

# 기존 RC 바닥판과 초간편 강합성 바닥판의 편칭전단강도에 대한 비교 분석

이승열\*, 윤기용\*, 이규세\*, 김상섭\*\*

\*선문대학교 토목공학과, \*\*한국기술교육대학교 건축공학부

e-mail:sy820420@hanmail.co.kr

## Existing RC deck and Simplified Composite Deck Comparative Analysis Of Punching Shear Strength.

Sung-Yul Lee\*, Ki-Ying Yoon\*, Gyu-Sei Yi\*, Sang-Seup Kim\*\*

\*Dept of Civil Engineering, Sunmoon University

\*\*Architecture & Architectural Engineering, Korea University  
Of Technology And Education .

### 요 약

현행 도로교설계기준의 바닥판에 대한 설계방법은 휨 이론에 따라 바닥판을 단위 폭의 보로 보고 강도설계법으로 설계하고 있다. 그러나 실제 교량 바닥판의 파괴 형태는 편칭에 의한 파괴이므로 바닥판의 극한성능은 편칭전단강도를 토대로 평가해야 할 것이다. 하지만 기존에 연구된 결과로는 초간편 강합성 바닥판의 편칭전단강도를 산정하기 어려워 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 개발된 초간편 강합성 바닥판의 편칭전단성능을 파악하기 위하여 초간편 강합성 바닥판과 RC바닥판에 대한 편칭전단실험을 실시하여 비교하여 보았다.

### 1. 서론

초간편 H형강 교량은 H형강을 거더로 활용하여 중·소규모 교량에 적용이 가능한 구조적 합리성과 급속 시공성을 가지는 교량이다.(박정웅외, 2007) 초간편 H형강 교량을 구현하기 위해서 가로보나 브레이싱을 설치하지 않으면서도 거더 가설 시 발생할 가능성이 있는 휨-비틀 좌굴을 방지할 수 있도록 강성을 확보하면서, 바닥판 콘크리트 타설을 위한 거푸집 기능을 수행하고, 철근을 대체하여 휨에 저항할 수 있도록 개발된 것이 초간편 강합성 바닥판이다.(한득천외, 2007) 즉 초간편 강합성 바닥판은 콘크리트와 유공형강이 합성되어 휨에 저항하는 강-콘크리트 합성 바닥판이다. 초간편 강합성 바닥판은 공장에서 패널이 제작되어 시공현장으로 운반 후 조립하여 배력 철근을 배근하고 콘크리트를 타설하기 때문에 기존의 현장타설 콘크리트 바닥판보다 시공의 간편성을 확보하고 시공기간을 단축시켜 직접적인 공사비 절감뿐만 아니라 교통의 조기 소통으로 사회 간접적 비용절감 효과를 기대할 수 있다. 현행 도로교설계기준(건설교통부, 2005)의 교량바닥판에 대한 설계방법은 휨 이론에 따라 바닥판을 단위 폭의 보로 보고 강도설계법으로 설계하고 있다. 그러나 실제 교량바닥판의 파괴 형

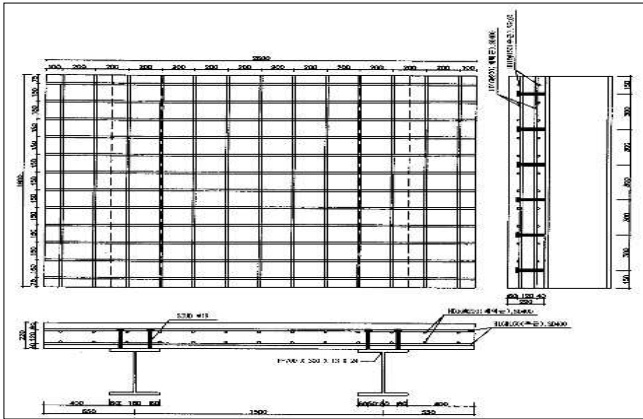
태는 편칭에 의한 파괴(Youn 외, 1996)이므로 바닥판의 극한성능은 편칭전단강도를 토대로 평가해야 할 것이다. 대부분의 교량바닥판은 RC바닥판으로 설계·시공되어 많은 연구들이 RC바닥판의 편칭강도나 보강에 대한 연구에 집중되어 있는 실정이다.(Chen 외, 2005) 따라서 초간편 강합성 바닥판에 대한 기초적인 편칭전단성능에 대한 연구가 필요하므로 본 연구에서는 개발된 초간편 강합성 바닥판의 편칭전단성능을 파악하기 위하여 초간편 강합성 바닥판과 RC바닥판에 대한 편칭전단실험을 실시하여 비교해 보았다.

