단면수복용 고유동성 VA/VeoVa 개질 시멘트 모르타르의 부착특성에 대한 피착면 표면수의 영향

Effect of Substrate Surface Water on Adhesive Properties of High Flowable VA/VeoVa-modified Cement Mortar for Concrete Patching Material

도 정 윤¹⁾ 김 두 기^{2)*}
Jeong-Yun Do Doo-Kie Kim

Abstract

Experiments were divided into two parts; one part is to understand the basic properties of high flowable VA/VeoVa-modified cement mortar with different polymer cement ratio (P/C) and the weight ratio of fine aggregate to cement (C:F) and the other part is to investigate the effect of surface water spread on the concrete substrate on adhesion in tension. To understand the basic performance, the specimens were prepared with proportionally mixing VA/VeoVa redispersible powder, ordinary portland cement, silica sand, superplasticizer and viscosity enhancing agent. Here, P/C were 10, 20, 30, 50 and 75% and C:F were 1:1 and 1:3. As the change of P/C and C:F unit weight, flow test, crack resistance and adhesion in tension were measured. Three specimens with good adhesion properties were selected among specimens with different P/C and C:F. The effect of surface water evenly sprayed on concrete substrate on adhesive strength is investigated. The results show that surface water on concrete substrate increases the adhesion in tension of high flowable VA/VeoVa-modified cement mortar and additionally improves the flowability compared to the non-sprayed case.

Keywords : Redispersible, Repair, Surface water

1. 서 론

대부분의 폴리머는 보통 타재료와의 부착강도가 높고 점탄성적인 특징을 가지고 있어 시멘트 모르타르에 혼입하게 되면 시멘트 기지 (matrix)를 개질 (modification)하여 인장강도와 휨강도를 증가시키고 인성 (toughness)을 향상시킴으로써 취성을 개선해 준다 (Razl, 2004; Ohama, 1995). 또한 시멘트 모르타르의 레올로지적 특성을 개선하여 유동성을 향상시키고, 모세관 공극을 포함한 전 세공용적량을 줄이고, 전체적인 세공용적의 크기도 작게 함으로써 내수성을 증가시켜준다. 이러한 특징은 물결합재비를 감소시켜줌으로써 건조수축과 길이변화를 줄이고, 양생 과정 중 표면의 균열발생 가능성을 줄여주는 효과를 발휘한다. 더불어 시멘트 페이스

트에 비하여 대부분의 폴리머는 접착성능이 우수하기 때문에 시멘트 모르타르의 접착성능도 상당히 개선해 준다. 이러한 장점을 이용하여 지금까지 대부분의 폴리머 시멘트 모르타르는 내외장 마감재료, 시멘트 모르타르 및 콘크리트의 보강 및 개질재료, 건설용 보수 보강재료, 지반보강재, 하수관거의 구조재, 중준위 및 저준위 방사선 폐기물 보관용기 등 다양한 분야 및 용도로 폭넓게 사용될 수 있다. 그 중에서도 건설용 보수 보강재료로써의 확장성은 현대의 건설구조물의 장수명화 및 자원절약과 맞물려 더욱 넓어지고 있다 (Ohama, 1995).

지금까지 대부분의 폴리머 기반의 보수보강재료 중 PCM (Polymer-modified Cement Mortar)에 대한 연구는 흙손질 (trowelling)에 적합한 유동성을 가진 PCM에 대하여 보통

1) 정희원, 군산대학교 환경건설연구소 연구교수
2) 정희원, 군산대학교 토목공학과 교수, 교신저자

* Corresponding author : kim2kie@chol.com

• 본 논문에 대한 토의를 2013년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 2013년 11월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

Fig. 1 Study procedures and experimental plan

폴리머 시멘트비 (P/C) 20% 미만의 연구가 대부분이며, 평활한 부분에 자중으로 스스로 빈 공간을 채워가는 일종의 자기 충전형의 고유동성 폴리머 개질 시멘트 모르타르에 대한 연구는 이것의 높은 활용성에도 불구하고 많이 부족한 실정이다 (Barluenga et al., 2004).

이에 본 연구에서는 PCM의 자중만으로도 평활하게 펼쳐지고 적용부위의 구석까지 원활하게 충전되는 고유동성의 폴리머 시멘트 모르타르의 기초적 성능을 측정한 후 콘크리트의 보수용 재료에 매우 중요한 요구성능인 부착강도에 대한 피착체의 표면에 존재하는 표면수량의 영향을 검토하는 연구를 수행하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험개요

본 연구에서는 시멘트 혼화용 재유화형 분말수지 (redispersible powder)중 초산비닐/비닐바사테이트 (VA/VeoVA)를 이용하여 시멘트 모르타르에 고유동성을 부여한 폴리머 시멘트 모르타르를 제조하여 Fig. 1에서 보이는 것처럼 1차로 기본적인

인 특성을 파악한 후 성능이 우수한 배합을 선별하여 피착체 표면수의 영향을 검토하기 위한 2차 실험을 실시하였다.

