

콘크리트 피착체의 표면수율에 따른 단면복구용 고유동성 SBR 개질 모르타르의 부착특성

Adhesive Properties of High Flowable SBR-modified Mortar for Concrete Patching Material Dependent on Surface Water Ratio of Concrete Substrate

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

Abstract

This study investigated the effect of surface water on concrete substrate on adhesive strength in tension of very high flowable SBR-modified cement mortar. The specimens were prepared with proportionally mixing SBR latex, ordinary portland cement, silica sand, superplasticizer and viscosity enhancing agent. Polymer cement ratio (P/C) were 10, 20, 30, 50 and 75% and the weight ratio of fine aggregate to cement were 1:1 and 1:3. The specimens obtained with different P/C and C:F were characterized by unit weight, flow test, crack resistance and adhesion test. After basic tests, two mixtures of P/C=20% and 30% in case of C:F=1:1, and one mixture of P/C=50% in case of C:F=1:3 were selected, respectively. These three selected specimens were studied about the effect of surface water evenly sprayed on concrete substrate by a amount of 0, 0.006, 0.012, 0.017, 0.024g per unit area (cm²) of concrete substrate surface. The results show that surface water on concrete substrate increases the adhesive strength in tension of high flowable SBR-modified cement mortar and improve the flowability compared to the non-sprayed case.

Keywords : High flowability, SBR, Repair Material, Surface Water, Polymer

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

포틀랜드 시멘트 경화체를 기지 (matrix)로 하는 포틀랜드 시멘트 기반의 모르타르 및 콘크리트는 가장 폭넓게 사용되는 건설재료이다. 이 재료는 공학재료로서 낮은 코스트, 높은 강성, 높은 압축강도, 불연의 성질, 높은 가소성, 제조용이성 등의 많은 장점을 가지고 있다. 반면에 인장강도가 낮고 취성적인 재료라는 점과 균열이 발생하기 쉽고, 다른 부류의 재료 혹은 시멘트계 재료와의 부착성능이 약하다는 점은 이 재료가 가지고 있는 가장 취약한 공학 재료적 한계이다. 포틀랜드 시멘트 기반의 재료가 가지는 한계를 극복하고 이 점을 개선하기 위하여 다양한 재료과학적 시도가 이뤄졌으며, 그 중에서 합성 폴리머 (synthetic polymer)의 적용은

시멘트계 재료의 다양한 성능을 개선하고 향상시키는 데 중요한 역할을 해오고 있다.

폴리머가 맞춤형 시멘트 복합재료로서 본격적으로 활용된 것은 부타디엔 스티렌 (butadiene styrene), 폴리 크로로프렌 (poly chloroprene)과 아크릴 라텍스 (acrylic latex)와 같은 합성고분자료가 시멘트 모르타르 및 콘크리트의 개질재료 적용된 1950년대 후반에서부터이다. 그 당시 폴리머 개질 시멘트 모르타르 및 콘크리트는 주로 콘크리트 보수용으로 사용되었다.

1970년 대에는 미국과 캐나다를 중심으로 교량과 주차장의 오버레이 용도로 폴리머가 사용되었으며, 1980년 대에는 건설재료로서 폴리머의 역할과 성능에 대한 폭넓은 연구가 이루어져, 기초적인 성질과 성능, 적용성, 각종 적용부위 별 특성과 더불어 각종 다양한 합성 고분자의 적용 연구 및 학술적 탐사연구가 이뤄졌다. 특히 80년대 초에는 에틸렌-비닐

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

* Corresponding author : kim2kie@chol.com

• 본 논문에 대한 토의를 2013년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 2013년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

아세테이트 (EVA), 폴리 비닐 아세테이트 비닐 카르볼실레이트 (VA/VeovVa), 스티렌 아크릴 (styrene acrylics)과 같은 재유화형분말수지 (redispersible power)가 콘크리트 제조 분야에 도입되었다 (Chandra and Ohama 1994, ACI 548.3R-95).

대부분의 폴리머는 보통 타재료와의 부착강도가 높고 점탄성적인 특징을 가지고 있어 시멘트 페이스트에 혼입하게 되면 시멘트 기지 (matrix)를 개질 (modification)하여 인장강도와 휨강도를 증가시켜 인성을 증가시키므로써 취성을 감소시켜 준다.

또한 시멘트 모르타르의 레올로지적 특성을 개선하여 유동성을 향상시키고, 모세관 공극을 포함한 전 세공용적량을 줄이고, 전체적인 세공용적의 크기도 작게 함으로써 내수성을 증가시켜준다. 이러한 특징은 물결합재비 (the ratio of water to binder)를 감소시켜줌으로써 건조수축과 길이변화를 줄이고, 양생 과정 중 표면의 균열발생 가능성을 줄여주는 효과를 발휘한다. 또한 시멘트 페이스트에 비하여 대부분의 폴리머는 접착능력이 우수하기 때문에 시멘트 모르타르의 접착성능도 상당히 개선해 준다. 이러한 장점을 이용하여 지금까지 대부분의 폴리머 시멘트 모르타르는 내외장 마감 재료, 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 보강재료로서의 확장성은 현대의 건설구조물의 장수명화 및 자원 절약과 맞물려 더욱 넓어지고 있다 (ACI Committee 503, Ohama 1995).

지금까지 폴리머 기반의 보수보강재료 중 Polymer modified

Cement Mortar (PCM)에 대한 연구는 대부분 흙손질 (trowelling)에 적합한 유동성을 가진 PCM에 대하여 보통 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 부족한 상황이다 (Do and Soh 2003b, Barluenga et al. 2004).

