

FRP-콘크리트 합성 바닥판의 운하중 피로 성능 평가

Evaluation of Wheel Load Fatigue Performance of FRP-Concrete Composite Deck

조근희^{*} 박성용^{*} 조정래^{*} 김성태^{**} 김병석^{***}
Cho, Keunhee Park, Sung Yong Cho, Jeong-Rae Kim, Sung Tae Kim, Byung-Suk

ABSTRACT

Wheel load fatigue experiment is carried out on a FRP-concrete composite deck. In FRP-concrete composite deck, FRP plays a role of a main tensile member as well as a permanent formwork and concrete plays a role of a main compressive member. Wheel load fatigue experiment, which shows more realistic behavior than pulsating fatigue experiment, is selected as a fatigue performance evaluation method. Until 1,000,000 cycles of loadings, load resistant performance is maintained without any loss, while residual deflection is increased.

1. 서론

FRP-콘크리트 합성 바닥판은 FRP와 콘크리트가 합성된 새로운 형식의 구조이다. 그림 1(a)와 같이 바닥판 하부에 배치된 FRP는 거푸집 및 주요 인장 부재의 역할을 수행하고, 상부의 콘크리트는 압축에 저항한다. 따라서 FRP-콘크리트 합성 바닥판은 구성 재료의 장점을 극대화한 구조라고 할 수 있다. 2가지 재료의 합성 방안으로는 FRP와 콘크리트의 계면에 실시하는 유사코팅과 함께 그림 1(b)와 같이 FRP 모듈과 일체로 제작된 전단연결재를 도입한다.

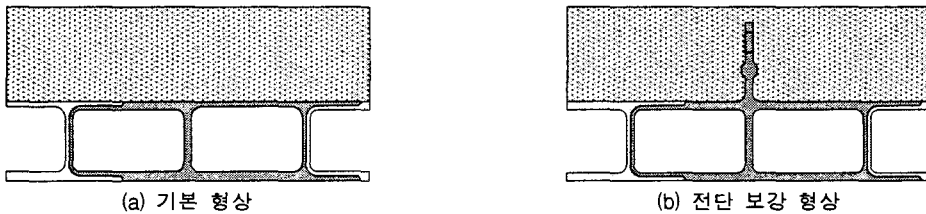


그림 1 FRP-콘크리트 합성 바닥판의 단면 형상

이 연구에서는 이러한 FRP-콘크리트 합성 바닥판의 피로 성능 평가를 수행하고자 한다. 바닥판의

* 정희원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원

** 정희원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

*** 정희원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구위원

피로 성능 평가 방식은 고정점 반복하중 재하 방식과 운하중 재하 방식으로 나눌 수 있다. 고정점 반복하중 재하 방식은 비안전측 결과를 산출하는 반면 운하중 재하 방식은 실제와 더욱 근사한 결과를 산출한다(石橋忠良 등, 1987). 이에 운하중 재하 방식을 피로 성능 평가 방식으로 선정하였다.

2. 운하중 실험 장비

현재 국내에는 한국건설기술연구원에만 1대의 운하중 실험 장비가 있다. 이 실험 장비에 대한 제원은 김영진 등(2003)의 논문에 자세하게 소개되어 있다. 운하중 실험 장비의 철륵이 바닥판과 직접 접촉할 경우 운하중의 분포폭이나 재하면적이 실제와 다르게 된다. 이를 해결하기 위하여 장수명 합리화 바닥판 개발(2004) 보고서에 제시되어 있는 바와 같이 운하중 재하 궤도를 제작하여 운하중 이동 경로에 설치하였다.

3. 운하중 피로 실험

3.1 실험 개요

그림 2와 같이 지간 2.5인 바닥판에 대해 왕복거리가 3m가 되도록 운하중을 재하하였다.

