

제4장

상태평가

- 4.1 개 요
- 4.2 상태평가 기준
- 4.3 상태평가 결과
- 4.4 공중이 이용하는 부위
상태평가

제4장 상 태 평 가

4.1. 개 요

시설물의 상태평가는 외관조사 및 내구성조사 결과로부터 평가된 형식별, 구간별, 부재로 부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[안전점검·진단 편]-터널편(2022. 12, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 상태평가 기준에 따라 실시하였다.

정밀안전진단의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하였으며, 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하였다.

4.2. 상태평가 기준

4.2.1. 일반

공용중인 터널시설물의 라이닝 시공방법에 따른 분류는 아래와 같으며, 대상시설물의 경우 NATM터널 구조로 구성되어 있다. 본 과업의 터널을 부재별로 분류하면 본선구간은 콘크리트 라이닝과 철근콘크리트로 구분할 수 있으며, 본 과업대상 터널의 평가단위 분할은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 및 세부지침(2022. 12)」의 기준 및 상태평가 시 전회차 정밀안전점검과의 비교·평가를 위해 신축이음을 기준으로 평가단위를 분할하였다.



<그림 4.1> 상태평가를 위한 라이닝 시공방법에 따른 터널의 기본시설 분류

가. 기본시설 및 부대시설

정밀안전점검에서는 시설물의 전체부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가를 결정한다.

터널의 기본시설과 부대시설은 <표 4.1>과 같이 분류된다. 본 터널의 경우 기본시설은 본선 라이닝, 갯문이 해당된다.

<표 4.1> 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류

기본시설물	부대시설물
· 본선라이닝	· 연직갱 및 경사갱
· 갯문	· 환기구
· 개착터널	· 피난연락갱
· 지하차도	· 연결터널(환기터널)
· 지하정거장	· 갯구부옹벽

나. 상태평가 항목

터널의 상태평가는 라이닝과 터널 주변의 상태평가로 구분하여 실시하며 그때 고려해야 할 주요 평가항목은 <표 4.2>과 같으며, 터널의 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 라이닝의 평가항목을 적용한다.

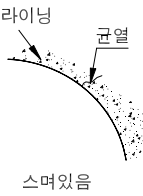
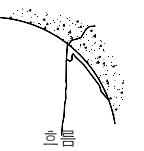
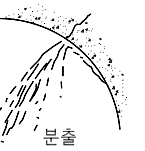
<표 4.2> 터널 상태평가 항목

구분		평가항목
터 널 상태평가	라 이 닝 상 태	· 균열 · 누수 · 파손 및 손상 · 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	터널주변 상 태	· 배수상태 · 지반상태 · 갯문상태 · 특수조건 : 도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널 (추가점수 부여)

4.2.2. 항목별 세부기준

상태평가 주요 항목에 대한 세부기준은 <표 4.3> ~ <표 4.4>와 같다. 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하며, 여러 개소에 나타날 경우에는 등급을 하향 조정한다.

<표 4.3> 터널 라이닝의 항목별 상태평가 세부기준(1)

평가기준 종류	a	b	c	d	e
● 균열					
무근콘크리트 라이닝	0.1mm 이하	0.1mm초과 0.3mm이하	0.3mm초과 1.0mm이하	1.0mm초과 3.0mm이하	3.0mm초과
철근콘크리트 라이닝	0.1mm 이하	0.1mm초과 0.3mm이하	0.3mm초과 0.5mm이하	0.5mm초과 1.0mm이하	1.0mm초과
● 누수					
누수	없음				
● 파손 및 손상					
손상도	없음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 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)	극심한 손상 (30cm×30cm이상)
● 재질열화					
박리	없음	6mm미만	6mm이상 25mm미만	25mm이상이거나 조골재 손실	박리가 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
충분리 및 박락	없음	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	없음	면적율 5% 미만	면적율 5~10%	면적율 10~20%	면적율 20% 이상
철근노출	없음	면적율 1%미만	면적율 1~3%미만	면적율 3~5%미만	면적율 5%이상
탄산화	30mm 이상	10mm이상 ~ 30mm미만	0mm이상 ~ 10mm미만	0mm미만	-
전염화물 이온량	0.3kg/m³이하	0.3kg/m³ ~1.2kg/m³	1.2kg/m³ ~ 2.5kg/m³	2.5kg/m³ 이상	-