이에 본 연구에서는 PCM (Polymer modified Cement Mortar)의 자중만으로도 평활하게 펼쳐지고 적용부위의 구석까지 원활하게 충전되는 고유동성의 폴리머 시멘트 모르타르의 기초적 성능을 측정후 콘크리트의 보수용 재료에 매우 중요한 요구성능인 부착강도에 대한 피착체의 표면에서 존재하는 표면수량의 영향을 검토하는 연구를 수행하였다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구에서는 유무기계 복합재료인 PCM재료의 경제성과 유기계 재료의 간편한 작업성, 피착면과의 높은 부착성 등의 여러 장점들을 기대하며 본 연구를 실시하였으며, 다양한 폴리머 중에서 1970년대부터 도로 포장용으로 적용되었고 시멘트 모르타르 개질제 및 보수보강용 첨가제 등으로 널리 사용되어 오고 있는 SBR 라텍스 (Stylene Butadiene Rubber)를 사용하여 시험체를 제작하였다.

Fig. 1에 보이는 바와 같이 선행연구의 결과를 토대로 물리적 성질이 좋은 시험체를 선별하여 콘크리트 피착체의 표면수량에 따른 굳지 않은 고유동성 PCM의 연도변화와 부착강도, 내균열성의 특성 등을 관찰하였다.

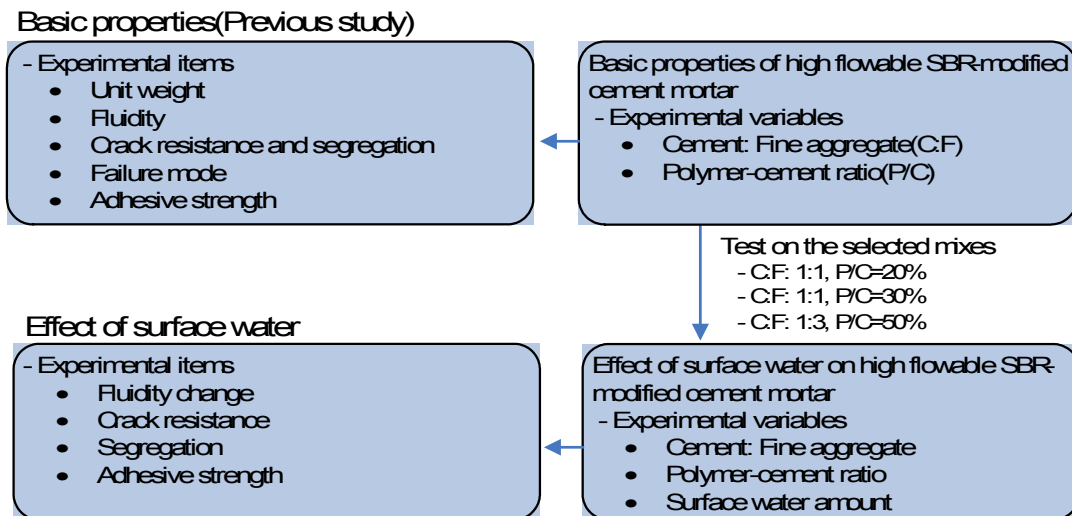


Fig. 1 Study procedures and experimental plan

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. 실험계획 및 방법

2.1 실험개요

본 연구에서는 SBR 라텍스 (Styrene Butadiene Rubber) 를 이용하여 시멘트 모르타르에 고유동성을 부여한 폴리머 시멘트 모르타르를 제조하였다. 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 표면수량에 따른 부착강도특성을 알아보기 위해 먼저 폴리머 시멘트비 (P/C)와 시멘트 잔골재비 (C:S)에 따른 단위용적중량, 플로우, 연도변화와 같은 굳지 않은 상태의 물리적 특성을 파악한 후 부착강도, 내균열성과 같은 굳은 상태의 고유동성 SBR개질 시멘트 모르타르의 특성을 파악하였다. 기초 성능이 파악된 후 이를 바탕으로 여러 시험체 중 유동성 (Fluidity)과 연도변화, 부착강도, 내균열성의 특성이 우수한 시험체를 선별하여 피착체의 표면수량에 따른 고유동성 PCM의 굳지 않은 상태의 특성과 굳은 상태의 부착강도, 내균열성을 폴리머의 종류, 폴리머 시멘트비 (P/C)와 시멘트 잔골재비 (C:S)에 따라 알아보았다.

2.2 실험계획

본 연구는 일반적으로 사용되는 시멘트 모르타르에 폴리머 디스퍼전을 첨가함으로써 시멘트 모르타르를 보강한 후 여기에 고유동성을 부여하기 위해 고유동화제나 경우에 따라서는 증점제와 같은 혼화제를 소량 첨가하여 고유동성과 적정 점성을 가진 시험체를 제작하였다. 본 연구의 목적인 표면수에 따른 부착 특성을 파악하기 위하여 Fig. 1에서 보이는 것처럼 기초 성능 시험의 결과를 토대로 Table 7에 보이는 배합을 선택하여 표면수량에 따른 부착강도와 내균열

성 등을 측정하였다.

2.2.1 사용재료

(1) 시멘트

본 실험에 사용된 보통 포틀랜드 시멘트는 국내 D사에서 제조한 제품을 사용하였으며 물리적 성질과 화학구성분이 각각 Table 1과 2에 나타나 있다.

(2) 잔골재

골재는 입도 분포곡선이 Fig. 2와 같은 국내 J사의 규사를 사용하였고 물리적 성질이 Table 3에 나타나 있다.

