

KL-510 하중을 적용한 장시간 바닥판의 설계휨모멘트에 관한 연구

정철현* · 이한주** · 주상훈*** · 안호현****

Chung, Chulhun*, Lee, Hanjoo**, Joo, Sanghoon***, An, Hohyun****

A Study on the Design Bending Moments of Long Span Decks with KL-510 Load

ABSTRACT

In the current Korea highway bridge design code (KHBDC), the criteria of concrete bridge decks are mainly based on short span decks of steel plate girder bridge, there are very little the specific criteria of long span decks in the twin steel plate girder bridge. Therefore, to put more rational and practical design criteria of the long span decks on the code, the complements of the related criteria are required in the current design code. This paper proposed the design bending moments of decks with 6.0~12.0m span for KL-510 load in direction to bridge (longitudinal direction) and perpendicular direction to bridge (transverse direction). The effects of orthotropic concrete decks, stiffness of steel girders and multiple lane loading factors (MLLF) were reflected in the design bending moments. The proposed design bending moments were compared to the design bending moments with DB-24 load.

Key words : Twin steel plate girder bridge, Long span decks, Design bending moments, KL-510 load

초 록

현행, 도로교설계기준에서는 교량바닥판에 대해 지간이 짧은 다거더 플레이트 거더교 위주의 규정을 두고 있으며, 강합성 소수 거더교에 적용되는 장지간 바닥판에 대한 설계규정은 명확하게 없는 실정이다. 이는 소수 거더교의 장지간 바닥판에 적용하기에는 한계가 있으므로 합리적인 설계를 위해서는 관련 규정을 보완할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 내측부 교량바닥판의 지간 6.0~12.0m 범위를 대상으로 도로교설계기준의 KL-510 하중을 적용하여 교축방향(종방향)과 교축직각방향(횡방향)에 대한 설계휨모멘트를 제안하였다. 설계휨모멘트는 바닥판의 직교 이방성, 거더의 강성, 그리고 다차로재하계수의 영향이 반영되었으며, 이를 기존의 DB-24 하중에 대한 설계휨모멘트와 비교하였다.

검색어 : 소수거더교, 장지간 바닥판, 설계휨모멘트, KL-510 하중

1. 서론

강합성 소수 거더교의 교량바닥판은 기존의 다중형교에 비해 거더 및 부재 개수가 최소화되어 설계되므로 바닥판이 장지간화 되는 구조형식을 갖는다. 그러므로 바닥판의 지간이 길어질수록 설계차량하중, 교축 및 교축직각방향의 영향에 대해 설계기준을 검토할 필요가 있으며, 관련된 규정이 추가로 요구된다. 이에 대한 연구로서 Chung et al. (2003)은 실용화의 일환으로 바닥판의 지간과 두께 등을 변수로 하여 정적 및 피로 실험을 수행하였으며, 지간 증가에 따른 바닥판의 파괴모드와 구조거동을 평가하였다. Lee et

* 종신회원 · 단국대학교 토목환경공학과 교수 (Dankook University · chchung5@dankook.ac.kr)

** 정회원 · 단국대학교 토목환경공학과 연구원, 공학박사 (Dankook University · jungwoo3@dankook.ac.kr)

*** 정회원 · 교신저자 · 단국대학교 토목환경공학과 연구원, 공학박사 (Corresponding Author · Dankook University · smeared@daum.net)

**** 단국대학교 토목환경공학과 박사과정 (Dankook University · truelies9601@gmail.com)

Received September 1, 2015/ revised March 3, 2016/ accepted March 16, 2016

al. (2003)은 교축직각방향으로 프리스트레스를 도입한 장지간 바닥판에 대해서 유한요소해석을 통해 시간길이에 따른 바닥판 최소 두께를 검토하였으며, 이를 관련된 규정과 비교하여 장지간 바닥판의 최소 두께를 제안하였다. Chung et al. (2004)은 바닥판의 지간 4.0~12.0m 범위를 대상으로 내측부 바닥판의 설계휨모멘트를 제안하였으며, 2거더교와 3거더교의 거더 강성을 고려하여 교축 및 교축직각방향의 설계휨모멘트를 제시하였다. 특히, 배력철근량을 주철근량의 백분율로 설계하는 규정이 장지간 바닥판에서는 과소평가될 수 있으므로 교축방향의 휨모멘트를 평가하여 배력철근량을 산정해야 한다고 제시하고 있다. Lee et al. (2004)에서는 교축직각방향으로 프리스트레스를 도입한 장지간 바닥판은 교축방향의 균열은 프리스트레싱으로 인해 억제되므로 교축직각방향의 단면은 전단면이 유효하게 되고, 교축방향의 단면은 균열단면이 되어 장지간 바닥판은 직교이방성 정도가 큰 특성을 갖는 것으로 평가하였다. 이러한 연구결과들을 토대로 Chung et al. (2008)에서는 설계휨모멘트와 관련 규정 등을 보완하여 제시하였다.

최근, 도로교설계기준(2015)이 한계상태설계법을 바탕으로 규정사항들을 제시하면서 설계차량활하중도 KL-510으로 변경되었으며, 차로에 따른 차량하중의 동시제하 확률을 고려하여 다차로제하계수를 제시하고 있다. 또한, 교량바닥판에 대해 지간을 최대 6.0m로 제한하여 관련된 규정사항을 기술하고 있고, 짧은 다거더 플레이트 거더교 위주의 규정을 두고 있어 강합성 소수 거더교에 적용되는 장지간 바닥판에 대한 설계규정은 명확하게 없는 실정이다. 이는 소수 거더교의 장지간 바닥판에 적용하기에는 한계가 있으므로 합리적인 설계를 위해서는 관련 규정을 보완할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 내측부 교량바닥판의 지간 6.0~12.0m 범위를 대상으로 도로교설계기준의 표준트럭하중(KL-510)을 적용하여 교축 및 교축직각방향에 대한 설계휨모멘트를 제안하였다. 이때 바닥판에 대한 거더의 상대강성, 바닥판의 직교이방성을 고려하여 설계휨모멘트에 반영하였다.

