

## 고속도로 교량의 안전수준평가 Report Card of Korea Expressway Bridges



문 명 국<sup>1)</sup>

Moon, Myung Kuk Park, Hyeon Seob



박 현 섭<sup>2)</sup>



이 일 용<sup>3)\*</sup>

Lee, Il Yong



서 정 욱<sup>4)</sup>

Seo, Jung Wook



이 일 근<sup>5)</sup>

Lee, Il Keun

### 1. 추진배경

국내 고속도로 연장은 현재 4,112km에 달하며 그 중에서 교량, 터널과 같은 구조물은 약 20%를 차지하고 있다. 고속도로 구조물은 신규노선 준공으로 계속 증가하는 추세이며 구조물의 고령화 또한 더욱 가속화되고 있다. 2014년 현재 한국도로공사에서 관리하는 고속도로 교량은 8,453개이며 이중에서 30년 이상 교량은 228개소지만 10년 이후에는 1,615개소로 7배 정도 증가하게 되어 유지보수에 필요한 예산이 급격히 증가될 것으로 예상된다.

하지만 유지보수 예산 증가는 구조물의 고령화 속도에 비례하지 못한 것이 현실이다. 현재 구조물 유지보수에 투입되는 예산은 연간 약 1,000억 원이며 우리 공사 재무건전성 확보라는 정책적인 제약으로 유지보수 예산 증가는 연 4% 이내로 제한될 것으로 예상된다. 이에 따라 제한된 예산범위 내에서 구조물을 효율적으로 관리하여 안전성을 확보하는 것이 중요한 문제로 부상하고 있다.

올해는 성수대교가 붕괴된 지 20년 되는 해이고, 계속되는 국내·외 교량 붕괴사고로 구조물 안전에 대한 국민관

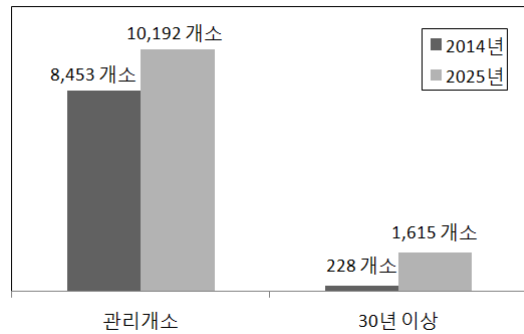


Fig. 1 고속도로 관리교량 및 노후구조물 현황

심이 증가하고 있다. 한국도로공사에서는 향후 관리개소 및 노후교량의 급격한 증가에 대비하여 국민안전 보장이라는 중요한 목표를 위해 안전수준을 평가하였고 본고에서 그 절차와 방법을 소개하기로 한다.

### 2. 교량 안전수준 평가방법

#### 2.1 안전수준 평가위원회

선진국 사례와 각종 기술문헌을 참고하여 안전수준을 평가할 수 있는 위원회를 구성하였다. 위원회는 산·학·연·관 전문가 30인으로 구성하였으며 평가대상이 고속도로에 한정되어 고속도로 유지관리 경험과 지식을 갖춘 내부 전문가와 인프라 평가에 대한 관심과 전문적인 지식을 갖

1) 한국도로공사 구조물처 처장, 공학석사  
2) 한국도로공사 구조물처 팀장, 공학석사  
3) 한국도로공사 구조물처 차장, 공학석사  
4) 한국도로공사 구조물처 과장, 공학석사  
5) 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원, 공학박사  
\* E-mail : stellar@ex.co.kr

