

고연성 하이브리드 FRP 리바의 화학적 환경 노출 후 부착 성능

Bond Performance of Ductile Hybrid FRP Rebar After Chemical Environmental Exposures

원종필* 박찬기** 서정민*** 공태웅*** 성상경*** 최석원***
Won, Jong-Pil Park, Chan-Gi Seo, Jung-Min Kong, Tae-Woong Sung Sang-Kyoung Choi, Seok-Won

ABSTRACT

In this study focuses on bond properties of hybrid FRP rebar after chemical environmental exposure. Hybrid FRP rebar bond specimens were subjected to four type of exposure conditions. Bond properties were investigated by direct bond test. Bond test results, hybrid FRP rebars were found to have better bond strength with concrete than currently using GFRP rebar. Also, hybrid FRP rebar had more than about 80% in bond strength of steel rebar.

1. 서론

철근콘크리트 구조물은 철근의 부식으로 인한 문제점을 해결하기 위하여 현재 사용이 증가되고 있는 FRP 보강근(Fiber Reinforced Polymer rebar)은 강도가 높으면서도 부식에 대한 우려가 없고 보강 재료로서 사용될 경우 강도/중량비가 커 콘크리트 구조물의 자중을 감소시킬 수 있는 장점과 비중이 작아 운반 및 시공이 쉽다.¹⁾ 그러나, 콘크리트 구조물이 실제 환경조건에 노출되었을 때 FRP 보강근의 성능저하는 FRP 보강근의 재료 자체의 성능 저하뿐만 아니라 FRP 보강근 모체와 표면형상 처리 부분의 분리, FRP 보강근과 콘크리트 모체 사이의 부착성능 저하로 인해 발생할 수 있다. 이와 같이 FRP 보강근은 보강철근에 비하여 부착강도 작으며 환경노출시 부착강도의 감소가 더욱더 감소할 가능성을 내포하고 있다. 본 연구는 국내에서 개발된 3가지 종류의 하이브리드 FRP 보강근의 부착성능 및 환경노출 후 부착성능의 영향을 평가하였다. 국내에서 개발된 3가지 종류의 하이브리드 FRP 보강근은 부착강도를 향상시키고자 FRP 보강근의 표면을 브레이딩이라는 3차원 제직기술을 이용하여 생산함으로써 rib의 전단파괴 및 분리파괴를 방지하고자 하였다. 또한 현재 외국에서 상용화되어 있는 GFRP 보강근과 비교실험을 실시하여 국내에서 생산된 하이브리드 FRP 보강근의 부착성능 향상정도를 평가하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

* 정회원, 건국대학교 사회환경시스템공학과 교수

** 정회원, 건국대학교 사회환경시스템공학과 박사 후 과정

*** 정회원, 건국대학교 사회환경시스템공학과 석사과정

2.1 FRP 보강근

고연성의 특성을 가지고 있는 하이브리드 FRP 보강근의 부착특성을 평가하기 위하여 본 연구에서는 미국 Hugesbrothers 사의 Aslan GFRP 보강근과 비교실험을 실시하였다. 하이브리드 FRP 보강근의 표면형상은 부착성능 향상을 위하여 높이 1.3mm 폭 2.0mm의 rib을 가지고 있다. 하이브리드 FRP 보강근의 표면형상은 Fig. 1과 같다.

2.2 촉진열화환경

촉진열화 환경은 첫 번째로 알칼리 용액에 대한 영향을 평가하기 위해서 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Na}(\text{OH})$, KOH 를 각각 농도 0.2, 1.0, 1.4%로 하여 만든 알칼리 용액과 두 번째로 산환경에 대한 영향을 평가하기 위해서 pH 2.92의 0.6% 아세트산용액 및 세 번째로 염해에 대한 영향을 평가하기 위하여 3%의 NaCl 용액에 25일 및 50일간 노출하였다.

2.3 시험방법

본 연구에서는 하이브리드 FRP 보강근의 부착성능을 평가하기 위하여 ACI 440위원회가 제시하고 있는 직접부착실험을 실시하였다.

3. 시험결과

3.1 기준환경

하이브리드 FRP 보강근의 부착 시험결과는 Fig. 2와 같다. 시험결과 GFRP 보강근이 보강철근과 비교하여 약 60% 정도의 부착강도를 발현하는데 비하여 하이브리드 FRP 보강근은 약 80%~90% 정도의 부착강도를 보여주었다. 이와 같은 결과는 하이브리드 FRP 보강근이 기존 FRP 보강근의 부착성능 저하를 발생시켰던 rib 부분의 전단파괴와 유사코팅부분의 분리파괴를 표면형상 처리에 의하여 최소화하였기 때문이다.

