

강재 영구거푸집을 사용한 실대 크기의 시스템 기둥에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Behavior of Full Scaled System Columns Reinforced with Steel Sheet Forms and Angles

강 지 연^{*} 이 수 진^{**} 윤 영 호^{***} 김 형 근^{****} 이 창 남^{*****} 김 상 섭^{*****}
Kang, Ji Yeon Lee, Su Jin Yoon, Yeong Ho Kim, Hyunh Geun Lee, Chang Nam Kim, Sang Seup

ABSTRACT

In recent, there are a lot of problems such as shortage of construction workers, complicate progress of work and so on under RC construction. To solve these problems, the construction methods without form-work are used in the main structural members - beam, slab and stairs. However, there isn't yet form-workless system for columns. The purpose of this study was to experimentally evaluate the structural behavior of full scaled no-form system columns reinforced with steel sheet forms and angles. The main variables are 1) comparison of concrete member strength with and without reinforcement, 2) effect of L-angle.

1. 서론

현재 국내의 건설 산업은 부족한 현장기능인력으로 인한 시공 품질관리가 어려운 상황이고, 후분양 제도의 도입 등으로 공기단축의 필요성이 증가하고 있다. 또한 다가구 주택 거주자들의 다양한 평면요 구와 층고 확보 등을 위해 다양한 구조형식이 요구된다. 그러나 현재 적용되고 있는 철근콘크리트조와 철골조는 이러한 요구를 수용하기엔 경제성과 시공성 등에 다소 문제점이 있다. 이에 대한 대안으로 두 시스템의 장점을 혼용한 합성구조에 대한 연구가 슬래브와 보 등이 개발되어 적용되고 있다. 그러나 합성구조 기둥은 철골 철근콘크리트조(SRC)와 콘크리트충전강관(CFT) 기둥이 일부에서 개발 적용 되는 실정이다.

철골 철근콘크리트조는 철골조에 비해 콘크리트 사용에 따른 단면의 효율적 이용이 가능하고 내진 성능이 향상된다. CFT(Concrete Filled Tube) 기둥은 강관의 구속효과와 국부좌굴방지로 내력이 상승 하고, 거푸집이 필요 없어 공기단축에 효과적이다. 그러나 CFT 기둥은 기둥-보 접합부의 다이어그램 시공이 까다로우며 철골 또는 철근콘크리트 기둥에 비해 공사비 증가 요인이 있어 국내 적용 사례가 적다.

이에 본 연구에서는 철근콘크리트 공사의 거푸집과 철근 배근을 삭제 또는 최소화하여 공기단축과 시공성을 증가시킨 실대 크기의 강재 영구거푸집 시스템 기둥에 대한 성능평가를 하였다. 강재 시스템

* 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 연구원

** 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원(실장), 공학박사

*** 정회원, 서울도시개발공사 구조팀장, 구조기술사

**** 정회원, (주)센구조연구소 대표이사, 구조기술사

***** 정회원, 한국기술교육대학교 건축공학과 교수, 공학박사

기둥은 ㄱ형강과 y형 강판으로 형태를 구성하고, 내부에 콘크리트를 타설하여 ㄱ형강과 콘크리트가 구조재로 거동한다. 그리고 y형 강판은 외부에 노출된 ㄱ형강의 좌굴을 억제하는 역할을 하는 합성구조 기둥이다. 본 연구는 ㄱ형강과 강판, 콘크리트로 구성된 실대 크기의 강재 시스템 기둥의 거동을 파악하고, 각 구성요소가 미치는 영향을 평가하고자 한다.

2. 실험체 및 실험 방법

2.1. 실험체의 계획

실험체는 그림 1과 같이 기둥의 네 모서리에 구조재 역할을 하는 ㄱ형강을 배치하고, 좌굴을 방지하는 y형 강판을 ㄱ형강에 부착하여 내부에 콘크리트를 채운 기둥 실험체이다. 실험체의 단면크기는 500×500×3,000(mm)이고, 강판 두께는 1.0mm로 하였다. 표 1은 실험체 일람표 및 주요변수이다. 실험변수는 ㄱ형강의 강재량에 따른 하중 분담량을 확인하기 위한 ㄱ형강의 단면크기, 보강철근 유무와 그 개수에 따른 강도 변화를 알아보기 위한 보강철근의 개수 및 강종의 종류를 변수로 하였다.

