

## KL-510 하중에 의한 강판형교의 동적응답

### Dynamic Response of Steel Plate Girder Bridges by the KL-510 Load

정 태 주<sup>1)\*</sup>

Tae-Ju Chung

#### Abstract

Dynamic response of steel plate girder bridges by KL-510 design truck in KHBDC considering the road surface roughness of bridges and bridge-vehicle interaction is investigated. Simply supported steel plate girder bridges with span length of 20m, 30m, and 40m from "Standard Highway Bridge Superstructure" published by the Korean Ministry of Construction are used for a bridge model, and ten sets of the road surface roughness of bridge deck are generated from power spectral density (PSD) function by assuming the roadway as "Average Road". A three dimensionally modeled 5-axle tractor-trailer with its gross weight, which is the same as that of KL-510 design truck, is used for dynamic analysis. For the finite element modeling of superstructure, beam element for the main girder, shell element for the concrete deck, and rigid link between main girder and concrete deck are used. Impact factor and DLA of steel plate girder bridges for different span are calculated by the proposed numerical analysis model and compared with those specified by several bridge codes.

Keywords : Dynamic analysis, Steel plate girder bridge, KL-510, Dynamic load allowance, Vehicle model

#### 1. 서 론

차량이 교량을 통과할 때 교량에 발생하는 동적응답은 주로 교량의 동적특성, 차량의 동적특성 및 교량의 노면조도 등 여러 가지 요소의 영향을 받는다. 이와 같이 여러 가지 요소에 의한 교량의 동적응답을 정확하게 구하기가 어렵기 때문에 설계 시 교량에 발생하는 동적효과를 반영하기 위하여 교량 설계시방서에서는 충격계수, 동적증폭계수 (Dynamic Amplification Factor, DAF) 또는 동적하중허용계수 (Dynamic Load Allowance, DLA)를 사용하고 있다. 교량의 충격계수에 관한 중요한 문헌으로는 1931년 ASCE의 특별위원회에서 현장 측정 자료를 기초로 작성한 설계시방서이다 (ASCE, 1931). 외국에서는 Billing (1982), Cantieni (1983), O'Connor (1985) 등의 실험적 연구와 Huang (1960), Fryba (1970), Biggs (1982), Mulcahy (1983), Hwang (1990), Wang et al. (1992) 등의 이론적 연구가 체계적으로 진행되어 왔으며, 이

들 연구결과는 교량설계시방서에 반영되었다.

교량의 동적효과를 반영하기 위해 허용응력설계에 기초한 KHBDC (2010), AASHTO (2002), JHBS (2002) 등에서는 충격계수를 교량 지간의 함수로 나타내고, OHBDC (1983), SIA (1985) 등에서는 교량 고유진동수의 함수로 나타내고 있으나, LRFD에 기초한 KHBDC (2012), AASHTO (2010), CHBDC (2000), Euro Code (1991)에서는 기존의 실험 및 해석 결과를 통계적으로 분석하여 합리적으로 보정된 DLA를 바닥판 접합부와 바닥판 접합부가 아닌 부재로 구분하여 바닥판 접합부의 경우 0.50~0.75, 바닥판 접합부가 아닌 부재의 경우 0.25~0.40로 규정하고 있다.

우리나라의 도로교설계기준은 1962년 허용응력설계법에 기초한 설계시방서인 강도로교 설계표준시방서를 제정한 이래 대략 4~5년의 주기로 2012년까지 여러 차례 개정되어 왔다. 특히, 2003~2008년까지 국가 R&D사업으로 수행된 교량설계핵심기술단 (Koh et al., 2009)의 연구에서 우리나라

1) 정회원, 한라대학교 토목공학과 교수, 교신저자

\* Corresponding author : tjchung@halla.ac.kr

• 본 논문에 대한 토의를 2013년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2014년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

최초로 신뢰도를 기반으로 한 하중저항계수설계법을 적용한 도로교설계기준이 개발되었으며, 이 연구의 결과를 바탕으로 2012년에 한계상태설계법을 적용한 KHBDC (2012)을 제정하였다.

우리나라 도로교설계기준으로 허용응력설계법에 기초한 KHBDC (2010)까지는 교량 지간 (L)의 함수로 충격계수  $I=15/(40+L) \leq 0.30$ 를 규정하고 활하중을 총 하중이 432kN인 표준트럭하중 DB-24를 사용하였으나, 한계상태설계법에 기초한 KHBDC (2012)에서는 충격하중계수를 바닥판 신축이음장치의 경우 0.70, 모든 다른 부재의 경우 0.25로 규정하고 활하중을 총 하중이 510kN인 표준트럭하중 KL-510을 새로 규정하였다. 표준트럭하중 DB-24와 KL-510은 총 중량과 차량의 길이 등의 차량 동적특성이 서로 다르기 때문에 교량에 발생하는 동적응답이 서로 다르게 발생할 수 있다.

KHBDC (2012)에 규정되어 있는 충격하중계수를 우리나라 실정에 알맞게 합리적으로 보정하기 위해서는 통계적 분석에 필요한 해석 및 실험 결과가 많이 필요하며, 이를 위해서는 여러 가지 교량 형식 및 지간, 교량의 노면조도 그리고 다양한 차량에 의한 교량의 동적응답을 구하는 매개변수 연구가 필요하다. Chung et al. (2008)이 DB-24에 의한 강관형교의 충격계수 및 DLA를 구하였으나, 본 연구에서는 KL-510에 의한 강관형교의 정적 처짐, 충격계수 및 DLA를 각각 구하여 각국의 설계기준과 비교 검토하고 충격하중계수의 통계적 분석에 필요한 자료를 구축하고자 한다.

본 연구에서 대상교량은 건설부에서 제정한 Standard Highway Bridge Supper Structures (1979)에 수록되어 있는 지간이 20m, 30m와 40m인 단순 강관형교를 선정하고, 차량은 5축 트랙터-트레일러인 총 중량 432kN인 DB-24와 총 중량이 510kN인 KL-510을 사용하였으며, 노면조도는 Dodds and Robson (1973)이 제안한 도로 분류표의 “보통의 도로”에 대하여 10개의 노면조도를 생성시켜 사용하였다. 이와 같이 3개의 강관형교에 10개의 노면조도를 사용하여 해석적 방법으로 구한 30개의 동적해석 결과와 OHBDC (1983)에서 사용한 보정 식을 사용하여 강관형교에 대한 DLA를 통계적으로 추정하였다.

