{철근콘크리트 결함지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}, \quad \text{터널결함지수 (F)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{42}$$

다. 부대시설 결함지수 산정기준

1) 터널 부대시설 분류

터널 부대시설 중에서 중요도 및 규모가 상대적으로 큰 별도평가 부대시설을 기능 및 구조물의 재질에 따라 분류하면 [그림 3.4.1]과 같다.



【그림 3.4.1】 부대시설 분류

2) 부대시설 상태평가 항목

터널 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가지 고려해야할 주요 평가항목은 다음 [표 3.4.3]과 같다.

부대시설 중에 숏크리트, 록볼트 등으로 터널의 안전성이 확보되거나 지반이 견고하여 풍화의 우려가 없고 사용상 지장이 없어 콘크리트 라이닝을 생략한 경우에는 책임기술자가 현장여건을 고려하여 상태평가 항목 및 평가기준을 조정할 수 있다. 환기구 덮개의 경우 유지관리 조사 항목 및 내용은 건축물 세부지침을 준용하며, 환기구 덮개의 조사결과는 관리주체의 유지관리방안 제시에 활용한다.

【표 3.4.3】 부대시설 상태평가 항목

구 분	평 가 항 목
부 대 시 설 상 태 평 가	◦균 열 ◦누 수 ◦파손 및 손상 ◦재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

3) 부대시설 가중치

부대시설 평가결과를 기본시설을 포함한 전체시설물의 상태평가 결과에 반영하기 위한 방법으로 다음과 같이 기본시설과 별도로 부대시설 결합점수에 따른 가중치를 정하였으며, 부대시설 평가기준은 기존의 산정 개념과 유사하게 보수적인 관점에서 하위상태에 비중을 두어 산정한다.

부대시설 가중치 적용은 기본시설 결합지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체 시설물의 결합지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{시설물의 결합지수(F)} = \text{기본시설 결합지수(F)} \times \text{부대시설 가중치(W)}$$

【표 3.4.4】 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.0	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결합지수	$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
시설물 상태평가	문제점이 없는 최상 의 상태	기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있으나 기본 시설 기능 수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시설에 영향을 주는 상태	기본시설의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

부대시설의 상태평가는 개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결합지수를 산정하고 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{부대시설의 결합지수(f)} = \sum(f_n) / N$$

여기서, f_n : 개별 부대시설의 상태평가 결합지수

N : 개별 부대시설의 개수

부대시설 상태평가 결과 산정

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

4) 부대시설 결함지수 산정기준

터널 부대시설 구조물 분류에 따른 상태평가를 위한 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

(가) 무근 콘크리트

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
누 수		0	1	2	3	4~5
파손 및 손상		0	0	1	2	3
재 질 열 화	박 리	0	0	1	1	1
	충분리 및 박락	0	0	1	2	3
	백 태	0	0	1	1	1
	재료분리	0	0	1	1	1

$$\text{부대시설 결함지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{27}$$

(나) 철근 콘크리트

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
누 수		0	1	2	3	4~5
파손 및 손상		0	0	1	2	3
재 질 열 화	박 리	0	0	1	1	1
	충분리 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	3
	염 화 물	0	1	1	2	2

$$\text{부대시설 결함지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$$

4) 부대시설(U-Type 옹벽) 결함지수 산정기준

지하차도의 부대시설인 U-Type 옹벽에 대하여 분류에 따른 옹벽별 상태평가를 위한 결함 등급 및 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

(가) 콘크리트 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
배수공상태		0	3	6	9	12
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
파손 및 손상(재료분리)		0	1	2	3	4
균 열		0	2	4	6	8
마모/칩식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 충분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	탄산화	0	1	2	4	4
	염화물	0	1	2	4	4
	철근노출	0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변 영향인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
철근콘크리트 옹벽 결함지수 (F)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{76}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{60}$
중력식 옹벽 결함지수(F)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{64}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{48}$

주) 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외

주) 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용

주) 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함점수를 한 단계 하향 조정함

주) 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함

주) 수중옹벽의 경우, 평가항목 중 배수공상태 항목은 설계도서를 검토하여 불필요시 결함지수에서 제외하며, 평가식의 분모에서 그 점수만큼 감산하여 계산함

(나) 보강토 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e		
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$		
침 하		0	0	1	1	2		
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	1	2		
활 동		0	1	2	3	4		
전면부 진행성 배부름		0	6	12	18	24		
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4		
유 실		0	2	4	6	8		
이 격		0	1	2	3	4		
세 굴		0	4	8	12	16		
배수상태		0	3	6	9	12		
주변영향 인자	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1		
		낙석흔적	미발생	0	발생	1		
		침출수	무	0	유	1		
보강토 옹벽 결함지수 (F)			①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{79}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{63}$	

주) 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용

주) 전면판에 발생한 균열은 파손으로 처리함

주) 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함

(다) 석 축

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	1	2	3	4
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8
배수공 상태		0	3	6	9	12
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4
유 실		0	2	4	6	8
이 격		0	1	2	3	4
채움콘크리트상태		0	1	2	3	4
암석의 풍화도		0	1	2	2	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
석축 결함지수 (F)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{76}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{60}$

주) 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용

주) 석괴에 발생한 균열은 파손으로 처리함

주) 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함

(라) 돌망태 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	0	1	1	2
활 동		0	1	2	3	4
채움재 유실		0	1	2	3	4
wire mesh 파손 및 손상		0	2	4	6	8
진행성 변형 발생		0	1	2	3	4
결속철망 상태		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
돌망태 옹벽 결함지수 (F)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{46}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{30}$

주) 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장 등)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용

주) 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절·성토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

3.4.2 상태평가 항목 및 기준

가. 기본시설 상태평가 항목 및 기준

평가항목은 5단계로 세분하였고, 평가항목별 상태평가기준은 터널 상태평가결과와의 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 30m 전·후로 선정한 쉬트(Sheet)를 기준으로 한다. 터널 라이닝의 시공 이음 및 신축이음, 철근과 무근의 경계, 단면변화로 인한 경계등으로 일부 단위 길이를 책임기술자의 판단으로 조정할 수 있다. 이는 단위 길이로 인한 상태평가 등급변화 요인을 배제하고자 함이다.

1) 균 열

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

주) 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 "d" 이하 또는

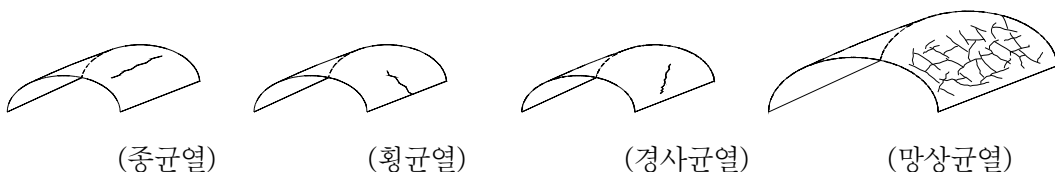
고정 균열의 경우 면적율 20% 이상으로 "e" 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

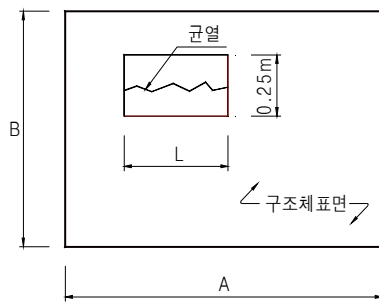
① 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며 진행성이 확인되는 경우 평가는 하향조정 하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.

※ 진행성 여부의 판별은 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 균열 단부의 확대 폭 및 깊이, 단차의 시간에 따른 변화를 조사하여 판단한다.

② 균열형상은 종균열, 횡균열, 경사균열, 망상균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열의 평가 및 균열이 다음 스팬(Span)에 연속적으로 이어져 있는 경우는 책임기술자의 판단에 의하여 평가결과는 하향조정할 수 있다.



- ③ 균열의 발생위치는 천장부, 어깨부, 측벽부로 표기하며, 균열에 의한 단차가 발생하였거나 구조체를 관통하는 균열일 경우 책임기술자의 판단에 의해 하향조정할 수 있다.
- ④ 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다. 콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 면적율에 관계없이 평가는 1단계 하향조정하고, "d"이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.
- ⑤ 조적식 라이닝의 경우 줄눈깨짐의 연속성 정도에 따라 평가는 하향 조정하도록 한다.
- ⑥ 보수·보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.
- ⑦ 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율 20% 이상과 구조적 균열 및 단차균열일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.
- 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하다.



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

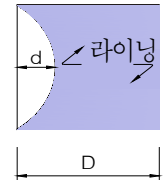
2) 누 수

평가기준 구 분	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 건축한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 평가를 하향조정 하도록 한다. 3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 평가를 하향조정하고, 그 원인을 정밀조사하도록 한다. 4) 누수가 배수공과 시공이음, 신축이음의 결합, 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 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다. 7) 누수형상은 점상누수, 선상누수, 면상누수로 구분하며 누수위치는 천단부, 어깨부, 측벽부, 바닥부로 구분하여 평가함				

주) 상태평가 결과가 “d” 이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있거나 고드름 및 측빙 등으로 차량통행에 현저한 지장을 주는 경우 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

3) 파손 및 손상

평가기준		a	b	c	d	e
구 분						
콘크리트 라이닝	손 상 도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10cm×10cm미만)	중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만)	극심한 손상 (30cm×30cm이상)
조적식 라이닝	손상두께	없 음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1개 초과 ~2개 미만	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→b, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.				



