

플랫 플레이트 구조에서 뚫림전단에 대한 전단보강체의 보강능력

Shear Capacity of Shear Reinforcement for Punching Shear in Flat Plate Structure

김 준 서* 최 현 기** 진 언 식*** 백 영 수**** 최 창 식*****
Kim, Jun Seo Choi, Hyun Ki Jin, Eon Sik Baek, Young Soo Choi, Chank Sik

ABSTRACT

As a part of a research program to study the shear reinforcement of flat plate system, this investigation aimed to determine the effect of shear reinforcement type on punching shear strength of monolithic slab-column connection. A total of 5 specimens were fabrication and tested. The dimension of the slab were 2.63*2.725*0.18m, with a centrally located column 0.6*0.8m in cross section. Experimental results showed that the CFS shear reinforcement was not effective because of lack of proper bond with concrete. 3 shear reinforcement except of CFS showed high effectiveness, which resulted in a considerable increment of the punching shear resistance of the connection.

요 약

본 연구는 플랫 플레이트의 전단보강체에 관한 연구의 일부이고, 슬래브-기둥 접합부의 수직전단력 실험에서 보강체의 종류에 따라 뚫림전단강도에 대한 영향을 확인하는 것을 목표로 한다. 제안된 4개의 보강체는 s/s bar, c/s bar, wiremesh, CFS이다. 전체 5개의 실험체를 제작하고 실험을 행하였으며, 슬래브의 제원은 2.63*2.725*0.18m이며, 중앙에 0.6*0.8m의 단면을 가진 기둥을 가지고 있다. 실험결과를 요약하면 CFS 전단보강체는 콘크리트와의 부착이 충분히 되지 않아서 보강체가 보강력을 발휘하기 전에 보강체와 콘크리트가 분리되어 보강효과를 발휘하지 못하였다. CFS를 제외한 3개의 전단보강체는 슬래브-기둥 접합부의 뚫림전단 저항력을 증가시켜 높은 보강효과를 나타내었다. 전단보강이 되지 않은 실험체에 비하여 강도면에서는 16~35%의 증가율을 보였고, 변형능력면에서는 35~63%의 증가율을 보였다.

-
- *정회원, 한양대 건축환경공학과 석사과정
 - **정회원, 한양대 건축환경공학과 박사과정
 - ***정회원, 벽산건설(주) 이사
 - ****정회원, 현대산업개발(주) 기술연구소 연구원
 - *****정회원, 한양대 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서론

현재 국내에서는 주거건물의 고층화와 가변형 건축평면에 대한 관심이 증가하면서 무량판 구조형식을 적용한 고층주거건물들이 건설되고 있다. 이러한 무량판 구조형식은 보가 없기 때문에 보-기둥 골조에 비하여 구조적인 취약점을 갖게 되는데 대표적인 것이 접합부의 뚫림전단 파괴이다. 면부재와 선부재료의 직접적인 하중전달에 의하여 선부재인 기둥 주위에 응력이 집중되어 접합부 전단파괴를 유발하며, 접합부 파괴는 연쇄적인 붕괴를 유발하여 구조물 전체의 붕괴를 유발할 수 있다. 이에 뚫림전단파괴에 매우 취약한 무량판 구조의 구조적 안정성을 확보하고자 국내외에서 다양한 보강상세가 개발되고 있다.

본 연구에서는 지금까지 개발된 보강상세와 본 연구에서 제안된 보강상세의 강도, 연성도를 평가하여 플랫 플레이트 슬래브-기둥 접합부의 안

1.2 연구내용

본 연구에서의 일반적인 판상형 플랫 플레이트 구조의 공동주택에서 실험체를 선정하여 제안된 4개의 보강체를 설치하여 5개의 연직하중을 재하하는 형태의 실험을 하였다. 제안된 보강체와 기존의 보강체를 비교하고자 한다. 본 연구에서 수행할 주요 연구항목은 다음과 같다.

- 플랫 플레이트 구조에서 제안된 보강체의 구조적 거동
- 기존의 보강체와 제안된 보강체의 비교

2. 실험

2.1 실험체 계획

본 연구에서의 대상건물은 20층 규모의 공동주택을 선정하였으며, 2.7m의 층고를 갖는다. 횡력 저항 시스템으로는 보통 철근 콘크리트 전단벽을 사용하여 모든 횡하중에 대하여 저항하도록 하고, 중력하중에 대해서는 플랫 플레이트가 저항하도록 설계된 시스템이다. 실험체는 중앙의 기둥과 1/2 경간을 갖는 슬래브로 구성되었다. 슬래브에 중력하중이 재하되면 경간의 1/4지점에서 변곡점이 발생한다는 가정을 사용하여 경간의 1/4 지점에서 슬래브의 단부는 단순지지되었다. 슬래브의 단부조건을 만족시켜주기 위하여 양 단부에서 150mm씩 확장하여 실험체를 제작하였다. 실험체의 크기는 2725mm*2620mm 이며, 실험의 용이성과 제작의 편의를 위하여 기둥을 1m로 제작하였다. 슬래브의 상·하부에는 D13철근이 배근되었으며, 실험체의 유효두께는 150mm이며, 슬래브의 유효폭(c+3h)내에 철근을 집중배치하였으며, 기둥은 D25 철근으로 배근되었다. 콘크리트의 압축강도는 21.8MPa이고 철근의 인장강도는 491 MPa이다.

