

서로 다른 길이의 PVA 섬유 혼합에 따른 시멘트 복합체의 균열제어 특성

Control of Shrinkage Cracking of Cement Composites with Different Length Mixture of PVA Fibers

원 종 필* 김 명 균** 박 찬 기*** 김 완 영**** 박 경 훈*** 장 창 일***

Won, Jong Pil Kim, Myung Kyun Park, Chan Gi Kim, Wan Young Park, Kyoung Hoon Jang, Chang Il

Abstract

The purpose of this study was to determine the optimum length distribution of hybrid PVA(Poly vinyl alcohol) fiber. To produce blended PVA fiber length, first the length distribution of PVA fiber in the cement composites were identified in an experimental study based on simplex lattice design. Among the different length distributions investigated, fiber length was found to have statistically significant effect on plastic shrinkage cracking of cement composites. Subsequently, Complex analysis techniques were used to devise an experimental program that helped determine the optimum combinations of the selected fiber length distribution based on plastic shrinkage crack. The optimum blended PVA length ratio was 0.0146% 4mm fiber, 0.0060% 6-mm fiber, 0.0285% 8-mm fiber, and 0.0209% 12-mm fiber.

Keywords: PVA fiber, Optimum length distribution, Plastic shrinkage crack, Simplex lattice design

1. 서론

일반적으로 섬유보강 시멘트 복합체는 단일섬유에 국한되어 사용되어 왔는데 1990년대 후반부터 2종 이상의 섬유를 혼입하여 단일섬유보강 시멘트 복합체가 발휘할 수 없는 효과를 기대할 수 있는 서로 다른 길이의 섬유를 혼합한 섬유보강 시멘트 복합체의 연구가 점진적으로 이루어지고 있다. 이러한 혼합 섬유의 사용은 서로 다른 섬유의 혼합 및 같은 종류의 섬유를 길이가 다르게 혼합하여 사용하는 방법으로 여러 연구가 진행되었다. 서로 다른 길이의 섬유 혼합 효과는 균열의 성장을 섬유의 길이 및 특성에 따라 시멘트 복합체 내에서 효과적으로 성능을 발휘한다.²⁾

폴리비닐알콜(PVA)섬유는 근래에 국내외에서 시멘트 복합체의 초기 균열제어용으로 그 사용량이 증가하고 있는 추세이다. 표면구조가 친수성인 PVA섬유는 시멘트 복합체가 굳기전 플라스틱 상태에서 균열제어 효과가 좋은 것으로 나타났다.¹⁾ 이러한 시멘트 복합체의 소성상태에서의 균열제어 효과를 극대화시키기 위하여 본 연구에서는 PVA섬유의 길이 변화에 따른 효과를 찾아내려 한다. 이를 위하여 통계학의 최적 배합비를 찾는 방법인 심플렉스 격자 배열법을 사용하여 서로 다른 길이를 가진 PVA섬유 최적 혼합비를 결정하고자 한다.

* 정회원, 건국대학교 사회환경시스템공학과 부교수

** 정회원, 건국대학교 석사과정

*** 정회원, 건국대학교 전임연구원

**** 정회원, 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 시멘트 및 골재

본 실험에 사용된 시멘트는 H사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 굵은 골재는 부순돌로서 비중이 2.62인 25mm를 사용하였고 잔골재는 비중이 2.65인 강모래를 사용하였다.

2.2 폴리비닐알콜섬유

폴리비닐알콜섬유는 일본 Kuraray사 제품으로 섬유표면이 수산기를 가지고 있는 친수성 구조로 콘크리트 내부에서 분산이 잘되고 높은 탄성계수를 가지며 또한 시멘트 페이스트와 높은 부착성능을 가진다. 사용된 폴리비닐알콜섬유는 비교적 작은 직경과 높은 형상비를 가지고 있어 시멘트 매트릭스 내에서 가교작용을 통하여 미소균열을 억제하는데 좋은 작용을 한다. 본 실험에 사용된 폴리비닐알콜섬유의 길이는 4mm, 6mm, 8mm 및 12mm의 네 가지를 사용하였으며 길이를 달리하여 혼합시켜 시멘트 복합체에 혼입하여 실험을 실시하였다. Table 1은 사용된 PVA섬유의 특성을 보여준다.

