

제 4 장 시설물의 상태평가

4.1 개 요

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.3 상태평가 등급 산정

4.4 상태평가 결과

제 4 장 시설물의 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 (안전점검·진단 편-2019. 1.)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다. 정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사방도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

4.2 상태평가 항목 및 기준

4.2.1 일반

가. 기본시설 및 부대시설

터널의 기본시설과 부대시설은 【표 4.1】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.

상태평가 대상구간은 NATM터널 구간의 무근콘크리트 라이닝과 철근콘크리트 라이닝, 개착터널 구간으로 시공되어 평가 후 각 길이를 환산한 가중치를 적용한 가중산술평균 방법으로 평가한다.

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

【표 4.1】 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류

기본시설물	부대시설물
본선라이닝	연직갱 및 경사갱
갱문	환기구
개착터널	피난연락갱
지하차도	연결터널(환기시설)
지하정거장	갱구부옹벽

나. 상태평가 항목

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

【표 4.2】 터널 상태평가 항목

구 분		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)

4.2.2 기본시설 결합지수 산정

가. 터널별 결합지수 산정기준

터널 시설물 분류에 따른 터널별 상태평가를 위한 결합 점수와 결합지수 산출방법은 다음과 같다. 여기서, 라이닝 결합지수는 터널주변 항목점수를 제외한 라이닝만의 결합점수인 총점 36점(무근콘크리트 : 27점)점으로 계산되며, 터널 결합지수(F)는 라이닝의 결합점수 및 터널주변 결합점수를 모두 합한 총점 43점(무근콘크리트 : 34점)으로 계산하여 상태평가 결과를 산정하면 된다.

(가) NATM터널 (무근콘크리트 라이닝)

【표 4.3】 NATM터널 (무근콘크리트 라이닝) 결합지수 산정기준

결 합 등 급		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
		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				
		손 상 : 0.5~1					
	갱문상태	덮개파손 및 오염됨 : 0.5					
공동구상태	이물질 퇴적 및 침수 : 1						
특수조건		전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3					
라이닝 결합지수(f) = $\frac{\Sigma \text{결합점수}}{27}$, 터널결합지수(F) = $\frac{\Sigma \text{결합점수}}{34}$							

(나) NATM터널 (철근콘크리트 라이닝)

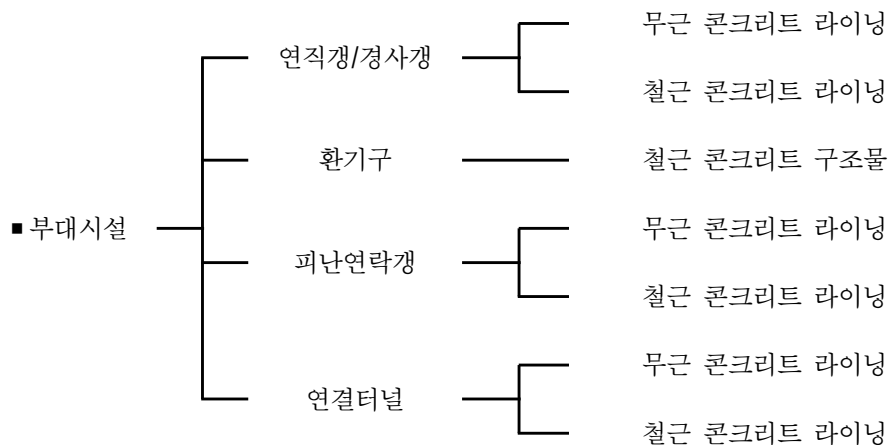
【표 4.4】 NATM터널 (철근콘크리트 라이닝) 결함지수 산정기준

결 함 등 급		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
		박 락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄 산 화	0	1	2	3	-
염 화 물	0	1	1	2	-		
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		전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3					
라이닝 결함지수(f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수(F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{43}$							

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 4.1】와 같다.



