

SRC 기둥에 대한 정적실험

Static Tests on SRC Columns

정인근* 민진** 심창수*** 정영수****
Jung, In Keun Min, Jin, Shim, Chang Su, Chung, Young Soo

ABSTRACT

Steel encased composite columns are widely used due to their excellent structural performance in terms of stiffness, strength, and ductility. However, experimental studies were usually for the columns having higher steel ratio (3-4%). There are two different design concepts for SRC columns. ACI-318 specifies the design strength of the column using the same concept of reinforced concrete columns. AISC-LRFD specifies the P-M diagram using the concept of steel column. In this paper, SRC columns have the steel ratio of 0.53% and 1.06%. From the test results, ACI-318 specifications showed better evaluation of SRC columns having low steel ratio. H beam and steel tube partially filled with concrete were embedded in concrete. Flexural tests showed considerably high ductility.

1. 서론

SRC(Steel Reinforcement Columns)기둥은 콘크리트 기둥 단면에 강재를 혼합한 기둥으로서 단면의 증가 없이 부재내력을 증가시키고 시공에 유리하며, 일반적으로 지진에 대한 연성도가 높고 내화성능이 큰 장점 때문에 앞으로 널리 사용될 전망이다. 그러나 현재 우리나라의 설계 규정에는 SRC기둥에 대한 뚜렷한 설계 근거가 제시되어 있지 않다. 이에 대표적으로 사용되는 H형 강재를 원형단면의 콘크리트에 매입(concrete encased section)되는 형태를 선택하여 실험을 수행하고 EUROCODE와 ACI-318 및 LRFD 규정과 비교하였으며, 기둥에 대한 성능을 평가하기 위하여, 축하중 및 휨 모멘트가 SRC기둥에 재하 되면서 발생하는 기둥의 휨강성 및 강도와 연성도를 P-M상판도와 변형률 변화를 통하여 성능에 대한 합성 효과를 비교 분석하였다.

2. SRC 합성 기둥설계

합성 기둥설계는 H형강과 원형강관이 매립되는 총 높이 3.15m의 실험체 7기를 제작하였다. 각각의 실험체는 기존의 RC내진 성능평가 교각과 유사한 형태로서 제작되었다. 기본실험체(SPB-BA)는 H

* 정회원 · 중앙대학교 건설환경연구소 연구원 · 공학박사 · 031-670-4661(E-mail:inkeun88@lycos.co.kr)
** 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 구조연구실 · 석사과정 · 02-670-4661(E-mail:mutjin78@hotmail.com)
*** 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 02-670-4707(E-mail:csshim@cau.ac.kr)
**** 정회원 · 중앙대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 02-670-3339(E-mail:chung47@cau.ac.kr)

형강이 매입되었으며 순수 형강에 대한 강재량 1.07%와 D16철근 8本の 철근비를 합하여 전체 강재비 1.63%로 설계되었으며, 원형강관이 삽입된 경우(SPB-CT)는 기본실험체와 유사하도록 강재비를 맞추기 위하여 1.77%의 강재비로 설계하였다. 강종은 SS400의 H(125×125)형강을 사용하였으며, 띠철근의 경우 부재가 압축력을 받을 때 중앙부의 콘크리트를 구속하는 압축력과 내력이 SRC기둥의 휨강도 증진에 미치는 성능을 평가하고자 D10의 띠철근을 5cm간격과 10cm 간격으로 배근하여 각각 0.53%와 1.06%의 띠철근비를 사용하였다. 표 1에 실험체에 대한 실험 주요변수를 나타내었고 그림 1은 실험체 단면과 형태 및 게이지 측정위치를 나타낸다.

표 1 실험체명과 변수

실험종류	실험체명	구조용 강재	철근비(%)	띠철근비(%)	실험변수
휨	SPB-BA	125X125	D16-1.63	D10-1.06	기준 실험체
	SPB-WA	125X125	D16-1.63	D10-1.06	구조용강재 약축
	SPB-SR	125X125	D16-1.63	D10-0.53	띠철근량 변화
	SPB-CT	$\hat{A}/=200$	D16-1.77	D10-1.06	원형 중공강관
휨-압축	SPBC-BA	125X125	D16-1.63	D10-1.06	기준 실험체
	SPBC-SR	125X125	D16-1.63	D10-0.53	띠철근량 변화
	SPBC-CT	$\hat{A}/=200$	D16-1.77	D10-1.06	원형 중공강관

