

곡선 강상자형교의 윤택중 분배

Distribution of Wheel Loads on Curved Steel Box Girder Bridges

김희중* · 이시영**

Kim, Hee Joong · Lee, Si Young

Abstract

In the case of horizontally curved bridges, the use of curved composite box girder bridges are increased due to its functionality and for aesthetical reason. As it compared with the open section, the steel box girder bridges have advantages to resistant of distortion and corrosion. In practice the grid analysis is conducted by utilizing only the cross beam. Since the stiffness of the concrete slab is not included in the grid analysis, the cross beam is induced the distribution of the live load. In this study the affects of the radius of curvature, the number of diaphragm and cross beam to the load distribution of the curved steel box girder bridge was investigated by applying the finite element method. The results indicate that the curvature of curved bridge had a large affect of the load distribution and as the curvature was increased the load distribution factor was increased. A single diaphragm at the center of girder is important role for the load distribution effects and structural stability, but additional diaphragm did not affect it as much. The affects of the cross beam to the load distribution were investigated and its influence was minor. It can be safely concluded that the addition of cross beam does not aid the purpose of the live load distribution. And the stiffness of concrete slab for the load distribution effects should be concerned in the design of curved steel box girder bridges.

Key words : Curved bridges, Box girder, Load distribution, Finite elements

요 지

곡선교의 경우 구조적인 기능이나 미관을 고려하여 강상자형교의 사용이 증가하고 있다. 강상자형교는 비틀림에 대한 강성이 뛰어나고 폐합단면을 가지므로 개단면에 비해 부식에 대해서 유리하며 가설 시에도 안정성을 갖는 장점이 있다. 곡선 강상자형교의 설계는 관용적으로 가로보의 강성을 이용하여 윤택중 횡분배를 유도하는 격자해석으로 실시되고 있다. 본 연구에서는 곡선 강상자형교에 대하여 유한요소 해석을 실시하여 곡률, 가로보 및 다이아프램이 윤택중의 횡분배에 미치는 영향에 분석하였다. 해석결과 곡선교에서 곡률은 횡분배에 큰 영향을 미쳤으며 곡률이 증가할수록 분배계수가 증가하는 것을 알 수 있었다. 지점부 다이아프램 외에 지간 중앙에 설치되는 다이아프램 1개는 윤택중의 횡분배와 구조적 안정성에 크게 기여하였으나 추가적인 다이아프램의 설치는 하중의 횡분배에 크게 영향을 주지 못하였다. 콘크리트 슬래브 강성은 가로보에 의한 횡분배 효과보다 크게 나타난 것으로 곡선 강상자형교 설계 시에는 콘크리트 슬래브 강성의 횡분배 효과를 고려하여야 할 것이다.

핵심용어 : 곡선교, 박스거더교, 하중분배, 유한요소

1. 서 론

강상자형교는 적은 자중과 비틀림에 대한 강성이 뛰어나고 폐합단면을 가지므로 개방형 단면에 비해 부식에 대해서도 유리하며 가설 도중에도 안전성을 갖는 장점이 있다. 곡선 강상자형교를 설계할 때 교량전체를 쉘 요소로 모델링하여 구조해석을 실시하여야 한다. 그러나 해석이 복잡하고 많은 시간이 소요되는 단점이 있어, 관용적으로 주형 사이의 콘크리트 슬래브 강성을 무시하고 주형 사이에 설치된 가로보의 강성만으로 윤택중의 횡분배를 유도하는 격자해석이 실시되

고 있다.

강상자형교의 간단하고 합리적인 설계를 위하여 각국은 설계기준에 윤택중 분배율을 구하는 공식 또는 도표를 제시하고 있다. 우리나라의 도로교설계기준에서는 주형 설계를 위한 활하중 작용 방법만 제시하고 있으며 국내에서 시공되고 있는 강상자형교의 대부분은 관용적으로 5m 내외의 간격의 가로보를 설치하고 있다. AASHTO-LRFD 기준에서는 강상자형교의 경우 풍하중 등의 횡방향 하중을 지점부에 전달하는 역할의 지점부 가로보를 제외하고 구조적으로 불필요한 거더간의 가로보는 설치하지 않도록 제안하고 있다. 최근 국내에서

*정회원 · 계명대학교 공과대학 토목공학과 부교수 (E-mail: hjkim@kmu.ac.kr)

**한국종합기술 향만부

이루어진 많은 연구 결과에서도 가로보 및 격벽의 수는 제한할 필요성이 있다고 하였다.

