

교량 내하력 평가를 위한 정적재하시험 및 동적재하시험 특성

Characteristics of Static Loading and Dynamic Loading Tests for Bridge Capability

이상훈*

Sang Hun Lee*

Civil Engineering Engineer, Safety & Maintenance Department, SAM, Hwaseong, Republic of Korea

*Corresponding author: SangHun Lee, one-shotman@hanmail.net

ABSTRACT

Purpose: The objective of this study is to evaluate the load carrying capacity of a target bridge structure based on the simple slab bridge of concrete over 20 years of public service. **Method:** By performing static loading test and dynamic loading test, the displacement, strain, impact factor, and natural frequency values were measured and evaluated through analysis method. **Result:** The main results of this study are as follows. First, the maximum displacement and maximum strain of S1 were assessed at 2.917 mm and 44.720 $\mu\epsilon$ (tensile) and -13.760 $\mu\epsilon$ (compression), respectively, with S2 maximum displacement and maximum strain being 2.100 mm and 4.870 $\mu\epsilon$ (tensile), respectively. Second, the maximum measured impact factor was 0.191 in section S1 A-A, and the maximum measured impact factor was 0.155 in section S2 C-C. Third, the natural frequency was assessed at 6.086 Hz, and the measurement was found to be within the range of 6.152 Hz to 6.738 Hz. **Conclusion:** The tested bridge may be evaluated to show good behavior and characteristics for the design load.

Keywords: Bridge' Load-carrying Capability, Static Loading Test, Dynamic Loading Test, Displacement, Strain, Impact Factor, Natural Frequency

요약

연구목적: 본 연구에서는 공용년수 20년이 경과된 콘크리트 단순 슬래브교를 대상으로 하여 대상교량 구조물의 내하능을 평가하는 것을 목적으로 하였다. **연구방법:** 정적재하시험 및 동적재하시험을 수행함으로써 변위, 변형률, 충격계수, 고유진동수 값을 실측하였으며, 해석방법을 통해 평가하였다. **연구결과:** 본 연구를 통해 나타난 주요 결과는 다음과 같다. 첫째, S1 최대 변위 및 최대 변형률은 각각 2.917 mm, 44.720 $\mu\epsilon$ (인장), -13.760 $\mu\epsilon$ (압축)로 평가되었으며, S2 최대 변위 및 최대 변형률은 각각 2.100 mm, 4.870 $\mu\epsilon$ (인장)로 나타났다. 둘째, 최대 실측충격계수는 S1 A-A단면에서 0.242로 나타났으며, 최대 실측충격계수는 S2 C-C단면에서 0.198로 나타났다. 셋째, 고유진동수를 해석결과, 6.086Hz로 평가되었고, 측정결과 6.152Hz~6.738Hz의 범위로 나타났다. **결론:** 시험대상 교량은 설계하중에 대하여 양호한 거동 및 특성을 보이는 것으로 평가할 수 있다.

핵심용어: 교량 내하력, 정적재하시험, 동적재하시험, 변위, 변형률, 충격계수, 고유진동수

Received | 25 February, 2020

Revised | 18 May, 2020

Accepted | 2 June, 2020

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

연구의 필요성

공용 교량은 주변 환경의 영향, 통행차량의 대형화 및 중량화, 통행량 증가 등으로 인하여 손상 및 열화가 발생하므로 통과 하중에 대한 안전성을 평가하기 위하여 내하력(Load-carrying capability) 평가를 수행한다. 교량의 안전 및 유지관리에 있어서 내하력 평가는 매우 중요한 요소이며 외관조사, 각종 시험 및 구조해석 등을 포함하고 있다(Sung, 2017). 내하력을 산정하는 방법은 설계하중에 내하율을 고려하는 방법과 구조물의 손상, 결함, 재료적인 열화현상 등에 대한 실측자료를 반영하여 내하율을 보정하는 방법이 있다. 전자의 방법은 미국과 유럽 등에서 채택하고 있으며, 후자의 방법은 한국(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2019)과 일본 등에서 취하고 있다. 기 수행된 정밀안전진단 결과, 심각한 손상, 결함, 열화현상이 없는 교량들은 대부분 설계하중에 대한 안전성을 확보하고 있다. 또한, 1종 시설물의 상태가 보통(C급)이하인 교량은 전체 교량의 3% 미만으로 유지관리 상태가 양호하므로 시설물의 관리자 및 점검자들은 내하력을 평가하는데 있어 재하시험 수행여부를 면밀히 검토해야 한다(Hwang et al., 2011).

재하시험>Loading test)은 축중을 정한 시험차량의 재하에 따른 대상 구조물의 실제 거동을 측정함으로써 대상구조물의 정적 거동 및 동적 거동특성을 파악하고 내하력을 평가하기 위하여 실시한다. 일반적으로 재하시험은 하중의 재하방법에 따라서 정적재하시험(Static loading test) 및 동적재하시험(Dynamic loading test)으로 구분할 수 있다. 최근에는 장비의 발달로 인해 정지하중에 의한 정적재하시험 대신에 종방향 이동 재하에 따른 교량의 정적거동을 연속적으로 측정하는 의사정적 재하시험을 실시하기도 한다. 의사정적재하시험은 정적재하시험과 동일하게 작용외력에 대해서 대상교량의 정적거동 특성을 파악하고 정적변형률 및 응력의 응답비 등 내하력 평가를 위한 제반계수를 산정하기 위해 실시하는 시험인데 반해, 동적 주행시험은 기본적인 구조물의 동적거동을 측정하여 평가하기 위한 것으로 대상교량의 실충격계수(Measured impact factor)와 실고유진동수(Measured natural frequency)를 측정 및 분석하여 교량의 동적거동 특성을 파악하기 위하여 실시한다는 점에서 상호 차이가 있다. 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량편)(이하 세부지침)(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2010)에서는 재하시험 수행여부에 대한 가이드를 제시하고 있다. 그러나 이러한 가이드에는 정성적인 부분이 많아 정밀안전진단 시에는 대부분 재하시험을 실시하고 있다. 예를 들면, “재하시험이 적합하지 않는 경우”는 “상태평가 결과가 양호하고 이론적인 방법으로 평가한 내하력이 관리수준 목표를 상당히 초과하는 경우”, “교량의 심각한 노후화 또는 손상이 진행되어 긴급한 보강이 필요한 경우” 등으로 이것은 재하시험 수행여부에 대한 의사결정에 객관적 기준을 제공하지 못하게 된다(Jung, 2019). 따라서 이에 대한 정량적인 체계적인 기준의 수립이 절대적으로 필요하다.

