

충격계수 응답스펙트럼을 이용한 단경간 교량의 내하력 평가

이후석¹, 노화성², 박경훈^{1*}

¹한국건설기술연구원 구조융합연구소, ²전북대학교 토목공학과

Load Carrying Capacity Evaluation of Single Span Bridge using Impact Factor Response Spectrum

Huseok Lee¹, Hwasung Roh², Kyung-Hoon Park^{1*}

¹Structural Eng. Research Division, Korea Institute of Civil Eng. and Building Tech.

²Department of Civil Engineering, Chonbuk National University

요약 이전 연구에서 기존의 재하실험을 통한 교량의 공용 중 내하력 평가방법을 개선하기 위하여 충격계수 응답스펙트럼과 그에 따른 내하성능 변화 추정 방법이 제안되었다. 본 논문에서는 제안된 방법의 적용성을 검증하기 위하여 공용 중인 단순지지 단경간 교량에 대한 현장 동적특성 평가 실험을 수행하였다. 실험을 통해 상시 교통하중 상태에서 무선 가속도계를 이용하여 교량의 고유진동수 도출이 가능한 수준의 동특성 응답을 획득할 수 있었다. 대상 교량의 가속도 데이터로부터 동적 거동은 1차 모드에 지배되며 준공 당시에 비해 공용 기간의 증가로 인해 고유진동수가 감소한 것으로 나타났다. 충격계수 응답스펙트럼으로부터 대상 교량의 발생 가능한 최대 충격계수를 추정하였다. 도출된 이전 및 현재의 고유진동수와 충격계수를 바탕으로 성능감소계수를 적용한 내하력 평가방법을 이용하여 성능변화를 추정하였다. 이전에 비해 공용내하력이 감소하였으나 설계 활하중을 상회하여 내하성능에는 문제가 없는 것으로 나타났다. 상시 교통하중 하에서의 가속도 계측 데이터와 충격계수 응답스펙트럼을 이용하는 제안된 내하성능 변화 추정 방법은 실제 교량에 적용 가능할 것으로 판단된다.

Abstract In a previous study, the impact factor response spectrum and corresponding method for evaluating the load carrying capacity of bridges was suggested to improve the existing evaluation method. To verify the applicability of the suggested method, which is based on the frequency of bridges, the dynamic characteristic test for an actual single span simply-supported bridge was conducted. Through a field test under ambient traffic conditions, the dynamic response of the bridge was obtained using wireless accelerometers and its fundamental frequency was identified. The peak impact factor was determined from the identified frequency and the impact factor response spectrum. The load carrying performance variation of the bridge was estimated considering the performance reduction factor, which was calculated using the current and previous natural frequency and impact factor. From the result, the load carrying capacity of the bridge was decreased, but the capacity was still enough because its value is greater than the design live load. Through the overall procedures and technical details presented in this paper, the suggested evaluation method can be applied to actual bridges with the acceleration data measured under ambient traffic conditions and the impact factor response spectrum.

Keywords : Impact Factor Response Spectrum, Load Carrying Capacity Evaluation, Natural Frequency, Single Span Bridge, Vehicle Load Test

1. 서론

내하력은 교량의 안전성을 판단하기 위한 다양한 지
본 논문은 국토교통부의 지원으로 수행되었음.

표 중 정량적으로 실제 안전성을 표현하는 가장 대표적
인 지표이다. 국내에서는 국토교통부의 “안전점검 및 정
밀안전진단 세부지침[1]”을 통해 교량의 내하력 평가를

*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 10, 2016

Revised (1st November 15, 2016, 2nd November 28, 2016)

