

VAE 분말수지가 고강도 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 특성에 미치는 영향

Effect of VAE Type Powder Polymer on Strength Properties of High Strength Polymer Cement Mortars

최 중 구¹

이 건 철^{1*}

고 경 택²

류 금 성²

Choi, Jung-Gu¹

Lee, Gun-Cheol^{1*}

Ko, Kyung-Taek²

Ryu, Gum-Sung²

*Department of Architectural Engineering, Korea National University of Transportation,
Deasowonmyun Daehakro 50, Chungju, 380-702, Korea¹*

*Construction Fusion Research Institute, Korea institute of Civil Engineering and Building Technology,
Ilsanseo-gu, Goyang, 411-712, Korea²*

Abstract

In construction materials area, many research on polymer for cement-based materials have been conducted. In spite of these research, general research scope is limited to the normal strength range, and thus in this research, for both normal and high strength range mixtures, the strength and mechanical properties of high strength cement mortar incorporating Vinyl Acetate-Ethylene(VAE) type powder polymer are evaluated. As a result of experiment, in the case of high strength mixture, as the amount of VAE polymer addition was increased the compressive and flexural strengths were decreased while the tensile and bonding strengths were increased because of the formation of the polymer membrane inside of the mortar matrix.

Keywords : vinyl acetate-ethylene, powder polymer, high strength polymer concrete

1. 서 론

현재 우리나라는 1970년대 이후 국가 경제의 급격한 고도성장 정책에 따른 대규모의 신도시 개발로 인하여 콘크리트를 활용한 대량의 구조물이 건설이 되었다. 이러한 콘크리트 구조물들은 시간의 경과함에 따라 외부 환경적인 요인 및 건축물 자체의 노후화로 인해 시멘트 콘크리트 구조물의 성능 저하현상을 나타내어 구조적 안전성이 사회적인 문제로 부각되기 시작하였다[1].

이러한 결점을 보완하기 위해 최근 많은 연구자들은 신축 콘크리트 구조물뿐만 아니라 기존의 구조물을 효율적으로 유지 관리하여 건축물의 성능 저하 및 노후화를 감소시키기 위한 방법으로 특수시멘트 및 혼화재료를 사용하여 콘크리트의 성질을 개선하기 위한 연구를 진행하고 있다. 이들 중 하나가 기존의 콘크리트 제조 기술과 고분자 유기화합물인 폴리머를 혼합하는 폴리머 복합재료에 관한 연구이다[2].

기존의 연구결과에 의하면, 폴리머 복합재료를 기반으로 하는 폴리머 시멘트 모르타르는 보통 시멘트 모르타르보다 인장강도, 휨강도, 내마모성, 내약품성 등과 같이 물리·역학적 성질이 우수하여 구조물의 내구성을 개선시키는데 뛰어난 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[3]. 이처럼 폴리머의 우수한 성질에도 불구하고, 현장에서 콘크리

Received : April 7, 2015

Revision received : April 20, 2015

Accepted : May 8, 2015

* Corresponding author : Lee, Gun-Cheol

[Tel: 43-841-5207, E-mail: glee@ut.ac.kr]

©2015 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

트에 폴리머를 적용한 사례는 미비한 실정이다. 즉, 대부분의 폴리머 복합재료는 주로 노후화된 건축물의 보수재 등의 용도로 사용이 되고 있으며, 최근 콘크리트용으로의 적용 사례 연구가 보고되고 있다[4].

이와 관련하여 Hyung and You[5]는 St/BA를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 특성을 검토한 결과 시멘트 모르타르에 폴리머를 15~20% 혼입하였을 때 인장강도 및 휨강도가 최대로 개선되는 것으로 보고하였다. 또한, Soh et al.[6]은 MMA계 아크릴 라텍스를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르를 제조할 경우 방수성, 중성화, 염화물 이온 침투 저항성 등이 크게 향상 된다고 보고하였다. 국외의 경우 Ohama et al.[7]은 EVA 및 PAE 등 다양한 폴리머 에멀전을 첨가한 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 및 내구성을 검토한 결과, 압축강도, 휨강도, 수밀성, 내동해성 등이 증가하는 것으로 보고하였다.

이처럼 폴리머 시멘트 모르타르는 높은 인장력과 계면간의 높은 부착력으로 매트릭스 내부의 인장 및 휨강도를 현저히 개선할 수 있으며 이러한 성질은 섬유를 사용하는 섬유 보강 콘크리트에 적용할 경우, 섬유의 혼입량을 저감시켜 시공성을 현저히 개선할 수 있을 것으로 예상된다.

그러나, 최근까지 진행된 국내·외 폴리머 베이스 콘크리트 연구는 상대적으로 물결합재비가 높은 보통강도 범위를 대상으로 한 연구가 대부분이었으며, 반대로 물결합재비가 낮은 고강도 범위의 배합을 대상으로 한 연구 사례는 미비한 상황이다. 아울러, 폴리머의 높은 인장력을 섬유보강 콘크리트에 적용한 사례 또한 전무한 상황이다.