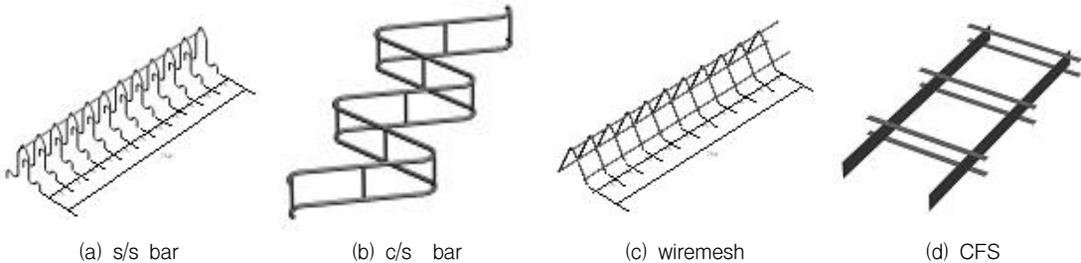
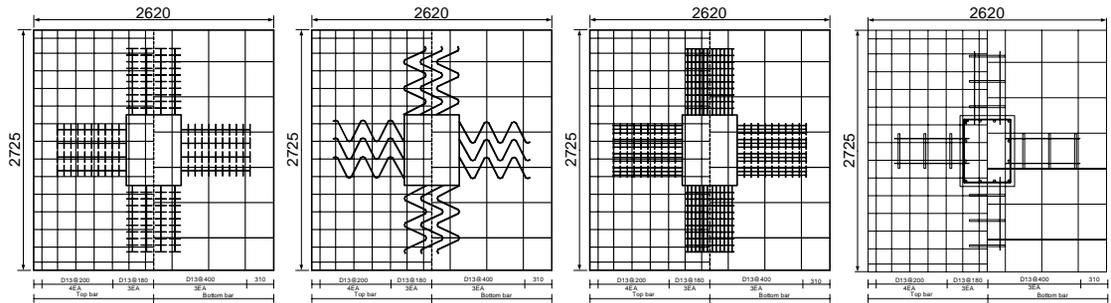


그림 1 보강체 상세



(a) FP-S/S bar 설치도면 (b) FP-C/S bar 설치도면 (c) FP-wiremesh 설치도면 (d) FP-CFS 설치도면
그림 2 보강채 설치상세

3. 실험결과

표 1 실험결과

specimen	Yield load V_y (kN)	Ultimate load V_{max} (kN)	Yield deflection δ_y (mm)	Ultimate deflection δ_{max} (mm)	Strength ratio	Deflection ratio	Displacement ductility δ_{max}/δ_y
Control	440.10	513.66	26.45	36.97	-	-	1.40
FP-S/S bar	473.10	594.62	25.16	50.99	1.16	1.38	2.03
FP-C/Sbar	521.18	625.68	26.38	50.01	1.22	1.35	1.90
FP-Wiremesh	541.44	693.30	23.94	60.27	1.35	1.63	2.52
FP-CFS	483.91	509.99	31.85	36.90	0.99	1.00	1.16