한편, 교량의 공용 사용기간 동안 및 수명연장 기간 동안에는 공공의 안전성과 신뢰성이 절대적으로 확보되어야 하므로, 적정 수준 이상의 내하력을 유지하기 위한 지속적인 관리가 요구된다. 효과적인 교량의 유지관리는 결함, 손상 및 열화(Degradation)를 초래할 수 있는 요인들은 사전에 탐지하여 예방적 조치를 취함으로써 손상단계로의 진전을 사전에 방지하여야 한다. 이미 결함이나 손상 및 열화가 진행된 경우에는 초기에 적절한 대책을 강구하고 처치함으로써 대규모의 보수 및 보강에까지 이르지 않도록 하기 위해 경제적인 유지관리를 수행하여 교량의 공용수명을 연장하게 된다. 일반교량의 경우 유지관리가 이루어지지 않을 경우 준공 후 10년 동안 구조성능의 25%, 20년 후에는 40%, 30년 후에 55%를 상실하는 것으로 알려져 있다. 특히, 저등급 교량의 경우는 적절한 유지관리를 실시하여도 준공 후 15년 후에 약 17%, 준공 후 20년 후에 27%의 내하력 저하가 발생하는 것으로 알려져 있다(Min et al., 2004). 따라서 교량 손상 및 열화의 발생에 따라 차량 통과하중에 대한 안전성을 평가하기 위하여 내하력 평가를 수행할 필요가 있다.

연구의 목적

본 연구에서는 공용년수 20년이 지난 2경간 콘크리트 단순 슬래브교를 대상으로 하여 비파괴 및 재하시험에 의한 거동특성을 평가하여 대상구조물의 내하성능을 평가하기 위해 시험대상 교량인 W대교 복단교를 대상으로 정적재하시험 및 동적재하시험을 수행함으로써 내하력 평가를 수행하는 것을 목적으로 하였다.

연구방법

재하시험항목

본 연구에서는 먼저, 시험대상 교량인 서울시 소재 W대교 복단교에 작용하는 외력에 대해서 대상 교량의 정적거동 특성을 파악하고 정적변위, 변형률 및 응답비 등 내하력 평가를 위한 제반계수를 산정하기 위하여 정적재하시험을 수행하였다. 본 교량의 재하시험 대상은 2경간 연속교인 P.S.C BEAM교로서, 1경간은 LC1~LC4, 2경간은 LC5~LC8의 재하경우로 시험하였으며, 전단변형률 측정을 위해 A1에서부터 1.35m 떨어진 위치에서 LC9, LC10의 재하경우로 시험을 실시하였다. 다음으로 동적재하시험을 위해 동적거동특성을 파악하고자 하는 대상부재에서 측정항목에 따른 센서(sensor)를 부착하고 시험차량의 주행속도를 10km/hr부터 10, 20, 30, 40, 60, 80km/hr로 최고주행속도를 단계적으로 증가하면서 주행하였다. 교량 구조물에 적용되는 차량하중의 불확실성을 배제하기 위하여 본 연구에서는 동일제조회사 동일모델 차량을 사용하였다. 이 때 측정 지점에 발생하는 처짐, 변형을 및 가속도 등을 측정함으로써 교량의 동적거동상태를 파악하고자 하였다.

재하시험방법

재하시험 대상경간 선정

본 교량의 상부구조형식은 P.S.C BEAM교, DB-18하중으로 설계된 총연장(L)은 40.300m의 2경간인 교량으로 최대 정모멘트 작용구간을 아래와 같이 선정하였으며, 동적재하 시험은 속도별 차량진행방향은 일산방향(시점→종점)으로 주행하는 것을 원칙으로 실시하였다.

측정단면 선정

측정항목 별로 계측기는 대상구조물의 측정대상구간 중에서 하중재하에 따른 단면력(cross sectional force)이 최대인 단면을 선정한 후, 처짐 및 변형률이 최대로 발생하는 부위에 부착하였다. 본 시험대상 교량에서는 재하시험 대상구간의 최대 처짐 및 최대변형률 발생위치 파악을 위해서 재하시험 실시 전에 선행 구조해석을 수행하였으며, 그 결과를 토대로 측정단면을 선정하였다.

센서 부착

본 연구의 시험대상 교량은 2경간 연속교로 1, 2경간의 경간구성은 동일한 상태임을 고려하여, 재하시험 시 1경간에 대하여 게이지 설치를 실시하였으며, 외부강선이 설치된 2경간에도 처짐계를 설치하였다. 게이지 설치위치는 대칭성 및 내·외측 거더의 거동, 복개구조물 접속부 등 교량의 현장여건을 고려하여 설치하였다.

