I-슬래브의 휨 거동에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Flexural Behavior of I-Slab

김 승 훈* 강 인 석** 이 한 승***

Kim, Seung-Hun Kang In-Suk Lee, Han-Seung

ABSTRACT

Where the self weight of the overall slab needs to be considered, the quantity of in-situ concrete required can be reduced by the introduction of polystyrene void forms supplied and fixed to the precast panel during manufacture. In this study, new I-slab system with polystyrene form and precast concrete deck is proposed to reduce the construction period and the self weight of the slab. This paper presents experimental data on the flexural behavior of I-slabs which consists of half precast concrete slab, new lightweight polystyrene form, and in-situ concrete. Ten specimens were tested. The main test variables were the type of slab(one-way, two-way), the type of polystyrene form, the slab thickness, the existence of polystyrene form, and the post-tension. Structural performance of slab-column connections were evaluated on the basis of flexural strength, stiffness, and the deflection. Based on the test results, the flexural strength of I-slab with new polystyrene form is increased by reducing the self weight of slab and is greater than nominal moment strength. The deformation capacity of I-slab with the proposed polystyrene form is superior to the previous polystyrene form.

요 약

설계상 슬래브의 중량이 문제가 될 때, 프리캐스트 콘크리트 판넬에 폴리스티렌 폼을 설치함으로써 콘크리트 양을 감소시킬 수 있다. 본 연구에서는 폴리스티렌 폼과 프리캐스트 콘크리트 슬래브 데크를 사용하여 공기를 단축하고 슬래브 중량을 감소시킬 수 있는 새로운 I-슬래브 시스템을 제안하였다. 본 연구에서는 슬래브의 중량을 감소시키고 장경간을 확보하기 위해 부분 PC 슬래브 위에 경량폼을 설치한 후 덧침콘크리트를 타설하여 시공되는 I형 슬래브에 대하여 실험을 통한 휨 거동을 파악하고자 한다. 실험변수는 슬래브의 종류(일방향 슬래브, 이방향 슬래브), 경량폼의 형상, 슬래브 두께, 경량폼의 유무, 포스트텐션 도입유무 등이다. 실험을 통하여 이들 변수에 따른 내력, 강성, 처짐 등을 비교하였다. 실험결과 본 연구에서 개발된 경량폼을 사용한 I-슬래브가 슬래브 중량감소에 따른 내력 증가를 보였으며, 최대강도는 기준식을 이용한 공칭강도 보다 크게 나타났다. 또한 변형성능에 있어서도 기존 경량폼에 비하여 우수함을 확인하였다.

*정회원, 한밭대학교 건축공학과 조교수

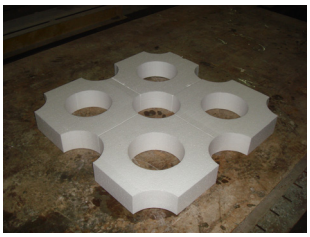
**정회원, 토탈이엔씨 대표

***정회원, 한양대학교 건축공학과 부교수

1. 서론

슬래브 중량이 설계에 문제가 될 때, 프리캐스트 콘크리트 판넬에 폴리스티렌 폼을 설치함으로써 콘크리트 양을 감소시킬 수 있다. 본 연구에서는 폴리스티렌 폼과 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete, PC) 슬래브 데크를 사용하여 공기를 단축하고 슬래브 중량을 감소시킬 수 있는 새로운 I-슬래브 시스템을 제안하였다. 그림 1은 본 연구에서 제안된 새로운 폴리스티렌 경량폼(PF1, PF2)을 나타내고 있다.

(a) PF1



(b) PF2

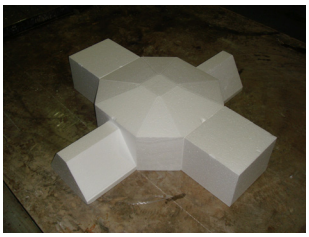


그림 1 경량폼 형태

본 공법에서 개발한 I-슬래브 시스템은 경량폼의 형태가 기존의 직사각형 형태가 아니고, 경간 전체에 걸쳐 단면의 형상이 변화한다. 특히, PF2 경량폼의 경우 콘크리트 플랜지만 있고 콘크리트 웨브가 없는 단면도 경간 내에 존재한다. 이와 같이 경간 내에서 경량폼의 형태에 따라 웨브 부분의 단면이 변화될 경우 단면강성이 변화될 수 있고, 하부 플랜지에 해당하는 PC 데크와 상부 플랜지에 해당하는 덧침콘크리트 판과의 합성에 영향을 미칠 수 있다. 또한 I-슬래브를 이방향 슬래브로 설계될 경우 트러스근의 직각방향으로는 한 경간 내에 여러개의 PC 슬래브 판이 접합됨으로 인하여 슬래브의 휨성능이 상이할 수 있다. 특히, 트러스근 직각방향으로 휨에 의한 인장력을 받는 하부 철근이 PC 슬래브 바로 위에 배근됨으로 인하여 부착성능이 저하되고 이에 따라 휨성능이 떨어질 수 있다. 이상과 같이 경량폼의 형태 및 배치에 따른 일방향 및 이방향 I-슬래브의 휨성능을 평가할 필요가 있다.