<표 4.4> 터널 라이닝의 항목별 상태평가 세부기준(2)

평가기준 종류	a	b	c	d	e
● 배수상태					
결함점수	오염됨 : 1			배수불량 및 막힘 : 2	
● 지반상태					
결함점수	풍화변질 : 1	단층파쇄대			
		영향범위 외 : 1	영향범위 내		
			중·소규모 단층 : 2	대규모 단층 : 3	
● 갱문상태					
결함점수	보통상태 : 0.5			불량상태 : 1.0	
● 공동구 상태					
결함점수	덮개파손, 오염됨. : 0.5			이물질 퇴적 및 침수 : 1.0	

4.2.3. 공중이 이용하는 부위의 상태평가 항목 및 기준

가. 추락방지시설

<표 4.5> 추락방지시설 상태평가기준

기준	상태기준 설명
a	• 규격에 맞게 설치되어 있고 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

나. 도로포장

<표 4.6> 도로포장 상태평가기준

기준	상태기준 설명
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

다. 도로부 신축이음부

<표 4.7> 도로부 신축이음부 상태평가기준

기준	상태기준 설명
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

라. 환기구 등의 덮개

<표 4.8> 환기구 등의 덮개 상태평가기준

기준	상태기준 설명
a	• 규격에 맞게 설치되어 있고 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

4.2.4. 기본시설 결함지수 산정기준

터널별 결함점수 및 결함지수 산정기준은 다음 <표 4.9> ~ <표 4.10>와 같다.

<표 4.9> NATM터널(무근콘크리트 라이닝) 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
터널주변	배수상태	오염됨 : 1					
		배수불량 또는 막힘 : 2					
	지반상태	풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3				
			영향범위 외 : 1				
	갱문상태	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					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{27}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{34}$							

<표 4.10> NATM터널(철근콘크리트 라이닝, 지하역사 포함) 산정기준

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
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
		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					
라이닝 결함지수 (f) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{36}$, 터널결함지수 (F) = $\frac{\Sigma \text{결함점수}}{43}$							

4.2.5. 상태평가 결과 산정 방법

가. 기본시설 상태평가 결과 산정

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다.

라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 라이닝 단위길이별 평가 항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 제2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

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

라이닝 전체의 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

3) 제3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정

터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갯문, 공동구 상태의 결함점수를 부여한다.

특수조건에 해당될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널 결함지수(F) 산정시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

4) 제4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

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

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

터널 상태평가 결과 산정

- ① A(우수) : 터널 결함지수(F) $0.00 \leq F < 0.15$
- ② B(양호) : 터널 결함지수(F) $0.15 \leq F < 0.30$
- ③ C(보통) : 터널 결함지수(F) $0.30 \leq F < 0.55$
- ④ D(미흡) : 터널 결함지수(F) $0.55 \leq F < 0.75$
- ⑤ E(불량) : 터널 결함지수(F) $0.75 \leq F$

나. 부대시설 상태평가 결과 산정

1) 제1단계 : 부대시설 결함지수(f) 산정

부대시설 평가단위별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

부대시설 평가단위별 결함지수를 구한다.

