

폴리머 시멘트계 Self leveling 바닥마감재의 기초성능평가

Basic Efficiency Assessment of polymer cementitious Self leveling for floor-finishing materials

도 정 윤^{*}
Do, Jeong Yun

김 완 기^{**}
Kim, Wan Ki

소 양 섭^{***}
Soh, Yang Seob

ABSTRACT

Recently, polymer-modified mortar has been studied for proposed use on industrial floors as top layers with thin thicknesses, typically 5~15mm. The purpose of this study is to evaluate basic properties of self leveling materials using polymer modifier as kinds of SBR, PAE, St/BA. Superplasticizer and thickener have been included in the mixes to reduce bleeding and drying shrinkage as well as in order to facilitate the workability required. The self leveling materials using four types of polymer dispersion are prepared with polymer-cement ratios which respectively range from 50%, 75%, and were tested for basic characteristics such as adhesion in tension, crack resistance test, rebound test after the preparative tests for unit weight, air content, consistency ratio etc. The results show almost as equal quality as existing commercial industrial flooring when mortar is modified by polymer dispersion. Adhesion in tension of polymer modified mortars using each SBR and PAE emulsion was over 10 kgf/cm². Crack or flaw derived from shrinkage is strongly dependent on the type of polymer dispersion because of each different total solid of polymer. It is judged that polymer modified mortar with self-leveling can be very well suited for Floor-finished.

1. 서 론

콘크리트 표면 마감은 주차장 구조물에 있어서 바닥면이나 다른 콘크리트 부재에 대하여 수분이나 염분의 침투를 막아 주어 내구성을 향상시켜 주며 콘크리트의 수밀성이 요구되는 곳에 사용되는 것이다. 이러한 마감재는 일반적으로 크게 침투적인 것과 표면 부착적인 것의 두가지 종류로 나누어 볼 수 있으며¹⁾, 사용된 마감재의 제품에 따라 각각 성능이 다르게 나타나는 것으로 알려졌다. 일반적으로 침투성 마감재는 외관상 나타나지 않기 때문에 시각적으로 그 성능을 인지하기 어렵고 고가이기 때문에 태양에 노출되기 쉽거나 또는 출입구나 경사로 등 교통량이 많은 곳에 선택적으로 사용되며, 표면부착 마감재는 합성고분자계 도막 바름 공법이라 하여 우레탄, 에폭시, PMMA, 폴리에스터 등의 수지를 사용하여 콘크리트 표면의 공극에 침투시킴으로써 피막을 형성하게 되는데 이러한 수지계의 마감재는 태양에 의한 열화에 의해 외관이 변하기 쉬우며 표면이 미끄럽고, 교통량에 따라 마모되기 쉽다.²⁾ 또한 무기질 콘크리트와의 이질성으로 인한 표면박리 등의 문제점을 가지고 있다.

이에 콘크리트 바닥면과 같은 무기질계의 시멘트를 사용하여 작업성이 좋은 폴리머 시멘트계 셀프 레벨링을 제조하여 물리적 성질을 고찰함으로써 기성바닥마감재와의 성능을 비교하고 아직 연구가 미진한 폴리머 시멘트계 셀프레벨링재의 기초적 자료를 마련하고자 한다.

* 정회원, 전북대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 전북대학교 건축학부 강사, 공·박

*** 정회원, 전북대학교 건축학부 교수, 공업기술연구소

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

(1) 시험체 제작에 사용한 재료

본 실험에는 국내 D사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재로는 #6 규사를 사용하였다. 시멘트 혼화용 폴리머 분산계로는 스티렌 부타디엔 고무(SBR)와 폴리 아크릴산 에스테르(PAE) 및 스티렌·아크릴산 부틸(St/BA-1, St/BA-2)에멀전을 사용하였다.

폴리머 분산계 내에 유화제나 안정제의 형태로 함유되는 계면활성제(surfactant)의 작용 때문에 시멘트 모르타르 내에 연행되는 기포를 제어하기 위하여³⁾ 실리콘계 에멀전(Solid Content=30%)을 폴리머 분산계 고흡분비에 대하여 0.7%를 사용⁴⁾하였으며, 셀프 레벨링을 부여하기 위해서 나프탈렌계 고유동화제와 수용성의 셀룰로스 에테르계 증점제를 사용한다.

