

Hybrid FRP Rod로 보강된 철근콘크리트 보의 휨 거동

Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beam with Hybrid FRP Rods

곽계환*

장화섭**

양동운***

Kwak, Kae Hwan Jang, Hwa Sup Yang, Dong Oun

ABSTRACT

In this study, the nature of brittleness, one of the main problems of GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastic) Re-bar, is improved. Therefore, Hybrid GFRP Rod is developed by attaching FBG sensor to the new GFRP Rod with toughness, essential for flexural reinforcement of the concrete. The test was performed with specimens of Hybrid GFRP Rod. According to the test, data measured by electric gauge sensor are compared with data measured by FBG sensor.

1. 서론

현재, 사회 간접자본 시설의 건설에 주로 사용되는 철근콘크리트 구조물은 철근의 부식으로 인한 구조성능의 저하가 주요한 관심이 되고 있다. 특히, 해양 및 수리구조물 길고 교량 구조물 등과 같이 수분에 직접적으로 접촉해 있는 콘크리트 구조물에서 철근의 부식은 중요한 문제이다. 그래서 유지관리에 우수한 새로운 보강 재료의 개발을 요구하고 있다.¹⁾ 현재 수분과 접촉해 있는 콘크리트의 내구성 저하의 대부분은 콘크리트 내의 철근의 부식으로 인한 것이다. 철근의 부식은 콘크리트 구조물 재료에 포함된 염화물과 외부환경조건, 높은 습도 및 온도 그리고 철근 콘크리트 구조물이 수분과 접촉했을 때 공기 등이 주원인이 된다. 이러한 이유로 철근을 대체할 다른 재료의 요구는 점점 더 증가하게 되었고 그 결과로 FRP(Fiber reinforced Plastic)가 개발되었다. FRP는 강도가 높으며 부식에 대한 우려가 없으며 보강재료로서 사용될 경우 강도/중량비가 커 콘크리트 구조물의 자중을 감소시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.²⁾ 한편, 광섬유 센서(Fiber Optical Sensor)는 전자기파의 영향을 받지 않으면서 크기가 작고 높은 분해능력을 가지고 있기 때문에 구조물의 건전성 감시를 위한 감지계로서 많은 연구가 이루어져 왔다. 특히 복합재료에는 재료의 물성저하 없이 내부에 삽입될 수 있어 지능 복합 구조물로 적용하기에 매우 적합하다.

본 논문에서는 상기한 바와 같이 새로운 건설재료로 각광받고 있는 FRP와 스마트 모니터링 계측인 광섬유 센서와의 기능 복합화(Hybrid)를 통해 IT(Information Technology)를 기반으로 한 선진적인 건설소재인 Hybrid FRP Rod를 개발하고자 하였다. 그래서 현재 사용되고 있는 GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastic) 리바(Re-bar)의 문제점인 취성적 성질을 개선토록 하였다. 이렇게 함으로써 콘크리트의 휨보강에 필요한 인성을 확보할 수 있는 새로운 GFRP에 스마트 모니터링 계측인 광섬유 격자 센서(Fiber Bragg Grating Sensor; FBG)를 부착하여 Hybrid GFRP Rod를 개발하였다. 개발된 Hybrid GFRP Rod의 시험체를 제작하였다. 이것으로 정적시험을 수행한 후 전기저항식 센서에 의해 측정된 결과값과 FBG센서의 의해 측정된 결과 값을 비교하였다.

*정회원, 원광대학교 토목환경, 도시공학부 교수

**정회원, 원광대학교 토목환경공학과 박사과정

***정회원, 원광대학교 토목환경공학과 석사과정

2. Hybrid FRP Rod로 보강된 시험체 제작

2.1 Hybrid FRP Rod 제작

다음의 그림 1은 개발된 Hybrid FRP Rod에 대한 단면이다. Hybrid FRP Rod는 철근에 비해 약 10배 이상의 비강도를 보유한 복합체로서 구조적 모체 역할을 하는 FRP 내에 FBG Sensor를 인발성형시 함께 부착토록하여 FRP와 일체거동을 이루도록 하였다. 여기에 FBG센서는 Rib와 FRP에 의해 보호되고 있다. 또한 FRP표면의 Rib는 구조물간의 부착성능을 확보하기 위해 미세섬유인 Milled Fiber로 제작된 인공의 Rib를 사용하였다.

