

잔골재율에 따른 PVA섬유를 사용한 고인성 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Engineering Properties of Ductile Concrete Using PVA Fibers with Sand-Aggregate Ratio

민원규* 황문규** 윤현도*** 남재현**** 이상수***** 송하영*****
Min, Won-Gyoo Hwang, Moon-Gyu Youn, Hyen-Do Nam, Jae-Hyun Lee, Sang-Soo Song, Ha-Young

ABSTRACT

In this study, I examined hardening and non-hardening of the DFRCC (Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites) according to sand-aggregate ratio and the diameter of PVA fiber to develop PVA fiber reinforced concrete with the feature of DFRCC.

As a result of this study, the fresh properties of DFRC is similar regardless of sand-aggregate ratio. The bending stress of DFRC also increased as the sand-aggregate ratio increased. And the bending stress-displacement was the most stable when the PVA 100 μ m was used regardless of sand-aggregate ratio.

1. 서론

지금까지 콘크리트의 대표적인 시멘트계 재료는 우수한 압축강도, 경제성 및 내구성이 뛰어나 건설 구조물의 주요 구성재료로서 널리 사용되어 왔지만, 인장 및 휨강도가 작고 변형능력이 작아서 유해한 균열발생 후에 응력 및 내구성이 급격히 저하되는 특성을 나타내며, 최대응력에 도달한 이후 응력이 급격히 저하되는 대표적인 취성재료이다.

한편, 최근 국내외에서 이러한 성질 즉, 휨 인장강도, 인성 및 균열제어성능을 개선하기 위해 고인성 섬유복합재료에 대한 관심이 집중됨에 따라 ECC(Engineered Cementitious Composite) 및 DFRCC(Ductile Fiber Reinforced Cementitious Composites) 등의 섬유혼입 기술이 활발히 전개되고 있다. 그러나 DFRCC는 매트릭스(Matrix)로 시멘트페이스트 또는 모르타르가 이용되고 있으며, 콘크리트 용 잔골재로서는 특수 입径의 규사가 주로 사용되고 있어 특수용도로만 활용되고 있는 실정이다.¹⁾

이에 본 연구에서는 DFRCC의 특성을 고인성 콘크리트를 개발할 목적으로 잔골재율에 따른 고인성 콘크리트의 균지않은 성상 및 경화성상에 대하여 실험·실증적으로 검토하여 고인성 콘크리트의 개발을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 사용재료

* 정회원, 한밭대학교 건축공학과 대학원 석사과정
** 정회원, 대전대학교 건축공학과 대학원 박사과정
*** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공박
**** 정회원, 대전대학교 건축공학과 교수, 공박
***** 정회원, 한밭대학교 건축공학과 교수, 공박

본 실험은 잔골재율의 변화와 PVA섬유를 사용한 고인성 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 검토하기 위해 실험계획을 표 1과 같이 설정하였다. 즉, W/B는 40%, 단위수량은 380kg/m³, 혼화재의 치환율은 50%, 굵은골재의 최대치수는 10mm로 고정하였으며, PVA섬유의 직경을 40, 100, 200 μ m, 잔골재율의 변화를 60, 70, 80, 90, 100%의 5수준으로 설정하였다. 또한, PVA섬유를 사용한 고인성 콘크리트의 물성을 검토하기 위해 굳지않은 상태에서는 테이블 플로우, 공기량을 경화상태에서는 휨강도, 휨용력-변위곡선을 측정하였다.

한편, 본 연구에 사용된 각 재료의 물성을 표 1에 나타낸 바와 같으며, PVA섬유는 사진 1에 나타낸 바와 같이 (주) Kurary사의 고장력 PVA섬유를 사용하였다.



(a) 40 μ m (b) 100 μ m (c) 200 μ m
사진 1. PVA 섬유의 외형

표 1. 실험계획

항 목		수 준
물-결합재비 (%)		40
단위수량 (kg/m ³)		380
잔골재율 (%)		60, 70, 80, 90, 100
PVA섬유의 직경 (μ m)		40, 100, 200
굵은골재 최대치수 (mm)		10
혼화재의 치환율 (%)		50
시험 항목	굳지않은 콘크리트	테이블플로우, 공기량
	굳은 콘크리트	휨강도, 휨용력-변위곡선

표 2. 사용재료

사용재료		물리적 성질
시멘트		보통 포틀랜드시멘트(H사), 분말도 3,267cm ² /g, 강열감량 0.99
고로슬래그미분말		국내 D사, 분말도 4,355cm ² /g, 강열감량 0.83
PVA섬유		길이(L) 12mm, 밀도 1.34g/cm ³ , (주)Kurary
골재	잔골재	국내G산(강모래), 표건비중 2.50, 흡수율 1.26%, 조립율 2.57
	굵은골재	10 (mm) 부순자갈, 표건비중 2.59, 흡수율 0.75%, 조립율 6.04
고성능감수제		E사 고축합형 폴리카르본산계
증점제		E사 메틸셀룰로우스계

