

비정질 강섬유보강 시멘트복합체의 정역학특성 및 내충격성능 평가를 통한 구조물 적용 가능성 검토

Investigation on the Applicability of Structures by Evaluating the Static Properties and the Impact Resistance Performance of Amorphous Metallic Fiber Reinforced Cement Composites

강 일 수* **김 규 용**** **이 보 경***** **이 상 규***** **손 민 재*** **남 정 수******
 Kang, Il-Soo Kim, Gyu-Yong Lee, Bo-Kyeong Lee, Sang-Kyu Son, Min-Jae Nam, Jeong-Soo

Abstract

This study examined the effect that the amorphous metallic fibers had on the static mechanical properties and the impact resistance of cement composites to those of hooked steel fibers. The hooked steel fiber exhibited pull-out from the matrix after the peak flexural stress was attained, while the amorphous metallic fiber was not pulled out from the matrix, but was instead cut off. In terms of impact resistance, the amorphous metallic fiber reinforced cement composite was found to be more effective at resisting cracking than the hooked steel fiber reinforced cement composite. Therefore, amorphous metallic fiber should be used in fiber reinforced cement composite materials, and for structural materials, and for protection panels.

키 워 드 : 비정질 강섬유, 후크형 강섬유, 휨특성, 내충격성능

Keywords : amorphous metallic fiber, hooked steel fiber, flexural performance, impact resistance performance

1. 서 론

비정질 강섬유는 용융금속을 $10^5 \sim 10^6$ °C/s로 급냉하여 제조하기 때문에 결정구조를 갖는 일반 금속과 달리 결정구조가 없는 비정질 구조로 인장강도, 내부식성 및 내마모성이 향상된 강섬유이다. 이러한 비정질 강섬유에 관한 연구는 한국과 유럽 등 일부 연구자들에 의해 수행되고 있으나, 매우 부족한 실정이며, 기존에 행해진 연구의 수준은 기초적인 역학특성 평가 수준이다. 이에 본 연구에서는 비정질 강섬유와 기존에 널리 사용되고 있는 후크형 강섬유를 보강한 시멘트복합체의 휨성능 및 고속충격에 의한 내충격성능을 비교하여, 비정질 강섬유보강 시멘트복합재료의 방호구조물 적용 가능성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

표 1은 본 연구의 실험 계획을 나타내었다. 본 연구에서 사용된 비정질 강섬유는 길이 30mm, 폭 1.6mm, 두께 29 μ m, 인장강도 1400MPa, 밀도 7.2g/cm³이다. 후크형 강섬유는 길이 30mm, 직경 0.5mm, 인장강도 1140MPa, 밀도 7.85g/cm³이다. 시멘트 복합체의 강도는 40MPa이며, 혼입률은 2.0%로 하였다. 충격시험은 직경 20mm(31.8g)의 강구를 약 170m/s의 속도에서 충격시험을 실시하였으며, 충격시험 후의 파괴단면에서의 균열 패턴을 관찰하였다

표 1. 실험 계획

Specimen ¹⁾	Specimen size (mm)	Condition of impact test			Properties
		Projectile		Impact velocity (m/s)	
		Diameter (mm)	Weight (g)		
AFRCC2.0	200×200 (Width×Length)	20	31.8	170	· Flexural performance · Impact resistance · Fracture mode · Crater depth and diameter
HSFRCC2.0	50, 60 (Thickness)				

1) AFRCC2.0 : Amorphous metallic fiber reinforced cement composite(V_f=2.0%)
 HSFRCC2.0 : Hooked steel fiber reinforced cement composite(V_f=2.0%)

* 충남대학교 건축공학과 석사과정
 ** 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)
 *** 충남대학교 건축공학과 박사과정
 **** 충남대학교 건축공학과 조교수·공학박사