부대시설에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 부대시설 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 전체 부대시설 상태평가 결과 산정

부대시설별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

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

부대시설의 결함지수(f) = $\sum(f_n) / N$

여기서, f_n : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

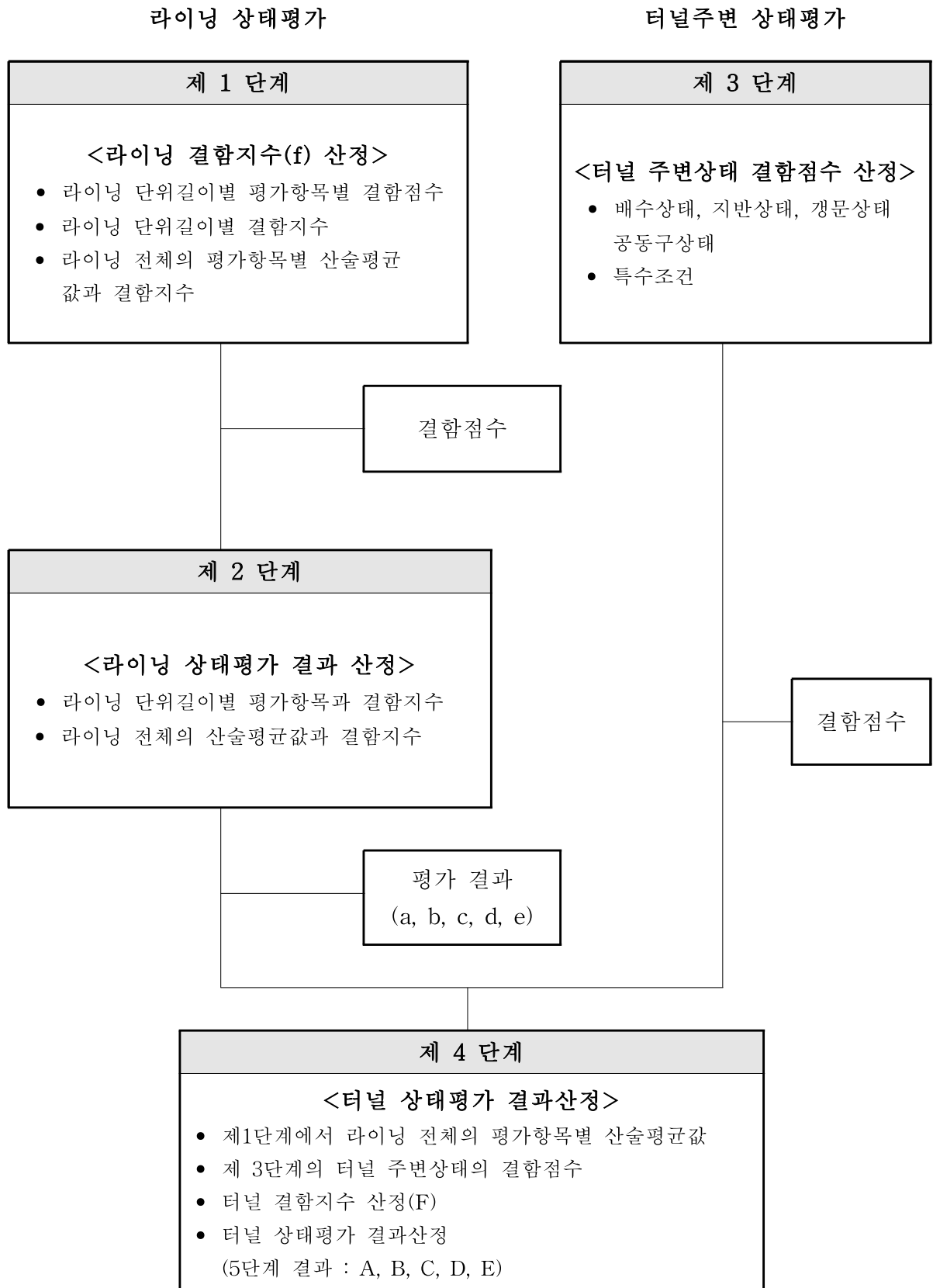
3) 3단계 : 전체 시설물 상태평가 결과 산정

본 시설 결함지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체 시설물의 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 4.11> 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.00	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결함지수	$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
시 설 물 상태평가	문제점이 없는 최상의 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



<그림 4.2> 상태평가 결과 산정절차

다. 상태평가 기준

중요 손상 및 결함을 세부 기준에 따라 분류하고 평가기법 및 절차에 따라 각 상태평가 단위길이별 결함지수 결정에 따른 시설물의 상태평가 기준은 <표 4.12>와 같이 결정하였다.