2. 설계휨모멘트

장지간 교량바닥판의 내측부 설계휨모멘트식을 산정하기 위해 유한요소해석을 수행하였다. 해석시 적용된 설계차량활하중은 도로교설계기준(2015)의 표준트럭하중(KL-510)을 적용하였으며, 횡방향(교축직각방향)으로 3,000mm의 폭을 점유하는 것으로 가정하였다. 바닥판 지간(횡방향, 교축직각방향)은 Fig. 1과 같이 6.0~12.0m 범위로 하였으며, 바닥판 지간 2m 간격에 따른 하중위치를 결정하였다. 이때 하중위치는 Table 1과 같이 다차로제하계수(MLLF, Multiple lane loading factors)를 적용한 제하차로의 모든 조합의 영향을 고려하여 최대 휨모멘트가 발생하는 위치에

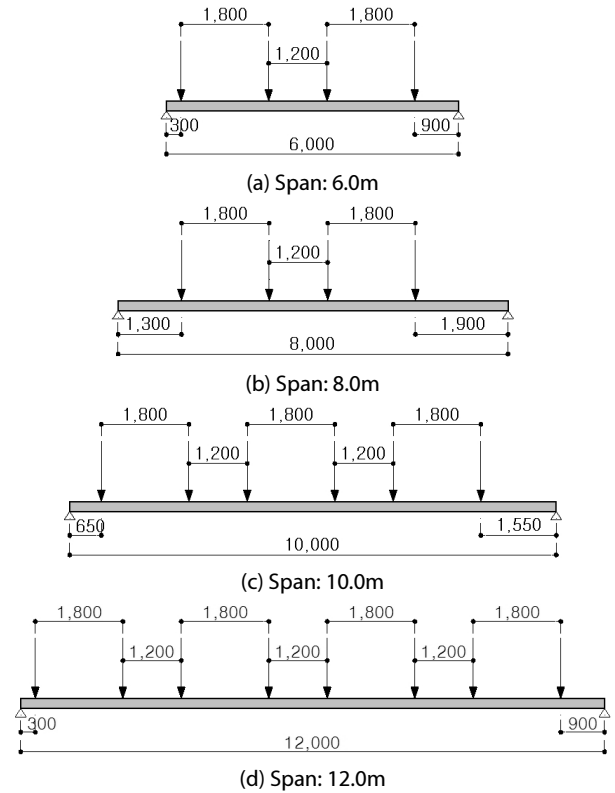


Fig. 1. Positions of Vehicular Live Load (KL-510) for Span of Deck 6.0~12.0m

Table 1. Multiple Lane Loading Factors (KHBDC, 2015)

Number of loaded lanes	Factors
1	1.0
2	0.9
3	0.8
4	0.7
5 or more	0.65

적용하였다. 표준트럭하중의 중량과 축간 거리는 Fig. 2와 같다. 바닥판 종방향(교축방향) 길이는 50m로 가정하였으며, 차륜의 접지면을 고려하여 하중을 적용하였다. 이때 충격의 영향 25%를 고려하였다. 유효중의 접지면은 표준트럭하중의 각 차륜에 대해 면적이 $\frac{12500}{9} P$ (mm^2)인 하나의 직사각형으로 간주하였으며, 이 직사각형의 폭과 길이의 비는 2.5:1로 하였다. 여기서, P는 차륜의 중량(kN)이다. 해석시 적용된 접지면 및 접지압은 Table 2와 같다.

일반적으로 거더의 처짐은 다수의 거더를 갖는 교량바닥판에서 교축방향 및 교축직각방향에서의 휨모멘트를 증가시킨다(Chung et al., 2004). 따라서, 장지간 바닥판에서 바닥판과 거더의 상대강성이 휨모멘트에 미치는 영향을 파악하기 위해 바닥판과 거더의

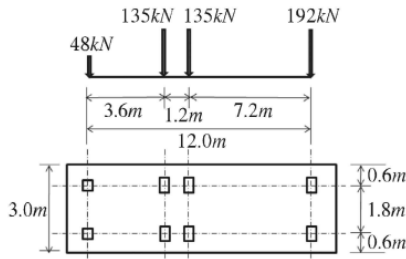


Fig. 2. KL-510 Load (KHBDC, 2015)

Table 2. Contact Area and Pressure of Wheel Load for KL-510

	Front wheel	Middle wheel	Rear wheel
Wheel load (kN)	24(=48/2)	67.5(=135/2)	96(=192/2)
Including impact 25% (kN)	30.0	84.4	120.0
Contact area (mm)	115×290	193×485	231×577
Contact pressure (N/mm ²)	0.72		
including impact 25% (N/mm ²)	0.90		

상대강성에 대한 변수를 고려하였으며, 2거더와 3거더를 대상으로 해석을 수행하였다. 바닥판에 대한 거더의 상대강성은 Eq. (1)과 같이 표현되며(Matsui et al., 1997), 상대강성 S를 5와 10인 경우로 구분하여 해석을 수행하였다. 참고로, 청주~상주 간 고속도로에 시공된 거더의 간격이 6m인 플레이트 거더교의 경우, 상대강성 S는 약 5정도의 값을 갖는다(Chung et al., 2008).

$$S = \frac{E_s I_g}{l D_s} \quad (1)$$

여기서, $D_s = \frac{T_c^3 E_c}{12(1-\nu_c^2)}$, E_s 와 E_c 는 강재 거더와 콘크리트 바닥판의 탄성계수, I_g 는 거더의 단면2차모멘트, l 은 거더의 지간, T_c 는 바닥판의 두께, ν_c 는 콘크리트의 포아송 비를 나타낸다.

횡방향(교축직각방향)으로 프리스트레싱을 도입하는 장지간 바닥판의 종방향(교축방향) 균열은 프리스트레싱으로 인해 억제된다. 그러므로 교축방향의 단면은 균열단면이 되고 교축직각방향의 단

면은 전단면이 유효하게 되어 장지간 바닥판은 직교이방성 정도가 큰 바닥판이 된다. 또한, 직교이방성 정도가 커짐에 따라 배력철근 단면에 작용하는 종방향(교축방향) 휨모멘트는 작아지고, 주철근 단면에 작용하는 횡방향(교축직각방향) 휨모멘트는 커지게 된다 (Chung et al., 2004; Lee et al., 2004). 따라서, 이를 반영하기 위해 바닥판의 해석모델에 직교이방성을 추가로 고려하였다. 이때 판의 강성비 α 는 Lee et al. (2004)의 연구결과를 토대로 0.2를 적용하였다. 여기서, 판의 강성비 α 는 판에 대한 종방향(교축방향)/횡방향(교축직각방향)의 휨 강성비(D_d/D_m)로서, 등방성일 경우에는 α 는 1의 값을 갖는다.

거더의 영향을 고려한 해석에 앞서, 단순지지된 바닥판의 해석을 수행하여 거더 처짐의 영향이 없는 기본적인 바닥판의 휨모멘트식을 유도하였다. 그리고 이 식이 포함된, 거더의 영향을 고려한 바닥판의 설계휨모멘트식을 제안하였다. 해석은 범용구조해석프로그램인 MIDAS CIVIL (2012)를 사용하여 탄성해석을 수행하였고, 바닥판과 거더 모두 4절점 판(plate) 요소를 적용하였다. 이때 바닥판과 거더의 탄성계수는 각각 29,047MPa, 205,000MPa를 적용하였으며, 유한요소모델의 형상은 Fig. 3과 같다.