따라서, 본 연구에서는 섬유보강 고강도 콘크리트의 인성을 개선하기 위한 방법의 일환으로 고강도 배합 조건에 VAE계 분말수지를 혼입 사용한 시멘트 모르타르의 역학적 특성에 대하여 검토하였으며, 향후 본 연구를 기반으로 분말형 폴리머를 혼입한 섬유보강 고강도 콘크리트 개발의 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 이론적 고찰

시멘트 혼화용 폴리머는 폴리머 디스퍼전, 재유화형 분말수지, 액상 폴리머, 수용성 폴리머 4가지 종류로 분류할 수 있으며 종류에 따라 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이중 본 연구에서 사용된 시멘트 혼화용 폴리머는 재유화

형 분말수지로서 에멀전을 분무하여 건조하는 방법을 통하여 생산이 되고 있으며 기존의 액상형 폴리머 디스퍼전에 비해 현장에서 혼합수만을 가하여 사용할 수 있는 프리패키지(Prepackaged)형태의 제품에 사용할 수 있어 사용이 점차 증가하고 있다[8].

재유화형 폴리머 종류로는 에틸렌-비닐아세테이트(EVA), 폴리비닐아세테이트-비닐카복시레이트(VAveoVa), 스티렌-부타디엔 고무(SBR) 등이 있어 있으며, 이 중 본 연구에서는 주성분이 비닐아세테이트-에틸렌으로 구성된 VAE 분말수지를 이용하고자 한다. 일반적인 VAE는 두 종류의 단량체로 구성된 코폴리머(Copolymer) 분말수지이다. 이러한 VAE는 비극성 물질에 대하여 접착력 및 물과 비누화에 대한 저항성이 우수한 것으로 알려져 있으며, 영구적으로 유연한 폴리머 필름이 생성할 수 있다. 또한, 에틸렌 단량체의 혼입을 통하여 유리전이온도(T_g)를 +25~-25℃ 범위 내에서 자유롭게 조절할 수 있는 성질을 가지고 있으며 에틸렌 함량이 증가할수록 유리전이온도는 감소하는 성질을 나타낸다.

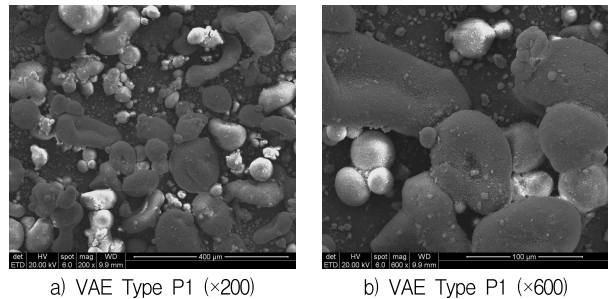


Figure 1. Copolymer SEM images

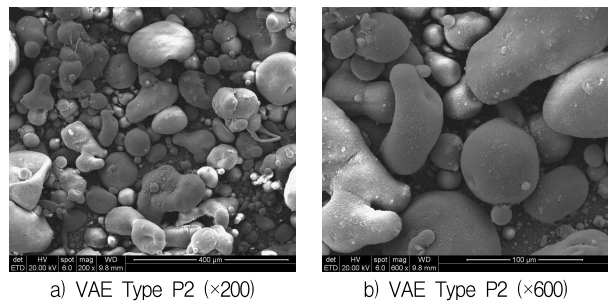


Figure 2. Terpolymer SEM images

최근에는 필요한 용도에 따라 일부분의 성능을 개선시키기 위하여 한 가지 종류 이상의 화학적으로 다른 단량체를 추가하여 구성하는 터폴리머(Terpolymer) 분말수지를

제조하여 사용하고 있다.

예를 들면 지방산 에스테르 단량체와 결합된 터폴리머 분말수지는 유리 전이온도를 낮춰주어 피막을 보다 유연하게 하며, 최저필름형성온도를 낮춰주는 효과를 나타낸다. 비닐 라우레이트 단량체와 결합될 경우에는 발수성 개선으로 인해 내부로 물이 흡수되는 것을 억제할 뿐만 아니라, 불투과성 성질을 나타내어 CO₂ 및 SO₂가 내부로 투과하는 것을 감소시켜 준다. 또한, 비닐 클로라이드 단량체와 결합될 경우 우수한 연신율을 나타내고, 낮은 필름형성 온도 및 투수성을 나타낸다.

