

원심력을 이용한 사각형 CRC 합성 기둥의 휨 및 압축성능 평가

Experimental Study on the compressive and Flexural Performance of High Strength Centrifugal Reinforced Concrete Column

○정재천* 이창남** 이승환*** 김형섭****
Jung, Jea-Chun Lee, Chang-Nam Lee, Seung-Hwan Kim, Hyoung-Seop

Abstract

Centrifugal Reinforced Concrete(CRC) column developed by SEN Engineering is able to obtain the maximum capacity as for reinforced concrete because of its manufacturing method that utilizes centrifugal forces same for PHC and inserts a welded Pre-Fabricated Rebar instead of a pre-stressed wire, decreasing compressive strength, used for PHC. Therefore, CRC can be more economically and rapidly applied to the construction site than Precast Concrete. This research was conducted to verify structural performance of CRC column through compression and bending tests. As the result, CRC column was demonstrated its actual strength higher than compressive strength and bending strength in accordance with KBC 2013.

키워드 : PHC 말뚝, 고강도 콘크리트, CRC 기둥, 역타공법

Keywords : PHC Pile, High Strength Concrete CRC Column, Top down method

1. 서론

당사에서 개발한 CRC(Centrifugal Reinforced Concrete) 기둥은 기초 지정으로 사용되고 있는 PHC 파일(High Strength Pre-Stressed Concrete Pile)을 기둥재로 사용하는 공법으로, 이를 위한 선행 연구로 PHC 파일과 밴드플레이트의 부착강도에 대한 실험적 연구¹⁾를 진행한 바 있다.

CRC 기둥은 기존의 PHC 말뚝과 동일하게 원심력으로 제작하여 고강도 콘크리트 실현이 가능하고, 긴장강선을 사용하여 압축내력이 저감되는 PHC 말뚝과 달리 용접된 철근망을 근입하여 고강도 철근 콘크리트 기둥으로써의 최대내력을 확보할 수 있다. 또한 원심력 다짐 공법을 이용함으로써 기존의 PC(Precast Concrete)기둥에 비해 80MPa 이상의 고강도 콘크리트를 값싸고 빠르게 생산하고 적용할 수 있는 장점이 있다.

CRC 기둥을 역타공법 현장에 적용하면 H형강 기둥에 비해 좌굴내력이 증가하여 굴토깊이 증가에 따른 시공성 향상이 가능하고, 추가로 현장에서 철근을 배근하고 콘크리트를 타설하여 단면을 증가시킴으로써 CRC 고강도 콘크리트와 현장 타설된 콘크리트 단면이 함께 사용하중을 받을 수 있는 CRC 합성기둥이 된다. 본 연구에서는 압축 및 휨 실험을 통해 강도가 다른 두 재료로 인한 기둥의 구조적 성능을 검증하고자 한다.

높이에 걸쳐 두께 12mm의 각관(B-550x550x12, SS400)으로 횡 보강 하였다. 실험체는 상단에 설치된 10000kN UTM을 이용하여 가력하였으며, 실험체의 양옆에 수직방향 및 수평방향으로 각각 2개의 LVDT를 설치하였다.

2.1.2 휨 성능 확인 실험

휨 성능 확인 실험은 SRC 합성기둥 1개, CRC 합성기둥 3개로 총 4개의 실험체로 계획되었으며, 길이는 5.5m로 제작되었다. 또한 상단에 설치된 가력장치(Actuator)에 가력프레임을 연결하여 보의 중앙부를 2점가력 하였으며, LVDT를 가력지점과 보의 중앙부에 설치하였다.

표 1. 실험체 일람표

실험체명	B X H (mm)	기둥 내부	띠철근	주철근	
압축 실험	S-C1	550x550	H-125x125x6.5x9	HD10@200	4-HD22
	C-C1	550x550	CRC 기둥(46MPa)	HD10@100	4-HD22
	C-C2	550x550	CRC 기둥(46MPa)	HD10@200	4-HD22
	C-C3	500x500	CRC 기둥(83MPa)	HD10@200	4-HD22
휨 실험	S-F1	550x550	H-125x125x6.5x9	HD10@200	4-HD22
	C-F1	550x550	CRC 기둥(46MPa)	HD10@200	4-HD22
	C-F2	550x550	CRC 기둥(46MPa)	HD10@200	8-HD22
	C-F3	500x500	CRC 기둥(83MPa)	HD10@200	4-HD22

