

PSRC 합성기둥의 휨 실험

Flexural Test on PSRC Composite Columns

엄태성¹⁾ · 황현종²⁾ · 박홍근³⁾ · 이창남⁴⁾ · 김형섭⁵⁾
Eom, Tae Sung, Hwang, Hyeon Jong, Park, Hong Gun, Lee, Chang Nam, Kim, Hyoung Seop

ABSTRACT : In this study, section detail of a prefabricated composite column applying hing-strength angle was developed. 2/3 scale eight specimens of the composite beam were tested under two-point loading to evaluate the flexural performance of the sections and the bond performance of the angle. The test parameters were the steel arrangement, the steel ratio, and the space of rectangular hoops. The sizes of the composite beams were 400mm×400mm and 500mm×500mm, and a beam length was 4500mm. For self-supporting during construction, special details using welded ties to angle were used to make up the column cage. The test results showed that the composite beam applying angle exhibited better flexural strength than those of H-type steel. Under 200mm spacing of hoops, bond-slip of the angle was prevented before flexural capacity.

1. 서론

건물의 대형화 및 초고층화로 인하여 효율적인 구조방식으로 강-철근콘크리트 합성구조(SRC 구조)의 적용이 확대되고 있다. SRC 기둥의 휨강도 효율을 높이고 강재가 콘크리트 횡보강에 기여하도록 하기 위해서는 강재를 최대한 단면 둘레에 배치하는 것이 효과적이다. 그림 1은 앵글조합 합성기둥(이하 PSRC 기둥, Prefabricated Steel-Reinforced Concrete column)의 단면을 보여 준다. PSRC 합성기둥은 고강도 앵글을 직사각형 단면의 네 모서리에 배치하고 각 앵글은 횡방향의 철근 또는 강판으로 용접 조합하여 자립이 가능하도록 제작한다. 필요할 경우 단면에 종방향의 고강도 철근을 추가로 배치함으로써, 기둥 단면의 휨-압축 성능을 높일 수 있다. 기둥 단면 모서리에 배치된 앵글은 휨 강성을 증가시킬 뿐만 아니라 내부 콘크리트의 구속효과를 증가시키는 역할을 한다.

앵글 및 종방향 철근은 콘크리트와 함께 압축력 및 휨모멘트에 대한 저항성능을 발휘한다. 앵글에 용접되는 횡방향 후프근 및 타이근은 기둥에 작용하는 전단력에 대한 저항, 앵글과 콘크리트 사이의 부착력 확보, 피복콘크리트 탈락 시 앵글 및 종방향 철근 좌굴 저항, 콘크리트 구속을 통한 변형능력 증진 등 구조적으로 중요한 역할을 수행한다. 특히 횡력에 의하여 전단력과 휨모멘트가 동시에 작용하는 경우, 횡방향 철근은 전단력과 앵글-콘크리트 사이의 부착에 동시에 저항하여야 한다. 또한 횡

방향 철근이 앵글에 용접되므로, 충분한 연성거동 이전에 앵글 용접부의 취성과단이 조기에 발생할 우려도 있다. 본 연구에서는 휨실험을 통하여 PSRC 합성기둥의 휨 및 전단성능과 부착성능을 평가하였다.

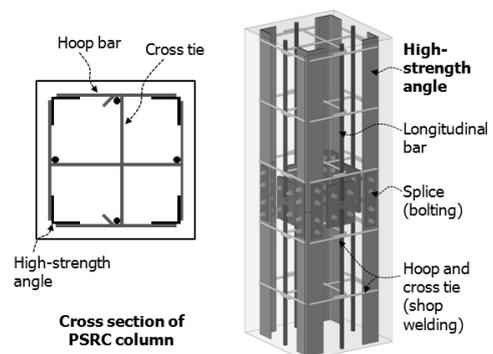


그림 1. PSRC 합성기둥

2. PSRC 합성기둥의 휨, 전단, 부착 설계

PSRC 합성기둥의 단면 휨성능은 KBC 2009 0709장에 제시된 바와 같이 강재와 콘크리트의 소성응력분포를 사용하거나 변형률 적합조건을 고려한 응력분포를 사용하여 계산할 수 있다.

PSRC 합성기둥의 전단저항은 원칙적으로 콘크리트, 횡방향 철근, 앵글에 의한 전단저항 기여를 합하여 구할 수 있다(KBC 2009 0709장). 그러나 앵글의 단면 크기는 합성기둥의 단면에 비하여 현저하게 작고 휨-압축에 의하여 앵글에 큰 수직응력이 발생될 수 있으므로, 안전측의 설계를 위하여 앵글의 전단저항은 무시하는 것이 바람직하다.

1) 대구가톨릭대학교 건축학부 조교수 (tseom@cu.ac.kr)
 2) 서울대학교 건축학과 박사과정(Hwangun85@naver.com)
 3) 서울대학교 건축학과 교수 (parkhg@snu.ac.kr)
 4) (주)센구조연구소 대표이사 (cnlee@senkuzo.com)
 5) (주)센구조연구소 차장 (hskim@senkuzo.com)

$$V_n = \frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} bd + A_{sh} f_{yh} \frac{d}{s} \leq \frac{5}{6} \sqrt{f_{ck}} bd \quad (1)$$

앵글과 콘크리트 사이의 부착저항은 앵글 표면과 콘크리트 사이의 마찰작용과 앵글 표면으로부터 돌출된 횡방향 철근과 콘크리트 사이의 지압작용으로 이루어진다. 횡방향 철근과 콘크리트 사이의 지압에 의한 앵글-콘크리트 부착강도 T_{bn} 는 다음과 같이 계산할 수 있다(KBC 2009 0506장).

$$T_{bn} = 2 \left[0.85 f_{ck} (2d_{bh} l_{wh}) \left(\frac{l_s}{s} \right) \right] \quad (2)$$

3. 실험 계획

실험변수는 강재 단면 형상에 따른 휨 성능, 강재비, 횡방향 철근 간격이다. S1은 SRC 합성기둥 실험체로서 500mm×500mm 기둥 단면의 중앙에 SM490 재질의 H-155×150×10×12 형강(강재비 2.0 %)을 사용하였다. S2-S8은 PSRC 실험체로서 H형강과 동일한 단면적을 갖는 고강도 SS540 재질의 L-90×90×7 앵글 4개(강재비 2.0-3.1 %)를 기둥 단면의 네 모서리에 배치하였다.

