성능 평가에 근거한 LB-DECK의 설계

Design of LB-DECK Based on Performance Evaluation

조 규 대¹⁾

노 병 철²⁾

조 현 철^{3)*}

Cho, Gyu Dae Lho, Byeong Cheol Cho, Hyun Chul

Abstract

This study performed research for improvement on basic concept of PBD applying suitable design method before and after LB-DECK composition. According to study, in this case, before composition, it can reduce minuteness cracks by increasing bending tensile strength utilizing polymer concrete, can expect sensuous effect, improve durability as to low permeability, and was evaluated that can reduce covering depth according as it. Also, because LB-DECK baseplate that apply the empirical design method composite is superior load resistance ability than general baseplate, safety is increased, it is expected to secure constructibility and economic performance at the same time because reinforcement arrangement method and reinforcement amount are fixed even if span effective span is increased at ultimate strength design method application.

Keywords : LB-DECK, Performance based design, Polymer complex, Durability, Empirical design method

1. 서 론

프리캐스트 콘크리트 교량바닥판 공법(Lattice bar-DECK, 이하 LB-DECK로 칭함)은 추락위험이 높은 고소교량 및 하부도로 통행이 빈번한 도심지의 교량바닥판 공사에 적용이 유리한 공법으로 기존의 합판거푸집 공법의 단점을 보완하여 해체 공정이 필요 없는 신공법이다.

본 공법의 구조적인 역할은 합성 전과 합성 후로 분류할 수 있으며, 각각의 상황에 맞는 합리적인 설계가 이루어져야 한다. 따라서 본 연구에서는 합성 전·후의 성능 실험에 대한 평가를 바탕으로 최근 들어 관심이 증대되고 있는 성능기반형 설계법(performance based design method, 이하 PBD로 칭함)의 기초 개념에 근거하여 성능향상을 위한 연구를 수행하였다.

성능기반형 설계법(performance based design method, 이하 PBD로 칭함)의 기초 개념을 살펴보면 PBD는 “방법, 수행 절차 등을 제시한 것이 아닌, 의도된 최종 성과물의 요구 성능에 초점을 맞춘 기준”이라고 정의할 수 있다. 새로운 접근 방법인 PBD와 대비하여, 현재 우리가 사

용하고 있는 설계방법을 시방중심 설계법으로 통칭하여 부른다. PBD와 시방중심 설계법의 장단점을 비교하면 기존 설계법인 시방중심 설계법은 구조물의 용도 및 내구연한 등의 요구 성능과 전혀 관계없이 기존 설계기준에 기술되어 있는 규정만 따르면 되기 때문에 적용이 매우 쉽다. 반면, 새로운 개념의 PBD는 구조물에서 요구되는 성능에 따라 설계가 이루어지는 것으로 목적하는 바에 따라 해결책이 달라진다. 이것은 설계의 방법 및 절차는 중요하지 않기 때문에 기존 설계기준에 얽매이지 않고 다양한 방법을 통하여 목적하는 바를 달성할 수 있다. 또한 설계 단계에서 구조물의 성능 및 유지관리를 고려함으로써 시공성과품의 생애주기 비용(life cycle cost) 절감이 가능한 장점이 있다(최정욱 등, 2008).

2. 합성 전·후 LB-DECK 성능 평가

합성 전의 LB-DECK는 시공하중에 저항하는 거푸집 역할로서, LB-DECK에 삽입되는 주철근과 lattice bar가 하중에 저항하는 주된 역할을 하며, 콘크리트의 경우

1) 정회원, (주)효성 대표이사

2) 정회원, 상지대학교 건설시스템공학과 교수

3) 정회원, (주)효성산학협력기업부설연구소 책임연구원

* Corresponding author : winter4294@korea.com 033-766-8906

• 본 논문에 대한 토의를 2011년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2011년 9월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

균열발생에 대한 저항성 확보를 위하여 40MPa의 고강도로 설계된다. 그러나 현재 일부 강상형교와 같은 장지간에 LB-DECK를 적용할 경우 충격하중을 포함한 시공하중에 의하여 콘크리트의 미세균열이 간혹 발생하고 있다. 이러한 균열은 구조적인 문제점은 없으나 심미성 저하의 원인이 될 수 있으며, 현장에서 보수보강이 이뤄지는 등 2차적인 비용이 발생하고 있다. 따라서 이에 대한 효과적인 대응방안으로 폴리머를 활용하여 콘크리트의 휨 인장강도를 증가시켜 거푸집으로써의 LB-DECK 성능을 극대화시키고자 하였다. 합성 후의 LB-DECK는 교량 바닥판으로서 성능을 최대화 할 수 있는 설계법을 적용하는 것이 바람직하다. 이에 따라 기존 단위폭당(1m) 휨강도를 이용하는 강도설계법이 아닌 경험적 설계법을 적용하여 설계한 후 이에 대한 평가를 위하여 실험체를 제작하여 하중재하 실험을 실시하였다.

