

# 합성작용을 위한 새로운 Perfobond T형 전단연결재

## A New T Type Perfobond Shear Connector for Composite Action

정철현<sup>\*</sup> 김종석<sup>\*\*</sup> 심창수<sup>\*\*\*</sup> 김광수<sup>\*\*\*\*</sup> 정광희<sup>\*\*\*\*\*</sup> 심정욱<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Chung, Chul Hun Kim, Jong Suk Shim, Chang Su Kim, Kwang Soo Jung, Kwang Hoe Sim, Chung Wook

### ABSTRACT

The results and interpretations of push-out tests on shear connector devices for composite bridges carried out in this study are presented. The devices under investigations are headed studs, perfobond rib, T-type perfobond rib, T-Connector and a new type of shear connector called T type perfobond rib. This new connector is flat steel plate with a number of holes punched through. The results obtained indicate that the T type perfobond rib shear connectors exhibit adequate ductility and substantially higher capacities. Therefore for composite beams utilizing reinforced concrete slabs, the T type perfobond rib shear connectors is a viable alternative to the headed studs.

### 1. 서론

합성형교량에서 거더와 교량바닥판 접촉면에서 효과적인 응력전달과 합성거동을 위해 다양한 전단연결재가 사용된다. 지금까지 오랜 기간동안 전단전달을 목적으로 많은 종류의 전단연결재가 개발되어 사용되었으며, 가장 일반적인 것은 그림 1의 스티드 전단연결재(headed studs)이다. 최근 들어 국외에서는 새로운 형태의 전단연결재 개발에 대한 연구가 많이 수행되고 있으며, 그 중에서도 피로특성과 시공성이 우수한 perfobond rib 형태의 전단연결재가 특히 주목을 받고 있다. 이 새로운 전단연결재는 독일(Zellner 1987)에서 처음 사용되었으며, perfobond rib 전단연결재는 여러개의 홀이 설치된 강 플레이트로 구성된다. Perfobond rib 전단연결재의 대표적인 형상은 그림 2로서 전단연결재를 거더 상부 플랜지에 용접한 후, 바닥판 콘크리트를 타설하여 홀에 충전된 콘크리트에 의해 부착성능을 향상시킴으로서 강과 콘크리트를 일체화시킨다.

국외에서는 perfobond rib 전단연결재의 설계식과 시공예(Leonhardt, 1987)가 소개되었으며, 1992년

\* 정회원, 단국대학교 토목환경공학과 교수

\*\* 정회원, 단국대학교 대학원

\*\*\* 정회원, 중앙대학교 토목공학과 교수

\*\*\*\* 정회원, 현대건설(주)기술연구소

\*\*\*\*\* 정회원, 현대건설(주)기술연구소

\*\*\*\*\* 정회원, 현대건설(주)기술연구소

에 Veldanda와 Hosain에 의해 perfobond rib와 스테드 전단연결재의 성능비교를 위한 push-out 시험이 수행되었다. 또한 1992년에 Oguejiofor와 Hosain에 의해 실물 크기의 합성보 실험이 수행되었다.

국내에서는 그림 2에 나타난 perfobond rib 전단연결재의 리브 상단을 플레이트 형태의 두부를 보완한 그림 3과 같은 ㄱ형 perfobond 리브 전단연결재를 제안하여 이에 대한 슬립특성, 전단강도 및 파괴 형태를 평가하기 위한 push-out 실험을 수행하여 설계식을 제안하였다(정철현 등 2004, 2005).

복부 파형강판 거더 합성형교에서 콘크리트 바닥판과 거더를 합성하기 위해 기존에 많이 사용되어 온 스테드를 사용하는 경우에는 과밀배치로 인하여 시공성이 불량하다. 본 연구에서는 합성방법을 보다 합리적으로 개선하기 위해 새로운 Perfobond T형 전단연결재를 그림 4와 같이 제안하고, 이에 대한 전단내력을 평가하기 위한 push-out 실험을 수행하였다. 또한 새로 제안한 전단연결재의 전단내력 성능을 비교하기 위하여 기존에 많이 사용되어 온 스테드(headed stud) 전단연결재, perfobond rib 전단연결재, ㄱ형 perfobond 리브 전단연결재, T형 전단연결재에 대한 push-out 실험도 병행하였다.



