

# 경량콘크리트를 사용한 프리캐스트 바닥판에서 스티드 전단연결재의 전단강도

## Shear Strength of Stud Shear Connectors in Precast Concrete Deck using Lightweight Concrete

조 선 규<sup>\*</sup>      윤 석 구<sup>\*\*</sup>      이 중 민<sup>\*\*\*</sup>      김 수 현<sup>\*\*\*\*</sup>  
Cho, Sun Kyu      Youn, Seok Goo      Lee, Jong Min      Kim, Su Hyun

### ABSTRACT

In order to evaluate the shear strength of stud connectors in composite bridges using lightweight concrete decks, static push-out tests were performed. Sixteen push-out specimens were tested during this investigation. The test program consisted of two groups according to deck type, one is cast-in-place(CIP) concrete deck, the other is precast concrete deck. The experimental parameters were concrete compressive strength and bedding layer thickness. Based on the experimental results, the ultimate shear strength and the stiffness of shear connectors in lightweight concrete decks are assessed.

### 1. 서론

프리캐스트 콘크리트 바닥판 합성거더 교량에서 콘크리트 바닥판과 강거더 사이의 합성은 프리캐스트 콘크리트 바닥판내의 전단연결재용 전단포켓을 통하여 전단연결재를 강거더에 용접시키고, 무수축 모르타르와 같은 채움재로 전단포켓을 채움으로서 이루어진다. 이와 같은 프리캐스트 콘크리트 바닥판 합성거더교량의 전단연결부는 바닥판과 강거더 사이에 베딩층이 존재하고, 또한 현장타설콘크리트와는 달리 무수축 모르타르와 같은 채움재로 합성되기 때문에 현장타설 콘크리트 바닥판 합성거더 교량에서의 전단연결재부와는 다른 구조적 특징을 지닌다.

본 연구에서는 고강도 경량콘크리트를 사용한 프리캐스트 바닥판의 전단연결부 수평전단강도를 평가하기 위하여 Push-out 실험을 수행하였다. 먼저 고강도 경량콘크리트 바닥판의 수평전단강도를 평가하기 위하여 설계기준강도별로 현장타설용 바닥판의 Push-out 실험을 수행하였으며, 고강도 경량콘크리트를 이용한 프리캐스트 바닥판의 수평전단강도를 평가를 평가하기 위하여 설계기준강도가 40MPa인 콘크리트를 사용하여 베딩층의 두께별로 Push-out 실험을 수행하였다.

\* 정회원, 서울산업대학교 토목공학과 부교수

\*\* 정회원, 서울산업대학교 토목공학과 조교수

\*\*\* 정회원, 서울산업대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\*\* 정회원, 서울산업대학교 토목공학과 석사과정

## 2. Push-out 실험

### 2.1 실험체 제작

경량콘크리트 바닥판 전단연결부의 수평전단강도를 평가하기 위하여 현장타설부재 8개와 프리캐스트부재 8개로 다음과 같이 총 16개의 Push-out 실험체를 제작하였다. 이 때 사용된 스티드의 지름은 19mm이고, 경량콘크리트의 평균 단위중량은 약  $1,800\text{kg}/\text{m}^3$ 이다.

표 1 Push-out 실험체의 종류

실험종류	시 편	con'c 종류	스티드개수 (1열당)	$f_{ck}$ (MPa)	베딩층 두께 (mm)	형 식
CASE 1	CN27-1~2	일반	1	27.0	-	현장타설부재
	CL20-1~2	경량	1	20.0	-	현장타설부재
	CL30-1~2	경량	1	30.0	-	현장타설부재
	CL40-1~2	경량	1	40.0	-	현장타설부재
CASE 2	PLS1B0-1~2	경량	1	40.0	0	프리캐스트부재
	PLS1B2-1~2	경량	1	40.0	20	프리캐스트부재
	PLS1B4-1~2	경량	1	40.0	40	프리캐스트부재
CASE 3	PLS2B2-1~2	경량	2	40.0	20	프리캐스트부재

실험종류 CASE 1은 현장타설부재로서 콘크리트의 강도에 따른 전단연결부의 강도를 평가하기 위한 것이며, 실험종류 CASE 2는 고강도 경량콘크리트를 이용한 프리캐스트 부재로서 베딩층 두께에 따른 전단연결부의 강도를 평가하기 위한 것이다. 또한, CASE 3는 스티드 개수의 영향을 평가하기 위한 것으로서, CASE 2의 PLS1B2와 동일한 조건에서 스티드의 개수만 1열당 2개로 증가시킨 부재이다.

