
제2장 터 널

2.1 관리일반

2.2 현장조사

2.3 재료시험 항목 및 수량

2.4 상태평가기준 및 방법

2.5 안전성평가기준 및 방법

2.6 종합평가기준 및 방법

2.7 보수·보강 방법

제2장 터널

2.1 관리일반

2.1.1 적용 범위

본 장은 법 제2조(정의)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 터널 및 지하차도 시설물에 적용한다.

○ 제1종시설물

- 도로터널
 - 연장 1천m 이상의 터널
 - 3차로 이상의 터널
 - 터널구간의 연장 500m 이상인 지하차도
- 철도터널
 - 고속철도 터널
 - 도시철도 터널
 - 연장 1천m 이상의 터널

○ 제2종시설물

- 도로터널
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 터널로서 고속국도, 일반국도 및 특별시도 및 광역시도의 터널
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 터널로서 연장 300m 이상의 지방도, 시도, 군도, 구도의 터널
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 지하차도로서 터널구간의 연장이 100m 이상인 지하차도
- 철도터널
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 터널로서 특별시 또는 광역시에 있는 터널

○ 제3종시설물

- 터널
 - 준공 후 10년이 경과된 터널로
 - 연장 300m 미만의 지방도, 시도, 군도 및 구도의 터널
 - 「농어촌도로 정비법 시행령」 제2조제1호에 따른 터널
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 터널로서 특별시 및 광역시 외의 지역에 있는 철도터널
- 지하차도
 - 설치된 지 10년 이상 경과된 연장 100m 미만인 지하차도

터널 및 지하차도 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나 기준을 따른다.

- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 터널 관련 건설기준코드
- 지하차도 관련 건설기준코드
- 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 국토교통부 발행 각종 관련 건설기준코드(구 표준시방서 등)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용할 수 있다.

2.1.2 용어 정의

- 터널
 - 지표면 하에 축조되는 도로나 공간으로 이용하는 지하구조물로서 단면적 2 이상이며 입·출구부가 있는 시설물을 말한다.
- 도로 터널
 - 도로법에 의한 도로상의 터널을 말한다.
- 고속철도 터널
 - 고속철도법에 의한 철도상의 터널을 말한다.
- 광역철도 터널
 - 철도건설법에 의한 광역철도상의 터널을 말한다.
- 도시철도 터널
 - 도시철도법에 의하여 건설 또는 관리하는 철도상의 터널로서 터널의 연장은 도시철도 건설규칙에서 규정한 정거장이 포함된 지하터널 입출구부를 기준으로 한다.
- 일반철도 터널
 - 철도법에 의한 철도상의 터널을 말한다.
- 지하구조물
 - 지표면의 하부에 설치된 구조물을 말한다.
단, 지상건축물과 연결된 지하구조물은 건축물로 본다.
- 토사터널
 - 토사(, 흙과 모래)로 만들어진 터널을 말한다.
- 개착터널(Cut and Cover Tunnel)
 - 지표면부터 굴착하고 터널식 구조물을 완성한 후, 다시 매립한 터널을 말한다.
 - 토피고에 따른 지반정수를 이용하여 부재에 작용하는 하중을 산정할 수 있으며, 다양한 흙막이공법에 의한 굴착과 구조물 시공 후 되메워 지중에 설치하는

터널을 일컫는다.