Accepted December 8, 2016

Published December 31, 2016

수행하도록 하고 있다. 이 지침에서는 내하율 산정 시, 동적증폭(dynamic amplification)을 의미하는 충격계수 (i)를 정의하여 사용한다. 충격계수는 차량하중에 의하여 발생하는 동적거동이 정적상태의 응답보다 더 크게 나타나는 것을 충격으로 정의하고 이를 계수로 정의한 것이다. 실제 교량에서의 충격계수는 교량의 길이, 형상, 고유진동수, 바닥판의 노면조도, 차량의 속도와 하중 크기 등 다양한 원인에 의해서 영향을 받는다. 따라서 교량의 실제 충격계수를 정확하게 예측하기는 어려우며 재하실험에 의해 측정하는 교량의 충격계수 또한 상이하게 발생하는 경우가 많다. 실측 충격계수를 산정하는데 필요한 교량의 동적처짐은 기준점의 흔들림으로 인해 측정하기 어려우며[2], 일정한 속도 간격으로 차량하중을 재하하는 실험으로는 가능한 모든 속도에 대한 고려가 불가능하므로 측정된 충격계수가 최대값이 아닐 수 있다[3]. 또한 고속도로 교량의 실측자료를 통해 실제 충격계수가 설계기준의 충격계수보다 크게 나타난 경우가 전체의 25% 정도로 나타났음을 검증했으며, 교량의 노후화보다는 하중 재하방법, 교량의 형식, 경간 및 노면 상태 등이 실측 충격계수에 영향을 미치는 것으로 판단하였다[4].

이와 같이 실측 충격계수의 정확한 측정이 어려워 내하력 평가시 이를 개선하기 위한 연구가 수행되었다. 충격계수의 산정을 위해서 부재에 최대 단면력이 발생하도록 하중을 재하하고, 하중 재하 인접 부위의 변위값을 활용하도록 제안하였다[5]. 또한 부재의 강성저하가 발생하지 않았다면 현장조건에 민감하여 다양한 오차가 발생할 수 있는 실측 충격계수 대신 설계 충격계수를 사용하는 방법도 제안되었다[6]. 최근에는 교량의 상시 교통상태에서 자유진동구간의 가속도응답을 계측하여 교량의 기본 주파수(진동수)를 측정하고 교량의 경간 길이를 고려하여 최대 충격계수를 계산하는 주파수 응답에 기초한 교량 내하력 평가 모델도 제안되었다[3].

본 논문에서는 최근 제안된 충격계수 응답스펙트럼을 이용한 내하력 평가 모델의 적용성 검증을 위해 실제 교량에 대한 현장실험을 수행하였다. 상시 교통하중 상태에서 동적응답데이터를 획득하여 교량의 고유진동수를 도출하고, 충격계수 응답스펙트럼을 이용하여 교량의 내하성능변화를 추정하고 결과를 분석하였다.

2. 단순지지 충격계수 응답스펙트럼

노화성 등[3]은 단순지지(핀-로울러) 조건을 갖는 교량의 충격계수 응답스펙트럼에 관한 연구를 수행하였다. 이 스펙트럼은 식 (1)과 같이 단면이 일정한 보가 이동하중을 받는 경우의 동적지배방정식을 기반으로 충격계수를 계산하여 나타내었다.

$$EI \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + c \frac{\partial u}{\partial t} = P\delta(x-vt) \quad (1)$$

여기서, $u(x,t)$ 는 보의 수직변위이고 EI , m , c 는 각각 구조물의 휨강성, 질량, 감쇠계수이다. P 와 v 는 각각 이동 하중과 속도이고 δ 는 Dirac 함수이다. 단순지지 경계조건을 고려한 형상함수($\phi_n(vt)$)를 $\sin(n\pi vt/L)$ 로 정의하고, 고유 각진동수(ω_n)와 감쇠비(ξ_n)의 관계를 고려하여 수식을 정리하였다. 또한 교량의 고유진동수(f_n)와 경간 길이(L)의 변수를 통일하기 위하여, 경간-주파수 $f_n^*(=f_n L)$ 과 시간비 $t_r(=t/t_L)$ 을 사용하여 식 (2)와 같이 $D_n(t)$ 를 도입하였다. t_L 은 하중이 교량을 이동하는데 걸리는 시간으로 $t_L=L/v$ 로 정의된다. 정적 및 동적 최대변위는 경간중앙부에서 발생한다. 또한 동적변위는 1차 모드에서 대부분 발휘되므로 최대 정적변위와 동적변위는 식 (3), (4)와 같이 계산된다. 따라서 단순지지 교량의 충격계수는 식 (5)와 같다. 식 (5)의 충격계수를 임의의 속도별로 경간-주파수에 따라 감쇠비별로 구분하여 나타내면 Fig. 1과 같다.

