

계면 전단 보강근 길이 및 형태 변화에 따른 PC/PS-Half Slab의 휨 거동

Effect of Different Interfacial Shear Reinforcement Lengths and Types on Flexural Behavior of PC/PS-Half Slab

이 차 돈*

Lee, Chadon

이 종 민**

Lee, Jong Min

ABSTRACT

Total number of seven experimental specimens of size 4.6m x 2.4m are designed in full scale with due considerations given to the constructability as well as economic applications. Each specimen is made with different shapes of trusses or hooks along the interfacial surface between precast panel and topping concrete to maintain appropriate shear resistance. Structural performances in terms of strength and ductility under flexural load are examined for each specimen with different types of interfacial shear resistance reinforcements. Experimentally obtained flexural strength are also compared with those of analytical predictions. Based on experimental and analytical studies, design equations are suggested for the developed precast prestressed concrete half-slab systems.

1. 서론

하프-PC 슬래브는 적층공법에 적용되어지는 요소 부재로서 철근만으로 보강되어진 판과 프리스트레싱 되어진 판으로 구분되어진다. 철근만으로 보강되어진 하프-PC 슬래브의 경우 균열 발생우려가 많으며, 장 경간에 적용이 어렵다는 단점을 가지고 있는 반면에 프리스트레싱 되어진 하프-PC 슬래브의 경우 균열의 발생을 억제할 수 있으며 장 경간에 적용 가능하다는 장점을 가지고 있다.

현장타설 철근콘크리트조의 바닥판 시공은 오랜 양생기간이 필요하고 콘크리트 타설 시 거푸집 및 동바리 그리고 가설재가 많이 소요되어 작업성이 나쁘며 최근 형틀목공, 철근공 등의 현장 3D업종이 감소하고 있는 추세를 고려할 때 슬래브 거푸집 공사를 단순화하는 것이 매우 필요하다. 이러한 이유로 인하여 거푸집공사를 단순화하고 작업성이 우수하고 현장치기 철근콘크리트와 프리캐스트의 장점을 취한 부분PC공법의 연구개발이 시급하다 하겠다.

이에 본 연구에서는 실험자료를 통한 구조안전성에 대한 검토를 하고 국내실정에 적합한 하프 프리캐스트 프리스트레스트 슬래브 시스템의 국내활용을 연구하고자 한다.

* 정회원, 중앙대학교 건설대학 건축공학과 교수, 공학박사, 건축구조기술사, 미국기술사(P.E.)

** 정회원, 삼연PCE(주) 구조팀장

2. 실험계획

그림 1 및 그림 2는 본 연구에서 고찰하고자 한 트러스근과 전단보강 배근형태인 HOOK를 나타낸다. 하나는 현재 국내에서 가장 일반적으로 적용되고 있는 전단보강 배근형태인 트러스근(그림 1)을 배근한 경우이고 다른 하나는 국외에서 사용되고 있는 전단보강 배근형태인 HOOK(그림 2)를 단부만 배근한 형태이다. 이와 같이 서로 다른 트러스 형상의 내력을 각각 비교하기 위하여 실험체의 형상을 달리하여 제작하였다.

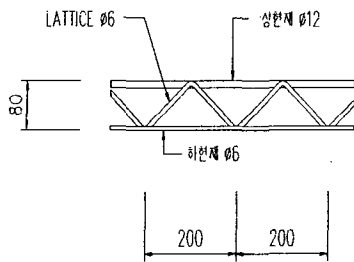


그림 1 트러스 Girder 보강근

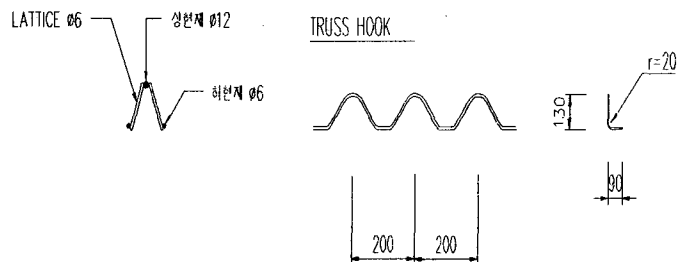


그림 2 Truss Hook 보강근

2.1 실험체의 구성

실험체의 크기 및 구성은 <표 1>과 같다. 실험체 배근은 (그림 3) - (그림 5)에 나타낸 바와 같다.

