

GFRP와 철근 보강근으로 복합 휨보강된 보 시험체의 구조성능 평가

Evaluation of Structural Capacity for Concrete Beams Reinforced Simultaneously with GFRP and Steel rebar

심종성* 박철우** 오홍섭*** 주민관**** 임준현*****
Sim, Jong-Sung Park, Cheol-Woo Oh, Hong-Seob Ju, Min-Kwan Lim, Jun-Hyun

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate structural performance of concrete beam reinforced simultaneously with GFRP and steel rebar. Because the GFRP has lower elastic modulus than steel or CFRP, serviceability for concrete structure can be an issue. According to the test result, the hybrid reinforced specimen showed better stiffness improvement than the specimen reinforced with only GFRP rebar. From an additional research on design parameter and reliability analysis, the field adaptability can be proved.

1. 서론

최근 철근에 비해 높은 강도와 내부식성, 내알칼리성 등을 보유하고 있는 고내구성 재료인 섬유강화 복합신소재(FRP)는 콘크리트 구조물의 고내구성과 장수명화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 철근콘크리트 구조물의 철근 및 프리스트레스 콘크리트 구조물의 긴장재의 부식과 이에 따른 구조물의 열화에 대한 문제점을 해결할 수 있는 재료로 인식되고 있다. 이에 따라 FRP에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 하지만 GFRP는 철근 및 CFRP에 비해 낮은 탄성계수를 보유함으로써 사용하중 시 다소 큰 처짐과 균열에 대한 문제점이 발생할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 선진국의 기술사례를 바탕으로 국내 실정에 맞게 자체 제작한 GFRP 보강근과 철근을 복합 보강하여 GFRP 복합구조체의 강성 보완과 동시에 현장 적용에 대한 기본적인 구조성능을 분석하고자 한다.

2. 구조실험

2.1 시험체 제작 및 실험변수

*정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

**정회원, 한양대학교 토목공학과 연구교수

***정회원, 진주산업대학교 토목공학과 교수

****정회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정

*****정회원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

본 연구에서 제작된 보 시험체는 콘크리트 압축강도 27MPa의 레미콘 제품과 항복강도 300MPa의 D10 철근으로 제작되었으며, 적용된 GFRP 휨 보강근은 설계 극한강도 650MPa 제품을 사용하였다. 철근과 GFRP 휨보강근의 복합거동시의 휨보강 효과 및 구조적 효율성을 분석하기 위하여 GFRP 대 철근 비 1:2(HFS 1-2), 2:1(HFS 2-1)인 시험체를 변수로 선정하였다. 또한, 본 시험체에 대해 GFRP 및 철근으로만 동일 보강량으로 적용된 시험체를 제작하여 복합 휨 보강된 시험체의 구조적 성능을 분석하고자 하며 표 2.1과 그림 2.1은 시험변수와 변수시험체의 개요도를 나타낸다.

