

강상자형 사교의 율하중분배계수

A Study on Wheel Load Distribution Factors of Skew Steel Box Girder Bridges

서 창 범*

Seo, Chang-Bum

송 재 호**

Song, Jae-Ho

김 일 수***

Kim, Il-Soo

Abstract

Firstly the problems of existing foreign code concerning wheel load distribution factor for skew box girder bridges have been examined, and the main parameters which have effects on wheel load distribution factors are evaluated in this study. Further finite element analyses on various skew steel box girder bridges are carried out. Based on the analysis results, formulas to determine wheel load distribution factors are proposed using multiple regression analysis. It is found when using the proposed formulas in this study weak points of existing specifications could be improved and also time spent at structural analysis should be saved a lot, so that the validity and practicality could be verified.

요 지

본 연구에서는 강상자형 사교의 율하중분배계수에 관련된 외국 설계기준들(AASHTO, AASHTO LRFD)의 문제점을 파악하고, 율하중분배계수에 영향을 미치는 주요변수에 대한 평가를 수행하였다. 또한 다양한 강상자형 사교의 모델에 대한 율하중분배계수를 산정하는 식을 제안하였으며, 그 결과를 바탕으로 회귀분석을 이용하여 강상자형사교의 율하중분배계수를 산정하는 식을 제안하였다. 본 연구 제안식의 적용 시 기존 설계 기준식의 문제점을 보완할 수 있고, 강상자형사교의 설계시 구조해석에 소요되는 시간을 절약할 수 있어, 그 타당성 및 실용성을 확인할 수 있었다.

Keywords : Wheel load distribution factor, Skew steel box girder bridge, AASHTO, AASHTO LRFD, Finite element analysis, Multiple regression

핵심 용어 : 율하중분배계수, 강상자형 사교, 도로교 설계기준, AASHTO, AASHTO LRFD, 율하중분배계수, 다중회귀분석

* (주)시텍컨설팅 대표이사

** 정희원, 금오공과대학교 토목공학과 교수

*** 김일수, (주)대우건설 차장

E-mail : jhsong@kumoh.ac.kr 054-478-7611

• 본 논문에 대한 토의를 2009년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2009년 11월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

강상자형교는 폐합단면을 이루고 있어 외관이 좋을 뿐 아니라, 비틀림 강성이 크고 특히 연속교의 지점 부모멘트에 저항하는 압축단면이 커서 경제적인 단면구성이 가능하며, 다른 형식의 교량형식에 비해 거더높이가 낮은 단면을 유지할 수 있다. 이러한 장점들 때문에 곡선교와 같이 큰 비틀림 강성이 요구되는 교량이나 선형의 제약을 많이 받는 도시의 고가차도, 미관이 중요시되는 교량 등에 강상자형교가 많이 적용되고 있다.

강상자형교의 윤택중 분배계수에 있어서 한국의 경우 도로교설계기준에서는 일반적인 I형교에서의 윤택중분배계수식만을 제시하였을 뿐 강상자형교에 관한 기준은 별도로 마련되어 있지 않은 실정이다. 강상자형교의 윤택중분배계수는 AASHTO 및 AASHTO LRFD 설계기준이 유사한 분배계수식을 제시하고 있는데, AASHTO 설계기준에서는 사교에 대한 고려가 없고, AASHTO LRFD 설계기준에서는 감소계수를 도입하여 사교에 대한 윤택중분배계수를 구할 수 있도록 하고 있다. AASHTO 및 AASHTO LRFD 설계기준에서는 차선수와 거더수만을 변수로 하고 있어 동일한 차선수의 교량이라 하더라도 차선폭의 차이에 의해 윤택중분배계수가 크게 달라지는 문제점을 가지고 있다.

사교의 윤택중분배 상태는 직교의 경우에 비해 상당히 다르며, 이론해석 및 수치해석 등이 대단히 복잡하므로 거더의 설계 및 안전 평가 시 활하중 모멘트 및 전단력에 대한 명확한 예측이 힘들다. 따라서 교량설계 시 윤택중분배에 미치는 많은 매개변수와 사각의 영향을 고려한 윤택중분배식에 관한 연구가 절실히 요구된다.

따라서 본 연구에서는 강상자형교의 다양한 구조 모델들에 대해 윤택요소해석을 통하여, 교량의 거동을 분석하고, 각 매개변수들이 강상자형 직교뿐만 아니라 사교의 윤택중분배계수에 미치는 영향을 검토함으로써 보다 합리적이고 편리한 윤택중분배계수식을 제시하는데 연구의 목적을 둔다.

2. 기존의 윤택중분배계수 기준 및 문제점 분석

2.1 도로교설계 기준

국내의 도로교설계기준(2005)에서는 거더교에서 거더에 작용하는 휨모멘트를 결정하기 위한 윤택중분배계수 DF는 내측거더에 대해서 식 (1)과 같다.

$$DF = S/2.10 \quad (S \leq 3.0m, 1차선) \\ DF = S/1.65 \quad (S \leq 4.2m, 2차선) \quad (1)$$

외측거더에 대한 윤택중분배계수는 식 (2)와 같다.

$$DF = S/1.60 \quad (S \leq 1.8m) \\ DF = S/(1.2 + 0.25S) \quad (1.8m < S \leq 4.2m) \quad (2)$$

여기서 S는 거더간격을 뜻한다. 그러나 국내의 기준은 AASHTO 설계기준 중 I형교에 대한 조항을 ft 단위를 meter단위로 환산한 식이며, 강상자형교에 대한 윤택중분배계수식은 제공하고 있지 않은 실정이다.

