

# 슬래브-기둥 접합부의 전단보강상세에 관한 연구

## A Study of Shear Reinforcement for Slab-Column Connection

백성우\* · 김준서\* · 최현기\*\* · 최창식\*\*\*

Baek, Sung-Woo · Kim, Jun-Seo · Choi, Hyun-Ki · Choi, Chang-Sik

### Abstract

The study is an experimental test on full-scale flat plate slab-column interior connection. The punching shear on the flat plate slab-column connection can bring about the reason of the brittle punching shear failure which may result of collapsing the whole structure. From the development of residential flat plate system, the shear reinforcement is developed for preventing the punching shear. For making sure of the punching shear capacity, developed for shear reinforcement in slab-column connection, the structural test is performed. The dimension of the slabs was 2620\*2725\*180mm with square column (600\*800mm). The slabs were tested up to failure monotonic vertical shear forces. The presences of S/S bar and wire mesh substantially increased the punching shear capacity and the ductility of the slab-column connections.

**key words** : Flat Plate, shear reinforcement, Punching Shear, S/S bar, wiremesh

### 1. 서론

우리나라의 공동주택은 1980년대 초반부터 2003년에 이르기까지 20여년 간 철근콘크리트조 벽식구조 형식으로 다량으로 건설되었다. 그것은 벽식구조의 공동주택이 공간구의 편리성, 경제성, 낮은 층고 등을 충족시킬 수 있는 구조형식으로 인식이 되어왔기 때문이었다. 그러나 산업사회가 지속됨에 따라서 생활양식의 변화에 따른 건축공간의 가변성 및 확장성, 건축폐기물 억제 등을 통한 환경보호 및 건설 경제성의 극대화 등 다양한 요구사항이 새롭게 나타나고 있다. 벽식구조는 여러 장점에도 불구하고 많은 구조벽으로 인한 공간폐쇄적인 단점으로 인해 앞서의 사회적, 경제적 및 환경적인 요구사항을 충족하지 못하고 있다. 따라서 지금은 미래형 공동주택을 위한 새로운 구조형식의 개발이 필요한 시기이다. 바닥판의 한 구조형식으로 보가 없는 무량판 구조형식은 벽식구조의 장점을 함께 갖고 있으며 미래형 공동주택에 적합한 공간 가변성, 확장성, 공기단축, 고층구조형식 등을 함께 만족시킬 수 있는 구조시스템이라는 인식이 확산되고 있다.

무량판 구조는 보-기둥 골조에 비하여 구조적인 취약점을 갖게 되는데 대표적인 것이 접합부의 뚫림전단 파괴이다. 슬래브에서 기둥으로의 직접적인 하중전달은 기둥 주위에 큰 응력을 유발하여 접합부 전단파괴를 유발하며, 접합부 파괴는 구조물 전체의 연쇄적인 붕괴를 유발하게 될 수도 있으므로 접합부에서의 뚫림 전단파괴 메커니즘 규명과 전단내력의 산정을 위한 연구 및 전단보강방법 등에 관한 연구가 매우 활발히 진행되고 있다.

본 연구는 기존에 제안되었던 전단보강법보다 슬래브-기둥 접합부의 뚫림전단 저항력을 증가시키고 취성적 거동을 완화시키는 새로운 전단보강체를 제안하고 수직전단력 실험을 통하여 보강체의 전단성능을 평가하기 위하여 3개의 실물실험체를 대상으로 수직전단력 실험을 실시하였다.

\* 한양대학교 건축환경공학과 석사과정

\*\* 한양대학교 건축환경공학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 한양대학교 건축공학부 교수, 공학박사, 구조기술사

## 2. 실험

본 연구에서는 무량판 구조에서 전단보강체의 변형능력과 성능규명을 목적으로 수행된 슬래브-기둥 접합부의 단조가력 실험결과가 제시될 것이다. 특히 본 실험에서는 슬래브-기둥 접합부의 강도증진과 연성능력의 확보를 목적으로 제안된 S/S bar와 wiremesh 전단 보강체를 설치한 슬래브-기둥 접합부의 성능평가가 중점적으로 다루어 질것이다. 국내의 판상형 아파트의 평면에서 내부접합부의 기둥을 채택하여 제안된 보강체의 성능을 평가한다는 점에서 본 실험의 필요성과 의의가 있다고 하겠다.

