

# 기둥 형상비에 따른 플랫 플레이트 기둥-슬래브 접합부의 거동특성

## Seismic Behavior of Column-Slab Connections with Different Column Aspect Ratio

천영수\* 이현호\*\* 이도범\*\*\* 김진수\*\*\*\* 허무원\*\*\*\*\*

Chun, Young Soo Lee, Hyun Ho Lee, Do-Bum Kim, Jin Soo Hur, Moo Won

### ABSTRACT

The purpose of this research is to study the seismic behavior of interior column-slab connections with different column aspect ratio, when subjected to combined gravity and cyclic lateral loading. The control specimen had square column, while the other specimens had rectangular column with aspect ratio of 0.5 and 2.0. From the test results, all of the specimens sustain lateral drifts as high as 4% with no more than a 20% decrease in peak lateral load capacity. And it appears that KBC Code(2005) procedure may be unconservative for connections with different column aspect ratio.

### 1. 서론

최근 공동주택의 건설은 가변적 주거공간의 창출이 용이한 새로운 구조형식에 대한 요구 및 바닥 충격음 등 주거의 품질문제가 사회적인 이슈로 대두되면서 무량판 구조와 같은 새로운 대안 구조시스템에 대한 요구가 한층 강조되고 있는 실정이다. 무량판 구조의 안전도는 기둥-슬래브 접합부에 의해 좌우되며, 강도와 변형능력의 확보 문제가 주요 관심의 대상이 되고 있다. 무량판 구조의 기둥-슬래브 접합부의 이러한 성능은 기존 연구로부터 중력하중비, 기둥형상비, 전단보강방법 등과 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되고 있으며, 이중 장·단변의 비율이 큰 장방향 기둥의 존재는 국내의 현실여건을 감안한 판상형 아파트의 평면 구성 시 나타나는 큰 특징 중의 하나이다. 따라서 본 연구에서는 하중의 작용방향과 직교하거나 평행한 장방향 기둥을 갖는 무량판 기둥-슬래브 접합부의 내진성능을 실험적으로 평가하고자 한다.

### 2. 실험

- \* 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 책임연구원, 공학박사
- \*\* 정회원, 동양대학교 건축학부 교수, 공학박사
- \*\*\* 정회원, 대림산업 기술연구소 건축연구지원팀장
- \*\*\*\* 정회원, 월드건설 기술연구소 소장
- \*\*\*\*\* 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 연구원

## 2.1 실험계획 및 실험 방법

실험체는 무량판 내부 기둥-슬래브 접합부로 기둥의 크기가 400mm( $c_1$ )×400( $c_2$ )mm인 정방형의 경우(FP10)를 기준 실험체로 하여 기둥의 크기가 400mm( $c_1$ )×800( $c_2$ )mm인 경우(FP05)와 기둥의 크기가 800mm( $c_1$ )×400( $c_2$ )mm인 경우(FP20)로 나누어 계획하였다. 여기서  $c_1$ 은 가력방향과 평행한 기둥의 폭을 의미하며  $c_2$ 는 가력방향과 직각인 기둥의 폭을 의미한다. 또 모든 실험체는 전단 보강체에 의해 전단 보강 되어 전단파괴가 발생하지 않도록 설계되었다.

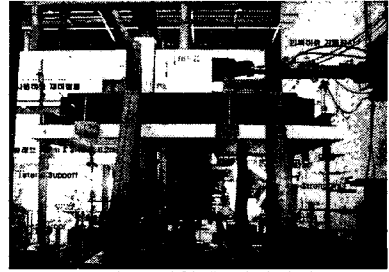


그림 1 실험체 설치사진

실험체의 설치에 실험체를 프레임 내에 완전하게 고정된 후, 기둥-슬래브 접합부에 작용하는 중력하중의 영향을 모사하기 위하여 중력하중비( $V_u/\phi V_c$ ) 약 0.4에 해당하는 부가질량을 슬래브 상부에 상재하여 실험 준비를 완료하였다. 이 때, 중력하중비는 슬래브 4변의 모서리에 설치된 지지봉의 반력을 고려하여 산정하였으며, 그림 1과 같이 슬래브에 재하되는 부가하중이 편재되지 않도록 신중히 배치하고, 부가하중의 4변에는 형강을 설치하여 상재된 블록이 탈락하는 것을 최대한 방지할 수 있도록 하였다. 하중 가력은 계획된 층간 변위비로부터 계산된 수평변위를 기둥 상부에 작용시켜 변위제어 방식으로 실험을 진행하였다. 반복되는 수평하중은 동적효과를 배제하기 위하여 0.0212Hz로 작용시켰으며, 층간 변위비 0.7% 까지는 동일 스텝을 1회씩, 그 이후부터는 동일 스텝을 3회씩 반복하여 가력 하였다.

