제 6 장 시설물의 사용성능 평가

6.1 개요

6.2 사용성

6.3 기능성

6.4 사용성능 평가 결과

제 6장 시설물의 사용성능 평가

6.1 개요

교량의 사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적을 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.

6.1.1 사용성능 평가 항목 및 기준

가. 일반

교량의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 사용성과 기능성으로 구분하고 시설물의 특징을 반영하여 도출한다.

교량에서는 서비스의 성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 사용자의 만족도 측면에서 사용성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량을 선정한다.

나. 세부지표의 평가범위

1) 도로교량

- 도로교량의 사용성능은 사용성, 유지관리성, 수요 및 용량의 관점에서 세부지표로 포장상태, 교량조명, 진동사용성, 점검시걸, 교통량으로 도출하고 a~e로 적용한다.
- 도로교량의 사용성능은 포장상태, 교량조명 등 직접적인 수치로 계량할 수 있는 정량적 평가와 책임기술자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행한다.

【표 6.1】 세부지표별 적용 범위(도로교량)

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	사용성	포장상태	a, b, c, d, e
		교량조명	a, b, c, d, e
		진동사용성	a, b, c, d, e
기능성	유지관리성	점검시설	a, b, c, d, e
	수요 및 용량	교통량	a, b, c, d, e

2) 철도교량

- 철도교량의 사용성능은 사용성, 유지관리성, 수요 및 용량의 관점에서 세부지표를 도출하고 승차감은 a, b, d로, 점검시설과 통행량은 a~e로 적용한다.
- 철도교량의 사용성능은 승차감과 같이 직접적인 수치로 계량할 수 있는 정량적 평가와 책임기술자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행한다.

【표 6.2】 세부지표별 적용 범위(철도교량)

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	사용성	승차감	a, b, d
기능성	유지관리성	점검시설	a, b, c, d, e
	수요 및 용량	통행량	a, b, c, d, e

다. 사용성능 평가 지표 및 기준

1) 도로교량

① 사용성

㉠ 포장상태

(1) 고속도로(HPCI)

【표 6.3】 고속도로 포장상태 성능평가 기준

평가기준	평가내용	
	HPCI 범위	설명
a	4.0 초과	매우양호
b	3.5 < HPCI ≤ 4.0	양호
c	3.0 < HPCI ≤ 3.5	보통
d	2.0 < HPCI ≤ 3.0	불량
e	2.0 미만	매우불량

<해 설>

○ 본 성능평가기준은 고속도로의 포장상태지수(HPCI)의 관리기준을 적용한다.

○ 고속도로의 포장상태지수 관리기준은 다음과 같고 아스팔트포장과 콘크리트 포장을 구분하여 적용한다.

○ HPCI 산정식

아스팔트 포장 : $\mathrm{HPCI10m} = 5 - 0.54 \times IRI^{0.8} - 0.75 \times RD^{1.2} - 0.9 \times log(1 + 10 \times SD)$

콘크리트 포장 : $\mathrm{HPCI10m} = 5 - 0.8 \times IRI^{0.7} - 0.85 \times log(1 + 10 \times 2.5SD)$

여기서, HPCI100m= $\sum_{n}^{n+10}(HPCI_{10m})$

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

RD(RUT depth) = 차바퀴 패임량(cm)

SD(Surface distress) = 노면 손상 환산 면적(㎡)

$SD = \sum$각 선상균열길이 $\times 0.15 + \sum$각 면상균열면적

○ 콘크리트, 아스팔트 포장의 HPCI 등급기준에서 제시된 7등급 단계에서 3,4등급을 평가등급의 C등급으로 5,6등급을 D등급으로 환산하여 평가 등급을 산정한다.

○ IRI(국제평탄성지수) : 주행중 운전자가 느끼는 노면의 요철에 의한 진동을 표현할 수 있는 지수로 도로공사에서는 전문조사차량을 이용하여 노면 요철을 측정하여 프로그램으로 산출하고 그에 따른 DB를 구축하고 있다.

○ RD(소성변형량) : 광학적 라인을 비추어 라인의 굴곡을 이미지로 획득하여 이미지 처리를 거쳐 노면의 굴곡을 측정하는 방식이다.

○ SD(표면손상) : 조사차량을 이용하여 10m간격으로 노면영상을 촬영하고 손상면적을 산정한다.

(2) 일반도로(NHPCI)

【표 6.4】 일반도로 포장상태 성능평가 기준

평가기준	평가내용	
	HPCI 범위	설명
a	6.0 초과	매우우수
b	5.5 < NHPCI ≤ 6.0	우수
c	4.0 < NHPCI ≤ 5.5	보통
d	2.0 < NHPCI ≤ 4.0	불량
e	0.0 < NHPCI ≤ 2.0	매우불량

<해 설>

○ 본 성능평가기준은 고속도로의 포장상태지수(HPCI)의 관리기준을 적용한다.

○ 일반국도 포장상태 평가지수인 NHPCI(National Highway Pavement Condition Index) 개발은 국도관리사무소의 관리자, 산 · 학 · 연 포장전문가로 구성된 패널의 현장조사 자료를 통계 분석하여 다음과 같은 식을 개발하였다.

$$NHPCI = \frac{1}{(0.33 + 0.003 \times X_{CR} + 0.004 \times X_{RD} + 0.0183 \times X_{IRI})^2}$$

이때, X_{CR} : 균열률(%)

X_{RD} : 소성변형(㎜)

X_{IRI} : 종단평탄성(m/km)

㉡ 교량조명

【표 6.5】 교량 조명의 성능평가 기준

평가기준	평가내용	
	작동유무	설치상태
a	○조명이 새로 신설되었으며, 모든 조명 사용가능	○평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급 보다 높은 상태
b	○모든 조명의 90% 이상 사용가능	○평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 90% 이상
c	○모든 조명의 80% 이상 사용가능	○평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 80% 이상
d	○모든 조명의 70% 이상 사용가능	○평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 70% 이상
e	○모든 조명의 70% 미만 사용가능	○평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 70% 미만

<해 설>

○ 평가기준은 「도로안전시설 설치 및 관리지침」의 도로 및 교통의 종류에 따른 도로조명 등급을 기준으로 적용한다. 따라서 해당 도로가 아래표의 도로조명 등급에서 해당하는 등급을 먼저 선정하고 그 기준을 제대로 충족하는지를 기준으로 성능을 평가한다.