- 지하철, 지하차도, 지하역사 등이 포함된다.
- 굴착터널
 - 지반을 굴착하여 만들어진 터널을 말하며, 지반의 강도에 따라 암반터널, 토사터널, 연약지반터널 등으로 구분된다.
 - 평형상태인 원지반(In-situ)을 발파 및 기계장치로 굴착하여 터널을 형성함에 따라 굴착면 주변의 소성영역, 지하수의 흐름 등이 변화된다.
 - 이때, 붕괴가 발생되지 않도록 지반자체의 강성과 적절한 지보재를 설치하여 새로운 평형상태에 이르게 되도록 시공된 터널을 일컫는다.
 - 재래식터널, NATM터널, TBM터널 등이 포함된다.
- NATM터널
 - 목재 또는 강지보를 사용한 재래식터널을 개선한 공법으로 NATM(New Austrian Tunnelling Method)으로 시공된 터널을 일컫는다.
 - 주지보재로 숏크리트, 강지보, 록볼트를 사용하여 2차원의 천단변위를 제어하며, 계측을 통해 지반자체의 강도를 극대화할 수 있는 장점이 있다.
- 재래식터널
 - 숏크리트, 방수지 등이 없이 굴착 후 강지보를 설치하여 굴착으로 인한 이완영역의 하중을 라이닝이 지지하도록 설계한 터널을 의미하며, 목재 및 강재지보를 사용한 마제형 철도터널이 이에 해당된다.
- 연결터널(환기시설)
 - 환기시설과 본선터널을 연결하는 터널이다.
- TBM(Tunnel Boring Machine)
 - 디스크커터 및 커터비트가 장착된 전면의 커터헤드에 의해 지반을 전단면으로 굴착할 수 있는 기계를 의미한다.
 - 그리퍼로 굴착면을 지지한 채 굴진하는 Open TBM은 주로 암반구간에 사용하며, 기 조립된 세그먼트에 유압 추진잭의 반력으로 굴진하는 Shield TBM으로 구분한다.
 - EPB TBM은 전방을 혼화재를 교반한 토체의 토압을 스쿠류의 개폐압력으로 제어하며, Slurry TBM은 전방압을 슬러리의 비중, 점성 등으로 관리하며 굴진하는 특징을 지닌다.
- 역사
 - 승객이 열차(본선에서 운행할 목적으로 편성된 차량)를 타고 내리는데 사용되는 건축물을 말한다.
 - 지하역사는 출입통로·대합실·승강장 및 환승통로와 이에 딸린 시설물을 포함한다.
- 정거장
 - 승객이 열차(본선에서 운행할 목적으로 편성된 차량을 말한다)를 타고 내리는데 사용되는 장소를 말한다.

- 천장부(crown)
 - 터널 천단을 포함한 좌우 어깨 사이의 구간을 말한다.
- 측벽부(wall)
 - 터널어깨 하부로부터 바닥부에 이르는 구간을 말한다.
- 접속부
 - 단면의 형태 및 규모가 같거나 다른 터널이 서로 접속되는 구간을 말한다.
- 갱구부 옹벽
 - 터널 종단의 시점부와 종점부에 위치하는 옹벽을 말한다.
- 갱문
 - 터널의 입·출구부를 보호하기 위하여 설치하는 문 모양의 구조물을 말한다.
- 연직갱 또는 수직갱
 - 터널공사 및 환기나 방재를 위하여 연·수직으로 굴착된 지하공간을 말한다.
- (경)사갱
 - 터널 굴착 시 버력이나 재료의 운반을 위하여 굴착하는 것으로 일정한 경사를 가진 갱을 말하며, 운용중에는 환기용으로 활용되기도 한다.
- 어깨(shoulder)
 - 터널의 천장과 스프링 라인의 중간점을 말한다.
- 덕트슬래브
 - 도로터널 환기를 위해 설치한 덕트공간을 차량운행영역과 분리하기 위해 현장타설 또는 프리캐스트로 라이닝의 상단에 설치한 슬래브형태의 구조물을 일컫는다.
- 세그먼트(segment)
 - TBM터널의 라이닝을 구성하는 단위조각으로 재질에 따라 강판을 용접한 강제 세그먼트, 철근콘크리트의 콘크리트 세그먼트 등이 있다.
 - 라이닝을 시공하는 방법으로 현장타설 콘크리트가 아닌 공장의 기성제품을 현장에 반입하여 일반세그먼트와 키세그먼트, 이 둘을 연결하는 조절세그먼트로 한 개의 링을 구성한다.
 - 높은 설계기준강도와 규격화된 품질관리가 가능하며 세그먼트 연결에 따른 방수 및 체결을 위한 부속품이 필요하다.
- 조적식 라이닝
 - 원지반의 하중을 강지보재에 의해서 지지하면서 최종적으로 적층의 벽돌, 돌, 시멘트 블록 등으로 이루어진 재래식터널 라이닝이다.
- 지보패턴
 - 터널 막장면(굴진면)의 지반상태와 터널 천장부 및 그 상부의 지반상태, 시공성 등을 고려하여 터널의 안정성이 확보되도록 미리 설정해 놓은 지보 형태를 말한다.
 - 터널굴착 후 지반조건에 신속하게 대처하기 위해 슛크리트, 록볼트 및 강지보

재와 보조공법 등을 조합한 시공절차의 패턴이다.

