

# 양생조건이 폴리머 시멘트 모르타의 접착강도에 미치는 영향

## The Effect of Curing Condition on Adhesion in Tension of Polymer-Modified Mortars

전우성\*                      조영국\*\*                      소양섭\*\*\*  
Jean, Woo Sung              Jo, Young Kug              Soh, Yang Seob

---

### Abstract

The purpose of this study is to evaluate the effect of curing conditions on adhesion in tension of polymer-modified mortars to cement mortar substrate in comparison with ordinary cement mortar. The polymer-modified mortars using two polymer dispersions and a redispersible polymer powder are prepared with various polymer-cement ratios, and tested for the adhesion in tension of the specimens subjected to five curing conditions. From the test results, the adhesion in tension of polymer-modified mortars tends to increase with increasing polymer-cement ratio irrespective of the polymer types and curing conditions. It is apparent that the adhesion in tension of polymer-modified mortars is considerably influenced by curing conditions

---

### 1. 서 론

폴리머(고분자)를 시멘트계 재료가 갖는 결점을 개선할 목적으로 시멘트 혼화용으로 사용한 폴리머(모르타)에 대한 연구는 약 70여년의 역사를 가지고 있으며 현재에는 건축·토목분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 한편, 우리나라에서는 이러한 폴리머 시멘트(모르타)를 오래전부터 사용하고 있지만 학술적 연구 및 실험적 자료는 미비한 실정이다. 현재 폴리머 시멘트 모르타는 보수 및 마무리재로 널리 쓰이고 있는 것은 시멘트 콘크리트 및 모르타 뿐만 아니라 석재, 타일, 강재, 목재 등의 각종 건축재

---

\* 정회원, 전북대학교 대학원 석사과정  
\*\* 정회원, 충남산업대학교 교수  
\*\*\* 정회원, 전북대 교수

료에 대해 특히, 접착성이 보통시멘트 모르타르보다 우수하기 때문이다.<sup>1)~3)</sup>

그러나 이러한 접착성은 피착체의 상태 및 각종 양생환경 조건에 따라 크게 영향을 받는다. 본 연구에서는 각종 폴리머 시멘트 모르타르에 대한 양생조건이 접착강도에 미치는 영향에 대하여 실험적 고찰을 실시하였으며 이결과로써 건축·토목분야에서의 콘크리트·폴리머 복합체의 응용 기술적인 면의 실험적 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 사용재료

### 2.1 시멘트

본 실험에서 사용된 시멘트는 국내 S사 제품의 보통포틀랜드 시멘트였으며, KS L 5201 규격품으로서 그 화학적 성질은 표 1과 같다.

표 1 시멘트의 화학적 성질

화학조성	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
조성비(%)	21	6.0	62.1	2.8	3.4	2.0	1.2	43.1	27.9	11.2	8.5

### 2.2 잔골재

본 실험에 사용된 골재는 KS L 5100의 규격품으로 주문진산 표준사를 사용하였다.

### 2.3 시멘트 혼화용 폴리머

본 실험에 사용된 폴리머는 수성폴리머 디스퍼전 2종류와 재유화형분말수지 1종류를 사용하였으며 그의 성질을 표 2, 표 3에 나타냈다.

표 2 수성폴리머 디스퍼전의 성질

Type of Polymer	Appearance	Total solids(%)	pH(20℃)	Viscosity (mPa·s, 20℃)	Specific Gravity(20℃)
PAE	liquid	47.5	8.6	35	1.054
EVA	liquid	45.5	4.5	1328	1.048

표 3 재유화형분말수지의 성질

Type of Polymer	Appearance	Average Particle Size(μm)	pH (50% dispersion)	Viscosity (50% dispersion, 4rpm, 25℃)
EVA(P)	powder	70	5 - 6	5,000

### 2.4 소포제

시멘트 혼화시 폴리머에 의해 연행되는 기포를 제어하기 위하여 재유화형 분말수지에 대해서는 합성 에스테르계 분말 소포제를 수성폴리머 디스퍼션에는 실리콘계 에멀전을 사용하였다.