직선 강상자형교의 횡분배 공식은 AASHTO LRFD에서 강상자형교의 하중분배율에 영향을 미치는 요소인 주형간격과 거더의 폭 등을 제외하고 차선 수와 거더 수를 변수로 하였다.

유한요소 해석을 통한 활하중 분배계수는 곡선 I형 거더에 대하여 Zhang 등(2005)과 백성용 등(2007)에 의해서 연구되었다. 윤동용 등(2005)은 폐합단면을 갖는 직선 강상자형교의 하중 분배를 격자해석의 결과와 유한요소해석의 결과를 비교하여 AASHTO LRFD의 횡분배 공식은 안전측의 결과를 주며 격자해석은 비경제적인 설계가 될 수 있다고 하였다. 개방단면을 갖는 강합성 직선교에 대한 활하중 분배는 유한요소 해석을 통하여 연구되었고(Samaan 등, 2002), 역사다리꼴 개방단면을 갖는 다경간 곡선 강상자형교에 대한 유한요소 해석을 통하여 유효하중 분배에 대해 분석하였다(Samaan 등, 2005). 연구 결과 곡률이 활하중 횡분배에 영향이 있다고 밝혔으며 최대 9m마다 박스 내부의 브레이싱이나 박스 내 외부에 브레이싱이 필요하다고 분석하였다. 그러나 위 결과는 개방단면의 경우이며 현재 국내에서 널리 사용되고 있는 폐합단면을 갖는 강상자형교는 상이한 거동을 보일 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 폐합단면을 갖는 곡선 강상자형교에 대하여 3차원 유한요소 해석을 실시하여 곡률이 횡방향 하중분배에 미치는 영향과 곡선교에서 가로보, 격벽 및 콘크리트 슬래브 강성이 유효하중분배에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 하중분배계수

하중분배계수(DF)를 구하는 일반식은 다음 식 (1)과 같이 휨모멘트의 비로 나타낼 수 있다.

$$DF = \frac{\text{실제교량의 주형에서의 최대 휨모멘트}}{\text{1차륜 하중을 받는 단순보에서의 최대 휨모멘트}} \quad (1)$$

강상자형 거더는 구조적으로 매우 복잡하므로 하중분배 효과는 휨모멘트 보다 부재에 발생하는 응력의 비율로 검토하는 것이 타당할 것이다. 본 연구에서 사용한 강상자형 거더교의 활하중 분배계수는 다음과 같은 방법으로 결정하였다. 우선 단순 지지된 단일 박스 거더교에 1차륜 하중을 작용시켜 하부플랜지 중앙부에 발생하는 최대응력을 기준응력으로 결정하였으며, 유효하중이 재하된 곡선교의 최대응력도 하부플랜지 중앙부에서 발생하는 최대응력으로 결정하였다. 이와 같이 각 재하 방법에 따라 결정된 최대응력을 기준응력으로 나누어 유효하중 분배계수(DF)로 결정하였다.

AASHTO LRFD(2004) 설계기준에서는 강상자형교의 차선수와 박스 거더 수를 고려한 활하중 분배를 식(2)와 같이 제시하고 있다. 그러나 곡선교를 위한 분배율은 곡선교의 구조적 특성을 고려하여 내측 거더와 외측 거더를 구분하는 것이 타당할 것이다.

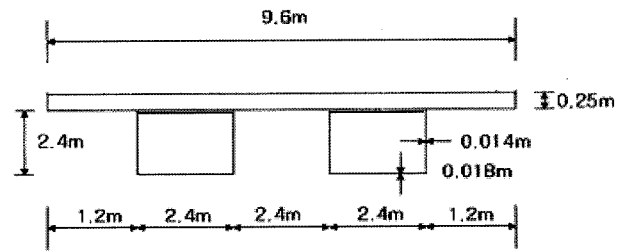


그림 1. 해석 대상 교량의 단면도

$$DF = 0.05 + 0.85 \frac{N_L}{N_b} + \frac{0.425}{N_L} \quad (2)$$

$$\text{단 } 0.5 \leq \frac{N_L}{N_b} \leq 1.5$$

여기서, N_L 은 설계차선수이고 N_b 는 거더수이다.