## 2. 차량과 교량의 운동방정식

본 연구에서는 5축 트랙터-트레일러를 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 현가장치에 의해 받혀지는 현가장치 상질량 (Sprung Mass)과 현가장치 하질량 (Unsprung Mass)으로 구분하여 3

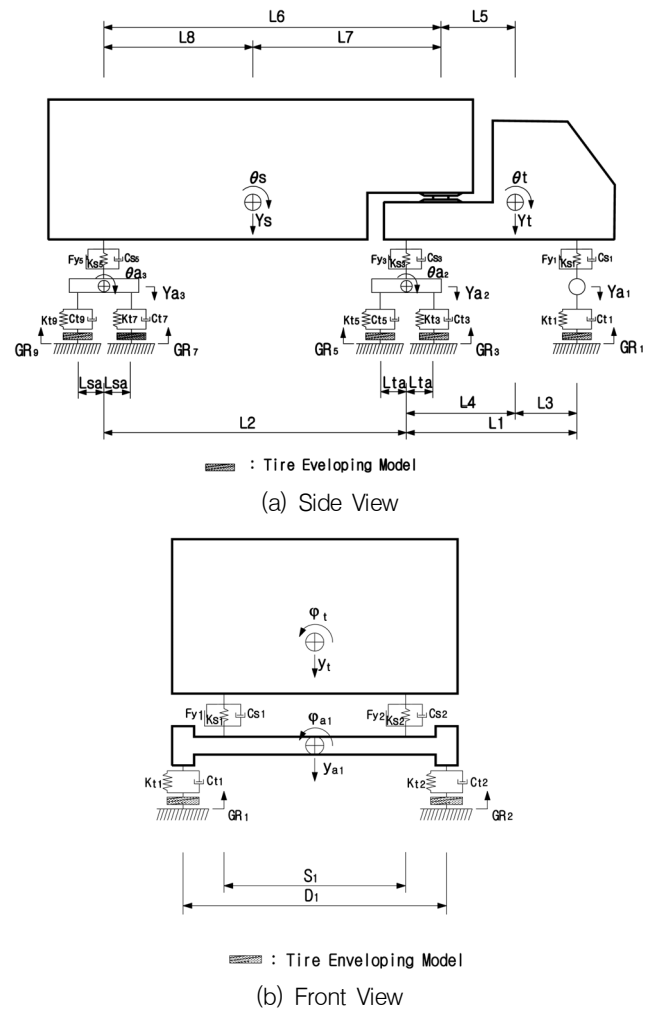


Fig. 1 5-Axle Tractor-Trailer Vehicle Model

차원으로 모델링하였다. 여기서, 현가장치 상질량은 차체이고 현가장치 하질량은 차륜축이며, 차륜은 차륜축에 포함시켰다.

Fig. 1에 나타낸 5축 트랙터-트레일러의 차량모델에 대한 운동방정식은 식 (1)을 사용하여 유도하였다.

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial V}{\partial q} + \frac{\partial D}{\partial \dot{q}_i} = 0 \quad (1)$$

여기서, T는 차량 시스템의 전체 운동에너지, V는 차량 시스템의 전체 위치에너지, D는 차량 시스템의 전체 분산에너지이고  $q_i$ 와  $\dot{q}$ 는 일반화된 변위와 속도이다.

차량의 전체 운동에너지  $T = \sum T_i$ 는 차량 시스템 요소의 질량 및 수직변위의 속도  $\dot{y}$ 와 피칭 및 롤링에 대한 회전속도  $\dot{\theta}$ 와  $\dot{\phi}$ 를 사용하여 계산하고, 차량의 전체 위치 에너지

$V = \sum V_i$ 는 현가장치 및 타이어 스프링의 상대변위를 구하여 계산하였다.

교량의 운동방정식은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$[M_B]\{\ddot{x}\} + [C_B]\{\dot{x}\} + [K_B]\{x\} = \{F_B(t)\} \quad (2)$$

여기서,  $[M_B]$ 는 교량의 전체 질량 매트릭스,  $[C_B]$ 는 교량의 전체 감쇠 매트릭스,  $[K_B]$ 는 교량의 전체 강도 매트릭스,  $x$ ,  $\dot{x}$  및  $\ddot{x}$ 는 교량 절점의 변위, 속도 및 가속도 벡터이고  $\{F_B(t)\}$ 는 교량과 차량 사이의 상호작용에 의해 교량에 작용하는 하중 벡터이다.

차량의 운동방정식은 Newmark- $\beta$ 법을 사용하여 풀었고, 교량의 운동방정식은 모우드 중첩법을 사용하여 풀었다. 차량과 교량의 운동방정식, 차량의 현가장치와 타이어 접지폭 모델, 해석순서 등에 대한 내용은 참고문헌 Chung (2006)에 자세히 수록되어 있다.

### 3. 강판형교의 DLA해석

#### 3.1 대상 차량과 교량의 제원 및 노면조도

대상차량은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 5축 트랙터-트레일러 차량으로 모델링하였다. 그리고 대상차량에 대한 제원 및 물성은 Table 1에 각각 나타내었다.

대상교량은 건설부에서 제정한 Standard Highway Bridge Supper Structures (1979)에 수록되어 있는 교량의 폭이 10.5m, 주형의 개수는 4개, 주형의 간격은 2.7m, 콘크리트 바닥판 두께는 0.25m이고, 지간이 20m, 30m 및 40m인 단순 강판형교를 대상교량으로 선정하였다. 강판형교인 대상교량의 표준단면도를 Fig. 2에 나타내었다.

노면조도는 Dodds and Robson (1973)이 제안한 “보통의 도로”를 사용하였으며 10개의 노면조도를 생성시켜 사용하였고 인공적으로 생성한 노면조도의 예를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 Left Line와 Right Line은 각각의 차량의 좌우측 바퀴가 통과하는 라인의 노면조도를 나타낸다.

#### 3.2 교량의 모델링 및 하중조건

대상교량의 모델링 시 주형과 가로보는 보요소, 콘크리트 바닥판은 션요소, 바다판과 주형 사이는 Rigid Link를 사용하여 대상교량을 3차원으로 모델링하였다. 대상교량의 모델

Table 1 The Properties of Vehicle Models

Item	Vehicle		KL-510	DB-24
	Static Force (kN)	Steer Axle (T)		24.0
Tractor Axle (T)			67.5	48.0
Tractor Axle (T)			67.5	48.0
Trailer Axle (S)			48.0	48.0
Trailer Axle (S)			48.0	48.0
Dimensions (m)	L1		4.2000	4.2000
	L2		7.8000	4.2000
	L3		2.0462	1.7949
	L4		2.1538	2.4051
	L5		1.9420	2.1811
	L6		8.0118	4.4240
	L7		3.4903	2.3884
	L8		4.5215	2.0356
	Lta		0.6000	0.6500
	Lsa		0.6000	0.6500
	D1		2.0500	2.0500
	D2		1.8500	1.8500
	D3~D5		1.8500	1.8500
	S1		0.8900	0.8900
S2~S3		0.9200	0.9200	
Mass (kg)	mt		5,850.0	5,850.0
	ms		40,400.0	32,600.0
	ma1		650.0	650.0
	ma2		2,500.0	2,500.0
	ma3		1,600.0	1,600.0
Moment of Inertias (kg · m <sup>2</sup> )	Itx		4,144.0	4,144.0
	Itz		19,336.0	18,940.0
	Isx		51,342.0	41,430.0
	Isz		828,845.0	206,044.0
	Iax1		352.0	352.0
	Iax2		1,510.0	1,510.0
	Iaz2		634.0	634.0
	Iax3		867.0	867.0
	Iaz3		406.0	406.0
Stiffness (kN/m)	Suspension	Ks1, Ks2	320.0	320.0
		Ks3, Ks4	2330.0	2,330.0
		Ks5, Ks6	2330.0	2,330.0
	Tire	Kt1, Kt2	950.0	950.0
		Kt3, Kt4	2,200.0	2,200.0
		Kt5, Kt6	2,200.0	2,200.0
		Kt7~Kt10	2,200.0	2,200.0
Damping Coefficient (kN · s/m)	Suspension	Cs1, Cs2	6.0	6.0
		Cs3, Cs4	17.0	17.0
		Cs5, Cs6	17.0	17.0
	Tire	Ct1, Ct2	4.0	4.0
		Ct3, Ct4	10.0	10.0
		Ct5, Ct6	10.0	10.0
		Ct7~Ct10	10.0	10.0
Friction Force (kN)	Fy1, Fy2	1.50	1.50	
	Fy3, Fy4	15.0	15.0	
	Fy5, Fy6	15.0	15.0	