표 1 실험체의 크기와 구성

실험체	실험 내용	실험체의 크기 (m)	T/S두께 (H.S두께) (mm)	실험체 갯수	가력위치	실험대상부위
HSH-A	PC슬래브 양중시, 운반시, 적재시 및 시공시의 구조 내력검토	2.4 X 5.0	0 (70)	1	L/3	HALF PS SLAB
CHST-A	합성슬래브 중앙부의 휨 내력 검토	2.4 X 5.0	100 (70)	2	L/3	합성슬래브
CHST-B				2	L/3	합성슬래브,
CHSH-A				2	L/3	합성슬래브

2.2 기준식에 의한 예상하중 산정

콘크리트 구조설계 기준에서 제시한 극한 휨모멘트 산정식을 근거로 파괴하중을 산정 하였으며, 초기 균열하중은 프리스트레스력에 의한 영향을 고려하여 산정 하였다. 이들 이론 예측치들은 <표 2>에 나타내었다.

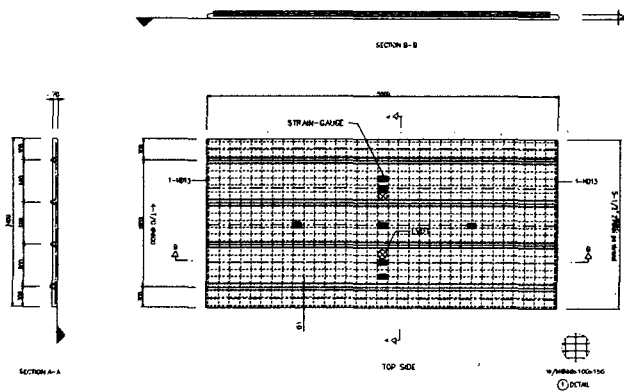


그림 3 HST-A 계열 배근 및 스트레인게이지 부착도면

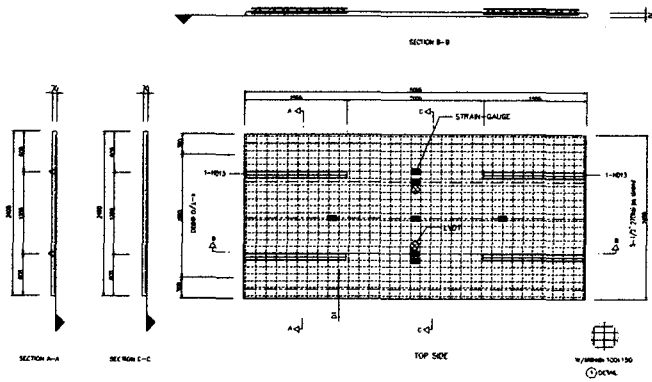


그림 4 HST-B 계열 배근 및 스트레인게이지 부착 도면

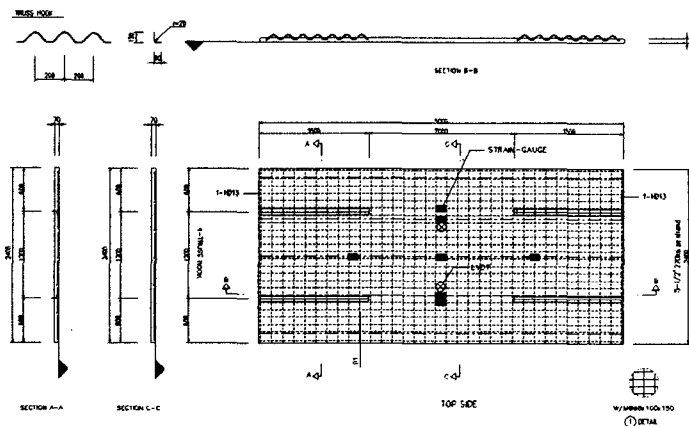


그림 5 HSH-A 계열 배근 및 스트레인게이지 부착 도면

3. 휨 내력 실험

모든 실험체에 대하여 전단 스패닝비(a/d)는 8.82로 하였고 가력 시간은 처짐기준으로 100mm/hr으로 하였다. 하중 가력은 단순 정방향으로 하였다.