주) 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가결과가 "d" 이하이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다. 여기서, 손상도 평가 시 기준면적은 설계두께의 2배와 같은 일변의 길이를 갖는 정사각형의 면적 또는 이와 동일한 면적을 갖는 독립된 부위를 말한다.

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

평가기준 구 분	a	b	c	d	e
박 리	없 음	6mm 미만	6mm 이상 25mm 미만	25mm이상 이거나 조골재 손실	박리가 극심하 여 즉시 보수를 요하는 상태
층분리 및 박락	없 음	깊이 12mm미만 또는 직경 75mm미만	깊이 12~25mm미만 또는 직경 75~150mm미만	깊이 25mm이상 또는 직경 150mm이상	박락이 극심하 여 즉시 보수를 요하는 상태
백 태, 재료분리	없 음	면적율 5%미만	면적율 5%이상 ~10%미만	면적율 10%이상 ~20%미만	면적율 20%이상
철근노출	없 음	면적율 1%미만	면적율 1%이상 ~3%미만	면적율 3%이상 ~5%미만	면적율 5%이상
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 ~30mm 미만	0mm 이상 ~10mm 미만	0mm 미만 (철근부식 발생 조건 만족)	0mm 미만 (철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인)
전염화물 이온량	0.3kg/m ³ 이하	0.3kg/m ³ 초과 ~1.2kg/m ³ 미만	1.2kg/m ³ 이상 ~2.5kg/m ³ 미만	2.5kg/m ³ 이상 (철근부식 발생 조건 만족)	2.5kg/m ³ 이상 (철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인)
해 설	1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변환경 영향 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 조 사하도록 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 제1장 교량[표 1.28] 해설을 따른다. <일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)> 7) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하며, 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다. 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm ~ 20mm)로 단계를 구분하여 염화 물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도식한다. <일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)> 8) 박리, 층분리 및 박락의 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.				

주) 탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량에 대한 상태평가 결과가 “d” 등급이고, 철근노출의
상태평가 결과가 “e” 등급이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

주) 탄산화 잔여 깊이 또는 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “e” 판정인 경우 2.1.4절
의 중대한 결함으로 본다.

5) 배수상태

구 분	문제가 없는 경우	배수불량 및 막힘 (배수시설 작동불량)
결함점수	0	1~2
해 설	1) 배수상태는 지하수를 유도하여 배수를 허용하는 배수형 터널의 경우에 한하며, 배수형터널이 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

구 분	풍화변질 및 단층파쇄대			
	풍화변질	단 층 파 쇄 대		
		영향범위 외	영향범위 내	
			중소규모 단층	대규모 단층
결함점수	1	1	2	3
해 설	1) 기시공된 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. (여기서, D는 터널의 직경을 의미함) 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) 갯문(접속부)상태

구 분	손 상	
	보통인 상태	불량한 상태
결함점수	0~0.5	1
해 설	1) 갯구부는 터널의 입출구부로서 차량의 통행에 직접적인 영향을 주기 때문에 갯문(접속부)상태를 반영하여 손상여부를 평가한다. 2) 갯문(접속부)의 평가방법은 일반 콘크리트구조물에서의 평가방법에 준하며, 특히 주변지반의 변화상태 등에 유의하여야 한다. 3) 갯문(접속부)에 심각한 손상이 발생한 경우, 주변 지반조사를 실시하여 손상원인을 규명하도록 한다.	

주) 갯문(접속부)의 상태가 양호할 경우, 책임기술자 판단 하에 최소점수인 0점을 부여할 수 있다.

8) 공동구상태

구 분	문제가 없는 경우	덮개파손 및 오염됨	이물질 퇴적 및 침수
결함점수	0	0.5	1
해 설	1) 통신케이블, 신호용케이블, 전기케이블 등의 보호를 위해 터널내에 설치되는 공간을 가리키며, 일반적으로 배수시설과 병행하여 시공된다. 2) 공동구의 오염상태, 덮개파손, 이물질의 퇴적이나 침수 등을 조사하여 상태를 평가하도록 한다.		

9) 특수조건(추가점수)

구 분	도심지 토사터널		전력구터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D)	제한범위 (1D 미만)	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.				

나. 부대시설 상태평가 항목 및 기준

1) 균 열

구 분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
무근 콘크리트 라이닝	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과 3.0mm 이하	3.0mm 초과
철근 콘크리트 라이닝	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과
철근 콘크리트 구조물 (개착 구조물)	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과

주) 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 "d" 이하 또는 고정 균열의 경우 면적을 20% 이상으로 "e" 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

기본시설 균열 해설 참조

2) 누 수

기본시설 누수 참조

3) 파손 및 손상

평가기준 구 분		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손 상 도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10cm×10cm미만)	중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만)	극심한 손상 (30cm×30cm이상)
조적식 라이닝	손상두께	없 음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1개 초과 ~2개 미만	벽돌 2개 이상
해 설		기본시설 파손 및 손상의 해설 참조				

주) 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가 결과가 "d" 이하이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

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

기본시설 재질열화 참조

다. 부대시설(U-Type 옹벽) 상태평가 항목 및 기준

1) 상태평가항목별 세부기준

평가항목은 기존의 국내기준과 같이 5단계로 세분하였고, 평가항목별 단계는 옹벽 상태평가결과와 구분하기 위하여 a, b, c, d, e로 표기하도록 하였다. 또한 별도의 시험으로 구해야만 하는 정량적 수치를 지양하였으며, 외관조사를 통하여 얻을 수 있고 쉽게 판단할 수 있는 평가방법을 정하였다.

세부기준은 기존 국내기준 및 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 실무자들의 의견과 기 시행된 안전진단 자료를 반영하고 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 나타날 경우에는 단계를 하향 조정하도록 하였다.

또 진행여부를 판별하는 항목은 주기적인 점검(정기안전점검) 결과를 활용해 결함의 진행여부를 판단하도록 하였다.

2) 콘크리트 옹벽

① 침하의 상태평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	○ 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

② 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

평가기준	결함점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	○경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	1	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	○경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	6%이상	4%이상	○경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

주) 계획선형 오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다. 단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

③ 활동의 상태평가기준(공통적용)

평가기준	결함점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	○활동이 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	○부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	○활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12cm미만	○활동의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	○활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

④ 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	깊이	면적율 10%미만	면적율 10%이상
a	0	없음	a	a
b	1	0mm~5mm 미만	b	c
c	2	5mm~10mm 미만	c	d
d	3	10mm~20mm 미만	d	e
e	4	20mm 이상	e	e

<해설>

$$\frac{\text{손상발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{손상폭}(a) \times \text{손상높이}(b)}{A \times B} \times 100 = \%$$

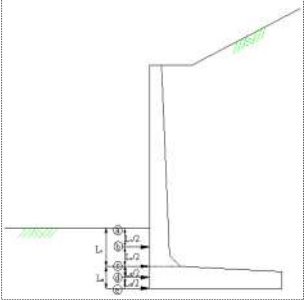
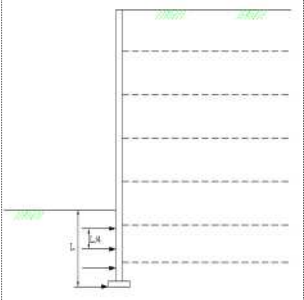
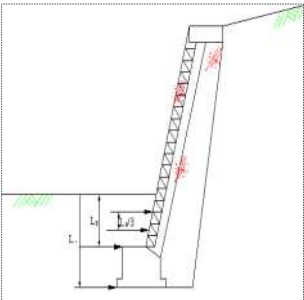
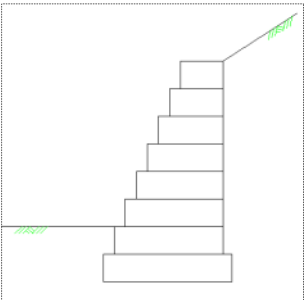
주) 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 상태평가결과가 "e"이면 13.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

⑤ 기초부 세굴의 상태평가기준(공통적용)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 각 용벽형식별 <해설>참조 -
b	4	
c	8	
d	12	
e	16	

주) 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우에는 본 항목을 고려하지 않는다.

주) 상태평가결과가 "e"이면 13.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

< 해설 >	
	– 콘크리트 옹벽 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a 2) 세굴이 (지표면에서 현치하부 / 2) 부분까지 발생한 상태 : b 3) 세굴이 저판의 현치하부까지 발생한 상태 : c 4) 세굴이 (저판의 최대두께 / 2) 부분까지 발생한 상태 : d 5) 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e
	– 보강토 옹벽 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a 2) (근입깊이 / 4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c, d 3) 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e
	– 석축 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a 2) (기초콘크리트 상단까지의 깊이 / 3)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c 3) 기초콘크리트 상단까지 세굴이 발생한 상태 : d 4) 기초 저면까지 세굴이 발생한 상태 : e
	– 돌망태 옹벽 1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a 2) (근입깊이 / 4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c, d 3) 저면까지 세굴이 발생한 상태 : e

⑥ 마모/침식의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 침식/마모된 부위가 없는 양호한 상태
b	0	○ 침식/마모에 의해 골재가 노출된 상태
c	1	○ 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태 (다소 심한상태)
d	1	○ 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태 (심한상태)
e	1	○ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태 (매우 심한상태)

⑦ 박락 및 층분리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	1	15mm 미만	b	c
c	2	15mm~20mm 미만	c	d
d	3	20mm~25mm 미만	d	e
e	4	25mm 이상	e	e

주) 박락 및 층분리는 콘크리트 벽체의 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다.