(3) 시멘트 개질용 폴리머 및 소포제

시멘트 혼화용 폴리머로는 Styrene Butadiene Rubber (SBR) 라텍스를 사용하였으며 그 물리적 성질은 다음 Table 4와 같

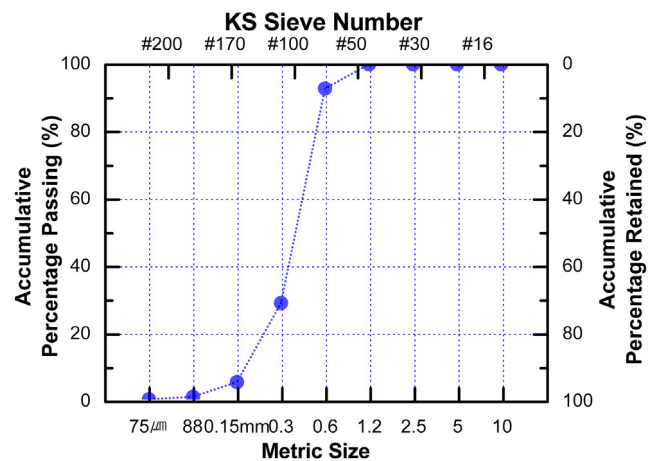


Fig. 2 Size of fine aggregate

Table 3 Physical properties of fine aggregate

Max.size (mm)	Specific gravity (20°C)	Water absorption (%)	Solid volume percentage (%)
<1.2	2.5	0.4	58.1

Table 4 Properties of SBR for cement modifier

Types	Properties	Density	pH	Viscosity (mPa · s)	Total solid (%)
SBR		1.02	7.8	82	48.3

Table 5 Properties of chemical admixture

Types	Properties	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

다. SBR의 계면활성작용으로 인해 폴리머 시멘트 모르타르 내에 연행되는 기포를 제어하기 위하여 실리콘계 에멀전을 폴리머 분산계 고형분에 대하여 0.7%를 사용하였다.

(4) 혼화제

SBR 개질 시멘트 모르타르에 플로우값 200mm 이상의 고유동성을 부여하기 위해 Table 5와 같은 나프탈렌계 고유동화제를 사용하였으며 특정 배합에서 발생하는 점성부족으로 인한 초기 혼합 시 발생할 수 있는 재료분리를 줄이기 위해 수용성 셀룰로스 에테르계의 증점제 (viscosity enhancing agent) 를 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 부착강도 측정용 피착체의 제작

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

2.3.2 배합표

(1) 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초성능
 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초성능은 선행

된 연구내용으로써 기초성능과약을 위해 계획된 시험배합 및 배합표에 대해서 설명하자면 다음과 같다.

시험체의 배합은 다음 Table 7과 같이 SBR 라텍스는 결합재인 시멘트에 대하여 고형분비 (폴리머시멘트비; P/C)에 의하여 10, 20, 30, 50, 75%, 잔골재는 시멘트의 중량에 대하여 각각 1:1, 1:3의 비율을 적용하였다. 소포제는 폴리머 분산계 고형분 중량에 대하여 0.7% 사용하였으며, 소정의 플로우 (200±5mm)를 맞추기 위하여 배합의 필요에 따라 고유동화제는 2.0%와 증점제를 0.08%, 0.1%를 혼입하였고, 고유동화제의 첨가 후에도 유동성이 목표 플로우값인 200±5mm을 만족하지 못하는 경우에는 배합에 물을 첨가하였다. 따라서 Table 7에 보이는 W/C의 물량은 SBR라텍스 내에 존재하는 물과 목표 플로우값을 만족하기 위해 가수된 물의 총량이 된다.

(2) 표면수율에 따른 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르 특성

고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 부착성능에 대한 표면수율의 영향을 파악하기 위하여 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초적인 성능을 토대로 Table 7의 배합설계에서 보이는 배합 중에서 부착강도, 잔갈림성, 재료분리 저항성이 좋은 3개의 시험체가 선택되었다. 즉 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 표면수율에 따른 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 특성을 파악하였다.

Table 7 Mix design of High flowable SBR-modified cement mortar

Mix design for measurement of basic properties of high flowable SBR-modified cement mortar					Mixtures selected for surface water ratio test
C:F*	P/C (wt%)**	Superplasticizer (wt%)	Viscosity agent (wt%)	W/C (%)***	
1:1	10	2.0	N/A	31.2	
	20	2.0	N/A	26.8	Selected
	30	2.0	N/A	32.6	Selected
	50	N/A	0.08	54.3	
	75	N/A	0.1	81.5	
1:3	10	2.0	N/A	98.8	
	20	2.0	N/A	84.0	
	30	2.0	N/A	66.0	
	50	2.0	N/A	60.2	Selected
	75	N/A	N/A	81.5	

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

**P/C indicates the percentage between SBR 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 SBR latex and added water into mixtures for satisfying the target flow of 200mm.