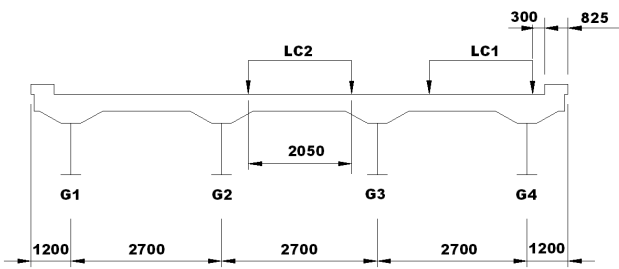


Fig. 2 Typical Section of Steel Plate Girder Bridge

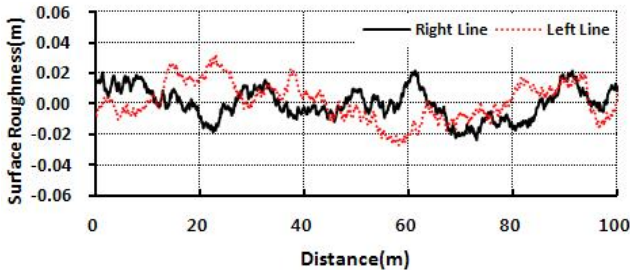


Fig. 3 Example of generated road profile (Average)

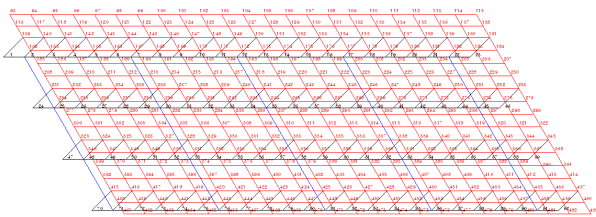


Fig. 4 Example of steel plate girder bridge Modeling (span=20m)

링 시 20m 지간의 교량은 주형을 22등분, 30m와 40m 지간의 교량은 26등분하였으며, 콘크리트 바닥판은 20m 지간 교량의 경우 352개, 30m와 40m 지간 교량의 경우 416개의 셀 요소로 모델링하였다. 이렇게 대상교량을 모델링한 예를 Fig. 4에 나타내었다.

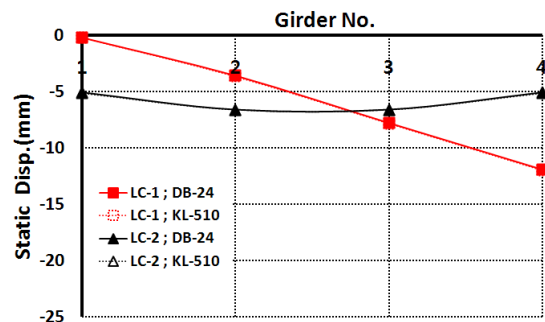
하중조건은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 차량의 우측 바퀴가 연석에서 0.30m 떨어져 주행할 때를 하중조건-1 (LC-1)로 하고, 차량의 중심이 교량의 중앙을 통과할 때를 하중조건-2 (LC-2)로 하였다.

### 3.3 강판형교의 정적해석

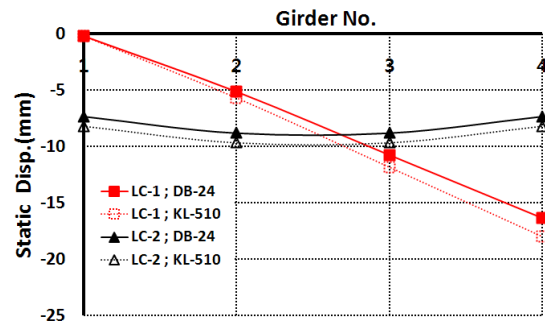
대상교량인 20m, 30m 및 40m 지간의 강판형교에 DB-24와 KL-510이 각각 작용할 때 발생하는 정적 처짐을 Table 2와 Fig. 5에 각각 나타내었다.

Table 2 Static Displacement of Bridges (mm)

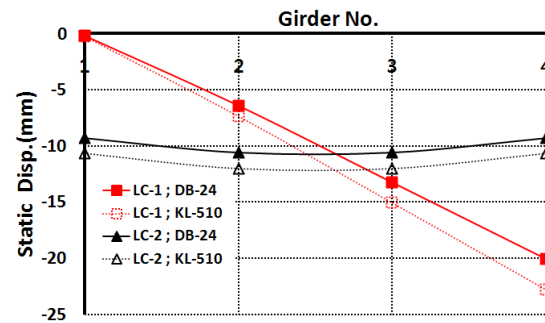
Span	Load Case	Vehicle	G1	G2	G3	G4
20m	LC-1	DB-24	0.20	3.58	7.78	11.92
		KL-510	0.22	3.66	7.83	11.98
	LC-2	DB-24	5.07	6.63	6.63	5.07
		KL-510	5.18	6.62	6.62	5.18
30m	LC-1	DB-24	0.21	5.14	10.76	16.36
		KL-510	0.24	5.72	11.86	18.01
	LC-2	DB-24	7.39	8.81	8.81	7.39
		KL-510	8.23	9.66	9.66	8.23
40m	LC-1	DB-24	0.19	6.42	13.27	20.09
		KL-510	0.22	7.33	15.06	22.79
	LC-2	DB-24	9.33	10.63	10.63	9.33
		KL-510	10.65	12.01	12.01	10.65



(a) Span = 20m



(b) Span = 30m



(c) Span = 40m

Fig. 5 Static Displacement of Bridges

DB-24와 KL-510에 의해 발생하는 대상교량의 정적 처짐을 살펴보면, Table 2와 Fig. 5에 나타난 바와 같이 20m 지간의 경우 LC-1의 G4의 정적 처짐은 DB-24와 KL-510에 의한 값이 각각 11.92mm와 11.98mm로 거의 같고, LC-2의 G2와 G3의 정적 처짐은 DB-24와 KL-510에 의한 값이 각각 6.63mm와 6.62mm로 차이가 거의 없다. 30m 지간의 경우 LC-1의 G4의 정적 처짐은 DB-24와 KL-510에 의한 값이 각각 16.36mm와 18.01mm로 KL-510에 의한 값이 DB-24보다 10.0% 크게 발생하고, LC-2의 G2와 G3의 정적 처짐은 DB-24와 KL-510에 의한 값이 각각 8.81mm와 9.66mm로 KL-510에 의한 값이 DB-24보다 9.60% 크게 발생한다. 그리고 40m 지간의 경우 LC-1의 G4의 정적 처짐은 DB-24와 KL-510에 의한 값이 각각 20.09mm와 22.79mm로 KL-510에 의한 값이 DB-24보다 13.4% 크게 발생하고, LC-2의 G2와 G3의 정적 처짐은 DB-24와 KL-510에 의한 값이 각각 10.63mm와 12.01mm로 KL-510에 의한 값이 DB-24보다 13.0% 크게 발생한다. 따라서 KL-510에 의한 정적 처짐이 DB-24에 의한 정적 처짐보다 20m 지간의 경우에는 차이가 거의 없으나, 30m 지간의 경우에는 약 10% 정도 크게 발생하고, 40m 지간의 경우에는 약 13% 크게 발생함을 알 수 있다.

