

섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르의 초기수축균열 및 내구특성

Plastic Shrinkage and Durability Characteristics of Fiber Reinforced Polymer-Modified Mortars

원종필* 장필성** 김명균** 공태웅**
Won, Jong Pil Jang, Pil Sung Kim, Myeong Kyun Kong, Tae Woong

ABSTRACT

The intention of this study is to reduce the plastic shrinkage of the polymer modified cement mortar using the PVA fiber. The durability of PVA fiber reinforced polymer cement mortar was also evaluated. The test results of PVA fiber reinforced polymer modified cement mortar were compared with plain polymer modified cement mortar(non-fiber). In conclusion, PVA fiber reinforced polymer modified cement mortar showed an ability to reduce the total crack area and maximum crack width significantly. Also, fiber reinforced polymer modified cement mortar show improved durability performance.

1. 서론

최근 콘크리트 구조물이 공용년수가 증가함에 따라 열화 및 철근부식으로 인하여 보수·보강의 필요성이 대두되고 있다. 일반적으로 성능이 저하된 콘크리트 구조물의 보수재료로 폴리머 복합재료가 널리 사용되고 있는데 이는 폴리머 재료가 역학적 특성과 내구성이 매우 우수하기 때문이다. 폴리머 시멘트 모르타르는 시멘트 모르타르에 결합재인 시멘트의 일부를 폴리머 라텍스 또는 디스퍼션, 재유 화형 분말수지등과 같은 수용성 폴리머로 대체시켜 제조되는 것으로 제조 방법은 일반 시멘트 콘크리트와 큰 차이가 없다.⁽¹⁾ 현재 국내에서는 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 뿔어붙이기 공법을 적용하는 방법을 사용하고 있는데 이러한 방법은 타설 초기 소성수축균열 발생 및 극심한 환경하에서는 내구성능의 저하에 대한 가능성을 내포하고 있다. 따라서 본 연구에서는 폴리머 시멘트 모르타르에 발생하는 수축균열을 제어하는 효과가 있는 PVA 섬유를 사용하여 균열제어 특성 및 내구성능을 평가·분석함으로써 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 초기 소성으로 인한 균열 감소와 장기적인 내구성능을 향상시키는 데 목적이 있다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 PVA 섬유

PVA 섬유는 시멘트 복합체내에서 효과적인 분산과 친수성의 성질로 인하여 매트릭스와의 강한 결합력을 나타내며 다른 섬유에 비해 강한 화학적·물리적 성질(계면마찰부착력)과 높은 섬유 강성으로 미세균열을 효과적으로 지연시킨다.⁽³⁾ 또한 콘크리트 보강재로서 사용할 경우 인장강도 및 휨강도를 증가시키는 우수한 장점을 가지고 있다. 본 연구에서 사용된 PVA 섬유의 특성은 표 1과 같다.

* 정희원, 건국대학교 사회환경시스템공학과 교수

** 정희원, 건국대학교 대학원

2.1.2 폴리머 시멘트 모르타르

본 연구에서는 일반 폴리머 시멘트 모르타르와 섬유를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르를 사용하였다. 실험에 사용된 폴리머 시멘트 모르타르의 주요 특성은 표 2와 같다.

표 1. Properties of poly-vinyl alcohol fiber

Property	Value
Tensile strength	686 MPa
Elastic modulus	10.8 MPa
Specific gravity	1.26
Length	6mm
Effective diameter	0.015mm
Aspect ratio	400
Alkali resistance	High

표 2. Properties of polymer cement mortar

Property	Value
Based polymer	Vinylacetate-ethylene copolymer
Largest sand grain size	2mm
Apparent density	approx. 2.0
Average compressive strength	after 1day 13.0 MPa after 7days 47.0 MPa after 28days 59.0 MPa
Average flexural strength	after 7days 11.0 MPa after 28days 13.0 MPa

2.2 실험방법

2.2.1 균열제어 특성실험

섬유보강에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 균열제어 특성을 측정하기 위하여 현재 균열제어용으로 알려진 일본 Kuraray사의 PVA 섬유를 0.07% 혼입하여 실험을 실시하였으며, 관찰된 결과를 일반 폴리머 시멘트 모르타르와 비교 분석하였다. 실험방법으로는 1980년대 중반 Kraai 에 의해서 수행된 실험방법으로 실시하였다. 소성수축실험용 몰드는 900×900×19mm의 얇은 판 모양으로 둘레에 인장 용력을 집중시켜 구속효과를 더 좋게 하기 위해 10mm 간격으로 12×25mm의 구속판을 설치하여 제작하였다.⁽⁴⁾(그림1.) 미싱한 폴리머 시멘트 모르타르를 몰드에 가득 담고서 스크리퍼로 각 시편마다 동일하게 한쪽방향으로 미장을 실시하였다. 타설한 후 온도 28±3℃, 습도 40±5%에 풍속 4.5~5m/sec의 조건으로 24시간 방치한 뒤 최대 균열폭 및 균열면적을 측정하였다.

