

다방향 채널형 FRP판으로 보강된 철근콘크리트 보의 전단거동

Shear Behaviour of RC Beams Strengthened by Multi directional channel-type FRP Plate

한 재 원* 홍 기 남** 한 상 훈*** 권 용 길****

Han, Jae Won Hong, Ki Nam Han, Sang Hoon Kwon, Yong Kil

ABSTRACT

The aim of this paper is to clarify the shear behavior of RC beams strengthened with channel-type Fiber Reinforced Polymer(FRP) plates. Fourteen RC beams were specifically designed. All the beams were tested under four point bending and extensively instrumented to monitor strains, cracking, load capacity and failure modes. The structural response of all beams is then critically analyzed in terms of deformability, strength and failure processes. It is shown that with channel-type Fiber Reinforced Polymer(FRP) plates, a brittle debonding failure of beams bonding FRP in the concrete surface can be transformed to an almost ductile failure with well-defined enhancement of structural performance in terms of both deformation and strength.

요 약

본 연구는 다방향 채널형 FRP판으로 보강된 철근콘크리트 보의 전단거동 특성을 규명함에 그 목적이 있다. 본 연구의 목적을 달성하기 위해 실험변수로는 전단 스패니(a/d), 보강재 종류, 보강 방향, 보강 방법 등을 고려하여 실험을 수행하였다. 보강방법은 전단성능이 취약한 철근콘크리트 보 측면에 홈을 형성하고 에폭시를 충전한 이후 다방향 채널형 FRP판을 삽입하여 부착시켰다. 실험결과 다방향 채널형 FRP판으로 보강된 철근콘크리트 보의 대부분은 보강되지 않은 보에 비해 최대 전단강도가 최대 42%까지 증진 되었다. 또한 다방향 채널형 FRP판은 전단균열의 발생 및 진전을 억제하며, 휨파괴를 유도하는 연성구간의 증진 효과가 매우 좋은 것으로 나타났다.

* 정회원, 충북대학교, 철근콘크리트연구실, 석사과정

** 정회원, 충북대학교, 철근콘크리트연구실, 교수

*** 정회원, 충북대학교, 구조역학연구실, 교수

**** 정회원, 충북대학교, 건설기술연구소, 연구원

1. 서 론

일반적으로 전단저항력이 손상된 철근콘크리트 보에 초과하중이 가해지면 급작스러운 취성적인 파괴를 보이는데 이는 바람직하지 않으며, 충분한 전단보강을 통하여 연성적인 휨파괴를 유도할 수 있도록 해야한다. 최근까지 적용되고 있는 전단보강 공법으로는 전단부위에 강판이나 FRP판을 부착하는 공법이 주를 이루었지만 자중과 부식문제, 박리 등의 약점을 가지고 있으므로 이러한 약점을 극복할 수 있는 신소재인 FRP판을 이용한 보강기법에 관련된 연구가 많은 관심을 끌고 있는 실정이다. 그러나 보강재마다 가지고 있는 재료의 특성 때문에 전단보강 기법이 달라지게 되고, 이에 따라 철근콘크리트 보의 거동이 많이 달라지게 되며, 각각의 경우에 대해 전단내력이 달라지는 것은 자명한 사실이다.

따라서, 본 연구에서는 전단보강 효과를 고찰하기 위해서 전단에 취약하도록 철근콘크리트 보를 제작한 후, 조기파괴를 방지하면서 보강재의 성능을 충분히 발휘하기 위한 전단력 연구에 기초적 자료를 제공하고자 한다.

2. 실험 방법 및 사용재료

2.1 실험부재

본 실험에서 사용된 콘크리트 재령 28일 압축강도는 39MPa 이며, 기준 실험체는 전단보강 효과를 검토하기 위하여 지간의 길이가 서로 다른 2,300mm, 3,000mm의 폭 250mm, 높이 400mm의 2가지의 종류의 직사각형 보 14개를 전단내력이 취약하도록 제작하여 실험을 수행하였다. 주 실험변수는 전단 스펙비, 보강재 종류, 보강 방향, 보강 방법 등을 채택 하였다. 표 1은 실험체의 종류와 변수를 나타낸 것이다. 본 실험에서 전단파괴를 유도하기 위하여 한쪽 측면은 전단철근 없이, 다른 한쪽은 전단철근을 배근하였다. 사용된 인장철근은 3-D19(SD300)이며, 전단철근은 D10을 100mm 간격으로 배근하여 보강 하였다.

