

# 비내진상세를 가진 기존 RC 기둥의 반복거동 평가

## Cyclic Behavior of Existing RC Columns with Non-Seismic Details

최명호<sup>1</sup> · 김영찬<sup>2</sup> · 이창환<sup>3\*</sup>

Choi, Myeong-Ho<sup>1</sup> · Kim, Young-Chan<sup>2</sup> · Lee, Chang-Hwan<sup>3\*</sup>

### Abstract

The seismic performance of existing reinforced concrete (RC) elements to which seismic design was not applied is questionable. To evaluate the behavior of existing RC columns, column specimens with widely spaced transverse reinforcement and 90-degree hoop anchor hooks as variables were designed. Experimental tests were performed by applying a fixed low axial load and increasing lateral cyclic loads to the specimens. As a result, the hoop spacing and anchor hook angle did not significantly affect the load-displacement relationship and the dissipated energy before failure.

키 워 드 : 철근콘크리트 기둥, 비내진상세, 갈고리 각도, 에너지소산

Keywords : reinforced concrete columns, non-seismic detail, hook angle, energy dissipation

## 1. 서 론

철근콘크리트 기둥의 횡보강근은 지진 발생 시 기둥의 전단파괴를 방지하여 지진 피해를 감소시키는 역할을 한다[1]. 그러나 오래된 건물의 경우, 기둥의 띠철근이 90° 갈고리를 가지거나 넓은 간격으로 배치되는 등 지진피해에 취약한 비내진상세를 가진 경우가 많다. 최근 국내에서 발생한 포항지진에서도 시공 시의 띠철근의 간격 불량 및 135° 갈고리 시공 불량 등으로 인해 기둥의 성능이 취약해져 피해를 입은 사례가 확인되었다[2]. 기존 학교건물 중에는 1992년 이후에도 의무조항이 폐지된 표준설계도를 바탕으로 지어진 경우가 많다. 표준설계도 상에도 135° 갈고리와 일부 좁은 띠철근 간격이 명시되어 있으나, 당시 공사여건을 고려하였을 때 해당 지침이 제대로 적용되지 않았을 것으로 예상된다. 이러한 배경으로 본 연구에서는 띠철근 간격과 갈고리 각도를 달리한 기둥 실험체의 거동을 비교하기 위한 연구를 수행하였다.

## 2. 실험 계획

기둥 실험체는 학교교사 표준설계도를 참조하여 400mm(가로)×350mm(세로)×1350mm(높이)로 계획하였으며, 상세는 표 1에 주어져 있다[3]. C2는 건설 당시의 일반적인 조건이 고려된 기준 실험체로 띠철근의 간격은 300mm이며, 후프의 갈고리는 90°로 정착되었다. 다른 두 실험체의 기본적인 단면 상세는 C2와 동일하나, C3에서는 띠철근 간격이 150mm로 감소되었고, C4에서는 후프 갈고리의 각도가 135°로 적용되었다. 모든 실험체에서 연결철근(cross tie)은 한쪽 단부가 90°, 다른쪽 단부가

표 1. 실험체 상세 및 결과 요약

실험체명	$f_{ck}$ (MPa)	주근 (D16)		띠철근 (D10)			축력비	최대하중 (kN)	에너지소산량 (kN·m)
		$f_y$ (MPa)	철근비	$f_y$ (MPa)	간격 (mm)	후프 갈고리 각도			
C2	16.12	468.33	0.0113	467.33	300	90°	0.10	120.95	64.7
C3	16.12	468.33	0.0113	467.33	150	90°	0.10	120.89	63.3
C4	16.12	468.33	0.0113	467.33	300	135°	0.10	112.98	65.8

주)  $f_{ck}$ : 콘크리트의 압축강도,  $f_y$ : 철근의 항복강도

- 1) 부경대학교 건축·소방공학부, 석사과정
- 2) 부경대학교 건축공학과, 교수, 공학박사
- 3) 부경대학교 건축공학과, 조교수, 공학박사, 교신저자(chlee@pknu.ac.kr)

