

제6장 시설물의 사용성능 평가

6.1 개요

6.2 평가 항목 및 기준

6.3 사용성능 평가

6.4 사용성능 평가결과

제6장 시설물의 사용성능 평가

6.1 개요

터널의 사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적에 만족하기 위한 성능으로 정의한다.

시설물의 사용성능은 사용성과 기능성으로 구분되며, 사용성은 사용자의 편의를 도모하는 시설의 성능으로 시설물에 대한 이용자의 만족도로 평가하며, 기능성은 시설물이 계획 당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

각 성능별로 세부지표의 평가 결과를 가중치를 반영하여 사용성능 평가 등급으로 결정한다.

6.2 평가 항목 및 기준

6.2.1 세부지표의 평가범위

도로(터널)의 사용성능은 주행성, 방재성, 유지관리성, 수요 및 용량의 관점에서 세부지표를 도출하였다. 이중 포장상태, 터널 내 휘도, 방재시설, 기계/전기설비, 교통량은 a~e로 범위를 정하고 비상대피시간은 a, c, e로 범위를 정한다.

〈표 6.1〉 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특 징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성	주행성	포장상태	a, b, c, d, e
		터널내 휘도	a, b, c, d, e
	방재성	방재시설	a, b, c, d, e
		비상대피시간	a, c, e
기능성	유지관리성	기계/전기설비	a, b, c, d, e
	수요 및 용량	통행량	a, b, c, d, e

6.2.2 사용성능 평가 지표 및 기준

가. 사용성

1) 주행성

① 포장상태(고속도로(HPCI))

성능평가기준은 고속도로의 포장상태지수(HPCI)의 관리기준을 적용한다. 고속도로의 포장상태지수 관리기준은 다음과 같고 아스팔트포장과 콘크리트 포장을 구분하여 적용한다.

〈표 6.2〉 고속도로 포장상태 성능평가 기준

평가기준	등급기준	
	HPCI 범위	설명
a	4.0 초과	매우양호
b	$3.5 < \text{HPCI} \leq 4.0$	양호
c	$3.0 < \text{HPCI} \leq 3.5$	보통
d	$2.0 < \text{HPCI} \leq 3.0$	불량
e	2.0 미만	매우불량

아스팔트 포장 : $\text{HPCI}_{10m} = 5 - 0.54 \times \text{IRI}^{0.8} - 0.75 \times \text{RD}^{1.2} - 0.9 \times \log(1 + 10 \times \text{SD})$

콘크리트 포장 : $\text{HPCI}_{10m} = 5 - 0.8 \times \text{IRI}^{0.7} - 0.85 \times \log(1 + 10 \times 2.5\text{SD})$

여기서, $\text{HPCI}_{100m} = \sum_{n=1}^{n+10} (\text{HPCI}_{10m})$

IRI(international roughness index) = 국제 평탄성 지수 (m/km)

RD(RUT depth) = 차바퀴 패임량(cm)

SD(Surface distress) = 노면 손상 환산 면적(m²)

$\text{SD} = \sum \text{각 선상균열길이} \times 0.15 + \sum \text{각 면상균열면적}$

② 터널 내 휘도

본 성능평가기준은 주간의 자동차 터널 도로의 경계부 및 기본부의 평균 휘도 KS C3703을 참조하여 적용하며 설계속도 100km/h를 기준으로 설정하였고 80km에서는 - 25% 된 값을 적용한다.

〈표 6.3〉 터널 내 휘도 성능평가 기준

평가기준	등급기준
a	평균 노면 휘도가 해당 설계속도의 휘도평가 기준 보다 높은 상태
b	평균 노면 휘도가 해당 설계속도의 휘도평가 기준의 85% 이상
c	평균 노면 휘도가 해당 설계속도의 휘도평가 기준의 75% 이상
d	평균 노면 휘도가 해당 설계속도의 휘도평가 기준의 65% 이상
e	평균 노면 휘도가 해당 설계속도의 휘도평가 기준의 65% 미만