2.2 AASHTO Standard 기준

AASHTO 설계기준(2002)에서 강상자형교의 윤택중분배계수 W_L 은 식 (3)과 같다.(AASHTO, 2002)

$$W_L = 0.1 + 1.7R + \frac{0.85}{N_W} \quad (3)$$

여기서 $R = N_W/\text{거더수}$ ($0.5 \leq R \leq 1.5$), $N_W = W_C/12$ (가장 근사한 정수로 반올림) 그리고 W_C 는 유효폭(ft)이다.

AASHTO 기준에서 제시된 식은 내측과 외측거더의 구분없이 동일하게 적용하도록 하고 있으며, 유효폭원과 거더수만을 고려한 식으로서 사각에 대한 고려가 없다.

2.3 AASHTO LRFD 표준

AASHTO LRFD 설계기준(2007)에서는 사각을 고려하였으며, 윤택중 분배식을 식 (4)와 같이 제시하고 있다.(AASHTO, 2007)

$$DF = 0.05 + 0.85 \frac{N_L}{N_b} + \frac{0.425}{N_L} \quad (4)$$

여기서 N_L 은 설계차선수, N_b 는 박스거더수이다. 단, $0.5 \leq \frac{N_L}{N_b} \leq 1.5$ 이다.

AASHTO LRFD 식도 내측과 외측거더가 여러 매개변수들에 의해 상이하게 거동함에도 불구하고, 동일한 윤택중 분배식을 사용하기 때문에 내측 및 외측거더의 특성을 잘 나타내지 못하고 있으며 사각에 대해서는 식 (5)와 같은 감소계수를 곱하여 윤택중분배계수를 구하고 있다.

$$\begin{aligned} & \text{감소계수} \\ & = 1.05 - 0.25 \tan \theta \leq 1.0 \quad (0 \leq \theta \leq 60^\circ) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 θ 는 사각을 뜻한다.

2.4 AASHTO 및 AASHTO LRFD 윤택중 분배 계수식의 문제점 분석

한국 도로교 설계기준에 의하면 교폭 9.1m에서 12.8m까지를 3차선으로 규정하고 있다.(건설교통부,2004) AASHTO시방서 및 AASHTO LRFD시방서에서는 강상자형교의 단면제원에 대해서 Fig. 1 과 같이 제안하였다.

인접한 상자의 플랜지 중심간 거리는 각 상자형의 플랜지 중심간 거리의 0.8배 이상, 1.2배 이하가 되어야 한다. 사다리꼴 상자형의 경우에는 지점에서의 이 값이 0.65배 이상, 1.35배 이하가 되도록 한다. 바닥판의 캔틸레버부는 인접한 상자형 상부플랜지의 중심간 거리의 60% 이하가 되어야 하고, 단 어느 경우에도 6ft를 초과하지 않아야 한다.

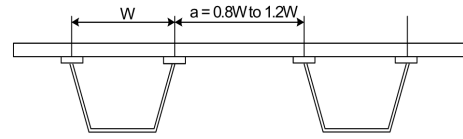


Fig. 1 Center-to-center flange distance

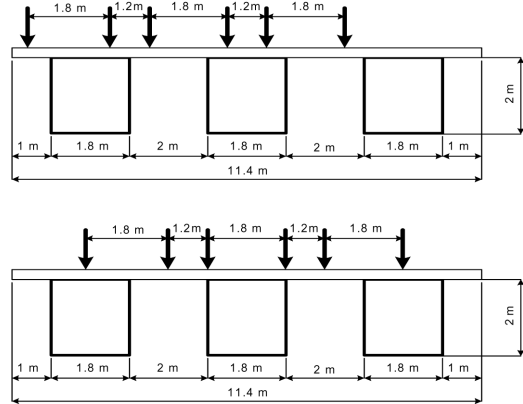


Fig. 2 Truck wheel loading at a transverse section of bridge A

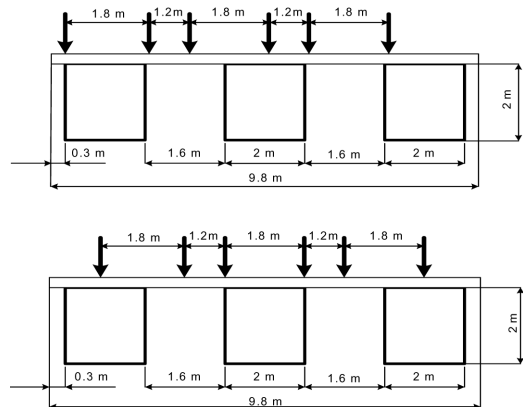


Fig. 3 Truck wheel loading at a transverse section of bridge B

AASHTO 윤택중분배계수식과 AASHTO LRFD 윤택중분배계수식의 문제점을 알아보기 위해서 3차선의 범위 내에서 차선수와 거더수는 같으나 제원이 서로 다른 두 개의 교량(bridge A and bridge B)을 모델링하여 윤택요소해석을 해 보았으며, 이 결과값과 AASHTO와 AASHTO LRFD 설계기준의

