

횡방향 구속철근비에 따른 교각요소부재의 응력-변형 거동

Stress-Strain Behavior of Confined Concrete Columns according to Transverse Reinforcement Volumetric Ratio

오병환*
Oh, Byung Hwan

김기완**
Kim, Ki Wan

최승원***
Chioi, Seung Won

이재훈****
Lee, Jae Hoon

ABSTRACT

An experimental study was conducted to investigate the stress-strain behavior of confined concrete columns according to transverse reinforcement volumetric ratio. Uniaxial loading tests of eleven column specimens(250×100×500mm) with rectangular section were conducted to study effect of confinement. The main variables in this test are transverse reinforcement volumetric ratio and cross tie arrangement. the results indicate that the strength and the ductility of confined concrete columns are subjected to transverse reinforcement volumetric ration and cross tie arrangement.

1. 서론

콘크리트 기둥과 같은 구조부재는 횡방향 철근에 의해 구속되어 그 구속정도에 따라 하중저항능력과 연성이 크게 향상된다. 이러한 횡방향 구속 효과는 일반적으로 콘크리트 압축강도, 횡방향 철근 간격, 횡방향 철근 체적비, 횡방향 철근의 배근형태 및 항복강도에 의해 영향을 받는다. 이러한 횡방향 구속에 의한 거동예측은 내진설계 등에 매우 중요하다.

문헌조사 결과 대부분 중실단면 기둥요소에 대한 응력-변형 거동에 대해 연구되어왔으나 중공단면에 기둥에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 횡방향 철근에 의하여 구속된 중공교각의 거동을 예측하기 위하여 중공교각의 직사각형 단면 콘크리트 기둥요소 시험체를 제작하였다. 주요변수로는 횡방향 철근의 체적비(0%, 1.8%, 2.2%, 3.4%)와 크로스 타이 배근 형태이다. 이러한 변수에 대해서 압축 재하실험을 수행하였으며 횡방향 구속에 따른 거동을 분석하였다.

* 정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정

*** 정회원, 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정

**** 정회원, 영남대학교 토목공학과 교수

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

시험체는 250×100×500mm로서 각 시험체의 중앙부 360mm를 실험구간으로 하였고, 시험체 양끝단 70mm부분이 실험구간에서 먼저 파괴되는 것을 방지하고 실험구간에서 파괴를 유도하기 위하여 횡방향 철근을 실험구간보다 조밀하게 배근하였다. 콘크리트의 피복두께는 횡방향 철근 중심으로부터 18mm로 전단면적에 대한 코어 단면적의 비를 0.76으로 하였다. 주철근은 항복강도 3000kgf/cm², 직경 ϕ 10이며, 횡방향 철근은 항복강도 3000kgf/cm², 직경은 ϕ 6을 사용하였다. 횡방향 철근의 배근형태는 아래 그림 1과 같이 3가지 종류이며 135° 후크로 정착하였다.

표 1. 시험체 상세

시험 체명	f'_c [kgf/cm ²]	횡방향 철근		
		간격 [mm]	체적비 [%]	배근형태
N0A	228	0	0	A
N80B		80	1.7	B
N40B		40	3.4	B
N50C		50	3.2	C
H0A	329	0	0	A
H66A		66	1.8	A
H50A		50	2.4	A
H80B		80	1.7	B
H60B		60	2.2	B
H40B		40	3.4	B
H50C		50	3.2	C

H40B

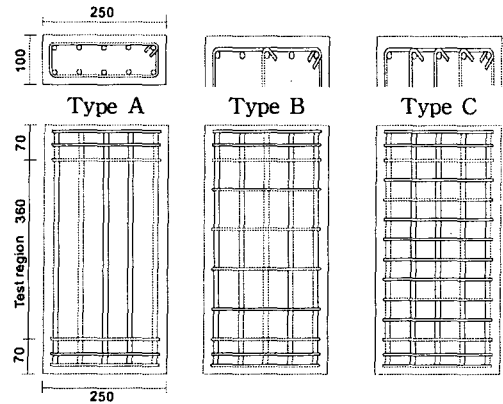
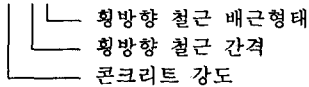


그림 1. 시험체 형상 및 배근 상세

2.2 실험방법

실험은 서울대학교 콘크리트 구조실험실 250tf용량의 만능시험기(U.T.M)을 사용하여 변위제어 방식으로 일방향 중심압축가력을 하였다. 시험체의 실험구간에서 축방향 변형률을 측정하기 위하여 시험체 양끝단에서 70mm 위치에 사각강재를 서로 볼트로 간결시킨 후 LVDT를 설치하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 파괴양상

실험구간에 횡방향 철근이 없거나 넓은 경우(80mm)에는 최대하중에 이르기 전에 약간의 수직균열이 주철근을 따라 발생한 후 최대하중 직후에 변위의 증가와 함께 증가하였다. 이후 피복이 박리하면서 주철근이 빨리 좌굴하였다. 반면 횡방향 철근이 조밀하게 배근된 시험체(40, 50mm)에서는 최대하중 직전에 중앙부에서 횡균열이 발생하였고 모서리부분의 피복이 박리되기 시작했다. 주철근의 좌굴은 국부적으로 발생하였다.

