

# 콘크리트 충전 강관기둥의 압축거동에 관한 연구

## A Study on the Compression Behaviors of Concrete-filled Steel Tubular Columns

박 강 근 \*                      윤 승 현 \*                      김 용 태 \*  
Park, Kang-Geun              Yoon, Seung-Hyun              Kim, Young-Tae

### Abstract

This paper is to estimate the load carrying capacities of concrete-filled steel tubular columns and the important parameters are selected the size, length and concrete strength. The concrete-filled tube structures has many excellent structural properties, that is, high load capacity, good plastic deformation and high resistance local buckling. Under these background, this study investigated to the structural compression behaviors, the maximum strength, the confinement effects, the fracture mechanism, local buckling failure and concrete strength effects.

*keywords : Concrete-filled steel tubular, Maximum strength, Confinement effects, Fracture mechanism*

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 필요성 및 목적

건축물이 지진 등과 같은 하중에 의한 영향으로 기둥은 더 큰 구조적인 중요성을 지니게 된다. 이러한 지진하중은 구조부재의 치수를 결정짓는 주요 요인이 되므로, 고층 건축물에서의 기둥부재는 고축력 하에서의 반복 수평 혹은 수직하중에 의한 안정된 거동을 할 수 있도록 설계되어야 한다. 이러한 기둥은 큰 외력에 비례하여 저항할 수 있도록 기둥부재의 단면을 증가시켜야 한다. 그러나 건축물 내부에서의 기둥단면의 증가는 공간의 유용성 저하 및 과도한 재료사용 등 구조계획 및 경제적인 측면에서 매우 불합리하게 되므로, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 구조형식이 콘크리트 충전 강관 구조이다. 콘크리트 충전 강관 기둥의 특성은 단면의 증가 없이도 부재내력이 증대되고 내화성능 향상, 강재량 절감, 거푸집 절감, 기둥의 사용범위 및 합성 효과의 극대화가 가능하므로 시공성 및 구조특성상 건축물

의 기둥부재로서 우수한 시스템이라 할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 연구성과 등을 바탕으로 충전되는 콘크리트의 강도에 따른 충전 강관 기둥의 내력 및 거동 특성과 파괴형상 등에 대하여 실험하여 강관 기둥의 기둥 부재로서의 효용성을 파악하고자 한다.

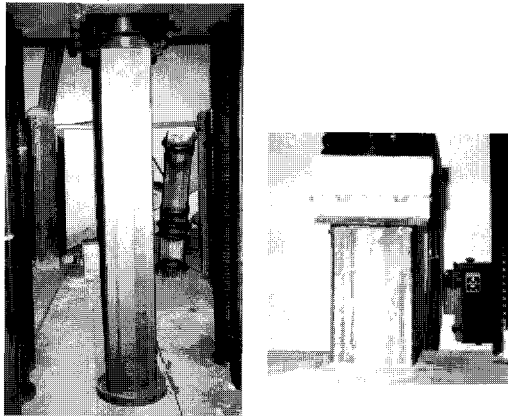
## 2. 실험의 개요

### 2.1 시험체 계획

시험체는 충전 콘크리트의 압축강도, 강관의 단면, 강관의 길이를 주요 변수로 하였다. 각형 강관의 단면은 □-125×125X4.5와 □-150X150x4.5의 두 종류와 원형강관은 ∅-139.8x4.5와 ∅-165.2x4.5의 두 종류로 하였다. 시험체의 길이는 30cm 및 100cm로 제작하여 시험체의 길이가 파괴거동 및 압축에 미치는 영향을 분석하였다. 시험체의 제작방법은 SS40 급 강관을 콘크리트 강도 및 길이별로 3개씩 총 48개를 제작하였으며, 충전되는 콘크리트의 설계강도는 300kgf/cm<sup>2</sup>, 400kgf/cm<sup>2</sup>으로 계획하였다. 시험체의

\* 정희원 · 밀양대학교 건축공학과 교수

상하 단면은 단면노출형으로 콘크리트 표면과 강관 단면이 평행되도록 콘크리트를 타설하였다. 시험체의 형상 및 가력현황은 그림 1에 나타내었고, 시험체 일람은 표 1, 표 2, 표 3에서 나타내었다.



