

코팅재로서 MMA 개질 폴리머 페이스트의 내구성능 평가

Evaluation of Durability on MMA-Modified Polymer Paste for Coating materials

연규석* 이현중** 주명기** 김성기*** 이지원***
Yeon, Kyu Seok Lee, Hyun Jong Joo, Myung Ki Jin, Xing Qi Lee, Chi Won

ABSTRACT

In this study, MMA-modified paste of coating material for protecting the concrete structures was developed. The coating material was applied to cement concrete specimens by brush, roller and spray in each of which one, two and three layers to survey, by the cold-hot iterative test, the neutralization test, the chloride ion permeation test and the ante-abrasion test, the affect of painting methods and layers influencing on the durability of coating material. Results of the cold-hot iterative test showed that, regardless of the painting methods and layers, the defects such as crack or fuzz on surface were not produced. As the number of painting layers increased, the neutralization prevention as well as the chloride ion permeation prevention effects were increased. On the other hand, no difference was found between the painting methods. Reducing weight by abrasion of polymer paste coating material was 20% comparing to that of cement mortar.

1. 서 론

최근 환경보호 및 자원의 순환이용에 대한 요구가 증가함에 따라, 콘크리트 구조물의 보수·보강을 통한 내구성 증진 및 장수명화는 자원절약 및 폐기물 발생억제의 수단으로 부각되고 있다. 콘크리트 구조물은 내구성이 강한 것으로 알려져 있으나, 중성화, 염해, 동해 등에 의한 조기 성능저하가 보고되고 있으며, 이것으로부터 발생하는 손상을 억제하기 위한 단면복구제 및 표면피복재로서 폴리머 라텍스 또는 에멀전을 시멘트와 혼합한 여러 가지 폴리머 시멘트 모르타르가 사용되고 있다. 한편, 폴리머만을 결합재로 사용하는 폴리머 복합소재는 우수한 역학적 특성과 화학적 저항성을 가진 신소재로 건설산업 분야에서 주목을 받고 있으며, 이미 상당한 범위에서 시멘트 콘크리트를 대체한 프리캐스트 제품용 소재로서 널리 쓰이고 있다. 본 연구에서는 시멘트 콘크리트 구조물 보호용 코팅재로 MMA 개질 폴리머 페이스트를 개발하고, 도포방법과 도포횟수가 코팅재의 내구성능에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 MMA 개질 폴리머 페이스트 코팅제

폴리머 페이스트의 결합재로는 A사의 불포화 폴리에스테르 수지(UP : unsaturated polyester resin)에 개질제로 메틸메타아크릴레이트(MMA : methyl methacrylate)를 첨가하여 작업성을 개선한 MMA개질 UP수지를 사용

* 정희원, 강원대학교 지역기반공학과 교수

** 정희원, 강원대학교 석재복합신소재제품연구센터 전임연구원

*** 정희원, 주성대학 콘크리트 보수보강재료 연구소 전임연구원

**** 정희원, 강원대학교 지역기반공학과 석사과정

하였다. 수축저감제(SRA : shrinkage-reducing agent)로는 열가소성인 폴리스티렌을 스티렌 모노머에 용해시킨 용액을 사용하였다. 경화제로서는 메틸에틸케톤 프록사이드(MEKPO)를 사용하였다. 충전제는 중질탄산칼슘(CaCO₃)과 수산화알루미늄(Al(OH)₃)분말을 사용하였으며, 함수율은 0.1 % 이하로 하였다.

코팅재의 조성은 경화수축 및 강도특성에 대한 선행 연구결과에 근거하여^{1,2)} 표 1과 같이 결합재 및 충전재 조성을 결정하였다.

표 1 폴리머 페이스트 결합재와 충전재의 조성비

결합재의 조성비 (phr*)				충전재의 조성비 (chf**)	
UP	MMA	SRA	경화제	CaCO ₃	Al(OH) ₃
64	16	20	0.4	50	50

Note : phr* = parts per hundred parts of resin (UP+MMA+SRA)
 chf** = component ratio of filler

2.2 코팅방법에 따른 배합비

결합재와 충전재의 비율을 달리하여 붓, 롤러, 스프레이를 이용한 작업이 가능하고, 도포면의 흐름이 발생하지 않는 배합을 코팅재 배합비로 결정하였다.(표 2)

표 2 작업성 시험을 통하여 선정한 코팅재의 배합비 (표 1 참조)

도포방식 \ 결합재량	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	작업성 등급
	붓	△	○	△	×	×	-	
롤러	△	○	△	×	×	-	-	
스프레이	-	-	×	×	△	○	△	

2.3 코팅공시체 제작

각 시험항목의 규격에 따라 표 3과 같이 시멘트 모르타르 공시체를 제작하고 그 표면에 각각 붓, 롤러, 스프레이로 방식으로 2.2 에서 결정한 배합비의 폴리머 페이스트 코팅재를 1회, 2회, 3회 도포하여 내구성 시험을 위한 코팅공시체로 사용하였다.

