

# 환경조건에 따른 팽창성 혼화재 및 비스페놀 F형 에폭시수지 병용 모르타르의 자기치유 검토

## Self-Healing Investigation of Bisphenol F-Type Epoxy-Modified Mortars with Expansive Admixtures Under Outdoor Exposure Conditions

박 승 민\*      김 완 기\*\*  
Park, Seung-Min      Kim, Wan-Ki

### Abstract

The purpose of this study is to ascertain self-healing function on microcracks in bisphenol F-type epoxy-modified mortars using expansive admixtures. The specimens are prepared with various polymer-binder ratios of 0, 5, 10, 20%, expansive admixture contents of 0% and 10%, a sodium carbonate content of 0.25%, and subjected to exposure conditions of CR1, CR2, CR3 and CR4. The specimens are tested for self-healing effect, porosity and FE-SEM analysis. As a result, self-healing effects of bisphenol F-type EPMMs with expansive admixtures are visible in all of the outdoor exposure conditions. In particular, exposure conditions of CR3 and CR4 are most noticeable. And the porosity of EPMMs is reduced with an increase in the polymer-binder ratio, and is considerably smaller than that of unmodified mortar.

키 워 드 : 에폭시수지, 폴리머 결합재비, 팽창성 혼화재, 에폭시수지 혼입 모르타르  
Keywords : epoxy resin, polymer-binder ratio, expansive admixtures, epoxy-modified mortar(EPMM)

### 1. 서 론

인공지능(AI) 기술이 사회적 이슈로 떠오르는 현 시대에서 자기치유 콘크리트에 대한 기대는 날이 갈수록 증대하고 있다. 철근콘크리트 구조물의 콘크리트에 가해진 물리적 힘에 의한 균열 부위를 스스로 치유할 수 있는 자기치유재료의 개발은 위험물 저장시설이나 사람이 직접 보수하기 어려운 구조물 등의 장기적 수명을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 인적 자원 및 물질 자원의 낭비를 줄여 큰 사회적 파급효과를 가져올 수 있을 것이다.

본 연구는 4가지 폭로 환경조건(CR1, CR2, CR3, CR4)에서 팽창성 혼화재 및 탄산나트륨을 병용한 에폭시수지 혼입 모르타르의 자기치유 기능을 검토하고, 모르타르의 전체 공극률 및 내부에 형성된 폴리머 필름을 확인하는데 그 목적이 있다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

본 연구의 실험요인 및 수준은 표 1과 같으며, 표 2는 본 연구의 배합을 나타냈다.

표 1. 실험요인 및 수준

실험요인		실험수준
배합 사항	결합재(B)	보통 보틀랜드 시멘트, 팽창재, 팽윤재
	잔골재(S)	주문진산 표준사 시멘트 : 잔골재 = 1 : 3 (중량비)
	시멘트 혼화용 에폭시수지	비스페놀 F형 에폭시수지(BF) 폴리머 결합재 비 (P/B) : 0, 5, 10, 20
	팽창성 혼화재(EA)	팽창재(E) : CSA계, 팽윤재(S) : Na계 벤토나이트
	알칼리탄산염 유동화제(SP)	탄산나트륨(Na2CO3) 폴리카르보산계
실험 사항	경화 모르타르	자기치유기능, 포로시티, FE-SEM 촬영

표 2. 배합표

Type of Mortar	Cement : Sand	P/B (%)	EA/B* (%)	Na2CO3 (%)	SP (%)
P0-EA0	1 : 3	0	0	0.25	1
P*0-EA10***	1 : 3	0	10	0.25	1
P5-EA10		5			
P10-EA10		10			
P20-EA10		20			

Note, \*: 결합재대비 팽창성혼화재 치환율, \*\*: Polymer, \*\*\*: E7.5+S2.5

\* 협성대학교 건축공학과 석사과정

\*\* 협성대학교 건축공학과 교수, 교신저자(archi-chemi@hanmail.net)

### 2.2 실험방법

KS F 2476에 따라, 표 2에 나타난 배합의 공시 모르타르를 그 플로 값이  $170 \pm 5\text{mm}$ 가 되도록 물결합재비를 조정하여 혼합하였으며, 크기  $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ 로 성형한 후, 양생방법으로는 이상양생[2일 습윤( $20^\circ\text{C}$ , 90%RH.)+5일 수중( $20^\circ\text{C}$ )+21일 가중( $20^\circ\text{C}$ , 60%RH.)]과 증기양생[1일 습윤( $20^\circ\text{C}$ , 90%RH.)+1일 증기( $90^\circ\text{C}$ )]을 실시하여 공시체를 제작하였다. 자기치유기능의 관찰은 공시체에 인위적으로 미세균열을 유발시킨 후 CR1( $20^\circ\text{C}$  수중 48시간 침지), CR2( $20^\circ\text{C}$  인공염분용액에 48시간 침지), CR3( $20^\circ\text{C}$  수중 24시간 침지+ 24시간 건조), CR4( $20^\circ\text{C}$  수중 24시간 침지+ $55^\circ\text{C}$  22시간 건조 후 상온에 2시간 냉각)의 환경조건하에서 0, 5, 10, 15, 30 사이클까지 폭로 후 미세균열 부위를 관찰하였다. 또한, 모르타르의 전체 공극률을 분석하였으며, 내부에 형성된 에폭시수지 폴리머 필름을 FE-SEM으로 관찰하였다.

