

제4장 상태평가

4.1 개요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 결과

제4장 상태평가

4.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 2026. 1」의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안전점검 및 정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

안전점검 및 정밀안전진단 수행 책임기술자는 「세부지침」의 상태평가 기준 및 절차에 따라 조사 및 평가하는 것을 원칙으로 한다.

정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 상태평가 기준

가. 기본시설 및 부대시설

터널의 기본시설과 부대시설은 다음 【표 4.2.1】과 같다. 터널 부대시설 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기재갱 등은 상태평가지 기본시설에 포함하여 평가한다.

금회 정밀안전점검의 실시범위는 기본시설물 및 공중이 이용하는 부위로 한정되어 그에 대해 상태평가를 실시하였다.

【표 4.2.1】 터널의 기본시설물과 공중이 이용하는 부위의 종류

기본시설물	공중이 이용하는 부위
· 본선라이닝	· 추락방지시설
· 갯문	· 도로포장
· 개착터널	· 도로부 신축이음부
-	· 환기구 등의 덮개

나. 상태평가 항목

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

【표 4.2.2】터널 상태평가 항목

구분		평 가 항 목
상태 평가	라이닝 상 태	· 균열, 누수, 파손 및 손상 · 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	터널주변 상 태	· 배수상태, 지반상태, 갱문상태, 공동구 상태 · 특수조건 : 도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널(추가점수 부여)

다. 결함지수 산정기준

금회 대상 시설물의 경우 NATM구간과 BOX구간으로 구분되었으며, 결함지수 산정기준은 다음과 같다.

1) NATM터널(무근콘크리트 라이닝)

【표 4.2.3】NATM터널(무근콘크리트라이닝) 결함지수 산정기준

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
		층분리 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 : 1~2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문(접속부) 상태	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) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{34}$							

2) NATM터널(철근콘크리트 라이닝)

【표 4.2.4】 NATM터널(철근콘크리트라이닝)결합지수 산정기준

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
		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				
	갱문(접속부) 상태	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					
		$\text{라이닝 결합지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결합점수}}{36}$, $\text{터널결합지수 (F)} = \frac{\Sigma \text{결합점수}}{43}$					

3) 개착터널(철근콘크리트 구조물)

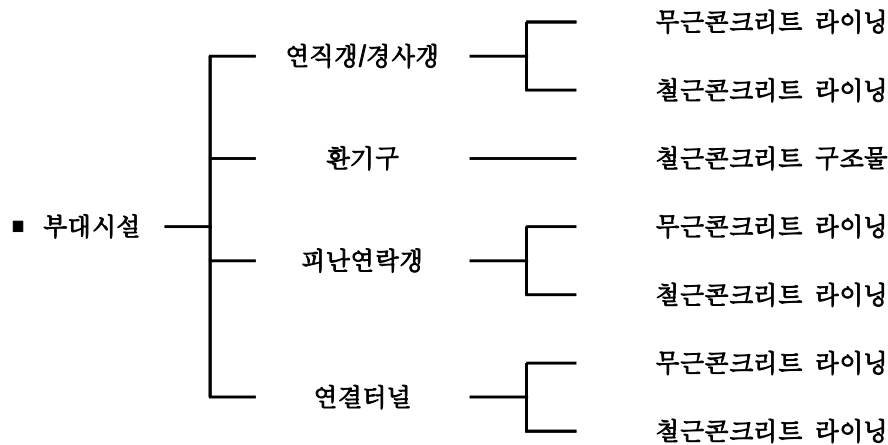
【표 4.2.5】 개착터널 결합지수 산정기준

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
		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				
	갱문(접속부) 상태	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 결합지수(f) = $\frac{\Sigma \text{결합점수}}{36}$, 터널결합지수(F) = $\frac{\Sigma \text{결합점수}}{43}$							

라. 부대시설 결함지수 산정기준

1) 터널 부대시설 분류

터널 부대시설 중에서 중요도 및 규모가 상대적으로 큰 별도평가 부대시설을 기능 및 구조물의 재질에 따라 분류하면 【그림 4.2.1】과 같다.



【그림 4.2.1】 부대시설 분류

2) 부대시설 상태평가 항목

터널 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음 【표 4.2.6】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.