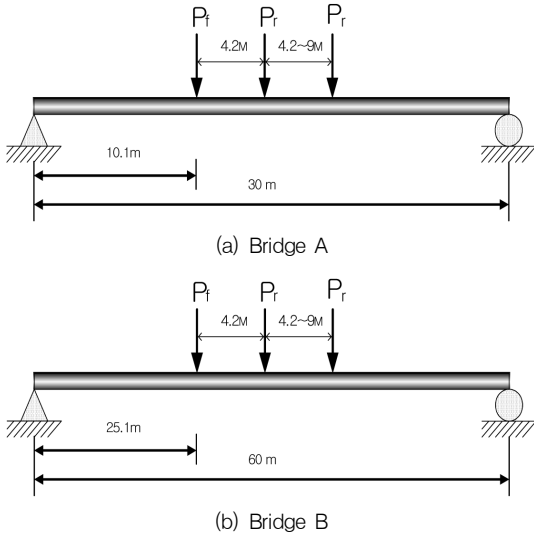


Fig. 4

Table 1 Comparison of DF (Bridges A and B)

	Bridge A		Bridge B	
	Ext. Girder	Int. Girder	Ext. Girder	Int. Girder
AASHTO	2.08		2.08	
AASHTO LRFD	2.08		2.08	
FEM	1.85	1.53	1.22	1.22

DF값을 비교해 봄으로써 두 규준식의 문제점을 검토하였다. 교량의 제원 및 하중재하 위치는 Fig. 2~4와 같으며 이에 따른 유효중분배계수값은 Table 1에 정리하였다.

AASHTO 및 AASHTO LRFD 설계규준에 따라 구한 유효중분배계수는 A교량과 B교량 모두 2.08로 나타난 반면, 유효요소해석을 통하여 구한 유효중분배계수는 A교량에서 외측거더 1.85, 내측거더 1.53이고, B교량에서 외측거더 1.22, 내측거더 1.22이었다. AASHTO설계규준은 거더수와 유효폭원, AASHTO LRFD 설계규준은 차선수와 거더수만을 변수로 하기 때문에 A, B교량은 제원이 서로 다르지만 차선수와 거더수가 같으므로 내외측의 구분없이 동일한 유효중분배계수값을 가진다. 그러나 유효요소해석결과를 보면 상당히 차이가 난다는 것을 알 수가 있다. 특히 B교량의 경우 AASHTO 설계규준

이나 AASHTO LRFD 설계규준에 의한 유효중분배계수가 유효요소해석을 통하여 구한 값보다 70%이상 커 상당한 과대설계 유발가능성을 볼 수 있다.

상기의 문제점 분석을 통하여 거더수와 유효폭원 또는 거더수와 설계차선수만을 고려한 두 설계규준식을 보완할 수 있는 유효중분배식이 필요하며 또한 내측과 외측거더의 특성을 별도로 고려한 유효중분배식의 개발이 필요하다 할 수 있다.

2.5 사교의 특성

강상자형교의 유효중분배계수에서 고려되어야 할 사교의 특성들은 다음과 같다.

(1) 사교는 일반적으로 지간과 폭원의 비, 휨강성, 비틀림 강성, 받침 조건, 하중의 재하 상태 등에 따라 휨분배의 모양이 복잡하게 변화하며, 하중 전달은 일반적으로 받침부에서 최단거리를 통해 분배되는 특성이 있다.

(2) 예각부의 거더의 휨모멘트는 직교보다 감소하고 가로보, 슬래브의 휨모멘트는 증가된다. (Xanthakos, 1993) 또 비틀림 강성이 클수록 사각의 변화에 대해서 예민하게 되고 거더 휨모멘트는 감소하며 이에 반해 가로방향 휨모멘트는 증가한다. 이 비틀림에 의한 영향은 최외측 보에 대해서 현저하나 중앙부에서는 근소하다.

(3) 사교에서는 직교와는 달리 거더 최대휨모멘트의 발생위치는 지간 중앙점이 아니라 사교의 둔각부쪽으로 치우쳐서 나타나게 되고 비대칭이 된다. 또한 경사각이 크면 클수록 둔각부에 점점 더 치우쳐서 발생하는 경향을 띠며, Fig. 5와 같다.

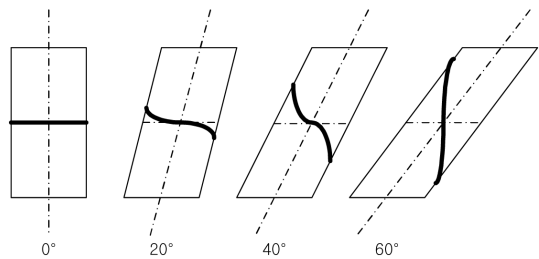


Fig. 5 Maximum moment locations in skewed bridges

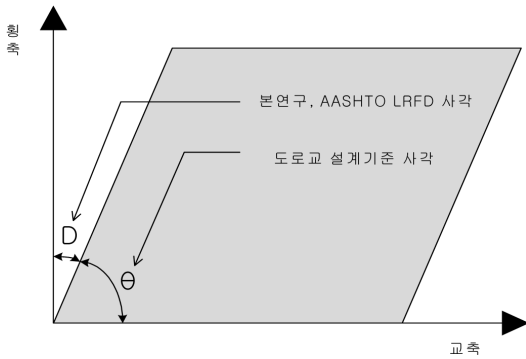


Fig. 6 Skew angle used in this study

본 연구에서는 도로교설계기준에서 규정하고 있는 사각(θ)과 본연구 해석 및 AASHTO LRFD 시방서에서 사용한 사각(D)를 Fig. 6에 나타내었다.

