

폴리머시멘트모르타의 부착특성에 관한 연구

A Study on Bond Properties of Polymer Cement Mortar

박 경 상^{*} 이 응 중^{**} 채 재 홍^{***} 이 증 열^{****} 최 롱^{*****}
Park, Kyung Sang Lee, Woong Jong Chae, Jae Hong Lee, Jong Ryul Choi, Long

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the bond properties of polymer cement mortar. Generally, cement mortar using polymer has been used that recovering the deteriorative concrete structure performance. In this case, it is very important problem to become a monolithic construction by bonding property. In this study, it is evaluated with other properties that adhesion strength between polymer cement mortar and concrete substrate. And polymer cement mortar was compared with plain cement mortar by scanning electron microscope.

1. 서론

일반적으로 폴리머를 시멘트모르타에 적용하는 경우는 대부분 콘크리트 구조물의 보수재료로서 열화된 표면부위에 덧붙여 노후된 콘크리트의 성능을 회복시키기 위하여 단면복구나 마감재로 많이 사용된다. 이 경우 기존 콘크리트 모재와의 부착특성은 기존 구조물과의 일체화라는 점에서 대단히 중요하며 내구성 측면에서도 또한 매우 중요한 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 부착의 이론 및 일반적인 시멘트페이스트와 골재와의 계면특성에 대하여 살펴보고, 폴리머를 사용함으로써 증진되는 시멘트모르타의 부착성능을 제반물성과 함께 평가하며 또한 콘크리트 모재와 부착되는 계면에서의 수화조직 상태를 미시적으로 관찰하여 일반 시멘트모르타와의 조직상태의 차이를 살펴보았다.

2. 연구내용

2.1. 이론적 배경

2.1.1 부착의 이론

부착력이란 서로 다른 2개의 물질이 접촉했을 때에 서로 붙는 힘을 말하며, 그 힘은 물질을 구성하는 분자·원자간의 인력에 의한다고 생각하고 있다. 분자간의 인력은 Van der Waals 힘(정전하와 부전하의 쌍극자에 의한 인력, 유발된 쌍극자에 의한 인력, 電子의 群이 편기되어 일어나는 분극에 의한 인력)의 3개의 힘을 합한 것을 말함)과 수소원자의 가교 결합되어 있는 수소결합의 힘에 의한다.

* 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 연구원

** 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 주임연구원

*** 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 선임연구원

**** 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 수석연구원

***** 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 소장

부착한다고 하는 것은 고체에 접촉된 것에 액체 접착제를 도포해서 붙인 후에 접착제가 고화하는 현상을 말하며 이것은 액체의 접착제가 붙여진 고체를 적시는 것으로부터 시작된다. 그림 1에서와 같이 젖음각 θ 가 적게 될수록 잘 적셔지게 되며 잘 적셔질수록 부착력은 크게된다.

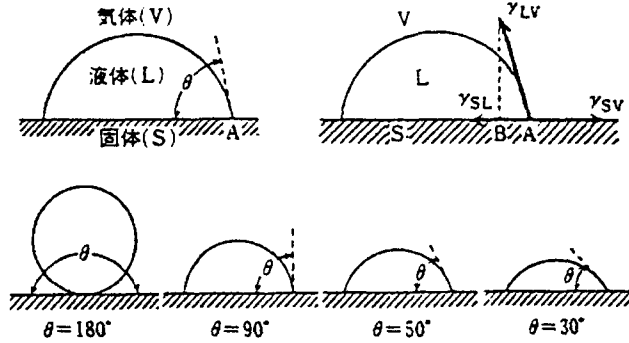


그림 1 젖음각(θ)와 계면장력(γ_{LV} , γ_{SL} , γ_{SV})

2.1.2 시멘트페이스트와 골재계면의 상태

한편, 시멘트페이스트와 골재의 부착을 살펴보면 그 계면부근에 그림 2에 나타낸 바와 같은 거칠고 공극이 많은 특징을 갖는 천이대(transition zone)가 형성되어 있는데 골재주변 부분의 확대사진은 다음의 사진 1과 같다. 사진 1에서는 골재와 페이스트간의 불연속적인 다공질 영역을 나타내고 있는데 이것을 보통 천이대, 또는 경계상이라 부르며 일반적으로 수산화칼슘이 풍부하다. 이 영역에서는 접촉층에 골재표면과 거의 수직으로 판상 또는 층상의 수산화칼슘($Ca(OH)_2$) 결정이 배향(配向)하고 있고, 중간층에는 수산화칼슘이나 에트링자이트의 조대(粗大)결정과 소량의 C-S-H가 분포되어, 강도발현에는 바람직하지 않은 상태를 나타내고 있다. 보통포틀랜드시멘트의 경우는 많은 수산화칼슘 결정이 골재표면에 나타나고 거친 조직을 보이고 있지만 실리카흙, 고로수재슬래그, 플라이애쉬 등을 혼합한 시멘트에서는 포졸란반응을 하여 수산화칼슘이 적게 된다. 통상 천이대의 두께는 10~50 μm 의 범위이지만 이미 골재의 주위에 존재한다고 생각하기 때문에 전체 페이스트 용적의 1/3을 점하고 있다. 표 1은 시멘트와 골재 부착의 개선방안을 나타낸다.