Table 1 Properties of PVA fiber²⁾

Property	Poly vinyl alcohol fiber
Length(mm)	4, 6, 8, 12
Effective diameter	0.015
Aspect ratio	267, 400, 533, 800
Specific gravity	1.26
Elastic modulus (MPa)	1.1×10^4
Tensile strength (MPa)	700
Hydrophilic/hydrophobic surface	Hydrophilic
Alkali resistance	High

2.3 서로다른 길이의 PVA섬유 조합

본 실험에서는 네 가지 종류의 서로 다른 길이를 가진 PVA섬유의 조합에 따른 혼입율이 0.07%가 되도록 실험계획을 세웠다. 0.07%의 혼입율은 단일 길이의 PVA섬유 사용시 경제성 및 물성대비 균열 제어에 가장 효과적이라 알려져 있는 혼입율이다. 실험계획은 통계학의 혼합물에 관한 실험계획법중의 하나인 심플렉스 격자배열법을 사용하였다. Table 2는 심플렉스 격자배열 실험법을 사용하여 결정된 혼입비이다. 결정된 15가지의 섬유 혼입비를 각기 알파벳 대문자로 A에서 O까지로 나타내었다.

2.4 모르타르 소성수축시험방법

소성수축으로 인한 균열은 콘크리트에서 보다 균열이 더 많이 발생할 수 있는 모르타르에서 서로 다른 길이의 PVA섬유 혼합에 따른 균열제어 성능을 파악하기 위해 시험을 실시하였다. 모르타르 배합은 시멘트 : 모래 : 물 = 1 : 1.5 : 0.55인 배합비를 사용하여 Kraai에 의하여 시도된 시험방법으로 실시하였다. 시험에 사용된 몰드는 Fig. 1과 같은 900×600×150mm의 얇은 판 모양으로 둘레에 인장응력을 발생시킬 수 있는 구속조건을 100mm 간격으로 주어 시험을 실시하였다. 시험 조건은 온도 28±2℃, 습도 40±3%가 되도록 유지하였으며 풍속은 6m/sec로 일정하게 유지하기 위하여 선풍기를 사용하였다. 이러한 조건으로 항온항습실에서 24시간동안 유지시켜 시험을 실시한 후 균열을 관찰하였다.

Table 2 Mix proportions of different PVA fiber length

Mix No.	PVA fiber (%)			
	4mm	6mm	8mm	12mm
A	0.07000	-	-	-
B	-	0.07000	-	-
C	-	-	0.07000	-
D	-	-	-	0.07000
E	0.03500	0.03500	-	-
F	0.03500	-	0.03500	-
G	0.03500	-	-	0.03500
H	-	0.03500	0.03500	-
I	-	0.03500	-	0.03500
J	-	-	0.03500	0.03500
K	0.04380	0.00875	0.00875	0.00875
L	0.00875	0.04380	0.00875	0.00875
M	0.00875	0.00875	0.04380	0.00875
N	0.00875	0.00875	0.00875	0.04380
O	0.01750	0.01750	0.01750	0.01750