$$D_n(t_r) = \frac{1}{\left[1 - \left(\frac{nv}{2f_n^*}\right)^2\right]^2 + \left[2\xi_n \left(\frac{nv}{2f_n^*}\right)\right]^2} \times \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{aligned} & \left[1 - \left(\frac{nv}{2f_n^*}\right)^2\right] \sin n\pi t_r - 2\xi_n \left(\frac{nv}{2f_n^*}\right) \cos n\pi t_r \\ & + e^{-\xi_n \frac{2\pi f_n^*}{v} t_r} \left[\begin{aligned} & 2\xi_n \left(\frac{nv}{2f_n^*}\right) \cos \sqrt{1 - \xi_n^2} \left(\frac{2\pi f_n^*}{v}\right) t_r \\ & + \frac{1}{\sqrt{1 - \xi_n^2}} \frac{nv}{2f_n^*} \left[2\xi_n^2 + \left(\frac{nv}{2f_n^*}\right)^2 - 1 \right] \right. \\ & \left. \times \sin \sqrt{1 - \xi_n^2} \left(\frac{2\pi f_n^*}{v}\right) t_r \right] \end{aligned} \right\}$$

$$u_{static}\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{PL^3}{48EI} \quad (3)$$

$$u_{dynamics}\left(\frac{L}{2}, t_r\right) \approx \frac{2PL^3}{EI\pi^4} D_1(t_r) \quad (4)$$

$$i = \frac{u_{dynamic}\left(\frac{L}{2}, t\right) - u_{static}\left(\frac{L}{2}\right)}{u_{static}\left(\frac{L}{2}\right)} = \frac{96}{\pi^4} D_1(t_r) - 1 \quad (5)$$

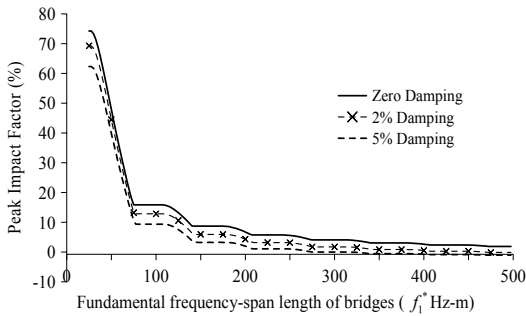


Fig. 1. Impact factor response spectrum

3. 충격계수 응답스펙트럼 검증

3.1 교량 현장 동적실험

제안된 충격계수 응답스펙트럼의 검증을 위하여 단순 지지 형식의 단경간 교량을 선정하여 현장실험을 수행하였다. 대상 교량은 총 길이 50m의 2등교로 상세 제원은 Table 1에 정리하였다. 2008년 2월 초기점검시 내하력 평가가 실시되었으며 당시 계측된 교량의 고유진동수는 3.254~3.514 Hz이며, 설계 시 해석에 의한 고유진동수는 2.739 Hz이었다[7].

Fig. 2는 실험에 사용된 무선 계측시스템을 나타낸 것이다. 차량에 의해 발생된 진동은 가속도 계측기에서 측정되고 데이터는 계측용 안테나를 통해 수신기(receiver)로 전달되어 연결된 노트북에 저장된다. 계측용 안테나와 수신기 사이에는 장애물이 없도록 하여 정확한 응답 데이터를 얻도록 하였다.