### 3. 실험방법

#### 3.1 공시체의 제작

본 연구에서 피착체로 사용한 공시체는 시멘트 : 모래 = 1 : 2(중량비), 물시멘트비를 45%로 하여 크기 120×160×40mm의 모델을 사용하여 제작하였다. 제작 후 1일 습윤양생(20℃, 80%R.H.), 5일 수중양생(20℃)을 실시한 후, 기중양생(20℃, 50%R.H.)을 7일 이상 실시한 것을 공시체로 하였다. 또한 피착면의 레이턴스를 샌드페이퍼로 제거하였다.

공시체의 제작은 KS F 2476(실험실에서 폴리머 시멘트 모르타르의 제작방법)에 의거하여 시멘트와 잔골재를 중량배합비로 1:3, 폴리머 시멘트비를 5, 10, 20%로 하였으며, 또한 균일한 시공성 유지를 위해 플로우치 170±5가 되도록 폴리머 시멘트 모르타르의 물시멘트비를 조정하여 폴리머 시멘트 모르타르의 피착체 위에 1cm두께로 타설하여 각 조건에 따른 양생을 실시하였다. 소포제는 각각 폴리머 고품분에 대한 중량비로 1.0% 첨가하였다. 본 실험에 사용한 폴리머 시멘트 모르타르의 배합표는 표 4와 같다.

표 4 폴리머 시멘트 모르타르의 배합표

Type of Mortar	Cement : Sand (by weight)	Polymer-Cement Ratio(%)	Water- Cement Ratio(%)	Air- Content (%)	Flow
EVA-modified	1 : 3	0	65.0	5.9	170
		5	60.5	9.9	173
		10	58.0	8.1	168
		20	57.5	7.1	172
PAE-modified		5	46.8	9.8	169
		10	44.3	8.5	173
		20	41.5	6.1	169
EVA(P)-modified		5	55.0	9.8	167
		10	56.0	9.0	169
		20	55.7	4.6	170

\* EVA(P) : 재유화형 분말수지 (EVA)

#### 3.2 양생방법

본 실험의 양생방법은 다음과 같다.

##### 1) 양생조건 I. (이하 표준양생(S)이라 함)

- 피착체 위에 폴리머 시멘트 모르타르를 성형 후, 2일간 습윤양생(20℃, 80% R.H.), 5일 수중양생(20℃), 21일간 기중양생(20℃, 50%R.H.)을 실시

##### 2) 양생조건 II. (이하 고온양생(H)이라 함)

- 피착체 위에 폴리머 시멘트 모르타르를 성형 후, 2일간 습윤양생(20℃, 80% R.H.), 26일간 고온양생(35℃)을 실시

##### 3) 양생조건 III. (이하 저온양생(L)이라 함)

- 피착체 위에 폴리머 시멘트 모르타르를 성형 후, 2일간 습윤양생(20℃, 80% R.H.), 26일간 저온

양생(5℃)을 실시

4) 양생조건 IV. (이하 수중양생(W)이라 함)

- 피착체 위에 폴리머 시멘트 모르터를 성형 후 2일간 습윤양생(20℃, 80% R.H.), 26일간 수중양생(20℃)을 실시

5) 양생조건 V. (이하 외부폭로양생(E)이라 함)

- 피착체 위에 폴리머 시멘트 모르터를 성형 후 2일간 습윤양생(20℃, 80% R.H.), 26일간 실외에 폭로

### 3.3 접착강도시험

그림 1과 같이 피착체인 시멘트 모르터 위의 소정의 양생기간이 경과한 폴리머 시멘트 모르터를 40×40mm로 모르터 커터를 사용하여 자른 후, 폴리머 시멘트 모르터 위에 40×40mm의 강재를 에폭시 수지로 접착한 후 인장접착강도 시험을 실시하였다.