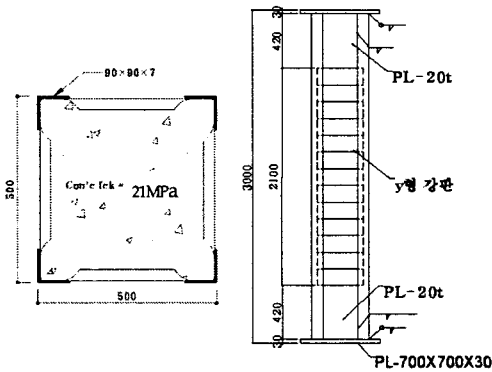


그림 1 실험체 형상 및 치수 (기준 실험체)

표 1 실험체 기호 및 변수

구분	실험체명	앵글 크기 (mm)	보강철근 수 (EA)	앵글강종
1	SC-S41-A09-R0	L-90×90×7	None	SS400
2	SC-S41-A10-R0	L-100×100×10	None	SS400
3	SC-S41-A12-R0	L-130×130×12	None	SS400
4	SC-S41-A09-R4	L-90×90×7	4-HD22	SS400
5	SC-S41-A09-R8	L-90×90×7	8-HD22	SS400
6	SC-M50-A09-R0	L-90×90×6	None	SM490

SC - S41 A09 R0
 Re-Bar. 0:None, 4:4-HD22, 8:8-HD22
 Angle. 09:90×90×7, 10:100×100×10, 12:130×130×12
 Angle 강종. S41:SS400, M50:SM490

2.2. 재료실험

실험체에 사용된 콘크리트의 설계기준강도(f_{ck})는 21MPa이며, 실험체와 동일한 조건으로 공시체를 제작하여 시험한 결과, 압축강도 28.1MPa를 얻었다. 강재의 인장강도는 240MPa이다.

표 2는 강판과 ㄱ형강의 스폿용접 시험결과이다. 강판은 그림 2와 같이 y자 형태로 성형 제작하여 강판의 단면계수를 높이고, ㄱ형강 내부에 고정시킨다. 강판의 단부는 3장이 압착된 형태이며, 단부를 스폿용접한다. 용접부의 내력은 강판의 항복내력 이상이 되도록 하였으며, 실험결과 충분한 강도가 확보되었다.

표 2 강판과 ㄱ형강의 점용접 시험결과

구분	시료 구분	용접강도 (kN)	비고
ㄱ형강+1T 강판 (중앙절곡)	1	37.17	
	2	33.17	
	3	34.28	

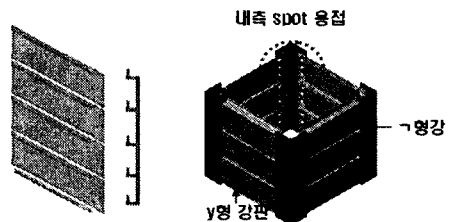


그림 2 y형 강판 상세 그림 3 강판과 ㄱ형강의 내측용접

2.3. 실험방법

실험체의 가력은 9,800kN 만능시험기(UTM)를 사용하여 중심압축가력을 하였다. 변위계는 처짐량 측정을 위해 상부 가력지점 하부에 설치하였다. 스트레인계이지는 모든 실험체에 인장응력을 받는 기둥 상부에서 1/4, 2/4, 3/4지점에 2개, ㄱ형강에 6개, 플레이트에 3개를 각각 부착하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1. 실험결과

실험체의 최대하중과 최대변위는 표 3과 같다. 표 3에는 실험에 의한 최대하중과 최대하중 시 변위, 철근콘크리트의 기둥하중 산정식을 적용한 이론적인 설계내력을 나타냈다. 전체적으로 실험에 의한 최대내력이 이론적인 최대내력에 비해 약 20%이상 크게 나타났다.

표 3 이론값과 실험값의 비교

결과 실험체명	계산값 최대축하중 P_n (kN) ¹⁾	실험 결과		
		최대하중 (kN)	최대하중 시 변위(mm)	실험 최대하중/ 계산 최대하중 (%)
1 SC-S41-A09-R0	5,247.5	6,272.6	7.12	119.5
2 SC-S41-A10-R0	5,784.4	7,194.3	7.90	124.4
3 SC-S41-A12-R0	6,730.1	8,338.6	6.81	123.9
4 SC-S41-A09-R4	5,827.3	7,403.0	7.22	127.0
5 SC-S41-A09-R8	6,406.9	8,136.6	9.94	127.0
6 SC-M50-A09-R0	5,496.5	6,436.1	9.09	117.1

$$1) P_n = f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

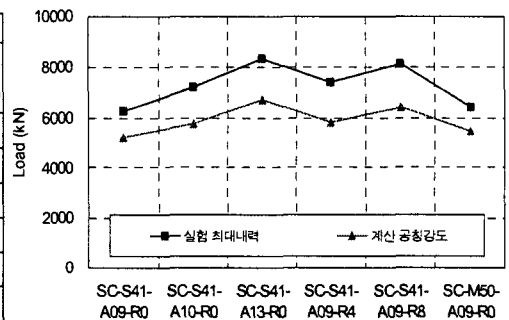


그림 4 각 실험체의 실험 최대내력, 설계내력

3.2. 하중 변위 곡선

그림 5~그림 7은 각 변수별로 실험체의 하중-변위 곡선을 비교한 것이다. 그림 5는 ㄱ형강의 단면 크기의 변화에 따른 하중-변위 곡선으로, ㄱ형강의 단면적이 커질수록 이에 비례하여 최대하중과 초기강성이 증가하는 것을 볼 수 있다. ㄱ형강의 단면적이 각각 155%, 206% 증가할 때, 최대하중은 115%, 133%로 증가하였다. 그리고 초기강성의 경우도 ㄱ형강의 단면크기가 커질수록 증가하는 경향이 보이며, SC-S41-A09-R0의 초기강성이 다른 실험체보다 약간 큰 것은 실험 시 부정확성 등의 영향으로 판단된다.

