

KL-510 하중을 적용한 장지간 바닥판의 캔틸레버부 설계휨모멘트

정철헌* · 주상훈** · 이한주***

Chung, Chulhun* · Joo, Sanghoon** · Lee, Hanjoo***

Design Bending Moment of Cantilever Slab for Long Span decks with KL-510 Load

ABSTRACT

This paper proposed the design bending moments of cantilever slabs with KL-510 load according to span length of long span decks. Their span length range is from 6.0 to 12.0 meter, and length of cantilever slabs is from 30 to 50 percent of their span length. 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 of cantilever slabs were compared to the design bending moments with DB-24 load.

Key words : Cantilever slabs, KL-510 load, Long span decks, Design bending moments

초록

본 연구에서는 현행 도로교설계기준의 KL-510 하중을 적용하여 장지간 바닥판의 내측 지간에 따른 캔틸레버 바닥판의 설계휨모멘트를 제안하였다. 장지간 바닥판의 내측 지간은 6.0~12.0m 범위를 대상으로 하였고, 캔틸레버 바닥판의 길이는 내측 지간의 30~50%를 적용하였다. 설계휨모멘트의 결정을 위해 바닥판의 직교이방성, 거더의 강성, 그리고 다차로제하계수의 영향을 반영하였으며, 이를 기존의 DB-24 하중에 대한 설계휨모멘트와 비교하였다.

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

1. 서론

현행 도로교설계기준에서는 짧은 지간(6m 이하)에 대해서만 바닥판 설계휨모멘트를 제시하고 있으며, 지간의 길이가 6m를 초과하는 경우에는 정밀해석방법을 통해 바닥판의 휨모멘트를 산정해야 한다고 규정하고 있다. 그러므로 바닥판의 지간이 길어질수록 설계차량하중, 교축 및 교축직각방향의 영향에 대해 검토할 필요가 있으며, 특히 장지간 바닥판에 대한 휨모멘트의 산정은 효율적인 설계를 위해 설계휨모멘트의 제시가 필요하다. 이에 대한 연구로서 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

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

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

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

Received February 4, 2016/ revised May 9, 2016/ accepted June 3, 2016

되어 장지간 바닥판은 직교이방성 정도가 큰 특성을 갖는 것으로 평가하였다. Lee et al. (2005)에서는 장지간 캔틸레버 바닥판에 발생하는 휨모멘트는 거더의 강성과 재하되는 윤택중 수의 영향을 받으며, 도로교설계기준의 캔틸레버 바닥판 설계휨모멘트는 장지간 캔틸레버 바닥판에 발생하는 휨모멘트를 과대평가하는 것으로 평가하였다. 이러한 연구결과를 토대로 Chung et al. (2008)에서는 설계휨모멘트와 관련 규정 등을 보완하여 제시하였다. 이상의 연구 결과는 기존의 설계차량활하중 DB-24를 적용하여 제안한 설계휨모멘트이므로 현행 도로교설계기준의 설계차량활하중 KL-510에 대한 영향을 검토하여 설계휨모멘트를 비교할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 장지간 바닥판의 내측 지간에 따른 캔틸레버 바닥판의 교축 및 교축직각방향에 대한 설계휨모멘트를 제안하였다. 이때 바닥판 지간(L)은 6.0~12.0m 범위를 대상으로 하였고, 캔틸레버 바닥판의 길이(C)는 내측 지간(L)의 30~50%를 적용하였다(Fig. 1). 또한, 바닥판에 대한 거더의 상대강성, 바닥판의 직교이방성, 그리고 다차로재하계수의 영향을 설계휨모멘트에 반영하였다.

2. 캔틸레버 바닥판의 설계휨모멘트

장지간 교량바닥판의 캔틸레버부 설계휨모멘트식을 산정하기 위해 유한요소해석을 수행하였다. 해석시 적용된 설계차량활하중은 현행 도로교설계기준의 표준트럭하중(KL-510)을 적용하였으며, 교축직각방향으로 3,000mm의 폭을 점유하는 것으로 가정하였다. 이때 캔틸레버부의 하중위치는 도로교설계기준(2015)에 의해 Fig. 2와 같이 외측 차륜중심의 재하위치를 차도 끝에서 300mm 떨어진 곳에 적용시켰다. 또한, Table 1과 같이 다차로재하계수(MLLF, Multiple lane loading factors)를 적용한 재하차로의

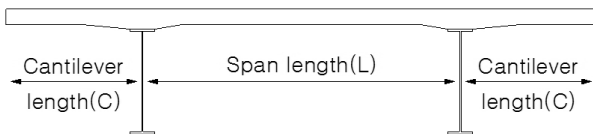


Fig. 1. Twin Steel Plate Girder Bridge

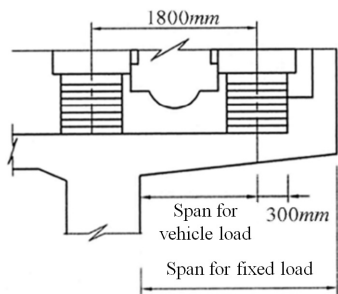


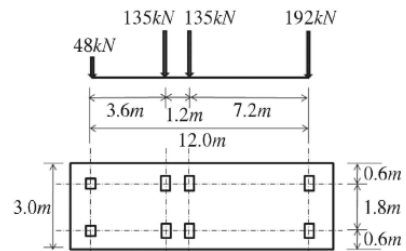
Fig. 2. Position of Wheel Load in Cantilever Slab (KHBDC, 2015)

모든 조합의 영향을 고려하여 최대 휨모멘트가 발생하는 위치에 적용하였다. 표준트럭하중(KL-510)의 중량과 축간 거리는 Fig. 3(a)과 같다. 바닥판의 교축방향 길이는 50m로 가정하였으며, 차륜의 접지면적을 고려하여 하중을 적용하였다. 이때 충격의 영향 25%를 고려하였다. 윤택중의 접지면적은 표준트럭하중의 각 차륜에 대해 면적이 $\frac{12500}{9}P(\text{mm}^2)$ 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.