<표 4.12> 상태평가 결과 기준

평가등급	상태 및 안전성	비고
A	문제점이 없는 최상의 상태	
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태	
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태	
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태	
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

4.3. 상태평가 결과

능안터널(하)은 터널 시·중점부와 본선에 철근 콘크리트 라이닝구간과 무근 콘크리트 라이닝구간이 교호하여 시공되어 각각 평가 후 각 길이를 환산한 가중치를 적용한 가중산술 평균 방법으로 평가하였다. 본 과업대상 터널의 평가단위 분할은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 및 세부지침(2022. 12)」의 기준 및 상태평가지 전회차 정밀안전점검과의 비교·평가를 위해 신축이음을 기준으로 평가단위를 분할 하였다.

4.3.1. 상태평가 산정 및 결과

가. 기본시설

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수 산정

(1) 개착구간 결함지수 산정

<표 4.13> 개착구간 결함지수 산정

No.	SPAN. No	균열	누수	파손 / 손상	재질열화							결함 점수 합계	결함 지수
					박리	충분리 / 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
1	S1 ~ S3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	-	4	0.111
16	S43 ~ S45	3	0	0	0	0	0	0	0	-	-	3	0.083
산술평균	철근 콘크리트	3.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	3.500	0.097

(2) NATM 구간 철근콘크리트 라이닝 결함지수 산정

<표 4.14> NATM 구간 철근콘크리트 라이닝 결함지수 산정

No.	SPAN. No	균열	누수	파손 / 손상	재질열화							결함 점수 합계	결함 지수
					박리	충분리 / 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
2	S4 ~ S5	3	0	0	0	0	0	0	0	-	-	3	0.083
15	S41 ~ S42	3	0	0	0	0	0	0	0	0	-	3	0.083
산술평균	철근 콘크리트	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	3.000	0.083

(3) NATM 구간 무근콘크리트 라이닝 결함지수 산정

<표 4.15> NATM 구간 무근콘크리트 라이닝 결함지수 산정

No.	SPAN. No	균열	누수	파손 / 손상	재질열화							결함 점수 합계	결함 지수
					박리	충분리 / 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
3	S6 ~ S8	4	0	0	1	0	0	0	-	-	-	5	0.185
4	S9 ~ S11	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-	3	0.111
5	S12 ~ S14	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-	3	0.111
6	S15 ~ S17	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-	3	0.111
7	S18 ~ S20	5	0	0	0	1	0	0	-	-	-	6	0.222
8	S21 ~ S23	4	0	0	0	0	0	0	-	-	-	4	0.148
9	S24 ~ S26	5	0	0	0	1	0	0	-	-	-	6	0.222
10	S27 ~ S29	5	0	0	0	0	0	0	-	-	-	5	0.185
11	S30 ~ S32	3	0	0	0	0	0	0	-	-	-	3	0.111
12	S33 ~ S35	3	0	0	0	1	0	0	-	-	-	4	0.148
13	S36 ~ S38	4	0	0	1	0	0	0	-	-	-	5	0.185
14	S39 ~ S40	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0.000
산술평균	무근 콘크리트	3.500	0.000	0.000	0.167	0.250	0.000	0.000	-	-	-	3.917	0.145

2) 제2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

(1) 개착구간 상태평가 결과 산정

<표 4.16> 개착구간 상태평가 결과 산정

No.	SPAN. No	균열	누수	파손 / 손상	재질열화							라이 닝 등급	비고
					박리	충분리 / 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
1	S1 ~ S3	b	b	a	a	a	a	a	a	a	-	a	
16	S43 ~ S45	b	a	a	a	a	a	a	a	-	-	a	