표 3. 고인성 콘크리트의 배합

물-결합재비 (wt.%)	잔골재율 (vol.%)	PVA섬유 직경 (μ m)	섬유 혼입율 (V _f , vol.%)	단위수량 (kg/m ³)	단 위 중 량 (kg/m ³)						
					시멘트	잔골재	굵은골재	고로슬래그미분말	PVA섬유	증점제	SP제
40.0	100	40	2.0	380	475	534	-	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	534	-	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	534	-	475	26.8	2.85	0.95
	90	40			475	534	55	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	534	55	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	534	55	475	26.8	2.85	0.95
	80	40			475	534	109	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	534	109	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	534	109	475	26.8	2.85	0.95
	70	40			475	534	164	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	534	164	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	534	164	475	26.8	2.85	0.95
	60	40			475	534	218	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	534	218	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	534	218	475	26.8	2.85	0.95

2.2 콘크리트의 배합 및 시험체 제작

본 실험에 사용된 콘크리트 배합은 표 3과 같이 W/B 40%, 섬유혼입율 2.0vol.%, 단위수량 380kg/m³로 설정하였다.

또한, 콘크리트의 비빔시험은 팬형의 강제식 믹서를 사용하였으며, 분체재료 및 잔골재를 투입한 후

30초간 건비빔을 실시하였으며, SP제를 첨가하여 60초를 비빔하였다. 그 후 굵은골재를 투입하여 150초간 비빔을 실시하였다. 또한 굳지않은 성상을 평가하기 위해 비빔직후 플로우 및 공기량을 측정하였으며, 경화 후 휨성능을 평가하기 위해 100×100×400mm의 각형 시험체를 각각 3개씩 제작하였다.

2.3 양생 및 시험방법

제작된 시험체는 20±3℃, RH 60%의 실내에 24시간 존치한 후 탈형하여 20±3℃의 수중에서 재령 28일간 수중양생을 실시하였다. 고인성 콘크리트의 공기량은 KS L 3136 및 테이블 플로우 KS L 5111, 휨강도시험은 KS F 2408에 준하여 실시하였으며, 휨시험시 휨응력-변위곡선은 사진 2와 같이 시험체의 중앙부 처짐량과 로드셀에 의한 휨응력에 의해 구하였다.

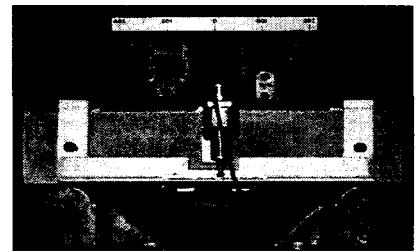
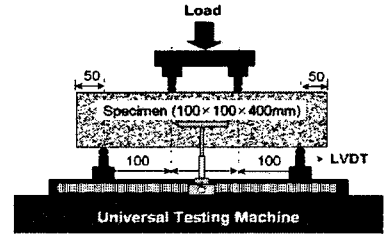


사진 2 휨시험의 모식도 및 전경

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 성상

그림 1은 잔골재율 변화에 따른 PVA섬유 직경별 고인성 콘크리트의 비빔직후 테이블 플로우를 나타낸 것으로, 잔골재율에 관계없이 동일 PVA섬유 직경에서는 거의 유사한 값을 보였다. 한편, 동일 잔골재율에서 테이블 플로우 값은 섬유 직경에 따라 다소 차이를 보였으며, 섬유 직경이 클수록 다소 높은 유동성을 보였다.

그림 2는 잔골재율 변화에 따른 PVA섬유 직경별 고인성 콘크리트의 공기량을 나타낸 것으로, PVA 섬유를 사용한 콘크리트의 공기량은 5.0~8.1%로 일반 콘크리트에 비해 다소 크게 나타났다. 또한, 고인성 콘크리트의 공기량은 잔골재율의 변화에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타났으나, PVA 40µm에서는 다소 작게 나타났다.

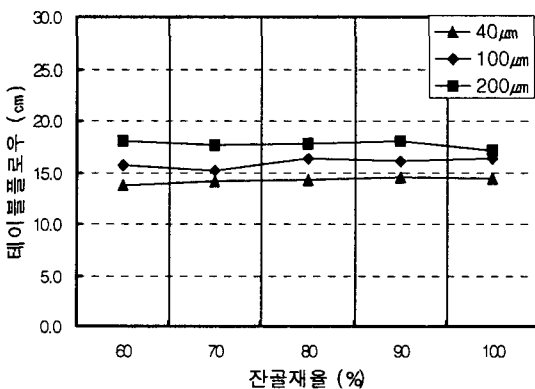


그림 1. 테이블플로우의 변화

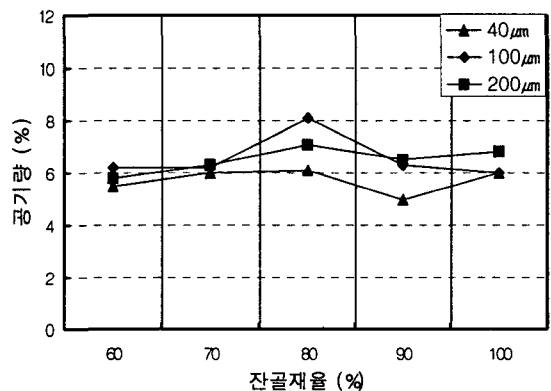


그림 2. 공기량의 변화

3.2 경화 콘크리트의 성상

그림 3은 잔골재율 변화에 따른 PVA섬유 직경별 고인성 콘크리트의 최대휨강도를 나타낸 것으로, PVA 40µm 및 100µm를 사용한 고인성 콘크리트의 최대휨강도를 잔골재율이 증가할수록 증가하는 경향