○ 단, 교량 조명이 설치되어 있지 않을 경우 이 지표를 제외하고 나머지 지표로 도로(교량)에 대한 사용성능 평가를 수행한다.

【표 6.6】 운전자에 대한 도로조명의 휘도 기준

도로 조명 등급	평균 노면 휘도(최소허용치) [cd/㎡]
M1	2.0
M2	1.5
M3	1.0
M4	0.75
M5	0.5

<해 설>

○ 교량 조명의 경우 차량주행 중 운전자가 느끼는 시인성에 집중하여 차선에 대한 노면 휘도를 평가한다.

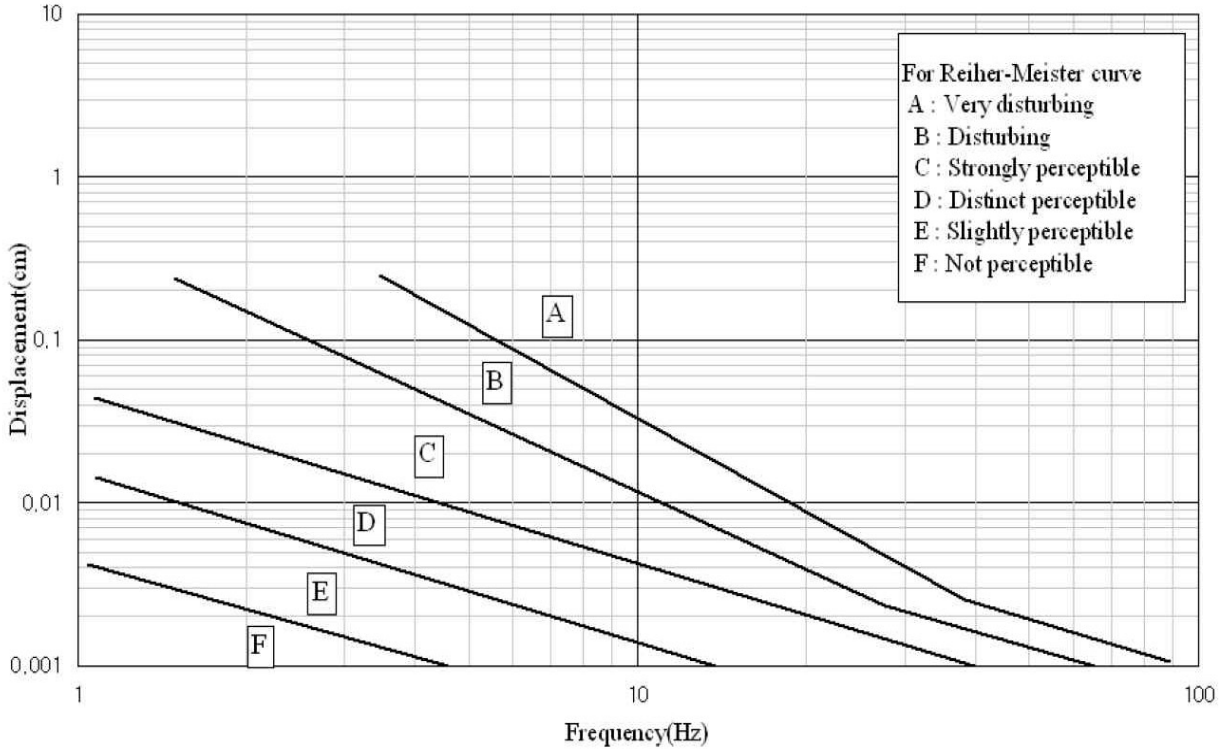
㉢ 진동사용성

【표 6.7】 진동사용성의 성능평가 기준

평가기준	평가내용
a	○E, F 구간 : 인지할 수 없거나 거의 인지할 수 없는 상태
b	○D 구간 : 약간 인지할 수 있는 상태
c	○C 구간 : 강하게 인지할 수 있는 상태
d	○B 구간 : 불안감이 조성되는 상태
e	○A 구간 : 매우 불안감이 조성되는 상태

<해 설>

○ 본 성능평가의 기준은 진동으로 인하여 사람들이 느끼는 감각정도를 평가하는 Reigher-Meister(1931)의 허용곡선을 이용하여 적용된다. 진동 사용성 측정 시 가장 통행량이 많은 일(Day)을 기준으로 24시간 측정하여 평가한다.



【그림 6.1】 Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

○ 위 그림에서 a등급은 EF구간, b등급은 D구간, c등급은 C구간, d등급은 B구간, e등급은 A구간을 기준으로 적용한다.

○ 도로 이용자가 교통 통과시 진동으로 인하여 느끼는 감각정도를 평가하기 위한 시험으로써 교량 이용차량 통과시 교량 거더의 진동수(Frequency, Hz)와 변위(Displacement, mm)를 측정한다.

