

섬유보강 시멘트 복합체의 압축특성에 미치는 변형 속도의 영향

Strain Rate Effect on the Compressive Properties of Fiber Reinforced Cement Composite

김 홍 섭*

김 규 용**

남 정 수***

최 경 철*

이 상 규****

손 민 재*****

Kim, Hong-Seop

Kim, Gyu-Yong

Nam, Joeng-Soo

Choe, Gyeong-Cheol

Lee, Sang-Kyu

Son, Min-Jae

Abstract

Extreme loads such as impact and explosion have higher strain rate than static loading condition. Therefore, it is necessary to evaluate mechanical properties at high strain rate in order to apply fiber reinforced cement composites to ensure safety performance against impact and explosion. In this study, the compressive properties of fiber reinforced cement composites by strain rate were evaluated.

키 워 드 : 섬유보강 시멘트 복합체, 변형 속도, 압축특성, 동적증가계수

Keywords : fiber reinforced cement composite, strain rate, compressive property, dynamic increase factor

1. 서 론

섬유보강 시멘트 복합체의 혼입섬유의 가교작용에 의한 응력의 분산과 균열의 제어에 의해 인장강도와 변형능력이 향상된 재료로 충격 및 폭발과 같은 극단하중에 대한 저항능력이 우수한 재료이다. 극단하중을 받는 섬유보강 시멘트 복합체는 일반 정적하중과 다르게 높은 변형 속도(strain rate)의 영향을 받지만, 지금까지의 연구는 주로 준정적 변형 속도 범위에서 역학특성의 평가연구가 수행되고 있기 때문에 극단하중에 대한 구조물의 해석 및 설계를 위해서는 변형 속도에 따른 섬유보강 시멘트 복합체의 역학특성에 대한 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 유압식 급속재하 시험 장치를 개발하고, 섬유보강 시멘트 복합체의 압축 특성에 있어서 변형 속도의 영향에 대하여 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

표 1은 본 연구의 실험 수준을 나타낸 것이다. 섬유는 길이 30mm의 후크형 강섬유 및 폴리아미드 섬유와 길이 12mm의 스무스 강섬유를 사용하였으며, 체적의 외할로 각각 2.0vol.%혼입하였다. 표 2와 표 3에 사용섬유의 물리적 특성과 섬유보강 시멘트 복합체의 배합을 나타내었다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 변형 속도에 따른 압축응력-변형 곡선을 나타내었다.

표 1. 실험 수준

시험체 명 ¹⁾	섬유 종류	섬유 혼입률 (vol.%)
HSFRCC2.0	후크형 강섬유	2.00
PAFRCC2.0	폴리아미드 섬유	
SSFRCC2.0	스무스 강섬유	

1)HSFRCC : Hooked Steel Fiber Reinforced Cement Composite
PAFRCC : Polyamide Fiber Reinforced Cement Composite
SSFRCC : Smooth steel Fiber Reinforced Cement Composite

표 2. 사용 섬유의 물리적 특성

재 료	물리적 특성
후크형 강섬유 (HSF)	길이: 30mm, 직경: 0.5mm, 세장비: 60 밀도: 7.80g/cm ³ , 인장강도: 1,140MPa
폴리아미드섬유 (PA)	길이: 30mm, 직경: 0.5mm, 세장비: 60 밀도: 1.14g/cm ³ , 인장강도: 597MPa
스무스 강섬유 (SSF)	길이: 12mm, 직경: 0.2mm, 세장비: 60 밀도: 7.80g/cm ³ , 인장강도: 2,700MPa

표 3. 섬유보강 시멘트 복합체의 배합

W/B	단위량 (kg/m ³)				섬유량		
	C	W	FA	S ¹⁾	종류	(vol.%)	(kg)
0.4	850	400	150	350	HSF	2.0	78.5
					PA		11.4
					SSF		78.5

1) S : 7호 규사 (Silica sand)

* 충남대학교 건축공학과 BK21플러스사업팀, 박사후연구원

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

*** 충남대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

**** 충남대학교 건축공학과 박사과정

***** 충남대학교 건축공학과 석사과정

압축시험에 의한 변형 속도는 $10^{-5}/s$, $10^{-1}/s$, $10^0/s$ 의 범위로 측

정되었다. 모든 시험 수준에서 변형 속도가 증가함에 따라 압축강도와 변형능력(피크응력 점에서의 변형)이 증가하는 경향으로 나타났다. 응력-변형 곡선의 기울기는 $10^{-5}/s$ 와 $10^{-1}/s$ 는 유사한 거동을 보였으나, $10^0/s$ 에서는 상승 기울기가 커지는 것을 확인하였다.

그림 2에 변형 속도에 따른 압축강도 및 압축강도 DIF(dynamic increase factor)를 나타내었다. 압축강도는 변형속도의 증가와 함께 향상되었다. 압축강도 DIF의 경우 CEB-FIP 2010 model code 보다는 높았으나, ACI model code와 유사한 경향을 나타내었다. 섬유종류에 따른 압축강도 DIF는 큰 차이가 없었으며, 섬유보강 시멘트 복합체의 압축강도에 있어서 섬유 종류의 영향보다 변형 속도의 영향이 더 큰 것으로 판단된다.