표 3 각 시험에서 사용한 공시체 규격

시험종류	규격
냉열반복 시험	150×70×20 mm
염화물이온 침투 시험	Φ 100×50 mm
중성화 시험	Φ 100×50 mm
내마모성 시험	300×300×2 mm

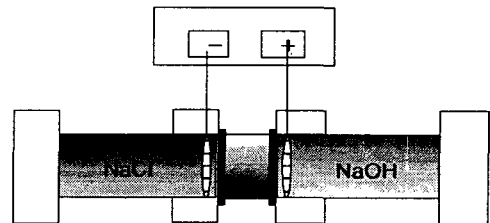


그림 1 RCPT 시험법 개요도

2.4 냉열반복 시험

냉열반복 시험은 KS M 5307 (타르 에폭시 수지 도료)에 따라 실시하였다. 다만, 규격에서 요구하는 시험 방식은 150×75×1 mm 연강판에 코팅하여 공시체를 제작하는 것이었으나, 본 연구에서는 콘크리트 구조물에 대한 적용성을 판단하기 위하여 폴리머 페이스트를 150×75×20 mm의 시멘트 모르타르에 코팅하여 시험하였다. 코팅공시체를 1시간동안 -20 ℃로 냉동시킨 다음, 20 ℃에서 30분간 방치시키고, 80 ℃로 30분간 가열 후, 다시 30분간 20 ℃로 온도를 낮추었다. 상기의 냉열 반복을 2 회 실시한 후 코팅 공시체 표면의 변화상태를 조사하였다.

2.5 중성화 시험

중성화시험은 KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험방법)에 따라 실시하였다. 제작된 공시체를 상대습도 60%, 이산화탄소 농도 5%로 조정된 중성화 촉진기에 28일간 양생 후, 공시체를 절단하여 절단면에 1% 페놀프탈레인 에탄올용액을 분무하여 적색을 띄지 않는 부분을 중성화된 깊이로 간주하여 측정하였다.

2.6 염화물이온 침투 시험

염화물이온 침투 시험은 ASTM C 1202 (RCPT법)에 의하여 실시하였으며, 그림 1은 시험장치의 개요도이다. 제작된 공시체 양단에 30 V의 전압을 8시간동안 걸어 전기 영동현상을 발생시켜 음극에서 양극으로 염화물이온(Cl⁻)을 침투시켰다. 전극은 stainless wire mesh를 사용하였으며, 공시체 옆면은 방수처리를 하였다.

2.7 내마모성 시험

내마모시험은 KS F 2429 (콘크리트의 마모 저항 시험 방법)에 준하여 실시하였다. 코팅공시체 및 경화된 코팅재료를 노즐로부터 7cm의 거리에 고정한 후, 0.4 MPa의 공기 분사압력으로 0.18~0.6 mm 입도의 표준사를 시험체 표면에 1분간 분사하여, 마모감량(마모된 용적/마모를 받은 면적, cm³/cm²)으로 내마모성을 평가 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 냉열 반복 시험

냉열반복시험 후 공시체의 외관을 관찰한 결과 도포방법 및 도포 횟수에 관계없이 코팅공시체 표면의 탈락, 균열, 변색 및 부풀음 등 이상현상은 전혀 발생하지 않았다. 이는 시멘트 모르타르 대한 코팅재의 부착성능이 우수하기 때문으로 판단된다.

3.2 중성화 시험

표 4 및 그림 2에 중성화 시험 결과를 나타내었다. 중성화 침투깊이는 도포횟수가 증가함에 따라 8.0mm로부터 1mm 미만으로 감소하였으며, 중성화 침투 차단효과는 각각, 붓, 스프레이, 롤러 순으로 나타났으나, 도포방법에 따른 차이는 크지 않았다. 중성화 깊이는 1회 도포시에는 25~45% 감소하고, 2회 도포시에는 92~95%, 3회 도포시에는 약 96~98% 감소하였다.

