

양생조건에 따른 폴리머 시멘트 모르타의 내마모성에 관한 연구

A Study on the Abrasion Resistance of Polymer-Modified Mortar According to Curing Conditions

조영국*

Jo, Young-Kug

소승영**

So, Seoung-Young

Abstract

In recent years, polymer-modified mortars using polymer dispersions have been widely used as finish and repair materials in the construction industry because of their excellent properties compares to those of ordinary cement mortar. Especially, the adhesion improvement of ordinary cement mortar and concrete has attracted a great deal of attention from researchers, and several unique and simply applicable techniques for the adhesion improvement have been developed.

The purpose of this study is to evaluate the abrasion resistance of polymer-modified mortar according various curing methods. The polymer-modified mortar are prepared with various polymer-cement ratios, and are subjected to three curing methods such as dry cure, standard cure and freezing and thawing cure after two curing methods, and then tested for abrasion.

From the test results, the polymer-modified mortars with various polymer-cement ratios have some superior abrasion resistance compared with plain mortar. The abrasion resistance of polymer-modified mortars increase with an increase in the polymer-cement ratio, and is better under water cure than any other curing methods. It is concluded that the abrasion resistance of cement mortar is markedly improved by modifying of polymer dispersion.

키워드 : 폴리머 시멘트 모르타, 폴리머 디스퍼션, 마모저항성, 폴리머 시멘트비

Keywords : Polymer-modified mortar, Polymer dispersion, Abrasion resistance, Polymer-cement ratio

1. 서론

시멘트 콘크리트 구조물의 바닥은 충격 및 마모에 의하여 콘크리트 표면이 부서지거나 작은 공동들이 발생하게 되어 내구성의 저하가 특히 큰 부분이다. 시멘트 콘크리트 표면이 마모 등에 의하여 손상을 입을 경우 철근의 피복두께가 얇아져 철근부식을 발생시키는 물질이 침투하기 용이하게 되어 철근의 부식을 촉진하게 된다. 이러한 마모에 대한 저항 성능을 높이기 위해 시멘트 콘크리트에 폴리머 디스퍼션과 같은 유기 고분자 물질을 혼합한다. 이러한 유기 고분자는 종류가 다양하여 최적의 고분자를 선택할 필요가 있으며, 또한 최적의 배합에 따라 그 성능의 개선의 정도를 극대화 할 수 있다. 콘크리트에 폴리머를 혼합한 폴리머-콘크리트 복합체에 대한 연구는 약 70여년의 역사를 가지고 있으며, 현재에는 건축·토목분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 최근 건축기술의 현저한 발전에 따라 고도기술에 부응하는 고성능 재료가 요구되어 이에 부응하여 개발된 건설재료 중의 하나로서 폴리머 분산계, 재유화형 분말

수지 및 액상 폴리머를 이용한 폴리머 시멘트 모르타가 있다.

폴리머 시멘트 모르타는 바닥, 미장, 보수, 마무리, 방수 및 접착용 등의 여러 가지 용도로 널리 사용되고 있는데, 이것은 시멘트 콘크리트 및 모르타뿐만 아니라 석재, 타일, 강재 및 목재 등의 각종 건설재료에 대한 접착성이 보통 시멘트 모르타보다 월등히 우수하며, 폴리머 시멘트 콘크리트 및 모르타의 내부에 형성된 폴리머 필름에 의한 내구성이 크게 개선되기 때문이다.^{1)~7)}

우리나라에서는 시멘트 콘크리트의 내마모성을 증진시키기 위하여 시멘트 콘크리트 바닥에 에폭시 수지를 도포하는 방식이 많이 사용되고 있으나, 이는 시멘트 콘크리트와 같은 무기물과 에폭시의 유기물 계면의 접착성이 열악해 많은 문제점을 안고 있다.^{5),6)} 따라서 본 연구에서는 시멘트 모르타의 내마모성을 개선하기 위하여 폴리머 디스퍼션을 혼합한 폴리머 시멘트 모르타를 제작, 양생조건에 따른 마모의 정도를 평가하였다.