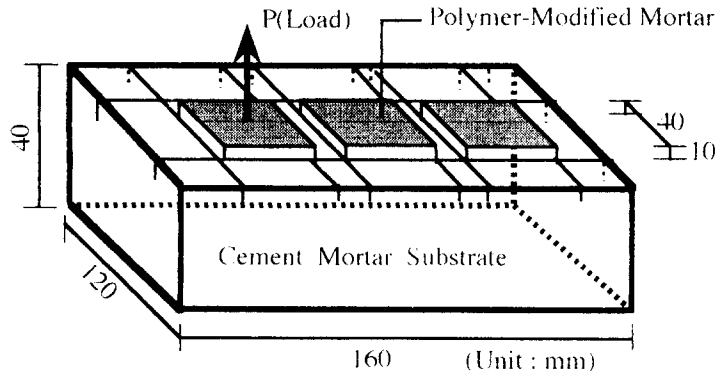


그림 1 인장접착강도 시험용 공시체

## 4 실험결과 및 고찰

### 4.1 폴리머 종류 및 폴리머 시멘트비에 따른 접착강도

폴리머 시멘트 모르터의 접착강도 결과를 표 5에 나타냈으며 그림 2는 각 양생조건에 따른 폴리머

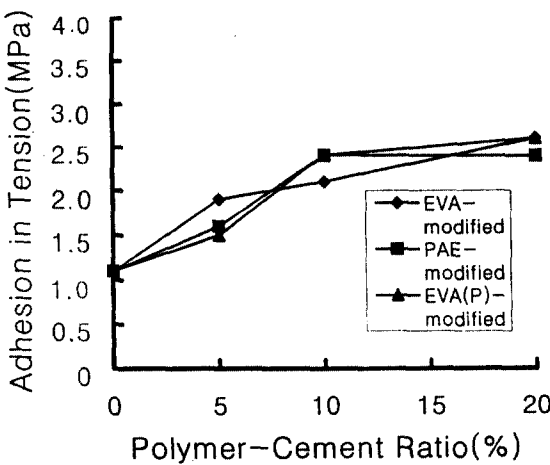
표 5 양생조건에 따른 접착강도 (MPa)

Type of Mortar	Polymer-Cement Ratio(%)	Curing Condition				
		S	H	L	W	E
Plain mortar	0	1.1	1.0	0.5	0.7	0.5
EVA-modified mortar	5	1.9	1.6	1.0	0.5	0.2
	10	2.1	1.6	1.6	1.5	0.5
	20	2.6	1.7	2.0	1.7	1.2
PAE-modified mortar	5	1.6	1.1	0.9	0.7	0.2
	10	2.4	1.3	1.8	1.7	0.4
	20	2.4	2.9	2.4	2.1	1.3
EVA(P)-modified mortar	5	1.5	1.9	0.9	0.8	0.4
	10	2.4	3.2	2.0	1.8	1.3
	20	2.6	3.6	2.2	1.9	1.6

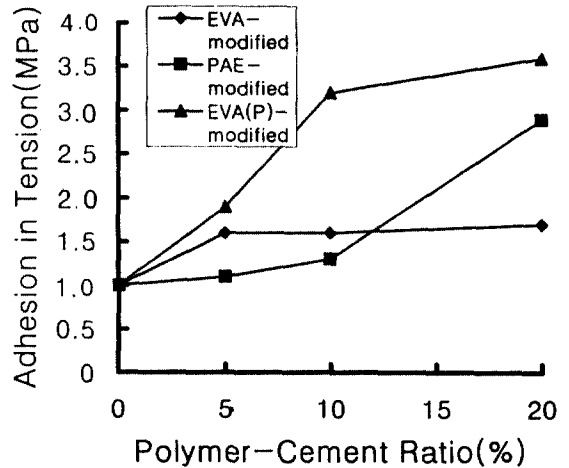
시멘트 종류 및 폴리머 시멘트비의 영향에 대한 결과를 나타내고 있다.

양생조건 I(표준양생)은 상온에서의 최적양생방법으로 이미 알려져 있으며, 본 연구에서는 사용 폴리머의 종류에 관계없이 폴리머 시멘트비의 증가에 따른 인장접착강도가 개선됨을 알수있었으며 보통 시멘트 모르타르에 비해 폴리머 시멘트비 20%의 폴리머 시멘트 모르타르의 인장접착강도는 약 2.4~2.6 배에 달한다.