### 2. 실험 계획

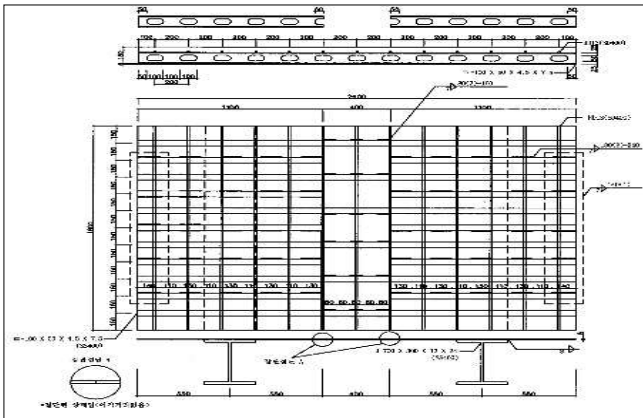
#### 2.1 실험체 상세

실험체는 1등급 교량에 적용하는 DB-24 하중을 지지할 수 있는 교량바닥판으로 설계하였다. 여기서 거더의 간격은 지간장 20~30m에 적용할 수 있는 초간편 H형강 교량을 고려하여 1.5m로 결정하였다.(박종섭 외, 2009) 이상의 설계조건하에 설계된 RC 바닥판과 초간편 강합성 바닥판에 대하여 편칭전단강도를 실험을 실시하기 위한 실험체의 길이는 1.8m로 하여 그림 1과 그림 2와 같이 제작하였다. 초간편 강합성

바닥판의 경우 하부강판이 단절되어 있는 연결패널에서의 강도가 하부강판의 단절이 없는 거더패널에서의 강도보다 현저히 작을 것으로 예상되어 그림 2와 같이 연결패널부를 중심으로 제작하였다. 두 실험체 모두 충분한 정착을 위하여 거더를 지나 충분한 거리를 확보하였다. 따라서 각 실험체의 크기는 바닥판의 폭 1.8m, 길이 1.5m(정착을 고려한 전체길이 2.6m)이다.



[그림 1] RC 바닥판의 평면도와 단면도(RCS)



[그림 2] 초간편 강합성 바닥판의 평면도와 단면도(SS)

RC 바닥판 실험체(이하 실험체명 RCS)의 바닥판 두께는 도로교설계기준의 바닥판 최소두께인 220mm로 하였으며, 주철근으로 HD16을 150mm간격으로 배근(유효깊이 : 180mm)하였고, 배력근으로 HD16을 200mm간격으로 배근하여 철근비는 횡방향으로 0.61%, 종방향으로 0.74%이다.