2. 실험계획

본 연구에서는 세 종류의 폴리머, 3종류의 양생조건 및 5종류의 폴리머 시멘트비를 실험인자로 하여 폴리머 시멘트 모르

* 청운대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 전북대학교 건축도시공학부 교수, 공학박사
공업기술연구원

터를 제조하였다. 본 연구의 실험인자 및 수준은 표 1과 같다.

표 1. 실험인자 및 수준

인자	폴리머 종류	P/C (%)	양생 조건
수준	PA-1 PA-2 St/Ac	0, 5, 10, 15, 20	기중, 표준 동결융해
수준수	3	5	3

2.1 사용재료

1) 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 국내산으로 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2) 잔골재

골재는 KS L 5100(시멘트 강도 시험용 표준사)의 규격으로 주문진산 표준사를 사용하였다.

3) 시멘트 혼화용 폴리머

본 연구에 사용된 시멘트 혼화용 폴리머는 폴리머 디스퍼션으로 스틸렌-아크릴 공중합체 (St/Ac)와 아크릴계 (PA-1, PA-2) 2종류를 사용하고, 그 성질은 표 2와 같다.

표 2. 폴리머 디스퍼션의 성질

폴리머 종류	pH (20℃)	점도 (Mpas, 20℃)	비중 (20℃)	고형분 (%)
PA-1	8.6	30	1.02	46.4
PA-2	8.3	483	1.04	57.8
St/Ac	6.4	3,000	1.07	55.0

2.2 실험방법

1) 공시체 제작

폴리머 시멘트 모르터 공시체 제작은 KS F 2467(실험실에서 폴리머 시멘트 모르터의 제작방법)에 준하여, 표 2와 같이, 폴리머 시멘트 비를 0, 5, 10, 15 및 20%로 변화시켜 제작하였다. 또한 균일한 시공성 유지를 위하여 플로우 치가 170±5mm가 되도록 폴리머 시멘트 모르터의 물 시멘트 비를 조정하여 φ100×6mm의 몰드를 사용하여 시험용 공시체를 제작하였다. (그림 1)



그림 1. 시험편 제작

표 3. 폴리머 시멘트 모르터의 배합표

모르터 종류	시멘트 : 잔골재	P/C (%)	W/C (%)	Flow (mm)
Plain	1 : 3	0	67.5	171
		5	47.5	166
		10	41.8	171
		15	37.5	165
		20	36.5	166
PA-1 Modified	1 : 3	5	62.5	167
		10	55.0	165
		15	52.5	174
		20	47.5	170
		5	55.0	170
PA-2 Modified	1 : 3	10	49.5	171
		15	47.5	168
		20	46.3	166
		5	55.0	170
		10	49.5	171
St / Ac Modified		15	47.5	168
		20	46.3	166

2) 양생방법

본 실험의 양생은 다음과 같이 3종류로 하였다.

① 양생조건 I(기중양생, Dry Cure)

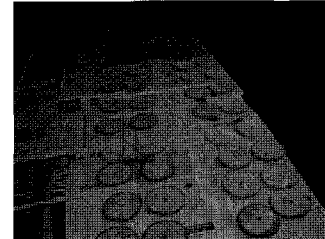
제작한 시험용 공시체를 1일간 몰드에서 양생 후, 탈형하여 기중에서 재령 27일간의 양생을 실시하였다.

② 양생조건 II(표준양생, Standard Cure)

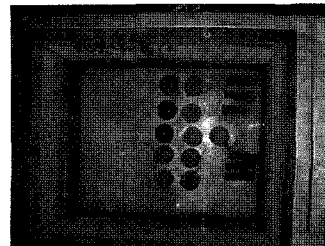
제작한 시험용 공시체를 1일간 몰드에서 양생 후, 탈형하여 5일간 기중 양생 및 22일간 수중 양생을 실시하였다.

③ 양생조건 III(동결융해, Freezing and thawing)

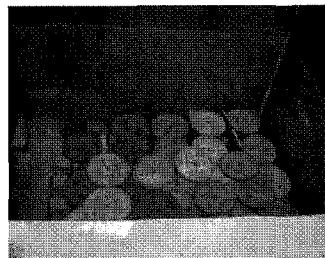
28일간 기중양생을 거친 시험용 공시체를 동결융해기(-18℃ ~ +4℃)를 이용하여 100 Cycle동안 양생하였다.



