

앵글을 이용한 선조립 합성기둥 공법

(Pre-Fabricated Steel Reinforced Concrete(PSRC) Construction Method Using Angles)

김 형 섭 (Hyoung-Seop Kim), (주)센구조연구소, 차장, E-mail: hskim@senkuzo.com

이 창 남 (Chang-Nam Lee), (주)센구조연구소, 대표이사

엄 태 성 (Tae-Sung Eom), 대구가톨릭대학교 건축학부, 조교수

박 흥 근 (Hong-Gun Park), 서울대학교 건축학과, 교수

이 승 환 (Seung-Hwan Lee), (주)센코어테크, 대표이사

1. 서론

RC구조는 값싸고 압축내력이 강한 콘크리트와 값은 비싸지만 인장내력이 탁월한 철근을 배근하여 합성내력을 발휘하게 하는 합리적인 구조방식이다. 그러나 상기 RC구조는 유동성이 있는 콘크리트를 담아주는 거푸집과 동바리의 제작, 탈형비용(脫型費用)이 부담스럽기도 하지만 콘크리트의 표준양생기간이 28일이므로 공사기간 단축에 어려움이 있다.

이를 극복하기 위하여 최근 철구조장에서 철근을 선조립하여 공사 중 자립하게 함으로 인하여 거푸집 존치 기간을 최소화하고 제작비도 대폭 절감되었고, 철근가공조립의 현장작업이 줄어들어 성공적 정착이 이루어지고 있다. 그림 1.1은 철근 선조립(PRC:Pre-fabricated Reinforced Concrete)공법이 적용된 현장모습이다.

그러나 PRC 기둥은 철근만을 재료로 사용하므로 작은 기둥에 대해서는 자립성이 떨어지는 측면이 있고, 대형 기둥에 대해서는 용접개수가 많이 증가한다. 따라서 이와 같은 단점을 극복하기 위해 선조립기둥에 앵글을 사용하는 철골 철근 선조립(PSRC:Pre-Fabricated Steel Reinforced Concrete) 공법을 개발하였다. PRC 공법은 구조적인 장점을 극대화하기 위해서 기둥의 모서리에 굵은 철근을 집중 배근하는 기법을 사용하였는데, PSRC에서 기둥은 단면의 형상 자체가 철근을 구석에 모아놓은 것과 같아서 그러한 의도가 자동 실현되며 띠 철근을 부착하는 용접성과 용접 개소 및 용접량도 절약되고,

특히 기둥과 기둥을 이음할 때 별도로 이음강판을 사용하지 않아도 기형강끼리 직접 용접이 가능하므로 부속 강재와 용접량을 최소화 할 수 있을 뿐 아니라 볼트만으로도 이음이 가능하다는 장점이 있다. 또한 철근은 전기로에서 고철을 녹여서 제작하지만 기형강은 고로(용광로)에서 생산되는 치너철을 열간 압연한 것이므로 재료의 신빙성이 더 크기 때문에 신뢰성 또한 증가한다.

본 기사에서는 앵글을 이용한 PSRC공법의 특징과 보-기둥 접합부를 소개하고자 한다.



그림 1.1 철근선조립(PRC) 현장 적용 모습

2. PSRC기둥 상세

그림 2.1은 PSRC 기둥 시스템을 나타낸 그림으로써 기초에 설치되는 주각부, 기둥간의 이음부, 그리고 현재 국내 합성보 중에 가장 널리 사용되는 시스템인 TSC 합성보와 PSRC 기둥의 접합부 상세(패널존)를 보여주고 있다.

PSRC 기둥의 주요 구성재료는 일반 SRC와 달리 철골뿐 아니라 철근까지 기둥의 자립에 기여할 수 있도록 제작하고 현장에서 기둥간 이음을 단순화 시켜야 한다. 따라서 자립성을 위해서는 앵글과 철근 그리고 철근과 철근의 결속은 그림 2.2에서와 같이 용접을 실시한다. 즉, 모든 철근은 용접용철근(SD400W, SD500W 등)을 사용하였다.