(2) 비교 대상용 기성 바닥마감재

기존 바닥마감재를 동일 조건 하에 적용하여 그 성능을 파악, 비교하기 위하여 열경화성 액상 수지인 K사의 혼합비중 약 1.2의 2액형 폴리우레탄, D사의 2액형 에폭시와 분말수지가 결합재와 혼합된 S사, U사의 제품을 사용하였다.

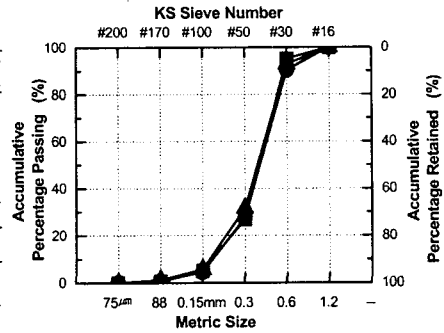


Fig. 1 Grading curve of No. 6 silica sand

2.2 실험계획

(1) 부착강도 측정용 피착체의 제작

본 실험이 바닥 마감용이므로 부착강도 측정을 위한 피착체는 설계기준강도 240kgf/cm², 슬럼프 15cm를 목표로 배합설계하여 $\sigma_{28} \approx 250\text{kgf/cm}^2$ 이고, 슬럼프 16cm인 피착체를 300mm×300mm×60mm의 크기로 제작하였으며 KS L 6003에서 규정하는 150번 연마지를 사용해서 성형시의 밑면을 충분히 연마한 다음 부착강도용 시험체를 제작하였다.

table 2.1 Mix Proportion 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

(2) 배합표

본 연구에서 시험체의 배합은 Table 2.2와 같이 각각의 폴리머 분산계는 결합재인 시멘트에 대하여 고흡분비에 의하여 각각 50%, 75%, 잔골재는 시멘트의 중량에 대하여 각각 1:1, 1:3의 비율을 사용하였다. 또한 폴리머 분산계에 의하여 시험체 내에 연행되는 연행기포를 제어하기³⁾ 위하여 소포제를 폴리머 분산계 고흡분 중량에 대하여 0.7% 사용⁴⁾하였으며, 소정의 플로우(200±5mm)를 조정하고 블리딩, 재료분리 등의 결함을 제어하기 위해 각각 상황에 따라 고유동화제 2.0%와 증점제 0.08%, 0.1%, 0.12%를 혼입하였고, 고유동화제의 첨가 후에도 유동성의 개선되지 않은 경우에는 가수를 하였다.

Table 2.2 Mix Proportion

Type of Polymer	Cement-silica sand	Polymer /Cemnet(%)	Antifoamer (%)	S.P (%)	Thickener (%)
SBR	1:1	50	0.7	n.a	0.08
		75		n.a	0.1
	1:3	50		2.0	n.a
		75		n.a	n.a
PAE	1:1	50		n.a	0.1
		75		n.a	0.12
	1:3	50		2.0	n.a
		75		n.a	n.a
St/BA-1	1:1	50	2.0	n.a	
		75	2.0	n.a	
	1:3	50	2.0	n.a	
		75	2.0	n.a	
St/BA-2	1:1	50	2.0	n.a	
		75	2.0	n.a	
	1:3	50	2.0	n.a	
		75	2.0	n.a	

2.3 실험방법

폴리머 분산계 시멘트 모르타르의 부착강도, 잔갈립성 시험은 KS F 4716(시멘트계 바탕 바름재), 표면경도 측정기인 슈미트 햄머를 이용하여 시험체의 반발경도를 측정하였으며, 셀프레벨링재와 콘크리트와의 계면을 SEM촬영하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 부착강도

