

트러스근을 사용한 슈퍼데크 플레이트의 구조성능평가

Structural Performance of Super-Deck Plate Slab System with Truss Type Bar

김 성 수*

김 상 식**

이 우 진***

Kim, Seong-Soo

Kim, Sang-Shik

Lee, Woo-Jin

Abstract

This paper presents the results of an experimental research project on 7 Super Deck Plates with continuous or simple beam types. The test parameters included the distance of truss, depth of deck plate and the type of beam. The test results are as follows ; When thickness of deck plate was increased, maximum strength was improved. When the distance of truss bar was reduced from 20cm to 15cm, the mean value of maximum load was increased to 1.21 times. Continuous beam shown superior to simple beam, such as 5.03 times high strength, low deflection at yield point.

Keywords : Super Deck Plate, Deflection, Composite Slabs

1. 서 론

일반적으로 철근콘크리트조나 철골조에서 바닥슬래브는 철근콘크리트로 시공되고 있다. 이는 바닥슬래브가 인간이 직접 생활하는 곳으로 내력확보 뿐만 아니라, 단열, 차음 및 내진 등의 거주성이 우수하기 때문이다. 그러나, 이러한 콘크리트 슬래브 공사 시 시공자는 반드시 해결해야 할 여러 가지 문제에 당면하게 된다. 즉, 형틀공사등의 숙련공 부족, 공사비 및 공기 절감문제, 공사 중의 안전성 문제, 공사 후의 폐기물 처리 등이 그것이며

이러한 문제들은 유행처럼 한번 지나치는 현상이 아니라 건설산업계의 구조적 변혁은 시급한 당면과제이다. 무 이러한 변혁은 피상적인 대책이 아니라 보다 근본적인 건설공사 현장의 노동 생산성 향상을 꾀하면서 노동집약형 산업에서의 탈피를 달성해 가는 노력이 필요하리라 생각된다. 슈퍼 데크 플레이트(SDP)는 데크 플레이트와 콘크리트를 일체구조로 한 합성슬래브구조이다. 합성슬래브 구조는 데크 플레이트가 인장력, 콘크리트가 압축력을 부담하는 구조를 가진 합리적인 단면, 인장력, 경제성이 우수한 슬래브 구조이다.

* 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수

** 정회원, 청주대학교 건축공학과 박사과정

*** 학생회원, 청주대학교 건축공학과 박사과정

E-mail : wjsunlee@empal.com 043-841-5219

•본 논문에 대한 토의를 2003년 6월 30일까지 학회로 보내 주시면 2003년 10월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

본 연구에서는 슈퍼데크 슬래브의 구조적 성능을 파악하고 효과적인 활용을 위하여 실험을 실시한다. 시험체는 현장에서와 동일한 조건으로 제작되었고 콘크리트를 타설하여 시험을 실시한 후 이들의 결과를 조사하여 시험체의 하중·처짐곡선, 슬래브의 초기 균열 및 처짐에 따른 역학적인 거동을 파악하여 각각의 변수에 따른 영향을 평가하여 슈퍼데크 설계 시 근거자료를 제공한다. 실험은 충주대학교 구조실험실에서 200tonf U.T.M.을 이용하여 실시하였다. 본 실험에서는 중앙부의 1점가력과 연속보일때는 2점가력으로 최종파괴에 이를 때까지 가력하였다.

2. 실험

2.1 시험체 계획

본 연구에서는 일자 트러스 형태의 트러스근을 사용한 슈퍼데크에 대하여 데크 플레이트의 두께, 트러스근의 간격 및 단순 또는 연속지지형태를 주요 변수로 하여 계획하였고, 이러한 변수들을 조합하여 총 7개의 시험체를 계획하였다. 시험체의 트러스근 구성은 전 시험체 모두 일자형 트러스로 상부철선 1-HD13과 하부철선은 1-HD13, 시험체의 길이(Span)는 3.3m로 동일하게 하였다.

