

Perfobond rib을 적용한 PSC-강 복합구조 연결부 거동에 대한 실험적 연구

An Experimental Study for Joints in Hybrid PSC-Steel Beam with Perfobond rib

원정훈* 박세준** 윤지현*** 김상호**** 이찬구***** 김성재*****

Won, Jeong-Hun Park, Se-Jun Yoon, Ji-Hyun Kim, Sang-Hyo Lee, Chan-Goo Kim, Sung-Jae

ABSTRACT

This study presents experimental results of Steel-PSC hybrid beams having a rear plate joint with a perfobond rib shear connector between the steel girder and the prestressed concrete girder. Three specimens of 3.9m length(3.6m span length) were tested to evaluate the flexural characteristics of the joint under the condition of the three point loading. Based on load-deflection curves and failure modes of specimens by the experimental test, it is found that the proposed joint with the perfobond rib shear connector shows the higher strength and initial stiffness and the sufficient ductility. Therefore, the suggested perfobond rib shear connector can perform effectively as the joint of the Steel-PSC hybrid structural system.

요 약

본 연구에서는 강-프리스트레스트 콘크리트(PSC) 복합 보의 연결부 거동과 시공성을 향상시키기 위해 perfobond rib를 적용한 연결부를 제안하였으며, 보 실험을 통해 제안된 연결부의 성능을 검증하였다. 강 플레이트 상·하면에 perfobond rib로 이루어진 연결부를 이용하여 중앙에 위치한 강형부와 지점에 위치한 PSC형부를 연결한 3.9m 길이의 보 실험체 3개를 제작하여 재하실험을 수행하였다. 재하실험 결과, 제안된 연결부를 갖는 보 실험체는 PSC형부의 파괴에 의해 전체 보 부재의 파괴와 극한 강도가 지배된다. 또한, 균열의 진전형상과 초기강도, 극한강도 도달까지의 하중저항능력을 분석한 결과, perfobond rib를 적용한 연결부는 기존의 stud를 적용한 연결부만큼 구조적으로 우수한 것으로 판단된다.

* 정회원, 연세대학교, 사회환경시스템공학부, 박사과정, 공학석사, E-mail : wjh0611@yonsei.ac.kr

** 정회원, 연세대학교, 사회환경시스템공학부, 석사과정, 공학사, E-mail : sejoonee@nate.com

*** 정회원, 연세대학교, 사회환경시스템공학부, 석사과정, 공학사, E-mail : yedjh@korea.com

**** 정회원, 연세대학교, 사회환경시스템공학부, 교수, 공학박사, 공학석사, E-mail : sanghyo@yonsei.ac.kr

***** 정회원, GS건설 기술본부 토목구조팀, 차장, 공학석사, E-mail : cglee@gsconst.co.kr

***** 정회원, 삼표이앤씨 교량기술연구소 기술팀, 과장, 공학석사, E-mail : sjkim@sampyoenc.com

1. 서 론

최근 강과 콘크리트의 재료적 장점을 최대한 활용하면서 각 재료가 갖는 단점을 보완하여 단일재료로는 얻을 수 없는 우수한 구조특성을 만들어내는 복합구조의 연구 및 적용사례가 증가하는 추세이다. 이러한 복합구조는 운송 등의 제한조건을 해결함과 동시에 현장작업을 최소화할 수 있는 분절형 교량(spliced girder bridge)에 적용될 수 있다. 본 연구에서는 복합구조를 분절형 교량에 적용하기 위해 필수적인 강-PSC 복합구조 연결부의 거동과 시공성을 향상시키기 위해 그림 1과 같은 perfobond rib를 적용한 연결부를 제안하며, 보 실험을 통해 거동을 분석하고자 한다.

2. 실험 방법 및 사용재료

2.1 사용재료

본 연구의 실험에 사용된 PSC형부 콘크리트의 설계강도는 50MPa이며, 강형부의 강재는 SS400강재를 사용하였다. 철근은 SD40의 고강도철근을 사용하였으며, 극한강도 1900MPa인 SWPC7B 12.7mm 강연선을 사용하여 PSC형부와 연결부를 긴장하였다.