○ 스팬(Span)

- 라이닝 횡방향 시공이음과 시공이음 사이의 영역으로 한 개의 거푸집에서 동일 시공 환경으로 시공된 구조물 단위로 정의한다.
- 또한, 임의 시공이음으로부터 형식이 다른(환기구, 연결터널 등) 이음 등으로 설정할 수 있다.

○ 쉬트(Sheet)

- 상태평가를 위한 최소단위를 의미하며 2~4개의 스팬을 한 장의 외관조사망 도로 표현하여 정의한다. 30m 전·후로 책임기술자가 조정하여 상태평가 등급 간 변동이 발생되지 않도록 하여야 한다.

○ 추락방지시설

- 공중()이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설을 말한다.

○ 도로부 신축이음부

- 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대 시설물에 포함된 도로교량에 한함)를 말한다.

○ 환기구 등의 덮개

- 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)를 말한다.

2.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

터널시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 2.1]과 같다.

- ① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다.
- ② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.
- ③ 부대 시설물 및 기타 시설물이 「영」 제4조에 따른 제1종.제2종시설물에 해당되는 경우에는 「법」 제11조 및 제12조에 따라 제1종시설물은 정밀안전점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 하고, 제2종시설물은 정밀안전점검을 실시하여야 한다.

[표 2.1] 터널 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 라이닝	○	○	○	
	◦ 갯문	○	○	○	
	◦ 개착터널	○	○	○	
	◦ 지하차도	○	○	○	
	◦ 지하역사 ¹⁾	○	○	○	
부대 시설물	◦ 연직갱 및 경사갱	○		○	
	◦ 환기구 ²⁾	○		○	
	◦ 피난연락갱	○		○	
	◦ 연결터널(환기시설)	○		○	
	◦ 갯구부옹벽	○		○	
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	○	
	◦ 도로포장	○	○	○	
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	○	

주1) 지하역사에서 터널시설물은 터널과 연속되는 선로구간에 한함

※「법」시행령 별표1 지하역사에서 선로구간은 연속되는 터널 시설물에 포함

주2) 역사(건축물) 내에 있는 환기구는 제외함

2.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

터널 시설물의 구조안전에 중대한 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다.

다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 터널지반의 부등침하

- 터널지반의 부등침하 정도가 안전등급 기준이 “D” 이하로 판정 할 수 있는 경우

2) 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- 2.4.2절의 상태평가항목 및 기준의 재질열화에서 콘크리트 탄산화 잔여 깊이 또는 콘크리트 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “d” 이고, 철근노출에 대한 상태평가기준이 “e”를 포함하는 경우

3) 균열 심화 및 탈락

- 2.4.2절의 상태평가항목 및 기준의 균열에서 진행성 균열에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우, 고정 균열은 면적율이 20%이상으로 평가기준이 “e”인 경우
- 2.4.2절의 상태평가항목 및 기준의 파손 및 손상에서 면적율이 20%이상으로 상태평가기준이 “d” 이하인 경우

4) 라이닝부위 심한 누수 및 변형

- 2.4.2절의 상태평가항목 및 기준의 누수에서 평가기준이 “d” 이하이며, 토립자가 함께 유출되어 구조적 결함을 유발시킬 수 있거나 고드름 및 측빙 등으로 차량통행에 현저한 지장을 주는 경우
- 터널의 변형정도가 안전등급 기준이 “D” 이하로 판정 할 수 있는 경우

5) 시공이음부 천단 반원형 균열의 박락

- 시공이음부에 천단의 반원형 균열의 폭이 1mm이상이며, 타음시 움직임이 확인된 경우 책임기술자는 해당 결함의 박락위험성을 고려하여 중대한 결함으로 판단할 수 있다.

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

터널 시설물의 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 공중이 이용하는 부위의 적용 범위는 다음과 같다.