그림 6은 강재 시스템 기둥에 철근을 보강하였을 때의 효과를 알아보기 위해 철근 HD22의 개수를 0, 4, 8개로 변화시켰을 때의 하중-변위 곡선이다. 철근을 보강하여 전체 강재의 단면적이 각각 132%, 163%증가할 때, 최대하중은 118%, 130% 증가하였다. 철근보강 개수에 관계없이 초기강성은 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

그림 7은 ㄱ형강의 강종에 따른 하중-변위 곡선으로, 강재의 인장강도의 값이 증가함에 따라 최대하중은 103% 증가하였다. 그러나 위의 두 변수와는 달리, 강재의 인장강도가 다른 두 실험체는 유사한 거동을 나타내며, 실험체의 최대강도에 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

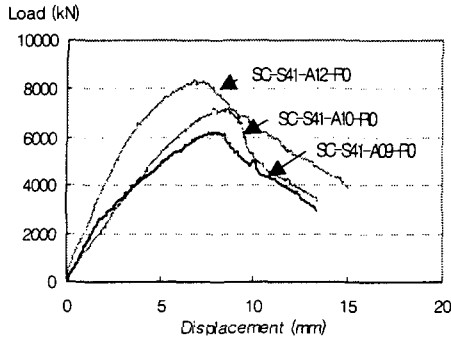


그림 5 ㄱ형강의 단면크기에 따른 하중-변위 곡선

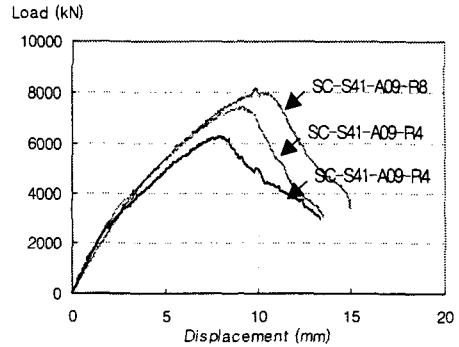


그림 6 보강 철근 개수에 따른 하중-변위 곡선

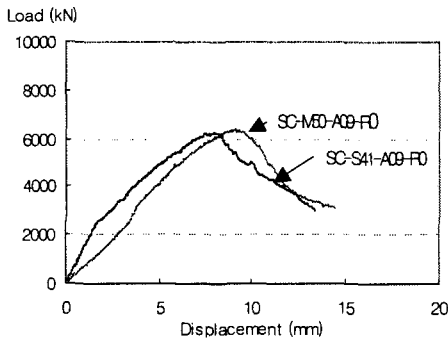
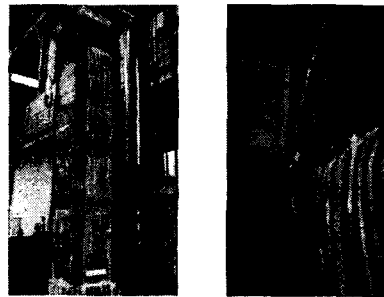


그림 7 ㄱ형강의 강종에 따른 하중-변위 곡선



(a) 전체 파괴 양상 (b) 국부좌굴
그림 8 실험체의 파괴 양상

3.3. 파괴양상

실험체의 파괴 양상은 최대하중 도달 전 실험체 내부의 콘크리트 압축파괴가 소리와 함께 발생하면서, 플레이트의 배부름이 발생하였다. 또한 강판의 배부름과 함께 ㄱ형강의 국부좌굴이 발생하였고, 최대하중 도달 후 변형증가와 함께 최종 파괴되었다. ㄱ형강의 국부좌굴 발생위치는 그림 8과 같이 실험체의 1/2위치에서 주로 발생하였다.

4. 결론

- 1) 강재 시스템 기둥의 설계내력은 한계상태 설계법에 의한 철근콘크리트 설계기준으로 검토 시, 약 120%의 범위가 되어 철근콘크리트 기둥으로 내력평가가 가능하다고 판단된다.
- 2) ㄱ형강 단면적에 비례하여 최대하중이 증가하여 ㄱ형강이 구조재로 거동함을 확인할 수 있다. 또한 보강철근의 개수가 증가할수록 최대하중은 증가하나, 강재의 인장강도의 크기에 따른 영향은 그리 크지 않는 것으로 나타났다.
- 3) 실험체의 파괴 양상은 콘크리트의 압축파괴가 진행되면서 ㄱ형강의 국부좌굴과 플레이트의 배부름이 동반되었다. 그러므로 강판과 ㄱ형강의 용접부 내력을 충분히 확보하면 안정적인 거동을 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회, "콘크리트 구조 설계기준", 기문당, 1999
2. 김성재 외 3인, "Steel-Concrete Column의 구조성능에 관한 실험 연구", 한국강구조학회 논문집, 제 14권, 제 6호, p.823~834, 2004