



친환경 UM수지를 사용한 섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르의 내구성 및 강도 특성

권민호¹⁾ · 서현수²⁾ · 임정희²⁾ · 김진섭^{2)*}

¹⁾경상대학교 토목공학과 공학연구원 ²⁾경상대학교 토목공학과

The Properties of Durability and Strength of Fiber-Reinforced Polymer-Modified Mortars Using Eco-Friendly UM Resin

Min-Ho Kwon,¹⁾ Hyun-Su Seo,²⁾ Jeong-Hee Lim,²⁾ and Jin-Sup Kim^{2)*}

¹⁾Dept. of Civil Engineering, ERI, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²⁾Dept. of Civil Engineering, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT In this study, performance of fiber-reinforced polymer-modified mortar was studied for the development of eco-friendly materials for high performance repair and reinforcement. The general cement mortar and eco-friendly UM resin was mixed with a certain percentage for increased durability. To increase the strength of the polymer-modified mortar, PVA fiber, steel fiber and hybrid fiber were added at a constant rate. Hybrid fiber is contains the same percentage of PVA fiber and steel fiber. In order to determine the strength properties of fiber-reinforced polymer-modified mortar, the compressive strength test, the splitting tensile strength test and the flexural strength test were performed. And, in order to determine the durability properties of fiber-reinforced polymer-modified mortar, water absorption test and chemical resistance test were performed. From the experimental results, polymer-modified mortar using UM resin was improved durability. And the tensile strength and flexural strength increased, which were the vulnerability of fiber reinforced polymer-modified mortar. From this study, fiber-reinforced polymer-modified mortar using eco-friendly UM resin can be used to repair and reinforcement for the external exposure of concrete structures to improve the durability.

Keywords : eco-friendly, fiber reinforced, polymer cement mortar, UM resin, durability

1. 서 론

최근 전 세계적으로 산업화에 따른 대기오염이 증가함에 따라 산성비 등의 환경오염 문제가 많이 발생하고 있다. 대기 중의 유해물질이나 산성비 등에 의해 콘크리트 구조물의 열화와 장기 사용에 따른 노후화 등 콘크리트 구조물의 성능저하 문제가 사회적으로 이슈화 되고 있다.

국내·외적으로 구조물의 보수·보강 및 보수·보강 재료에 대한 관심이 급증하고 있다. 폴리머 시멘트 모르타르는 일반 시멘트 모르타르에 비하여 내약품성, 내화학성, 수밀성 등 내구성능이 우수하다. 이러한 특징으로 인하여 구조물의 보수·보강 재료 및 구조물을 보호하는 피복재나 마감재로 요구 성능에 따라 그 사용량이 증가하는 추세이다.¹⁻⁴⁾ 따라서 근래에는 국내 연구자들에 의해 폴

리머 시멘트에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

황의환 등¹⁾은 SBR라텍스, EVA에멀전 및 PAE에멀전을 폴리머-혼화제로 사용하여 실험을 통하여 강도와 내구성에 대하여 검토하였다. 주명기 등²⁾은 고유동 폴리머 시멘트 모르타르의 건조수축 및 강도 특성에 대해 연구하였고, 형원길 등³⁾은 MMA계 아크릴 라텍스와 St/BA모노머 비에 따른 폴리머 시멘트 모르타르 개발에 관한 연구를 수행하였다. 김완기 등⁴⁾은 양생조건 및 보수방법에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 성장에 대해 연구하였다. 이 밖에도 많은 폴리머 시멘트 모르타르에 대한 연구가 국내·외 연구자들에 의해 진행되고 있다. 하지만 이와 같은 대부분의 기존 연구는 폴리머 종류와 첨가량에 대한 특성을 연구하는 것이었다. 또한, 친환경성 건설재료의 개발에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 환경을 고려한 친환경 폴리머 결합재나 섬유를 보강한 폴리머 시멘트 모르타르에 관한 연구는 현재 미비한 실정 이므로 환경문제를 고려한 보수·보강 재료 개발에 대한 연구가 필요하다.

UM(urethane acrylate MMA resin)수지는 수용성 수지

*Corresponding author E-mail : jskim7085@naver.com

Received December 3, 2012, Revised February 22, 2013,

Accepted March 4, 2013

©2013 by Korea Concrete Institute

로, 인체에 무해하여 인공치아, 인공관절, 콘택트 렌즈 등의 제조에 사용되고 있다. 또한, 무독성 난연재로서 화재 시 유독가스 배출이 없다. 이러한 UM수지는 기존의 다른 수지들에 비해 경화시간이 빠르고 온도에 민감하지 않다. 또한, 상온에서 사용 시 기존의 수지에서는 발생하는 유해가스가 발생하지 않는다.

이 연구에서는 휨과 인장을 받는 외부노출 콘크리트에 대한 내구성 향상을 위한 친환경 보수 보강재의 개발 가능성을 확인하고자 하였다. 친환경 수지인 UM수지를 폴리머 시멘트 모르타르의 결합재로 사용하였다. 또한 휨강도 증진을 위해 이러한 폴리머 시멘트 모르타르에 섬유로 보강하였다. 수지사용에 따른 내구성을 검토하기 위하여 UM수지의 첨가량에 따른 폴리머 시멘트 모르타르에 대한 흡수율 및 내약품성 실험을 실시하였다. 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도 증진을 위하여 PVA 섬유 및 강섬유를 첨가하여 인장강도와 휨강도실험을 수행하였다. 실험을 통하여, 친환경적이며 내구성과 휨강도가 우수한 고성능 보수·보강 재료 개발에 대한 기초적 자료를 제공하고자 하였다. 또한 섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르에 사용되는 수지와 섬유는 가격이 고가이며 적정량 이상이나 이하로 사용하게 되면 그 효과를 제대로 발휘하지 못하게 되어 성능 면이나 경제성이 떨어지므로 수지와 섬유의 배합비를 다양하게 하여 검토하였다.