### 3.4 강판형교의 동적해석

DB-24와 KL-510에 의한 대상교량의 동적해석 시 차량의 주행속도는 20km/h에서부터 10km/h씩 증가시키면서 120km/h 까지 해석하였고, 차량이 교량 시점 40m 전에서 출발하여 교량을 완전히 통과할 때까지 해석하였다. 그리고 모우드 중

첩법을 사용하여 교량의 운동방정식을 풀 때 모우드 수는 150개를 사용하고, 감쇠비는 임계감쇠비의 1.0%를 사용하였으며, 시간간격  $\Delta t=0.002$ 초를 사용하였다. 지간이 20m, 30m 및 40m인 대상교량의 첫 번째 고유진동수는 각각 4.43Hz, 3.04Hz 및 2.27Hz이다.

본 연구에서는 지간 중앙 점에서의 처짐에 대한 교량의 충격계수를 다음 식을 사용하여 구하였다.

$$I(\%) = \frac{D_{dyn} - D_{sta}}{D_{sta}} \times 100 \quad (3)$$

여기서,  $I(\%)$ 는 교량의 충격계수,  $D_{dyn}$ 는 최대 동적 처짐이고  $D_{sta}$ 는 최대 정적 처짐을 나타낸다.

Table 3~Table 8에는 대상교량인 20m, 30m 및 40m 지간의 강판형교에 대하여 “보통의 도로”에 대한 10개의 노면조도를 사용하여 구한 DLA 해석결과를 요약하여 나타내었으며, 표에서 R.S.R (Road Surface Roughness)은 노면조도를 나타낸다. Fig. 6~Fig. 8에는 대상교량인 20m, 30m 및 40m 지간의 강판형교에 대한 차량의 주행속도별 충격계수를 각각 나타내었다. 대상교량의 충격계수는 LC-1의 경우 최대 정적 처짐이 발생하는 G4를 기준으로 구하였고, LC-2의 경우 최대 정적 처짐이 G2와 G3에서 같게 발생하므로 G2와 G3 중 충격계수의 값이 큰 주형을 기준으로 구하였다.

지간이 20m인 강판형교의 충격계수는 Fig. 6에 나타난 바와 같이 LC-1의 경우 DB-24에 의한 값은 주행속도에 관계없이 4~8% 정도의 값을 나타내고 차량의 주행속도가 80km/h

Table 3 DLA of 20m steel plate girder bridge by DB-24 (LC-1=G4, LC-2=G3)

R.S.R	DLA		DLA															
	20km/h		30km/h		40km/h		50km/h		60km/h		70km/h		80km/h		100km/h		120km/h	
	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2
1	3.40	9.08	7.64	8.18	3.73	5.26	3.44	5.44	6.44	6.63	7.86	7.64	6.23	10.61	7.82	10.67	5.12	5.75
2	4.91	6.48	6.87	10.67	6.59	7.25	5.78	7.57	4.37	3.68	5.02	7.67	12.87	11.66	20.04	20.79	14.53	22.38
3	3.28	4.89	6.35	6.23	6.56	7.26	6.90	5.88	4.38	3.54	2.35	9.89	8.40	14.11	7.39	8.57	4.83	-
4	6.16	2.08	2.04	2.42	0.12	1.60	2.08	5.68	6.45	8.18	6.87	5.25	5.63	3.66	11.91	13.39	13.30	12.57
5	4.35	5.26	12.44	11.32	5.91	5.60	2.09	5.93	3.81	4.42	1.99	1.94	6.11	2.15	11.79	14.03	8.06	13.49
6	4.76	4.36	7.39	7.28	3.10	3.50	5.59	4.58	4.85	10.49	8.03	7.48	10.71	9.75	5.45	2.60	0.00	-
7	2.27	7.18	7.39	5.02	2.92	6.56	4.27	6.59	10.29	16.37	9.84	10.64	11.76	9.42	9.62	8.19	8.09	9.43
8	5.33	8.97	13.63	6.88	5.62	5.81	6.37	3.73	4.53	4.04	4.37	9.24	7.54	9.84	1.32	4.39	2.39	3.58
9	4.15	9.69	6.88	2.52	7.46	5.59	4.33	4.47	6.56	13.22	8.53	12.83	12.84	11.48	9.54	10.52	7.30	8.20
10	3.79	10.02	6.48	4.78	6.81	5.52	4.82	8.47	5.74	6.68	3.22	7.82	6.35	7.58	3.34	1.33	0.00	-
Mean	4.24	6.80	7.71	6.53	4.88	5.39	4.57	5.83	5.74	7.72	5.81	8.04	8.84	9.03	8.82	9.45	6.36	10.77
COV (%)	26.46	38.94	42.04	46.20	47.67	31.84	36.50	24.63	32.90	56.83	47.93	37.13	33.07	40.59	59.27	61.97	78.10	57.57

Table 4 DLA of 30m steel plate girder bridge by DB-24 (LC-1=G4, LC-2=G3)

R.S.R	DLA		DLA															
			20km/h		30km/h		40km/h		50km/h		60km/h		70km/h		80km/h		100km/h	
	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2
1	3.08	5.22	5.91	9.37	7.08	11.07	7.20	7.44	5.79	10.26	6.81	4.99	7.83	4.99	3.93	0.41	11.60	8.82
2	5.12	2.14	7.37	8.97	4.81	9.59	9.72	11.39	10.00	6.96	5.01	5.15	2.16	5.16	11.89	17.24	32.09	37.55
3	5.98	6.61	6.34	6.81	4.63	13.20	3.59	9.15	7.36	15.67	9.69	10.94	9.70	10.94	8.66	6.00	18.63	17.38
4	6.75	6.10	9.92	10.13	8.42	10.02	8.11	13.20	12.72	18.16	15.52	14.36	13.70	14.36	8.13	11.58	17.46	13.39
5	9.77	5.63	9.90	11.27	8.34	10.01	13.14	11.56	12.53	9.95	11.91	13.73	11.76	13.73	10.95	11.46	21.22	12.22
6	5.87	7.39	3.44	6.64	5.55	9.24	6.46	8.08	4.55	6.96	7.64	9.26	13.94	9.26	13.11	14.82	27.31	33.48
7	6.99	8.35	5.34	5.87	7.08	5.04	9.00	7.07	9.24	11.00	7.69	4.87	6.51	4.88	6.73	2.79	17.24	18.46
8	8.21	2.73	3.48	3.29	4.25	4.87	5.79	11.91	11.26	15.08	13.74	10.21	9.65	10.21	14.23	14.79	20.64	14.61
9	8.58	5.89	1.29	2.48	5.80	6.94	5.28	12.45	5.48	7.65	6.31	4.19	3.57	4.20	3.42	1.80	7.06	3.16
10	7.05	4.25	4.76	4.13	3.89	6.95	5.49	6.50	6.27	2.59	6.83	6.22	10.64	6.23	14.74	15.49	24.85	29.51
Mean	6.74	5.43	5.77	6.90	5.99	8.69	7.38	9.88	8.52	10.43	9.12	8.39	8.95	8.40	9.58	9.64	19.81	18.86
COV (%)	28.08	35.79	47.99	43.58	27.69	30.83	37.14	25.24	35.60	45.51	38.36	45.55	44.33	45.49	42.46	65.55	36.81	59.11

Table 5 DLA of 40m steel plate girder bridge by DB-24 (LC-1=G4, LC-2=G2)

