

FRP-콘크리트 합성 바닥판의 부모멘트부 거동 특성

Characteristics of FRP-Concrete Composite Decks under Negative Flexure

김성태* 조근희** 박성용** 조정래** 김병석*** 신영석****

Kim, Sung-Tae Cho, Keun-Hee Park, Sung-Yong Cho, Jeong-Rae Kim, Byung-Suk Shin, Yung-Suk

ABSTRACT

The flexural performance of FRP-concrete composite deck in the connection between decks is evaluated. FRP-concrete composite deck, an innovative system is composed of concrete in the top and FRP panel in the bottom. The experiments are carried out on specimens with different details, such as FRP module and reinforcement of FRP re-bars. As a result, we verify that the transverse connections between our FRP-concrete composite decks with presented details secure enough safety and serviceability.

1. 서론

FRP-콘크리트 합성 바닥판은 박스 형상의 FRP 패널을 거더 위에 설치한 후 그 위에 콘크리트를 타설하여 완성하는 새로운 개념의 바닥판이다. 이 신개념 바닥판은 철근콘크리트 바닥판에 비해 중량을 1/3 이상 감소시키면서도 그 강성은 약 90% 수준으로 유지시킬 수 있어서 철근콘크리트 바닥판의 중량 및 거푸집 설치에 대한 부담과 FRP 바닥판의 저항성에 따른 사용성 문제를 동시에 해결할 수 있는 방안으로서 고안된 것이다.

FRP-콘크리트 합성 바닥판을 현장에 적용하기 위해서는 공장에서 제작된 FRP 패널을 현장에서 연결하게 되는데, 이때 교축직각방향에 대하여 FRP 패널을 교폭에 해당하는 길이로 제작·설치하는 방법과 거더 간격의 길이로 제작한 후 거더 위에서 일체화시키는 방법이 있다. 이 연구에서는 이 두 가지 방법 중에서 후자의 경우를 적용하여 바닥판을 가설할 때에 대하여 거더 위 부모멘트 구간에서의 FRP-콘크리트 합성 바닥판의 거동 특성을 분석하고자 한다. 이를 위하여 2004년도와 2005년도에 실험을 수행한 바 있으며, 개발하는 바닥판의 모듈이 점차 개선되어 감에 따라 두 실험에 적용된 실험체에도 다소 차이가 있다(장수명 합리화 바닥판 개발 - 무강재바닥판 개발 연구 보고서, 한국건설기술연구원). 하지만, 두 실험체에서 거더 위 바닥판간 연결부는 크게 다르지 않으므로 이들 실험에서 얻어진 결과를 분석·제시함으로써 본 연구에서 개발하는 바닥판을 설계할 때 활용할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 한다.

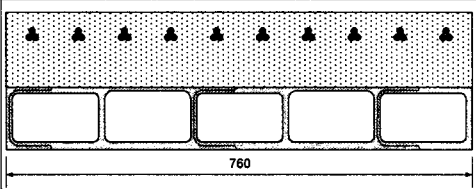
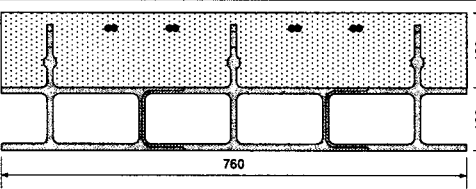
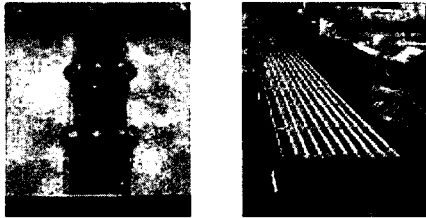
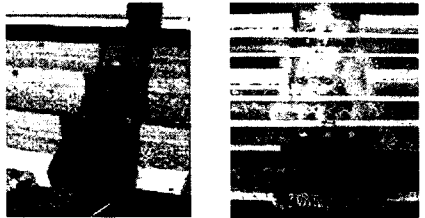
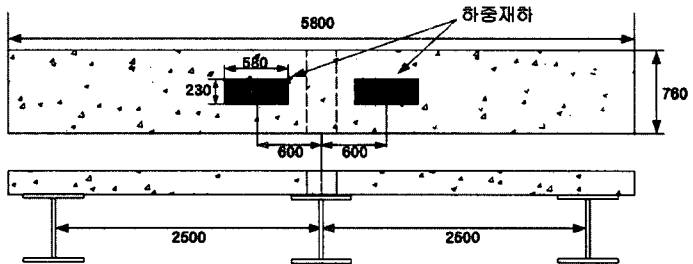
* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원
** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원
*** 정회원, 한국건설기술연구원 기획조정실 기획조정실장·연구위원
**** 정회원, 이주대학교 환경건설교통공학부 교수