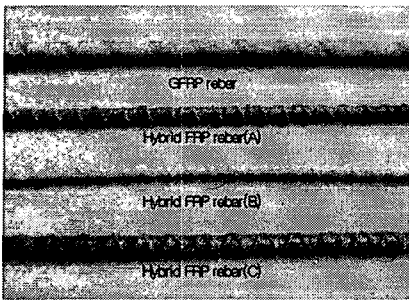


Fig. 1 Photo of FRP rebars

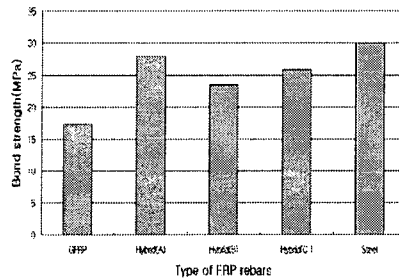


Fig. 2 Bond test result of hybrid FRP rebar

3.2 알칼리 환경

알칼리 용액에 노출시킨 FRP 보강근의 25일 노출 후 잔류 부착강도는 모든 공시체가 약 70% 정도를 나타내었다(Fig. 3). 이는 알칼리 용액이 FRP 보강근 공시체에 침투되어 FRP 보강근 공시체와 표면형상 층을 분리시키는 동시에 FRP 보강근과 콘크리트 모체의 부착표면에도 침투하여 부착성능을 조기에 파괴시키기 때문이다. 또한 아라미드섬유를 주요 구성성분으로 한 하이브리드 FRP 보강근 보다는 유리섬유를 주요 구성성분으로 한 하이브리드 FRP 보강근(B) 및 GFRP 보강근의 파괴가 더욱 더 현저한 것은 유리섬유가 아라미드섬유보다 알칼리 환경에 대한 저항성이 낮기 때문에 FRP 보강근이 인발되면서 표면에 rib을 형성하는 유리섬유의 파괴를 촉진시켰기 때문이다. 50일간의 알칼리환경에 노출시킨 FRP 보강근 부착공시체의 잔류 부착강도는 유리섬유를 주요 구성 요소로 하는 하이브리드

드 FRP(B) 및 GFRP 보강근의 경우 잔류 부착강도는 약 40%의 낮은 값을 나타내었다. 이는 알칼리 용액에 노출된 콘크리트 모체의 강도 감소뿐만 아니라 알칼리 용액이 FRP 보강근의 표면형상 층을 구성하는 유리섬유를 파괴시켜 인발시 rib을 파괴시킴으로써 부착강도의 현저한 저하를 발생시켰다. 이에 반해 아라미드섬유가 주로 표면형상 층을 구성하는 하이브리드 FRP 보강근(A)와 (C)는 rib의 파괴가 상대적으로 적어 약 60% 정도의 잔류 부착강도를 나타내었다.