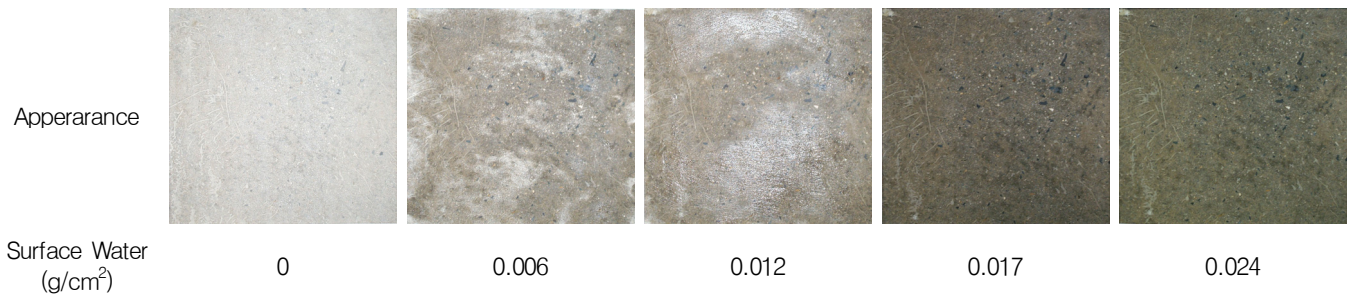


Fig. 3 Surface condition of substrate with change to surface water

2.4 실험항목

2.4.1 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초성능

시간에 따른 시험체의 연도변화가 KS F 4716에 준하여 측정되었으며, 부착강도는 KS F 4716 (시멘트계 바탕 바름재)에 준하여 40mm×40mm×2mm의 크기로 표준양생용 시험체를 제작한 후 온도 20℃, 85%을 유지하여 각각 3일, 7일, 28일, 50일 동안 기중양생하여 부착강도와 파괴 시의 파괴형상을 파악하였다.

2.4.2 표면수량에 따른 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르

표면수가 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르에 미치는 영향을 파악하기 위해 사용된 재료의 특성은 앞서 설명한 실험재료와 같으며 콘크리트 피착체 또한 같은 조건하에서 제조하여 사용하였다. 단, 피착체 위에 표면수를 살포한 후 그에 따른 특성을 파악하기 때문에 콘크리트 피착체는 SBR개

질 시멘트 모르타르가 타설되는 면을 제외한 나머지 5면은 수분의 증발 및 유입을 막기 위해 에폭시수지로 도포되었다.

콘크리트 피착체의 표면수량은 예비 실험을 통하여 Fig. 3에 보이는 것처럼 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 변화를 파악하기 위하여 유동성의 변화를 측정하였으며, 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 잔갈림성을 관찰하였다. 콘크리트 피착체에 있는 표면수의 유무와 양에 따른 부착강도의 변화는 앞서 설명한 부착강도 측정방법에 따라 재령 3일, 7일, 28일, 50일에서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 고유동성 SBR개질 시멘트 모르타르의 기초성능

고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초성능에 대한 실험결과는 선행연구의 결과이다. 표면수율이 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초성능에 미치는 영향에 대한 이해를 돕기 위하여 기 발표된 내용을 인용하여 기술하면 다음과 같다 (Do and Soh, 2003a).

3.1.1 기초성능 요약

배합비가 C:F=1:3인 경우 P/C=10%, 20%, 30%에서 단위용적 내에 다른 구성재료에 비하여 잔골재의 양이 상대적으로 많은 이유로 인하여 재료분리와 블리딩이 일어나 소요의 유동성을 얻을 수 없었다. 시간에 따른 시험체의 연도변화는 P/C가 증가할수록 감소하는 경향이 있었으며 시험체의 구성재료인 잔골재 흡수율의 영향으로 C:F=1:3인 경우가 1:1인 경우보다 연도변화가 더 크게 나타났었다.

고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 내균열성과 재료분리의 실험 결과에 따르면 C:F=1:3인 경우 P/C=10, 20, 30%일 때 재료분리가 일어났다. 4번 구축에 따른 내균열성의 실험결과를 보면 전 배합에서 균열이 발생하지 않았으며, 특히 P/C=10, 20, 30%에서는 재료 분리와 블리딩 현상에도 불구하고 균열이 발생하지 않았었다.

부착강도는 재령 50일 까지 발현이 계속해서 진행되었으며, 재령 7일 까지는 주로 시험체에서 파괴가 일어났으며 C:F=1:1일 때의 시험체를 보면 재령 7일 이전에는 시험체에서 주로 파괴가 일어났다. 재령 28일 이후로는 시험체가 비교적 충분한 강도를 발휘하여 계면에서 파괴가 일어났다. C:F=1:3일 때의 시험체는 C:F=1:1일 때의 시험체와 비교할 때 상대적으로 인장부착강도가 낮은 이유로 인하여 대부분의 인장부착파괴 형상이 시험체에서 일어났다.

C:F=1:1인 경우 부착강도는 P/C=20%에서 약 4MPa 정도로 가장 높은 수치를 기록하였으며 P/C가 그 이상으로 증가할수록 부착강도는 감소하는 경향을 보였다. 즉 C:F=1:1인 경우 SBR에 의해 개질된 고유동 시멘트 모르타르의 부착강도는 P/C가 약 20%일 때 최댓값을 기록하였다. C:F=1:3인 경우 시멘트 모르타르의 부착강도는 P/C=50%에서 부착강도는 가장 높은 수치를 기록하였으며 P/C가 그 이상으로 증가하면 부착강도는 감소하는 경향을 보였다. 즉 C:F=1:3인 경우 SBR에 의해 개질된 시멘트 모르타르의 부착강도는 P/C

가 약 50%일 때 최댓값을 기록하였다.