초간편 강합성 바닥판 실험체(이하 실험체명 SS)의 바닥판 두께는 현재까지 도로교설계기준에서 강합성 바닥판의 합리적인 설계법을 명시하고 있지 않아 설계하중을 효과적으로 지지할 수 있는 최적의 두께인 150mm로 하였다.(한득천 외, 2007) 주철근의 역할을 수행하는 C형강은 100×50×4.5×7.5을 사용하여

300mm간격으로 배치하였다. 연결패널의 존재 하부강판은 휨을 받는 주부재가 아니고 C형강만 인장을 받는 부재로 거동하게 된다. 따라서 종방향으로 유효깊이 d는 100mm가 된다. 횡방향으로는 배력철근으로 HD13을 200mm간격으로 배근하였으며, 하부의 강판(t=6mm)도 배력근의 역할을 수행하게 되므로 유효깊이는 153mm가 된다. 따라서 초간편 강합성 바닥판의 철근비는 종방향 3.97%, 횡방향으로는 3.92%이다. 실험체의 주요상세를 정리하면 표 1과 같다.

[표 1] 실험체 상세

실험체명	바닥판 두께 (mm)	유효 깊이 (mm)	철근비	
			횡방향 (%)	종방향 (%)
RCS	220	180	0.61	0.74
SS	150	100	3.92	3.97

### 3. 실험 방법

#### 3.1 하중 재하

RCS와 SS의 편칭전단강도 측정은 2,000kN 능력의 유압기를 이용하여 조선대학교 구조실험동에서 실시하였다. 실험체는 그림 13, 그림 14와 같이 RCS와 SS를 각 한 개씩 제작하여 실험체의 중앙 부분에 그림 15와 같이 도로교 설계기준의 재하면적 200×500mm으로 실험체가 더 이상 외력에 저항하지 못할 때까지 하중을 재하 하였다.

#### 3.2 변위 측정 위치

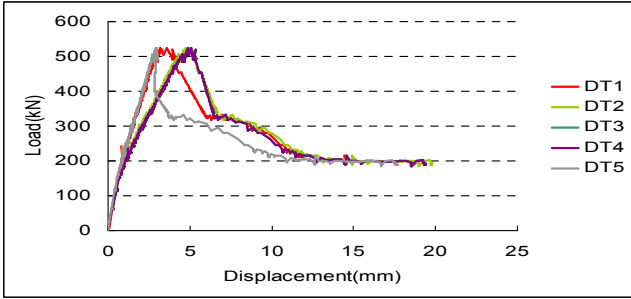
수직 변위 계측은 실험체와 하중재하조건이 모두 대칭인 관계로 그림 16과 같이 바닥판 하부의 정중앙 부분(DT3)과 중앙부에서 종방향으로 200mm 떨어진 지점(DT2)과 400mm 떨어진 지점(DT1), 중앙부에서 횡방향으로 300mm 떨어진 지점(DT4)과 600mm 떨어진 지점(DT5)에 변위계를 총 5개 설치하였다.

### 4. p 실험 결과

#### 4.1 RCS 실험체의 실험 결과

RCS 실험체의 편칭전단강도 실험결과 최대하중은 그림 3에서 보는 바와 같이 523kN으로 측정되었으며, 최대하중에서의 변위는 표 2에서 보는 바와 같다. 하중재하판의 크기가 중앙점에서 종방향으로 250mm인 관계로 표 2에서 보는 바와 같이 DT3와 DT2의 변위는 큰 차이를 보이지 않고 있으며 종방향으로 곡률이

횡방향으로의 곡률보다 큰 것을 알 수 있다. 이는 하중재하판의 크기의 영향으로 판단된다.



[그림 3] 하중-변위 곡선

[표 2] 최대하중에서의 변위 (단위 mm)

하중(kN)	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5
523	3.59	4.96	5.08	4.02	2.97