〈그림 1〉 강관기둥의 가력상태

〈표 1〉 강관 시험체 일람

시험체명	강관치수 (mm)	두께 (mm)	길이 (mm)	비고
ESC1	□-125×125	4.5	300	각형강관
ESC2			1000	각형강관
ESC3	□-150×150		300	각형강관
ESC4			1000	각형강관
ESC5	∅-139.8×4.		300	원형강관
ESC6	5		1000	원형강관
ESC7	∅-165.2×4.		300	원형강관
ESC8	5		1000	원형강관

〈표 2〉 각형강관 시험체 일람

시험체명	강관치수 (mm)	두께 (mm)	강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	길이 (mm)	갯수
RSC1	□-125×125	4.5	300	300	3
RSC2			400		3
RSC3	□-150×150		300		3
RSC4			400		3
RSC5	□-125×125		300	1000	3
RSC6			400		3
RSC7	□-150×150		300		3
RSC8			400		3

〈표 3〉 원형강관 시험체 일람

시험체명	강관치수 (mm)	두께 (mm)	강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	길이 (mm)	갯수
CSC1	∅-139.8	4.5	300	300	3
CSC2			400		3
CSC3	∅-165.2		300		3
CSC4			400		3
CSC5	∅-139.8		300	1000	3
CSC6			400		3
CSC7	∅-165.2		300		3
CSC8			400		3

## 2.2 실험방법

시험체를 U.T.M(200t)에 설치하여 강관 단면과 콘크리트면이 동시에 압축력을 받도록 하였다. 시험체가 최대내력 이후 소성상태에서 각형 강관의 국부좌굴과 콘크리트 압괴가 진전되어 완전한 파괴변형이 발생할 때까지 가력한다.

## 2.3 사용재료 실험

### 2.3.1 콘크리트

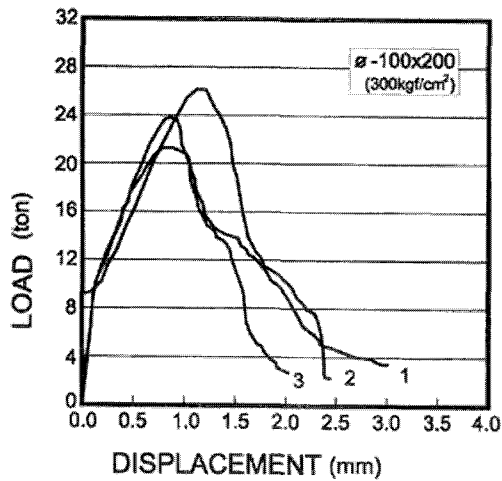
강관에 충전되는 300kgf/cm<sup>2</sup>, 400kgf/cm<sup>2</sup> 강도의 콘크리트에 대해 공시체를 규격별로 각각 3개씩 총 6개를 제작하여 실험을 실시하였다. 시험체에 충전되는 콘크리트의 배합비는 표 3에 나타내었다. 압축강도 실험 결과는 표 4에 나타내었다. 실험결과와 그래프는 그림 2와 그림 3에 나타내었다.

〈표 4〉 콘크리트 배합비

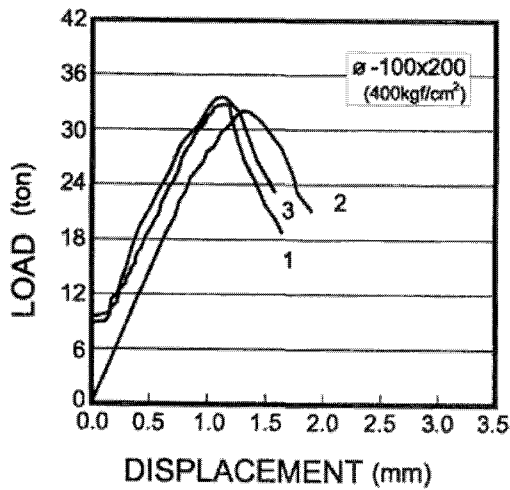
FC (kgf/cm <sup>2</sup> )	W/C (%)	시멘트 (kg/m <sup>3</sup> )	물 (kg/m <sup>3</sup> )	세골재 (kg/m <sup>3</sup> )	조골재 (kg/m <sup>3</sup> )	혼화제
300	50	360	180	870	980	1.6
400	40	400	160	890	980	1.6