2.1 구조해석 평가

본 장에서는 합성 후 하중재하 실험에 앞서 실험체의 거동 특성 및 단계별 하중 크기 산정을 위하여 수치해석을 수행하였다. 수치해석에 사용된 프로그램은 범용 유한요소 프로그램인 SAP2000을 이용하였다. 모델링은 단순히 판부재 및 합성지지 판부재 모두 판요소를 사용하여 모델링하였으며, 모델링 형상은 Fig. 1과 같다.

각 실험체에 대한 휨모멘트 해석 결과와 이를 토대로 계산된 균열하중(P_{cr})은 Fig. 2 및 Table 1과 같다. 판부재의 휨모멘트 해석 결과는 균열 하중으로 산정하여 실험 시 하중재하의 기초 자료로 활용하였다

2.2 합성 전 LB-DECK 성능평가

합성 전 LB-DECK의 콘크리트 휨 인장강도 증진을 위하여 폴리머를 활용한 다양한 배합설계로 휨 및 압축강도 시험을 하였으며, 가장 좋은 결과를 나타낸 배합설계를 LB-DECK 실험체 제작에 사용하였다. Table 2는 실험체 제작에 사용된 최종 배합설계이다.

실험체 제작은 Table 2의 배합설계를 적용하여 2,420×1,200×60(길이×폭×두께, mm)의 크기로 각각 2개씩 총 6개를 제작하였으며, 하중재하 실험은 500kN 용량의 하중가력장치를 이용하였다. 하중재하 방법은 현장타설 콘크리트의 등분포 타설 형태를 모사하기

(a) Simple Specimen, SLP21

(b) Composite Specimen, CLP25

Fig. 1 FEM modelling

(a) Simple Specimen, SLP21

(b) Composite Specimen, CLP25

Fig. 2 Bending Moment by FEM

위하여 Fig. 3과 같은 방법으로 재하 하였으며, 중요 부위의 처짐과 변형률, 균열폭 그리고 균열진전 상황을 측정하였다.

Table 1 Bending Moment Result by FEM (10kN)

Specimen	M_{kmax} (kN · m)	M_{lmax} (kN · m)	Cracking Load (P_{cr} , kN)
SLP21	0.246	0.192	148.8
SLP27	0.282	0.216	122.1
CLP25	0.223	0.222	104.6
CLP30	0.248	0.258	60.13

Table 2 Mix Design

Polymer ratio	W/C (%)	S/a (%)	Unit Materials (kg/m ³)					Add (C×%)
			W	C	S	G	Latex	
0%	35.0	47.3	188	537	734	864	0	0.08
3%	35.5	49.0	191	540	772	807	16	0.08
5%	35.5	49.0	191	540	758	793	27	0.08

2.3 합성 후 LB-DECK 바닥판 성능평가

합성 후 LB-DECK 바닥판 설계 시 경험적 설계법을 적용하여 설계할 경우 도로교설계기준 3.6.3.4(2)의 철근배근량 규정에 의하여 Table 3에서와 같이 배근량이 감소되는 효과로 인하여 경제성과 더불어 시공성이 향상될 것으로 예상되며, LB-DECK의 lattice bar에는 설계 시 고려되지 않는 횡방향 철근(top bar, bottom bar)이 배근되어 있기 때문에, 현행 설계법을 따라 설계된 콘크리트바닥판보다 휨 강성과 휨 강도가 커서 처짐과 균열폭

Fig. 3 Test Setup

이 감소할 것으로 예상된다. 더불어 상하부 철근을 연결하는 연결근(diagonal bar)이 일종의 전단철근 역할을 수행하여 교량 바닥판의 편칭전단강도가 커지고 연성도 증가될 것으로 예상된다. 이러한 분석을 검증하기 위하여 판부재를 제작하여 하중재하 실험을 하였다.