【그림 4.1】 부대시설 분류

2) 부대시설 상태평가 항목

터널 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음 【표 4.5】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 4.5】 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 4.6】 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.00	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 영향 이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있 으나 기본시설 기 능 수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시 설에 영향을 주는 상태	기본시설의 기능 수행에 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.

부대시설의 결함지수(f) = $\sum(fn) / N$

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

부대시설 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) $0.75 \leq f$

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
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
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
부대시설 결함지수(f) = $\frac{\sum \text{결함점수}}{27}$						

(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	-
	염 화 물	0	1	1	2	-
부대시설 결함지수(f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$						

4.2.3 상태평가 항목 및 기준

1) 균열

【표 4.7】 균열 상태평가 기준

구 분		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	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
개착식터널	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

※ 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 “d” 이하 또는 고정균열의 경우 면적을 20% 이상으로 “e”이면 중대결함으로 본다

<해 설>

1) 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며, 진행성이 확인되는 경우 평가는 하향 조정하고 정밀점검을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.

※ 진행성 여부의 판별은 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용해 판단한다.

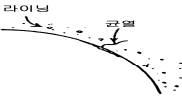
2) 균열형상은 종균열, 경사균열, 망상균열, 횡균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열의 평가는 하향조정할 수 있다.

			
종균열	횡균열	경사균열	망상균열

- 3) 균열이 다음 스펠에 연속적으로 이어져 있는 경우 평가는 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 철근 사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다.
- 5) 보수·보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.
- 6) 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상과 구조적 균열 및 단차 균열일 경우는 a→b, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.
 - 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.

2) 누수

【표 4.8】 누수 상태평가 기준

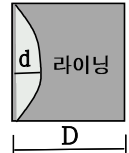
구 분	a	b	c	d	e
	없 음	스며 있음	떨 어 짐	흐 름	분 출
누 수					
해 설	1) 누수발생부위는 아치부와 측벽부, 노면으로 구분하며, 아치부에 누수가 발생하여 차량통행에 지장을 주는 경우 평가는 하향조정하도록 한다. 2) 아치부에 발생된 누수가 얼어 고드름이 형성된 경우와 측벽부에 발생된 누수가 얼어서 건 축한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 평가를 하향조정 하도록 한다. 3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 평가를 하향조정하 고, 그 원인을 정밀조사하도록 한다. 4) 누수가 배수공과 시공이음의 결합, 균열, 배면공동, 수맥 등의 영향으로 인하여 발생될 경 우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발시킬수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다. 5) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적 요인을 반영 하여 평가할 수 있다. 6) 보수·보강부위는 누수상태(수질, 수량, 물흐름)의 변화 유무 등을 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.				

※ 상태평가 결과가 “d” 이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있거 나, 고드름 및 측빙 등으로 통행에 현저한 지장을 주는 경우 중대한 결함으로 본다.

3) 파손 및 손상

【표 4.9】 파손 및 손상 상태평가 기준

구 분		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손상도	없음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상 면적	없음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (1cm×10cm미만)	중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만)	극심한 손상 (30cm×30cm이상)
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 산정하도록 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 경우는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향조정할 수 있다.				



※ 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가 결과가 “d”이하이면 중대한 결함으로 본다.

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

【표 4.10】 재질열화 상태평가 기준

구 분	a	b	c	d	e
박리	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
백태, 재료분리	없 음	면적율 5%미만	면적율 5 ~ 10%	면적율 10 ~ 20%	면적율 20%이상
철근노출	없 음	면적율 1%미만	면적율 1 ~ 3%미만	면적율 3 ~ 5%미만	면적율 5%이상
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상 ~ 30mm 미만	0mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-
전염화물 이온량	0.3kg/m³이하	0.3kg/m³ 초과 ~ 1.2kg/m³ 미만	1.2kg/m³ 이상 ~ 2.5kg/m³ 미만	2.5kg/m³ 이상	-

【표 4.10】 재질열화 상태평가 기준 (계속)

해설	1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변환경영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박리된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리·층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용하며, 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다. 평가는 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다. <일본구조물진단기술협회「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 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다. 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm 또는 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다. <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→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.
----	---

※ 탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량에 대한 상태평가 결과가 “d”이고, 철근노출의 상태평가 결과가 “e”이면 중대한 결함으로 본다.