Table 1. Properties of sample bridge

Completion date	2007. 12
Main girder	PSCI girder
Span length	50.0 m
Width	11.0 m
Effective width	10.0 m
Expansion joint	finger joint
Bearing support	elastic support
Design load	DB-24, DL-24

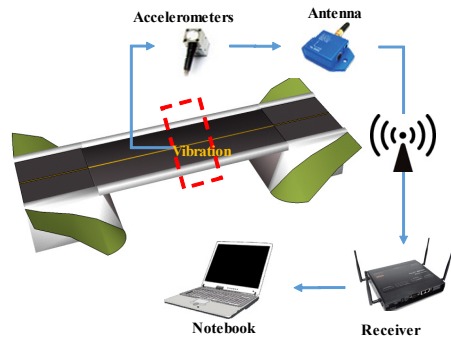
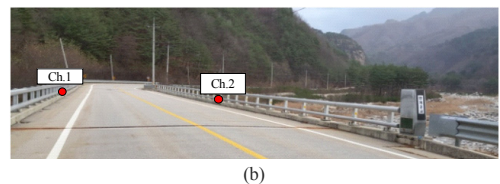
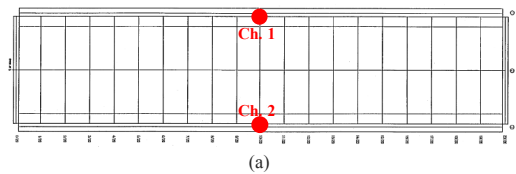


Fig. 2. Wireless measurement system configuration

Fig. 3 (a)~(d)는 각각 교량 상하면에 설치된 무선 가속도 계측기의 평면도 상 위치와 실제 설치 상태를 나타낸 것이다. 계측기는 교량 상부에 2개(Ch. 1, Ch. 2), 하부에 2개(Ch. 3, Ch. 4)를 설치하였다. 교량상부는 교통통행의 제한이 없도록 교량 중앙 양측면에 설치하여 노면의 거동을 최대한 반영하도록 하였다. 또한 교량 하면 총 5개의 거더 중 상부 교통하중의 부담률이 가장 높은 2번과 4번 거더의 종방향 중앙 하단측면에 설치하여 상부에 설치한 계측기로부터 얻어진 진동수와 비교하였다.



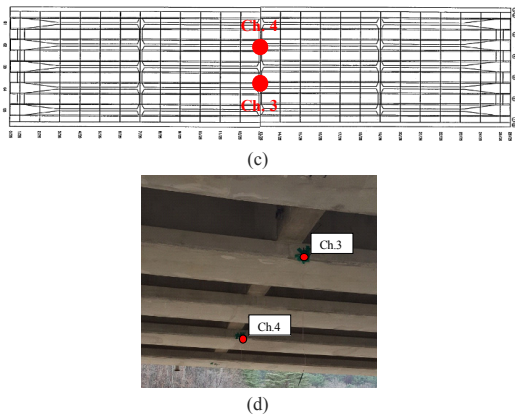


Fig. 3. Positioning of accelerometers (a) deck (plan) (b) deck (installation) (c) bottom of deck (plan) (d) bottom of deck (installation)

Fig. 4는 현장실험에서 계측된 가속도 데이터를 받아 노트북으로 전송하는 수신기의 설치 전경이다. 계측기로부터 약 10 m 떨어진 곳에 설치하여 무선으로 계측 데이터를 수신하였다. Table 2는 사용된 가속도 계측기의 사양을 나타낸 것이다. Fig. 5는 계측기의 설치 과정을 나타낸 것으로 구조체와 일체 거동할 수 있도록 콘크리트에 천공하여 볼트로 고정하거나(상부) 거더 측면에 접착제(실리콘)를 이용하여 고정하였다(하부).



