

PVA섬유를 사용한 고인성 콘크리트의 특성에 미치는 굵은골재 최대치수의 영향에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Influence of Maximum Size of Coarse Aggregate on the Properties of Ductile Concrete using PVA Fibers

김종현* 황문규** 김재환*** 남재현**** 이상수***** 김을용*****
Kim Jong-Hyun Hwang Moon-Gyu Kim Jae-Hwan Nam Jae-Hyun Lee Sang-Soo Kim Eul-Yong

ABSTRACT

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

As a result of this study, the fresh properties is similar regardless of maximum size of coarse aggregate. The bending stress and bending stress-displacement of DFRC showed big differences according to maximum size of coarse aggregate and diameter.

1. 서론

건설현장에서 구조재료로 가장 널리 사용되고 있는 콘크리트는 압축강도, 내구성이 우수하고 경제성이 우수한 성질을 가지고 있지만, 인장강도와 휨강도가 작고 인성이 작아 본질적으로 취성적 성질과 균열에 대한 저항능력이 작아서 이로 인한 철근부식 등의 문제가 발생함으로써, 구조물의 수명이 급격히 저하된다.

최근에 와서는 이러한 콘크리트의 결함을 보완하기 위한 콘크리트의 섬유혼입기술로서 섬유보강 시멘트 복합재료(이하, FRCC: Fiber Reinforced Cementitious Composites), 고인성 시멘트 복합재료(이하, HPRCC: High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites), ECC(Engineering Cementitious Composite)가 개발되고 있다. 이에 따라 단섬유에 대한 시멘트·콘크리트와의 보강기구에 관한 연구 및 각종 고성능 단섬유의 개발이 급속히 진행되어 지금까지 없었던 새로운 성능을 갖는 HPRCC 콘크리트가 연구되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 HPRCC에 굵은골재를 혼합한 고인성콘크리트 개발하기 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 사용재료

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

본 실험은 굵은골재 최대치수와 PVA섬유를 사용한 고인성 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 검토하기 위해 실험계획을 표 1과 같이 설정하였다. 즉, W/B는 40%, 단위수량은 380kg/m³, 잔골재율은 70%로 고정하였으며, PVA섬유의 직경을 40, 100, 200 μ m, 굵은골재의 최대치수를 10, 15, 20, 25mm로 설정하였다. 또한, PVA섬유를 사용한 고인성 콘크리트의 물성을 검토하기 위해 굳지않은 상태에서는 테이블플로우, 공기량을 경화상태에서는 휨강도, 휨응력-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.

표 1. 실험계획

항 목		수 준
물-결합재비 (%)		40
단위수량 (kg/m ³)		336
잔골재율 (%)		70
PVA섬유의 직경 (μ m)		40, 100, 200
굵은골재 최대치수 (mm)		10, 15, 20, 25
혼화제의 치환율 (%)		50
시험 항목	굳지않은 콘크리트	테이블플로우, 공기량
	굳은 콘크리트	휨강도, 휨응력-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	국내 G산(강모래), 표면비중 2.50, 흡수율 1.26%, 조립율 2.57	
	굵은 골재	10mm	부순자갈, 표면비중 2.59, 흡수율 0.75%, 조립율 6.04
		15mm	부순자갈, 표면비중 2.60, 흡수율 0.79%, 조립율 6.54
		20mm	부순자갈, 표면비중 2.65, 흡수율 0.81%, 조립율 6.99
		25mm	부순자갈, 표면비중 2.69, 흡수율 0.85%, 조립율 7.09
고성능감수제		E사 고축합형 폴리카르본산계	
증점제		E사 메틸셀룰로우스계	