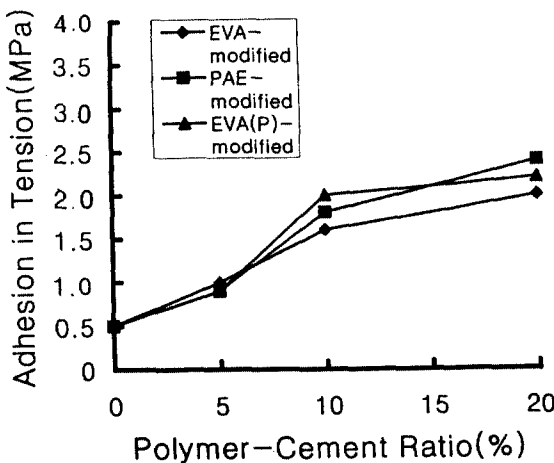
양생조건 II(고온양생)의 양생방법은 폴리머 시멘트 모르타르속에 형성되는 폴리머 필름이 상온보다 높은 온도의 조건에서 디스퍼션속에 존재하는 수분의 증발로 폴리머 필름의 형성이 빠르게 되었으며 필름 자체를 강하게 만드는 효과를 가진 것으로 사료된다. 그러나 타설직후부터의 높은 온도로 피착체와 폴리머 시멘트 모르타르 사이의 계면에 형성되는 수산화물의 생성에 영향을 미칠것으로 생각되며 이 두가지 결과가 서로 상호보완 작용을 하여 인장접착강도가 개선된 결과를 보였으며 이는 수성폴리머 디스퍼션을 사용한 경우보다 재유화형 분말수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르에서 보다 더 유리하게 작용이 되었다.



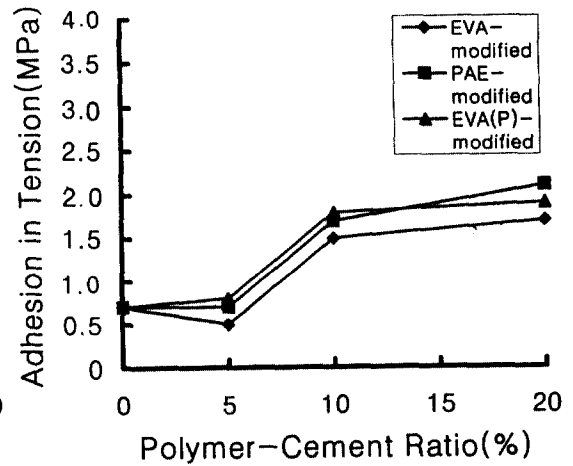
양생조건 I



양생조건 II



양생조건 III



양생조건 IV

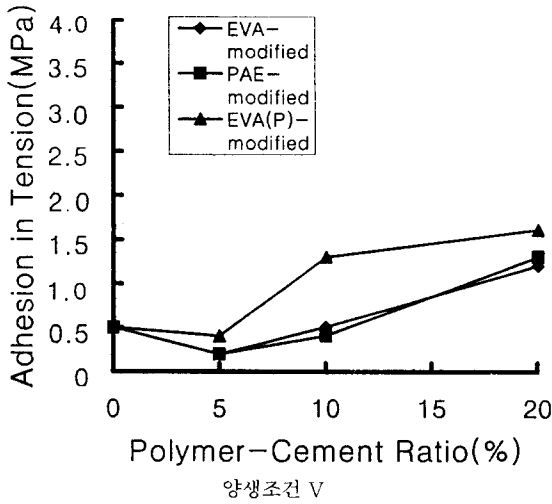
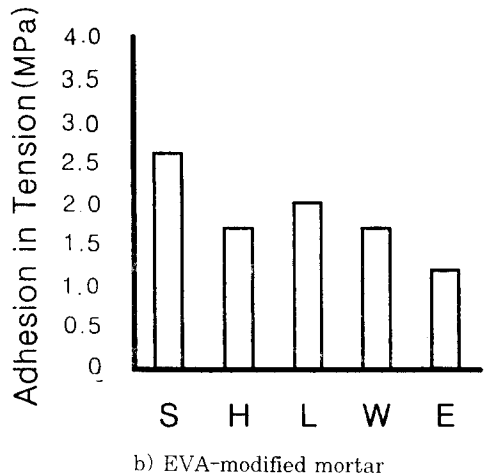
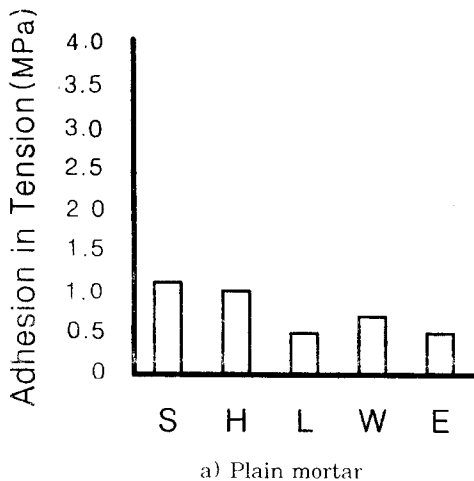