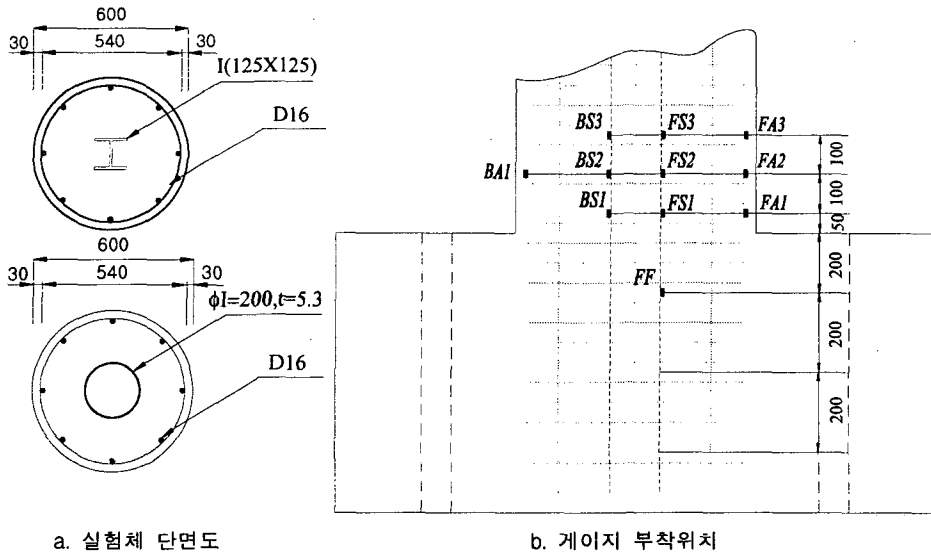


그림 1. 실험체 단면 및 게이지 부착위치

3. 실험 및 결과

SRC 합성기둥 성능에 대한 평가를 위하여 총 7기의 실험체에 대하여 단순 휨 실험과 휨-압축 실험을 병행하였다. 재하조건은 모든 실험체에 동일하게 수행하였으며, 재하속도는 그림 2와 같이 항복전 0.2kN/sec의 속도로 하중을 20kN씩 증가시키면서 80kN까지 하중제어를 하였으며, 항복이후에는 기둥 가력부에서 0.5mm/sec의 속도로 변위제어를 실시하였다. 실험 결과 표 2와 같이 각각의 실험 변수에 따라서 휨 모멘트 강도에 차이를 나타내었다.

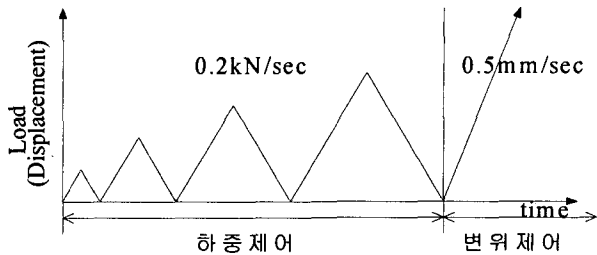
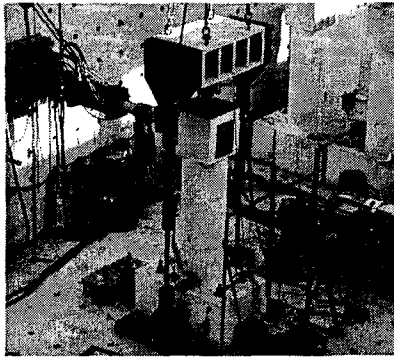


그림 2 하중 제어 형태

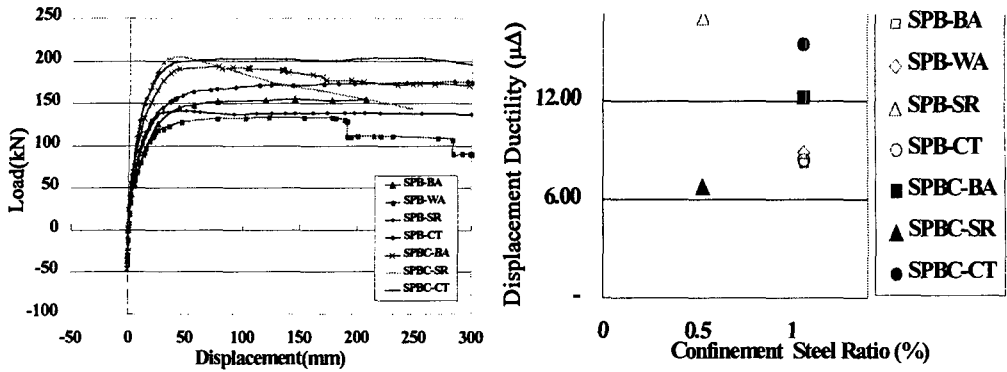
표 2에서 보는 바와 같이 각국의 휨-압축에 대한 규정을 비교한 결과 실험 결과에 비하여 모두 안전측으로 해석이 되었으나, AISC-LRFD의 경우는 강재비 2%이하의 SRC합성 기준 실험체인 SPB-BA에 대해서 50%이상의 과다한 안전율을 확보한 것으로 나타났으며, Eurocode 와 ACI-318의 규정은 각각 16 %와 31%의 안전율을 고려한 설계로서 나타났다. 또한 원형강관을 삽입한 실험체 (SPB-CT)는 기준 실험체(SPB-BA)보다 10%이상의 휨모멘트 강도증가가 발생 한 것을 알 수 있다.