이처럼 건축 분야에서 VAE 분말수지를 결합재로 사용할 경우 일반적인 재유화형 폴리머처럼 휨, 인장 강도 등이 증가할 뿐만 아니라, 콘크리트의 내구성이 중요시 되는 분야에서 활용도가 높을 것으로 예상된다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같고, 배합사항은 Table 2와 같다. 배합사항으로 물시멘트비는 고강도 범위의 W/C=23%와 보통강도 범위의 W/C=43%의 2수준으로 하였고, 폴리머 혼입율은 시멘트 대비 외할치환으로 0, 5, 10, 15, 20%의 5수준으로 하였으며, 시멘트와 잔골재의 비율(C:S)은 고강도 배합의 경우 1:1, 보통강도 배합의 경우 1:2의 비율로 하였다. 폴리머 종류로는 W사에 제조된 것으로 탄성을 향상시켜 주는 성분을 가진 폴리머 P1와 방수성능을 향상시켜 주는 성분을 가진 폴리머 P2의 2종류를 혼합의 폴리머를 사용하였으며, 폴리머 혼합비율(P1:P2)은 질량비로 8:2로 하였다. 이때의 목표 플로는 180±10mm, 목표 공기량은 4.5±1.5%로 설정하였으며, 각각의 목표 값을 만족하기 위하여 SP제 및 소포제(폴리머 질량비 대비 1%)를 혼입하였으며, 양생 조건은 20±2℃의 상온조건에서 실시하였다. 실험 사항으로는 굳지 않은 상태에서 플로, 공기량, 단위용적질량을 측정하였고, 경화 상태에서는 소정의 재령상태에서 압축강도, 휨강도, 인장강도, 부착강도 및 길이변화율을 측정하였다.

3.2 사용재료

본 연구의 사용재료로써 시멘트는 국내 A사에서 제조된 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재는 충북 충주

일원의 강모래를 사용하였으며, 폴리머는 독일 W사에서 제조된 VAE계 2 종류의 폴리머를 사용하였다. 또한 유동성을 증가시키기 위해서 폴리카본산계 분말 유동화제를 사용하였고, 시멘트 모르타르에 폴리머를 혼입할 시 연행되는 기포를 감소시키기 위하여 실리콘계 소포제를 사용하였다. 각각의 물리적·화학적 성질은 Table 3~5와 같다.

Table 1. Experimental design

| Items | | Variables | |
|------------|--|-----------|--|
| Mixtures | W/C (%) | 2 | 23, 43 |
| | Polymer powders replacement ratio(%) | 5 | 0, 5, 10, 15, 20 |
| | C : S | 2 | 1:1, 1:2 |
| | Type of polymer | 2 | P1, P2 |
| | Polymer mixture ratio (mass ratio) P1:P2 | 1 | P1:P2=8:2 |
| | Target flow(mm) | 1 | 180±10 |
| | Target air content(%) | 1 | 4.5±1.5 |
| | Curing temperature(℃) | 1 | 20±2 |
| Experiment | Fresh state | 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Flow • Air content • Unit volume weight |
| | Hardened state | 5 | <ul style="list-style-type: none"> • Compressive strength (3, 7, 28 days) • Flexural strength (3, 7, 28 days) • Tensile strength (28 day) • Bonding strength (28 day) • Drying shrinkage (1, 3, 7, 28, 56 days) |

[Notes] P1 : Elastic improvement of polymer,
P2 : Waterproof improvement of polymer

Table 2. Mix proportions

| Type | W/C(%) | C : S | P/C (%) | SP (%) |
|------|--------|-------|---------|--------|
| HS | 23 | 1 : 1 | 0 | 1.40 |
| | | | 5 | 1.21 |
| | | | 10 | 1.05 |
| | | | 15 | 1.53 |
| | | | 20 | 2.07 |
| NS | 43 | 1 : 2 | 0 | 0.73 |
| | | | 5 | 0.40 |
| | | | 10 | 0.32 |
| | | | 15 | 0.25 |
| | | | 20 | 0.17 |

[Notes] HS : High Strength, NS : Normal Strength, W/C : Water to cement ratio, C : Cement, S : Sand,
P/C : Polymer to cement ratio, SP : Superplasticizer

Table 3. Physical properties of cement

| Density (g/cm ³) | Fineness (cm ² /g) | Stability (%) | Setting time(min) | | Compressive strength (MPa) | | |
|------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------|-----------|----------------------------|--------|---------|
| | | | Initial set | Final set | 3 days | 7 days | 28 days |
| 3.15 | 3 483 | 0.15 | 208 | 351 | 20.4 | 29.4 | 43.5 |

Table 4. Physical properties of fine aggregate

| Density (g/cm ³) | Fineness modulus | Absorption ratio (%) | Rtio of absolute volume (%) | Unit volume weights (kg/m ³) |
|------------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|--|
| 2.51 | 0.9 | 2.75 | 61.36 | 1 650 |

Table 5. Physical properties of polymer powders

| Type | Density (g/cm ³) | Ash content (%) | PPSR (um) | MFFT (°C) | Tg (°C) |
|------|------------------------------|-----------------|-----------|-----------|---------|
| P1 | 1.04 | 10±2 | 1-7 | 0 | -7 |
| P2 | 1.04 | 13±2 | 0.3-9 | 0 | 1 |

[Notes] PPSR: Predominant particle size redispersible, MFFT: Minimum film forming temperature, Tg : Glass transition temperature

