

친수성섬유보강 시멘트복합체의 소성수축균열제어 특성

Plastic shrinkage Cracking of Hydrophilic Fiber Reinforced Cement Composites

원종필 · 황금식* · 윤종환 · 장필성 · 김명균 (건국대)

Won, Jong Pil · Hwang, Keum Sic · Yoon, Jong Hwan · Jang, Pil Sung · Kim, Myung Koun

Abstract

Plastic shrinkage cracking occurs at the exposed surfaces of freshly placed concrete due to consolidation of the concrete mass and rapid evaporation of water from the surface. This so-called shrinkage cracking is a major concern for concrete, especially for flat structural such as pavement, slabs for industrial factories and walls. This study has been performed to obtain the plastic shrinkage properties of hydrophilic fiber reinforced mortar and concrete. The results of tests of the hydrophilic fibers were compared with plain and polypropylene fibers. Test results indicated that hydrophilic poly vinylalcohol fiber reinforcement showed an ability to reduce the total crack area and maximum crack width significantly(as compared to plain and polypropylene fiber reinforcement).

I. 서론

콘크리트 타설 후 소성상태에 있을 때 건조한 주변환경에 노출되면 급격한 수분의 증발로 수축현상이 일어나며 건조되지 않은 내부 콘크리트의 구속으로 표면에 인장 응력이 발생되어 균열을 유발시킨다. 콘크리트 내에 소성수축으로 인한 균열은 콘크리트 구조물에 있어 시각적 효과뿐만 아니라 콘크리트의 투수성을 증가시켜 최종적으로 다양한 형태의 파괴를 발생시키는데 이러한 문제점을 개선함은 물론, 내구성의 향상, 안정성 및 신뢰성을 확보할 수 있는 대책이 중대한 과제이다. 콘크리트 성능 저하의 원인인 균열을 억제하기 위해 여러 가지 방법이 시도되고있으며 그중 하나의 방법으로 섬유를 보강재료로 사용하여 시멘트 매트릭스 내에 섬유를 골고루 분산되게 보강하면 균열 저항성을 증대시킬 수 있다.^(3,4) 현재 세계적으로 콘크리트의 균열저감을 목적으로 사용량이 많은 섬유 중에 하나인 폴리프로필렌섬유는 매트릭스내 분산성이 뛰어나고 비교적 낮은 가격의 장점이 있지만 섬유표면이 소수성이라 경화초기 시멘트 매트릭스와의 부착능력이 약하며 낮은 탄성계수 값을 가지고 있는 단점을 지니고 있다. 따라서 보통 콘크리트보다는 수축에 의한 균열을 감소시키는 장점이 있지만 폭이 큰 균열보다는 넓은 범위에 걸쳐 다량의 미세 균열을 발생시킨다. 또한 표면이 소수성이어서 섬유와 매트릭스 계면에서 공극이 있을 수 있어 반복하중을 받는 콘크리트 구조물에 사용시 장기적으로 콘크리트 구조상에 영향을 미칠 수

있다.⁽¹⁾ 본 연구에서는 폴리프로필렌섬유의 이러한 문제점을 해결하기 위하여 콘크리트의 보강재료로서 친수성의 폴리비닐알콜섬유를 시멘트복합체에 적용하였을 때의 수축 제어 효과를 평가하려한다.

II. 재료 및 실험방법

1. 시멘트 및 골재

보통 포틀랜드 시멘트(Type I)는 국내 H사 제품을 사용하였다. 굵은 골재 비중은 2.62, 최대치수 25mm의 부순 골재를 사용하였으며, 잔골재는 비중 2.60의 강모래를 사용하였다.

2. 사용 섬유

콘크리트 보강섬유로 개발된 PVA섬유는 섬유 표면이 수산기를 가지고 있는 친수성 구조로서 콘크리트 내에서 분산이 잘되고 높은 탄성계수와 시멘트 페이스트와의 높은 부착 성능을 가지고 있다.⁽⁴⁾ PVA섬유와 폴리프로필렌섬유의 특성은 Table. 1에 나열하였다.

Table. 1 Properties of fibers

Properties	Preferred	Polypropylene fiber	Poly Vinylalcohol fiber
Length(mm)	High	19	6
Effective diameter(mm)	Low	0.1	0.015
Aspect ratio	High	190	400
Specific gravity	Medium	0.9	1.26
Elastic modulus (MPa)	High	4	10.8
Tensile strength (MPa)	High	600	686.5
Hydrophilic/hydrophobic surface	Hydrophilic	Hydrophobic	Hydrophilic
Alkali resistance	High	High	High

3. 배합설계

본 연구에서는 폴리비닐알콜섬유 혼입에 따른 균열특성을 평가하기 위하여 Table. 2와 같은 배합설계를 하였다.

Table. 2 Mixture proportions

	f_{ck} (MPa)	C_{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	w/c (%)	s/a (%)	Weight of unit (kg/m ³)				Fiber volume fraction (%)
							W	C	S	G	
Plain											-
PP fiber	23.5	25	15±1	5.0±1	55	40.9	176.6	321.1	712.3	1047.4	0.1
PVA fiber											0.07

III. 실험방법

1. 콘크리트 소성수축 실험

본 실험은 Balaguru등에 의해 제안되었던 실험에 의해 실시하였다.⁽²⁾ 560×365mm의 면적의 사각형태로 가운데와 양끝에서 76mm 거리에 구속조건을 주는 금속조각판이 응력을 유발하여 이 부근에서 균열이 유도되게끔 하였다. 실험은 온도 28±3℃, 습도 40±5%에 풍속 4.5~5m/sec로 일정한 조건을 유지시켜 실험을 3회 반복 실시하였다.