〈표 5〉 공시체 실험 결과

설계강도	실험값(kgf/cm <sup>2</sup> )		설계강도	실험값(kgf/cm <sup>2</sup> )	
300	335	305.67	400	408	420
	307			422	
	275			431	



〈그림 2〉 공시체 압축강도 (300kgf/cm<sup>2</sup>)



〈그림 3〉 공시체 압축강도 (400kgf/cm<sup>2</sup>)

2.3.2 강관의 실험결과

충전 각형 강관 콘크리트 기둥에 사용되는 콘크리트가 충전 안된 각형 강관 및 원형강관에 대한 압축실험을 실시하였으며 실험결과는 표 6과 표 7에 나타내었다.

〈표 6〉 각형 강관의 압축실험 결과

강관치수	길이(mm)	최대하중(kg.f)
□-125×125	300	96160
	1000	100240
□-150×150	300	97982
	1000	103184

〈표 7〉 각형 강관 압축실험 결과

강관치수	길이(mm)	최대하중(kg.f)
∅-139.8x4.5	300	75440
	1000	65873
∅-165.2x4.5	300	78200
	1000	81208

2.4 콘크리트 충전 강관의 실험

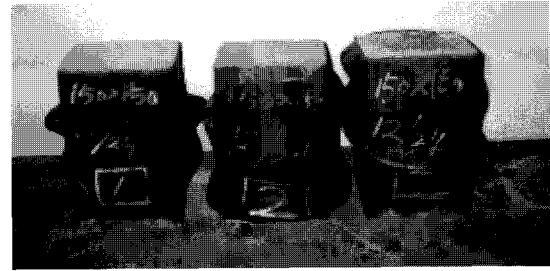
본 장에서는 콘크리트 충전 강관 기둥의 축압축 거동에 대한 분석을 위한 실험을 수행하여 그 결과를 분석하였다. 콘크리트의 강도가 압축내력에 미치는 영향과 시험체의 길이가 내력에 미치는 영향을 주로 분석하고자 하였다. 표 8에서는 충전 각형 강관 기둥의 최대 압축강도를 나타낸 것이고, 표 9에서는 충전 원형 강관 기둥의 최대 압축강도를 나타낸 것이다. 충전 각형 강관 기둥의 시험체 실험결과는 그림 4~11과 같고, 충전 원형 강관 기둥의 실험결과는 그림 12~19와 같다. 그림 20은 충전 각형 강관 기둥의 실험결과를 그래프로 나타낸 것이며, 그림 21은 충전 원형 강관 기둥의 실험결과를 그래프로 나타낸 것이다.

〈표 8〉 충전 각형 강관기둥 최대하중

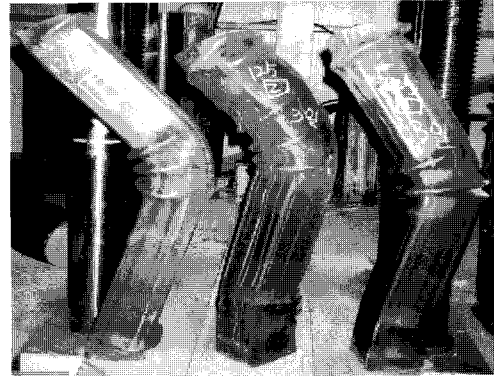
규격 (cm)	길이 (cm)	콘크리트 강도		최대하중(ton · f)
		300kgf/cm <sup>2</sup>	400kgf/cm <sup>2</sup>	
		최대하중(ton · f)		
□-125×125	30	130	145	136.0
		114	114	
		120	149	
	100	145	149	147.7
		143	145	
		145	149	
□-150×150	30	145	155	160.0
		156	176	
		149	149	
	100	162	183	170.0
		148	156	
		170	171	