3.3 실험방법

본 연구의 굳지 않은 상태의 플로 시험은 KS F 2476, 공기량 및 단위용적질량은 KS F 2409의 시험방법에 의거하여 측정하였다. 경화 상태의 압축강도 및 휨강도 시험은 KS F 2476에 의거하여 재령 3, 7, 28일에 측정하였고, 인장강도 시험은 KS F 5104에 의거하여 재령 28일에 실시하였으며, 부착강도는 KS F 4716에 의거하여 재령 28일에 실시하였다. 또한, 길이변화율은 KS F 2424에 의거하여 다이얼 게이지 방법에 의해 재령 1, 3, 7, 28 및 56일에 길이변화를 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 굳지 않은 상태

4.1.1 유동성

Figure 3은 배합강도별 폴리머 혼입율에 따른 플로 변화를 나타낸 것이다. 본 연구에서는 시공성을 고려하여 목표 플로를 180±10mm으로 설정하였고, 목표 플로를 만족시키기 위해 SP제를 사용하였다. 그 결과 보통강도 배합에서는 Plain 대비 폴리머 혼입율 증가에 따라 SP제 사

용량이 감소하였다. 이는 폴리머 입자들의 볼 베어링 작용에 의한 유동성 증가와 더불어 폴리머에 함유된 계면활성화제의 분산작용에 의해 유동성이 증가되어 적은 SP제의 양으로도 목표 플로 범위를 만족하는 것으로 판단된다.

그러나, 고강도 배합에서는 Plain 대비 폴리머 혼입율 증가에 따라 목표 플로 범위를 만족시키기 위한 SP제 사용량이 함께 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 보통강도 배합에 비해 물시멘트비가 현저히 낮아 폴리머에 의한 분산작용 효과가 감소되어 SP제의 양이 증가된 것으로 판단된다. 따라서 폴리머의 분산 효과를 증대시키기 위해서는 일정 이상의 단위수량의 확보가 필요할 것으로 판단된다.

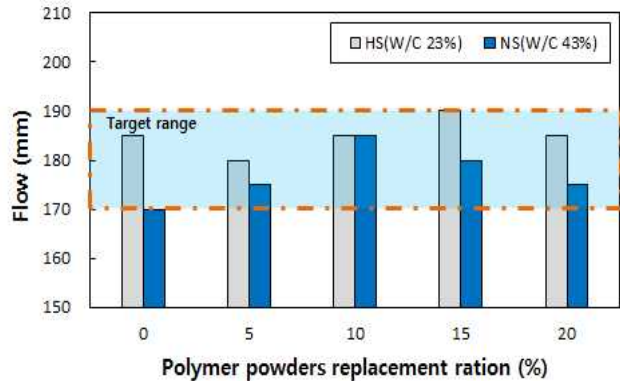


Figure 3. Fluidity according to polymer powders replacement ratio

4.1.2 공기량

Figure 4는 배합강도별 폴리머 혼입율에 따른 공기량의 변화를 나타낸 것이다. 폴리머를 혼입 시 폴리머에 함유된 계면활성화제에 의해 다량의 기포가 발생하는데, 이는 공기량이 과도하게 증가하는 원인이 되어 강도 및 내구성을 저하시킬 수 있다. 이에 본 연구에서는 목표 공기량 범위를 4.5±1.5%로 설정하였으며, 선행 연구를 통하여 과도한 공기량의 발생을 제어하기 위해 소포제를 폴리머 혼입율 대비 1% 동일하게 첨가하여 실험을 진행하였다.

실험 결과, 폴리머를 혼입한 경우 Plain 배합에 비해 다소 높은 공기량을 나타내고 있으나, 소포제를 혼입함으로써 공기량을 제어하여 목표 공기량 범위인 4.5±1.5%의 범위에 만족하는 것으로 나타났으며, 폴리머 혼입율이 증가하더라도 공기량의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 또한, 고강도 배합에 비해 보통강도 배합에서 많은 공기량을 발생하는 것으로 나타났는데, 이는 폴리머에 함유된 계

면활성제의 의한 기포의 작용이 보통강도 배합에서 활발히 발생하기 때문인 것으로 판단된다.