2거더와 3거더에서의 각 지간에 대해 거더 강성의 영향을 해석결과로부터 Figs. 4~7 나타내었다. 종방향(교축방향)의 지간부 정모멘트는 2거더, 3거더 모두 거더의 강성이 가장 작은 S=5에서 휨모멘트가 큰 수준을 나타냈으며(Figs. 4(a) and 6(a)), 거더의 강성이 작아질수록 교축방향의 지간부 정모멘트는 다소 증가하는 것으로 나타났다. 이때 직교이방성을 고려한 경우($\alpha=0.2$), 교축방향의 지간부 정모멘트는 전체적으로 감소하였다(Figs. 4(b) and 6(b)). 횡방향(교축직각방향)의 지간부 정모멘트는 2거더에서 거더 강성의 영향보다 단순지지일 경우에 휨모멘트가 큰 수준을 나타냈으며 (Fig. 5(a)), 이때 직교이방성을 고려한 경우($\alpha=0.2$), 교축직각방향의 지간부 정모멘트는 전체적으로 증가하였다(Fig. 5(b)). 3거더에서 교축직각방향의 지간부 정모멘트는 강성이 가장 작은 S=5에서 휨모멘트가 큰 수준을 나타냈으며(Fig. 7(a)), 거더의 강성이 작아질수록 교축직각방향의 지간부 정모멘트는 증가하는 것으로 나타났다. 이때 직교이방성을 고려한 경우($\alpha=0.2$), 교축직각방향의 지간

