

강선 이음길이에 따른 PC 보-기둥 접합부의 휨 거동에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Flexural Behavior of PC Beam Column Joint with Spliced Strand

하 상 수* 김 승 훈* 문 정 호** 이 리 형*** 이 강 철**** 김 익 배*****
Ha, Sang-Su Kim, Seung-Hun Mun, Jeong-Ho Lee, Li-Hyung Lee, Gang-Chul Kim, Ick-Bae

Abstract

As reviewing of current trend on PC connection details, owing to effective stress transfer in the connection, it grow to increase that use of mechanical splices, reinforcements or welded splices, and prestressing. However such devices as reinforcement, mechanical splices entail not only more cost resulted from materials but also extra construction process so as to cause PC used method to lower competition against conventional method. Therefore more enhanced connection details which help working process simplified and construction cost reduced. In this research, as replace 9.3mm, 7strand for reinforcement, it is attempt to devise connection detail which makes workability improve and confirm effective stress transfer in the region of connection. The experimental research is proceeded by partial tension test of specimen. The splice lengths of 7strand is decided to be variations. The flexural capability is verified to depend on spice length. An an appropriate splice length could be also determined as a precedent research on improving PC connection detail.

1. 서론

최근 PC 부재 접합부 상세에 관한 연구 경향을 보면 효율적인 접합부의 응력전달을 위하여 기계적 이음을 위한 철물, 철근 및 보강 철물의 용접, 프리스트레스의 도입 등의 사용이 증가하고 있다. 그러나 이러한 보강 철물 및 기계적 이음장치는 재료에 대한 가격상승과 함께 추가적인 작업공정이 필요하므로 PC 공법이 기존의 재래식 공법에 대한 경쟁력을 떨어뜨리게 하는 요인이 되고 있다. 또한, PC화된 보와 기둥을 조립하는 과정에서 철근 배근이 복잡해지고, 접합부에서의 불명확한 응력전달을 확보하기 위하여 필요이상의 철근을 배근하게 됨으로써 기둥과 보에 배근되는 철근이 교차되는 접합부에서는 철근 배근이 불가능해 지거나 시공성을 저하시키기 때문에 건물시공에 있어서 PC화할 경우 많은 이점이 있음에도 불구하고 이를 기피하는 사회적 인식이 팽배해져 있는 것이 사실이다. 접합부에서의 명확한 응력 메카니즘과 합리적인 시공성 및 일체성이 PC화의 문제점이며, 이를 해결하는 것이 PC화 연구의 목적이라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 접합부 내에서의 효율적인 응력전달과 시공성이 확보된 접합부 상세를 개발하기 위한 선행연구로써 강선(9.3mm 7연선)을 PC 보 주근 대신 사용하여 강선 이음길이에 따른 보 단부에서의 휨 거동에 대한 부분인장 실험을 수행함으로써 PC 접합부 상세에 대한 기초 자료를 제공하기 위한 연구이다.

* 정희원, 한양대학교 STRESS 연구조교수, 공학박사 ** 정희원, 한남대학교 교수, 공학박사

*** 정희원, 한양대학교 건축공학과 교수, 공학박사 **** 정희원, 삼연 PCE 과장

***** 정희원, 삼연 PCE 부장

본 연구는 삼성물산(주) 건설부문의 지원으로 이루어진 연구의 일부로 이에 감사드립니다.

2. 실험

2.1 실험체 계획

개발하고자 하는 강선 이음형 접합부 상세를 그림 1에 나타내었다. 강선 이음형 접합부는 Half PC 보에 매립된 U형 강선을 접합부에 교차시켜, 보에서 전달되는 응력을 강선 내부에 구속되는 콘크리트로서 저항하게 하는 시스템이다. 그림 1에 나타난 바와 같이 Half PC 보 내부의 강선(9.3mm 7연선)은 Half PC 보 하부철근과 이음되어 있으며, 접합부에서의 기둥 주근은 연속되어 있다. 본 논문에서는 강선 이음형 접합부 연구에 앞서 강선으로 이음된 Half PC 보의 휨 거동에 대해서만 언급하도록 한다.

Half PC 보의 휨 거동을 파악하기 위한 부분인장 실험체의 형상 및 배근상세를 그림 2에 나타내었으며, 실험체 일람을 표 1에 나타내었다.