2.2 시험체 상세

본 실험에서는 일자형 트러스근을 사용한 슈퍼데크의 구조적 특성과 거동을 파악하기 위하여 총7개의 시험체를 계획하였다. 계획된 시험체 일람표는 Table 1과 같고, 시험체의 치수, 형태는 Fig. 1에 도시하였다.

2.3 시험체 설치 및 실험방법

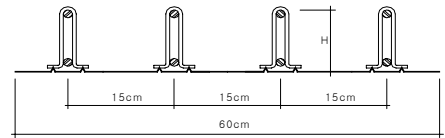
본 실험에서는 슈퍼데크로 시공된 슬래브를 200tonf 용량의 U.T.M Bed 위에 Fig. 2와 같이 시험체를 설치하고 가력부에는 편심을 방지하기 위하여 석고와 시멘트의 혼합물을 얇게 깔고 가력을 실시한다. 가력방식은 초기에는 하중조절방식을 사용하여 가력하였고, 예상파괴하중의 50% 이후에서는 처짐량에 따라 가력속도를 조절한다.

Table 1 시험체 일람표

시험체 종류	슬래브 두께	트러스근 간격	아연도 강판	시험체명	비고
SDA	12cm	15cm	FLAT	SDA-15	단순보 형태
		20cm		SDA-20	
		20cm		SDA-20a	연속보 형태
SDB	15cm	15cm	FLAT	SDB-15	단순보 형태
		20cm		SDB-20	
SDC	12cm	20cm	CELL	SDC-20	단순보 형태
SDD	15cm	20cm		SDD-20	

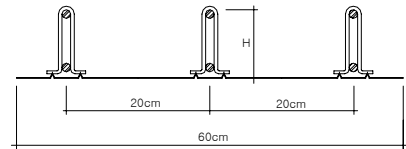
시험체명 설명

SDA - 20 a



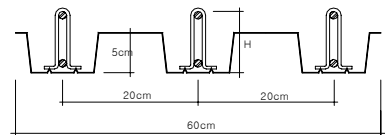
H : 아연도 강판에서부터 상부철근 상단까지의 거리
SDA-15 시험체 : H = 9cm SDB-15 시험체 : H = 12cm

(a) SDA-15 및 SDB-15 시험체 상세도



H : 아연도 강판에서부터 상부철근 상단까지의 거리
SDA-20 시험체 : H = 9cm SDB-20 시험체 : H = 12cm

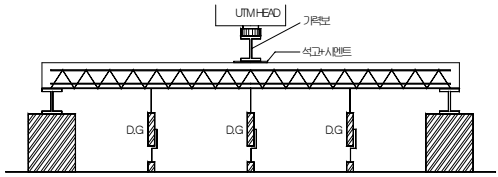
(b) SDA-20 및 SDB-20 시험체 상세도



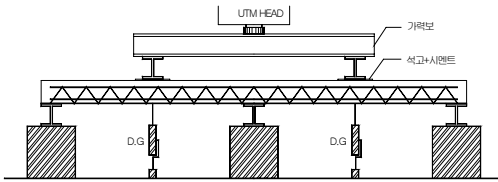
H : 아연도 강판에서부터 상부철근 상단까지의 거리
SDC-20 시험체 : H = 9cm SDD-20 시험체 : H = 12cm

(c) SDC-20 및 SDD-20 시험체 상세도

Fig. 1 시험체 상세



(a) 단순보 형태의 시험체



(b) 연속보 형태의 시험체

Fig. 2 시험체 설치

슬래브의 하중에 따른 처짐량을 측정하기 위하여 단순보 형태 시험체는 중앙부와 L/4지점에, 연속보 형태 시험체는 L/4 위치 각각에 마그네틱 베이스로 고정된 전자식 변위계(LVDT)를 설치하였고, 철선, 트러스 및 강판의 변형값을 측정하기 위하여 단순보 형태 시험체인 경우에는 L/2지점의 인장·압축 주근에 그리고 단부의 트러스 압축·인장 철선에 변위측정기를 부착하고 실험을 실시한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 일반사항

슈퍼데크를 이용한 슬래브의 내력 및 거동을 파악하기 위하여 슬래브의 두께, 트러스근의 간격, 시험체 지지형태에 따라 3개의 변수로 총 7개의 시험체를 제작하고 실험결과는 다음 Table 2와 같다.