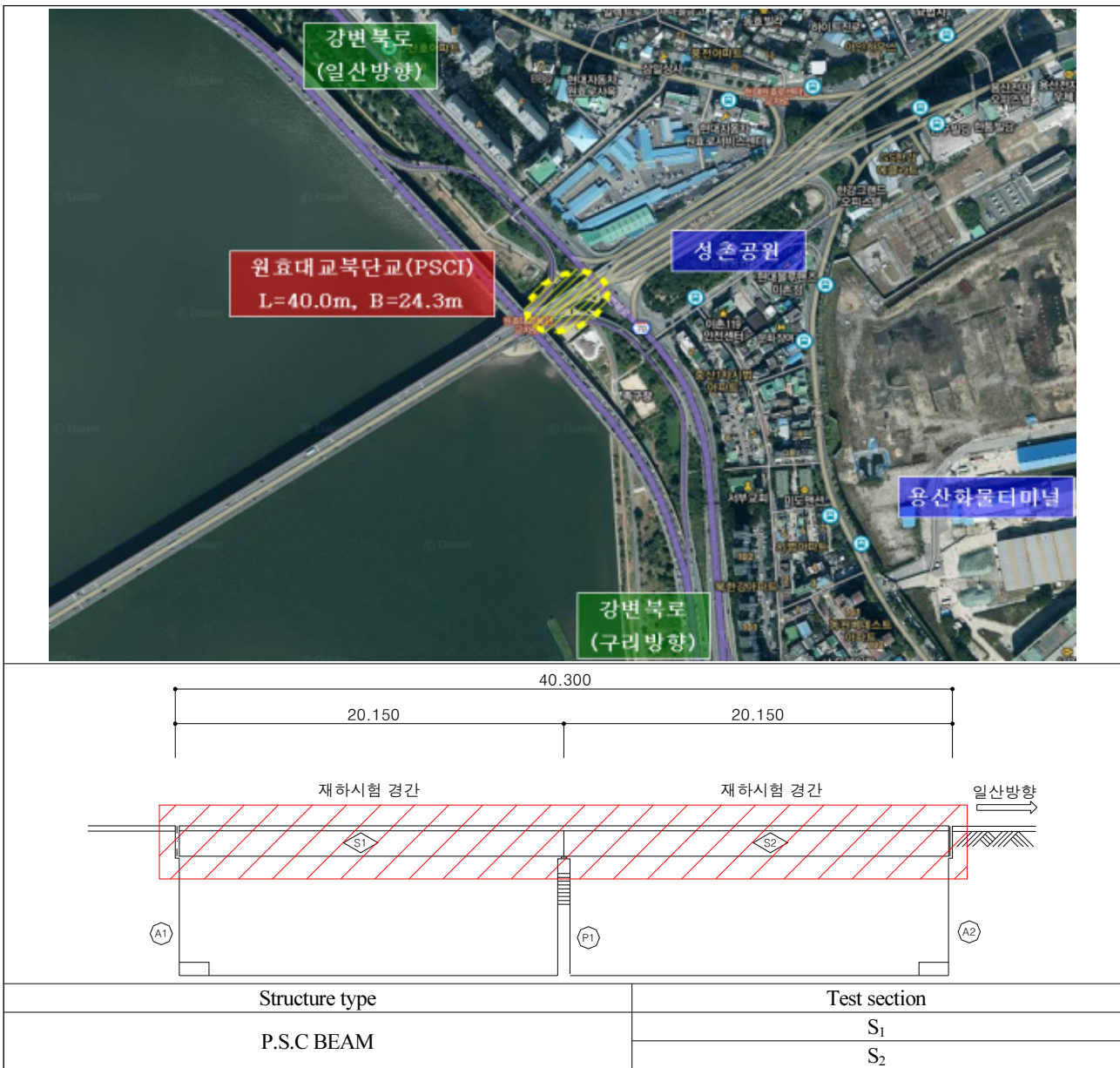


Fig. 1. Span of loading test

연구결과

정적재하시험 결과

본 시험대상 교량 정적재하시험의 변위 및 변형을 측정결과는 Tables 1 ~ 4에 제시한 바와 같다. 변위는 해당 교량을 구성하는 부재의 전체적인 강성과 관련이 있으므로 동일한 하중 조건하에서 특정부재의 처짐이 높게 나타날 경우 해당 부재의 손상을 예상해보거나, 설계 또는 시공 상의 오류 등을 유추해볼 수 있으므로, 매우 중요한 특성이다. 먼저, section A-A의 1경간인 LC1~LC4 위치에서 측정된 각각의 측정 게이지 변위는 Table 1에 제시한 바와 같이, -0.358 ~ 2.917 mm 범위로 나타났으며,

LC2에서 최대 변위인 2.917 mm 값을 보여주었다. 정적재하시험결과를 바탕으로 S1과 S2의 횡방향거동 효과를 파악하기 위해서 하중경우별 각 단면에 부착된 변형률 및 변위를 이용, 분석한 결과 교량의 구조적 특성 및 센서의 차이에 따른 오차 등을 감안할 때 LC1, LC4의 값은 전반적으로 유사한 대칭성으로 측정되어 횡분배 분석을 통한 거동상태는 비교적 양호한 것으로 판단된다. 다음으로, 동일 조건에서의 1경간인 LC1~LC4 위치에서 측정된 각각의 측정 게이지 별 변형율 (ϵ)은 Table 2에서 보는 바와 같이, $-14.769 \sim 44.720 \times 10^{-6}$ 범위로 분포하였으며, LC2에서 최대 변위인 2.917 mm 값을 보여주었다.

Table 1. Displacement in the static loading test (S1, section A-A)

Gage No	Static				Remark	
	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4		
1 경 간	DT1	2.206	-0.051	-0.002	0.003	mm
	DT2	2.319	0.523	0.061	0.004	mm
	DT3	0.279	2.917	0.239	-0.01	mm
	DT4	0.024	0.658	2.631	0.377	mm
	DT5	0.001	0.074	1.004	2.114	mm
	DT6	-0.003	-0.003	0.065	1.141	mm
2 경 간	DT7	-0.274	-0.027	-0.018	-0.003	mm
	DT8	-0.145	-0.299	-0.103	-0.010	mm
	DT9	-0.026	-0.181	-0.358	-0.126	mm
	DT10	-0.003	-0.002	-0.061	-0.160	mm

Table 2. Strain in the static loading test (S1, section A-A)