그림 1 스테드

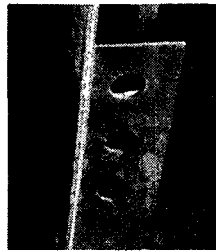


그림 2 Perfobond 리브



그림 3 ㄱ형 perfobond 리브



그림 4 Perfond T형

## 2. Push-out 실험

본 연구에서는 콘크리트 바닥판 설계강도가  $35\text{N/mm}^2$  이고 바닥판의 두께가 220mm인 5개의 전단 시험체를 제작하여 Push-out 실험을 수행하였다. 실험체는 국내 합성형 교량에서 많이 이용되고 있는 스테드 전단연결재와 perfobond 리브 전단연결재, ㄱ형 perfobond 리브 전단연결재, T형 전단연결재, 본 연구에서 제안한 새로운 형상의 perfobond T형 전단연결재등을 이용하여 제작하였으며, 각 시험체의 주요 특징은 표 1에 수록하였다. 표 1에서 모든 전단연결재에 사용된 강재의 종류는 SS400이며, 사용된 스테드 전단연결재는 직경이 22mm, 높이가 150mm이다. 실험체의 설계 및 실험방법은 유로코드-4에서 제시하는 push-out 실험편을 참고하였다.

표 1 Push-out 시험체의 주요 특징

전단연결재 종류	스테드 직경	리브의 두께	리브의 홀 개수 및 직경	리브의 높이	콘크리트 설계강도
headed stud	$\phi 22\text{mm}$				35 N/mm <sup>2</sup>
perfobond rib		t=8mm	3( $\phi 40\text{mm}$ )	150mm	
ㄱ type perfobond rib		t=8mm	3( $\phi 40\text{mm}$ )	150mm	
T- Connector		t=8mm	0	150mm	
perfobond T- Connector		t=8mm	3( $\phi 40\text{mm}$ )	150mm	

정적가력은 2000kN 용량의 MTS 유압식 재하시험기 2대를 사용하였으며, 합성형 교량에서 전단연

결재가 받는 수평방향 전단력을 모사하기 위해 2개의 콘크리트 바닥판을 바닥면에 지지한 후 강거더의 상측 단면에 하중을 재하 하였고, 하중 재하시 응력집중이나 하중의 편심을 방지하기 위해 바닥면과 전단연결재 사이에 고무판을 설치하였다. 전단연결재의 중요한 특성치 중 하나인 하중의 증가에 따른 강거더와 바닥판 슬래브의 상대변위 변화량과 횡 방향 벌어짐을 측정하기 위하여 LVDT를 설치하였으며, 전단연결재의 변형을 측정하기 위하여 변형을 게이지를 각 전단연결재에 설치하였다. 각 실험부재의 형상 및 측정위치와 항목을 그림 5~그림 9와 표 2에 나타내었다.

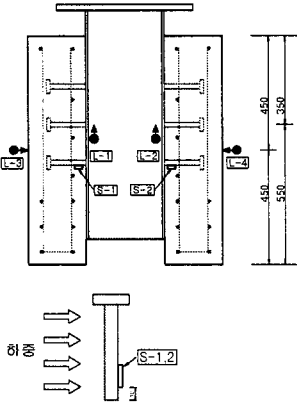


그림 5 headed stud

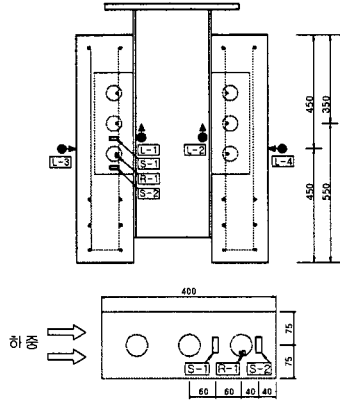


그림 6 perfobond rib

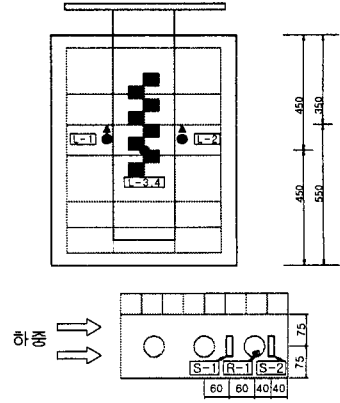


그림 7 type perfobond rib

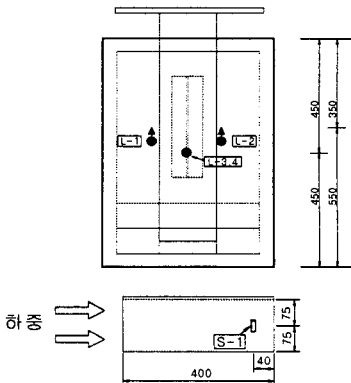


그림 8 T- Connector

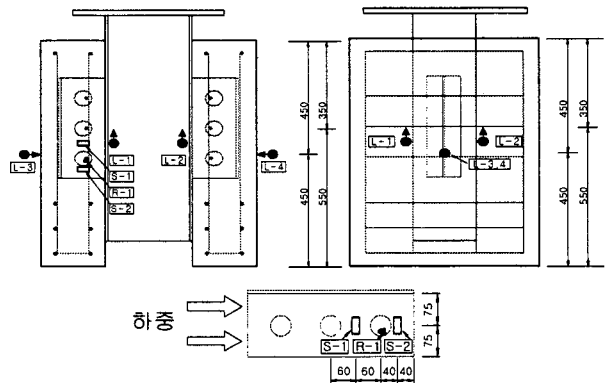


그림 9 perfobond T- Connector

표 2 게이지 측정내용

기 호	측 정 내 용	비 고
L-1,2	종방향 상대변위	LVDT
L-3,4	횡방향 변위	
S-1,2	전단연결재 변형률	steel 게이지
R-1	횡방향 철근의 변형률	