표1. 실험체의 종류 및 변수

시험체명	지간(mm)	전단 스펙비(a/d)	보강재 종류	단면 b×h(mm)	보강 간격(mm)	보강 방향(°)
CON-R3.0	3,000	3	무보강	250×400	.	.
CF-R3.0-HS200			CFRP		200	90
GF-R3.0-HS200			GFRP		200	90
CF-R3.0-HS300			CFRP		300	90
GF-R3.0-HS300			GFRP		300	90
CF-R3.0-BS300			CFRP		300	90
CON-2.3	2,300	2	무보강		.	.
CF-R2.3-HS200			CFRP		200	90
GF-R2.3-HS200			GFRP		200	90
CF-R2.3-HS300			CFRP		300	90
GF-R2.3-HS300			GFRP		300	90
CF-R2.3-CS300			CFRP		300	45
GF-R2.3-CS300			GFRP	300	45	
CF-R3.0-BS300			CFRP	300	90	

2.2 다방향 채널형 FRP판

전단보강을 위해 사용된 FRP판은 그림 1과 같이 국내 N사에서 개발한 두께 3mm, 폭 60mm, 깊이 30mm의 탄소섬유와 유리섬유 제품으로서, 무보강 측면의 전단구간에 실험변수를 고려하여 전단 효과를 분석하였다. 다방향 채널형 FRP판의 물리적 특성은 표 2와 같다.

또한 다방향 채널형 FRP판의 전단보강 효과를 규명하기 위하여, 전단보강 방식으로 널리 쓰이는 일방향 탄소판을 보강하여 실험을 수행하였다.

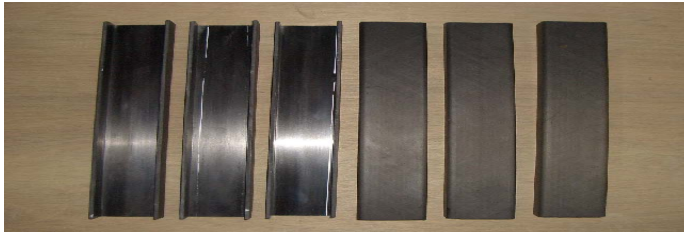


그림1. 다방향 채널형 FRP판

표2. 다방향 채널형 FRP판의 물리적 특성

구분	탄성계수(MPa)	극한강도(MPa)	극한 변형율(%)	두께(mm)
탄소판(CFRP)	125,000	2024	1.84	3.0
유리판(GFRP)	21,000	534	3.4	3.0

2.3 실험 방법

본 실험에서는 1,000kN 용량의 유압식 만능시험기를 사용하였으며, 전단 스패비에 따라 Steel Frame을 이동하여 4점 재하방식으로 파괴될 때까지 가력 하였다. 각 실험 부재에는 변위계, 철근 게이지, 보강재 게이지를 부착하여 변형률 및 변위 등을 분석하였다. 위 측정값은 데이터로거를 통하여 처리 분석되었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 전단 강도

표 3은 보강재로 보강된 철근콘크리트 보의 전단강도 및 실험결과를 나타낸 것이다. 아래의 표에서 알 수 있듯이 전단 구간에 부착된 다방향 채널형 FRP판은 전단균열 발생 및 진전을 구속하여 전단강도의 증진과 더불어 파괴 시 최대 변위량을 보고 휨파괴를 유도하는 연성구간이 증진하는 것으로 나타났다. 또한 일방향 탄소판 표면부착 공법은 전단강도 증진에 효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 전단 스패비가 3.0인 부재의 전단강도는 기준 실험체 보다 30%이상 증진되는 것으로 나타났고, 전단 스패비가 2.0인 부재의 경우에는 전단강도 증진율은 기준 실험체 보다 3% 이상의 증진 효과가 있음이 나타났다. 따라서 다방향 채널형 FRP판은 노후화된 기존 부재의 전단강도와 휨파괴 유도에 적합한 보강재료 판단된다.

