# 증기양생에 의한 에폭시수지 혼입 PMM의 장기강도 발현

# Long-term Strength Improvement of Epoxy-Modified Mortars with Steam Curing

이 재 화* 김 완 기**
Lee, Jae-Hwa Kim, Wan-Ki

**Abstract**

The purpose of present study is to examine the long-term strength improvement of hardener-free epoxy-modified mortars with steam curing. As a result, strength improvement of hardener-free epoxy-modified mortars is markedly improved with increasing of air-dry curing period. This is improved by markedly increase the degree of hardening of the hardener-free epoxy resin in the epoxy-modified mortars with additional air-dry curing period.

키 워 드 : 에폭시수지, 폴리머 시멘트 모르타르, 증기양생, 장기강도, 에폭시수지의 경화도
Keywords : epoxy resin, Polymer-Modified Mortar(PMM), steam curing, long-term strength, degree of hardening of epoxy resin

## 1. 서 론

에폭시수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르(이하, PMM이라함)는 보통 시멘트 모르타르에 비해 강도, 접착성 및 내구성 등이 현저히 우수한 반면 경화제와 함께 사용해야 하는 번거로움이 있어 이에 대한 해결책으로 경화제 무첨가 에폭시수지 혼입 PMM이 개발되었다.[1] 기존연구에서는 비스페놀 A형 에폭시수지에 대한 검토가 대부분이며, 다른 에폭시수지에 대한 검토가 부족한 실정이다. 특히 비스페놀 F형 에폭시수지 혼입 PMM은 A형 에폭시수지 혼입 PMM에 비해 물시멘트비 저감효과와 유동성이 뛰어나 강도 및 시공성에서 유리할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 비스페놀 F형 에폭시수지 혼입 PMM의 장기 재령에 따른 강도 특성을 통해 장기강도 발현 성능을 평가하고자 하였다. 이를 위하여 선행연구의 양생방법[2]에 따라 재령에 따른 경화체의 압축 · 휨 · 인장 강도, 에폭시수지의 경화도를 파악하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험요인 및 수준은 표 1과 같으며, 표 2에는 주 재료인 에폭시수지의 성질을 나타냈다.

표 1. 실험요인 및 수준

| 실험요인 | | 실험수준 |
|---|---|---|
| 배합 사항 | 시멘트 | 보통 포틀랜드 시멘트 |
| | 잔골재 | 주문진산 표준사 [시멘트 : 잔골재(중량비) = 1 : 3] |
| | 시멘트 혼화용 에폭시수지 | 비스페놀 F형 에폭시수지 [P/C(%) : 0, 5, 10, 15, 20] |
| 실험 사항 | 굳지 않은 모르타르 | 플로 |
| | 경화 모르타르 | 강도, 경화도 |

표 2. 비스페놀 F형 에폭시수지의 성질

| 에폭시당량 | 분자량 | 색상 (Gardner) | 밀도 (g/㎤) | 점도 (mPa · s, 25℃) |
|---|---|---|---|---|
| 170 | 340 | 〈 1 | 1.19 | 3500 |

### 2.2 실험 방법

#### 2.2.1 공시체 제작 및 양생조건

KS F 2476(폴리머 시멘트 모르타르의 시험 방법)에 준하여 플로 값이 170±5㎜가 되도록 물결합재비를 조정하여 혼합하였다. 공시 모르타르를 치수 40×40×160㎜(압축강도 및 휨강도용) 및 브리킷 모양(인장강도용)으로 성형한 후, 1일 습윤양생[20℃, 90%(R.H)]과 1일 증기양생(90℃) 후 기중양생[20℃, 60%(R.H)]을 실시하였다.

* 협성대학교 대학원 도시건축공학과 석사과정
** 협성대학교 건축공학과 부교수, 교신저자
(wankkim@uhs.ac.kr)
본 논문은 2011년 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(KRF-20110024478)

### 2.2.2 압축강도, 휨강도 및 인장강도

KS F 2476에 따라 압축강도 및 휨강도 시험을 실시하였으며, KS L 5104에 따라 공시체의 인장강도 시험을 실시하였다.

### 2.2.3 에폭시수지 경화도 측정

기중양생 종료 후 공시체를 분쇄하여 1.2㎜의 표준체 시험망에 통과한 5g의 시료를 용량 200ml의 삼각플라스크에 넣는다. 그리고 30g의 메톡시프로판올을 이용해 2시간동안 미경화 에폭시수지를 추출하여, 남은 시료를 여과지로 걸러낸다. 여과지를 통과한 추출액을 스터러를 이용해 온도 100℃에서 2시간 동안 가열하여 메톡시프로판올을 증발시킨 후, 증발잔분인 미경화 에폭시수지의 중량을 측정하고, 표 3의 에폭시수지의 경화도를 측정하는 공식에 따라 결과 값을 산출하였다.