〈표 6.4〉 설계속도에 따른 위치별 평균 휘도

설계 속도 (km/h)	경계부 평균 휘도		기본부 평균휘도		
	남향	북향	적음	보통	많음
100	370	480	7	9	11
80	260	360	5	6.5	8
60	200	250	3	4.5	6

2) 방재성

① 방재시설

방재시설은 아래표의 사전검지설비, 비상연락장구, 대피용시설, 구조용설비 및 장비를 포함하며 터널의 연장별 방재시설 기준을 얼마나 만족하고 있는가에 따라 등급을 설정한다. 설치유무와 설치상태를 반영하여 더 낮은 등급을 평가 대상지표의 평가등급으로 산정한다.

〈표 6.5〉 방재시설의 성능평가 기준

평가기준	등급기준	
	설치 유무	설치 상태
a	방재시설이 설치기준에 따라 설치되었을 때	방재시설이 구비 또는 교체 후 5년 이내이며 모두 양호한 상태
b	방재시설이 설치기준의 90% 이상 설치되어 있을 때	방재시설이 구비 또는 교체 후 5년 이상이며 모두 양호한 상태
c	방재시설이 설치기준의 80% 이상 설치되어 있을 때	설치된 방재시설이 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할 때
d	방재시설이 설치기준의 70% 이상 설치되어 있을 때	설치된 방재시설이 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할 때
e	방재시설이 설치기준의 70% 미만으로 설치되어 있을 때	설치된 방재시설이 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요 할 때

〈표 6.6〉 방재시설의 설치기준

방재시설		설치유무 및 상태	1등급	2등급	3등급	4등급	비고
소화설비	소화기구		●	●	●	●	
	옥내소화전설비		●○	●○			연장등급, 방재등급 병행
	물분무설비		○				
경보설비	비상경보설비		●	●	●		
	자동화재탐지설비		●	●			
	비상방송설비		○	○	○		
	긴급전화		○	○	○		
	CCTV		○	○	○	△	△: 200m 이상 터널
	영상유고감지설비		△	△	△		
	재방송설비		○	○	○	△	
	정보표시판		○	○			△: 200m 이상 터널
	진입차단설비		○	○			
피난대피설비	비상조명등		●	●	●	△	△: 200m 이상 터널
	유도등		○	○	○		
	대피시설	피난연결통로	●	●	●		
		피난대피터널(1)	●				1등급: 피난대피터널을 우선 적용
		격벽분리형 피난대피통로(1)		●	●		2등급: 격벽분리형 피난대피통로를 우선 적용
		비상주차대	○	○			
소화활동설비	제연설비		○	○			
	무선통신보조설비		●	●	●	△(2)	
	연결수송관설비		●○	●○			연장등급, 방재등급 병행
	(비상)콘센트설비		●	●	●		
비상전원설비	무정전 전원설비		●	●	●	△(3)	
	비상발전설비		●○	●-○	-		연장등급, 방재등급 병행

● 기본시설 : 연장등급에 의함 ○ 기본시설 : 방재등급에 의함

△ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함

(1) 피난연결통로의 설치가 불가능한 터널에 설치

(2) 4등급 터널의 경우, 재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함

(3) 4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함

② 비상대피시간

비상대피시간의 성능평가 기준은 비상대피시간에 직접적으로 영향을 미치는 피난연락갱의 유무 및 피난연락갱의 설치간격, 건교부는 일방통행터널에서 대인용 피난연결통로의 설치간격은 250m이하로 하며, 3개소마다(750m 이하의 간격) 구급차량이 통과할 수 있는 차량용 피난연결통로를 설치하도록 규정한다.

〈표 6.7〉 비상대피시간의 성능평가 기준

평가기준	등급기준
a	피난연락갱이 300m 이하 간격으로 설치됨, 연장 500m 미만의 터널
b	피난연락갱이 300m 초과와 간격으로 설치됨
c	피난연락갱이 설치되어 있지 않음

나. 기능성

1) 유지관리성(기계/전기설비)

전력/통신/신호설비는 설계도서에서 명시된 전기 시설의 각 장치의 설치유무를 먼저 판단하고, 현재의 외관상태나 작동상태등을 점검한다. 장치별로 현재의 외관상태나 작동유무는 아래 표를 참조하여 결정한다.