(2) NATM 구간 철근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정

<표 4.17> NATM 구간 철근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정

No.	SPAN. No	균열	누수	파손 / 손상	재질열화							라이 닝 등급	비고
					박리	충분리 / 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
2	S4 ~ S5	b	a	a	a	a	b	a	a	-	-	a	
15	S41 ~ S42	b	a	a	a	a	a	a	a	a	-	a	

(3) NATM 구간 무근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정

<표 4.18> NATM 구간 무근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정

No.	SPAN. No	균열	누수	파손 / 손상	재질열화							라이 닝 등급	비고
					박리	충분리 / 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
3	S6 ~ S8	b	a	a	c	a	a	a	-	-	-	b	
4	S9 ~ S11	b	a	a	a	a	a	a	-	-	-	a	
5	S12 ~ S14	b	a	a	a	a	a	a	-	-	-	a	
6	S15 ~ S17	b	a	a	a	a	a	a	-	-	-	a	
7	S18 ~ S20	b	a	a	a	c	a	a	-	-	-	b	
8	S21 ~ S23	b	a	a	a	a	a	a	-	-	-	a	
9	S24 ~ S26	b	a	a	a	c	a	a	-	-	-	b	
10	S27 ~ S29	b	a	a	a	a	a	a	-	-	-	b	
11	S30 ~ S32	b	a	a	a	a	a	a	-	-	-	a	
12	S33 ~ S35	b	a	a	a	c	a	a	-	-	-	a	
13	S36 ~ S38	b	a	a	c	a	a	a	-	-	-	b	
14	S39 ~ S40	a	a	a	a	a	a	a	-	-	-	a	

3) 제3단계 : 터널 주변 상태 결합점수 산정

(1) 터널 주변 상태 결합점수 산정

<표 4.19> 터널 주변상태 결합점수 산정

항목	터널 주변상태				특수조건	합계
	배수상태	지반상태	갱문상태	공동구 상태		
결합점수	0.0	1.0	0.5	0.5	0.0	2.0

주1) 배수상태 : 경미한 이물질 퇴적이 조사되었으나, 배수기능에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않은 양호한 상태이며, 배수된 물의 상태 또한 오염되지 않은 상태로 조사되어 0점을 부여하였다.(전회차 정밀안전점검 1.0 부여)

주2) 지반상태 : 준공도서 검토 결과 풍화대 및 파쇄대가 조사되었지만 영향범위 외로 판단되어 1점을 부여하였다.

주3) 갱문상태 : 시·중점부 갱문은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 공용중인 보통의 상태로 0.5점을 부여하였다.

주4) 공동구 상태 : 공동구의 상부에 설치된 덮개의 일부개소에서 파손 등의 손상이 조사되어 0.5점을 부여하였다.

주5) 특수조건 : 본 터널은 일반도로 터널로 낙수 및 동결위험은 없는 것으로 조사되어 0점을 부여하였다.

4) 제4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

본 과업 대상시설물인 능안터널(하)의 외관조사 및 내구성 조사결과를 토대로 상태평가를 실시한 결과는 다음 <표 4.20> ~ <표 4.22>와 같다.

<표 4.20> 개착구간 상태평가 결과 산정

균열	누수	파손 손상	재질열화					내구성		주변 상태	결합 점수 합계
			박리	충분리 박 락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
3.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.000	5.500

$$\text{라이닝결합지수}(f) = \sum \text{결합점수}(0.097) / 36 = 0.002$$

$$\text{터널결합지수}(F) = \sum \text{결합점수}(5.500) / 43 = 0.127$$

결 합 지 수	0.127
상태평가 결과	a

<표 4.21> 철근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정

균열	누수	파손 손상	재질열화					내구성		주변 상태	결합 점수 합계
			박리	충분리 박 락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	염화물		
3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.000	5.000