〈표 9〉 충전 원형 강관기둥 최대하중

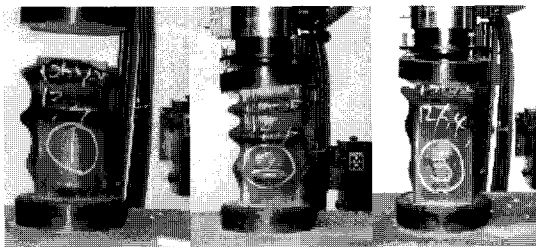
규격 (cm)	길이 (cm)	콘크리트 강도			
		300kgf/cm <sup>2</sup>		400kgf/cm <sup>2</sup>	
		최대하중(ton · f)			
∅ -139.8x4.5	30	148	144.3	155	154.0
		137		154	
		148		153	
	100	130	126.0	144	135.7
		128		143	
		120		120	
∅ -165.2x4.5	30	180	178.0	198	196.7
		165		193	
		189		199	
	100	172	169.0	192	186.7
		163		185	
		173		177	



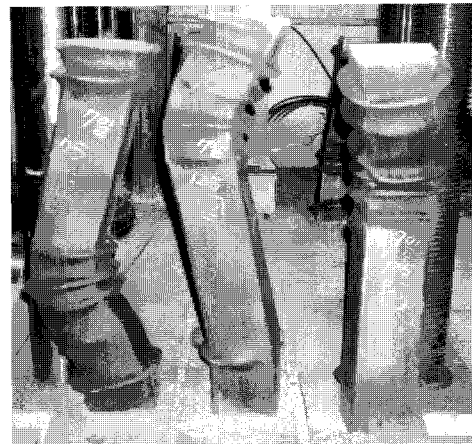