⑧ 박리의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	0	0.5mm 미만	b	c
c	1	0.5mm~1.0mm 미만	c	d
d	1	1.0mm~25mm 미만	d	e
e	2	25mm 이상이거나 조골재 손실	e	e

주) 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

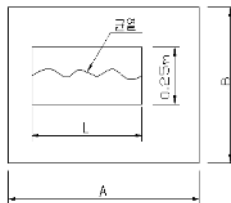
⑨ 균열의 상태평가기준

평가기준	결함점수	최대균열폭	면적율 20%미만	면적율 20%이상 또는 구조적 균열
a	0	0.1mm 미만	a	a
b	2	0.1~0.2mm 미만	b	c
c	4	0.2~0.3mm 미만	c	d
d	6	0.3~0.5mm 미만	d	e
e	8	0.5mm이상	e	e

주) 상태평가결과가 "e"이면 13.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해설>

- 1) 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며, 진행성이 확인되는 경우 단계를 하향조정하고 정밀진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.
 - 2) 균열형상은 중균열, 횡균열, 망상균열, 경사균열로 구분하며, 옹벽 상·하부에 걸쳐 연결된 중균열의 경우 단계를 하향조정하고 균열의 원인을 조사하도록 한다.
 - 3) 면적율이 20% 이하일 경우에는 결함단계를 기재하고, 면적율이 20%이상일 경우에는 a→a, b→c, d→e, e→e 로 하향 조정한다.
- － 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

- 4) 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다.
콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 평가점수는 면적율에 관계없이 결함기준을 1단계 하향조정하고, "d" 이상으로 발생하였을 경우에는 안전성 평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.
- 5) 누수는 균열을 동반하여 발생하지만 지하수위가 낮거나 건기에는 누수에 대한 관찰이 어렵다. 따라서 누수에 대한 평가항목을 별도로 규정하지 않고 다음의 평가기준에 의하여 누수에 대한 영향을 고려하며, 적용범위는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시한다.
－ 누수가 육안으로 확인 가능한 경우에는 균열조사를 실시하여 평가결과보다 1단계 하향 조정한다.
－ 누수가 육안으로 확인이 불가능한 경우에는 평가단위에서 조사된 최대 균열폭에 대하여 균열깊이를 실시한 후 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우 균열에 대한 결함점수를 1단계 하향 조정한다.

⑩ 백태의 상태평가기준

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 없음
b	0	○ 국부적으로 발견
c	1	○ 여러곳에서 발견
d	1	○ 심한상태
e	1	○ 매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태

⑪ 탄산화 잔여 깊이의 상태평가기준

평가기준	결합점수	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	0	○ 30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	1	○ 10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	2	○ 0mm이상 ~ 10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	4	○ 0mm미만	철근부식 발생 조건 만족
e	—	○ 0mm미만	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

주) 상태평가결과가 "d"이고 [표 13.25] (철근노출)의 상태평가결과가 "e"이거나, 상태평가결과가 "e" 이면 13.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

주) 제1장 교량[표 1.28] 해설을 따른다.

⑫ 전염화물 이온량의 상태평가기준

평가기준	결합점수	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	0	○ 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	1	○ $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음
c	2	○ $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	4	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생 조건 만족
e	—	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

주) 상태평가결과가 "d"이고 [표 13.25] (철근노출)의 상태평가결과가 "e"이거나, 상태평가결과가 "e" 이면 13.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

주) 제1장 교량 [표 1.29] 참조

⑬ 철근노출의 상태평가기준

[표 13.1] 철근노출의 상태평가기준

평가기준	결합점수	철근노출 면적율
a	0	0%
b	1	0% 이상 ~ 1% 미만
c	2	1% 이상 ~ 3% 미만
d	3	3% 이상 ~ 5% 미만
e	4	5% 이상

주) 상태평가결과가 "e"이고 [표 13.23] (탄산화) 또는 [표 13.24] (염화물)의 상태평가결과가 "d" 이면 13.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해설>

$$\frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100(\%) = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100(\%)$$

⑭ 배수공 상태의 상태평가기준(석축, 콘크리트)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b	3	○ 배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c	6	○ 배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d	9	○ 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e	12	○ 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

3) 보강토 옹벽

① 침하의 상태평가기준(보강토, 돌망태)

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	3cm미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	0	5cm이상 ~ 10cm미만	3cm이상 ~ 8cm미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	10cm이상 ~ 20cm미만	8cm이상 ~ 16cm미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	20cm이상 ~ 30cm미만	16cm이상 ~ 25cm미만	
e	2	30cm이상	25cm이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

② 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가기준(보강토 옹벽)

평가기준	결함점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	0	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	
e	2	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

주) 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가함

단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가함

주) 보강토 옹벽은 시공중의 변위발생이 5%미만이고, 진행성이 아닌 경우에는 구조물 사용성에 지장이 없는 시공오차로 간주하며, 준공 후 추가적인 변위에 대해서만 적용한다.

③ 진행성 배부름의 상태평가기준(보강토, 석축)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2(6)	○ 경미하게 발생한 비진행성 상태
c	4(12)	○ 경미하게 발생한 진행성 상태
d	6(18)	○ 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	8(24)	○ 매우 심하게 발생하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

주) 보강토 옹벽의 진행성 배부름 상태평가기준이 “d” 또는 “e” 로 평가될 경우 13.1.4에 따라 조정 불가한 중대한 결함으로 지정한다.

주) () : 보강토 옹벽에 적용하는 결합점수

④ 파손 및 손상, 균열의 상태평가기준(석축, 보강토)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 부재에 파손이 발생하지 않은 건전한 상태
b	1	○ 파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태
c	2	○ 파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	3	○ 시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 체체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태
e	4	○ 시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

주) 상태평가결과가 "e"이면 13.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

⑤ 이격의 상태평가기준(석축, 보강토)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	2	○ 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	3	○ 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	4	○ 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

⑥ 유실의 상태평가기준(석축, 보강토)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2	○ 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	4	○ 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	6	○ 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	8	○ 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

⑦ 배수상태의 상태평가기준(보강토 옹벽)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 육안조사 및 기초자료 검토 결과와 주변 배수상태 모두 양호한 경우
b	3	○ 육안조사 및 기초자료 검토 결과가 양호하나 주변 배수상태가 불량한 경우
c	6	○ 육안조사 결과 양호하나 기초자료 검토 결과가 불량한 경우
d	9	○ 육안조사 결과 불량하나 주변 배수상태가 양호한 경우
e	12	○ 육안조사 결과와 주변 배수상태가 불량한 경우 ○ 토립자 유출흔적이 발견되는 경우

주) 육안조사: 배수 기능 저하에 따라 발생한 전면벽체 누수흔적 등에 대해 검토

주) 기초자료 검토:

- (양호) 설계도서 등 확인 시 보강토체 내·외부 배수시설이 적절하게 설치되어 있는 상태
- (불량) 설계도서 등 확인 시 내·외부 배수시설 설치 상태가 부적절하거나 기초자료 확인이 불가능한 상태

주) 주변 배수상태: 상부사면 배수로 열화, 상부 도로 포장 균열, 신축이음부 누수 등 등 보강토 옹벽의 배수에 영향을 줄 수 있는 사항에 대한 검토. 단, 배수상태에 영향을 줄 수 있는 시설이 없는 경우 양호한 상태로 평가

4) 석축

① 채움콘크리트 상태의 상태평가기준

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 채움콘크리트에 일부 미세한 균열이 발생한 상태
c	2	○ 채움콘크리트에 일부 균열이 발생하였으나 그 정도가 심각하지 않다고 판단되는 상태
d	3	○ 채움콘크리트가 풍화된 상태 (작은 충격 혹은 문지름에 시멘트 모르타가 떨어져 나가는 상태)
e	4	○ 채움콘크리트가 유실된 상태

② 암석의 풍화도 상태평가기준

평가기준	결합점수	풍화단계	조사된 상태
a	0	신선함(F)	○ 암석의 풍화 흔적을 볼 수 없는 경우
b			
c	2	약한풍화(SW)	○ 불연속면의 표면과 암석의 변색 상태가 풍화 지수가 된다. ○ 불연속면이 얼룩져 있거나 변색되어 있는 경우
d			
e	4	보통 풍화(MW)	○ 조암광물의 절반 이하가 변질되거나 토양으로 분해된 상태

5) 돌망태 웅벽

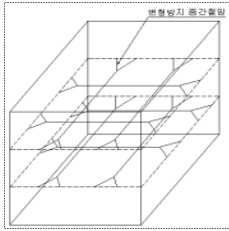
① 채움재 유실의 상태평가기준

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 경미하게 발생한 상태
c	2	○ 다소 크게 발생한 상태
d	3	○ 평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	4	○ 평가단위의 2개소 이상에서 매우 심하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