2. 구조 성능 확인실험

2.1 실험 계획

2.1.1 압축 성능 확인 실험

압축 성능 확인 실험은 SRC 합성기둥 1개, CRC 합성기둥 3개로 총 4개의 실험체로 계획되었으며, 높이는 1.5m로 제작되었다. 실험체의 상부와 하부에는 가력이 발생할 수 있는 콘크리트 국부손상을 방지하기 위하여, 지압면을 25mm의 강관(SS400)으로 보강하였으며, 측면은 150mm

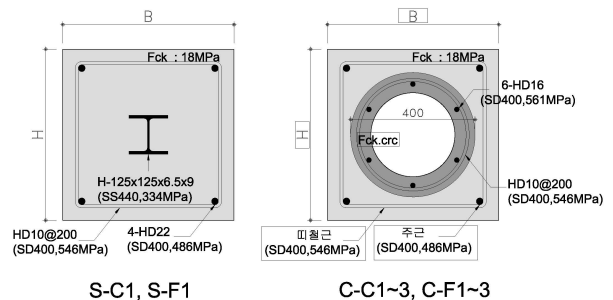


그림 1. 실험체 단면

* ㈜센백스 연구원, 공학석사

(교신저자 : jchung@senkuzo.com)

** ㈜센구조연구소 대표이사, 공학석사

*** ㈜센코어테크 대표이사, MBA

**** ㈜센구조연구소 연구소장, 공학석사

본 논문은 국토교통과학기술진흥원에서 지원하는 2013년도 건설교통기술촉진연구사업(13CTAP-C062219-02-000000)의 연구수행 결과에 의한 것입니다.

2.2 실험결과 및 분석

2.2.1 압축 성능 평가

그림 2는 각 실험체의 하중변위곡선을 나타내고 있으며, 표 2에 실험결과를 요약하였다.

표 2. 압축 성능 실험 실험체별 성능 비교

실험체명	Pu (kN)	Pn (kN)	Pu/Pn	강성 (kN/mm)		$\delta y^{(2)}$ (mm)	$\delta 1^{(3)}$ (mm)	$\delta 2^{(4)}$ (mm)
				최대하중 / 1.6	최대하중			
S-C1	4765	6315	0.75	826	358	7.4	9.3	13.4
C-C1	7214	6696	1.08	1022	693	9.1	9.8	10.9
C-C2	7185	6696	1.07	1020	674	7.5	8.6	9.5
C-C3	8697	8013	1.09	1144	914	8.6	9.1	9.8

1) δy : 항복 시의 변위, 2) $\delta 1$: 최대내력 시의 변위, 3) $\delta 2$: 최대변위

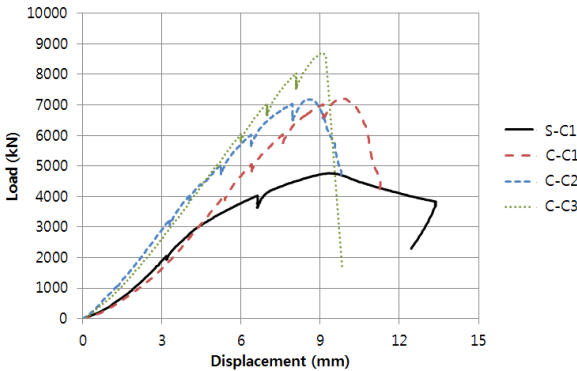


그림 2. 압축 실험 하중변위곡선

KBC 2013²⁾의 설계기준에 의해 압축강도를 평가한 결과, C-C1~3 실험체의 최대하중은 예상하중의 약 107~109%로 나타나, 충분한 내력을 보유한 것으로 나타났으나, S-C1 실험체는 예상하중의 약 75%로 나타나고 있다. 이는 S-C1 실험체 내부의 H형강과 주근의 국부좌굴차이로 인해 내부에 휨이 발생하였기 때문으로 판단되며, 파괴양상에서 S-C1 실험체에 횡균열이 발생하였음을 확인할 수 있었다.

사용하중시의 강성은 내부에 콘크리트 강도 83MPa 인 CRC 기둥을 사용한 C-C3 가 가장 크게 나타났고, 내부에 콘크리트 강도 46MPa 인 CRC 기둥을 사용한 C-C1과 C-C2 실험체는 유사한 강성을 나타내고 있다. 또한 내부 외부 모두 18MPa 콘크리트를 사용한 S-C1 실험체는 상대적으로 낮은 강성을 나타내고 있다. 사용하중 이전의 강성에 대한 사용하중 이후의 강성의 비율은 C-C3 실험체는 약 80%, C-C1~2 실험체는 약 67%, S-C1 실험체는 약 43%로 나타나고 있는데, 여기서 중앙부 고강도 콘크리트가, 최종 파괴시까지 높은 강성발휘하고 있음을 확인할 수 있다.