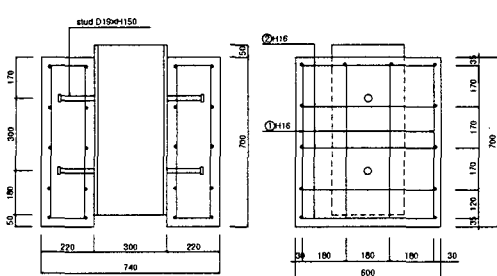


그림 1 현장타설 부재

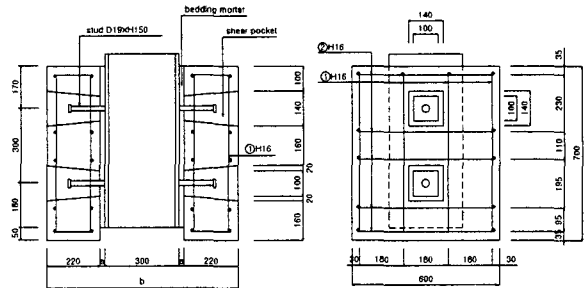


그림 2 프리캐스트 부재

### 2.2 실험방법

하중재하방법은 각 실험체 그룹에서 1개의 실험체에 대해서는 파괴시까지 연속적으로 재하하였으며, 나머지 1개의 부재에 대해서는 예상되는 파괴하중의 20%와 40% 범위에서 각각 3번을 반복 재하한 후, 파괴 시까지 하중을 재하하였다. 실험시 측정된 사항은 극한하중과 강재와 콘크리트 사이의 상대슬립을 강거더 양쪽으로 2개씩 총 4점에서 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 파괴하중 및 파괴형태

실험체의 평균콘크리트 강도, 단위중량, 파괴하중 및 파괴형태를 표 2에 나타내었다. 실험결과 모든 부재의 파괴형태는 스테드의 파단으로 파괴되었다.

표 2. Push-out 실험체의 파괴하중 및 파괴형태

실험 종류	시 편	콘크리트 강도 (MPa)	파괴하중 (kN) (총하중 / 스테드개수)	파괴형태	실험 종류	시 편	콘크리트 강도 (MPa)	파괴하중 (kN) (총하중 / 스테드개수)	파괴형태
CASE 1	CN27-1	38.7	138.4	스테드 파단	CASE 2	PLS1B0-1	35.9	138.3	스테드 파단
	CN27-2	-	-	-		PLS1B0-2	32.4	135.2	스테드 파단
	CL20-1	29.6	119.8	스테드 파단		PLS1B2-1	29.8	114.9	스테드 파단
	CL20-2	26.6	119.9	스테드 파단		PLS1B2-2	29.0	109.7	스테드 파단
	CL30-1	34.2	129.2	스테드 파단		PLS1B4-1	33.5	89.7	스테드 파단
	CL30-2	39.6	139.5	스테드 파단		PLS1B4-2	31.8	90.5	스테드 파단
	CL40-1	40.0	135.4	스테드 파단	CASE 3	PLS2B2-1	33.0	106.8	스테드 파단
	CL40-2	35.8	134.5	스테드 파단	PLS2B2-2	34.3	114.5	스테드 파단	

### 3.2 현장타설부재

그림 3은 현장타설부재의 하중-슬립 곡선을 나타낸 것으로서, 파괴하중의 약 50%까지 모든 부재는 선형적인 거동을 하며, 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 파괴하중은 증가하나, 상대슬립량은 감소하는 것으로 나타났다. 또한 비슷한 파괴강도는 갖는 일반콘크리트부재(CN27)와 경량콘크리트부재(CL40 부재, CL30부재)의 상대슬립을 비교해보면 경량콘크리트의 상대슬립이 더욱 큰 것으로 나타나 경량콘크리트가 일반콘크리트에 비해 탄성계수가 작아 더 많은 상대슬립이 발생하는 것으로 판단된다.

현장콘크리트부재의 극한강도를 AASHTO-LRFD(도로교설계기준)와 Eurocode4에서 제시하고 있는 극한강도 평가식과 비교하여 표 4에 나타내었다. 계산결과 콘크리트의 압축강도별로 AASHTO-LRFD 및 Eurocode 4의 극한강도식과 유사한 경향을 나타냈으며, 모두 안전측의 결과를 나타내었다.