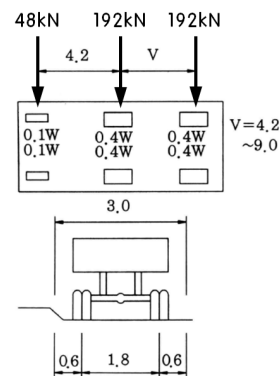
일본과 유럽에서는 실제 적용된 소수 2거더교의 캔틸레버 바닥판 길이(C)가 내측부 바닥판 지간(L)의 36~45%로 적용된 사례(Yoon et al., 2003)가 있는데, 이는 내측부 바닥판의 지간이 길어질수록 바닥판 자중(고정하중)에 의해 발생하는 내측부 바닥판의 휨모멘트 증가를 설계시 캔틸레버부의 길이로 감소시키기 위해 적용된 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 바닥판 지간(L)에

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



(a) KL-510 Load (KHBDC, 2015)



(b) DB-24 Load (KHBDC, 2010)

Fig. 3. KL-510 and DB-24 Load

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		

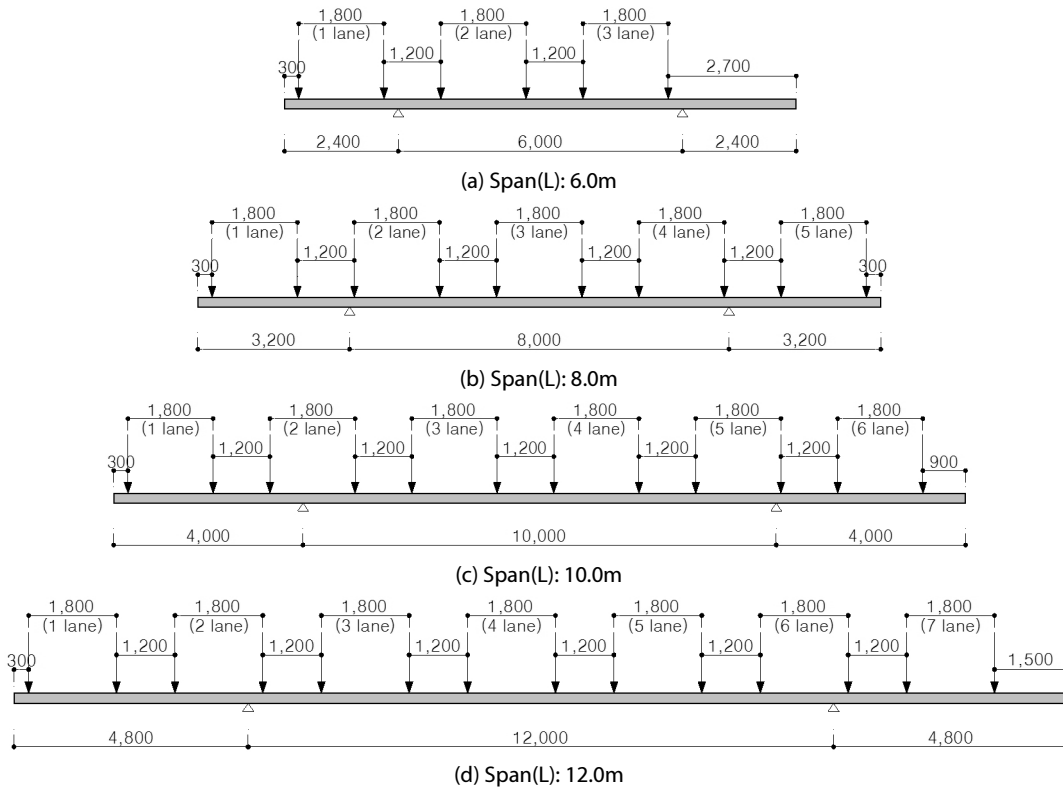


Fig. 4. Positions of Vehicular Live Load (KL-510) for Deck Span 6.0~12.0m (C/L=0.4)

대한 캔틸레버 바닥판의 길이(C) 비를 0.3~0.5(C/L)로 적용하였으며, 이때 바닥판의 지간(L)은 6.0~12.0m 범위로 하였다. C/L이 0.4인 경우에 대해 바닥판 지간에 따른 하중재하위치를 Fig. 4에 나타내었다.

바닥판과 거더의 상대강성이 휨모멘트에 미치는 영향을 파악하기 위해 바닥판과 거더의 상대강성에 대한 변수를 고려하였다. 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).

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

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.

교축직각방향으로 프리스트레싱을 도입하는 장지간 바닥판의 교축방향 균열은 프리스트레싱으로 인해 억제된다. 그러므로 교축 방향의 단면은 균열단면이 되고 교축직각방향의 단면은 전단면이 유효하게 되어 장지간 바닥판은 직교이방성 정도가 큰 바닥판이 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 교축방향/교축직각 방향의 휨 강성비(D_d/D_m)로서, 등방성일 경우에는 α 는 1의 값을 갖는다.

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. 5와

같다.