R.S.R	DLA		DLA															
			20km/h		30km/h		40km/h		50km/h		60km/h		70km/h		80km/h		100km/h	
	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2
1	5.05	4.78	2.38	4.28	9.01	7.30	7.93	11.85	9.95	10.46	7.47	7.02	7.59	8.50	10.38	13.86	15.25	17.11
2	2.49	2.07	8.10	12.06	7.31	15.04	15.07	13.03	5.92	9.99	5.30	4.18	6.01	2.26	1.53	2.67	28.47	27.99
3	6.01	5.76	10.49	11.77	6.51	13.94	10.25	8.28	6.07	9.28	4.56	1.36	2.04	0.79	8.36	6.68	25.53	24.74
4	6.39	6.09	10.23	14.97	9.04	16.20	10.66	11.51	7.58	3.18	8.07	7.47	11.13	12.07	20.91	25.15	30.50	29.82
5	5.27	5.29	4.27	8.31	5.42	13.69	9.13	11.79	10.52	11.76	8.12	9.07	8.88	10.81	10.51	16.55	23.27	22.48
6	1.43	2.00	1.54	3.77	4.26	9.49	3.30	5.99	3.85	2.95	1.79	2.86	3.15	4.21	13.09	16.45	37.49	41.40
7	5.34	3.78	4.99	6.17	4.28	8.78	7.04	10.24	10.02	10.26	8.05	7.78	5.29	3.40	5.71	1.41	16.55	15.41
8	4.71	5.27	5.97	6.01	5.46	7.96	7.11	5.55	9.10	7.87	9.66	10.79	12.14	12.49	23.75	26.59	33.33	29.25
9	5.80	3.93	4.02	4.62	5.80	3.42	2.56	6.59	3.36	4.50	4.32	6.86	2.31	2.37	7.46	10.84	14.17	11.39
10	3.18	3.94	5.47	11.08	5.63	12.16	7.74	6.57	5.89	5.40	3.27	1.50	5.02	5.49	16.01	16.69	37.76	41.57
Mean	4.57	4.29	5.74	8.30	6.27	10.80	8.08	9.14	7.23	7.57	6.06	5.89	6.36	6.24	11.77	13.69	26.23	26.12
COV (%)	36.02	33.22	52.86	47.22	27.27	37.53	44.59	31.16	35.99	43.34	42.27	54.97	55.61	70.13	58.18	62.18	33.68	38.86

Table 6 DLA of 20m steel plate girder bridge by KL-510 (LC-1=G4, LC-2=G3)

R.S.R	DLA		DLA															
			20km/h		30km/h		40km/h		50km/h		60km/h		70km/h		80km/h		100km/h	
	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2
1	8.66	5.93	7.68	16.61	7.56	7.72	6.16	3.26	1.63	16.88	7.88	10.48	2.29	0.00	3.12	9.41	3.09	2.83
2	3.83	8.37	4.03	4.67	6.46	10.33	11.23	12.28	10.79	11.65	18.29	19.54	5.35	5.36	21.10	24.71	16.47	17.25
3	3.12	5.85	4.73	4.65	8.96	6.04	6.90	9.17	9.76	15.76	10.11	15.61	9.68	7.43	12.16	18.14	2.48	3.17
4	4.55	4.32	4.92	3.03	9.28	6.60	3.47	5.04	5.20	8.77	10.54	16.40	3.93	2.53	10.42	12.47	1.49	2.07
5	10.08	14.86	13.05	7.84	10.70	10.94	12.24	13.72	15.26	20.21	26.98	32.16	11.05	11.10	21.94	25.55	10.39	15.30
6	3.10	7.40	6.61	17.18	6.50	6.53	2.79	7.36	3.24	8.71	10.34	7.72	11.07	15.01	14.23	21.25	11.73	13.35
7	6.60	6.73	8.95	10.52	8.74	9.19	15.24	21.70	17.67	24.48	22.68	19.00	17.82	16.52	31.67	29.00	15.24	21.74
8	6.30	3.77	9.80	6.47	6.33	11.81	9.52	7.72	8.31	10.92	13.78	26.24	2.55	7.69	12.17	9.04	0.00	2.37
9	3.44	15.51	8.90	4.15	4.42	1.98	6.84	8.27	8.43	15.27	16.35	12.35	6.03	0.00	11.21	10.39	7.50	9.31
10	6.07	5.67	7.18	3.24	6.35	4.00	4.50	5.53	0.00	1.22	1.73	6.29	0.00	0.24	4.17	7.49	1.86	3.39
Mean	5.57	7.84	7.59	7.84	7.53	7.51	7.89	9.41	8.03	13.39	13.87	16.58	6.98	6.59	14.22	16.75	7.02	9.08
COV (%)	43.30	52.27	36.05	67.44	24.77	41.63	51.57	56.95	71.0	49.26	53.53	48.88	77.25	92.89	60.56	47.55	86.63	80.85

Table 7 DLA of 30m steel plate girder bridge by KL-510 (LC-1=G4, LC-2=G2)

R.S.R	DLA																	
	20km/h		30km/h		40km/h		50km/h		60km/h		70km/h		80km/h		100km/h		120km/h	
	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2
1	4.70	7.68	3.53	8.52	5.23	2.33	10.45	17.04	15.90	20.85	11.92	20.37	21.73	30.03	23.32	15.40	13.23	18.60
2	3.88	2.47	9.00	11.69	13.77	20.77	13.18	29.37	14.22	18.22	9.71	16.79	26.79	31.05	14.92	19.77	0.00	0.00
3	3.47	7.43	3.10	9.75	9.97	12.90	12.36	16.52	11.29	16.63	12.21	18.61	25.82	17.67	21.22	30.44	7.55	18.55
4	5.80	8.83	7.81	7.49	10.19	11.97	7.97	16.36	6.52	5.67	12.03	6.06	13.49	15.99	23.22	32.08	9.55	9.18
5	4.33	3.59	5.00	8.93	12.12	9.93	11.18	22.08	10.76	15.70	11.83	9.02	18.54	22.30	26.97	36.66	5.47	6.04
6	3.52	4.48	7.66	6.47	3.92	5.18	6.67	8.02	8.54	11.63	1.20	7.37	2.84	9.34	19.16	31.09	5.54	0.00
7	2.74	3.12	6.26	6.69	9.04	8.52	14.28	21.01	11.01	21.71	17.43	20.84	17.24	28.03	36.55	43.89	14.56	8.74
8	8.58	6.85	4.97	4.48	4.08	8.96	4.33	8.15	3.37	10.11	11.01	9.17	10.36	12.38	22.06	29.41	13.11	14.65
9	5.70	5.00	5.48	7.90	2.79	2.98	2.36	0.51	6.20	5.40	10.63	6.75	9.72	12.28	24.05	33.55	0.00	1.82
10	3.90	8.15	5.59	4.15	6.44	5.15	10.33	8.13	6.73	12.75	7.01	12.94	6.95	10.60	15.63	23.21	7.97	13.54
Mean	4.66	5.76	5.84	7.61	7.75	8.87	9.31	14.72	9.45	13.87	10.50	12.79	15.35	18.97	22.71	29.55	7.70	9.11
COV (%)	36.03	39.88	32.20	30.28	48.77	62.18	41.86	57.87	41.15	41.60	39.74	45.93	52.41	43.86	26.99	28.04	66.88	78.30

Table 8 DLA of 40m steel plate girder bridge by KL-510 (LC-1=G4, LC-2=G2)

