Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 20, No. 2 pp. 59-66, 2019

https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.2.59
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

상태평가와 내하성능평가를 통한 소규모 노후교량의 유지관리 적정성 분석

이후석[1], 노화성[2], 선종완[1], 박경훈[1*]
[1]한국건설기술연구원 인프라안전연구본부, [2]전북대학교 토목공학과

Analysis of Appropriateness for Maintenance of Aged Small Bridges based on Condition and Load Carrying Capacity Evaluation

Huseok Lee[1], Hwasung Roh[2], Jong-Wan Sun[1], Kyung-Hoon Park[1*]
[1]Dept. of Infrastructure Safety Research, Korea Institute of Civil Eng. and Building Tech.
[2]Deptartment of Civil Engineering, Chonbuk National University

요 약 현재 시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 의하면 소규모 교량은 육안점검 위주의 정기점검만 실시하고 있다. 특히 공용년수 30년 이상의 교량은 노후화에 따라 개축여부에 관한 의사결정이 필요하지만 외관상태만으로 결정해야 하는 상황이 발생하여 안전적인 유지관리의 측면에서 미흡한 부분이 있다. 본 논문에서는 기존의 교량 점검시 사각지대에 있는 일반국도의 공용년수 30년 이상의 소규모 노후교량 12개소에 대해서 육안점검을 통한 상태평가와 차량재하실험을 통한 내하성능평가를 수행하였다. 정기적인 내하성능평가를 수행하지 못하는 소규모 교량들에 대해서 육안점검을 통해 결정된 상태등급과 교량의 내하성능평가 결과를 비교하여 개축 여부 의사결정과 관련된 유지관리의 적정성을 검토하였다. 검토결과 대상 교량 중 2개소가 상태평가 결과 안전에 이상이 없는 것으로 나타났으나 내하력이 부족한 것으로 나타났다. 이것은 육안점검만으로 소규모 노후교량에 대해 안전성을 판단하고 개축에 관한 의사결정을 수행하는 것은 유지관리에 미흡한 부분이 발생할 수 있다는 나타낸다. 따라서 소규모 노후교량의 유지관리를 위해서는 상시 계측 및 내하성능평가에 대한 추가적인 연구와 교량관리시스템의 이용을 통해 가 필요한 것으로 판단된다.

Abstract Small bridges carry out only general inspections based on visual inspection. The Bridges with more than 30 years of public use need to be decided on whether or not they will be reconstruction according to aging. However, there are some situations that need to be determined only by appearance condition, which is insufficient in terms of safety maintenance. In this paper, the condition evaluation and the load carrying capacity evaluation were carried out for aged small bridges. A comparison of the evaluation results was conducted to examine the appropriateness of the maintenance related to the decision making of the reconstruction. As a result of reviewing, two of the bridges showed that there are no abnormality in the safety of the state evaluation, but the load capacity were insufficient. Thus evaluation the safety and performing the reconstruction decision of aged small bridges by visual inspection alone with may cause problems. Therefore, it is necessary to carry out additional research on the ambient measurement and load carrying capacity evaluation for the maintenance of the bridges, and to supplement it through application of the bridge management system.

Keywords : Bridge, Condition Evaluation, Load Carrying Capacity Evaluation, Bridge Maintenance, Vehicle Load Test

본 논문은 국토교통부의 지원으로 수행되었음.
*Corresponding Author : Kyung-Hoon Park (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)
Tel: +82-31-910-0565 email: paul@kict.re.kr
Received October 31, 2018 Revised (1st November 23, 2018, 2nd December 5, 2018)
Accepted February 1, 2019 Published February 28, 2019

1. 서론

2018년부터 일부 개정되어 시행된 “시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법(시설물안전법)”[1]에 따라 공용중인 교량은 기존의 1, 2종 이외에 3종 시설물의 관리가 추가되어 소규모 교량에 대한 유지관리가 강화되었다. 그러나 3종 시설물과 3종 시설물에 지정되지 못한 소규모 교량들은 기존과 동일하게 육안점검 위주의 정기점검만을 받게 되고 1, 2종 시설물과는 달리 정밀안전점검, 정밀안전진단 및 성능평가의 정기적인 수행은 제외된다. 특히 소규모 교량의 경우 공용년수가 30년이 경과되면 노후화로 인한 개축여부에 관한 의사결정이 필요함에도 불구하고 외관(상태)만으로 결정하는 문제를 발생시킨다. 이는 노후 교량이 증가되는 최근 상황에서 소규모 교량의 유지관리 측면에 미흡한 부분이 발생될 수 있음을 의미한다.