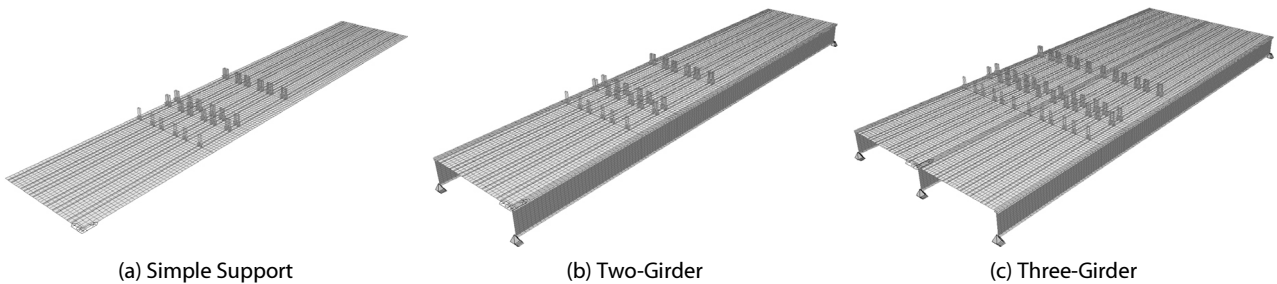


Fig. 3. FEM Model

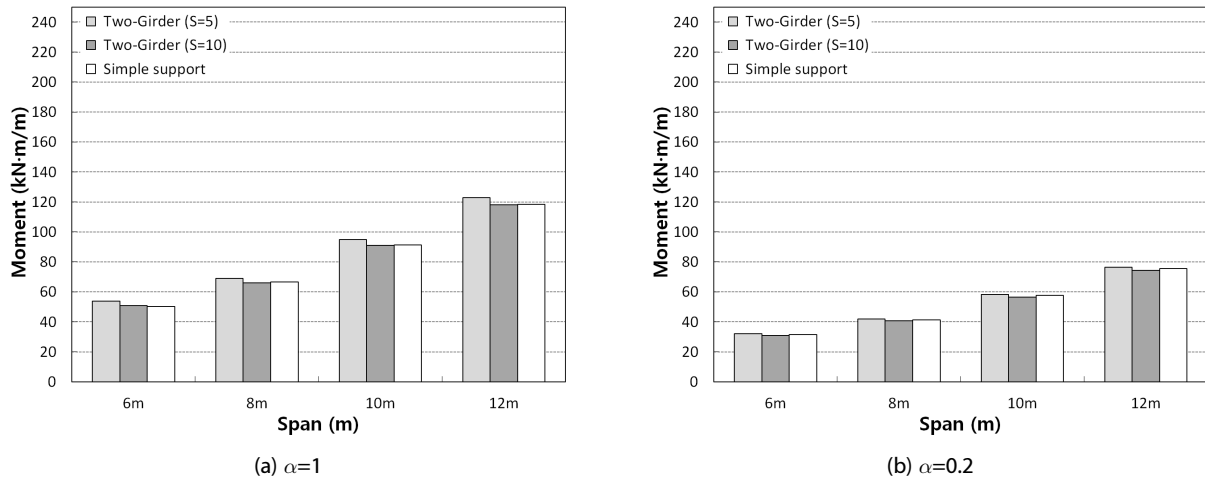


Fig. 4. Longitudinally Positive Bending Moments without MLLF for Two-Girder

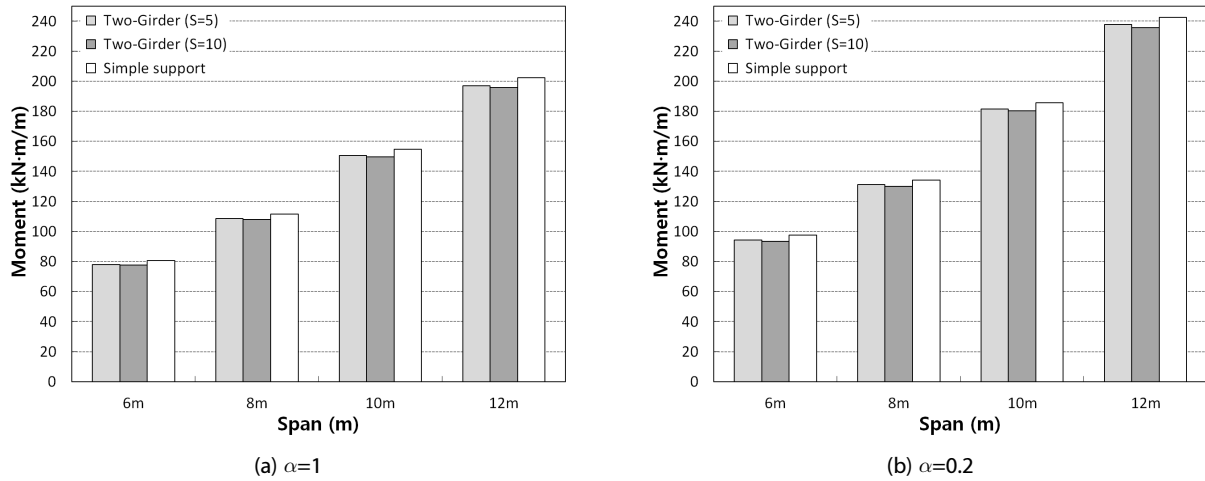


Fig. 5. Transversely Positive Bending Moments without MLLF for Two-Girder

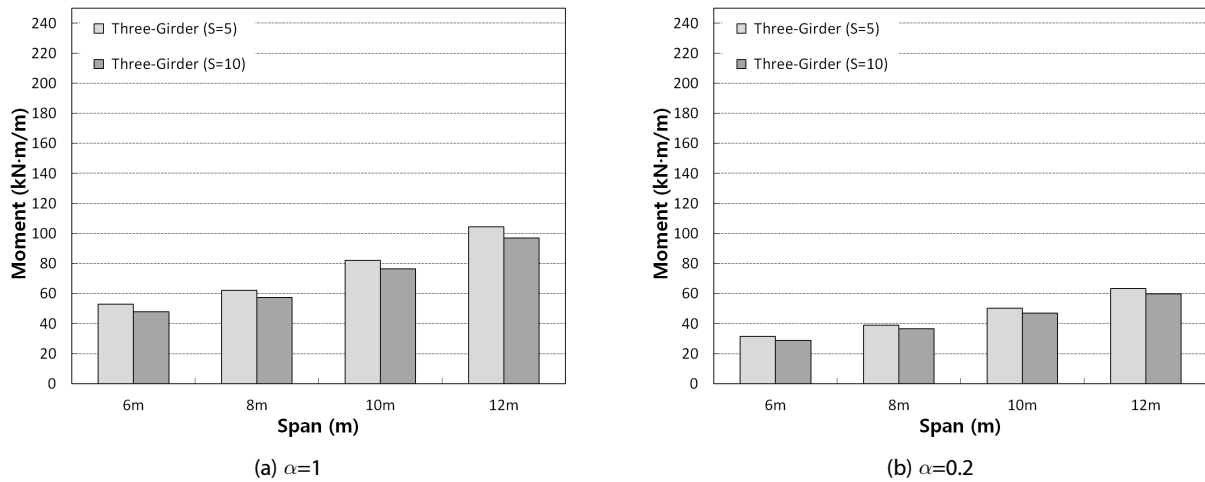


Fig. 6. Longitudinally Positive Bending Moments without MLLF for Three-Girder

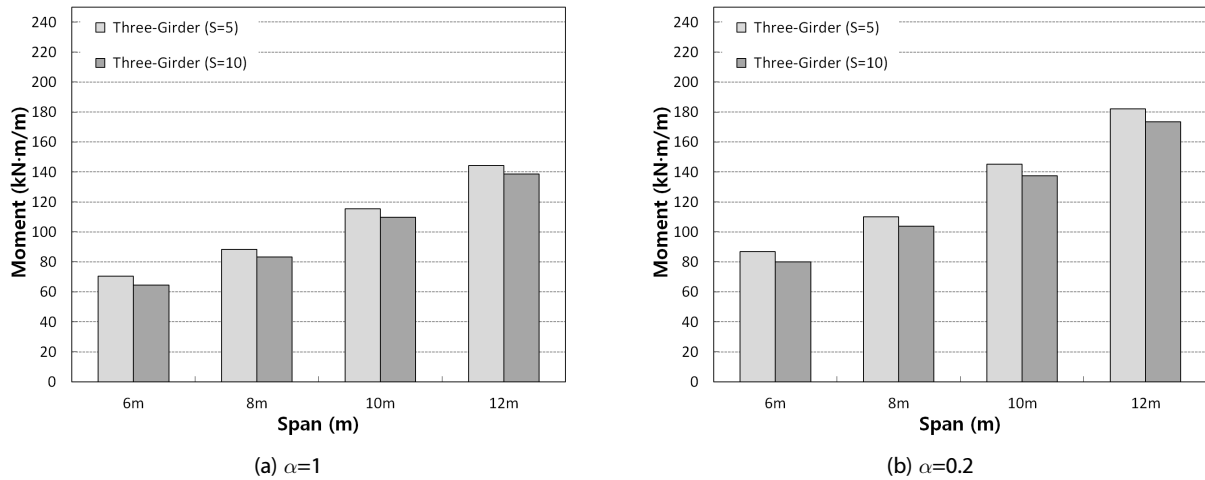


Fig. 7. Transversely Positive Bending Moments without MLLF for Three-Girder

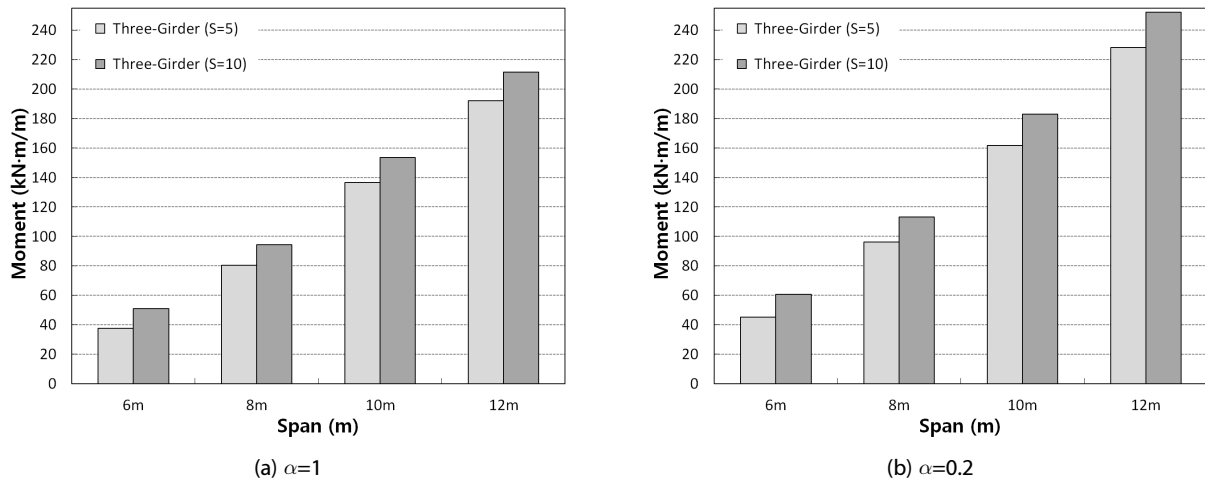


Fig. 8. Transversely Negative Bending Moments without MLLF for Three-Girder

부 정모멘트는 전체적으로 증가하였다(Fig. 7(b)). 따라서, 거더의 강성이 작아질수록 교축방향 바닥판의 지간부 정모멘트는 증가하며, 거더의 강성을 무한으로 보는 단순지지에서의 바닥판 휨모멘트는 다소 과소평가될 수 있으므로 교축방향에 대한 바닥판의 지간부 설계휨모멘트(정모멘트)는 거더 강성을 고려해야 할 것으로 판단된다. 교축직각방향의 지간부 정모멘트는 3거더에서 거더 강성이 작아질수록 증가하는 결과를 보였으나 2거더에서 단순지지일 경우에 더 큰 수준의 휨모멘트를 나타냈으므로 교축직각방향에 대한 지간부 설계휨모멘트(정모멘트)는 거더의 강성을 고려하지 않은 단순지지 조건에서 결정되어야 할 것으로 판단된다. 이때 바닥판의 직교이방성을 고려한 경우($\alpha=0.2$)에 교축직각방향의 휨모멘트가 증가하였으므로 설계시 이를 고려해야 할 것으로 판단된다.

