

# 고인성 섬유보강 시멘트 복합체의 현장 적용성 평가

## A Evaluation on the Field Application of Ductile Fiber Reinforced Cement Composites

류 금 성\*    고 경 택\*\*    박 정 준\*    강 수 태\*    김 성 옥\*\*\*    박 성 용\*\*\*\*  
Ryu, Gum Sung Koh, Kyung Taek Park, Jung Jun Kang, Su Tae Kim, Sung Wook Park, Sung Yong

### ABSTRACT

Various ductile fiber reinforced cement composite(DFRCC) including large quantities of PVA fiber or steel fiber have been developed recently and studies to find applications in diverse domains are currently conducted actively. Regard to economical efficiency, DFRCC becomes competitive when applied as special elements and repair material with small quantities rather than the casting of large volume for the main body of structures in field. The authors have developed FRP-DFRCC composite slab for bridges and a wet spraying repair technique using DFRCC. In case of the application on FRP-DFRCC composite slab, it was found that there was no problems the structure and durability of it after passed 3 months. And in case of the application on the application of the deteriorated sewage box that passed 20 years, it was found that there was no difference the repair performance between domestic PVA fiber and the Japan. Therefore, DFRCC using PVA fiber, the concrete structures can be increased to performance and secured the economical efficiency.

### 요 약

PVA 섬유, 강섬유를 다량으로 혼합한 고인성 시멘트 복합체가 개발되고 이를 구조물에 활용하고자 하는 연구가 전 세계적으로 수행되고 있다. DFRCC는 경제적 효율성을 고려한다면 현재까지 구조물 전체 부분에 적용하기보다는 특별한 요소나 보수재료로서 적용하는 것이 경쟁력이 있을 것으로 사료된다. 저자들은 DFRCC를 FRP-콘크리트 합성 바닥판과 습식 스프레이 보수공법에 적용하는 기술을 개발하고 있다. FRP-콘크리트 합성 바닥판에 적용할 경우에는 현장 적용하여 3개월 경과하더라도 구조성능 또는 내구성능이 저하되는 문제가 발생하지 않았고 매우 양호한 상태를 유지하였다. 그리고 국산 PVA 섬유 사용 DFRCC 보수 모르타르를 20년이 경과된 하수박스암거에 적용한 경우에는 한 결과, 일본산 PVA 섬유를 사용한 경우와 차이가 거의 없었다. 관련 규격인 KS F 4042의 압축 및 휨 강도기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 이상과 같이 DFRCC를 구조물에 적용할 경우에는 구조물 종류에 따라서 경제적으로 성능 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

\* 정희원, 한국건설기술연구원 구조재료연구실 연구원  
\*\* 정희원, 한국건설기술연구원 구조재료연구실 책임연구원  
\*\*\* 정희원, 한국건설기술연구원 구조재료연구실 책임연구원, 실장  
\*\*\*\* 정희원, 한국건설기술연구원 구조시스템연구실 선임연구원

## 1. 서 론

콘크리트의 취성파괴를 방지하고자 최근 인성이 대폭 향상된 고인성 섬유보강 시멘트 복합체(Ductile Fiber Reinforced Concrete, 이하 DFRC)가 개발되어 주목을 받고 있다. DFRC의 제조에 폴리비닐알콜계(PVA) 섬유, 고강도 폴리에틸렌 섬유, 강섬유가 많이 사용되고 있다. 국내에서도 고인성 섬유보강 시멘트 복합체에 대한 개발 연구가 활발히 진행되고 있으나, 아직까지 현장 적용에 대한 실적은 많지 않은 실정이다. 본 논문에서는 PVA 섬유 사용 고인성 섬유보강 시멘트 복합체를 FRP-콘크리트 합성 바닥판과 보수 모르타르에 적용하여 그 결과를 분석하였다.

## 2. FRP-콘크리트 합성 바닥판에 적용성 평가

### 2.1 FRP-콘크리트 합성 바닥판 특성

한국건설기술연구원에서 FRP 바닥판과 RC 바닥판을 혼합하여 두 바닥판의 장·단점을 보완한 새로운 개념의 FRP-콘크리트 합성 바닥판을 개발하고 있다. 또한 재료비가 비싼 FRP 사용량을 FRP 바닥판 대비 1/2 이상 축소함으로써 초기 공사비를 경감시키는 한편 FRP 바닥판에 준하는 성능을 발휘할 수 있다. 그리고 FRP 패널은 시공 중에는 거푸집으로서 기능을 수행하고, 사용 중에는 콘크리트와 합성된 구조부재 역할을 한다. 이로서 일반 바닥판에 비해 시공 기간이 단축이 되고 FRP 바닥판에 비해 단면강성이 크기 때문에 처짐, 진동 문제도 극복할 수 있다.