〈그림 7〉 RSC4 시험체 파괴현황



〈그림 8〉 RSC5 시험체 파괴현황



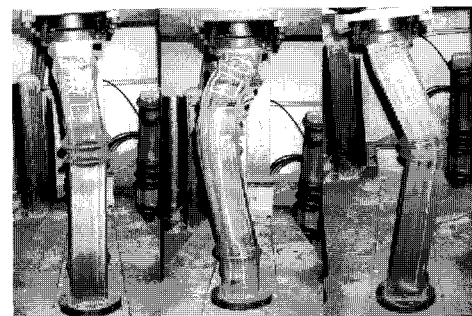
〈그림 4〉 RSC1 시험체 파괴현황



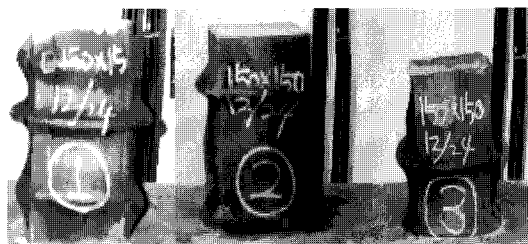
〈그림 9〉 RSC6 시험체 파괴현황



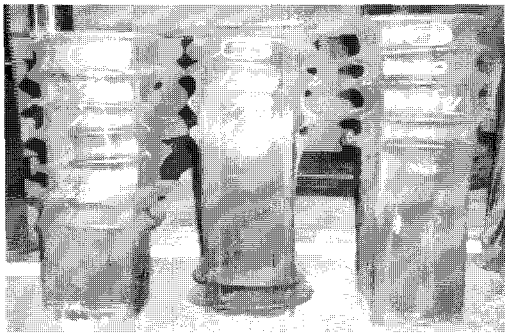
〈그림 5〉 RSC2 시험체 파괴현황



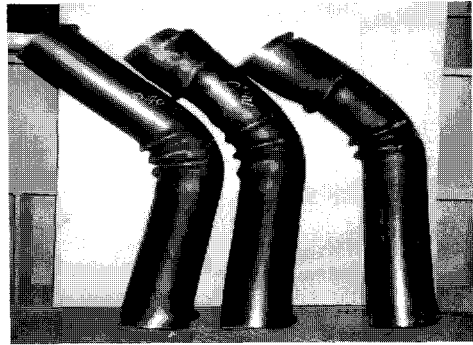
〈그림 10〉 RSC7 시험체 파괴현황



〈그림 6〉 RSC3 시험체 파괴현황



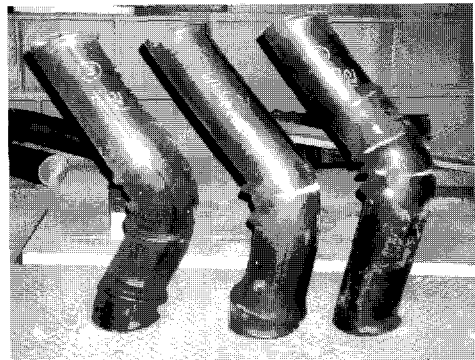
〈그림 11〉 RSC8 시험체 파괴현황