먼저 폴리머 시멘트비 (P/C)와 시멘트 잔골재비 (C:F)에 따른 단위용적중량, 플로우, 연도변화와 같은 굳지 않은 상태의 물리적 특성과 부착강도, 내균열성과 같은 굳은 상태의 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 특성을 파악하였다. 기초 성능이 파악된 후 이를 바탕으로 유동성 (Fluidity)과 연도변화, 부착강도, 내균열성의 특성이 우수한 시험체를 선별하여 피착체의 표면수량에 따른 고유동성 PCM의 굳지 않은 상태의 특성과 굳은 상태의 부착강도, 내균열성을 폴리머 시멘트비 (P/C)와 시멘트 잔골재비 (C:F)에 따라 알아보았다.

2.2 실험계획

2.2.1 사용재료

(1) 시멘트

본 실험에 사용된 보통 포틀랜드 시멘트는 국내 D사에서 제조한 제품을 사용하였으며 물리적 성질과 화학구성분은 각각 Table 1, 2와 같다.

Table 1 Physical characteristics of cement used.

Density	Fineness (cm ² /g)	Setting time		Compressive strength (MPa)		
		Initial set (min.)	Final set (hr.)	3 days	7 days	28 days
3.15	3300	240	7:00	20	23	38

Table 2 Chemical components of ordinary portland cement.

(unit:%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
21.09	4.84	63.85	3.32	3.09	1.13	0.29	2.39

(2) 잔골재
잔골재는 국내 J사의 규사를 사용하였고 물리적 성질은 Table 3에 나타나 있다.

(3) 시멘트 개질용 폴리머
시멘트 혼화용 폴리머로는 VinylAcetate와 Vinyl Ester of Versatic Acid의 공중합체 (copolymer)인 VA/VeoVA 재유 화분말수지를 사용하였으며 그 물리적 성질은 다음 Table 4와 같다.

(4) 혼화제
폴리머 분산계 내에 유화제나 안정제의 형태로 함유되는 계면활성제의 작용 때문에 폴리머 시멘트 모르타르 내에 연 행되는 기포를 제어하기 위하여 실리콘계 에멀전을 분말수 지의 중량에 대하여 0.7%를 사용하였다 (Do and Soh, 2003c). VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르에 플로우값 200mm 이상 의 고유동성을 부여하기 위해 Table 5와 같은 나프탈렌계 고 유동화제를 분말수지 중량에 대하여 2.0% 적용하고, 각 배 합 별로 물을 첨가하여 목표 플로우값을 만족하도록 하였다.

(5) 비교 대상용 기성재
현재 현장에서 사용되고 있는 기성재를 동일 조건 하에 그

성능을 파악, 비교하기 위하여 열경화성 액상 수지인 K사의 혼합비중 약 1.2의 2액형 폴리우레탄 1종, D사의 2액형 에 폭시 1종을 비교 대상으로 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 부착강도측정용 피착체의 제작

부착강도 측정을 위해 콘크리트 피착체는 설계기준강도 24MPa, 슬럼프 15cm를 목표로 배합설계하여 $\sigma_{28} \approx 25\text{MPa}$ 이고, 슬럼프 16cm인 피착체를 300mm×300mm×60mm의 크기로 제작하였으며 KS L 6003에서 규정하는 150번 연마 지를 사용해서 성형 시의 윗면을 충분히 연마한 다음 부착강 도용 시험체를 타설하여 제작하였으며 자세한 배합설계는 Table 6과 같다.

2.3.2 배합설계

(1) 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 기초성능
본 실험에서 시험체의 배합은 다음 Table 7과 같이 VA/VeoVA 는 결합재인 시멘트에 대하여 고품분비 (폴리머시멘트비; P/C) 에 의하여 10, 20, 30, 50, 75%, 잔골재는 시멘트의 중량에 대하여 각각 1:1, 1:3의 비율을 적용하였다.