3. 유한요소 해석모델의 적합성 검토

유한요소법은 복잡한 구조해석에 쉽고 효과적인 수단을 제공하여 구조물의 거동을 정확하게 해석할 수 있게 한다. 본 연구에서는 범용 구조해석프로그램인 SAP 2000을 사용하여 다수의 강상자형교 구조해석을 수행하였다. (CSI Computers and Structure Inc., 2004) 형교의 해석시 사용되는 유한요소는 보 요소(3D beam element), 판요소(3D plate/shell element), 입체요소(3D solid element)로 크게 나뉜다. 유한요소법의 적용시 각 요소의 특성 선택은 해석결과가 실제교량의 거동에 가깝도록 하기 위해서 매우 중요한 일이므로 가장 적합한 요소를 선정하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 강상자형교에 있어서 실제 구조물의 거동과 부합하는 유한요소모델을 찾기 위하여 앞선 연구자들의 경험을 바탕으로 하여 여러 가지 유한요소 조합 중 강상자형교의 모델을 Fig. 7과 같이 2가지의 유력한 유한요소 조합으로 압축하였다. (a) 조합에서 슬래브는 solid요소, 거더는 shell요소의 조합으로 표현하고, (b) 조합에서 슬래브와 거더 모두 shell요소의 조합으로 표현하였다. 그리고 실제 강상자형교의 거동에 부합하는 유한요소 조합을 선정하

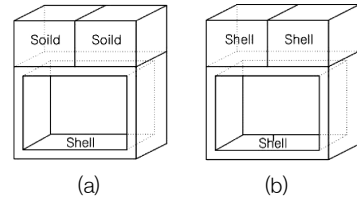


Fig. 7 Two different discretizations using solid and shell elements

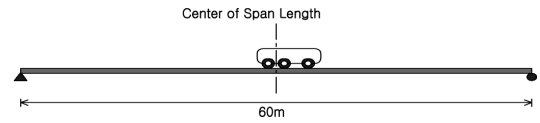


Fig. 8 Truck loading for maximum moment

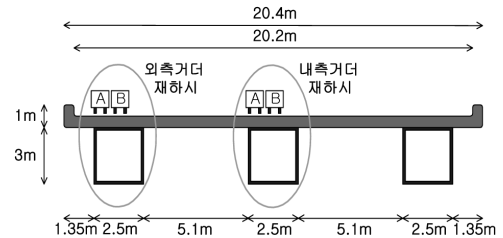


Fig. 9 Truck loading at a transverse section of bridge

기 위하여 기존의 교량에 대한 실험치와 유한요소 해석치를 비교하였다.

비교대상의 기존교량은 1998년도에 준공된 통일 육교로서 강상자형 단순교이며 지간 60m, 교폭 24m, 왕복 6차선의 교량이다.

활하중의 재하위치와 교량의 단면형상은 Fig. 8 및 Fig. 9와 같다.

Fig. 10과 Fig. 11에서 보는 바와 같이 shell+shell 조합에 비해 solid+shell 조합은 전반적으로 작은 응력값을 나타내고 있다. 본 연구의 목적 중 하나가 유한요소 해석치를 바탕으로 실제 적용할 수 있는 유효중분배계수식을 제안하는 것임을 감안할 때, shell+shell 조합이 보다 더 안전측의 유효중분배계수 산정을 가능케 하며 solid+shell 조합보다 실험치에 근접함을 확인할 수 있다. 그러므로 강상자형교의 경우 shell+shell 유한요소모델 조합을 선택하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

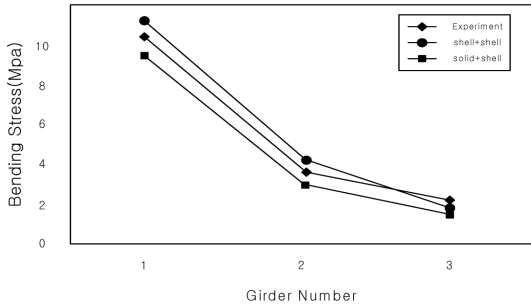


Fig. 10 Comparison of experiment and analysis results for exterior girder

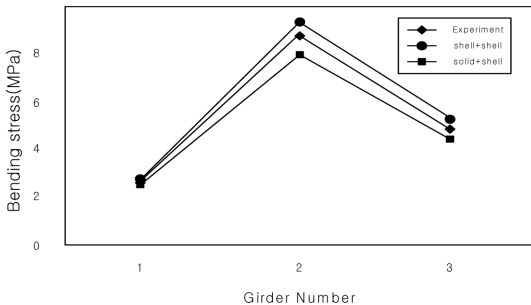


Fig. 11 Comparison of experiment and analysis results for interior girder

4. 강상자형교의 유한요소해석 및 매개 변수의 영향분석

4.1 해석 범위

본 연구에서의 유한요소해석모델의 형식과 매개 변수는 다음과 같은 범위 내에서 수행되었다.

(1) 교량은 단순지지 합성 강상자형 사교이다.

(2) slab의 두께는 25cm로 일정

$$f_{ck} = 27\text{MPa} \text{ 이다.}$$

(3) 강상자형의 재료는 SM400이고,

$$f_y = 410\text{MPa} \text{ 이다.}$$

(4) 모든 재료는 탄성 범위 내에 있으며 균질한 성질을 갖는다.