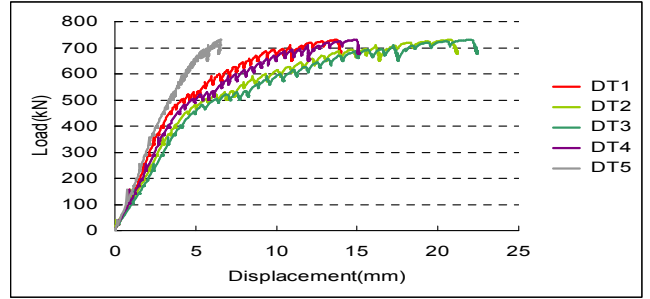
[그림 4] RCS 실험체의 하부 파괴 모습

그림 3에서 보는 바와 같이 최대하중점을 지나서 급격히 강성이 저하되면서 파괴에 이르러 최종 파괴 형상은 그림 4와 같다. 거더간의 간격이 1.5m이고, 거더플랜지의 폭을 제외한 바닥판의 순지간은 1.2m인데 비하여 하중재하판의 크기가 500mm이어서 편칭 균열이 거더의 플랜지 경계면까지 이르러 형성되었다.

#### 4.2 SS 실험체의 실험 결과

SS 실험체의 편칭전단강도 실험결과 최대하중은 그림 5에서 보는 바와 같이 730kN으로 측정되었다. 그러나 그림 5에서 보는 바와 같이 RCS 실험체와는 다른 거동을 하고 있는 것을 알 수 있는데, 재하하중의 크기가 520kN에서 약간의 소성변형을 일으킨 후 다시 강성이 증가하여 하중을 더 저항하는 거동을 보이고 있다. 소성변형을 일으킨 시점에서의 변위를 정리하면 표 3과 같다. RCF실험체와 마찬가지로 하중판의 크기의 영향으로 종방향 곡률이 횡방향 곡률보다 큰 것을 알 수 있다. 최대하중 730kN 재하후에 더 이상 하중이 재하 되지 않았다. 520kN의 하중에서 약

간의 소성변형을 일으키기는 하였으나 초간편 강합성 바닥판의 편칭전단강도는 730kN인 것으로 판단된다.



[그림 5] 하중-변위 곡선

[표 3] 소성변형점에서의 변위 (단위 mm)

하중(kN)	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5
520	4.76	6.62	7.34	5.57	3.54



[그림 6] SS 실험체의 하부 파괴



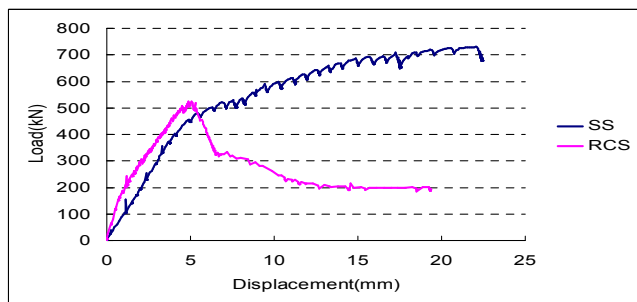
[그림 7] 상부 파괴 모습

하부 및 상부의 최종 파괴형상을 정리하면 그림 6과 그림 7과 같다. 그림 6에서 보는 바와 같이 하부강판으로 인하여 콘크리트의 균열을 파악할 수는 없었지만, 연결패널의 하부강판 불연속이음부에서 콘크리트가 절단된 모습을 확인 할 수 있었다. 또한 이때 상부 하중재하점에서는 그림 7에서 보는 바와 같은 균열이 발생하였다. 따라서 하중재하판 주변의 균열로 보아 콘크리트 내부의 균열은 상당히 진행되었으나,

ㄷ형강으로 인하여 충분히 하중을 지지하고 있었음을 짐작할 수 있다.