R.S.R	DLA																	
	20km/h		30km/h		40km/h		50km/h		60km/h		70km/h		80km/h		100km/h		120km/h	
	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2
1	5.07	3.00	5.07	7.62	2.80	3.89	3.68	6.17	11.98	16.26	8.20	11.51	22.05	28.08	18.00	21.33	29.52	44.28
2	4.30	3.21	4.66	6.84	14.54	13.84	11.27	14.89	11.14	22.19	11.59	16.17	23.44	14.37	2.04	6.34	8.88	14.59
3	6.47	3.37	9.73	14.12	23.32	24.87	12.23	23.84	19.18	28.57	22.00	20.56	7.54	20.03	20.90	30.92	15.23	21.94
4	7.91	4.32	4.08	8.15	11.75	10.66	8.70	6.39	2.79	10.56	3.64	7.49	14.31	7.81	20.33	28.09	26.05	38.90
5	6.06	4.59	10.38	12.68	14.09	13.52	7.78	18.34	12.87	23.81	13.42	12.51	16.44	6.87	18.20	24.76	19.58	31.09
6	5.63	4.00	1.06	1.64	9.23	11.08	4.96	9.66	9.43	8.66	11.48	15.61	12.91	16.86	16.75	23.64	18.20	29.35
7	3.65	4.83	6.43	4.62	12.33	18.12	20.77	32.69	23.46	38.31	28.42	46.33	34.10	38.72	24.70	28.46	16.79	15.75
8	4.87	3.85	2.67	3.56	4.94	8.86	6.27	10.80	10.23	16.99	7.80	18.90	18.06	11.87	19.37	25.37	27.79	39.42
9	2.89	3.81	1.91	3.01	8.43	5.66	8.80	13.81	12.86	13.08	11.90	19.40	9.41	15.33	23.05	31.74	17.78	24.26
10	1.84	2.50	6.42	0.00	5.36	12.17	9.66	11.46	12.73	14.02	7.94	13.30	10.37	6.22	12.42	23.17	24.22	32.35
Mean	4.87	3.75	5.24	6.22	10.68	12.27	9.41	14.80	12.67	19.25	12.64	18.18	16.86	16.62	17.57	24.38	20.41	29.19
COV (%)	36.71	19.55	59.11	73.79	55.89	49.12	50.89	55.80	43.69	47.33	58.16	58.72	47.42	61.55	36.57	29.49	31.39	34.46

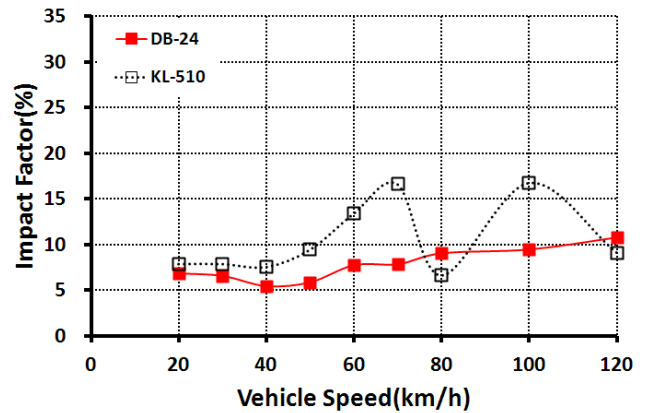
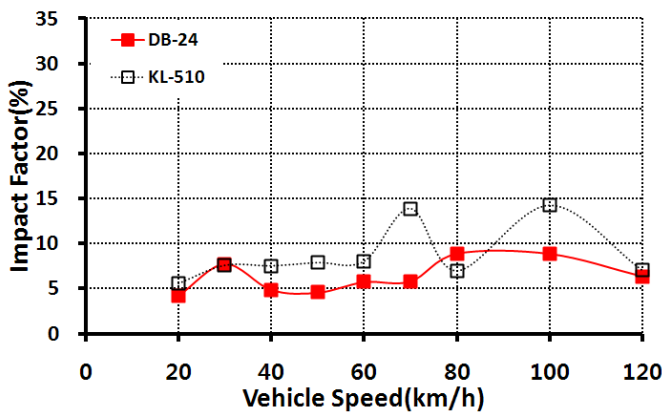


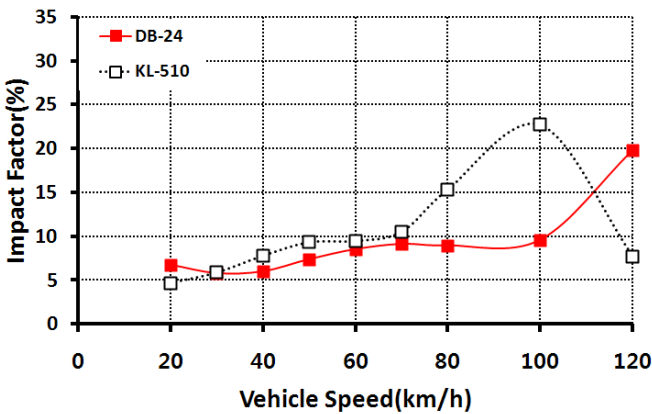
Fig. 6 Impact factor versus vehicle speed for 20m steel girder bridge

일 때 8.84%로 가장 크고 120km/h일 때 6.3%로 오히려 약간 감소하는 경향을 나타내나, KL-510에 의한 값은 60km/h까지는 8% 내외의 값을 나타내다 70km/h일 때 증가하여 13.9%를 나타내고 80km/h일 때 7%,감소한 후 100km/h일 때 다시 증가하여 14.22%로 가장 크게 발생한 후 120km/h일 때 7% 다시 감소하는 경향을 나타낸다. LC-2의 경우 DB-24에 의한 값은 차량의 주행속도가 저속일 때 7% 정도이고 120km/h일 때 10.8%로 가장 크게 발생하나, KL-510에 의한 값은 저속일 때 8% 정도이고 70km/h일 때까지 증가하여 16.6%를 나타내고 80km/h일 때 6.6%로 감소한 후 100km/h일 때 다시 증가하여 16.8%로 가장 크게 발생한 후 120km/h일 때 9.1%로 다시 감소하는 경향을 나타낸다.

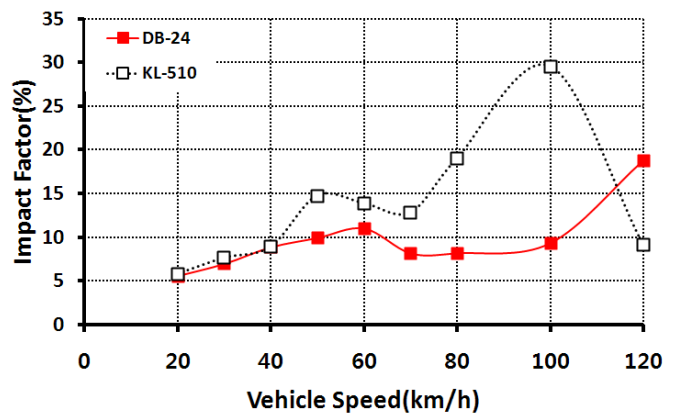
시간이 30m인 강관형교의 충격계수는 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 LC-1의 경우 DB-24에 의한 값은 주행속도가 100km/h일 때까지 7~9% 정도의 값을 나타내다 120km/h일 때 증가하

여 19.8%로 가장 크게 발생하나, KL-510에 의한 값은 70km/h까지 5~10% 정도의 값을 나타내다 100km/h일 때 증가하여 22.7%로 가장 크게 발생한 후 120km/h일 때 오히려 7.7%로 감소하는 경향을 나타낸다. LC-2의 경우 DB-24에 의한 값은 100km/h일 때까지 6~10% 정도의 값을 나타내다 120km/h일 때 18.9%로 가장 크게 발생하나, KL-510에 의한 값은 저속일 때 6% 정도이고 50km/h일 때까지 증가하여 14.7%를 나타내고 70km/h일 때까지 14% 내외로 일정하다 100km/h일 때까지 증가하여 29.6%로 가장 크게 발생한 후 120km/h일 때 9.1%로 다시 감소하는 경향을 나타낸다.