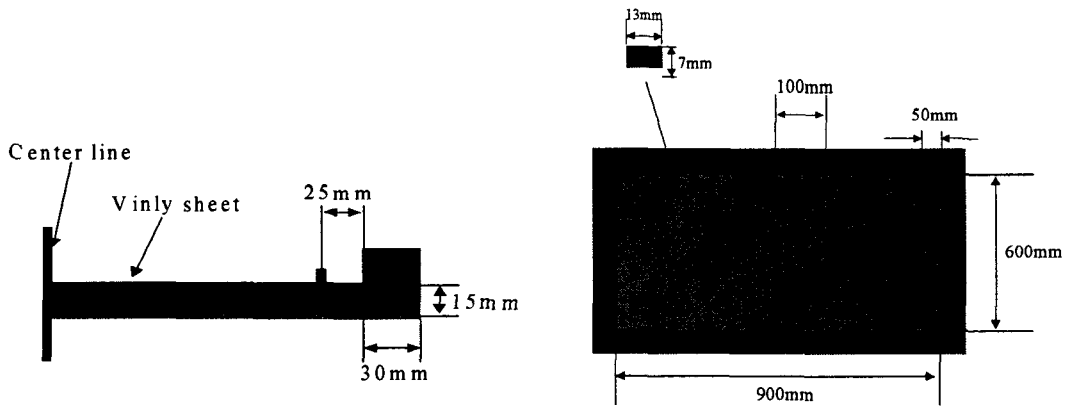


Fig. 1 Apparatus for mortar plastic shrinkage test

3. 실험결과 및 PVA 섬유 길이 최적화

3.1 모르타르 소성수축

Fig. 2는 모르타르 소성수축 시험결과를 보여준다. 실험결과 길이가 다른 2종 이상의 섬유를 혼합한 PVA섬유보강 모르타르는 단일 길이의 PVA섬유로 보강된 것보다 약간의 성능 향상을 가져왔다. 이는 각기 다른 길이의 섬유들이 여러 크기의 균열들을 적절한 길이에 대한 역할 분담으로 인하여 단일 섬유로 보강되었을 때보다 우수한 성능을 발휘했다. Plain과 비교하여 단일 PVA섬유보강시 75% 균열제어 성능을 나타내었는데 2종 이상의 서로 다른 길이의 PVA섬유를 혼합하여 보강한 모르타르의 균열제어는 대략 85%의 균열제어 성능을 발휘하였다. 이는 단일 길이의 섬유로만 보강하였을 때 보다 10%의 균열제어 성능 향상 결과를 나타낸 것이다.

3.2. 서로 다른 길이를 가진 PVA섬유의 최적 혼합비 결정

서로 다른 길이의 PVA섬유를 혼합하여 사용한 시멘트 복합체의 균열제어 성능을 최적화하기 위하여 모르타르 소성수축 균열제어 시험의 결과들을 혼합물 실험에 관한 실험계획법을 사용하여 분석하였다. Table 3은 시험 분석결과와 결정된 서로 다른 길이의 PVA 섬유 최적혼합비를 보여준다.

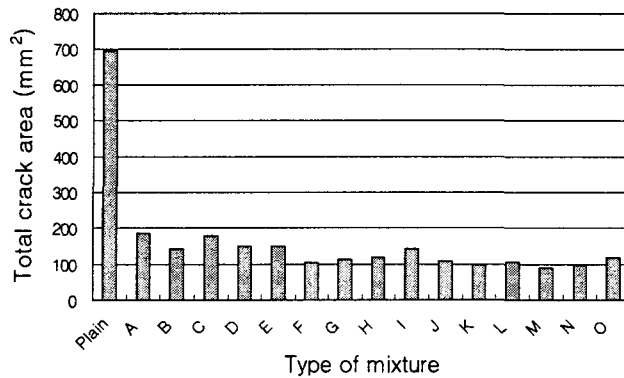


Fig. 2 Total crack area of PVA fiber reinforced cement composites

Table 3 Optimum PVA fiber length ratio

Fiber length	optimum ratio(%)
4mm	0.0146
6mm	0.0060
8mm	0.0285
12mm	0.0209

4. 결론

본 연구에서는 실험계획법의 한 종류인 심플렉스 격자 배열법을 사용하여 서로 다른 길이의 PVA 섬유 최적 혼합비를 결정하고자 소성수축실험을 실시하였다. 실험결과를 통하여 결정된 PVA 섬유의 최적 길이 혼합비는 4mm섬유 0.0146%, 6mm섬유 0.0060%, 8mm섬유 0.0285%, 12mm섬유 0.0209%이다.

참고문헌

1. 원종필, 황금식, 박찬기, 박해균, 친수성 PVA 섬유보강 시멘트 복합체의 균열제어 및 투수성 평가, 한국콘크리트학회 논문집, Vol. 16 No.3, pp.391~396, 2004
2. 김명균, 하이브리드 PVA 섬유보강 시멘트 복합체의 최적 혼입비 결정에 관한 연구, 건국대학교 석사학위 논문, 2003