Table 3 Physical properties of fine aggregate

Max.size (mm)	Specific gravity (20℃)	Water absorbtion (%)	Solid volume percentage (%)
<1.2	2.5	0.4	58.1

Table 4 Properties of VA/VeoVA for cement modifier

Properties Types	Apperance	pH (10% Water dispersion, 20℃)	Average Particle Size (μm)	Glass Transition Point, Tg (℃)
VA/VeoVA	White powder	7.5	75	-3

Table 5 Properties of chemical admixture

Properties Types	pH	Viscosity (mPa · s)	Total solid (%)
Superplasticizer	10.0	90	48.3
Viscosity agent	8.0	200	44.9

Table 6 Mix design of concrete substrate

W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)			
		Water	Cement	Fine aggregate	Coarse aggregate
53	44	212.8	395.6	779.7	981.1

Table 7 Mix design of VA/VeoVA-modified cement mortar

C:F*	P/C(wt%)**	Superplasticizer (wt%)	Antifoamer (wt%)	W/C*** (wt%)	Specimens selected for surface water ratio test
1:1	10	2.0	0.7	63.9	Selected
	20			73.2	Selected
	30			89.6	
	50			104.2	
	75			120.0	
1:3	10	2.0	0.7	111.4	Selected
	20			113.2	
	30			119.7	
	50			129.1	
	75			158.8	

Notes : *C:F indicates the ratio between cement and fine aggregate by weight.

**P/C indicates the percentage between VA/VeoVA solid and cement by weight.

***W/C indicates the weight ratio of the total water to cement and total water is the sum of the water in VA/VeoVA latex and added water into mixtures for satisfying the target flow of 200mm.

(2) 표면수율에 따른 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르 특성

표면수가 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르에 미치는 영향을 파악하기 위해 사용된 재료의 특성은 앞서 설명한 실험재료와 같으며 콘크리트 피착체 또한 같은 조건하에서 제조하여 사용하였다.

Table 7의 배합표에 따라 파악된 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 기초적인 성능을 토대로 부착강도, 잔갈립성, 재료분리 저항성이 좋은 시험체를 선택하였다. 시험체는 C:F=1:1인 경우 P/C=10%, 20%의 시험체 2개, C:F=1:3인 경우 P/C=10%의 시험체 1개, 모두 3개가 선택되었으며 이 3개의 배합에 대하여 피착체의 표면수율에 따른 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 특성을 파악하였다.

2.4 실험항목

2.4.1 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 기초 성능

시간의 변화에 따른 시험체의 연도변화를 KS F 4716에 준하여 아래 식에 의해 측정하였다.

$$\text{연도변화(\%)} = \frac{F_1 - F_2}{F_1} \times 100(\%)$$

여기서, F_1 : 시험체 제조 직후의 플로우값 (mm)

F_2 : 90분경과 후의 플로우값 (mm)

단위용적중량은 KS F 2475 (굳지 않은 폴리머 시멘트 모르타르의 단위용적무게시험 방법)에 준하여 측정을 하였다. 부착강도는 KS F 4716 (시멘트계 바탕 바름제)에 준하여 40mm×40mm×2mm의 크기로 표준양생용 시험체를 제작하였으며, 온도 20℃, 85%를 유지하여 각각 3일, 7일, 28일, 50일 동안 기중양생하여 부착강도와 파괴 시의 파괴모드를 파악하였다.

2.4.2 표면수율에 따른 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르 특성

콘크리트 피착체의 표면수율은 피착체 전체 면적에 대하여 각각 0, 5.5, 11, 16.5, 22g의 수분을 흠어 뿌리는 방법으로 공급하였으며 이 표면수의 양을 피착체 표면적에 대하여 계산하면 각각 0, 0.006, 0.012, 0.017, 0.024 g/cm²이다. 콘크리트 피착체에 있는 표면수의 유무와 양에 따른 유동성의 변화가 측정되었다. 또한 표면수가 시험체에 잉여수로 작용할 수 있는 여지가 있기 때문에 이로 인한 증발수의 증가가 예상될 수 있다 (Afridi, 1995; Schulze, 1999). 따라서 이의 영향을 파악하기 위하여 각 시험체의 잔갈립성을 관찰하였다.