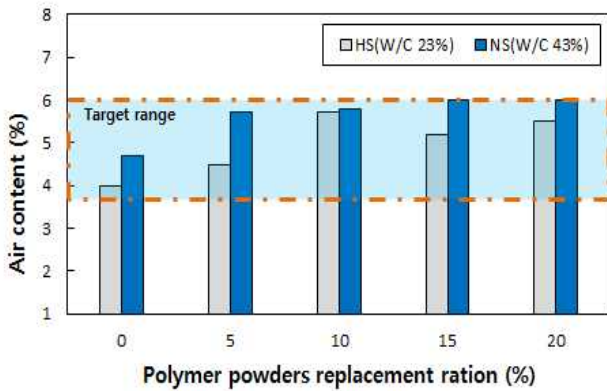


Figure 4. Air content according to polymer powders replacement ratio

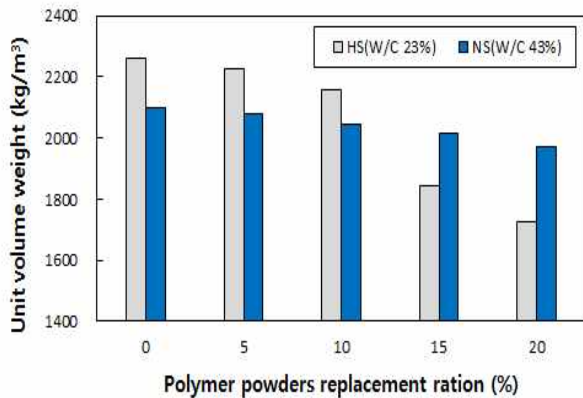


Figure 5. Unit volume weight according to polymer powders replacement ratio

4.1.3 단위용적질량

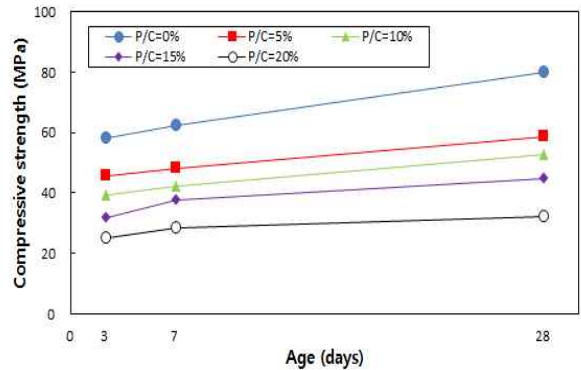
Figure 5는 배합강도별 폴리머 혼입율에 따른 단위용적질량의 변화를 나타낸 것이다. 단위용적질량의 경우 폴리머 혼입율이 증가할수록 단위용적질량이 감소하는 경향을 나타내었으며, 고강도 배합의 경우 보통강도 배합에 비해 단위용적질량이 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이는 시멘트와 폴리머의 밀도 차이에 의한 것으로 밀도가 시멘트보다 상대적으로 작은 폴리머가 모르타르에 다량 혼입되어 단위용적질량이 현저히 감소한 것으로 사료되며, 폴리머 혼입에 따른 점성효과로 시멘트 입자간의 간격이 멀어졌기 때문으로 판단된다. 아울러, 폴리머에 함유되어 있는 계면활성제의 연행공기 작용에 의한 공기량 증가가 하

나의 원인으로 작용하였을 것으로 사료된다.

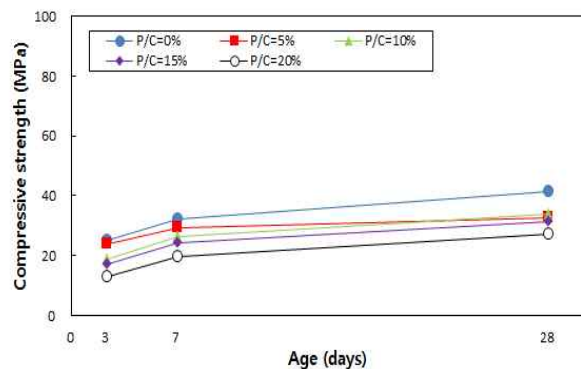
4.2 경화 상태

4.2.1 압축강도

Figure 6은 배합강도별 폴리머 혼입율에 따른 압축강도를 나타낸 것으로서, 전반적으로 폴리머 혼입율이 증가할수록 Plain 대비 압축강도가 저하하는 경향을 나타내었다.



a) HS (W/C 23%)



b) NS (W/C 43%)

Figure 6. Compressive strength according to mixing strength

특히, 고강도 배합의 경우 폴리머의 혼입율이 증가할수록 압축강도가 현저히 감소하는 경향을 나타내었으며, 재령 28일의 경우 Plain에 비해 폴리머 혼입율이 20%일 때 약 35%의 강도발현을 나타내었다. 반면, 보통강도 배합의 경우 고강도 배합에 비해 상대적으로 적은 압축강도 감소를 나타내었는데, 폴리머 혼입율이 20%일 때 Plain 배합에 비해 약 60%의 강도발현을 나타내었다. 이러한 연구 결과는 Park[9]의 연구 결과에서도 유사한 경향을 나타내었는데, 이처럼 폴리머 혼입율이 증가할수록 압축강도가

저하되는 것은 폴리머 사용에 의한 연행공기 발생과 시멘트 수화과정에서 자체강도를 가지고 있지 않은 폴리머 필름의 형성을 증가에 의한 것으로 판단된다. 또한, 고강도 배합의 경우 보통강도 배합에 비해 상대적으로 시멘트량 대비 폴리머가 많이 함유될 수 있기 때문에 다량의 폴리머 필름 생성으로 인하여 보통강도인 NS에 비해 강도가 더욱 저하되는 것으로 사료된다.