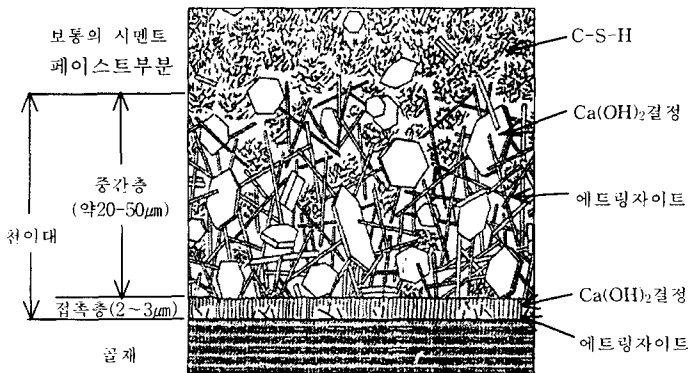


그림 2 시멘트페이스트 - 골재계면의 미세구조의 모식도

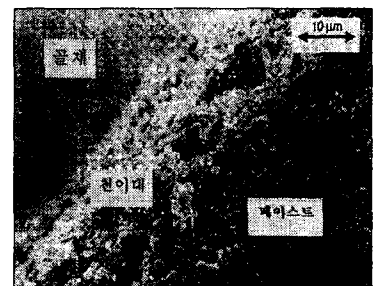


사진 1 천이대의 전자현미경 사진

표 1 시멘트와 골재 부착의 개선

항 목	부착강도 향상대책
시멘트	· 치밀화(물결합재비의 저감) · 충전성의 개선(미세 구상시멘트 등)
혼화재	· 포졸란반응성 물질의 이용(실리카흄 등) · 실리카질 미분말의 개발(반응성 광물미분말)
혼화제	· 고성능감수제의 활용 · 골재에 부착하는 결합제의 젖음성을 좋게하는 혼화제 개발
골재	· 고강도 암석의 선택(경질사암 등) · 최적조면 및 형상을 갖는 암석골재 제조(쇄석기계의 개량) · 고강도 골재의 개발(세라믹스골재 등)
혼합	· 고성능 믹서 사용 · 투입순서 및 혼합시기 등의 연구

2.1.3 시멘트혼화용 폴리머

한편, 시멘트혼화용 폴리머를 사용하는 경우 시멘트의 수화 및 폴리머상의 형성이 동시에 진행되어 양자가 일체화된 그물구조를 가지는 매트릭스를 형성하게 되는데 그 개념도를 그림 3에 나타내었다. 이때 폴리머는 내부의 조직을 치밀하게 하여 시멘트페이스트와 골재의 부착력을 향상시킬 뿐만 아니라 외부적으로는 접착제의 역할을 함으로서 기 경화된 콘크리트와의 부착력을 증대시킨다.