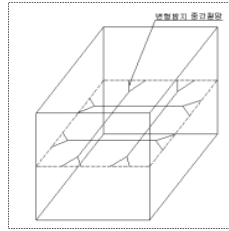
② 철망 결속상태의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 해설 참조 -
b	1	
c	2	
d	3	
e	4	

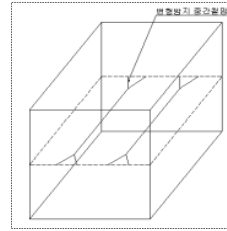
< 해설 >



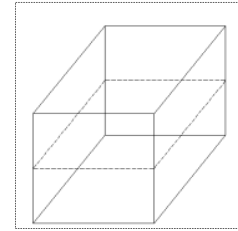
(a)



(b)



(c)



(d)

- 1) 변형방지 철망이 가로, 세로 각각 3단 이상일 경우 : a
- 2) 가로, 세로 각각 2단일 경우(그림 a) : b
- 3) 가로, 세로 각각 1단일 경우(그림 b) : c
- 4) 가로 또는 세로 단방향으로 1단일 경우(그림 c) : d
- 5) 변형방지철망이 설치되어 있지 않은 경우(그림 d) : e

③ wire mash의 절단 및 파손의 상태평가기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2	○ 파손이 경미하고 추가적인 손상의 진행 가능성이 없는 상태
c	4	○ 파손이 경미하지만 추가적인 손상 진행의 가능성이 있는 상태
d	6	○ 파손이 진행되어 채움재 유실 발생이 진행된 상태
e	8	○ 철망이 파단되어 채움재 유실과 구조적 안정에 영향을 미칠 정도의 상태

④ 진행성 변형발생의 상태평가기준

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 경미하게 발생한 비진행성 상태
c	2	○ 경미하게 발생한 진행성 상태
d	3	○ 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	4	○ 매우 심하여 경사가 발생하고, 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

라. 공중이 이용하는 부위의 상태평가항목 및 기준

1) 추락방지시설

평가기준	구분
a	○ 손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○ 추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○ 추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수보강이 필요한 상태
e	○ 추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

2) 도로포장

평가기준	구분
a	○ 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○ 포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○ 배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○ 도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

3) 도로부 신축이음부

평가기준	구분
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생한 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

4) 환기구 등의 덮개

평가기준	구분
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

3.4.3 상태평가 결과 산정방법

가. 기본시설 상태평가결과 산정

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저 평가결과의 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 평가 항목에 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.

3) 3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정

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

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

4) 제4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균 값과 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

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

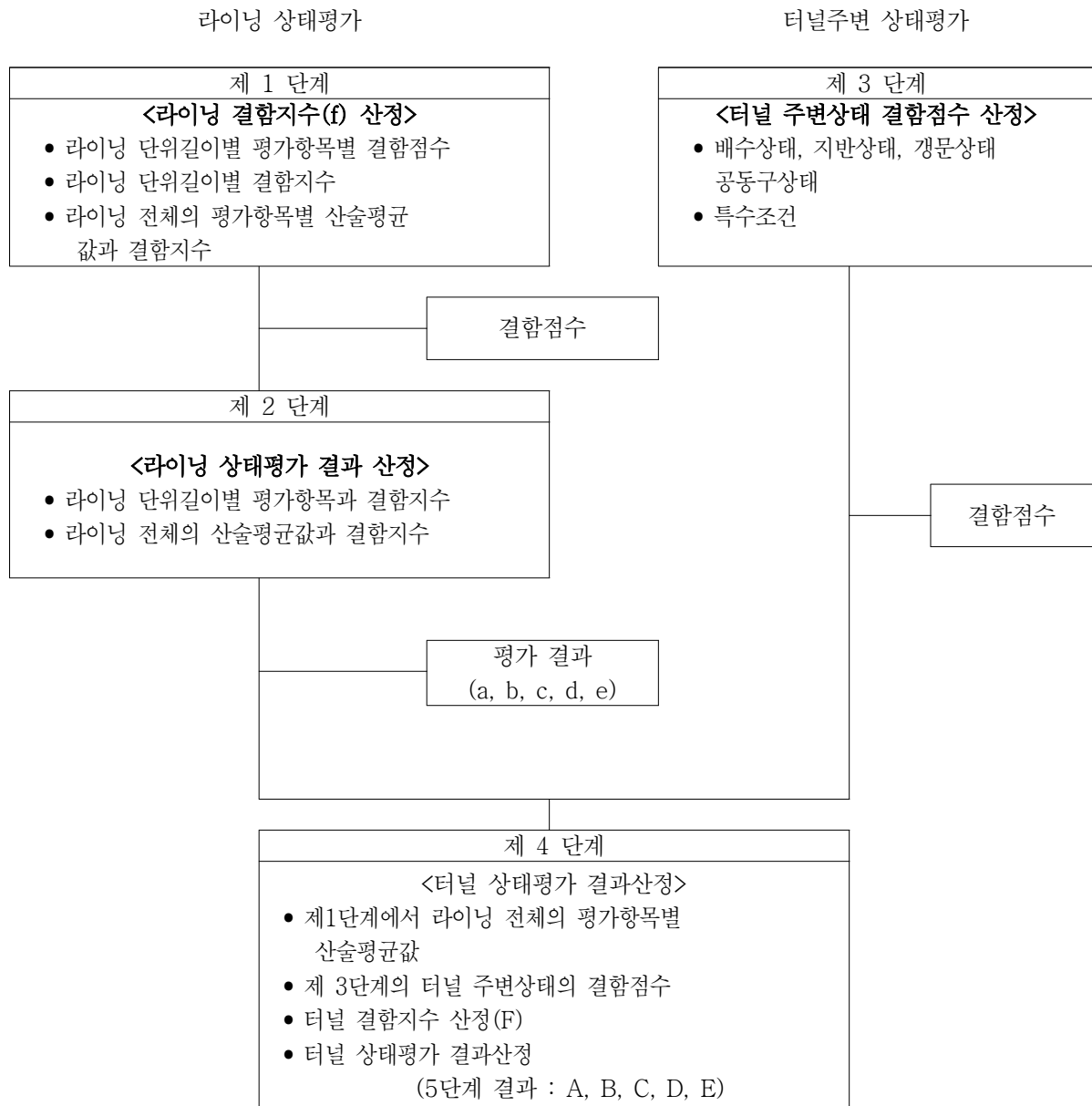
③ 터널 상태평가 결과 산정

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

5) 조합시 연장별 평가방법

한 개의 터널에 여러 개의 구조형식이 있는 경우 다음과 같은 산정방법에 의해 상태평가 결과를 산정한다.

- ① 한 터널의 철근구간, 무근구간, 조적구간에 대해 제1단계의 라이닝 평가항목별 결함점수 산술평균값에 주변상태점수를 합하여 결함점수 산정후 각 구간별 결함지수를 각각 산정한다.
- ② 연장별 가중치를 산정한다. (연장별가중치 = 해당구간 연장/ 전체연장)
- ③ Σ (각 구간별 결함지수×연장별 가중치)를 구한 후 결함지수에 대한 5단계(A, B, C, D, E) 중 해당 상태평가 결과를 산정한다.



【그림 3.4.2】 상태평가 결과 산정절차

나. 부대시설물 상태평가결과 산정

1) 제1단계 : 부대시설물 결합지수(f) 산정

- ① 부대시설물 평가단위별 평가항목에 대해 최저 평가결과의 결합점수를 부여한다. 균열의 결합점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.
- ② 부대시설물 평가단위별 결합지수를 구한다
- ③ 부대시설물에 대한 결합지수(f)를 구한다. 이때에 부대시설물 평가항목에 대한 결합점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 전체 부대시설물 상태평가결과 산정

- ① 부대시설물별 평가항목과 결합지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ② 평가항목(산술평균값)과 결합지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ③ 개별 부대시설물을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설물 결합지수를 산정하고 전체 부대시설물 상태평가결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{부대시설물의 결합지수}(f) = \sum(f_n) / N$$

여기서, f_n : 개별 부대시설물의 상태평가 결합지수

N : 개별 부대시설물의 개수

3) 3단계 : 전체 시설물 상태평가결과 산정

- ① 기본시설물 결합지수(F)에 부대시설물 가중치(W)를 곱하여 전체 시설물의 결합지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{시설물의 결합지수}(F) = \text{기본시설물 결합지수}(F) \times \text{부대시설물 가중치}(W)$$

부대시설물의 가중치

가중치(W)	1.00	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설물 결합지수	$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
시설물 상태평가	문제점이 없는 최상 의 상태	기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있으나 기본시설물 기능수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시설물에 영향을 주는 상태	기본시설물의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

3.5 내구성조사 및 결과분석 방법

3.5.1 반발경도법

1) 개요

반발경도법은 콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 압축강도를 측정하는 방법으로, 측정방법, 적용 가능한 강도범위, 판정식 및 판정의 평가방법에 대한 고려가 강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

2) 반발경도법 시험 일반

반발경도의 원리는 슈미트햄머로 경화콘크리트를 타격시 반발경도(R)와 콘크리트 압축강도(f_{ck})와의 사이에 특정관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

슈미트햄머는 대상물의 표면에서 직접 측정한 반발경도(R)를 타격각도에 따른 보정값($\angle R$)을 고려하여 수정반발경도(R_o)를 구하고, 이 값으로부터 재령에 대한 영향을 보정한 후 제안되고 있는 여러 산출식을 적용하여 콘크리트 강도를 산출한다.