3거더 지점부의 횡방향(교축직각방향) 부모멘트에 대한 거더

강성의 영향을 Fig. 8에 나타내었다. 거더 강성이 큰 경우에 교축직각방향의 지점부 부모멘트가 큰 수준으로 나타났으며, 직교이방성을 고려한 경우($\alpha=0.2$), 교축직각방향의 지점부 부모멘트는 전체적으로 증가하였다. 따라서, 교축직각방향에 대한 바닥판의 지점부 설계휨모멘트(부모멘트)는 거더 강성을 적용해야 하며, 이때 바닥판의 직교이방성($\alpha=0.2$)을 고려해야 할 것으로 판단된다.

다차로재하계수(MLLF, Multiple lane loading factors)를 적용한 경우도 다차로재하계수를 적용하지 않은 경우와 동일한 거더 강성의 영향을 나타냈으며, 전체적인 휨모멘트는 다차로재하계수를 적용하지 않은 경우보다 작은 수준을 보였다. 이를 바탕으로 내측부 바닥판의 교축 및 교축직각 휨모멘트를 다차로재하계수의 적용 여부에 따라 Figs. 9~11에 비교하였다. Figs. 9 and 10과 같이 교축 및 교축직각방향의 지간부 정모멘트는 다차로재하계수

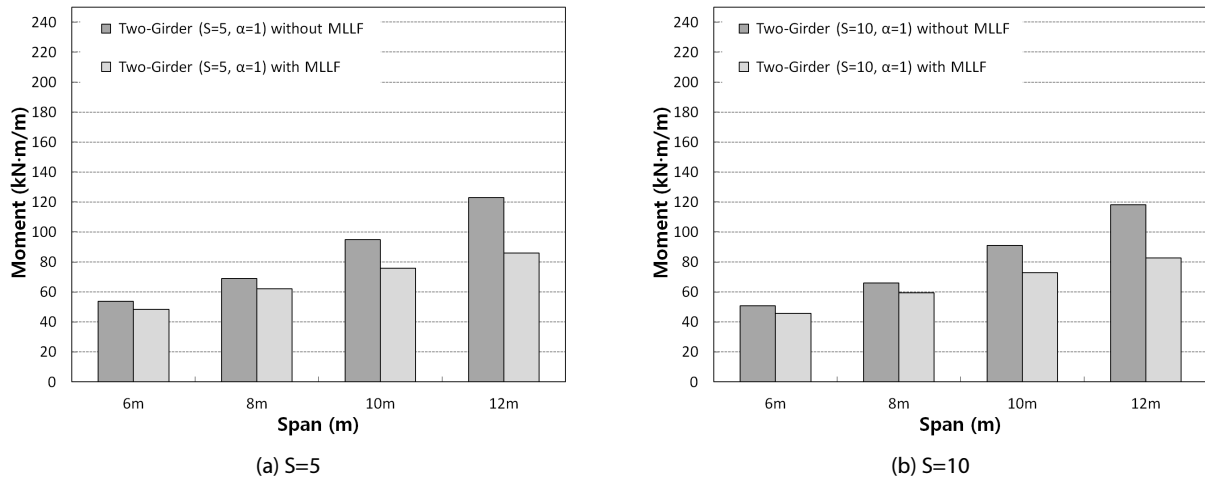


Fig. 9. Comparison of Positive Bending Moments between without MLLF and with MLLF for Longitudinal Direction

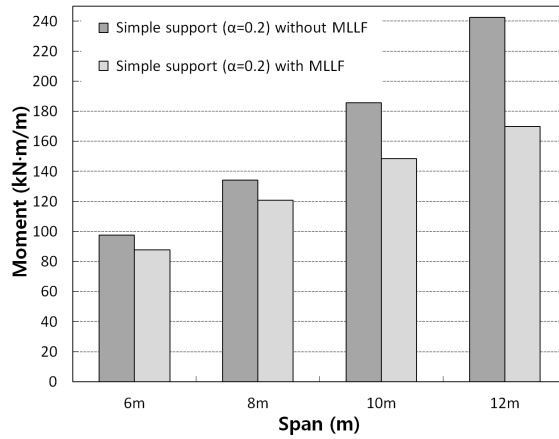


Fig. 10. Comparison of Positive Bending Moments between without MLLF and with MLLF for Transverse Direction

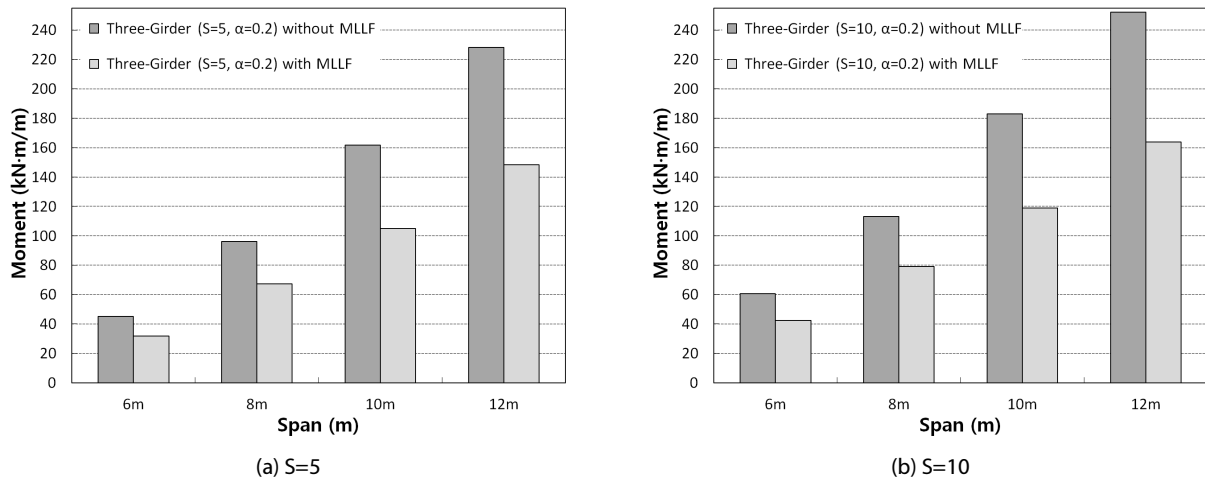


Fig. 11. Comparison of Negative Bending Moments between without MLLF and with MLLF for Transverse Direction