2. 구조성능 실험

2.1 실험 개요

바닥판간 횡방향 연결 성능 평가를 위한 실험체는 전단연결판이 없는 기존 모델(2004년 모델)과 전단연결판이 FRP 패널과 일체로 제작되는 개선 모델(2005년 모델)로 구분하여 각각 2개씩 제작하였다. <표 1>에 개념도 및 형상, 시공모습을 나타내었다.

<표 1> FRP-콘크리트 합성 바닥판의 횡방향 연결 성능 평가용 실험체

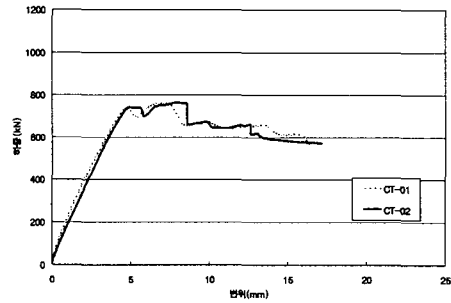
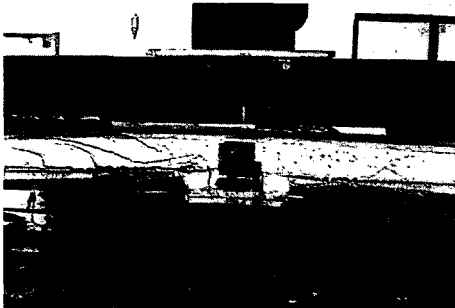
구분	기존 모델	개선 모델
바닥판 단면		
FRP근 보강량	D10 GFRP보강근 3개×10묶음 사용	D10 GFRP보강근 2개×4묶음 사용
제작 과정		
실험체 형상		

2.2 실험 결과

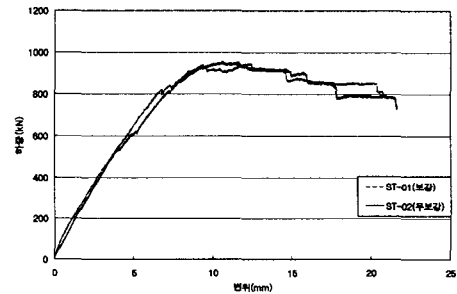
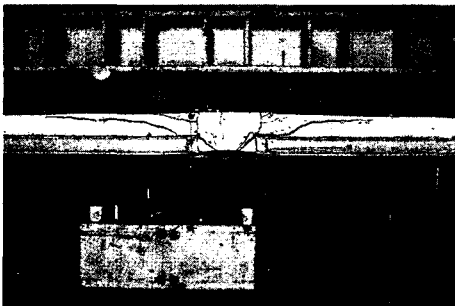
<그림 2>에서 보는 바와 같이 기존 모델에 대한 하중-변위 곡선은 두 개의 실험체 모두 초기에는 급한 기울기를 보이다가 하중 증가와 함께 약간의 기울기의 감소를 수반하는데 이는 초기 균열의 발생으로 연속보 효과가 감소하면서 바닥판에 작용하는 모멘트를 상부 FRP근이 저항하기 때문이다. 이후 바닥판 콘크리트부의 측면에 사인장균열이 증가하면서 하부의 FRP, 모르터 층과 상부의 콘크리트 층이 넓은 부위에서 계면분리가 발생하였다. 하중이 계속 증가함에 따라 콘크리트부는 사인장 균열 증가로 인한 전단파괴의 양상을 보이면서 기능을 상실하게 되어, 740kN(370kN×2)에서는 처짐만 증가하기 시작하였다. 최종적으로는 FRP 패널의 섬유에서 층 분리가 시작되면서 파괴로 이어졌다.