Fig.3과 4는 P/C와 C:S에 따른 부착강도를 나타낸 것으로 P/C가 증가할수록 부착강도는 감소하는 것을 알 수 있으며 폴리머 분산계는 폴리머입자가 물 속에 브라운 운동을 하며 분산되어 있게 되는데 P/C가 증가한다는 것은 전체용적에 대하여 상대적으로 물의 양이 증가하게 되므로 이의 영향으로 P/C가 증가하게 되면 부착강도는 감소하게 되는 것으로 판단된다. P/C=50%, 재령 28일에서 C:S에 따른 상대강도 저감비는 약 28%~52% 정도로 C:S가 증가할수록 부착강도는 감소함을 알 수 있다. 이는 전체 용적 중에 잔골재의 양이 증가함에 따라 부착강도의 증진을 도모할 수 있는 결합재의 양이 상대적으로 감소하게 됨에 기인한다.

SBR-modified와 PAE-modified의 경우 모든 배합에서 규준값인 10kgf/cm²(약 1.0MPa)이상을 만족하고 있으며, Fig. 2에서 기성 바닥마감재와 비교하여 볼 때 특히 C:S=1:1, P/C=50%인 PAE의 경우 부착강도가 상당히 우수한 우레탄이나 에폭시와 비슷한 강도를 보여주고 있다.

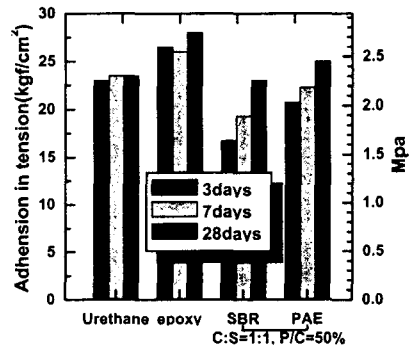


Fig. 2 Comparison of adhesion of exiting flooring to polymer-modified

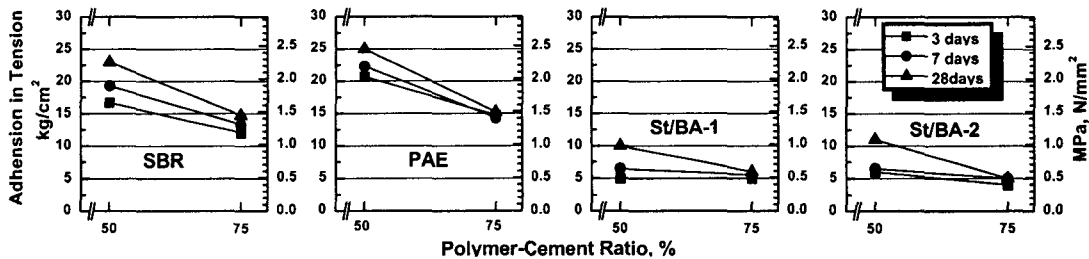


Fig. 3 Adhesion in tension of polymer cementitious self-leveling materials(C:S=1:1)

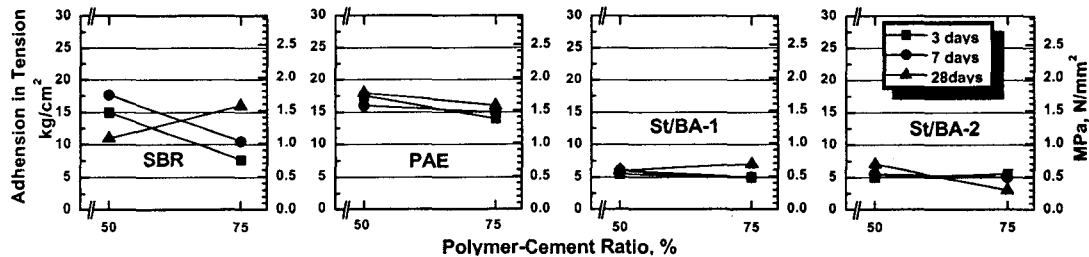


Fig. 4 Adhesion in tension of polymer cementitious self-leveling materials(C:S=1:3)