Fig. 4. Receiver in the field test

Table 2. Specification of the accelerometer

Classification	Specification
Battery	3.7 V
Power dissipation	0.24~0.6 W
Weight	65 g
Sampling rate	50~1,200 Hz
Internal flash	2 MB
Resolution	0.039 mV
Input range	1.22~3.78 V



Fig. 5. Installation process of accelerometers

3.2 동적실험 측정결과

현장실험은 교통을 통제하지 않고 일반 상시 교통통행 상태에서 수행하였으며, 기온 변화가 진동수에 미치는 영향을 확인하기 위해서 오전과 오후에 걸쳐 실시하였다. 측정된 최저 및 최고 온도를 Table 3에 나타내었으며, 대기 온도차는 약 8°C, 교량의 표면 온도차는 약 7.2°C이다.

Table 3. Measurement temperature

Classification	Air temperature (°C)	Bridge surface temperature (°C)
A.M.(Case A)	12	11.4
P.M.(Case B)	20	18.6

Fig. 6(a)는 오전에 계측한 가속도 응답결과를 나타낸 것으로, 중차량이 통과하거나 진동이 명확한 경우만을 유효데이터로 선택하여 교량의 동적특성을 파악하였다. 이 데이터에서는 3개의 유효데이터를 획득하였으며 이 중 첫 번째 데이터를 Case A로 선택하였다. Fig. 6(b)는 Case A의 가속도 응답데이터를 각 센서별로 저주파 필터(low pass filter)를 사용하여 고주파의 응답 노이즈들을 제거한 응답을 같이 나타낸 것이다. 이론적으로 교량 자체만의 주파수를 파악하기 위해서는 차량이 진행한 후 자유진동구간의 데이터를 대상으로 분석해야 하나 대상 교량은 진동수가 차량 자체의 진동수에 비해 월등히 크므로 차량의 간섭이 매우 미비하였다. 따라서 자유진동 구간뿐만 아니라 차량진행중의 데이터를 포함해서 분석

해도 교량의 주파수를 파악하는 데는 큰 무리가 없었다. Fig. 6(c)는 저주파 필터를 이용하여 나온 결과를 이용하여 FFT(Fast Fourier Transform)를 실시하여 교량의 고유진동수를 채널별로 나타낸 것이다. 데이터의 sampling frequency는 200 Hz로 nyquist frequency를 충분히 만족하였으며 데이터 측정구간에는 자유진동 주기가 15 cycle 이상 충분히 포함되었다. 정확한 진동수 측정을 위하여 zero padding 기법을 사용하였으며 그 결과 모든 채널에서 고유진동수가 2.344 Hz로 측정되었고 이후에

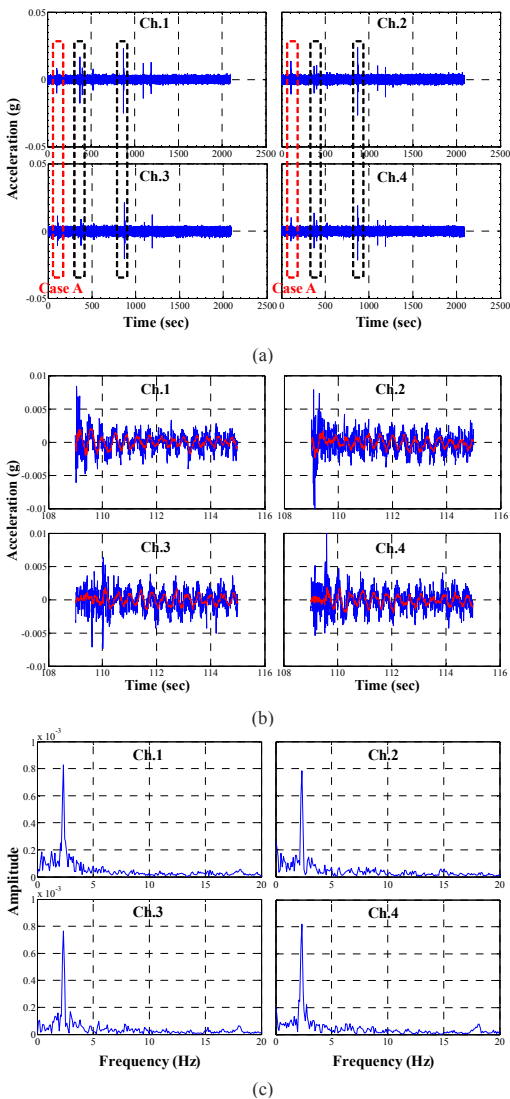


Fig. 6. Dynamic responses of the Case A. (a) accelerations (b) results of lowpass filter (109~115 sec) (c) FFT