### 3. 실험결과

그림 1에서 그림 3은 팽창성 혼화재 및 비스페놀 F형 에폭시수지 병용 모르타르의 자기치유 시험결과를 나타낸 것이다.

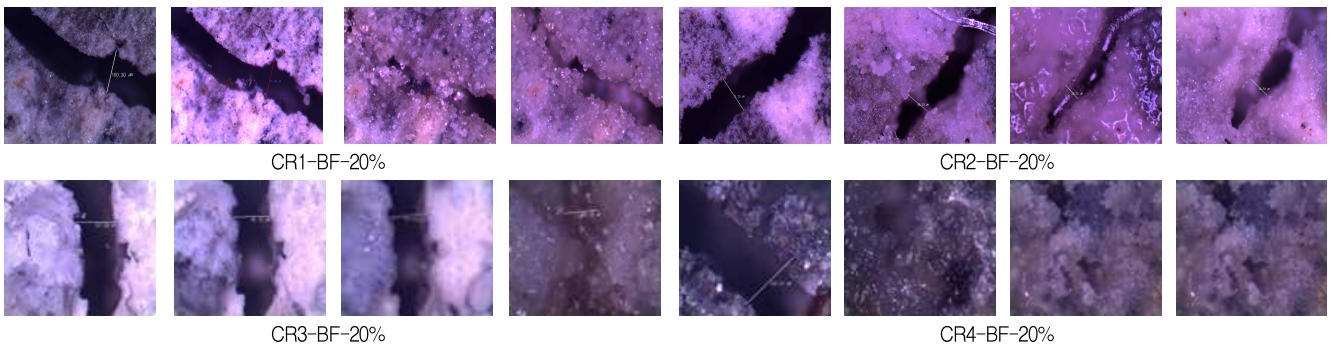
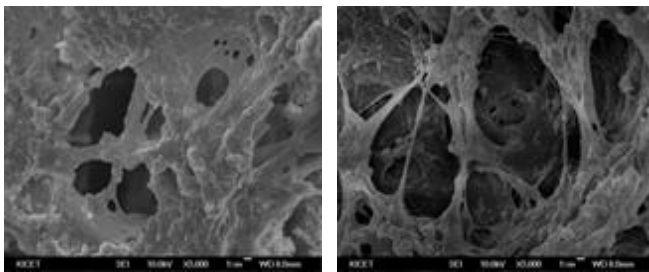


그림 1. 팽창성 혼화재 및 비스페놀 F형 에폭시수지 병용 모르타르의 자기치유기능 관찰 (증기양생)



CR3-BF-5%, X3000      CR3-BF-20%, X3000  
그림 2. 팽창성 혼화재 및 비스페놀 F형 에폭시수지 병용 모르타르 내의 에폭시수지 폴리머 필름 관찰 (증기양생)

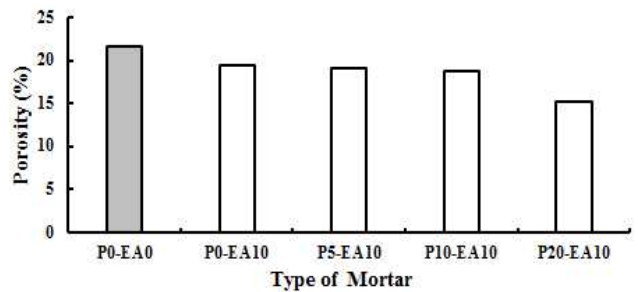


그림 3. 팽창성 혼화재 및 비스페놀 F형 에폭시수지 혼입 모르타르의 전체 공극률 (증기양생)

### 4. 결 론

이상의 연구결과로부터 도출된 결론은 다음과 같다.

- 1) 비스페놀 F형 에폭시수지 혼입 모르타르의 자기치유 효과는 모든 환경조건에서 나타났지만, CR3 와 CR4 환경에서 좀 더 크게 나타났다. 또한, 양생방법에 따른 자기치유 효과는 이상양생보다는 증기양생에서 좀 더 빨리 나타났다.
- 2) 팽창성 혼화재 및 에폭시수지 병용 모르타르 내에 생성된 폴리머 필름을 관찰한 결과, 폴리머 결합재 비에 관계없이 대체로 양호하게 폴리머 막을 형성하고 있음을 확인할 수 있었다.
- 3) 팽창성 혼화재 및 비스페놀 F형 에폭시수지 혼입 자기치유 모르타르의 전체 공극률은 폴리머 결합재비의 증가와 함께 감소하는 경향을 나타냈으며, P0-EA0에 비해 현저히 감소함을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 논문은 미래창조과학부 재원으로 한국연구재단(과제번호: NRF-2011-0024478)의 지원을 받아 수행된 연구임을 밝히며, 이에 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

1. 김완기, 비스페놀 A형 에폭시수지 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 강도특성 및 자기수복가능도, 대한건축학회논문집 구조계, 제20권 제11호 pp.99~106, 2004
2. 송동현, 안지수, 김완기, 팽창재 및 팽윤재를 병용한 에폭시수지 혼입 PMM의 자기치유가능성검토, 한국건축시공학회지 제12권 6호 pp.95~96, 2012