한편, LB-DECK 바닥판의 성능 평가를 위하여 경험적 설계법을 적용한 단순지지 판부재와 강거더에 합성지지된 판부재를 제작하여 하중재하 실험을 하였다.

실험체는 LB-DECK을 이용하여 단순지지된 판부재 2개와 강거더에 합성지지된 판부재 4개를 제작하였으며, 자세한 실험체 제원은 Table 4와 같다. Fig. 4는 실험체 제작 모습이다.

재하 실험은 3,000 kN 용량의 하중가력장치를 이용하였다. 하중재하위치는 판부재의 중앙부이며, 집중하중을

Table 3 Comparison of Reinforcement Amount by Empirical Design Method and USD

Division		Empirical Design Method		USD	
		Reinforcement	Effective Depth	Reinforcement	Effective Depth
Transverse Reinforcement	Lower Part	H13@150 H13@400 $\rho = 0.00484$	$d = 20.00\text{cm}$ $d = 17.35\text{cm}$	H13@150 H13@300 $\rho = 0.00528$	$d = 20.00\text{cm}$ $d = 14.35\text{cm}$
	Upper Part	H16@200 $\rho = 0.00414$	$d = 6.00\text{cm}$	H13@125 $\rho = 0.00422$	$d = 6.00\text{cm}$
Longitudinal Reinforcement	Lower Part	H16@250 $\rho = 0.00331$	$d = 15.90\text{cm}$	H13@150 $\rho = 0.00352$	$d = 13.05\text{cm}$
	Upper Part	H16@250 $\rho = 0.00331$	$d = 7.60\text{cm}$	H13@150 $\rho = 0.00352$	$d = 7.30\text{cm}$
Reinforcement Comparison		$\rho = 0.01560$ (9.43% save)		$\rho = 0.01654$	

Table 4 Specimen Size

Division		Girder Distance (m)	Effective Span (m)	Slab Thickness (m)	Reinforcement ($\rho = \frac{A_s}{bh}$)	Length×Width (m)
Simple Specimen	SLP21	—	2.1	0.24	Lower part Transverse=0.004, Longitudinal=0.003 Upper part Transverse=0.004, Longitudinal=0.003	4.2×3.5
	SLP27	—	2.7	0.24		4.2×4.0
Composite Specimen	CLP25-A, B	2.5	2.2	0.24	Lower part Transverse=0.004, Longitudinal=0.003 Upper part Transverse=0.004, Longitudinal=0.003	4.2×3.5
	CLP30-A, B	3.0	2.7	0.24		4.2×4.0

(a) Simple Specimen

(b) Composite Specimen

Fig. 4 Specimen Manufacture

(a) Test for Simple Specimen

(b) Test for Composite Specimen

Fig. 5 Experiment Image

Table 5 Loads for Test

Step	Load (kN)	Description
1 ($0.75P_{cr}$)	80	2th cyclic load stock
2 ($1.5P_{cr}$)	160	2th cyclic load stock
3 (P_D)	270	2th cyclic load stock
4 ($0.5P_{punching}$)	340	2th cyclic load stock
5 ($0.86P_{punching}$)	570	Monotonic Load
6	700	Monotonic Load
7	850	Monotonic Load
8 (P_u)	—	Monotonic Load

하중조절방식과 변위제어방식을 이용하여 재하하였다. 하중 340 kN까지는 하중제어방식으로 5 kN/sec의 속도로 2회씩 반복재하하고, 변위제어방식으로 변화된 이후에는 0.015 mm/sec의 속도로 펀칭파괴가 발생할 때까지 하중크기를 증가시켰다. 단순 판부재와 합성 판부재에 대한 하중재하 단계를 Table 5에 나타내었다. Table 5의 균열 하중 P_{cr} 은 104.6 kN으로 실험부재 CLP25에 대한 수 치해석결과를 근거로 산정하였으며, $P_{punching}$ 은 ACI 규 정에 따라 660.3 kN을 적용하였다.

집중하중 재하시 설계트럭의 후륜하중을 모사하기 위

하여 접지면적은 200 mm × 500 mm로 하였다. 하중재 하에 따른 판부재의 거동을 살펴보기 위해 실험체 중요 부위의 처짐, 변형률, 균열폭 그리고 균열진전 상황을 측 정하였다. 실험체의 하중재하 전경은 Fig. 5와 같다.