3. 해석 모델

유효하중 횡분배 거동을 검토하기 위하여 그림 1과 같은 2.4m의 간격과 폭을 갖는 박스형 강거더와 25cm 두께의 콘크리트 슬래브가 합성된 곡선 강합성 교량을 선정하였다. 해석 대상교량은 40m의 지간을 갖는 단지간으로 교폭은 3차선 재하가 가능한 9.6m의 곡선교로 설계하였다. 교량의 단면 제원은 그림 1과 같으며 해석 시 사용되는 교량의 물성치는 탄성계수의 경우 강재는 200GPa 콘크리트는 25GPa를 사용했으며, 프와송비는 0.3과 0.2를, 단위중량은 75kN/m^3 과 25kN/m^3 을 각각 적용하였다.

본 연구에서는 슬래브, 거더 및 가로보를 4절점 쉘요소로 모델링 하였다. 그림 2는 본 연구에서 적용한 합성 곡선형 강상자형교의 유한요소 모델이다. 다이아프램의 하중분배효과와 거동을 검토하기 위하여 설치한 것 외에는 아무런 수직 및 수평 보강재를 사용하지 않았다. 대상 구조물은 합성교량 이므로 콘크리트 슬래브와 거더 사이에는 강제 연결요소를 사용하여 일체 거동을 하도록 하였다. 1개의 직선교와 5가지의 곡률반경(300m, 250m, 200m, 150m, 100m)을 갖는 곡선교를 대상으로 곡률에 따른 유효하중의 분배효과와 가로보와 다이아프램이 유효하중 분배에 미치는 영향을 검토하였다. 활하중은 도로교설계기준을 적용하여 DB-24하중과 충격하중을 사용하였다. 또한 도로교 설계기준에 따라 곡선의 영향을 고려하여 차선폭을 3m로 설계하여 내측 및 외측으로 최대 3차선

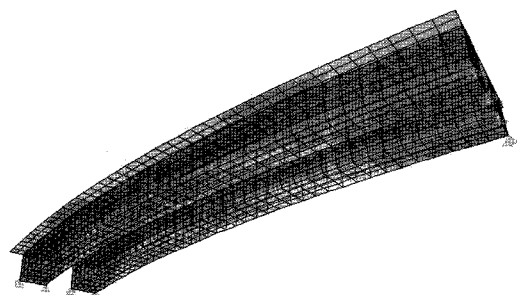


그림 2. 내측 2차선 재하 시 최대 휨 응력

까지 활하중이 재하 되도록 하였다. 여기서 내측 재하는 곡률의 안쪽에서부터 재하를 뜻하고 있으며, 그림 1에서 우측으로부터 DB-24 하중이 작용된다.

4. 해석 결과

4.1 곡률계수에 따른 분배효과

곡률계수에 따른 윤택중 분배계수를 알아보기 위하여 표준 트럭하중을 내측과 외측으로부터 각각 1차선, 2차선 및 3차선 재하를 하였다. 여기서 곡률계수는 곡선교의 곡률반경에 대한 교량의 시간장의 비율로 정의 하였다. 그림 2에 내측 2차선 재하의 경우 거더에 발생하는 최대 휨 응력을 보였으며 표 1에 곡률계수에 따른 분배계수를 나타내었다. 그림 3과 4에서 보는 것과 같이 2차선 재하의 경우 내측차선 재하 시의 분배계수는 외측 차선 재하 시의 분배계수보다 최대 29% 크게 발생하였으며, 내측 차선에 하중이 작용한 경우 곡률계수가 증가할수록 활하중 분배계수가 점진적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 외측 1차선과 2차선 재하 시는 최대 휨 응력이 외측 거더에서 나타났으나, 외측 3차선 재하의 경우 최대 휨 응력이 내측 거더에서 발생하였으나 여기서는 각 거더의 하중 분배를 목적으로 하므로 외측 거더에서 발생하는 최대 휨 응력으로 분배계수를 보였다. 외측 3차선 재하의 경우 내측 거더에서 분배계수는 1.634를 보여 외측 거더의 1.368 보다 19% 크게 나타났다. 곡률계수가 증가함에 따라 외측 거더의 활하중 분배계수가 미소하게 감소함을 보였으며, 이는 곡률의 증가로 내측 거더에 윤택중의 분배가 증가하는 것으로 분석된다.