해석결과, 등방성($\alpha=1.0$) 조건일 때 교축방향 정모멘트의 경우, 대체로 작은 재하차로의 수(1 또는 2)에서 캔틸레버부의 최대 휨모멘트가 발생하였다. 교축직각방향 부모멘트의 경우, 바닥판 지간(L) 6m일 때 재하차로의 수가 3 또는 4(다차로재하계수 미적용), 1 또는 2(다차로재하계수 적용), 바닥판 지간(L) 8m일 때 재하차로의 수가 4 또는 5(다차로재하계수 미적용), 1~3(다차로재하계수 적용), 바닥판 지간(L) 10m일 때 재하차로의 수가 5 또는 6(다차로

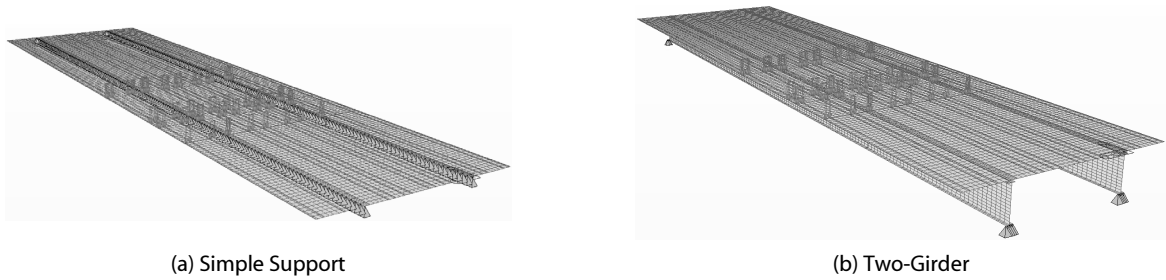


Fig. 5. FEM Model

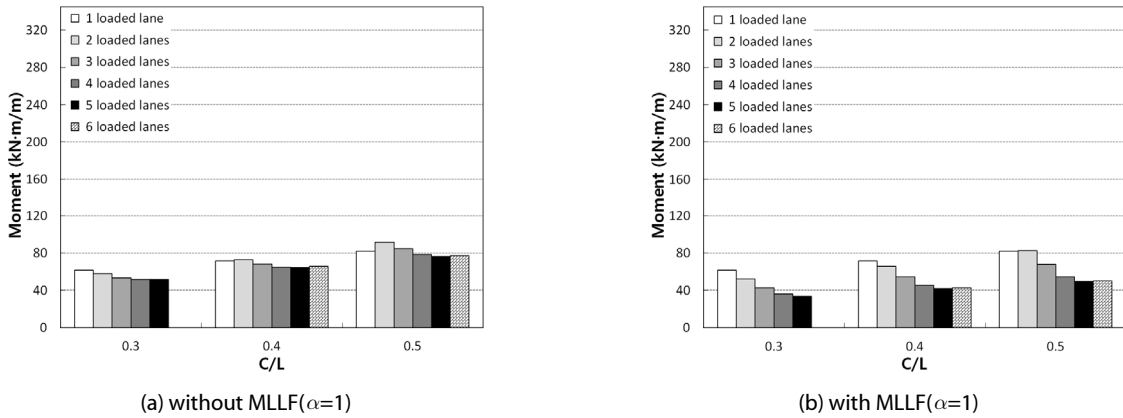


Fig. 6. Longitudinally Positive Bending Moments of Cantilever Slab for Span 10.0m (Simple Support)

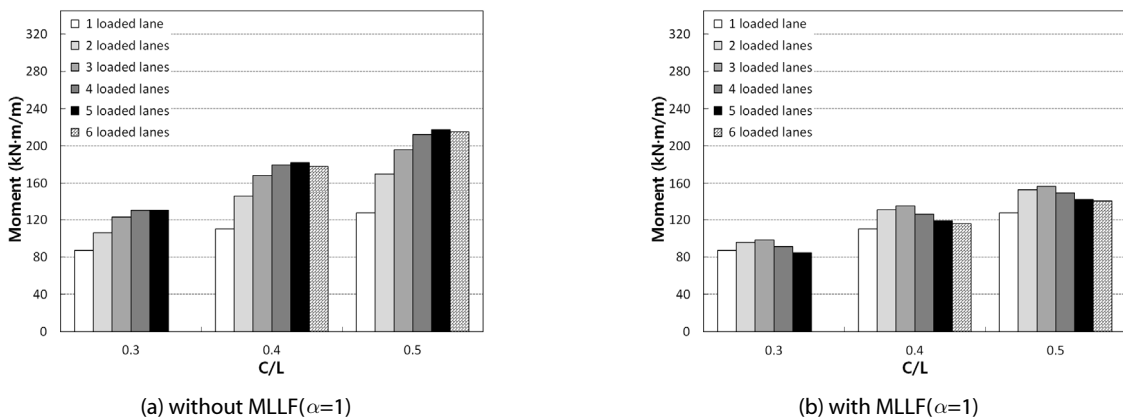


Fig. 7. Transversely Negative Bending Moments of Cantilever Slab for Span 10.0m (Simple Support)

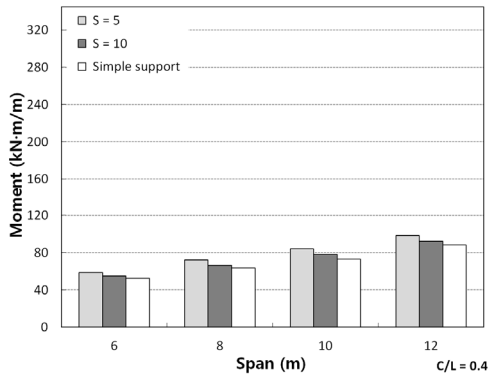
재하계수 미적용), 1 또는 3(다차로재하계수 적용), 바닥판 지간 12m일 때 재하차로의 수가 5~7(다차로재하계수 미적용), 1~3(다차로재하계수 적용)에서 최대 부모멘트가 발생하였다. 직교이방성 ($\alpha=0.2$)을 고려한 경우에도 이와 유사한 경향을 나타냈다. 대표적

으로, 단순지지 조건일 때 바닥판 지간 10m, $\alpha=1$ 인 경우에 대해 교축방향 정모멘트와 교축직각방향 부모멘트를 각각 Figs. 6 and 7에 나타내었으며, 이에 대한 재하차로의 수를 Table 3에 정리하였다. 각 재하차로의 수로부터 발생된 캔틸레버 바닥판의 최대 휨모멘

