PET 및 PVA섬유를 사용한 변형경화형 시멘트 복합체의 직접인장거동에서 섬유 형상비의 영향

Effect of Aspect Ratio on Direct Tensile Response of Strain Hardening Cement Composites with PET and PVA Fiber

전에스더* 윤 현 도** 박 완 신*** 김 용 철**** 김 윤 수*****

Jeon, Esther Yun, Hyun Do Park, Wan Shin Kim, Yong Chul Kim Yun Su

ABSTRACT

Direct tensile response of strain hardening cement composites(SHCC) depends primarily on the material's tensile response, which is a water cement ratio, direct function of fiber and matrix characteristics, the bond between them, and the fiber volume fraction. This paper discusses effect of aspect ratio of the direct tensile response of SHCC with PET and PVA fibers. The main variables considered include the aspect ratio of PET fibers(Aspect ratio, ℓ/d_f : 150, 300, 600). For the same mixture proportion, PET1.5+PVA0.5-300 and PET1.5+PVA 0.5-600(Aspect ratio 300, 600) showed better overall behavior(Pseudo strain-hardening, Multiple cracking) than specimens with PET1.5+PVA0.5-150(Aspect ratio 150). Tensile strain of PET1.5+PVA0.5-300 and PET1.5+PVA 0.5-600 at ultimate tensile stress were 0.5, 2.0% respectively.

요 약

변형경화형 시멘트 복합체(SHCC)의 직접인장거동은 주로 물시멘트비, 섬유와 매트릭스 간의 상호작용, 부착강도, 섬유 혼입율 등에 의해 영향을 받는다. 본 논문은 PET 및 PVA섬유를 사용한 SHCC의 직접인장거동에서 섬유의 형상비의 영향을 평가하기 위해 PET섬유의 형상비(Aspect ratio, ℓ/d_f : 150, 300, 600)를 변수로 선정하였다. 동일한 배합조건에서 PET1.5+PVA0.5-300 및 PET1.5+PVA0.5-600시험체는 PET1.5+PVA0.5-150에 비해 우수한 유사변형경화특성과 미세균열분산특성을 보였으며, PET1.5+PVA0.5-300 및 PET1.5+PVA0.5-600 시험체는 최대인장응력시 각각 0.5, 2.0%의 변형율을 나타내었다.

* 정회원, 충남대학교, 고지능 콘크리트 구조연구실, 박사과정

** 정회원, 충남대학교, 건축공학과 교수, 공학박사

*** 정회원, 충남대학교 건축공학과 연구교수, 공학박사

**** 정회원, (주)동양구조엔지니어링, 공학박사

***** 정회원, 충남대학교 고지능 콘크리트 구조연구실, 석사과정

1. 서 론

시멘트 복합체에 2% 내외의 단섬유를 혼입하여 연성 및 균열분산특성을 획기적으로 개선한 변형경화형 시멘트 복합체(Strain Hardening Cement Composites, 이하 SHCC)의 직접인장거동은 물시멘트비 뿐만 아니라 혼입되는 섬유의 종류, 물성 및 혼입율에 따라 그 거동이 매우 다르게 나타난다[1-2]. 따라서 시멘트 복합체의 배합조건(W/C, 섬유의 물성 및 혼입율 등)에 따라 SHCC의 연성 및 미세균열의 분산특성을 데이터화하는 것은 건설재료로써 SHCC의 설계식을 구축하고 활성화하는데 매우 필요할 것으로 판단된다. 본 논문에서는 시멘트 복합체의 배합조건에 따른 SHCC의 직접인장성능을 평가하기 위한 기초연구로써 PET 및 PVA섬유를 혼입한 SHCC의 직접인장거동에서 PET섬유의 형상비에 따른 영향을 평가하고자 하였다.

2. 실험계획 및 사용재료

2.1 실험계획

물시멘트비 45%인 시멘트 복합체에 형상비가 다른 세 종류(형상비, ℓ/d_f : 150, 300, 600)의 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Polyethylene terephthalate, 이하 PET)섬유 1.5%와 폴리비닐알코올(Polyvinyl alcohol, 이하 PVA)섬유 0.5%를 혼입하여 변형경화형 시멘트 복합체를 제조하였으며, 혼입된 PET섬유의 형상비에 따른 직접인장강도 및 균열발생특성을 평가하고자 표 1에 나타낸 바와 같이 실험계획을 하였다.

2.2. 사용재료

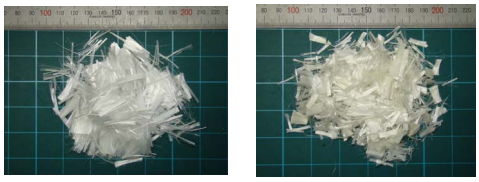
변형경화형 시멘트 복합체의 제조에 사용된 시멘트는 S사의 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고 세골재는 0.1~0.3mm의 특수 7호 규사를 사용하였다. 보강용 섬유로는 국내 C사의 PET섬유와 일본 K사의 PVA(REC-15)섬유를 사용하였으며, SHCC의 시공성 증진 및 섬유를 효과적으로 분산시키기 위하여 AE제, 증점제 및 고성능 감수제를 각각 시멘트 중량의 0.8, 0.06, 3.19% 사용하였다.