그림 2.1에서 기둥이음부 상세를 나타내었는데 PSRC의 이음부에서 앵글과 앵글은 볼트접합을 기본으로 하며 주근과 주근의 접합은 강판과 강판을 이용한 용접 혹은 볼트이음으로 이루어진다. 즉, 힘의 흐름을 상부 주근에서 이음강판으로 전달하고 이음강판이 다시 하부 주근으로 전달하는 방식이다. 또한 TSC합성보와 PSRC기둥의 접합부 상세에서는 TSC합성보가 접합되는 기둥면에는 패널존판을 설치하여 패널존 보강을 실시하였고 내부에는 스티프너를 설치하여 하중을 전달하도록 하였다.

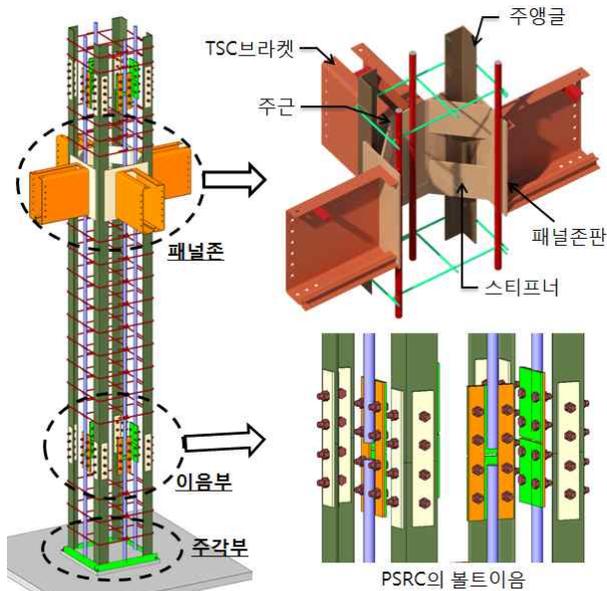


그림 2.1 PSRC 기둥 형상



그림 2.2 PSRC 기둥 상세

공장용접으로 선조립한 기둥 케이지를 현장에 반입하여 조립·설치하고, 현장에서는 PSRC 기둥 케이지에 거푸집을 설치한 다음 콘크리트를 타설한다. 따라서 현장에서의 철골과 철근 적재, 가공 공정 생략으로 인하여 공기단축 및 청결한 현장 관리가 가능하고, 공장에서 철근을 가공·조립하기 때문에 절단 및 절곡 과정에서 발생하는 토막들의 손실을 최소화할 수 있어서 경제적이다.