〈그림 16〉 CSC5 시험체 파괴현황



〈그림 12〉 CSC1 시험체 파괴현황



〈그림 17〉 CSC6 시험체 파괴현황



〈그림 13〉 CSC2 시험체 파괴현황



〈그림 18〉 CSC7 시험체 파괴현황



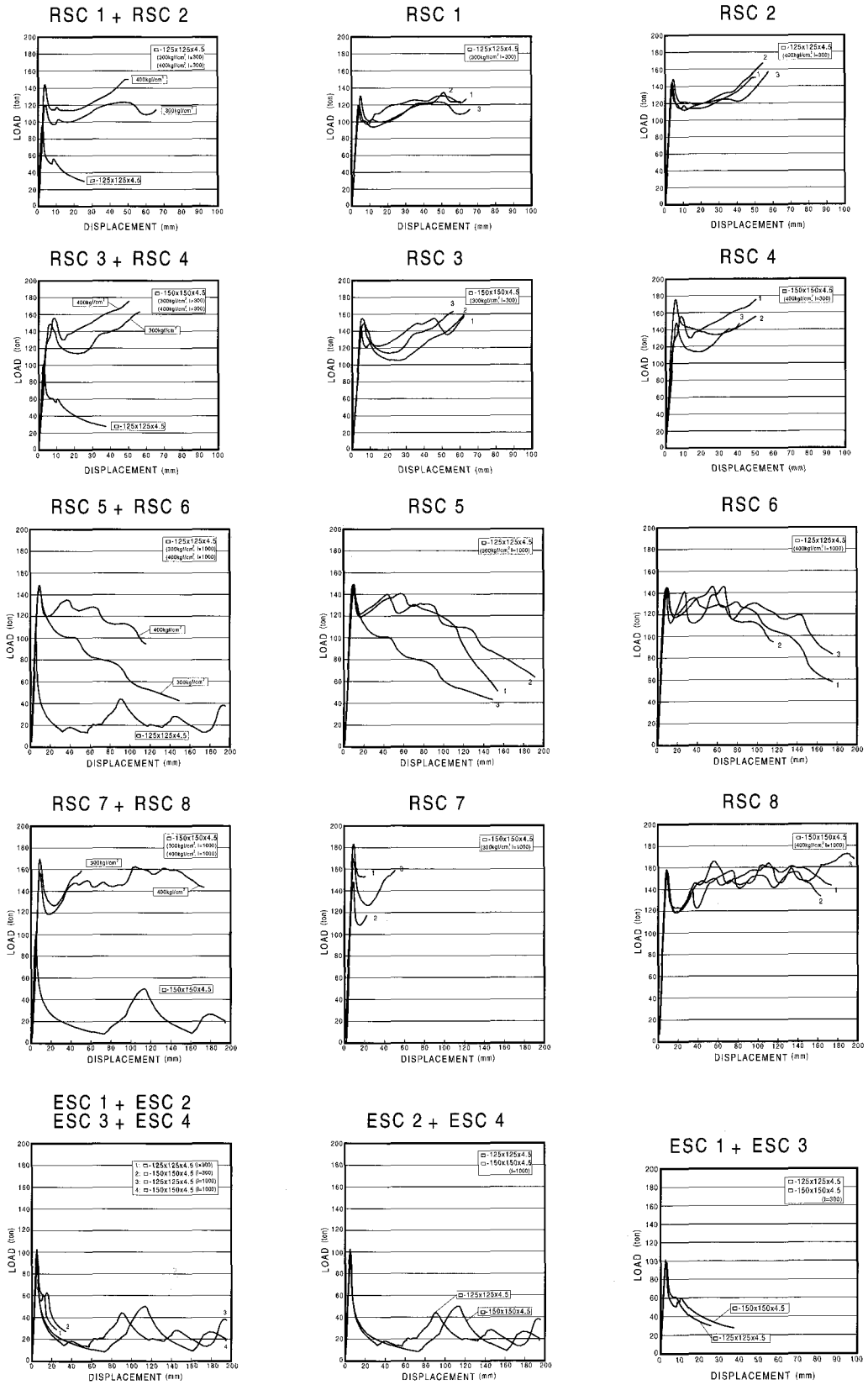
〈그림 14〉 CSC3 시험체 파괴현황



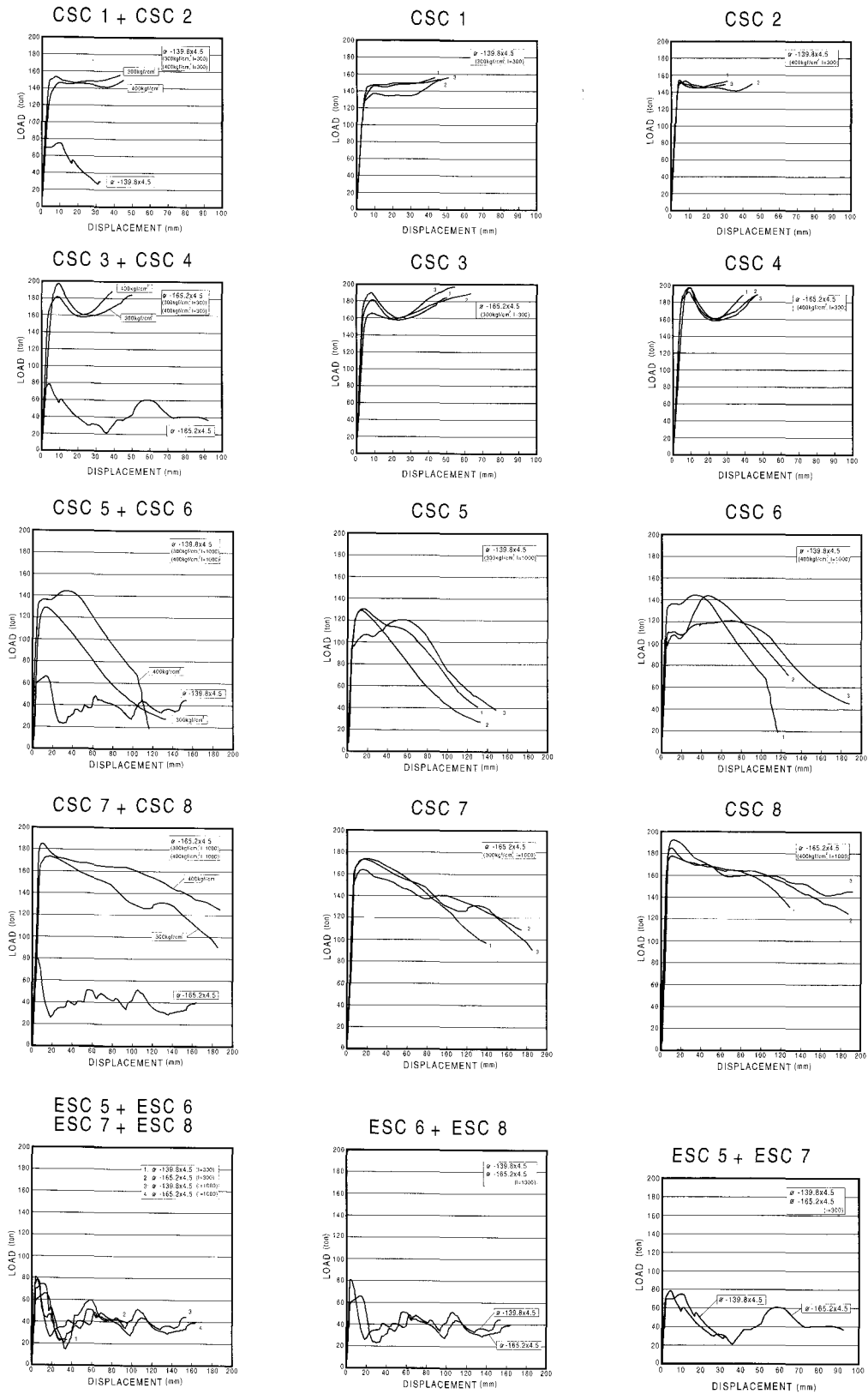
〈그림 15〉 CSC4 시험체 파괴현황



〈그림 19〉 CSC8 시험체 파괴현황



〈그림 20〉 콘크리트 충전 각형 강관기둥 실험결과



〈그림 21〉 콘크리트 충전 원형 강관기둥 실험결과

### 3. 실험결과와 비교 및 고찰

콘크리트 충전 강관 기둥에 대한 실험결과를 분석하면 다음과 같다.