직선교의 경우 3차선 재하 시 활하중 분배계수는 1.594로 나타났으나 도로교 설계기준에 따라 90%를 적용하면 1.435를 보여 AASHTO-LRFD의 활하중 분배계수 1.467과 유사한 결과를 보였다. 직선교에 적용되는 분배계수를 곡선교의 분배계수와 직접 비교할 수는 없지만 곡률계수가 증가할수록 윤택중 분배계수가 직선교의 분배계수보다 큰 값을 보인다. 따라서 곡률이 큰 곡선교의 설계는 3차원 해석이 필요한 것으로 판단된다.

분배계수는 내측 3차선 재하 시 곡률계수 0.4의 거더에서 1.96, 외측 3차선 재하 시 곡률계수 0.133의 거더에서 1.522로 가장 크게 나타나 외측차선 재하 시 보다는 내측차선 재하의 경우에서 곡률의 효과로 윤택중 분배계수가 큰 것을 알

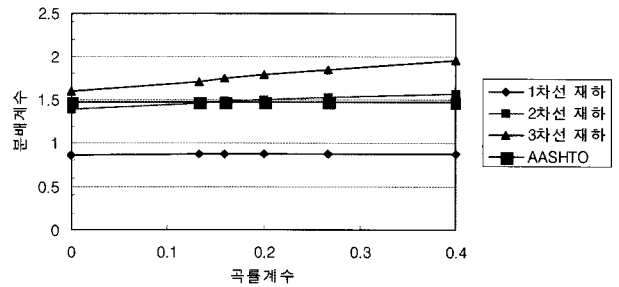


그림 3. 내측 차선 재하 시 분배계수

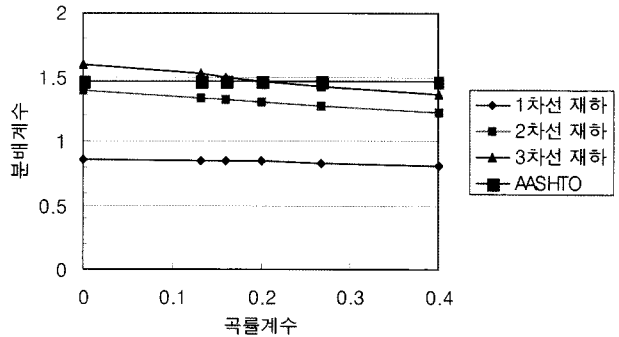


그림 4. 외측 차선 재하 시 분배계수

수 있다. 내측 거더의 경우 곡률계수가 증가 할수록 활하중 분배계수가 증가하는 것을 알 수 있으며, 외측 거더의 경우 곡률이 증가할수록 하중이 내측 거더로 분배되어 하중분배계수는 감소하였다.

곡선교에서 부재의 거동을 정확히 보여주기 위해 휨모멘트와 함께 처짐을 조사하여 표 2와 표 3에 내측 및 외측 차선별 하중 작용에 따라 하부플랜지 중앙부에 발생한 최대 처짐을 각각 나타내었고 그림 5와 6에는 곡률계수에 따른 처짐을 보였다. 내측차선 재하 시 내측 거더의 처짐은 활하중 분배계수와 유사하게 곡률계수가 증가함에 따라 점진적으로 증가하고 있다. 2차선 재하 시 곡률계수 0.4인 곡선교 내측과 외측 거더 간의 상대 처짐이 가장 크게 나타났으며 최대 13.7mm까지 차이가 나타났다. 이는 3차선 재하 시 보다 2차선 재하 시 하중의 편중이 증가되어 상대 처짐이 증가되었다고 판단된다.