3.3 크로스 타이에 의한 영향

다음 그림 4는 동일한 횡방향 철근의 체적비에서 크로스 타이의 따른 응력-변형률을 나타낸다. 그림에서 크로스 타이 개수가 증가할수록 최대응력일때의 변형률은 증가하고 최대응력은 비슷한 것을 알 수 있다. 그림 5는 크로스 타이 개수가 증가할수록 연성비도 증가하는 것을 보여주고 있다. 그러므로 크로스 타이는 직사각형 단면을 가진 기둥에서 연성비를 향상시키는 역할을 하는 것으로 사료된다.

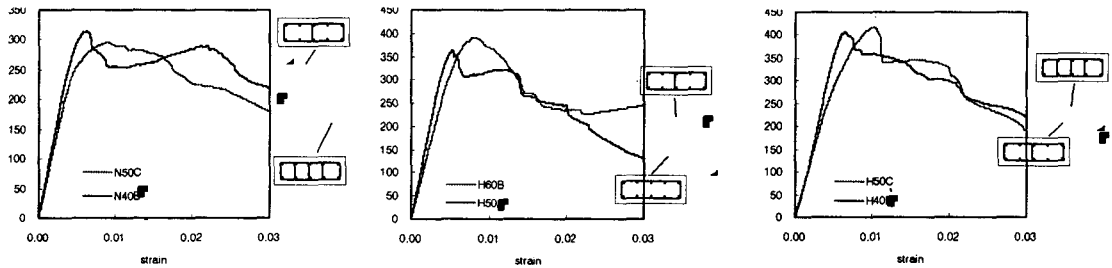


그림 4. 동일한 횡방향 철근 체적비에서 크로스타이에 따른 응력-변형률 거동

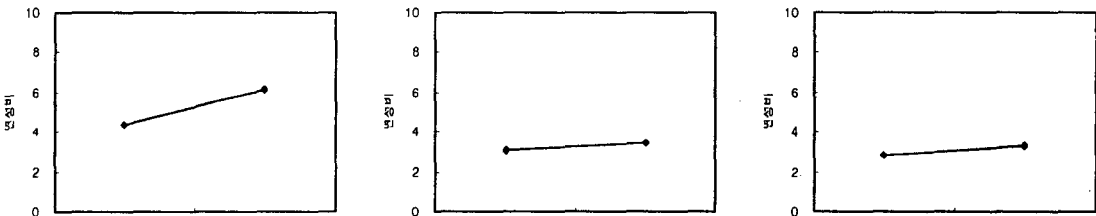


그림 5. 동일한 횡방향 철근 체적비에서 크로스타이에 따른 연성비 비교

4. 결론

- (1) 직사각형 단면을 가진 기둥요소에서 횡방향 철근의 체적비가 증가할수록 최대응력과 연성비는 증가하고 최대응력일때의 변형률은 거의 비슷한 것으로 나타났다.
- (2) 직사각형 단면을 가진 기둥요소에서 동일한 횡방향 철근 체적비를 가진 경우 크로스 타이 개수를 늘려서 연성비를 향상시킬 수 있다.

참고문헌

1. Y. L. Mo, D. C. Wong, and K. Maekawa, "Seismic Performance of Hollow Bridge Columns", ACI Structural Journal, V. 100, No. 3, May-June 2003
2. J. Hoshikuma, "Stress-Strain Model for Confined Reinforced Concrete in Bridge Piers", ASCE Journal of Structural Eng. V. 123, No. 624, May 1997
3. 횡성근 외, 철근콘크리트 띠철근 기둥의 구속효과, 한국콘크리트학회, 2001년도 가을 학술발표회 논문집
4. 정봉호 외, 고강도 콘크리트 기둥에서 띠철근의 구속효과에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회, 1999년도 봄 학술발표회 논문집