표 4 중성화 깊이

		도포횟수			
		0 회	1 회	2 회	3 회
도포방식	붓	8.0	4.4	0.5	0.2
	롤러		6.1	0.6	0.3
	스프레이		5.8	0.4	0.2

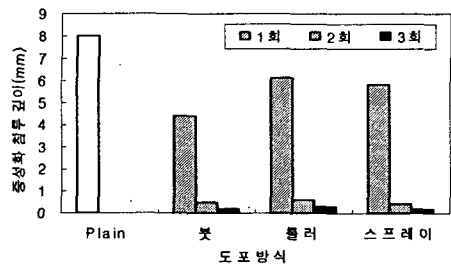


그림 4 도포방식에 따른 중성화 깊이

3.3 염화물이온 침투 시험

표 5 및 그림 3에 염화물이온 침투 저항성 시험결과를 나타내었다. 도포횟수의 증가에 따라 염화물이온 침투 깊이는 코팅을 하지 않았을 때의 17.34 mm에서 현저히 감소하여, 1회 도포에서의 침투깊이는 약 4.5 mm 정도로 무코팅 공시체의 약 25%가량으로 감소하였으며, 3회도포에서는 Cl⁻ 이온이 전혀 침투되지 않는 것으로 나타났다. 이는 도포 횟수가 증가함에 따라 시멘트 모르타르 표면에 완전한 도막을 형성하여 이온 반경이 큰 염화물의 침투를 방지하고 있음을 알 수 있다.

표 5 염화물이온 침투 깊이

		(mm)			
도포횟수		0회	1회	2회	3회
도포방식	붓	17.34	4.7	0.6	0.1
	롤러		6.0	1.2	0.2
	스프레이		4.3	0.4	0.1

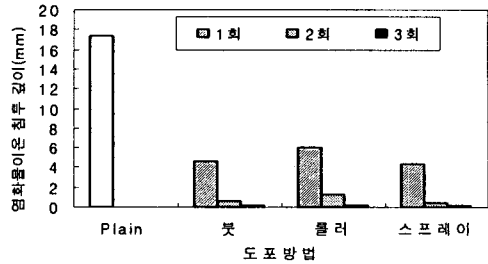


그림 3 도포방식에 따른 염화물이온 침투깊이

3.4 내마모성 시험

내마모성 시험에서는 시멘트 모르타르 공시체의 마모감량과 코팅재인 폴리머 페이스트의 마모감량을 측정하였다.

표 6 폴리머 페이스트 및 시멘트 모르타르의 마모감량 (cm^3/cm^2)

재료구분	결합재량				
	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %
폴리머 페이스트	0.136	0.140	0.152	0.162	0.179
시멘트 모르타르	0.800				

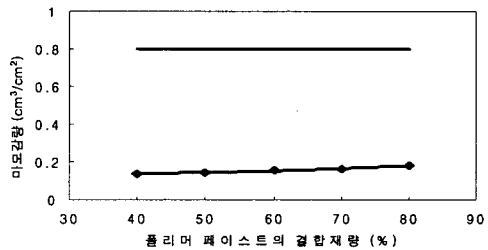


그림 5 재료에 대한 내마모성 시험

표 6과 그림 5에 나타난 바와 같이 코팅을 하지 않은 시멘트 모르타르 공시체의 마모감량은 약 $0.800 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 이었으나, 코팅재인 폴리머 페이스트의 마모 감량은 $0.136 \sim 0.179 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ 로, 폴리머 페이스트의 마모감량은 시멘트 모르타르의 약 20%로 나타나, 코팅재로 사용할 경우 내마모성 측면에서 매우 유리할 것임을 예측할 수 있다. 또한 결합재의 양이 증가할수록 마모감량은 커졌으며, 내마모성 증진을 위하여는 폴리머의 함량이 적은 붓 또는 롤러 도포가 적당할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 냉열반복 후 공시체의 외관을 관찰한 결과 도포방법 및 도포 횟수에 관계없이 코팅공시체 표면의 탈락, 균열, 변색 및 부풀음 등 이상현상은 전혀 발생하지 않았다.
- 2) 중성화 방지 효과는 붓, 스프레이, 롤러 도포방법 순으로 나타났으며, 도포횟수가 증가할수록 증가하였다.
- 3) 도포방법에 관계없이 도포횟수가 증가할수록 염화물 이온 침투 방지효과가 컸으며, 3회 도포시에는 염화물 이온이 완벽하게 차단되었다.
- 4) MMA개질 폴리머 페이스트의 마모감량은 시멘트 모르타르의 약 20%로서, 이를 코팅재로 사용할 경우 마모 저항성이 커질 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연 A-10-02)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. 연규석 등, "세라믹분말을 혼입한 MMA개질 폴리머 페이스트의 강도특성에 미치는 수축저감제의 영향", 한국콘크리트 붐 학술발표회 논문집, Vol. 16, No. 1, pp.300-303, 2004
2. 백종만, "콘크리트 구조물 보호용 MMA 개질 폴리머 페이스트의 기초적 성질", 강원대학교 석사학위논문, 2004.