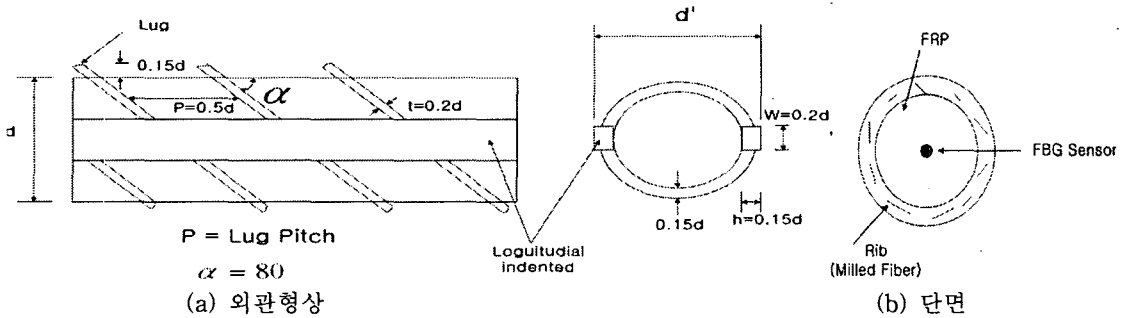


그림 1. Hybrid FRP Rod 단면

그림 2는 Hybrid FRP Rod의 제작과정을 나타내고 있다. 제작시 특별한 고려사항은 고온 양생으로 인한 FBG 센서의 소멸과 인발성형시 센서의 인장파괴이다. 따라서 제품의 양생시 온도제어를 통해 센서기능이 소멸되지 않는 양생온도 및 지속시간을 결정하였다. 또한 FBG sensor의 인발력에 의한 절단 문제를 해결하기 위해 FBG센서를 FRP섬유와 동시에 삽입하여 일체화 시킨 후 인발시 FRP 섬유만을 당겨 FBG sensor의 절단 가능성을 미연에 방지 하였다. 그림 3은 개발된 Hybrid FRP Rod를 나타내고 있다.

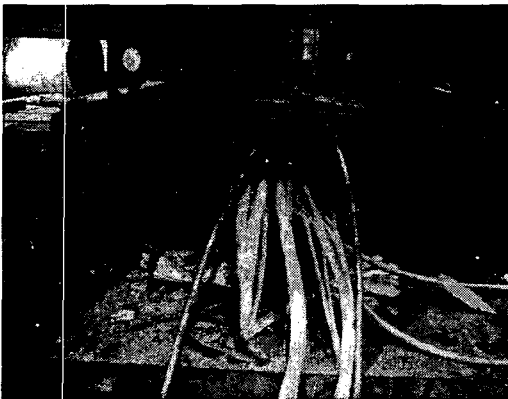


그림 2. Hybrid FRP Rod의 제작 광경

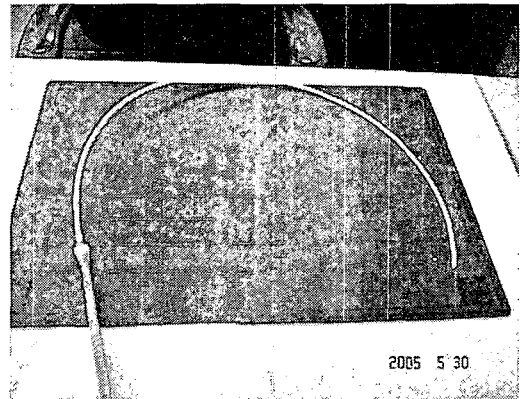


그림 3. 개발된 Hybrid FRP Rod

표 1. 재료물성치

	Glass Fiber	Matrix (Resin)	FRP Rod
인장강도 (MPa)	-	73.8	750
연신율(%)	-	5.0	-
비 중	2.5	1.2	-

표 2. Hybrid FRP Rod의 혼입율 (단위길이당 비율)

	Glass Fiber (%)	Rib (%)	Matrix (Epoxy) (%)
Hybrid FRP Rod	65	12.0	42.0

2.2 시험체 제작

시험체의 제작에 사용된 굵은골재의 최대치수는 25mm, 호칭강도는 27MPa로서 슬럼프 12cm 인 레미콘을 사용하였다. 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 고성능 AE감수제를 사용하였다. 시편은 Hybrid FRP Rod가 2개 보강된 시편으로서 총4개를 제작하였다. 센서의 부착위치 및 시편의 제원은 아래 그림 4와 같다.