교량의 유지관리와 관련된 연구로 2001년 이용수[2]가 국내와 독일의 교량 유지관리에 대해 분석하고 현행의 점검주기를 보완하는 교량 부위에 따른 가변형 진단주기를 제안하였다. 그러나 1997년 이후의 국내 교량에 관한 유지관리정보에 대한 분석은 정부의 정보 보호 규정 적용으로 어려움이 있었으며, 독일의 139개소 교량 보고서를 대상으로 분석을 수행하였다는 한계가 있다. 이일근과 김동현[3]은 효율적인 점검주기의 조정을 위해 기존의 상태등급에 기반을 둔 점검주기 대신하는 위험도 기반 점검체계에 대해 검토하였으며, 상태등급에 따라 기존의 점검주기를 조정하는 안을 제시하였다. 그러나 이 연구에서는 대상 교량의 대부분이 공용년수 10~15년 미만의 교량으로 노후교량에 대한 분석에는 한계가 있다. 전준창 등[4]은 고속국도 교량의 정밀안전진단 보고서를 기초로 교량의 손상 특성을 분석하여 10대 손상유형을 정리하고 이에 따른 유지관리 비용 절감을 위해 초기점검의 중요성, 신축이음장치의 적절한 누수대책이 필요하다고 하였다. 하지만 이 연구의 대상 교량 중 1, 2종을 제외한 기타교량의 비중이 낮고 평균 공용년수도 약 16년으로 소규모 노후교량에 대한 분석에는 부족함이 있다. 한편 소규모 교량의 내하력 평가를 수행하기 위해 이후석 등[5]은 단경간 교량에 작용하는 상시 교통하중을 이용해서 내하력 평가를 수행하는 방법을 연구하였으며, 노화성 등[6]은 이를 개선하여 연속교에서도 내하력을 평가하는 방법을 연구하였다. 국외의 경우 특수교나 대형교량의 경우 내하성능평가에 관한 연구는 많이 수행되었으나 소규모 노후교량에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 논문에서는 기존의 교량 점검시 사각지대에 있는 일반국도의 공용년수 30년 이상의 소규모 노후교량 12개소에 대해서 육안점검을 통한 상태평가와 차량재하실험을 통한 내하성능평가를 수행하였다. 정기적인 내하성능평가를 수행하지 못하는 소규모 교량들에 대해서 육안점검을 통해 결정된 상태등급과 교량의 내하성능평가 결과를 비교하여 개축 여부 의사결정과 관련된 유지관리의 적정성을 검토하였다.

2. 소규모 노후교량의 상태평가

2.1 대상교량 선정

상태등급 평가와 내하성능을 평가하기 위해 선정된 교량은 일반국도에서 준공된 지 30년이 이상 소규모 교량 12개소이다. 선정된 교량들은 25m 단경간 교량 1개소를 제외하고는 경간장 20m이하의 소규모 교량들이다. 교량의 상부구조형식은 RC슬래브교량이 7개소, PSCI형교가 4개소, 라멘교가 1개소로 구분되었다. Table 1은 선정된 교량들의 제원을 간략하게 나타낸 것이다.

Table 1. Properties of bridges

Bridges	Super-structure	Length (m)	Width (m)	Completion date	Design live load
Br.1	RCS	66	7.5	1971	DB-24
Br.2	PSCI	25	11.7	1975	DB-24
Br.3	PSCI	60	16	1975	DB-24
Br.4	PSCI	20	16	1976	DB-18
Br.5	RCS	15	19.5	1977	DB-24
Br.6	RCS	39	10	1980	DB-24
Br.7	RCS	33	7.5	1981	DB-24
Br.8	RA	18.7	20	1982	DB-24
Br.9	RCS	25	10	1982	DB-24
Br.10	PSCI	20	16	1982	DB-24
Br.11	RCS	54	8.5	1983	DB-18
Br.12	RCS	39	10	1986	DB-18

2.2 육안점검 및 상태평가

선정된 대상 교량들에 대하여 육안점검을 실시하여 안전검검 및 정밀안전진단세부지침[7]에 따라 상태평가를 수행하였다. 교량의 상태평가는 육안점검을 통해 시

Table 2. Criteria for evaluating condition rating of bridge/element based on damage score [7]