그림 3.1 PSRC와 TSC합성보 내진접합부 실험

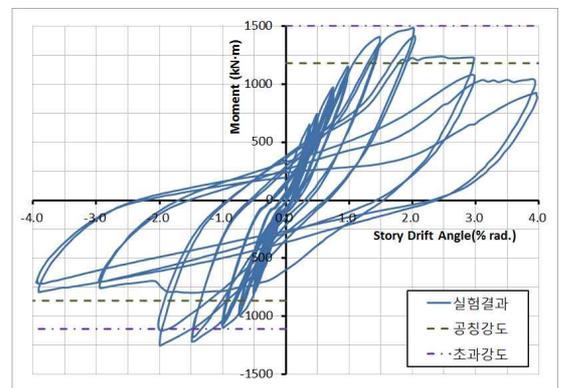


그림 3.2 층간변위각과 모멘트

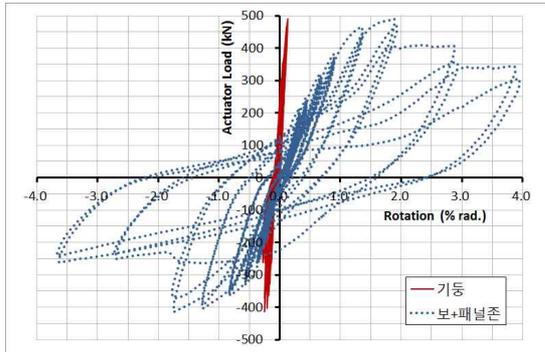


그림 3.3 각 부분의 층간변위각

3. PSRC 기둥과 TSC 합성보

위의 그림 2.1에 나타난 보-기둥접합부 상세의 내진성능을 평가하기 위해 포항산업과학연구원 강구조연구소(RIST)에서 내진접합부 성능시험을 수행하였다. TSC 합성보와 PSRC 기둥의 내진접합부는 시공성 및 경제성을 위해 특수모멘트골조(SMF)와 중간모멘트골조(IMF)로 분리하여 설계할 수 있도록 하였다. 즉, 특수모멘트골조는 TSC 브라켓을 PSRC 기둥 내부로 관통하여 TSC 합성보의 연속성을 확보하도록 설계하고(1) 중간모멘트골조는 그림 2.1과 같이 패널존판과 스티프너로 설계하여 내진설계 시 선택적으로 사용할 수 있도록 하였다.

그림 3.1은 PSRC 기둥과 TSC 합성보의 내진접합부 시험을 수행하는 모습이며, 그 실험결과는 그림 3.2와 3.3에 나타내었다.

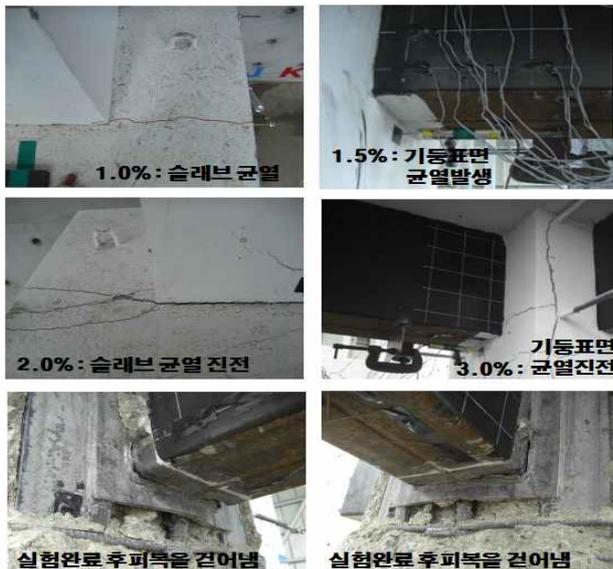


그림 3.4 실험결과

그림 3.2는 층간변위각과 휨모멘트를 나타낸 그래프이다. 정 부 모멘트 모두 2.0% Radian 이상의 층간변위각이 발생할 때 까지 강도저감 없이 공칭강도의 80%이하의 내력감소가 발생하지 않았는데, 이것은 KBC 20092)의 중간모멘트골조 기준을 만족하는 결과이다. 그 중 위쪽인 부모멘트 내력은 2% 이후에서 줄어 든 것을 알 수 있는데 이것은 슬래브 내의 주철근 한 개가 파단된 것으로 추정되는데 그것은 파단소음으로 추정 할 수 있다. 하지만 이 후에도 공칭강도의 80%이하로 내력이 감소되지 않았다. 정모멘트를 의미하는 아래쪽그래프는 3.0% Radian에서 급격한 강도 저하가 발생하였는데 이는 패널존 내부 스티프너 혹은 패널존과 접합 된 TSC하부 플랜지의 파단으로 추정된다. 또한 부모멘트와 정모멘트 모두 공칭강도 부근부터 소성변위가 발생하였고 최대강도는 초과강도 부근에서 발생하였다. 즉 실험결과와 공칭 및 초과강도 계산결과가 거의 유사하게 나타났음을 알 수 있다.

그림 3.3은 기둥의 층간변위각과 보와 패널존의 층간변위각을 분리한 그래프이다. PSRC 기둥은 약 0.2% Radian의 층변위각을 나타내었고 소성이 발생하지 않았다. 즉 대부분의 탄성변위와 모든 소성변위가 보와 패널존에서 발생하였음을 알 수 있다.

그림 3.4는 실험결과를 각 단계별로 나타낸 그림이다. 1.0%의 층간변형에서 상부슬래브의 균열이 발생하여 계속 층간변형각에 따라 계속 진행되었으며, 2.0%의 층간변형각부터 패널존을 구속하고 있는 기둥면에서 균열이 발생하였다. 그리고 3.0%에서 TSC하부플랜지 파단이 발생하였다.