표 2 SRC합성기둥 최대 모멘트 강도 비교

실험종류	실험체명	Experimental (kN-m)	설계 최대모멘트 강도(kN-m)			
			Eurocode(RC)	Eurocode-4	ACI-318	AISC-LRFD
휨	SPB-BA	325	114	271	224	153
	SPB-WA	280	-	271	224	136
	SPB-SR	295	-	-	-	-
	SPB-CT	369	-	250	237	183
휨-압축	SPBC-BA	406	329	343	342	138
	SPBC-SR	430	-	-	-	-
	SPBC-CT	427	-	359	351	164

총 7기의 실험체에 대한 실험과 해석에서 띠철근의 감소는 각 규정에서 반영되지 못하고 있는 실정이다. H형 강재를 약축으로 매입한 경우(SPB-WA)는 실제 실험에서는 SPB-BA에 비하여 강도가 감소함에도 불구하고 해석상에서는 실험체 SPB-BA에 비하여 모멘트 강도의 감소 없이 동일한 강도를 나타내는 이유는 매입된 강재의 크기가 콘크리트 단면에 비하여 상대적으로 작으며, 중립축이 강재의 외부에 위치하기 때문인 것으로 판명되었다. SRC합성기둥 실험체에 적용한 것과 동일한 강재비의 철근을 RC기둥에 적용하여 최대 모멘트 강도를 해석한 결과, 순수휨모멘트 작용시 급격한 휨 모멘트 강도저하가 발생하는 것을 알 수 있다.

각 실험체에 대한 연성도 평가를 위하여 envelope 곡선을 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 SRC 합성교각은 RC 기둥 실험체에 비하여 뛰어난 연성도를 나타낸다. 여기서 원형강관을 매입한(SPBC-CT, SPBC-CT)는 실험의 하중 재하범위 내에서 극한하중 이하로 값이 떨어지지 않는 매우 뛰어난 연성도를 나타내었으며 실제의 연성도 값은 그림3에서 표시된 값 이상이라고 할 수 있다.



(a) 하중 변위에 대한 envelope curve

(b) 연성도 평가

그림 3 실험변수에 따른 envelope curve와 연성도 평가

4. 결론

SRC합성구조 실험체에 대하여 H형 단면과 부분 충전된 강관단면이 매입된 합성 기둥 7기에 대하여, 휨 및 휨-압축 거동에 대한 정적 실험을 수행하였으며, EURO-CODE와 ACI-318규정 및 AISC-LRFD 기준과 실험 결과를 비교하고 기둥의 성능 및 특성에 관한 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 2%이하의 낮은 강재비를 가지는 교각 단면의 휨강도의 산정시에는 EUROCODE와 ACI-318 규정이 적합하고 LRFD규정은 지나치게 안전측의 결과를 보여주었다.
- 2) SRC 기둥의 극한 거동은 RC 기둥에 비해서 극한강도 이후의 내력 저하가 작다.
- 3) 힌지구간을 부분 충전한 강관을 삽입한 SRC 기둥은 내하력 증진과 변형능력에 상당히 효과적인 것으로 나타났다.
- 4) 기둥의 띠철근비가 감소함에 따라서 휨모멘트에 대한 성능이 감소하기 때문에 이를 고려해야한다.

감사의 글

이 연구는 교량설계핵심기술연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업에 의하여 수행되었습니다. 연구 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

- 1 Eurocode4 Design of composite steel and concrete structures Part 1.1 General rules and rules for buildings
2. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-02 and commentary (ACI 318R-02) : American Concrete Institute (ACI), 2002.
3. Load and Resistance Factor Design (LRFD) Specification for Structural Steel Buildings. : American Institution of Steel Construction (AISC), 1999
4. C.C. Weng, S.I. Yen. Comparisons of concrete-encased composite column strength provisions of ACI code and AISC specification. Engineering Structures 24(2002) 59-72.
5. H.S. Saw, J.Y. Richard Liew. Assessment of current methods for the design of composite columns in buildings. Journal of Constructional Steel Research 53 (2000) 121-147.