Condition grade	A	B	C	D	E
Damage index	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
Damage score	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

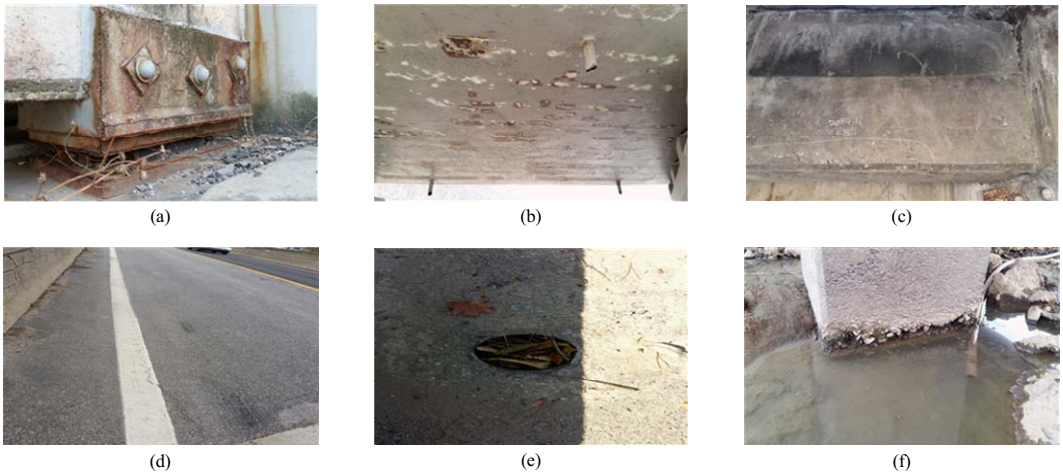


Fig. 1. Results of visual inspection
(a) corrosion of bearing (Br.10) (b) corrosion and white efflorescence of deck (Br.1) (c) spalled of cross beam (Br.2) (d) crack of pavement (Br. 11) (e) clog of drainage (Br.12) (f) water contact erosion of pier (Br.3)

설물의 각 부재에서 발견한 결함, 손상, 열화 등을 근거로 평가하고 상태등급은 세부지침의 상태평가 기준 및 절차에 따라 조사·평가하였다. 부재별 상태평가 기준은 부재의 중요도를 감안하여 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하고 부재별 가중치를 적용하여 결함도 점수(Damage score)를 구하였다. 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, Table.2의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구하였다. 그러나 상태평가 시 탄산화 및 염화물시험은 제외하였으며 하부구조의 기초에 대한 평가도 육안점검의 한계로 제외하였다.

Fig. 1은 육안점검시 촬영된 교량의 주요 평가 부재의 손상상태이다. 대부분의 교량들이 노후화로 인한 손상상태가 육안으로 확인되었다. 바닥판, 거더, 가로보 등에서는 다수의 누수 및 백태 등이 조사되었으며, 교량 받침의 경우 일부 교량에서 부식이 조사 되었다. 또한 교대와 교각에서도 수면접촉부의 침식, 재료분리, 철근노출 등이 발견되었고 일부 배수시설은 파손되거나 오물퇴적에 의한 체수부가 막힌 곳도 조사되었다. 이러한 손상상태에 대한 보수 및 보강이 수행된 곳도 다수 존재하였으나 보수부나 보강재가 재손상된 곳도 일부 조사되었다. 그러나 교면 포장, 난간 및 연석, 신축이음의 상태는 대부분이 양호한 상태로 조사되었다. 이는 교량 대부분의 보수와 보강이 교량 사용자에게 직접적으로 노출되고 사용하는데 불편함이 느껴지는 부재에 대해 주로 이루어지고 있기 때문인 것으로 판단된다.

Table 3은 육안점검을 통한 각 교량들의 상태평가 결과를 나타낸 것이다. 각 교량별 상부구조형식은 한 종류였기 때문에 모든 교량의 연장비는 1로 동일하였다. 육안점검에서 제외된 기초를 제외하고 각 평가 부재의 환산결함도 지수 평가 결과를 나타냈으며 최종 결함도 지수는 0.26~0.44의 범위에 분포되어 상태등급 C등급의 안전에는 이상이 없는 보통 이상의 상태를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Results of condition evaluation

