

보강섬유의 종류에 따른 섬유보강 콘크리트의 휨특성

Flexural Behavior of Fiber-Reinforced Concrete by Fiber Types

강 영 태*

김 규 용**

이 보 경***

이 상 규***

김 경 태*

남 정 수****

Kang, Young-Tai

Kim, Gyu-Yong

Lee, Bo-Kyeong

Lee, Sang-Kyu

Kim, Gyeong-Tae

Nam, Jeong-Soo

Abstract

In this study, the flexural behavior of fiber-reinforced concrete by fiber type were evaluated. As a result, the flexural strength of the hooked steel fiber-reinforced concrete(HSFRC) was lower than that of the amorphous metallic fiber reinforced concrete(AFRC), however it was shown strain-softening behavior by the pull-out of fiber. The flexural strength and the equivalent flexural strength of polyamide fiber-reinforced concrete(PAFRC) were lower than other specimens, but the equivalent flexural strength ratio was similar to that of AFRC. The flexural behavior of the fiber-reinforced concrete was associated with the bonding and pull-out properties of the fiber and matrix depending on the fiber type.

키 워 드 : 섬유보강 콘크리트, 휨특성, 후크형 강섬유, 비정질 강섬유, 폴리아미드 섬유

Keywords : Fiber-reinforced concrete, Flexural behavior, Hooked steel fiber, Amorphous metallic fiber, Polyamide fiber

1. 서 론

최근, 콘크리트 비빔시 단섬유를 함께 혼입하여 콘크리트의 휨인장 성능을 향상시키고, 균열 발생 및 진전을 억제시켜, 동적하중 및 고속 충격 등에 대한 콘크리트의 안전성능의 향상을 기대할 수 있는 섬유보강 콘크리트에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 섬유보강 콘크리트는 섬유와 매트릭스 간에 부착에 의해 균열 발생과 균열이 발생한 후 균열의 진전을 억제시켜 변형연화 또는 변형경화 현상을 보이는 것으로 알려져 있다. 이러한 섬유보강 콘크리트의 휨인장성능은 보강섬유의 종류에 따른 섬유와 매트릭스의 부착 및 인발거동에 큰 영향을 받는 것으로 보고되고 있다.¹⁾

따라서, 본 연구에서는 후크형 강섬유, 비정질 강섬유, 폴리아미드 섬유를 혼입한 섬유보강 콘크리트의 휨특성에 대하여 평가하고, 섬유의 형상 및 물성이 콘크리트의 휨거동에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 계획

표 1 및 그림 1에 본 연구에서 사용한 섬유의 물리적 특성과 형상을 나타내었다. 모든 섬유의 길이는 30mm이고, 후크형 강섬유와 폴리아미드 섬유의 세장비는 0.5로 동일하다. 한편, 비정질 강섬유의 경우 박편형으로 너비 1.6mm, 두께 29 μ m이다. 표 2는 섬유보강 콘크리트의 배합을 나타낸 것으로 W/B를 0.4로 설정한 콘크리트 배합에 후크형 강섬유, 비정질 강섬유, 폴리아미드 섬유를 각각 체적의 외함으로 0.5vol.% 혼입하였다.

표 1. 섬유의 물리적 성질

Type	Length (mm)	Diameter (mm)	Width (mm)	Thickness (μ m)	Aspect ratio	Density (g/cm ³)	Tensile strength (MPa)
HSF	30	0.5	-	-	60	7.85	1,140
AF	30	-	1.6	29	-	7.2	1,400
PA	30	0.5	-	-	60	1.14	594

* HSF : Hooked steel fiber, AF : Amorphous metallic fiber, PA : Polyamide fiber



(a) 후크형 강섬유 (b) 비정질 강섬유 (c) 폴리아미드 섬유

그림 1. 섬유의 형상

표 2. 섬유보강 콘크리트 배합

ID.	W/B	S/a (%)	W (kg/m ³)	Unit weight (kg/m ³)				Fiber	
				C	FA	S	G	Type	weight (kg)
HSFRC0.5	0.4	55	180	405	45	888	758	HSF	39.25
AFRC0.5								AF	36.00
PAFRC0.5								PA	5.70