(5) 재하하중 및 방법은 건설교통부 제정 도로교 설계기준에 따른다.

Table 2 Analysis variables of steel box girder bridges

Skew Angle	D0	D10	D20	D30	D40	D50	D60
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
Span Length	L50		L60		L70		
	50m		60m		70m		
Girder Height	B2.0		B2.2		B2.4		
	2.0m		2.2m		2.4m		
Girder Spacing	G1.6		G2.0		G2.4		
	1.6m		2.0m		2.4m		
Cantilever Arm	C0	C0.15	C0.30	C0.45	C0.60		
	0m	0.15m	0.3m	0.45m	0.6m		
Number of Lane	L ₂		L ₃		L ₄		
	2		3		4		

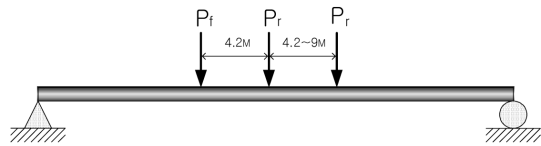


Fig. 12 Truck loading for maximum moment

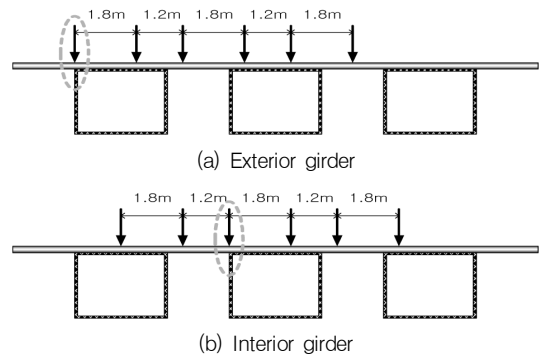


Fig. 13 Truck wheel loading for 3 lanes at a transverse section

4.2 강상자형교의 해석변수

강상자형교의 해석변수로는 사각, 지간, 거더높이, 거더간격, 캔틸레버부 돌출폭, 재하차선수로 하였으며, Table 2와 같다.

4.3 하중재하방법

본 연구에서는 도로교설계기준과 부합하도록 표준 트럭하중을 2차선부터 4차선까지 재하하였으며 Fig. 12 및 Fig. 13과 같다. 특히 사교의 특성상 종방향으로는 최대휨모멘트 발생위치를 찾을 때까지 여러 번 활하중을 이동재하하고 시행착오를 거쳐 최대휨모멘트를 구하였다.

4.4 매개변수의 영향분석

4.4.1 사각에 따른 영향분석

Fig. 14 (a), (b)를 보면 사각의 변화에 따라 내·외측 거더의 유효중분배계수가 감소하고 있으며, 그 변화폭이 상당히 큰 것을 알 수 있다. 특히 30°까지는 직선적인 감소를 보이다가 그 후부터는 감소율이 커져 40° ~ 60°에서는 곡선의 형태를 보이고 있다.

4.4.2 시간에 따른 영향분석

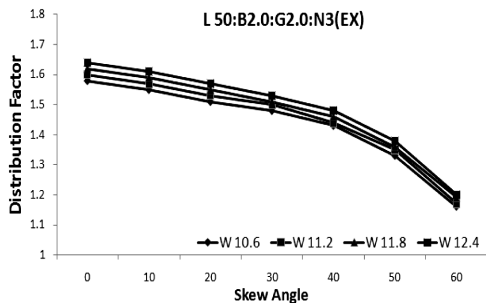


Fig. 14 (a) DF variation according to 사각 for exterior girder

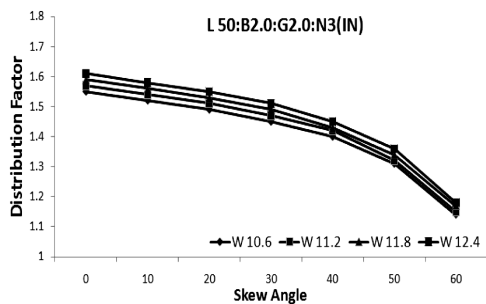


Fig. 14 (b) DF variation according to 사각 for interior girder

Fig. 15 (a), (b)와 같이 외측거더에서는 시간의 증가에 따라 분배계수가 미소하게 감소하고 있지만 내측거더에서는 변화가 거의 없다. 이러한 결과는 강상자형사교에서는 시간이 유효중분배계수에 미치는 영향이 거의 없다는 것을 설명해주고 있으므로 개발되는 유효중분배식에서는 매개변수에서 제외 되었다.

4.4.3 거더높이에 따른 영향분석

Fig. 16 (a), (b)와 같이 거더높이가 증가함에 따라 내·외측거더 모두 유효중분배계수가 증가하고 있다. 내측거더가 외측거더에 비해 약간 더 큰 변화를 보이고 있다. 거더높이가 2m에서 2.4m로 증가함에 따라 유효중분배계수는 0.06정도 변화하고 있음을 볼 때, 거더높이가 유효중분배계수에 적지 않은 영향을 주고 있는 것으로 판단할 수 있으며, 이는 주성분 분석에서도 확인되었다. (Minitab Inc, 2000)