3.2 잔갈림 시험

C:S=1:1, P/C=50%	C:S=1:1, P/C=75%	C:S=1:1, P/C=50%	C:S=1:1, P/C=75%
건조수축, 균열 小	건조수축, 균열 中	건조수축, 균열 小	건조수축, 균열 大
SBR		PAE	
C:S=1:1, P/C=50%	C:S=1:1, P/C=75%	C:S=1:1, P/C=50%	C:S=1:1, P/C=75%
균열 無	균열 無	균열 無	균열 無
St/BA-1		St/BA-2	
C:S=1:3, P/C=50%	C:S=1:3, P/C=75%	C:S=1:3, P/C=50%	C:S=1:3, P/C=75%
균열 無	건조수축, 균열 大	건조수축, 균열 小	건조수축, 균열 大
SBR		PAE	
C:S=1:3, P/C=50%	C:S=1:3, P/C=75%	C:S=1:3, P/C=50%	C:S=1:3, P/C=75%
균열 無	균열 無	균열 無	균열 無
St/BA-1		St/BA-2	
균열 無	균열 無	균열 無	균열 無
PolyUrethane	Epoxy	S-사	U-사

시멘트 페이스트의 체적은 페이스트의 함수량에 따라 변화한다. 건조는 체적감소를 가져오며 처음으로 건조할 때 최대의 수축이 일어나며 시멘트 모르타르로 적용하는 경우 수축이 구속되므로 인장응력을 발생시켜 균열을 발생하게 된다. 이러한 균열을 유도하는 건조수축은 물시멘트비에 크게 영향을 받게 된다.⁵⁾

Fig. 5는 잔갈림 시험결과를 나타내는 것으로 SBR과 PAE의 경우 물시멘트비가 약 80%~90%로 상대적으로 높게 나타나는 C:S=1:1에서는 균열이 크게 나타나고 있으며, C:S=1:3의 경우 P/C=50%에서는 균열이 발생하지 않았는데, 이는 잔골재의 표면에 흡착되는 물의 양이 많아지게 됨에 따라 초기에 상대습도, 기류, 온도 등의 요인에 의하여 잉여수의 증발량, 증발 속도 등이 감소하게 됨에 기인하는⁵⁾ 것으로 판단된다. 그리고 St/BA계는 전고형분비가 약 57%로서 상대적으로 물시멘트비가 약 45%~65%정도로 비교적 낮기 때문에 초기 건조에 의한 수축 균열은 발생하지 않고 있다.

이처럼 P/C가 동일함에도 폴리머 분산계의 종류에 따라 건조수축에 의한 균열발생여부가 다른 이유는 사용된 폴리머에 다른 물성이 다른 이유뿐만 아니라 폴리머 분산계의 전고형분량이 종류에 따라 다르게 됨에 기인하는 것으로 판단된다.

Fig. 5 Crack resistance test of self-leveling materials

3.3 반발경도

Fig. 6, 7, 8은 P/C와 C:S비에 따른 반발경도를 나타내는 것으로 SBR과 PAE의 경우 P/C=75%인 경우가 P/C=50%인 경우보다 높은 반발 경도를 나타내고 있으며, 또 C:S=1:1인 경우가 C:S=1:3인 경우 보다 높은 반발경도를 나타내고 있다. 따라서 P/C=75%인 경우 P/C=50%인 경우보다 부착강도는 낮지만 표면의 단단함은 높음을 알 수 있다. 또 PAE는 SBR보다 다소 높은 반발경도를 나타내는데 이는 PAE가 강성이 높은 아크릴계임에 기인하는 것으로 판단되며, 기성제품과 비교하여 볼 때 SBR과 PAE의 경우 우레탄과는 크게 차이를 보이지 않고 있다. 또한 St/BA계의 경우 P/C와 C:S와 관계 없이 비슷한 반발경도 값을 나타내고 있다.