3. LB-DECK 성능평가 및 결과분석

3.1 합성 전 LB-DECK 성능평가 결과

하중재하 실험결과, 모든 실험체의 파괴 형태는 전형적 인 휨파괴 형상을 나타냈다. 실험체의 폴리머 함유량 증 가에 따라 초기균열하중은 증가하는 반면 균열폭은 줄어 드는 효과가 있었다. 이러한 이유는 폴리머의 co-matrix 상이 골재와 시멘트의 결합력을 증진시키는 원인으로 작 용하여 콘크리트의 인장성능을 향상시키기 때문으로 판 단된다.

한편, LB-DECK는 합성 전 거꾸집 역할로써 현장타설 콘크리트를 포함한 시공하중에 저항하는 역할을 한다. 이 때 타설 형태에 따라 설계하중보다 큰 하중이 작용할 경 우 콘크리트의 균열이 발생할 수 있으며, 이를 검토하기

위하여 타설 형태에 따라 발생하는 휨모멘트를 계산하여 실험값과 비교하였다. 그 결과 폴리머 함유량을 5 % 이상 유지할 경우 저항모멘트가 하중에 의한 휨모멘트 보다 커 균열을 제어할 수 있을 것으로 평가되었다.

LB-DECK의 균열 제어와 관련하여 2007년 개정된 구조설계기준(6.3.3(4))의 식 (1)을 사용하여 LB-DECK의 피복두께를 고려한 철근의 중심 간격을 검토하여 LB-DECK에 발생하는 균열을 간접적으로 제어하고자 하였다.

$$S_{\max} = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5 C_c \leq 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) \quad (1)$$

여기에서 $S_{\max}$ 는 철근의 최대 중심 간격이며, C_c 는 인장철근의 최소두께이고, f_s 는 사용하중 상태에서 인장연단에 가장 가까이에 위치한 철근의 응력으로 $f_s = (2/3)f_y$ 로 계산한다.

식 (1)에 LB-DECK의 피복두께 33.5mm를 대입하면 철근의 최대 중심 간격은 210mm로 계산되며, 현재 설계되는 철근 간격을 150mm에서 210mm로 변경이 가능하다. 그러나 LB-DECK의 폭은 1.2m로 제한되어 있어서 철근 간격을 늘리는 것은 철근량의 부족으로 불가능하다. 따라서 다소 이론적이지만 현재의 철근 간격을 150mm로 유지할 경우 식 (1)에 의해 피복두께를 33.5mm에서 23.5mm로 줄여서 설계하여도 균열 제어 측면에서 무리가 없을 것으로 판단된다.

위에서 계산된 피복두께 결과를 도로교설계기준(2005) 콘크리트교편에 제시된 허용 균열폭 산정식에 적용하여 실험값과 비교하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다. 결과를 보면 일반 환경에서의 허용 균열폭의 크기는 0.118 mm로 모든 실험체의 초기 균열폭에 대한 결과를 만족하는 것으로 평가되었다.

3.2 합성 후 LB-DECK 바닥판 성능평가 결과

하중재하 실험결과, 단순지지 판부재와 합성지지 판부

재 모두 편칭전단으로 파괴되었다. 재하하중의 크기를 증가시킴에 따라 실험체의 하면에서 종방향 균열이 발생된 이후 횡방향 균열이 발생되었으며, 하중 재하위치를 중심으로 Fig. 6과 같이 방사형으로 균열이 진전되었다. 실험체의 상면은 재하하중 850 kN까지는 바닥판하면과 달리 육안관찰을 통해 균열을 확인할 수 없었다. 편칭파괴 시 모든 실험체는 상면에서 하중접지면적에 해당되는 부위가 국부적으로 아래로 함몰되었으며, 하면의 편칭파괴 면은 일반적인 철근콘크리트바닥판과 달리 넓게 발생하지 않았으며, 파괴부위가 cone처럼 분리되지 않았다. 이러한 이유는 LB-DECK 바닥판의 경우 철근과 함께 배근되는 lattice bar에 많은 연결근(diagonal bar)이 수직방향으로 연결되어 있어 전단철근 역할과 함께 콘크리트와의 결속력을 높여 주기 때문으로 판단된다.