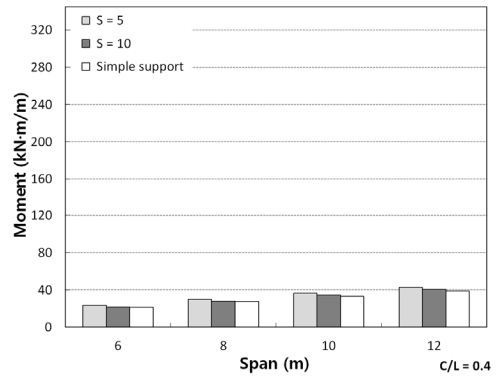
Table 3. The Number of Loaded Lanes at the Max. Bending Moment in Cantilever Slab (Simple Support, $\alpha=1$)

		In the longitudinal bending moment			In the transverse bending moment		
		C/L=0.3	C/L=0.4	C/L=0.5	C/L=0.3	C/L=0.4	C/L=0.5
L=6m	Without MLLF	1	1	1	3	3	3
	With MLLF	1	1	1	2	2	2
L=8m	Without MLLF	1	1	2	4	4	4
	With MLLF	1	1	1	2	3	3
L=10m	Without MLLF	1	2	2	4	5	5
	With MLLF	1	1	2	3	3	3
L=12m	Without MLLF	1	2	2	5	6	6
	With MLLF	1	1	2	3	3	2

※ L : Span length, C : Cantilever slab length

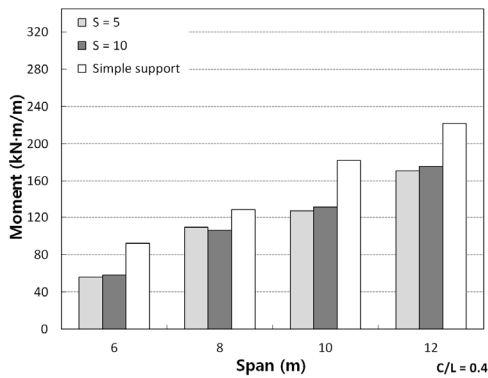


(a) C/L=0.4($\alpha=1$)

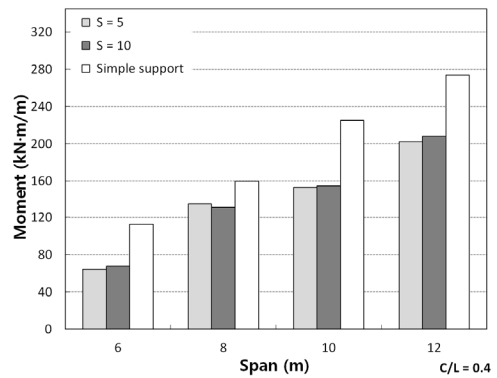


(b) C/L=0.4($\alpha=0.2$)

Fig. 8. Longitudinally Positive Bending Moments of Cantilever Slab (without MLLF)



(a) C/L=0.4($\alpha=1$)



(b) C/L=0.4($\alpha=0.2$)

Fig. 9. Transversely Negative Bending Moments of Cantilever Slab (without MLLF)

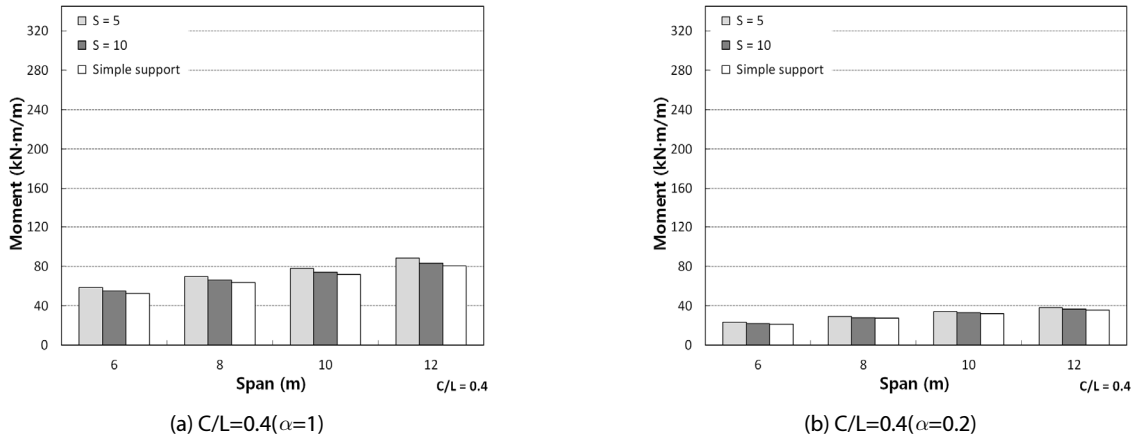


Fig. 10. Longitudinally Positive Bending Moments of Cantilever Slab (with MLLF)

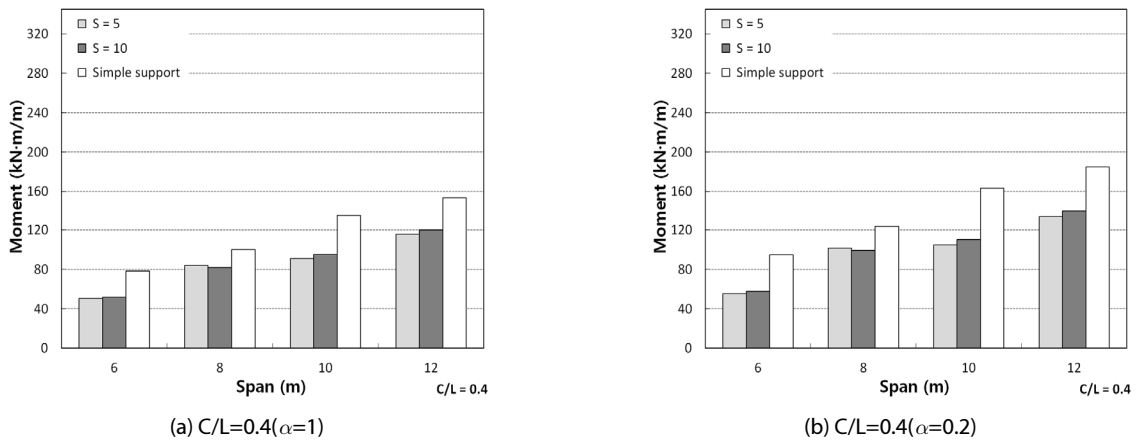


Fig. 11. Transversely Negative Bending Moments of Cantilever Slab (with MLLF)