5) 배수상태

【표 4.11】 배수상태 상태평가 기준

구분	오염됨	배수불량 및 막힘
결함점수	1 (1~2)	2 (3~4)
해설	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 터널안전성에 대해 정밀조사 하도록 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.	

※ 결함점수에서 ()은 지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 적용한다.

6) 지반상태

【표 4.12】 지반상태 상태평가 기준

구 분	풍화변질 및 단층파쇄대			
	풍화변질	단 층 파 쇄 대		
		영향범위 외	영향범위 내	
결함점수	1	1	중소규모 단층	대규모 단층
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. 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 지반 상태를 평가하고, 영향범위에 따른 점수를 부여한다.			

7) 갯문(접속부)상태

【표 4.13】 갯문(접속부)상태 상태평가 기준

구 분	손 상	
	보통인 상태	불량한 상태
결함점수	0.5 (1)	1 (2)
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.	

※ : ()은 지하차도에 적용한다.

8) 공동구 상태

【표 4.14】 공동구상태 상태평가 기준

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

9) 특수조건(추가점수)

【표 4.15】 특수조건(추가점수) 상태평가 기준

구 분	도심지 토사터널		전력구터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D)	제한범위 (1D미만)	측벽부 낙수	아치부 낙수	동결위험
결합점수	1	2	1	2	3
해설	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

【표 4.16】 균열 상태평가 기준

평가기준 구 분	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

※ 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 “d” 이하 또는 고정 균열의 경우 면적을 20% 이상으로 “e” 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

2) 파손 및 손상

【표 4.17】 파손 및 손상 상태평가 기준

평가기준 구 분	a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손상도	없음	1/6 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10cm×10cm미만)	중간 손상 (10cm×10cm이상, 30cm×30cm미만)
조적식 라이닝	손상두께	없음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 2개 이상

※ 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가 결과가 “d” 이하이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

- 3) 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
기본시설 재질열화 참조

4.2.4 상태평가 등급 산정방법

가. 기본시설 상태평가 결과 산정

1) 1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

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

2) 2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

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

- 가) 터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갯문, 공동구상태의 결함점수를 부여한다.
나) 특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