그림 2 폴리머 혼입율(P/C)에 따른 양생조건별 각 공시체의 인장 접착강도 특성

10% 이상으로 하는 것이 바람직하다. 양생조건 V(실외폭로)의 폭로 재령 28일에 대한 인장접착강도는 폴리머 시멘트비 20%를 제외하면 아주 낮은 상태를 보이고 있다. 폴리머의 단점중의 하나가 태양의 자외선에 대해 아주 열악하기 때문이다. 이런 상황에서도 폴리머 시멘트비를 높게 하면 접착성능은 어느정도 개선된다는 것을 알 수 있었다.

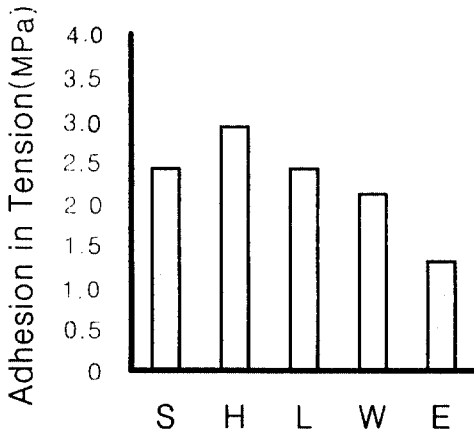
#### 4.2 양생조건에 따른 접착강도

그림 3은 폴리머 시멘트 모르타르의 양생조건에 따른 보통시멘트 모르타르와 폴리머 시멘트비 20%에 있어서의 폴리머 시멘트 모르타르의 인장접착강도를 나타내고 있다. 표 5와 그림. 3에서 알 수 있는 바와 같이 고온양생의 PAE의 폴리머 시멘트비 20%와 EVA(P)를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르를 제

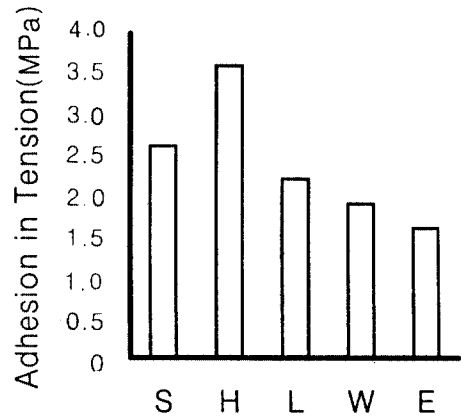


양생조건 III(저온양생)의 폴리머 시멘트 모르타르의 인장접착강도는 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 개선되었으며 보통시멘트 모르타르를 비롯하여 폴리머 시멘트비 5% 이하에서는 저온에 대해 영향을 받는 것을 알 수 있었으나 폴리머 시멘트비 10% 이상에서는 양호하게 나타났다.

양생조건 IV(수중양생)의 조건에서의 인장접착강도는 저온양생과 같은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 수중에서 양생하면 폴리머 필름 형성이 지연되어 폴리머 필름 자체가 강화되지 못하는 결점을 가진다. 수중양생에서는 시멘트의 수화가 다른 조건에 비해 잘 진행되어 두가지 성질이 보완작용을 하나 폴리머 시멘트비 5% 정도에서는 인장접착강도가 낮게 나타나 수중양생에서는 폴리머 시멘트비를



c) PAE-modified mortar



d) EVA(P)-modified mortar

그림 3 양생조건에 따른 폴리머 종류별 각 공시체의 인장 접착강도 특성

외하면 폴리머 종류 및 폴리머 시멘트비와 관계없이 표준양생, 고온양생, 저온양생, 수중양생, 폭로양생 순으로 높은 접착강도를 나타냈다.

특히 EVA(P)를 혼입한 폴리머 시멘트의 경우는 약 35℃정도의 열을 가해줌으로서 접착강도를 개선할 수 있음을 알 수 있었다. 이상의 결과로부터 폴리머 시멘트 모르타의 각종 양생조건은 접착성능에 매우 영향을 미치며 특히, 저온, 수중 폭로양생시는 폴리머 시멘트비를 10%또는 20%로 해야 됨을 알 수 있었다.