【표 4.2.6】 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 결함점수에 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 4.2.7】 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 최상의 상태	· 기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	· 부재의 손상이 있으나 기본시설 기능 수행에 문제가 없는 상태	· 부재의 손상이 중대하여 기본 시설에 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) $0.75 \leq f$

4.2.2 상태평가 항목 및 기준

가. 기본시설물 상태평가항목 및 기준

1) 균열

【표 4.2.8】 균열 상태평가 기준

평가기준		a	b	c	d	e
구 분	무균(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	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
조적식 라이닝	줄눈균열	없 음	아주 경미한 줄눈깨짐	벽돌 2개소 이하	벽돌 2개소 초과 ~5개소미만	벽돌 5개소 이상

주) 진행성 균열의 경우 상태평가결과가 “d” 이하 또는

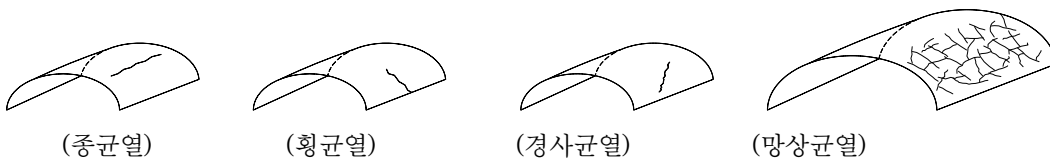
고정 균열의 경우 면적을 20% 이상으로 “e” 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

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

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

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

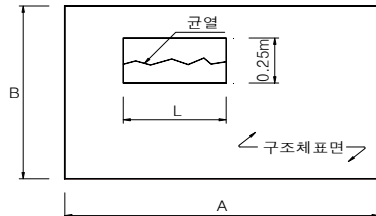


③ 균열의 발생위치는 천장부, 어깨부, 측벽부로 표기하며, 균열에 의한 단차가 발생하였거나 구조체를 관통하는 균열일 경우 책임기술자의 판단에 의해 하향조정할 수 있다.

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 구조적균열 및 단차균열일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→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) 누수

【표 4.2.9】 누수 상태평가 기준

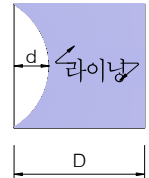
평가기준 구 분	a	b	c	d	e
	없 음	스며 있음	떨 어 짐	흐 름	분 출
누 수					
해 설	1) 누수발생부위는 아치부와 측벽부, 노면으로 구분하며, 아치부에 누수가 발생하여 차량통행에 지장을 주는 경우 평가는 하향조정하도록 한다. 2) 아치부에 발생된 누수가 얼어 고드름이 형성된 경우와 측벽부에 발생된 누수가 얼어서 건축한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 평가를 하향조정 하도록 한다. 3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 평가를 하향조정하고, 그 원인을 정밀조사하도록 한다. 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) 상태평가결과가 “d” 이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있거나 고드름 및 측벽 등으로 차량통행에 현저한 지장을 주는 경우 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

3) 파손 및 손상

【표 4.2.10】 파손 및 손상 상태평가 기준

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		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)

【표 4.2.11】 재질열화 상태평가 기준

평가기준 구 분	a	b	c	d	e
박 리	없 음	6mm 미만	6mm 이상 25mm 미만	25mm이상 이거나 조골재 손실	박리가 극심하여 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 극심하여 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 주변 환경 영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락 된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리·층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 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 염화물 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 상태평가결과가 “d” 등급이고, 철근노출의 상태평가결과가 “e” 등급이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

5) 배수상태

【표 4.2.12】 배수상태 상태평가 기준

구 분	문제가 없는 경우	배수불량 및 막힘 (배수시설 작동불량)
결합점수	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 지속적인 토사유출로 라이닝 배면에 문제가 발생할 가능성이 있으므로 토사유출량과 터널안정성에 대해 정밀조사하도록 한다. 4) 집수정이 설치된 경우 배수시설(펌프설비 등)의 작동유무, 정착상태, 전원설비상태 등을 점검하고 작동이 안되거나 정착이 불량한 경우 관리주체에 통보하여 교체 또는 수리 등의 조치가 가능하도록 하여야 한다.	

6) 지반상태

【표 4.2.13】 지반상태 상태평가 기준

구 분	풍화변질 및 단층파쇄대			
	풍화변질	단 층 파 쇄 대		
		영향범위 외	영향범위 내	
			중·소규모 단층	대규모 단층
결합점수	1	1	2	3
해 설	1) 기시공된 터널에서는 주변지반상태를 육안으로 확인하는 것이 쉽지 않으므로 설계 및 시공 자료를 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

【표 4.2.14】 갯문(접속부)상태 상태평가 기준

구 분	손 상	
	보통인 상태	불량한 상태
결합점수	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 규명 하도록 한다.	