콘크리트 피착체 위에 표면수를 살포한 후 그에 따른 부착강도 특성을 파악하기 위해서 콘크리트 피착체는 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르가 타설되는 면을 제외한 나머지 5면은 수분의 증발 및 유입을 막기 위해 에폭시수지로 도포되었다. 콘크리트 피착체에 있는 표면수의 유무와 양에 따른 부착강도의 변화는 앞서 설명한 부착강도 측정방법에 따라 채령 3일, 7일, 28일, 50일에서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 고유동성 VA/VeoVA개질 시멘트 모르타르의 기초성능

3.1.1 단위용적중량 및 유동특성

Fig. 2에서 보면 각 배합의 단위용적중량은 C:F=1:1인 경우가 1:3인 경우보다 작게 나타났으며, C:F와 관계없이 시멘트에 대한 VA/VeoVA 분말수지의 비율 (P/C)이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이처럼 P/C가 증가함에 따라 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 단위용적중량이 감소하는 이유는 단위용적 내에 밀도가 낮은 VA/VeoVA 분말수지의 중량이 증가하기 때문이다. 따라서 이러한 현상은 단위용적 내에 분말수지의 양이 많기 때문에 C:F=1:1인 배합의 경우가 C:F=1:3인 경우보다 더욱 두드러지게 나타난다. 각각 폴리우레탄과 에폭시로 구성된 기성제품의 단위용적중량은 1.3 (kg/liter) 내외로 본 연구의 실험체와 비교하였을 때

비교적 낮은 단위용적중량을 보이고 있는 데 이는 폴리우레탄이나 에폭시가 밀도가 낮기 때문이다 (Do and Soh, 2003b).

Fig. 3은 VA/VeoVA 분말수지에 의해 개질된 고유동성 시멘트 모르타르의 플로우값과 연도변화를 나타내고 있다. 전 배합에서 P/C가 증가함에 따라 연도변화가 증가하는 것으로 나타났으며 P/C=10%, 20%인 배합에서 10% 내외의 양호한 연도변화를 보이고 있다. 시험체의 이러한 연도변화 특징을 폴리우레탄이나 에폭시 수지와 비교하여 보면 폴리우레탄수지와 에폭시수지는 주재와 경화제의 배합·혼합의 과정중에 중합반응이 일어나며 경화한다. 따라서 소요의 성능을 발휘하는 데 실험의 결과 가사시간이 짧고 이를 조절하기가 어렵다는 것을 확인할 수 있다.

3.1.2 내균열성 및 재료분리

Fig. 4에 보이는 바와 같이 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 내균열성과 재료분리의 실험 결과에 따르

Fig. 2 Unit weight

Fig. 3 Flow and Consistency change

P/C(%)	C:S=1:1		C:S=1:3	
	Appearance	Result	Appearance	Result
10		Crack: No		Crack: No
		Segregation: No		Segregation: No
20		Crack: No		Crack: No
		Segregation: No		Segregation: No
30		Crack: No		Crack: No
		Segregation: No		Segregation: No
50		Crack: No		Crack: No
		Segregation: No		Segregation: No
75		Crack: No		Crack: No
		Segregation: No		Segregation: No

Fig. 4 Crack resistance and segregation of high flowable VA/VeoVA-modified cement mortar.

면 모든 배합에서 재료의 분리는 일어나지 않았고 수분 증발에 의한 표면 균열발생하지 않았다. 이와 같이 분말수지에 의한 균열 억제 및 재료분리 저항성이 증가하는 이유는 재유화형 분말수지의 재유화 후 탈수과정 중에 생기는 폴리머 필름의 효과에 기인한다. 즉 폴리머 필름에 의한 crack bridge 역할과 인성 (toughness)의 증가로 인하여 수분 증발시 발생하는 표면응력의 분산이 이뤄지고, 재유화된 분말수지의 점성으로 인하여 재료분리의 저항성이 개선되었기 때문이다. 따라서, 본 연구를 통해 범용적으로 사용되는 폴리머 시멘트 비인 5~15%를 벗어난 경우라도 재유화형분말수지에 의해 생기는 폴리머 필름에 의해 내균열성과 재료분리에 대한 저항성이 개선되어 비교적 넓은 면적에 타설하는 경우에 균열이나 재료분리에 의해 생길 수 있는 내구성이나 여러 물리적 성능의 저하는 발생하지 않을 것으로 판단된다.

3.1.3 부착강도 및 파괴모드

Fig. 5에 도시적으로 설명되어진 것처럼 인장 부착력에 의해 파괴되는 양상은 시험체의 부착강도가 높거나 만약 피착체의 인장강도가 낮다면 한계부착강도에 도달하기 전에 피착체에서 파괴되며 (S_f), 시험체의 인장강도가 낮은 경우에는 한계부착강도에 이르기 전에 시험체에서 파괴 (M_f)가 일어날 것이다. 여기서 시험체에서 파괴 (M_f)가 일어난다는 것은 시험체의 인장강도가 부착강도보다 낮다는 것을 의미한다 (Do and Kim, 2013a).