각각의 시험체는 초기에는 중앙 인장부분에서 휨균열이 발생하였고 그후 하중의 증가에 따라 휨균열의 진전이 관찰되고, 인장철근이 항복 후에도 풍부한 연성적 거동을 나타내었다. 최종파괴는 주인장철근이 차

Table 2 실험결과

시험체명	h* (cm)	s* (cm)	L (cm)	가력 조건	최대 하중 (tonf)	항복시 하중 (tonf)	항복시 처짐량 (mm)	한계하중 처짐시 하중(tonf)	한계 하중 처짐 (mm)
SDA-15	12	15	330	1점가력 (단순보)	3.33	3.18	29.0	1.08	9.17
SDA-20	12	20	330	1점가력 (단순보)	3.53	3.08	27.5	1.47	9.17
SDA-20a	12	20	330	2점가력 (연속보)	17.01	11.42	7.8	8.33	4.58
SDB-15	15	15	330	1점가력 (단순보)	5.78	5.78	34.7	2.52	9.17
SDB-20	15	20	330	1점가력 (단순보)	4.11	3.77	22.5	2.30	9.17
SDC-20	12	20	330	1점가력 (단순보)	3.97	3.23	33.8	1.52	9.17
SDD-20	15	20	330	1점가력 (단순보)	4.90	4.21	28.6	2.25	9.17

*S : 트러스근의 간격, ht : 슬래브의 두께, L:스팬길이

레로 파단되면서 몇 차례 급격한 하중의 감소로 인한 최종파괴에 이르렀다.

3.2 데크 플레이트의 두께에 따른 영향

데크 플레이트의 두께에 따른 슈퍼데크 플레이트에 미치는 영향을 평가하기 위하여 다음과 같이 비교·분석하였다. 실험결과는 Table 3과 같고, Fig. 3에는 시험체별 하중-변위곡선을 나타내고, Fig. 4와 Fig. 5는 데크 플레이트 두께에 따른 최대하중의 변화를 나타내었다. 실험결과 SDB-15 시험체가 SDA-15 시험체보다 최대하중에서 1.60배 정도 우수한 것으로 나타났고, 트러스근의 간격이 20cm인 경우에는 SDB-20 시험체가 SDA-15 시험체보다 최대하중에서 1.21배 정도 우수한 것으로 나타났다.

Table 3 데크 플레이트의 두께에 따른 영향

구분	시험체명	ht (cm)	S (cm)	아연도 강판	최대 하중 (tonf)	항복시 하중 (tonf)	항복시 처짐량 (mm)	한계하중 처짐시 하중(tonf)	한계하중 처짐 (mm)
①	SDA-15	12	15	FLAT	3.63	3.55	32.5	1.34	9.17
	SDB-15	15			5.81	5.81	37.6	2.46	9.17
②	SDA-20	12	20	FLAT	3.33	3.08	28.0	1.49	9.17
	SDB-20	15			4.41	4.20	23.3	2.33	9.17
③	SDC-20	12	20	CELL	3.80	3.01	31.2	1.42	9.17
	SDD-20	15			4.83	4.21	26.1	2.33	9.17

