

복합 에멀전계 마감재의 기초물성 평가에 관한 연구

A Study on the Evaluation of Basic Properties of Composite Emulsion Finishes

류 화 성^{1*}

신 상 현¹

김 득 모²

송 성 용³

Ryu, Hwa-Sung^{1*}

Shin, Sang-Heon¹

Kim, Deuck-Mo²

Song, Sung-Yong³

Senior Managers, Hanyang Experiment and Consulting, Hanyang University ERICA, Ansan 15588, South Korea ¹

President, Hwarok Construction Industry, Hanyang University, Ansan 15588, South Korea ²

President, Yoosong Engineering, Dongan-gu 14054, Anyang, South Korea ³

Abstract

The thin coating material used in the outer insulation finishing method is a finishing material mainly based on acrylic emulsion. In this study, the properties of silane modified acrylic emulsion and silica dispersed acrylic emulsion were evaluated. Experimental results showed that the silane modified acrylic emulsion had no significant effect on improving tensile strength, but was effective in improving the performance of adhesion strength, water absorption coefficient, and hot and cold repeat resistance. Silica-dispersed acrylic emulsions were effective in improving tensile strength, and at 10% substitution rate, they were effective in improving the performance of adhesion strength, water absorption coefficient and hot / cold resistance. Through this, it was judged that a composite emulsion capable of improving the performance of the acrylic emulsion could be prepared.

Keywords: acrylic emulsions, heat insulation, finishes, silane modified acrylic emulsions, silica dispersed acrylic emulsions

1. 서 론

유기계 접착제의 접착성을 구현하는 것은 첫째, 계면에서의 접착력으로서 화학적 또는 기계적 결합에서 기인한다. 화학적 결합은 접착제와 피착제 표면 간에 일어나는 원자 또는 분자 규모의 결합으로서 주로 반데르발스 결합 또는 수소 결합과 같은 2차 결합을 하는 것으로 알려져 있다. 둘째는 고분자 물질이 그 분자 구조 혹은 가교화 정도에 따른 내부 응집력이나 기계적 앵커링(Anchoring) 현상 등으로 인해 바탕면에 물리적인 접착력이 구현되는 것이 있다[1,2].

규소는 지각을 구성하는 원소 중 27.7%를 차지하고 있을

정도로 많은 양을 차지하는 물질이다. 무기질의 규소를 유기 화 과정을 거쳐 합성 혹은 블렌딩(Blending)의 과정을 통해 다양한 형태로 유기체의 성능을 개선하는 연구가 이루어지고 있다. 블렌딩(Blending)에 사용되는 규소는 나노 입자 상태로 높은 표면 장력으로 인한 입자 간의 응집을 통해서 표면 에너지를 낮추려는 경향이 있다. 이에 향상된 표면 장력은 접착되는 소재 표면에서 부착력이 향상되거나 하나 수 축이 증대되어 기계적 앵커링(Anchoring)을 약화시킬 위험성이 있으며, 블렌딩(Blending) 상태의 불균형성을 초래하기도 한다. 이에 따라 유기화된 규소를 사용하여 고분자물질과 화학적인 결합을 통해 단일화된 화합물을 제조하기도 한다. 유기화합물과 합성된 규소는 표면 장력이 낮고 균질한 분포도를 갖는 장점이 있다[3,4]. 유기화합물과 합성된 규소를 사용하는 고분자 화합물은 경화 과정 중에 시멘트와 결합력을 증대하여 부착력을 향상할 수 있으며, 고분자 내에서 응집체 역할 및 고분자 입자 간의 화학적인 인력을 강화하여 인장강도를 증가시키는 역할을 할 수 있다.

Received : November 4, 2019

Revision received : December 26, 2019

Accepted : January 28, 2020

* Corresponding author : Ryu, Hwa-Sung

[Tel: 82-31-436-8040, E-mail: rhsung73@hanyang.ac.kr]

©2020 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

건축용 도료나 부착소재에서는 나노 입자나 유기 규소 화합물은 물리적 결합 이외에도 시멘트 표면에서 수산화칼슘과 화학적인 결합을 통해 부착력을 향상하는 것으로 알려져 있다[5].