Fig. 6의 부착강도 실험결과를 통해 본 연구의 시험체는 시멘트-VA/VeoVA의 복합기지 (composite matrix)를 형성하므로써 재령 50일까지 부착강도의 발현이 계속해서 진행되고 있음을 알 수 있다. C:F=1:1인 경우 P/C=10%에서 재령에 따라 1.5~3.0MPa의 높은 부착강도를 보이고 있으며, C:F=1:3인 경우에도 P/C=10%에서 재령에 따라 1.0~2.0MPa의 부착강도를 보이고 있다.

다만, P/C가 증가함에 따라 시험체의 부착강도는 감소하는 경향을 보이는 데 이는 SBR, PAE 등의 폴리머에 의해 개질된 시멘트 모르타르의 압축강도, 휨강도, 부착강도 등의 기계적 특성에서 보이는 전형적인 특징이다 (Wang et al., 2012).

Table 8의 인장력에 의한 부착파괴 양상을 살펴보면 재령 7일 까지는 주로 시험체에서 파괴 (M_f)가 일어나고 있으며 재령 28일에서는 시험체가 비교적 강도를 발휘하여 일부는 시험체에서, 일부는 계면 (I_f)에서 파괴가 일어나고 있다. 재령 50일에서는 부착강도가 상대적으로 높았던 P/C=10%와 20%의 경우 피착체에서 부착파괴 (S_f)가 일어나고 있다. C:F=1:3 일 때의 시험체는 C:F=1:1일 때의 시험체와 비교할 때 상대적으로 인장부착강도가 낮은 이유로 인하여 대부분의 시험체가 시험체에서 인장부착파괴가 일어나거나 시험체와 피착체 사이의 계면에서 부착파괴가 일어났다.

3.2 표면수율에 따른 고유동성 VA/VeoVA개질 시멘트 모르타르의 특성

3.2.1 유동특성

Table 9는 시험체의 유동성 실험이 이뤄지는 유리판 위에서 플로우와 콘크리트 피착체의 표면수율에 따른 플로우를 측정된 결과이다.

표면수율이 존재하는 경우의 플로우를 유리판 위에서의 플로우와 비교하여 볼 때 표면수율이 $0g/cm^2$ 인 경우에는 유동성이 급격하게 떨어지는 반면에 표면수율이 증가함에 따

Notes,
 M_{tensile} = tensile strength of specimen
 I_{adhesive} = adhesive strength of the interface between SBR-modified cement mortar and concrete
 S_{tensile} = tensile strength of concrete substrate

1. If $M_{\text{tensile}} > I_{\text{adhesive}}$ and S_{tensile} ,
adhesion in tension depends on either I_{adhesive} or S_{tensile} . Hence, If $I_{\text{adhesive}} > S_{\text{tensile}}$, adhesion in tension certainly depends on S_{tensile} .
Otherwise, adhesion in tension certainly depends on I_{adhesive} , namely, which can be called pure adhesion in tension.
2. If $M_{\text{tensile}} < I_{\text{adhesive}}$ and S_{tensile} ,
adhesion in tension certainly depends on M_{tensile} .

1. If M occurs, M_{tensile} is less or no more than the pure adhesion.
2. If I occurs, I_{adhesive} is the pure adhesion in tension.
3. If S occurs, the pure adhesion exceeds M_{tensile} .

Fig. 5 Schematic diagram for fracture mode by bond failure

Fig. 6 Adhesive strength of specimens

Table 8 Failure mode in tensile adhesion

C:F	P/C (%)	Curing Age			C:F	P/C (%)	Curing Age		
		7 days	28 days	50days			7 days	28 days	50days
1:1	10	M _f	M _f	S _f	1:3	10	M _f	M _f	S _f
	20	M _f	S _f	S _f		20	I _f	I _f	I _f
	30	M _f	I _f	I _f		30	I _f	I _f	I _f
	50	M _f	I _f	I _f		50	I _f	I _f	I _f
	75	M _f	M _f	I _f		75	M _f	M _f	M _f

Notes : M_f, I_f and S_f indicate the failure in the specimen, the failure in the interface, and the failure in the substrate, respectively.

Table 9 Flow test result on glass and concrete substrates

C:F	P/C (%)	Flow value (mm)					
		On glass	On concrete substrate				
			Surface water (g) per 1 cm ² concrete substrate				
			0	0.006	0.011	0.017	0.022
1:1	10	213.5	103	150	163.5	181	185
	20	210	112	162	178.5	185.5	207
1:3	10	198	98	143	155	165	175

Fig. 7 Relative ratio of Flow dependent on Surface water.