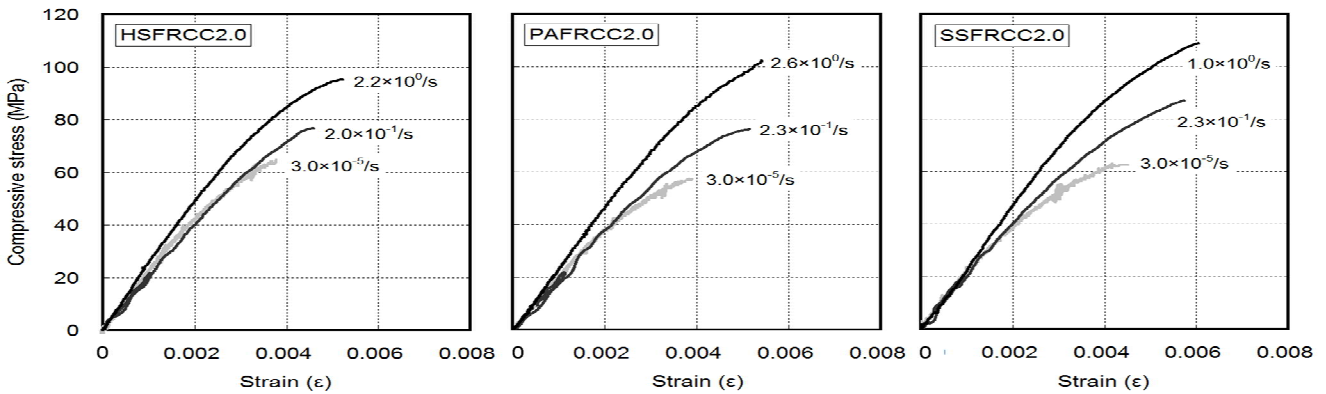


그림 1. 변형 속도에 따른 압축응력-변형 곡선

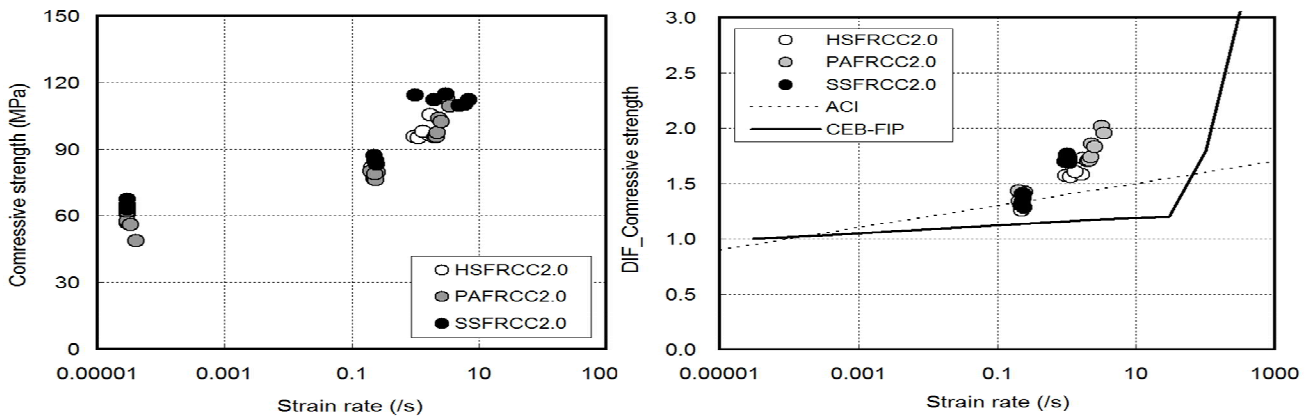


그림 2. 변형 속도에 따른 압축강도 및 압축강도 DIF

4. 결 론

섬유보강 시멘트 복합체의 압축특성에 미치는 변형 속도의 영향에 대하여 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 변형속도가 증가함에 따라 압축강도와 변형 능력이 증가하였으며, 압축응력-변형곡선의 초기 기울기가 증가하는 경향이 나타났다.
- 2) 압축강도에 있어서 혼입 섬유의 종류에 따른 압축강도와 압축강도증가율은 큰 차이가 없었으며, 주로 변형 속도의 증가에 대한 영향을 받는 것으로 나타났다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

1. Shasha Wang, Hoang Thanh Nam Le, Leong Hien Poh, Ser Tong Quek, Min-Hong Zhang, Effect of high strain rate on compressive behavior of strain-hardening cement composite in comparison to that of ordinary fiber-reinforced concrete, Construction and Building Materials, 136, pp.31~43, 2017
2. 藤掛一典, 篠崎敬一, 大野友則, 水野 淳, 鈴木 篤, 急速一軸圧縮荷重を受けるコンクリートのポストピーク挙動に関する実験的研究, 土木学会論文集, Vol.44, No.627, pp.37~54, 1999.8