사진 1은 표준양생한 보통시멘트 모르타, EVA, PAE혼입 폴리머 시멘트 모르타의 폴리머 시멘트비 20%에 있어서의 접착계면을 전자현미경으로 촬영한 것이다. 사진에서 알 수 있는 바와 같이 보통시멘트 모르타의 접착계면에서는 큰 공극이 보이며 접착의 정도가 거칠게 보인다. 반면, EVA 및 PAE를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타와 피착체사이에는 폴리머필름이 존재하여 치밀한 조직구조를 보이고 있어 접착력이 개선되었음을 알 수 있다.

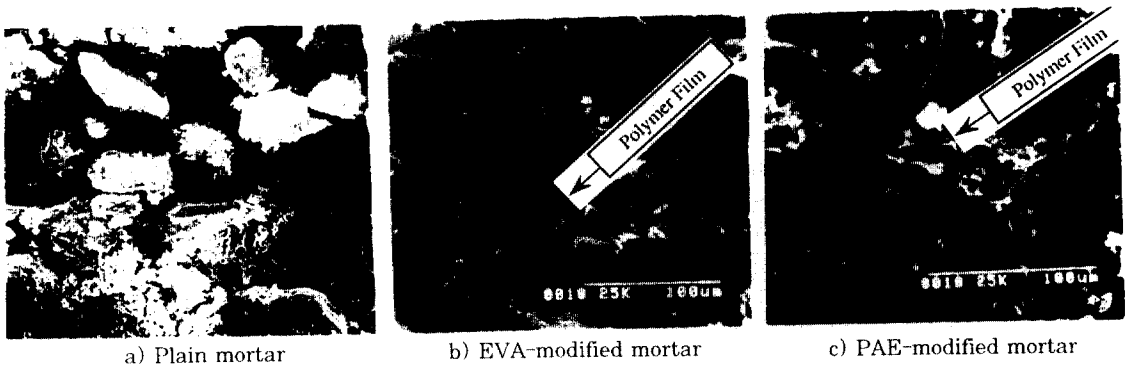


사진 1 폴리머 시멘트 모르타와 피착체인 시멘트 모르타 사이의 접착상태(×1000)

## 5. 결 론

본 연구의 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 폴리머 시멘트 모르타의 인장접착강도는 보통시멘트 모르타에 비해 폴리머 시멘트비 10% 이상에서 우수한 성질을 나타냈으며, EVA(P)를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타의 폴리머 시멘트비 20%에서 최대 3.6배의 인장접착강도 개선효과를 보였다.
- 2) 보통시멘트 모르타의 인장 접착강도는 양생조건 I(표준양생)에서 가장 높게 나타났으며 폴리머 시멘트 모르타의 인장 접착강도는 양생조건 I(표준양생)과 양생조건 II(고온양생)에서 우수하게 나타났다. 또한 양생조건 III(저온양생)과 양생조건 IV(수중양생)의 경우는 폴리머 시멘트비를 10% 이상으로 하여야 하며, 양생조건 V(폭로양생)의 경우는 폴리머 시멘트비를 20%이상으로 하여야 개선효과를 볼 수 있었다.
- 3) 재유화형 분말수지(EVA(P)) 혼입 폴리머 시멘트 모르타의 인장 접착강도는 양생조건에 관계없이 수성폴리머 디스퍼전(PAE와 EVA) 혼입 폴리머 시멘트 모르타와 동등수준 이상이었으며, 보통 시멘트 모르타에 비해 매우 우수한 강도를 나타내었다.
- 4) 폴리머 시멘트 모르타와 피착체 사이에는 폴리머 필름이 존재하고 치밀한 조직을 보임을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 大濱嘉彦, セメント・コンクリート用混和材料, 第 8章, "セメントポリマー" pp. 187-226.
2. S. N Pareek, Improvement in Adhesion of Polymeric Repair and Finish Materials for Reinforced Concrete Structures, Nihon University, Japan Ph. D. Dissertation
3. Y.Ohama, Mix Design System for Polymer-Modified Concrete, From Materials Science to Construction Materials Engineer, Proceedings of the First International RILEM Congress, V.2 Combining Materials, Design, Production and Properties, Chamman and Hall, London, 1987 pp. 379-386.