라 유동성이 개선되고 있음을 확인할 수 있다. Fig. 7은 피착체의 표면수량에 대한 VA/VeoVA에 의해 개질된 고유동성 시멘트 모르타르의 플로우 변화값을 유리판에서 측정한 플로우의 상대적인 증감을 도시적으로 나타내고 있다. 그림에서 보면 표면수량이 0g/cm²인 경우 유리판에서 측정한 플로우값에 비하여 시험체의 배합에 따라 약 90~110% 정도 유동성이 상실됨을 알 수 있다. 하지만 표면수량이 증가함에 따라 유동성은 향상되어 약 0.0024g/cm²에서는 유리판위에서의 플로우와 비교하여 거의 대등한 수준으로 회복됨을 알 수 있다.

따라서 피착체 위의 표면수와 시험체의 유동성과의 실험

결과를 통하여 콘크리트 피착체와의 부착성이 중요한 장소나 부위에 고유동성의 시멘트 모르타르가 시공되는 경우 표면수량과 부착강도와의 관계를 실험적으로 규명함으로써 소정의 작업성을 확보하면서 시공목표로 하는 목표부착강도를 만족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

3.2.2 내균열성 및 재료분리

Fig. 8은 피착체의 표면수량에 따른 내균열성과 재료분리 상태에 대한 실험결과를 보여주고 있다.

실험과정 중 표면수의 영향으로 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르 시험체는 표면수가 없는 경우보다 부드럽게 피착체 위로 퍼져나갔다. Fig. 8에서 보이는 바와 같이 시험체 배합이 C:F=1:1이고, P/C=10%, P/C=20%인 경우와 C:F=1/3이고 P/C=10%일 때 표면수가 없는 시험체의 경우 표면수의 증발과 건조수축으로 인한 균열과 고유동성으로 인한 재료분리가 발생하지 않았다.

이와 마찬가지로 표면수가 존재하는 시험체의 배합에서도 표면수에 의해 유동성이 개선되는 반면 균열이나 재료분리가 일어나지 않았다. 이는 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르를 적용부위에 타설하기 전에 유동성 개선을 목적으로 피착체의 표면에 뿌려지는 표면수가 건조수축이나 재료분리를 일으키는 잉여수로 작용하지 않고 있음을 알 수 있다 (Brocken, 1998).

3.2.3 부착특성

시험체가 타설될 피착체의 표면 위의 표면수 유무와 그 양이 부착강도에 미치는 영향에 대한 실험결과가 Figs. 9, 10에 나타나 있다. 모든 시험체가 재령이 증가함에 따라 표면수량과 P/C와 관계없이 모두 증가하는 경향을 보이고 있다. 표면수량에 따른 영향을 보면 C:F=1:1이고 P/C=10%인 시험체의 경우에는 표면수량이 증가함에 따라 부착강도가 감소하는 경향을 보이고 있는 반면에 C:F=1:1이고 P/C=20%

Appearance	Result	Appearance	Result
Crack: No		Crack: No
	Segregation: No		Segregation: No
Surface Water (g/cm ²)	0.006	Surface Water (g/cm ²)	0.012
Crack: No		Crack: No
	Segregation: No		Segregation: No
Surface Water (g/cm ²)	0.018	Surface Water (g/cm ²)	0.024
C:F=1:1, P/C=10%			
Appearance	Result	Appearance	Result
Crack: No		Crack: No
	Segregation: No		Segregation: No
Surface Water (g/cm ²)	0.006	Surface Water (g/cm ²)	0.012
Crack: No		Crack: No
	Segregation: No		Segregation: No
Surface Water (g/cm ²)	0.018	Surface Water (g/cm ²)	0.024
C:F=1:1, P/C=20%			
Appearance	Result	Appearance	Result
Crack: No		Crack: No
	Segregation: No		Segregation: No
Surface Water (g/cm ²)	0.006	Surface Water (g/cm ²)	0.012
Crack: No		Crack: No
	Segregation: No		Segregation: No
Surface Water (g/cm ²)	0.018	Surface Water (g/cm ²)	0.024
C:F=1:3, P/C=10%			

Fig. 8 Crack resistance and segregation of high flowable VA/VeoVA-modified cement mortar dependent on various surface water.

인 시험체의 경우에는 표면수량의 증가에 따라 부착강도가 증가하는 경향을 보이고 있다. C:F=1:3이고 P/C=10%인 시험체는 표면수량이 0.012g/cm²인 부분에서 부착강도 기울기의 반곡이 있음을 알 수 있다.