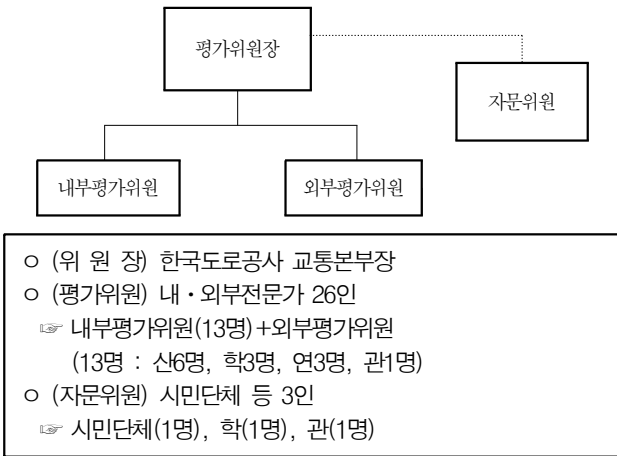


Fig. 2 평가위원회 조직 구성

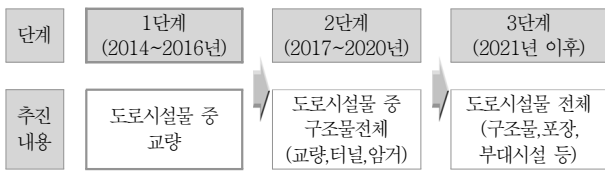


Fig. 3 단계별 안전수준 평가 대상

출 외부전문가를 활용하여 안전수준 평가를 위한 지표 선정 및 만족도 조사와 같은 비계량 평가를 실시하였다. 평가위원회 구성은 Fig. 2와 같다.

## 2.2 평가대상

미국 등 주요 선진국에서는 오랜 준비와 전문 조직에 의해 전체 시설물에 대해 평가를 실시하고 있다. 그러나 이번 평가는 제한된 기간 및 자원으로 데이터 취득이 용이한 ‘교량’에 대해 우선적으로 실시하였다. 평가 시 도출된 문제점 등을 개선하여 단계별로 확대 적용할 예정이며, 최종적으로는 고속도로 전체 시설물에 대해 실시할 예정이다.

## 2.3 평가항목 및 평가식

교량 안전수준을 종합적으로 평가하기 위해 선진국 사례 분석 및 전문가 회의를 통해 평가요소를 선정하였다. 각 평가요소는 현재 교량의 물리적인 상태 외에도 현재의 안전관리 상태와 장래 안전성을 반영할 수 있는 항목을 선정하고자 하였다. 또한 평가자의 주관성을 최소화하기 위해 계량화된 평가지표 위주로 반영하였고, 실제 고속도로 이용고객의 의견을 반영하기 위해 고객만족도에 대한 설문결

Table 1 평가 등급 결정

등급	명칭	평가내용
A	탁월	현재와 미래의 목적 충족
B	우수	현재에 적합
C	보통	주의 필요
D	미흡	위험한 수준
F	불량	적정 서비스 제공 불가

Table 2 평가항목별 평가내용

평가항목	평가내용	
1. 구조적 안전성	① 목표안전등급 달성도	목표안전등급 미달교량에 대한 안전등급 향상실적
	② 설계기준 만족도	설계기준 미달교량에 대한 보수보강 등 조치실적
	③ 내진성능 만족도	내진성능 부족교량에 대한 내진성능 향상실적
2. 사용성 및 기능성	① 안전사고건수	구조물 구간내 안전사고 발생건수
	② 주행안전성	통과높이 부족교량에 대한 진입금지 시설설치 등 조치실적
	③ 예산집행 적정성	보수보강을 위한 예산 투입 실적
3. 사용자 편의성	① 포장 평탄성	구조물 구간 평탄성지수(IRI) * IRI : International Roughness Index
	② 주행만족도	주행 중 단차, 포장소음 등에 의한 불편수준

과도 반영하였다. 최종 결정된 평가항목은 크게 구조적 안전성, 사용성 및 기능성, 사용자 편의성에 대해 총 8개의 세부평가항목으로 분류하였다(Table 1, 2, 3).

## 2.4 평가방법

- (1차평가) 내·외부 평가위원에 의해 수립된 평가 지표에 의거, Hi-유지관리시스템 등에서 수집된 자료를 활용하여 평가
- (2차평가) 고속도로 이용고객을 대상으로 한 설문 조사

## 3. 안전수준 평가결과

### 3.1 일반현황

고속도로상에 운영중인 교량은 8,453개소로 우리나라 전체 교량의 약 30% 정도이다. 이들 대부분은 90년 후반부터 집중 건설되어 평균 공용년수가 13년 정도로 대부분의 교량이 양호한 상태이다.