3.1 하중-변위

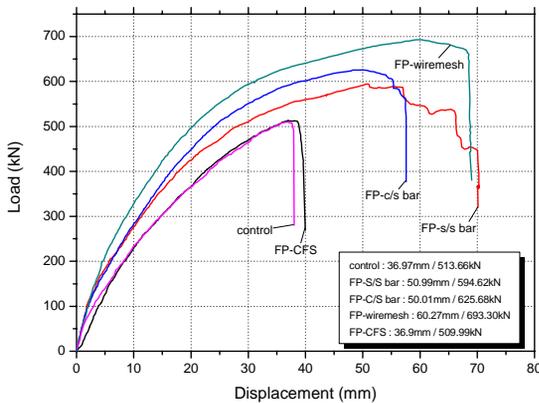


그림 2 하중-변위 관계

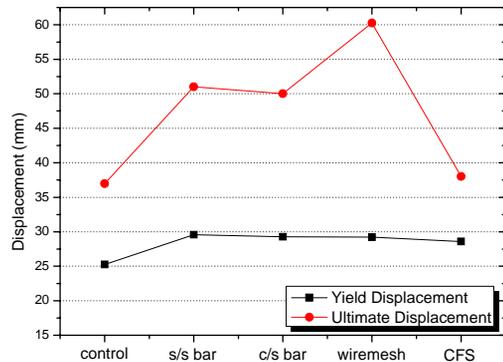


그림 3 항복-극한 변위 관계

전단보강이 되지 않은 Control 실험체는 37mm 변위에서 극한강도 513.66kN으로 나타났으며 40mm에서 갑작스런 편칭전단 파괴로 인하여 강도가 감소되며 취성적 파괴형태를 보였다. FP-CFS 실험체는 보강효과를 발휘하지 못하고 control 실험체와 같은 수준의 강도를 보이며, 취성적으로 파괴되었다. 나머지 3개의 보강체를 설치한 실험체는 보강체에 의하여 하중이 지지되는 것을 확인하였으며, 연성적인 거동을 보였다. 항복변위는 23.94~31.85mm로 큰 차이를 보이고 있지 않지만 극한변위는 36.90~60.27mm로 큰 차이를 보인다. 이것은 보강체를 설치한 실험체의 변위 연성비가 증가되었다는 것을 의미한다.

3.2 기존 보강체와의 비교

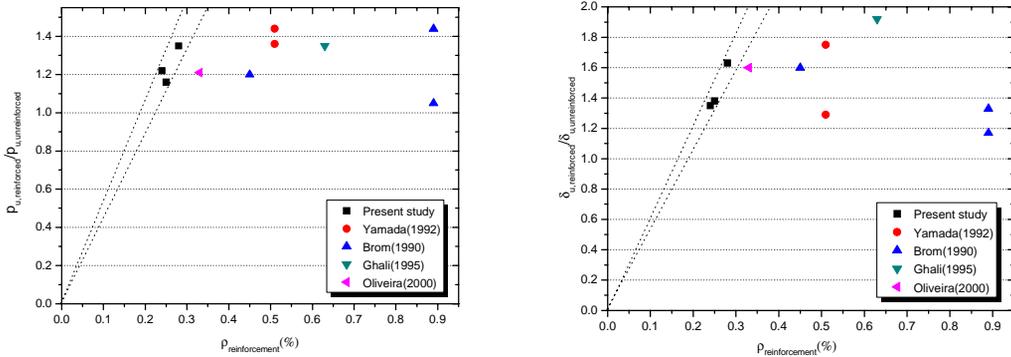


그림 4 기존 보강체와의 비교

표 2 보강체 제원비교

specimen	Specimen										
	s/s bar	c/s bar	wiremesh	CFS	Hat bar	Hook bar	U1-stirrup	U2-stirrup	U3-stirrup	stud rail	inclined stirrup
ρ (%)	0.25	0.24	0.28		0.51	0.51	0.45	0.89	0.89	0.63	0.33
f_y	375	555	375	3684	361	347	471	442	454	489	663

본 연구에서 개발한 전단보강체의 구조성능을 평가하기 위하여 북미, 캐나다등지에서 주로 사용되는 Stud rail을 포함한 7개의 보강체와 비교하였다. CFS를 설치한 보강실험체는 CFS가 전단보강력을 발휘하기 전에 뚫림전단에 의하여 파괴되었다. CFS를 설치하고 콘크리트를 타설하였는데 CFS와 콘크리트간의 부착이 잘 되지 않는 것으로 사료된다. CFS를 제외한 3개의 제안된 보강체는 강도 16~35%, 변형능력 35~63%의 증가를 보였다. 다른 보강체에 비하여 월등한 성능향상을 보이고 있지는 않지만 상대적으로 전단보강체의 낮은 철근비를 가지고 우수한 보강능력을 가진 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 새로운 주거형식으로 각광받고 있는 플랫폼 플레이트 시스템의 뚫림전단 저항력을 높이기 위해 제안된 4개의 전단보강체를 적용한 실험체와 보강근이 없는 실험체. 총 5개의 실물실험체를 기존에 개발된 보강체를 적용한 실험체와 비교하여 평가하였다. 평가 결과 상대적으로 보강체의 철근비가 낮음에도 불구하고 다른 보강체와 비슷한 보강능력을 나타내고 있어 경제성, 시공성, 안정성을 확보한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업(과제번호:R11-2005-056-03002-0) 및 건설교통부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 07첨단도시개발사업(과제번호:07도시재생A03)에 의해 수행되었으며, 벽산건설, 현대산업개발의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

1. Tetsuya Yamada, Antonio Nanni, Katsushiko Endo, "Punching Shear Resistance of Flat Slabs: Influence of Reinforcement Type and Ratio" ACI Structure Journal V.88, No.4 Sep-Oct 1992
2. Broms, Carl Erik, "Shear Reinforcement for Deflection Ductility of Flat Plates" ACI Structure Journal, V.87, No.6, Nov-Dec., pp. 696-705
3. Mokhtar, Ghali, Dilger, "Stud Shear Reinforcement for Flat Concrete Plates" ACI structure journal, V.82, No.5 Sep-Oct., pp. 676-683
4. Oliveira, Melo, Regan. "Punching Strength of Flat Plates with Vertical or Inclined Stirrups" ACI structure journal, V.93, No.3 May-June., pp. 485-491