2.3 공시체 제작 및 실험방법

SHCC 재료의 인장성능에 관한 공시체 제작방법 및 시험방법이 국내에는 아직 제정되어 있지 않

표 2 섬유특성

종류	비중	길이 (mm)	직경 (μm)	형상비 (ℓ/d_f)	인장강도 (MPa)	탄성계수 (GPa)
PET	1.37	5 10 20	33	150 300 600	950	11
PVA (REC-15)	1.30	12	40	375	1,600	40



(a) PET (b) PVA

그림 1 섬유의 형상

표 1 실험계획 및 배합표

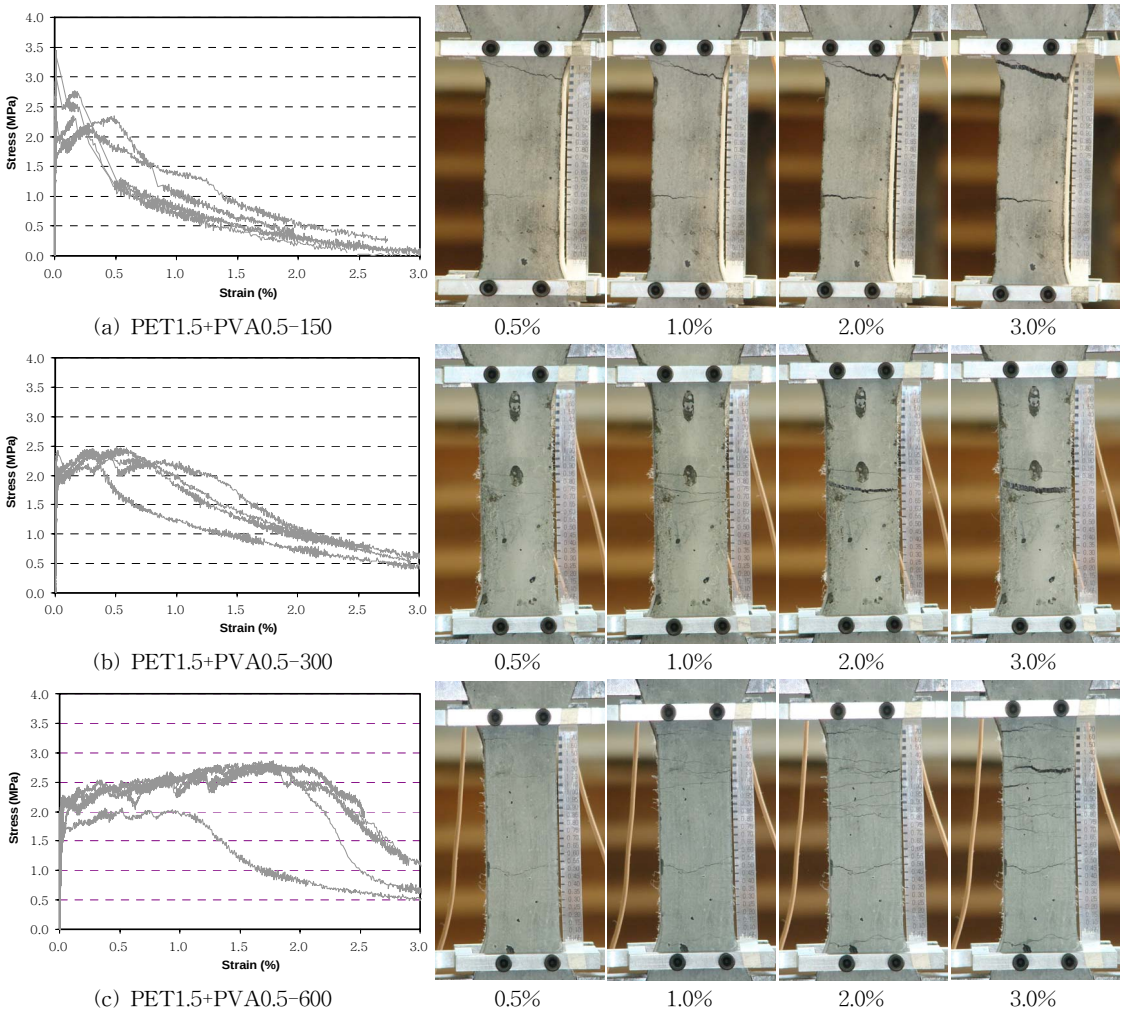
Specimen	W/C	Fiber volume fraction, V_f(Vol.%)			Aspect ratio	Unit weight (kg/m^3)				
		Total	PET	PE	(ℓ/d_f)	W	C	S	FA	SF
PET1.5+PVA0.5-150	0.45	1.5	1.0	0.5	150	282	626	626	564	63
PET1.5+PVA0.5-300					300					
PET1.5+PVA0.5-600					600					