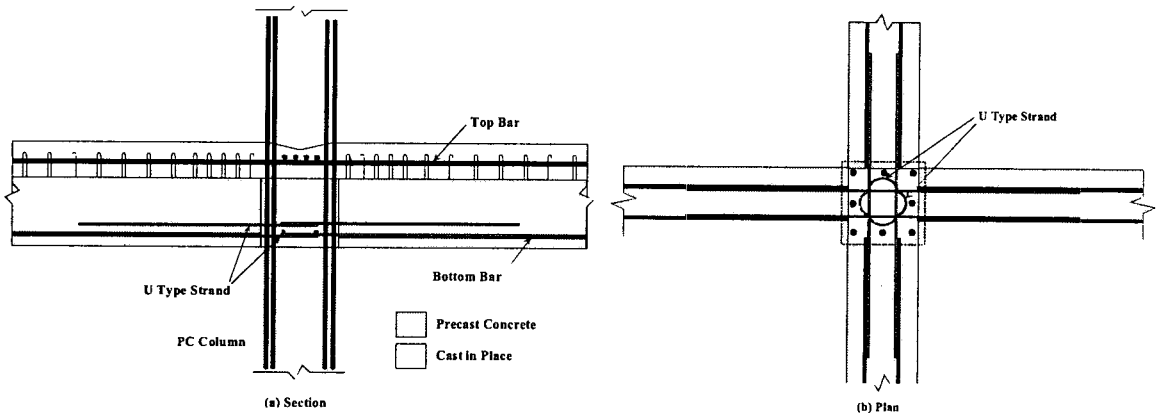


그림 1. 강선 이음형 접합부 상세

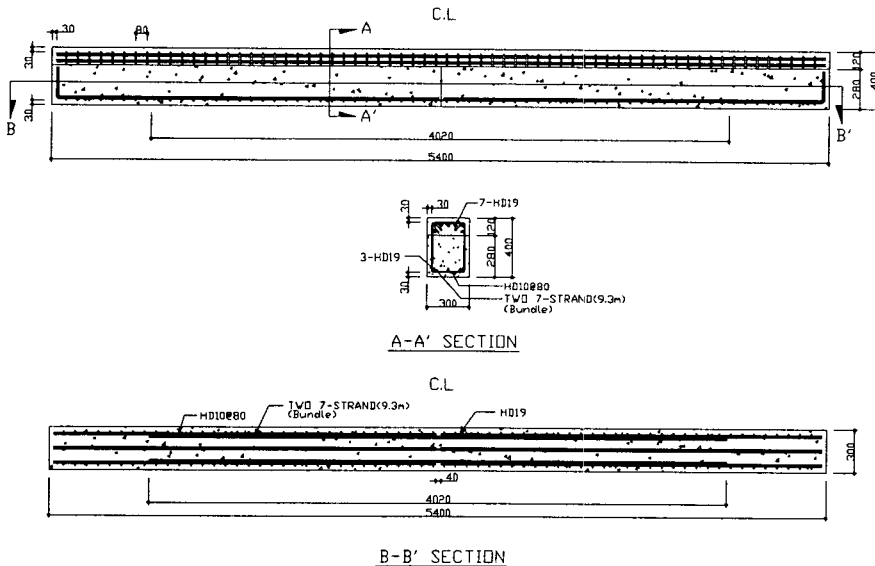


그림 2 부분 인장 실험체 형상 및 배근상황

표 1에 나타난 바와 같이 부분 인장 실험체는 이음길이를 변수로 하여 총 5개의 실험체를 제작하였다. 강선의 경우 이음길이에 대한 기준식이 프리스트레스를 고려한 것을 기준으로 하기 때문에 본 접합부와 같이 프리스트레스를 고려하지 않은 연결재로 사용될 경우 이음길이가 크게 산정되는 단점이 있다. 또한, 일반 철근과의 이음길이에 대해서는 관련설계 지침이 없는 실정이다. 본 실험체의 이음길이 산정은 이형철근에 대한 이음길이 공식을 적용하여 계산하였다. 기준실험체인 S1-1은 공식에 의해 산정된 값만큼 이음길이가 확보된 실험체이고, S1-2, 3, 4 실험체는 기준실험체 이음길이의 각각 40%, 60%, 80%에 해당되는 실험체이다. 또한, S1-5 실험체는 강선을 새가닥을 사용한 것으로서 이를 제외하고는 S1-4 실험체와 동일하다. 실험체에 사용된 콘크리트 압축강도는 Half PC보의 경우 270 kgf/cm² Topping 부분은 240 kgf/cm²으로 계획하였다. 사용된 철근과 강선(9.3mm 7연선)의 재료시험 결과는 표 2와 같다.