4) 4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

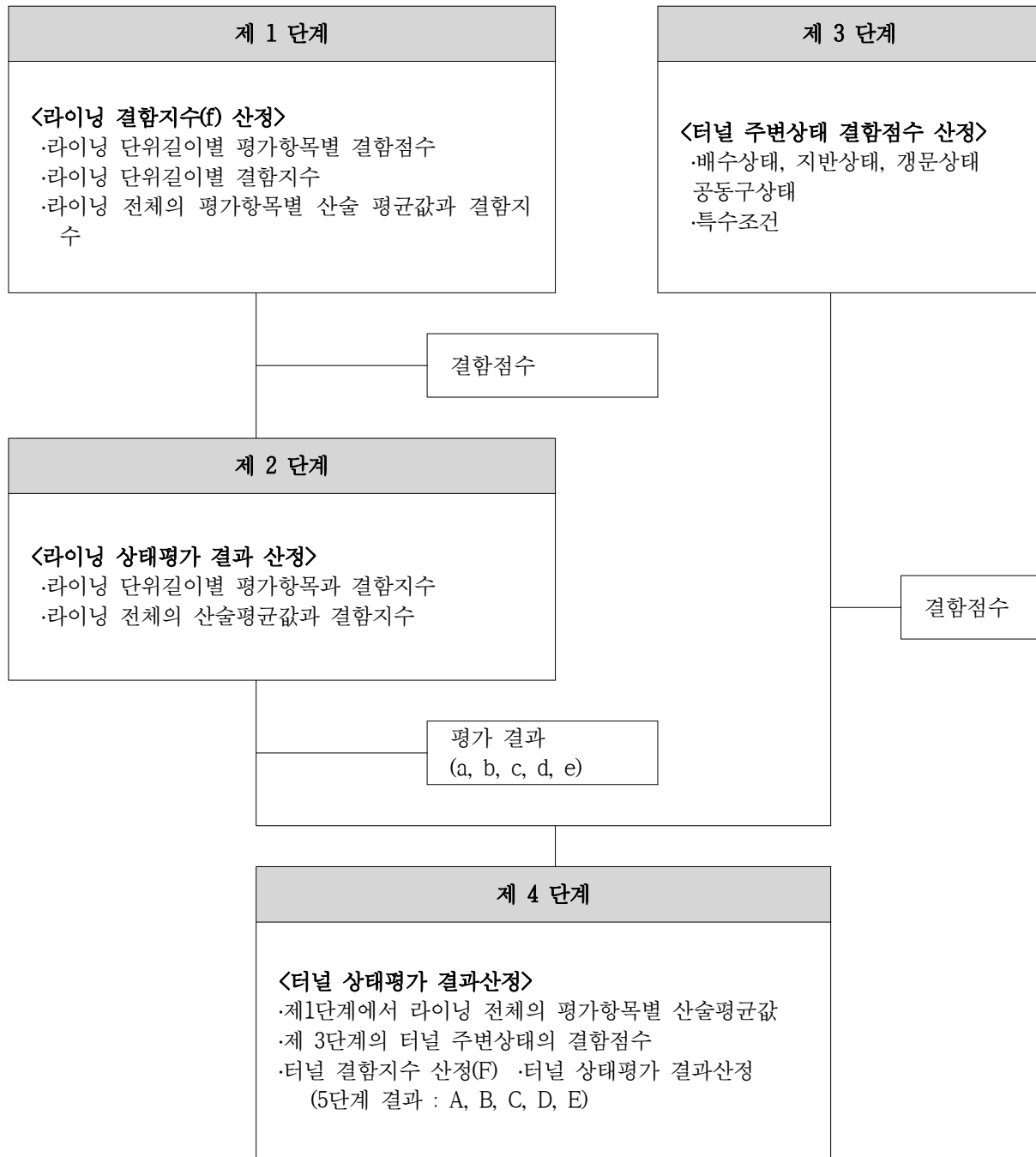
- 가) 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과, 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.
나) 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.
다) 터널 상태평가 결과 산정

【표 4.18】 터널 상태평가 결과 산정

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

라이닝 상태평가

터널주변 상태평가



【그림 4.2】 상태평가 결과 산정절차

나. 부대시설 상태평가 결과 산정

1) 1단계 : 부대시설 결함지수(f) 산정

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

2) 2단계 : 전체 부대시설 상태평가 결과 산정

- 가) 부대시설별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.
- 나) 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.
- 다) 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

- 가) 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 4.19】 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.00	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결함지수	$0.00 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
시설물 상태평가	문제점이 없는 최상 의 상태	기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있으나 기본시설 기능수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시설에 영향을 주는 상태	기본시설의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

4.3 상태평가 등급산정

4.3.1 구간분할

정밀안전점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사, 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 오천터널(하)는 NATM형식의 터널로서 총 57SPAN으로 시공되었으며 개착구간과 철근구간, 무근구간, 부가시설물에 대한 스펀개소를 고려하여 상태평가를 진행하였으며, 구조물의 상태평가 등급 산정을 위한 구간분할 현황은 다음 【표 4.20】과 같다.

