

타격식 앵커를 이용한 하이브리드 섬유보강재의 보강특성

Reinforcing Characteristics of Hybrid Fiber Composite Fixed with Impact Anchor

하 상 수* 최 동 욱** 이 진 용*** 김 동 완****
Ha, Sang Su Choi, Dong Uk Lee, Chin Yong Kim, Dong Wan

ABSTRACT

Fiber composite is high anticorrosive, high strength and low weight ratio of strength(1/4 of reinforcing bar) so that strengthens concrete structures without increase of additional weight. But fiber composite has a brittle character which increases to the maximum stress point lineally and is suddenly destroyed. Hybrid fiber composite is developed to overcome weakness of fiber composite. The hybrid fiber composite is manufactured by bar type and consists of 9:1 volume ratio(glass : carbon). In this study the result indicates that it is purposed to find out reinforcing characteristics of hybrid fiber composite fixed with impact anchor.

요 약

섬유보강재는 부식에 대한 저항성이 높고, 고강도이며, 또한 강도에 대한 중량비(섬유보강재의 중량은 보강철근의 약 1/4정도)가 매우 낮아서 구조물 및 내하력이 저하된 콘크리트구조물의 보강에 따른 추가적인 중량의 증가 없이 보강을 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 섬유보강재는 하중을 가하면, 최대 응력점까지 응력이 선형적으로 증가하다가 파괴되는 취성적 성질을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 여러 섬유를 혼합하여 하이브리드화된 섬유보강재를 개발하였다. 개발된 하이브리드 섬유보강재는 유리섬유와 탄소섬유를 혼합하여 바 형태로 제작했으며, 유리섬유에 대한 탄소섬유의 체적비는 약 9 : 1로 구성이 된다. 하이브리드 섬유보강재를 타격식 앵커를 사용하여 시험체를 보수한 다음 인발 및 휨 시험을 실시하여 정착앵커의 수에 대한 시험체의 거동을 분석하였다. 본 연구에서는 타격식 앵커를 이용한 하이브리드 섬유보강재로 보강된 구조물의 보강특성을 알아보는데 목적이 있다.

* 정회원, 국립한경대학교, 건설공학연구소, 연구교수, 공학박사
** 정회원, 국립한경대학교, 건축공학과, 교수
*** 정회원, (주)케어콘, 대표이사, 공학박사
**** 정회원, (주)케어콘, 개발팀, 공학석사

1. 서 론

과거에 보강공법은 주로 철관을 이용해서 콘크리트 구조물을 보강하였으나, 최근 들어서는 철근 대용으로 섬유보강재(탄소섬유, 유리섬유)를 사용하고 있다. 섬유보강재는 부식에 대한 저항성이 높고, 고강도이며, 또한 강도에 대한 중량비(섬유보강재의 중량은 보강철근의 약 1/4정도)가 매우 낮아서 구조물 및 내하력이 저하된 콘크리트구조물의 보강에 따른 추가적인 중량의 증가 없이 보강을 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서 개발된 하이브리드 섬유보강재는 유리섬유와 탄소섬유를 혼합하여 바 형태로 제작했으며, 유리섬유에 대한 탄소섬유의 체적비는 약 9 : 1로 구성 된다. 하이브리드 섬유보강재를 콘크리트 시험체에 정착앵커의 개수를 달리하여 정착, 보강한 다음 보수 모르타르를 타설하여 하이브리드 섬유보강재를 매립하고 인발 및 휨 시험을 실시하여 정착앵커의 수에 대한 시험체의 거동을 분석하였다.

2. 실험 계획

본 연구에서는 하이브리드 섬유보강재 2×12, 4×20mm 두 종류를 사용하였고, 보강재는 H사의 고정앵커를 동사의 타격식 건을 이용하여 기존 콘크리트에 고정시켰다. 그 후 고내구성 폴리머 모르타르를 타설하여 기존 콘크리트와 일체화 시킨 실험체를 완성하였다. 본 연구에서는 하이브리드 섬유보강재로 보강된 시험체의 정착앵커에 대한 인발시험 및 휨시험을 실시하여 성능을 평가하였다.