트를 정리하여 거더 강성에 따른 교축방향 정모멘트, 교축직각방향 부모멘트 결과를 비교하였다. 이때 다차로재하계수 적용 여부에 따라 구분하였으며, 대표적으로 $C/L=0.4$ 인 경우에 대해 Figs. 8~11에 나타내었다.

교축방향 정모멘트의 경우(Figs. 8 and 10), 거더의 강성이 $S=5$ 에서 큰 수준을 나타냈으며, 거더의 강성이 작아질수록 교축방향의 정모멘트는 증가하는 것으로 나타났다. 이때 바닥판의 직교이방성을 고려한 경우($\alpha=0.2$), 캔틸레버부의 교축방향 정모멘트는 전체적으로 감소하였다. 교축직각방향 부모멘트의 경우(Figs. 9 and 11), 거더 강성의 영향보다 단순지지일 때 휨모멘트가 큰 수준을 나타냈으며, 이때 직교이방성을 고려한 경우($\alpha=0.2$)에는 캔틸레버부의 교축직각방향 부모멘트는 전체적으로 증가하였다. 따라서, 거더의 강성이 작아질수록 캔틸레버 바닥판의 교축방향 정모멘트는 증가하며, 거더의 강성을 무한으로 보는 단순지지에서는 교축방향의 정모멘트를 다소 과소평가할 수 있으므로 캔틸레버

바닥판의 교축방향 설계휨모멘트(정모멘트)는 거더의 강성을 고려해야 할 것으로 판단된다. 또한, 교축직각방향의 부모멘트는 단순지지일 때 가장 큰 수준을 나타냈으므로 캔틸레버 바닥판의 교축직각방향 설계휨모멘트(부모멘트)는 거더의 강성을 무한으로 보는 단순지지의 조건에서 결정되어야 하며, 이때 바닥판의 직교이방성($\alpha=0.2$)을 고려해야 할 것으로 판단된다.

현행 도로교설계기준(2015)에서는 캔틸레버 바닥판에 작용하는 윤택중의 분포를 고려해서 캔틸레버 바닥판에 작용하는 휨모멘트(부모멘트, M)를 Eq. (2)에 의해 산정할 수 있다고 기술하고 있다. 여기서, P 는 윤택중(kN), X 는 하중점에서 지지점까지의 거리(m)를 나타내고, E 는 윤택중 분포폭(주철근이 차량진행방향에 직각인 경우, m)으로서 $0.8X+1.14$ 에 의해 산정할 수 있다.

$$M = \frac{P}{E} X \quad (\text{kN}\cdot\text{m/m}) \quad (2)$$

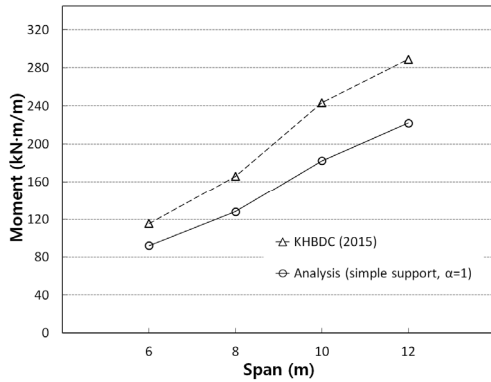


Fig. 12. Comparison of Transversely Negative Bending Moments for Cantilever Slab

본 연구에서 수행한 표준트럭하중(KL-510)의 6개 윗하중과 접지면적을 고려한 해석결과를 토대로(Fig. 9(a) 참조), 도로교설계 기준의 캔틸레버부 휨모멘트 산정식(Eq. (2) 참조)에 따른 캔틸레버부의 교축직각방향 부모멘트를 Fig. 12에 비교하였다. 이때 C/L은 0.4인 경우를 대상으로 하였으며, 해석결과는 다차로재하계수 미적용시, 단순지지 조건의 경우를 적용하였다. 비교결과, 도로교설계 기준의 산정식에 의해 계산된 캔틸레버 바닥판의 교축직각방향 부모멘트는 장지간 바닥판의 해석결과보다 약 25~34% 큰 수준을 나타내었으며, 이는 장지간 바닥판의 캔틸레버부 설계시 도로교설계 기준의 산정식이 교축직각방향 부모멘트를 과대평가할 것으로 판단

된다.

이상의 해석결과로부터 회귀분석을 수행하여 캔틸레버 바닥판의 교축방향 정모멘트(M_{cd} , M_{cdf})와 교축직각방향 부모멘트(M_{cm} , M_{cmf})를 다차로재하계수의 적용 여부에 따라 Tables 4 and 5에 정리하였다. 회귀분석은 바닥판 지간(L)과 바닥판 길이에 대한 캔틸레버 바닥판의 길이(C) 비(C/L)를 변수로 하여 다중회귀분석을 수행하였다. 각각의 변수는 다중회귀분석의 기본다항식($y = a + bx_1 + cx_2$)의 x_1 , x_2 에 적용되었고, 로그(log) 변환을 통해 $y = 10^a x_1^b x_2^c$ 형식으로 휨모멘트를 나타내었다. 주요 휨모멘트에 대한 회귀분석결과는 Fig. 13과 같고, 이에 대한 장지간 교량바닥판의 캔틸레버부 설계휨모멘트를 Tables 6 and 7과 같이 제안하였다.