4.3 RCS와 SS의 실험 결과 분석

RCS와 SS 실험체에서 모두 최대변위가 발생하고 있는 DT3에서의 변위를 비교하면 그림 8과 같다. RCS 실험체에서는 523kN의 최대하중을 받고 강성이 급격히 감소하고 있으나, SS 실험체에서는 520kN에서 소성변형이 시작되어 최대하중 730kN까지 일정 정도의 강성을 유지하며 상당히 큰 소성변형이 진행되는 것을 알 수 있다. 두께 220mm의 RCS 실험체의 강성이 두께 150mm의 SS 실험체보다 큰 강성을 가지고 있으나 SS 실험체의 경우도 표 4에서 보는 바와 같이 충격을 고려한 DB-24의 사용하중하에서의 변위가 1.29mm로 도로교설계기준에서의 상부구조물 처짐 규정을 만족시키고 있는 것으로 나타났다. 그림 4에서의 RCS 실험체 파괴형상은 전형적인 편칭전단파괴형상을 보이는 것에 반하여 그림 6과 그림 7에서의 SS 실험체 파괴형상은 하부강판으로 인하여 편칭전단균열을 확인할 수는 없었으나, 하중재하판 주변의 균열과 연결패널 불연속 이음부에서의 콘크리트균열로 보아 내부적으로 편칭 파괴가 일어났다고 판단된다. 따라서 본 연구에서 실험한 두께 150mm의 초간편 강합성 바닥판의 편칭전단강도가 두께 220mm의 RC 바닥판의 편칭전단강도 보다 우수한 것을 알 수 있었으며, 도로교설계기준의 처짐규정을 충분히 만족시키고 있는 것으로 파악되었다.



[그림 8] 하중-변위 비교(DT3)

[표 4] 실험 결과 분석

구분	RCS	SS
편칭전단강도(kN)	523	730
125kN1 하중일 때 변위(mm)2)	0.53	1.29

1) 후륜하중 96kN × 충격1.3 = 125 kN  
 2) 사용 활하중과 충격으로 인한 처짐 < 경간/800  
 여기서, 경간/800 = 1200/800 = 1.5mm

5. 결론

본 연구에서는 DB-24하중을 지지하며 지간장 20~30m급 초간편 H형강 교량의 바닥판을 RC 바닥판과 초간편 강합성 바닥판으로 설계하여 편칭전단강도 실험체를 제작하고 편칭전단강도실험을 실시하였다.

파괴형상을 살펴보면 RCS 실험체는 기존의 연구결과와 유사한 편칭전단파괴형상으로 파괴에 이르렀다. SS 실험체의 경우 하부강판의 영향으로 편칭파괴균열을 직접 확인할 수 없었으나 하중재하점에서의 균열과 연결패널부에서의 균열을 통하여 콘크리트 내부에서 편칭균열이 발생하였을 것으로 추정할 수 있었다.

RCS 실험체의 편칭전단강도는 523kN으로 설계기준의 편칭전단강도보다 3~9%정도 작게 측정되었으나 바닥판의 순지간과 하중재하판의 면적을 고려하면 합리적인 실험결과인 것으로 판단된다.

SS 실험체의 편칭전단강도는 730kN으로 측정되었으며 520kN 하중에서 소성변형이 발생하여 일정 정도의 강성을 유지하며 상당히 큰 변형을 일으키는 것으로 파악되었다. 이는 형강의 영향이 큰 것으로 판단된다.

바닥판 두께가 작은 SS 실험체의 강성이 RCS 실험체의 강성보다 작아 큰 변형을 일으키나 사용하중하에서 도로교설계기준의 처짐규정을 만족시키므로 초간편 강합성 바닥판의 편칭전단강도는 RC 바닥판의 강도보다 우수한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2006년도 건설핵심기술연구개발사업(06건설핵심C17)에 의한 것임.

참고문헌

[1] 건설교통부(2005) 도로교설계기준.  
 [2] 박정웅, 이선호, 윤기용, 박종섭, 김상섭(2007) "H형강을 이용한 초간편 장지간 강합성 교량 개발에 관한 기초 연구" 한국강구조학회 학술발표 논문집, 한국강구조학회, pp 758~763.  
 [3] 한득천, 윤기용, 김상섭(2007) "가설하중 하에 서 초간편 강합성 바닥판 거더패널의 거동에 관한 해석적 연구" 한국산학기술학회논문지, 한국산학기술학회, 제8권, 제6호, pp. 1537 ~1542.