는 특이할 만한 주파수 결과가 나타나지 않았다. 즉 대상 교량은 1차 수직모드가 거동을 지배함을 알 수 있다.

오후에 측정된 두 개의 유효 데이터 구간에서 첫 번째 구간을 Case B로 결정하여 Case A와 동일하게 데이터를 정리하였다. Fig. 7과 같이 고유진동수는 오전에 계측된 결과와 동일하게 분석되었으며, 상대적으로 적은 온도차로 인해 교량의 동적특성에 영향을 주지는 못한 것으로 판단된다. 한편 교량 상부구조의 상면(바닥판 상면)과 하면(거더 하면)에서 계측된 데이터를 분석한 고유진동수가 동일하게 나타났다. 이는 교량의 상하면이 일체 거동을 한다는 것을 의미하고, 추후 계측기 설치가 용이한 상면을 대상으로 계측을 실시할 수도 있을 것으로 판단된다. 한편 FFT 결과에서 Half Band Width 기법을 이용하여 감쇠비를 추산한 결과 약 2%로 나타났다.

3.3 기존 내하력평가 결과와의 비교

초기 준공 시 계측을 통해 평가된 교량의 고유진동수 (3.514 Hz)는 설계 시 해석치(2.739 Hz)와 차이가 크게 나타났으며, 준공시점에서 약 8년이 경과한 후 본 연구

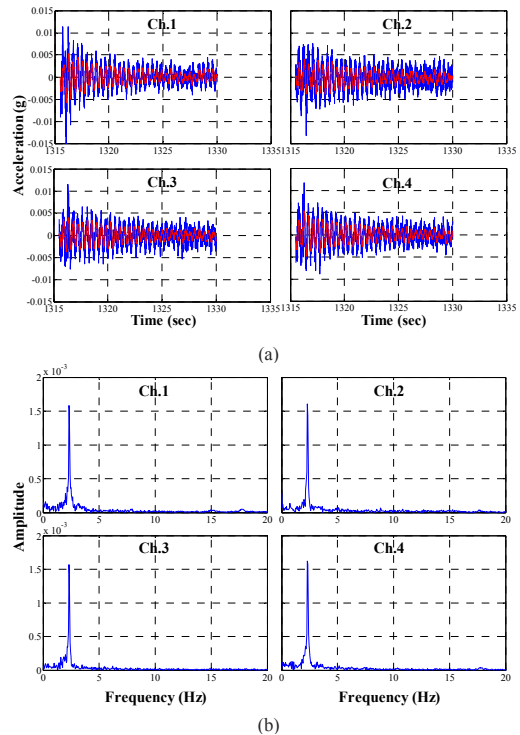


Fig. 7. Dynamic responses of the Case B. (a) results of lowpass filter (1315~1330 sec) (b) FFT

의 실험을 통해 도출된 진동수(2.344 Hz)와 비교해도 큰 차이를 보인다. 따라서 준공시 내하력 평가 결과와 제안된 스펙트럼에 의한 평가결과를 단순 비교하는 것은 검증의 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 설계 시 진동수를 사용하여 제안된 스펙트럼을 이용한 내하력 평가 방법[3]을 적용하였다. 식 (6)은 일반적인 내하력 평가방법[1]에서 적용하는 공용내하력(P_s) 산출 식으로, P_r 은 설계활하중, RF 은 계산에 의한 초기상태의 내하율, K_s 는 응답보정계수를 나타낸다.

