

전단보강량에 따른 철근콘크리트 기둥의 거동

Behaviour of the Reinforced Concrete Columns with Shear Reinforcement

남 상 욱* 송 한 범** 태 경 훈*** 이 원 호**** 오 상 훈***** 양 원 직*****
Nam, Sang-Uk Song, Han-Beom Tae, Kyung-Hoon Yi, Waon-Ho Oh, Sang-Hoon Yang, Won-Jik

ABSTRACT

Under earthquake loads, the columns on the lower stories carry large axial forces and horizontal forces as the earthquake loads are acting horizontally and vertically on the building. To distribute the energy entered into the building under earthquakes according to the plastic deformation of the members, it is safer and more economic to persuade plastic hinge to occur in the beams rather than on the columns. However, it is unavoidable to have plastic hinge occurring on the columns when it is applied on both of the main axes of the building, which results in high shear force on the column end, and reinforced concrete column may result in sudden brittle failure due to bending moment and shear force. To increase restriction of the reinforced concrete column on the horizontal forces, this study uses repetitive loading experiments with different amount of shear reinforcement, and analyzes and compares the structural safety and behaviour of the reinforced test materials.

요 약

철근콘크리트 구조물은 일반적으로 지진에 연성적으로 거동하도록 설계되며, 연성적인 거동을 위하여 구조부재는 주의 깊게 상세설계 된다. 구조물에 지진하중이 작용하는 경우 수평방향이나 수직방향으로 작용하는 지진하중에 의해 하부층 기둥은 큰 축방향력과 수평력을 받게 된다. 지진발생시 건물에 입력되는 에너지를 부재의 소성변형에 의해 건물전체에 균등하게 분산시키기 위해서는 기둥보다 보에서 소성힌지가 발생되도록 하는 것이 안전하고 경제적이지만, 건물의 2개의 주축방향으로 동시에 작용시 기둥의 소성힌지 발생은 피할 수 없으며 기둥 단부에는 높은 전단력이 발생되고, 철근콘크리트 기둥은 휨모멘트와 전단력에 의한 갑작스런 취성적 파괴에 이를 수 있다.

이와 같이 수평력에 대한 철근콘크리트 기둥에 구속력을 증진시키기 위하여 전단보강량을 주요 변수로 하여 반복가력 실험을 통하여 일반배근 된 시험체의 구조안전성 및 거동을 비교 분석하였다.

- * 정회원, 광운대학교, 건축공학과, 석사과정
- ** 정회원, (주)아이스트 기술연구소 선임연구원, 공학박사
- *** 정회원, 광운대학교, 건축공학과, 박사과정
- **** 정회원, 광운대학교, 건축공학과, 교수,국립방재연구소 소장, 공학박사
- ***** 정회원, 부산대학교, 대형 지진모사실험시설 구축사업단(건축학부), 조교수, 공학박사
- ***** 정회원, 광운대학교, 에센스구조연구센터 연구교수, 공학박사

1. 서론

철근콘크리트 구조물은 일체식 구조물로서 외력 및 수직하중에 저항할 수 있는 합리적인 구조물이다. 하지만 지진하중과 같은 반복 수평하중에 의하여 구조물에 내력이 작용하는 경우 연성 및 강성등의 저하로 인하여 쉽게 전단파괴, 휨파괴 등을 일으키는 단점이 있다. 특히 철근콘크리트 기둥의 경우 수직방향과 수평방향으로 작용하는 지진하중에 의하여 소성힌지가 발생하게 되고, 이로 인하여 기둥 단부에 휨 및 전단력이 작용하여 취성적인 거동을 보이며 건물전체가 무너지는 경우가 다수 발생하고 있다. 그래서 지진다발 지역에서는 기둥의 단면을 합리적으로 구속함과 동시에 횡보강 띠철근의 세심한 배근이 요구되는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수평방향으로 작용하는 힘에 대한 기둥부재의 내력성능 및 부재거동을 평가하기 위하여 띠철근간격 및 기둥의 전단보강량을 다르게 배근하여 정적점중반복실험을 수행하여 전단보강량에 대한 기둥부재의 거동을 평가하고자 한다.