한편, 외단열 공법에서 주로 사용되고 있는 마감재 중 외단열 미장 마감 공법(EIFS: Exterior Insulation Finishing System)의 주 소재로 사용되는 마감재는 아크릴 에멀전을 기반으로 제조된다[6]. 단일 에멀전만을 사용하는 경우 이외에도 다른 계열의 에멀전을 혼합하여 사용할 경우, 아크릴 에멀전의 기본 성능을 기반으로 원가절감이나 다른 물리적 성질을 개선함으로써 제품을 개질하기도 한다[7,8]. 외단열 공법에서 사용되는 마감재는 후면의 모재의 건조 수축 및 외부 온도 등에 의해 열팽창으로 인한 부착 강도 및 인장강도 저하로 인한 균열이 발생하게 된다. 따라서 아크릴 에멀전의 성능을 개질하여 기초적인 부착강도의 개선과 온도에 의한 열팽창으로 저하되는 마감재의 성능을 향상하는 것이 요구된다.

본 연구에서는 아크릴 에멀전에 대하여 실란계 에멀전 및 TEOS(Tri Etoxy Ortho Silane)를 가수분해하여 제조된 실리카 블렌딩(Blending) 아크릴 에멀전을 사용하여 기존 아크릴 에멀전에 혼합하여 마감재를 제조하고 이의 성능을 평가하고자 하였다. 이를 위하여 마감재의 인장강도, 부착강도, 물흡수계수, 온냉 반복 특성을 검토하여 기존 마감재의 물리적 성능을 개선 할 수 있는 소재로의 사용가능성을 판단하고자 한다.

2. 사용 재료

2.1 골재

골재는 I사에서 실제 판매되고 있는 마감재에 사용되는 규사 입도와 구성을 사용하였으며, 그 입도와 구성은 Table 1과 같다.

Table 1. Composition of dolomite aggregate

	0.6~0.85	0.25~0.6	0.1~0.25	0.075~0.1
Size(mm)	0.6~0.85	0.25~0.6	0.1~0.25	0.075~0.1
Rate(%)	19.74	40.78	13.16	26.32

2.2 에멀전

아크릴 에멀전은 C사의 Pure 아크릴을 사용하였으며, 실리카 분산 아크릴 에멀전과 실란 개질 아크릴 에멀전은 국내

A사의 제품을 사용하였다. 실리카 분산 아크릴 에멀전은 TEOS((Tetraethylorthosilicate)를 산염기 반응에 의해 생성된 SiO₂입자를 분산시킨 제품이다. 실란 개질 아크릴 에멀전은 Polydimethylsiloxane(PDMS)를 사용하여 아크릴 고분자와 축중합에 의하여 기능성을 부여한 제품이다.

에멀전은 아크릴수지와 함께 첨가제로서는 보습제로 에틸렌글리콜, 가스제로 부틸카비톨, 증점제로 메칠셀룰로스 및 소포제가 소량 첨가된 것을 사용하였다. 바인더로 사용된 아크릴 에멀전의 특성은 Table 2와 같으며, 아크릴에멀전과 기타 첨가제가 포함된 바인더의 구성은 Table 3 과 같다.

Table 2. Specification of acrylic resin

TYPE	Color	Solid content(%)	Viscosity (mPa · S)	pH(20℃)
Pure Acrylic Emulsion	White	48	102	9.0
Silica dispersed Emulsion	White	35	80	9.0
Silane modified Emulsion	White	35	120	9.0

Table 3. Composition of binder(unit:wt%)

Acrylic resin	Butyl carbitol	antifoaming agent	Ethylen glycol	Methyl cellulose
93.86	3.25	0.36	1.44	1.09

3. 실험계획 및 방법

3.1 마감재의 배합

본 연구 개발에서 사용된 마감재의 배합은 아래 Table 4와 같다.