$$P_s = P_r \times RF \times K_s \quad (6)$$

새로운 내하력 평가방법은 사전(pre-)평가와 현재(current)평가 결과의 상대적인 변화를 추정하기 위하여 정·동적 성능감소계수를 도입하였다. 식 (7)은 기존방법에 의한 내하력에 주파수와 충격계수를 고려한 성능감소계수를 적용하여 현재의 내하력을 추정하는 방법을 나타낸 것이다.

$$P_{s,cur} = P_{s,pre} \times \left(\frac{f_{cur}}{f_{pre}} \right)^2 \times \frac{1 + i_{pre}}{1 + i_{cur}} \quad (7)$$

여기서, $(f_{cur}/f_{pre})^2$ 는 정적성능감소계수이며 f_{cur} 와 f_{pre} 는 각각 현재와 사전 주파수를 나타내며, $(1 + i_{pre})/(1 + i_{cur})$ 는 동적성능감소계수이며 i_{pre} 와 i_{cur} 는 각각 사전 및 현재의 충격계수이다.

대상 교량의 경간 길이가 50 m이므로 설계 시 해석에 의한 진동수를 적용하면 경간-주파수는 136.95 m-Hz이다. 현장실험에서 측정한 고유진동수를 고려하면 경간-주파수는 117.2 m-Hz이다. 제안된 스펙트럼에서 두 경간-주파수를 이용하여 감쇠비 2%일 경우 최대 충격계수 구하면 Fig. 8에서 보는 바와 같이 각각 0.095와 0.12이다. 따라서 도출된 사전 및 현재의 주파수와 충격계수를 이용하여 내하력을 추정할 수 있다.

Table 4는 설계 주파수와 현장실험에 의해 도출된 주파수[7]를 적용하여 본 연구를 통해 제안된 충격계수 응답스펙트럼과 내하성능 평가방법을 적용하여 산출된 내하력을 비교한 것이다. 초기 내하성능은 식 (6)에 따라 1,077 kN이 산출되며, 식 (7)에 의한 현재의 내하성능은 초기값(내하력, 고유진동수, 충격계수)을 사전값으로 적용하면 771 kN으로 산출되었다.

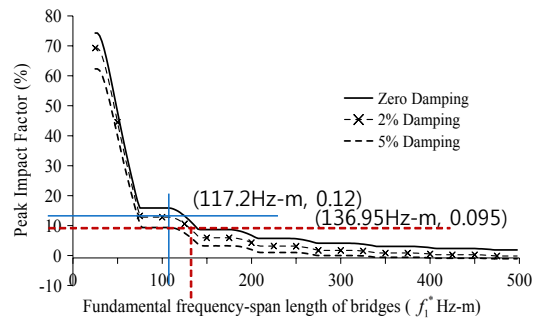


Fig. 8. Peak impact factor of the sample bridge

일반적으로 교량의 공용년수 증가에 따라 다양한 원인에 의해 내하력이 저하되므로[6], 준공 후 약 10년이 경과한 대상 교량 또한 내하성능이 저하된 것으로 판단할 수 있다. 따라서 대상교량에 대하여 현재 획득된 고유진동수를 바탕으로 향후 일정 주기에 따라 제안된 방법에 의해 고유진동수를 획득하게 되면 교량의 성능감소를 용이하게 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 4. Results of load carrying capacity evaluation

Classification	Formula	Properties
Design live load (DB-24)	P_r	432 kN
Rating Factor	RF	1.83
Response correction factor	K_s	1.362
Former impact factor	i_{pre}	0.095
Current impact factor	i_{cur}	0.12
Former load carrying capacity in service	$P_{s,pre}$	1,077 kN
Current load carrying capacity in service	$P_{s,cur}$	771 kN

4. 결론

교량의 성능변화 추정을 위하여 제안된 충격계수 응답스펙트럼과 내하력 평가방법의 적용성을 판단하기 위하여 실제 교량에 대한 실험과 분석을 수행하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

상시 교통하중 상태에서 무선 계측기를 이용하여 대상 교량의 동특성응답을 획득하여 분석한 결과, 동적거동은 1차 모드에 지배되며 고유진동수 2.344 Hz가 산출되었다. 단순지지 거더 형식의 교량에서는 교통통제가 없이도 고유진동수 도출이 가능한 수준의 응답을 획득할

수 있을 것으로 판단된다. 또한 가속도 계측위치, 온도변화에 의한 영향은 무시할 수 있는 수준으로 나타나 향후 계측의 용이성이 증가할 것으로 판단된다.