Classification	Equivalent demage score										Length ratio	Demage score
	Decks / Slabs	Girder	Cross beam	Pavement	Drainages	Railings	Expansion joint	Bearing	Substructure	Total		
Br.1	0.190	0.000	0.000	0.014	0.012	0.004	0.020	0.020	0.120	0.38	1	0.38
Br.2	0.080	0.154	0.020	0.014	0.006	0.004	0.036	0.036	0.092	0.44	1	0.44
Br.3	0.040	0.044	0.010	0.014	0.006	0.004	0.018	0.036	0.092	0.26	1	0.26
Br.4	0.040	0.088	0.010	0.014	0.006	0.004	0.018	0.036	0.092	0.31	1	0.31
Br.5	0.266	0.000	0.000	0.014	0.021	0.004	0.020	0.020	0.080	0.43	1	0.43
Br.6	0.152	0.000	0.000	0.014	0.006	0.004	0.020	0.020	0.060	0.28	1	0.28
Br.7	0.127	0.000	0.000	0.014	0.006	0.004	0.020	0.020	0.120	0.31	1	0.31
Br.8	0.158	0.000	0.000	0.014	0.006	0.004	0.006	0.000	0.182	0.37	1	0.37
Br.9	0.152	0.000	0.000	0.014	0.012	0.004	0.020	0.040	0.120	0.36	1	0.36
Br.10	0.080	0.044	0.010	0.014	0.012	0.004	0.018	0.036	0.046	0.26	1	0.26
Br.11	0.152	0.000	0.000	0.028	0.006	0.004	0.020	0.040	0.105	0.36	1	0.36
Br.12	0.152	0.000	0.000	0.028	0.006	0.004	0.020	0.040	0.060	0.31	1	0.31

3. 내하성능평가

3.1 내하성능평가 방법

내하성능평가는 허용응력법과 강도설계법을 부재에 맞게 적용하여 수행하였다. 단면강도는 단면의 현재 상태에 따라 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교설계기준의 공칭강도와 강도감소 계수를 적용하여 계산하였다. 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하성능평가시에는 불확실성이 상당히 감소하므로 공용중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정되어야 한다[7]. 따라서 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려움을 고려하여 공칭강도의 산정시에는 현재상태에 따른 단면감소와 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용하였다. 고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 설계기준의 설계활하중(DB 또는 DL하중) 및 콘크리트 구조설계기준을 사용하여 구조해석을 통하여 구하였다. 두 가지 내하성능평가 방법 중 허용응력법에 관한 설명은 본 논문에서는 생략하였으며 강도설계법에 의한 내하력 평가방법은 다음과 같다.

$$\text{내하율(RF)} = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)} \quad (1)$$

여기서, ϕM_n는 설계모멘트이고(RC, PC구조물의 휨부재 ϕ=0.85)이다. M_d 와 M_l는 각각 고정하중 모멘트와 활하중 모멘트이다. γ_l와 γ_d는 각각 활하중 계수와 고정하중 계수이고 i는 이론상 충격계수이다.이 내하율로 부터 교량부재의 공용내하력(P)은 다음 식으로 계산한다.

$$P = K_s \times RF \times P_r \quad (2)$$

여기서, K_S는 응력보정계수이고 P_r는 설계활하중이다.

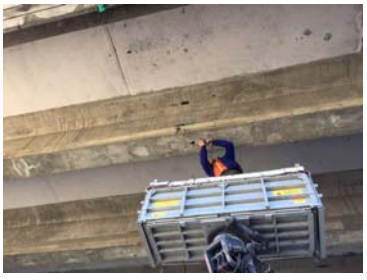
3.2 차량재하 및 계측

지침에 따라 교량의 내하성능을 평가하기 위해 탄성거동에 영향을 주지 않는 크기의 차량하중을 직접 재하하여 설치한 계측기를 통해 거동을 계측하였다. Fig. 2(a)는 계측기를 설치하는 전경이고 Fig. 2(b)는 차량 재하를 통해 정적재하시험을 하는 전경이다. 전체 교량 중 거더교에는 변위, 변형률, 가속도 계측기를 모두 설치하였으며, 슬래브 교량과 라멘 교량의 경우에는 변위와 가속도만을 계측하였다.

차량의 정적재하는 부재의 최대변형과 처짐이 발생되도록 위치를 결정하여 수행하였으며, 동적재하의 경우에는 차량의 속도를 10km/h에서 각 교량의 도로구간별 규정속도까지 10km/h씩 증가시켜가며 수행하였다.