② 유지관리성

㉠ 점검시설

(1) 일반교량

【표 6.8】 일반교량의 점검시설 성능평가 기준

평가 기준	평가내용	
	설치 유무	설치상태
a	○ 점검로가 교각마다 모두 설치되어 있을 때	○ 점검로가 신설되어 모두 양호한 상태
b	○ 점검로가 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로가 모두 양호한 상태
c	○ 점검로가 교각의 60% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때
d	○ 점검로가 교각의 40% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때
e	○ 점검로가 교각의 40% 미만으로 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태

<해 설>

○ 도로(일반교량)의 유지관리를 위하여 가장 필수적인 점검로의 설치유무 및 설치된 점검로의 상태를 평가한다. 조사방법은 육안조사를 통하여 5등급으로 평가하며 여기서 점검로는 교각의 점검로를 의미한다.

○ 단, 교량의 구조형식에 따라 점검로 설치가 불가한 경우는 해당 지표를 제외하고 등급 평가한다.

(2) 특수교량

【표 6.9】 특수교량의 점검시설 성능평가 기준

평가 기준	평가내용	
	설치 유무	설치상태
a	○ 점검로와 레일이 교각마다 모두 설치되어 있을 때	○ 점검로와 레일이 신설되어 모두 양호한 상태
b	○ 점검로와 레일이 교각의 90% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로와 레일이 모두 양호한 상태
c	○ 점검로와 레일이 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로와 레일의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때
d	○ 점검로와 레일이 교각의 70% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로와 레일의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때
e	○ 점검로와 레일이 교각의 70% 미만으로 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로와 레일의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태

<해 설>

○ 도로(특수교량)의 유지관리를 위하여 가장 필수적인 점검로와 레일의 설치유무 및 설치된 점검로와 레일의 상태를 평가한다. 조사방법은 육안조사를 통하여 5등급으로 평가한다.

③ 수요 및 용량

㉠ 교통량

【표 6.10】 교통량의 성능평가 기준

평가기준	평가내용
a	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 100 이상 일때
b	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 90 이상 100 미만 일때
c	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 80 이상 90 미만 일때
d	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 70이상 80 미만 일때
e	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 70 이하 일때

<해 설>

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

○ 단위는 대/일을 사용한다.

2) 철도교량

① 사용성

㉠ 승차감

【표 6.11】 승차감 성능평가 기준

평가기준	평가내용	비고
a	○ 속도 및 연장별 최대연직처짐 제한을 만족하고, 이전 실측치 이하인 경우	○ a 또는 b등급에 해당하는 경우, 이전 실측치가 없으면 a 등급으로 평가
b	○ 속도 및 연장별 최대연직처짐 제한을 만족하고, 이전 실측치를 초과하는 경우	
d	○ 속도 및 연장별 최대 연직처짐 제한을 초과하는 경우	

<해 설>

○ 실제 열차하중에 의한 속도별 동적해석 응답의 최댓값과 충격계수를 고려한 표준열차 하중 단선재하에 의한 최댓값 중 불리한 값이 아래표의 제한치를 만족해야 한다.

【표 6.12】 최대 연직처짐 제한(승차감 : 매우양호)

설계속도 (V) (km/h)	거더 또는 부재의 경간(m)										
	0~20	25	30	35	40	45	50	55	60~75	80~95	100~120
270<V≤350	L /1500	L /1500	L /1600	L /1750	L /1900	L /2100	L /2200	L /2350	L /2500	L /2200	L /1900
200<V≤270	L /1300	L /1400	L /1500	L /1600	L /1700	L /1900	L /2000	L /2100	L /2000	L /1700	L /1400
V≤200	L /1100	L /1200	L /1300	L /1500	L /1500	L /1400	L /1300	L /1200	L /1100	L /800	L /600

② 유지관리성

㉠ 점검시설

【표 6.13】 점검시설 성능평가 기준

평가 기준	평가내용	
	설치 유무	설치상태
a	○ 점검로가 교각마다 모두 설치되어 있을 때	○ 점검로가 신설되어 모두 양호한 상태
b	○ 점검로가 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로가 모두 양호한 상태
c	○ 점검로가 교각의 60% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때
d	○ 점검로가 교각의 40% 이상 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때
e	○ 점검로가 교각의 40% 미만으로 설치되어 있을 때	○ 설치된 점검로의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태

<해 설>

○ 철도교량의 유지관리를 위하여 가장 필수적인 점검로의 설치유무 및 설치된 점검로의 상태를 평가한다. 조사방법은 육안조사를 통하여 5등급으로 평가하며 여기서 점검로는 교각의 점검로를 의미한다.

○ 단, 교량의 구조형식에 따라 점검로 설치가 불가한 경우는 해당 지표를 제외하고 등급 평가한다.

③ 수요 및 용량

㉠ 교통량

【표 6.14】 통행량 성능평가 기준

평가기준	평가내용
a	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 100 이상 일때
b	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 90 이상 100 미만 일때
c	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 80 이상 90 미만 일때
d	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 70이상 80 미만 일때
e	○ [$\frac{수요예측}{수요실제}$×100]이 70 이하 일때

<해 설>

○ 철도 이용객의 이용 편의를 고려하여, 수요 실제값 대비 수요 예측값의 비율을 분석하고 해당 등급에 따라 수행한다.

○ 단위는 인/일을 사용한다.

○ 단, 통행횟수는 일반철도 교량과 고속철도 교량을 구분하여 적용할 수 있다.

【표 6.15】 일 통행횟수 성능평가 기준(고속철도)

평가기준	평가내용
a	○일일 통행 횟수가 60회 미만 일 때
b	○일일 통행 횟수가 60~120회 일 때
c	○일일 통행 횟수가 120~180회 일 때
d	○일일 통행 횟수가 180~240회 일 때
e	○일일 통행 횟수가 240회 이상 일 때

【표 6.16】 일 통행횟수 성능평가 기준(일반철도)

평가기준	평가내용
a	○일일 통행 횟수가 25회 미만 일 때
b	○일일 통행 횟수가 25~50회 일 때
c	○일일 통행 횟수가 50~75회 일 때
d	○일일 통행 횟수가 75~100회 일 때
e	○일일 통행 횟수가 100회 이상 일 때

마. 사용성능 평가 결과 산정 방법

1) 세부지표별 가중치

- 도로교량, 철도교량 각 성능지표의 세부지표는 다음과 같다.