다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 추락방지시설

○ 추락방지시설에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

2) 도로포장

○ 도로포장에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

3) 도로부 신축이음부

○ 도로부 신축이음부에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

4) 환기구 등의 덮개

○ 환기구 등의 덮개에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

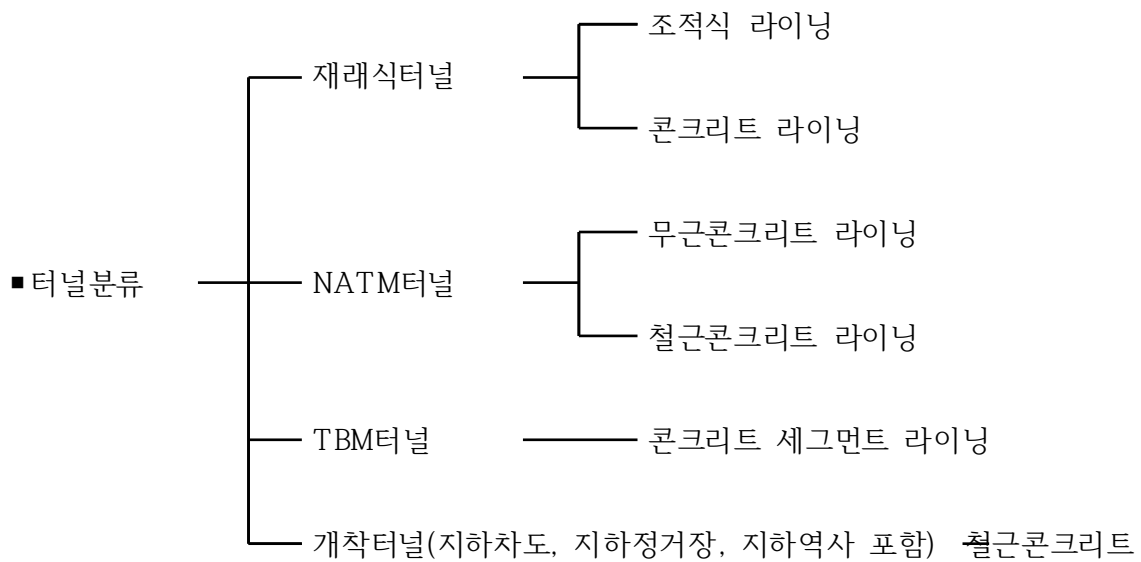
2.2 현장조사

2.2.1 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 점검부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

터널 시공방법 및 라이닝의 재질에 따라 터널을 분류하면 [그림 2.1]과 같다.



[그림 2.1] 터널 라이닝 시공방법에 따른 터널 분류

나. 시설물 상태변화의 점검항목

1) 상태변화 점검항목

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

[표 2.2] 터널의 상태변화 점검항목

구 분	평 가 항 목	비 고
라이닝 상태	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 균열 ◦ 누수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)	
터널주변 상태 등	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 배수상태 ◦ 지반상태 ◦ 갱문상태 ◦ 공동구상태 ◦ 특수조건 : 추가점수 부여 	

[표 2.3] 지하차도의 상태변화 점검항목

구 분	평 가 항 목	비 고
철근 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 균열 ◦ 누수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)	
지하차도 주변상태 등	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 배수상태 ◦ 갱문상태 	

2) 정기안전점검 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	비고
터널내부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 라이닝 등의 변상 : 균열, 누수 등 ◦ 부대시설물 등 : 상태변화 여부 	
터널외부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 갱문의 주요변상 : 균열, 침하 등 ◦ 공중이 이용하는 부위 ◦ 기타 	

3) 정밀안전점검 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	비고
터널내부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 라이닝 등 주요변상 · 균열, 누수, 파손 및 손상 · 박리, 박락, 백태 · 철근노출 등 ◦ 하중상태의 변화 ◦ 기타조사 ◦ 반발경도법에 의한 강도조사 ◦ 탄산화 시험 	
터널외부	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 갱문의 주요변상 · 균열, 침하 등 ◦ 공중이 이용하는 부위 ◦ 결함원인분석을 위한 지상부조사 	

4) 정밀안전진단 점검항목

정밀안전진단 시의 사전조사는 [표 2.4]에 의하고, 정밀안전진단 항목 및 방법은 [표 2.5]에 준하여 실시하며, 추가로 필요한 항목은 관리주체와 협의한다.

