제 4장 시설물의 상태평가

4.1 상태평가 기준

4.2 상태평가 방법

4.3 상태평가 결과

제 4장 시설물의 상태평가

4.1 상태평가 기준

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침 (터널편, 2018.01, 한국시설안전공단)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

4.1.1 기본시설 및 부대시설

터널의 기본시설과 부대시설은 다음 표【표 4.1.1】과 같다. 터널 부대시설 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기재갱 등은 상태평가시 기본시설에 포함하여 평가한다.

상태평가 대상구간에 무근콘크리트 라이닝과 철근콘크리트 라이닝 또는 개착터널과 NATM터널 구간이 교호하여 시공된 경우 각각 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 4.1.1】 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류

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

4.1.2 상태평가 항목

지하차도의 상태평가는 철근콘크리트 구조물과 주변상태평가로 구분하여 실시하며 상태평가시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

【표 4.1.2】 지하차도의 상태평가 항목

구 분		평 가 항 목
상태평가	철근콘크리트 구조물	· 균열, 누수, 파손 및 손상 · 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	주변상태	· 배수상태, 갱문상태

4.1.3 기본시설 결함지수 산정

가. 지하차도, 지하정거장 및 지하역사

지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 대한 상태평가는 철근콘크리트 구조물의 평가방법에 준하여 적용한다.

지하차도의 부대시설인 U-TYPE옹벽의 상태평가는 옹벽편에서 설정하고 있는 상태평가기준을 적용하여 각각 평가한다.

【표 4.1.3】 지하차도 결함지수 산정기준

평 가 기 준			a	b	c	d	e
			0≤f<0.15	0.15≤f<0.30	0.30≤f<0.55	0.55≤f<0.75	0.75≤f
철근콘크리트구조물	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
	재질열화	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
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	-
		염화물	0	1	1	2	-
주변상태	배수상태		오 염 됨 : 1~2				
			배수불량 또는 막힘 : 3~4				
	갱문상태		손 상 : 1~2				
철근콘크리트 결함지수(f) $= \frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma \text{결함점수}}{42}$							

나. U-TYPE 옹벽

【표 4.1.4】 U-TYPE 옹벽의 결함지수 산정기준

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f < 0.30	0.30 ≤ f <0 .55	0.55 ≤ f <0 .75	0.75 ≤ f
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/침식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 층분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	탄산화	0	1	2	3	4
	염화물	0	1	1	2	4
	철근노출	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

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	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{48}$

※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외
※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용.
※ 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 조정한다.
※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

4.1.4 상태평가 항목 및 기준

가. 기본시설 상태평가 항목 및 기준

1) 균열

【표 4.1.5】 균열 상태평가 기준

구 분		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	무근(균열)	0.1㎜미만	0.1㎜이상 0.3㎜미만	0.3㎜이상 1.0㎜미만	1.0㎜이상 3.0㎜미만	3.0㎜이상
	철근(균열)	0.1㎜미만	0.1㎜이상 0.3㎜미만	0.3㎜이상 0.5㎜미만	0.5㎜이상 0.7㎜미만	0.7㎜이상
개착식터널	BOX(균열)	0.1㎜미만	0.1㎜이상 0.3㎜미만	0.2㎜이상 0.5㎜미만	0.3㎜이상 0.7㎜미만	0.7㎜이상

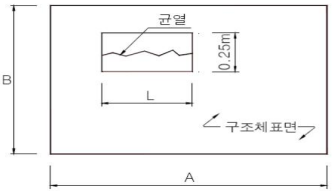
※ 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 “d” 이하 또는 고정균열의 경우 면적율 20% 이상으로 “e”이면 중대결함으로 본다

<해 설>

1) 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며, 진행성이 확인되는 경우 평가는 하향조정하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.
   ※ 진행성 여부의 판별은 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용해 판단한다.
2) 균열형상은 종균열, 경사균열, 망상균열, 횡균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열의 평가는 하향 조정할 수 있다.

(종균열) (횡균열) (경사균열) (망상균열)

3) 균열이 다음 스판에 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 상태평가결과을 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.