Fig. 3은 PSCI형교인 Br. 2의 5개 거더에 계측기 설치위치를 나타낸 것이다. 가장 외측 거더와 중앙부거더,

중앙부 인접 거더에 변위계측기(DT1, DT2, DT3)를 차례대로 설치하였으며, 변형률계는 중앙부 거더와 변위계측기가 설치되는 않은 다른 두 개 거더의 상부와 하부에 두 개씩 총 6개(S1~S6)를 설치하였다. 가속도 계측기는 중앙부와 가장 외측거더(A1, A2)에 설치하였다. Fig. 4 (a)~(d)는 계측기로부터 측정된 Br. 2의 정적·동적 변위, 변형률과 가속도 및 FFT해석 결과를 나타낸 것이다. Fig. 4 (a)와 (c)의 정적변위와 동적변위는 차량이 재하된 위치 아래의 거더에서 약 5.5mm와 7.0mm로 가장 큰 변위를 나타났다. Fig. 4 (b)는 동일한 조건에서 측정된 변형률을 나타낸 것으로 바닥판과 부착된 거더 상부가 더 크게 나타난 것을 확인하였다. Fig. 4 (d)와 (e)는 40km/h의 속도로 차량이 주행할 때 가속도 응답과 FFT 분석을 수행한 결과를 나타낸 것이고 고유진동수는 3.906Hz로 나타났다.



(a)

(b)

Fig. 2. Vehicle loading test
(a) installation of sensors (b) static loading test

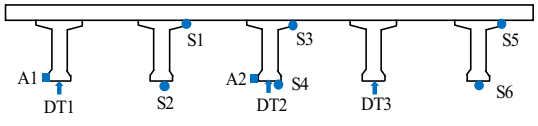


Fig. 3. Positioning of sensors

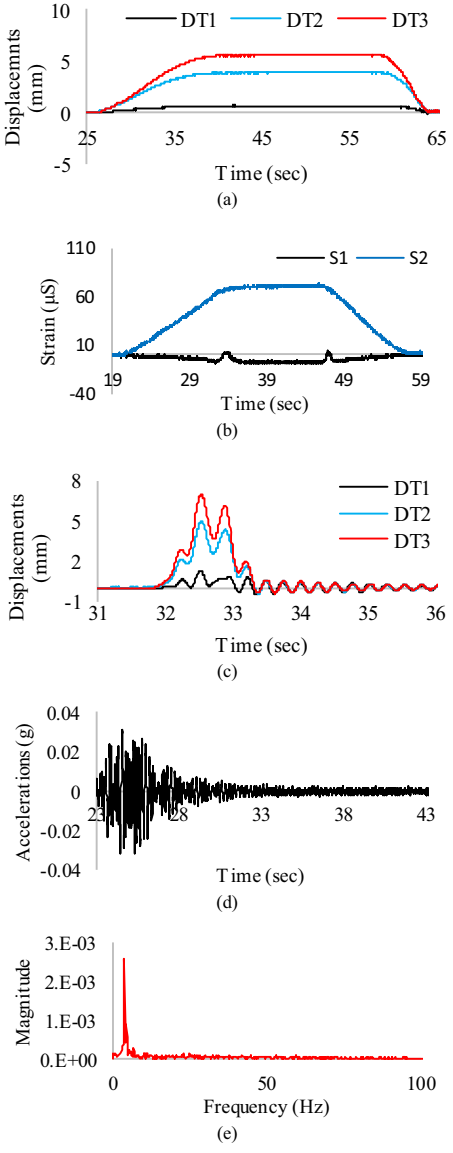


Fig. 4. Responses of the Br. 2
(a) static displacement (b) strains (c) dynamic displacement (d) accelerations (e) FFT

3.3 내하성능평가 결과

내하성능평가를 위해서는 내하율과 보정계수 산정을 위한 기존의 평가 자료가 필요하다. 그러나 정기적 정밀점검 및 안전진단을 수행하지 않은 대상교량들은 기존의 내하성능평가 결과가 존재하지 않아 도면을 통해 교량의