[표 2.4] 터널의 일반적인 사전조사 항목

사전조사 항목	검 토 내 용
기초 자료조사 및 검토	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 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	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 사용 프로그램 확인 ◦ 해석용 입력자료 분석 ◦ 표준 지보패턴 ◦ 콘크리트 라이닝 해석 ◦ 보조 공법의 유무 및 적정성
설계도면 검토	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 터널의 단면 검토 ◦ 방수 및 배수 시스템(System) ◦ 콘크리트 라이닝 철근보강 유무 ◦ 타입(Type)(패턴별 적용구간) ◦ 발파패턴 ◦ 시공순서도 ◦ 해석결과와 설계도면 일치성 비교

[표 2.5] 터널의 일반적인 정밀안전진단 항목 및 방법

점검부위	진 단 항 목	비고
터널 내부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 균열조사 <ul style="list-style-type: none"> - 위치, 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부 등 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Joint부 조사(조적식라이닝) <ul style="list-style-type: none"> - 위치, 크기, 진행성, Seal재열화 등 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누수조사 <ul style="list-style-type: none"> - 위치, 누수량, 탁도, 수질 등 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트라이닝 <ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트 두께조사 - 콘크리트 강도 - 철근탐사 및 철근부식도 측정 - 결함 및 손상조사 <ul style="list-style-type: none"> - 파손 및 손상, 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출 - 탄산화 및 염화물 함유량조사 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내부결함 탐사 <ul style="list-style-type: none"> - 공동 및 공극 조사 - 강지보공 조사, 설치간격, 규격 등 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 터널 계측 <ul style="list-style-type: none"> - 내공변위, 단면측량, 라이닝응력측정, 변형률측정 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반상태 <ul style="list-style-type: none"> - 풍화정도, 일축압축 강도, R.Q.D. 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 배수·공동구상태조사 <ul style="list-style-type: none"> - 배수상태 - 퇴적물 상태 - 덮개파손 상태 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 진동 및 소음 상태 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기타조사 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하중상태의 변화 	
터널 외부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 균열조사 <ul style="list-style-type: none"> - 위치, 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누수조사 <ul style="list-style-type: none"> - 위치, 누수량, 탁도, 수질 등 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 강도 <ul style="list-style-type: none"> - 반발경도 시험, 일축압축강도 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 터널주변 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 지표 및 지질조사 - 사면조사 - 토지이용조건 - 공중이 이용하는 부위 	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기타조사(결함원인분석을 위한 지상부조사) 	
	<ul style="list-style-type: none"> - 표지판 여부 - 퇴적물 상태 - 안전 및 유지관리 계획여부, 청소상태 - 시설물 이력카드 작성 여부 및 보수이력 확인 - 진동 및 소음상태 	
기타	<ul style="list-style-type: none"> - 표지판 여부 - 퇴적물 상태 - 안전 및 유지관리 계획여부, 청소상태 - 시설물 이력카드 작성 여부 및 보수이력 확인 - 진동 및 소음상태 	

5) 공중이 이용하는 부위 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	비고
공중이 이용하는 부위	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 추락방지시설의 상태 ◦ 도로부 포장 및 신축이음부 상태 ◦ 환기구 등의 덮개 상태 ◦ 기타조사 	

2.2.2 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 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 광파거리계에 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 일치하는지 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 붕괴 예측과 굴착지반이나 구조물의 변위예측을 위하여 실시한다.
- 내공변위계는 앵커(Anchor)와 자(Tape)로 구성된다. 장점은 간편한 작동, 경량이므로 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 계측치로 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 진행성 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 열화 상황을 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, 깊이 등에 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.

마. 진동 및 소음 측정

1) 일반 사항

- 터널 구조물을 통과하는 각종 차량 및 철도 객차 등에서 발생하는 진동과 주변 공사장 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 출력 기록장치로 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 어려워져 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 시설물유지관리에 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 등 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 외관조사 망도 및 사진대지를 작성하여 「법」제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

2.3 재료시험 항목 및 수량

2.3.1 정밀안전점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 2.6] 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 라이닝	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정분할 ○ 콘크리트 강도 <ul style="list-style-type: none"> - 비파괴 : 반발경도시험 ○ 탄산화깊이 측정 시험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 강도 <ul style="list-style-type: none"> - 국부파괴 : 코어강도 ○ 염화물함유량시험¹⁾

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 2.7] 정밀안전점검의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본과업	○ 측정분할	○ 신축이음부 또는 단면변화에 따라 책임기술자가 판단
	○ 콘크리트강도 - 비파괴 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
	○ 탄산화깊이 측정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택과업	○ 콘크리트강도 - 국부파괴 : 코어강도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사 시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	<ul style="list-style-type: none"> ○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근위치 탐사
	○ 염화물 함유량 시험	○ 시료채취 및 평가