외측차선 재하 시 거더간의 상대 처짐은 1차선 재하 시 곡률계수 0.133에서 7.19mm로 가장 크지만 내측차선 재하에 의한 상대 처짐보다 적게 나타났다. 1차선과 2차선 재하 시

표 1. 재하 차선에 따른 분배계수

곡률계수	내측 차선 재하			외측 차선 재하			AASHTO
	1차선 재하	2차선 재하	3차선 재하	1차선 재하	2차선 재하	3차선 재하	
0	0.859	1.39	1.594	0.859	1.39	1.594	1.467
0.133	0.869	1.458	1.715	0.852	1.335	1.522	
0.16	0.877	1.482	1.75	0.85	1.323	1.493	
0.2	0.877	1.499	1.786	0.844	1.304	1.468	
0.267	0.877	1.527	1.845	0.832	1.274	1.429	
0.4	0.876	1.575	1.96	0.809	1.222	1.368	

표 2. 내측 차선 재하 시 처짐

곡률계수	내측 거더의 처짐(mm)			외측 거더의 처짐(mm)		
	1차선 재하	2차선 재하	3차선 재하	1차선 재하	2차선 재하	3차선 재하
0.0	10.12	16.58	19.37	2.19	7.84	17.21
0.133	11.03	18.12	21.14	2.47	7.9	16.68
0.16	11.41	18.77	21.91	2.6	8.07	16.81
0.2	11.85	19.52	22.83	2.81	8.33	17.07
0.267	12.71	21.0	24.71	3.25	8.98	17.66
0.4	14.93	24.82	29.60	4.58	11.12	20.19

표 3. 외측 차선 재하 시 처짐

곡률계수	내측 거더의 처짐(mm)			외측 거더의 처짐(mm)		
	1차선 재하	2차선 재하	3차선 재하	1차선 재하	2차선 재하	3차선 재하
0.0	2.19	7.84	17.21	10.12	16.58	19.37
0.133	2.31	8.55	18.94	9.5	15.63	18.77
0.16	2.39	8.87	19.47	9.46	15.6	18.67
0.2	2.54	9.31	20.32	9.38	15.55	18.80
0.267	2.87	10.22	21.89	9.35	15.66	19.31
0.4	3.9	12.77	26.66	9.64	16.64	21.53

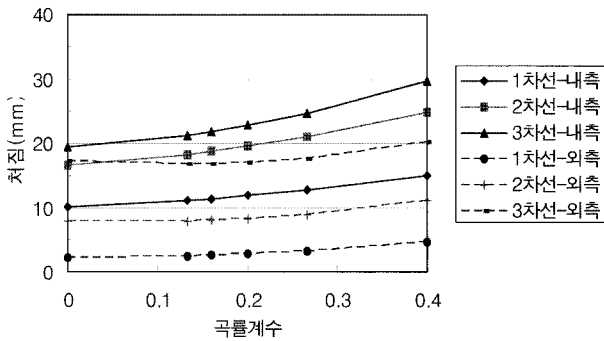


그림 5. 내측 차선 재하 시 처짐

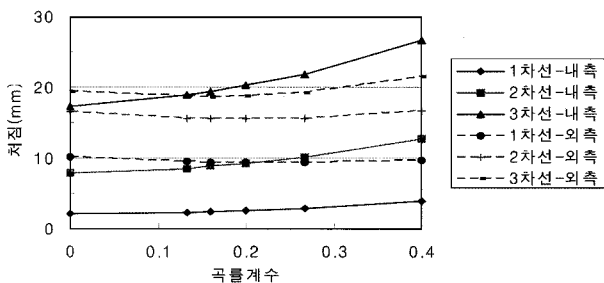


그림 6. 외측 차선 재하 시 처짐

외측 거더의 처짐은 내측 거더의 처짐보다 크게 나타났으나 곡률의 증가에 따른 처짐은 크게 증가하지 않았다. 또한 외측 거더는 곡률계수 0.2 및 0.167에서 최소 처짐을 보였으며 곡률계수 증가와 함께 처짐도 미소하게 증가하였다. 외측 3차선 재하 시는 외측 거더보다 내측 거더에서 더 큰 처짐을 보였다. 곡률계수 0.4인 경우 내측 거더와 외측 거더에서 각각 23.99mm와 19.38mm를 보였지만 거더 중앙부에 다이어프램 1개를 설치하여 거더의 강성을 보강한 후 처짐은 각각

