

# 후크형 강섬유와 PVA섬유를 하이브리드 보강한 시멘트복합체의 인장특성에 미치는 변형속도의 영향

## Strain Rate Effect on tensile properties of Hooked Steel Fiber and PVA Fiber hybrid reinforced cementitious composites

손민재\*      김규용\*\*      이상규\*      김경태\*\*\*      백재욱\*\*\*      남정수\*\*\*\*  
 Son, Min-Jae      Kim, Gyu-Yong      Lee, Sang-Kyu      Kim, Gyeong-Tae      Baek, Jae-Uk      Nam, Jeong-Soo

### Abstract

In this study, the tensile properties of hybrid fiber reinforced cementitious composites under the high strain rate was evaluated. Experimental results, the HSF1.5PVA0.5 shown the highest tensile strength because the PVA fiber suppressed the micro cracks in the matrix around the hooked steel fiber and improved the pull-out resistance of hooked steel fiber. Thus, DIF of strain capacity and fracture toughness of HSF1.5PVA were greatly improved. Also, the fracture toughness was greatly improved because the tensile stress was slowly decreased after the peak stress by improvement of the pull-out resistance performance of hooked steel fiber at strain rate  $10^1/s$ .

키워드 : 변형속도, 동적증가계수, 후크형 강섬유, 폴리비닐알코올 섬유  
 keywords : strain rate, dynamic increase factor, fiber blending ratio, hooked steel fiber, polyvinyl alcohol fiber

### 1. 서론

후크형 강섬유(hooked steel fiber, 이하 HSF)는 시멘트복합체의 강도 향상 및 취성파괴를 개선시키며, PVA섬유(polyvinyl alcohol fiber, 이하 PVA)는 시멘트복합체의 변형능력을 매우 높게 향상시키기 때문에 섬유보강재로서 활발히 사용되고 있다. 최근, 물리적 특성이 다른 두 종류 이상의 섬유를 혼합한 하이브리드 섬유보강 시멘트복합체가 높은 인장강도 및 내구성을 나타낼 수 있다고 보고되고 있어 많은 연구가 진행되고 있으나, 대부분 정적하중을 기반으로 한 것이기 때문에, 높은 변형속도에 대한 인장특성의 평가가 필요하다. 이에 본 연구에서는 변형속도  $10^{-6}/s$ ,  $10^1/s$ 의 조건에서 HSF와 PVA를 하이브리드 보강한 시멘트복합체의 인장특성에 미치는 변형속도의 영향을 평가하였다.

### 2. 실험계획 및 방법

표 1은 본 연구의 실험계획을 나타낸 것으로 시험체는 길이 30mm, 직경0.5mm, 인장강도1,140MPa의 HSF와 길이 12mm, 직경0.04mm, 인장강도1,300MPa의 PVA를 혼합하여 제작하였으며, 변형속도는  $10^{-6}/s$ 와  $10^1/s$ 로 설정하였다. 평가항목은 인장응력-변형 곡선, 최대 응력 점인 인장강도, 최대 응력 점에서의 변형인 변형능력, 그리고 동적특성값을 정적특성값으로 나눈 동적증가계수(DIF)로 설정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 변형속도에 따른 인장응력-변형 곡선을 나타내었다. 변형속도  $10^{-6}/s$ 에서 HSF2.0은 변형경화거동 이후,

표 1. 실험 계획

$f_{ck}$ (MPa)	Specimen <sup>1)</sup>	$V_f$ (vol.%)	Strain rate (/s)	Properties
60	HSF2.0	2.0	$10^{-6}$	- Stress-strain curve - Tensile strength - Strain capacity - Fracture toughness - Dynamic Increase Factor (DIF)
	HSF1.5PVA0.5	1.5+0.5		
	HSF1.0PVA1.0	1.0+1.0	$10^1$	
	HSF0.5PVA1.5	0.5+1.5		

1) HSF : Hooked steel fiber mono reinforced cement-based composite  
 HSF+PVA : Hooked steel fiber + Polyvinyl alcohol fiber hybrid reinforced cement-based composite

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

섬유가 인발되면서 응력이 감소하였다. PVA를 0.5% 치환한 경우, 변형능력은 감소하였으나 응력이 증가하는 경향이 확인되었다. 이후 PVA가 1.0%이상으로 치환될 경우 응력이 감소하고, 변형능력이 증가하는 경향이 확인되었다. 변형속도  $10^1/s$ 에서는 변형속도가 증가함에 따라 섬유와 매트릭스의 부착력이 향상되어 인장특성이 크게 향상되었으나, PVA의 혼입률이 증가할수록 변형능력이 감소하는 경향이 확인되었다.