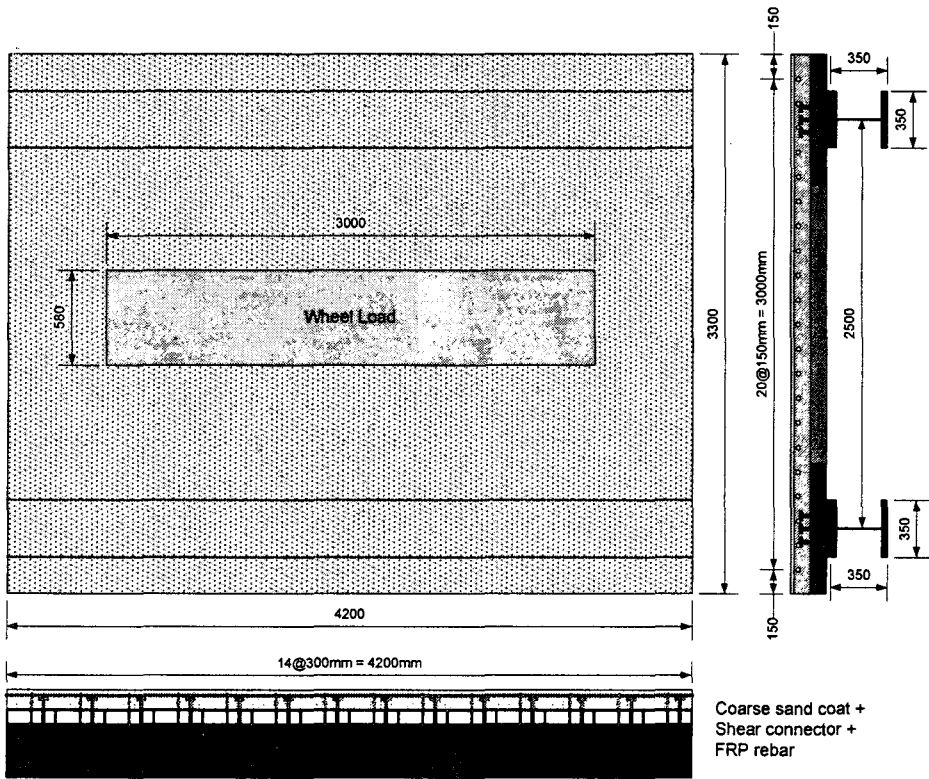


그림 2 FRP-콘크리트 합성 바닥판의 실험체 형상

전단연결재에는 150mm 간격으로 직경 25mm인 구멍을, FRP 모듈의 상부 플랜지로부터 구멍 중심까지의 높이가 75mm가 되도록 천공하였다. 또한 구멍을 관통하여 종방향으로 FRP근을 보강하였으며

이때의 보강량은 0.436%가 된다(장수명 합리화 바닥판 개발 보고서, 2005).

하중 재하 수준은 DB-24 후륜 하중인 96kN에 충격과 안전율을 고려하여 149.76kN으로 결정하였다.

$$P = 96\text{kN}(\text{DB-24 후륜 하중}) \times 1.3(\text{충격계수}) \times 1.2(\text{안전율}) = 149.76\text{kN} \quad (1)$$

피로 손상 정도를 파악하기 위하여 매 5만회마다 정적 재하 실험을 실시하였다. 정적 재하 하중은 124.8kN만을 적용하여 사용하중상태에서의 피로 손상을 파악할 수 있도록 하였다.

3.2 처짐 양상

윤하중 피로 실험에서 얻어지는 처짐 δ_i 는 윤하중 반복 재하로 인한 누적된 손상에 의해 나타나는 처짐 $\delta_{f,i}$ 와 정적 재하에 의해 발생하는 처짐 $\delta_{s,i}$ 로 나눌 수 있다.

$$\delta_i = \delta_{f,i} + \delta_{s,i} \quad (2)$$

여기서, $\delta_{s,i}$ 는 바닥판의 하중 저항 능력과 밀접한 관련이 있으며, $\delta_{f,i}$ 는 바닥판의 잔류 변형에 해당한다. 하지만 이중에서 어떠한 성분이 바닥판의 피로 성능에 더 큰 영향을 주는 지에 대해서는 아직 연구된 바 없다.

윤하중 반복하중에 의해 발생한 피로 처짐을 도시하면 그림 3과 같다. 전체 처짐 δ_i 와 잔류 처짐 $\delta_{f,i}$ 는 하중이 반복됨에 따라 거의 비슷한 기울기로 증가함을 알 수 있다. 반면 정적 처짐 $\delta_{s,i}$ 는 반복 하중에 별다른 영향을 받지 않고 거의 일정하게 나타나고 있다. 따라서 바닥판의 정적 재하 능력은 100만회 재하까지 손상 없이 유지되고 있다고 할 수 있다.