① 도로교량

【표 6.17】 도로교량의 사용성능 평가지표에 대한 가중치 산정

구분	포장상태	교량조명	진동사용성	점검시설	교통량
가중치	0.247	0.150	0.202	0.206	0.195

<해 설>

○ 구조형식 및 책임기술자 판단에 따라 평가가 이루어지지 않은 지표는 해당지표의 가중치를 제외하고 평가한다.

② 철도교량

【표 6.18】 철도교량의 사용성능 평가지표에 대한 가중치 산정

구분	승차감	점검시설	통행량
가중치	0.5	0.14	0.36

<해 설>

○ 구조형식 및 책임기술자 판단에 따라 평가가 이루어지지 않은 지표는 해당지표의 가중치를 제외하고 평가한다.

2) 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 평과 결과

3) 최종평가결과

- 교량 성능평가를 적용할 때, 사용성능 결과를 결함도 지수로 환산한다. 사용성능 평가 결과는 아래의 표와 같이 결함도 지수를 활용하여 종합성능평가에 적용한다.

【표 6.19】 평가등급에 따른 결함도 지수

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0.10	0.20	0.40	0.70	1.00

【표 6.20】 등급 산정을 위한 결함도 지수 범위

A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
0≤X<0.13	0.13≤X<0.26	0.26≤X<0.49	0.49≤X<0.79	0.79≤X

바. 사용성능 평가 결과 산정 예시

1) 성능지표 평가

① 포장상태 평가

- 고속도로와 국도에 대한 PMS의 정보를 활용하거나 실제 측정값을 적용하여 평가 등급을 산정한다.
- 측정결과, NHPCI값이 5.2~6.9의 값으로 나타났으며, 최젓값 5.2에 대한 평가등급 적용시 c등급으로 나타난다.

【표 6.21】 NHPCI 분석 결과(예시)

조사번호	호선	조사연장 (km)	평균			NHPCI
			균열율(%)	종단평탄성(IRI)	소성변경(RD)	
00대교 (상행1차로)	46	0.890	0.37	1.95	3.62	6.9
00대교 (상행2차로)	46	0.930	14.86	1.88	7.51	5.2
00대교 (하행1차로)	46	0.910	3.91	3.32	6.96	5.5
00대교 (하행2차로)	46	0.930	7.34	2.98	8.62	5.2

② 교량 조명

- 조명의 작동 여부와 설치상태를 평가하여 낮은 등급을 적용한다.
- 휘도는 10회 측정 후 측정된 값 중 최젓값과 최댓값을 제외한 평균값을 적용한다.
- 전체 조명이 정상적으로 작동하고 있었으며 휘도의 측정값은 아래와 같다.

【표 6.22】 휘도 측정값(예시)

No	외곽차선 휘도	중앙차선 휘도
1	0.98	0.77
2	0.57	0.84
3	0.83	0.98
4	0.88	0.92
5	1.51	0.72
6	0.70	1.00
7	0.45	0.71
8	0.53	0.61
9	0.85	0.75
10	0.50	1.39
평균(최대값, 최저값 제외)	0.73	0.84

- 해당 도로는 M3에 해당하며 평균노면 휘도는 1.0[cd/㎡]이 해당한다. 외곽차선 휘도와 중앙차선 휘도 중 낮은 값(0.73)을 적용하면 70%이상으로 d등급에 해당된다.

③ 진동사용성

- 가장 통행량이 많은 일(Day)을 기준으로 24시간 측정하여 적용한다.
- 거더 경간 중앙부에 센서를 설치하여 측정하며 계측 데이터 중 유효데이터를 선별하여 적용한다.
- 계측 데이터 중 유효 데이터를 선별하였으며, 처짐의 최댓값은 5.55로 측정되었다.

【표 6.23】 처짐(예시)

구분	측정센서		비고
	처짐1	처짐2	
T1	−0.85	−1.13	
T2	−4.51	−5.38	
T3	−4.26	−4.81	
T4	−4.98	−5.34	
T5	−4.25	−5.07	
T6	−4.34	−5.31	
T7	−4.65	−5.55	max.

- 고유진동수 측정결과 중 유효한 데이터를 선별하였으며, 고유 진동수 최댓값은 3.14 계산되었다.
- 따라서, 처짐값 5.55, 고유진동수 3.14에 해당되는 구간은 A구간으로 나타났으며, e 등급(매우 불안감이 조성되는 상태)으로 평가되었다.

【표 6.24】 고유진동수(예시)

구분	고유진동수(Hz)		비고
	1차	2차	
T1	2.02	2.33	
T2	2.33	3.14	
T3	2.14	2.32	
T4	2.61	3.03	
T5	2.13	2.62	
T6	2.20	2.63	
T7	2.20	2.57	max.

④ 점검시설

- 교량 점검시설의 설치유무와 설치 상태를 평가하여 낮은 등급으로 적용한다.
- 총 교각의 개수는 12개이며 점검로는 교각마다 설치되어 있고, 2개의 점검로가 수리가 필요하다.
- 따라서 설치유무는 a등급 설치상태는 c등급으로 평가되어 해당 세부지표의 등급은 c 등급으로 평가되었다.

⑤ 교통량

- 수요 예측과 소요실제를 비교하여 평가한다.
- 수요 예측은 8000/일 이며 수요 실제는 6000/일으로 133%로 산정되어 a등급으로 평가되었다.