2. 모르타르 소성수축 실험

모르타르 배합(시멘트 : 모래 : 물 = 1 : 1.5 : 0.55)을 사용하여 Kraai에 의한 실험방법으로 실시하였는데 몰드는 900×900×19mm의 얇은 판 모양으로 둘레에 인장 응력을 집중시켜 구속 효과가 더 좋게 하기 위해 100mm 간격으로 12×25mm의 구속섬유를 설치한 형태이다.⁽²⁾ 실험은 콘크리트 소성수축과 동일한 온도 및 습도조건에서 2회 반복 실시하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 콘크리트 소성수축 실험

실험 결과는 표면에 발생한 균열의 최대 폭과 균열의 총면적(Σ (균열의 길이×균열폭))으로 나타내었는데 폴리비닐알콜섬유보강 콘크리트는 보통 콘크리트 및 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트와 비교하여 균열 폭에서는 각각 63%, 41%로 작아졌으며 균열면적에서는 각각 79%, 58%로 줄어들어 제어성능이 더 효과적인 것으로 나타났다. 실험결과는 Fig. 1, Fig. 2에 각각 나타내었다.

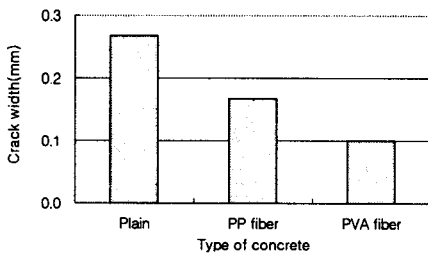


Fig. 1 Maximum crack width

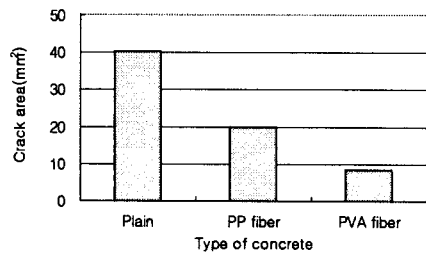


Fig. 2 Total crack area

4. 모르타르 소성수축 실험

실험결과는 평균 균열 폭을 3mm, 2mm, 1mm, 0.5mm의 4가지 단계로 나누어 계산하였다. 실험결과 폴리비닐알콜섬유보강 모르타르는 보통 모르타르 및 폴리프로필렌섬유보강

모르타르와 비교하여 균열 저감이 각각 65%, 19%로 나타났다. 실험결과는 Fig. 3에 나타내었고 시편의 균열모습은 Fig. 4, Fig. 5, Fig 6에 각각 나타내었다.

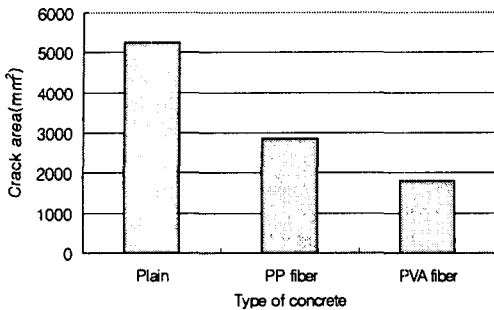


Fig. 3 Total crack area (mortar)



Fig. 4 plain mortar

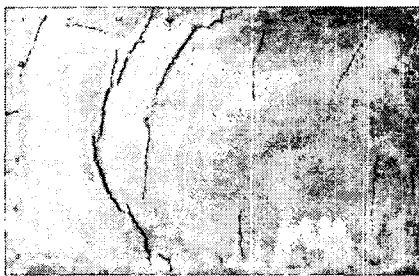


Fig. 5 polypropylene fiber reinforced mortar

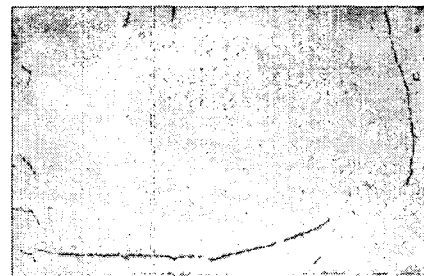


Fig. 6 PVA fiber reinforced mortar

V. 결론

본 연구에서 폴리비닐알콜섬유보강 시멘트복합체의 균열제어 성능을 평가하기 위한 소성수축 실험결과 친수성인 폴리비닐알콜섬유는 폴리프로필렌섬유에 비하여 비교적 작은 직경과 높은 형상비를 갖추고 있어 시멘트 복합체 내에서 섬유간 거리가 짧으므로 미소균열을 억제하고 안정화하여 균열제어에 효과적인 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 한만엽, PPF섬유의 첨가가 콘크리트 공극 구조에 미치는 영향, 대한토목학회논문집, 제14호 제5권, pp1081~1089, 1994.9.
2. Balaguru, Contribution of fibers to crack reduction of cement composites during the initial and final setting period, ACI Materials journal, May-jun, pp280-288, 1994.
3. L.R. Betterman, C. Ouyang, and S. P. Shah, Fiber-matrix interaction in microfiber-reinforced mortar, Elsevier Science Inc, 1995.
4. Yixin Shao and S. P. Shah, Mechanical properties of PVA fiber reinforced cement composites fabricated by extrusion processing, ACI Materials Journal, November-December, 1997.