2. 실험

2.1 실험개요

이 실험은 친환경 수지인 UM수지를 사용하여 고내구성 폴리머 시멘트 모르타르를 혼합하였다. 강도 증진을 위하여 폴리머 시멘트 모르타르에 섬유들을 보강하였다. 섬유를 보강한 폴리머 시멘트 모르타르의 제조 기술과 활용을 위한 기초적 연구로서 수지 첨가량과 섬유의 종류 및 첨가량에 따른 특성에 관하여 검토하였다.⁵⁻⁸⁾

연구에 사용된 수지는 UM 수지, 섬유는 PVA섬유, 강섬유를 사용하였다. 실험에 사용된 재료의 시멘트(C):표준사(S) 비는 1:1, (물(W)+UM 수지(UM))/C를 35%로 일정하게 고정하였다. W+UM의 비율 35% 중 액상 UM수지 첨가량 비를 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75%로 증가하여 치환 배합하였다. 섬유의 보강은 PVA섬유, steel 섬유, hybrid(PVA섬유+steel섬유)섬유를 각각의 실험체에 중량비로 1%, 2%를 첨가하여 비교하였다. 배합 후 양생은 수중양생을 실시하였고 각 시편의 재령일은 28일을 기준으로 하였다.

친환경 수지인 UM수지를 첨가한 폴리머 시멘트 모르타르의 내구성능을 확인하기 위하여 흡수율 시험, 내약품성 시험을 수행하였다. 그리고 섬유를 보강한 UM 폴리머 시멘트 모르타르의 기초적인 강도특성을 알아보기

위한 실험으로 압축강도시험, 쪼갬 인장강도시험, 휨강도시험을 수행하였다.

2.2 사용재료

이 연구에서 물과 함께 친환경 수용성 수지인 UM수지를 사용하였다. UM 수지는 기존의 다른 수지들에 비해 경화시간이 빠르고 시공시 현장의 온도에 민감하지 않아 급속 시공이 가능한 장점 등이 있는 친환경적 수지이다. 또한, 작업시 냄새가 발생하지 않아 사용성이 우수하다. 액상의 UM수지의 구성 성분은 Table 1과 같다. 강도 보강을 위하여 사용된 섬유는 일본 K사에서 제조된 PVA섬유와, 국내 H사에서 제조된 hook형 강섬유이며 물리적 특성은 Table 2, 3과 같다.

모르타르 배합에 사용된 시멘트는 KS L 5201의 규정에 따른 1종 보통 포틀랜드 시멘트(밀도: 3.15 g/cm³, 분말도: 3302 cm²/g)를 사용하였다. 잔골재는 KS L 5100의 규

Table 1 The composition of the UM resin (unit: %)

MMA (methyl methacrylate)	PMMA (polymethyl methacrylate)	BA (butyl acrylate)	Water
56	7	7	30

Table 2 The physical properties of PVA fiber

Diameter (mm)	0.04
Length (mm)	12
Tensile strength (MPa)	1600
Elongation (%)	6
Young's modulus (GPa)	37
Oil content (%)	0.8

Table 3 The physical properties of steel fiber

Length (mm)	31.03
Diameter (mm)	0.50
Aspect ratio (L/D)	62.06
Type	Hooked type
Tensile strength (MPa)	1064



(a) PVA fiber

(b) Steel fiber

Fig. 1 Shape of the fiber

정에 따른 주문진 표준사를 사용하였다. 또한 배합 과정에서 발생할 수 있는 재료분리를 방지하고 유동성을 향상시키기 위해 고성능 감수제와 증점제를 사용하였으며 배합과정에서 발생하는 큰 기포들을 제거하기 위하여 소포제를 첨가하였다. 마지막으로 기름, 산, 유기 불순물, 혼탁물 등을 포함하지 않은 상수도수를 배합수로 사용하였다.

2.3 실험방법

섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르의 배합시험은 공칭 용량 40L 용량의 전동 혼합기를 사용하였다. 폴리머 시멘트 모르타르의 혼합은 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)을 참고하였다. 시멘트와 표준사를 넣고 30초간 건비빔을 행한 후 UM수지를 배합수와 2분간 혼합하였다. 각 섬유를 첨가한 뒤 재료분리와 유동성 그리고 배합시 발생하는 큰 기포들을 배제하기 위해 혼화제를 첨가하여 1분30초간 교반하였다. 총 비빔시간은 240초가 소요되었다. 정확한 혼합시간을 기록하기 위하여 스톱워치 초시계를 사용하였다. UM수지의 혼입량은 배합수에 대하여 액상 UM수지의 중량비율을 일정하게 증가시켰다. 실험에 관한 배합표는 Table 4와 같다. 표에서, W(total)는 액상수지에 함유된 물과 배합수를 합산한 물의 양이며, UM(resin)은 액상 UM 중 물을 제외한 무게이다.

2.3.1 압축강도 시험

시험용 공시체 50×50×50 (mm)를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생하였다. 제작된 공시체를 KS L 5105의 시험방법에 따라 압축강도 시험을 수행하여 압축강도를 측정하였다.