2) 세부지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능등급 산정

- 사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.4×0.247(포장상태)+0.7×0.150(교량조명)+1×0.202(진동사용성)+0.4×0.206(점검시설의 유무)+0.1×0.195(교통수요) = 0.508

【표 6.25】 사용성능 평가(예시)

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	c	0.4
		교량조명	0.150	d	0.7
		진동사용성	0.202	e	1.0
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	c	0.4
	수요 및 용량	교통량	0.195	a	0.1
				결함도 지수	0.508
				등급	D

6.2 사용성

본 과업에서 사용성 평가항목은 아래 표와 같이, 크게 포장상태 항목 및 진동사용성 항목 등 2가지를 평가하였다.

【표 6.26】 사용성 평가항목

사용성
포장상태, 진동사용성

6.2.1 포장상태

과업대상 시설물은 국도32호선에 위치하여 일반도로에 해당하며, 포장상태 평가기준은 일반국도의 포장상태지수(NHPCI)의 관리기준을 적용한다.

도로포장관리시스템의 접근이 불가하여 상세구간에 대한 자료는 확보하지 못하였으며, 장암교가 위치한 국도32호선에 해당하는 종합적인 포장상태 자료를 참조하였다.

【표 6.27】 포장상태 평가결과

구분	호선	조사연장 (m)	평균			NHPCI
			균열율 (%)	종단평탄성 (IRI)	소성변형 (RD)	
국도32호선(장암교)	25	176,900	8.72	1.95	7.41	4.007

○주) 도로포장관리시스템 최종보고서(2020) – 국토교통부

○주) NHPCI : 일반국도 포장상태 평가지수

$$NHPCI = \frac{1}{(0.33 + 0.003 \times X_{CR} + 0.004 \times X_{RD} + 0.0183 \times X_{IRI})^2}$$

이때, X_{CR} : 균열률(%)

X_{RD} : 소성변형(㎜)

X_{IRI} : 종단평탄성(m/km)

6.2.2 교량조명

장암교의 조명시설은 가로등과 같은 조명시설물이 설치되지 않은 상태로 노면 휘도 측정 결과에 대한 평가에서 제외하였다.