일반적으로 타격시의 반발경도는 타격에너지 및 타격체의 형상, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다.

즉, 반드시 재료의 강도와 일률적인 관계가 성립되는 것은 아니며 특히, 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트햄머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우에 반발경도는 타격면에서 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 있으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하므로 비파괴 강도는 참고자료로 활용한다.

3) 측정방법

① 적용방법

a. 측정부재의 선정

i) 부재의 두께 10cm이상인 장소 선정하고 보, 기둥 등 모서리로부터 3~6cm 이상 떨어진 장소에서 측정

ii) 측정면은 균질하고, 평활한 평면부를 고른다.

b. 반발경도 측정방법

i) 측정대상 면에 도장이 되어 있는 경우는 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출시킨다. 측정부위에 대하여 연마석을 이용하여 콘크리트 면을 편평하게 갈아낸 후 분말 기타부착물을 붙여 없앤 뒤에 측정한다.

ii) 타격은 수직면에 직각으로 서서히 힘을 가하며 한다.

iii) 1개소의 측정은 모퉁이에서 3cm이상 들어간 곳에서 가로, 세로 3cm 간격의 가로 4줄, 세로 5줄의 교차점 20점에 대하여 타격하여 데이터를 획득한다.

iv) 측정된 20개의 데이터 중 타격시 반향음이 이상하거나 타격치의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 경우는 이상치(Error)로 보고 제외 시켰다. 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발경도(R)로 하였다.

② 타격방법 및 재령에 따른 보정계수 적용

a. 타격방향

타격방향은 수평방향이 일반적이나, 수평 이외의 타격시에는 반발경도(R)가 중력에 의해 변화하는 것을 보정하기 위하여 타격각도에 따른 보정치를 다음표의 값으로 보정하여야 한다.

【표 3.5.1】 타격방향 보정치

반발경도 R	수 평 과 이 루 는 각 도			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10	-6	-	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.0	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.7	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

b. 콘크리트 재령에 따른 콘크리트 압축강도의 보정

장기재령의 콘크리트 강도추정에 있어 일반적으로 적용되는 관계식이나 도표에서 재령에 따른 보정계수를 적용할 필요성이 있다. 일반적으로 수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면강도가 높기 때문에 재령 28일 강도 추정식으로 구한 압축강도로 수정하여야 하며, 수정계수는 다음의 표와 같다.

【표 3.5.2】 재령에 의한 보정표

材令	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日
n	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32	1.28	1.25	1.22
材令	18日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	32日	34日	36日
n	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95
材令	38日	40日	42日	44日	46日	48日	50日	52日	54日	56日	58日	60日	62日	64日	66日
n	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85
材令	68日	70日	72日	74日	76日	78日	80日	82日	84日	86日	88日	90日	100日	125日	150日
n	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.74
材令	175日	200日	250日	300日	400日	500日	750日	1000日	2000日	3000日					
n	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63					

4) 콘크리트 강도의 환산

◆ 본 과업에서의 적용 강도 추정식

구분	계산식	비 고
식 ①	$F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o \text{ (MPa)}$	일본 재료학회 강도 추정식
식 ②	$F_c = (10 \times R_o - 110) \times 0.098 \text{ (MPa)}$	동경도 건축재료 검사소 강도 추정식
식 ③	$F_c = (15.2 \times R_o - 112.8) \times 0.1 \text{ (MPa)}$	과학기술부(고강도 콘크리트일 때 사용)
식 ④	$F_c = (1.3343 \times R_o + 8.1977) \text{ (MPa)}$	한국시설안전공단(고강도 콘크리트일 때 사용)

여기서, F_c : 추정강도(kg/cm^2), R_o : 반발경도

3.5.2 탄산화 측정

1) 탄산화 시험 목적 및 측정원리

강재는 건전한 콘크리트인 알칼리 환경에서는 강재 표면에 부동태 피막이 생겨 부식이 발생되지 않는다. 환경적 요인 중 CO_2 의 영향을 받으면 콘크리트는 중성으로 변화되며, 이 환경에서 강재는 부식하게되므로 강재를 포함한 구조물에서 탄산화깊이의 측정은 중요한 검사 항목이라 할 수 있다.

탄산화에 의하여 pH값이 감소됨에 따라 콘크리트 내부의 환경이 알칼리성에서 중성쪽으로 변해가며 내부의 철근을 둘러싼 알칼리성 부동태 피막을 불안정하게 하여 부식 발생을 유발시킨다. 시험방법은 페놀프탈레인 1%용액을 분무하였을 때 pH값이 9이하에서는 무색, 이보다 높은 pH값에서는 적색을 나타내므로 간편하게 식별할 수 있다.

2) 시험방법

- 측정부위를 드릴로 천공, 모서리부 국부파손한 부재의 표면을 솔질, 물청소 등으로 표면을 깨끗이 한다.
- 시약을 스프레이 등으로 측정면에 분무한다. 분무 시기는 표면청소 직후 또는 물청소를 하였을 경우 표면이 완전히 건조되었을 때 실시한다.

【표 3.5.3】 측정면의 조건에 따른 탄산화 시험방법

case	측정면	청소방법 전처리법	시약의 분무 시기	탄산화깊이의 측정시기 (분무후의 경과시간)
I-1	드릴링, 파취면	blow불기	직후	직후
I-2			3~6시간후	1~10분후
I-3			1~7일후	1분~2일후

3) 탄산화속도계수 산정

탄산화속도는 경과시간 상의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화 깊이 C는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 채령(년)

4) 탄산화 상태평가 기준

- 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용한다.
- 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

【표 3.5.4】 탄산화 상태평가 기준

등급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	·30mm 이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	·10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	·0mm 이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	·0mm미만	철근부식 발생
e	—	—

제4장 보수·보강 및 유지관리 방안

4.1 보수공법 개요

4.2 보수·보강 우선순위

4.3 보수공법

4.4 유지관리 방안

제 4 장 보수·보강 및 유지관리 방안

4.1 보수공법 개요

교통량의 증가와 교통하중의 증량화, 사용환경상의 변화로 인해 시설물에 대한 손상이 가중될 수 있으며, 손상이 진행될수록 보수·보강에 따른 막대한 시간과 비용이 증가하고 있는 추세이며, 차량의 안전통행에도 영향을 끼치는 사례가 발생하고 있다.

본 정밀점검 결과에 따라 구조물의 내구성, 방수성, 안전성, 기밀성 및 미관을 고려하여 보수공법을 선정하며, 보수공법에 있어서 균열의 원인, 보수범위와 규모, 환경조건, 안전, 공사기간, 경제성 등을 고려하여 소기의 목적이 달성되도록 하고자 한다.

4.2 보수·보강 우선순위

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수 방안은 다음 사항을 원칙으로 하여 다음과 같이 보수·보강 우선순위를 결정하였다.

① 구조물의 직접적인 안전성과 관련 있는 손상을 최우선으로 한다.

② 보수보다 보강을 우선으로 한다.

③ 전체 시설물에서의 우선순위 결정은 각 시설물이 가지는 중요도, 방치 시 결함의 규모가 증대되거나 사용성 저하가 우려되는 손상 등을 종합검토 후 우선순위를 결정한다.

구 분	구조물 상태	설 계	보수·보강
1순위	▶ 부재의 손상 상태가 전체구조물에 즉각적영향, 시민안전 위협 등 ※ 0.3mm이상 균열, 철근노출 등	즉시 보수설계착수	익년도 보수완료
2순위	▶ 부재의 손상도 심각(D,E급), 방치시 전체구조물 안전성 영향, 주요노선 등 ※ 단면손상, 조인트부 박락, 파손 등	익년도 보수설계착수	2년내 보수완료
3순위	▶ 방치시 장래보수, 보강 비용의 급증 ※ 0.3mm미만 균열, 망상균열, 백테, 덮개 파손 등	3년내 보수설계착수	4년내 보수완료
4순위	▶ 내구성 증진을 위한 연차보수 필요	—	유지관리

4.3 보수공법

4.3.1 균열 보수방안

폭 0.3mm이상의 균열은 표면처리공법에 의한 보수시 부재의 탄성거동, 보수 재료 자체의 건조수축 등으로 인해 재 손상 재발이 빈번하므로 주입공법에 의한 보수가 바람직한 것으로 판단된다.

