

강섬유보강 콘크리트의 전단강도에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Shear Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete

박 홍 용
Hong-Yong Park

곽 규 영
Gyu-Young Kwak

ABSTRACT

This experimental study were carried out in order to investigate the shear strength of steel fiber reinforced Concrete(SFRC). 96 specimens have been tested for shear strength and 32 specimens for flexural. The test parameters were the volume fraction of steel fiber and aspect ratio. The test results show that shear strength are increased as fiber content, aspect ratio increases.

1. 서론

콘크리트에 강섬유를 혼입한 시험체에 강섬유의 함량과 형상비를 실험 변수로한 직접전단 실험을 실시하여 강섬유보강 콘크리트의 전단강도에 대해 검토하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용 재료

본 실험에서 비중이 3.14인 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 비중이 2.70이고 조립률이 2.72인 강모래를 잔골재로 사용하였으며, 굵은 골재로는 비중이 2.65이며, 섬유의 형상이나 길이에 상관없이 최대치수 19 mm인 강자갈을 사용하였다.

* 정희원, 명지대학교 토목·환경공학과 교수

** 정희원, 명지대학교 토목·환경공학과 석사과정

모든 시험체에 사용한 강섬유는 양단 Hook형태의 국내 C 사의 hooked-ended type를 사용하였으며, 강섬유의 인장강도는 9,200 kgf/cm² 이고 탄성계수는 2.0 ×10⁶ kgf/cm³ 이다. 표 1은 실험에 사용한 강섬유의 재료 특성을 나타낸 것이다.

표 1 강섬유 재료 특성

강섬유의 종류	인장강도 (kgf/cm ²)	탄성계수 (kgf/cm ²)
Hooked end	9,200	2.0 ×10 ⁶

2.2 시험체 제작

본 실험에서 시험체의 배합강도는 모두 300 kgf/cm² 으로 실험변수와 관계없이 동일한 배합으로 설계하였다. 총 144개의 시험체를 제작하였으며, 시험체 치수는 길이 550 mm, 폭 150 mm 높이 150 mm 이다. 120 l 용량의 강제식 믹서를 사용하여 배합하였고, 혼합순서는 강섬유가 고르게 분포 할 수 있도록 먼저 잔골재와 굵은 골재를 혼합한후 시멘트, 강섬유의 순서로 혼합하였다. 표 2는 콘크리트의 배합을 나타낸 것이다.

표 2 콘크리트 배합표

굵은골재 최대치수 (mm)	W/C (%)	슬럼프 (cm)	잔골재율 S/a (%)	단위량 (kg/m ³)			
				시멘트	물	잔골재	굵은골재
19	46.8	8	41	377	176	697	1,035

실험변수는 강섬유의 길이, 함량 이었으며 표 3에 각 시험체의 강섬유길이, 함량을 나타내었다.

표 3 시험체별 강섬유길이와 함량

시험체명	강섬유 길이 (L)	강섬유 함량 (kg/m ³)	시험체 갯수			시험체명	강섬유 길이 (L)	강섬유 함량 (kg/m ³)	시험체 갯수		
			전단 강도	휨 강도	압축 강도				전단 강도	휨 강도	압축 강도
H30-0.5-30*	30	30	6	3	3	H35-0.5-30	35	30	6	3	3
H30-0.5-40	30	40	6	3	3	H35-0.5-40	35	40	6	3	3
H30-0.5-50	30	50	6	3	3	H35-0.5-50	35	50	6	3	3
H30-0.5-60	30	60	6	3	3	H35-0.5-60	35	60	6	3	3
H50-0.65-30	50	30	6	3	3	H60-0.65-30	60	30	6	3	3
H50-0.65-40	50	40	6	3	3	H60-0.65-40	60	40	6	3	3
H50-0.65-50	50	50	6	3	3	H60-0.65-50	60	50	6	3	3
H50-0.65-60	50	60	6	3	3	H60-0.65-60	60	60	6	3	3

* H30-0.5-40 H : Hooked-Ended Type, 50:D=0.5mm 30: L=30mm, 40: 혼입량 kg/m³

2.3 재하방법 및 측정방법

직접전단 시험을 위하여 치구를 제작하였으며, 재하장치는 100 tonf 용량의 만능시험기를 사용하여 시험체가 파괴될 때까지 하중을 50 kgf/sec 속도로 하중제어하며 실시하였다. 하중은 시험체가 파괴될 때까지 재하하였다.