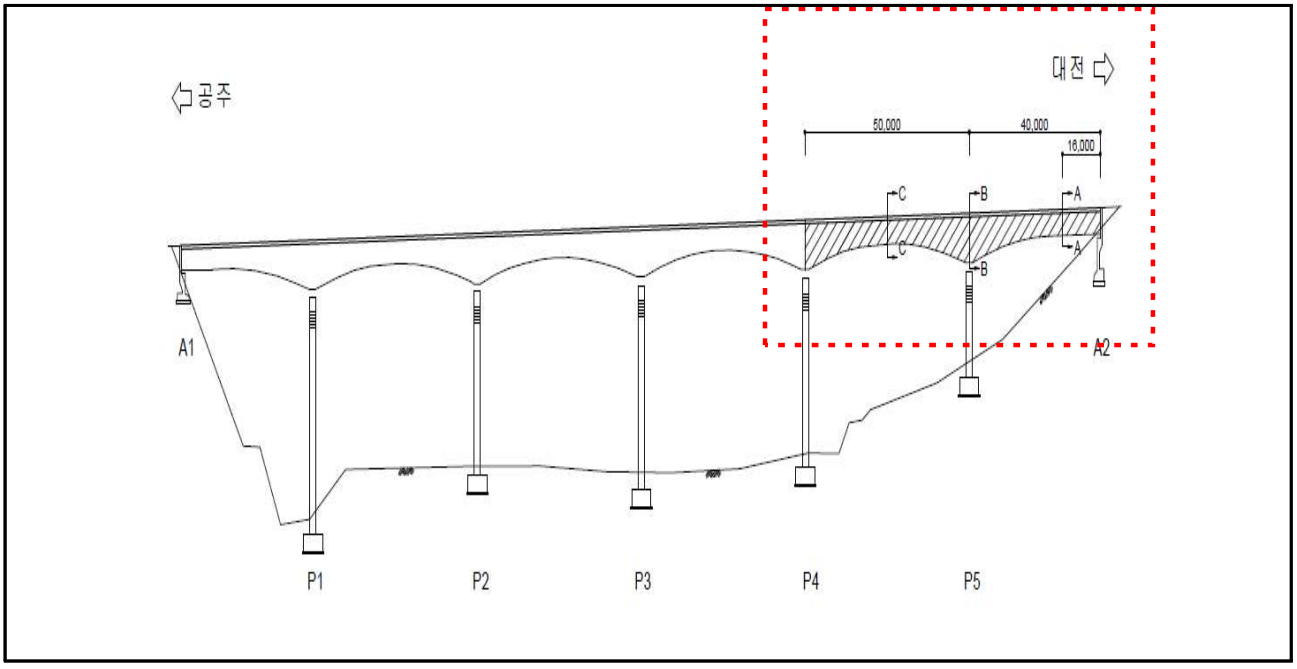
6.2.3 진동사용성

가. 개요

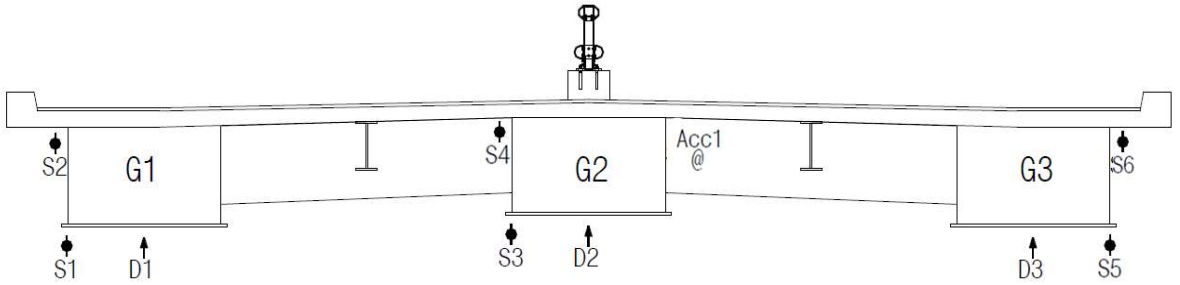
교량에 진동 및 처짐을 유발하는 주원인은 주행차량이며 승용차와 같은 경량의 자동차보다는 중차량이 문제가 되고 있다. 또한 노면요철, 신축이음장치의 평탄성 및 받침의 노후화 등도 이러한 문제점을 증폭시키는 요인으로 알려져 있다. 이러한 원인으로 진동이 유발되어 교량을 통행하는 보행자나 차량에 탑승한 승객들은 불쾌감을 느끼고, 일부는 심리적인 불안감을 표출하게 된다. 본 과업에서는 상시 계측을 통해 취득한 계측치를 이용하여 진동 사용성능 평가를 실시하였다.

나. 측정위치

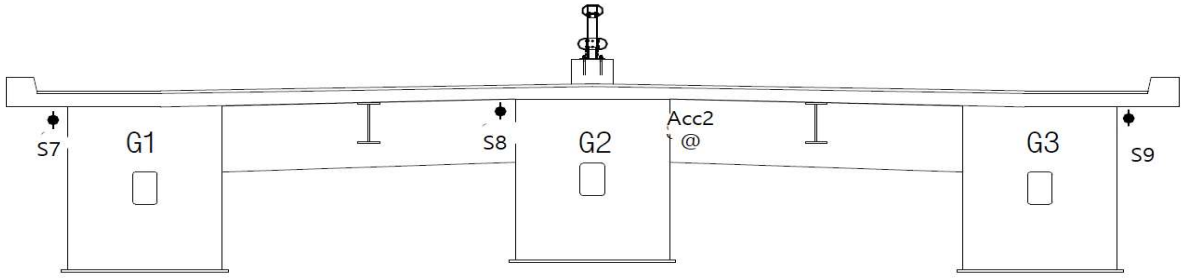
과업 대상 교량의 진동 사용성능을 평가하기 위해 S5~6에 처짐계 및 가속도계를 설치하였다.



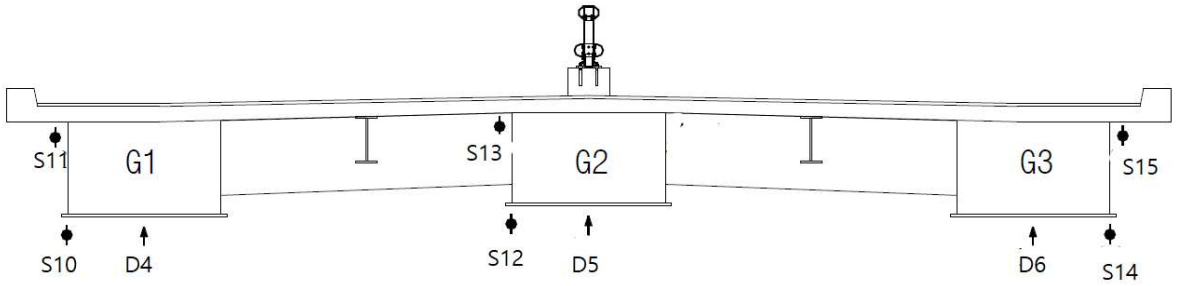
【그림 6.2】 처짐계 및 가속도계 설치 현황



<단면 A-A> : S6경간 정모멘트부



<단면 B-B> : P5 부모멘트부



<단면 C-C> : S5경간 정모멘트부

【그림 6.2】 처짐계 및 가속도계 설치 현황(계속)

다. 측정결과

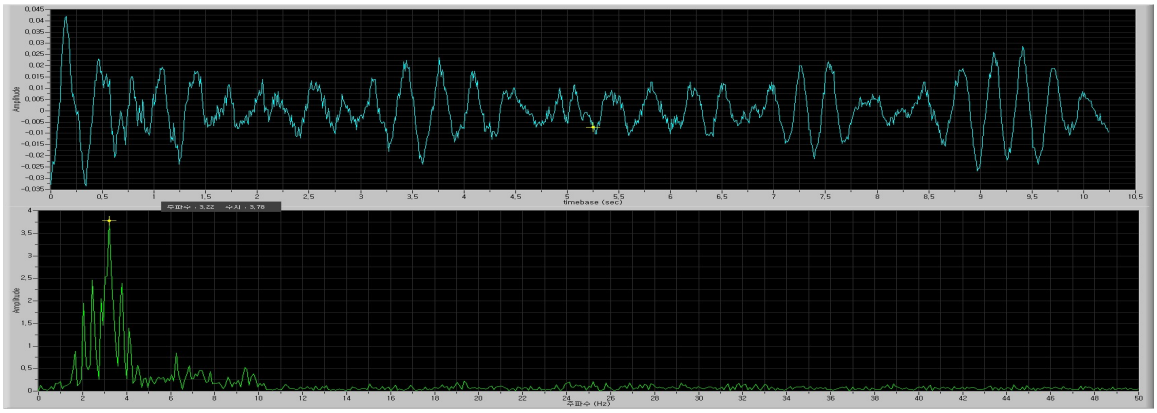
과업 대상 구간에서 실시한 처짐 및 가속도 측정 결과는 다음과 같다.