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

8) 공동구 상태

【표 4.2.15】 공동구상태 상태평가 기준

구 분	문제가 없는 경우	덮개파손 및 오염됨	이물질 퇴적 및 침수
결합점수	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)

【표 4.2.16】 특수조건(추가점수) 상태평가 기준

구 분	도심지 토사터널		전력구터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D)	제한범위 (1D 미만)	측벽부 낙수	아치부 낙수	동결위험
결합점수	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. 공중이 이용하는 부위의 상태평가항목 및 기준

1) 추락방지시설

【표 4.2.17】 추락방지시설의 상태평가기준

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 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

2) 도로포장

【표 4.2.18】 도로포장의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○ 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○ 포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 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

【표 4.2.19】 도로부 신축이음부의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 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

【표 4.2.20】 환기구 등의 덮개의 상태평가기준

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

4.2.3 상태평가결과 산정방법

가. 기본시설물 상태평가결과 산정

1) 1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

- ① 라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.
- ② 라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다.
- ③ 라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때 라이닝 단위길이별 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

- ① 라이닝 단위길이별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ② 라이닝 전체의 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

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.

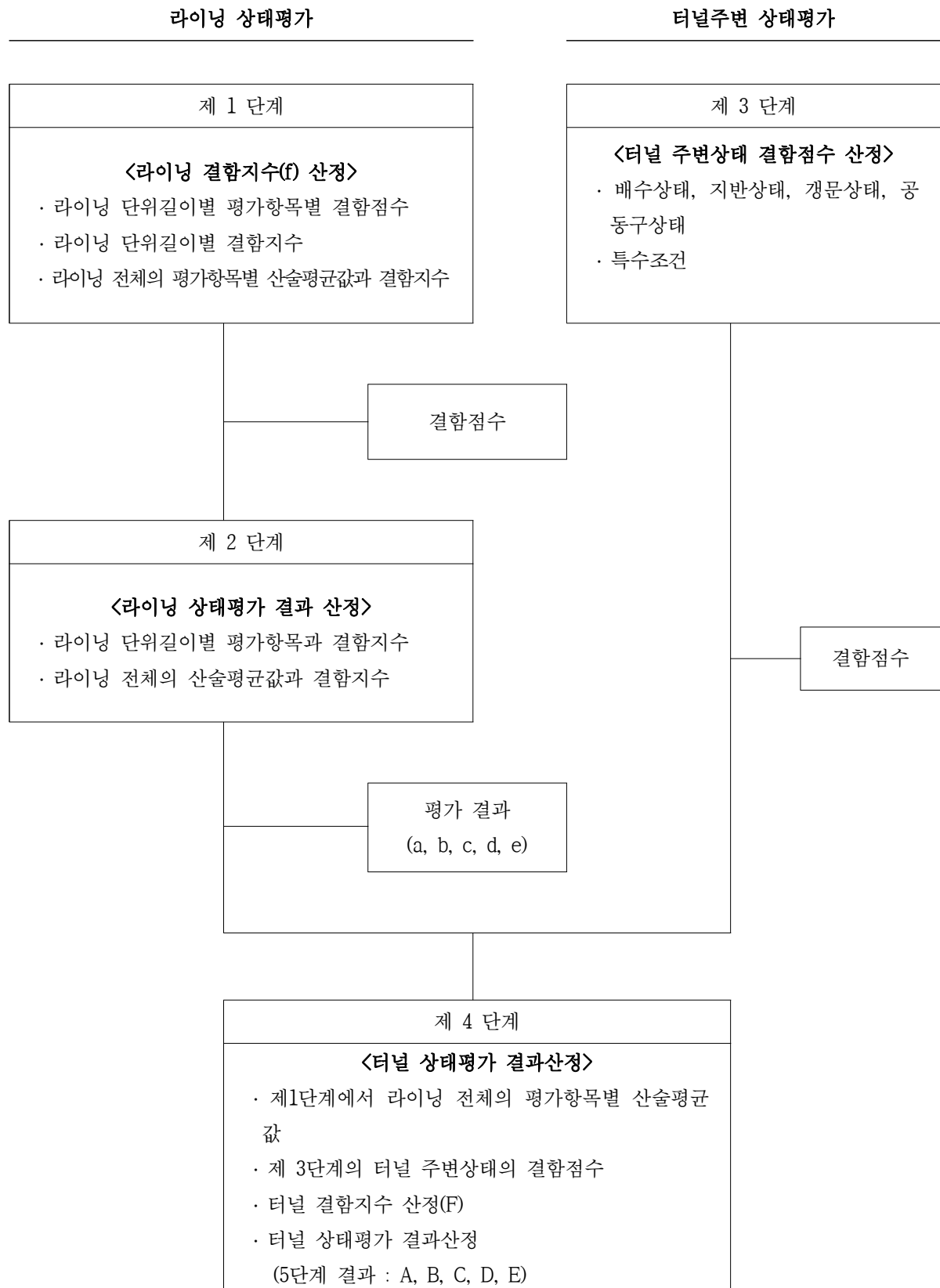
4) 4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

- ① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과, 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.
- ② 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

③ 터널 상태평가 결과 산정

【표 4.2.21】 터널 상태평가 결과 산정

기 준	A(우수)	B(양호)	C(보통)	D(미흡)	E(불량)
터 널 결함지수	$0.00 \leq F < 0.15$	$0.15 \leq F < 0.30$	$0.30 \leq F < 0.55$	$0.55 \leq F < 0.75$	$0.75 \leq F$



【그림 4.2.2】 상태평가 결과 산정절차

나. 부대시설 상태평가 결과 산정

1) 1단계 : 부대시설 결함지수(f) 산정

- ① 평가단위별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.
- ② 부대시설 평가단위별 결함지수를 구한다.
- ③ 부대시설에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 부대시설 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 전체 부대시설 상태평가 결과 산정

- ① 부대시설별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ② 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ③ 개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결함지수를 산정하고 전체 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

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

여기서, f_n : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

3) 3단계 : 전체 시설물 상태평가 결과 산정

- ① 기본시설 결함지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체시설물의 결함지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계 (A, B, C, D, E)로 매긴다.

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

【표 4.2.22】 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.0	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 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 최상의 상태	· 기능수행에 영향 이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	· 부재의 손상이 있 으나 기본시설 기능 수행에 문 제가 없는 상태	· 부재의 손상이 중 대하여 기본 시 설에 영향을 주 는 상태	· 기본시설의 기능 수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

4.3 상태평가 결과

4.3.1 구간분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사 및 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이며, 금회 점검시 실시한 구간분할의 결과는 제3장 현장조사 및 시험 - 3.2 터널 측점분할에 수록하였다.

4.3.2 상태평가 결과

상태평가 결과는 본선 및 RAMP구간으로 각각 나누어 결과를 산정하였으며, 세부산정 내용은 부록에 수록하였다.

가. 본선 구간

1) NATM(무근콘크리트) 결함지수 산정

【표 4.3.1】 NATM(무근콘크리트) 결함지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	-	-	-					
산술 평균	3.48	0.13	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	-	-	-	2.50	6.18	0.18	1.000	0.182
기본시설 결함지수															0.182

결함지수	0.182
NATM(무근콘크리트) 상태평가결과	B

2) NATM(철근콘크리트) 결함지수 산정

【표 4.3.2】 NATM(철근콘크리트) 결함지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-					
산술 평균	2.08	0.17	0.00	0.02	0.10	0.00	0.00	0.04	0.00	-	2.50	4.91	0.11	1.000	0.114
기본시설 결함지수															0.114

결함지수	0.114
NATM(철근콘크리트) 상태평가결과	A

3) BOX구간 결함지수 산정

【표 4.3.3】BOX구간 결함지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결함 점수	결함 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결함지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-					
산술 평균	1.65	0.47	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	-	2.50	4.74	0.11	1.000	0.110
											기본시설 결함지수				0.110

결함지수	0.110
NATM(철근콘크리트) 상태평가결과	A

4) 주변 상태 결함점수 산정

- 터널 주변상태에 대한 결함점수 및 산정근거
 - 배수상태 : 전기실 등의 시설물에 체수 등의 손상이 조사되어 0.5점 부여
 - 지반상태 : 지반의 풍화변질 및 단층파쇄대 영향범위 외 이므로 1.0점 부여
 - 갯문상태 : 보통인 상태로 조사되어 0.5점 부여
 - 공동구 상태 : 덮개파손 등의 손상이 조사되어 0.5점 부여
 - 특수조건 : 미반영

【표 4.3.4】터널 주변 상태 결함점수 산정

터널주변	배수상태	지반상태	갯문상태	공동구상태	특수조건	합 계
결함점수	0.5	1.0	0.5	0.5	-	2.5

나. RAMP-D 구간

1) NATM(무근콘크리트) 결합지수 산정

【표 4.3.5】 NATM(무근콘크리트) 결합지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	-	-	-					
산술 평균	7.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	-	-	-	2.50	9.75	0.29	1.000	0.287
기본시설 결합지수														0.287	