## 2.2 실험결과 및 분석

표 1에 실험결과를 각 실험체별 항복강도 및 변위, 최대강도 및 변위와 층간변위비로 나누어 나타내었다. 여기서 항복강도 및 변위( $\delta_y$ )는 최대하중의 75%에 해당하는 점을 기준으로 산정하였으며, 최대변위는 최대강도점의 변위이고, 극한변위( $\delta_u$ )는 최대하중 이후 하중이 80% 감소하는 점을 기준으로 하였다. 표 1에 의하면 전반적으로 정방형인 실험체 보다 장방형인 실험체의 강도와 변형 능력이 우수한 것을 알수있다.

표 1 실험결과 일람표

실험체명	사이클	기둥 (mm)		중력하중비 ( $V_u/\phi V_c$ )	항복강도 (kN)	항복변위( $\delta_y$ ) (mm (%))	최대강도 (kN)	최대변위, $\delta_{max}$ (mm (%))	층간변위비 (%)
		$C_1$ (mm)	$C_2$ (mm)						
FP05	(+)	400	800	0.44	76.8	45.3 (1.54)	102.4	116.6 (3.95)	5.07
	(-)				73.0	43.1 (1.46)			
FP10	(+)	400	400	0.51	65.3	51.8 (1.76)	87.1	116.5 (3.95)	4.08
	(-)				61.0	43.0 (1.46)			
FP20	(+)	800	400	0.44	81.0	42.1 (1.43)	108.0	77.5 (2.63)	4.13
	(-)				79.7	35.9 (1.22)			

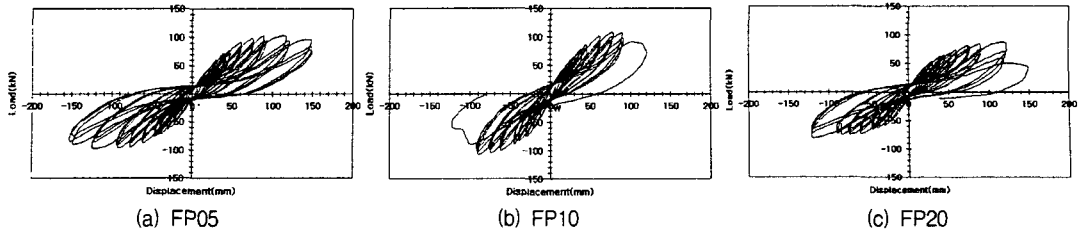


그림 2 하중-변위 곡선

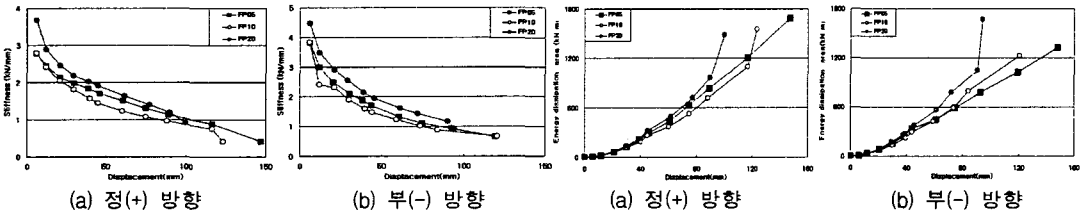


그림 3 강성저하

그림 4 에너지 소산능력

### 2.2.1 하중-변위곡선

그림 2는 하중-변위 곡선을 나타낸 것이다. FP05의 경우 변형능력에 있어서 정(+), 부(-) 사이클의 구분 없이 가장 우수한 성능을 보이고 있는데 정방향 기둥을 갖는 FP10 실험체와 비교하여 약 16%의 층간변위비 증진을 나타내었다. 이러한 효과는 상대적으로  $c_1$ 보다  $c_2$ 의 길이가 길어짐으로 인하여 슬래브-기둥 접합부의 불균형 모멘트 저항성분 중 휨에 의한 모멘트 저항성분이 커지기 때문에 나타난 결과라 사료된다.

### 2.2.2 하중 부담 능력

그림 2를 보면 정방향기둥을 갖는 경우보다도 장방향의 기둥을 갖는 경우가 더 큰 하중부담 능력을 보유하고 있음을 알 수 있다. 특히 FP05의 경우 정방향 기둥을 갖는 경우와 비교하여 가력방향으로의 기둥 크기 증가가 없었음에도 불구하고 강도의 증진효과가 나타났는데 이는 기둥 크기의 증가로 인해 슬래브-기둥 접합부의 위험단면이 확대되어 작용 전단응력이 감소함에 따른 효과로 판단되며, 가력방향으로 긴 기둥크기를 갖는 FP20이 FP05보다 강도 증가량이 많게 나타난 것은 기둥의 휨 저항능력이 커짐에 따른 결과인 것으로 사료된다.