Table 4. Experimental factors and levels in this study (unit: g)

	Pure Acrylic Emulsion	Silane modified Emulsion	Silica dispersed Emulsion	Sand	Water
Plain	100	-	-	250	60
SM10	90	10	-	250	60
SM20	80	20	-	250	60
SM30	70	30	-	250	60
SD10	90	-	10	250	60
SD20	80	-	20	250	60
SD30	70	-	30	250	60

*SM : Silane modified Emulsion, SD : Silica dispersed Emulsion



Figure 1. Specimen of tensile strength test

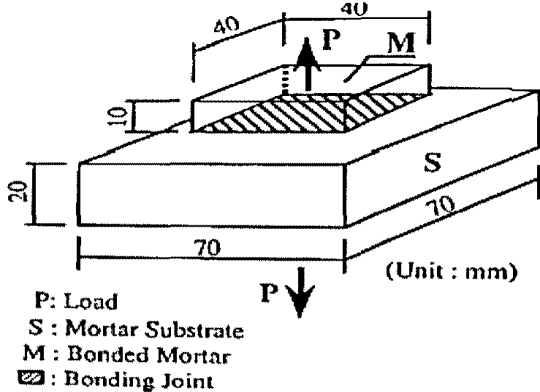


Figure 2. Speciment of adhesive in tension strength test

마감재의 배합은 아크릴 에멀전에 대하여 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산 에멀전을 각각 0, 10, 20, 30%를 치환하였다. 바인더로 사용되는 아크릴 에멀전과 규사의 비율은 현재 제조되는 사용 제품의 배합비인 1:2.5로 하였다. 아크릴 에멀전과 실리카 분산 아크릴 에멀전 및 실란 개질 아크릴 에멀전을 물을 혼합한 뒤 1분간 혼합한 뒤 골재를 투입하여 3분간 믹싱하여 시험체를 제조하였다. 이후 개별 시험 방법에 따른 시험체를 도포한 뒤 양생을 실시하였다.

3.2 실험 방법

3.2.1 인장강도

인장강도 시험체는 너비 30mm 두께 3mm, 길이 20cm의 크기의 몰드를 제작한 뒤 마감재를 타설 후 14일 양생 후 탈형하여 시험을 수행하였다. 인장시험은 5Ton UTM을 사용하였으며, 변위제하 방식으로 10mm/min의 조건에서 인

장강도와 연신율을 측정하였다. 아래 Figure 1은 마감재의 인장강도 시험체와 측정 장면을 나타낸 것이다.

3.2.2 부착강도

배합에 따른 시험체의 부착강도 시험은 70mm(가로)×70mm(세로)×20mm(두께)의 크기를 갖는 부착강도용 바닥판을 제작한 뒤 28일 양생 후 시험체의 상부에 배합비에 따라 40mm(가로)×40mm(세로)×10mm(두께)의 조건으로 도포하여 제작한 후 KS F 4715규격에 따라 RH60%, 20±2℃의 조건에서 표준양생을 실시한 뒤 14일의 부착강도를 측정하였다. 아래 Figure 2는 부착강도 시험체의 형상을 나타낸 것이다.

3.2.3 물흡수계수

물흡수계수란 재료의 면적당 물흡수량(kg/m²)과 시간(√t)사이의 비례 계수를 말한다. 물흡수계수를 측정하기 위하여 KS F 4715의 기준에 따라 시험체를 제작하였다. 시험체는 지름 150mm, 두께 40mm로 된 원형시험체에 대하여 표면에 마감재를 3mm도포하여 제작하였다. 제작된 시험체를 물흡수계수 산정을 위하여 KS F 2609(건축 재료의 물 흡수 계수 측정 방법)에 따라 측정하였다. 재료의 한면이 물과 접촉시 시간에 따른 면적당 흡수량은 다음과 같다.

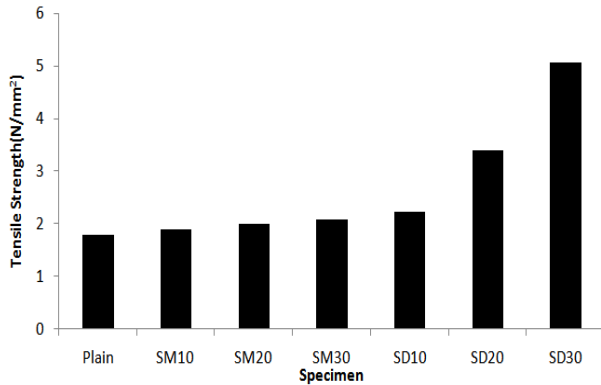
$$m = w \cdot \sqrt{t}$$

여기서, m: 면적당 물흡수량(kg/m²)
w: 물 흡수 계수(kg/m²h^{0.5})
t: 시간(h)