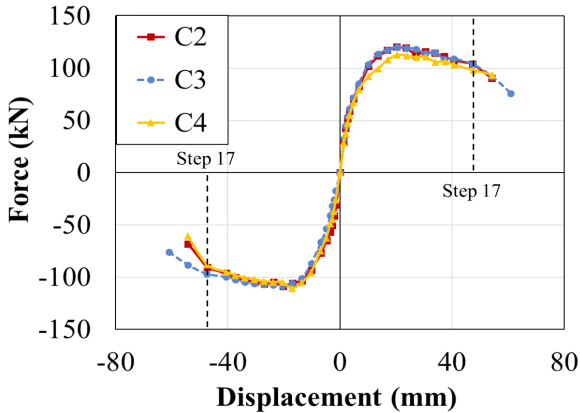


그림 1. 하중-변위 관계

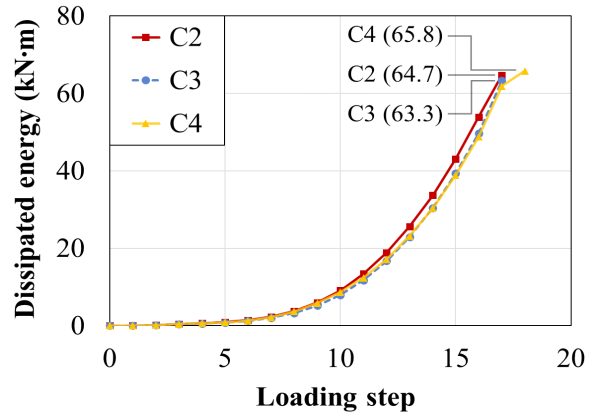


그림 2. 에너지 소산량

135° 구부림 각도를 갖도록 계획되었고, 기둥 내부에서 구부림 각도가 수직으로 교차되도록 배근되었다. 실험은 기둥의 종방향으로  $0.1A_g f_{ck}$ 의 고정 축력을 가한 후, 수평 방향으로 변위를 점증하는 반복가력의 형태로 진행하였다.

### 3. 실험 결과

그림 1은 각 실험체의 하중-변위 관계를 단조화 곡선으로 나타낸 것이다. 띠철근 간격이 다른 실험체의 절반인 150mm로 배치된 C3과 후프 갈고리가 135°로 정착된 C4 모두 기준 실험체인 C2와 전반적으로 유사한 형태의 하중-변위 곡선을 나타냈다. 그러나 기준 실험체인 C2는 17번째 단계의 두 번째 부방향 가력 과정에서 파괴한 반면, C3은 18번째 단계의 첫 번째 정방향, C4는 18번째 단계의 첫 번째 부방향에서 파괴하였다. 이를 통해 띠철근 상세 개선에 따라 변형능력이 증가됨을 확인할 수 있었다.

그림 2는 파괴시점까지 각 실험체에서 소산된 누적에너지를 보여준다. 가력 중반부까지는 C2의 에너지 소산량 증가폭이 크게 나타났으나, 가력 후반부에서는 C3과 C4의 상승폭이 증가하였다. 파괴 이전까지의 최종적인 에너지 소산량은 후프 갈고리 각도가 135°였던 C4가 C2보다 조금 높게 나타났으며, C3의 경우 좁은 띠철근 간격에도 불구하고 C2에 비해 미소하게 작은 값을 나타냈다.

### 4. 결 론

본 연구에서는 비내진상세를 가진 기존 철근콘크리트 기둥의 반복거동을 실험적으로 평가하였다. 모든 실험체는 최대하중 이후 콘크리트 압괴 발생 및 피복 탈락 등 전형적인 휨파괴 양상을 나타냈다. 또한 실험체들의 하중-변위 관계는 파괴시점까지 거의 유사했으나, 파괴시점 이후에는 띠철근 상세에 따른 거동의 차이가 일부 나타났다. 파괴 이전의 에너지 소산량은 세 실험체에서 비슷한 수준을 보였는데, 이는 낮은 축하중 하에서는 띠철근 상세가 큰 영향을 주지 못한 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(N0. 2022R1A2C4001229).

### 참고 문헌

1. Rajput, A. S., Sharma, U. K., Seismic Behavior of Under Confined Square Reinforced Concrete Columns, Structures, 13, 2018, pp.26-35
2. 김주찬, 신승훈, 오상훈, 포항지진에 의한 필로티 건축물 피해조사 및 피해원인 분석, 대한건축학회 논문집 구조계, 35(3), 2019, pp.3-10
3. Choi, M. H., Lee, C. H., Seismic Behavior of Existing Reinforced Concrete Columns with Non-Seismic Details under Low Axial Loads, Materials, 15(3), 2022, p.1239