라이닝결합지수(f) = Σ 결합점수(0.083) / 36 = 0.002

터널결합지수(F) = Σ 결합점수(5.000) / 43 = 0.116

결 합 지 수	0.116
상태평가 결과	a

<표 4.22> 무근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정

항목	균열	누수	파손 손상	재질열화				주변 상태	결합 점수 합계
				박리	충분리 박 락	백태	재료 분리		
결합 점수	3.500	0.000	0.000	0.167	0.250	0.000	0.000	2.000	5.667

라이닝결합지수(f) = Σ 결합점수(0.145) / 27 = 0.005

터널결합지수(F) = Σ 결합점수(5.667) / 34 = 0.165

결 합 지 수	0.165
상태평가 결과	b

나. 부대시설

- 능안터널(하)은 부대시설이 없으므로 부대시설 가중치를 1.0으로 부여하였다.

4.3.2. 전체시설물 상태평가 결과

가. 상태평가 결과

- 전체시설물에 대한 상태평가는 결합점수를 고려한 기본시설(본선, 라이닝) 결합지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 고려하여 전체시설물에 대한 시설물의 결합지수(F)를 산정하고, 그에 따른 상태평가 결과를 결정하였다.
- 본 터널에 대한 전체시설물의 상태평가 결과를 산정하기 위해 부대시설의 가중치를 반영한 결과, 본 구조물의 상태평가 결과는 B(0.164)로 평가되었다. 본 결과에 대한 세부사항은 아래 표와 같다.

<표 4.23> 상태평가 결과

부재명	라이닝 결합점수		주변상태	결합지수	연장별 가중치	최종 결합지수	상태평가 등급
라이닝	개착식	3.500	2.0	$(3.500+2.0)/43 = 0.127$	0.092	0.164	B
	무근	3.917		$(3.917+2.0)/34 = 0.174$	0.805		
	철근	3.000		$(3.000+2.0)/43 = 0.116$	0.103		
부재명	결합지수결과		상태평가 결과		허용가중치(W)		
부대시설	0.000		A		1.000		

※ 라이닝 결합점수란 개착, NATM(무근), NATM(철근)구간에 존재하는 손상별 결합점수의 평균값을 합계한 값임.

※ 결합지수란 각 라이닝 결합점수와 주변상태 점수를 더하여 라이닝별 결합점수의 총점으로 나누어준 값임.

※ 최종 결합지수 산정 시 개착구간, NATM(무근), NATM(철근) 각 구간의 연장길기와 전체 연장길기에 대한 연장별 가중치에 따라서 결합점수를 반영하여 평가토록 하였음.