를 적용한 경우가 적용하지 않은 경우의 약 90% (6m), 90% (8m), 80% (10m), 70% (12m) 수준을 보였고, 3거더의 교축직각방향의 지점부 부모멘트는 다차로재하계수를 적용한 경우가 적용하지 않은 경우의 약 70% (6m), 70% (8m), 65% (10m), 65% (12m) 수준을 나타냈다(Fig. 11). 이는 바닥판의 지간이 길어질수록 재하차로의 수가 증가하여 차량의 동시재하 확률이 감소되는 영향을 도로교설계기준(2015)의 다차로재하계수로 반영되었기 때문이다.

도로교설계기준(2015)에서는 집중하중으로 작용하는 윤택하중을 수평방향으로 분산시키기 위해 정모멘트에 발생하는 바닥판 하부에는 주철근의 직각방향으로 배력철근을 배치해야 한다고 규정하고 있다. 이때 철근량은 주철근이 차량 진행방향에 직각인 경우, 정모멘트에 의해 소요되는 주철근량에 대해 $120/\sqrt{L} \% \leq 67\%$ 와 같이 계산한 백분율로 나타내고 있다. 여기서, L 은 바닥판의 지간(m)을 나타낸다. 해석결과로부터 2거더의 교축방향 정모멘트

와 직교이방성을 고려한 단순지지의 교축직각방향 정모멘트를 토대로, 도로교설계기준(2015)의 배력철근 규정에 따른 교축방향(배력철근방향) 정모멘트를 Fig. 12에 비교하였다. 비교결과, 도로교설계기준의 $120/\sqrt{L} \%$ 규정에 따른 교축방향(배력철근방향)의 정모멘트는 2거더의 교축방향 정모멘트보다 작은 수준을 보였으며, 바닥판의 지간이 증가할수록 그 차이도 증가하는 경향을 나타냈다. 이로 인해 장지간 교량바닥판의 배력철근량은 도로교설계기준(2015)의 규정을 따르면 과소평가될 수 있으므로 설계시 교축직각방향의 주철근 설계와 마찬가지로 배력철근 단면에 발생하는 교축방향의 휨모멘트를 고려하여 배력철근량을 산정해야 할 것으로 판단된다.

이상의 해석결과로부터 회귀분석을 수행하여 종방향(교축방향) 휨모멘트(M_{do} , M_{dof})와 횡방향(교축직각방향) 휨모멘트(M_{mo} , M_{mof})를 다차로재하계수의 적용 여부에 따라 Tables 3 and 4에

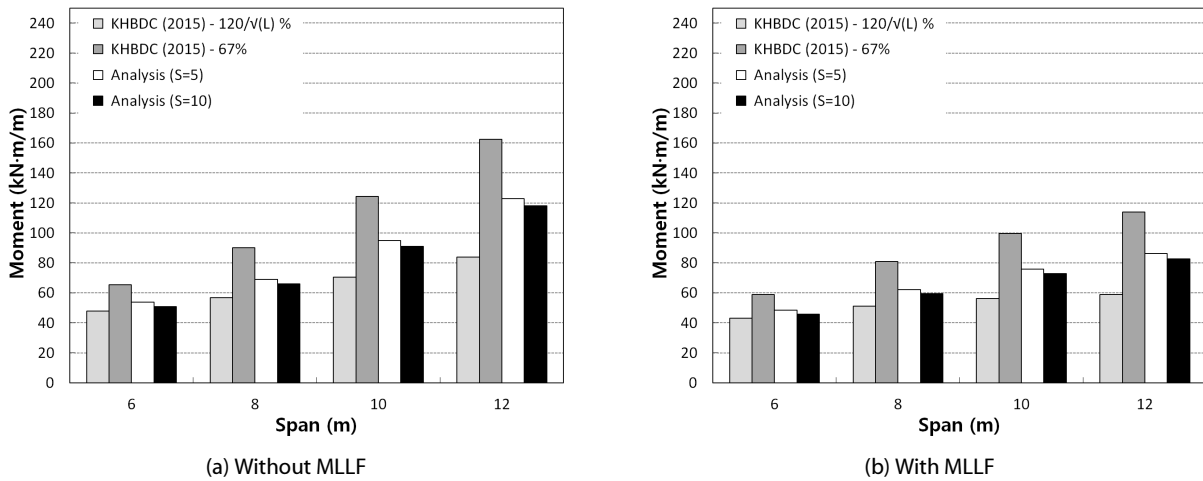


Fig. 12. Comparison of Longitudinal Bending Moments between KHBDC(2015) and Analysis

Table 3. Proposed Bending Moments of Long Span Decks (without MLLF)

		Longitudinal bending moment (kN·m/m)		Transverse bending moment (kN·m/m)	
Simple support (positive)	$\alpha=1$	$M_{do} = (0.096L - 0.18)P(1+i)$		$M_{mo} = (0.17L - 0.39)P(1+i)$	
	$\alpha=0.2$	-		$1.2 M_{mo}$	
Two-girder (positive)	$\alpha=1$	$M_{do} + 4.0L/S$		$0.97 M_{mo}$	
	$\alpha=0.2$	-		$1.17 M_{mo}$	
Three-girder	positive	$\alpha=1$	$M_{do} - m_{o1}$	$M_{mo}/1.2 - m_{o1}$	
		$\alpha=0.2$	-	$M_{mo} - m_{o1}$	
	negative	$\alpha=1$	-	$M_{mo} + m_{o2}$	
		$\alpha=0.2$	-	$1.2M_{mo} + m_{o2}$	

※ P : rear wheel load 96kN of KL-510, L : span of deck(6~12m), i : impact factor 0.25

$$m_{o1} = \sqrt{\frac{S}{5}} \left(2.20L - \frac{100}{L} \sqrt{\frac{L}{S}} \right), m_{o2} = \sqrt{\frac{S}{5}} \left(3.20L - \frac{330}{L} \sqrt{\frac{L}{S}} \right)$$