2.3.2 휨강도 시험

시험용 공시체 100×100×500 (mm)를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생 후 KS F 2408의 시험방법에 따라 휨강도 측정을 실시하였다.

2.3.3 쪼갬 인장강도 시험

시험용 원형 공시체 φ 100×200 (mm)를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생하였다. 공시체를 KS F 2423의 시험방법에 따라 쪼갬 인장강도를 측정하였다.

2.3.4 흡수율 시험

시험용 공시체 40×40×160 (mm)를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생하였다. 흡수율시험은 KS F 2459 및 JIS A 1404에 따라 수행하였다.

2.3.5 내약품성 시험

내약품성시험은 40×40×160 (mm)의 공시체를 배합에

따라 제작하여 28일간 수중양생한 후 사용하였다. KS M 5307 과 ASTM C 267을 참고하여, 염산 2%용액과 황산 5%용액을 사용하여 양생된 시험체를 28일간 침지하여 중량변화율을 측정하였다.⁵⁾

Table 4 Mix proportion of UM polymer-modified mortar

Type	Fiber type	Fiber content of total volumn (%)	UM/W (%)	W (total) /C (%)	UM (resin) /C (%)
PCM	-	-	15	31.3	3.7
PCMPF1.0	PVA	1.0			
PCMPF2.0	PVA	2.0			
PCMSF1.0	Steel	1.0			
PCMSF2.0	Steel	2.0			
PCMHF1.0	Hybrid	0.5+0.5			
PCMHF2.0	Hybrid	1.0+1.0			
PCM	-	-	30	27.7	7.3
PCMPF1.0	PVA	1.0			
PCMPF2.0	PVA	2.0			
PCMSF1.0	Steel	1.0			
PCMSF2.0	Steel	2.0			
PCMHF1.0	Hybrid	0.5+0.5			
PCMHF2.0	Hybrid	1.0+1.0			
PCM	-	-	45	24.0	11.0
PCMPF1.0	PVA	1.0			
PCMPF2.0	PVA	2.0			
PCMSF1.0	Steel	1.0			
PCMSF2.0	Steel	2.0			
PCMHF1.0	Hybrid	0.5+0.5			
PCMHF2.0	Hybrid	1.0+1.0			
PCM	-	-	60	20.3	14.7
PCMPF1.0	PVA	1.0			
PCMPF2.0	PVA	2.0			
PCMSF1.0	Steel	1.0			
PCMSF2.0	Steel	2.0			
PCMHF1.0	Hybrid	0.5+0.5			
PCMHF2.0	Hybrid	1.0+1.0			
PCM	-	-	75	16.6	18.4
PCMPF1.0	PVA	1.0			
PCMPF2.0	PVA	2.0			
PCMSF1.0	Steel	1.0			
PCMSF2.0	Steel	2.0			
PCMHF1.0	Hybrid	0.5+0.5			
PCMHF2.0	Hybrid	1.0+1.0			

3. 실험 결과 및 분석

3.1 내구성 시험 결과

3.1.1 흡수율

Fig. 2는 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율 실험 결과를 나타내었다. 흡수율은 구조물의 내구성에 큰 영향을 미친다. 보통 시멘트 모르타르는 기포에 의한 공극과 모세관 공극, 겔 공극 등과 삼투압 작용 등에 의해 구조물의 내부로 물이 침투하게 된다. 내부로 침투하는 물은 각종 유해물질을 포함하고 있어 철근의 부식을 일으키는 원인을 제공하므로 흡수율은 구조물의 내구성과 밀접한 관계를 가진다. 폴리머 시멘트 모르타르는 구조체 내부에서 모세관 공극 및 겔 공극과 같은 내부 공극을 폴리머 입자나 폴리머 필름이 채우면서 물이 침투할 수 있는 공극량을 감소시키게 된다. 또한 폴리머 필름은 자체적으로 방수성을 가져 외부로부터의 물의 침투를 차단할 수 있는 역할을 하게 된다. 이러한 이유로 폴리머 시멘트 모르타르는 보통 시멘트 모르타르에 비해 우수한 방수성을 가지고 있어 물의 영향을 많이 받는 구조물의 벽체나 슬래브, 지하실, 옥실, 그리고 물탱크 등의 실내·외 방수재료로 사용되는 경우가 많다.⁶⁾ 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율 및 투수성은 공기량과 폴리머의 종류에 따라 조금씩 차이가 있으며, 폴리머 시멘트 비에 따라서도 많은 차이가 있다. 그러나 일반적으로 공기량과 폴리머의 종류보다는 폴리머와 시멘트의 비에 따라 큰 차이를 나타내고 있으며, 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 흡수율도 감소하는 것으로 알려져 있다.⁷⁾ 이것은 폴리머디스퍼전이 미수화 시멘트복합체 내부에서 분산되어 계면활성효과를 발휘하고, 시멘트의 수화과정의 진행에 따라 탈수, 건조되면서 자착성과 접착성을 갖는 폴리머 막을 형성하여 복합체내의 미세공극을 밀봉함으로써 복합체의 투기, 투수에 대한 저항성을 증대시키기 때문이다.⁸⁾