표 2.1 GFRP-철근 복합보강 시험체 종류 및 실험변수

시험체명	휨 보강근 개수	
	GFRP	Steel
HFS1-2	1	2
HFS2-1	2	1
FSR3	3	-
FSR3-CON	-	3

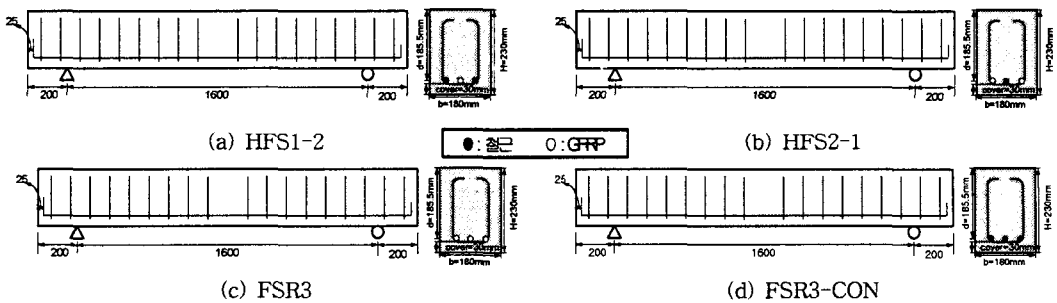


그림 2.1 각 시험체의 단면 및 배근상세

2.2 실험 방법

시험체는 총 2m의 길이 중 순지간 1.6m의 단순보 형식으로 거치되었으며, 하중가력은 250kN 용량의 유압식 가력기를 사용하여 분당 1mm의 변위제어로서 4점 휨 재하를 실시하였으며 휨 실험시 사용된 전단스팬비는 3.7의 값을 사용하였다. 중앙부 변위의 계측은 100mm 용량의 변위계(LVDT)를 사용하였으며, 변형률의 계측은 보의 인장보강근의 중앙과 1/4지점에 각각 철근게이지를 부착하여 GFRP 휨 보강근의 변형률을 측정하였다. 또한 단면 깊이에 대한 콘크리트 변형률 분석을 위하여 보의 인장보강근의 위치에서 상부까지 50mm의 간격으로 총 4개의 콘크리트 게이지와 콘크리트 압축부에 1개의 콘크리트 게이지를 부착하였다.

3. 실험 결과 분석

3.1 균열 및 파괴양상

HFS1-2 시험체의 초기균열은 약 13kN에서 나타났으며, 약 41kN에서 주철근이 항복하였고 최종적인 극한하중은 53kN으로 나타내었다. 균열은 전형적인 휨균열의 양상을 보였으나 다른 시험체에 비해

균열의 수가 적은 것이 특징이었다. HFS2-1 시험체는 약 15kN에서 초기균열을 보인 후 극한하중은 54kN을 나타내었다. HFS1-2 시험체, HFS2-1 시험체 모두 균형파괴를 보였다. FSR3 시험체의 초기균열은 약 10kN에서 나타났으며, 하중 56kN에서 상부 콘크리트가 극한압축 변형률을 보인 후 62kN에서 GFRP 보강근이 극한변형률에 도달하여 최종적으로 휨·압축 파괴되었다. FSR3 시험체의 균열은 전형적인 휨 균열을 보였다. FSR3-CON 시험체의 경우, 20kN에서 초기균열을 보인 후 46kN에서 인장철근이 항복하였으며, 이후 하중이 50kN을 초과하면서 상부 콘크리트가 극한 압축변형률을 보이면서 최종 휨·압축 파괴되었다. 그림 3.1과 그림 3.2는 각 시험체의 균열도와 최종 파괴 형상을 나타내고 있다.