Table 4. Proposed Bending Moments of Long Span Decks (with MLLF)

		Longitudinal bending moment (kN·m/m)	Transverse bending moment (kN·m/m)	
Simple support (positive)	$\alpha=1$	$M_{dof} = (0.053L + 0.07)P(1+i)$	$M_{mof} = (0.096L + 0.05)P(1+i)$	
	$\alpha=0.2$	-	$1.2M_{mof}$	
Two-girder (positive)	$\alpha=1$	$M_{dof} + 4.0L/S$	$0.97M_{mof}$	
	$\alpha=0.2$	-	$1.17M_{mof}$	
Three-girder	positive	$\alpha=1$	$M_{dof}/1.2 - 1.2m_{of1}$	
		$\alpha=0.2$	$M_{mof} - 1.2m_{of1}$	
	negative	$\alpha=1$	-	$M_{mof} + m_{of2}$
		$\alpha=0.2$	-	$1.2(M_{mof} + m_{of2})$

※ P : rear wheel load 96kN of KL-510, L : span of deck(6~12m), i : impact factor 0.25

$$m_{of1} = \sqrt{\frac{S}{5}} (1.40L + \frac{10}{L} \sqrt{\frac{L}{S}}), m_{of2} = \sqrt{\frac{S}{5}} (1.80L - \frac{320}{L} \sqrt{\frac{L}{S}})$$

Table 5. Proposed Design Bending Moments of Long Span Decks (without MLLF)

	Longitudinal bending moment (kN·m/m)	Transverse bending moment (kN·m/m)
Basics	$M_{do} = (0.096L - 0.18)P(1+i)$	$M_{mo} = (0.17L - 0.39)P(1+i)$
Positive bending moment	$M_{do} + 4.0L/S$	$1.2M_{mo}$
Negative bending moment	-	$1.2M_{mo} + m_o$

※ P : rear wheel load 96kN of KL-510, L : span of deck(6~12m), i : impact factor 0.25

$$m_o = \sqrt{\frac{S}{5}} (3.20L - \frac{330}{L} \sqrt{\frac{L}{S}})$$

Table 6. Proposed Design Bending Moments of Long Span Decks (with MLLF)

	Longitudinal bending moment (kN·m/m)	Transverse bending moment (kN·m/m)
Basics	$M_{dof} = (0.053L + 0.07)P(1+i)$	$M_{mof} = (0.096L + 0.05)P(1+i)$
Positive bending moment	$M_{dof} + 4.0L/S$	$1.2M_{mof}$
Negative bending moment	-	$1.2(M_{mof} + m_{of})$

※ P : rear wheel load 96kN of KL-510, L : span of deck(6~12m), i : impact factor 0.25

$$m_{of} = \sqrt{\frac{S}{5}} (1.80L - \frac{320}{L} \sqrt{\frac{L}{S}})$$

정리하였다. 또한, 이를 토대로 Tables 5 and 6과 같이 장지간 교량바닥판의 내측부 설계휨모멘트를 제안하였다.

3. DB-24와 KL-510 하중에 대한 바닥판의 휨모멘트 비교

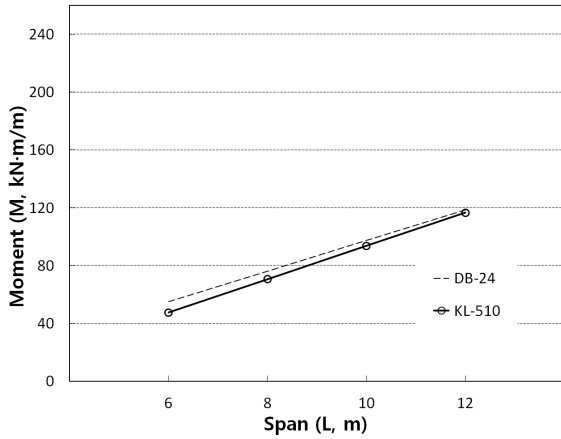
DB-24 하중에 대한 교량바닥판의 설계휨모멘트는 Chung et al. (2008)에서 제시하고 있으며(Table 7), 이 설계휨모멘트는 바닥 판 지간 4~12m, 등방성($\alpha=1$), 그리고 다차로재하계수가 적용되지 않은 설계휨모멘트를 산정하는 식이다. 여기서, P 는 96,000N, L 은 바닥판 지간(m), i 는 충격의 영향 0.30을 나타낸다.

본 연구에서 제시된 KL-510 하중에 대한 휨모멘트(등방성(α

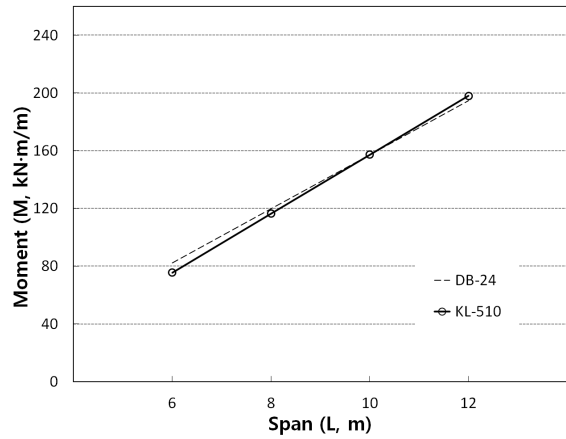
=1), Table 3 참조)를 DB-24 하중에 대한 설계휨모멘트(Table 7 참조)와 비교하였다(Fig. 13). 비교결과, 교축 및 교축직각방향에 대한 기본식의 휨모멘트(정모멘트)는 전체적으로 거의 유사한 수준으로 나타났다(Figs. 13(a) and 13(b)). 교축방향에 대한 2거더의 휨모멘트(정모멘트)의 경우(Fig. 13(c)), 설계차량하중 KL-510의 설계휨모멘트가 DB-24보다 약 10~17% 작은 수준을 보였는데, 이는 DB-24의 총 차량하중이 KL-510보다 작은 수준이지만 DB-24의 교축방향 중륜~후륜 축간거리(4.2m)가 KL-510의 축간거리(7.2m)보다 짧음으로 인해 상대적으로 DB-24의 교축방향 정모멘트가 더 큰 수준으로 발생된 것으로 판단된다. 교축직각방향에 대한 3거더의 휨모멘트(부모멘트)의 경우(Fig. 13(d)), $S=5$ 일

Table 7. Design Bending Moments (Chung et al., 2008)