〈표 6.8〉 전력/통신/신호설비 성능평가 기준

평가기준	등급기준
a	사용연수가 구비 또는 교체 후 3년 이내이며, 장치의 외관 및 작동에 불량인 없는 양호한 상태
b	사용연수가 구비 또는 교체 후 3년 이상이며, 장치의 외관 및 작동에 불량인 없는 건전한 상태
c	불량이 경미하여 작동에 영향이 없는 상태
d	상태 및 작동이 불량하여 수리가 필요한 상태
e	상태가 불량하여 설비의 작동이 불가능한 상태로 교체가 필요한 상태

2) 수요 및 용량

도로 이용객의 이용 편의를 고려하여, 수요실제값 대비 수요예측값의 비율을 분석하고 해당 등급에 따라 평가를 수행한다.

〈표 6.9〉 수요 및 용량 성능평가 기준

평가 기준	평가내용
a	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100]$ 이 100 이상 일때
b	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100]$ 이 90 이상 100 미만 일때
c	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100]$ 이 80 이상 90 미만 일때
d	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100]$ 이 70이상 80 미만 일때
e	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100]$ 이 70 이하 일때

6.2.3 사용성능 평가 결과 산정방법

가. 세부지표별 가중치

각 세부지표의 사용성능 평가 등급 산정은 단일 기준이 적용되는 경우와 복수의 기준이 적용되는 경우가 있다. 단일기준이 적용되는 경우는 해당 평가 등급을 활용하고 복수의 기준이 적용되는 경우는 복수의 평가 결과 중 낮은 등급을 적용하여 해당 지표의 평가 등급을 결정한다.

〈표 6.10〉 도로터널의 사용성능 평가지표에 대한 가중치

구분	포장상태	터널내휘도	방재시설	비상대피시간	기계/전기 설비	통행량
가중치	0.182	0.139	0.187	0.184	0.144	0.164

나. 사용성능 평가 결과산정

최종 사용성능 평가 결과 산정 절차는 다음과 같다.

$$\text{사용성능평가} = \frac{\sum_{i=1}^n w^i c^i}{\sum_{i=1}^n w^i}$$

여기서, w=세부지표의 가중치, n=세부지표의 개수, c=각 세부지표별 평가 결과

다. 최종평가결과

최종평가 결과는 아래 표를 활용하여 적용하며 터널의 경우 결함도 지수화 단계를 거쳐 종합 평가에 활용한다.

〈표 6.11〉 최종평가 결과 점수

등급	설명	결과 점수
A	현재 수요 등을 만족하고 장래 수요 및 외부조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준	4.5 이상
B	현재 수요 등을 만족하나 장래 수요 및 외부조건 변화 등에 대한 관찰 및 주의가 필요한 성능 수준	3.5~4.5
C	장래 수요 및 외부조건 변화에 대해 기능발휘 또는 사용상 편의에 일부 문제점이 있어 일부 개선이 필요한 성능 수준	2.5~3.5
D	대부분의 기능이 요구되는 기능에 미치지 못하거나 운영 및 사용상 편의가 심각하게 우려되는 수준으로서 광범위한 부분에서 개선이 필요한 성능 수준	1.5~2.5
E	기능 발휘 또는 사용상 편의를 기대할 수 없어 개선 또는 개량이 필요한 성능 수준	1.5 미만

〈표 6.12〉 사용성능 결과점수의 평가지수(pu)화

기준	A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
사용성능 평가지수	0.08	0.23	0.43	0.65	0.88

6.3 사용성능 평가

6.3.1 사용성

가. 주행성

1) 포장상태

과업대상 구조물은 부산울산선(고속국도 65호선)에 위치하여 고속도로에 해당되며, 균열률 및 소성변형은 현장조사 결과를 반영하여 산정하였다. HPCI산정결과 해운대터널(부산)은 $HPCI > 4.0$ 으로 계산되어 매우양호 등급인 'a'로 평가되었다.