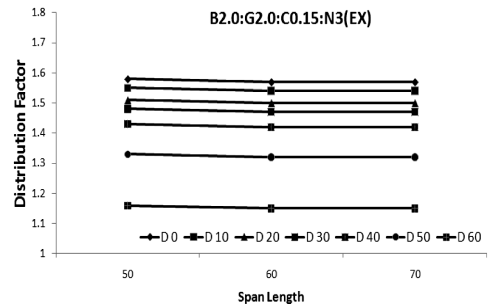


Fig. 15 (a) DF variation according to span length for exterior girder

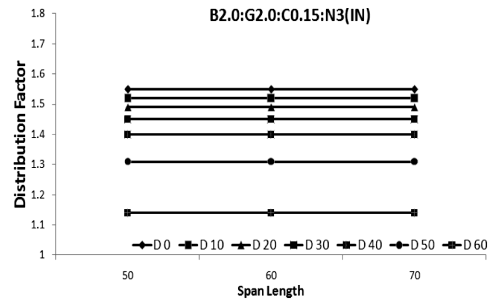


Fig. 15 (b) DF variation according to span length for interior girder

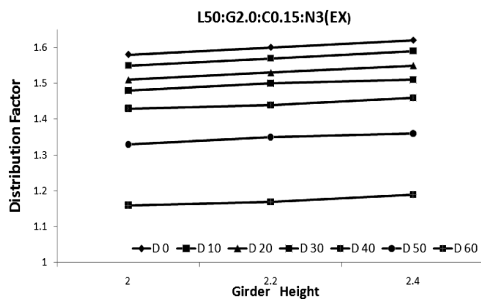


Fig. 16 (a) DF variation according to girder height for exterior girder

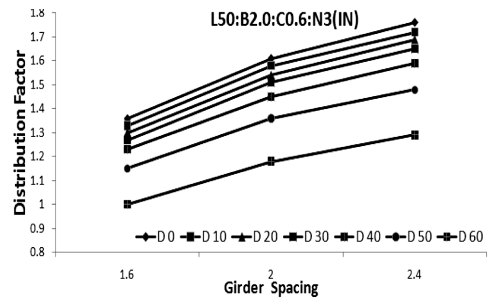


Fig. 17 (b) DF variation according to girder spacing for interior girder

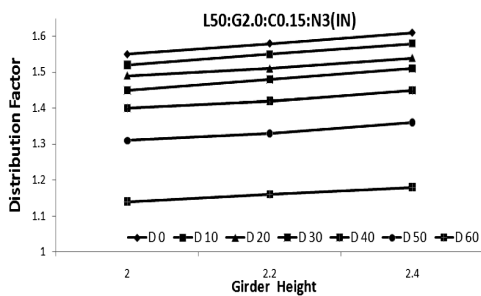


Fig. 16 (b) DF variation according to girder height for interior girder

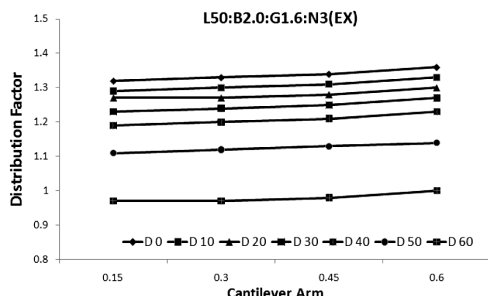


Fig. 18 (a) DF variation according to cantilever arm for exterior girder

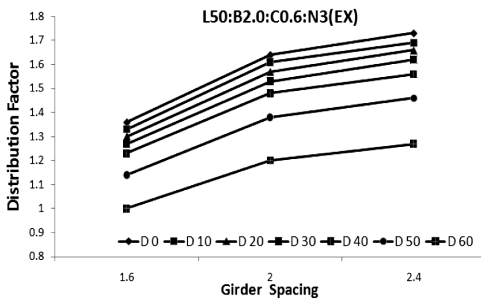


Fig. 17 (a) DF variation according to girder spacing for exterior girder

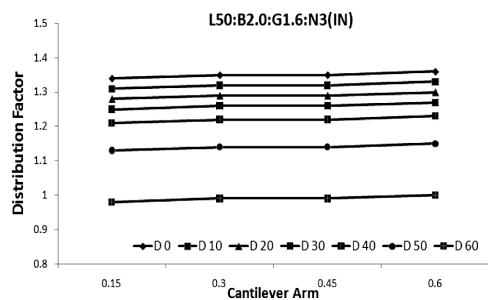


Fig. 18 (b) DF variation according to cantilever arm for interior girder

4.4.4 거더간격에 따른 영향분석

Fig. 17 (a), (b)와 같이 거더간격이 증가함에 따라 외측 및 내측거더 모두 율하중분배계수가 증가하는 경향을 보이고 있으며 변화의 폭이 상당히 큰 것을 알 수 있다. 따라서 거더간격이 강상자형교의 율하중분배계수에 미치는 영향이 크다고 할 수가 있다.