### 2.1 전단보강체

본 연구에서 목표로 하고 있는 전단 보강체의 개발은 기존의 전단 보강방법들이 지니고 있는 부적합한 성능상의 문제와 경제성 및 시공성의 문제를 국내 현실에 맞게 개선하고자 제안된 것으로서, 단순한 구조로 특히 철근 또는 봉재를 절곡하는 것만으로 제작 가능하게 하여 제작과정이 단순하고 경제적이며 현장 적용성이 우수한 슬래브와 기둥 접합부의 전단 보강체를 제공하는데 그 목적이 있다.

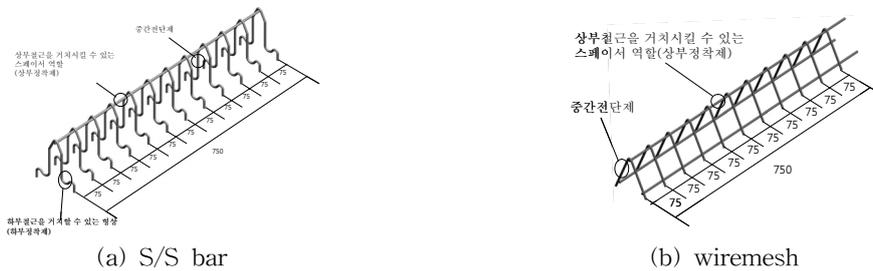


그림 1 보강체 상세

제안된 보강체를 사용 시 다음과 같은 장점이 예상된다.

- 제작이 간편하고 제작비가 적게 들기 때문에 경제성 우수하다.
- 설치가 용이하고 자립성이 우수하고 spacer가 필요 없게 된다.
- 기존 지적소유권과의 간섭이 배제된다.
- 슬래브 상하부의 철근의 간격을 일정하게 유지시켜 주기 때문에 부재의 내력을 확보하게 한다.

### 2.2 실험체 계획

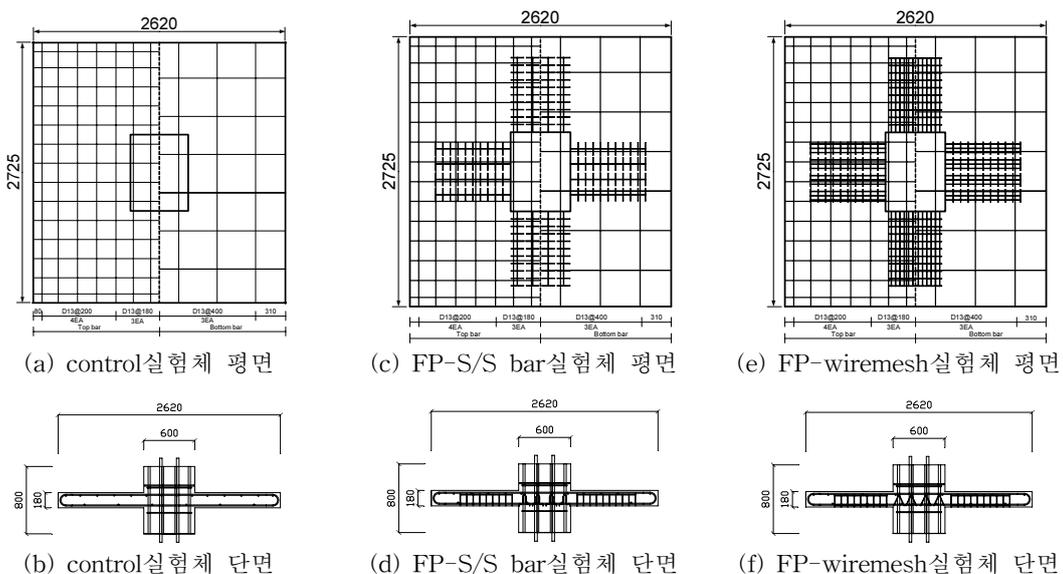


그림 2 실험체 상세

실험체 계획은 중력저항시스템으로 플랫플레이트로 설계되었으며 횡력 저항시스템으로는 보통 콘크리트

전단벽으로 설계된 20층 공동주택을 바탕으로 내부 접합부를 대상으로 설계 하였다.

### 2.3 실험체 설치

기준 실험체의 크기는 2620mm\*2725mm full scale로 계획하였으며 실험장치는 그림 3에 나타내었다. 실험체는 중앙의 기둥과 1/2 경간을 갖는 슬래브로 구성되어 있으며 실험의 용의성을 위하여 중력 하중을 받는 슬래브의 1/4(1310mm) 경간에서 변곡점이 발생한다는 가정을 이용하였다. 슬래브의 단부는 철제 블록을 사용하여 볼트 집합 시켰으며 철제 반력 프레임에 설치된 Actuator를 사용하여 가력하였다.