### 2.2.3 강성저하 및 에너지 소산능력

그림 3과 그림 4에 강성저하 및 에너지 소산능력을 나타내었다. 정방향 가력의 경우 세 실험체 모두 거의 유사한 강성저하율을 나타내고 있으며, 이 경우 장방향 기둥을 갖는 FP20 실험체의 초기 강성이 가장 크고 강성저하율 또한 가장 큰 것으로 나타났다. 에너지 소산능력은 그림 4로부터 FP05 실험체가 가장 우수한 것으로 나타났으며 극한변형 시까지 우수한 에너지소산 능력을 발휘하고 있음을 볼 수 있다. 이러한 에너지 소산능력의 증진은 강도와 변형 능력의 증진에 따른 결과라 사료된다.

### 2.2.4 기둥-슬래브 접합부의 강도 산정

표 2는 KBC에 의한 휨강도 및 전단강도를 실험값과 비교한 것이며, 그림 5는 휨 강도의 비교 내

용을 모멘트-변형각 관계로 도식화한 것이다. 그림5로부터 현행 기준식은 FP05 실험체의 휨 강도(전단 보강체의 영향 고려)를 상당히 정확하게 예측하고 있는 반면, FP20 실험체는 오히려 현행 기준에 의한 값이 실험체의 강도를 약 6%~7% 과대평가하고 있어 장방향 기둥을 무량판 구조에 사용할 때에 특히 주의가 필요한 것으로 판단된다. 또, 현행 기준식에 의한 전단강도 예측결과를 보면 정방향 기둥을 갖는 실험체에 대해서는 기준식에 의한 적용 전단강도 예측이 보유전단 강도의 예측 값보다 작게 산정되어 풀립전단에 의해 최종 파괴된 실험체의 거동을 잘 반영하고 있는 것으로 평가될 수 있는데 반하여, 장방향 기둥을 갖는 실험체의 경우에는 보유 전단강도를 과대평가함으로써 실제적으로는 장방향 기둥을 갖는 두 실험체 모두 전단에 의한 파괴를 경험하였음에도 불구하고 최종파괴가 전단에 의해 지배되지 않는 것으로 예측하고 있어 기둥의 형상비에 따른 효과를 적절히 반영하고 있지 못한 것으로 판단된다. 따라서 무량판 접합부의 강도는 기둥의 단면형태에 따라 달리 산정할 수 있는 방법이 개발되어야 할 것으로 판단된다.

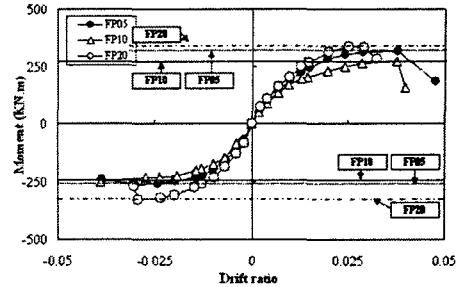


그림 5 실험체의 휨 강도 비교

표 2 실험값과 KBC에 의한 휨 강도 및 전단강도 비교

실험체명	휨강도			전단강도			
	실험값(KN·m)	KBC값(KN·m)	실험값/KBC값	실험값(N/mm <sup>2</sup> )		KBC값(N/mm <sup>2</sup> )	실험값/KBC값
				$v_{u1}$	$v_{u2}$		
FP05	(+)322.6/(-)306.5	317.5	(+)1.02/(-)0.96	2.73	-1.37	3.64	0.75
FP10	(+)274.4/(-)256.1	229.3	(+)1.20/(-)1.12	3.99	-2.43	3.80	1.05
FP20	(+)340.2/(-)334.8	358.6	(+)0.94/(-)0.93	3.10	-1.75	3.64	0.85

### 3. 결 론

본 연구에서는 기둥 형상비에 따른 무량판 내부 기둥-슬래브 접합부 내진성능을 실험적으로 평가하였다. 실험결과 지진과 같은 수평하중을 받는 기둥-슬래브 접합부의 강도와 변형능력 산정시 기둥의 위치(내부, 외부, 모서리 등)뿐만 아니라 기둥의 형상에 따른 영향을 반드시 고려할 필요가 있는 것으로 판단되며, 현행 KBC 기준에 의한 강도 산정시 이를 고려할 필요가 있는 것으로 판단된다.

본 연구는 대한주택공사 주택도시연구원, 대림산업(주), 월드건설(주)에 의해 수행된 공동연구(무량판 구조시스템의 내진설계기법 정립 및 접합부 보강상세 개발, 2005.) 내용의 일부입니다.

#### 참고문헌

1. Hwang, S.J. and Moehle J.P., "Vertical and lateral load tests of nine-panel flat-plate frame", ACI Structural Journal, V.97, No. 1, Jan-Feb. 2000, pp. 193-203