표 2. 실험 결과

실험체명	f'_c [kgf/cm ²]	ρ [%]	f_{cc} [kgf/cm ²]	K_s (f_{cc}/f'_{cc})	ϵ_{cc}	ϵ_{85}	연성비 ($\epsilon_{85}/0.004$)
N0A	228	0	256.8	-	0.0063	0.0091	2.3
N80B		1.7	283.0	1.10	0.0060	0.0160	4.0
N40B		3.4	313.8	1.22	0.0062	0.0245	6.1
N50C		3.2	295.9	1.15	0.0090	0.0175	4.4
H0A		0	327.4	-	0.0048	0.0056	1.4
H66A	329	1.8	353.4	1.08	0.0071	0.0154	3.9
H50A		2.4	362.7	1.11	0.0052	0.0138	3.5
H80B		1.7	394.6	1.21	0.0067	0.0080	2.0
H60B		2.2	390.9	1.19	0.0081	0.0123	3.1
H40B		3.4	408.6	1.25	0.0065	0.0131	3.3
H50C		3.2	417.1	1.27	0.0101	0.0112	2.8

3.2 횡방향 철근의 체적비에 의한 영향

다음 그림 2는 횡방향 철근의 체적비에 따른 구속된 콘크리트의 응력-변형률 거동을 나타내고 있다. 그림에서 횡방향 철근의 체적비가 증가할수록 최대응력값은 증가하고 최대응력일때의 변형률은 거의 비슷한 것을 알 수 있다. 횡방향 보강이 없는 N0A와 H0A에 대해서 횡방향 철근 체적비가 1.8%인 N80B와 H80B의 경우 약 10~20%정도 강도가 증진되었고 체적비가 3.4%인 N40B와 H40B의 경우는 약 22~25%정도 강도가 증진되었다. 횡방향 철근의 체적비가 1.8%에서 3.4%로 100% 증가되었을 때 N80A와 N40A, H80A와 H40A에서의 강도증진은 각각 11%, 4%이었다.

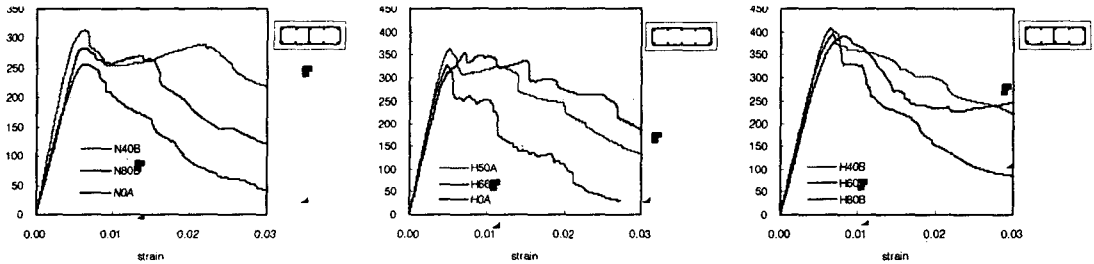


그림 2. 횡방향 철근의 체적비에 따른 응력-변형률 거동

요소부재의 연성평가는 비탄성구간의 시작변형률을 0.004로 보고 0.004에 대한 최대응력이후 최대응력의 85%일때의 변형률(\sim)의 비로 나타내었다. 다음 그림 3은 횡방향 철근의 체적비에 따른 연성비를 나타내고 있다. 체적비가 증가할수록 연성비가 증가하는 것을 알 수 있다. 횡방향 보강이 없는 시험체에 대해서 횡방향 철근 체적비가 1.8%인 N80B와 H80B의 경우 각각 74%, 43% 연성비가 증진되었고 체적비가 3.4%인 N40B와 H40B의 경우는 각각 165%, 135% 연성비가 증진되었다. 또한, 보통강도 콘크리트 시험체의 연성비는 고강도 콘크리트 시험체의 약2배로 나타났다.

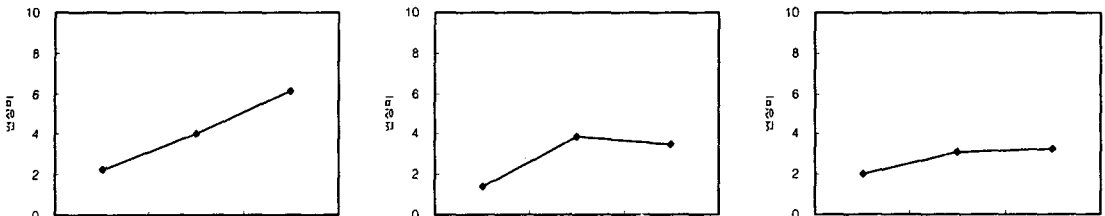


그림 3. 횡방향 철근의 체적비에 따른 연성비 비교