나. 재료시험 기준수량

[표 2.8] 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	

[표 2.9] 정밀안전점검 선택과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	○ 실내시험 선택과업
염화물 함유량 시험		

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

2.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 2.10] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 라이닝	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측점분할 ○ 단면측량 ○ 콘크리트 강도 <ul style="list-style-type: none"> - 비파괴 : 반발경도시험, 초음파법 ○ 철근탐사시험 <ul style="list-style-type: none"> - 철근배근상태 - 철근피복두께 ○ 탄산화 깊이 측정 ○ 철근부식도시험 ○ 균열깊이조사 ○ 염화물함유량시험¹⁾ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 강도 <ul style="list-style-type: none"> - 국부파괴 : 코어강도 ○ 내공변위 측정 ○ 진동 및 소음측정 ○ 변형률 측정 ○ 수질조사 및 침전물 분석 ○ 지표·지질조사 등 <ul style="list-style-type: none"> - 시추조사 - 지반탐사

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 2.11] 정밀안전진단의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본과업	○ 측정분할	○ 신축이음부 또는 단면변화에 따라 책임기술자가 판단
	○ 단면측량	○ 내공단면의 상태파악 ○ 종·횡단측량 및 선형측량
	○ 콘크리트강도 - 비파괴 : 반발경도시험, 초음파법	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
	○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 탄산화깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
	○ 염화물함유량시험	○ 시료채취 및 평가
	○ 균열깊이 조사	○ 철근 매입깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가
선택과업	○ 콘크리트 강도(국부파괴)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 내공변위 측정	○ 터널의 붕괴징후 및 변위 예측
	○ 진동 및 소음측정	○ 터널 라이닝에 미치는 영향 평가
	○ 변형율 측정	○ 터널 라이닝의 안전성평가
	○ 수질조사 및 침전물 분석	○ 콘크리트와의 화학반응 여부 판단
	○ 시추조사	○ 과업내용에 의해 조사 및 수량결정
	○ 지반탐사	○ 과업내용에 의해 조사 및 수량결정

나. 재료시험 기준수량

[표 2.12] 정밀안전진단 기본과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 5 ~ 50m 간격	○ 책임기술자 조정 가능
단면측량	○ 총수량 = (총연장÷200m)+1개소	○ 책임기술자 조정 가능
반발경도시험	○ 총수량 = (총연장÷100m)×2개소	○ 시험부위는 책임기술자가 판단 ¹⁾ (단 경년변화 평가 시 동일부위 시험원칙)
초음파법		
철근탐사시험	○ 총연장 1,000m 미만 = 4개소 ○ 총연장 1,000m 이상 = 최초 4개소 + 500m당 1개소 추가	○ 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
염화물 함유량시험	<상 동>	
탄산화 깊이 측정	<상 동>	
철근부식도시험	○ 책임기술자의 판단에 따라 조사 및 수량 결정	
균열깊이 조사	○ 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정	

주1) 반발경도시험, 초음파법 또는 콘크리트 코어시험 결과를 비교할 경우에는 시험부위가 동일하여야 함

[표 2.13] 정밀안전진단 선택과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	○ 실내시험 실시
내공변위 측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
진동 및 소음측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
변형율 측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
수질 및 침전물조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

2.4 상태평가기준 및 방법

2.4.1 상태평가기준

가. 개요

1) 기본시설물 및 부대시설물

터널의 기본시설물과 부대시설물은 [표 2.1]과 같다

터널 부대시설물 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기재갱 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.