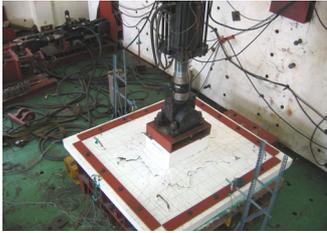


그림 3 실험체 설치 상황

표 1 실험체 제원

Specimen	$C_1$ (mm)	$C_2$ (mm)	$h$ (mm)	$d_{ave}$ (mm)	$H_c$ (mm)	$f_{ck}$ (MPa)	$f_y$ (MPa)	$\rho_t$ (%)
Control	600	800	180	150	1000	21.8	426	0.53
SS-Bar	600	800	180	150	1000	21.8	426	0.53
CS-Bar	600	800	180	150	1000	21.8	426	0.53

Note :  $C_1$  = 기둥단변치수,  $C_2$  = 기둥장변치수  
 $h$  = 슬래브 두께,  $d_{ave}$  = 슬래브 평균 유효층,  $H_c$  = 층고,  $f_{ck}$  = 콘크리트 28일 압축 강도,  $f_y$  = 철근의 공칭 인장 강도,  $\rho_t$  = 유효폭내 배치된 철근비

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 하중-변위 관계

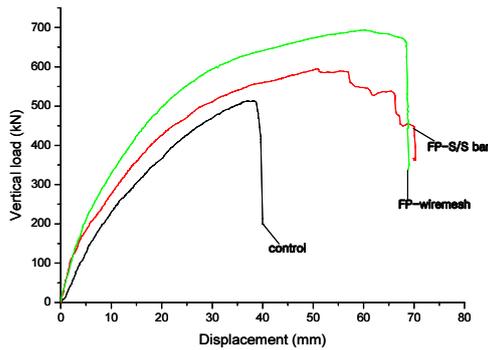


그림 4 하중-변위 관계

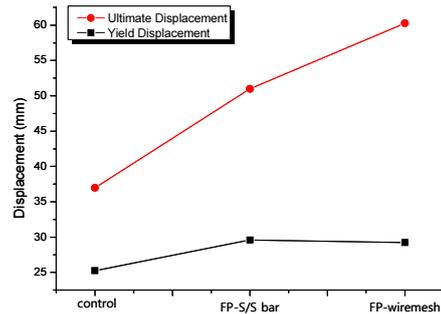


그림 5 실험체별 항복변위 및 극한변위 비교

표 2 실험결과

specimen	항복하중 $V_y$ (kN)	극한하중 $V_{max}$ (kN)	항복변위 $\delta_y$ (mm)	극한변위 $\delta_{max}$ (mm)	강도비	변위비	연성비 $\delta_{max}/\delta_y$
control	465.30	513.66	25.25	36.97	-	-	1.31
FP-S/S bar	508.75	594.62	29.59	50.99	1.16	1.38	1.70
FP-wiremesh	589.26	693.30	29.22	60.27	1.35	1.63	2.06

실험체의 변위는 기둥하부에 있는 LVDT로 실험체가 중력방향으로 발생한 변위를 측정하였다. 표 3에서는 기준 실험체와 보강실험체의 하중-변위 관계를 비교하여 나타내었다. 항복변위는 Park Method에 따라 항복점  $\delta_y$ 는 극한강도 점을 지나 수평선과 극한하중의 75%를 지나 Secant stiffness line과의 교점을 항복 변위로 계산하였다.

전단보강이 되지 않은 control 실험체는 36.97mm 변위에서 극한강도 513.66kN 가 측정되었고 39.9mm에서 갑작스런 편칭전단 파괴로 인하여 강도가 떨어지는 취성적 파괴를 보였다.

FP-S/S bar 실험체는 50.99mm 변위에서 594.62kN의 극한강도를 나타냈고, 극한강도 이후에 최종파괴가 일어나지 않고 강도가 유지되었다가 감소하는 과정을 반복하다가 최종파괴로 이어졌다.

FP-wiremesh 실험체는 38.03mm에서 693.30kN의 극한강도를 보였다. FP-wiremesh 실험체가 최대 파괴 구간으로 측정되었으며, 기준실험체에 비하여 강도가 35% 증가되었다.