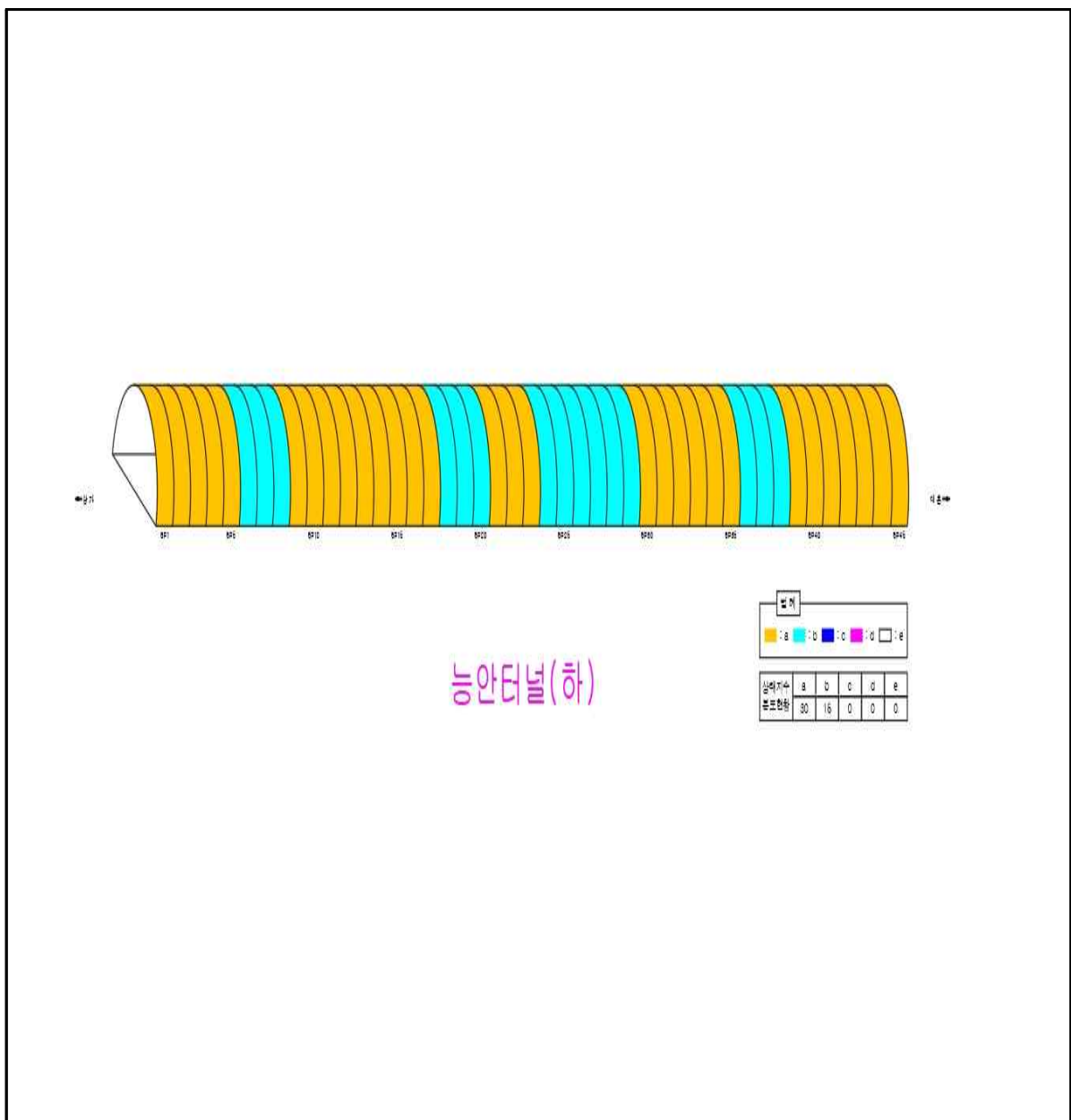
$$① \text{ 연장별 가중치 적용 개착구간 결합지수} = \text{개착구간 라이닝 결합지수} \times \text{연장별 가중치} \left[\frac{36}{390} = 0.127 \right]$$

$$② \text{ 연장별 가중치 적용 무근구간 결합지수} = \text{무근구간 라이닝 결합지수} \times \text{연장별 가중치} \left[\frac{314}{360} = 0.176 \right]$$

$$③ \text{ 연장별 가중치 적용 철근구간 결합지수} = \text{철근구간 라이닝 결합지수} \times \text{연장별 가중치} \left[\frac{40}{360} = 0.116 \right]$$

나. 상태평가 결과고찰

- 라이닝에서 발생된 폭 0.1~0.3mm의 균열, 망상균열의 발생이 본 터널의 상태평가 결과에 가장 큰 영향을 미친 것으로 분석되었다.
- 그 외 경미한 손상으로 누수, 백태, 박리, 박락 등이 조사되었으며, 구조물에 미치는 영향은 적을 것으로 판단된다. 다만, 구조물의 내구성확보를 위한 부분적 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 금회 실시한 상태평가의 라이닝별 상태평가 결과를 도식화하면 【그림 4.3】과 같으며, 가장 많은 분포를 보이는 상태지수는 “a($0 \leq F < 0.15$)”로 분석되었다.