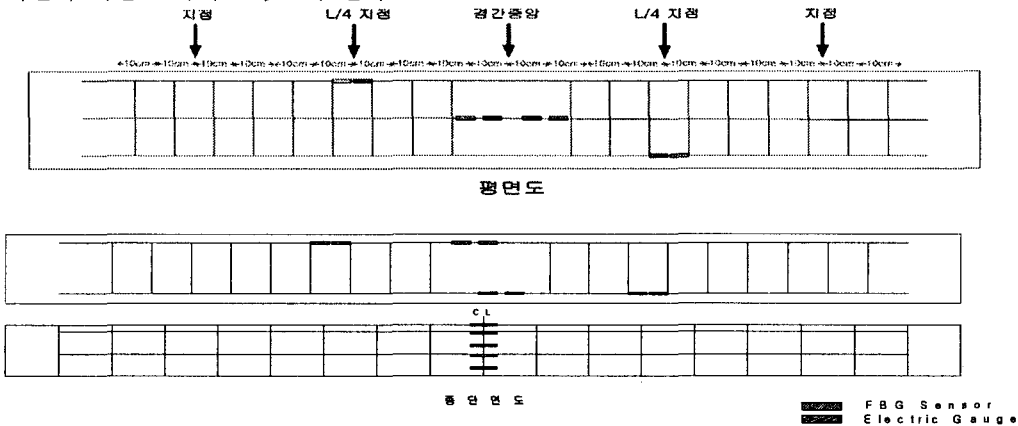


그림 4. 시편제원 및 센서의 부착위치

3. Hybrid FRP Rod의 하중과 변형률 관계

Hybrid FRP Rod의 변형률은 중앙점과 1/4지점에 각각 전기저항식 센서와 광섬유 브래그 격자 센서를 부착하여 하중에 따른 변형률을 측정하였다. FOS-1 시편의 경우 중앙점 측정결과 전기저항식 센서와 광섬유 브래그 격자 센서에서 측정된 변형률 데이터값이 비교적 유사한 경향을 보이지만, 다소 광섬유 브래그 격자 센서에서 측정된 변형률 데이터 값이 불안정한 형상을 나타내었다. 1/4지점의 경우, 두 센서값이 잘 일치하고 있었으나 하중 32kN 정도에서 광섬유 센서의 파단으로 더 이상의 측정은 하지 못하였다. FOS-2 시편의 경우 중앙점 측정결과와 약 20kN에서부터 광섬유 브래그 격자 센서와 전기저항식 센서의 데이터값이 차이가 나기 시작하지만 전체적인 경향은 유사하다. 1/4지점의 경우, 20 kN에서부터 광섬유 센서 부근의 수평균열로 인한 측정값에 다소 차이가 발생하였지만, 경향은 비교적 유사하게 측정되었다. FOS-3 시편의 경우 중앙점 측정결과 두 센서의 변형률 측정값이 가장 잘 일치하고 있었다. 1/4지점의 경우도 전체적 유형이 달라지지 않고 유사한 형상을 나타내었다. FOS-4 시편의 경우, 중앙점과 1/4지점 모두 전기저항식 센서와 광섬유 브래그 격자 센서의 변형률 데이터값이 가장 잘 일치하고 있었다.