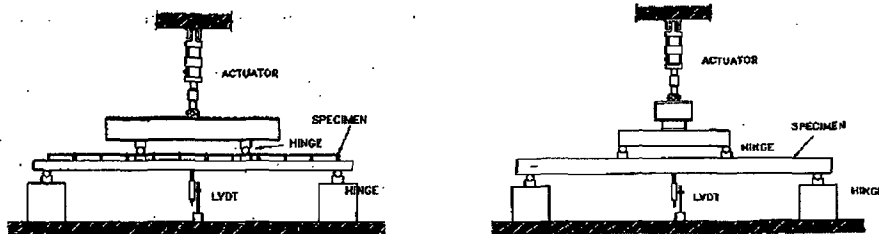


그림 5. 하프-PS 슬래브 및 합성슬래브 가력장치 및 셋팅 상황

하프-PS 및 합성슬래브의 구조내력을 검토하기 위해 2.4m X 5.0m의 슬래브판(그림 5)을 2점에 각각 Loading Beam을 통해 하중을 가력 하였으며, 슬래브판 양단에 힌지를 설치하여 지지하였다. 이때 가력간 거리는 1.6m이고 지점간 거리는 4.6m로 하였다. 슬래브 중앙에 각각 LVDT를 2개 설치하여 슬래브 중앙부의 처짐을 측정하였다. 각 시험체는 정방향 단순증가하중으로 가력하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 균열 및 파괴상황

스팬 4.6m를 적용하여 실험한 시험체의 균열 및 휨 파괴거동을 보면 균열의 양상은 가력점 밑에서 초기 휨균열이 발생한 후 지속적으로 새로운 균열들이 발생되어 중립축까지는 수직으로 진행되었고, 중립축을 넘어서 가력점으로 경사져 진행되었다. 균열폭은 최종 파괴시까지 약 2mm를 초과하지 않았다. 그러나 균열은 실험체의 전 단면에 걸쳐 상당히 폭 넓게(70~100mm) 발생되었으며 전형적인 휨 파괴를 하였다.

4.2 휨 실험 결과 및 분석

(그림 6) 및 (그림 7)은 하중-변위($P-\delta v$)관계 곡선을 나타낸다. 실험체의 변수에 따라 약간의 다른 내력 및 변위 성향을 보이긴 하였으나 전체적으로는 거의 유사한 형태를 나타내고 있다. 실험결과 강도설계기준 공칭휨강도 산정방법의 예측강도에 대하여 각 계열별 실험체 모두 평균 10~20%이상의 휨 내력을 나타내었다.

4.3 휨실험 비교

총 7개의 실험체에 대한 실험을 수행하였으며, 강도설계기준 공칭휨강도 산정방법의 예측강도에 대한 실험결과와의 비율은 세가지 형태의 실험체 모두 평균 20%이상의 휨내력을 보여주었으며, 아울러 설

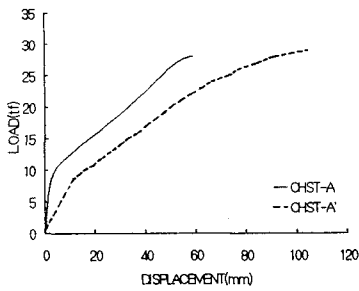


그림 6. HST-A계열

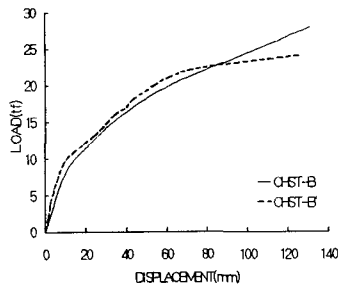


그림 7. HST-B계열

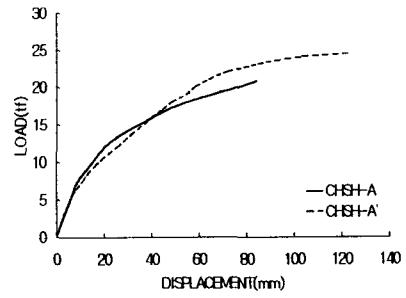


그림 8. HSH-A계열

계강도 또한, 모든 실험체가 20.2tf.m를 상회하여 종국 파괴되었다(<표 2> 참조). 한편, 초기 균열모멘트 실험결과는 초기 균열모멘트 예측식에 의한 계산치 6.24tf.m와 유사하게 발생되었다.