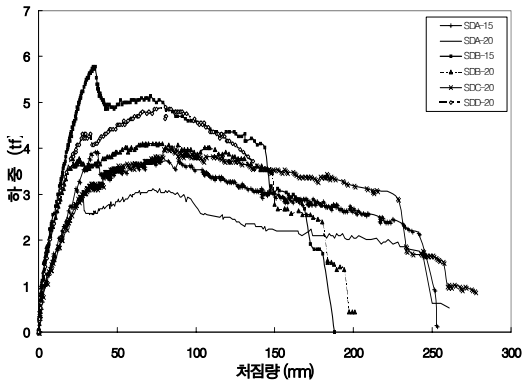


Fig. 3 하중-변위 곡선

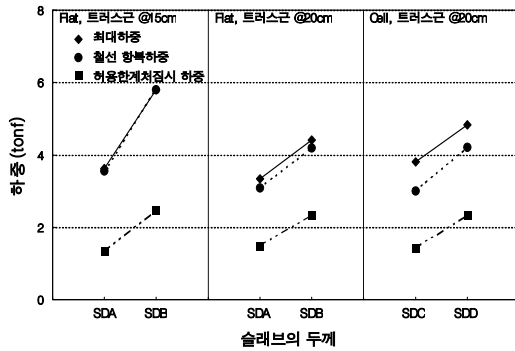


Fig. 4 데크 플레이트 두께에 따른 하중비교

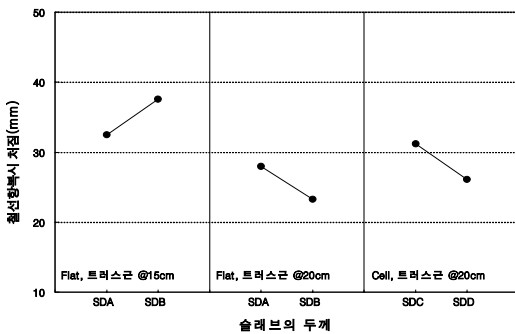


Fig. 5 데크 플레이트 두께에 따른 항복 시 처짐량 비교

트러스근 간격이 20cm이며 아연도강판의 형태가 CELL인 SDC-20과 SDD-20 시험체에 있어서는 최대하중면에서 SDD-20인 시험체가 SDC-20인 시험체보다 1.27배 우수한 것으로 나타났다.

위의 시험체들을 비교·분석한 결과 데크 플레이트 두께가 12cm에서 15cm로 커질수록 최대하중면에서는 1.27~1.60배(평균 : 1.40배) 증가하는 것을 알 수 있고, 트러스근 간격이 15cm 일때는 슬래브 두께가 12cm에서 15cm로 증가함에 따라 철선 항복하중이 3.55tf에서 5.81tf으로 1.64배 증가하였고, 트러스근 간격이 20cm인 시험체도 역시 데크 플레이트 두께가 12cm에서 15cm로 증가함에 따라 3.08tf에서 4.20tf으로 1.36배 증가하였고, CELL TYPE인 경우에는 3.01tf에서 4.21tf으로 1.40배 증가함을 나타내었다. 각 시험체별로 슬래브 두께가 12cm에서 15cm로 증가함에 따라 항복 시 강도는 평균 1.47배로 증가하였다.

항복 시 처짐량은 트러스 간격이 15cm로 동일할 때에는 데크 플레이트 두께가 커짐에 따라서 32.5mm에서 37.6mm로 1.15배 증가한 반면, 트러스근 간격이 20cm일때는 28.0mm에서 23.3mm으로 17%, CELL TYPE인 시험체에서는 31.2mm에서 26.1mm로 17% 감소하는 것으로 나타났다. 동일하게 배근된 시험체에서는 데크 플레이트 두께가 12cm에서 15cm로 증가함에 따라 항복 시 처짐량은 평균적으로 7% 감소하는 것을 알 수 있다.

규준에서 제안된 한계처짐제한 $\delta_{allow} = L/360$ 식의 값이 발생하였을 때의 하중값을 비교해보면 트러스근 간격이 15cm인 시험체에서 데크 플레이트가 12cm에서 15cm로 증가함에 따라 1.34tf에서 2.46tf으로 1.84배 증가하는 것을 알 수 있고, 트러스근 간격이 20cm인 시험체에 대해서도 데크 플레이트 두께가 12cm에서 15cm로 변함에 따라 1.49tf에서 2.33tf으로 1.56배 우수한 것으로 나타났다. CELL TYPE인 시험체의 경우에도 데크 플레이트 두께가 12cm에서 15cm로 증가되면서 한계 허용처짐시 하중값이 1.42tf, 2.33tf으로 1.64배 높게 나타났다.

데크 플레이트 두께가 12cm에서 15cm로 증가함에 따라서 한계처짐시의 하중값은 평균적으로 1.68배 높아지는 것으로 나타나 데크 플레이트가 한계처짐시하중에 큰 영향을 미치는 것으로 평가된다.