2. 실험

2.1 시험체 계획

본 연구에서는 그림 1과 같이 지상 12층 규모의 사무실 건물을 대상건물로 선정하였고, 시험체 선정은 대상건물의 1층 기둥으로 하였다. 선정된 기둥은 일반적인 띠철근배근 간격인 300 mm로 배근한 시험체, 기둥에 X자로 배근한 시험체 및 띠철근배근간격을 150 mm로 계획한 시험체로 총 3개의 시험체를 계획하고, 시험체는 건물에서 적용하는 기둥과 가장유사한 거동을 알아보기 위하여 full scale로 계획한다. 이러한 변수를 적용한 시험체는 표 1과 같고, 시험체 형상 및 치수는 그림 2와 같다.

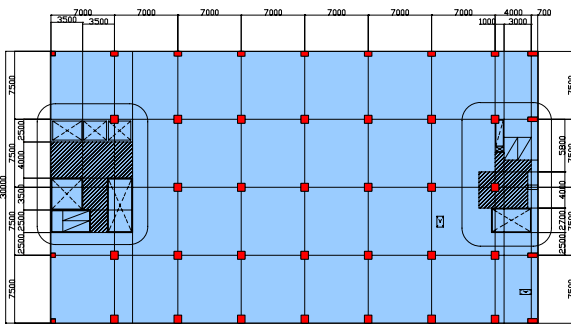


그림 1 대상건물 평면

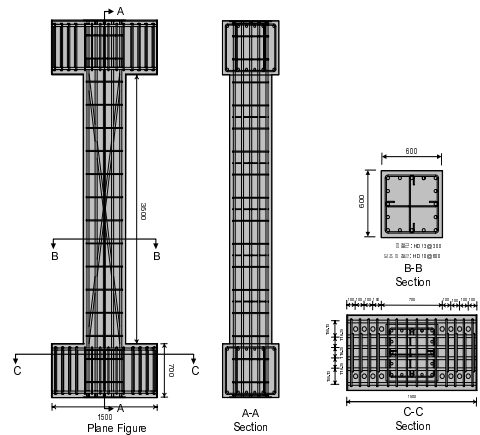


그림 2 시험체형상 및 치수

표 1 시험체 일람표

시험체명	콘크리트 설계강도 (MPa)	띠철근 간격 (mm)	X자배근	축력비 (%)
24-1-300	24	300	×	0.1
24-1-300X	24	300	○	0.1
24-1-150	24	150	×	0.1

* 24 - ① - ③ X ④
 ① : 콘크리트압축강도
 ② : 축력비
 ③ : 띠철근 간격
 ④ : X배근 유부

2.2 실험 방법

시험체의 설치상황은 그림 3과 같고, 총 3개의 액츄에이터를 이용하여 축력 및 횡력을 가력하였다. 일정한 축력을 작용시키기 위하여 500 kN 용량 2개의 액츄에이터는 시험체 좌우측에 배치하여 각각의 액츄에이터에 $0.025f_{ck}ab$ 정도의 일정축력을 주었고, 3000 kN 용량의 액츄에이터는 그림 4와 같이 각각의 부재각별로 3Cycle 씩 가력하며 변위이력에 근거하여 정적점중 반복재해실험을 실시하였다.



그림 3 시험체 설치상황

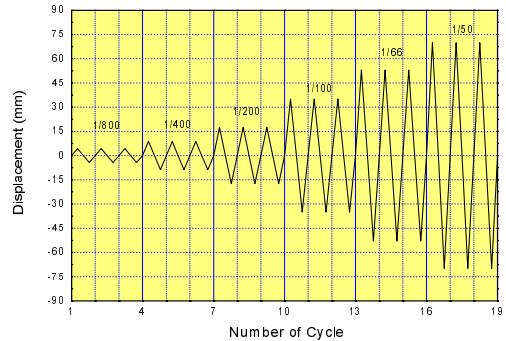


그림 4 변위 이력

3. 실험 결과

3.1 최종파괴 상황

각 시험체의 최종파괴 상황은 그림 5와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 24-1-300 시험체 및 24-1-300X 시험체는 기둥 상·하부에 휨 균열이 발생한 이후 기둥하부에서 기둥 중앙부로 대각균열이 발생하는 전단파괴 형태를 보이며 파괴됐고, 24-1-150 시험체의 경우 기둥 전체적으로 휨 균열이 발생하였으며 균열 폭 증가에 의한 기둥 하부에서 휨 파괴형태를 보였다. 변수별 전단보강량의 차이에 관계없이 기둥 하부에 균열 폭 증가에 의하여 파괴되었지만, 띠철근 간격을 150mm로 계획한 시험체의 경우는 횡력에 저항하는 띠철근의 영향으로 기둥주근의 좌굴을 감소시키고, 콘크리트와의 구속력을 증가 시켜 내진성능에 대하여 우수한 결과를 얻는 것으로 나타났다.