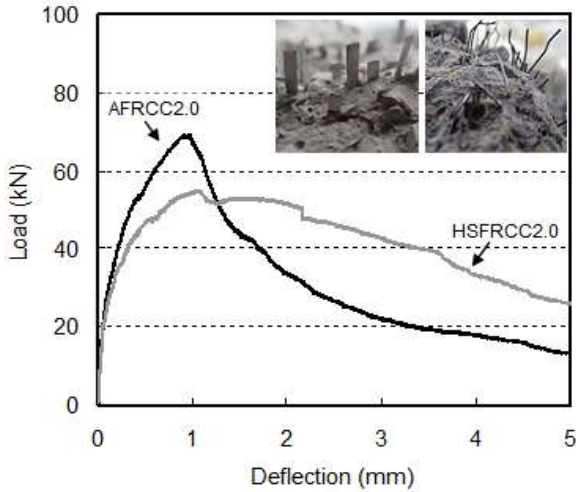


그림 1. 휨응력-변형곡선

표 2. 섬유보강 시멘트복합체의 파괴성상

ID	시험체 두께 50mm		시험체 두께 60mm	
	표면 (파괴깊이, 파괴직경)	배면 (파괴깊이, 파괴직경)	표면 (파괴깊이, 파괴직경)	배면 (파괴깊이, 파괴직경)
AFRCC 2.0				
	(15.1, 60.1)	(0, 0)	(15.7, 65.4)	(0, 0)
HSFRCC 2.0				
	(16.4, 87.1)	(12.7, 59.9)	(16.4, 67.4)	(0, 0)

3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 휨시험에 의한 휨응력-변형곡선을 나타내었다. 비정질 강섬유보강 시멘트복합체(AFRCC2.0)의 경우 후크형 강섬유보강 시멘트복합체(HSFRC2.0)보다 섬유의 인장강도가 높고, 동일 면적의 섬유 혼입개체수가 많기 때문에 더 높은 최대 휨응력을 나타내었다. 그러나 최대 휨응력 점 이후 변형연화구간에서 섬유가 인발되지 않고, 균열 방향에 따라 전단 및 인장 파괴되었기 때문에 응력의 저하가 크게 발생하였다.

표 2에 비상체 충돌에 의한 섬유보강 시멘트복합체의 파괴성상을 나타내었다. AFRCC2.0의 경우 시험체 두께 50, 60mm 모두 배면 박리가 억제되었으나, HSFRC2.0의 경우 시험체 두께 50mm에서 배면박리가 발생하였으며, 60mm에서는 배면박리가 억제된 것을 확인하였다.

그림 2에 비상체 충돌에 의한 섬유보강 시멘트복합체의 파괴단면을 나타내었다. 비정질 강섬유를 보강한 경우, 비상체 충돌에 의해 발생한 충격파가 섬유의 배향에 의해 분산되어 배면 박리가 억제되고, 섬유의 높은 부착성능으로 인해 균열 발생이 억제된 것으로 사료된다. 후크형 강섬유를 보강한 경우 방사형 균열이 내부에 분포하고 있는 것을 확인하였으나, 보강된 섬유로 인해 배면의 박리가 억제된 것을 확인하였다.

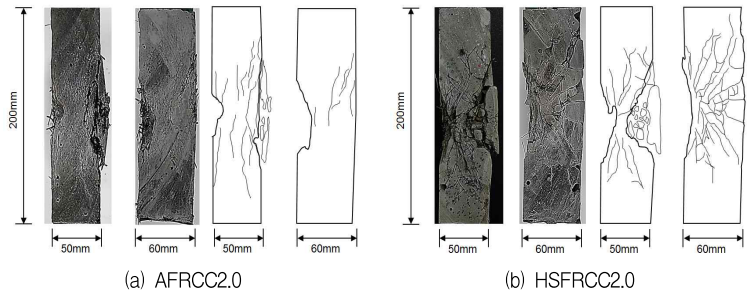


그림 2. 비상체 충돌에 의한 섬유보강 시멘트복합체의 파괴단면 균열패턴

4. 결 론

비정질 강섬유는 매트릭스와의 부착 면적과 강도가 크기 때문에, 섬유가 인발되지 않고 파단되는 것을 확인하였으며, 이로 인해 시멘트 복합체의 휨거동에서 후크형 강섬유에 비해 휨강도가 큰 것을 확인하였다. 또한 박판형 비정질 강섬유보강 시멘트 복합체는 휨강도가 크고, 고속 비상체의 충격에 대한 파괴 저항 성능이 뛰어나므로, 구조물의 휨 보강재 및 충격 보호용 패널 등에 활용할 가능성이 크다고 판단된다.

Acknowledgement

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

참 고 문 헌

1. Won, J. P, Hong, B. T, Lee, S. J, Choi, S. J, Bonding properties of amorphous micro-steel fibre-reinforced cementitious composites, Composite Structure, pp.101~109, 2013
2. Ku, D. O, Kim, S. D, Kim, H. S, Choi, K. K, Flexural performance characteristics of amorphous metallic fiber reinforced concrete, Journal of Korea Concrete Institute, pp.483~489, 2014