- 1) 길이가 30cm인 강관 시험체는 압축에 의한 철골의 좌굴 후에도 내력이 급격히 증가하는 현상을 보였다.
- 2) 길이가 100cm인 시험체는 초기 최대강도 이후에 내력이 급격히 증가하지 않고 내력이 계속 저하되는 현상을 주로 보여 주고 있다. 각형 강관 기둥은 철골의 좌굴 후에 내력이 증가되는 현상을 볼 수 있다.
- 3) 시험체의 최대하중은 충전되는 콘크리트의 강도가 높은 400kgf/cm<sup>2</sup>이 300kgf/cm<sup>2</sup>보다 2.7%~12.1% 높게 나타났다.
- 4) 콘크리트 충전 각형 강관 기둥은 비충전 강관 기둥의 내력의 1.26 ~ 1.65배로 주어졌다.
- 5) 콘크리트 충전 원형 강관 기둥은 비충전 강관 기둥의 내력의 1.5 ~ 2.27배로 주어졌다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 충전 콘크리트 강관기둥의 내력 및 거동 특성과 파괴형상 등에 대하여 압축실험을 수행하여 강관 기둥의 기둥 부재로서의 효용성을 파악하고자 하였다.

콘크리트 충전 강관 기둥은 비충전 강관 기둥의 내력보다 1.26 ~ 2.27배로 주어졌다. 최대강도 이후에도 큰 변위가 생기더라도 상당한 축력에 저항할 수 있는 능력이 있는 압축부재라고 판단된다.

초기 파괴거동은 주로 강관의 국부좌굴에 의해서 생기고, 이후에는 부재의 휨좌굴에 의해서 파괴되는 현상을 보여 주었다. 길이가 짧은 시험체는 초기 최대강도 이후의 압축내력에 대한 평가가 부적절 하다

고 판단되고, 실제기둥의 1/4축소된 길이의 시험체가 보다 바람직한 파괴거동과 신뢰성이 있는 압축내력의 평가가 가능하다고 사료된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 심중석, 한덕진, 김규석, "콘크리트충전 각형 강관 기둥의 내력에 관한 연구" 대한건축학회 논문집 제15권 1호, 1999년 1월
- 2) 심중석, 김규석, "고강도 콘크리트 충전 각형 강관단주의 축압축 거동에 관한 연구" 대한건축학회 논문집 제16권 12호, 2000년 12월
- 3) 박정민, 이승조, 김화중, "고성능 콘크리트를 충전한 강관 기둥의 내력 특성에 관한 연구" 대한건축학회논문집 제14권 8호, 1998년 8월
- 4) 양영성, 서정환, "고강도 콘크리트충전 각형 강관 기둥의 구조적 거동에 관한 연구" 대한건축학회 논문집 제 17권 1호, 2001년 1월
- 5) 신성우, 권영호, "고강도 콘크리트의 역학적 거동 연구 및 최적 배합비" 대한건축학회 논문집 제8권 2호, 1988년 10월
- 6) 김성희, 심중석, 한덕진, 김규석, "콘크리트 충전 각형 강관 기둥의 거동에 관한 실험적 연구" 대한건축학회 논문집 제18권 2호, 1998년 10월
- 7) 박주호, 조영남, 서정환, 양영성, "콘크리트 충전 강관 단주의 내력에 관한 확률·통계론적 연구" 대한건축학회 논문집 17권 1호, 2001년 1월
- 8) 김철환, 정하선 "콘크리트 충전 각형 강관 기둥의 역학적 특성에 관한 연구" 대한건축학회 논문집 13권 5호, 1997년 5월
- 9) 이승조, 박정민, 김화중 "콘크리트 충전 각형 강관 기둥과 혼합보로 구성된 보-기둥 접합부의 거동특성에 관한 연구" 대한 건축학회논문집 16권 4호, 200년 4월