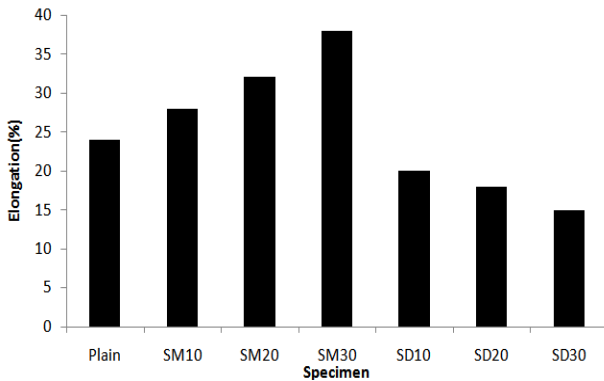
3.2.4 온냉반복시험

마감재의 온냉반복시험을 평가하기 위하여 KS F 4715에 따라 시험을 수행하였다. 시험체의 제작은 70×70×20의 모르타르판을 제작한 뒤 상부에 마감재를 3mm 도포하였다.

먼저, 시험체를 20±2℃의 물속에 18시간 담가둔 뒤, 즉시 -20±3℃의 항온 탱크 속에서 3시간 냉각시키고, 이어서 50±3℃의 다른 항온 탱크 속에서 3시간 가온하는 사이클로 24시간을 1사이클로 하는 조작을 10회 반복한 뒤, 부착강도를 측정하였다.



(a) Tensile strength



(b) Elongation

Figure 3. Tensile strength and elongation

4. 실험결과 및 분석

4.1 인장강도 특성

Figure 3은 아크릴 에멀전에 대하여 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산 아크릴 에멀전을 각각 0, 10, 20, 30%를 혼합한 마감재의 인장강도와 연신율을 나타낸 그래프이다. 아크릴 에멀전만을 사용한 마감재의 인장강도는 N/mm²로 나타났다.

실란 개질 아크릴 에멀전을 아크릴 에멀전에 대하여 0, 10, 20, 30%가량 치환한 경우 인장강도는 1.8, 1.9, 2., 2.1 N/mm²로 나타나 인장강도의 증가는 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 연신율의 경우 약간 증가하는 것으로 나타났다. 실란 개질 아크릴 에멀전은 규소 이온과 한쪽은 에톡시(Etoxy)와 같은 알콕시(Alkoxy)기와 다른 한쪽은 고분자와 결합을 하는 유기 관능기로 이루어져 유기질 재료와 무기질 충전제간의 다리 역할을 한다. 아크릴과 화학적인 결합에 의해 제조된 실란 개질 아크릴 에멀전은 인장강도의 증가는 낮으나 아크릴 에멀전의 필름의 결합력을 강화하여 연신율의 개선에는 효과적인 것으로 판단된다.

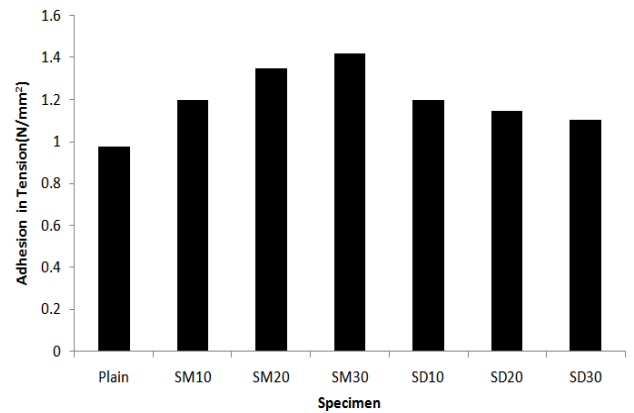


Figure 4. Adhesion in tension

TEOS로 가수분해된 실리카 분산 아크릴 에멀전의 경우 아크릴 에멀전에 대하여 0%, 10%, 20%, 30%가량 치환한 경우 1.8, 2.23, 3.4, 5.09 N/mm²로 증가하는 경향을 보였으나 연신율은 감소하는 경향을 나타내었다. 아크릴 에멀전의 건조 경화 과정 중의 분산된 실리카 입자는 고분자의 응집 역할을 하게 함으로 내부의 응집력을 증가시킴으로써 인장강도는 증가되나 연신율은 감소시키는 원인이 된 것으로 판단된다.