Table 4. Results of load carrying capacity evaluation

Classification	Design impact factor	test impact factor	Rating factor(RF)	Design live load(Pr)	Response correction factor(Ks)	Load carrying capacity in service
Br.1	0.294	0.123	1.214	DB-24	0.884	1.097Pr (OK)
Br.2	0.231	0.270	1.051	DB-24	0.722	**0.759Pr (NG)**
Br.3	0.250	0.326	1.698	DB-24	0.363	**0.616Pr (NG)**
Br.4	0.250	0.183	1.722	DB-18	0.614	1.058Pr (OK)
Br.5	0.316	0.214	1.234	DB-24	1.4763	1.821Pr (OK)
Br.6	0.288	0.125	2.066	DB-24	0.7783	1.608Pr (OK)
Br.7	0.294	0.239	1.703	DB-24	0.6507	1.108Pr (OK)
Br.8	0.273	0.143	0.881	DB-24	1.997	1.759Pr (OK)
Br.9	0.288	0.102	1.827	DB-24	1.0745	1.963Pr (OK)
Br.10	0.250	0.145	1.493	DB-24	0.670	1.000Pr (OK)
Br.11	0.288	0.180	3.000	DB-18	1.0272	3.081Pr (OK)
Br.12	0.288	0.129	1.670	DB-24	1.3485	2.253Pr (OK)

수치해석모델을 만들어 평가에 필요한 값들을 계산하여 사용하였다. 모델들은 수행된 재하실험에서 계측된 데이터를 이용해 동일한 차량하중을 가하는 수치해석을 수행하여 모델의 정확성을 검증하였다. 차량재하실험과 수치해석을 통해 충격계수, 내하율, 응답보정계수를 계산하여 각 교량의 내하성능을 평가하였다. Table 4는 평가결과를 정리하여 나타낸 것으로 교량 2개소에서 공용내하력이 설계내하력 보다 낮게 나타났다.

4. 평가결과 비교에 따른 적정성 분석

Fig. 5는 평가대상 교량 12개소의 내하성능평가 결과 상태평가 결과를 나타낸 것이다.

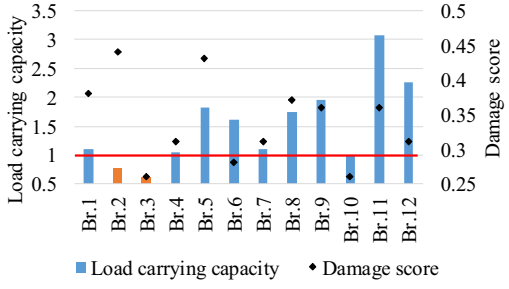


Fig. 5. Comparison of evaluation results

육안점검에 의한 상태평가 결과 12개소 교량의 결함도 지수는 0.26~0.44 범위에 분포하며 상태등급은 C등급으로 나타났다. 반면 내하성능평가 결과 Br. 2와 Br. 3의 2개소 교량의 내하력이 부족하게 나타났다. Br. 10의 경우에도 기준인 1.0으로 나타나 내하성능을 만족하였다. 즉 상태등급은 보통의 C등급으로 평가되어 문제가 없는 교량이 현재 내하성능평가 결과 내하력이 부족한 경우가 발생함으로써 육안점검에 의존하는 정기점검으로는 소규모교량의 안전성을 평가하는데 미흡한 부분이 발생될 수 있다는 것을 의미한다. 또한 노후교량의 개축여부를 결정하기 위한 의사결정에 있어서도 육안점검만으로 판단을 내리는 것은 부적절한 경우가 발생가능하다는 것을 나타낸다.

따라서 현재 시설물안전법에 의해 수행되는 교량의 점검 및 진단에서 상대적으로 소홀해지는 종별 이외의 노후교량의 경우 공용년수가 30년 이상이 될 때 정밀점검 이상의 점검 또는 진단이 수행하는 것이 교량의 유지관리에 적절할 것으로 판단된다. 또한 수행된 안전점검 및 진단의 결과는 교량관리시스템 등을 이용하여 반드시 저장하고 향후 유지관리에 활용되도록 해야 할 것이다.

5. 결론

공용년수가 30년 이상인 소규모 노후교량 12개소에 대해서 탄산화와 염화물시험을 제외한 육안점검을 통해 상태평가를 수행하였다. 또한 차량재하실험을 통한 내하성능평가를 수행하고 두 평가 결과를 비교 분석하였다. 대상교량들은 상태평가결과 환산도지수가 0.26~0.44범

위에 분포하여 상태등급 C등급으로 평가되었으며 이는 지침에 의하면 안전에는 이상이 없는 보통이상의 상태를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 내하성능평가 결과 측정된 공용내하력의 경우에는 2개소가 내하력이 부족한 것으로 나타났다. 이는 육안점검만으로 소규모교량의 점검을 수행할 경우 일부 교량의 경우 안전에 문제가 될 수 있음을 의미한다. 또한 노후교량의 개축 의사결정에 있어서도 육안점검 이외에도 정밀점검 및 안전진단에 의한 내하성능평가가 필요하다고 판단된다.

