

# 띠철근으로 구속된 철근 콘크리트 기둥의 휨 거동에 관한 연구

## A Study on the Flexural Behavior of R.C Columns Confined by Lateral Ties

조 세 용\*                      양 근 혁\*\*                      이 영 호\*\*                      정 현 수\*\*\*  
Cho, Se Yong                  Yang, Keun Hyeok              Lee, Young Ho                  Chung, Heon Soo

### ABSTRACT

The objective of this study is to investigate the flexural behavior of reinforced concrete columns confined by lateral ties. This test was carried on the twelve reinforced concrete columns. 200×200×800mm size, objected to flexure and constant axial loads. The main variables are concrete strength, the configuration of lateral ties and the amount of lateral ties. Test results indicated that steel configuration plays an important role in column behavior, and a proper configuration of lateral ties can be more ductile than the reduce of the space of lateral ties. By this experiment, the ductility of high strength concrete columns designed on A.C.I Code is not adequate, and are concluded that the design of high-strength concrete column is executed by more lateral ties under high axial loads.

### 1. 서론

1971년 A.C.I CODE에 의하여 내진설계 개념이 소개되면서, 철근 콘크리트 기둥에서 강도와 내구성에 덧붙여 고려해야할 중요한 사항으로 연성이 고려되기 시작하였고, 현재 기둥의 연성적 거동에 영향을 미치는 인자들에 대한 연구들이 진행되고 있다. Watson과 Park는 축력비가  $0.3f'_c A_g$  이상일 때 횡보강근의 구속으로 인한 휨내력의 증가는 매우 크고, 곡률연성비는 축력비가 증가함에 따라 감소하기 때문에 설계기준에서 횡보강근량의 산정시 축력의 영향을 고려해야 한다고 했으며, 곡률연성을 확보하기 위한 횡보강근량을 제시하였다. 하지만, 실험은 단면의 배근 형상에 따른 거동의 차이는 고려하지 않았으며,  $400\text{kgf/cm}^2$  정도의 콘크리트를 대상으로 하고 있다. 따라서, 고강도 콘크리트에 대한 추가적인 실험과 띠철근 배근 형상에 따른 역학적 거동에 관한 논의가 필요하다고 하겠다.

\* 정회원, 중앙대학교 대학원 건축학과 석사

\*\* 정회원, 중앙대학교 대학원 건축학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 중앙대학교 건축학과 교수

그러므로, 본 연구에서는 일정 축력과 횡하중을 동시에 받는 철근 콘크리트 기둥의 휨 내력 및 연성에 미치는 제 변수들 중에서, 콘크리트 강도, 띠철근 배근형상을 주요 변수로 채택하여 실험을 행하였고, 이를 바탕으로 구축된 철근콘크리트 기둥의 연성적 거동에 필요한 띠철근량 산정을 위한 합리적인 설계지침 정립의 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 시험체 계획

시험체 상세 및 실험결과 일람을 표1에 나타내었다. 시험체의 크기는 단면 20cm×20cm, 높이 80cm로서 각 시험체의 중앙부 40cm를 시험구간으로 하였다. 전단스팬비는 시험체 양단의 힌지를 포함하여 3.0이고, 피복두께는 1.7cm로 하였다. 주철근은 SD40의 8-D13로 주철근비는 2.54%이고, 띠철근은  $\phi 6$ ,  $\phi 4$ , 두 종류의 원형철근을 사용하였다. 띠철근 배열 형상은 단순배근, 크로스타이, 내부 사각형으로 하였고, 일정한 띠철근 체적비를 갖도록 배근하였다. 또한, 콘크리트 설계강도는 200kgf/cm<sup>2</sup>(L시리즈), 500kgf/cm<sup>2</sup>(M시리즈), 700kgf/cm<sup>2</sup>(H시리즈)로 하였으며, 0.55f<sub>c</sub>A<sub>g</sub> 정도의 축하중을 가하였다.

표1 시험체 상세 및 실험결과 일람표

Specimens	f <sub>c</sub> <sup>*</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	Details of lateral tie						Maxium moment			연성비 μ <sub>φ</sub>			
		f <sub>yh</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	Space (mm)	Diameter (mm)	ρ <sub>s</sub> (%)	$\frac{\rho_s f_{yh}}{f_c}$	$\frac{A_{st}}{A_{A.C.I}^{**}}$	M <sub>max</sub> (tfm)	M <sub>A.C.I.</sub> <sup>***</sup> (tfm)	$\frac{M_{max}}{M_{A.C.I}}$				
L30S55	260	6800	30	6	2.27	0.81	3.8	5.88	4.05	1.45	31			
L30S55-4			30					4	1.01	0.27	1.3	5.63	4.02	1.4
L45C55-4		45	50	2.27		0.31	1.8					5.65	4.02	1.4
L50D55-4		50						6800	6	2.27	0.23	1.27	5.68	4.02
M30S55	530	6800	30	6	2.27	0.33	1.9						7.83	5.77
M45C55			45					2.27	0.23	1.27	7.91	5.77	1.37	9
M50D55			50								7.82	5.77	1.36	12
H30S55	710	6800	30	6	2.27	0.23	1.27	8.99	7.09	1.27	4			
H45C55			45					2.27	0.23	1.27	8.95	7.09	1.26	5
H50D55			50								3.4	0.33	1.9	9.02
H30C55			30		3.4	0.33	1.9	9.36	7.09	1.32				10
H35D55			35					9.2	7.09	1.3	14			