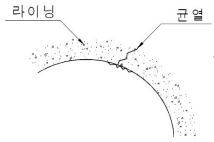
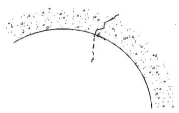
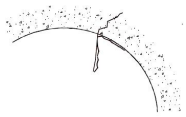
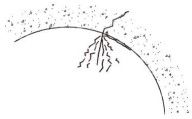


$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{구조체표면}} = \frac{\text{균열길이(L)} \times 0.25}{\text{A} \times \text{B(m)}} \times 100 = \%$$

(점검단위) 면적

2) 누수

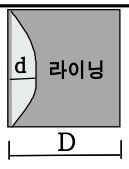
【표 4.1.6】 누수 상태평가 기준

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 시공이음의 결함, 균열, 배면공동, 수맥 등의 영향으로 인하여 발생될 경우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발시킬수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다. 5) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적 요인을 반영하여 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 있거나, 고드름 및 측빙 등으로 통행에 현저한 지장을 주는 경우 중대한 결함으로 본다.

3) 파손 및 손상

【표 4.1.7】 파손 및 손상 상태평가 기준

구 분		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손상도	없음	1/6미만	1/6이상 1/3미만	1/3이상 1/2미만	1/2이상
	손상 면적	없음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (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 4.1.8】 재질열화 상태평가 기준

구 분	a	b	c	d	e
박리	없 음	0.5㎜미만	0.5㎜이상 1.0㎜미만	1.0㎜이상 25㎜미만	25㎜이상 이거나 조골재 손실
층분리 및 박락	없 음	깊이 12㎜미만 또는 직경 75㎜미만	깊이12~25㎜미만 또는 직경75~150㎜미만	깊이 25㎜이상 또는 직경 150㎜이상	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	30㎜이상	10㎜이상 ~ 30㎜미만	0㎜이상 ~ 10㎜미만	0㎜미만	–
전염화물 이온량	0.3kg/m³ 이하	0.3kg/m³ 초과 ~ 0.12kg/m³ 미만	0.12kg/m³ 이상 ~ 0.25kg/m³ 미만	0.25kg/m³ 이상	–
해 설	1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변환경 영향 등에 따라 열화 되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리·층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용하며, 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다. 평가는 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다. <일본구조물진단기술협회 『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(10㎜ 또는 20㎜)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 경우는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향조정할 수 있다.				

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

5) 배수상태

【표 4.1.9】 배수상태 상태평가 기준

구 분	오 염 됨	배수불량 및 막힘
결함점수	1 (1~2)	2 (3~4)
해 설	1) 배수상태는 지하수를 유도하여 배수를 허용하는 배수형 터널의 경우에 한하며, 배수형 터널이 아닌 경우에는 전문가의 판단에 따라 별도로 적용하도록 한다. 2) 배수된 물의 함유성분에 의한 오염이 우려되는 경우에는 수질을 조사하여 오염의 원인을 평가하도록 한다. 3) 배수된 물에 토사가 섞여 나오는 경우에는 계속적인 토사유출로 라이닝 배면에 문제가 발생할 가능성이 있으므로, 토사유출량과 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) 갱문(접속부)상태

【표 4.1.10】 갱문(접속부)상태 상태평가 기준

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

※ : ( )은 지하차도에 적용한다.

나. U-TYPE 옹벽의 상태평가 항목 및 기준

【표 4.1.11】 침하의 상태평가 기준

평가 기준	결함 점수	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 보통 정도이나 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

【표 4.1.12】 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준

평가 기준	결함 점수	최대 기울기의 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 보통 정도이나 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

【표 4.1.13】 활동의 상태평가 기준(공통적용)

평가 기준	결함 점수	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 보통 정도이나 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

【표 4.1.14】 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가 기준

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

【표 4.1.15】 기초부 세굴 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	세굴이 전혀 발생하지 않은 상태
b	4	세굴이 지표면에서 헌치하부/2 부분까지 발생한 상태
c	8	세굴이 저판의 헌치하부까지 발생한 상태
d	12	세굴이 저판의 최대두께/2 부분까지 발생한 상태
e	16	세굴이 기초저면까지 발생한 상태