(기중양생)



(수중양생)



(동결융해)

그림 2. 시험편의 양생광경

3) 마모시험

마모시험은 KS F 2813(마모시험 연마지법)에 준하여 시험하였으며, 시험 후 마모중량 및 마모깊이는 식(1)과 식(2)를 이용하여 산출하였다. 그림 3은 시험에 사용한 마모시험기이다.

$$(\text{시험전중량} - \text{시험후중량}) / \text{마모면적} \dots\dots\dots(식1)$$

$$(\text{시험 전 중량} - \text{시험 후 중량}) / \text{마모면적} \times \text{시험편의 비중} \dots\dots\dots(식2)$$



그림 3. 마모시험기

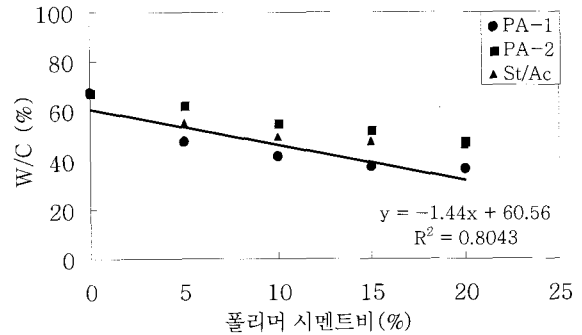


그림 3. 폴리머 시멘트비와 물시멘트비와의 상관관계

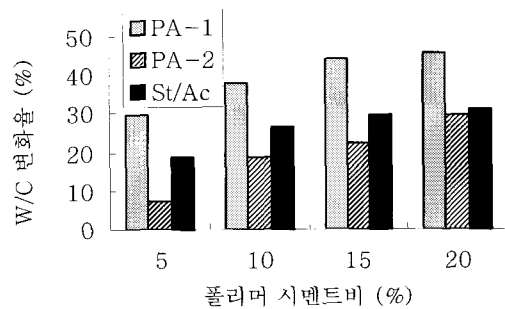


그림 4. 폴리머 시멘트비와 물시멘트비 저감율과의 관계

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 폴리머 시멘트 모르터의 시공성

본 연구에서 접착체로서 폴리머 시멘트 모르터를 사용하였는데 폴리머 시멘트 모르터는 폴리머 디스퍼션을 혼입함에 따라 보통 시멘트 모르터의 워커빌리티가 좋아져 동일한 플로우치를 얻기 위한 물시멘트비가 많이 작아진다. 보통 현장에서 사용되는 바닥재, 보수 보강재, 방수재 및 마감재로서 폴리머 시멘트 모르터를 사용할 때 모르터의 시공연도는 플로우치 170±5mm를 기준으로 한다.

그림 3은 플로우치 170±5mm를 목표로 한 폴리머 시멘트 모르터의 물시멘트비와 폴리머 시멘트비와의 관계를 나타낸 것이며, 그림 4는 동일한 시공성(플로우치)에서의 보통 시멘트 모르터에 대한 폴리머 시멘트 모르터의 폴리머 시멘트비에 따른 물시멘트비 저감을 나타낸 것이다. 결과에서 알 수 있는 바와 같이, 폴리머 시멘트비가 증가할수록 물시멘트비가 작아지며, 폴리머 시멘트비와 물시멘트비의 저감에는 일정한 상관관계를 보였다. 또한 폴리머 시멘트비 20%에서는 폴리머 종류에 따라 차이는 있으나 보통 시멘트 모르터에 비해 약 45%의 물시멘트비 저감효과를 보였다. 이는 폴리머 디스퍼션의 혼입에 따라 아직 굳지 않은 시멘트 모르터 속에서 폴리머 입자의 불배어링 효과에 의해 시공연도가 향상된 것으로 볼 수 있다. 폴리머 종류에 따라서는 PA-1이 월등히 뛰어났으며, St/Ac, PA-2 순으로 저감효과가 컸다.