3.2 표면수율에 따른 고유동성 SBR개질 시멘트 모르타르의 특성

3.2.1 유동특성

Table 8은 고유동성의 시험체의 유동성 실험이 이뤄지는 유리판 위에서의 플로우 값과 본 연구에서 제조한 콘크리트 피착체의 표면수율에 따른 플로우 값의 측정결과이다. 유리판 위에서의 플로우 값과 비교하여 볼 때 앞서 연도변화 시험에서 예상한 바와 같이 표면수율이 0g/cm²인 경우에는 유동성이 급격하게 떨어지며 표면수율이 증가함에 따라 유동성이 개선되고 있음을 확인할 수 있다. Fig. 4는 피착체의 표면수율에 대한 SBR에 의해 개질된 고유동성 시멘트 모르타르의 플로우 변화값을 유리판에서 측정한 플로우값에 대하여 상대적인 증감을 나타내고 있다. 그림에서 보면 표면수율이 0g/cm²인 경우에는 유리판에서 측정한 플로우값에 비하여 약 30~80% 정도 유동성이 상실됨을 알 수 있으며, 표면수율이 증가함에 따라 유동성은 회복되어 약 0.012g/cm² 이상이 되면 유리판위에서의 측정값을 상회하여 유동성이 증진될 수 있음을 알 수 있다. 특히 표면수율이 0.006g/cm²인 경우에는 0g/cm²에 비하여 유동성이 개선되면서 유리판에서

Table 8 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	20	205	115	201	225	230	231
	30	198	157	195	212.5	224	229
	50	195	168	190	202	204	208

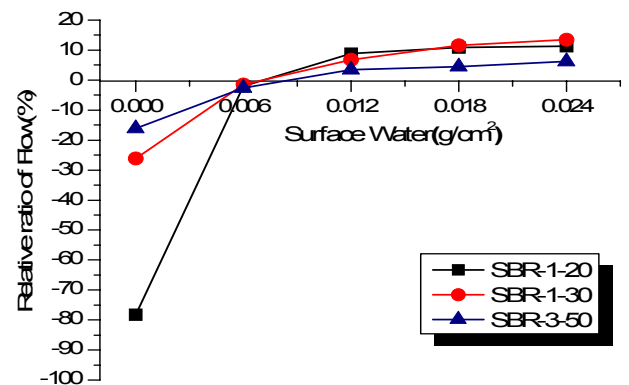


Fig. 4 Relative ratio of Flow dependent on Surface water.

의 측정값과 거의 비슷한 수준의 유동성을 보여주고 있다. 따라서 콘크리트 피착체와의 부착성이 중요한 장소나 부분에 고유동성의 시멘트 모르타르가 적용되는 경우 표면수량과 부착강도와의 관계를 실험적으로 규명함으로써 소정의 작업성을 확보하면서 목표로 하는 부착강도를 확보할 수 있을 것이다.

3.2.2 내균열성 및 재료분리

Fig. 5는 각각 C:S=1:1이고, P/C=20%, P/C=30%인 경우와 C:S=1/3이고 P/C=50%인 경우에 피착체의 표면수량에 따른 내균열성과 재료분리 상태에 대한 실험결과를 보여주고 있다. 실험과정 중 표면수의 영향 때문에 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르 시험체가 표면수가 없는 경우보다 용이하게 피착체 위에서 퍼져나갔다. 육안관찰을 통해 C:S=1/3이고 P/C=50%인 배합의 시험체가 나머지 두 배합의 시험체에 비교하여 볼 때 시멘트, SBR라텍스 그리고 잔골재의 적절한 비율로 인하여 시험체의 점성이 양호하여 피착체 위에서 고르게 펼쳐졌다.

표면수가 없는 시험체의 경우 그 배합이 C:S=1:1이고, P/C=20%, P/C=30%인 경우와 C:S=1/3이고 P/C=50%일 때 Fig. 5에서 보이는 바와 같이 건조수축에 의한 균열과 고유동성으로 인한 재료분리가 발생하지 않았다. 이와 마찬가지로 표면수가 존재하는 경우 표면수에 의해 유동성이 개선되는 반면 균열이나 재료분리가 일어나지 않았다. 이는 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르를 적용부위에 타설하기 전에 유동성 개선을 목적으로 피착체의 표면에 뿌려지는 표면수가 건조수축이나 재료분리를 일으키는 잉여수로 작용하지 않고 있음을 확인할 수 있다.

3.2.3 부착특성

피착체의 상부 표면에 살포된 표면수의 유무와 그 양이 시험체와 피착체 사이의 부착강도에 미치는 영향이 표면수량과 재령에 따라 Figs. 7과 8에 나타나 있으며, 재령 7일과 50일에서 부착과피 형상이 Table 9에 나열되어 있다. Table 9

	Appearance	Result	Appearance	Result
C:S=1:1 P/C=20		Crack: No		Crack: No
		Segregation : No		Segregation : No
	Surface Water (g/cm ²)	0.006	Surface Water (g/cm ²)	0.012
C:S=1:1 P/C=30		Crack: No		Crack: No
		Segregation : No		Segregation : No
	Surface Water (g/cm ²)	0.017	Surface Water (g/cm ²)	0.024
C:S=1:3 P/C=50		Crack: No		Crack: No
		Segregation : No		Segregation : No
	Surface Water (g/cm ²)	0.017	Surface Water (g/cm ²)	0.024

Fig. 5 Crack resistance and segregation of high flowable SBR-modified cement mortar dependent on various surface water.

Table 9 Failure mode in tensile adhesion

C:F	P/C (%)	Curing age=7days					Curing age=50days				
		Surface Water (g/cm ²)=0	0.006	0.012	0.017	0.024	Surface Water (g/cm ²)=0	0.006	0.012	0.017	0.024
1:1	20	I _f	S _f	S _f	S _f	I _f	I _f	S _f	S _f	S _f	S _f
	30	I _f	S _f	S _f	S _f	I _f	I _f	S _f	S _f	S _f	S _f
1:3	50	I _f	S _f	M _f	M _f	M _f	I _f	S _f	I _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.