【표 6.28】 처짐계 결과(mm)

구분		LC1	LC2	LC3	LC4
S6	DT1	−6.074	−5.521	−1.869	−1.792
	DT2	−3.766	−3.996	−3.889	−3.663
	DT3	−1.656	−1.975	−5.425	−5.802
S5	DT4	−6.357	−6.025	−2.621	−2.426
	DT5	−4.769	−4.917	−4.704	−4.628
	DT6	−2.440	−2.678	−5.608	−6.153

【표 6.29】 고유진동수 측정 결과

구분		실측 고유진동수(Hz)					비고
		20km	30km	40km	50km	60km	
고유진동수	S6	3.220	3.220	3.220	3.220	3.220	
	S5	3.220	3.220	3.220	3.220	3.220	

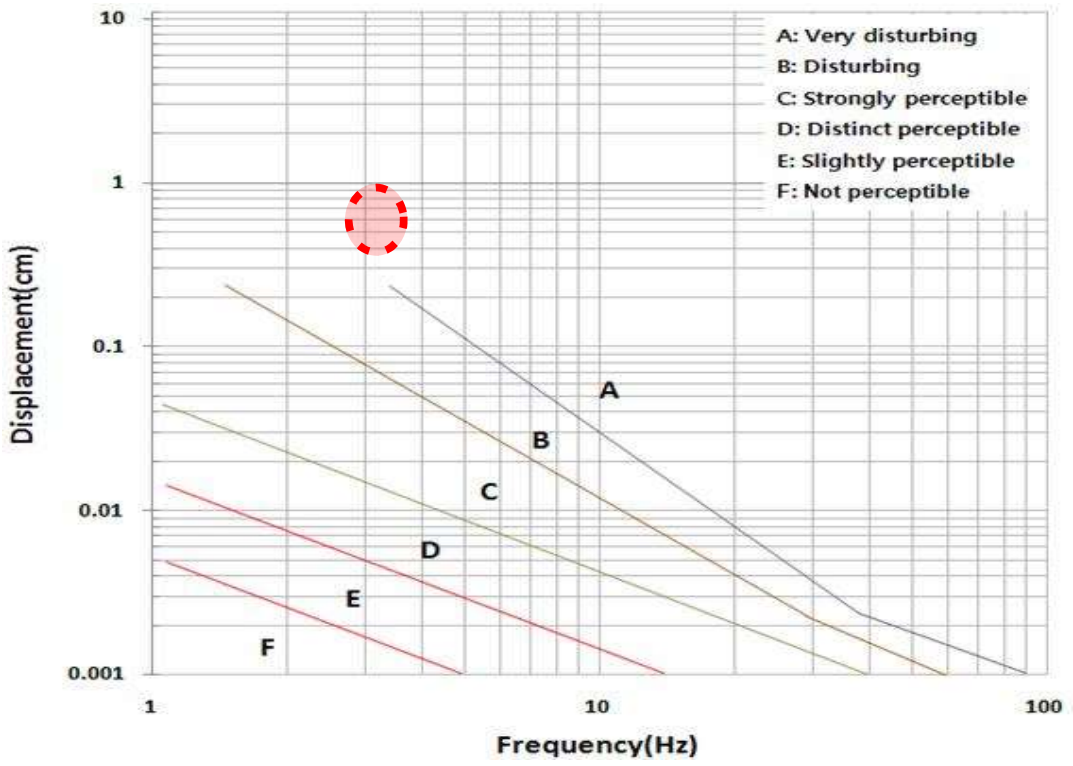


라. 진동사용성 평가결과

대상 시설물에 대한 진동 사용성을 평가하기 위해 가장 통행량이 많은 일을 기준으로 측정하였으며, 그 중 최대값은 처짐값 0.6357cm, 고유진동수 3.220Hz로 분석되었다.

이는 장암교는 Reiher-Meister의 허용곡선에 A구간에 해당하는 것으로서, 성능평가 기준 "e등급" (매우 불안감이 조성되는 상태)인 것으로 평가 되었다.

【표 6.30】 진동사용성 평가결과



구분	평가지표	측정값		평가등급
장암교	진동사용성	최대 처짐(cm)	0.636	E
		고유진동수(Hz)	3.220	
		Reiher-Meister의 허용곡선	A구간	

6.3 기능성

본 과업에서 사용성 평가항목은 아래 표와 같이, 크게 유지관리성 항목, 수요 및 용량 항목 등 2가지를 평가하였다.

【표 6.31】 기능성 평가항목

기능성
유지관리성(점검시설), 수요 및 용량(교통량)

6.3.1 유지관리성(점검시설)

가. 개요

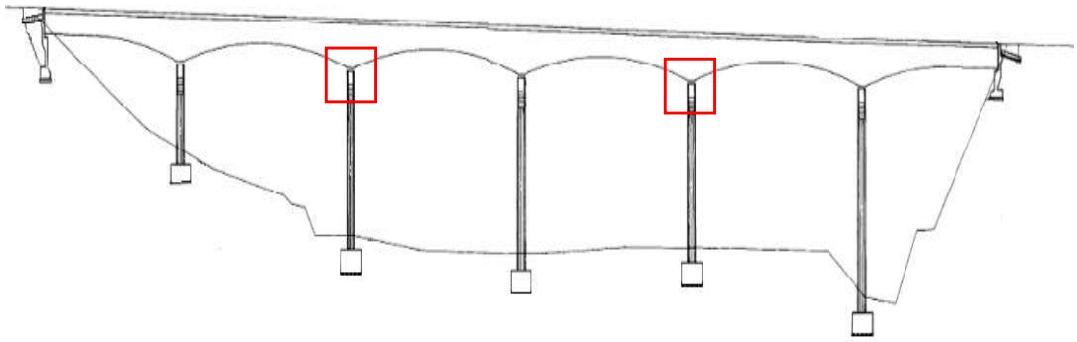
도로(일반교량)의 유지관리를 위하여 가장 필수적인 점검로의 설치유무 및 설치된 점검로의 상태를 평가한다. 조사방법은 육안조사를 통하여 5등급으로 평가하며 여기서 점검로는 교각의 점검로를 의미한다.