표 1. 실험체 일람

| No. | 실험체명 | 강선수 | 이음길이(cm) | 비고 |
|-----|------|-----|----------|--------------|
| 1 | S1-1 | 2 | 402 | 기준실험체 |
| 2 | S1-2 | 2 | 160 | 이음길이:기준의 40% |
| 3 | S1-3 | 2 | 240 | 이음길이:기준의 60% |
| 4 | S1-4 | 2 | 320 | 이음길이:기준의 80% |
| 5 | S1-5 | 3 | 320 | 이음길이:기준의 80% |

표 2. 철근 및 강선의 재료시험 결과

| 종류 | f_y (kgf/cm ²) | ϵ_y ($\times 10^{-6}$) | f_u (kgf/cm ²) | E_s (kgf/cm ²) | 연신율 (%) |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------|
| D10 | 5,120 | 3,000 | 7,490 | 1.70×10^6 | 15.9 |
| D19 | 5,355 | 2,600 | 7,751 | 2.06×10^6 | 14.8 |
| 7연선 (9.3mm) | 19,899 | 9,200 | 22,432 | 2.16×10^6 | - |

2.2 실험방법

실험체는 그림 3에 보는 바와 같이 양단 핀접합을 하고 1000 tonf UTM을 이용하여 가력하였다. 실험체 가력은 단면해석 및 기준식으로 예측된 균열하중과 항복하중의 75%를 2회 반복가력 하였다. 본 실험체의 주요 변수가 연결재의 이음길이이므로 이음길이가 작을 경우 조기 파괴될 우려가 있어 항복하중의 75%로 한 것이다. 이후는 중앙부 수직변위가 25mm, 50mm, 75mm, 100mm, 150mm가 되도록 1회씩 점증가력 하였다.

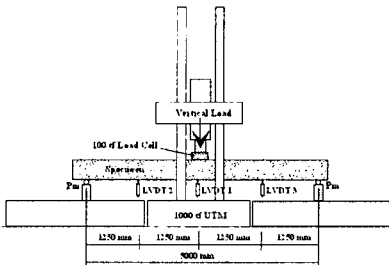


그림 3. (a) 실험체 설치

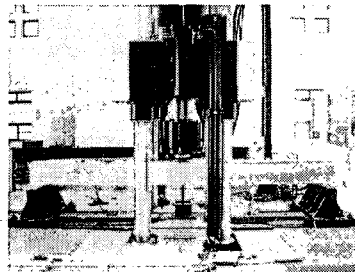


그림 3. (b) 실험체 설치 사진

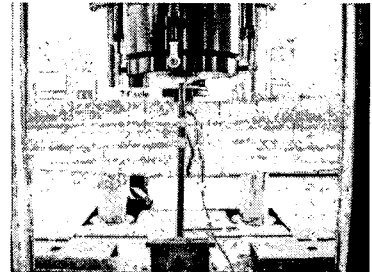


그림 4 실험체 파괴 상황

3. 실험 결과

실험체의 파괴 상황은 그림 4에 나타난 바와 같이 보의 중앙부에서 초기 휨 균열이 발생하고, 가력이 증가함에 따라 발생한 균열이 진전하거나 새로운 휨 균열이 발생되는 전형적인 휨 파괴 양상을 보였다. 휨 균열은 PC로 제작된 부분(밀면에서 28 cm)까지 진전되다가 Topping된 부분 이상에서는 Topping 면을 따라 수평균열이 발생하였다. 실험은 강선이 절단되거나 수직 변위가 150mm가 도달될 때까지 계속 가력하였다. 각 실험체의 실험결과와 표 3과 같으며, 실험체의 하중-변위 곡선 및 각 실험체의 단조화 곡선 비교는 그림 5와 그림 6에 각각 나타내었다.