주 1) N/f<sub>c</sub>A<sub>g</sub> = 0.55로 일정함

2) S형(단순배근, □), C형(크로스타이, ⊞), D형(내부 사각형, ⊠)

\* KS F 2405 콘크리트 압축강도 시험 방법에 따른 콘크리트 압축 강도

$$** A_{A.C.I.} \geq 0.3 \times S \times h_c \times \frac{f_c}{f_{yh}} \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

\*\*\* M<sub>A.C.I.</sub>는 A.C.I-95 설계기준에 의한 단면의 공칭 모멘트 수용능력

### 2.2 실험 방법

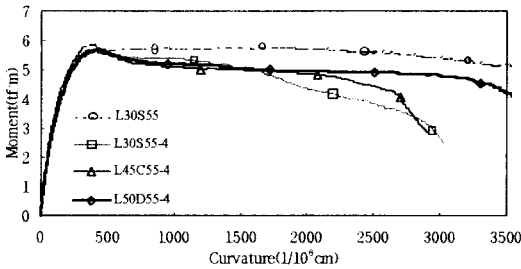
실험은 중앙대학교 구조실험실에서 구조실험용 Strong Frame을 이용하여 실시하였다. 압축력은 200tf 유압잭을 이용하여 일정 축력까지 가력하고, 횡력은 50tf 유압잭을 이용하여 임계단면에서 정가력 하였다. 시험체 중앙부분(시험구간 400mm)의 평균 곡률은 수직 L.V.D.T.를 압축측, 인장측에 각각

2개를 설치하여 측정한 평균값으로 구하였다. 그리고, 회전각과 임계단면에서의 횡변위를 측정하기 위하여 수평방향으로 L.V.D.T.를 설치하였다.

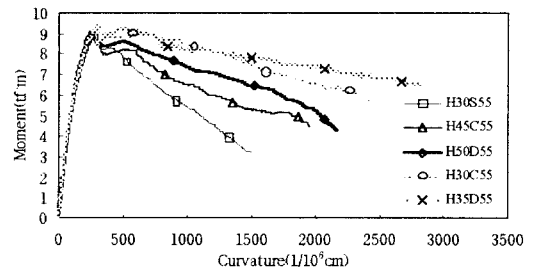
### 3. 실험결과 및 비교·분석

#### 3.1 모멘트-곡률 관계

L시리즈의 경우, 피복 박리로 인한 휨 내력의 저하나 배근 형상에 의한 연성적 거동의 차이가 크게 나타나지 않았다. 하지만, M시리즈와 H시리즈로 갈수록 내부 띠철근을 가지고 있는 시험체가 연성적 거동을 보였으며, 단순 배근형 시험체는 A.C.I 내진설계기준보다 50%정도 많은 띠철근량을 가지고 있어도 급격한 내력의 저하가 일어났다. 한편, H시리즈에서는 보강이 잘 된 시험체 일수록, 피복 박리에 의한 내력의 저하 이후에 두 번째 피크를 나타내었고, 각 배근 형상에 의한 거동의 차이가 확실하게 나타났다.



(a) L 시리즈



(c) H 시리즈

그림1 각 실험체의 모멘트-곡률관계

#### 3.2 띠철근 배근 형상의 영향

그림2에 띠철근 배근 형상과 곡률 연성비의 관계를 나타내었다. 띠철근량이 같은 시험체에서 띠철근의 간격이 조밀한 시험체 보다 내부띠철근을 가지고 있는 시험체 일수록 연성적 거동을 보였으며, 내부 사각형 시험체가 가장 연성적으로 거동하였다. 또한, 콘크리트 강도가 높아질수록 크로스타이를 내부 띠철근으로 가진 시험체는 90° Hook의 플립 현상으로 인하여 중간 주철근에 대한 구속력이 감소하게되어 단순 배근형과 마찬가지로 조기에 주철근의 좌굴이 일어나게 되므로 연성 개선 효과가 감소하는 결과를 보이고 있다.