1) 조사결과

장암교 점검시설 전경

【그림 6.3】 점검시설 설치 현황

【표 6.32】 장암교 교각 점검로 설치 유무 현황



구분	P1	P2	P3	P4	P5
설치유무	X	○	X	○	X
설치상태	–	양호	–	양호	–

2) 점검시설 평가결과

대상시설물인 장암교 교각은 5개이며, 점검로는 3개소를 제외한 P2, P4 2개소에 설치되어 있으며, 점검로는 대체로 양호한 상태로 조사되었다.

따라서, 점검로가 교각의 40%이상 설치 되있는 상태인 D등급, 설치된 점검로가 모두 양호한 상태인 B등급으로 평가되었다.

【표 6.33】 점검시설 평가결과

구분	평가지표	평가내용		평가등급
		설치 유무	설치상태	
장암교	점검시설	d	b	D

6.3.2 수요 및 용량(교통량)

가. 개요

수요 및 용량(교통량) 평가방법은 도로 이용객의 이용 편의를 고려하여, 수요실제값 대비 수요예측값의 비율을 분석하고 해당 등급에 따라 평가를 수행한다.

나. 수요 및 용량(교통량) 평가결과

국도32호선의 상시교통량 정보는 교통량정보제공시스템의 자료를 사용하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

주말/평일 교통량 현황 통계자료 > 상시조사교통량 > 주말/평일 교통량 현황

년도 2023년도 등급 일반국도 권역 충청남도 노선 국도 32호선

노선명	구간명	평균일교통량 (AADT)	평일교통량							주말교통량						
			승용차	버스	소형화물	중형화물	대형화물	계	비율	승용차	버스	소형화물	중형화물	대형화물	계	비율
국도32호선	만리포-태안읍(3201-00)	6,291	4,228	73	907	98	2	5,308	84.4	7,864	79	705	73	2	8,723	138.7
	태안읍-서산시(3203-02)	29,898	22,162	578	4,650	956	173	28,519	95.4	28,422	527	3,691	583	91	33,314	111.4
	서산시-당진읍(3204-00)	36,029	26,095	497	5,477	1,548	448	34,065	94.6	35,274	547	4,008	828	234	40,891	113.5
	당진시-신평면(3204-04)	30,159	23,117	406	4,713	1,534	634	30,404	100.8	24,875	276	3,365	725	314	29,555	98.0
	신평면-예산읍(3204-05)	15,476	11,076	113	3,380	1,249	333	16,151	104.4	11,673	67	1,615	367	85	13,807	89.2
	예산읍-유구읍(3206-04)	9,705	6,668	200	1,974	425	75	9,342	96.3	8,568	180	1,564	246	46	10,604	109.3
	유구읍-우성면(3206-03)	8,456	6,614	126	1,535	397	38	8,710	103.0	6,408	97	1,053	248	22	7,828	92.6
	공주시-마암리(3209-01)	19,695	16,094	220	2,605	410	56	19,385	98.4	18,310	163	1,776	185	27	20,461	103.9

주) 국토교통부 교통량정보제공 시스템 정보 활용

<表 2.2.7> 將來 推定 交通量

年 度	乘用車	버 스		貨 物 車				計
		小 型	普 通	小 型	中 型	大 型	特 殊	
1991	4,357	1,191	454	1,254	721	381	517	8,875
1995(共用開始)	6,567	1,763	634	1,783	1,033	536	727	13,042
2001	12,150	3,174	1,046	3,024	1,771	894	1,213	23,271
2005	17,404	4,239	1,371	3,993	2,338	1,171	1,590	32,107
2007	20,830	4,899	1,569	4,589	2,687	1,341	1,820	37,735
2010	27,274	6,086	1,922	5,653	3,310	1,643	2,230	48,118
2011	29,837	6,543	2,057	6,060	3,549	1,758	2,386	52,189
2014	39,067	8,128	2,520	7,465	4,372	2,154	2,923	66,628

주) 수요예측 교통량은 설계도서를 참조함

연 평균 증가율= $\left(\left(\frac{66,628}{52,189}\right)^{\frac{1}{3}}-1\right)=0.0848=8.48\%$

2023년 수요예측 교통량 $=66,628\times(1.0848)^{9}=$**138,613 대/일**

주)연 평균 증가율은 2011년부터 2014년의 증가 추세를 사용

【표 6.34】 수요 및 용량(교통량) 평가결과

구분	교통량			평가등급
	수요예측(①)	수요실제(②)	평가결과(①/②*100)	
장암교	138,613 대/일	20,461 대/일	677.4	A

6.4 사용성능 평가 결과

대상 구조물의 안전성능 평가는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편, 2024. 12, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거 사용성 평가결과와 기능성 평가결과를 실시하여, 각 성능별로 세부지표의 평가결과는 가중치를 반영하여 전체 사용성능 결과로 결정하였다.

외관조사 및 시험, 상시계측 등에 의한 사용성 평가결과와 기능성 평가결과를 종합하여 검토한 결과, 장암교의 사용성능 평가 결과는 “C등급”으로 평가되었다.

【표 6.35】 사용성능 평가결과

구분	성능의 구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가 결과	등급 점수
장암교	사용성	사용성	포장상태	0.286	c	0.4
			교량조명	–	–	–
			진동사용성	0.239	e	1.0
	기능성	유지관리성	점검시설	0.243	d	0.7
		수요 및 용량	교통량	0.232	a	0.1
	결함도 지수					0.547
	등 급					D
사용성능 평가 결과	• 사용성 평가 및 기능성 평가 결과를 통한 장암교 사용성능 평가 결과, 『대부분의 기능이 요구되는 기능에 미치지 못하거나 운영 및 사용상 편의가 심각하게 우려되는 수준으로서 광범위한 부분에서 개선이 필요한 성능 수준』인 “D등급”으로 평가됨					