

섬유 종류에 따른 시멘트복합체의 동적 인장파괴특성 평가

Evaluation on Cement Composites of Dynamic Tensile Fracture Properties by Fiber Type

한 상 휴* 김 규 용** 최 경 철*** 김 홍 섭*** 김 정 현* 이 상 규*
 Han, Sang-Hyu Kim, Gyu-Yong Cheo, Gyeong-Cheol Kim, Hong-Seop Kim, Jung-Hyun Lee, Sang-Gyu

Abstract

Fracture behavior of concrete subjected to dynamic loading is affected by loading rate and strain rate. In this study, compressive strength properties according to strain rate of fiber reinforced cement composites by rapid loading with 500Ton rapid loading test machine was analyzed.

키 워 드 : 동적하중, 섬유보강, 시멘트복합체, 인장파괴특성, 변형률속도
 Keywords : dynamic loading, fiber reinforced, cement composites, tensile fracture properties, strain rate

1. 서 론

시멘트계 구조 재료는 우수한 압축강도를 가진다는 장점이 있으나, 취성적인 파괴거동을 보이는 단점을 가지고 있다. 충격이나 폭발을 받는 시멘트계 구조물의 취성적 파괴는 재산이나 인명의 피해에 직접적인 영향을 미치기 때문에 파괴저감에 대한 연구의 필요성이 제시되고 있다. 이에 최근 콘크리트 제조시 섬유를 혼입하는 FRC(Fiber Reinforced Concrete), HPFRCC(High Performance Fiber Reinforced Cement Composites), UHP-FRC(Ultra High Performance-Fiber Reinforced Concrete) 등이 제시되고 있으며, 섬유보강재료의 충격 및 폭발 등의 하중에 대한 동적 파괴특성은 SHPB, Drop Method 등에 의해 연구되고 있다. 하지만 아직까지 동적특성에 대한 명확한 역학적 및 파괴특성이 도출이 어려운 실정이다.

이에 본 연구에서는 급속재하시험기를 이용하여 정적과 동적에서의 인장파괴특성을 평가하고자 하였다. 또한 보강섬유에 따른 역학적 특성의 차이와 파괴특성을 도출하고자 무기계 강섬유 2종류(Smooth steel fiber, Hooked steel fiber)와 기존 연구문헌에서 충격파괴저감 성능을 확인한 유기계 폴리아미드섬유(Polyamide fiber)를 사용하여 섬유무보강콘크리트와 비교하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

표 1은 본 연구의 실험계획 및 배합을 나타낸 것으로 설계압축강도는 40MPa, W/B는 40%로 설정하였다. 보강섬유는 스무스강섬유(Length:12mm, Diameter:0.2mm, Tensile strength:2,000MPa), 후크형강섬유(Length:30mm, Diameter:0.5mm, Tensile strength:1,140MPa) 및 폴리아미드 섬유(Length:30mm, Diameter:0.5mm, Tensile strength:594MPa)를 2.0vol.% 혼입하였다. 평가항목으로는 인장특성에 대한 강도 및 변형량을 평가하였으며, 정적에서의 변형률속도는 약 $10^{-6} s^{-1}$, 동적에서는 $10^{-3} s^{-1}$ 의 범위에서 평가하였다. 사진 1은 유압식 급속재하 시험장치를 나타낸 것으로 본 시험에서는 약 400Ton의 하중을 약 0.1m/s의 속도로 재하하여 시험체의 인장파괴특성을 도출하였다.

표 1. 실험계획 및 배합

시험체 종류 ¹⁾	f _{ck} (MPa)	W/B (%)	S/a (%)	vol. (%)	단위량 (kg/m ³)						변형률 속도 (s ⁻¹)		평가항목	
					W	C	FA	S	G	Fiber	정적	동적		
NC	40	40	55	-	220	440	110	774	655	-	10 ⁻⁶	10 ⁻³	- 강도 - 변형량 - 응력-변형곡선	
SSFRCC														
HSFRCC														
PAFRCC														

1) NC : 섬유무보강 콘크리트, SSFRCC : 스무스강섬유보강 시멘트복합체, HSFRCC : 후크형강섬유보강 시멘트복합체, PAFRCC : 폴리아미드섬유보강 시멘트복합체