〈표 6.13〉 포장상태 평가결과

시설물명	방향	차로	조사구간(km)		포장 형식	조사결과			HPCI	평가 등급
			시점	종점		IRI (m/km)	RD (cm)	SD (㎡)		
해운대 터널	부산	1	0.9	1.0	JSP	0.69	—	0.00	4.39	a
	부산	1	1.0	1.1	JSP	0.75	—	0.00	4.34	a
	부산	1	1.1	1.2	JSP	0.61	—	0.00	4.44	a
	부산	1	1.2	1.3	JSP	0.80	—	0.08	4.28	a
	부산	1	1.3	1.4	JSP	0.80	—	0.00	4.33	a
	부산	1	1.4	1.5	JSP	0.97	—	0.01	4.22	a
	부산	1	1.5	1.6	JSP	1.29	—	0.00	4.06	a
	부산	2	0.9	1.0	JSP	0.51	—	0.00	4.50	a
	부산	2	1.0	1.1	JSP	0.52	—	0.41	4.35	a
	부산	2	1.1	1.2	JSP	0.55	—	0.00	4.48	a
	부산	2	1.2	1.3	JSP	0.63	—	0.07	4.38	a
	부산	2	1.3	1.4	JSP	0.61	—	0.00	4.44	a
	부산	2	1.4	1.5	JSP	0.69	—	0.00	4.39	a
	부산	2	1.5	1.6	JSP	1.18	—	0.00	4.11	a
	부산		0.7km		JSP	HPCI 평균값			4.34	a

*참고 : 한국도로공사 2018년 PMS 자료[★2018년 PMS 1SET(집계표)]

2) 터널내 휘도 평가

과업대상 구조물은 편도3차선으로 구성되었으며, 주간의 자동차 터널 도로의 경계부 및 기본부의 평균 휘도 KS C 3703을 참조하여 적용하였다. 휘도 측정결과 해운대터널(부산)은 평균 노면 휘도가 해당 설계속도의 휘도평가 기준이상인 'a'로 평가되었다.

〈표 6.14〉 터널내 휘도 평가결과

구분	설계 속도	방향	교통량	설계값(cd/㎡)		측정값(cd/㎡)		평가 등급	비 고
				경계부	기본부	경계부	기본부		
해운대터널 (부산)	100km	북향	423대/시간/차로 (보통)	200	9	200.7 (a)	9.1 (a)	a	

나. 방재성

1) 방재시설

본 해운대터널(부산)은 500m이상 1,000m미만으로 방재등급 3등급에 해당하며 방재시설의 설치기준을 검토한 결과는 다음과 같다.

〈표 6.15〉 방재시설의 평가결과(해운대터널(부산))

방재시설			설치유무 및 상태	설치유무	수리	교체	개별 평가 등급	평가등급
소화설비	소화기구		○	—	—	b	b	
	옥내소화전설비		해당없음	—	—			
	물분무설비		해당없음	—	—			
경보설비	비상경보설비		○	—	—	b		
	자동화재탐지설비		해당없음	—	—			
	비상방송설비		○	—	—			
	긴급전화		○	—	—			
	CCTV		○	—	—			
	재방송설비		○	—	—			
	정보표지판		해당없음	—	—			
	진입차단설비		해당없음	—	—			
피난대피설비	비상조명등		○	—	—	b		
	유도등		○	—	—			
	대피 시설	피난연결통로	×	—	—			
		피난대피통로	해당없음	—	—			
		비상주차대	해당없음	—	—			
소화활동설비	제연설비		해당없음	—	—	b		
	무선통신보조설비		○	—	—			
	연결송수관설비		해당없음	—	—			
	(비상)콘센트설비		○	—	—			
비상전원설비	무정전 전원설비		○	—	—	b		
	비상발전설비		○	—	—			

2) 비상대피시간

본 해운대터널의 총연장은 680m의 터널로 피난연락갱이 설치되지 않은 것으로 조사되어, 평가등급은 c로 평가 되었다.