2.2 실험 방법

중간채움 콘크리트 후면판 방식의 강제 플레이트 상·하면에 perfobond rib를 적용한 연결부를 갖는 보 실험체 3개(PR-1, PR-2, PR-3)를 제작하여 재하시험을 수행하였다. 실험체의 길이는 3.9m(지간 거리 3.6m)로 그림 2와 같은 상세를 갖는다. 실험체의 중간에는 강형부를, 지점부에는 PSC형부를, 강형부와 PSC형부 사이에는 연결부를 설치하였다. 연결부 perfobond rib 설계는 Oguejiofor와 Hosain (1994)의 연구결과를 근거로 극한강도를 산정한 후 안전율 5를 적용한 허용응력을 가정하여 소요 재원을 산정하였다. 적용된 perfobond rib 연결부 상세는 그림 3과 같다. 연결부 상·하면 플레이트에 각 2열의 perfobond rib를 배치하였으며, rib 홀의 관통철근으로는 그림 3과 같이 보의 전단보강철근(H16)을 이용하였다. 또한, 연결부 후면판에는 전단연결재로 H16-70mm의 stud 4개를 배치하였다.

실험체의 중앙, 연결부, PSC형부의 처짐을 측정하기위해 변위계를 설치하였으며, 실험체의 상·하면과 측면, 철근에 하중증가에 따른 변형률을 측정하기 위해 변형률 게이지를 부착하였다. 하중은 보의 중앙에 2000kN의 actuator를 이용하여 재하하며, 정적거동을 파악하기위해 2개의 실험체에는



그림1. Perfobond rib 연결부

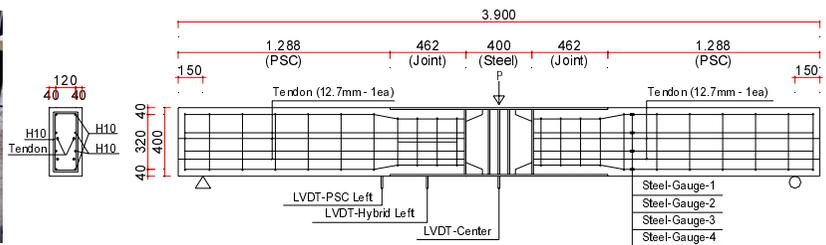


그림2. 실험체 상세

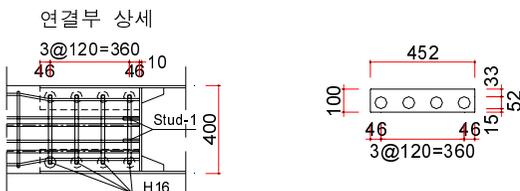


그림3. Perfobond rib 연결부 상세

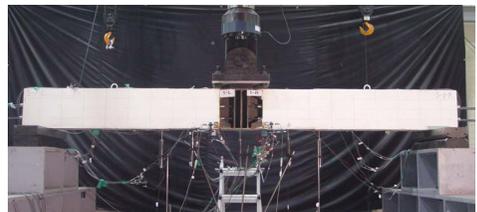


그림4. 실험 전경

정적하중을, 사용상태의 거동과 소성변형을 파악하기 위해 1개의 실험체에는 반복하중을 재하하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 하중-처짐 관계