### 2.2 FRP-DFRCC 합성 바닥판의 휨 특성

그림 1은 FRP-DFRCC 합성 바닥판의 휨 특성 결과이다. 적용한 콘크리트는 W/B 0.4이고, 설계기준강도가 40MPa이다. 여기서 일반 콘크리트에는 시험체 축에 직각방향으로 FRP Re-Bar를 배근하였고 DFRCC 시험체에는 배근을 하지 않았다. 결과를 요약하면 동일한 두께에서 DFRCC를 적용할 경우 휨 인성이 대폭 향상되어 Re-bar를 사용한 FRP-콘크리트 합성 바닥판보다 내하력이 증가되어 무강재 바닥판을 실현할 수 있을 것으로 판단된다.

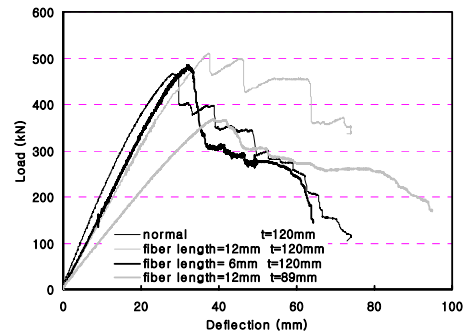
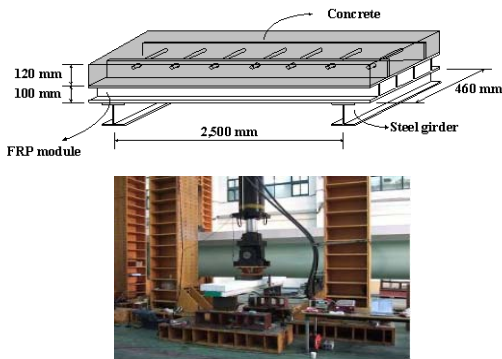


그림 1 FRP-DFRCC 합성 바닥판의 휨 특성

### 2.3 FRP-DFRCC 합성 바닥판의 현장 적용

가설교량에 철근을 보강하지 않은 FRP-DFRCC 합성 바닥판에 적용하였으며, 레디믹스트 콘크리트로 배합 및 타설(슬럼프 200mm)하였고, 현장설치 전 압축강도는 40MPa, 쪼갠인장강도는 10MPa의 값을 나타내었다. 현장설치를 완료한 후 3개월간 차량들의 반복하중에 의한 결과를 관찰한 결과 구조성능 또는 내구성능이 저하되는 문제가 발생하지 않았고 매우 양호한 상태를 유지하였다.



그림 2 FRP-DFRCC 합성 바닥판의 현장 적용

### 3. 보수재료로서 DFRCC의 현장 적용성 평가

#### 3.1 DFRCC를 적용한 보수재료 및 공법의 특성

PVA 섬유 보강 콘크리트가 국내에서 사용되는 경우에는 대부분 구조물 보수공사로서 그 중 대표적인 것인 건설신기술 522호(PVA 섬유복합모르타르와 전용믹서 및 이중추진방식의 스프레이건을 이용한 콘크리트구조물의 단면보수기술)이다. 이 공법은 균열저항성과 인성을 높여 보수 성능을 장기간 유지할 수 있도록 플라이애시, 팽창재, PVA 보강 단섬유 등을 이용한 보수모르타르와 이 보수 모르타르를 안정적으로 제조·시공할 수 있도록 전용믹서와 이중추진방식의 스프레이건으로 구성되어 있으며, 그림 3에 보수공법의 구성을 나타내었다.

