

실란 커플링제를 첨가한 발포폴리스티렌 혼입 폴리메타크릴산 메틸 모르타르의 부착특성

Bonding Properties of PMMA Mortars Using EPS with Silane Coupling Agent

이 철 응* 문 경 주** 최 낙 운*** 전 성 환**** 소 양 섭*****
Lee, Chol Woong Mun, Kyoung Ju Choi, Nak Woon Jeon, Seong Hwan Soh, Yang Seob

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate bonding properties of PMMA mortars using EPS with silane coupling agent. PMMA mortars are prepared with various silane coupling agent, and tested for flexural strength test, adhesion test in flexure and tensile strength in underwater and air.

It is estimated that the application of silane coupling agent to PMMA mortar is more effective in underwater than air.

1. 서론

PMMA 모르타르 및 콘크리트는 작업성, 조강성, 저온 경화성, 접착성, 방수성, 내약품성이 우수하기 때문에 보수 보강재료로서 탁월한 성능을 견비하고 있다. 저자들은 발포 폴리스티렌을 재활용한 PMMA 모르타르는 트리메틸로프로판 트리메타크릴레이트(TMPTMA) 혼입량의 조절로 수중에서도 경화시간을 임의로 조절할 수 있으며 초기에 고강도발현이 가능함을 보고한 바 있다¹⁾.

따라서 본 연구에서는 PMMA 모르타르 및 콘크리트를 수중에서 보수, 보강 재료로 사용할 경우 문제점인 접착성능에 대하여 평가하고 실란 커플링제 첨가로 인한 부착성능개선에 대하여 평가하고자 하였다.

2. 사용재료

2.1 결합재계 재료

MMA 모노머는 공업용 MMA 모노머를 사용하였으며 발포 폴리스티렌은 KS M 3808(발포 폴리스티렌 보온재)에 규정된 비드법 발포 폴리스티렌(보온판 4호)를 사용하였다. 이때 60℃에서 48시간 건조하여 그 함유율을 0.1% 이하로 조정하여 사용하였다. 개시제로는 과산화 벤조일(BPO)을, 촉진제는 N,N-디메틸아닐린(DMA)를 사용하였다.

2.2 충전재 및 잔골재

* 정회원, (주)대원과일 부설연구소, 공박
** 정회원, 전북대학교 공업기술연구센터, 공박
*** 정회원, 삼성정밀화학 제품개발 연구소 책임연구원, 공박
**** 정회원, (주)대원산업, 이사
***** 정회원, 전북대학교 건축·도시 공학부 교수, 공박

충전재는 증질탄산칼슘을, 잔골재로는 규사를 사용하였다. 그리고 충전재와 잔골재는 105℃에서 48시간 건조시켜 함수율을 0.1%이하로 사용하였다.

3. 실험방법

3.1 피착체의 제작

KS F 2419(폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작 방법)에 따라서 PMMA 모르타르를 Table 1과 Table 2의 배합으로 피착체를 제작하였다. PMMA 모르타르의 휨인장용 피착체는 40×40×80mm, 부착강도용 피착체는 100×100×200mm의 크기로 제작하여 각각 20℃, 60%(RH)의 기건과 20℃의 수중에서 3일간 양생시킨 후 부착 시험용 PMMA 모르타르를 부착하였다.

3.2 EPS 용액 및 공시 결합재의 제조

상온 20℃에서 MMA 모노머에 EPS 혼입율이 25%가 되도록 EPS를 용해하여 EPS 용액을 제조한 후 20℃의 환경에 1일 준비시키고 Table 6.8에 나타난 배합에 따라 MMA-EPS-UP의 결합재를 제조한 다음 개시제와 촉진제를 첨가하고 잘 혼합하여 결합재를 제조하였다.

Table 1 Formulation of binder for PMMA mortar substrates.

Mix No.	Mix proportions (%)				
	Liquid resin			BPO (phr*)	DMA (phr*)
	MMA	EPS	UP		
substrates	73.5	24.5	2	2.0	1.0

Note) phr* : Parts per hundred parts of resin

Table 2 Mix proportions of PMMA mortar substrates.

Binder	Mix proportions (%)			Filler : Silica sand No. 5: Silica sand No. 6: (by mass)
	Filler	Silica sand		
	Ground calcium carbonate	Silica sand No. 5	Silica sand No. 6	
20	20	24	36	1:1.2:1.8

3.3 PMMA 모르타르의 배합

20℃ 온도의 환경에서 준비한 재료를 KS F 2419(폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작 방법)에 준해서 Table 4에 나타난 배합에 따라 PMMA 모르타르를 기건 20℃, 60%(RH)의 환경에서 제작하여 준비된 피착체 위에 수중과 기건에서 부착하였다.