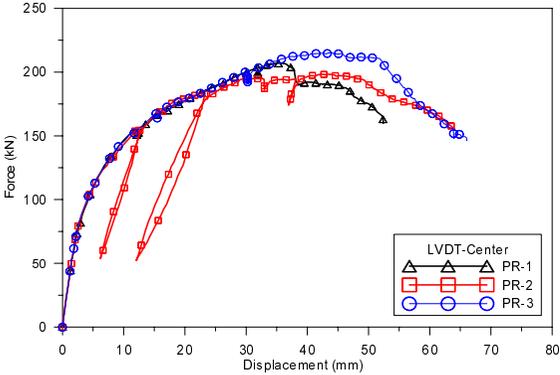


그림5. 중앙부 하중-처짐 곡선도

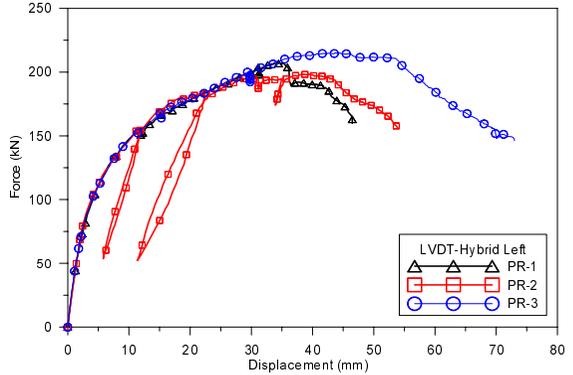


그림6. 좌측 연결부 하중-처짐 곡선도

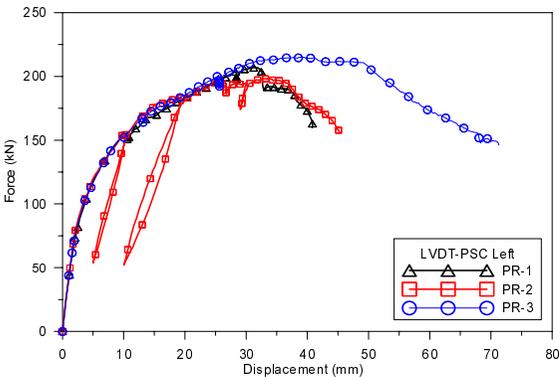


그림7. PSC형부 하중-처짐 곡선도

실험체 중앙부, 연결부, PSC형부의 하중-처짐 관계를 측정하여 그림 5~7에 나타내었다. 실험체 극한하중의 평균값은 202.76kN으로 측정되었다. 이 값은 도로교설계기준에 의한 실험체의 PSC형부의 극한강도 예측치와 유사한 값으로 PSC형부가 전체 부재의 휨강도를 지배한 것으로 나타났다. 연결부가 극한강도에 도달하기 전에 PSC형부의 극한강도가 먼저 도달하였으므로 perfobond rib 전단연결재가 연결부 내에서 100%역할을 수행하였음을 알 수 있다. 또한, 실험체의 연성도가 4~5를 나타내므로 연성능력 측면에서도 우수한 것으로 보인다.

3.2 단면변형을 및 중립축위치변화

실험체의 하중별 깊이방향 변형률 분포를 그림 8에 나타내었다. 여기서 변형률의 부호가 바뀌는 높이가 중립축의 위치가 된다. 이렇게 구한 실험체 하면으로부터 중립축 위치 변화를 그림 9에 나