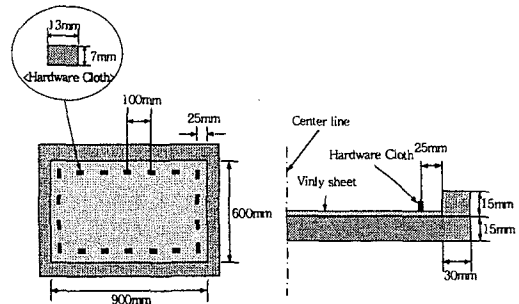


그림 1. Restrained plastic shrinkage test set-up

2.2.2 내구성 실험

섬유 혼입에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 내구성을 평가하기 위하여 동결융해시험, 내약품성시험을 실시하였다. 동결융해시험은 급속동결융해기를 사용하여 측정하였고 내약품성시험은 10% CaCl₂, 10% Na₂SO₄, 및 5% H₂SO₄의 약품에 침지한 뒤 90일까지의 압축강도 감소율을 측정하였다.

3. 실험결과

3.1 소성수축시험

폴리머 시멘트 모르타르 소성수축 균열시험 결과, 섬유를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르가 상당한 균열제어 효과를 보여주었다. 이와 같은 결과는 PVA 섬유가 모르타르 타설후 표면에서의 급격한 수분증발을 방지하여 모르타르의 미세균열의 발생을 억제하기 때문이라 사료된다. 또한 PVA 섬유는 분산력이 우수하고 비교적 작은 직경과 높은 형상비를 갖추고 있어 시멘트 모르타르 내에서 미소균열을 억제하고 안정화하며 섬유의 가교작용을 통하여 시멘트 모르타르의 소성수축 균열제어에 효과적인 작용을 하는 것으로 보인다.⁽²⁾ 실험결과에는 표 3 및 그림 2에 나타내었으며, 그림 3과 그림 4는 균열발생 형태를 보여준다.

표 3. Maximum crack width & Total crack area

	Maximum Crack Width (mm)	Total Crack Area (mm ²)	Percentage of Control (%)	Percentage of Crack Reduction (%)
Polymer Cement Mortar	2.1	1778	100	0
Polymer Cement Mortar + PVA Fiber	1.2	686	39	61

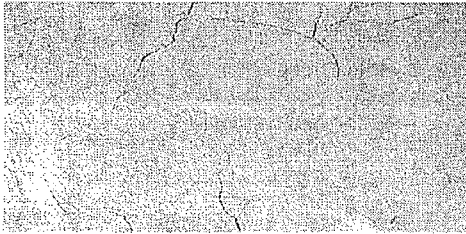


그림 3. Plain polymer cement mortar

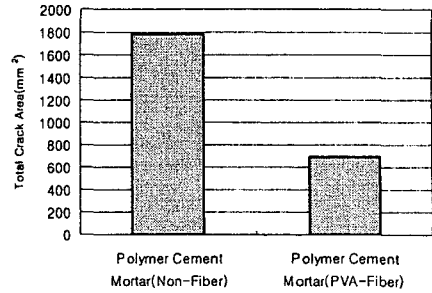


그림 2. Total crack area

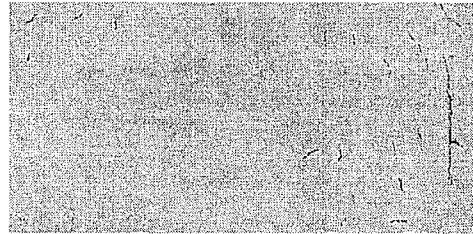


그림 4. Fiber reinforced polymer cement mortar

3.2 동결융해시험

재령 28일의 폴리머 시멘트 모르타르를 급속 동결융해시험기를 사용하여 동결융해를 반복하여 얻어진 압축강도 변화량은 표 4 및 그림 5와 같다. 그림 5를 보면 섬유를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 내동결융해성이 일반 폴리머 시멘트 모르타르 보다 더욱 우수함을 알 수 있다. 이는 PVA 섬유를 혼입함으로써 시멘트 페이스트와의 물리적 결합(가교작용) 으로 인하여 경화된 혼합물에서 더욱 강한 결합을 이루고 있기 때문이라 사료된다.⁽⁵⁾

3.3 내약품성시험

3가지 약품에 90일 동안 침지시켜 얻은 압축강도 변화량은 표 5 및 그림 6과 같다. 그림 6을 보면 폴리머 시멘트 모르타르 두가지 모두 우수한 내약품성을 가지고 있는데 특히 섬유를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 성능개선의 효과가 뚜렷함을 알 수 있다. 이는 폴리머·시멘트 모르타르는 시멘트 수화과 동시에 진행되는 폴리머 필름의 형성에 의하여 Co-matrix 상이 형성되고 그에 따라 골재가 강하게 결합되어 역학적 성능 및 내약품성이 증대되기 때문이다. 또한 내황산염에 우수한 PVA 섬유를 혼입함으로써 시멘트 복합체는 더욱 강하게 결합하게 되어 성능개선의 효과를 보여주었다.