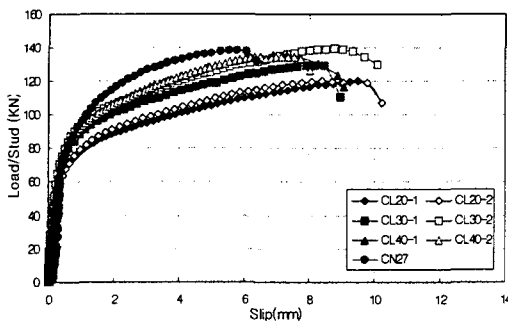


그림 3 콘크리트 강도 별 하중-슬립 곡선

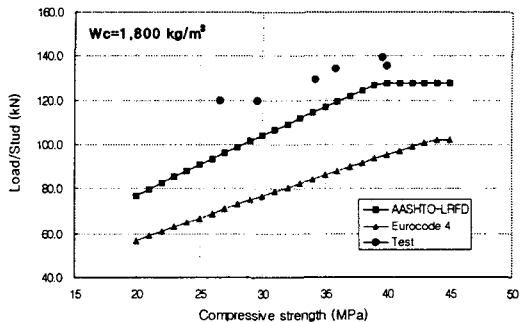


그림 4 극한강도의 설계기준과 실험값의 비교

### 3.3 프리캐스트부재

그림 5는 프리캐스트 부재의 베딩층 두께별 하중 슬립곡선을 나타낸 것으로서 베딩층 두께가 증가함에 따라 극한강도는 크게 감소하고 상대슬립량은 증가하는 것으로 나타났다. 그림 6은 베딩층의 두께에 따른 극한강도의 변화를 나타낸 것으로서, 베딩층의 두께가 증가함에 따라 극한강도도 선형적으로 감소하는 것을 알 수 있다.

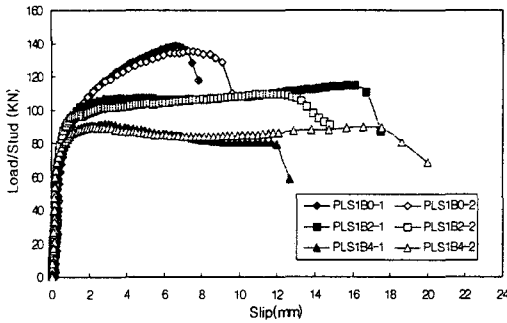


그림 5 베딩층 두께 별 하중-슬립 곡선

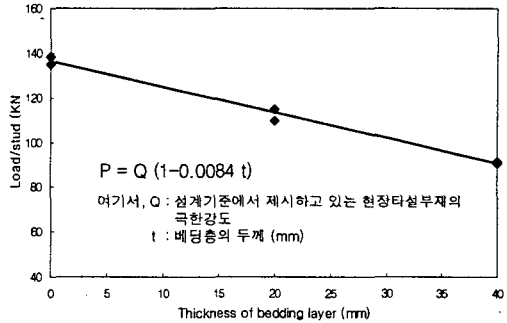


그림 6 베딩층 두께별 극한강도

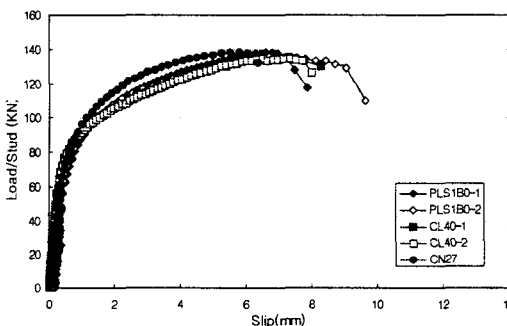


그림 7 CIP부재와 Precast부재의 하중-슬립 곡선

또한 그림 7은 강도가 동일한 경량콘크리트 현장타설부재와 프리캐스트부재, 그리고 일반콘크리트 현장타설부재의 하중-슬립곡선을 나타낸 것으로서, 베딩층이 없는 프리캐스트 부재는 현장타설 부재와 유사한 거동특성을 보이며, 극한강도도 유사함을 알 수 있다. 따라서 프리캐스트 바닥판 스테드 전단연결부의 극한강도는 베딩층이 없는 경우의 극한강도를 기준으로 베딩층의 두께에 따라 극한강도를 감소시키는 것이 합리적인 것으로 판단된다. 이와 같은 현상을 고려한 프리캐스트 바닥판의 극한강도(P) 평가식을 그림 6에 나타내었다.

#### 4. 결론

고강도 경량콘크리트 바닥판을 사용한 합성거더 수평전단연결부의 성능을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 모든 부재에서 극한하중이 증가하게 되면, 상대슬립량은 감소하는 것으로 나타났으며, 비슷한 극한하중을 갖는 일반콘크리트 부재에 비해 경량콘크리트의 상대슬립량이 큰 것으로 나타났다.
- (2) 프리캐스트 부재의 경우, 베딩층의 두께가 증가함에 따라 극한하중은 감소하며, 상대슬립량은 증가하는 것으로 나타났다.
- (3) 베딩층이 없는 프리캐스트 부재는 현장타설부재와 유사한 거동특성을 보이며, 극한강도도 유사한 것으로 나타나, 이를 토대로 프리캐스트 바닥판 수평전단연결부의 극한강도 평가식을 제안하였다.

#### 참고문헌

1. 김중희, 장승필, 최석환 (2000), "프리캐스트 콘크리트 바닥판 합성형 교량에서의 전단연결부의 강도 평가", 대한토목학회 논문집, 제20권 5-A호, pp.679-690.
2. 한국도로교통협회의 (2005), 도로교설계기준
3. AASHTO (2004), AASHTO LRFD Bridge design specifications, SI Unit, 3rd Edition
4. EUROCODE 4 : Design of Composite Steel and Concrete Structures, DD ENV 1994-1, BSI.