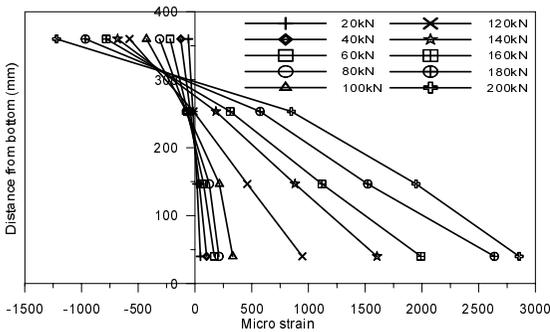


그림8. 하중별 깊이방향 변형률 분포

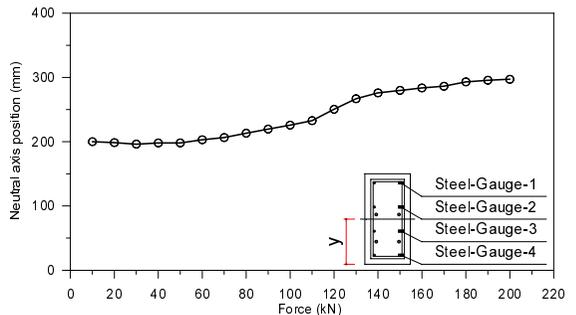


그림9. 하중별 중립축 위치 변화

타내었다. 중립축 위치 변화는 70kN 정도부터 상부로 이동함을 알 수 있는데, 이는 그림 10과 같이 휨균열이 실험체의 내부에서 발생하기 시작하고 진전되고 있음을 의미한다.

3.3 균열형상 및 파괴형상

Perfobond rib 전단연결재가 설치된 연결부를 갖는 실험체의 균열 및 파괴형상을 그림 10에 나타내었다. 실험체 모두 초기 균열은 연결부가 끝나는 곳의 PSC형부에서 전형적인 휨 균열의 형태로 발생하였으며, 하중의 증가에 따라 휨 균열이 진전되는 형상을 보였으므로, 단면의 휨저항 능력이 가장 작은 PSC형부의 파괴가 부재 전체의 파괴를 지배하는 것을 확인할 수 있다. 또한 모든 실험체가 하중이 증가함에 따라 PSC형부 하단의 인장파괴와 상단의 압축파괴가 발생하였다.

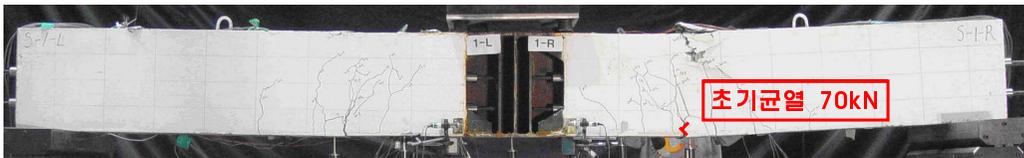


그림 10. 균열형상 및 파괴형상

4. 결 론

본 연구에서는 perfobond rib 전단연결재를 적용한 연결부를 갖는 강-PSC 복합구조형식 보 실험체를 제작하여 재하실험을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 3개의 실험체 모두 PSC형부의 인장파괴에 의해 전체 부재의 파괴와 극한강도가 지배되므로, 본 연구에서 제안된 perfobond rib를 적용한 연결부는 강-PSC 복합구조의 연결부에 효과적으로 적용될 수 있다고 판단된다.
- 2) 균열의 진전형상과 초기강도, 극한강도까지의 하중저항능력 등의 관점에서 보면 perfobond rib를 적용한 연결부는 기존의 stud를 적용한 연결부만큼 우수한 성능을 보이는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 GS건설과 삼표이앤씨의 연구비 지원 및 교육인적자원부 BK21사업의 일환인 연세대학교 사회환경시스템공학부 미래사회기반시설 산학연공동사업단의 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 윤익중, 노병철, 김문겸, 조성용 (2008) 혼합구조의 성능 향상을 위한 개선된 접합부의 개발(II): 개선된 접합방식의 성능확인을 위한 모형실험 및 해석 *대한토목학회 논문집*, 대한토목학회, 제 28권 2A호, pp. 207-214.
2. 임병호, 박정민, 김화중 (2001) 이질 구조부 보강방법에 따른 혼합구조부의 휨거동 특성에 관한 연구, *한국강구조학회 논문집*, 한국강구조학회, 제 13권 4호, pp. 419-431.
3. Dunai, L., Fukumoto, Y. and Ohtani, Y. (1996) Behaviour of steel-to-concrete connections under combined axial force and cyclic bending, *Journal of the Constructional Steel Research*, Vol. 36, No. 2, pp. 121-147.
4. Oguejiofor, E. C. and Hosain, M. U. (1994) A parametric study of perfobond rib shear connectors, *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 21, pp. 614-625.