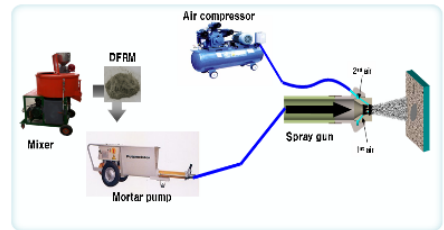


그림 3. 보수공법 구성

#### 3.2 현장적용

적용 대상 구조물은 서울 반포지역의 빗물펌프장 주변 하수암거로서 1980년경에 준공되었으며, 그림 4에 나타난 바와 같이 하수에 의한 화학적 침식, 탄산화, 동결융해 및 하수암거 위로 차량통과로 인한 피로하중에 의해 단면 손상, 철근노출, 철근부식 등으로 상당히 열화가 진행된 상황이었다. 그림 5는 현장적용의 모습이다. 보수재료 및 공법은 적용 대상구조물의 현장점검을 통하여 섬유보강 보수 모르타르의 양 및 보수공사에 사용되는 장비 등의 사항을 결정하였다. 그 다음에 보수하고자 하는 콘크리트 구조물을 치핑하여 열화부분을 제거하고, 철근부식이 우려되거나 부식이 된 경우에는 검증된 방청제 등을 사용하여 철근방청 처리를 실시하였다. 그리고 현장조사 결과에 따라 열화된 콘크리트 구조물에 PVA 보강 보수 모르타르 공법을 적용 후 적정기간 기건 양생을 실시하는 것으로 마무리 된다.



그림 4 현장적용 구조물

#### 3.2 현장적용 결과

표 1은 현장 적용한 결과를 정리한 것이다. 압축강도는 일본산 PVA 섬유를 사용한 경우 41.4MPa, 국산 PVA 섬유를 사용한 경우 39.6MPa로 국산 PVA 섬유가 약간 큰 것으로 나타났다.



열화부 및 철근 녹 제거



전용믹서를 이용한 현장 배합



섬유복합물탈 폼핑

그림 5 현장적용 모습

그리고 휨 강도는 일본산 PVA 섬유를 사용한 경우 8.40MPa, 국산 PVA 섬유를 사용한 경우 8.01MPa로 국산 PVA 섬유가 일본산에 비해 휨강도가 다소 작은 것으로 나타났다. 현장적용에 사용한 PVA 섬유는 생산지에 따라 섬유 직경 및 길이가 다른 것을 사용하였다. 일반적으로 섬유의 길이가 큰 것을 사용하면 일반적으로 휨강도가 증가하는데, 일본산 PVA 섬유를 사용한 경우가 국산 PVA 섬유를 사용한 경우보다 휨강도가 다소 큰 것은 이러한 영향이 작용하였기 때문으로 분석된다. 그리고 보수재료에 관련된 KS 기준인 KS F 4042[콘크리트 구조물 보수용 폴리머 시멘트 모르타르]에 대해 보수 모르타르의 성능을 평가한 결과이다. 국산 PVA 섬유와 일본산 섬유 모두 KS F 4042인 기준인 압축강도 20MPa 이상, 휨강도 6MPa 이상을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 국산 PVA 섬유도 신기술 522호와 같이 보수공법에 충분히 사용이 가능한 것으로 분석된다.

표 1 현장적용 성능 결과

공사명	압축강도 (MPa)		휨강도(MPa)	
	일본산 PVA 섬유	국산 PVA 섬유	일본산 PVA 섬유	국산 PVA 섬유
하수암거 보수공사	40.0	42.9	8.38	8.08
	38.7	40.2	8.41	7.93
	40.0	41.2	-	-
평균	39.6	41.4	8.40	8.01

#### 4. 결론

본 논문에서 PVA 섬유를 사용한 고인성 섬유보강 시멘트 복합체(DFRCC)를 FRP-콘크리트 합성 바닥판 및 보수 모르타르에 적용하였다. 그 결과, FRP-콘크리트 합성 바닥판에 적용할 경우에는 현장 적용하여 3개월 경과하더라도 구조성능 또는 내구성능이 저하되는 문제가 발생하지 않았고 매우 양호한 상태를 유지하였다. 그리고 국산 PVA 섬유 사용 DFRCC 보수 모르타르를 20년이 경과된 하수박스암거에 적용한 경우에는 한 결과, 일본산 PVA 섬유를 사용한 경우와 차이가 거의 없었고, 관련 규격인 KS F 4042의 압축 및 휨 강도기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 이상과 같이 DFRCC를 구조물에 적용할 경우에는 구조물 종류에 따라서 경제적으로 성능 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

이 논문은 건설핵심기술연구개발사업, 차세대 시설물 신재료 활용기술 연구단 과제('05~'10), FRP·FRC 활용 하이브리드 교량 시스템 개발의 연구비에 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 한국건설기술연구원, 장수명 합리화 바닥판 개발, 2006. 12
2. 차세대 시설물용 신재료 활용기술 연구보고서, 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 2007. 8