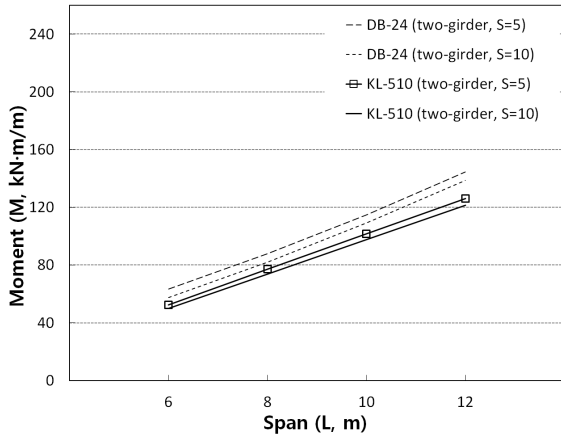
		Longitudinal bending moment (N·m/m)	Transverse bending moment (N·m/m)
Basics		$M_{do} = (0.085L - 0.07)P(1+i)$	$M_{mo} = (0.15L - 0.24)P(1+i)$
Two-girder (positive)		$(0.03L + 0.76)M_{do} + (0.47/S)P(1+i)$	M_{mo}
Three-girder	positive	$(0.02L + 0.62)M_{do} + (0.82/S)P(1+i)$	$(0.02L + 0.56)M_{mo} + (0.75/S)P(1+i)$
	negative	-	$(0.03L + 0.75)M_{mo} - (1.82/S)P(1+i)$



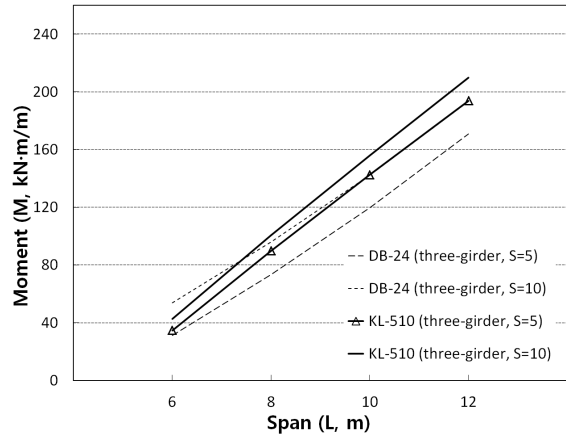
(a) Basics (Longitudinal)



(b) Basics (Transverse)



(c) Positive Bending Moment (Longitudinal)



(d) Negative Bending Moment (Transverse)

Fig. 13. Comparison of Bending Moments between with DB-24 and with KL-510 Load for Deck

때 설계차량하중 KL-510의 휨모멘트가 DB-24보다 약 11~23% 큰 수준을 보였으며, S=10일 때는 바닥판 지간 6m에서 약 20% 작은 수준, 바닥판 지간 8~12m에서 약 5~9% 큰 수준을 나타냈다. 이러한 결과는 총 차량하중, 그리고 바닥판 지간이 길어질수록 KL-510의 중륵하중(135kN×2=270kN)이 DB-24의 중륵하중(192kN)보다 교축직각방향의 부모멘트 발생에 큰 영향을 주었기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 횡방향(교축직각방향)으로 프리스트레스를 도입하는 장지간 교량바닥판에 대한 설계휨모멘트를 산정하기 위해 유한요소해석을 수행하였다. 바닥판 지간은 6.0~12.0m 범위를 대상으로 하였으며, KL-510 하중을 적용하여 교축 및 교축직각방향에 대한 내측부 바닥판의 휨모멘트를 유도하였다. 이때 바닥판에 대한 거더의 상대강성, 바닥판의 직교이방성, 그리고 다차로재하계수를 설계휨모멘트에 반영하였다. 이와 관련된 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 바닥판 지간부 정모멘트의 경우, 종방향(교축방향)에서는 거더의 강성이 작을수록 휨모멘트가 상대적으로 큰 수준을 나타냈으며, 횡방향(교축직각방향)에서는 거더 강성의 영향보다는 거더 강성이 무한대인 단순지지 조건에서 상대적으로 큰 수준의 휨모멘트를 나타냈다. 바닥판 지점부 교축직각방향 부모멘트의 경우에도 거더의 강성이 클 때 휨모멘트의 수준이 크게 나타났다. 특히, 교축직각방향으로 프리스트레스를 도입하는 교축직각방향의 단면은 전단면이 유효하고, 교축방향의 단면은 균열단면이 되므로 설계시 바닥판의 직교이방성을 고려한 설계 휨모멘트가 적용되어야 한다.
- (2) 장지간 교량바닥판의 배력철근량은 도로교설계기준(2015)의 규정을 따르면 과소평가될 수 있으므로 설계시 교축직각방향의 주철근 설계와 마찬가지로 배력철근 단면에 발생하는 교축방향의 휨모멘트를 적용하여 배력철근량을 산정해야 할 것으로 판단된다.
- (3) KL-510 하중은 바닥판의 지간이 길어질수록 총 차량하중과 중류하중에 의해 교축직각방향의 부모멘트 발생에 DB-24 하중보다 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.
- (4) 본 연구에서 제안된 장지간 교량바닥판에 대한 설계휨모멘트는 설계시 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

- Chung, C. H. and Lee, H. J. (2003). "Static and fatigue behavior of the long span precast decks." *Journal of the Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 23, No. 4A, pp. 721-731 (in Korean).
- Chung, C. H. and Lee, H. J. (2008). *Design Method of Long Span Bridge Decks*, Technical Report Series, Korea Bridge Design & Engineering Research Center (KBRC) (in Korean).
- Chung, C. H., Lee, H. J. and Hwang, H. H. (2004). "A study on the design bending moments of long span decks." *Journal of the Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 24, No. 2A, pp. 431-437 (in Korean).
- KHBDC (2015). *Korea Highway Bridge Design Code: Limit states design method* (in Korean).
- Lee, H. J., Chung, C. H. and Lee, Y. W. (2004). "A study on the thickness of long span decks considering orthotropy." *Journal of the Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 24, No. 4A, pp. 731-737 (in Korean).
- Lee, H. J., Lee, Y. W. and Chung, C. H. (2003). "A study on the minimum thickness of long span decks." *Journal of the Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 23, No. 5A, pp. 851-857 (in Korean).
- Matsui, S. and Egashira, K. (1997). "Study on design bending moment for various concrete floor slabs on highway bridges." *Technology reports of the osaka university*, Vol. 47, No. 2277, pp. 89-101.
- MIDAS (2012). *MIDAS CIVIL 2012 user's manual*, MIDAS Information Technology Co., Ltd. (in Korean).