그림 1 시험체 형상 및 재하도

3. 실험결과 및 고찰

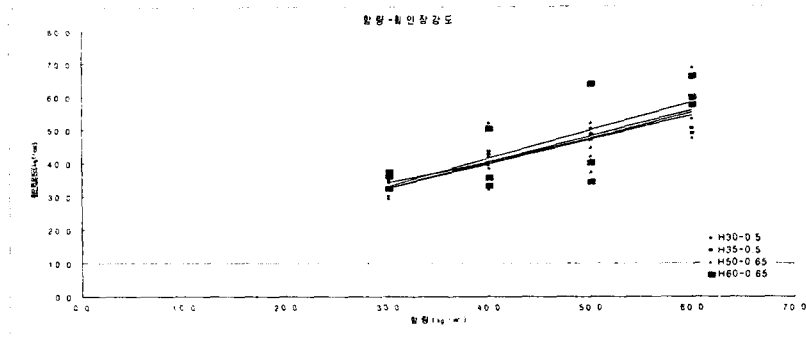


그림 2 강섬유함량-휨인장강도

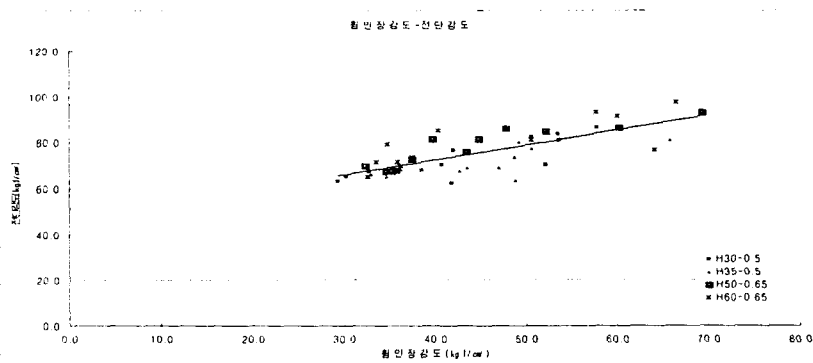


그림 3 휨인장강도-전단강도

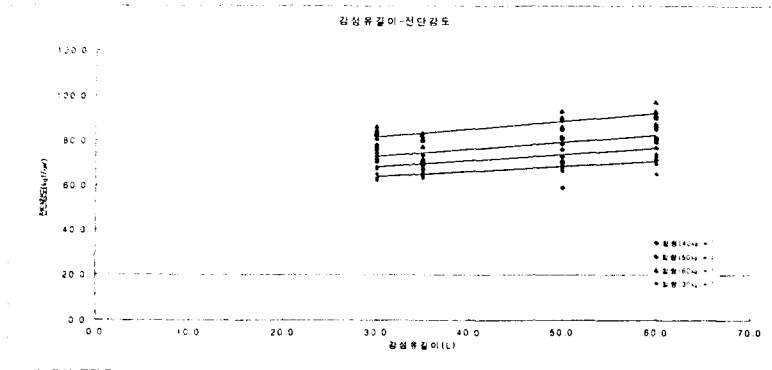


그림 4 강섬유길이-전단강도

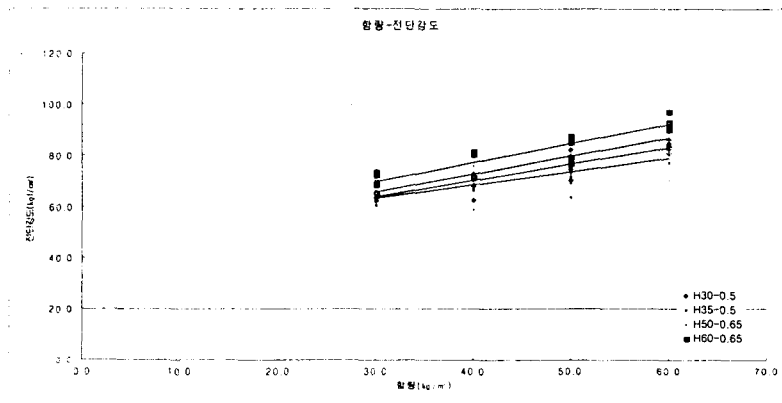


그림 5 강섬유함량-전단강도

3.1 강섬유함량-휨인장강도

강섬유보강 콘크리트의 휨인장강도는 강섬유의 함량의 증가에 따라 같이 증가하는 경향을 보이며, 강섬유의 형상비가 클수록 높은 인장강도를 보이고 있다. 강섬유의 혼입에 따른 휨인장강도와 연성의 증가는 많은 강섬유 연구를 통하여 알려진바 있다. 본 실험에서 얻은 휨인장강도는 보강하지 않은 시편에서의 휨인장강도와 비교하여 100%에서 최대 140% 정도의 강도 증가 효과를 보였다.

3.2 강섬유함량-전단강도

강섬유 함량의 증가에 따른 극한 전단강도의 분포는 그림 5와 같다. 함량을 30kg/m³ ~ 60kg/m³까지 변화시키며 전단강도의 변화를 관찰하였다. 강섬유의 함량이 증가함에 따라 전단강도도 증가하였으며 30kg/m³ ~ 40kg/m³ 까지의 증가율보다, 50kg/m³에서 60kg/m³로 증가하였을 때 증가율이 더욱 크게 나타났다.

3.3 전단강도-형상비

강섬유의 형상비(L/D)에 따른 전단강도의 변화를 관찰하였다. 형상비가 증가함에 따라 전단강도도 선형적인 증가를 보이고 있다. 형상비에 따른 전단강도는 강섬유의 길이에 지배적인 영향을 받았다. 강섬유 보강콘크리트의 경우 강섬유의 부착강도에 따라 특성이 크게 지배되므로 형상비가 큰 강섬유를 사용했을 때 극한 전단강도의 증가를 관찰 할 수 있었다.