3. DB-24와 KL-510 하중에 대한 캔틸레버 바닥판의 휨모멘트 비교

DB-24 하중에 대한 캔틸레버 바닥판의 설계휨모멘트는 Chung et al. (2008)에서 제시하고 있다(Tables 8 and 9). 이 식은 캔틸레버부 길이가 바닥판 지간의 10~40% 범위에서 적용될 수 있으며, 바닥판 지간 4~12m, 등방성($\alpha=1$), 그리고 다차로재하계수가 적용되지 않은 설계휨모멘트를 산정하는 식이다. 여기서, P는 96,000N, L은 내측부 바닥판 지간(m), C는 캔틸레버 바닥판 길이, i는 충격의 영향 0.3, C/L의 범위는 0.1~0.4, S는 바닥판에 대한 거더의 상대강성을 나타낸다.

Table 4. Proposed Bending Moments of Cantilever Slab (without MLLF)

		Longitudinally positive bending moment(kN·m/m)	Transversely negative bending moment(kN·m/m)
Simple support	$\alpha=1$	$M_{cd} = 0.21 L^{0.79} (C/L)^{0.74} P(1+i)$	$M_{cm} = 0.21 L^{1.26} (C/L) P(1+i)$
	$\alpha=0.2$	-	$1.2 M_{cm}$
Two-girder	$\alpha=1$	$(1.19 - 0.014S) M_{cd}$	$(0.108 + 0.0004S) m_c$
	$\alpha=0.2$	-	$(0.126 + 0.0006S) m_c$

※ P : rear wheel load 96kN of KL-510, L : span of deck(6~12m), C : cantilever slab length(m), i : impact factor 0.25, C/L : 0.3~0.5, $m_c = L^{1.5} (C/L)^{1.18} P(1+i)$

Table 5. Proposed Bending Moments of Cantilever Slab (with MLLF)

		Longitudinally positive bending moment(kN·m/m)	Transversely negative bending moment(kN·m/m)
Simple support	$\alpha=1$	$M_{cdf} = 0.22 L^{0.7} (C/L)^{0.65} P(1+i)$	$M_{cmf} = 0.26 L^{0.98} (C/L)^{0.9} P(1+i)$
	$\alpha=0.2$	-	$1.2 M_{cmf}$
Two-girder	$\alpha=1$	$(1.19 - 0.014S) M_{cdf}$	$(0.158 + 0.0008S) m_{cf}$
	$\alpha=0.2$	-	$(0.183 + 0.0008S) m_{cf}$

※ P : rear wheel load 96kN of KL-510, L : span of deck(6~12m), C : cantilever slab length(m), i : impact factor 0.25, C/L : 0.3~0.5, $m_{cf} = L^{1.2} (C/L)^{1.18} P(1+i)$

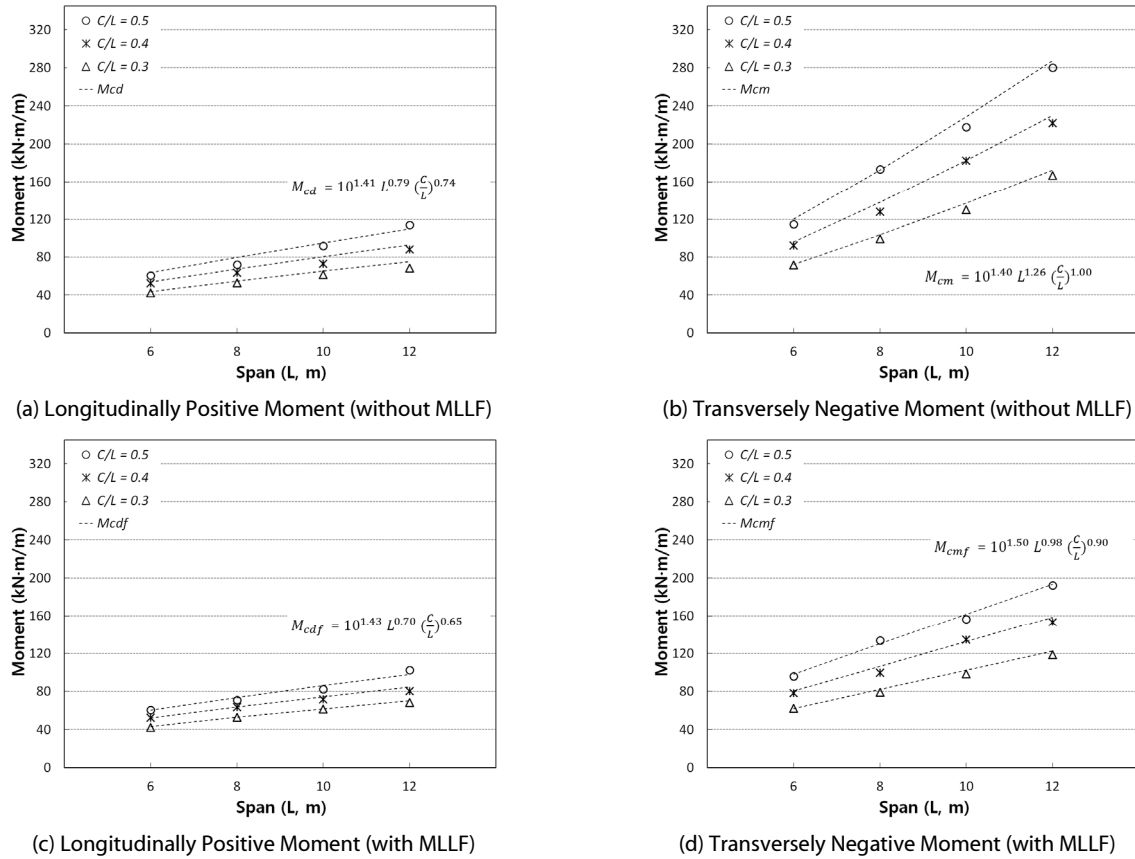


Fig. 13. Transversely Negative Bending Moments of Cantilever Slab (with MLLF)