3.2 마모시험 후 중량감소

폴리머 시멘트 모르터의 마모시험 후 중량변화는 식 1에 의하여 구하였으며 그 결과는 표 4 및 그림 5에서 그림 7에 나타났다. 폴리머 시멘트 모르터의 마모시험 후 중량감소는 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 감소하였으며, 보통시멘트 모르터에 비해 아주 작았다. 특히 폴리머 시멘트비 20%에서는 보통시멘트 모르터에 비해 폴리머 종류에 상관없이 내마모성능이 아주 뛰어났다. 또한 양생방법에 따라 내마모성에 큰 차이를 보였는데, 표준양생의 경우가 기중양생의 경우보다 내마모성이 우수하게 나타났다. 이는 폴리머 시멘트 모르터의 특수성에 기인한 것으로 사료되며, 강도특성에 있어서도 표준양생의 경우가 폴리머 시멘트 모르터의 강도 발현에 기여하는 것과 일맥상통한다 할 수 있다. 표준양생을 통하여 폴리머 필름에 의한 폴리머 시멘트 모르터의 표면경도가 커진 결과로 볼 수 있다. 또한 동결융해를 통한 폴리머 시멘트 모르터의 내마모성은 다른 2가지 양생 방법과 마찬가지로 보통 시멘트 모르터에 비해 우수하였다. 그러나 동결융해양생으로 말미암은 마모 중량감소는 다른 양생에 비해 2-3배 크게 나타났다.

본 실험 결과로부터 시멘트 모르터의 내마모성을 개선시키기 위해서는 폴리머 디스퍼션을 혼입함으로써 효과가 크게 나타남을 알 수 있었다. 이는 그림 8에서 보는바와 같이 폴리머 시멘트 모르터 속에 형성된 폴리머 필름이 시멘트 모르터 조직을 치밀하게 하여 마모에 대한 저항 성능을 향상시켰다. 폴리머 필름 자체는 탄성계수가 보통 시멘트 모르터보다 훨씬 작지만 전술한 폴리머 디스퍼션의 혼입에 의한 2차적인 성능 효과, 즉 물시멘트비가 감소하여 강도자체가 향상되었기 때문으로

사료된다. 그러나 동결융해에 대한 저항성은 폴리머 필름 자체에 있기 때문에 양생에 의한 보강효과는 있었음을 알 수 있다.

표 4. 마모시험 후 폴리머 시멘트 모르터의 중량변화 ($\times 10^{-2}$ mg/m²)

P/C (%)	건조양생			표준양생			동결융해		
	PA-1	PA-2	St/Ac	PA-1	PA-2	St/Ac	PA-1	PA-2	St/Ac
0%	0.50	0.50	0.50	0.38	0.38	0.38	1.33	1.33	1.33
5%	0.19	0.22	0.22	0.06	0.05	0.05	1.15	0.64	0.29
10%	0.16	0.22	0.19	0.03	0.03	0.02	0.73	0.60	0.25
15%	0.12	0.19	0.19	0.02	0.03	0.03	0.70	0.51	0.20
20%	0.06	0.19	0.16	0.01	0.03	0.03	0.50	0.22	0.16

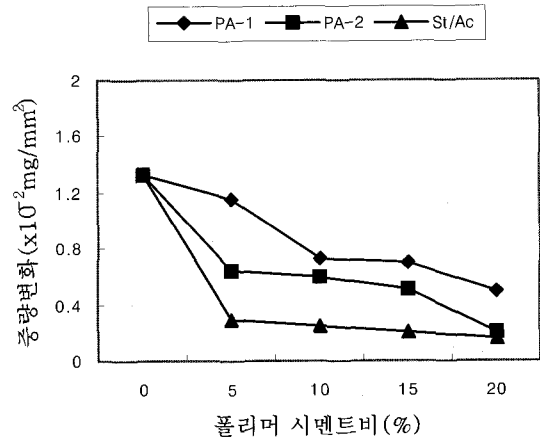


그림 7. 마모시험 후 중량변화(양생조건 III)

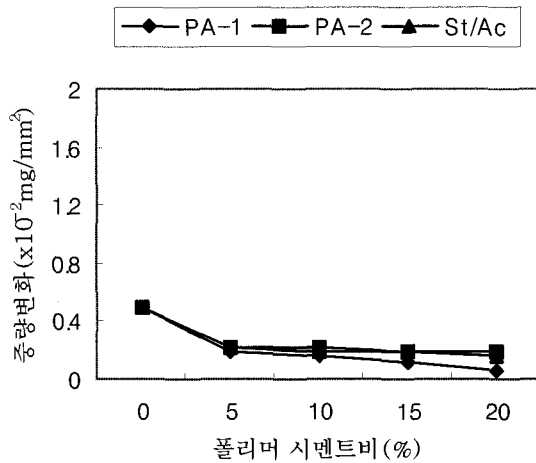


그림 5. 마모시험 후 중량변화(양생조건 I)