2.1 실험방법

2.1.1 인발시험

인발 시험체의 형상과 실험체 일람은 표 1과 같다. 인발 시험체는 폭 20cm, 높이 30cm, 길이 50cm인 콘크리트 블록 윗면에 하이브리드 섬유보강재를 블록 폭에 맞춰 절단한 후, 보강재의 단부를 앵커로 정착하였다. 블록 길이가 50cm이고, 10cm 간격으로 앵커를 설치하기 때문에 문힘길이는 최대 40cm이고, 이때 앵커 정착수는 총 8개로 보강근 하나당 4개씩 정착된다. 인발시험은 보강근이 보강재로서의 역할을 충분히 수행하기 위한 보강근 하나당 몇 개의 앵커 정착이 필요한 것이지를 알아보기 위한 실험을 실시하였다.

표 1. 인발 시험체 일람표

실험체	문힘 길이 (cm)	보강근 하나당 앵커 정착 수	콘크리트 압축강도 (MPa)	모르타르 압축강도 (MPa)	
HFB-A1	10	1	29.4	44.7	
HFB-A2	20	2	29.4	44.7	
HFB-A3	30	3	29.4	44.7	
HFB-A4	40	4	29.4	44.7	
HFB-N1	10	-	29.4		
HFB-N2	20	-	29.4	44.7	
HFB-N3	30	-	29.4	44.7	
HFB-N4	40	-	29.4	44.7	

2.1.2 휨시험

보의 휨 보강 성능을 평가하기 위하여 보 실험체를 제작하였다. 표 2에 나타난 바와 같이, FRP-N 실험체는 보강하지 않은 실험체이고, FRP-12-A 및 FRP-20-A 실험체는 하이브리드 섬유보강재로 보강된 실험체이다. 여기서 12는 섬유보강재의 폭이고, A는 앵커의 개수를 나타내고 있다.

섬유보강재의 크기는 12, 20mm 두가지를 사용하고, 앵커의 개수는 2개에서 4개까지 사용하였다.

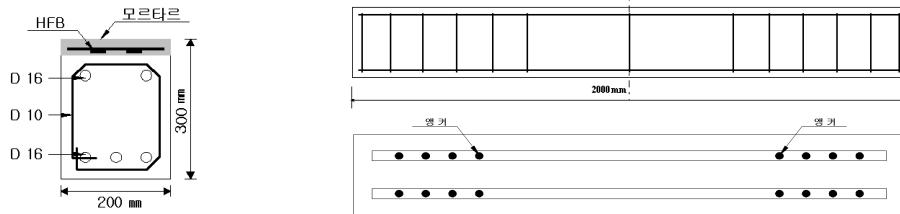


그림1. 휨 시험체 형상

표 2. 휨 시험체 일람표

No.	실험체 명	보강	보강 길이 (mm)	앵커 정착 수	섬유보강재(HFB) 인장강도(MPa)
1	FRP-N	무	-	-	-
2	FRP-12-A2	휨보강	2,000	2	973.6
3	FRP-12-A3	휨보강	2,000	3	973.6
4	FRP-12-A4	휨보강	2,000	4	973.6
5	FRP-20-A2	휨보강	2,000	2	740.0
6	FRP-20-A3	휨보강	2,000	3	740.0
7	FRP-20-A2	휨보강	2,000	4	740.0

FRP - 12(N:무보강, 12:폭12mm, 20:폭20mm) - A(앵커 개수)

3. 실험 결과

3.1 인발시험

앵커를 정착하지 않은 HFB-N계열 실험체의 평균 부착응력은 1.33MPa로 나타났다. 앵커를 하나 정착한 HFB-A1 실험체의 평균인장응력은 248-458MPa로 재료시험에서 얻은 값의 33-47%의 응력을 발휘하는 것으로 나타났으며, 앵커를 두개 정착한 HFB-A2 실험체의 평균인장응력은 382-784MPa로 재료시험에서 얻은 값의 52-81%의 응력을 발휘하는 것으로 나타났다. 또한, 앵커를 세 개 이상 정착한 실험체는 466-1,191MPa로 모두 재료시험에서 얻은 값의 63%를 초과하는 것으로 나타났다.