시간이 40m인 강관형교의 충격계수는 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 LC-1의 경우 DB-24에 의한 값은 주행속도가 80km/h일 때까지 7~9% 정도의 값을 나타내고 120km/h일 때 증가하여 26.2%로 가장 크게 발생하나, KL-510에 의한 값은 80km/h까지 증가하여 16.9%의 값을 나타내고 120km/h

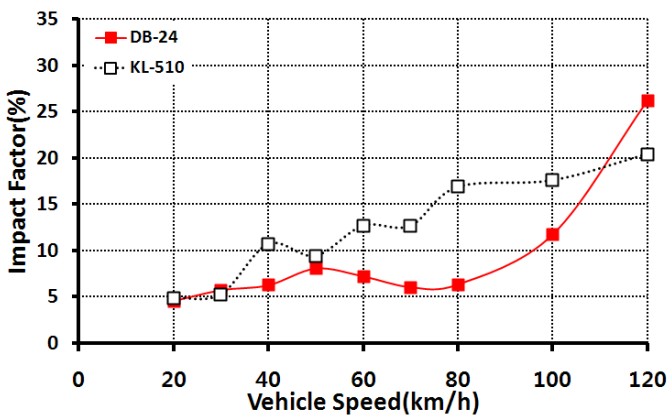


(a) L.C.-1

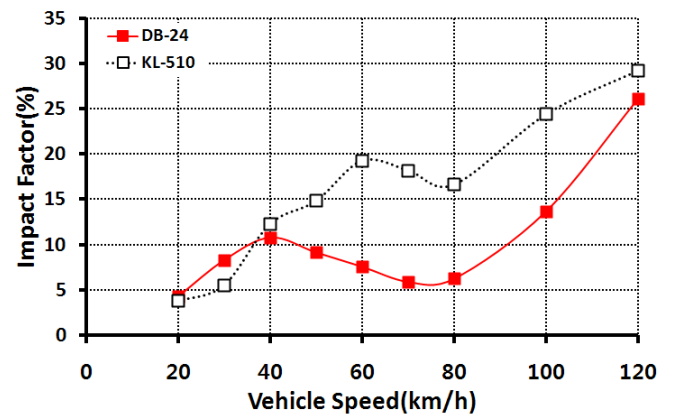


(b) L.C.-2

Fig. 7 Impact factor versus vehicle speed for 30m steel girder bridge



(a) L.C.-1



(b) L.C.-2

Fig. 8 Impact factor versus vehicle speed for 40m steel girder bridge



Table 9 DLA statistics of steel plate girder bridge

Span (m)	DB-24				KL-510			
	Average (%)		COV (%)		Average (%)		COV (%)	
	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2	LC-1	LC-2
20	8.84	10.77	33.07	57.57	14.22	16.75	60.56	47.55
30	19.81	18.86	36.81	59.11	22.71	29.55	26.99	28.04
40	26.23	26.12	33.68	38.86	20.41	29.19	31.39	34.46
Total	18.94		42.69		25.16		36.68	

일 때 20.4% 가장 크게 발생한다. LC-2의 경우 DB-24에 의한 값은 60km/h일 때까지 계속 증가하여 19.2%의 값을 나타내고 70km/h일 때 5.9%로 감소하였다가 120km/h일 때 26.1%로 가장 크게 발생하나, KL-510에 의한 값은 60km/h일 때까지 계속 증가하여 19.2%를 나타내고 80km/h일 때 16.6%로 감소한 후 120km/h일 때 29.2%로 가장 크게 발생한다.

Table 9에는 DB-24와 KL-510에 의한 20m, 30m 및 40m 시간의 강관형교에 발생하는 최대 충격계수를 나타내었다. Table 9에서 LC-1과 LC-2의 최대 충격계수 중 큰 값을 기준으로 DB-24와 KL-510에 의한 강관형교의 최대 충격계수는 20m, 30m와 40m 시간일 때 각각 10.77%와 16.75%, 19.81%와 29.55% 및 26.23%와 29.19%이다. 따라서 DB-24에 의한 값을 기준으로 할 때 KL-510에 의한 값이 DB-24에 의한 값보다 20m, 30, 및 40m일 때 각각 55.5%, 49.2% 및 10.1% 크게 발생함을 알 수 있다. 그리고 노면조도와 교량이 동일한 경우에도 교량을 통과하는 차량의 동적특성인 차량의 중량, 길이 및 주행속도에 따라 교량에 발생하는 최대 충격계수의 값과 경향이 매우 다르게 발생함을 알 수 있다.

교량 시간의 함수로 충격계수를 규정한 KHBDC (2010)의 값과 본 연구에서 구한 충격계수를 비교하면 20m, 30m 및 40m 시간일 때 KHBDC (2010)에 규정된 충격계수의 값은 각각 25%, 21.42% 및 18.75%이고 본 연구에서 구한 DB-24와 KL-510에 의한 값은 각각 10.77%와 16.75%, 19.81%와 29.55% 및 26.23%와 29.19%이다. 따라서 본 연구에서 구한 충격계수는 20m 시간일 때 규정한 값을 모두 만족시키고, 30m 시간일 때 DB-24에 의한 값은 규정한 값을 만족시키나 KL-510에 의한 값은 규정한 값을 초과하고, 40m 시간일 때는 규정한 값을 모두 초과함을 알 수 있다. 그러나 교량 고유진동수의 함수로 규정한 SIA (1985)의 값과 비교하면 시간이 20m, 30m 및 40m인 대상교량의 고유진동수는 각각 4.43Hz, 3.04Hz 및 2.27Hz이므로 SIA (1985)에 규정된 충격계수의 값이 각각 62.8%, 80.0% 및 80.0%로 본 연

구에서 구한 DB-24와 KL-510에 의한 값을 모두 만족시킬 수 있다.

### 3.5 DLA 요약 및 보정

본 연구에서 노면조도는 “보통의 도로”를 사용하고 차량은 5축 트랙터-트레일러인 DB-24와 KL-510을 각각 사용하여 구한 DLA의 평균과 변동계수를 Table 9에 나타내었다. Table 9에서 보는 바와 같이 전체 교량에 대한 DLA와 변동계수의 평균은 DB-24에 의한 값이 18.94%와 42.69%이고 KL-510에 의한 값이 25.16%와 36.68%이다.

Bahkt and Pinjakar (1989)에 따르면 교량의 DLA는 교량의 기하학적 변수, 통행차량 변수, 노면상태 변수 등 많은 랜덤변수 (Random Variable)의 함수로 결정론적 값을 갖지 않고 통계분석에 근거한 값으로 규정되어야 적절하다고 보고하고 있다. 즉, 충분한 표본수를 갖고 평균과 변동계수를 이용한 값으로 규정하여야 하며, 실제로 OHBDC (1983)에서는 다음과 같은 보정 식을 사용하여 구한 DLA를 시방서에 규정하였다.

$$DLA_S = DLA_M(1 + s\delta\beta_T) / \alpha_{LL} \quad (4)$$

여기서,  $DLA_S$ 는 DLA의 보정치의 평균값,  $DLA_M$ 는 DLA의 측정치의 평균값,  $s$ 는 동적하중에 대한 분리계수 (0.57),  $\delta$ 는 변동계수,  $\beta_T$ 는 목표신뢰도 지수이고  $\alpha_{LL}$ 는 활하중계수이다.