Table 6. Proposed Design Bending Moments of Cantilever Slab (without MLLF)

	Longitudinally positive bending moment (kN·m/m)	Transversely negative bending moment (kN·m/m)
Basics	$M_{cd} = 0.21 L^{0.79} (C/L)^{0.74} P(1+i)$	$M_{cm} = 0.21 L^{1.26} (C/L) P(1+i)$
Bending moment	$(1.19 - 0.014S) M_{cd}$	$1.2 M_{cm}$

※ P : rear wheel load 96kN of KL-510, L : span of deck(6 ~ 12m), C : cantilever slab length(m), i : impact factor 0.25, C/L : 0.3 ~ 0.5

Table 7. Proposed Design Bending Moments of Cantilever Slab (with MLLF)

	Longitudinally positive bending moment (kN·m/m)	Transversely negative bending moment (kN·m/m)
Basics	$M_{cdf} = 0.22 L^{0.7} (C/L)^{0.65} P(1+i)$	$M_{cmf} = 0.26 L^{0.98} (C/L)^{0.9} P(1+i)$
Bending moment	$(1.19 - 0.014S) M_{cdf}$	$1.2 M_{cmf}$

※ P : rear wheel load 96kN of KL-510, L : span of deck(6 ~ 12m), C : cantilever slab length(m), i : impact factor 0.25, C/L : 0.3 ~ 0.5

Table 8. Longitudinal Design Bending Moments of Cantilever Slab (Chung et al., 2008)

	Longitudinally positive bending moment(N·m/m)
$L \leq 8m$	$M_{cd} = [0.80(C/L) + 0.04L - 0.17] [1.22 - 0.02S] P(1+i)$
$L > 8m$	$M_{cd} = [25.97(C/L) L^{1.05}] [0.02/S + 0.014] P(1+i)$

Table 9. Transverse Design Bending Moments of Cantilever Slab (Chung et al., 2008)

	Transversely negative bending moment(N·m/m)
$L \leq 9m$	$M_{cm} = 0.15 (C/L)^{0.86} L^{1.18} P(1+i)$
$L > 9m$	$M_{cm} = [5.75 (C/L)^2 + 0.14 (C/L) + 0.11L - 0.82] P(1+i)$

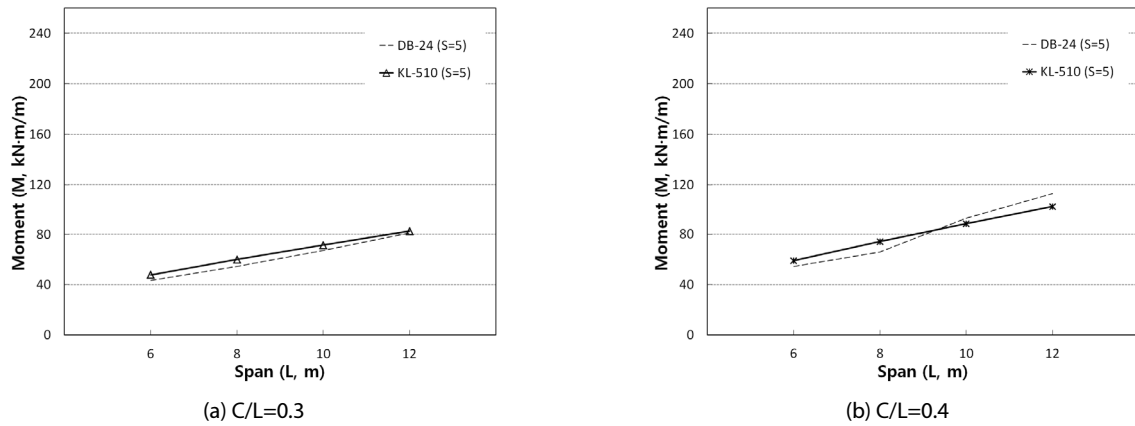


Fig. 14. Comparison of Bending Moments between with DB-24 and with KL-510 Load for Cantilever Slab (Longitudinally Positive Bending Moment, S=5)

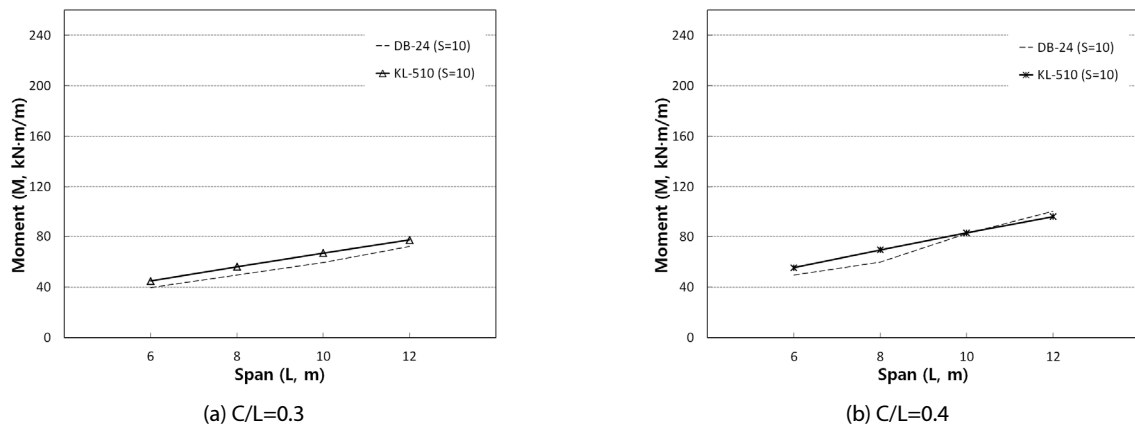


Fig. 15. Comparison of Bending Moments between with DB-24 and with KL-510 Load for Cantilever Slab (Longitudinally Positive Bending Moment, S=10)