표 3. 인발 시험결과

실험체명	보강재 순 단면적 (mm ²)	보강재 인장강도 (MPa)	Pu (kN)	실험체 인장강도 (MPa)	부착면적 (mm ²)	부착강도 (MPa)	인장강도 비율 (%)	파괴 형태
A1	2x12	14.4	973.6	13.2	458	-	47.1	"A"
	4x20	60.8	740	15.1	248	-	33.5	
A2	2x12	14.4	973.6	22.5	784	-	80.6	
	4x20	60.8	740.0	23.2	382	-	51.6	
A3	2x12	14.4	973.6	28.4	986	-	101.3	"B"
	4x20	60.8	740.0	28.3	466	-	63.0	
A4	2x12	14.4	973.6	34.3	1191	-	122.3	
	4x20	60.8	740.0	28.3	555	-	75.0	
N1	2x12	14.4	973.6	3.12	130	2400	1.30	"C"
N2	2x12	14.4	973.6	4.73	197	3600	1.32	
N3	2x12	14.4	973.6	6.56	273	4800	1.37	"C"
N4	2x12	14.4	973.6	-	-	-	-	"D"

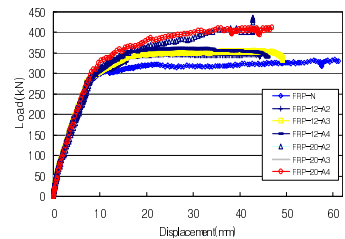
A:앵커와 보강재 사이 미끄러짐 변위, B:보강재 파단, C:보강재와 모르타르 사이 미끄러짐, D:모르타르 탈락

3.2 휨시험

하중-변위 곡선 비교에서 보강하지 않은 FRP-N 실험체에 비해 보강된 실험체가 모두 보강효과를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 실험체는 휨 거동에 의해 지배되고 하부철근 항복 후 지속적으로 휨 거동을 보이고, 하중 감소 없이 변위와 변형율이 증가하고, 압축 콘크리트가 압괴된 후에도 연성적인 거동을 보이고 있다. 표 4에서와 같이 하이브리드 섬유보강재로 보강한 시험체가 보강하지 않은 시험체보다 3%에서 24%까지 증가하는 것을 알 수 있으며, 특히 폭이 20mm인 하이브리드 섬유보강재가 12mm보다 보강효과가 큰 것을 알 수 있다. 그러나 앵커의 개수가 휨보강에 미치는 영향은 2개 이상부터는 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다.

표 4. 휨 시험결과

No.	실험체 명	보강	보강 길이 (mm)	앵커 정착 수	최대하중 (kN)	최대 하중시 변위 (mm)
1	FRP-N	무보강	-	-	333.2	60.4
2	FRP-12-A2	휨보강	2,000	2	345.5	34.7
3	FRP-12-A3	휨보강	2,000	3	354.9	35.7
4	FRP-12-A4	휨보강	2,000	4	355.4	32.6
5	FRP-20-A2	휨보강	2,000	2	409.8	38.0
6	FRP-20-A3	휨보강	2,000	3	413.9	45.9
7	FRP-20-A2	휨보강	2,000	4	411.8	46.9



4. 결론

1) 하이브리드 보강재의 단면적이 2x12mm인 경우에는 4x20mm보다 앵커의 고정 성능이 월등히 우수해서, 앵커가 3개 이상이면 섬유보강재의 인장강도를 100% 발휘할 수 있도록 충분한 지지력이 있는 것으로 나타났다.

2) 하이브리드 섬유보강재로 콘크리트 구조물을 휨 보강 시에는 앵커는 2개 이상 사용하고, 섬유보강재는 폭이 20mm 이상인 것을 사용하는 것이 휨 보강 효과가 우수한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. ACI Committee 440(1996), State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Plastic Reinforcement for Concrete Structures, American Concrete Institute
2. ACI Committee 440(2003), Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars (ACI 440.1R-03), American Concrete Institute, 42pp