Table 3 평가항목별 배점 및 평가식

평가항목		배점	평가방법								
합 계		100									
1. 구조적 안전성	소 계	53									
	① 목표안전등급 달성도	28	- 목표안전등급 미달교량에 대한 안전등급 향상실적 - 달성도 = 1 - (목표안전등급 미달 교량수/전체 교량수) ※ 목표안전등급 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>공용년수</td> <td>10년 이내</td> <td>11~25년</td> <td>26년 이상</td> </tr> <tr> <td>목표안전등급</td> <td>A등급</td> <td>B등급</td> <td>C등급</td> </tr> </table>	공용년수	10년 이내	11~25년	26년 이상	목표안전등급	A등급	B등급	C등급
	공용년수	10년 이내	11~25년	26년 이상							
	목표안전등급	A등급	B등급	C등급							
② 설계기준 만족도	13	- 설계기준 미달교량에 대한 보수보강 등 조치실적 - 만족도 = 1 - (보수보강 등 조치실적/설계기준 내하력 미달 교량수) ※ 설계기준 : 1등급									
③ 내진성능 만족도	12	- 내진성능 부족교량에 대한 내진성능 향상실적 - 만족도 = 1 - (내진성능 향상실적/ 내진성능 부족교량수)									
2. 사용성 및 기능성	소 계	28									
	① 안전사고건수	12	- 구조물 구간내 안전사고 발생건수								
	② 주행안전성	9	- 통과높이 부족교량에 대한 조치실적 - 안전성 = 진입금지시설 설치 등 조치실적/통과높이 부족 교량수 ※ 통과높이 기준 : (본선) 4.7m이상								
③ 예산집행 적정성	7	- 보수보강을 위한 예산 투입 실적 - 적정성 = 배정된 보수보강예산/요청된 보수보강금액									
3. 사용자 편의성	소 계	19									
	① 포장 평탄성	10	- 구조물 구간 평탄성지수(IRI) - 평탄성 = IRI 측정결과 2등급 이상 비율 ※ IRI : International Roughness Index								
② 주행 만족도	9	- 교량구간 주행중 단차, 포장소음 등에 의한 불편수준									

Table 4 고속도로 교량의 안전등급 현황

계	A급	B급	C급	D급	E급
8,453 (100%)	5,989 (70.8%)	2,314 (27.4%)	150 (1.8%)	-	-



Fig. 4 최고령 교량 전경(영덕교, 1968년 준공)

### 3.2 고속도로 설계기준

'77년 12월에 “도로교 표준 시방서”를 제정하면서 DB-24

(총중량 43.2톤)가 추가되어 현재 모든 교량이 이 기준을 따르고 있다. 하지만 그전에 준공되어 설계기준에 미달된 구조물이 172개소가 있으며 이중 142개소는 개량이 완료되었다. 나머지 30개소의 교량에 대해서도 안전성 평가 및 보강대책을 수립하여 시행중이다.

중국, 일본 등 주변국에서 대규모 지진으로 큰 피해가 발생하였으며 최근에는 국내도 지진 발생빈도가 증가하고 있어 교량의 안전에 내진성능 확보가 필수적이다. 1992년 도로교 표준시방서에 내진편이 신설되어 1995년부터는 내진설계중이다. 고속도로 교량중 1,660개소는 내진설계가 되어 있지 않아 교통량이 많은 도심지 교량, 연속경간이 길어 지진시 피해위험이 높은 교량 등에 대해 2003년부터 우선적으로 내진보강을 실시하여 995개소가 내진보강이 이뤄졌다. 나머지 665개소는 2020년까지 보강을 완료할 예정이다.

### 3.3 교량의 보수보강

교량 유지관리비용은 대략 다음과 같다.

(전면개량) 홍수위 미달, 내하력 부족 교량에 대해 철거

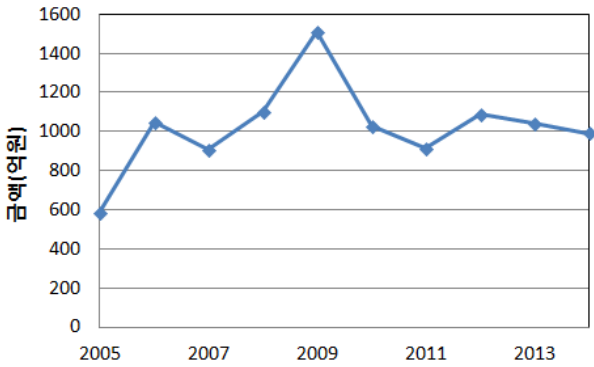
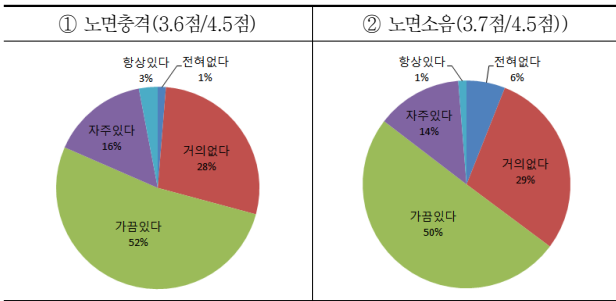