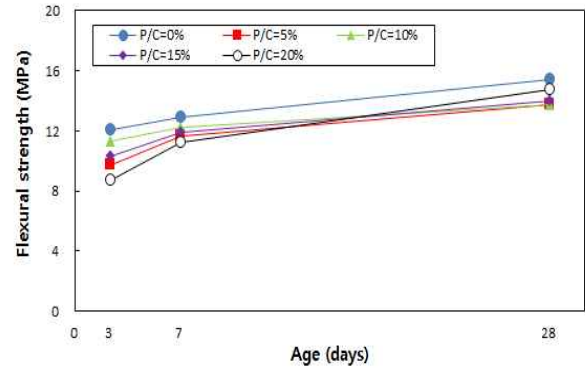
4.2.2 휨강도

Figure 7은 배합강도별 폴리머 혼입율에 따른 휨강도를 나타낸 것이다.

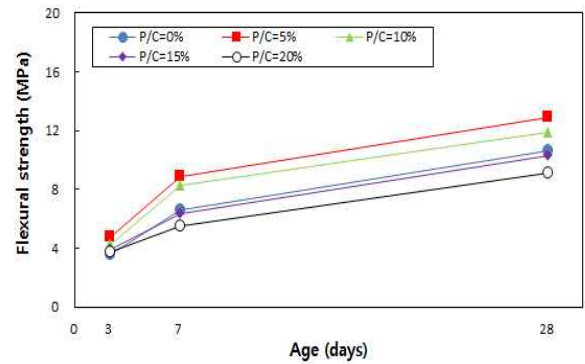
전반적으로 폴리머 혼입율이 증가할수록 Plain 대비 휨강도가 비슷하거나 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 보통 강도의 경우는 압축강도 대비 1/5~1/8 범위의 강도발현을 나타내는 것으로 알려져 있지만, 본 연구에서의 폴리머 모르타르의 휨강도는 압축강도 대비 1/3~1/5 범위로 우수한 성능을 나타내었다. 고강도 배합의 경우 폴리머 혼입시 Plain 보다 다소 낮은 휨강도를 나타낸 반면, 보통강도의 경우에는 다소 높거나 비슷한 경향을 나타내었다. 이처럼, 폴리머 혼입 시 압축강도에 비해 휨강도의 성능이 향상되는 것은 모르타르 내부에 형성된 폴리머 필름에 의한 인장강도 개선 효과 및 시멘트 수화물과 골재간의 결합력 개선에 의한 결과로 사료된다.

4.2.3 인장강도

Figure 8은 배합강도별 폴리머 혼입율에 따른 인장강도 결과를 나타낸 것이다. 전반적으로 폴리머 혼입율이 5%일 때 Plain 배합에 비해 다소 성능저하를 나타냈으나, 10% 이상 혼입 시 인장강도가 증가하는 경향으로 나타났다. 고강도 배합의 경우 높은 강도증진을 나타내어 혼입율이 20%일 때 Plain 배합보다 약 1.5배 증가한 6.2MPa의 강도를 나타내고 있다. 하지만 보통강도 배합에서는 고강도 배합에 비해 큰 강도증진은 나타나지는 않았지만, Plain 배합에 비해 비슷하거나 다소 높은 강도를 나타내고 있다. 이처럼 폴리머를 사용 한 배합이 Plain 보다 인장강도가 높게 나타나는 것은 앞서 언급한 바와 같이 폴리머 시멘트 모르타르 내부에 형성된 폴리머 필름이 시멘트와 골재간의 결합력을 증가시켜 주었기 때문으로 판단된다. 또한, 모르타르에 발생하는 균열 폭을 폴리머 필름이 채워주어 인장강도가 향상되었기 때문으로 판단된다.



a) HS (W/C 23%)



b) NS (W/C 43%)

Figure 7. Flexural strength according to Mixing Strength

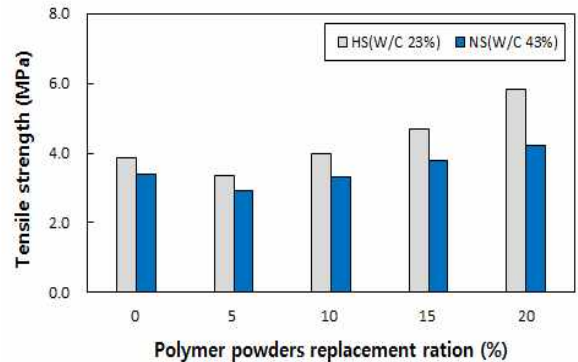


Figure 8. Tensile strength according to polymer powders replacement ratio

4.2.4 부착강도

Figure 9는 배합강도별 폴리머 혼입율에 따른 부착강도의 결과를 나타낸 것이다. Plain 배합에 비해 폴리머를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르가 높은 부착강도를 나타내었다. 또한 전반적으로 인장강도와 유사하게 폴리머 혼입율이 높아질수록 고강도 배합과 보통강도 배합의 부착성

능이 증가하는 경향을 나타내었으며, 고강도 배합이 보통 강도 배합에 비해 높은 부착강도를 나타내었다.

