

탄소섬유판(CFRP Strip)으로 보강된 철근콘크리트 부재의 전단거동

Shear Behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened with CFRP Strips

임 동 환* 박 성 환** 김 용 일**

Lim, Dong Hwan Park, Sung Hwan Kim, Yong Il

ABSTRACT

Carbon fiber reinforced polymer(CFRP) strips have superior mechanical and chemical properties in comparison with conventional materials. The purpose of this study is to investigate the mechanical shear behavior of concrete structures strengthened by CFRP strips. A total of 15 concrete members were made and tested. Shear span to depth ratio(a/d) and the spacing of CFRP strips were selected as major test variables. From test results, it is shown that shear strengthening with CFRP strips can increase the first shear strength and ultimate shear strength of concrete members significantly. And the brittle shear failure mode can be changed to a ductile failure mode by CFRP strips.

1. 서론

최근 들어 국내외에서는 탄소섬유판(CFRP Strips)으로 보강된 철근콘크리트 부재에 대한 실험 및 해석적인 연구가 다양하게 수행되어져 왔다. 탄소섬유판(CFRP Strips)으로 보강된 철근콘크리트 부재는 휨 및 전단 강성 등의 역학적 성능이 현저하게 개선되며, 노후 구조물의 저항능력을 2배까지 향상시키는 것으로 보고되고 있다. 본 연구는 탄소섬유판으로 보강된 철근콘크리트 부재의 전단 거동 특성 및 파괴 양상을 규명함에 그 목적이 있다. 이를 위하여 다양한 변수를 포함하는 실험 연구가 수행되어졌으며, 철근콘크리트 부재가 전단을 받는 전단구간에 폭 50mm인 탄소섬유판으로 보강 하였으며, 탄소섬유판 보강 폭에 따른 전단보강 효과를 규명하였다. 또한 탄소섬유판의 보강 효과는 전단 철근 배근 정도에 따라서 다른 양상을 보일 수 있으므로 이를 규명하기 위하여, 스테럽이 전혀 보강되지 않은 경우 및 스테럽이 보강된 경우의 탄소섬유판 보강 효과 규명을 위하여, 전단철근의 보강량을 달리 하여 실험부재를 제작 하였고, 이에 대한 실험을 수행하였다. 또한 U자형 및 I자형으로 탄소섬유판을 전단 보강하여 보강형태에 따른 전단 효과를 규명하여, 경제적이며 보강 효율이 좋은 전단 보강 방식을 규명하고자 하였다.

* 정희원, 동서대학교 건설공학부 토목공학 전공 부교수

** 정희원, 동서대학교 대학원 토목공학 전공 석사과정

2 탄소섬유판으로 보강된 철근콘크리트 부재의 실험

2.1 실험 부재

본 연구에서는 28일 압축강도가 40Mpa이 발현될 수 있도록 배합설계를 수행하여, 길이 3000mm, 폭 200mm, 높이 350mm의 직사각형 보 7개를 제작하여 실험을 수행하였으며, 탄소섬유판의 간격 및 탄소섬유판 면적을 주 실험변수로 채택하였다. 표 1은 본 실험에서 채택한 실험 시편의 종류와 실험 변수를 나타낸 것이다.

표 1 실험부재 및 실험변수

Specimens	Type of Est.Reinf.	CFRP		Steel Bars	
		Shear		Flexural	Stirrup
		Type	Spacing		
CONT	Shear	-	-	3D22	-
SCF-15U-NO	Shear	A1(U)(B=50mm)	15cm	3D22	-
SCF-25U-NO	Shear	A1(U)(B=50mm)	25cm	3D22	-
SCF-25I-NO	Shear	A1(I)(B=50mm)	25cm	3D22	-
SCF-12.5I-NO	Shear	A1(I)(B=50mm)	12.5cm	3D22	-
SCF-25I-A	Shear	A1(I)(B=50mm)	25cm	3D22	D13@150
SCF-25I-B	Shear	A1(I)(B=50mm)	25cm	3D22	D13@300

2.2 실험방법

본 실험에서는 500KN 용량의 유압 액츄에이터(Hydraulic Actuator)를 사용하여 4점 재하방식으로 하중을 단계적으로 제하하였으며 (그림 1), 각 실험부재에는 변위계(LVDT), 콘크리트 스트레인게이지, 철근 스트레인게이지, 탄소섬유판 스트레인게이지 및 다이얼게이지 부착하여 변형을 및 변위 등을 분석하였다. 그림 2는 실험 부재의 탄소섬유판 부착형상 및 게이지 부착도를 나타낸 것이다.