이 연구에서도 기존의 연구 결과들과 마찬가지로 UM수지 첨가량이 증가할수록 흡수율이 낮아짐을 볼 수 있

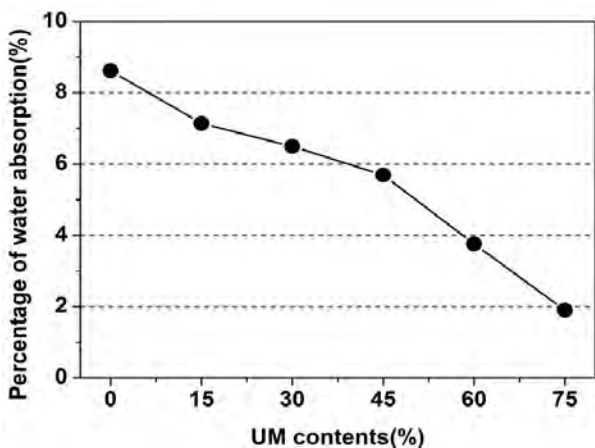
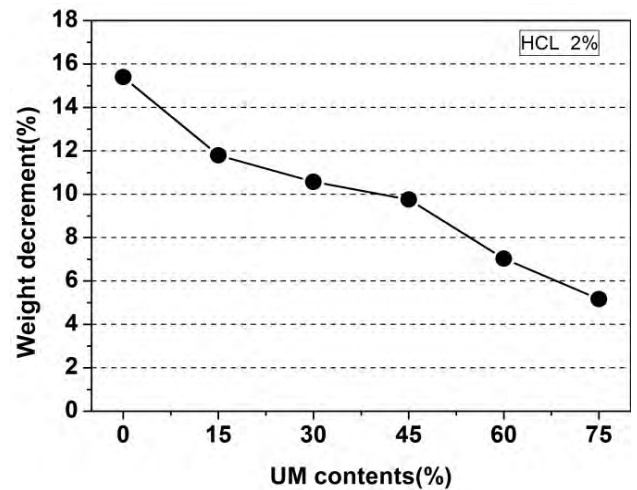


Fig. 2 Test results of water absorption

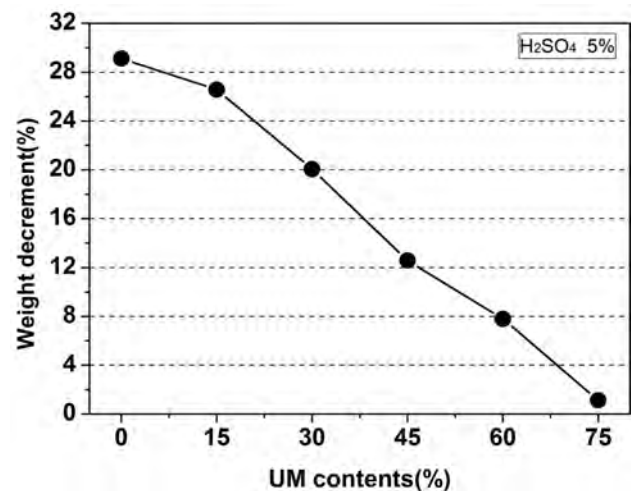
다. UM수지를 첨가한 폴리머 시멘트 모르타르는 수지를 첨가하지 않은 일반 시멘트 모르타르보다 최대 4.54배 흡수율 감소가 나타났다.

3.1.2 내약품성

Fig. 3(a), (b)는 폴리머 시멘트 모르타르의 내약품성 실험 결과를 나타내었다. UM수지 첨가량이 증가할수록 내산성이 커짐을 알 수 있다. UM수지를 첨가하지 않은 일반 시멘트 모르타르에 비해 염산용액에서는 최대 2.98배, 황산용액에서는 최대 21.89배 중량 감소율의 저항효과가 나타났다. 이러한 결과로 UM수지의 사용이 내산성에 큰 효과가 있음을 알 수 있었다. 이는 폴리머 필름의 형성으로 공시체 표면의 미세한 크랙이 줄어들고 필름의 실링 효과로 밀실성이 증가됨으로써 산용액에 대한 저항효과가 커진 것으로 사료된다. 또한 폴리머 입자와 폴리머 필름의 형성으로 인해 폴리머 시멘트 모르타르의 내부에 큰 공극을 채우게 된다. 따라서 전 세공용적은 줄이고 미세공극량은 증가시키기 때문에 내구성 향상에 많은 영향을 끼친 것으로 판단된다.^{9,10)}



(a) HCl 2%



(b) H₂SO₄ 5%

Fig. 3 Test results of chemical residence

3.2 강도시험 결과

3.2.1 압축강도

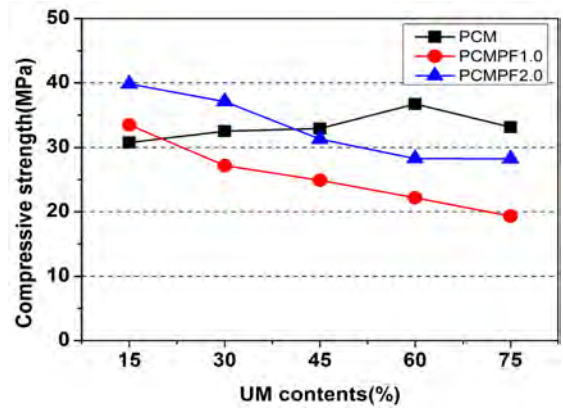
Fig. 4는 섬유를 보강한 폴리머 시멘트 모르타르의 UM 함유량에 따른 압축강도시험 결과를 나타내고 있다. 모든 시험체에서 UM수지의 함유량이 증가할수록 대체적으로 압축강도는 감소하는 것으로 나타났다. 수지의 함유량이 증가할수록 물-시멘트비(W/C)가 감소하여 강도가 증가를 예상하였으나, 수지의 함유량이 증가할수록 강도는 대체적으로 감소하였다. 이러한 강도감소는 UM수지를 사용함으로써 시멘트 모르타르의 액상중의 이온농도들이 변화하여 시멘트의 수화가 지연되기 때문으로 사료된다. 또한 압축응력을 부담하는 시멘트 수화물의 강도가 작아지고, 자체 강도를 가지고 있지 않은 폴리머 막이 형성되어, 습윤 겔에 가까운 상태로 다량의 수분을 함유하여 시멘트 수화물과 골재간의 접착력이 작아지기 때문에 압축강도가 감소한 것으로 판단된다.¹¹⁾