본 연구에서는 일방향 및 이방향 I-슬래브에 대하여 경량폼의 형상, 슬래브 두께, 경량폼의 유무, 포스트텐션 도입유무 등을 주요변수로 한 실험을 통하여 휨성능을 평가하고자 한다. 실험을 통하여 이들 변수에 따른 내력, 강성, 처짐 등을 비교하였다.

2. 실험

표 1의 실험체 일람과 같이 일방향 및 이방향 슬래브의 휨성능을 평가하기 위하여 주요 실험변수에 대한 총 10개의 실험체를 계획하였다.

S1 계열 실험체는 일방향 슬래브로서 본 공법에서 제안된 두가지 형태의 경량폼(PF1 및 PF2)과 기존의 직사각형 경량폼 등의 경량폼(PF))과 경량폼의 유무, 슬래브 두께(210mm, 310mm) 등이 주요 변수이다. S2 계열 실험체는 이방향 I-슬래브의 휨성능 평가를 목적으로 한 것이며 경량폼의 형태(PF0, PF2), 슬래브 두께(210mm, 310mm), 포스트텐션 도입 등이 주요 변수이다.

실험체 설치는 중앙부 2점 하중을 받는 단순보 형태로 설치하였다. 슬래브 두께가 210mm인 실험체는 순경간 5m로 설치하였으며, 슬래브 두께가 310mm인 실험체는 순경간 6m로 설치하였다. 중앙부 2점 하중 가력점 간격은 1m로 하였다. 변위계를 이용하여 중앙부 처짐을 측정하였으며 철근변형률게이지를 이용하여 중앙부 상하단 철근의 변형률을 측정하였다.

표 1 I-슬래브 휨 실험체 일람

실험체명	실험체 크기(하부철근 상세)	경량폼 형태	슬래브 두께	중공비
S1-1	1200*210*5200(6-D13)	PF0	210mm	0.190
S1-2	1200*210*5200(4-D13+2-D10)	PF1	210mm	0.260
S1-3	1200*210*5200(6-D13)	PF2	210mm	0.169
S1-4	1200*310*6400(6-D13)	PF2	310mm	0.296
S1-5	1200*310*6400(6-D13)	없음	310mm	0.000
S2-1	1200*210*5200(6-D16)	PF0	210mm	0.190
S2-2	1200*210*5200(6-D16)	PF2	210mm	0.148
S2-3	1200*310*6400(6-D16)	PF0	210mm	0.272
S2-4	1200*310*6400(6-D16)	PF2	310mm	0.279
S2-5	1200*310*6400(4-D16+4-7연선)	PF2	310mm	0.279

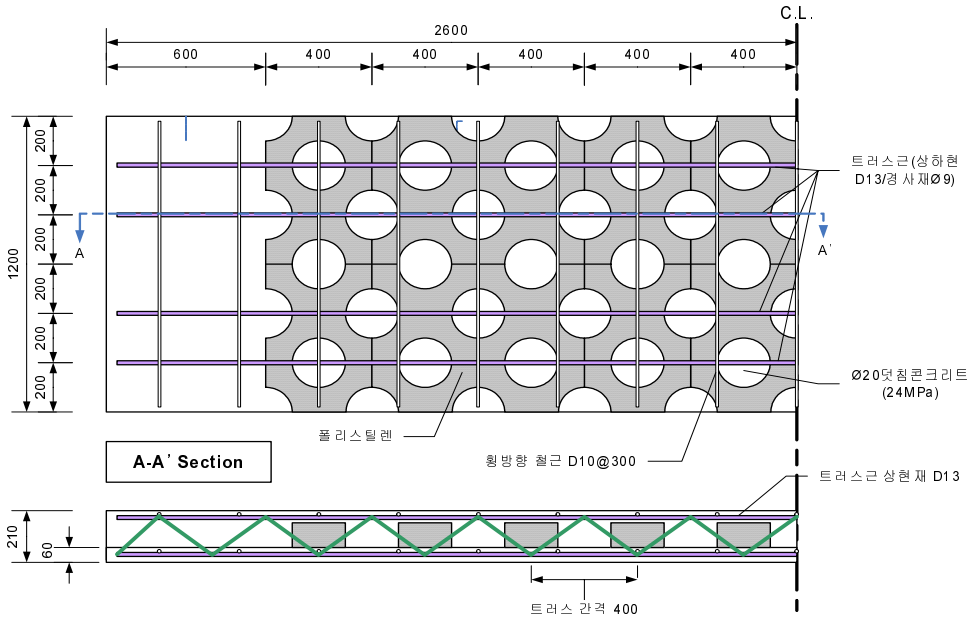


그림 2 S1-2 실험체 형상 및 배근상세

형에 따른 처짐을 측정하였다. 또한 철근 변형률 게이지를 설치하여 PC슬래브 내부 철근 및 덧침 콘크리트 내 하부철근의 철근 변형률을 측정하였다. 실험체 제작에 사용된 PC 슬래브와 덧침콘크리트 부분에 사용되는 콘크리트의 설계기준강도는 각각 30MPa, 24MPa이며, 철근은 SD40을 사용하였다.