3.3 트러스근의 간격에 따른 영향

슈퍼테크를 바닥재로 사용하고 콘크리트를 타설한 바닥슬래브에 있어서 트러스근의 간격이 미치는 영향을 파악하기 위하여 다음과 같은 시험체들을 비교·분석하였다. 실험결과는 Table 4와 같고, 바닥 슬래브 두께에 따른 비교는 Fig. 6, Fig. 7에 나타내었다.

Table 4 트러스근의 간격에 따른 영향

구분	시험체명	ht (cm)	S (cm)	이연도 강판	최대 하중 (tonf)	항복시 하중 (tonf)	항복시 처짐량 (mm)	한계하용 처짐시 하중(tonf)	한계하용 처짐 (mm)
①	SDA-15 Series	12	15	FLAT	3.63	3.55	32.5	1.34	9.17
	SDA-20 Series		20		3.33	3.08	28.0	1.49	9.17
②	SDB-15 Series	15	15	FLAT	5.81	5.81	37.6	2.46	9.17
	SDB-20 Series		20		4.41	4.20	23.3	2.33	9.17

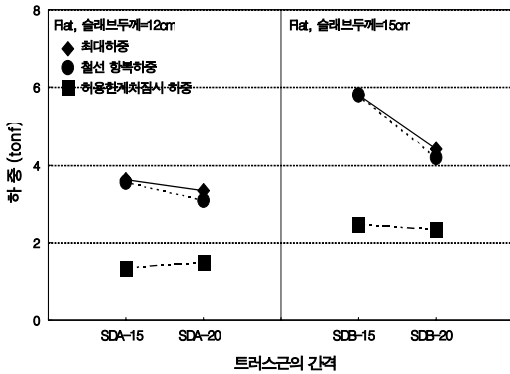


Fig. 6 트러스근의 간격에 따른 최대하중비교

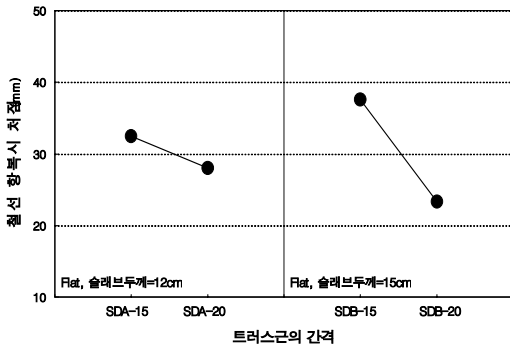


Fig. 7 트러스근의 간격에 따른 항복 시 처짐비교

슬래브의 두께가 12cm인 SDA-15와 SDA-20 시험체에서는 트러스근 간격이 15cm인 SDA-15시험체가 SDB-20인 시험체보다 1.09배 높은 것으로 나타났고, 슬래브의 두께가 15cm인 SDB-15와 SDB-20 시험체에서는 SDB-15인 시험체가 SDA-20인 시험체보다 1.32배 높은 것으로 나타나 트러스근의 간격이 20cm에서 15cm로 작아짐에 따라서 최대 강도는 평균 1.21배 높아짐을 알 수 있다. 또한, 슬래브 두께가 12cm인 시험체의 경우에는 1.09배, 15cm인 경우에는 1.32배 높게 나타나 슬래브 두께가 커질수록 트러스근의 간격에 대한 영향이 높게 나타남을 알 수 있다.

항복 시 강도는 트러스근 간격이 20cm에서 15cm로 작아짐에 따라 평균적으로 1.27배 높은 것으로 나타났다. 항복 시 처짐량은 트러스근 간격이 20cm에서 15cm로 변함에 따라 평균적으로 1.39배 높은 것으로 나타났고, 슬래브 두께가 커질수록 트러스근 간격의 변화에 대한 영향이 커지는 것으로 판단된다. 규준에서 제시된 한계처짐($\delta_{allow} = L/360$)이 발생하였을 때의 하중값의 비교에서는 하중값은 슬래브 두께가 12cm일 때, 트러스근 간격이 20cm에서 15cm로 줄어들어 따라 각각 1.49tf에서 1.34tf로 0.90배 줄어들음을 알 수 있다. 슬래브 두께가 15cm 일때에서는 트러스근 간격이 20cm에서 15cm로 줄어들어 따라 각각 2.33tf에서 2.46tf로 1.06배 높아짐을 알 수 있다.