표 4. Results of relative compressive strength after repeated freezing and thawing cycles

	Cycle	Compressive strength (MPa)	Relative Compressive strength (%)
Polymer Cement Mortar (Non-fiber)	0	59.3	100.0
	20	60.2	101.5
	50	57.4	96.8
	75	55.2	93.1
	150	48.1	81.1
Polymer Cement Mortar (PVA-fiber)	0	60.2	100.0
	20	58.3	98.5
	50	58.2	96.7
	75	56.6	94.0
	150	53.6	89.0

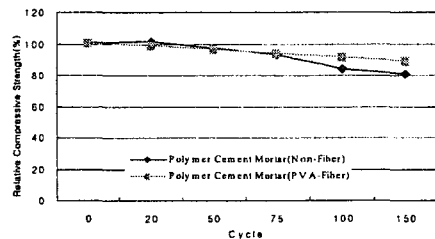


그림 5. Relative compressive strength after repeated freezing and thawing cycle

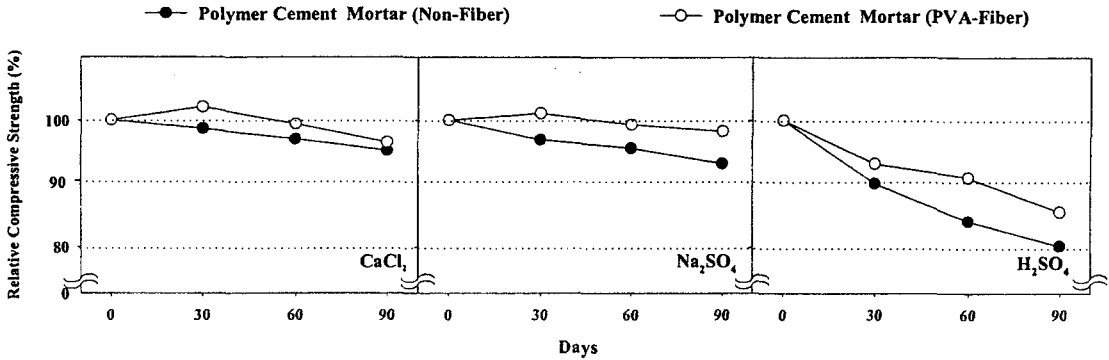


그림 6. Relative compressive strength after chemical solution exposure

4. 결론

본 연구는 섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르의 소성 수축균열 및 내구성능들을 평가하기 위한 것으로 실험을 통한 결과를 일반 폴리머 시멘트 모르타르와 비교하였다. 실험을 통한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 섬유 보강된 폴리머 시멘트 모르타르는 일반 폴리머 시멘트 모르타르 보다 균열 폭과 균열면적을 상당히 감소시켰다. 이와 같은 결과는 PVA 섬유가 시멘트 매트릭스 내에서 균열에 대한 저항을 해주는 가교(bridging) 작용에 의한 것으로 PVA 섬유가 미세균열의 발생과 성장의 제어에 효과적이라는 것을 보여준다.

(2) 동결융해 시험결과 섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르가 일반 폴리머 시멘트 모르타르에 비해 압축강도 저하율이 상대적으로 7.9% 정도 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 섬유의 혼입으로 인하여 미세균열이 억제되고 또한 모르타르 내부에 고르게 분산되어 있는 섬유의 가교작용 인하여 동결융해 저항성이 우수해 지기 때문이다.

(3) 섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르가 일반 폴리머 시멘트 모르타르에 비해 내약품성이 대체적으로 우수하였다. 특히 황산염과 산(Acid) 용액에 대한 저항성이 우수하였는데, 황산염의 경우 일반 폴리머 시멘트 모르타르의 상대 압축강도 저하율이 93.2% 인데 비하여 섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르는 98.3%를 나타내어 황산염에 대한 저항성이 매우 우수하게 나타났다.

참고 문헌

1. Yoshihiko Ohama, "Recent Progress in Concrete-Polymer Composites", Elsevier Science, (1997)
2. Luo, Q.Z., "Study on Grafted PVA Fiber Reinforced Cement Materials", Journal -HEBEI University of science and technology, Vol,23 No.2, (2002)
3. Burke, P.L., "Durability of extruded thin sheet poly vinyl alcohol(PVA) Fiber-Reinforced Cement Composites" ACI special publications, Vol.190 No.1, (2000)
4. Balaturu, "Contribution of fibers to crack reduction of cement composites during the initial and final setting period, ACI Materials journal, May-June, pp 280-288, (1994)
5. 원종필, 박찬기(1999), 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 수축균열 및 내구특성, 대한토목학회논문집, 제19권 제1-5호, pp 783-790

표 5. Result of relative compressive strength after chemical solution exposure

	Days	Relative Compressive strength (%)		
		CaCl ₂	Na ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄
Polymer Cement Mortar (Non-Fiber)	0	100	100	100
	30	98.7	96.9	90.1
	60	97.0	95.6	84.1
	90	95.2	93.2	80.2
Polymer Cement Mortar (PVA-Fiber)	0	100	100	100
	30	102.1	101.1	93.2
	60	99.4	99.3	91.0
	90	96.5	98.3	85.6