* 충남대학교 건축공학과 석사과정

** 충남대학교 건축공학과 교수, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

*** 충남대학교 건축공학과 박사과정

**** 충남대학교 건축공학과 조교수

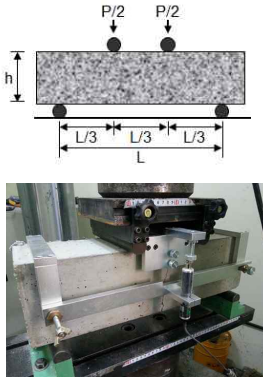


그림 2. 콘크리트의 휨강도 측정 방법

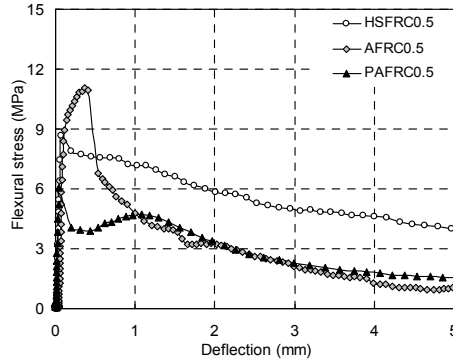


그림 3. 보강섬유 종류에 따른 휨응력-처짐 곡선

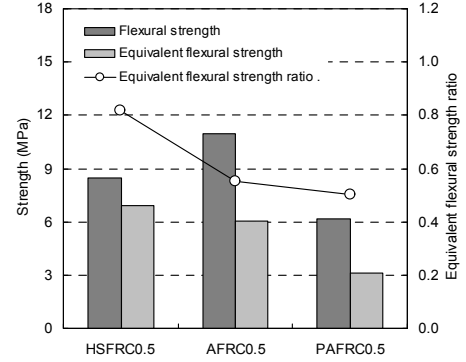


그림 4. 휨강도, 등가휨강도 및 등가휨강도비 측정 결과

2.2 휨특성 평가 방법

콘크리트 보의 휨특성 평가는 $100 \times 100 \times 400$ mm의 시험체에 대하여 KS F 2566 「강섬유 보강 콘크리트의 휨인성 시험 방법」에 준하여 그림 2에 나타난 바와 같이 4점 휨시험에 의해 수행하였다. 휨강도 및 등가휨강도의 계산은 다음의 식 (1)과 (2)를 통해 계산하였다.

$$f_r = \frac{Pl}{bh^2} \quad \text{----- (1)}$$

$$f'_r = \frac{A_b}{\sigma_{tb}} \times \frac{l}{bh^2} \quad \text{----- (2)}$$

여기서, f_r 는 휨강도(MPa), f'_r 등가휨강도(MPa), P 최대하중(N), l 지간(mm), b 파괴 단면의 폭(mm), h 파괴 단면의 높이(mm), σ_{tb} 지간 1/150의 처짐(mm), A_b σ_{tb} 까지 하중-처짐 곡선의 면적을 나타낸다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 3에 보강섬유 종류에 따른 휨응력-처짐 곡선을 나타냈다. 후크형 강섬유 보강 콘크리트는 균열이 발생한 후 섬유가 매트릭스로부터 인발되는 파괴 거동에 의해 변형연화거동을 보였다. 한편, 비정질 강섬유보강 콘크리트의 경우 최대휨하중은 가장 높았으나, 최대 휨하중에서 균열발생 이후 섬유의 전단파괴가 발생하며 급격한 응력저하를 나타냈다. 폴리아미드 섬유보강 콘크리트의 경우 섬유의 연신율에 의해 균열발생시 응력이 다소 감소하나 섬유가 매트릭스간의 부착에 의해 응력이 재상승하는 파괴거동을 나타냈다.

그림 4에 휨강도, 등가휨강도 및 등가휨강도비를 나타내었다. 휨강도의 경우 비정질 강섬유보강 콘크리트가 가장 높았으나, 균열발생이후 응력의 저하가 크게 발생하기 때문에 등가휨강도는 후크형 강섬유보강 콘크리트보다 작았다. 후크형 강섬유보강 콘크리트의 경우 균열발생이후 응력의 감소폭이 작기 때문에 등가휨강도 및 등가휨강도비가 가장 큰 것으로 나타났다. 한편, 폴리아미드섬유보강 콘크리트의 경우 휨강도 및 등가휨강도 모두 가장 낮았지만, 섬유와 매트릭스의 부착에 의한 변형경화거동이 발생하기 때문에 등가휨강도비는 비정질 강섬유보강 콘크리트와 유사한 수준으로 나타났다.

4. 결 론

보강섬유의 종류에 따른 섬유보강 콘크리트의 휨특성에 대하여 평가한 결과 단섬유보강 콘크리트의 휨특성은 섬유종류에 따른 섬유와 매트릭스의 부착 및 인발 특성에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2015R1A2A2A01007705)

참 고 문 헌

1. Kanda, T., Li Victor, C. (1998), Interface property and apparent strength of high strength hydrophilic fiber in cement matrix, Journal of Materials in Civil Engineering, JMCE, Vol.10, No.1, pp.5~13