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

3. 실험결과 및 고찰

인장하중에 의한 시험체의 정적 및 동적 응력-변형 곡선은 그림 1과 2에 나타난 바와 같으며 변형률속도가 증가함에 따라 모든 시험체의 강도가 상승하였다. SSFRCC와 HSFRC는 최대 인장하중은 높게 나타났으나, 매크로 균열이 발생하며 최대하중 이후에 내력이 비교적 급격하게 저하하는 것을 확인할 수 있었다. 반면, PAFRCC의 경우 시험체 표면에 다수의 미세균열특성이 나타났으며, 강섬유보강 시험체에 비해 강도는 낮았지만 변형량 3%이상까지 하중이 유지되는 것을 확인하였다. 동적인장하중에서 변형량 3%이상부터는 PAFRCC의 인장하중이 강섬유보강 시험체보다 더 크게 나타났다. 이는 PAFRCC의 경우 보강섬유의 낮은 밀도로 인해 섬유 혼입개체수가 SSFRCC와 HSFRC보다 많고, 응력분산에 효과적이기 때문에 하중유지능력이 우수한 것으로 판단된다. 보강섬유의 인발거동을 관찰한 결과, SSFRCC와 HSFRC는 섬유가 인발되는 거동을 보였다. 반면, PAFRCC의 경우 섬유가 인발되는 파괴거동이 아닌 늘어나다가 끊어지는 파괴거동을 보였다.

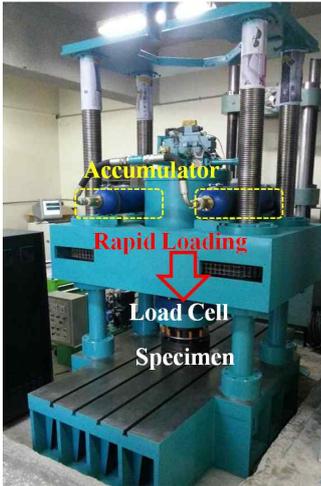


사진 1. 유압식 급속재하 시험장치

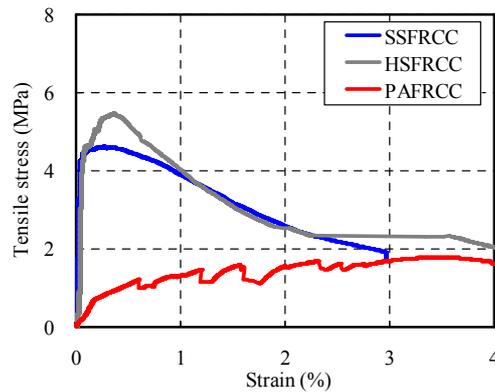


그림 1. 정적 인장 응력-변형 곡선

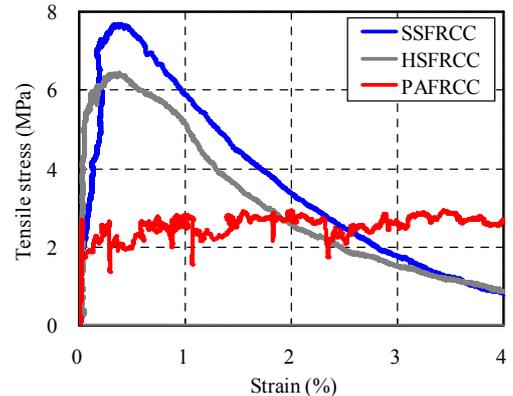


그림 2. 동적 인장 응력-변형 곡선

4. 결 론

변형률속도가 증가함에 따라 인장강도와 강도점에서의 변형량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. PAFRCC의 경우 인장하중 하에서 다수의 섬유개체수에 의한 우수한 응력분산효과를 갖기 때문에 시험체 표면에 다수의 미세균열특성이 나타나는 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부 건설기술연구사업 방호방폭 연구단 (과제번호 : 13건설연구S02)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Shasha Wang, Min-Hong Zhang, Ser Tong Quek, Mechanical behavior of fiber-reinforced high-strength concrete subjected to high strain-rate compressive loading., Construction and Building Materials, Vol.44, pp.1~11, 2013.7