3.4 전단강도-휨인장강도

인장강도의 증가에 따라 전단강도가 증가하였다. 인장강도에 따른 전단강도의 증가에도 강섬유의 형상비는 상당히 많은 영향이 있었으며 형상비가 클수록 더욱 높은 전단강도를 보였다. 강섬유 함량 및 형상비에 따라 전단강도와 휨강도는 높은 증가를 보였으며 무보강 콘크리트와 비교하여 전단강도는 최대 180 %의 증가를 보였다.

표 4 강섬유보강 콘크리트의 재료특성

강섬유	함량 (kg/m ³)	압축 강도 (kgf/cm ²)	인장 강도 (kgf/cm ²)	균열후인장강도(kgf/cm ²)			인성지수				전단 강도 (kgf/cm ²)
				DBV	JSCE	최고 하중법	I ₅	I ₁₀	I ₁₅	I ₂₀	
H30-0.5	0	318.5	24.1	-	-	-	-	-	-	-	49.6
	30	319.7	30.7	12.6	13.2	6.3	4.9	8.3	10.9	-	65.2
	40	334.7	44.2	11.6	13.5	6.1	4.4	8.1	10.6	11.2	69.3
	50	384.7	44.5	13.9	16.1	6.1	4.0	6.9	11.6	19.6	76.3
	60	375.6	54.9	12.0	14.0	5.8	3.5	7.5	11.9	18.0	83.7
H35-0.5	0	328.8	27.5	-	-	-	-	-	-	-	51.2
	30	315.2	34.5	12.7	14.8	8.7	3.6	7.7	12.5	-	65.6
	40	318.1	39.8	12.7	17.1	9.8	4.7	7.9	12.9	22.6	68.9
	50	320.4	48.3	13.9	20.7	13.4	4.1	6.64	11.1	15.4	70.8
	60	328.1	55.2	15.5	21.4	15.3	3.0	7.6	5.8	-	80.8
H50-0.65	0	323.8	24.1	-	-	-	-	-	-	-	49.7
	30	318.7	35.1	8.4	15.1	8.6	3.9	9.2	7.9	-	67.7
	40	336.3	38.4	10.6	16.4	7.9	3.7	10.7	10.7	-	71.7
	50	329.6	44.8	8.2	14.0	7.1	2.8	8.4	8.5	-	78.6
	60	336	59.0	18.3	24.6	13.6	3.3	8.9	9.5	11.3	87.9
H60-0.65	0	347.1	27.2	-	-	-	-	-	-	-	47.3
	30	321.4	35.5	10.9	15.2	9.5	4.31	7.7	8.5	11.5	69.8
	40	322.3	39.9	12.0	17.2	11.0	3.4	8.9	8.9	12.9	77.8
	50	334.8	46.4	15.6	14.76	11.9	3.4	11.7	11.7	15.9	83.6
	60	321.5	61.4	18.6	18.2	14.0	3.4	10.1	10.1	13.0	92.8

4. 결론

본 연구에서는 강섬유를 혼입한 콘크리트부재의 직접전단실험을 통해서 강섬유의 형상비, 함량의 변화에 따른 전단강도의 효과를 알아보았다. 실험결과를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 강섬유의 형상비와 함량에 따라 휨인장강도, 연성, 전단강도는 비례적으로 증가한다.
2. 강섬유보강 콘크리트의 휨인장강도가 증가함에 따라 전단강도도 증가한다.
3. 섬유 함량과 형상비에 따른 강도의 증가는 휨인장강도 보다 전단강도의 경우가 더욱 크다.

참고문헌

1. Romualdi, James P. and Baston, Gordon B., "Behavior of Reinforced Concrete Beams with Closely Spaced Reinforced," ACI Journal, Vol.60, June, 1963, pp775-790.
2. Shan, Surendra P. and Rangan, B. Vijaya, "Fiber Reinforced Concrete Properties," ACI Journal, Vol.68, No.2, Feb., 1971, pp.147-168.
3. Kormeling, H.A., Reinhardt, H.W. and Shan, S.P., "Static and Fatigue Properties of Concrete Beams Reinforced with Continuous Bars and with Fibers," ACI Journal, Vol.77, No.6, Jan.-Feb., 1980.
4. Vissman, HW, "Bemessungsgrundlagen fuer die Anwendung von Stahlfaserbeton", Heft 100, s.17-30.
5. Schnütgen, B., "Bewertung von Ergebnissen der Materialprüfung für Bemessungsmodelle.In", Berichte des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau, Ruhr Universität Bochum, Heft 42, S.34-38. 1984.
6. 社団法人 鋼材倶楽部 SFRC構造設計施工研究會, "鋼纖維補強コンクリート設計施工マニュアル" (初編), 技報堂出版, 1995.
7. Bernhard R. Maidl, "Steel Fibre Reinforced Concrete", 1995.
8. "Fiber Reinforced Concrete", SP-81, Americal Concrete Institute, Detroit, 1984, pp 452.
9. 한국건축구조기술사회, "강섬유 보강 콘크리트의 설계 및 적용", 1998.