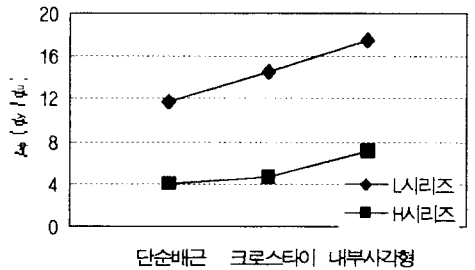


그림2 띠철근 배근형상과 곡률연성비의 관계

#### 3.3 띠철근 변형률과 휨 거동과의 관계

그림3에 띠철근 변형률과 휨 거동과의 관계를 나타내었다. 가로축에는 곡률연성을 표시하였고, 우측의 세로축에는 띠철근의 변형률을, 좌측의 세로축에는 모멘트비( $M/M_{max}$ )를 나타내었다. 띠철근 배근 형상과 콘크리트 강도에 관계없이 최대 휨 내력에 도달하기 이전에는 띠철근의 변형률이 크게 증가하지 않으며, 최대 휨 내력에 도달한 이후, 외부 띠철근의 변형률이 급속히 증가하면서 외부 띠철근이

내부 띠철근보다 먼저 항복하였다. 이것은 외부 띠철근이 내부 띠철근보다 코아 콘크리트를 훨씬 효과적으로 구속하고 있음을 보여주는 것이다. 한편, (a)의 L45C55-4시험체와 같은 크로스 타이형은 내부 띠철근의 변형률이 크게 진전되지 않는데, 이는 크로스 타이의 90° Hook가 풀리기 시작하기 때문으로 판단된다. 따라서, 고축력을 받는 고강도 콘크리트에서 크로스 타이형 배근은 유효한 구속효과를 기대하기는 어렵다고 생각된다.

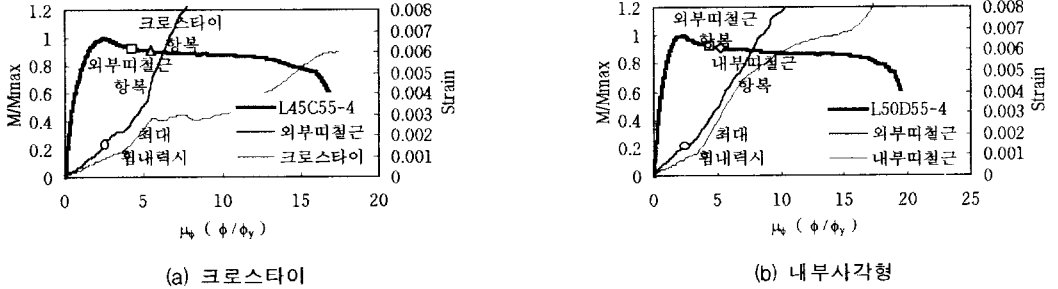


그림3 띠철근 변형률과 휨 거동과의 관계

#### 4. 결론

본 연구는 고축력과 휨을 동시에 받는 기둥 부재의 휨 내력 및 연성적 거동에 영향을 미치는 콘크리트 강도, 띠철근 배근 형상을 주요 변수로 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 최대 휨 내력 이후의 거동은 내부 띠철근을 가지고 있는 경우가 연성적으로 거동하였으며, 콘크리트 강도가 증가할수록 배근형상에 따른 연성적 거동의 차이가 확실히 나타났다. 따라서, 고강도 콘크리트의 연성적 거동을 확보하기 위한 띠철근 량 산정시 띠철근 배근형상을 함께 고려하는 것이 합리적이라고 판단된다.
- (2) 고강도 콘크리트일수록 피복콘크리트의 박리와 함께 급격히 휨 내력이 저하하였으며, 띠철근 배근형상이 최대 휨내력에 미치는 영향은 거의 없었다.
- (2) 고축력을 받는 고강도 콘크리트에 있어서 크로스 타이의 90° 훅크는 최대 휨 내력 이후 풀림현상으로 인하여 유효한 구속효과를 기대하기 어렵다고 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구는 1999년도 학술진흥재단(과제번호 : 1998-001-E02104)의 연구비 지원에 의해 수행되었다.

#### 참고문헌

1. 대한건축학회, “극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트 구조계산 기준 및 해설”, 1988
2. ACI, Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-95), American Concrete Institute, Detroit, Michigan, 1995
3. 양근혁, 정현수, “횡보강근으로 구속된 철근콘크리트 기둥의 휨 내력과 연성에 관한 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 1999.2
4. 조세용, 정현수, “띠철근 배근 형상에 따른 철근 콘크리트 기둥의 휨 거동에 관한 연구”, 중앙대학교 대학원 석사학위논문, 1999.6
5. Watson, S., Zahn, F.A., and Park, R., “Confining Reinforcement for Concrete Columns”, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.120, No.6, June, pp. 1798-1824, 1994