실험결과에 따른 편칭전단강도의 크기는 Table 7과 같

(a) Simple Specimen

(b) Composite Specimen

Fig. 6 Specimens Crack Shape

Table 6 Crack Widths

Polymer Ratio	Early Crack Width (mm) (1)	Permission Crack Width (mm) (2)	(1) / (2)
0%	0.039	0.118	0.23
3%	0.037	0.118	0.22
5%	0.025	0.118	0.15

Table 7 Punching Shear Strength of Specimen

Division		Effective Span (m)	Punching Shear Strength Pu(kN)	$\frac{P_u}{P_{ACI}}$	$\frac{P_u}{P_{CEB-FIP}}$	$\frac{P_u}{P_{design}}$	$\frac{P_u}{P_{wheel}}$
Simple Specimen	SLP21	2.1	959.5	1.45	1.53	3.58	9.99
	SLP27	2.7	889.5	1.35	1.41	3.32	9.27
Composite Specimen	CLP25A	2.35	1112.6	1.68	1.77	4.15	11.59
	CLP25B	2.35	1183.0	1.79	1.88	4.41	12.32
	CLP30A	2.85	1069.6	1.62	1.70	3.99	11.14
	CLP30B	2.85	1174.5	1.78	1.87	4.38	12.23

이 현행 도로교설계기준(ACI 318 규정)과 CEB-FIP MC 90에서 제시된 설계규정 값보다 단순지지 판부재의 경우 평균 1.4배, 합성지지 판부재의 경우 평균 1.7배 정도 크게 평가되었다. 이러한 실험결과로부터 PBD를 적용한 LB-DECK 바닥판은 Table 8의 기존 연구결과와 마찬가지로 일반적인 콘크리트 바닥판보다 하중저항능력이 크다는 것을 확인할 수 있었다.(최은수 등, 2005)

Table 7에서 P_{ACI} 는 ACI 규정에 따른 편칭전단강도 크기로 660.32kN 이며, $P_{CEB-FIP}$ 는 CEB-FIP 규정에 따른 편칭전단강도 크기로 628.70 kN 이고, P_{design} 은 계수윤하중의 크기로 268.3 kN 이다.

처짐량은 설계활하중(충격계수 포함) 작용 시 도로교 설계기준에 제시된 허용 처짐량에 대한 비가 단순지지 판부재의 경우 지간이 2.1m인 경우 최대 0.34, 2.7m인 경우 최대 0.31 정도였으며, 합성지지 판부재의 경우 거더 간격이 2.5m의 경우 최대 0.12, 거더간격이 3.0m의 경우에는 최대 0.15로 매우 작게 평가되어 사용성 관련 처짐량을 만족하는 것으로 나타났다.

실험 전 실험체의 거동특성을 알아보기 위해 실시했던

수치해석 결과와 실험결과를 비교해보면, 균열하중의 경우 해석값과 실험값의 차이가 CLP30 실험체를 제외하곤 크게 나타나지 않았으며, 처짐량에 대해서는 단순지지 판부재의 경우 비슷한 경향을 보이고 있으나, 합성지지 판부재의 경우 해석값이 실험값에 비해 크게 나타나는 경향을 나타냈다.

4. LB-DECK 합성 전·후 설계법 적용 검토

LB-DECK의 합성 전·후 적절한 설계방법에 대한 평가는 PBD의 개념을 기초로 하였으며, 유로코드에서는 Table 9와 같이 설계상황을 임시설계상황, 정상설계상황, 극단설계상황, 지진설계상황의 네 가지로 구분하여 각각의 상황에 맞는 적절한 대응을 요구하고 있다(정하선 등, 2007). LB-DECK의 경우, 구조물로서 기능을 합성 전과 합성 후로 구분할 수 있으며, 유로코드에 따라 합성 전은 임시설계상황, 합성 후는 정상설계상황으로 구분하여 각각의 상황에 맞는 합리적인 설계가 이루어져야 한다.