4.2 부착강도 특성

Figure 4는 아크릴 에멀전에 대하여 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산 아크릴 에멀전을 각각 0, 10, 20, 30%를 혼합한 마감재의 부착강도를 나타낸 그래프이다.

순수 아크릴 에멀전만을 사용하여 제조된 마감재의 부착강도는 0.98N/mm²로 나타났다. 실란 개질 아크릴 에멀전을 혼합한 경우 각각 0.9 1.2, 1.35, 1.42 N/mm²로 나타나 부착강도가 상승하는 것으로 나타났다. 실리카 분산 아크릴 에멀전의 경우에는 치환율에 따라 각각 0.9, 1.2, 1.15, 1.11 N/mm²로 나타나 10%를 초과하는 배합에서는 강도가 감소하는 것으로 나타났다. 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산 아크릴 에멀전의 강도 성능을 비교해보면 실란 개질 아크릴 에멀전은 모든 배합에서 실리카 분산 아크릴 에멀전보다 높은 것으로 나타났다.

이는 실란 개질 아크릴 에멀전의 경우 고르게 분산된 상태의 화합물로 부착력이 일정하게 증진되는 것으로 판단된다. 실리카 분산 아크릴 에멀전은 필름 생성 과정에서 발생하는 응집력으로 인한 부착력 증가를 기대할 수 있었으나 실리카의 분산력 한계 등의 이유로 부착강도 증가에 있어 한계를 갖는 것으로 판단된다.

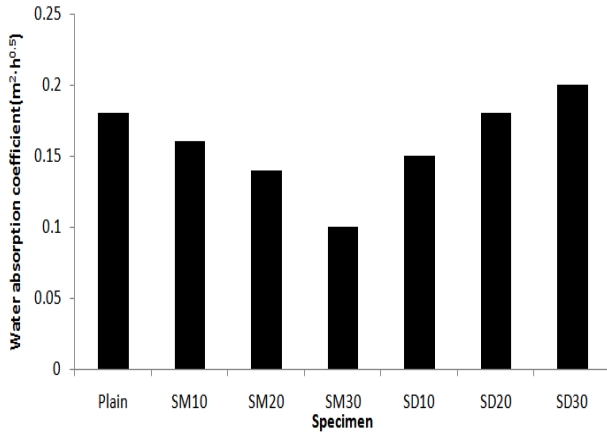


Figure 5. Water absorption coefficient

4.3 물흡수계수

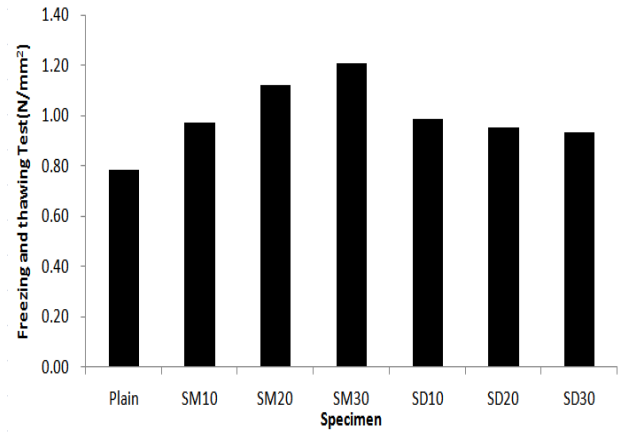
Figure 5는 아크릴 에멀전에 대하여 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산 아크릴 에멀전을 각각 0, 10, 20, 30%를 혼합한 마감재의 물흡수계수를 나타낸 그래프이다. Plain의 물흡수계수는 $0.18\text{kg}/\text{m}^2\text{h}^{0.5}$ 로 KS F 4715의 물흡수계수인 $0.2\text{kg}/\text{m}^2\text{h}^{0.5}$ 보다 낮게 나타났다. 실란 개질 아크릴 에멀전은 각각 0.16 , 0.14 , $0.1\text{kg}/\text{m}^2\text{h}^{0.5}$ 로 혼입율이 증가함에 따라 물흡수계수는 감소하는 것으로 나타났다. 반면에 실리카 개질 아크릴 에멀전은 10%에서만 물흡수계수가 감소하는 형태로 나타났으나 이후 물흡수계수가 증가하는 경향을 나타내었다.