재령 50일에서 판단할 때 C:F=1:1이고 P/C=10%인 시험체의 경우, 표면수가 있을 때에는 2.4~2.8MPa의 압축강도를 보이며 표면수가 없을 때와 비교하여 평균적으로 약 20% 정도 낮은 부착강도를 보이고 있다. 반면에 C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체의 경우에는 2.3~3.2MPa의 부착강도를 보이며, 평균적으로 25% 정도 높은 부착강도를 보이고 있다. 하지만 C:F=1:3이고 P/C=10%인 시험체의 경우에는 부착강도를 증가시키는 데에 유효한 작용을 하는 결합재와 VA/VeoVA 고형분의 단위용적 당 용량이 적은 이유로 인하여 표면수에 의한 부착강도 개선 효과는 다른 두 시험체 배합에 비하여 적은 것으로 파악되었다. 좀 더 자세하게 살펴보면, C:F=1:3이고 P/C=10%인 시험체는 재령 50일에서 1.5~1.8MPa의 부착강도를 보이며 표면수가 없는 경우와 비교하여 평균적으로 약 17% 낮은 부착강도를 보이고 있다. 다만 앞서 설명한 바와 같이 C:F=1:3이고 P/C=10%인 시험체는 0.012g/cm²인 부분에서 부착강도 기울기의 반곡이 존재하고 있다.

전체 시험체 중에서 C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체의 경우가 표면수량이 0.024g/cm²일 때 부착강도가 약 3.2MPa로 가장 높았으며, 표면수량이 0.0g/cm² 경우에 비하여 약 43% 정도 부착강도가 증가하였다.

결과적으로 콘크리트 피착체 위에 뿌려진 표면수량에 따른 각 시험체의 부착강도에 미치는 영향 정도를 고려할 때 표면수의 부착강도에 영향은 시험체의 배합별로 달라지며 각 시험체의 배합비에 따라 적정 임계량이 존재하고 있음을 알 수 있다. 따라서 실제 현장에서 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르를 적용하는 경우 유동성과 부착강도의 2가지 요구 성능을 고려할 때 배합별로 최적의 표면수량을 실험적으로 파악한 후 적용해야 할 것으로 판단된다. Table 10에는 재령 7일과 50일에서 부착파괴모드가 설명되어 있다. 부착강도 실험의 파괴모드를 파악한 실험결과에 따르면 재령 7일에서는 표면수량이 0g/cm²일 때에는 시험체에서 파괴가 일어난 반면에 표면수량이 존재하는 경우에는 대부분 피착체와 시험체 사이의 계면에서 인장부착 파괴가 일어났다. 재령 50일에서는 표면수량이 0g/cm²일 때에는 피착체에서 파괴가 일어난 반면에 C:F=1:1이고 P/C=20%인 배합은 표면수량이 0.018g/cm² 이상인 경우 피착체에서 부착파괴가 일어났다.

Fig. 9 Adhesive strength of high flowable VA/VeoVA-modified cement mortar with various surface water.

Fig. 10 Relation between curing age and adhesive strength of high flowable VA/VeoVA-modified cement mortar with various surface water.

Table 10 Failure mode in tensile adhesion

C:F	P/C (%)	Curing age=7days					Curing age=50days				
		Surface Water (g/cm²)=0	0.006	0.012	0.017	0.024	Surface Water (g/cm²)=0	0.006	0.012	0.017	0.024
1:1	10	M _f	I _f	I _f	M _f	I _f	S _f	I _f	I _f	I _f	I _f
	20	M _f	I _f	I _f	M _f	I _f	S _f	I _f	I _f	S _f	S _f
1:3	10	M _f	I _f	M _f	M _f	M _f	S _f	I _f	I _f	I _f	I _f

Notes : M_f and I_f indicate the failure in the specimen and the failure in the interface, respectively.

4. 결론

고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르는 SBR이나 PAE 등에 의해 개질된 시멘트 모르타르의 성능과 비슷한 경향을 보이고 있다. 단위용적중량은 2.0kg/liter 미만이었으며, 시간에 따른 플로우의 변화를 나타내는 연도변화는 10%~30% 정도를 보이며, 유사한 적용분야에 현재 사용되고 있는 폴리우레탄이나 에폭시 수지에 비하여 매우 양호한 수준이었다. VA/VeoVa 무혼입 시멘트모르타르와 비교하여 볼 때 폴리머 시멘트비가 10%인 경우의 부착강도는 최대 약 500%정도 증가한 약 3.2MPa 정도를 보였다. 또한 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르는 타설 및 경화 중에 재료의 분리나

건조수축에 의한 균열이 발생하지 않았다.