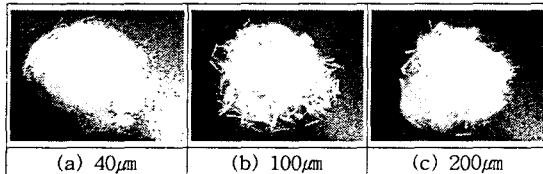


사진 1. PVA 섬유의 외형

표 3. 고인성콘크리트의 배합

물-결합재비 (wt.%)	굵은골재 최대치수 (mm)	PVA 섬유 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	10	40	2.0	380	475	373	164	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	373	164	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	373	164	475	26.8	2.85	0.95
	15	40			475	373	165	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	373	165	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	373	165	475	26.8	2.85	0.95
	20	40			475	373	166	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	373	166	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	373	166	475	26.8	2.85	0.95
	25	40			475	373	166	475	26.8	2.85	9.5
		100			475	373	166	475	26.8	2.85	1.9
		200			475	373	166	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 비빔 하였다. 그 후 굵은골재를 투입하여 150초간 비빔을 실시하였다. 또한 균지않은 성상을 평가하기 위해 비빔직후 플로우 및 공기량을 측정 하였으며, 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 실시 하였다. 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.

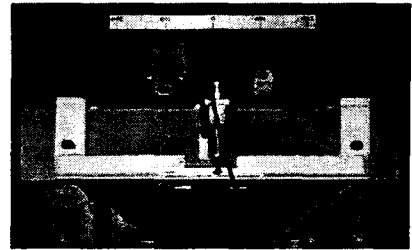
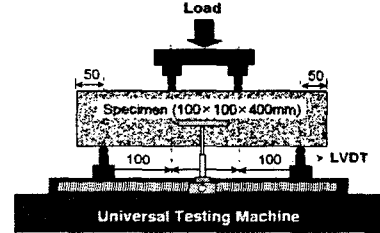


사진 2 휨시험의 모식도 및 전경

3. 실험결과 및 고찰

3.1 균지않은 콘크리트의 성상

그림 1은 굵은골재 최대치수에 따른 PVA섬유직경별 고인성 콘크리트의 비빔직후 테이블플로우를 나타낸 것으로, G_{max} 에 관계없이 동일 섬유에서는 유사한 값을 보였다. 한편, 동일 G_{max} 에서 테이블 플로우 값은 섬유 직경에 따라 다소 차이를 보였으며, 섬유 직경이 클수록 다소 높은 유동성을 보였다.

그림 2는 굵은골재 최대치수에 따른 PVA섬유직경별 고인성 콘크리트의 공기량을 나타낸 것으로, PVA섬유를 사용한 콘크리트의 공기량은 5.4~7.1%로 다소 크게 나타났다. G_{max} 최대치수별 차이는 거의 없는 것으로 나타났으나, PVA 100 μ m에서는 다소 크게 나타났다.

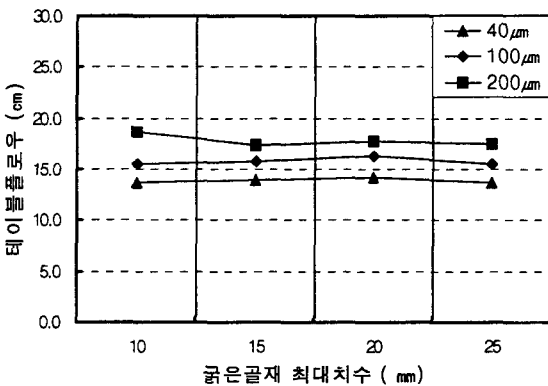


그림 1. 테이블플로우의 변화

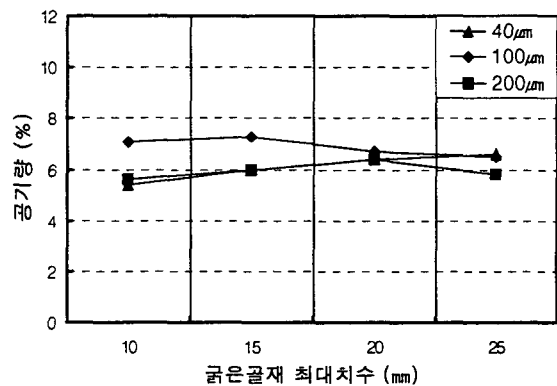


그림 2. 공기량의 변화

3.2 경화 콘크리트의 성상

그림 3은 굵은골재 최대치수에 따른 PVA섬유직경별 고인성 콘크리트의 최대휨강도를 나타낸 것으로, PVA40 μ m에서 19.2N/mm²로 가장 큰 경향을 보였다. 반면 PVA200 μ m는 17.7N/mm²로 가장 작은 값을

나타냈으며, PVA100 μm 는 18.6N/mm²로 중간 정도의 값을 보이고 있으며, 최대휨강도는 PVA40>PVA100>PVA200의 순으로 나타났다.