LB-DECK의 기능을 살펴보면 합성 전은 시공하중에 저항하는 거푸집 역할로서 시공하중에 저항할 수 있는 단

Table 8 Static Experiment Result

Division		Crack Load (Pcr) (kN)	Yield Load (Py) (kN)	Description
Simple Specimen	1	24.9	157.1	*Cracking Load Augmentation (Average) $\frac{\Delta(P_{cr})}{(P_{cr})_{FC}} \times 100 = 110\%$
	2	27.5	176.5	
	3	23.8	167.8	
	4	26.7	167.8	
	Average	25.7	167.3	
Composite Specimen	1	50.0	235.1	*Yield Load Augmentation (Average) $\frac{\Delta(P_y)}{(P_y)_{FC}} \times 100 = 41.7\%$
	2	58.1	239.9	
	3	53.9	246.1	
	4	57.1	226.7	
	5	51.8	237.6	
	Average	54.2	237.1	

Table 9 Design Situation Division (Euro Code)

Division	Description
Transient Design Situation	Structure is much shorter than the lifetime of normal use during the design fits into the situation, for example, during construction and maintenance of temporary structures that are exposed situations such as
Persistent Design Situation	When using the normal use during the life of the structure of the possible situations that correspond to the physical conditions
Accidental Design Situation	Fire, explosion and destruction of local structures such as localized conditions, including exposure to catastrophic situations designed to
Seismic Design Situation	Seismic design requirements in situations

면력 확보가 무엇보다 중요하며, 사용성 검토와 관련하여 처짐 및 균열 제어가 수반되어야 한다. 또한 합성 후에는 교량 바닥판으로서 공용하중에 저항할 수 있는 합리적인 설계가 이루어져야 한다. 이러한 요구 조건을 만족하기 위하여 현재 LB-DECK는 시방서의 내용을 기준으로 기존 설계법을 이용하여 단면력을 산정하고 있으며, 사용성과 관련하여 균열과 처짐에 대해 검토하여 이를 바탕으로 설계가 이루어지고 있다. 그러나 이러한 설계 방식은 LB-DECK에 삽입되는 lattice bar의 구조적 기능 즉, 압축력을 전담하는 top bar와 전단역할을 하는 diagonal bar, 그리고 주철근과 함께 인장력에 저항하는 역할을 하고 있는 bottom bar의 기능을 고려하지 않고 있으며, 도로교설계기준(2008) 4.7.7절의 내용 중 이형철근만을 사용하게 되어있는 규정으로 인하여 철근량 산정에서 제외되고 있다. 또한 4.1절에서 기술한 시방서의 내용을 토대로 계산된 LB-DECK 피복두께를 33.5 mm에서 23.5 mm로 줄이는 방안도 도로교설계기준(2008) 4.3.3절의 철근의 피복두께에 대한 규정으로 적용이 불가능하다. 따라서 이러한 시방서의 내용은 LB-DECK와 같은 특수한 기능의 구조물에 적용하는 것은 비합리적이다. 이러한 관점에서 볼 때 PBD의 적용은 LB-DECK를 설계함에 있어서 다양한 관점에서 접근이 가능하며, 이로 인하여 여러 가지 이점이 작용할 것으로 판단된다. 우선 구조적으로 중요한 역할을 담당하고 있는 lattice bar를 고려한 철근량 산정으로 경제적인 측면에서의 이점과 피복두께 감소로 인한 LB-DECK 자중 감소로 시공성이 보다 좋아질 수 있을 것이다. 더불어 4.1절의 실험결과를 바탕으로 LB-DECK에 폴리머를 함께 적용한다면 콘크리트의 휨 인장강도 확보와 함께 내구성도 좋아져 LB-DECK의 성능이 극대화 될 것으로 기대된다. 다만, LB-DECK 피복두께를 줄이는 것과 관련하여 굽은골재 최대치수에 대한 연구와 실구조물에 대한 성능 실험이 수반되어야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구는 합성 전·후 LB-DECK에 대한 성능 실험을 바탕으로 LB-DECK의 적절한 설계 적용 방안에 대한 타당성을 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 합성 전 LB-DECK의 효율적인 설계는 시공하중에 대한 균열저감이 그 목적이며, 이를 위하여 배합설계

시 폴리머를 적용하였다. 그 결과 폴리머 함유량이 증가할수록 초기 균열하중은 증가하는 반면 균열폭은 작아지는 경향을 나타내었다. 이러한 균열저감은 합성 후 바닥판의 내구성 향상에 도움이 될 것으로 판단된다. 다만, 현장타설 콘크리트의 타설 형태에 따른 검토 결과와 LB-DECK의 단가상승을 고려할 때 폴리머 함유량은 5% 정도가 적당할 것으로 판단된다.