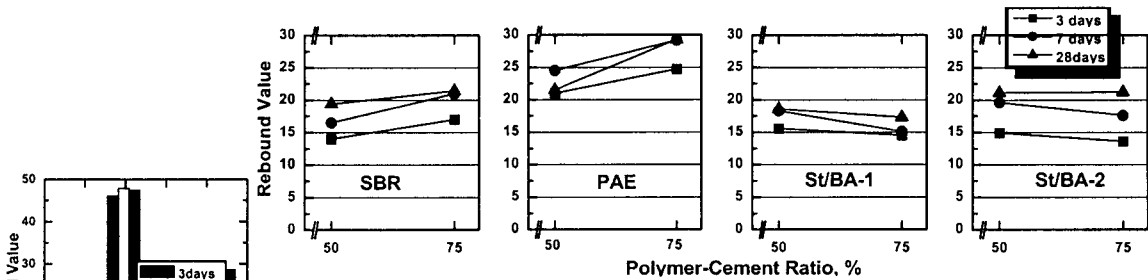


Fig. 7 Rebound value of polymer cementitious self-leveling materials(C:S=1:1)

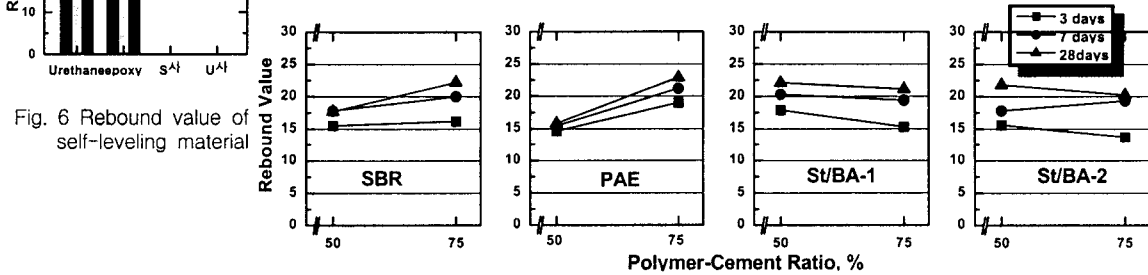


Fig. 8 Rebound value of polymer cementitious self-leveling materials(C:S=1:3)

3.4 경계면 SEM

수화과정이 진척됨에 따라 모세관 공극은 줄어들고 폴리머 입자는 시멘트 겔과 미수화된 시멘트 입자의 혼합물의 표면에 응집하여 연속적인 층을 형성하게 되며, 동시에 PAE 같은 반응성이 있는 폴리머는 수화과정 중에 형성된 Ca^{2+} , 결정질의 수산화칼슘 표면, 골재 표면상의 실리케이트와 화학적 반응을 하여 폴리머 시멘트 모르타르에 폴리머 필름을 형성하게 된다.³⁾

Photo. 1은 폴리머 혼입 셀프레벨링재와 콘크리트 계면을 촬영한 것으로 계면에 폴리머 필름이 연속적으로 형성되어 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

현재 건축물의 주차장 등의 바닥마감재로 사용되고 있는 제품의 부착특성을 파악, 비교하기 위해 기초시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

(1) 시멘트-골재비 및 폴리머 디스퍼전의 종류에 관계없이 폴리머 시멘트계 셀프레벨링재의 부착강도는 폴리머 시멘트 비가 상대적으로 낮은 50%에서 크게 나타났으며, 일반적으로 SBR 및 PAE를 혼입한 셀프레벨링재가 St/BA를 사용한 것보다 우수하였으며, 특히 PAE 혼입 셀프레벨링재의 부착강도는 시멘트-골재비가 1:1인 경우에 기존의 열경화성 수지 제품과 동등한 성능을 나타내고 있으며, 강도

발현이 가장 우수하게 나타났다.

(2) SBR의 경우 C:S=1:3, P/C=50%에서 균열이 생기지 않았으며, St/BA의 경우에는 모든 배합에서 균열이 발생하지 않았으나, 부착강도가 가장 높았던 C:S=1:1, P/C=50%의 PAE-modified 시멘트계 셀프레벨링재에서는 미세한 균열이 발생하였다.

(3) SBR과 PAE의 경우 C:S=1:1, P/C=75%에서 각각 가장 높은 반발경도 값을 나타냈으며, 기성바닥마감재인 폴리우레탄과 비교하여 볼 때 거의 대등 소이한 성능을 나타냈다.