Fig. 4(a), (b) 및 (c)에서는 섬유 함유량에 따른 압축강도 변화를 나타내고 있다. PVA섬유만을 함유하고 있는 PCMPF 시험체가 섬유 함유량에 따라 비교적 큰 강도차이를 보이고 있다. 수지 15%와 30% 함유량인 시험체에서는 섬유의 첨가로 섬유를 첨가하지 않은 시험체보다 압축강도가 증가하였다. 강섬유만을 포함하고 있는 PCMSF 시험체와 PVA섬유와 강섬유를 포함하고 있는 PCMHF 시험체는 수지 함유량이 증가함에 따라 강도가 감소하는 경향이 나타났다.

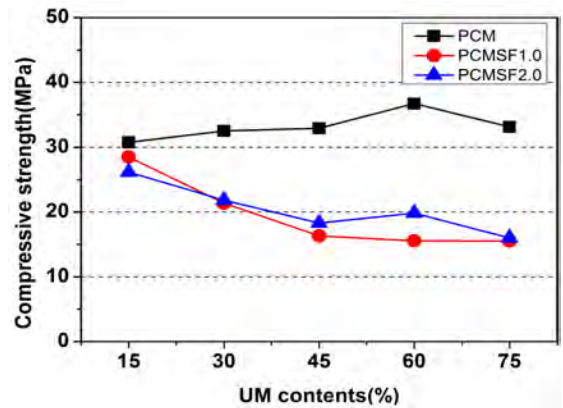
Fig. 4(d)에서는 섬유의 종류와 함유량에 따른 압축강도 결과를 종합적으로 비교하였다. 섬유를 함유하는 시험체 중에서는 PVA섬유만을 함유하고 있는 PCMPF 시험체가 비교적 압축강도가 가장 높은 것으로 나타났다. 강섬유를 함유하고 있는 PCMSF 시험체와 PCMHF 시험체는 PCMPF 시험체 보다 비교적 적은 압축강도를 나타냈다. 따라서 PVA 섬유의 함유량은 강섬유의 함유량보다 압축강도의 결과에 상대적으로 민감한 것으로 판단된다. 섬유보강에 따라 시멘트 모르타르의 압축강도의 개선은 발생하지 않는다.

3.2.2 쪼갬 인장강도

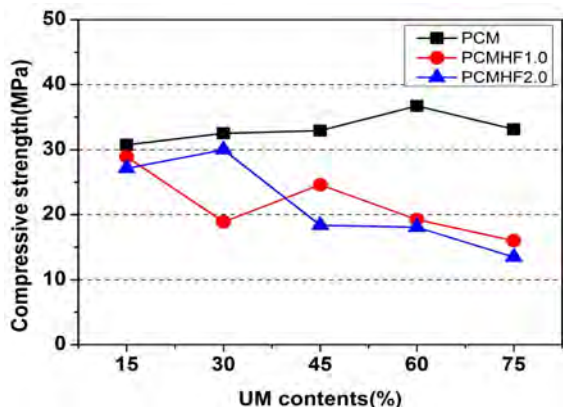
Fig. 5는 섬유를 보강한 폴리머 시멘트 모르타르의 UM 함유량에 따른 쪼갬 인장강도시험 결과를 나타내고 있다. 모든 시험체에서 UM수지의 함유량이 증가할수록 대체적으로 쪼갬 인장강도는 감소하는 것으로 나타났다. 쪼갬인장강도 감소는 UM수지의 첨가 시 형성되는 폴리머 막으로 인하여, 쪼갬 인장응력을 부담하는 양질의 시멘트 매트릭스형성에 좋지 않은 영향을 끼친 것으로 판단된다. 하지만 강섬유만을 함유하고 있는 PCMSF 시험체를 제외한 대부분 모든 시험체에서 UM수지의 함유량에 관계없이 PCM 시험체의 쪼갬 인장강도 이상으로 쪼갬 인장강도가 증가하였다.