Gage No	Static				Remark
	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	
ST1	4.831	0.488	0.844	0.518	$\mu\epsilon$
ST2	14.291	4.150	1.382	0.201	$\mu\epsilon$
ST3	3.190	23.188	3.366	-0.132	$\mu\epsilon$
ST4	1.239	10.870	39.162	5.062	$\mu\epsilon$
ST5	-0.199	1.636	22.66	44.720	$\mu\epsilon$
ST6	0.135	1.463	1.325	16.153	$\mu\epsilon$
ST7	-14.769	-0.148	1.256	0.688	$\mu\epsilon$
ST8	-6.434	-8.424	-4.660	-0.410	$\mu\epsilon$
ST9	-0.782	-7.879	-11.663	-3.364	$\mu\epsilon$
ST10	1.715	2.374	-1.434	-5.443	$\mu\epsilon$

다음으로, section B-B의 2경간인 LC5~LC8 위치에서 측정된 각각의 측정 게이지 변위는 Table 3에 제시한 바와 같이, $-0.286 \sim 2.100$ mm 범위로 나타났으며, LC6에서 최대 변위인 2.100 mm 값을 보여주었다. 또한, 동일 조건에서의 1경간인 LC1~LC4 위치에서 측정된 각각의 측정 게이지 별 변형율 (ϵ)은 Table 4에서 보는 바와 같이, $0.014 \sim 0.870 \times 10^{-6}$ 범위로 나타났으며, 2경간인 LC5~LC8 위치에서 측정된 각각의 측정 게이지 별 변형율 (ϵ)은 $0.092 \sim 4.870 \times 10^{-6}$ 범위로 측정되었다.

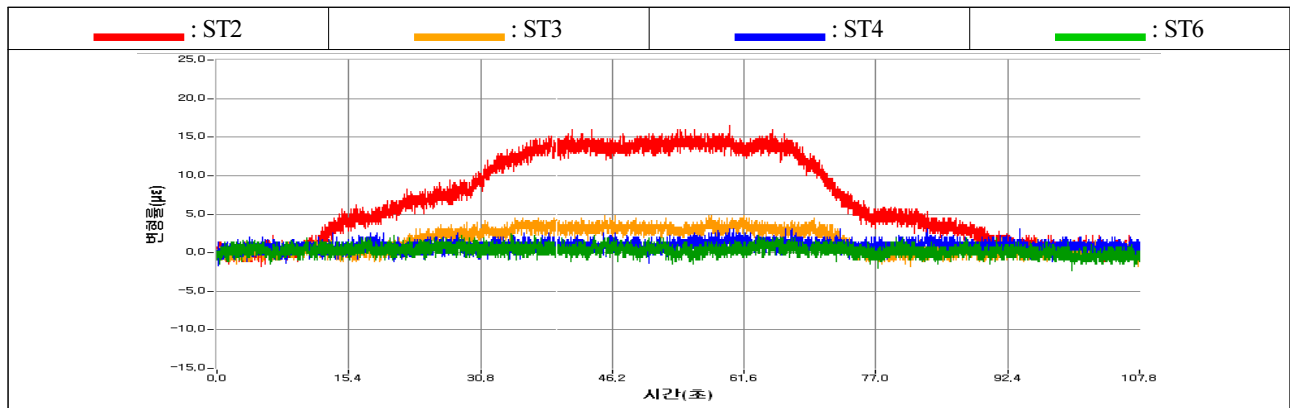
Table 3. Displacement in the static loading test (S2, section B-B)

Gage No	Static				Remark
	L.C5	L.C6	L.C7	L.C8	
DT1	-0.260	-0.011	0.012	-0.011	mm
DT3	-0.097	-0.250	-0.093	-0.001	mm
DT4	-0.017	-0.141	-0.286	-0.142	mm
DT6	-0.003	-0.005	-0.032	-0.112	mm
DT7	1.989	0.003	-0.002	0.026	mm
DT8	0.377	2.100	0.302	0.006	mm
DT9	0.012	0.578	1.891	0.317	mm
DT10	0.004	-0.035	0.050	1.572	mm

Table 4. Strain in the static loading test (S2, section C-C)

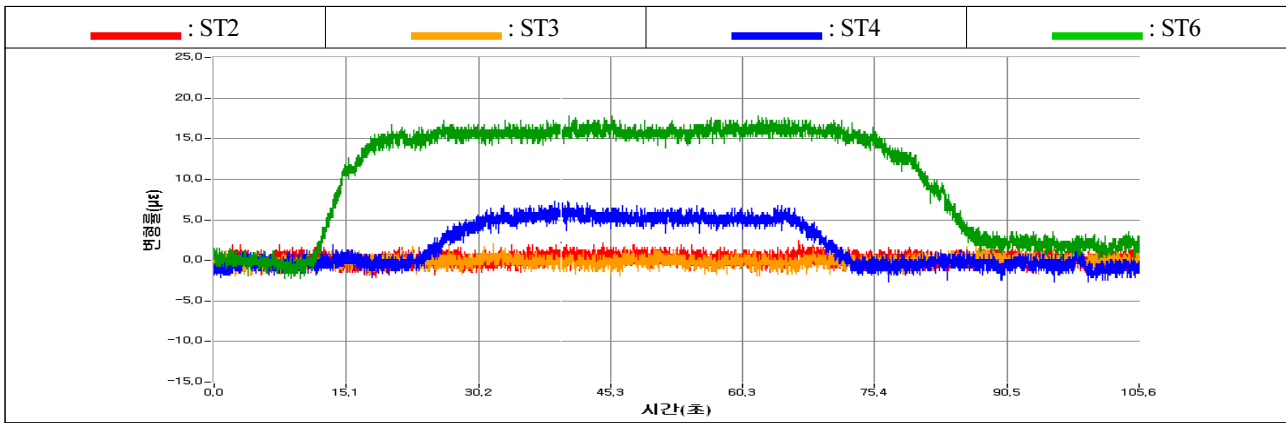
Gage No	Static								Remark
	L.C1	L.C2	L.C3	L.C4	L.C5	L.C6	L.C7	L.C8	
ST11	0.870	0.238	0.028	0.383	0.708	0.168	0.092	0.277	$\mu\epsilon$
ST12	0.732	0.445	0.014	0.256	0.493	3.084	3.266	1.325	$\mu\epsilon$
ST13	0.791	0.343	0.515	0.565	0.242	2.056	4.870	2.008	$\mu\epsilon$
ST14	0.608	0.137	0.427	0.622	0.320	0.279	2.916	4.016	$\mu\epsilon$