실란 개질 아크릴 에멀전은 경화된 이후에 균질한 필름을 생성함으로 인해 물흡수계수가 감소하는 것으로 판단된다. 그러나 실리카 개질 아크릴 에멀전의 경우 필름의 응집에 의해 내부의 공극 생성 등으로 인한 내수성의 저하가 나타난 것으로 판단된다.

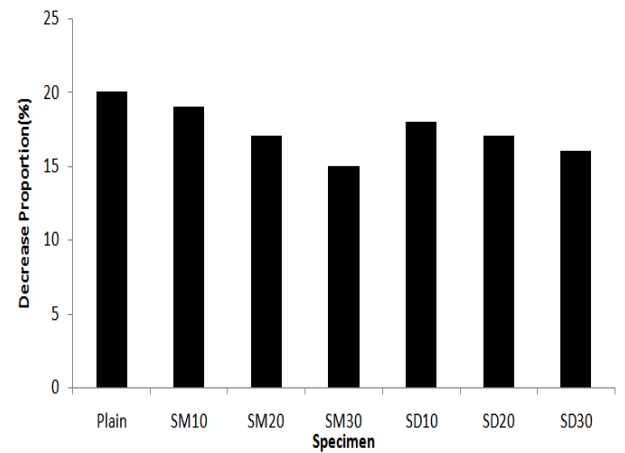
4.4 온냉 반복 강도

Figure 6은 아크릴 에멀전에 대하여 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산 아크릴 에멀전을 각각 0, 10, 20, 30%를 혼합한 마감재의 온냉 반복 시험에 따른 부착강도를 나타낸 그래프이다. 외단열 공법에서 사용되는 마감재는 단열재 상부에 시공되는 소재로 외기 온도 변화에 따른 팽창과 수축으로 인해 강도 저하가 발생하게 된다. 마감재의 규격인 얇은 바름재인 KS F 4715에서는 기준 부착강도를 $0.4\text{ N}/\text{mm}^2$ 이상의 성능을 요구하고 있다.

Plain에 대하여 실란 개질 아크릴 에멀전을 혼합한 마감



(a) Freezing and thawing



(b) Decrease proportion

Figure 6. Adhesion in tension according to freeze thawing

재의 경우 온냉 반복 후의 부착강도는 치환율이 증가함에 따라 증가하였다. 또한 온냉 반복 시험 전과 비교하였을 때 강도 저하율 또한 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

실리카 분산 아크릴 에멀전을 혼합한 마감재의 경우, 치환율이 증가함에 따라 부착강도가 약간 감소하는 것으로 나타났다. 온냉 반복 시험 전의 강도 저하율과 비교하여 보면 Plain에 비하여 낮은 감소를 보여 온냉 반복에 따른 강도저하에 대한 저항성을 갖는 것으로 판단되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 복합에멀전계 마감재의 성능을 평가하기 위하여 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산 아크릴 에멀전을 일반 아크릴 에멀전에 혼합하여 그 성능을 평가한 결과

다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 실란 개질 아크릴 에멀전의 인장강도는 큰 차이를 보이지 않으나 연신율은 증가하는 것으로 나타났다. 실리카 분산 아크릴 에멀전의 경우 인장강도는 증가하였으나 연신율이 감소되는 특성을 가지고 있다.
- 2) 실란 개질 아크릴 에멀전의 부착강도는 혼입율이 증가함에 따른 증가하는 것으로 나타내었으나 실리카 분산 아크릴 에멀전의 경우에는 10%에서 최대로 나타났다.
- 3) 물흡수계수에서는 실란 개질 아크릴 에멀전에서는 치환율이 증가함에 따라 감소하는 형태를 보였으나 실리카 분산 아크릴 에멀전은 10%이후로 증가하는 형태를 보였다.
- 4) 온냉 반복 강도에서는 실란 개질 아크릴 에멀전의 경우 강도 저하율이 감소하는 형태를 보였으며, 실리카 분산 아크릴 에멀전의 경우 10%까지는 강도 저하율이 감소하였으나 그 이상의 치환율에서는 강도 저하율에 큰 영향을 갖지 못하였다.
- 5) 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산 아크릴 에멀전을 치환하여 비교한 결과, 실리카 분산 아크릴 에멀전은 인장강도 증가에 효과적이며, 실란 개질 아크릴 에멀전은 부착강도 및 내수성 등의 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 이는 기존 마감재의 물리적 성능을 개선할 수 있는 소재로 사용될 수 있을 것으로 판단되었다. 본 논문은 실란 개질아크릴 에멀전과 실리카 분산아크릴 에멀전을 치환하였을 때 특성을 평가분석한 결과로, 향후 추가 진행되어야 할 연구제안 내용은 외단열에 적용되는 마감재의 화재안정성 및 내후성에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