에 표기된 부착강도 파괴형상은 Fig. 6에 도시적으로 설명되어 있다. 즉 파괴형상 중 M_f 는 시험체에서 파괴가 일어난 것이며, I_f 는 시험체와 콘크리트 피착체 사이에서, S_f 는 콘크리트 피착체에서 인장력에 의한 부착파괴가 일어난 것을 의미한다.

Table 9의 부착강도 실험의 파괴형상을 파악한 실험결과에 따르면 표면수량이 $0g/cm^2$ 일 때에는 시험체와 피착체 사이의 계면에서 파괴가 일어난 반면에 표면수량이 $0.006, 0.012, 0.017g/cm^2$ 인 경우에는 피착체에서 인장부착 파괴가 일어났다. 이는 시험체의 인장 부착강도가 피착체의 인장강도보다 크다는 것을 알 수 있으며, 콘크리트 보수용 재료로 사용되었을 때 바람직한 현상이다. 따라서 피착체 위에 살포된 표면수는 시험체와 피착체 사이의 부착강도를 개선하는 데 유효한 작용을 한다는 것을 알 수 있다. C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체의 경우, 표면수가 없을 때와 비교하여 표면수가 있을 때에는 2~32%, 평균적으로 13% 정도 높은 부착강도를 보이고 있으며, C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체의 경우에는 11~37%, 평균적으로 23% 정도 높은 부착강도를 보이고 있다. 하지만 C:F=1:3이고 P/C=50%인 시험체의 경우에는 부착강도를 증가시키는 데에 유효한 작용을 하는 결합재와 SBR 고형분의 단위용적 당 용량이 적은 이유로 인하여 표면수에 의

한 부착강도 개선 효과는 미미한 것으로 파악되었다. 좀 더 자세하게 살펴보면, C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체의 경우가 채령과 표면수율과 관계없이 나머지 배합의 시험체에 비하여 전반적으로 부착강도가 높게 나타났다. 즉 C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체와 비교하여, 배합비가 C:F=1:1이고 P/C=30%인 시험체는 표면수량이 $0g/cm^2$ 일 때에는 13~20%정도 부착강도가 낮게 나타나고 있으며 표면수량이 증가할수록 감소폭은 감소하였으며, 표면수량이 $0.022g/cm^2$ 일 때에는 부착강도가 약간 개선되었다. 이는 단위용적 내에 결합수량이 다소 부족하였는데 표면수로 인하여 보충이 되면서 강도가 다소 증가한 것으로 보인다.

C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체의 경우 표면수량이 $0.012g/cm^2$ 일 때 채령 50일의 증기 채령에서 부착강도가 약 4.7MPa로 가장 높았으며, 표면수량이 $0.0g/cm^2$ 경우에 비하여 약 15% 정도 부착강도가 증가하였다. 채령이 3일과 7일의 비교적 초기 채령인 경우에는 표면수량이 $0.017g/cm^2$ 일 때 부착강도가 가장 높게 나타났는데 이로부터 표면수에 의해 부착강도가 개선되는 효과는 $0.012g/cm^2 \sim 0.017g/cm^2$ 사이에서 최대가 될 것으로 판단된다. C:F=1:3이고 P/C=50%인 시험체는 채령과 표면수량과 관계없이 나머지 두 시험체에 비하여 부착강도가 가장 낮게 나타나고 있으며 C:F=1:1이고 P/C=20%