Table 3 Formulation of binder for PMMA mortars.

Mix No.	Mix proportions (%)					
	Liquid resin			Silane (phr*)	BPO (phr*)	DMA (phr*)
	MMA	EPS	UP			
1				0		
2				0.1		
3	73.5	24.5	2	0.3	2.0	1.0
4				0.5		
5				1.0		

Note) phr* : Parts per hundred parts of resin

Table 4 Mix proportions of PMMA mortars.

Binder	Mix proportions (%)			Filler : Silica sand No. 5: Silica sand No. 6: (by mass)
	Filler	Silica sand		
	Ground calcium carbonate	Silica sand No. 5	Silica sand No. 6	
20	20	24	36	1:1.2:1.8

3.4 공시체의 제작 및 부착시험

KS F 2419(폴리에스테르 레진콘크리트의 강도시험용 공시체 제작 방법)에 준하여 PMMA 모르타르를 Photo 1과 같이 수중과 기건 상태에 준비된 피착체에 타설하고 20℃의 기건과 수중에서 72시간 양생을 행하여 공시체를 제작하였다. 휨 인장 시험은 KS F 2482(폴리에스테르 레진콘크리트의 휨강도 시험방법)에 따라 실시하였으며 부착강도는 JIS A 6915(wall coatings for thick textured finishes)에 따라 실시하였다. Photo 2에 부착강도 시험에 손 글라인더로 면처리 하는 사진과 부착시험사진을 보여주고 있다. Fig. 1에는 휨 인장시험시 접착부위의 파괴형상을 Fig. 2는 부착 시험 후 공시체의 파괴형상을 나타내고 있다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 휨인장 강도

Fig. 3은 기건상태에서 실란커플링제 첨가에 따른 휨강도와 휨인장강도를 비교한 그래프이다. 기건 상태에서 양생된 PMMA 모르타르의 휨강도는 실란 커플링제 혼입량 0.5phr 까지는 증가하였다가 감소하는 경향을 보인다.

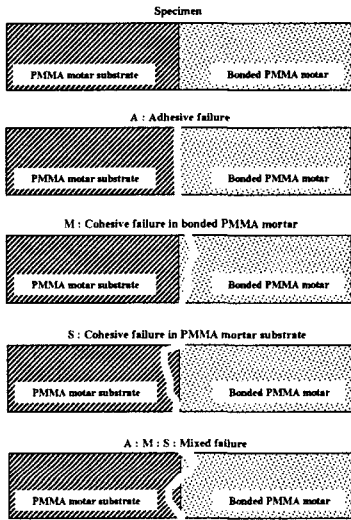


Fig. 1 Types of failure modes in flexure.

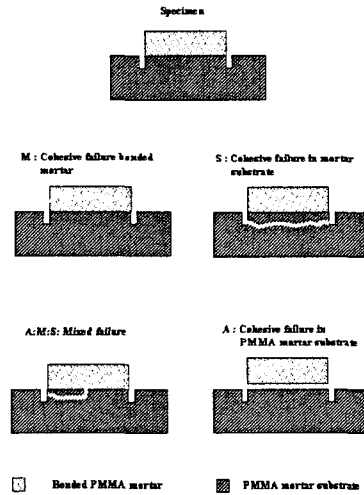


Fig. 2 Types of failure modes in tension.



Molds placed with PMMA mortar in air Molds placed with PMMA mortar in underwater

Photo 1 Mold placed with PMMA mortar for adhesion test in flexure in air and underwater.

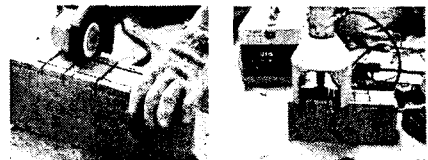


Photo 2 View of adhesion test in tension.