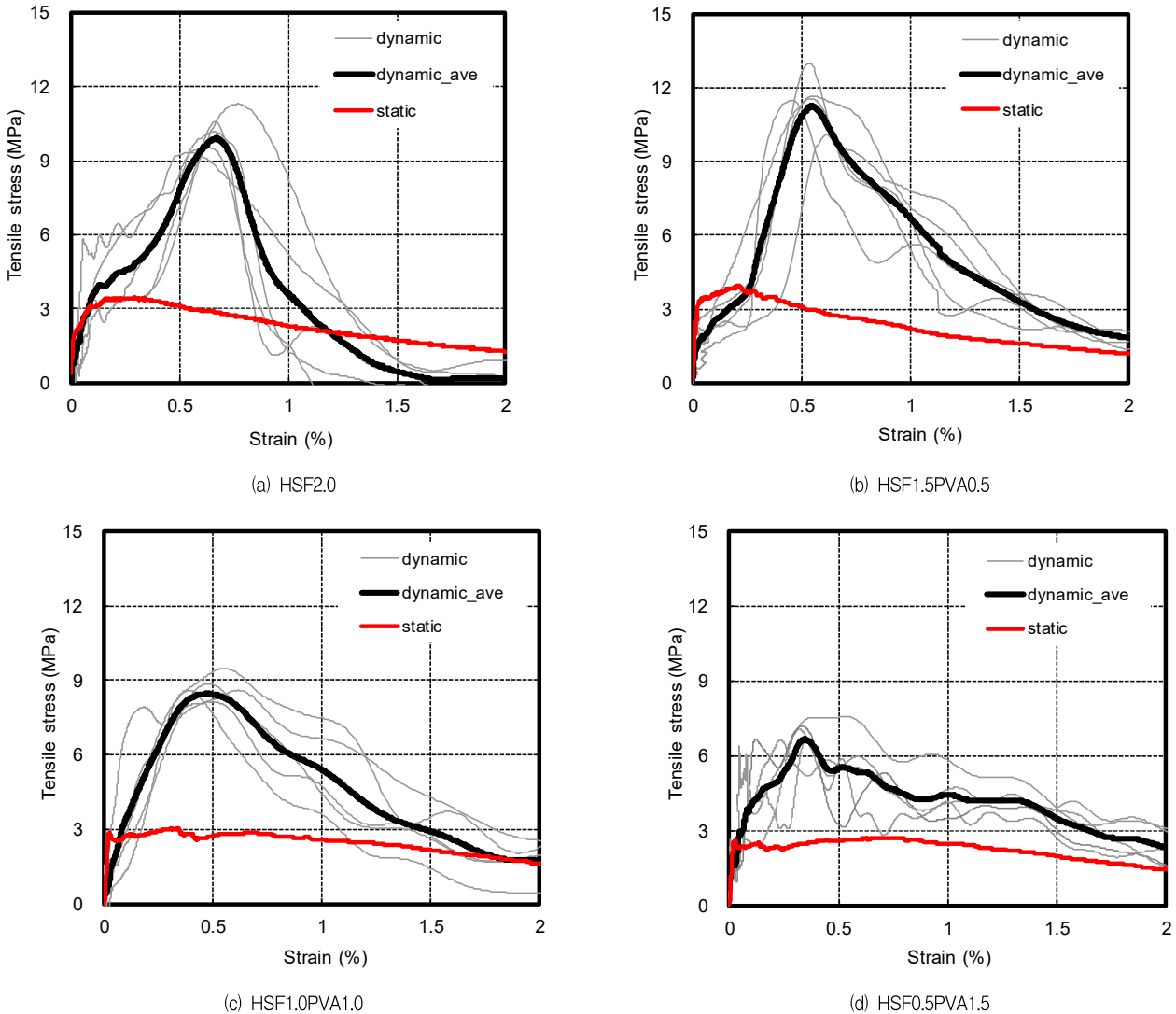


그림 1. 변형속도에 따른 단일 및 하이브리드 섬유보강 시멘트복합체의 인장응력-변형 곡선

#### 4. 결 론

후크형 강섬유 1.5vol%, PVA 섬유 0.5vol.%를 하이브리드 보강한 경우, HSF를 단일 보강한 경우보다 더 높은 인장강도 및 파괴인성을 나타내었다. 이는 PVA가 HSF의 주변 매트릭스에서 발생하는 미세 균열을 억제함으로써 HSF의 인발저항성을 향상시켰기 때문인 것으로 생각되며, 이로 인해 더 높은 변형능력 및 파괴인성 DIF를 나타낸 것으로 판단된다.

#### Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2015R1A5A1037548)

#### 참 고 문 헌

1. Tran, T. K, Kim, D. J, Synergistic response of blending fibers in ultra high performance concrete under high rate tensile loads, Cement and Concrete Composites, pp.132~145, 2017