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

【표 4.1.16】 마모/침식의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 마모/침식된 부위가 없는 양호한 상태
b	0	- 마모/침식에 의해 골재가 노출된 상태
c	1	- 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개0이 감소되기 시작한 상태
d	1	- 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태
e	2	- 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태

【표 4.1.17】 박락 및 층분리의 상태평가 기준

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

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

【표 4.1.18】 박리의 상태평가 기준

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

※ 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

【표 4.1.19】 균열의 상태평가 기준

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

【표 4.1.20】 백태의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 없음
b	0	- 국부적으로 발결
c	1	- 여러곳에서 발견
d	1	- 심한상태
e	1	- 매우 심하고 범위가 넓은 상태

【표 4.1.21】 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	•30㎜ 이상	- 탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	•10㎜~30㎜ 미만	- 향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
c	•0㎜~10㎜ 미만	- 경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	•0㎜ 미만	- 철근부식 발생
e	-	-

【표 4.1.22】 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	•염화물 ≤ 0.3kg/㎥	- 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	•0.3kg/㎥<염화물<1.2kg/㎥	- 콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음
c	•1.2kg/㎥≤염화물<2.5kg/㎥	- 향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	•염화물 ≥ 0.3kg/㎥	- 철근부식 발생
e	-	-

【표 4.1.23】 철근노출의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	철근부식의 가능성
a	0	0%
b	1	0~1%미만
c	2	1~3%미만
d	3	3~5%미만
e	4	5%이상

【표 4.1.24】 배수공 상태의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b	1	- 배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c	2	- 배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d	3	- 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e	4	- 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

4.2 상태평가 방법

4.2.1 기본시설 상태평가 결과 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, 갱문, 공동구상태의 결함점수를 부여한다.

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

4) 4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

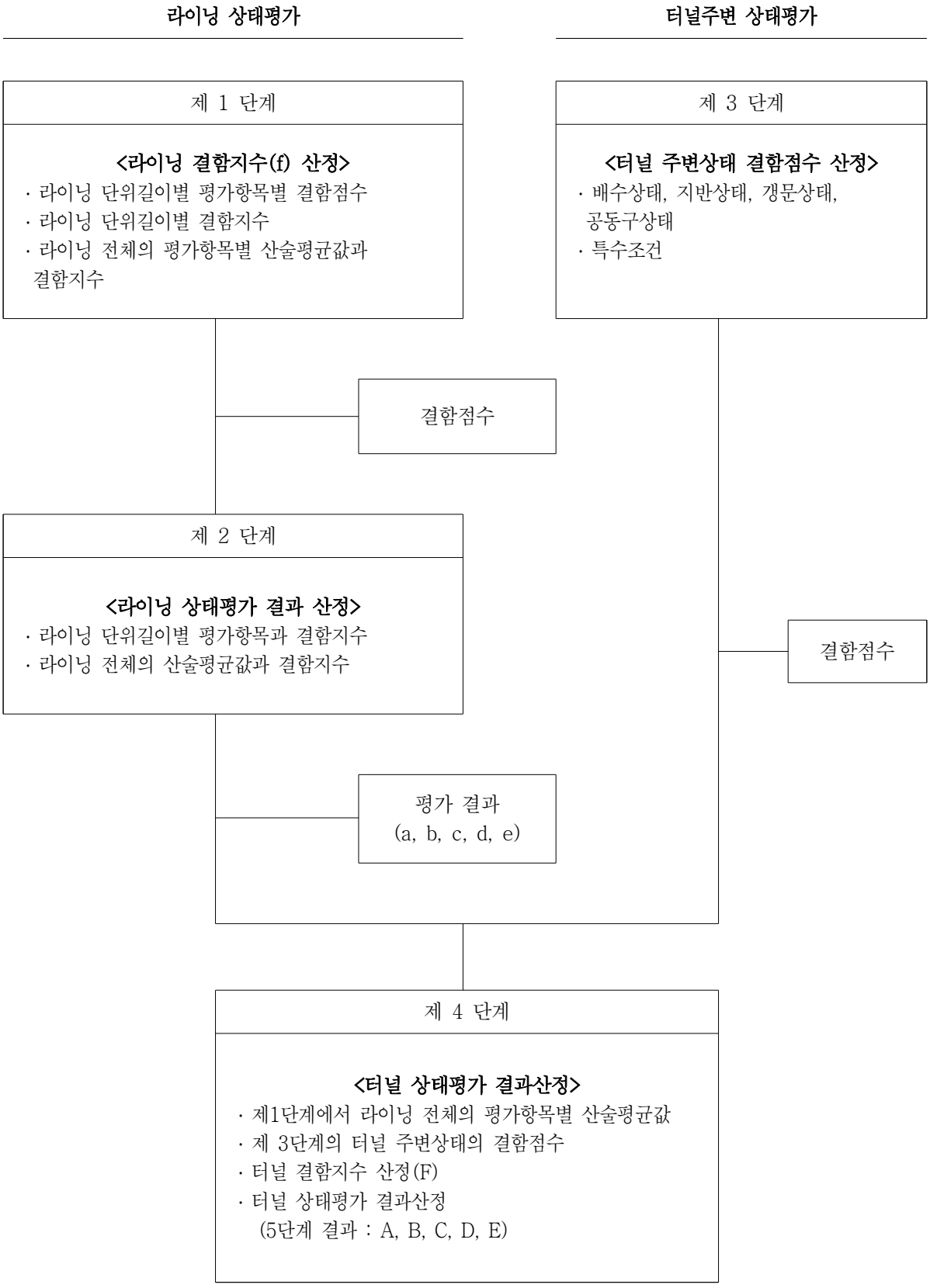
① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과, 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