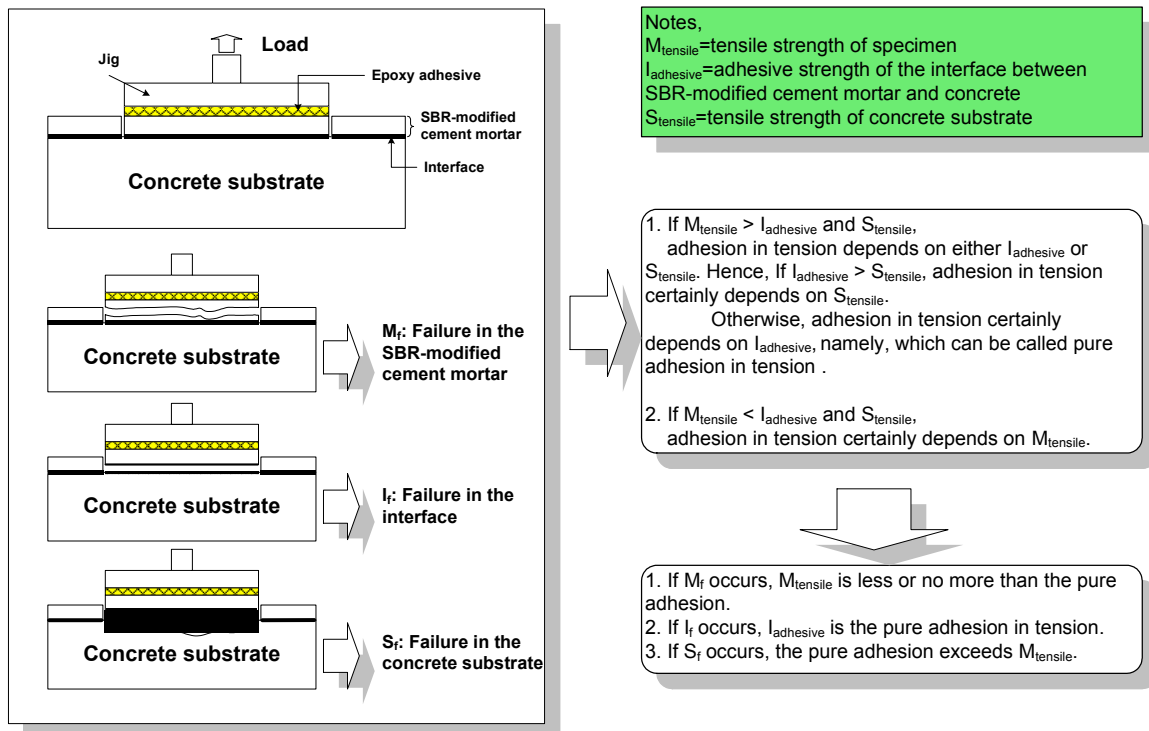


Fig. 6 Schematic diagram for fracture mode by bond failure

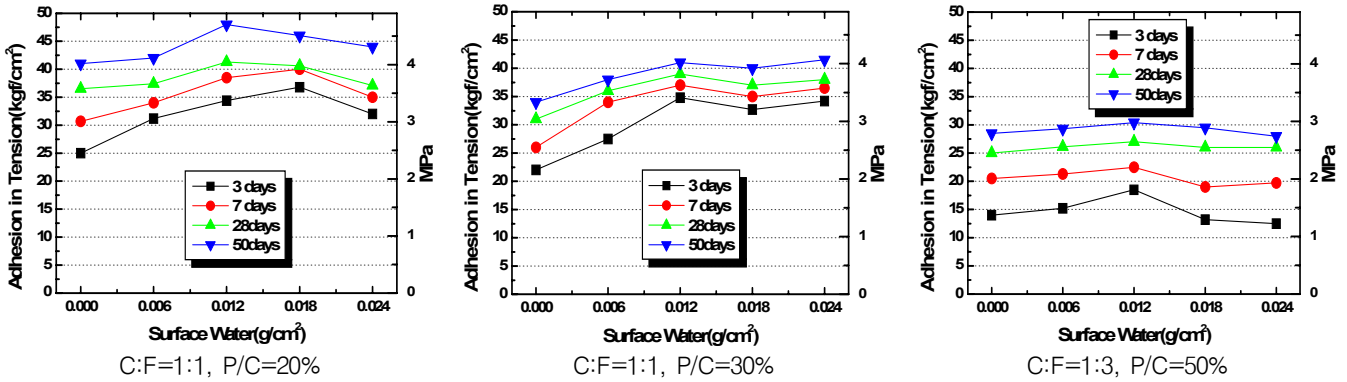


Fig. 7 Adhesive strength of high flowable SBR-modified cement mortar with various surface water.

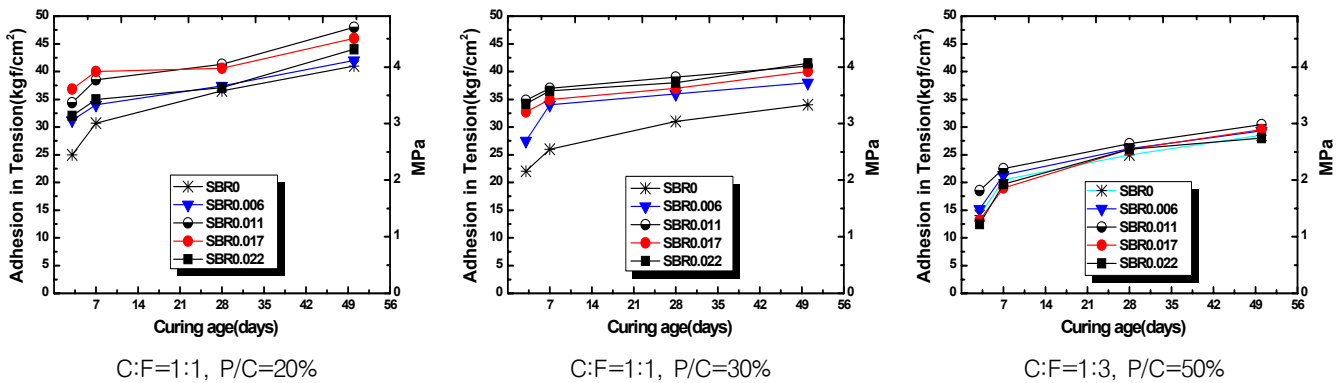


Fig. 8 Relation between curing age and adhesive strength of high flowable SBR-modified cement mortar with various surface water.

인 시험체와 비교하여 볼 때, 재령 3일과 7일의 초기 재령에서는 약 78%~170% 정도 까지 낮은 부착강도를 보이고 있으며, 재령 28일과 50일의 비교적 초·중기 재령에서는 45%~55% 정도 낮은 부착강도를 보이고 있다. 결론적으로 콘크리트 피착체 위에 뿌려진 표면수량에 따른 각 시험체의 부착강도에 미치는 영향 정도를 고려할 때 표면수는 부착강도에 긍정적인 영향을 미치며 각 시험체의 배합비에 따라 적정 임계량이 존재하고 있음을 알 수 있다. 즉, 표면수에 의한 유동성의 개선과 부착강도 개선의 측면에서 보았을 때, 콘크리트 피착면의 표면수량은 0.012~0.018g/cm² 일 때 가장 적당하며 그 이상이 되면 유동성의 개선에 비하여 부착강도의 개선이 미비하거나 오히려 부착강도가 떨어지는 현상이 벌어지므로 표면수량의 적절한 관리가 필요하다.

4. 결론

고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초적 물성을 파악한 후 선별된 시험체에 대하여 콘크리트 피착체의 표면수

량에 따른 연도변화, 부착강도의 변화, 잔갈립성 및 재료분리 저항성 등을 파악한 결과는 다음과 같다.