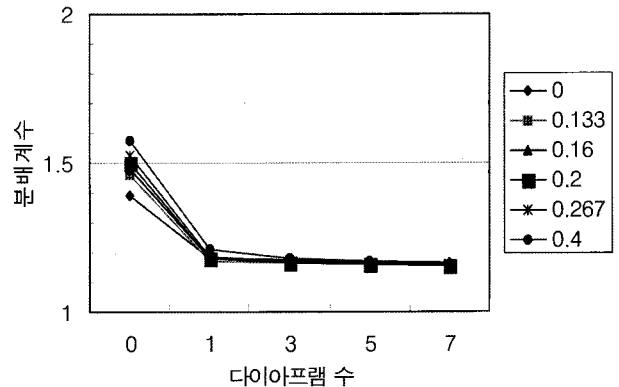


그림 7. 다이어프램 수에 따른 분배계수

19.5mm와 22.67mm를 보였다. 3차선 재하 시 거더의 강성이 부족하고 내측 거더에 편심하중이 크게 작용한 것으로 판단된다.

4.2 다이어프램의 율하중 분배효과

곡선교에서 다이어프램의 하중분배 효과를 알아보기 위하여 보의 중앙에 1개의 다이어프램을 설치하고 좌우 대칭으로 7개까지 증가 시키며 내측 2차선 재하 시 율하중 분배계수를 비교하였다. 여기서 지점부에 설치한 다이어프램은 수에 포함하지 않았다. 그림 7에 직선교 및 곡률계수 0.133, 0.16, 0.2, 0.26 및 0.4을 갖는 곡선교에 내측 2차선 재하의 경우 분배계수를 나타내었다. 지점부 외에 중앙에 다이어프램 1개를 추가하였을 경우는 2차선과 3차선 재하 시 모두 다이어프램이 없는 경우보다 율하중 분배계수가 크게 감소하는 것을 보였다. 그림에서 보는바와 같이 율하중 분배계수는 2차선 재하 시 최대 36%까지 분배효과가 있는 것으로 나타났다. 곡률계수와 무관하게 분배계수는 비슷한 크기를 나타내었으며

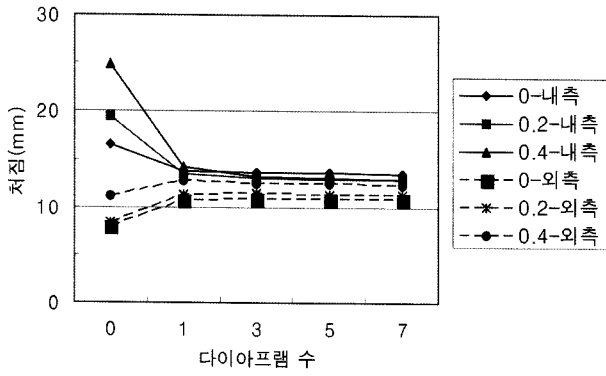


그림 8. 다이하프램 수에 따른 거더의 처짐

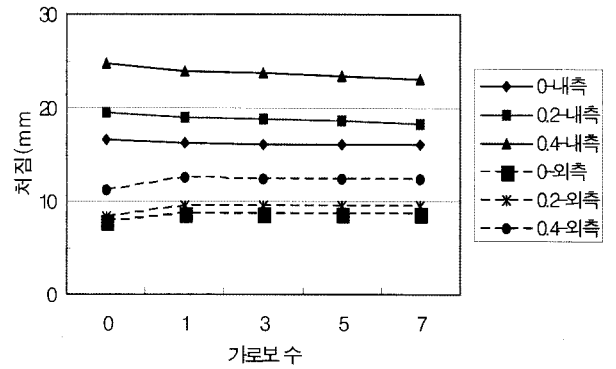


그림 10. 가로보 수에 따른 거더의 처짐

지점부 외에 지간 중에 다이하프램의 증가에 따른 하중 분배 효과는 미미한 것을 알 수 있다.