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

③ 터널 상태평가 결과 산정

【표 4.2.1】 터널[지하차도] 상태평가 결과 산정

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



【그림 4.2.1】 상태평가 결과 산정절차

4.2.2 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.

부대시설의 결함지수(f) = $\sum(fn)/N$

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

3) 3단계 : 전체 시설물 상태평가 결과 산정

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

② 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.

시설물의 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)

【표 4.2.2】 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.0	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결함지수	0≦f<0.15	0.15≦f<0.30	0.30≦f<0.55	0.55≦f<0.75	0.75≦f
시설물 상태평가	· 문제점이 없는 최상의 상태	· 기능수행에 영향이 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

가. 구간분할

연호지하차도의 정밀점검을 위한 외관조사, 각종 내구성조사 및 시설물의 상태평가 등을 효과적으로 수행하기 위해서는 구조형식별 분류 또는 구간분할 작업은 필수적인 항목이다. 연호지하차도에 대한 구간분할은 외관망도 구분의 1Span을 1개 구간 기준으로 구분하였다.

【표 4.3.1】 구간분할

구 분	내 용	비 고
BOX 구간	S1~S10	10구간
옹벽 구간	상 · 하행선 시 · 종점부 옹벽	4구간

나. BOX구간 상태평가 결과

연호지하차도의 외관조사 및 재료시험에 의한 상태평가결과, 결함지수는 0.070으로 평가결과는 “A” 로 산정되었다. 상태평가 결과에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 균열로 공용과정에서 발생되는 일반손상으로서 내구성 확보차원의 보수가 실시된다면 시설물의 사용성은 확보될 것으로 판단된다.

1) 결함지수 산정

【표 4.3.2】 지하차도구간 결함지수 산정

SPAN	균열	누수	파손 손상	재질열화						결함점수 합계	라이닝 결함지수
				박리	층분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	–	4
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	–	–	0
S3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	–	6
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	–	–	0
S6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	–	1
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	–	–	0
S8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0
S9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	–	4
S10	0	0	0	0	0	0	0	0	–	–	0
산술평균	1.40	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50