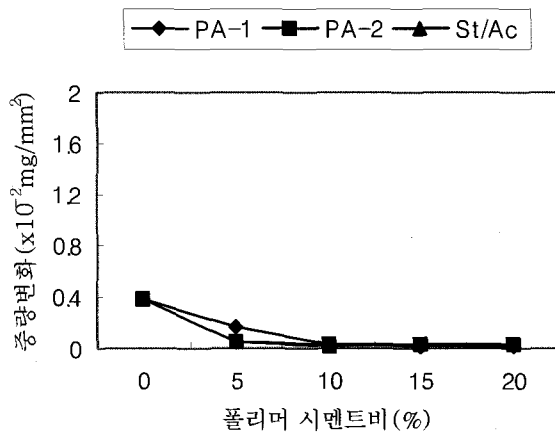


그림 6. 마모시험 후 중량변화(양생조건 II)

3.3 마모깊이

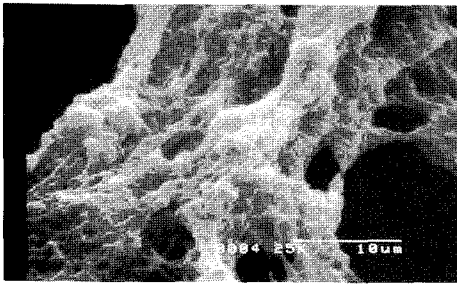
폴리머 시멘트 모르터의 마모시험 후 마모깊이는 식 2에 의하여 구하였으며 그 결과는 표 5 및 그림 9에서 그림 11에 나타났다. 결과에서 알 수 있는 바와 같이 마모깊이도 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였는데, 이는 전술한 중량감소와 같은 원인이라 볼 수 있다. 양생조건 I (기중양생, 20°C 50% R.H)에서는 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 마모깊이의 값이 감소하는 것을 알 수 있으며, 또한 3종류의 폴리머 시멘트 모르터의 마모깊이는 보통 시멘트 모르터에 비해 작았다. 3종류의 폴리머 중 St/Ac를 혼입한 폴리머 시멘트 모르터가 가장 우수한 내마모성을 보였으며, PA-1, PA-2 순으로 크게 나타났다.

양생조건 II (수중양생, 20°C)에서는 기중양생에서 보다 약 2~4배 마모깊이가 작게 나타났으며, 수중에서 시멘트 모르터를 충분히 수화시켰으며, 그 후 기중양생으로 폴리머 필름을 강화시켜, 시멘트 모르터의 조직을 치밀하게 형성하였기 때문에 다른 양생 조건 보다 내마모성이 크게 향상되었다고 볼 수 있다.

양생조건 III (동결융해, -18°C~+4°C)에서는 다른 두 조건 보다 마모깊이가 크게 나타났으며, St/Ac 폴리머를 혼입한 시멘트 모르터가 동결융해에 대한 저항 성능이 우수 하였으며, 특히 폴리머 시멘트 비 20%에서 보통 시멘트 모르터에 비해 아주 내마모성이 우수하였다.

표 5. 마모시험 후 폴리머 시멘트 모르터의 마모깊이 ($\times 10^{-2}$ mm)

P/C (%)	건조양생			표준양생 re			동결융해		
	PA-1	PA-2	St/Ac	PA-1	PA-2	St/Ac	PA-1	PA-2	St/Ac
0%	2.7	2.7	2.7	2.0	2.0	2.0	7.0	7.0	7.0
5%	1.0	1.0	0.8	0.3	0.2	0.1	6.0	4.0	2.0
10%	0.8	0.6	1.0	0.1	0.1	0.1	4.0	3.0	1.0
15%	0.6	1.0	0.5	0.1	0.07	0.1	4.0	2.7	0.7
20%	0.8	1.0	0.4	0.1	0.1	0.1	3.0	1.1	0.3