4.4.5 캔틸레버부 돌출폭에 따른 영향분석

Fig. 18 (a), (b)에서 보는 바와 같이 캔틸레버부 돌출폭이 증가할수록 내·외측 거더 모두 율하중 분배계수가 증가하는 경향을 보이나 증가율은 상당히 작다는 것을 알 수 있다. 따라서 캔틸레버부 돌출폭이 강상자형교의 율하중 분배계수에 미치는 영향은

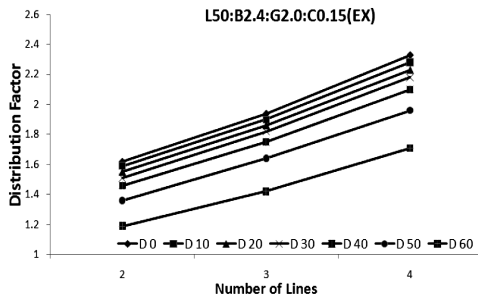


Fig. 19 (a) DF variation according to Number of Lanes for exterior girder

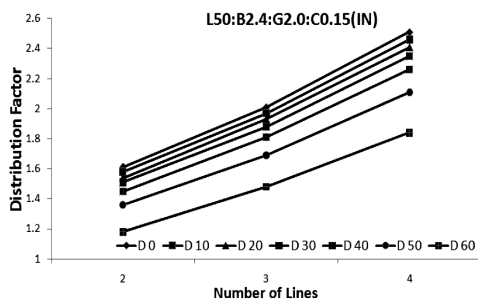


Fig. 19 (b) DF variation according to Number of Lanes for interior girder

작은 것으로 판단되어 개발되는 율하중분배식에서는 매개변수에서 제외 되었다.

4.4.6 재하차선수에 따른 영향분석

Fig. 19 (a), (b)에서 보는 바와 같이 재하차선수가 2에서 4까지 증가할 때 율하중분배계수의 변화 폭이 상당히 크게 나타났으며, 재하차선수가 율하중분배계수에 미치는 영향은 상당히 큰 것을 알 수가 있다.

5. 율하중분배계수식의 개발 및 검증

5.1 제안식의 개발

제4절에서는 총 126개의 강상자형 사고 모델에 대한 율하중분배계수 해석을 수행하였고, 그 결과를 바탕으로 매개변수의 영향분석을 하였으며, 별도의 민감도

분석을 통한 주성분 분석도 병행하였다. Minitab 분석의 결과로서 강상자형 사고의 율하중분배계수에 주요한 영향을 미치는 매개변수로 사각, 거더간격, 거더높이 및 재하차선수를 선택하였고, 이를 토대로 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 수행한 결과 식 (6)과 식(7)과 같은 율하중분배계수식을 제안하였다.

외측거더에 대한 율하중 분배계수식:(R-Sq=0.861)

$$DF = -1.60 + 0.707B + 0.413G - 0.00655D + 0.322A \quad (6)$$

내측거더에 대한 율하중 분배계수식:(R-Sq=0.861)

$$DF = -2.16 + 0.834B + 0.432G - 0.00655D + 0.408A \quad (7)$$

여기서 DF는 율하중분배계수, B는 거더높이, G는 거더간격, D는 사각, N은 차선수이다. G,B는 미터 단위이며, D는 degree단위이다.

5.2 제안식과 기존의 식과의 비교분석

Fig. 20과 Fig. 21은 본 연구에서 제안한 율하중분배계수식에 의한 값과 AASHTO 및 AASHTO LRFD 설계기준식에 의한 값을 비교한 그림이다.

Fig. 20은 율하중분배계수가 11.6m이고, 거더높이 2.0m, 재하차선 3차선인 강상자형교의 내측거더에 대하여 AASHTO 및 AASHTO LRFD 설계기준식 값과 본 연구의 제안식 값을 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 AASHTO 및 AASHTO LRFD기준식에 의한 값은 사각이 0° 부터 10° 까지는 동일하게 나타났으며, 사각이 10° 에서 60° 까지 변화할 때 AASHTO LRFD기준식에 의한 값은 상당히 감소하는 현상을 볼 수가 있다. 또한 AASHTO 및 AASHTO LRFD기준식에 의한 값은 본 연구의 제안식에 의한 값보다 전반적으로 월등히 큰 값을 유지하고 있다. 또한 거더간격이 1.6m이고, 사각이 60° 인 강상자형 사고의 경우는 AASHTO 및 AASHTO LRFD 설계기준식 값 보다 본 연구 제안식값이 50%까지 작게 나타남을 확인할 수 있었다.

Fig. 21에서는 유효폭원이 10.4m이고, 거더높이 2.4m, 거더간격 2.0m, 재하차선 3차선인 강상자형 교의 외측거더에 대하여 AASHTO 및 AASHTO LRFD 설계기준식값과 본 연구의 제안식 값을 비교한 것이다. Fig. 21에서도 AASHTO의 값은 일정한 반면 AASHTO LRFD 및 본 연구 제안식 값은 사각이 증가할수록 율하중분배계수가 점차 증가하는 것을 보여준다.

Fig. 20 및 Fig. 21을 통하여 유효폭원, 설계차선수와 거더수 만을 고려한 AASHTO 및 AASHTO LRFD기준식의 율하중분배계수는 강상자형 사고의 율하중분배계수를 실제적으로 반영하고 있지 못하다는 것을 확인할 수가 있으며, 좀 더 다양한 변수를 적절하게 고려한 본 제안식이 보다 합리적이라 판단된다.