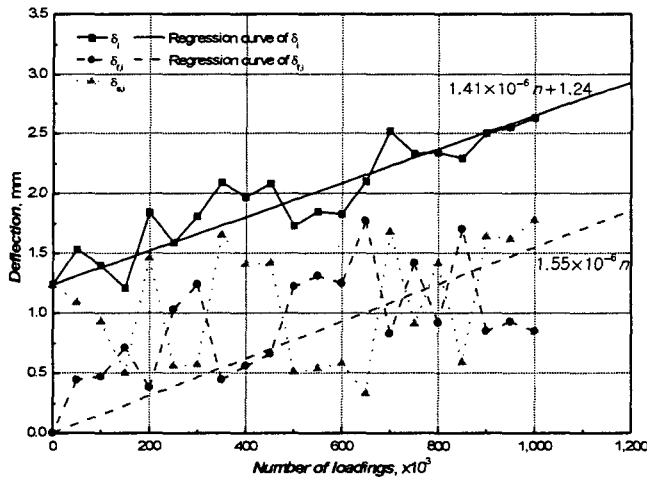


그림 3 윤하중 재하에 의한 처짐 증가 양상

3.3 변형률 분포 양상

그림 4는 교축직각 방향의 단면 내 변형률 분포를 윤하중을 재하하기 전과 5만회 재하 후를 기준으로 비교한 것이다. 윤하중을 재하하기 전에는 FRP와 콘크리트의 부착면에서 변형률 차이가 크게 나타나지 않고 있다. 반면 윤하중 5만회 재하 후에는 부착면에서의 변형률 차이가 크게 나타나며 이는 규사코팅에 의한 전단연결이 파괴되었음을 추측 가능하게 한다. 하지만 FRP와 콘크리트의 합성 효과에 의한 하중 저항 능력은 계속 유지되고 있으며 이는 규사코팅 외에 전단연결제에 의한 합성 효과가 여

전혀 유지되고 있음을 의미한다. 하지만 영구 처짐은 계속적으로 증가되고 있으며 이로부터 하중 재하 회수의 증가에 따라 전단연결재 부위의 FRP와 콘크리트 사이에서 미끄러짐이 지속적으로 발생하고 있음을 알 수 있다.

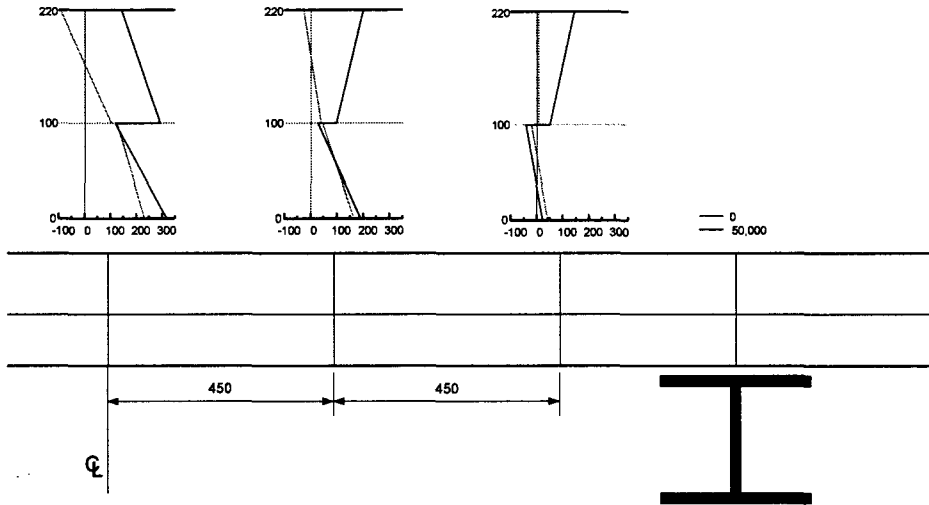


그림 4 윤하중 5만회 재하 후 단면 내 변형률 분포 변화

4. 결론

윤하중 피로 실험에서 설계하중에 충격 및 안전율을 고려하여 149.76kN의 수직 하중을 재하하였다. 전단연결재와 종방향 FRP 보강근을 가진 FRP-콘크리트 합성 바닥판 실험체는 100만회 재하시까지 잔류 처짐만 증가하였을 뿐 하중 저항 능력은 그대로 유지되고 있음을 확인하였다. 또한 단면 내 변형률 분포 분석을 통해 피로 성능 측면에서 FRP와 콘크리트의 합성 방안으로는 규사코팅보다 전단연결재와 같은 기계적인 연결 방안이 더 효과적인 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고 문헌

1. 김영진, 조창백, 김병석 (2003) 윤하중 실험장치에 관한 연구, 대한토목학회 정기학술대회, 대한토목학회, pp. 529-534.
2. 김병석 외 7인 (2004) 장수명 합리화 바닥판 개발 - 무강재 바닥판, 한국건설기술연구원, 261pages.
3. 김병석 외 7인 (2005) 장수명 합리화 바닥판 개발 - 무강재 바닥판, 한국건설기술연구원, 175pages.
4. 石橋忠良 외 (1987) 콘크리트耐久性シリーズ : 疲勞