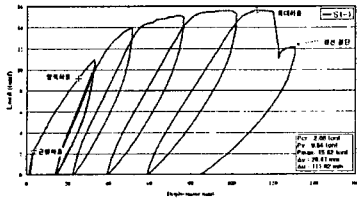


그림 5. (a) S1-1 하중-변위 곡선

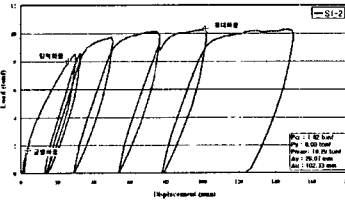


그림 5. (b) S1-2 하중-변위 곡선

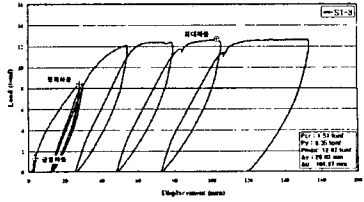


그림 5. (c) S1-3 하중-변위 곡선

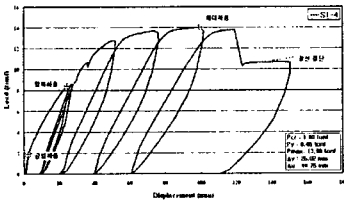


그림 5. (d) S1-4 하중-변위 곡선

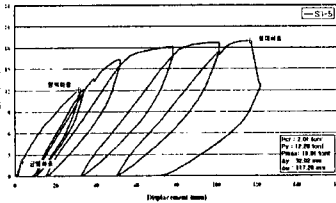


그림 5. (e) S1-5 하중-변위 곡선

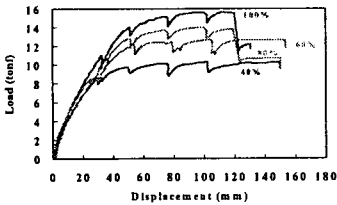


그림 6. (a) 단조화 비교(이음길이)

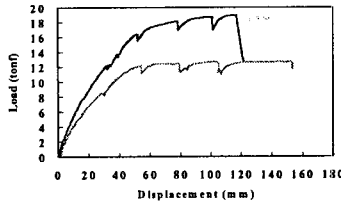


그림 6. (b) 단조화 비교(강선수)

표 3. 실험결과

| 실험체명 | P_{cr} (tonf) | P_y (tonf) | 실험 P_u (tonf) | 이론 P_u (tonf) | Δ_y (mm) | Δ_u (mm) |
|------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| S1-1 | 2.1 | 9.5 | 15.6 | 10.3 | 26.5 | 111.0 |
| S1-2 | 1.8 | 8.0 | 10.3 | 10.4 | 26.1 | 102.3 |
| S1-3 | 1.5 | 8.4 | 12.7 | 10.4 | 28.0 | 104.1 |
| S1-4 | 1.9 | 8.5 | 14.0 | 10.4 | 25.0 | 99.8 |
| S1-5 | 2.0 | 12.3 | 18.9 | 14.5 | 32.0 | 117.3 |

4. 결론

PC 보-기둥 접합부에 대한 선행 연구로서 강선 이음길이에 따른 PC 보 단부의 휨 및 이음성능 평가를 위한 실험으로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 철근에 적용하고 있는 이음길이를 강선에 적용할 경우, 기준식(ACI 318-99)에 의한 이음길이의 80%와 100%를 사용한 실험체(S1-1, S1-4)에서 중앙부 수직변위가 120mm에 도달할 때 강선이 인장 파단되어 충분한 이음성능을 보유하고 있는 것으로 나타났다.
- (2) 이음길이의 40%와 60%를 사용한 실험체(S1-2, S1-3)에서는 연성적인 거동을 보여주고 있으나, 슬립현상으로 인한 휨 내력이 저하되므로 충분한 이음길이가 확보되지 않은 것으로 판단된다.
- (3) 강선수가 세 개 이고, 기준식에 의한 이음길이의 80%를 사용한 실험체(S1-5) 역시 강선이 파단되어 이음길이가 충분히 확보된 것으로 판단되며, 강선을 두개 사용한 것보다 강도 및 강성이 증가되는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. ACI committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI318-99)," American Concrete Institute.
2. Sergio M. Alcocer and Rene Carranza, "Seismic Tests of Beam-to-Column Connections in a Precast Concrete Frame," PCI JOURNAL, May-June 2002, pp.70-89.
3. Ghosh S.K., Nakaki S.D., and Krishman K., "Precast Structures in Regions of High Seismicity : 1997 UBC Provisions," PCI JOURNAL, November-December 1997, pp.76-93.