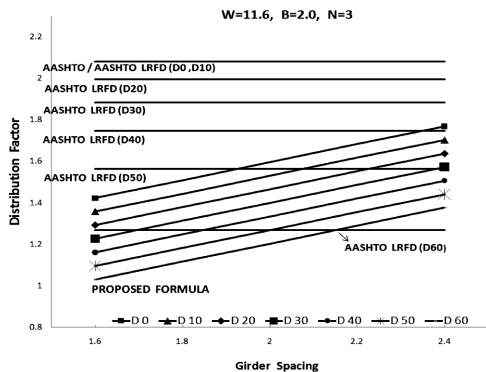


Fig. 20 Comparison between proposed formula and American specification formulas for interior girder

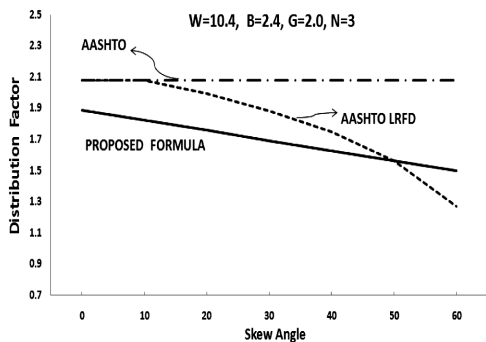


Fig. 21 Comparison between proposed formula and American specification formulas for exterior girder

5.3 실제교량에 대한 율하중분배계수 비교

강상자형 사고의 율하중분배계수를 비교하기 위한 h교량은 사각 15°의 단순사고로서 지간 40m, 교폭 16.855m의 제원을 가지고 있으며, 이에 대한 평면도와 단면도는 Fig. 22와 Fig. 23에 도시한 바와 같다.

위의 강상자형 사고에 대하여 AASHTO기준식, AASHTO LRFD기준식 및 본 연구의 제안식을 적용하여 율하중분배계수를 산출하여 비교하였고, 특히 실제 설계실무에서 많이 적용하는 frame grid 해석법에 의한 값과도 비교분석하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 본 연구의 제안식에 의한 율하중분배계수는 AASHTO와 AASHTO LRFD의 산정식에 의한 값보다 작은 값을 보이고 있어, 전환한 AASHTO 및 AASHTO LRFD시방기준의 문제점과 과대설계 유발 개연성을 재확인할 수가 있었다. 또한 본 연구 제안식의 결과가 frame grid 해석결과와 상당히 일치하는 경향을 보이고 있는 것도 볼 수 있다.

따라서 본 연구 제안식의 적용 시 기존의 설계규

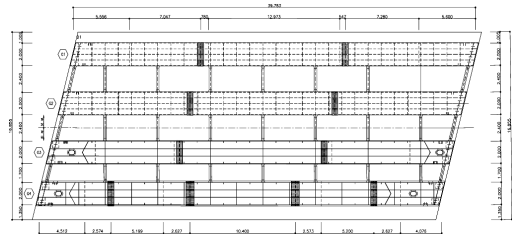


Fig. 22 Plan view of the steel box girder bridge (unit: mm)

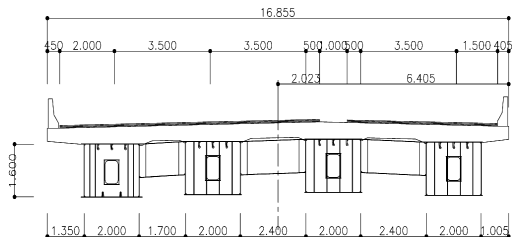


Fig. 23 Section view of the steel box girder bridge (unit: mm)

Table 3 Comparison of wheel load distribution factors by various methods

Methods	Interior Girder	Exterior Girder
AASHTO	2.01	2.01
AASHTO LRFD	1.98	1.98
Frame grid analysis	1.51	1.49
Proposed formulas (in this study)	1.45	1.41

준식의 단점을 보완할 수 있고, 동시에 frame grid 해석 등 구조해석에 소요되는 시간을 절약할 수 있어, 그 타당성 및 실용성을 확인할 수 있었다.

6. 결론

본 연구에서는 강상자형 사교의 율하중분배계수에 관련된 설계기준들의 문제점을 파악하고, 율하중분배계수에 영향을 미치는 주요변수에 대한 평가를 수행하였다. 또한 다양한 강상자형 사교의 모델에 대한 율하중분배계수를 수행하였으며, 그 결과를 바탕으로 강상자형사교의 율하중분배계수를 산정하는 식을 제안하였다.

본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 강상자형교의 율하중분배계수 슬래브와 거더 모두 shell요소로 모델링하였을 때 적합한 율하중분배계수를 구할 수 있었다.
- 2) 거더높이, 거더간격, 사각, 재하차선수가 강상자형 사교의 율하중분배계수에 미치는 영향이 다른 변수들보다 지배적인 것으로 확인되었다.

3) 본 연구의 율하중분배계수 결과를 토대로 다중회귀 분석법을 이용하여 율하중분배계수 산정식을 개발하여 제안하였다.

4) 본 연구 제안식의 적용 시 기존 설계기준식의 문제점을 보완할 수 있고, frame grid 해석 등 구조해석에 소요되는 시간을 절약할 수 있어, 그 타당성 및 실용성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 금오공과대학교 교내과제학술연구비 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 도로교설계기준, 건설교통부, 2004.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Standard Specifications for Highway Bridges, 2002.
3. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2007. PP. 4•29-4•46.
4. Minitab Inc., Minitab User's Guide #1, #2, 2000.
5. SAP 2000 Analysis Reference and Design Manual, CSI Computers and Structures Inc, 2004.
6. Xanthakos, Theory and Design of Bridges, Wiley & Sons Inc., 1993. pp.191.

(접수일자 : 2009년 2월 23일)

(수정일자 : 2009년 5월 27일)

(심사완료일자 : 2009년 6월 9일)