1) 균열 보수공법 분류

【표 4.3.1】 균열 보수공법 분류

보수 목적	균열 현상·원인		균열폭 (mm)	보 수 공 법				
				표면처리 공 법	주입 공법	충전 공법	그밖의 공법	
							침투성방수제 도 포 공 법	기타
방 수 성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 작음	0.2이하	○	△		○	
			0.2~1.0	△	○	○		
		균열폭의 변동이 큼	0.2이하	△	△		○	
			0.2~1.0	○	○	○		
내 구 성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 작음	0.2이하	○	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0이상		△	○		
		균열폭의 변동이 큼	0.2이하	△	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0이상		△	○		
	철근부식		—					□
	염 해		—					□
	반응성골재		—					□

※ ○ 적당 △ 조건에 따라 적당 □ 기타

2) 균열 보수시 주입제 선정안

【표 4.3.2】 균열 보수공법 분류

구 분	저점도 EPOXY 주입제	무기질계 주입제	유기질계 주입제
장 점	-시공이 간편하다 -시공비가 적다 -시멘트모탈, 콘크리트철근에 강력히 접착된다. -내수성, 내후성 우수하다. -미세한 크랙까지 완전히 주입가능하다. -작업성이 우수하고 저압 주입용으로 적합하다. -경화 후 수축이거의 없다. -전압 동시 주입공법이며 이동성이 간편하고 주입량을 관리하기도 좋다 -광범위한 범위에 대량의 주입이 가능	-습윤 및 건조지역적용이 가능하다. -내화학성이 크다 -접착력 및 강도가 크다. -콘크리트 친화재인 무기질 재료이다. -압축강도 1020kg/cm² 으로 우수함. -무수축성이다. -주입후 미관이 양호하다.	-시공이 간편하다
단 점	-공사비가 일반 재료에 비해 다소 비싸다. -보수 중 완전 건조가 된 상태이어야 효과가 크다.	-빙점이하에서는 사용을 금한다.	-공사비가 다소 비싸다. -유기질계이므로 시간에 따라 주입재의 변형이 발생될 수 있다.
시공방법	-균열을 건조시킨다 -씰링재를 균열틈에 봉합한다. -주입구를 설치한다 -주입한다. -마감한다.	-씰링재를 사용하여 인젝터를 크랙주위에 고정시킨다. -무기질주입제를 믹싱하여 인젝션 포트에 담는다. -균열부에 삽입하고 서서히 압력을 가한다. -주입이 끝나면 씰링재와 인젝터를 제거한다. -표면처리를 한다.	-균열주위에 팩커를 설치하기 위해 천공을 한다. -주입구 팩커 설치 -유기질계 충전 -마감
추천안	○		
선 정 배 경	보수효과(방수성, 내구성 등)를 고려할 때 습기 및 물에 강하고 접착력이 우수한 저점도 에폭시 수지를 사용한 균열주입보수가 적정할 것으로 판단된다.		

4.3.2 단면 손상부 보수방안

1) 부재 단면 손상부

단면 손상부는 손상의 정도를 고려하여 다음 공법을 적용하는 것이 바람직하다.

【표 4.3.3】 단면 손상부 보수방안

손상현황	보수목적	적용공법
박리, 재료분리, 경미한 파손	보수단면이 적은 경우 내구성 저하방지 목적	단면보수공법
박락, 파손, 철근노출	단면결손부에 대한 내구성 및 보강 목적	단면복구공법
파손, 철근노출	단면복구 및 내하력 증가 목적	강판접착공법

2) 콘크리트 부재 단면 손상부 보수제 선정안

단면 손상부 보수 재료는 다음과 같이 선정하였다.

【표 4.3.4】 표면 손상부 보수제 선정방안

구 분	폴리머모르터계 시멘트 +철근방청	(침투성 접착강화재 + 급결시멘트) +철근방청	일반시멘트+철근방청
장점	-시공성이 좋다. -표면 접착력이 강하다. -고강도로서 충격이나 내후성이 강하다. -시공실적이 많다.	-시공성이 좋다. -표면 접착력이 강하다. -단시간내 지수효과가 큼	-시공이 간편하다. -표면 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 크다. -공사비가 저렴하다.
단점	-시공시 면이 완전건조 상태이어야 한다. -숙련공에 의한 시공이 요구된다. -재료가 다소 고가이다.	-5℃이하에서는 작업이 불가하다. -이중 재료 사용으로 공사비가 고가이다. -숙련공에 의한 시공이 요구된다.	-부착면 탈락 발생이 빈번하다. -손상면에 습기등 발생시 보수부 탈락이 빈번하다. -다른 재료 혼입시 공사비가 증대된다.
추천안	○		
선 정 배 경	콘크리트 부재의 단면손상부(박리, 박락, 경미한 파손) 부위는 표면접착력이 강하고 고강도로서 충격이나 진동에 강하며, 별도의 혼합재가 필요없이 내구성 확보가 가능한 폴리머 모르터계 시멘트에 의한 단면보수를 시행한다. 콘크리트 부재의 박락 및 파손정도가 심하여 철근이 노출될 경우는 단면복구공법에 의한 보수가 바람직하다.		

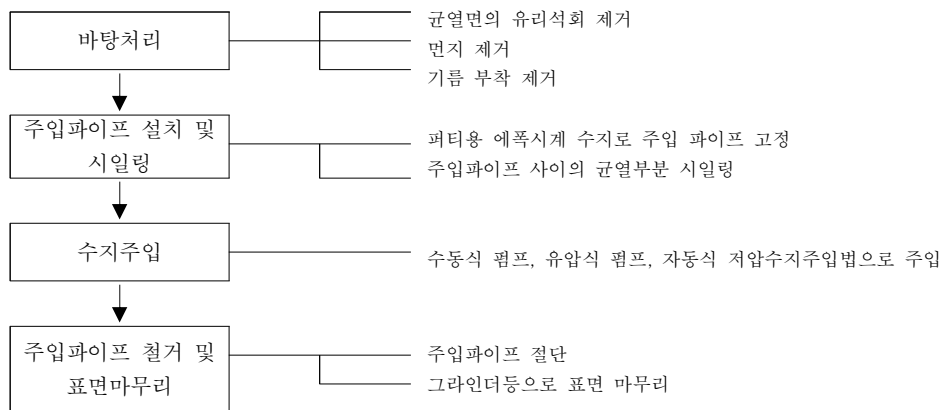
4.3.3 보수공법별 개요

◆ 균열보수공법

1) 개요

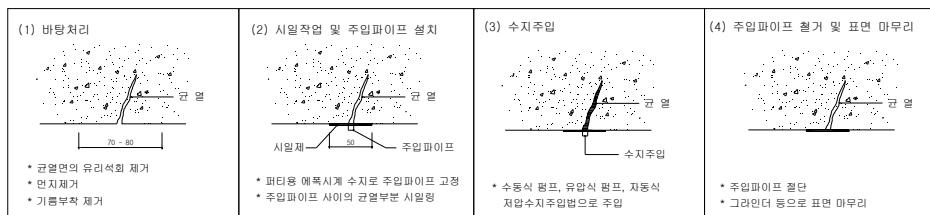
- * 균열부에 에폭시 수지를 주입하고 콘크리트와의 일체를 꾀함.
- * 도로를 전면 공용 시공가능.
- * 구체의 방수성 향상.
- * 콘크리트의 노화 방지.
- * 철근의 방청 효과.
- * 내하력 증대 기대할수 없음.

2) 시공방법



3) 주의사항

- * 주입압력이 너무 크면 균열이 확대 되어 버린다.
- * 평균주입압 - 수동식 : $4\text{kg}/\text{cm}^2$
- 페달식 : $15\text{kg}/\text{cm}^2$
- 전동식 : $20\text{kg}/\text{cm}^2$
- 자동식 : $4\text{kg}/\text{cm}^2$
- * 시공시의 온도는 일반적으로 $10 \sim 30^\circ\text{C}$, 콘크리트 균열 표면의 온도는 10°C 를 표준.
- * 에폭시계 수지는 항상 냉암소에 밀봉 보관하여야 하며, 제조후 6개월 이상 경과한 것은 다시 시험하여 품질의 변질여부 확인.



균열이 작은 경우와 큰 경우(0.3mm)의 시공법 비교

구 분	TYPE - A	TYPE - B
파이프부착공법		
균열부 V컷트 방법		V컷트(폭 $\sim 3\sim 5\text{cm}$, 길이 $\sim 3\sim 5\text{m}$)
파이프 종류	WASHER 파이프	일반 파이프
파이프 설치간격	20 ~ 30cm	20 ~ 30cm
균열의 폭	0.3mm 미만	0.3mm 미만

◆ 단면보수 공법

1. 공법개요

단면이 비교적 적은 경우의 보수에 사용되는 방법으로 단면보수의 하지처리 후에 보수에 적합한 강도로 혼합한 보수재료를 주걱이나 손으로 눌러 붙여서 단면을 보수하는 공법이나 시공부위, 진동, 자중 등으로 보수재료가 떨어지는 경우도 있으므로 보수재료의 선정시 유의하며, 두껍게 발랐을 수축 균열도 주의해야 한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

- ① 기존콘크리트의 열화부위, 탄산화부분을 브레이커 및 그라인더를 이용하여 콘크리트 표면을 철거한다.
(THK=2~30m/m)
* 콘크리트 표면철거시 파편 및 분진이 발생하므로 보호안경 착용후 작업을 한다.
- ② 콘크리트 표면철거 후 고압세척기를 이용하여 표면을 고압세척한다.
* 고압세척의 압력은 노즐TIP에서 5000PSI(350kg/cm²)의 압력으로 한다.
* 압력이 높으므로 노즐방향이 사람을 향하지 않도록 하며, 보호장구 착용후 작업을 한다.
- ③ 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- ④ 대기나 콘크리트의 온도가 5℃이하 또는 24시간 이내에 5℃이하가 예상되거나, 시공후 8시간 이내에 비가 예상되면 시공을 해서는 안된다.
- ⑤ 대기 온도가 35℃ 이상일때에도 시공을 해서는 안된다.
- ⑥ 보존 및 보관방법
* 직사광선을 피해서 보관하여야 하며 제조일로부터 6개월간 보관이 가능하다.
- ⑦ 패칭재(모르타)가 패칭 후 양생에 주의한다.
* 양생시 양생포를 덮어 양생한다.작업장 주위를 깨끗이 정리한다.