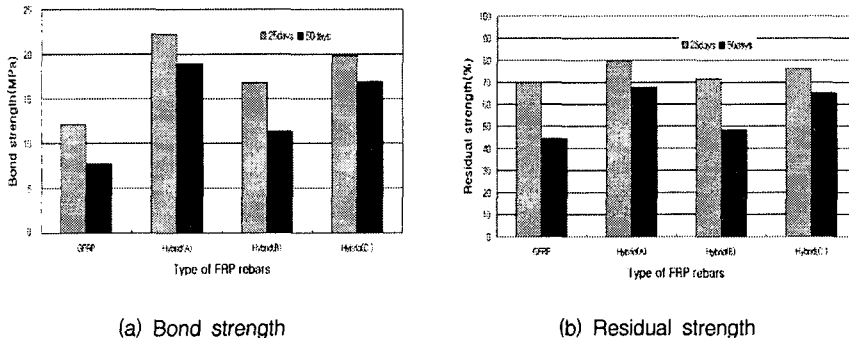


Fig. 3 Bond test result after alkali exposure

3.3 산환경

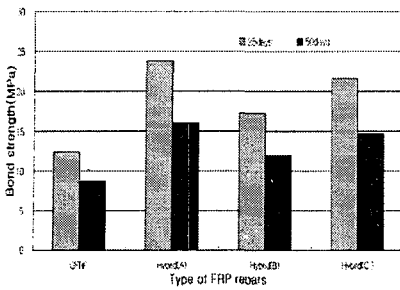
산용액에 25일 및 50일 간 노출 후 직접부착시험을 실시한 결과는 Fig. 4과 같다. 부착강도 시험 결과 25일간의 노출 후 하이브리드 FRP 보강근(A), (C)의 잔류 부착강도가 약 80%이상으로 부착성능의 감소가 크지 않았으나 하이브리드 FRP 보강근(B) 및 GFRP 보강근의 경우 잔류 부착강도가 약 70%정도로 부착강도가 상대적으로 크게 감소함을 알 수 있었다. 이는 유리섬유로 구성된 하이브리드 FRP 보강근(B) 및 GFRP 보강근은 모체와 부착강도를 향상시키기 위하여 사용된 표면처리 부분에 산용액이 침투하여 분리를 촉진함으로써 조기에 부착성능 저하가 발생하였기 때문이다. 50일간 산환경에 노출 후 부착강도 시험결과 모든 시험공시체가 약 50%의 잔류 부착강도를 보여주어 부착강도가 현저히 감소하는 결과를 보여주었다. 이와 같은 결과는 FRP 보강근의 표면형상에 산 용액의 침투가 촉진되어 FRP 보강근 모체와의 분리를 촉진시키는 동시에 산환경에 장기간 노출됨으로써 콘크리트 모체의 강도감소와 FRP 보강근과 콘크리트 모체와의 부착표면에 산용액이 침투하여 콘크리트 모체와 FRP 보강근 사이의 부착력을 감소시켰기 때문이다.

3.4 염해환경

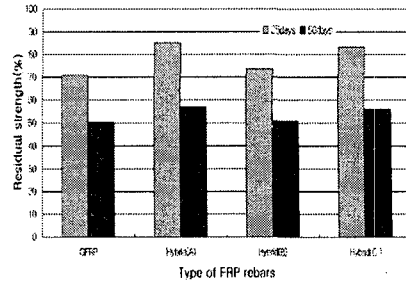
염해환경에 노출된 FRP 보강근의 시험결과는 Fig. 5와 같다. 시험결과 25일 노출 후 모든 공시체가 약 70%의 잔류 부착강도를 나타내었으며 50일 노출 후에는 모든 공시체가 50% 정도의 잔류 부착강도를 나타내었다. 그러나 하이브리드 FRP 보강근(B)의 경우 약 48% 정도의 잔류 부착강도를 나타내었다. 이는 50일간의 염해환경에 노출된 하이브리드 FRP 보강근(B)의 경우 표면 rib을 구성하는 섬유인 유리섬유가 염해환경에 노출시 표면의 성능 저하하기 쉽고 특히 인발시 rib을 구성하는 유리섬유가 콘크리트 모체와의 마찰력으로 인해 쉽게 파괴되기 때문에 인발시 rib의 저항력이 급속히 감소하기 때문이다.

4. 결론

1. 부착 시험결과는 일반 FRP 보강근이 보강철근과 비교하여 약 60% 정도의 부착강도를 가지고 있

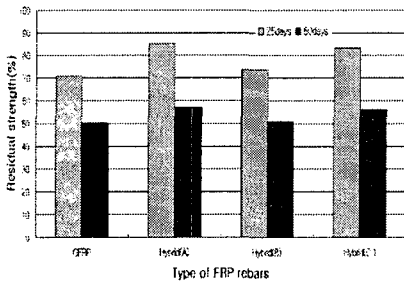


(a) Bond strength

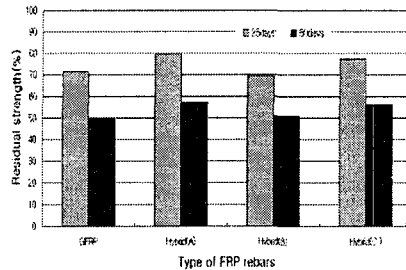


(b) Residual strength

Fig. 4 Bond test result after acid exposure



(a) Bond strength



(b) Residual strength

Fig. 5 Bond test result after salt exposure

는데 비하여, 하이브리드 FRP 보강근은 80%~90%까지 부착강도가 증가하는 것으로 나타났다.

- 하이브리드 FRP 보강근 및 GFRP 보강근은 알칼리, 산, 염해용액에 25일간 노출 후 잔류 부착강도는 약 70% 및 60% 정도를 나타내어 하이브리드 FRP 보강근은 큰 영향이 없었지만, GFRP 보강근은 어느 정도 영향을 받았다.
- 50일간의 노출후 하이브리드 FRP 보강근 및 GFRP 보강근의 부착강도는 약 50~70%, 40~60%의 잔류 부착강도를 나타내어 부착강도가 현저히 감소함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 동원건설(주)의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- ACI, (2000), *Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP bars*, American Concrete Institute Committee 440, Detroit, MI, USA, pp. 2-9
- Al-Dulaijan, S.U., Nanni, A., Al-Zahrani, M.M., and Bakis, C.E., (1996), Bond Evaluation of Environmentally Conditioned GFRP/Concrete System, *Proceedings of the Second International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures (ACMBS-2)*, M. M. El-Badry, Ed., Canadian Society for Civil Engineering, Montreal, Quebec, pp. 845-852. 29