2) 상태평가 결과 산정

【표 4.3.3】 지하차도구간 상태평가 결과 산정

SPAN	균열	누수	파손 손상	재질열화						결함등급	비 고
				박리	층분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
S1	b	a	a	a	a	a	a	a	a	–	a
S2	a	a	a	a	a	a	a	a	–	–	a
S3	c	a	a	a	a	a	a	a	a	–	b
S4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	–	a
S5	a	a	a	a	a	a	a	a	–	–	a
S6	a	a	c	a	a	a	a	a	a	–	a
S7	a	a	a	a	a	a	a	a	–	–	a
S8	a	a	a	a	a	a	a	a	a	–	a
S9	b	a	a	a	a	a	a	a	a	–	a
S10	a	a	a	a	a	a	a	a	–	–	a
산술평균	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

3) 지하차도 주변상태 결함점수 산정

【표 4.3.4】 지하차도 주변상태 결함점수 산정

터널주변	결함점부 배점		결함점수	비 고
배수상태	오염없음		0.00	
	배수시설양호			
지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 외	1.00	
갱문상태	경미한 손상		0.50	
공동구상태	공동구 없음		0.00	
	공동구 없음			
특수조건	낙수 및 동결위험 없음		0.00	
합 계			1.50	

다. BOX구간 상태평가 결과 산정

1) 기본시설물 상태평가 결과 산정

【표 4.3.5】 기본시설 상태평가 산정 결과

본선 라이닝 상태									터널주변 상태				결함 점수 합계	결함 지수
균열	누수	파손 손상	박리	층분리 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	배수 상태	지반 상태	갱문 상태	공동구 상태		
1.40	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.50	0.00	0.00	3.00

2) 전체시설물 상태평가 결과 산정

【표 4.3.6】 전체시설물 상태평가 산정 결과

시설물명	구조 형식	연장 (m)	연장비	기본시설물		
				상태평가결과	결함지수	환산결함지수
연호지하차도	철근콘크리트	200.0	1.000	a	0.070	0.070
합계		2.000	1.000	-	-	0.070

결함지수	0.070
기본시설물 상태평가결과	A

라. 옹벽구간 상태평가 결과

연호지하차도 옹벽구간의 상태평가결과, 결함지수는 0.092으로 평가결과는 “A”로 산정되었다. 상태평가 결과에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 균열 및 파손으로 공용과정에서 발생되는 일반손상으로서 내구성 확보차원의 보수가 실시된다면 시설물의 사용성은 확보될 것으로 판단된다.

1) 상태평가 결과 산정

【표 4.3.7】 옹벽구간 결함지수 산정

No.	구분	침하	계획선형오차	활동	세굴	파손 및 손상	균열	마모/침식	박리	박락 및 층분리	백태	철근노출	중성화	배수공	주변영향인자				평가단위결함지수	평가단위평가등급
							이격								배수시설	사면조사				
																사면구배	낙석흔적	침출수		
1	시점좌측	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.082	A
2	시점우측	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.096	A
3	종점좌측	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.096	A
4	종점우측	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.096	A
평균		-	-	-	-	0.5	6.0	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.092	

마. 상태평가 결과

【표 4.3.8】 결함도 점수 범위에 따른 기준

구분	상태평가 지수	상태평가 등급	비고
BOX 구간	0.070	A	
옹벽 구간	0.092	A	

바. 기 정밀점검('15년) 결과와의 비교

- 금회 상태평가 결과, 결함지수는 0.070, 평가결과는 "A"로 산정되었다. 기 정밀점검(2015년 하반기) 대비 결함지수는 소폭 감소(0.145 → 0.070)하였으며, 평가결과는 "A"를 유지하는 것으로 확인되었다. 공용년수 증가에 따른 구조물열화의 진행은 미미한 것으로 판단된다.
- 결함지수의 변동은 기 손상의 보수, 신규손상 추가에 의한 것이며, 구조적인 원인에 의한 신규 손상발생은 없는 것으로 조사되었다.

【표 4.3.9】 기 정밀점검 결과와의 상태평가 결함도 점수 비교(대구방향)

구 분		'15년 정밀점검		금회 정밀점검		가중치 변화요인
		평가결과	결함지수	평가결과	결함지수	
연호지 하차도	BOX 구간	a	0.145	a	0.070	·슬래브 균열 보수 실시
	옹벽 구간	a	0.021	a	0.092	·옹벽 벽체 균열 추가 조사