그림 8은 곡률계수 0.2와 0.4를 갖는 곡선교와 직선교에 내측 2차선 재하 시 내측 및 외측 거더의 처짐을 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 내측 및 외측 거더는 1개의 다이하프램을 설치하면 거더 강성이 증가하여 내측 거더의 처짐은 크게 감소하는 것을 보인다. 다이하프램 수가 증가하면 거더 강성이 증가하여 하중의 외측 거더 분배가 증가하여, 내측 거더 처짐은 감소하고 외측 거더 처짐은 증가하는 내측과 외측 거더의 상대 처짐이 감소하였다.

4.3 가로보의 윤택중 분배효과

가로보의 하중분배효과를 알아보기 위해 직선교 및 곡률계수 0.133, 0.16, 0.2, 0.26 및 0.4를 갖는 곡선교의 중앙에 1개의 가로보를 설치하고 좌우 대칭으로 7개까지 가로보를 증가하여 보았다. 내측 2차선 윤택중 재하 시 가로보 수에 따른 윤택중 분배계수를 그림 9에 보였다. 그림에서 보듯이 직선교에서 분배계수는 가로보 1개가 설치되면 미소하게 증가하다 가로보의 수가 증가함에 따라 분배계수는 감소함을 보였으나 증감의 크기는 매우 미소하였다. 중앙부에 설치한 1개의 다이하프램 분배 효과와는 다르게, 모든 곡률의 곡선교에서 가로보의 증가에 따른 분배계수의 변화는 미미한 것으로 보아 가로보가 윤택중 분배효과에는 미치는 영향이 거의 없다고 판단된다.

그림 10은 직선교와 곡률계수 0.2과 0.4를 갖는 곡선교의 내측 2차선 재하 시 가로보 수에 따른 내측 및 외측 거더의 처짐을 나타낸다. 그림과 같이 가로보 수가 증가할수록

내측 거더의 처짐은 감소하였으며 외측 거더의 처짐은 증가하였다. 곡률계수 0.4인 곡선교에 가로보 1개와 7개 설치하였을 경우의 처짐은 가로보가 없을 경우보다 각각 3.8%와 7.9%로 감소하였으며 거더 간의 상대 처짐은 가로보가 증가할수록 미소하게 감소됨을 알 수 있다. 가로보의 횡방향 하중에 대한 기능 외에 윤택중 분배효과는 매우 미소하게 나타났다.

4.4 슬래브강성의 윤택중 분배효과

앞서 해석결과에 의하면 곡선 강상자형교에서 다이하프램은 윤택중 분배효과를 크게하여 거더 간의 응력과 상대 처짐을 크게 줄일 수 있었다. 그러나 가로보의 윤택중 분배효과는 미미한 것으로 나타나 콘크리트 슬래브 강성이 윤택중 분배에 미치는 영향을 검토하였다. 도로교 설계기준에 따르면 슬래브의 최소 두께는 23cm 이지만 곡률계수 0.133, 0.2 및 0.4를 갖는 곡선교와 직선교의 슬래브 두께 20cm, 25cm 및 30cm에 대한 윤택중 분배계수를 각각 검토하여 그림 11에 보였다. 그림에서 보는바와 같이 슬래브 두께의 증가에 따라 분배계수는 선형적으로 감소하는 것을 알 수 있다. 곡률계수 0.4의 곡선 거더에서 10cm의 슬래브 두께 증가는 6.6%의 분배계수 감소를 보였으며, 직선교의 분배계수는 곡률계수 0.2의 분배계수와 거의 비슷한 크기를 보였다.

격자해석에서는 윤택중 분배에 있어서 가로보의 강성이 매우 중요한 역할을 하지만 3차원 유한요소 해석을 통한 결과로 보면, 가로보의 강성이 윤택중 분배효과에 미치는 영향보다 콘크리트 바닥판 강성이 윤택중 분배에 미치는 영향이 더 중요한 것으로 판단된다.