이상의 정적재하시험 결과를 종합해 볼 때, S1 정모멘트부 거더 상하부 플랜지의 최대 변위 및 최대 변형률은 각각 2.917 mm, 44.720 $\mu\epsilon$ (인장), -13.760 $\mu\epsilon$ (압축)로 평가되었으며, S2 최대 변위 및 최대 변형률은 각각 2.100 mm, 4.870 $\mu\epsilon$ (인장)로 나타났다. 또한, 각 경간에 재하시 다른 경간의 변위값을 분석한 결과 연속교의 변위값이 발생하는 것으로 분석되었다. 한편, 앞서 제시한 재하시험의 주요 케이스 별 시간에 따른 변형률을 보여주는 변위 응답곡선(displacement response curve)을 제시하면 다음과 같다.

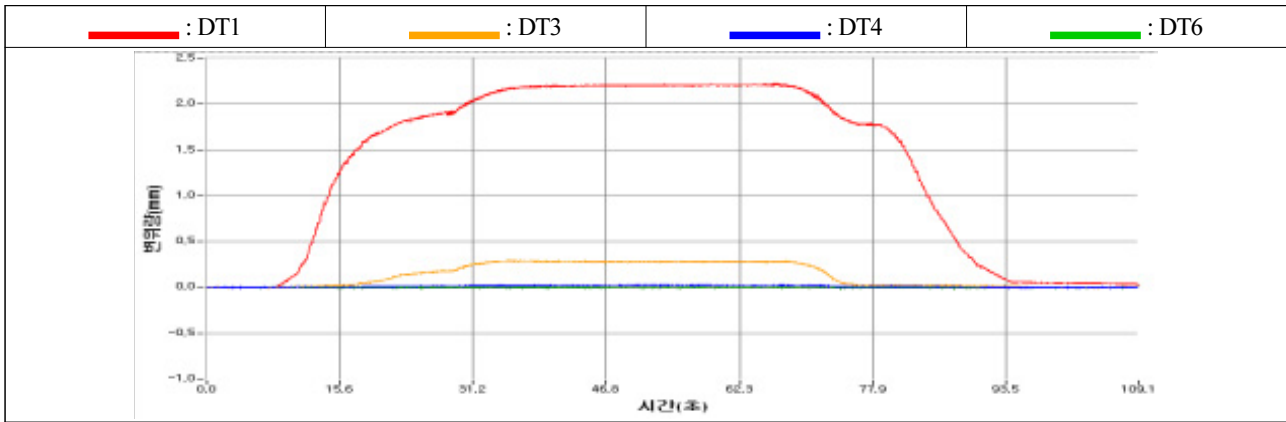


(a) Variation of strain with time (section A-A : ST2, ST3, ST4, ST6) - LC1

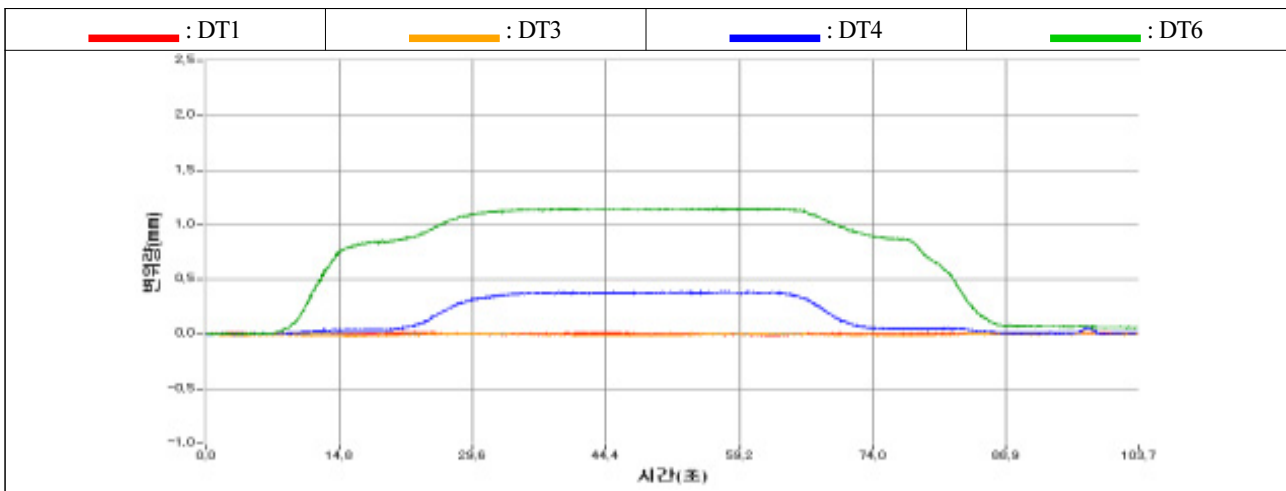
Fig. 2. Displacement response curve



(b) Variation of strain with time (section A-A : ST2, ST3, ST4, ST6) - LC4

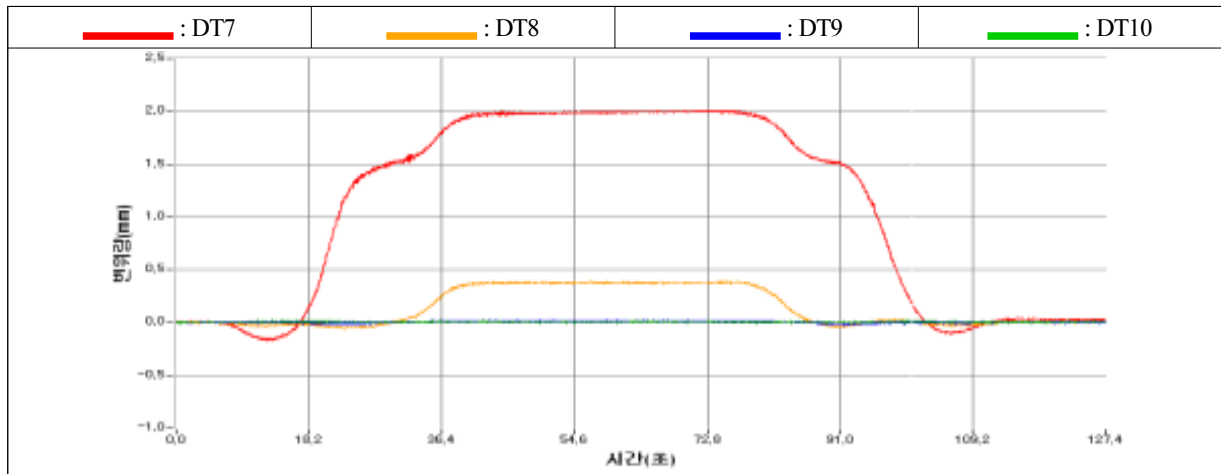


(c) Variation of displacement with time (section A-A : DT1, DT3, DT4, DT6) - LC1

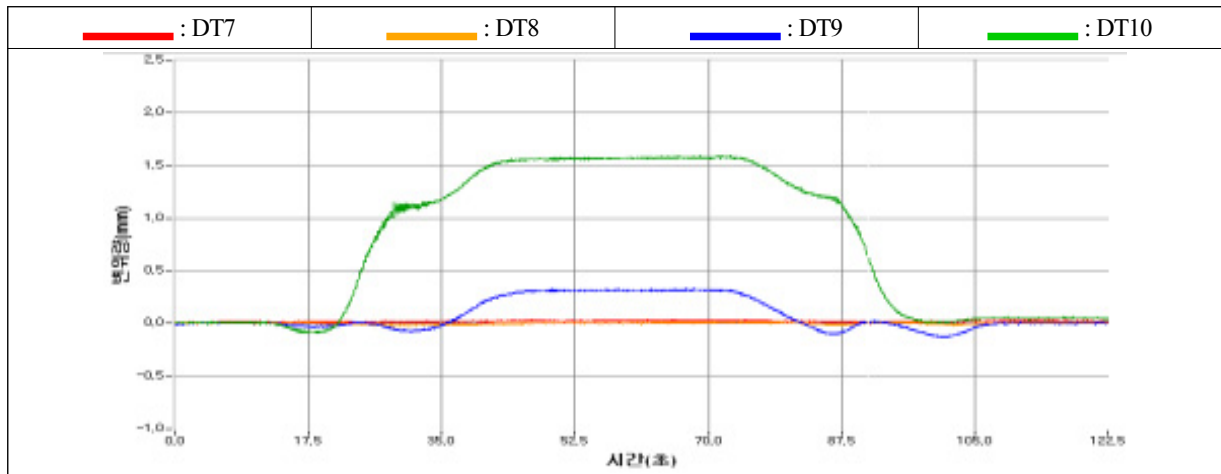


(d) Variation of displacement with time (section A-A : DT1, DT3, DT4, DT6) - LC4

Fig. 2. Displacement response curve (Continue)



(e) Variation of displacement with time (section C-C : DT7, DT8, DT9, DT10) - LC5



(f) Variation of displacement with time (section C-C : DT7, DT8, DT9, DT10) - LC8