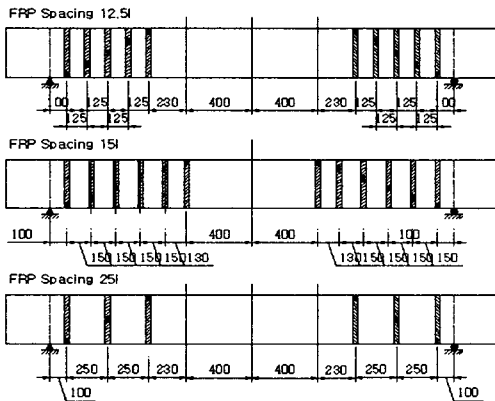


그림 1 실험 부재의 탄소섬유판 부착형상 및 게이지 부착도

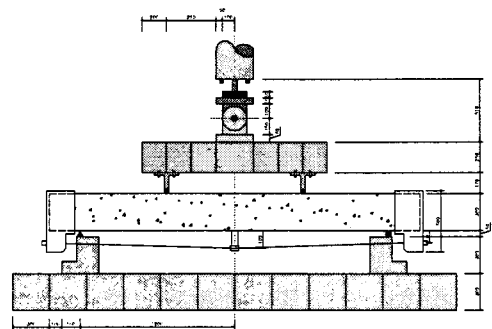


그림 2 실험장치도

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 보의 극한강도

표 2은 본 실험에서 사용된 부재의 균열 및 극한 강도를 나타낸 것으로서 전단철근의 유무 및 탄소섬유판의 보강 면적 및 보강 폭에 따라 극한 강도는 매우 다른 양상을 나타내고 있다.

표 2 본 실험에서 사용된 부재의 전단 균열 강도 및 전단 극한 강도

Specimens	CFRP		Steel Bars		Cracking Strength (kN)	Ultimate Strength (kN)	Increase (%)
	Shear		Flexural	Stirrup			
	Type	Spacing					
CONT	-	-	3D22	-	26	137.35	-
SCF-15U-NO	A1(U)(B=50mm)	15cm	3D22	-	38	248.51	81
SCF-25U-NO	A1(U)(B=50mm)	25cm	3D22	-	35	223.62	63
SCF-25I-NO	A1(I)(B=50mm)	25cm	3D22	-	34	222.96	62
SCF-12.5I-NO	A1(I)(B=50mm)	12.5cm	3D22	-	38	253.21	84
SCF-25I-A	A1(I)(B=50mm)	25cm	3D22	D13@150	48	366.78	167
SCF-25I-B	A1(I)(B=50mm)	25cm	3D22	D13@300	47	362.73	164

위 볼 수 있듯이, 탄소섬유판의 전단보강 효과는 매우 우수하며, 탄소섬유판의 간격 및 섬유판 보강 면적이 증가 할수록 극한강도는 크게 향상되는 것으로 나타났다. 본 실험결과 탄소섬유판으로 전단보강이 전혀 되지 않은 보(CONT-S)의 경우, 그 극한 전단강도는 138kN으로 나타났으며, 탄소섬유판으로 보강된 철근 콘크리트 부재는 탄소섬유판의 보강간격에 크게 따라 다소의 차이는 있으나 그 극한내력이 222kN에서 250kN으로 나타나 탄소섬유판으로 보강하지 않은 부재보다 80% 이상의 극한내력이 증진되고 있음을 알 수 있다. 또한 전단철근이 배근된 철근 콘크리트 부재(SCF-25I-A, SCF-25I-B)의 경우, 탄소섬유판의 전단보강 효과는 매우 탁월하며 약 370kN의 극한전단강도를 나타내고 있으며, 극한강도 증진율은 167%로서 기존의 부재보다 거의 2배 정도의 증진율을 보이고 있다. 따라서 전단철근이 배근된 기존의 보에 탄소 섬유판으로 전단 보강한 경우, 그 증진효과는 매우 탁월한 것으로 판단된다. 그리고 전단보강 형태는 U자 및 I자에 크게 의존하지 않으며, 따라서 전단보강을 할 때에는 측면부에만 I자 형태로 붙여 보강하는 것이 경제성 및 시공성에 유리한 것으로 사료된다.