### 3. 실험결과

정적재하실험 결과 스티드 전단연결재를 적용한 실험체는 콘크리트 바닥판의 손상이 없이 전단연결재의 파단으로 파괴가 발생되었다. 나머지 실험체의 경우 바닥판 콘크리트의 손상과 관련되어 파괴가

발생되었으며, 스티드 전단연결재 실험체 이외의 모든 전단연결재와 강거더 사이의 용접부는 최대전단 하중까지 손상이 발생되지 않는 것을 확인하였다. 본 연구에서 새롭게 제안하는 perfbond T형 전단연결재와 7형 perfbond 리브 전단연결재의 경우 콘크리트 바닥판에서 상대적으로 많은 균열이 발생 후 전단연결재는 구조적으로 안전한 상태에서 파괴가 발생되었다.

실험에서 측정된 하중-상대변위 곡선을 전단연결재 형식별로 그림 10에 나타내었으며, 전단실험에서 측정된 전단연결재 형식별 최대 전단내력과 최대 전단내력시 슬립량은 표 3과 같다.

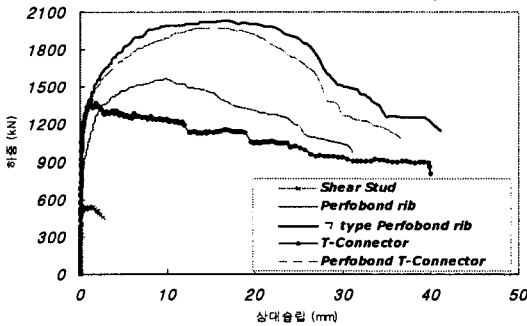


표 3 최대 전단내력 및 최대하중시 슬립량

전단연결재 형식	최대하중 (kN)	최대하중시 슬립량(mm)
Shear stud	546	0.6
Perfbond rib	1568	9.8
7 type perfbond rib	2027	16.6
T - Connector	1371	1.8
Perfbond T - Connector	1973	16.5

그림 10 전단연결재 형식별 하중-상대변위 곡선

실험결과에서 보면 홀이 없는 T형 전단연결재의 경우에는 홀이 있는 perfbond 리브 전단연결재의 전단내력과 연성능력이 떨어지는 것으로 나타났다. perfbond T형 전단연결재와 7형 perfbond 리브 전단연결재의 경우에는 다른 형식의 전단연결재와는 상대적으로 큰 전단내력과 뛰어난 연성거동 능력을 가지는 것을 확인하였다. 따라서, 본 연구에서 제안하는 perfbond T형 전단연결재는 복부 파형강판 복합교량의 거더와 바닥판간 합성을 위한 전단연결재로 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 그림 4와 같은 새로운 형상의 전단연결재를 제안한 후, 이에 대한 push-out 실험을 수행하여 전단내력 및 하중-상대변위 특성을 평가하였다. 또한 새로 제안된 전단연결재와 전단내력 및 하중-상대변위 특성을 비교하기 위해 기존에 많이 사용 되어온 스티드 전단연결재와 최근에 많이 연구되고 있는 perfbond 리브 전단연결재, 7형 perfbond 리브 전단연결재에 대한 전단실험과 홀의 유무에 따른 영향을 파악하기 위해 홀이 없는 T형 전단연결재의 전단실험을 병행하였다. 실험결과 새로 제안한 형식의 전단연결재의 전단내력 및 상대변위에 대한 저항력이 우수하며, 리브에 설치되는 홀의 유무가 전단내력과 연성능력에 크게 영향을 미치는 것을 확인되었다. 향후 보다 상세한 변수에 대해 push-out 실험을 수행하여 본 연구에서 제안한 전단연결재에 대한 전단평가식이 도출된다면 복합교량의 새로운 전단연결재로서 효과적으로 적용이 가능할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

- 정철현, 이홍수, 유성근, 최외호(2005), 원형강관 거더와 콘크리트 바닥판 사이 7형 perfbond 리브 전단연결재의 실험적 연구, 대한토목학회 논문집, Vol. 25, No. 1A, pp.201-212
- Veldanda, M.R., and Hosain, M.U. (1992) Behavior of Perfbond Rib Shear Connectors in Composite Beams : Push-Out Tests, Canadian Journal of Civil Engineering, 19(1), pp.1-10