Bahkt and Pinjakar (1989)에 의하면  $s$ 는 0.57을 사용하는 것이 적절하고, LRFD 시방규정에서  $\beta_T$ 는 일반적으로 3.5 내외의 값을 사용한다. 그러므로 식 (4)에서  $s=0.57$ ,  $\beta_T=3.5$ ,  $\alpha_{LL}=1.80$ 를 사용하고 Table 9에 나타낸 값을 사용하여 구한 DB-24와 KL-510에 의한 DLAs는 19.5%와 24.2%로 계산되었다. 따라서 대상교량인 강관형교의 DLAs는 KL-510에 의한 값이 DB-24에 의한 값인 19.5%보다 약 24% 크게 발생한다. 그리고 KL-510에 의한 강관형교의 DLAs는 24.2%로 우리나라 KHBDC (2012)에 규정된 25.0%에 거의 근접하나 AASHTO (2010)에 규정된 33.0%와 비교하면 여유가 있음을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 교량의 노면조도 및 교량과 차량 사이의 상

호작용을 고려한 수치해석방법을 사용하여 DB-24와 KL-510에 의한 강관형교의 충격계수와 DLA를 구하고 각국의 설계기준과 비교 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) DB-24와 KL-510에 의한 대상교량의 정적 처짐은 KL-510에 의한 값이 DB-24에 의한 값보다 20m 지간일 때 차이가 없으나, 30m와 40m 지간일 때 각각 10%와 13.0% 정도 크게 발생한다.
- (2) DB-24와 KL-510에 의한 대상교량의 최대 충격계수는 KL-510에 의한 값이 DB-24에 의한 값보다 20m, 30m 및 40m일 때 각각 55.5%, 49.2% 및 10.1% 크게 발생한다.
- (3) 대상교량의 충격계수는 교량 지간의 함수로 규정된 KHBDC (2010)와 비교하면 20m 지간일 때 만족시키나, 30m 지간일 때 DB-24에 의한 값은 만족시키고 KL-510에 의한 값은 규정한 값을 초과하며, 40m 지간일 때는 규정한 값을 모두 초과한다. 그러나 교량 고유진동수의 함수로 규정한 SIA (1985)의 값을 모두 만족시킨다.
- (4) DB-24와 KL-510에 의한 대상교량의 DLAs는 각각 19.5%와 24.2%로 KL-510에 의한 값이 DB-24에 의한 값보다 24% 크게 발생한다.
- (5) KL-510에 의한 강관형교의 DLAs는 24.2%로 KHBDC (2012)에 규정된 25.0%에 거의 근접하나 AASHTO (2010)에 규정된 33.0%와 비교하면 여유가 있다.

#### References

1. AASHTO, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2010.
2. AASHTO, Standard of Specification for Highway Bridges, 17th Edition. 2002.
3. ASCE, Impact Factor on Highway Bridges. Final Report of the Special Committee on the Impact in Highway Bridges. ASCE Transactions, 95, 1931, pp.1089-1117.
4. Bahkt, B. and Pinjekar, S. G., Review of Dynamic Testing of Highway Bridges, SRR-89-01, MTO, Downsview Ontario, Canada, 1989.
5. Biggs, J. M., Introduction to Structural Dynamics, McGraw-Hill Book Co., 1982.
6. Billing, J. R., Dynamic Test of Bridges in Ontario, 1980 : Data Capture, Test Procedure and Data Processing, Ministry of Transportation and Communication, Research and Development Report, Vol. 26, 1982.
7. CAN/CSA, Canadian Highway Bridge Design Code, CSA

- International, Toronto, Canada, 2000.
8. Cantieni, R., Dynamic Load Tests on Highway Bridges in Switzerland, Swiss Federal Laboratories of Material Testing and Research, Report No. 211, Dubendorf, Switzerland, 1983.
9. Chung, T. J., "Dynamic Analysis of Highway Bridges by 3-D. Vehicle Model Considering Tire Enveloping", KSCE, Vol. 26, No. 6, 2006, pp.989-999 (in Korean).
10. Chung, T. J., Shin, D. K. and Park, Y. S., "Dynamic Response of Steel Plate Girder Bridges by Numerical Dynamic Analysis", KSCE, Vol. 28, No. 1A, 2008, pp.33-49 (in Korean).
11. Dodds, C. J. and Robson, J. D., "The Description of Road Surface Roughness", Journal of the Sound and Vibration, Vol. 31, No. 12, 1973, pp.175-183.
12. Euro Code, EUROCODE 1-Action on structures, Part 2 : Traffic loads on bridges, EN 1991-2, European Committee for Standardization, 1991.
13. Fryba, L., Vibration of Solid and Structures Under Moving Loads, Noordhoff International Publishing, 1970.
14. Huang, T., Dynamic Response of Three-Span Continuous Highway Bridge, Ph.D. Dissertation, University of Illinois, IL, 1960.
15. Hwang, E. S., Dynamic Loads for Girder Bridges, Ph.D. Thesis, University of Michigan, 1990.
16. Japan Road Association, Japan Highway Bridge Specification, 2002.
17. Koh, H. M. etc, R&D on Core Technology for Bridge Design : Advancement of Bridge Analysis : Final Report, Seoul National University, 2009 (in Korean).
18. Korean Road and Transportation Association, Korea Highway Bridge Design Code (Limit State Design), sponsored by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2012.
19. Korean Road and Transportation Association, Korea Highway Bridge Design Code, sponsored by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010.
20. Ministry of Construction, Standard Highway Bridge Super Structure, 1979.
21. Mulcahy, N. L., "Bridge Response With Tractor-Trailer Vehicle Loading", Earthquake Eng. and Structural Dynamics, Vol. 11, 1983, pp.649-665.
22. O'Connor, C. and Prichard, R. W., "Impact Studies on Small Composite Girder Bridges", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 111, No. 3, 1985, pp.641-653.
23. OHBDC, Ontario Highway Bridge Design Code, Highway Engineering Division, Ontario Ministry of Transportation and Communications Downsview, Ontario, Canada, 1983.
24. SIA, Schweizer Norm, SIA, Switzerland, 1985.
25. Wang, T., Huang, D. and Shahawy, M., "Dynamic Response of Multi-Girder Bridges", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 118, No. ST8, 1982, pp.2222-2238.

Received : 09/30/2013

Revised : 10/13/2013

Accepted : 10/17/2013

---

## 요 지

본 연구에서는 교량의 노면조도 및 교량과 차량 사이의 상호작용을 고려한 수치해석방법을 사용하여 도로교설계기준에 규정된 표준트럭 하중인 KL-510에 의한 강관형교의 동적응답을 연구하였다. 대상교량은 건설부에서 제정한 “도로교 상부구조 표준도”에 수록되어 있는 지간이 20m, 30m와 40m인 단순 강관형교를 사용하고 “보통의 도로”에 대하여 생성시킨 10개의 노면조도를 사용하였다. 차량은 5축 트랙터-트레일러인 표준트럭하중 KL-510을 3차원 차량으로 모델링하고, 교량은 주형을 보요소로, 콘크리트 바닥판은 쉘요소로, 주형과 콘크리트 바닥판 사이는 Rigid Link를 사용하여 3차원으로 모델링하였다. 이와 같은 노면조도 및 차량을 사용하여 강관형교의 충격계수와 DLA를 구하고 각국의 설계기준과 비교 검토하였다.

**핵심 용어** : 동적해석, 강관형교, KL-510, 동적하중허용계수, 차량모델

---