Fig. 2. Displacement response curve (Continue)

동적재하시험 결과

본 연구에서는 동적재하시험을 통해 시험대상 교량에 대한 충격계수를 측정하였으며, 그 결과값을 Table 5에 제시하였다. 차량의 일정속도 이상의 주행에 있어서는 정적하중 이상으로 부재에 변위 및 변형률을 발생시키게 된다. 이러한 현상은 주로 교면의 요철, 차량의 감속과 가속, 또는 전후 차량의 상호작용 등의 요인에 의해 나타나게 된다. 이를 수치적으로 표현한 것이 바로 충격계수로서 충격의 정도를 의미한다. 응답값이 작은 계측치의 경우는 신뢰성을 높이기 위해 본 실측 충격계수 산정에서 제외하였으며, 계측값이 크게 발생된 주행차선에 설치한 게이지를 이용하여 충격계수를 선정하였다. 본 연구에서는 주행 경로는 일정하게 하여 교량 2차로를 주행차선으로 하여 시험차량을 주행시켰으며, 차량 주행속도 단계는 10 km/h와 80 km/h 사이의 속도로서 10 km/h씩 증가시키면서 변위와 변형률을 측정하였으며, 시험결과는 Table 5와 Fig. 3에 제시하였다.

Table 5에서 보는 바와 같이, S1 정모멘트부 거더 상하부 플랜지의 DT1의 경우 충격계수는 0.045 ~ 0.242의 범위로 분포하였으며, DT2는 0.019 ~ 0.191, DT3은 0.016 ~ 0.212로 분포하였다. 충격계수 측정결과, 최대 실측충격계수는 S1 A-A 단면에서 0.242로서 이론 충격계수인 설계치 0.252 보다 작은 값으로 나타나 활하중 충격에 영향은 크지 않으며, 안전성은 충

분하게 확보된 것을 확인하였다. S2 C-C단면에서 DT7은 0.059 ~ 0.198, DT8은 0.036 ~ 0.155로 분포하였다. 충격계수 측정결과, 최대 실측충격계수는 S2 C-C단면에서 0.198로서 이론 충격계수인 설계치 0.252 보다 작은 값으로 나타나 활하중 충격에 영향은 크지 않으며, 안전성은 충분하게 확보된 것을 확인하였다. 한편, 충격계수는 시험차량의 속도가 클수록 전반적으로 높게 나타남을 알 수 있으며, DT2, DT3, DT8에 대한 시험차량속도에 따른 충격계수의 변화를 Fig.3에 나타내었다.