나. 기본시설물 결함지수 산정기준

1) 기본시설물 상태평가 항목

터널 기본시설물 상태평가는 라이닝 및 철근콘크리트 구조물 상태평가와 터널주변 상태평가로 구분하여 실시하며 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

[표 2.14] 기본시설물 상태평가항목

구 분		평 가 항 목
터널상태 평 가	라이닝 상 태	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 균 열 ◦ 누 수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	터널주변 상 태	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 배수상태 ◦ 지반상태 ◦ 갱문상태 ◦ 공동구상태 ◦ 특수조건 : 도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널 (추가점수 부여)

2) 기본시설물 결함지수 산정기준

기본시설물 상태평가를 위한 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다. 여기서, 라이닝 결함지수(f)는 터널주변 항목점수를 제외한 라이닝만의 결함점수인 총점 36점(조적식 : 26점, 무근콘크리트 : 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 실시된 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	1
		충분리 및 박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
터 널 주 변	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					
	공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
		$\text{라이닝 결함지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{26}, \quad \text{터널결함지수 (F)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{33}$					

(나) 재래식터널(무근콘크리트 라이닝)

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
라 이 닝	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	
	재질 열화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터 널 주 변	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					
	공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
		이물질 퇴적 및 침수 : 1					
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
		$\text{라이닝 결함지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{27}, \text{ 터널결함지수 (F)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{34}$					

(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	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	
	재질 열화	박 리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터 널 주 변	배수상태	오 염 됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문(접속부) 상태	손 상 : 0.5 ~ 1					
	공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
		이물질 퇴적 및 침수 : 1					
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1 ~ 3					
<div>라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{27}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{34}$</div>							

(라) NATM터널(철근콘크리트 라이닝, 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	-
		염화물	0	1	1	2	-
터 널 주 변	배수상태	오염됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문(접속부) 상태	손상 : 0.5~1					
	공동구상태	덜개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
		$\text{라이닝 결함지수 (f)} = \frac{\sum \text{결함점수}}{36}, \quad \text{터널결함지수 (F)} = \frac{\sum \text{결함점수}}{43}$					

(마) TBM 터널(콘크리트 세그먼트 라이닝)

TBM(Tunnel Boring Machine)터널은 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버림처리까지 기계화·시스템화되어 있는 대규모 굴착기계를 말하며, 일반적으로 Open TBM과 Shield TBM으로 구분한다.

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	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	0	0	1	2	3
		및 박 략					
		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	-		
터 널 주 변	배수상태	오 염 됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문(접속부) 상태	손 상 : 0.5 ~ 1					
공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5						
	이물질 퇴적 및 침수 : 1						
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3					
		$\text{라이닝 결함지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}, \quad \text{터널결함지수 (F)} = \frac{\Sigma \text{결함점수}}{43}$					

(바) 개착터널(철근콘크리트 구조물, 지하역사 포함)

개착터널에 대한 상태평가는 철근콘크리트구조물의 평가방법에 준하며, 본 상태평가기준을 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	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	
콘크리트 구조물	재질 열화	박리	0	0	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	-
		염화물	0	1	1	2	-
터널 주변	배수상태	오염됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문(접속부) 상태	손상 : 0.5~1					
	공동구상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
이물질 퇴적 및 침수 : 1							
특수조건		도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3					
<div>라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{43}$</div>							

(사) 지하차도(철근콘크리트 구조물)

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

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

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
철근	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	
콘크리트재질열화구조물	재질열화	박리	0	0	1	1	
		층분리 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	-
		염화물	0	1	1	2	-
주변상태	배수상태	오염됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대			영향범위 내 : 2~3		
					영향범위 외 : 1		
	갱문(접속부) 상태	손상 : 0.5~1					

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

다. 부대시설물 결함지수 산정기준

1) 부대시설물 상태평가항목

터널 부대시설물은 기본시설물과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음 [표 2.15]와 같다.

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

[표 2.15] 부대시설물 상태평가항목

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

2) 부대시설물 결함지수 산정기준

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

(가) 무근 콘크리트

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
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

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

(나) 철근 콘크리트

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
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	-
	염화물	0	1	1	2	-

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

3) 부대시설물 가중치

부대시설물 평가결과를 기본시설물을 포함한 전체시설물의 상태평가결과에 반영하기 위한 방법으로 다음과 같이 기본시설물과 별도로 부대시설물 결함점수에 따른 가중치를 정하였으며, 부대시설물 평가기준은 기존의 산정 개념과 유사하게 보수적인 관점에서 하위상태에 비중을 두어 산정한다.

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

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

[표 2.16] 부대시설물의 가중치

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

부대시설물의 상태평가는 개별 부대시설물을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설물 결함지수를 산정하고 부대시설물 상태평가결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

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

여기서, f_n : 개별 부대시설물의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설물의 개수

부대시설물 상태평가결과 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) $0.75 \leq f$