<그림 4.3> 상태평가 라이닝 상태지수 분포도

4.3.3. 기 점검 결과 비교

<표 4.24> 전체 구간 상태평가 결과

구 분	2019년 초기안전점검		2021년 정밀안전점검		금회 정밀안전점검	
	결함도 지수	평가결과	결함도 지수	평가결과	결함도 지수	평가결과
기 점검 상태평가 결과	0.119	A	0.172	B	0.164	B
기 점검 상태평가 비교	상태평가 점수 상태평가기준 "d" 상태평가기준 "c" 상태평가기준 "b" 상태평가기준 "a" 초기안전점검 2021년 정밀 2023년 정밀					
검토의견	◦ 기 정밀안전점검 대비 결함도 지수 0.119 ⇨ 0.172 ⇨ 0.164 순으로 전회차 정밀안전점검(2021) 대비 결함도 지수가 감소한 것으로 나타났다으나, 상태평가 등급은 동일한 “B등급”으로 평가됨 ◦ 신규손상이 조사되었으나 평가에 영향을 미칠만한 손상은 아닌 것으로 분석됨 ◦ 2021년 점검과 결함도 지수 변동은 터널의 주변상태에서 금회 점검 상태평가 시 배수상태 항목의 점수 부여의 차이에 의한 것으로 분석됨					

<표 4.25> 무근 콘크리트 라이닝 결함점수 변경 및 사유

No	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		변경 및 사유			비고
3	0.111	a	0.185	b	▲0.074	변경	신규 균열(0.3mm이상), 박리	무근 구간
4	0.111	a	0.111	a	-	변동없음	-	
5	0.111	a	0.111	a	-	변동없음	-	
6	0.111	a	0.111	a	-	변동없음	-	
7	0.111	a	0.222	b	▲0.111	변경	신규 균열(0.3mm이상), 박락	
8	0.111	a	0.148	a	▲0.037	변경	신규 망상균열, 균열 재평가	
9	0.111	a	0.222	b	▲0.111	변경	전차 박락 손상 누락	
10	0.111	a	0.185	b	▲0.074	변동없음	-	
11	0.111	a	0.111	a	-	변동없음	-	
12	0.111	a	0.148	a	▲0.037	변경	신규 박락	
13	0.148	b	0.185	b	▲0.037	변경	No.13~14 분할 평가	
14	-	a	0.000	a	-	분할	No.13~14 분할 평가	

<표 4.26> 철근 콘크리트 라이닝 결함점수 변경 및 사유

No	2021년 정밀안전점검		2023년 정밀안전점검		변경 및 사유			비고
1	0.111	a	0.111	a	-	변동없음	-	개착
2	0.083	a	0.083	a	-	변동없음	전차 백태누락	철근 구간
15	0.083	a	0.083	a	-	변동없음	-	
16	0.083	a	0.083	a	-	변동없음	-	개착

4.4. 공중이 이용하는 부위 상태평가

4.4.1. 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.

가. 추락방지시설

추락방지시설에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

나. 도로포장

도로포장에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

다. 도로부 신축이음부

도로부 신축이음부에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

라. 환기구 등의 덮개

환기구 등의 덮개에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

4.4.2. 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과

<표 4.27> 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과 산정

구분	평가 결과	조사자 의견
추락방지시설	-	◦ 해당사항 없음
도로포장	b	• 교면포장은 콘크리트 포장(LMC)으로 시공되어 있으며 포장균열, 파손이 조사되었다. 점검 일 현재 균열은 경미한 수준으로 차량주행에 문제는 없으며 점검시 결함의 진행 여부를 지속적 으로 관찰하여 보수 여부를 진행하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
도로부 신축이음부	-	◦ 해당사항 없음
환기구 등의 덮개	-	◦ 해당사항 없음
공중이 이용하는 부위 상태평가 결과		◦ 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과 중대한 결함(d 등급)에 해당되는 사항이 없는 것으로 평가되었음