외단열 마감 공법에서 사용되는 얇은 바름재는 아크릴 에멀전을 주 소재로 한 마감재이다. 본 연구에서는 실란 개질 아크릴 에멀전과 실리카 분산아크릴 에멀전을 치환하였을 때 특성을 평가하였다. 실험결과, 실란 개질 아크릴 에멀전은 인장강도 개선에는 큰 효과는 없었으나 부착강도, 물흡수계수, 온냉반복저항성의 성능 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 실리카 분산 아크릴 에멀전은 인장강도 개선에 효과적

이며, 10%의 치환율에서는 부착강도, 물흡수계수, 온냉반복저항성의 성능 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 이를 통해 아크릴 에멀전의 성능을 향상할 수 있는 복합 에멀전을 제조할 수 있는 것으로 판단되었다.

키워드 : 아크릴 에멀전, 외단열, 마감재, 실란 개질 아크릴 에멀전, 실리카 분산 아크릴 에멀전

Funding

This research was supported by the Research Grant from (Yoosong Engineering)through the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport of the Korean government(Project No.: 19CTAP-C 130219-03).

Acknowledgement

For research articles, author contributions are as follows; conceptualization, H.S. Ryu.; methodology and investigation, S.Y. Song and D.M. Kim; data curation, S.H. Shin.; writing—original draft preparation, H.S. Ryu; writing and editing, H.S. Ryu

ORCID

Hwa-Sung Ryu, <https://orcid.org/0000-0003-1385-8156>
 Sang-Heon Shin, <https://orcid.org/0000-0003-2324-6671>
 Deuck-Mo Kim, <https://orcid.org/0000-0003-2762-2128>
 Sung-Yong Song, <https://orcid.org/0000-0001-7707-3177>

References

1. Nakabayashi N. Hybridization of dental hard tissues pashley. Seoul (korea): Jisung publisher; 2007. Chapter 1; p. 132-3.
2. Lee JH. Surface modification techniques for subsurface applications of nanoparticles. Polymer science and Technology. 2018 Oct;29(5):421-7.
3. Nasretdinova GR, Fazleeva RR, Mukhitova RK, Nizameev IR, Kadirov MK, Ziganshina AY, Yanilkin VV. Electrochemical synthe

-
- sis of silver nanoparticles in solution, *Electrochemistry Communications*, 2015 Jan;50:69–72. <http://doi.org/10.1016/j.elecom.2014.11.016>
4. Ribeiro T, Baleiza C, Farinha JPS. Functional films from silica/polymer nanoparticles. *Materials (Basel)*. 2014 May;7(5):3881–900. <https://doi.org/10.3390/ma7053881>
 5. Ee SL, Duan X, Liew J, Nguyen QD. Droplet size and stability of nano-emulsions produced by the temperature phase inversion method. *Chemical Engineering Journal*. 2008 Jul;140(1–3):626–31. <http://doi.org/10.1016/j.cej.2007.12.016>
 6. Chrusciel JJ, Lesniak E. Modification of epoxy resins with functional silanes, polysiloxanes, silsesquioxanes, silica and silicates. *Progress in Polymer Science*. 2015 Feb;41:67–121. <http://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2014.08.001>
 7. Kim WK, Kim DM. Properties of acrylic emulsion mortar using pyroligneous liquid of wood by-product. *Journal of Korea Society of Waste Management*. 2014 Jan;31(1):70–8. <http://doi.org/10.9786/kswm.2014.31.1.70>
 8. Ryu HS, Shin SH, Kim DM, Song SY. Evaluation on the properties of fire retardant surface preparation mortars. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2018 Dec;18(6):559–67. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2018.18.6.559>