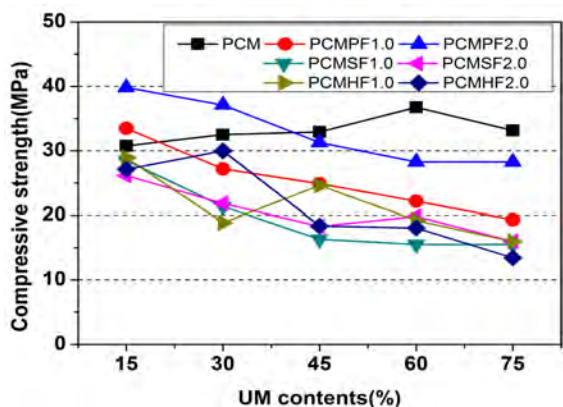
(a) PVA



(b) Steel

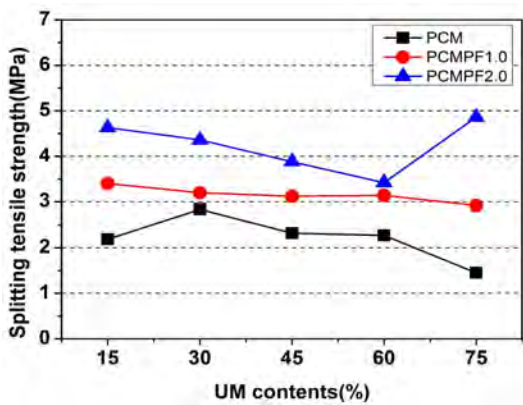


(c) PVA+Steel

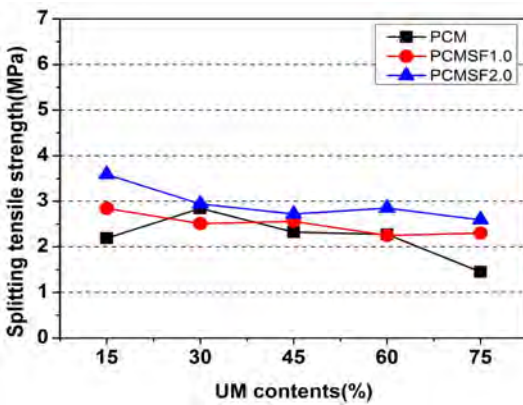


(d) Summary

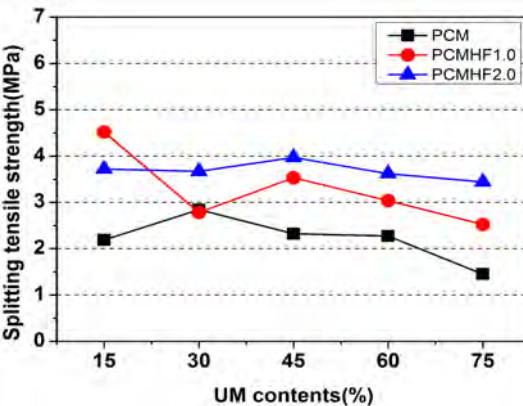
Fig. 4 Test results of compressive strength



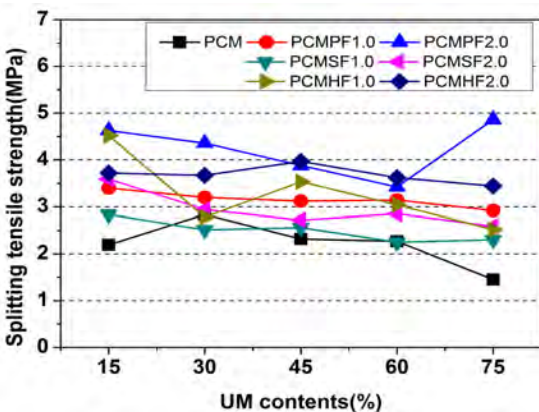
(a) PVA



(b) Steel



(c) PVA+Steel



(d) Summary

Fig. 5 Test results of splitting tensile strength

Fig. 5(a), (b) 및 (c)에서는 섬유 함유량에 따른 쪼갬 인장강도 변화를 나타내고 있다. 모든 시험체에서 UM수지의 함유량에 상관없이 섬유 첨가량이 많아질수록 쪼갬 인장강도가 증가하였다. PCMSF 시험체의 경우 인장강도의 증가가 크게 발생하지 않았다. 강섬유와 PVA섬유를 같이 혼합한 PCMHF 시험체 결과에서는 PCMPF 시험체 결과보다는 강도의 증가가 크지 않았다. PCMPF 시험체의 경우 섬유의 첨가량이 증가할수록 쪼갬 인장강도의 증가가 비교적 크게 발생하였다. 이것은 PVA 섬유의 가교작용으로 인해 우수한 균열제어 효과로 인장강도 성능향상에 기인하는 것으로 판단되며,¹²⁾ 이 실험에서는 PVA 섬유가 인장강도 증진에 큰 효과가 있는 것으로 판단된다. 강섬유의 경우 섬유의 첨가량에 따라 인장강도의 증가가 PVA 섬유보다 크지 않았다.

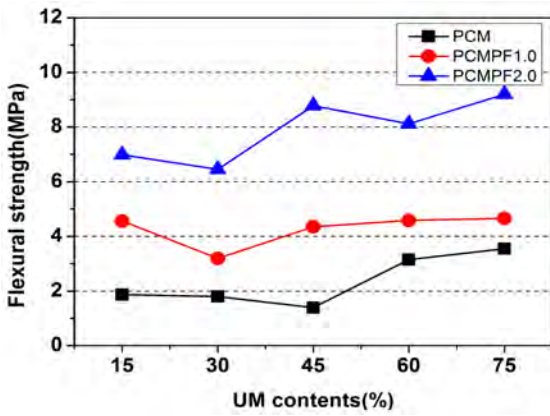
Fig. 4(d)에서는 섬유의 종류에 따른 쪼갬 인장강도 변화를 종합적으로 비교하고 있다. 강섬유만을 함유하고 있는 PCMSF 시험체 보다는 PVA 섬유를 포함하고 있는 PCMPF와 PCMHF 시험체가 비교적 높은 쪼갬 인장강도를 나타내고 있다. 쪼갬 인장강도를 향상시키기 위한 보강섬유로 PVA섬유가 비교적 우수 할 것으로 판단된다.