- (2) 폴리머를 적용한 실험결과를 바탕으로 시방서의 내용을 적용한 결과, LB-DECK의 피복두께를 33.5mm에서 23.5mm로 줄여서 설계하여도 균열 제어가 가능하며, 시공성 측면에서도 효율적인 것으로 판단된다.
- (3) 합성 후 LB-DECK의 효율적인 설계를 위하여 경험적 설계법을 적용하였으며, 실험에 앞서 실험체의 거동 특성 및 단계별 하중 크기 산정을 위하여 수치해석을 수행하였다. 그 결과 SLP21의 균열하중은 148.8 kN, SLP27의 균열하중은 122.1 kN, CLP25의 균열하중은 104.6 kN, CLP30의 균열하중은 60.13 kN으로 나타났다.
- (4) 합성 후 LB-DECK 실험 결과, 경험적 설계법을 적용한 바닥판이 강도 설계법으로 설계된 바닥판보다 하중저항능력이 우수하였으며, 이는 lattice bar의 영향으로 판단된다. 또한 지간이 증가되어도 철근배근방법과 철근배근량이 일정하기 때문에 시공성 및 경제성을 동시에 확보할 수 있을 것으로 판단된다.
- (5) 결론을 종합해 볼 때 LB-DECK의 합성 전·후 적절한 설계법 적용은 구조적으로 중요한 역할을 담당하고 있는 lattice bar를 고려한 철근량 산정으로 경제적인 측면과 피복두께 감소로 인한 LB-DECK 자중 감소로 시공성 측면에서 큰 이점이 있을 것으로 판단된다. 다만, LB-DECK 피복두께를 줄이는 것과 관련하여 굽은 골재 최대치수에 대한 연구와 실구조물에 대한 성능 실험이 수반되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 “상지대학교 교내 연구비”지원으로 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김성환, 윤경구, 김용근, “라텍스개질콘크리트로 보수보강된

-
- RC보의 휨 거동에 관한 실험적 연구”, 대한토목학회 논문집, 제29권 5A호, 2009, pp.503-510.
 2. 노병철, 조규대, “LB-DECK의 lattice bar 높이 변화에 따른 합성거동 연구”, 대한토목학회 논문집, 제27권 2A호, 2007, pp.193-200.
 3. 정하선, 김우, “성능기반 콘크리트 구조설계기준”, 콘크리트학회지, 19권 3호, 2007, pp.20-23.
 4. 최은수, 김학수, “교량 바닥판 건설용 프리캐스트 콘크리트 패널의 거동특성”, 대한토목학회논문집, 제25권 2A호, 2005, pp.395-404.
 5. 최정욱, 김우, 정하선, “성능중심 콘크리트 구조설계기준”, 콘크리트학회지, 20권 1호, 2008. pp.27-31.
 6. 홍창우, 정원경, 김경진, 윤경구, “플라이애쉬를 이용한 라텍스개질 콘크리트의 기초물성 연구”, 대한토목학회논문집, 제26권 1A호, 2006, pp.205-211.

7. A. Emin Aktan, Bruce R. Ellingwood, and Brian Kehoe, “Performance-Based Engineering of Constructed Systems”, Journal of Structural Engineering, ASCE, March 2007, pp.311-323.
8. British Standards Institution, “The Structural Use of Concrete”, C.P. 110, B.S.I, London, 1972.
9. PeBBu, “Performance Based Building,” Report of EC 5th Framework, 2005, pp.97.

(접수일자 : 2010년 11월 29일)

(수정일자 : 2011년 4월 19일)

(심사완료일자 : 2011년 5월 17일)

요 지

본 연구는 LB-DECK의 합성 전과 후 적절한 설계방법을 적용하기 위하여 PBD의 기초 개념에 근거하여 성능향상을 위한 연구를 수행하였다. 그 결과, 합성 전 폴리머 콘크리트를 활용함에 따라 휨 인장강도를 증가시켜 미세균열을 감소시킬 수 있으며, 심미적인 효과를 기대할 수 있고, 낮은 침투성으로 인하여 내구성을 향상시키고, 이에 따른 피복두께를 감소시킬 수 있을 것으로 평가되었다. 또한 합성 후 경험적 설계법을 적용한 LB-DECK 바닥판은 일반적인 바닥판보다 하중 저항능력이 우수하여 안전성이 증가되며, 강도설계법 적용시와 달리 지간이 증가되어도 철근배근방법과 철근배근량이 일정하기 때문에 시공성과 경제성을 동시에 확보할 것으로 기대된다.

핵심 용어 : LB-DECK, 성능기반형 설계법, 폴리머 복합체, 내구성, 경험적 설계법