표면수량이 증가함에 따라 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 유동성은 0.0024g/cm²에서는 유리판위에서의 플로우와 비교하여 거의 대등한 수준으로 회복되었다. 전체 시험체 배합 중에서 C:F=1:1이고 P/C=20%일 때 재령 50일에서 가장 높은 부착강도를 보였으며 표면수량이 없는 시험체에 비하여 평균적으로 25%정도 증가한 2.3~3.2MPa의 부착강도를 보였다.

이상의 실험결과를 종합하여 볼 때 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르에 대한 표면수량은 재료분리나 건조수축에 의한 균열을 발생시키지 않으면서 작업성을 향상시킬 수 있는 재료의 유동성 개선에 크게 기여할 수 있으며,

부착강도 측면에서 볼 때에도 부착강도의 개선효과를 얻을 수 있는 배합이 존재하였다. 따라서 실험적으로 표면수량과 유동성, 그리고 부착강도와 3인자 관계를 파악한 후 균열 보수 등의 세부적용분야 별로 요구되는 성능을 충분히 만족하는 배합의 도출이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2010년 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. [NRF-2010-359-D00026]

References

1. Afridi, M., Ohama, Y., Iqbal, M. Z. and Demura, K., "Water retention and adhesion of powdered and aqueous polymer-modified mortars", Cement and Concrete Composites, Vol. 17, 1995, pp.113-118.
2. Brocken, H. J. P., Spiekman, M., Pel, L., Kopinga, K. and Larbi, J., "Water extraction out of mortar during brick laying: a NMR study", Materials and structures, Vol. 31, 1998, pp.49-57.
3. Chandra, S. and Ohama, Y., Polymers in Concrete, CRC Press, Boca Raton, Fla, 1994, pp.5-8.
4. Do, J. and Kim, D., "Adhesive Properties of High Flowable SBR-modified Mortar for Concrete Patching Material dependent on Surface Water Ratio of Concrete Substrate", The Journal

- of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 17, No. 2, 2013 (in Korean with English abstract).
5. Do, J., Soh, Y., "Adhesive Strength in Tension of SBR-Modified Cement Mortar with Self-Flowability Material for Floor-Finishing", Journal of Korea Concrete Institute, Vol. 15, No. 4, 2003a, pp.549-556 (in Korean with English abstract).
6. Do, J., Soh, Y., "Performance of polymer-modified self-leveling mortars with high polymer-cement ratio for floor finishing", Cement and Concrete Research, Vol. 33, 2003b, pp.1497-1505.
7. Ohama, Y., Handbook of polymer-modified concrete and mortars: properties and process technology: William Andrew, 1995.
8. Schulze, J. and Killermannn O., "Long-term performance of redispersible powders in mortars", Cement and Concrete Research, Vol. 31, 2001a, pp.357-362.
9. Wahby, W. S., Fifty years' history of polymer in concrete in Review, ACI International, Publication-SP 214-2, 2003, pp.13-14.
10. Wang, R. et al., "Effect of redispersible vinyl acetate and versatate copolymer powder on flexibility of cement mortar", Construction and Building Materials, Vol. 27, 2012, pp.259-262.

Received : 04/03/2013

Revised : 05/29/2013

Accepted : 06/17/2013

요 지

본 연구에서는 고유동성의 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 기초적 성능을 측정한 후 콘크리트의 보수용 재료에 매우 중요한 요구 성능인 부착강도에 대한 피착체의 표면에 존재하는 표면수량의 영향을 검토하는 연구가 수행하였다. 시험체의 배합은 VA/VeoVA는 결합재인 시멘트에 대하여 고품분비 (폴리머시멘트비; P/C)에 의하여 10, 20, 30, 50, 75%, 잔골재는 시멘트의 중량에 대하여 각각 1:1, 1:3의 비율을 적용하였다. 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 기초적인 성능을 토대로 부착강도, 잔갈립성, 재료분리 저항성이 좋은 시험체를 선택하였다. 시험체는 C:F=1:1인 경우 P/C=20%, 30%의 시험체 2개가 선택되었으며, C:F=1:3인 경우 P/C=50%의 시험체 1개, 총 3개가 선택되었으며 이 3개의 배합에 대하여 피착체의 표면수량에 따른 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 특성을 파악하였다. 본 연구를 통해 콘크리트 피착체에 살포된 표면수는 부분적으로 고유동성 VA/VeoVA 개질 시멘트 모르타르의 부착강도를 증진하고, 유동성을 개선하는 효과가 있다는 결론을 얻었다.

핵심 용어 : 고유동성, VA/VeoVA, 보수재료, 표면수, 폴리머, 재유화형분말수지