

철근콘크리트 보의 보강용 연성 하이브리드 FRP 시트의 특성

Properties of Ductile Hybrid FRP Sheet for Strengthening of Reinforced Concrete Beams

송형수* 이진용** 민창식***
Song, Hyung Soo Lee, Chin Yong Min, Chang Shik

ABSTRACT

In strengthening reinforced concrete beams using fiber reinforced polymer sheets, brittle structural failures occur due to the linear stress-strain relationship of the fibers. Hybrid fiber reinforced polymer sheets using two different types of fibers were investigated in this study

요약

FRP 시트를 사용한 철근콘크리트 보의 보강은 섬유유 선형 응력-변형률 거동으로 인한 취성파괴가 일어난다. 본 연구에서는 두 가지 섬유유를 사용하여 하이브리드 FRP 시트를 연구하였다.

1. 서론

FRP(fiber reinforced polymer)를 철근콘크리트 보의 보강용으로 사용 시에 가장 근본적으로 문제가 되는 것은 FRP가 갖고 있는 선형 응력-변형률 거동으로 인한 취성파괴라고 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 탄소섬유와 유리섬유의 조합에 따른 하이브리드 시트를 제작하여 최적의 하이브리드 FRP 시트의 역학적 특성을 분석하고자 한다.

2. 사용재료

본 연구에서는 하이브리드 FRP시트에 탄소섬유 스트랜드(12K)와 유리섬유 스트랜드(1,100tex)를 사용하였다. 탄소섬유 및 유리섬유 필라멘트 단면의 평균 직경이 각각 약 7.1 μm 및 16.5 μm 인 것을 알 수 있었으며, 섬유의 비중($\rho_{CF} = 1.80$, $\rho_{GF} = 2.54$) 및 무게로부터 결정된 단면적은 탄소섬유 스트랜드 0.444 mm^2 , 유리섬유 스트랜드 0.455 mm^2 이었다. 콘크리트 부재를 FRP 재료로 보강할 때, 섬유와 콘크리트를 부착시키기 위하여 접착제로 에폭시가 사용되었다. 본 연구에서 사용된 에폭시의 인장강도, 탄성계수 및 극한변형률은 각각 55.8 MPa 1.76 GPa 및 2.86%로 나타났다.

*정회원, 동국대학교 토목환경공학과 박사과정

**정회원, (주)케어콘 대표이사·공학박사

***정회원, 동국대학교 토목환경공학과 교수·공학박사

3. 실험방법 및 결과 및 분석

본 연구에서는 연성 하이브리드 FRP 시트를 개발하기 위한 기초연구를 목표로 하였으며, 탄소섬유와 유리섬유의 조합에 따른 하이브리드 FRP 시트의 역학적 특성을 분석하고자 하였다. 하이브리드 FRP 시트의 조합은 표 1과 같이 탄소섬유와 유리섬유의 조합을 10가지로 구성하였으며, 탄소섬유와 유리섬유로만 사용된 시험체를 포함하여 총 12가지의 인장시험체를 제작하였다.

표 1. 하이브리드 FRP 시험체의 탄소섬유와 인장섬유의 조합에 따른 실험결과

| Specimen index | CF (mm ²) | GF (mm ²) | GF/CF by vol. | Epoxy/Fiber by vol. | Elastic Modulus (MPa) | Tension Strength (MPa) | Yield Strain | Failure Strain |
|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------|---------------------|-----------------------|------------------------|--------------|----------------|
| GFRP | 0.00 | 9.10 | - | 1.5 | 28,881 | 647 | 647 | 0.0225 |
| CFRP | 7.22 | 0.00 | - | 1.5 | 90,500 | 1398 | 1398 | 0.0154 |
| HFRP-10 | 0.90 | 9.10 | 10.0 | 1.5 | 32,303 | 398 | 611 | 0.0146 |
| HFRP-9 | 0.90 | 8.19 | 9.1 | 1.5 | 37,161 | 467 | 616 | 0.0164 |
| HFRP-8 | 0.90 | 7.28 | 8.1 | 1.5 | 36,321 | 518 | 616 | 0.0153 |
| HFRP-7 | 0.90 | 6.37 | 7.1 | 1.5 | 37,159 | 708 | 708 | 0.0208 |
| HFRP-6 | 1.35 | 8.19 | 6.1 | 1.5 | 37,002 | 715 | 715 | 0.0199 |
| HFRP-5 | 1.35 | 6.83 | 5.0 | 1.5 | 38,927 | 734 | 734 | 0.0188 |
| HFRP-4 | 1.80 | 7.28 | 4.0 | 1.5 | 41,621 | 756 | 756 | 0.0179 |
| HFRP-3 | 2.26 | 6.83 | 3.0 | 1.5 | 42,313 | 814 | 814 | 0.0178 |
| HFRP-2 | 2.71 | 5.46 | 2.0 | 1.5 | 48,967 | 876 | 876 | 0.0176 |
| HFRP-1 | 4.51 | 4.55 | 1.0 | 1.5 | 59,059 | 979 | 979 | 0.0164 |

탄소섬유와 유리섬유의 조합에 따른 하이브리드 FRP의 실험체중 표 1의 실험결과를 이용하여, Mander 등¹⁾이 제시한 이론과 응력-변형률 곡선의 특성을 분석한 결과 HFRP-9(탄소1:유리9)가 하이브리드 시트로 가장 적합한 것으로 분석되었다. HFRP-9의 응력-변형률 곡선을 CFRP와 GFRP의 응력-변형률 곡선과 비교한 그래프가 그림 1이며, 이 그래프 상에서 HFRP-9는 다른 섬유조합에 비해 상대적으로 응력-변형률 곡선 상에 뚜렷한 항복점과 과단점이 나타나는 것을 확인할 수 있다.

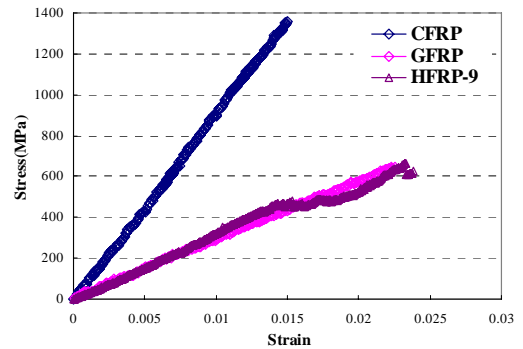


그림 1 CFRP, GFRP 및 HFRP-9 실험체의 응력-변형률 곡선

4. 결론

본 연구에서는 축방향 탄소섬유와 유리섬유의 조합에 따른 최적의 하이브리드 FRP 시트의 역학적 특성을 분석하고자 CFRP와 GFRP 시험체 외에 하이브리드 시험체를 조합별 10가지의 HFRP를 제작하여 인장강도 실험을 실시하였다. 이론적인 하이브리드 분석과 시험결과를 통하여 HFRP-9(탄소1:유리9)가 연성 하이브리드 시트로 가장 적합한 것으로 분석되었다.

참고문헌

- Manders, P. W. and Bander, M. G., "The Strength of Hybrid Glass/Carbon Fibre Composite: Part 1 - Failure Strain Enhancement and Failure Mode", Journal of Materials Science, Vol.16, 1981, pp.2233-2245.