고강도 배합에서 폴리머 혼입율이 15%인 경우 가장 높은 2.4MPa의 부착강도를 나타내어 Plain 배합에 비해 약 2.5 배 증가한 우수한 강도를 발현하는 것으로 나타났다. 이처럼 폴리머를 혼입한 배합에서 부착강도가 높게 나타나는 것은 폴리머 필름 형성으로 인해 폴리머 시멘트 모르타르와 모체 콘크리트 사이의 계면에 발생하는 결합력이 증가하였기 때문으로 사료된다. 또한, 이와 관련하여 You and Hyung[5]의 연구결과에서도 폴리머 혼입율이 증가할수록 폴리머의 형성율이 증가하여 큰 공극은 줄어들고 미세공극량은 증가되어 부착강도가 증가하는 것으로 보고하였다.

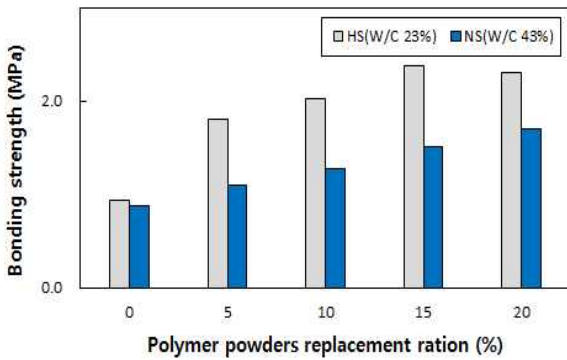
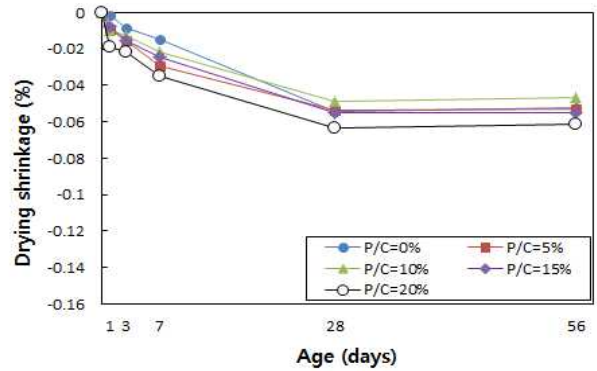


Figure 9. Bonding according to polymer powders replacement ration

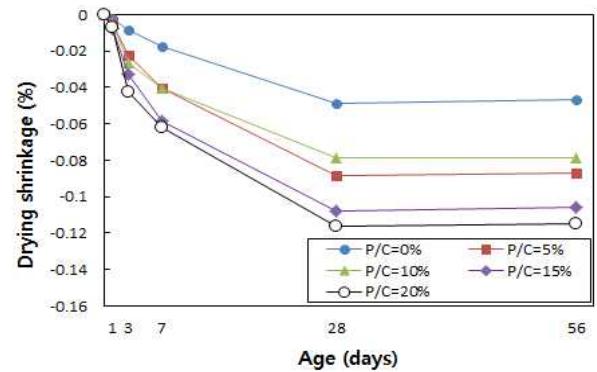
4.2.5 길이변화율

Figure 10은 배합강도별 폴리머 혼입율 변화에 따른 길이변화를 나타낸 것이다. 전반적으로 폴리머를 혼입한 배합의 경우 폴리머 혼입율이 증가할수록 건조수축은 증가하는 경향을 나타내고, Plain 배합에 비해 높은 건조수축을 나타내며, 재령 28일까지는 급속히 증가하다 그 이후 재령에서는 거의 변화가 없었다. 보통강도 배합의 경우 고강도 배합에 비해 현저하게 높은 건조수축 나타내었는데 이는 건조수축의 경우 물시멘트의 영향을 많이 받기 때문에 물시멘트비가 상대적으로 높은 보통강도 범위에서 건조수축이 크게 나타난 것으로 판단된다. 이와 관련하여 Hyung and Bae[4]의 연구결과에서는 폴리머를 혼입할수록 건조수축이 감소하는 것으로 보고하고 있지만, Park[9]의 연구결과에서는 폴리머 시멘트비가 증가할수록 건조수축이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 시험체

내부에서 외부로 수분 공급 속도의 저하가 발생하여 시험체 표면에 급격한 건조가 발생한 것으로 분석하고 있다.



a) HS (W/C 23%)



b) NS (W/C 43%)

Figure 10. Drying shrinkage according to mixing strength

길이변화율 측면에서 볼 때 향후 VAE 폴리머를 고강도 배합에 혼입 사용할 경우 폴리머 혼입율은 10% 이내로 하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 연구에서는 폴리머를 혼입한 모르타르의 배합강도별에 따른 강도특성 및 역학적 성질에 대하여 검토하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 굳지 않은 상태의 특성을 시험한 결과 폴리머 혼입율이 증가 할수록 고강도 배합의 경우 유동성이 감소하지만, 보통강도 배합의 경우 유동성이 증가하는 것으로 나타나 고강도 배합 시 유동성을 고려하여 추가적인 혼화제 사용이 요구되어진다. 단위용적질량의 경

우에는 폴리머 혼입율이 증가할수록 고강도 배합과 보통강도 배합 모두 감소하며, 공기량은 Plain에 비해 증가하는 것으로 나타났다.