### 3.2 균열 및 파괴상황

전단 보강이 되지 않은 control 실험체는 162kN에서 기둥 모서리부근에서 대각선방향으로 초기균열이 발생된 후에 균열이 기둥주변의 위험단면에서 집중적으로 발생되며 균열의 폭이 증가하다가 극한하중 상태에서 급작스런 편칭전단 파괴의 취성적 거동을 확인하였다. FP-S/S bar 실험체는 기둥 모서리부근에서 초기균열이 발생한 이후 기둥 주변에서 균열이 발생하고 하중이 증가함에 따라 균열이 슬래브 외곽으로 확산되었다. 이 후 전단보강영역 외곽에서 균열이 점진적으로 증가한 후 극한하중 이후 완만하게 내력이 저하된 후에 파괴가 되었는데 이것은 S/S bar가 Flat Plate 슬래브-기둥 접합부의 편칭전단 파괴에 저항하는 메커니즘으로 판단된다. FP-wiremesh 실험체 역시 초기균열이 슬래브의 위험단면에서 대각선 방향으로 발생하여 균열의 폭이 증가되지 않고 균열이 슬래브 전 구간으로 확산되었다. 이것으로 위험단면에 응력이 집중되어 파괴되던 control 실험체와는 달리 응력집중을 완화시켜주는 역할을 하는 것을 확인할 수 있다. S/S bar, wiremesh 보강체는 모두 휨균열과 전단균열을 동시에 발생시키며, 균열이 확산된 후 최종파괴는 보강체의 보강영역 밖에서 전단파괴가 발생되었다.

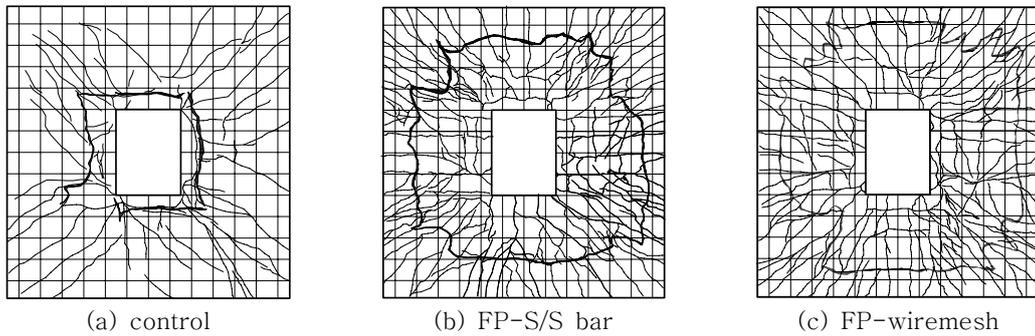


그림 6 균열 및 파괴상황

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업(과제번호:R11-2005-056-03002-0) 및 2005년도 건설핵심기술 개발사업 노후공동주택 연구비 지원에 의해 수행(과제번호:C105A1050001-05A0505-00210)되었으며, 벽산건설의 도움 및 2007년 정부(교육인적자원부)의 지원을 받아 수행된 연구임(지방연구중심대학육성사업/바이오하우징연구사업단)

### 4. 결 론

본 연구에서는 Flat plate 시스템 슬래브-기둥 접합부의 두 가지 전단보강체를 제안하여 구조실험을 하였다. 하중-변위관계, 균열상황을 통한 응력집중현상의 완화를 검토하였으며, 그 결과 우수한 이력 성능을 보유한 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- 1) 강은식, 이승일, 조영상, "스터드 철관을 이용한 콘크리트 무량판 구조물의 뚫림전단보강에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, Vol.21, No.10,
- 2) N. M., Hawkins, H. B. Fallsen, and R. C. Hinojosa, "Influence of Column Rectangularity on the Behavior of Flat Plate Structures", ACI SP-30(International Symposium on the Cracking, Deflection, and Ultimate Load of Concrete Slab Systems), March 1971. pp.127~146.
- 3) Pillai, S. U., Kirk, W., Scavuzzo, L., "Shear Reinforcement at Slab-Column Connections in a Reinforcement Concrete Flat Plate Structure" ACI journal Proceedings V.79, No.1, Jan-Feb. 1982, pp.36-42f
- 4) Broms C. E., "Shear Reinforcement for Deflection Ductility of Flat Plates," ACI structure Journal, V.87, No.6, Nov-Dec 1990 pp.696-705
- 5) Neil Hammill and Amin Ghali, "Punching Shear Resistance of Corcor Slab-Column Connections," ACI Journal Vol.91, No.6, Nov-Dec 1994 pp. 697~707