3.2 하중-처짐 관계 특성

그림 3은 전단철근이 없는 철근 콘크리트 부재의 하중-처짐 관계 특성을 나타내는 그림으로서, 탄소섬유판으로 보강된 철근 콘크리트 부재는 전한 바와 같이 극한 강성이 크게 증진되는 것으로 보여주고 있다. 그림 4는 전단철근이 있는 보통의 보에 탄소섬유판으로 보강한 철근 콘크리트 부재의 하중-처짐 관계 특성을 나타내는 그림으로서, 탄소섬유판으로 보강된 철근 콘크리트 부재는 전한 바와 같이 극한 강성이 크게 증진되는 것으로 보여주고 있으며, 극한강도는 약 160% 이상의 강도 증진 효과를 나타내며, 따라서 탄소섬유판의 전단부착효과는 매우 탁월한 것으로 나타났다.

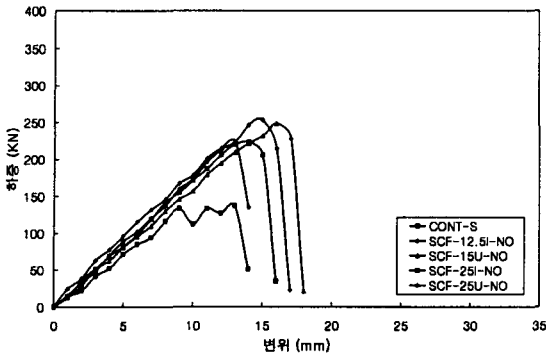


그림 3 하중-처짐 관계 특성 (스터럽이 없는 경우)

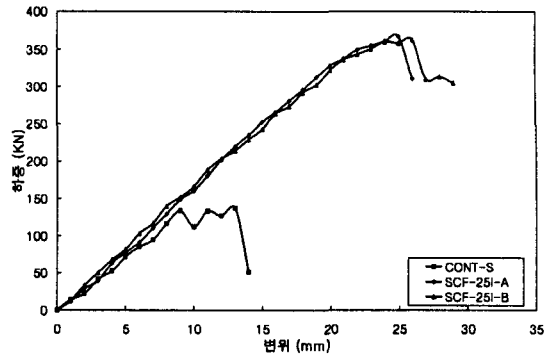


그림 4 하중-처짐 관계 특성 (스터럽이 있는 경우)

4. 결론

1) 탄소섬유판으로 보강된 철근콘크리트 부재의 전단 강성도 보강 되지 않은 그것에 비해 현저하게 증가하며, 실험결과 그 증대 폭은 전단철근이 배근되지 않은 부재의 경우 약 80% 이상, 전단철근이 배근된 콘크리트 부재의 경우 100% 이상의 증진 효과가 있는 것으로 나타났다.

2) 탄소섬유판으로 전단보강을 할 경우, 탄소섬유판의 전단 보강 간격 및 보강 면적은 강도 증진 효과에 직접적으로 비례하지 않으며, 적은 량의 탄소섬유판으로 보강했을 경우에도 전단강도의 증진효과는 매우 좋은 것으로 나타났다.

3) 탄소섬유판을 부재의 하단 부까지 연결하여 부착하는 U자 형태 및 부재의 측면부에만 부착하는 I자 형태의 경우 모두 부재의 전단강도는 비슷하게 나타났다. 따라서 탄소섬유판으로 전단보강을 할 경우, 부재의 측면부에만 부착하는 것이 경제성 및 시공성을 고려할 때 유리할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Brena, S. F., Bramblett, R. M., Benouaich, M. A., Wood, S. L. and Kreger, M. E., "Use of Carbon Fiber Reinforced Concrete Beams", Report No. 17761, Center for Transportation Research, University of Texas at Austin, 1991.
2. Spadea, F., Bencardino, F. and Swamy, R. N., "Structural Behavior of composite RC Beams with Externally Bonded CFRP", *Journal of Composites for construction*, Vol. 2, No. 3, Aug., 1998, pp. 132-137.
3. Buyukozturk O. and Hearing B., "Failure behaviour of precracked concrete Beams retrofitted with FRP", *Journal of Composites for construction*, Vol.2, No. 3, 1998, pp.38-44.