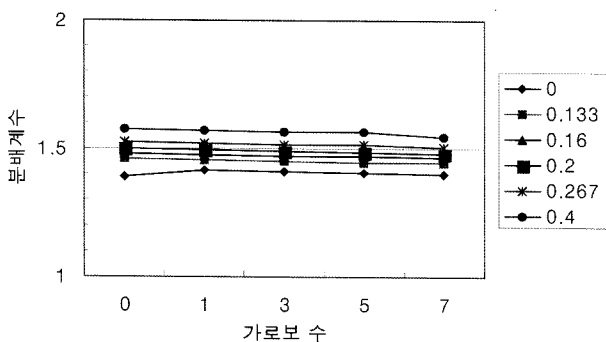


그림 9. 가로보 수에 따른 분배계수

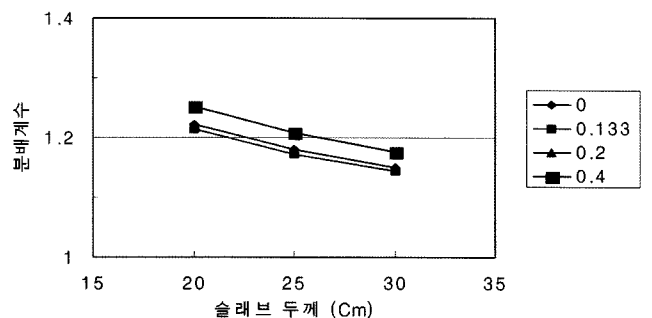


그림 11. 슬래브 두께에 따른 분배계수

5. 결 론

곡선 강상자형교에서 곡률, 가로보 수 및 다이아프램 수가 유효중 횡분배에 미치는 영향을 검토하여 아래와 같이 결론을 얻을 수 있었다.

강상자형교에 대한 유한요소 해석 결과 외측 거더보다 내측거더에서 유효중 분배계수 및 처짐이 크게 나타났다. 직선교에서는 유효중 분배계수가 AASHTO-LRFD의 제안식과 비슷한 결과를 보였으나 곡률이 증가함에 따라 분배계수도 증가하므로 곡선교의 설계에서는 정확한 해석이 필요하다.

지점부와 지간 중앙에 설치한 1개의 다이아프램은 강박스 거더의 구조적 안정에 매우 중요하며 유효중 횡분배에 많은 영향을 미쳤다. 하지만 추가적인 다이아프램의 설치에 유효중의 횡분배에 큰 영향을 미치지 않았다.

유효중 분배계수에 대한 가로보의 영향은 매우 미미하게 나타났으며, 콘크리트 슬래브의 강성에 따른 유효중 분배 효과가 더 큰 것으로 나타났다. 곡선교의 설계에서 도로교 설계기준에 적합한 콘크리트 슬래브의 강성이 갖는 유효중 분배 효과는 고려되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 계명대학교 비사연구기금으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 백성용, 신기수 (2007). 2경간 연속 I-형교의 하중분배계수. **한국 강구조공학회 논문집**, 한국강구조공학회, 제19권, 제2호.
- 윤동용, 이성철 (2005). 강박스 거더교 가로보와 활하중 횡분배. **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제25권, 제4A호, pp. 593-599.
- 한국강구조학회 (1995). **강구조 편람**.
- 한국도로교통협회 (2005). **도로교 설계기준**.
- AASHTO (2004). *LRFD bridge design specifications*. American Association of State Highway Transportation Officials, Washington, D. C.
- Samaan, M. Sennah, K. and Kennedy, J. B. (2002). Distribution of Wheel Loads on Continuous Steel Spread-Box Girder Bridges. *J. of Bridge Engineering*, ASCE, Vol. 7, No. 6.
- Samaan, M. Sennah, K. and Kennedy, J. B. (2005). Distribution Factors for Curved Continuous Composite Box-girder Bridges. *J. of Bridge Engineering*, ASCE, Vol. 10, No. 6.
- Zhang, H. Huang, D. and Wang, T. (2005). Lateral Load Distribution in Curved Steel I-Girder Bridges. *J. of Bridge Eng*, ASCE, Vol. 10, No. 3.

© 논문접수일 : 2007년 11월 19일

© 심사의뢰일 : 2007년 11월 19일

© 심사완료일 : 2007년 12월 02일