(x3,000)

그림 8. 폴리머 시멘트 모르타 속에 형성된 폴리머 필립

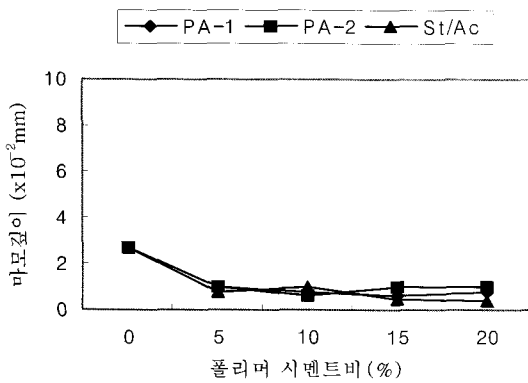


그림 9. 마모시험 후 마모깊이 (양생조건 I)

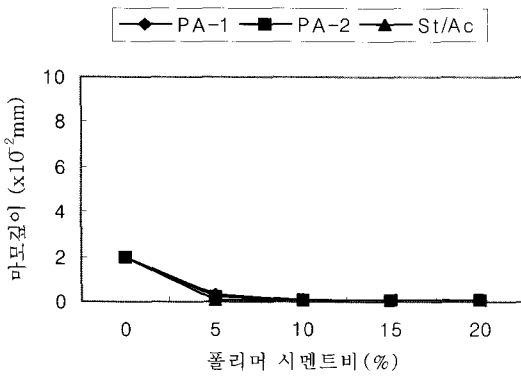


그림 10. 마모시험 후 마모깊이 (양생조건 II)

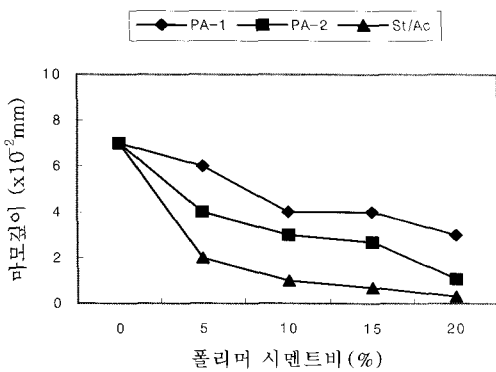


그림 11. 마모시험 후 마모깊이 (양생조건 III)

4. 결 론

양생조건에 따른 폴리머 시멘트 모르타의 내마모성에 대한 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 보통 시멘트 모르타와 폴리머 시멘트 모르타와의 내마모성의 차이는 현격 하였다.
- 2) 양생방법에 따라 보통시멘트 모르타와 폴리머 시멘트 모르타의 마모성능은 커다란 영향을 받았다.
- 3) 혼화용 폴리머의 종류에 따라 내마모성의 차이가 있었으며, 또한 배합의 조건에 따라 내마모성이 크게 개선되었다.
- 4) 이상의 결과로부터, 시멘트 모르타의 내마모성을 개선시키기 위해서는 폴리머 디스퍼션을 혼입하는 것이 타당하며, 폴리머의 종류 및 최적의 배합도출이 선행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 청운대학교 2005년 학술연구지원비에 의해 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 신윤희, 최수경, 건축물 바닥재의 마모에 따른 미끄럼 성능 변동에 관한 연구, 한국건축시공학회지, pp.53-61, 2005.3
2. 장철인 외 2명, 혼화제 종류의 따른 폴리머 시멘트 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 구조물진단학회지 제 8권 1호 pp.30-34, 2004
3. 김운겸 외 3명, 폴리머 시멘트 슬러리에서 아크릴 폴리머 에멀전의 관능기 변화에 따른 물성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 18권 2호 pp.109-114, 2002
4. 장정진 외 11명, 건축재료학, 보성사, pp.35-33, 1997
5. 조영국 외 2명, 양생조건이 폴리머 시멘트 모르타의 강도발 현에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집, 제14권 3호, pp.335-344, 1998.3
6. Y. Ohama, Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars, Noyes Publications, 227p. 1995
7. S.N. Pareek, Improvement in Adhesion of Polymeric Repair and Finish Materials for Reinforced Concrete Structures, 니혼대학 박사학위 논문, pp.21-77. 1993