- 2) 경화 상태의 특성으로 압축강도는 Plain 배합에 비해 폴리머의 혼입율이 증가할수록 강도가 저하하며, 고강도 배합의 경우 강도 저하 현상이 현저한 것으로 나타나, 강도를 개선시키기 위한 추가적 연구가 필요한 것으로 판단된다. 반면, 휨강도의 경우 압축강도에 비해 강도가 개선되는 것으로 나타났다.
- 3) 인장강도 및 부착강도의 경우 폴리머 혼입율이 증가할수록 고강도 배합 및 보통강도 배합에서 Plain에 비해 현저히 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 고강도 배합의 경우 인장 및 부착 성능이 크게 향상되었다. 이에 폴리머를 고강도 배합에 적용 시 콘크리트의 낮은 인성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.
- 4) 길이변화율의 경우 폴리머 혼입율이 증가할수록 건조수축이 증가하는 것으로 나타났으며, 보통강도 배합의 경우 고강도 배합에 비해 건조수축에 취약한 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 VAE계 폴리머를 혼입한 고강도 배합의 경우 폴리머필름으로 인하여 인장강도 및 부착강도가 우수한 성능을 발휘하였다. 하지만 보통강도 배합에 비해 압축강도가 현저히 감소하는 단점을 나타내고 있다. 따라서 VAE계 폴리머를 고강도 콘크리트에 적용하기 위해서는 압축강도가 저하되는 것을 보완하기 위한 추가적인 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

현재 건축분야에서는 시멘트 혼화용 폴리머를 혼입한 연구가 진행되고 있는 상황이다. 하지만 대부분의 연구는 보통강도 배합을 대상으로 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 고강도 배합과 보통강도 배합에 VAE 계열의 분말형 폴리머를 혼입하여 고강도 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 특성 및 역학적 성질을 검토하고자 하였다.

실험결과, 고강도 배합의 경우 VAE 폴리머 적용 시 폴리머 혼입량이 증가할수록 보통강도 배합에 비해 압축강도 및 휨강도가 감소하는 단점을 나타내지만, 폴리머필름 형성으로 인하여 인장강도 및 부착강도가 향상되는 장점을 나타내었다.

키워드 : VAE, 분말형 폴리머, 고강도 폴리머 시멘트 모르타르

Acknowledgement

This research was supported by a grant (13SCIPA02) from Smart Civil Infrastructure Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) of Korea government and Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA).

References

1. Park HI. Evaluation for Performance According to Curing Method of Polymer-Modified Mortars [master's thesis]. [Seoul(Korea)]: Seoul National University of Science and Technology; 2009. p. 1-3
2. Hyung WG, Oh JS, Park GB. Properties of Polymer Modified Mortar or Concrete. Korea Infrastructure Safety&Technology Corporation. 2008 Autumn;31:113-37.
3. Ohama Y, Demura K, Kim W. Properties of Polymer-Modified Mortars Using Redispersible Polymer Powder. Proceedings of the First East Symposium on Polymers in Concrete; 1994 May 2-3; Chuncheon, Korea. Chuncheon(Korea): Kangwon National University;1994. p. 81-90.
4. Hyung WG, Bae SC. Properties of Polymer Modified Mortars Using Re-dispersible Polymer Powders. Journal of Architectural Institute of Korea. 2013 June;13(3):235-47.
5. You KP, Hyung WG. Bond Strength and Tensile Strength of Polymer-Modified Mortar Using Styrene and Butyl Acrylate. Polymer(Korea). 2014 Aug;38(6):820-26.
6. Soh YS, Hyung Wg, Kim Wi. Durability of Polymer-Modified Mortars Using Acrylic Latexes with Methyl Methacrylate. Journal of the Korean Concrete Institute. 2005 Jun;17(3):411-18.
7. Ohama Y, Demura K, Hamatsu, Kakagawa M. Properties of Polymer Modified Mortars Using e-Butyl Acrylate Latexes with Various Monomer Ratios. ACI Materials Journal. 1991;88(1):56-61.
8. Afridi MUK, Ohama Y, Demura K. Development of polymer films by the coalescence of polymer particles in powdered and aqueous polymer-modified mortars. Cement and Concrete Research. 2003 Jan;33(11):1715-21.
9. Park DC. Study on the Relationship between Moisture Content and Length Change of PCM. Journal of Architectural institute of Korea. 2007 Aug;23(8):131-8.