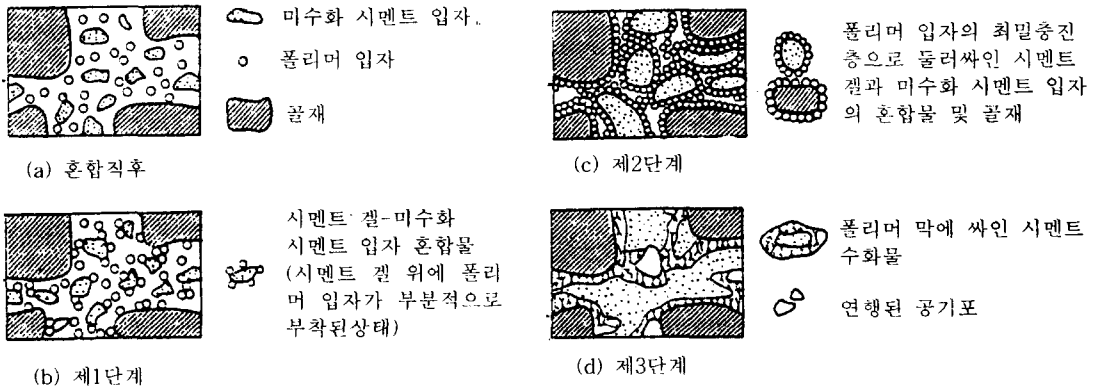


그림 3 폴리머시멘트콘크리트(모르터)내 시멘트의 수화 및 폴리머 막의 형성과정 개념도

2.2. 실험재료 및 실험방법

실험재료로 사용한 시멘트모르터는 시멘트, 모래, 기타 특수첨가제를 조합하여 사용하였고 또한 부착강도시험시 사용한 피착체는 설계강도 350kgf/cm²의 콘크리트 볼드(40cm×40cm×160cm)를 제작하여 시험하였다. 폴리머는 SBR계와 아크릴계의 수성폴리머디스퍼전을 사용하였으며 피착체의 제작배합비 및 폴리머의 물성은 표 2 및 표 3에 나타내었다. 실험은 온도 20±2℃, 상대습도 60%로 관리된 실험실에서 실시하였다. 휘강도 및 압축강도시험은 KS F 4916에서 규정한 공시체의 형상 및 치수로 실시하였고, 부착강도시험시 피착체는 콘크리트 모재를 28일 표준양생한 후 표면을 요철이 없도록 연마하여 표면의 이물질은 완전 제거하였다. 부착 시험체는 흙손으로 두께 5mm 미장하여 기중양생한 것을 3일, 7일, 28일의 재령별로 실시하였으며 결과측정은 건연식 접착력시험기를 사용하였다.

표 2 콘크리트모재 배합표

실제강도 (kgf/cm ²)	배합강도 (kgf/cm ²)	W/C (%)	S/A (%)	Slump (cm)	단위재료량 (kg/m ³)						Gmax (mm)
					W	C	S	G	AD	Total	
350	438	36.4	40.2	12	196	538	641	972	0.808	2,348	25

표 3 폴리머의 품질특성

구 분	입자평균 크기(μm)	고형분 (%)	pH	점도 (cps)	Tg (°C)	MFT (°C)
SBR-1	0.14	45±1.0	10.0±0.5	30~300	12	9
SBR-2	0.2	52±1	9~10	40~150	11	16
ACY-1	0.1	50±1	7.0~8.5	170~500	15~20	25
ACY-2	0.9	49±1	4.5	1500±1000	-	1.0

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 폴리머 종류에 따른 강도특성

폴리머의 종류에 따른 시험결과는 동일한 폴리머 고형분의 상태에서 전반적으로 비슷하게 나타났으나 아크릴계의 수성폴리머디스퍼전이 전반적으로 휨, 압축, 부착강도가 조금 높게 나타났다. 특히 SBR-2의 경우는 작업성을 고려 유화제가 과량사용되어 공기연행이 높아 모든 특성이 저하되는 것으로 나타났다.

표 4 폴리머종류에 따른 강도특성

구 분	W/C (%)	폴리머고형분- 시멘트비(%)	계령	휨강도 (kgf/cm ²)	압축강도 (kgf/cm ²)	부착강도 (kgf/cm ²)
SBR-1	40	8	3일	56	236	18.8
			7일	66	283	22.0
			28일	75	385	29.2
SBR-2	40	8	3일	42	137	14.0
			7일	51	169	16.0
			28일	55	180	23.2
ACY-1	40	8	3일	66	244	20.4
			7일	80	331	24.0
			28일	87	388	32.4
ACY-2	40	8	3일	56	234	22.8
			7일	66	313	23.2
			28일	77	446	31.8

3.2. 폴리머-시멘트 비에 따른 강도특성

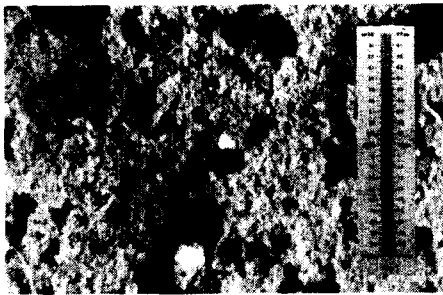
SBR-1을 고정하여 폴리머고형분-시멘트 비를 변화시켜 시험한 결과 휨 및 압축강도는 폴리머고형분이 증가함에 따라 증진되었다. 또한 부착강도는 폴리머를 혼입한 것이 폴리머를 혼입하지 않은 것에 비해 약 2배 이상의 강도증진을 나타내었다.