(4) 이상의 결과로부터 폴리머의 종류, 시멘트-골재비, 폴리머 시멘트비 등의 변화를 통하여 양질의 박막형 폴리머 시멘트계 셀프레벨링재의 개발이 가능할 것으로 판단된다.

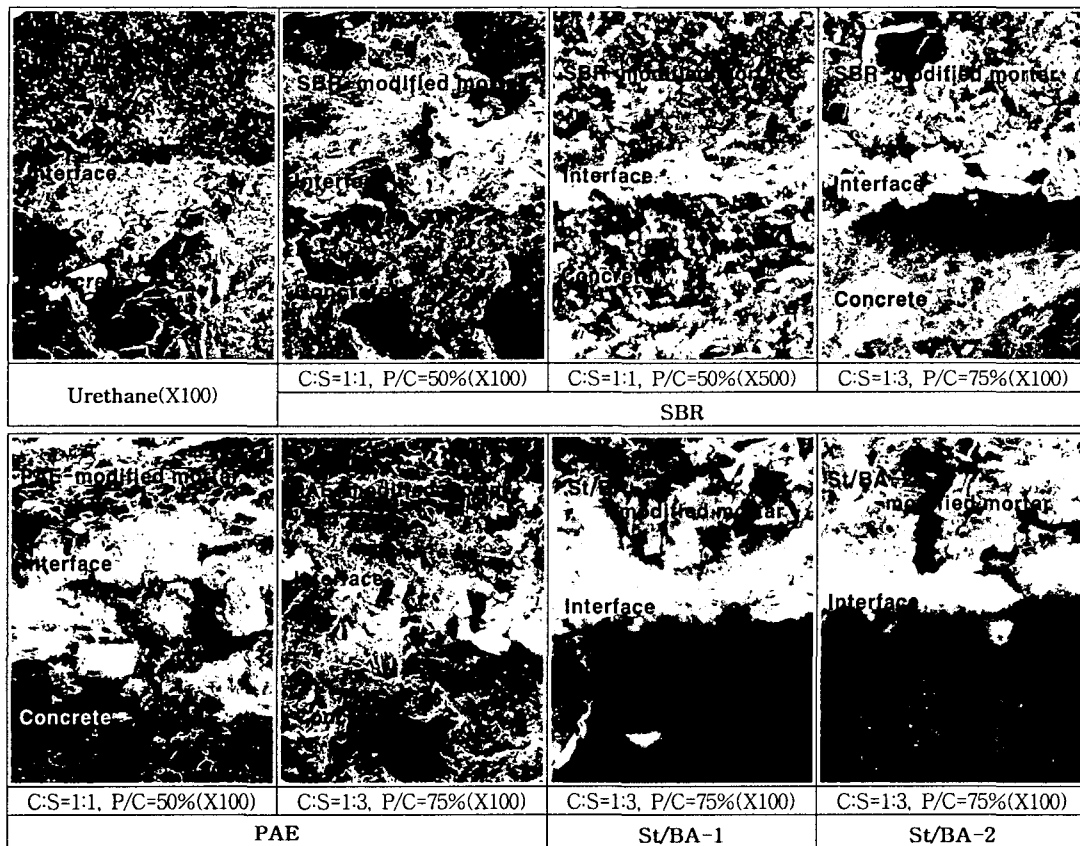


Photo. 1 Interface SEM between polymer-modified cement self-leveling materials and concrete

참 고 문 헌

1. 유승룡, "프리캐스트 프리스트레스트 더블티 주차장 건물의 내구성에 대하여", 콘크리트 학회지, 1997. 6, pp. 66~67.
2. V.POLLET, W.VAN LAECKE and J.VYNCKE, "The Use of Polymers for Industrial Floors," pp. 387~392.
3. Youshihiko Ohama, Ph.D., "Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars", pp. 13~16, pp. 24~52.
4. 소양섭, 김완기, "폴리머 모르타 바닥마감재의 바탕조정용 폴리머 시멘트 모르타의 강도 및 접착성", 대한건축학회, 1998.10, pp 606.
5. 윤계환, "포틀랜드 시멘트 및 콘크리트", 제2판, 1997. pp. 139~160, pp. 309~314.