◆ 단면복구 공법

1. 공법개요

콘크리트의 탈락, 박리, 박락등 단면 결손과 함께 철근이 노출된 경우의 콘크리트 보수공사에 적용한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

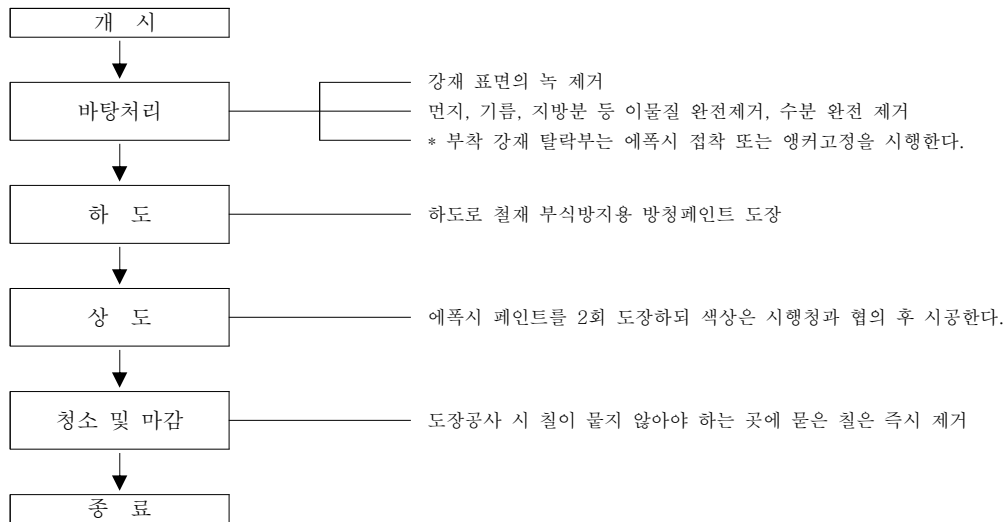
- ① 손상단면은 소형브레이커 등을 이용하여 철거(표면과 직각이 되도록 치핑)한다. THK=2~30m/m)
 - * 콘크리트 표면철거시 파편 및 분진이 발생하므로 보호안경 착용후 작업을 한다.
- ② 콘크리트 표면철거후 고압세척기를 이용하여 표면을 고압세척한다.
 - * 고압세척의 압력은 노즐TIP에서 5000PSI(350kg/cm²)의 압력으로 한다.
 - * 압력이 높으므로 노즐방향이 사람을 향하지 않도록 하며, 보호장구 착용후 작업을 한다.
- ③ 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- ④ 침투성 표면강화제 및 발청억제제는 온도가 5℃이하에서는 작업을 중지해야 한다.
 - * 표면이나 홀에 남지않도록 하고 표면의 잔재는 박리의 원인이 되므로 형깁등을 이용하여 제거한다.
- ⑤ 신. 구 접착재료의 접착력 증진을 위하여 G&W - 11 (수성폴리머물탈) 를 솔처리한다.
 - * 솔처리는 1회 THK = 1.5m/m 를 넘어서는 안된다.
 - * 5℃ 이하에서는 작업을 중지한다.
- ⑥ 기존 콘크리트 탈락부위는 탄산화 방지를 위하여 탄산화 방지제 및 동결융해 방지제를 바른다.
 - * 솔처리는 1회 THK = 10m/m 를 넘어서는 안된다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗하게 정리한다.

◆ 도장보수 공법

1. 공법개요

강재의 부식방지 및 미관확보를 위한 착색 두가지 기능을 장기간 유지할 수 있도록 강재의 부식을 완전히 제거하고 도장을 시행한다.

2. 시공순서



3. 시공방법 및 유의사항

- ① 도장재는 세부품질기준과 배합 및 희석에 관한사항, 환경조건 및 유효보관기간, 바탕준비에 관한 사항, 사용시 유해물질과 과다노출에 대한 보호 등 안전에 관한사항을 기술하여 감독 승인을 받는다.
- ② 오염, 먼지등은 닦아내고 용접, 접합부위 등에 부착된 불순물은 스크레이퍼, 와이어 브러쉬, 연마지 등으로 완전제거한다. 기름, 지방분 등의 부착물은 닦아낸 후 휘발유, 벤졸, 트리크렌, 솔벤트, 나프타 등으로 씻고 물로 다시 씻어낸다.
- ③ 바탕처리 후 철재면에 부착된 수분은 완전 건조시킨다.
- ④ 비가 오거나 상대습도 85% 초과시, 기온이 5℃ 미만일 경우 작업을 하지 않도록 한다.
- ⑤ 보존 및 보관방법
* 제조업자의 지침사항에 따른다.
- ⑥ 도장장재 양생중 외부 접촉을 차단한다.
- ⑦ 작업장 주위를 깨끗이 정리한다.

◆ Sealant 보수

Sealant부는 내구연수 경과로 인해 열화될 수 있으므로 주기적인 보수가 필요하며, Sealant 재시공시는 숙련공에 의해 쉼재의 배합비, 시공을 정밀하게 하여야 한다.

◆ 포장 손상 보수공법

1. 아스팔트 표면처리 공법

가. 용도 및 목적

표면처리(Surface Treatment)는 아스팔트 포장의 표면에 부분적인 균열, 변형, 마모 및 붕괴와 같은 파손이 발생한 경우에 기존 포장에 2.5cm 이하의 얇은 층으로 시일링(Sealing)층을 시공하는 공법이다. 우기 또는 한냉기 전에 실시하면 양호한 상태로 포장을 유지할 수 있으므로 예방적인 조치로서 매우 효과적이다. 표면처리에는 일반적으로 다음과 같은 공법이 있다.

◆ 시일코우트(Seal Coat) 및 아마코우트(Armor Coat) (01-502,503,504)

◆ 카페트코우트(01-502,503,504)

◆ 포그시트(01-502,503,504)

◆ 슬러리시일(01-502,503,504)

◆ 수지계 표면처리(01-502,503,504)

나. 시공방법

1) 시일코우트(Seal Coat) 및 아마코우트(Armor Coat) : 시일코우트는 포장표면에 살포한 역청재료 위에 모래나 부순돌을 살포하여 부착하는 공법으로 이 공법을 2회이상 반복하여 두께를 두껍게 하는 것을 아마코우트라고 한다.

2) 카페트코우트(Carpet Coat) : 포장의 표면에 아스팔트 혼합물을 얇게 포설하여다지는 공법으로 일반적으로 쇄석, 스크리닝스, 모래, 석분 및 아스팔트를 혼합하여 두께 1.5 ~ 2.5cm로 포장한다. 표면처리로서는 효과가 크다. 또한 포장 후 조기에 교통개방이 가능하며 특수한 혼합물로는 미끄럼방지용 혼합물인 실리카샌트 아스팔트 및 내마모용 혼합물인 미세한 분말로 된 갭아스팔트콘크리트 등이 있다.

3) 포그시일(Fog Seal) : 물로 묽게한 유화아스팔트 MS(C)-2, MS(C)-3 또는 MS(A)-2, MS(A)-3(증발 잔유물의 침입도 100이하의 것)을 얇게 살포하여 작은 균열과 표면의 공극을 채워 노면을 소생시키는 공법으로 특히 교통량이 적은 곳에 사용하면 효과가 있다.

4) 슬러리 시일(Slurry Seal) : 유화 아스팔트, 잔골재, 석분과 적당량의 물을 가한 상온 혼합물을 슬러리 모양으로 만들어 얇게 포설하는 공법이다. 이 공법은 미세균열 및 표면

이 마모된 곳의 수리에 적용되고 있다.

5) 수지계 표면처리 : 포장표면에 에폭시수지 등을 살포 또는 도포해서 그 위에 경질골재를 살포, 고착시키는 것으로 특별히 미끄럼방지 효과를 기대할 수 있는 공법이다. 안료 또는 착색골재를 이용하여 착색포장을 겸용할 수 있다. 골재로는 에머리, 칼사이드 보그 사이트 등의 경질 골재를 이용하며 입경은 3.2~1.2mm의 범위의 것을 사용한다.