Table 5. Impact factor with vehicle's velocity

		section A-A S1			section C-C S2	
		DT1	DT2	DT3	DT7	DT8
10km/hr	Ddyn	0.162	1.437	0.786	0.162	0.659
	Dsta	0.150	1.384	0.756	0.153	0.634
	Impact factor(i)	0.080	0.038	0.040	0.059	0.039
20km/hr	Ddyn	0.162	1.394	0.619	0.164	0.611
	Dsta	0.155	1.348	0.609	0.141	0.560
	Impact factor(i)	0.045	0.034	0.016	0.163	0.091
30km/hr	Ddyn	0.187	1.423	0.677	0.166	0.626
	Dsta	0.174	1.397	0.633	0.139	0.604
	Impact factor(i)	0.075	0.019	0.070	0.194	0.036
40km/hr	Ddyn	0.197	1.489	0.716	0.192	0.620
	Dsta	0.162	1.321	0.645	0.155	0.566
	Impact factor(i)	0.216	0.127	0.110	0.239	0.095
60km/hr	Ddyn	0.230	1.900	0.897	0.192	0.609
	Dsta	0.187	1.615	0.747	0.168	0.560
	Impact factor(i)	0.230	0.176	0.201	0.143	0.087
80km/hr	Ddyn	0.205	1.660	0.743	0.200	0.665
	Dsta	0.165	1.394	0.613	0.167	0.576
	Impact factor(i)	0.242	0.191	0.212	0.198	0.155
Maximum impact factor		0.242			0.198	
Design impact factor		0.252				

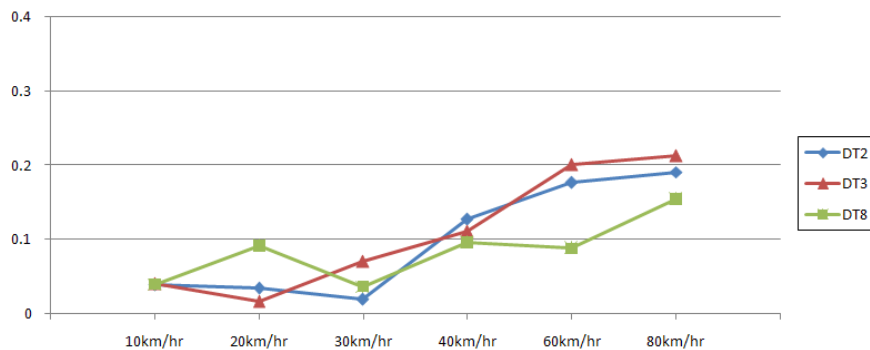


Fig. 3. Variation of impact factor with vehicle's velocity

한편, 본 교량의 고유진동수를 평가하기 위하여 S1 정모멘트부에 가속도계를 부착하였고 주행속도별로 동적응답을 획득하였다. 또한 주행차선에 부착한 변위게이지를 이용하여 분석하였다. 구조해석의 경우, 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS/Civil 2012 해석 프로그램을 활용하여 모델링을 수행하였고, 본 연구에서 실제 측정된 진동수 데이터와 비교함으로써 고유치 해석 기법을 적용하였다. 해석결과와 실험결과를 비교하였으며, 먼저 해석결과의 경우 진동 모드형태 및 주기와 모드별 질량 참여율을 계산한 결과, 현장 가속도 게이지를 인식방향으로 부착하여 해석한 결과에서 Z방향으로 크게 발생된 3차 모드에서 6.086Hz로 분석되었다(Fig. 4). 실험결과를 살펴보면, 재하시험 결과 고유진동수는 6.152Hz~6.738Hz로 분석되어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단되었다.

한편, 재하차량이 대상경간을 벗어나 자유진동을 하고 있는 구간을 대상으로 FFT분석을 실시하여 고유진동수를 산출하였다(Fig. 5). 고유진동수 값의 차이는 시공 시 검토 되는 교량 강성 값과 시공 상태의 교량 강성 값의 차이로 인해 발생된 것으로 사료된다.

Table 6. Frequency measurement as vehicle's velocity

Velocity		10km/hr	20km/hr	30km/hr	40km/hr	60km/hr	80km/hr
Natural frequency (Hz)	ACC	6.152	6.348	6.641	6.738	6.250	6.250
	Gage	7.715	7.617	7.520	6.934	7.129	7.422
Range		- Natural frequency(acceleration) : 6.152 Hz ~ 6.738 Hz					
		- Theoretical frequency : 6.086Hz					