2.2.2 휨 성능 평가

그림 3는 각 실험체의 하중변위곡선을 나타내고 있으며, 표 3에 실험결과를 요약하였다.

표 3. 휨 성능 실험 실험체별 성능 비교

실험체명	Mu (kN.m)	Mu (kN.m)	Mu/Mn	$\delta y^{(2)}$ (mm)	$\delta 1^{(3)}$ (mm)	$\delta 2^{(4)}$ (mm)	연성비	
							$\delta 1 / \delta y$	$\delta 2 / \delta y$
S-F1	374	352	1.06	23.4	57.9	120.5	2.47	5.15
C-F1	348	292	1.19	25.1	97.7	189.1	3.89	7.53
C-F2	529	445	1.19	28.5	65.6	76.3	2.30	2.68
C-F3	325	266	1.22	28.6	109.7	253.9	3.84	8.88

1) δy : 항복 시의 변위, 2) $\delta 1$: 최대내력 시의 변위, 3) $\delta 2$: 최대변위

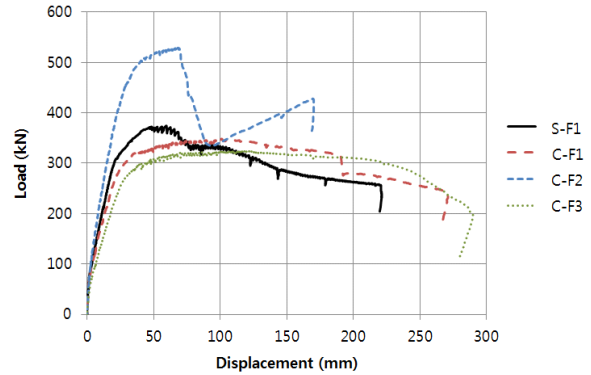


그림 3. 압축 실험 하중변위곡선

KBC 2013의 설계기준에 의해 휨 강도를 평가한 결과, S-F1 실험체는 예상하중의 약 106%에서, C-F1~3 실험체는 예상하중의 약 119~121%로 나타나 모든 실험체는 충분한 내력을 보유한 것으로 나타났으며, SRC 합성기둥에 비해 CRC 합성기둥이 약 13~15% 더 우수한 성능을 보유한 것으로 나타났다.

Paulay, Priestley³⁾에 의해서 제안된 방법으로 실험체의 연성을 평가한 결과, S-F1 실험체의 연성비는 약 5.2, C-F1,3 실험체의 연성비는 약 7.5~8.9로 나타나 CRC 합성기둥의 연성능력이 더 우수한 것으로 나타났다. 다만 C-F2 실험체의 경우 연성이 약 2.7로 비교적 낮게 나타나고 있는데, 이는 기둥의 휨 강도가 예상했던 휨 강도보다 크게 발휘함에 따라 실험체의 전단내력에 근접하는 하중이 작용하였고, 이로 인해 휨 균열과 사인장 균열이 복합적으로 발생하면서 전단파괴에 가까운 거동을 보였기 때문으로 판단된다.

3. 결 론

본 연구에서는 원심력 고강도 콘크리트를 이용한 CRC 합성기둥의 구조성능을 검증하기 위해 SRC 기둥 및 CRC 합성기둥의 압축 성능 실험 및 휨 성능 실험을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 사각형 CRC 합성기둥 실험체는 KBC 2013의 설계기준에 제시된 공칭압축강도 및 공칭 휨강도 이상의 하중저항능력을 발휘하였다.
- 2) 압축성능실험에서, 사용하중 이전의 강성에 대한 사용하중 이후의 강성의 비율은 C-C3 실험체는 약 80%, C-C1~2 실험체는 약 67%, S-C1 실험체는 약 43%로 나타나고 있는데, 여기서 중앙부 고강도 콘크리트가, 최종 파괴시까지 높은 강성발휘하고 있음을 확인할 수 있다.
- 3) 휨 성능 실험에서, S-F1 실험체의 연성비는 약 5.2, 휨과 전단이 복합적으로 작용하지 않은 C-F1,3 실험체의 연성비는 약 7.5~8.9로 나타나 CRC 합성기둥의 연성능력이 더 우수한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김성진, 김성배, 이창남, 목진오, 허건영, 이병락, 김상섭 "P HC파일을 기둥재로 적용하기 위한 실험적 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 27권, 1호, 2007. pp.127~130
2. 한국 콘크리트 학회, "콘크리트 구조설계기준". 2013
3. T. Paulay and M.J.N. Priestley, Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings by Wiley, New York, 1992, 744pp