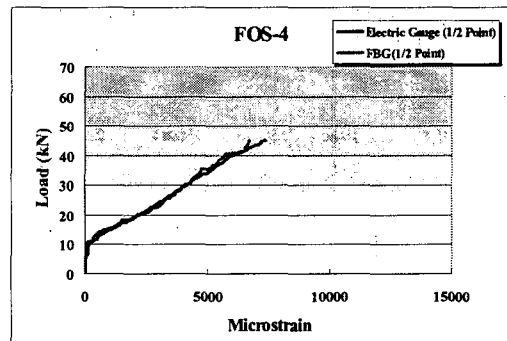
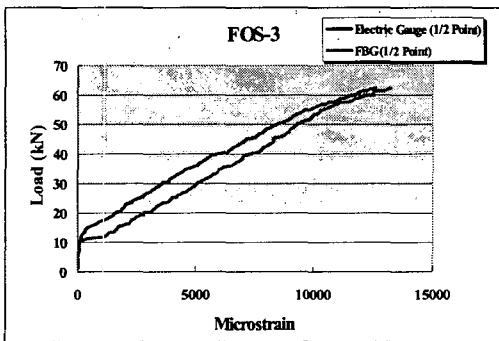
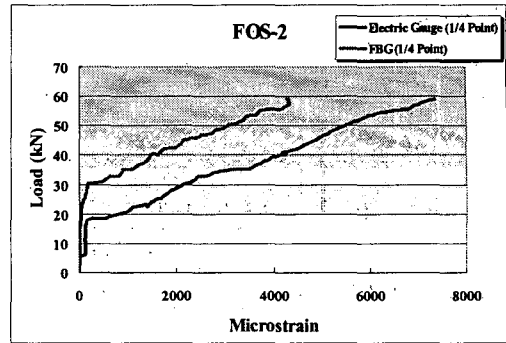
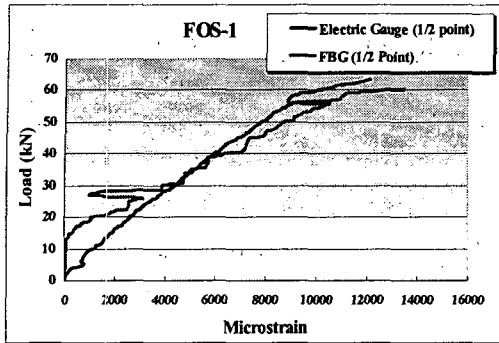


그림 5. FOS -Series 하중과 변형률 관계

4. 결론

본 연구에서는 Hybrid FRP Rod로 보강된 휨성능 평가 시험을 수행한후 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) GFRP의 취성적 성질을 보완할 수 있는 Hybrid FRP Rod를 개발하였다.
- 2) 전기저항식 센서와 광섬유 브래그 격자 센서에 의해 계측된 하중에 따른 변형률 관계를 살펴보면 두 센서에 의해 계측된 변형률 값의 양상은 거의 일치하고 있었으며, FOS-2 시편의 경우에서만 다소 차이를 나타내고 있다. 그래서 그림5에서 보는 바와 같이 전기저항식 센서와 비교해 볼 때 FBG sensor의 측정값이 약 10%의 오차가 있었다. 이는 광섬유 센서 주위에 발생한 균열에 의한 영향으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가연구원 지정 R&D(03-산학연 A02-04)연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

참고문헌

1. 박찬기, 원종필, "하이브리드 FRP 리바의 역학적 특성", 한국농공학회지, 제25권, 제2호, 2003, pp58-67
2. Castro, P. F., and Carino, N. J., "Tensile and Non-Destructive Testing of FRP bars", J. Comp. Constr., Vol. 2, No. 1, 1998; pp17-27
3. Kwak, K. H., Cho, S. J. and Lee, S. J. "Smart Monitoring of Bridge Maintenance Using Fiber Bragg Grating Sensors", Proceeding of the 2th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, pp273, 2004
4. Hill, K. O., Fujii, Y., Johnson, D. C. & Kawasaki, B. S. "Photosensitivity in optical fiber waveguides: application to reflection fiber fabrication", Appl. Phys. Lett.,32(1978) 647-649
5. KAIST, "Structure pre-detecting system using fiber grating", June, 1999
6. Fiber lattice: Lattice Principle and application pp31-47, Electricity Society, The 40th Edition No.12, December, 1997
7. Hocker G. B.(1994) Fiber Optic Sensing of Pressur and Temperature, SPILE MILESTONE SERIES MS pp440