본 실험에서 휨인장시험결과 실란 커플링제 혼입량 0.1phr에서 25MPa로 최고의 휨인장강도를 나타내며 휨강도의 75%의 강도 발현을 보이고 있다. 실란 무첨가 PMMA 모르타르는 휨강도가 30MPa인데 반해 휨인장 강도는 10MPa를 나타내어 낮은 휨인장강도를 나타내고 있다. 따라서 실란 커플링제 첨가에 따라서 휨 인장강도를 개선하는데에 효과적임을 확인할 수 있었다. 또 파괴 단면을 볼 때 실란 커플링제 무첨가한 PMMA 모르타르는 파괴단면이 부착부위여서 부착에 문제점이 있으며 실란 처리량 0.1phr 이상에서는 피착체 부위에서 모두 파괴된점으로 보아 휨인장강도가 실란 커플링제 처리에 의해 개선됨을 확인할 수 있었다.

Fig.4는 수중에서 실란커플링제 첨가에 따른 휨강도와 휨인장강도를 비교한 그래프이다. 본 실험에서 휨인장시험결과 실란 커플링제 첨가량 0.5phr에서 16MPa로 최고의 휨인장강도를 나타내며 휨강도의 55%에 달하는 강도 발현을 보이고 있다. 실란 커플링제 무첨가 PMMA 모르타르는 휨강도가 20MPa인데 반해 휨인장 강도는 3MPa를 나타내어 아주 낮은 휨인장강도를 나타내고 있다.

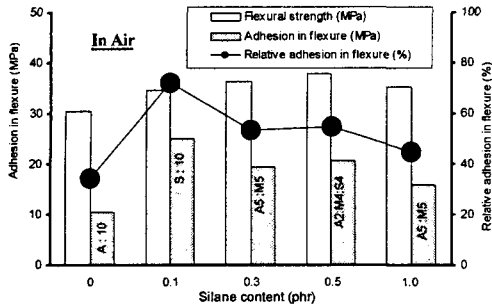


Fig. 3 Effect silane content on adhesion in flexure of PMMA mortars in Air.

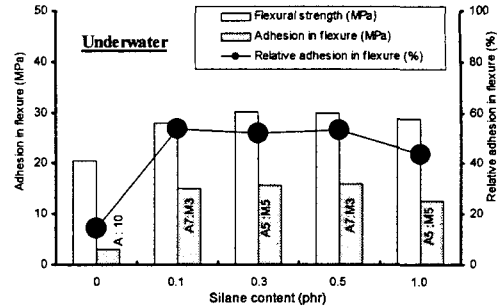


Fig. 4 Effect silane content on adhesion in flexure of PMMA mortars underwater.

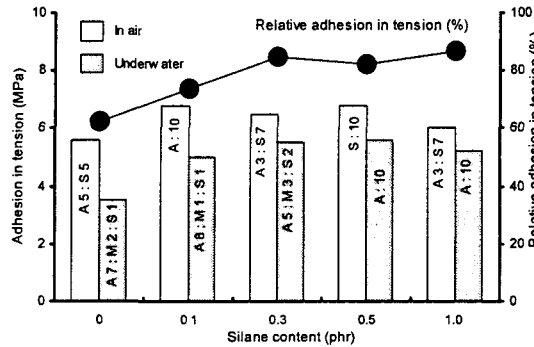


Fig. 5 Effect of silane content on adhesion in tension of PMMA mortars in Air and underwater.

4.2 부착 강도

Fig. 5는 기건과 수중에서 실란 커플링제 첨가율에 따른 PMMA 모르타르의 부착강도를 나타내고 있다. 기건 상태에서 PMMA 모르타르의 부착강도는 실란 첨가량과 상관없이 모두 5MPa 이상의 높은 부착강도를 나타내고 있으며 실란 커플링제 첨가량 0.1phr에서 6.8MPa의 높은 부착강도를 나타내고 있다. 20°C 수중에서 부착한 PMMA 모르타르는 실란 커플링제 혼입량 0.5phr에서 최고의 부착강도를 나타내고 있다. 또한 수중과 기건에서의 부착강도 상관율은 실란 커플링제 첨가율의 증가에 따라 증가하고 있어 실란 커플링제가 수중에서 강도발현에 더 효과적임을 알 수 있다.

5. 결론

수중과 기건에서 EPS 혼입 PMMA 모르타르의 휨 인장강도 및 부착강도는 실란커플링제의 첨가량에 따라 증가하며 특히, 수중에서 높은 강도 상관율을 보여 실란 커플링제가 수중에서 강도발현에 효과적임을 알 수 있다.

참고문헌

- 이철웅, 최낙운, 소양섭, "폴리메타크릴산메틸 모르타르의 수중경화", 한국 콘크리트학회 전문위원회 연구발표집, May 2005, pp. 203~207