시험체명	최대 전단력(kN)	증가율(%)	최대 하중(kN)	파괴시 최대변위(mm)	파괴형태
CON-R3.0	132.0	·	264.0	7.02	전단
CF-R3.0-HS200	178.3	35	356.5	16.51	휨압축
GF-R3.0-HS200	180.3	37	360.5	17.19	
CF-R3.0-HS300	183.1	39	366.2	16.71	
GF-R3.0-HS300	187.8	42	375.5	18.15	
CF-R3.0-BS300	137.3	4	274.6	7.49	전단
CON-2.3	249.3	·	498.6	8.65	전단
CF-R2.3-HS200	283.6	14	567.1	12.13	휨압축
GF-R2.3-HS200	273.2	10	546.4	9.98	
CF-R2.3-HS300	167.3	fail	334.6	6.18	전단압축
GF-R2.3-HS300	256.9	3	513.7	8.31	
CF-R2.3-CS300	279.3	12	558.5	14.19	휨압축
GF-R2.3-CS300	279.7	12	559.3	13.26	
CF-R2.3-BS300	233.1	-9	466.1	7.60	전단

표3. 실험 결과

3.2 하중-처짐 관계

다방향 채널형 FRP판으로 전단보강된 철근콘크리트 보의 기준 실험체 보다 높은 하중에 이르기 까지 선형 구간이 확대되며, 강성 및 내력이 증진되는 것으로 나타났다. 그림 2는 모든 실험체의 하중-처짐 관계 특성을 나타내고 있다. 다방향 채널형 FRP판으로 보강된 철근콘크리트 보의 전술한 바와 같이 연성구간이 크게 증진되는 것을 보여주고 있으며, 강도 증진의 효과를 나타냈다. 따라서 시공법은 연성효과 유도에 적합한 것으로 나타났다.

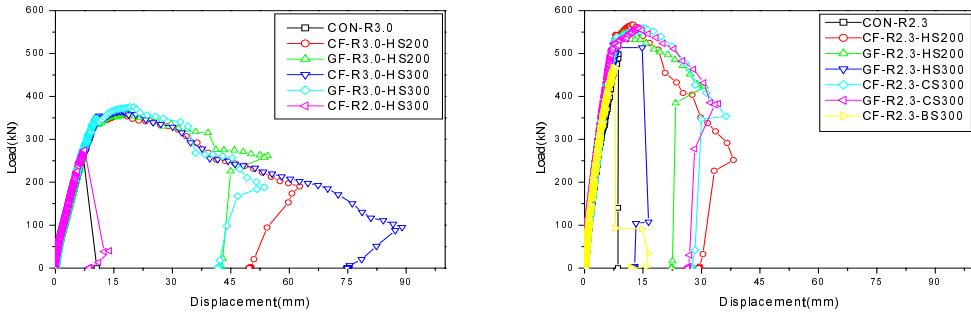


그림2. 하중-처짐 관계

4. 결론

다방향 채널형 FRP판으로 보강된 철근콘크리트 보의 전단거동에 대한 실험적인 고찰을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 다방향 채널형 FRP판으로 전단보강된 보에서는 최대 전단력이 최대 42%까지 증가하였다. 또한 기존의 표면부착 보강공법은 최대하중 도달이후 강성은 약간 증가하였으나, 취성적인 전단파괴 양상을 나타냈다.
- 2) 보강 간격에 따른 최대 전단력은 전단 스펠비가 커지게 되면, 그 효과가 우수한 것으로 나타났다. 하지만 전단 스펠비가 2인 실험체에서 대각선 보강은 다른 실험체보다 연성구간이 크게 증대되면서 그 효과가 가장 우수한 것으로 나타났다. 보강재의 종류에 따른 보강효과는 별다른 차이가 없었다.

참고문헌

1. 노경배, 진치섭, 장희석, 김희성, 황금식, “FRP Bar 콘크리트 보의 휨보강근비 변화에 따른 콘크리트 전단강도,” 한국구조물진단학회논문집, 10권, 2호, 2006, pp. 76~82.
2. 김영식, 이형석, 박성무, “CFRP로 매립 보강된 RC보의 전단 보강 효과에 관한 실험적 연구,” 한국구조물진단학회 논문집, 9권, 4호, 2005, pp. 187~194
3. J.A.O. Barros, S.J.E. Dias, “Near surface mounted CFRP laminates for shear strengthening of concrete beams,” Cement & Concrete Composites 28, 2006, pp. 276~292
4. 임동환, 남민희, “탄소섬유판으로 보강된 철근콘크리트 부재의 전단거동,” 콘크리트학회지, 20권, 3호, 2008, pp. 299~305