그림 4는 굽은골재 최대치수에 따른 PVA섬유직경별 고인성 콘크리트의 휨응력-변위곡선을 나타낸 것이다. 골재치수에 따라 휨거동이 다르게 나타났다. PVA100이 가장 안정적인 휨거동을 보이고 있었으며, 변위경화 거동이 안정적이며, 최대 휨응력에서의 처짐량이 우수한 것으로 나타났다.

4. 결론

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

- 1) PVA 섬유를 사용한 고인성 콘크리트의 공기량 및 플로우는 G_{max} 에 관계없이 유사한 수준을 보였다. 단, 섬유의 직경에 따라서는 다소 차이를 보였다.
- 2) PVA 섬유를 혼입한 고인성 콘크리트의 휨강도는 G_{max} 15mm, d_f 100 μm 에서 가장 우수하게 나타났다.
- 3) PVA 섬유를 혼입한 고인성 콘크리트의 휨응력-변위거동은 G_{max} 에 따라 다르게 나타났으며, 골재치수에 관계없이 PVA100 μm 를 사용한 경우에 가장 안정적인 휨거동을 나타내었다.

감사의글

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
- 2) I.Markovic, Development of High Performance Hybrid Fibre Concrete, High Performance Fiber Reinforced Cement Composites(HPFRCC4), Proceedings of the Fourth International RILEM Workshop, pp.277~300, 2003

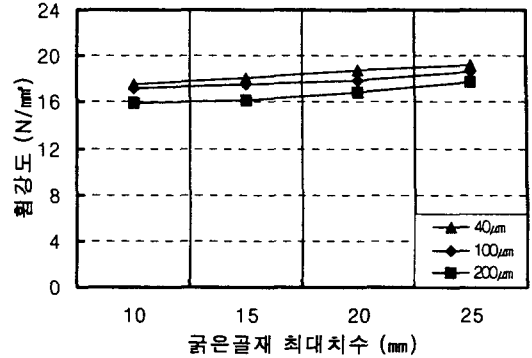
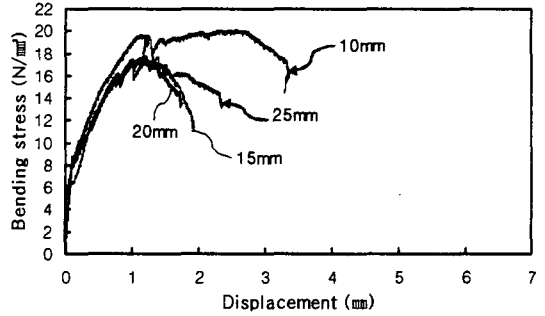
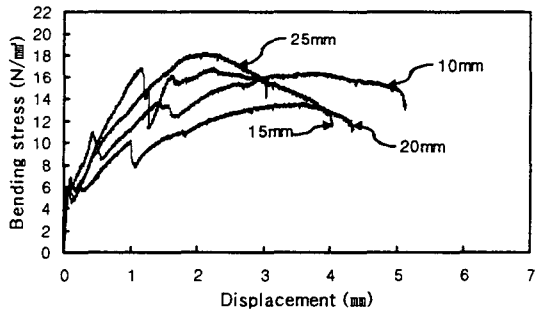


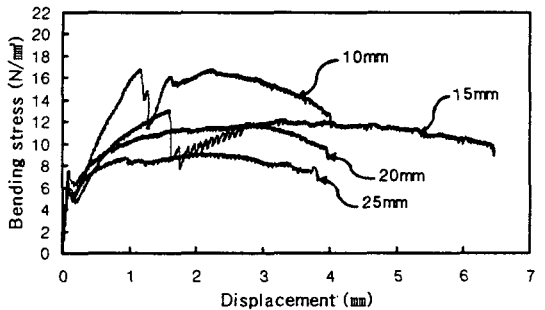
그림 3. 최대휨강도의 변화



(a) PVA40



(b) PVA100



(c) PVA200

그림 4. 휨응력-변위곡선