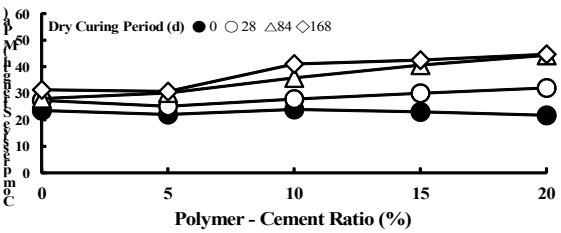
표 3. 에폭시수지 경화도 측정 공식

$$\text{경화도}(\%) = \frac{A-B}{A} \times 100$$

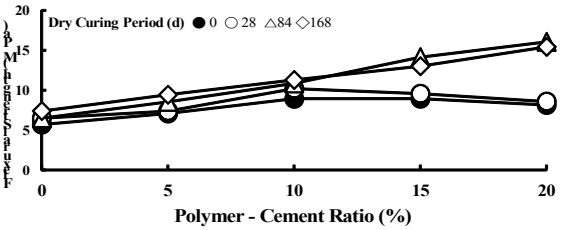
| | | |
|---|---|---|
| $A = \frac{T_1 E}{M}$ | A | 각 양생 후 3개의 공시체에 포함되는 에폭시수지의 총 질량 (g) |
| | M | 모르타르 혼합 시의 재료의 총 질량 (g) (보통포틀랜드시멘트 + 표준사 + 에폭시수지 + 물) |
| | T1 | 습윤양생 후 3개 공시체의 총 질량 (g) |
| | E | 모르타르에 포함된 에폭시수지의 질량 (g) |
| $B = \frac{T_2 C}{S}$ | B | 3개의 공시체로부터 산출된 미경화 에폭시수지의 총 질량 (g) |
| | S | 시료의 질량 (여기서는, 5g) |
| | T2 | 각 양생 후 3개의 공시체의 총 질량 (g) |
| | C | 증발잔분 (g) |

## 3. 실험결과

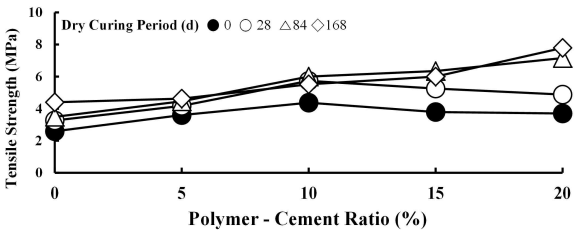
### 3.1 강도




a) 경화제 무첨가 에폭시수지 혼입 PMM의 압축강도




b) 경화제 무첨가 에폭시수지 혼입 PMM의 휨강도




c) 경화제 무첨가 에폭시수지 혼입 PMM의 인장강도

그림 1. 경화제 무첨가 에폭시수지 혼입 PMM의 강도

### 3.2 에폭시수지 경화도

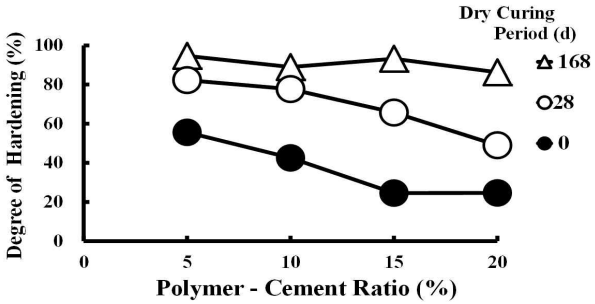



그림 2. 경화제 무첨가 에폭시수지 혼입 PMM의 경화도

## 4. 결 론

본 연구에서는 증기양생을 적용한 경화제 무첨가 비스페놀 F형 에폭시수지 혼입 PMM의 장기강도발현에 대하여 검토하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 경화제 무첨가 에폭시수지 혼입 PMM의 강도는 재령이 증가할수록 폴리머 혼입률과 비례하여 향상되었으며, 특히 폴리머 시멘트 비 20%의 기중양생 168일 압축강도는 기중양생 0일에 비해 약 2.1배까지 개선되었다.
2) 경화제 무첨가 에폭시수지 혼입 PMM 내 에폭시 수지의 경화도는 기중양생 0일에서 폴리머 혼입률의 증가에 따라 낮아졌지만, 재령이 경과할수록 현저히 개선되었다.
3) 본 연구를 통해 경화제 무첨가 비스페놀 F형 에폭시수지 혼입 PMM의 장기 강도발현성능이 기중양생 조건에서의 보통 시멘트 모르타르에 비해 현저히 우수함을 확인할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. 김완기, "각종 양생조건에 따른 비스페놀 A형 에폭시수지 혼입 모르타르의 강도성상", 한국건축시공학회 추계학술발표대회 논문집 제9권 제2호, pp.55~59, 2009
2. Ohama, Y., Demura, K., and Endo, T : Properties of Polymer-Modified Mortars Using Epoxy Resin without Hardener, Polymer-Modified Hydraulic-Cement Mixtures, STP 1176, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp.90~103, 1993