기 때문에 본 연구에 사용된 직접인장강도 공시체는 일본토목학회(이하 JSCE)의 실험방법[3)]에 준하여 제작 및 실험을 실시하였다. 직접인장공시체는 그림 2에 나타낸 바와 같이 중앙부에 균열을 유도하도록 덤벨형의 형태를 갖추고 있으며, 본 연구에서는 각 시험체당 5개의 인장공시체를 제작하여 타설 및 섬유분산으로 인한 실험오차를 줄이고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 균열분산특성

그림 2에 나타낸 PET섬유의 형상비에 따른 균열양상에서 형상비가 300, 600인 PET1.5+PVA 0.5-300 및 PET1.5+ PVA0.5-600시험체는 직접인장응력 작용시 시험체 전면에 미세한 균열이 폭넓게 분산되는 특성을 나타냈으나, PET1.5+ PVA0.5-150시험체는 초기인장응력 작용시 발생한 균열의 폭이 증가하면서 다수의 균열분산특성을 보이지 않았다.



(a) PET1.5+PVA0.5-150 0.5% 1.0% 2.0% 3.0%

(b) PET1.5+PVA0.5-300 0.5% 1.0% 2.0% 3.0%

(c) PET1.5+PVA0.5-600 0.5% 1.0% 2.0% 3.0%

그림 2 SHCC의 직접인장응력-변형율 관계 및 균열발생과정

3.2 직접인장응력-변형율 관계

덤벨형 직접인장공시체를 이용한 PET 및 PVA섬유를 혼입한 SHCC의 직접인장응력-변형율 관계를 나타낸 것이다. 직접인장실험결과에서 PET섬유의 형상비가 150인 PET1.5+PVA0.5-150시험체[그림 2(a)]는 초기균열발생이후 인장응력을 원활히 분배하지 못해 유사변형경화특성이 나타나지 않은데 비해, PET섬유의 형상비가 300, 600인 PET1.5+PVA0.5-300 및 PET1.5+PVA0.5-600시험체[그림 2(b)-(c)]는 초기균열발생이후에 인장응력이 증가하는 유사변형경화특성을 보였으며, 각각의 시험체는 최대인장응력시 약 0.5%, 2.0%의 변형율을 나타내었다.

본 연구에 사용된 PET섬유의 경우, SHCC내 혼입된 PET섬유의 형상비가 클수록 최대인장응력시 변형율이 크고, 미세균열분산특성도 향상되는 것으로 나타났는데 이는 섬유의 큰 형상비로 인해 섬유와 시멘트 복합체의 계면부착강도가 섬유의 인장강도를 충분히 발휘할 정도로 커졌기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결 론

시멘트 복합체의 배합조건에 따른 SHCC의 직접인장성능을 평가하기 위한 기초연구로써 PET 및 PVA섬유를 혼입한 SHCC의 직접인장거동에서 PET섬유의 형상비(ℓ/d_f : 150, 300, 600)에 따른 영향을 평가한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 동일한 배합조건(W/C, 섬유 종류 및 혼입율)에서 PET섬유의 형상비만 다르게 한 경우, PET섬유의 형상비가 클수록 섬유와 시멘트 복합체의 계면부착강도가 커져 유사변형경화특성과 미세균열분산특성이 향상된 것으로 나타났다.

2) SHCC는 혼입되는 섬유의 형상비 변화에 따라 매우 다른 직접인장거동을 보이는 것으로 보아, 혼입된 섬유의 물성이 SHCC의 직접인장성능에 상당한 영향을 미치는 것으로 판단된다.

3) 향후 SHCC의 설계식 구축을 위해서는 SHCC의 직접인장거동에 영향을 미치는 다양한 배합조건(W/C, 섬유의 종류, 물성, 혼입율)에 대한 연구가 요구된다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업 07도시재생B04「성능・환경복원기술 개발」 및 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 R01-2005-000-10546-0)의 연구비 지원으로 수행된 연구의 일부이며, 이 연구에 참여한 연구자의 일부는 『2단계 BK21 사업』의 지원을 받았습니다.

참고문헌

1. Supat Suwannakarn, Sherif El-Tawil and Antoine E Namman, "Experimental observations on the tensile response of fiber reinforced cement composites with different fibers", Proceedings of the fifth international RILEM workshop, pp.39-47, 2007.

2. Marcus Hinzen and Wolfgang Brameshuber, "Influence of short fibers on strength, ductility and crack development of textile reinforced concrete", Proceedings of the fifth international RILEM workshop, pp.105-112, 2007.

3. 日本土木學會, 複數微細ひび割れ型纖維補强セメント複合材料設計.施工指針(案), pp.11-16, 2006.