결합지수	0.287
NATM(무근콘크리트) 상태평가결과	B

2) NATM(철근콘크리트) 결합지수 산정

【표 4.3.6】 NATM(철근콘크리트) 결합지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-					
산술 평균	2.60	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	2.50	5.20	0.12	1.000	0.121
기본시설 결합지수														0.121	

결합지수	0.121
NATM(철근콘크리트) 상태평가결과	A

3) BOX구간 결합지수 산정

【표 4.3.7】 BOX구간 결합지수 산정

구분	균열	누수	파손 및 손상	재질열화							터널 주변	결합 점수	결합 지수 (A)	연장비 (B)	연장비 고려 결합지수 (A)*(B)
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	-					
산술 평균	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	2.50	3.33	0.08	1.000	0.078
기본시설 결합지수														0.078	

결합지수	0.078
NATM(철근콘크리트) 상태평가결과	A

4) 주변 상태 결함점수 산정

- 터널 주변상태에 대한 결함점수 및 산정근거
 - 배수상태 : 전기실 등의 시설물에 체수 등의 손상이 조사되어 0.5점 부여
 - 지반상태 : 지반의 풍화변질 및 단층파쇄대 영향범위 외 이므로 1.0점 부여
 - 갯문상태 : 보통인 상태로 조사되어 0.5점 부여
 - 공동구 상태 : 덮개파손 등의 손상이 조사되어 0.5점 부여
 - 특수조건 : 미반영

【표 4.3.8】 터널 주변 상태 결함점수 산정

터널주변	배수상태	지반상태	갯문상태	공동구상태	특수조건	합 계
결함점수	0.5	1.0	0.5	0.5	-	2.5

다. 상태평가 결과

본 시설물의 결함점수 및 터널 주변 결함점수를 모두 합한 결함지수 총점에 의한 상태평가 결과를 산정하였다. 또한, 본선 및 RAMP구간으로 구분하여 NATM(무근, 철근), BOX구간 구조형식별로 나누어 산정하였고, 각각의 연장 비율에 의해 본 시설물의 상태평가 결과를 산정하였다.

【표 4.3.9】 전체시설물의 상태평가 결과

구 분	구조형식	환산결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	연장×차선	연장비	환산결함도 점수×연장비
본선	가. NATM(무근)	0.182	b	4,856.9	2	9,714	0.635	0.116
	나. NATM(철근)	0.114	a	1,929.1	2	3,858	0.252	0.029
	다. BOX	0.110	a	527.9	2	1,056	0.069	0.008
RAMP	가. NATM(무근)	0.287	b	200.1	1	200	0.013	0.004
	나. NATM(철근)	0.121	a	265.7	1	266	0.017	0.002
	다. BOX	0.078	a	209.5	1	210	0.014	0.001
								0.159
								B

▶ 결함도 범위 = 0.150 ≤ 결함도 지수(0.159) < 0.300

■ 『B』

라. 공중이 이용하는 부위 평가결과

본 사면에는 공중이 이용하는 부위인 [추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개] 중 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음, 환기구 등의 덮개가 있으며, 이에 대한 평가결과 추락방지시설은 A등급, 도로포장은 B등급, 도로부 신축이음은 A등급, 환기구 등의 덮개는 B등급으로 평가되었고, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개는 없는 것으로 확인되었다.

【표 4.3.10】 공중이 이용하는 부위 평가결과

추락방지시설	도로포장	도로부 신축이음부	환기구 등의 덮개
A	B	A	B

1) 추락방지시설

평가기준	상 태
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 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

2) 도로포장

평가기준	상 태
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 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 불편감을 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	상 태
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 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	상 태
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

4.3.3 기 점검결과와의 비교

기존점검과의 비교결과, 균열, 재균열, 누수, 백태, 파손, 박락 등의 손상이 추가로 조사되었으며, 균열, 누수, 백태, 파손, 박락, 철근노출 등에 대한 보수가 실시되어 결함지수는 하향되었으나 등급의 변화는 없는 것으로 확인되었다.

【표 4.3.11】 기 점검결과와의 상태평가 결과 비교

구 분	기존점검		금회점검	
	등급	결함지수	등급	결함지수
상태평가 결과	B	0.177	B	0.159

구 분	구조형식	기존점검		금회점검		비고
		환산결함도점수	상태평가결과	환산결함도점수	상태평가결과	
본선	가. NATM(무근)	0.214	b	0.182	b	
	나. NATM(철근)	0.120	a	0.114	a	
	다. BOX	0.072	a	0.110	a	
RAMP	가. NATM(무근)	0.239	b	0.287	b	
	나. NATM(철근)	0.105	a	0.121	a	
	다. BOX	0.069	a	0.078	a	