산출된 이전 및 현재 고유진동수를 바탕으로 제안된 충격계수 응답스펙트럼과 성능감소계수를 적용한 내하 성능 평가방법을 이용하여 성능변화를 추정하였다. 현재 시점의 내하력이 준공시점에 비해 약 28% 감소한 것으로 나타났다. 제안된 방법의 주기적인 적용을 통해 교량의 성능변화를 용이하게 추정할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 실제적인 지점 경계조건, 편측재하, 측정위치, 온도변화 등의 영향에 대하여 다수 교량의 지속적인 실증연구를 통해 평가의 신뢰성을 제고하고자 한다.

References

- [1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM) and Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation (KISTEC) *Specific Guidelines of Safety Inspection and Precise Safety Diagnosis of Bridges* (in Korean), 2010.
- [2] B. K. Koo, T. E. Ryu, J. B. Lee, Y. J. Ryu, "An Improvement for Impact Factor Determination to Traffic Loads", *Journal of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection* (in Korean), vol. 6, no. 2, pp. 217-224, 2002.
- [3] H. Roh, M. Ryu, K. H. Park, "Development of Load Carrying Capacity Evaluation Model Based on Bridge Frequency Response", *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* (in Korean), vol. 15, no. 4, pp. 1-8, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2015.15.4.169>
- [4] J. H. Lee, S. H. Han, J. C. Shin, "The Examination of Load Carrying Capacity Based on Existing Data for Improved Safety Assessment Method of Expressway Bridges", *Journal of Korea Society of Civil Engineering* (in Korean), vol. 29, no. 6, pp. 597-605, 2009.
- [5] D. Y. Kim, K. S. Kyung, J. C. Jeon, H. H. Lee, D. I. Chang, "A Reformed Rating Method for Highway Bridges Based on Statistical Analysis of Existing Data", *Journal of Korea Society of Civil Engineering* (in Korean), vol. 19, no. 1-6, pp. 847-857, 1999.
- [6] K. S. Kyung, Y. I. Lee, S. J. Lee, "Analysis of Load Carrying Capacity of Bridges Based on Field Data with Serviced Time", *Journal of Korea Society of Civil Engineering* (in Korean), vol. 35, no. 1, pp. 31-38, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2015.35.1.0031>
- [7] Daewoo E&C, *H.D. bridge initial inspection report* (in Korean), 2008.

이 후 석(Huseok Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (구조공학석사)
- 2013년 2월 : 한양대학교 대학원 건설환경공학과 (구조공학박사)
- 2013년 3월 ~ 2015년 4월 : 한양대학교 ERICA 공학기술연구소 Post-Dr.
- 2016년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 구조융합연구소 연구원

<관심분야>
구조동역학, 수치해석

노 화 성(Hwasung Roh)

[정회원]



- 1999년 2월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (구조공학석사)
- 2007년 9월 : 뉴욕주립대학교 버팔로 대학원 토목공학과 (구조공학박사)
- 2007년 9월 ~ 2010년 1월 : 미국 동부지진연구소(MCEER) 연구 과학자

- 2010년 8월 ~ 2013년 2월 : 한양대학교 토목환경공학과 연구교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 토목공학과 조교수

<관심분야>
교량공학, 내진공학, 구조동역학, 콘크리트구조

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 구조융합연구소 수석연구원

<관심분야>
교량공학, 기반시설생애주기관리