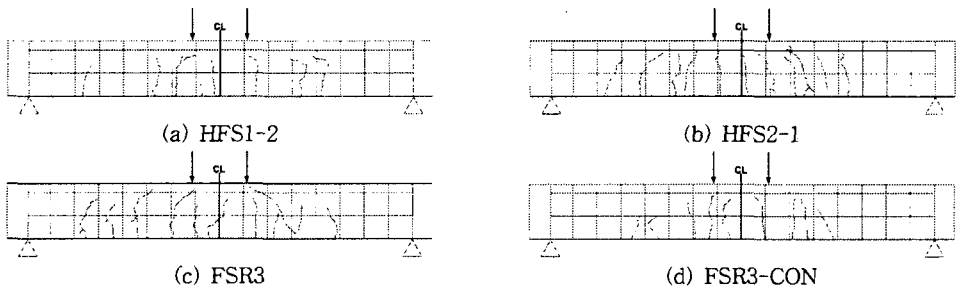


그림 3.1 시험체 균열양상

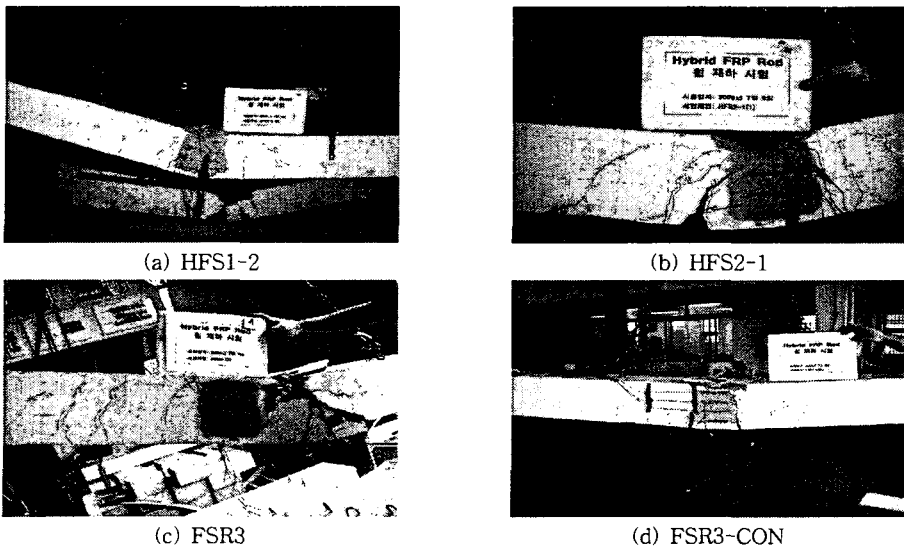


그림 3.2 시험체 파괴형상

3.2 구조거동 분석

그림 3.3은 철근과 GFRP 보강근이 복합으로 배근된 시험체의 구조거동 그래프이다. HFS1-2와 HFS2-1 시험체는 전반적으로 유사한 구조거동을 보였으나 HFS1-2 시험체의 경우, 철근 보강량이 상대적으로 많음으로 인해 HFS2-1 시험체보다 초기강성 측면에서 다소 큰 경향을 보이는 것을 확인할

수 있었다. FSR3 시험체와 비교해보면, 전반적으로 철근보강 시험체의 뚜렷한 항복거동을 보이는 것과 유사하게 거동함을 확인할 수 있었다. 또한 최종 파괴변위를 살펴보면, GFRP 보강량이 상대적으로 많은 HFS2-1 시험체가 HFS1-2 시험체보다 큰 파괴변위를 나타낸 것으로 보아, 사용성 측면에서 HFS2-1 시험체가 HFS1-2 시험체보다 우수한 것으로 판단된다.

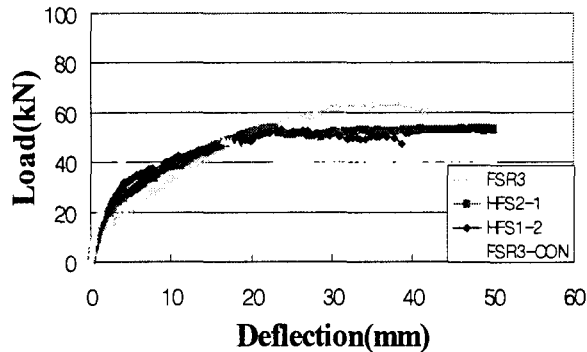


그림 3.3 하중-처짐 곡선

4. 결론

1. GFRP 휨보강근만으로 보강된 FSR3 시험체와 비교한 경우, GFRP 휨 보강근과 기존 철근 복합 보강 시험체가 다소 낮은 극한 하중을 보였으나, 균열이나 처짐 제어는 물론 강성증진 측면에서 우수한 것으로 나타났다. 특히, 상대적으로 GFRP 보강근이 많이 배근된 HFS2-1 시험체가 HFS1-2 시험체에 비해 상대적으로 큰 파괴변위를 보임과 동시에 다수의 균열 양상을 나타냄으로써 효율적인 응력분배효과를 나타내었다.
2. 본 연구에서 개발된 GFRP 휨 보강근과 기존 철근 복합 보강 시험체의 구조성능 분석결과, 추후 휨 설계 계수 등의 연구를 통하여 GFRP/철근 복합보강 구조물의 현장 적용성이 분석되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가연구원 지정 R&D(03-산학연 A 02-04)연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Houssam A. Toutanji, Mohamed Saafi "Flexural Behavior of Concrete beams Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer(GFRP) Bars", ACI Structural Journal, 2000. 9, pp712-719
2. B. Benmokrame, O. Chaallal, R. Masmoudi "FLexural Response of Concrete Beams Reinforced with FRP Reinforcing Bar", ACI Structural Journal, 1996. 1, pp46-55