3.2.3 휨강도

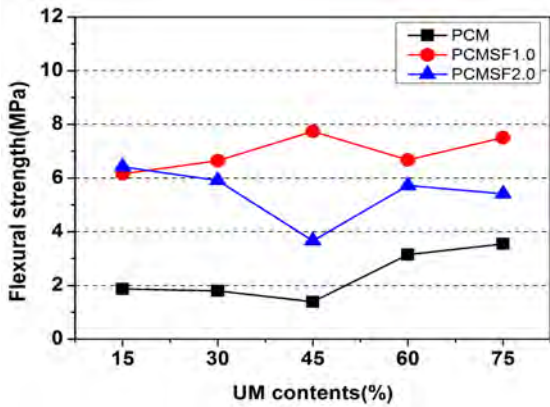
Fig. 6은 섬유를 보강한 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도시험 결과를 나타내었다. PCM시험체의 경우 UM수지의 함유량이 증가할수록 대체적으로 휨강도가 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로, 경화된 시멘트페이스트는 주로 칼슘-실리카수화물과 수산화칼슘에 의한 약한 반데르발스힘에 의해 결합된다. 경화된 시멘트페이스트에 응력이 작용하면 쉽게 미세균열이 발생한다. 미세균열은 일반 모르타르나 콘크리트에 있어서 휨강도를 약화시키는 원인이다. 따라서, 시멘트 모르타르에 폴리머를 첨가함으로써 휨응력이 발생할 때 생기는 미세균열이 폴리머막과 폴리머들에 의해 메워지면서 휨강도의 개선에 영향을 미친 것으로 사료된다.¹³⁾ 섬유를 첨가한 모든 시험체에서 휨강도가 증가하였다. 이는, 섬유가 미세균열의 제어에 간섭을 일으킨 것으로 생각된다.

Fig. 6(a), (b) 및 (c)에서는 섬유 함유량에 따른 휨강도 변화를 나타내고 있다. PCMPF 시험체의 경우 PVA섬유의 첨가에 따라 강도의 증가가 크게 발생하고 있다. 특히, UM수지 함유량 75%에 PVA 2%에서 가장 큰 휨강도를 나타내었다. PVA섬유의 첨가로 휨강도가 크게 개선이 되었다. 또한, UM함유량이 크고, PVA섬유 첨가량이 많아질수록 휨강도가 높아지는 경향으로 미루어 PVA섬유가 휨강도 증진에 효과가 뛰어난 것으로 판단된다. 이것도 PVA섬유의 가교작용으로 인해 우수한 균열제어 효과로 휨강도 성능향상에 기인하는 것으로 판단된다.¹¹⁾

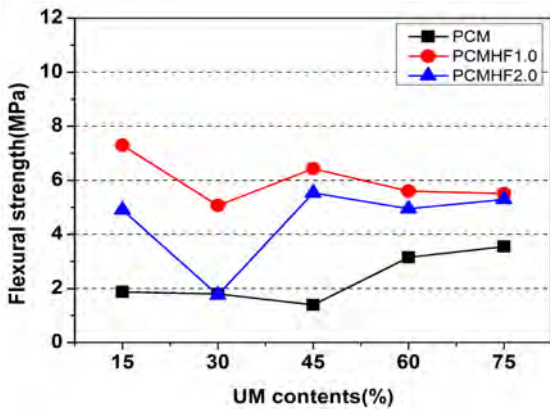
PCMSF 시험체의 경우 강섬유의 첨가량이 많을수록 휨강도가 비교적 작게 측정되었다. 배합시에 강섬유는 섬유의 fiber ball 현상이나 섬유가 가라앉는 등 재료분리



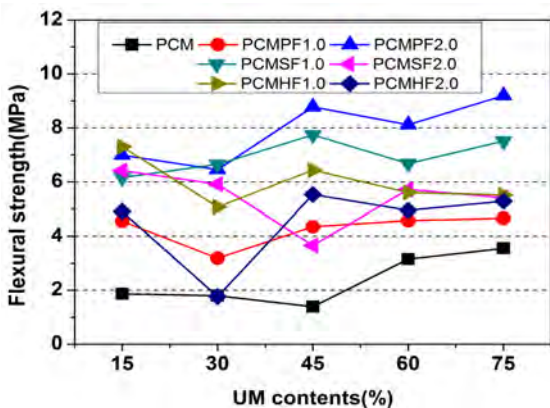
(a) PVA



(b) Steel



(c) PVA+Steel



(d) Summary

Fig. 6 Test results of flexural strength

가 잘 일어나기 때문에 견고한 시멘트 매트릭스 형성에 어려움이 큰 것으로 판단된다. 혼화제 사용을 좀 더 신중히 고려할 필요가 있다고 생각된다. 강섬유의 특성은 PCMHF 시험체의 결과에도 영향이 있는 것으로 판단된다. PCMHF 시험체의 휨강도결과도 PCMSF의 결과와 같이 섬유 첨가량이 클수록 휨강도가 작은 결과가 나타났다. 수지의 함유량이 증가할수록 섬유함유량이 휨강도에 크게 영향이 없는 것으로 판단된다.