개선 모델의 경우에는 기존 모델과 달리 하부의 FRP, 모르터 층과 상부의 콘크리트 층과의 계면 분

리가 상대적으로 적게 발생하였다. 이는 개선 모델에 도입된 일체형 전단연결판에 의해 FRP와 콘크리트 사이의 전단연결 성능이 향상되었기 때문이다. 이로 인해 FRP와 콘크리트의 합성 저항 성능이 기존 모델에 비해 적게 손실되어 최대 하중은 953kN으로 기존 모델에 비해 30% 정도 향상된 하중 저항 능력을 보여 주었다. 이러한 계면 분리 현상을 제외하곤 개선 모델과 기존 모델은 비슷한 파괴 양상을 보였다.



<그림 2> 기존 모델의 파괴 모습과 하중-변위 곡선



<그림 3> 개선 모델의 파괴 모습과 하중-변위 곡선

2.3 결과 분석

개선 모델에서는 FRP 패널과 일체로 제작된 전단연결판에 의해 FRP-콘크리트 간의 부착 성능이 향상되어 기존 모델에서 발생한 FRP와 콘크리트 계면 분리현상이 현저히 줄어들었고 이에 의해 최대 하중이 30% 정도 크게 나타난 것으로 파악된다. 그러나 기존 모델에 비해 선형 구간의 강성은 약 80% 수준으로 감소된 것으로 나타났다. 이는 거더 위 콘크리트부의 FRP보강근을 더 적게 사용하여 선형구간에서의 강성이 작게 나타난 것으로 보인다.

기존 모델 및 개선 모델에 대하여 도로교 설계기준에 따라 설계 휨모멘트를 검토한 결과를 <표 2>에 정리하였으며, <표 2>에 보인 도로교 설계기준의 설계 휨모멘트는 단위폭(1.0m)당의 값이므로 상대비교를 위하여 실험체들의 휨모멘트 산출에는 아래와 같이 계산된 하중을 사용하였다.

$$\text{기존 모델 : } P = (740/2)/0.76 = 486.84\text{kN}$$

$$\text{개선 모델 : } P = (953/2)/0.76 = 626.97\text{kN}$$

<표 2> 하중 저항 성능 비교

구 분	기존 모델	개선 모델
설계휨모멘트 DB-24 = $1.3[0.8(L+0.6)P_{24}/9.6]$ = 32.24 kN · m	167.49 kN · m	215.70 kN · m

<표 2>에서 보는 바와 같이 기존 모델과 개선 모델 두 가지 모두 설계휨모멘트에 대해 충분한 안전성을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

3. 결론

FRP-콘크리트 합성바닥판의 횡방향 연결부에 대한 부모멘트 저항성능 평가실험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 기존 모델에서 거더 위 상부 콘크리트의 인장 보강용 FRP 보강근을 설치하여 부모멘트 저항 성능을 평가한 결과, 충분한 부모멘트 저항성능을 가지고 있는 것으로 나타났다.
2. 개선 모델은 기존 모델에 비해서 부모멘트부의 저항 성능이 약 30% 정도 상승한 것으로 나타났다. 이는 개선 모델에서 FRP 패널에 일체로 제작된 전단연결판을 설치하여 FRP-콘크리트 사이의 부착성능을 향상시킨 효과에 의한 것으로 분석되었다.
3. 기존 모델 및 개선 모델에 대하여 설계 휨모멘트를 비교한 결과 설계기준에 비해 5.2~6.7 정도의 안전율을 가진다. 이를 통해 FRP-콘크리트 합성 바닥판을 현장에서 적용할 때 FRP 패널을 거더 간격으로 제작한 후 거더 위에서 연결하는 방식은 충분한 안전성을 확보하고 있다고 할 수 있다.

감사의 글

이 연구는 한국건설기술연구원의 기관고유사업인 장수명 합리화 바닥판 개발의 과제 지원금에 의해 수행된 것입니다

참고문헌

1. 김병석 외 7인 (2004) 장수명 합리화 바닥판 개발 - 무강재 바닥판, 한국건설기술연구원
2. 김병석 외 7인 (2005) 장수명 합리화 바닥판 개발 - 무강재 바닥판, 한국건설기술연구원
3. 조근희, 조정래, 김성태, 진원중, 김병석 (2005) FRP·콘크리트 합성 바닥판과 거더와의 합성거동 분석, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집(I), 한국콘크리트학회, pp. 379-382
4. 도로교통협회, 도로교 설계기준, 건설교통부, 2005. 2