을 보였으나, PVA 200 μm 의 경우에는 반대의 경향을 나타냈다. 한편, 동일 잔골재율에서 고인성 콘크리트의 휨강도는 100 μm > 40 μm > 200 μm 의 순으로 나타났으며, 이러한 경향을 잔골재율이 증가할수록 현저하게 나타냈다.

그림 4는 잔골재율 변화에 따른 PVA섬유 직경별 고인성 콘크리트의 휨응력-변위곡선을 나타낸 것이다. 고인성 콘크리트의 휨응력-변위곡선은 동일 섬유치수에 있어서 잔골재율에 따라 다르게 나타났으며, 잔골재율에 관계없이 PVA 100 μm 를 사용한 고인성 콘크리트가 가장 안정적인 휨거동을 나타냈다. 즉, 변위경화거동 및 멀티플크랙 특성을 발현하는 것으로 나타났다.

4. 결론

잔골재율의 변화에 따른 고인성 콘크리트의 물리적 특성을 실험·실증적으로 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) PVA 섬유를 사용한 콘크리트의 공기량 및 플로우는 잔골재율에 관계없이 유사한 수준을 보였으나, PVA섬유의 직경에 따라서는 다소 차이를 보였다.
- 2) PVA 40 μm 및 100 μm 에서는 잔골재율이 증가될수록 증가하였으나, 200 μm 의 경우에는 반대의 경향을 보였다.
- 3) PVA 섬유를 혼입한 콘크리트의 휨응력-변위거동은 잔골재율에 따라 다르게 나타났으며, 잔골재율에 관계없이 PVA100 μm 를 사용한 경우에 가장 안정적인 휨거동을 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 연구비(특정기초: R01-2005-000-10546-0) 지원에 의한 연구의 일부임.

참고문헌

- 1) 日本コンクリート工学協会, 高靱性セメント複合材料に関するシンポジウム, 高靱性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会, 2003.12

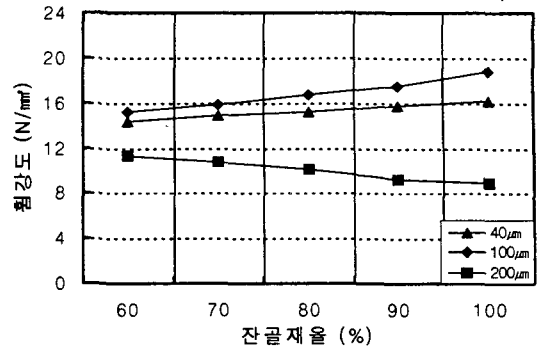
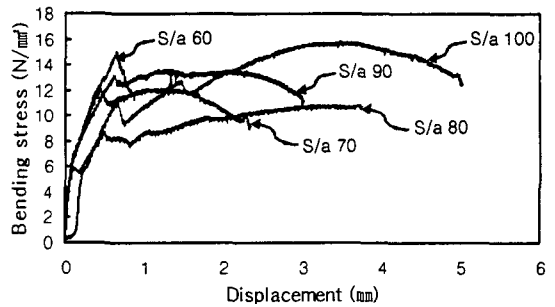
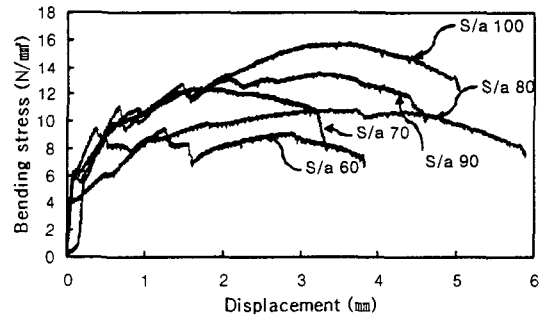


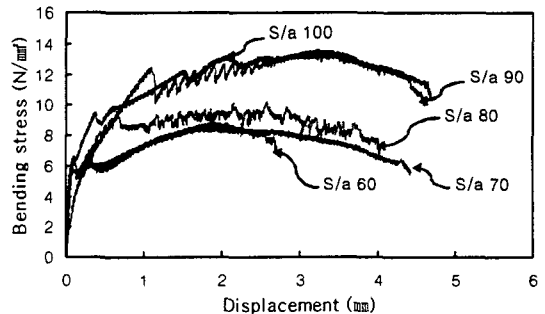
그림 3. 최대휨강도



(a) PVA40



(b) PVA100



(c) PVA200

그림 4. 휨응력-변위곡선