표 5 폴리머-시멘트 비에 따른 강도특성

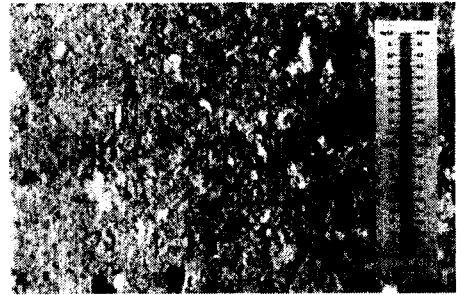
구 분	W/C (%)	폴리머고형분-시멘트비(%)	재 령	휨강도 (kgf/cm ²)	압축강도 (kgf/cm ²)	부착강도 (kgf/cm ²)
A	48	0	3일	33	218	3.2
			7일	47	284	6.1
			28일	63	330	12.2
B	44	4	3일	47	257	16.1
			7일	63	289	20.0
			28일	66	398	24.8
C	40	8	3일	59	263	17.5
			7일	63	321	22.0
			28일	75	400	27.2
D	36	12	3일	59	265	18.0
			7일	70	357	22.4
			28일	76	433	28.6

3.3. 폴리머시멘트모르터의 수화조직 관찰

폴리머시멘트모르터가 일반 시멘트모르터에 비해 치밀한 조직구조를 보이는 것을 사진 2에 보는 바와 같이 실체현미경에서도 쉽게 확인할 수 있었고 사진 3과 같이 고배율로 갈 수록 더욱 분명해진다.



<일반 시멘트모르터>

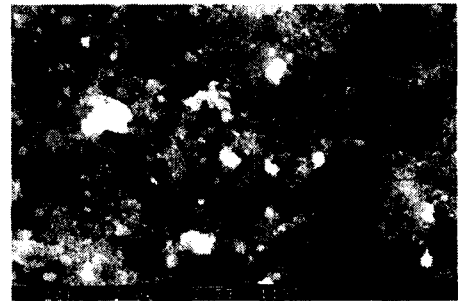


<폴리머시멘트모르터>

사진 2 부착강도시험 후 탈락된 파단면의 실체현미경 사진 (×30)



<일반 시멘트모르터>



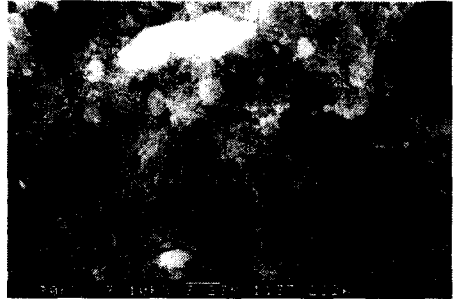
<폴리머시멘트모르터>

사진 3 부착강도시험 후 탈락된 파단면의 전자현미경 사진 (×3,000)

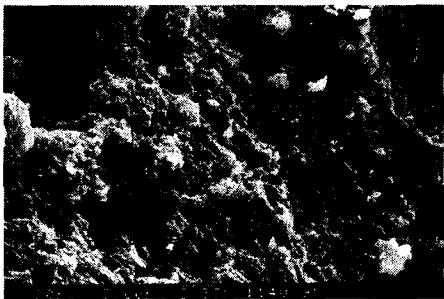
부착재인 폴리머시멘트모르터와 피착체인 콘크리트와의 경계면 상을 재령별로 다음의 사진 4에 나타내었다. 여기서 보는 바와 같이 기존의 수화가 충분히 진행된 콘크리트 조직 위에 부착재의 수화생성물과 폴리머필름이 동시에 매트릭스를 형성하는 것을 관찰할 수 있었다.



< 재령 3일 ×3,000 >



< 재령 28일 ×3,000 >



< 재령 9개월 ×3,000 >



< 재령 9개월 ×10,000 >

사진 4 폴리머시멘트모르터의 시간경과에 따른 수화조직상태

4. 결론

지금까지 폴리머디스퍼전의 종류와 폴리머디스퍼전의 고형분 변화가 접착강도에 미치는 영향을 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 동일한 폴리머고형분-시멘트 비에서 아크릴계 수성폴리머 디스퍼전이 SBR계 보다 조금 높은 부착 특성을 나타내었고 또한 폴리머를 혼입한 폴리머시멘트모르터의 경우가 폴리머를 혼입하지 않은 보통의 시멘트모르터 보다 약 2배 이상의 부착강도 증진을 나타내었다.
- 2) 보통의 시멘트모르터와 비교해 볼 때 폴리머시멘트모르터에서의 수화조직은 훨씬 치밀한 조직구조를 나타내었으며, 폴리머시멘트모르터의 경우 시멘트의 수화생성물과 폴리머필름의 형성이 동시에 진행되어 치밀한 구조의 매트릭스를 형성함으로써 부착강도가 증진됨을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) 大濱嘉彦・出村克宜, ポリマー-コンクリート, CMC
- 2) 長瀬重義, 콘크리트의高性能化, 技報堂出版, 1997
- 3) 이승혁, 시멘트 혼화용 폴리머, 시멘트, 1992. 6