【표 4.20】 구간분할

구 분	구조형식	SPAN	구조형식별 가중치 적용	비고
오천터널 (하)	개착구간	S1, S52~S57	철근콘크리트 구간	
	NATM(철근)	S2~S3	철근콘크리트 구간	
	NATM(무근)	S4~S51	무근콘크리트 구간	

4.3.2 시설물의 상태

대상터널을 각 손상별 상태평가 등급을 우선 산정한 후 연장비를 고려한 전체 시설물의 상태평가 등급을 산정하였다.

【표 4.21】 구조요소별 시설물의 상태(외관 및 내구성)

구조요소		외관조사 결과요약
터널 주변	사면	· 사면의 슬라이딩, 토사유실 및 침식, 낙석, 식생부족 등의 손상이 없는 양호한 상태로 조사됨
	갯문	· 손상이 없는 양호한 상태임
본선 터널	라이닝	· 천단부는 폭 0.3mm내 · 외의 균열 및 조인트 들뜸, 누수흔적, 박리 등이 일부 구간에 조사되어 내구성 확보를 위한 일부 보수가 요구됨 · 측벽부는 타일 균열, 들뜸 및 탈락, 파손, 이격, 누수흔적 등이 조사되어 내구성 확보를 위한 보수가 요구됨
	배수시설	· 배수시설은 일부 배수구 막힘이 조사됨
	도로부 (포장면)	· 포장부는전 구간에 국부적으로 포장 균열 및 굽힘, 망상균열, 파손 등의 손상이 발생한 것으로 확인됨
부대 시설	공동구	· 공동구는 일부구간 덮개파손, 들뜸, 박리, 층분리, 철근부식 등이 발생한 것으로 조사됨

4.3.3 시설물의 상태 등급

가. 기본시설 상태평가 등급

1) 개착구간 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.22】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
1	a	a	a	a	a	a	a	a	-	0	a
52	a	b	a	a	a	a	a	a	-	1.0	a
53	a	b	a	a	a	a	a	a	-	1.0	a
54	a	a	a	a	a	a	a	a	-	0	a
55	b	b	a	a	a	a	a	a	-	4.0	a
56	a	a	a	a	a	a	a	a	a	0	a
57	a	a	a	a	a	a	a	a	-	0	a
산 술 평 균	0.429	0.000	0.429	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.857	

2) 철근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.23】 철근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화						결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
2	a	a	a	a	a	a	a	a	-	0	a
3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	0	a
산 술 평 균	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

3) 무근콘크리트 라이닝 상태평가 등급산정

【표 4.24】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합 계	라 이 닝 등 급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
4	a	a	a	a	a	a	a	0	a
5	a	a	a	a	a	a	a	0	a
6	a	a	a	a	a	a	a	0	a
7	a	a	a	a	a	a	a	0	a

【표 4.24】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균 열	누 수	파손 및 손상	재 질 열 화				결함점수 합	라 이 닝 등급
				박 리	충분리, 박락	백 태	재료분리		
8	a	a	a	a	a	a	a	0	a
9	a	a	a	a	a	a	a	0	a
10	a	a	a	a	a	a	a	0	a
11	a	a	a	a	a	a	a	0	a
12	a	a	c	a	a	a	a	1.0	a
13	a	a	a	a	a	a	a	0	a
14	a	a	a	a	a	a	a	0	a
15	a	a	a	a	a	a	a	0	a
16	a	a	c	a	a	a	a	1.0	a
17	a	a	c	a	a	a	a	1.0	a
18	a	a	a	a	a	a	a	0	a
19	b	a	c	a	a	a	a	6.0	b
20	a	a	a	a	a	a	a	0	a
21	a	a	c	a	a	a	a	1.0	a
22	a	a	a	a	a	a	a	0	a
23	a	a	a	a	a	a	a	0	a
24	a	a	a	a	a	a	a	0	a
25	a	a	c	a	a	a	a	1.0	a
26	a	a	a	a	a	a	a	0	a
27	a	a	c	a	a	a	a	1.0	a
28	a	a	a	a	a	a	a	0	a
29	a	a	a	a	a	a	a	0	a
30	a	a	a	a	a	a	a	0	a
31	a	a	a	a	a	a	a	0	a
32	a	a	a	a	a	a	a	0	a
33	a	a	c	a	a	a	a	1.0	a
34	a	a	a	a	a	a	a	0	a
35	a	a	c	a	a	a	a	1.0	a
36	a	a	a	a	a	a	a	0	a
37	a	a	a	a	a	a	a	0	a
38	a	a	a	a	a	a	a	0	a
39	a	a	a	a	a	a	a	0	a
40	a	a	a	a	a	a	a	0	a