표 2. 하프-PS 슬래브 휨강도 비교

실험체 명	압축강도 (kgf/cm ²)		초기균열 발생시				최종 파괴시			파괴형상
			①	②	지점반력	변위	파괴	적용된	변위	
	PC	Toppling	Mcrs	Mcrf	(ton)	(mm)	휨모멘트	휨모멘트	(mm)	
CHST-A계열	350	270	6.24	6.375	4.25	7.7	20.2	24.5	81.7	휨균열후 전단파괴
CHST-B계열	350	270	6.24	6.98	4.65	11.45	20.2	23.1	127.9	휨균열후 전단파괴
CHSH-A계열	350	270	6.24	6.15	4.10	12.65	20.2	23.95	110.9	휨균열후 전단파괴
평균	350.00	270.00	6.24	6.50	4.33	10.60	20.20	23.85	106.83	

세가지 서로 다른 보강형태를 가진 실험체의 휨파괴 강도는 모두 유사한 값을 나타내었다. 초기 휨균열강도 및 사용하중 작용 시의 평균처짐 또한 모두 사용성에 문제가 없음이 고찰되었다. 실험체의 파괴 거동은 세가지 시험체 모두 가력점 밑에서 초기 휨균열이 발생한 후 지속적으로 새로운 균열들이 발생되어 중립축까지는 수직으로 휨균열이 진행되었고, 중립축을 넘어서 가력점으로 경사져 진행되어 전단파괴 거동을 나타내었다. 균열폭은 최종 파괴시까지 약 2mm를 초과하지 않았다. 그러나 균열은 실험체의 전 단면에 걸쳐 상당히 폭 넓게(70~100mm) 발생되었다. 최종파괴는 연성파괴를 보여주어 안전한 파괴거동을 보여주었다. 이러한 휨실험결과로 단부에만 보강근을 사용하더라도 전체적인 구조성능에는 차이가 없다는 것을 알 수 있었다.

5. 결론

기준식을 근거로 단면설계를 수행하여 휨실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 구조 안전성 평가

- 1) 본 연구에 적용된 단면은 사용하중 범위 내에서 균열발생이 없었고, 휨 공칭 강도를 평균 약 10%를 상회하여 최종 휨파괴가 발생하였다.
- 2) 실험체의 처짐 또한, 사용하중 범위 내에서 허용처짐($\frac{l}{360}$) 보다 적게 발생하여 사용성을 만족함이 고찰되었다.
- 3) 균열은 실험체의 전 단면에 걸쳐 골고루 70~100mm 간격으로 분포되어 바람직한 균열 양상을 나타내었다.
- 4) 실험체의 파괴거동은 연성거동을 보여주었다.

(2) 경제성 평가

- 1) 실험결과 세가지 전단보강형태 모두 구조적인 안전성이 확보되고 구조성능의 차이가 나지 않았으므로 단부형의 하프-PS슬래브를 적용하여도 무방하다고 판단되며 특히 상부 전단 보강근 감소로 인한 경제성 확보가 가능한 것을 보여주었다.
- 2) 장 경간이 가능하여 하프 슬래브 및 PC제품의 조립매수 감소로 인한 경제성 또한 확보할 수 있다.

(3) 품질 평가

- 1) 일반 철근콘크리트 구조에 비하여 초기 균열하중이 40%이상 증가되고 사용하중 하에서 균열 발생의 염려가 없다.
- 2) 탈형 및 운송, 그리고 조립 시에 대한 균열 저항능력이 우수하여 초기균열 발생을 억제할 수 있다.

참고 문헌

1. 건설부, 프리캐스트 콘크리트 조립식건축 구조설계기준 및 해설, 1992.
2. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준·해설, 2000.
3. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준 건축구조물 설계 예제집, 2000.
4. 한국기술정보원, 적층공법 및 복합화공법의 기본이 되는 하프슬래브공법, 1994.
5. 단국대학교, 삼성건설, 삼성 부분PC 슬래브 시스템의 구조성능 실험연구, 1993.
6. 한국건설기술연구소, 초고층 건물 바닥판 구조의 조립화에 관한 연구, 1992.
7. Edward G. Nawy, Prentice Hall, New Jersey, Prestressed Concrete, A Fundamental Approach, Third Edition, 2000.
8. Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, PCI Design Handbook, Precast and Prestressed Concrete, Fourth Edition, 1992.
9. American Concrete, Detroit, MI, Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-99), 1999.
10. William R. Phillips, PCMA, Plant cast Precast and Prestressed Concrete, A Design Guide, Second Edition, 1980.