전체적으로 볼때 트러스근 간격이 20cm에서 15cm로 줄어들어 따라 한계하용처짐시 하중값은 평균 0.98배 줄어 트러스근 간격에 대한 영향은 그다지 높지 않게 평가된다.

3.4 시험체 지지형태에 따른 영향

슈퍼테크 시험체에서 시험체의 지지형태에 따라 단순보와 연속보형태로 구분하여 중앙부 1점가력하였다. 이러한 시험체의 지지형태에 따른 영향을 파악하기 위하여 다음과 같은 시험체를 대상으로 비교·분석하고, 실험결과는 Table 5에, 지지형태에 따른 영향은 Fig. 8, Fig. 9에 나타내었다.

데크 플레이트의 두께가 12cm이고 트러스근 간격이 20cm인 시험체중 연속보인 SDA-20a와 단순보인 SDA-20 시험체에서는 SDA-20a인 시험체가 최대내력에서 SDA-20인 시험체보다 5.03배 높은 것으로 나타났다. 동일한 조건에서의 연속 스패수가 2개로 커짐에 따라서 시험체의 최대내력은 크게 증가함을 알 수 있다.

Table 5 시험체 지지형태에 따른 영향

구분	시험체명	ht (cm)	아연도 강 판	트러스 간격 (cm)	최대 하중 (tf)	항복시 하중 (tf)	항복시 처짐량 (mm)	한계허용 처짐시 하중(tf)	한계허용 처짐 (mm)
①	SDA-20a	12	CELL	20	16.74	10.73	8.1	8.04	4.58
	SDA-20		FLAS		3.33	3.08	28.0	1.49	9.17

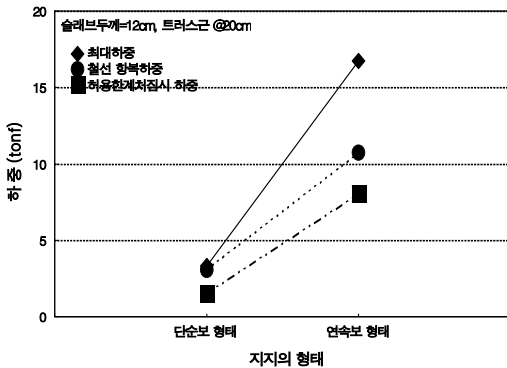


Fig. 8 시험체 지지형태에 따른 하중 비교

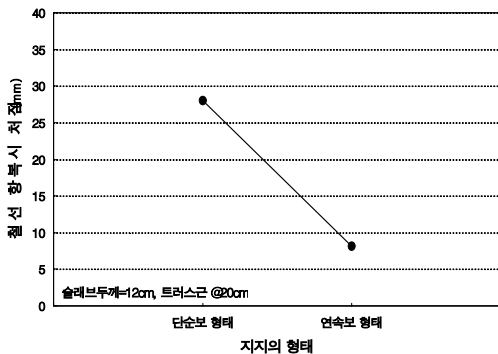


Fig. 9 시험체 지지형태에 따른 항복 시 처짐량 비교

항복 시 하중은 슬래브 두께가 12cm이고 트러스 간격이 20cm인 시험체중 연속보형태인 SDA-20a와 단순보형태인 SDA-20 시험체에서 각각 10.73tf, 3.08tf으로 나타나 SDA-20a인 시험체가 SDA-20인 시험체가 3.48배 높은 것으로 평가되었고, 항복 시 처짐량은 각각 8.1mm, 28.0mm로 나타나 SDA-20인 시험체가 SDA-20a인 시험체보다 3.46배 높은 것으로 나타났다.