2. 아스팔트 패칭공법

가. 용도 및 목적

패칭이란 포트홀, 단차, 부분적인 균열 등 적은 면적의 손상된 곳을 직접 채우는 임시적인 방법과 불량 부분을 약간 크게 절취하여 수리하는 방법으로 구분할 수 있다. 전자는 특히 긴급성을 필요로 하는 경우에 쓰인다. 사용하는 재료는 기존 포장과 같은 재료를 사용하는 하는 것이 바람직하나 긴급히 대응하여야 하는 것과 기설 포장과 같은 재료를 얻기 어려울 때에는 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용해도 좋다. 패칭 재료는 일반적으로 가열 아스팔트 혼합물이 사용되며, 긴급을 요할때는 상온 아스팔트 혼합물도 사용된다.

◆ 가열 혼합식 방법

◆ 상온 혼합식 방법

◆ 구스아스팔트

나. 시공방법

1) 가열 혼합식 공법 : 가열 혼합식 공법에 의한 혼합물은 기존 포장과 부착이 좋고 내구성과 안정성이 우수하며 시공직후 안정되어 대형차 교통량이 많은 도로에 적합하다. 반면에 혼합물의 온도관리를 엄중히 하지 않아 온도가 떨어진 혼합물로 포설한 부분은 충분한 밀도가 얻어지지 않고 기존 포장과의 부착도 기대할 수 없게 된다. 따라서 혼합물의 운반에 있어 천막포 등으로 덮어 보온에 특히 주의하여 온도강하를 방지해야 한다.

2) 상온 혼합식 공법 : 상온 혼합식 공법에 사용하는 혼합물은 상온에서 취급하는 것이 특징이므로 운반과 포설에 편리하다. 상온 혼합물에 의한 포설에서도 가열 혼합식과 거의 같은 순서, 방법으로 시행하면 된다. 혼합물은 어느 기간 동안 저장할 수 있으나 가열 혼합물과 비교할 때 안정성, 내구성이 떨어지므로 대형차 교통량이 많은 도로에서는 긴급을 요하는 장소 이외에는 사용하지 않는 것이 좋다.

3) 구스아스팔트 : 가열 혼합식 공법과 거의 동일.

3. 아스팔트 오버레이공법

가. 용도 및 목적

기존 포장의 강도 부족을 보충하는 것 외에 노면의 평탄성 개량, 균열로 빗물의 침투를 방지하는 목적도 있다. 오버레이시 노면높이의 상승과 배수, 사하중 증가 등을 가져올 수 있으므로 여러 상황을 고려하여 공법을 채택하여야 한다. 이의 채택이 어려울 경우에는 절삭 오버레이, 재포장, 재생공법등을 검토할 필요가 있다. 오버레이를 시공하기에 앞서 기존 포장의 파손상황에 따라 적당한 수정을 한다.

나. 시공방법

- 노면을 깨끗이 청소하고, 쓰레기 등을 제거한다.
- 텍코우트 실시 : 일반적으로 아스팔트 유제(PK-4)를 이용한다. 살포량은 재래노면의 조도, 노화의 정도에 따라 다르지만, 일반적으로 0.4~1.0 l/m² 정도이다. 살포량이 너무 많으면 오버레이 후 노면에 블리딩 및 종단방향 요철이 생기게 된다. 유제의 살포는 일반적으로 시공면적이 작은 경우에는 엔진 콤푸레셔를 사용하고, 면적이 큰 경우에는 아스팔트 디스트리뷰터를 사용하여 효율적인 시공이 가능하다.

4. 아스팔트 절삭오버레이공법

가. 용도 및 목적

아스팔트 포장표면에 연속적으로 또는 단속적으로 요철이 발생하여 평탄성이 불량하게 된 경우는 이 부분을 기계로 절삭하여 노면의 평탄성과 미끄럼 저항을 회복시키는 공법으로 소성변형이 일어난 곳에 효과적인 공법이다.

나. 시공방법

- 로드히터로 소정온도(60~180℃)까지 가열한다.
- 로타리 커트 또는 모터 그레이더의 그레이더로 절삭한다.
- 사람 또는 모터 스위퍼로 청소한다.
- 그대로 교통개방하거나 오버레이 시공을 한다.

5. 포장도로 균열보수공법(Road Seal)

가. 용도 및 목적

본 공법은 교면포장 파손, 균열부 보수 및 바닥판 균열, 철근콘크리트, 신축이음부보수에 주로 사용되며, 균열의 봉합을 주목적으로 한다.

나. 시공방법

- 시공부위 절단 및 깨기
- 압축공기 청소 및 Tape부착 : 신축 이음부에서 파편, 미세먼지, 미량의 습기제거, 점착성 이물질 제거 후 포장 깨기 측면에 Tape를 부착한다.
- 시공부위 가열 및 백업제 서치 : 양호한 주입을 위하여 히트랜스를 사용해 시공부위를 가열 (약 70° C 유지) 한 후 백업제를 설치한다.
- 1차 도포 및 지지판 설치 : 시공부위에 로드셀을 2mm~3mm 정도로 1차도포 후 지지판(철판 : 5~6mm)을 설치한다
- 조인트제(로드셀)의 주입
- 마무리 작업 : 스퀴즈나 롤러로 평탄한면(평탄화)을 만든 후 석회가루 또는 탈크가루를 표면에 살포해 냉각시키면 시공즉시 차량통행이 가능하다.

4.4 유지관리 방안

4.4.1 유지관리 개요

시설물 유지관리는 시설물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견하고 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전 및 원활한 교통흐름을 확보함과 동시에 향후 시설물의 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것을 목적으로 실시한다.

유지관리의 목적은 다음과 같다.

- ① 시설물의 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 보정한다.
- ② 시설물의 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
- ③ 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.
- ④ 보수, 보강, 개축 등의 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
- ⑤ 점검결과의 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여 예산의 최적 분배가 가능하게 한다.
- ⑥ 축적된 점검결과 분석을 통해 향후 설계, 시공될 교량의 개선을 기대할 수 있다.

시설물 유지관리의 목적은 다양하지만 그 중에서 가장 기본이 되는 것은 시설물의 현상을 주기적인 현장 점검을 통해 파악하고, 시설물의 안전성과 사용성에 악영향을 미칠 손상을 예방하거나 조기에 발견하여 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안전한 시설물 이용을 보장하는 것이다.

축적된 점검자료를 분석하면 시간이 경과함에 따라 변해 가는 시설물의 상태를 예측할 수 있고, 이에 따라 적절한 유지관리 계획을 수립할 수 있게 된다.

또한, 유지관리면에서 본 설계, 시공상의 문제점과 개선점이 파악되어 유지관리를 고려한 설계, 시공을 가능케 하고, 결과적으로 시설물의 수명을 연장시킨다.

4.4.2 유지관리방안

1) 부재별 유지관리 중점방안

주요부재		중점 유지관리 사항
터널의 구조적 안전상태	터널 라이닝 표면점검	- 탈락 위험부분은 제거하거나 예방보수 - 천단, 측벽부 수지주입에 의한 보수부 재균열 발생여부 - 누수, 백태, 부식, 침식 등의 발생여부 - 터널내 각종시설, 앵커 등의 손상 여부점검
	터널내에 설치된 무거운 시설	- 정착상태 및 기초상태 점검(매1년) - 정밀조사(매5년)
터널내의 시설	조명 시설	- 조명등 작동상태 및 청소상태 - 조명등이 이상이 있으면 즉시 교체 - 조명등의 조도가 규정보다 70%이하이면 교체
	배수 시설	- 배수로 균열발생 여부 - 배수로 콘크리트 파손 상태 - 집수정 점검 및 퇴적물 퇴적상태
	정기적 청소	- 표면청소는 라이닝 표면에 매연, 유리석회, 백태, 슬라임(Slime), 유지 등의 부착물로 오염되어 있는 경우 이것을 제거하여야 하며, 만약 부착물을 방치하면 노후화가 촉진되고 갱내작업 환경을 악화시킨다.
터널 입·출구부	사면	- 사면의 안정상태 - 상부 지표면 침하여부 - 사면의 표면보호(녹생토) 유실여부 - 사면 도수로 및 측구 배수 상태
	옹벽, 갭문	- 기초의 부등침하 여부 - 배수 처리 상태 - 누수, 백태, 철근노출 등 열화 발생여부 - 보수부 재균열 발생여부
유지관리 작업에 따른 안전대책		- 터널의 유지관리를 위한 제반작업은 안전관리 규정을 준수하여 유지관리 인원의 안전에 만전을 기해야 한다. 또한 유지관리 작업으로 야기되는 분진, 소음, 가스 등으로부터 유지관리원이 보호될 수 있도록 안전장구를 갖추고 작업해야 한다.

2) 유지관리 지침

본 과업을 통하여 제시된 외관조사망도를 바탕으로 본 보고서『제1편 제3장 현장조사 및 시험』에서 제시한 「시설물의 점검사항」을 참고하여 유지관리 한다.

※ 시설물 점검시 각 시설물별 유지관리 지침과 외관 조사망도 활용 요망.

※ 시설물 보수·보강 이력사항에 대한 기록관리 철저 요망.

※ 시설물의 보수는 제1편 제4장을 참조하며, 보강 필요부재에 대해서는 충분한 검토 및 보수 실시설계 후 제시된 방안으로 보강하는 것이 바람직하다.

※ 보수·보강 수행시 공사에 따른 특기사항은 기록, 정리하여 향후 유지관리 자료로 활용할 수 있도록 하여야 한다.