【표 4.24】 무근콘크리트 라이닝 등급 산정 결과(계속)

Span No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화				결함점수 합	라이닝 등급
				박리	충분리, 박락	백태	재료분리		
41	a	a	a	a	a	a	a	0	a
42	a	a	a	a	a	a	a	0	a
43	a	a	a	a	a	a	a	0	a
44	a	a	a	a	a	a	a	0	a
45	a	a	a	a	a	a	a	0	a
46	a	a	a	a	a	a	a	0	a
47	a	a	a	a	a	a	a	0	a
48	a	a	a	c	a	a	a	1.0	a
49	a	a	a	a	a	a	a	0	a
50	a	a	a	a	a	a	a	0	a
51	a	a	a	a	a	a	a	0	a
산술평균	0.104	0.188	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.3	

4.4 상태평가 결과

4.4.1 본선 상태평가 결과

1) 개착구간 상태평가 결과

개착구간															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산화	
7	0.429	0.000	0.429	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	0.00	0.00	0.50	-	-	3.357
															0.078

2) 철근 콘크리트 상태평가 결과

철근콘크리트															
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화					주변상태						합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동 구 상태	특수 조건	탄산화	
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.00	0.00	-	0.50	-	-	2.500
															0.058

3) 무근 콘크리트 상태평가 결과

무근콘크리트													
총 SPAN	균열	파손 및 손상	누수	재질열화				주변상태					합계
				박리	충분리 박락	백태	재료 분리	배수 상태	지반 상태	갯문 상태	공동구 상태	특수 조건	
48	0.104	0.188	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	2.00	0.00	-	0.50	-	2.813
													0.083

4) 터널 상태평가 결과

오천터널(하)					
구조물	구간별 결함지수	라이닝 연장	연장별 가중치	전체결함점수 (F)	상태평가등급
개착구간	0.078	49.0	0.008	0.081	A
철근콘크리트	0.058	18.0	0.002		
무근콘크리트	0.083	130.0	0.072		

4.4.2 상태평가 결과

본 과업대상 구조물인 오천터널(하)는 준공 이후로 7번째 실시하는 정밀안전점검으로 현장 조사 및 시험을 토대로 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침서-터널편(2019.01)』에 따라 형식별로 상태평가를 실시한 후 서로 다른 가중치를 적용하여 환산결함도 점수를 산출한 결과 라이닝부 균열 및 콘크리트 단면손상 등으로 인하여 결함지수 0.081로 평가되었다.

따라서 오천터널(하)의 상태평가 결과는 “문제점이 없는 최상의 상태”인 A등급(우수, $0.00 \leq \text{결함지수} < 0.15$)으로 평가되었다.

4.4.3 기 정밀안전점검 결과와의 비교

구 분		전차 정밀안전점검(2017년)	금회 정밀안전점검(2020년)	비 고
결함지수	오천터널 (하)	0.135	0.081	
상태등급		A	A	

- 금회 상태평가 결과 “A등급”으로 평가되었으며, 2017년 정밀안전점검 이후 구조적인 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되었다.
- 환산결함도 점수가 0.135 $\Rightarrow$ 0.081로 감소한 것으로 분석되었으며, 감소된 원인으로는 기 점검이후 라이닝콘크리트에 대한 보수를 실시하였으며, 이로 인해 환산결함도 점수가 하향된 것으로 판단된다.