연속지지된 SDA-20a 시험체의 거동은 초기에는 양스팬에서 거의 직선적이고 동일한 하중-처짐을 나타냈으나, 최대하중 이후에는 중앙부에서 철근의 항복으로 인하여 소성힌지 현상이 발견되고 그 후 양스팬에서는 서로 다른 거동을 보이며 최종파괴는 한쪽의 스패에서 발생되었다.

규준에서 제시된 허용 한계처짐 ($\delta_{allow} = L/360$)의 하중값과 시험결과값을 비교하여보면 데크플레이트 두께가 12cm이고 트러스근 간격이 20cm일때, 단순보형태 시험체에 비해 연속보형태 시험체는 스패가 1/2로 줄어들어 따라 한계허용처짐 시 하중이 각각 1.49tf, 8.04tf으로 나타나 연속보형태일때가 단순보형태인 SDA-20시험체보다 5.40배 높게 평가되었고, 스패가 줄어들어 따라 초기 한계허용처짐시의 하중이 크게 증가되는 것으로 판단된다.

4. 결론

트러스근을 적용한 슈퍼데크 플레이트의 구조성능을 평가하기 위하여 현장에서와 동일한 조건에서 시험체를 제작하여 실험한 결과를 비교·분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 데크 플레이트 두께가 12cm에서 15cm로 증가함에 따라 최대하중은 1.27~1.60(평균 1.40)배 우수한 것으로, 항복 시 하중은 1.36~1.64(평균 1.47)배 우수한 것으로 평가되었고, 초기강성은 데크 플레이트 두께가 커짐에 따라 증가하고, 동일한 두께에서는 거의 유사한 하중-처짐곡선의 양상을 나타내는 것으로 나타났다.
- 2) 트러스근 간격에 따른 영향에서는 20cm에서 15cm

로 줄어들어 따라 최대하중은 평균적으로 1.21배, 항복 시 강도는 1.27배, 항복 시 처짐량은 1.38 배로 높아지는 것으로 나타났다.

- 3) 시험체 지지형태에 따른 영향은 연속보형태인 시험체가 단순보형태보다 최대하중면에서는 3.33tf에서 16.74tf으로 5.03배 우수한 것으로, 항복 시 하중은 3.48배, 항복 시 처짐량에서는 3.45배 낮은 것으로 나타났다.
- 4) 연속되는 스패 수에 따라 최대내력 및 처짐이 상당한 차이를 나타내고 있어, 보다 합리적인 데크 플레이트 설계를 위해서는 연속 스패수에 따른 내력 및 처짐에 대한 연구가 향후 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. “콘크리트 구조설계기준 건축구조물설계예문집”, 대한건축학회, 2000.
2. 주기수, 박성무, “합성데크슬래브의 휨 강도산정에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집(구조계) : v.17 n.8, 2001. 8.
3. 장극관, 박성무, 이리형, “슬래브 형상에 따른 합성보의 쉬어코벡터 내력”, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계), v.3, n.1, 1983. 4, pp. 131~135.
4. 이리형, 이재연, 최종철, “합성바닥 구조 시스템에서 슬래브의 길이 방향 전단내력에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, v.6, n.3, 1990. 06, pp. 241~251.
5. 김창우, 최성모, 엄철환, 강도안, 최완철, 문태섭, 김규석, 김덕재, 김동규, “신형상의 데크플레이트를 이용한 합성슬래브의 구조적거동에 관한 연구”, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계), v.17, n.1, 1997. 4, pp. 477~481.
6. 김형준, 허충, 김진호, 윤명호, 이명재, 문태섭, 김규석, 김덕재, 김동규, “합성용 데크플레이트를 이용한 신형상 합성슬래브의 구조적 거동에 관한 연구”, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(구조계), v.17, n.1, 1997. 04, pp. 469-475.
7. “Building Code and Commentary(ACI 318-95)”, America Concrete Institute.
8. H. Lambotte and L. R. Taerwe, “Deflection and Cracking of High-Strength Concrete Beams & Slab”, ACI, SP-121, 1990, pp 109-128.

(접수일자 : 2003년 1월 5일)