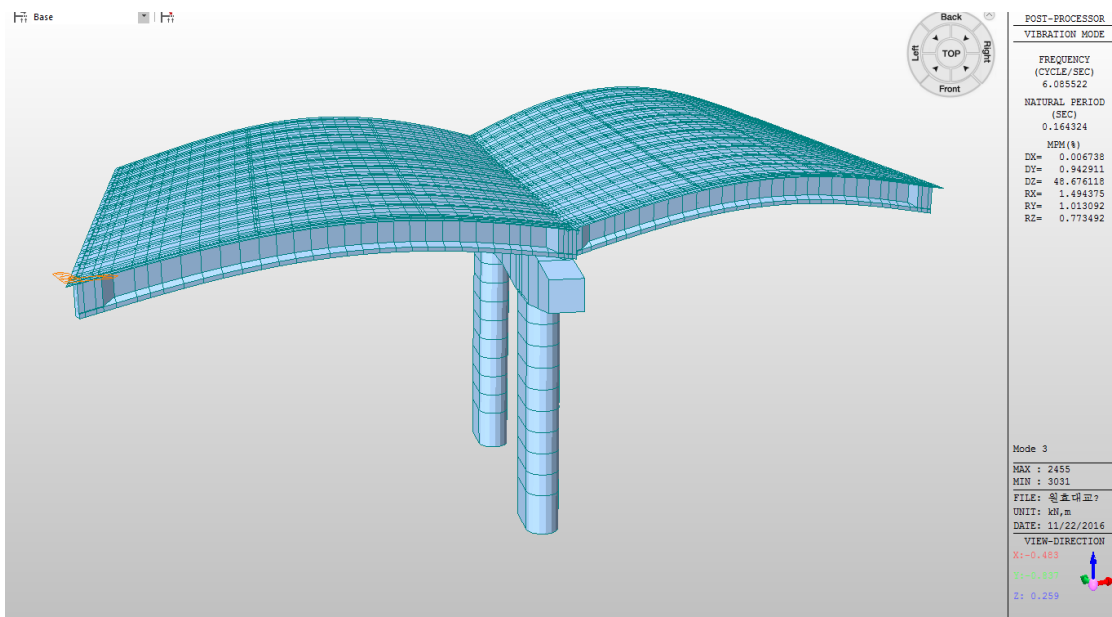


Fig. 4. Analysis of natural frequency of the test bridge

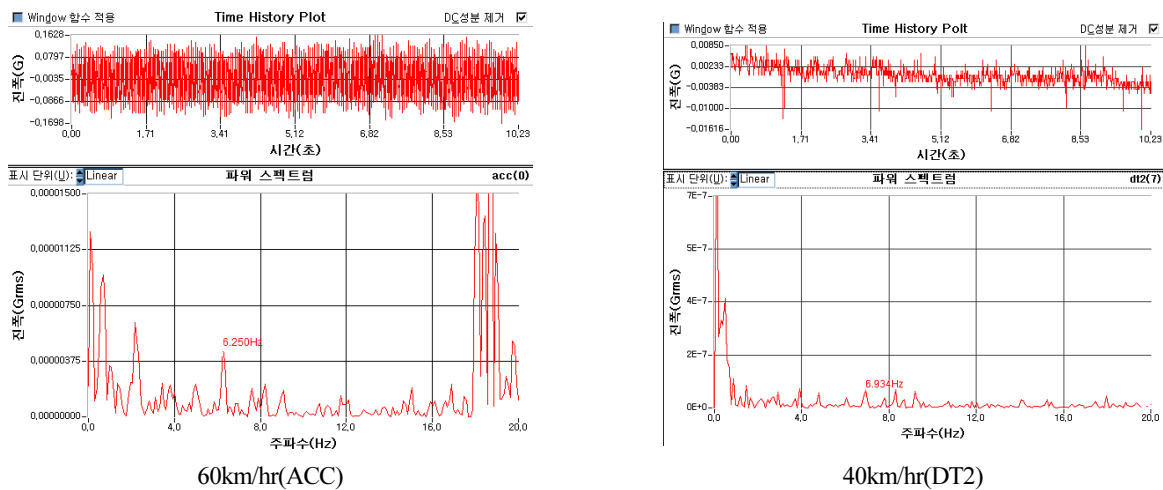


Fig. 5. FFT Analysis result for acceleration response curve

결론

본 연구에서는 공용년수 20년이 경과된 콘크리트 단순 슬래브교를 대상으로 하여 대상구조물의 내하성능을 평가하고자 하였다. 국내에는 현재 공용년수 20년이 경과된 교량이 다소 존재하며, 이들 교량의 경우 초기 내하력의 약 70% 수준에 불과한 것으로 예측할 수 있다. 따라서 노후화된 국내 교량의 열화 혹은 손상이 발생함에 따라 차량 통과하중에 대한 안전성 평가를 위한 내하력 평가가 필요하며, 국내 콘크리트 단순 슬래브교로서 노후화 된 대표적인 국내 교량인 서울시 소재 W대교 북단교를 대상으로 하여 대상교량의 실충격계수(Measured impact factor)와 실고유진동수(Measured natural frequency)를 측정하고 분석함으로써 교량의 동적거동 특성을 파악하였다는 점에서 본 연구의 차별성이 있다고 볼 수 있다.

본 연구의 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, S1 최대 변위 및 최대 변형률은 각각 2.917 mm, 44.720 $\mu\epsilon$ (인장), -13.760 $\mu\epsilon$ (압축)로 평가되었으며, S2 최대 변위 및 최대 변형률은 각각 2.100 mm, 4.870 $\mu\epsilon$ (인장)로 나타났다.

둘째, 최대 실충격계수는 S1 A-A단면에서 0.242로 나타났으며, 최대 실충격계수는 S2 C-C단면에서 0.198로 나타남으로써 이론 충격계수인 설계치 0.252 보다 작은 값으로 나타나 활하중 충격에 영향은 크지 않으며, 안전성은 충분하게 확보된 것으로 평가할 수 있다.

셋째, 본 교량의 고유진동수를 해석하고, 측정된 결과, 현장 가속도 게이지를 연식방향으로 부착하여 해석한 결과에서 Z 방향으로 크게 발생된 3차 모드에서 6.086Hz로 분석되었으며, 고유진동수 6.152Hz~6.738Hz로 측정되어 교량의 강성은 양호한 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 바탕으로, 시험대상 교량은 설계하중에 대하여 양호한 거동 및 특성을 보이는 것으로 평가할 수 있다.

References

[1] Hwang, J.H., An, S.S., Kim, J.H. (2011). "A feasibility study of loading test for safety assessment : Concrete bridges." Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 15, No. 6, pp. 147-155.

- [2] Jung, H.P. (2019). A Study on the Bridge Heavy Automobile Passing Load Based on Live Load and Load Test Data. Master's Thesis, Graduate School of University of Seoul.
- [3] Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation (2010). FMS Facility Information Management System.
- [4] Min, J.K., Kim, Y.I. (2004). "Behavior properties of bridge by non destructive and loading test." *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 1, pp. 61-71.
- [5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2010). Detailed Guideline for Safety Inspection and Precision Safety Diagnosis (Bridge).
- [6] Sung, I. (2017). "An application of dynamic loading test of precast module concrete decks." *Journal of Korea Society of Disaster Information*, Vol. 13, No. 1, pp. 73-80.