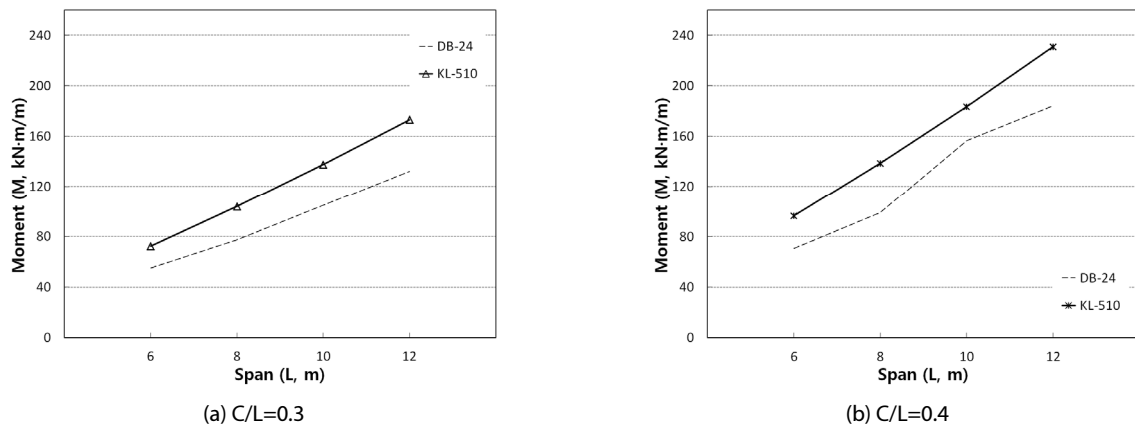


Fig. 16. Comparison of Bending Moments between with DB-24 and with KL-510 Load for Cantilever Slab (Transversely Negative Bending Moment)

본 연구에서 제시된 KL-510 하중에 대한 캔틸레버 바닥판의 휨모멘트(등방성($\alpha=1$), Table 4 참조)를 DB-24 하중에 대한 설계 휨모멘트(Tables 8 and 9 참조)와 비교하였다(Figs. 14~16). 비교 결과, 캔틸레버 바닥판의 교축방향 정모멘트는 KL-510과 DB-24 하중이 전체적으로 유사한 수준을 보였고, 교축직각방향 부모멘트의 경우에는 $C/L=0.3, 0.4$ 일 때 설계차량하중 KL-510의 휨모멘트가 DB-24보다 각각 약 31~34%, 약 17~40% 큰 수준을 나타냈다(Fig. 16). 이는 총 차량하중, 그리고 KL-510의 중륜하중($135\text{kN} \times 2=270\text{kN}$)이 DB-24의 중륜하중(192kN)보다 교축직각방향의 부모멘트 발생에 큰 영향을 주었기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 교축직각방향으로 프리스트레스를 도입하는 장지간 교량바닥판에 대해 캔틸레버 바닥판의 설계휨모멘트를 제안하였다. 바닥판의 내측 지간은 6.0~12.0m 범위를 대상으로 하였고, 캔틸레버 바닥판의 길이는 내측 지간의 30~50%를 적용하였다. 현행 도로교설계기준의 표준트럭하중(KL-510)을 적용하여 캔틸레버 바닥판의 교축방향 정모멘트와 교축직각방향 부모멘트를 산정하였다. 이때 바닥판에 대한 거더의 상대강성, 바닥판의 직교이방성, 그리고 다차로재하계수를 설계휨모멘트에 반영하였다. 연구결과에 대한 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 캔틸레버 바닥판의 휨모멘트는 거더의 강성이 작아질수록 교축방향 정모멘트는 증가하며, 거더의 강성을 무한으로 보는 단순지지에서는 교축방향의 정모멘트를 과소평가할 수 있으므로 교축방향 설계휨모멘트는 거더의 강성을 고려해야할 것으로 판단된다. 또한, 교축직각방향의 부모멘트는 단순지지일 때 가장 큰 수준을 나타냈으므로 교축직각방향 설계휨모멘트는 거더의 강성을 무한으로 보는 단순지지의 조건에서 결정되어야 한다. 특히, 교축직각방향으로 프리스트레스를 도입하는 장지간 바닥판의 교축직각방향의 단면은 전단면이 유효하고, 교축

방향의 단면은 균열단면이 되므로 설계시 바닥판의 직교이방성을 고려한 설계휨모멘트가 적용되어야 한다.

- (2) KL-510 하중은 DB-24 하중과 비교하여, 캔틸레버 바닥판의 교축방향 정모멘트는 유사한 수준을 보였고, 교축직각방향의 부모멘트는 더 큰 수준을 나타냈다.
- (3) 제안된 장지간 교량바닥판에 대한 캔틸레버 바닥판의 설계휨모멘트는 설계시 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

- 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 Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 24, No. 2A, pp. 431-437 (in Korean).
- KHBDC (2010). *Korea Highway Bridge Design Code* (in Korean).
- KHBDC (2015). *Korea Highway Bridge Design Code : Limit states design method* (in Korean).
- Lee, H. J., Chung, C. H. and Cho, S. K. (2005). "A study on the design bending moments of wide cantilever slabs." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 25, No. 4A, pp. 655-660 (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 Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 24, No. 4A, pp. 731-737 (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).
- Yoon, H. J., Joh, C. B. and Kim, B. S. (2003). "A study on the design bending moments for prestressed concrete deck on composite tw-girder bridge." *The Korean Society of Civil Engineers (KSCE) 2003 Conference*, pp. 726-731 (in Korean).