Fig. 5 최근 10년간 보수보강 실적

Table 5 고객 만족도 조사 결과



후 재설치(300억/년)

(교면포장) 공용연수, 손상정도 등을 고려하여 개량 또는 재포장(330억/년)

(진단보강) 점검·진단결과 조사된 결함, 손상에 대해 중요결함, 결함도 등에 따라 보강(130억/년)

(신축이음) 주행차량의 안전을 고려 파손 발생 시 즉시 교체(약 60억원/년)

(기 타) 점검 및 정밀안전진단 용역비용 등

### 3.4 고객 만족도 조사결과

노면요철, 포트홀로 인한 주행 불량, 신축이음 접속부 단차에 의한 피칭, 강풍에 의한 롤링, 잦은 보수공사 등으로 9점 만점에 7.3점으로 평가되었다.

- (1) 설문기간 : 2014.5.27 ~ 5.30 (4일간)
- (2) 대 상 : 전국 고속도로 이용고객 (220명)+외부평가위원(13명)
- (3) 설문내용 : 교량구간 단차, 소음 등 주행 만족도 조사

Table 6 고속도로 교량 안전수준 평가 결과

평가항목		배점	득점
합 계		100	<b>84.75</b>
1. 구조적 안전성	소 계	53	44.65
	① 목표안전등급 달성도	28	26.88
	② 설계기준 만족도	13	10.58
	③ 내진성능 만족도	12	7.19
2. 사용성 및 기능성	소 계	28	23.62
	① 안전사고건수	12	8.92
	② 주행안전성	9	9
	③ 예산집행 적정성	7	5.70
3. 사용자 편의성	소 계	19	16.48
	① 포장 평탄성	10	9.18
	② 주행만족도	9	7.3

Table 7 주요 선진국의 인프라 평가 결과

구 분	미 국	캐나다	호 주	영 국
평가대상	15개 분야 (공항, 상하수도, 운송, 교량 등)	4개 분야 (상수, 하수, 우수, 도로)	11개 분야 (운송, 상하수도, 전기, 통신 등)	6개 분야 (교통, 폐기물 및 자원관리 등)
주관기관	미국토목공학회	운영위원회	엔지니어협회	영국토목학회
발행주기	3~4년	(2012년 최초)	2~5년	1~2년
평가등급	교량 C+ (2013년)	도로 C (2012년)	도로 C+ (2010년)	도로 B (2010년)

### 3.5 종합 평가결과

최종 평가결과 2014년의 고속도로 교량 종합 안전등급은 "B(우수)"로 나타났다. 평가 항목별로 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 공용연수가 외국에 비해 적으며(고속도로 13년, 미국 42년), 효율적인 관리로 안전등급 관리실적은 매우 양호함
- (2) 교량구간 포장 평탄성과 통과높이 부족교량에 대한 조치실적 양호
- (3) 설계기준하중(DB-24) 미달교량에 대한 조치실적, 보수보강 예산집행 실적 및 외부고객 주행만족도는 보통 수준임
- (4) 내진성능 만족도와 안전사고건수 집중관리 필요

### 4. 결론

미국, 일본 등의 선진국에서는 고령화된 교량이 사회적 문제가 되고 있다. 미국에서의 최근 교량 붕괴 사고는 우

리의 미래 모습이 될 수도 있다. 이러한 사회기반시설의 안전문제는 대형 재난사고로 이어질 수 있으므로 미리 대응하는 지혜가 필요하다.

본고에서는 한국도로공사에서 관리하는 교량을 대상으로 안전수준을 평가하고자 하였다. 평가항목, 절차, 방법을 제시하였고 실제 고속도로 교량에 대해서 평가하였다. 평가 결과의 신뢰성과 객관성을 향상하기 위해 후속 연구가

필요하지만 지금 우리 사회가 요구하는 안전문제가 더 이상 늦출 수 없는 과제를 감안할 때 의미 있는 시도라 생각된다.

금번 안전수준평가 결과를 토대로 자산관리형 유지관리 체계 정착, 취약구조물 안전관리 강화 및 국민에게 안심 주는 구조물 관리로 안전한 고속도로를 지속적으로 서비스 할 것이다.