그러나 향후 지속적으로 늘어나게 될 소규모 노후교량에 대해서 한정된 예산으로 정밀점검 또는 정밀안전진단을 정기적으로 수행하기에는 어려움이 있다. 따라서 소규모 노후교량의 안전한 유지관리와 개축에 관한 적절한 의사결정을 위해서는 현재 규정상 정기적인 정밀점검 및 안전진단이 수행되지 않는 현황을 보완하기 위한 방법으로 지속적인 거동계측을 통해 상시 내하성능평가를 수행하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한 소규모 노후교량의 유지관리를 위해서는 수행된 안전점검 및 정밀안전진단의 결과를 교량관리시스템 등을 이용하여 반드시 저장하고 지속적인 유지관리에 활용해야 한다.

References

[1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM), Special Act on The Safety Control and Maintenance of Establishments (in Korean), 2018.

[2] Y. S. Lee, "Suggestion of the proper Control-Interval through Comparative Analysis on Korea-Germany Bridge Maintenance System", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* (in Korean), Vol. 21, No. 3, pp. 323-336, 2001.

[3] I. K. Lee, D. H. Kim, "Highway Bridge Inspection Period Based on Risk Assessment", *Journal of Korean Institute for Structural Maintenance and Inspection* (in Korean), Vol. 19, No. 3, pp. 64-72, 2015.
DOI: http://doi.org/10.11112/jksmi.2015.19.3.064

[4] J. C. Jeon, I. K. Lee, C. H. Park, H. H. Lee, "A Study on Improvement of Inspection Activity Based upon Condition Analysis of Expressway Bridges", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers* (in Korean), Vol. 37, No. 1, pp.19-28, 2017.
DOI: https://doi.org/10.12652/Ksce.2017.37.1.0019

[5] H. Lee, H. Roh, K. H. Park, "Load Carrying Capacity Evaluation of Single Span Bridge using Impact Factor Response Spectrum", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* (in Korean), Vol. 17, No. 12, pp.730-736, 2016.
DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.12.730

[6] H. Roh, H. Lee, K. H. Park, "Development of Impact Factor Response Spectrum based on Frequency Response of Both Ends-Fixed Beam for Application to Continuous Bridges", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* (in Korean), Vol. 17, No. 12, pp.301-306, 2016.
DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.12.301

[7] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM) and Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation (KISTEC), Specific Guidelines of Safety Inspection and In-depth Safety Inspection of Bridges (in Korean), 2012.

이 후 석(Huseok Lee) **[정회원]**

- 2008년 2월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (구조공학석사)
- 2013년 2월 : 한양대학교 대학원 건설환경공학과 (구조공학박사)
- 2013년 3월 ~ 2016년 4월 : 한양대학교 ERICA 공학기술연구소 Post-Dr.
- 2016년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구원

<관심분야>
구조동역학, 수치해석, 교량 안전성평가

노 화 성(Hwasung Roh) **[정회원]**

- 1999년 2월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (구조공학석사)
- 2007년 9월 : 뉴욕주립대학교-버팔로 대학원 토목공학과 (구조공학박사)
- 2007년 9월 ~ 2010년 1월 : 미국 동부지진연구센터(MCEER) 연구과학자
- 2010년 8월 ~ 2013년 2월 : 한양대학교 토목환경공학과 연구교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 토목공학과 부교수

<관심분야>
교량공학, 내진공학, 구조동역학, 콘크리트구조

선 종 완(Jong-Wan Sun) [정회원]

- 2004년 2월 : 한양대학교 대학원 토목환경공학과 (구조공학석사)
- 2010년 8월 : 한양대학교 토목공학과 (구조공학박사)
- 2008년 8월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 수석연구원

<관심분야>
기반시설생애주기관리, 구조신뢰성

박 경 훈(Kyung-Hoon Park) [정회원]

- 1998년 8월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (구조공학석사)
- 2006년 2월 : 한양대학교 대학원 토목환경공학과 (구조공학박사)
- 1999년 3월 ~ 2000년 2월 : 한양대학교 강사
- 2000년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 연구위원

<관심분야>
교량공학, 기반시설생애주기관리