(1) 유동특성

표면수량이 0g/cm²인 경우에는 연도변화 시험에서 처럼 유리판에서 측정된 플로우값에 비하여 약 30~80% 정도 유동성이 상실되었으며, 표면수량이 증가함에 따라 유동성은 회복되어 약 0.012g/cm² 이상이 되면 유리판 위에서의 측정값을 상회하여 유동성이 증진되었다. 특히 표면수량이 0.006g/cm²인 경우에는 0g/cm²에 비하여 유동성이 개선되면서 유리판에서의 측정값과 거의 비슷한 수준의 유동성을 보여주었다.

(2) 내균열성 및 재료분리

표면수가 없는 시험체의 경우 그 배합이 C:S=1:1이고, P/C=20%, P/C=30%인 경우와 C:S=1/3이고 P/C=50% 일 때 표면수의 유무와 수량의 정도에 관계없이 건조수축에 의한 균열과 고유동성으로 인한 재료분리가 발생하지 않았다.

(3) 부착특성

C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체의 경우, 표면수가 없을 때와 비교하여 표면수가 있을 때에는 2%~32%, 평균적으로 13% 정도 높은 부착강도를 보였으며, C:F=1:1이고 P/C=20%인 시험체의 경우에는 11%~37%, 평균적으로 23% 정도 높은 부착강도를 보였다. 결론적으로 콘크리트 피착체 위에 뿌려진 표면수량에 따른 각 시험체의 부착강도에 미치는 영향 정도를 고려할 때 표면수는 부착강도와 유동성에 긍정적인 영향을 미치며 각 시험체의 배합비에 따라 유동성을 고려하였을 때 0.012~0.018g/cm²일 때 가장 적당하다.

이상을 종합하여 볼 때 콘크리트 피착체에 적절한 양의 표면수가 존재하는 경우에는 콘크리트 피착체의 흡수로 인하여 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 유동성의 상실, 부착강도의 저하 등의 성능저하를 개선할 수 있다. 따라서, 균열과 부착강도를 설계변수로 하는 콘크리트 보수재나 바닥 마감재를 설계할 때 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. [NRF-2010-0013642 및 NRF-2010-359-D00026]

참고문헌

1. ACI Committee 503, Guide for selection and use of structural adhesive with concrete, ACI Materials Journal, January 1993, vol. 89, Issue 1, pp.90-105.
2. ACI Committee, State-of-the-Art Report on Polymer Modified Concrete, American Concrete Institute, ACI 548.3R-95, January 1995, pp.1-47.
3. 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.
4. Aggarwal, L., Thapliyal, P., and Karade, S., "Properties of polymer-modified mortars using epoxy and acrylic emulsions", Construction and Building Materials, vol. 21, 2007, pp.379-383.
5. Barluenga, G. and Hernandez-Olivares, F., "SBR latex modified mortar rheology and mechanical behaviour", Cement and Concrete Research, vol. 34, 2004, pp.527-535.
6. 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.
7. Chandra, S. and Ohama, Y., Polymers in Concrete, CRC Press, Boca Raton, Fla, 1994, pp.5-8.
8. 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)
9. 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.
10. Ohama, Y., Handbook of polymer-modified concrete and mortars: properties and process technology: William Andrew, 1995.
11. Park, S., Kim J., "Study on Adhesive Strength of Polymer Modified Cement Mortar for Maintenance in Concrete Structure", The Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, vol. 14, No. 2, 2010, pp.128-135. (In Korean with English abstract)
12. Sakai, E. and Sugita, J., "Composite mechanism of polymer modified cement", Cement and Concrete Research, vol. 25, 1995, pp.127-135.
13. Schulze, J., "Influence of water-cement ratio and cement content on the properties of polymer-modified mortars", Cement and Concrete Research, vol. 29, 1999, pp.909-915.
14. Song, H., Lee, C. and Min, C., "Effects of Admixtures in Properties of Polymer Cement Mortar for Concrete Repair, The Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, vol. 11, No. 1, 2007, pp.85-94. (In Korean with English abstract)
15. Wahby, W. S., Fifty years' history of polymer in concrete in Review, ACI International, Publication-SP 214-2, 2003, pp.13-14.

Received : 11/29/2012
Revised : 02/06/2013
Accepted : 02/10/2013

요 지

본 연구에서는 고유동성의 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초적 성능을 바탕으로 콘크리트의 보수용 재료에 매우 중요한 요구성능인 부착강도에 대한 피착체의 표면에 존재하는 표면수량의 영향을 검토하는 연구가 수행하였다. 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 기초적인 성능을 토대로 부착강도, 잔갈림성, 재료분리 저항성이 좋은 시험체를 선택하였다. 시험체는 C:F=1:1인 경우 P/C=20%, 30%의 시험체 2개, C:F=1:3인 경우 P/C=50%의 시험체 1개, 총 3개가 선택되었으며 이 3개의 배합에 대하여 피착체의 표면수량에 따른 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 특성을 파악하였다. 표면수는 콘크리트 피착면의 단위 면적 (cm²) 당 각각 0, 0.006, 0.012, 0.017, 0.024 g이 균등하게 살포되었으며, 이에 따른 연도변화, 플로우값, 부착강도, 부착과괴형상, 내균열성 및 재료분리여부를 파악하였다. 본 연구를 통해 콘크리트 피착체에 살포된 표면수는 고유동성 SBR 개질 시멘트 모르타르의 부착강도를 증진하는 효과가 있다는 결론을 얻었다.

핵심 용어 : 고유동성, SBR, 보수재료, 표면수, 폴리머