〈표 6.16〉 비상대피시간 평가결과

구 분	연장(m)	피난연락갱 설치상태	평가등급
해운대터널(부산)	680	설치되지 않음	c

6.3.2 기능성

가. 유지관리성(기계/전기설비)

기계/전기설비는 주기적인 점검(일일, 주간, 월간)을 실시하고 있는 것으로 확인되며, 외관 및 작동상태는 건전한 것으로 평가되어 b등급으로 평가하였다.

〈표 6.17〉 기계/전기설비 평가결과(해운대터널(부산))

구 분	구 성	평가결과	등급점수	합계	개별 설비등급	평가등급
수변전설비	수전설비	b	4	4.0	b	b
	변전설비	b	4			
경보설비	비상발전기	b	4	4.0	b	
	축전지설비	b	4			
	UPS (무정전전원)	b	4			
감시제어설비	자동제어설비	b	4	4.0	b	
	현장기기	b	4			
환기동력설비	환기동력설비	b	4	4.0	b	
조명설비	유도등	b	4	4.0	b	

나. 수요 및 용량(통행량)

대상 시설물의 수요예측(2018년) 및 수요실제(2017년) 교통량 조사 결과, 수요예측 10,069 대/일, 소요실제 20,308대/일로 49.6%인 것으로 산정되어 e등급인 것으로 평가되었다.

〈표 6.18〉 교통량 평가결과

구분	수요예측(대/일) a	수요실제(대/일) b	대비(%) a/b*100	평가등급	비고
해운대터널 (부산방향)	10,069	20,308	49.6%	e	예측: 2018년 실제: 2017년

* 참고 : 1. 부산~울산 고속도로 민간투자시설사업 건설지(2008년)
2. 교통량 정보제공 시스템(TMS, <http://www.road.re.kr>)

6.4 사용성능 평가결과

6.4.1 평가결과

〈표 6.19〉 성능지표 평가 결과(해운대터널(부산))

평가자료		측정값	등급
사용성능	포장상태	[HPCI = 4.34] > 4.0	a
	터널내 휘도	100% ≤ [평균 노면휘도/설계속도의 휘도평가 기준=100%]	a
방재성	방재시설	방재시설이 설치기준에 따라 설치됨 방재시설 구비 또는 교체 후 5년이상/모두 양호	b
	비상대피시간	피난연락경이 설치되지 않음	c
유지관리성	기계/전기설비	사용년수가구비또는교체후3년이상 /장치의외관및작동에불량이없는건전상상태	b
수요 및 용량	교통량	[(수요예측/수요실제) × 100=50%] ≤ 70%	e

〈표 6.20〉 사용성능 평가 결과(해운대터널(부산))

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	주행성	포장상태	0.182	a	5
		터널내 휘도	0.139	a	5
	방재성	방재시설	0.187	b	4
		비상대피시간	0.184	c	3
기능성	유지관리성	기계/전기설비	0.144	b	4
	수요 및 용량	교통량	0.164	e	1
결합도 지수	5.00×0.182 + 5.00×0.139 + 4.00×0.187 + 3.00×0.184 + 4.00×0.144 + 1.00×0.164 =				3.645
사용성능 등급					B

6.4.2 사용성능 평가 결과

대상 구조물의 사용성능 평가는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2018. 06, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거하여 결정하였다.

해운대터널(부산)의 사용성능 평가 결과는 현재 수요 등을 만족하나 장래 수요 및 외부조건 변화등에 대한 관찰 및 주의가 필요한 성능 수준인 “B”로 평가되었다.

〈표 6.21〉 사용성능 평가 결과

구조물명	사용성능 평가 결과		종합 사용성능 평가 결과
	결함지수	기준	
해운대터널(부산)	3.645	B	B
사용성능평가 결과	해운대터널(부산)의 현재 수요 등을 만족하나 장래 수요 및 외부조건 변화등에 대한 관찰 및 주의가 필요한 성능 수준인 “B” 로 평가됨		