그림 2는 SRC 및 PSRC 합성기둥 실험체의 휨실험을 위한 설치 및 가력 방법을 보여준다. 최대 가력하중 3000 kN UTM을 사용하여 단조가력하였다. 보 좌·우 단부는 롤러로 지지되었고, 보 상부에는 가력보를 사용하여 1000 mm 간격으로 이점 가력을 하였다. 합성기둥 실험체의 전체 길이는 $L = 4500$ mm이고, 지점 사이의 유효 경간은 $L_e = 4100$ mm이며, 전단경간의 길이는 $l_s = 1550$ mm이다. 보 하부에 500 mm 간격으로 변위계를 설치하여 실험체의 처짐을 계속하였다.

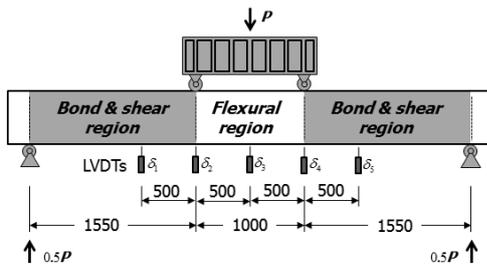


그림 2. 실험 셋팅 및 처짐 계측

4. 실험 결과

그림 3은 합성기둥 실험체의 휨실험에 의한 UTM 하중 P 과 부재 중앙부 곡률 ϕ 와의 관계를 보여준다. 균일한 모멘트가 작용하는 부재 중앙부 영역의 평균적인 곡률은 LVDT의 수직 처짐 $\delta_2, \delta_3, \delta_4$ 를 사용하여 다음과 같이 구하였다($l_{LVDT} = 500$ mm, 그림 2 참조).

$$\phi = \left[\frac{2(\delta_3 - \delta_2)}{l_{LVDT}^2} + \frac{2(\delta_3 - \delta_4)}{l_{LVDT}^2} \right] / 2 \quad (3)$$

SRC 합성기둥 실험체 S1은 최대하중 $P_u = 471$ kN을 보였고, 최대하중 이후에 연성거동을 보이다 약 2.4의 곡률연성도에서 부재 경간 중앙의 휨영역에서 상단부 피복콘크리트의 압괴로 인하여 강도저하가 발생되었다. 그러나 피복콘크리트 압괴 이후에도 H형강이 휨에 대하여 저항하므로 하중재하능력이 계속 유지되다가 6.8의 곡률연성도에서 실험을 종료하였다(그림 3(a)).

S1과 동일한 강재비를 갖는 PSRC 합성기둥 실험체 S2는 S1에 비하여 크게 증가한 최대하중 $P_u = 738$ kN을 보였고, 최대하중이 발생한 시점의 곡률연성도는 3.6으로 증가하였다. PSRC 합성기둥 실험체 S2의 하중재하능력이 증가한 이유는 기둥 단면의 둘레로 앵글을 배치함으로써 단면 휨저항능력이 크게 향상되었고, SM490 H형강에 비하여 SS540 앵글의 항복강도가 16 % 컸기 때문이다. S2는 곡률연성도 3.6에서 단면 하부의 앵글 중 한 개가 우측의 부착전단영역에서 부착파괴에 의한 미끄러짐이 발생하며 하중재하능력이 급격히 감소하였다(그림 2 참조). 앵글의 부착파괴 이후 앵글에 용접된 횡방향 철근은 다우얼작용으로 인하여 철근파단이 발생되었고(그림 3(b)), 그 결과 실험체의 최종적인 파괴특성은 전형적인 전단파괴와 유사하였다.

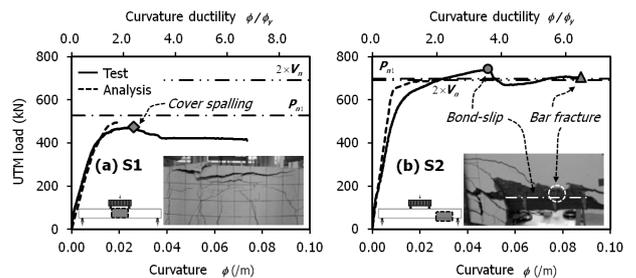


그림 3. 하중 곡률 관계

5. 결론

본 연구에서 개발한 PSRC 합성기둥은 KBC 2009에 의한 휨강도 이상을 발휘하고 기존 SRC 합성기둥과 비교하여 휨 강도 및 탄성강성이 우수하며, 변형능력은 유사한 것으로 나타났다. 위와 같은 실험 결과는 현행 합성기둥 설계기준을 개발한 PSRC 합성기둥 상부에 적용할 수 있음을 나타내고 있다.

참고 문헌

대한건축학회 (2010) 건축구조기준 및 해석 (KBC 2009), 기문당.

감사의 글

본 연구는 중소기업청의 “2011년도 산학협력 기업부설연구소 지원사업”의 일련으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.