현재 PSRC기둥의 내력 실험은 산학연협력 기업부설연구소 지원사업의 일환으로 서울대학교와 공동으로 과제를 진행중이며 그림 3.5와 3.6과 같이 실험체 제작을 하여 포항산업과학연구원 강구조연구소(RIST)에서 2011년 12월 실험을 수행 할 예정이다.



그림 3.5 PSRC기둥 압축강도 실험



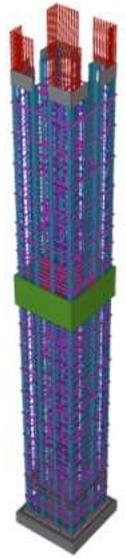
그림 3.6 PSRC기둥 휨강도 실험

4. PSRC 적용사례

현재 SRC 기둥은 다양한 현장에서 적용하여 시공성과 경제성의 우수성이 증명되고 있다. SRC를 제작하는 강구조업체인 (주)센코어테크는 설립 1년여 동안 20여개 이상의 현장에 대한 SRC 기둥 적용실적을 보유하고 있다.

반면 PSRC 기둥은 아직 공사실적이 많지는 않지만 그림 4.1(a)와 같이 2.1m × 2.1m 단면에 높이가 약 20m 인 실물크기의 Mock-up을 실시하였고, 그림 4.1(b)는 Mock-up 전에 미리 3차원 모델링프로그램인 Tekla를 이용하여 모델링한 모습이다. 그리고 그림 4.2와 4.3과 같이 대규모 공장에 적용하여 시공성 및 경제성을 입증하였다. 그림 4.4에 본 현장의 거대 기둥에 사용된 PSRC 개념도를 나타내었다.

여기서 SRC 기둥은 H형강만이 시공 시 자립을 지지하도록 설계하는 반면 PSRC 기둥은 모든 강재, 즉 앵글과 철근이 모두 시공하중을 지탱하도록 설계하고 강재를 외곽으로 배치하기 때문에 단면성능이 증가하므로 경제성을 확보할 수 있었다.



(a) Mock-up

(b) Tekla 모델

그림 4.1 PSRC기둥의 Mock-up



그림 4.2 PSRC기둥 적용현장



그림 4.3 PSRC기둥 이음부

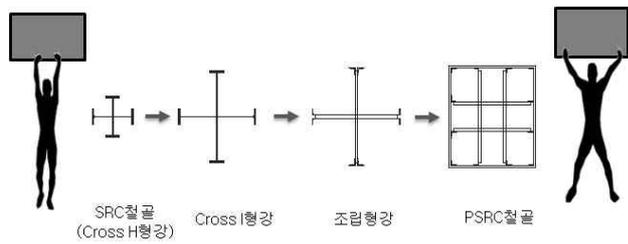


그림 4.4 PSRC기둥의 개념도 예

5. 결론

본 기사에서는 용접용 철근과 앵글을 사용한 철골 철근 선조립(PSRC) 기둥 공법의 특징 및 내진성능 검증 결과를 나타내었다.

PSRC 기둥은 PRC 기둥에 비해 자립도를 확보 할 수 있고, 용접개소를 줄일 수 있는 장점이 있어 일부 단면에 대해서 경제성을 할 수 있고, SRC 기둥과 비교하면 단면성능이 증가하여 강재량 절감이 가능하고, 현장배근 공정이 없기 때문에 시공성이 증가하여 공기단축도 가능하다.

PSRC 기둥의 이음부는 볼트이음과 용접이음 중 현장여건에 따라 선택이 가능하고, PSRC 기둥과 TSC 합성보의 접합부 상세는 중간모멘트골조와 특수모멘트골조에 해당하는 각각의 내진성능이 실험으로 입증되었다.

PSRC기둥의 Mock-up을 실시하고, 대규모 공장에 적용한 결과 시공성, 경제성 그리고 안전성이 향상되었으며 깨끗한 현장을 유지할 수 있었다.▲

참고문헌

1. 황현종, 박흥근, 이철호, 박창희, 이창남, 김형섭, 김성배, “콘크리트채움 U형 강재보-콘크리트 기둥 접합부의 내진성능”, 한국강구조학회논문집 제23권 1호, pp.83-97, 2011
2. 대한건축학회, 건축구조기준 및 해설 (KBC 2009), 2009.