Fig. 6(d)에서는 섬유의 종류에 따른 휨강도의 변화를 종합적으로 비교하여 나타내고 있다. 강섬유를 포함하고 있는 PCMSF 시험체와 PCMHF 시험체는 섬유의 첨가량이 많을수록 휨강도는 감소하였다. 또한 수지의 함유량의 증가에도 휨강도의 개선은 효과적이지 못하였다. PVA 섬유만 첨가한 PCMPF 시험체의 경우 섬유의 첨가량이 증가할수록 휨강도가 크게 증가하였다. 또한 수지의 함유량이 증가함에 따라 휨강도가 증가하였다. 이러한 결과를 참고로 휨강도를 향상시키기 위한 보강섬유로 PVA섬유가 우수 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

이 연구에서는 친환경 수지인 UM수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르를 사용한 고내구성 보수·보강재료의 개발 가능성을 평가하고자 하였다. 또한, UM수지를 사용한 섬유보강 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 특성 개선 효과를 실험을 통해 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율은 UM수지의 사용량이 많아질수록 흡수율은 감소하였다. 또한, UM수지의 사용량이 증가할수록 내약품성에 대한 저항력이 개선되어 중량 감소율이 감소하였다.
- 2) UM수지 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도 개선을 위한 섬유보강은 효과적이지 않다. 섬유보강 시 사용섬유와 수지간의 상호 작용에 대한 세밀한 연구를 바탕으로, 섬유보강에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도 감소의 역제가 가능할 것으로 사료된다.
- 3) UM수지 폴리머 시멘트 모르타르의 쪼갬 인장강도와 휨강도의 개선을 위한 섬유보강 실험에서 휨강도가 증가하였다. 휨강도와 쪼갬 인장강도의 보강은 PVA 섬유가 강섬유보다 효과적이었다.
- 4) 친환경 UM 수지와 PVA 섬유를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르는 방수성과 내약품성이 개선되고, 휨인장성능이 증가하므로, 노출된 콘크리트구조물의 내구성 증진을 목적으로 사용이 가능할 것으로 판단된다. 또한, 휨강도 개선을 목적으로 하는 보강재료의 사용가능성을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구이다(No. 2012-0001556).

References

1. Hwang, E. H., Hwang, T. S., and Ohama, Y., "The Strength and Durability of Polymer-Cement Mortars," *Journal of the Korean Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 5, No. 5, 1994, pp. 786-794.
2. Joo, M. J., Lee, Y. S., and Jung, I. S., "Drying Shrinkage and Strength Properties of High-Fluidity Polymer-Modified Mortar," *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 16, No. 5, 2004, pp. 651-657.
3. Hyung, W. G., Kim, W. K., and Soh, Y. S., "Durability of Polymer-Modified Mortars Using Acrylic Latexes with Methyl Methacrylate," *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 17, No. 3, 2005, pp. 411-418.
4. Kim, W. K. and Jo, Y. K., "Strength Properties of Polymer-Modified Repair Mortars according to Curing Conditions and Repair Methods," *Journal of the Korea Concrete Institute*, Vol. 19, No. 4, 2007, pp. 457-465.
5. Kim, Y. C., "Properties of Strength and Durability of Latex Modified Concrete Using Fly-Ash," Master's Thesis, Chung-Ju National University, 2006, pp. 18-27.
6. DePuy, G. W., *Proceedings of the International ICPIC Workshop on Polymers in Concrete*, Slovenia, 1996, pp. 63-67.
7. Ohama, Y., "Report of the Building Research Institute," Noyes Publications, New Jersey, 1973, pp. 65, 74.
8. Soh, Y. S., Park, H. S. Jo, Y. K., and Lee, J. B., "An Experimental Study on the Development of Polymer Cements Mortar," *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 1, No. 4, 1991, pp. 241-248.
9. Ohama, Y., *Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortar, Properties and Process Technology*, Noyes Publications, New Jersey, 1995, pp. 130-133.
10. Do, C. H. and Lee, D. S., *Emulsion Polymerization of Basic and Applied*, The Korean Chemical Society, Yecheon Branch, 2002.
11. Sekino Kazuo, "A Study on the Characteristics and Mix Design of Ultra Rapid-Hardening Polymer-Modified Cement Concrete," Universities in Japan Doctoral Dissertation, 1996, pp. 28-41.
12. Wang, S. and Li, V. C., "Polyvinyl Alcohol Fiber Reinforced Engineered Cementitious Composites: Material Design and Performance," *Proceedings of International RILEM Workshop on HPFRCC in Structural Applications*, Honolulu, HI, 2005.
13. Ramachandran, V. S., *Concrete Admixtures Handbook-Property*, Science and Technology, 2004, pp. 337-391.

요약 이 연구에서는 환경을 고려한 고성능 보수·보강재료 개발을 위하여 섬유를 보강한 폴리머 시멘트 모르타르의 특성을 연구하였다. 친환경 수지인 UM 수지를 일반 시멘트 모르타르와 일정 비율로 혼합하였다. 강도 증진의 영향을 확인하기 위해서 PVA 섬유, 강섬유 그리고 PVA섬유와 강섬유를 일정한 비율로 혼합한 하이브리드 섬유를 일정한 비율로 첨가하였다. 강도특성을 파악하기 위하여 섬유를 보강한 폴리머 시멘트 모르타르에 대하여 압축강도, 쪼갬 인장강도, 휨강도 실험을 수행하였다. 내구성을 파악하기 위하여 폴리머 시멘트 모르타르에 대하여 흡수율 실험, 내약품성 실험을 수행하였다. 실험 결과 UM 수지 폴리머 시멘트 모르타르는 내구성능이 개선되었고, 이러한 폴리머 시멘트 모르타르에 섬유를 보강하면 콘크리트 및 모르타르의 취약점인 인장강도와 휨강도가 증가하였다. 향후 외부 노출된 콘크리트 구조물의 내구성 향상을 위한 보수보강재료로 사용성을 확인하였다.

핵심용어 : 친환경, 섬유보강, 폴리머 시멘트 모르타르, UM수지, 내구성