3. 실험결과 및 분석

표 2는 실험하중 및 자중에 의하여 슬래브 중앙에 작용한 휨모멘트와 단면의 공칭휨강도를 비교하여 나타낸 것이다.

모든 실험체가 중앙부 휨파괴로 파괴형상이 나타났으며, 일방향 슬래브에서 초기 강성은 기존 직육면체 PF0 경량폼을 사용한 실험체가 PF1 및 PF2 경량폼을 사용한 실험체에 비하여 크게 나타났지만 할선강성은 유사하게 평가되었다. 대부분 실험체가 항복이후 연성적인 거동을 하였으며 부재각 0.08 rad 까지 최대하중의 90%이상으로 거동하여 전형적인 보의 휨거동 양상을 보였다.

표 2 이론강도와 실험강도의 비교

실험체명	이론 휨강도 M_n(kN·m)	자중에 의한 휨모멘트 M_{u1}(kN·m)	하중가력에 의한 최대 휨모멘트 M_{u2}(kN·m)	최대 실험 휨강도 $M_u=M_{u1}+M_{u2}$ (kN·m)	M_u/M_n
S1-1	79.97	14.98	65.57	80.55	1.01
S1-2	81.40	13.91	71.11	85.02	1.04
S1-3	79.97	15.47	68.80	84.27	1.05
S1-4	123.84	27.76	107.29	135.05	1.09
S1-5	123.84	39.41	102.01	141.42	1.14
S2-1	71.14	15.10	66.41	81.51	1.15
S2-2	71.31	15.87	64.78	80.65	1.13
S2-3	123.66	28.78	131.69	160.47	1.30
S2-4	123.66	28.52	134.23	162.74	1.32
S2-5	223.80	28.52	220.17	248.69	1.11

일방향 슬래브에서 PF1 경량폼을 사용한 실험체가 기존 직사각형 형태의 PF0 경량폼을 사용한 실험체와 팔각형 형태의 PF2 경량폼을 사용한 실험체에 비하여 중공비가 커서 슬래브 중량 감소로 인하여 최대 실험하중이 각각 8%, 5% 증가하였다. 이방향 슬래브에서도 중공비가 증가할수록 슬래브 중량 감소로 인하여 실험 휨하중이 크게 나타났다. 포스트텐션을 도입한 실험체가 도입하지 않은 실험체에 비하여 67% 최대 실험하중이 증가하였다. 이를 볼 때, 포스트텐션을 도입함으로써 휨 내력 및 강성을 크게 증가시킬 수 있음을 알 수 있다. 결과적으로 본 연구에서 개발된 PF1, PF2 경량폼이 기존 PF0 경량폼에 비하여 휨강도 및 변형성능이 우수한 것으로 평가되었다.

모든 실험체의 최대 실험휨강도/이론 휨강도가 1.01 이상으로 나타나 이론식이 안전측으로 실험내력을 평가함을 볼 때 기존 이론 휨강도식을 사용하여 I-슬래브의 휨 내력을 평가하는데 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

4. 결론

이상의 실험결과로부터 I-슬래브를 사용한 일방향 슬래브에 대하여, 본 연구에서 개발된 PF1, PF2 경량폼이 기존 경량폼에 비하여 휨강도 및 변형성능이 우수한 것으로 나타났다. 특히, PF1 경량폼을 사용할 경우, 중공비가 커서 슬래브 중량 감소로 인하여 휨 성능을 증가시킬 수 크게 증가 시킬 수 있었다. 그리고 경량폼을 사용한 슬래브의 휨내력을 평가할 시 기존 이론 휨강도식을 사용할 수 있을 것으로 사료된다. 이방향 슬래브로 사용되는 I-슬래브에 대해서는 경량폼 PF2가 이방향 슬래브 사용에 적합한 것으로 나타났으며, 포스트텐션을 도입함으로써 휨 내력 및 강성을 크게 증가시킬 수 있는 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 (주)삼성중공업의 연구비 지원하에 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 대한건축학회, 건축구조설계기준, 2005.
2. 건설교통부, 공동주택 바닥충격음 타단구조인정 및 관리기준, 2006