(a) 24-1-300



(b) 24-1-300X



(c) 24-1-150

그림 5 시험체별 최종파괴 상황

3.2 하중-부재각 곡선

그림 6은 일정 축력하에 횡하중을 정적점중 반복가력하여 얻은 하중-부재각 곡선이다. 그림에서 보는 수평실선 Y_s 는 Park Method를 이용하여 항복강도를 나타낸 것이고, Park Method는 최대하중점을 지나는 수평선과 최대하중의 0.75%점을 지나는 할선강성선과의 교점으로 항복강도를 계산하는 방법이다. M_{AIJ} 및 Q_{AIJ} 는 일본건축학회(AIJ)의 휨·전단내력식을 적용하여 산정한 값을 그래프에 표현한 것이다.

24-1-300시험체는 부재회전각 1/66인 13Cycle에서 최대하중이 나타났고, 최대하중이후 다소 연성적인 거동을 보였으나, 기둥하부의 띠철근이 횡력에 대한 저항력의 저하로 인하여 다소 급격한 내력감소를 보였고, 24-1-300X 시험체는 부재회전각 1/55인 16Cycle에서 최대하중이 나타났으며, 변수별 시험체 중에 가장 높은 내력을 보였으나 최대하중이후 거동에서는 24-1-300 시험체와 비슷한 결과를 얻었다. 24-1-150시험체는 24-1-300 시험체와 동일한 부재회전각 1/66인 13Cycle에서 최대하중이 나타났으나, 최대하중이후의 거동에서는 전단거동을 보이는 두 시험체에 비하여 가장 연성적인 거동을 보이는 것으로 나타났고 최종파괴시 시험체의 슬립에 의한 내력저하로 파괴된 것으로 사료된다.

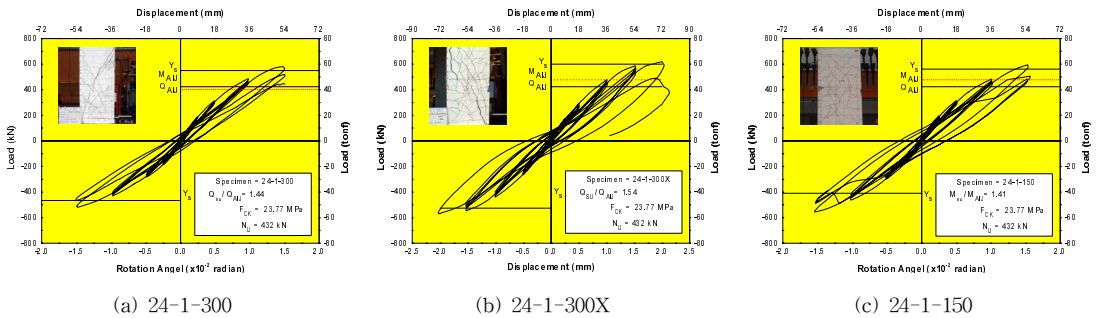


그림 6 시험체별 하중-부재각 곡선

4. 결론

띠철근 간격 및 전단보강량을 다르게 배근한 기둥의 시험체의 거동에 관한 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 띠철근 간격을 150 mm로 배근한 24-1-150 시험체는 띠철근의 영향으로 내진성능에서 우수한 결과를 얻은 것으로 나타났다.
- 2) 기둥전체에 'X'로 배근한 24-1-300X 시험체는 최대내력에서 가장 우수한 결과를 얻었지만, 최대내력이후의 거동에서는 연성능력이 떨어지는 것으로 나타났다.
- 3) 띠철근 간격을 150 mm로 배근한 24-1-150 시험체는 최대내력에서는 24-1-300 시험체와 비슷한 결과를 얻었지만, 최대내력이후 가장 연성적인 거동을 보인 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 첨단도시개발사업 “내구성 및 가변성을 가지는 장수명 공동주택 기술 개발(05건설핵심 D04-01)” 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. The Japan Building Disaster Prevention Association, "Seismic Evaluation and Retrofit", pp43-61