

세공구조 화상분석 및 수치해석에 의한 폴리머시멘트의 수화반응 및 막형성 프로세스 고찰

A Case Study on Visualization and Quantification for Microstructure of Polymer-Modified Cement Waterproofing Membrane

미야우치 히로유키* 김 규 용** 이 의 배*** 남 정 수**** 구 경 모**** 이 태 규****
Miyauchi, Hiroyuki Kim, Gyu Yong Lee, Eui bae Nam, Jeong soo Koo, Kyung mo Lee, Tae Gyu

ABSTRACT

The relation between polymer and cement in a polymer-modified cement waterproofing membrane was investigated by using an electron probe micro-analyzer and numerical simulation.

요 약

폴리머시멘트의 재료물성에 미치는 세공구조의 영향을 평가하기 위해 EPMA에 의한 원소분석과 본 연구에서 개발한 폴리머시멘트의 수화반응 및 막형성 프로세스의 시뮬레이션을 이용하여 검토하였다.

1. 서 론

폴리머시멘트계 도막방수는 환경부하가 적고 지하구조물에도 적용가능한 이점이 있으나, 최근 새로운 재료개발과 성능향상 측면에서 나노 및 마이크로 수준의 세공구조에 대한 정밀분석이 요구되고 있다. 본 연구에서는 EPMA를 활용한 세공구조의 화상분석을 통해 폴리머의 막 형성과정과 시멘트 수화반응의 영향을 정량화하고, 시뮬레이션을 실시하여 경화후의 조직변화에 대하여 고찰하였다.

2. EPMA에 의한 폴리머시멘트 세공구조의 화상분석 및 정량화

본 연구에서 사용한 폴리머는 아크릴수지폴리머에멀전, 시멘트는 보통보틀랜드시멘트이며, 폴리머시멘트비(P/C)는 질량비로 25, 50, 100%의 3수준을 설정하였다. 시험체는 □ 5mm 치수로 제작하여 실내(23℃)에서 28일간 양생하였으며, 그 후 그림 1과 같이 EPMA의 원소분석에 의한 2차원 면분석을 실시하였다. 그 결과 그림 2 및 3과 같이 P/C가 작은 경우에는 시멘트와 폴리머의 경계부에 물 또는 공극이 혼재하는 영역이 다수 존재하였으나, P/C가 크게 될수록 시멘트가 폴리머에 피복되는 경향이 확인되었다.

3. 시뮬레이션에 의한 폴리머시멘트의 조직변화 분석

본 연구에서 개발한 시멘트의 수화반응¹⁾과 폴리머의 막 형성과정을 고려한 마이크로 수준의 수치해

* 정회원, 충남대학교, 건축공학과, 조교수
** 정회원, 충남대학교, 건축공학과, 부교수
*** 정회원, 충남대학교, 건축공학과, 박사후 연구원
**** 정회원, 충남대학교, 건축공학과, 박사과정

표 1 폴리머시멘트의 배합 및 기본 물성

물성 P/C(%)	질량배합비(%)			인장응력 (N/mm ²)	신율 (%)
	W	P	C		
25	40	25	100	507	0.12
50	50	50	100	402	0.58
100	100	100	100	326	1.22

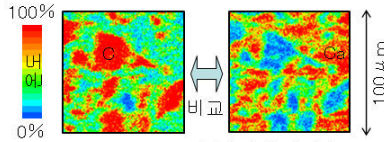


그림 1 폴리머 및 시멘트 경화체의 측정방법

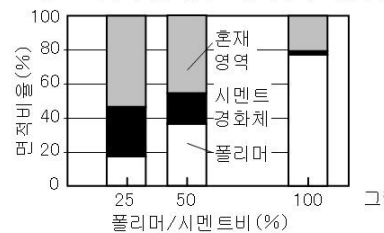


그림 3 각 폴리머/시멘트비에 따른 조직구성 비율

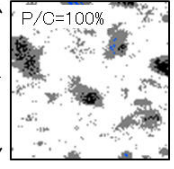
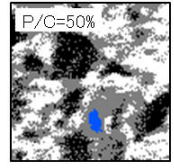
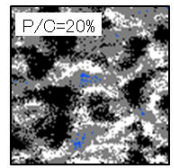


그림 2 폴리머/시멘트비와 각 요소와의 관계

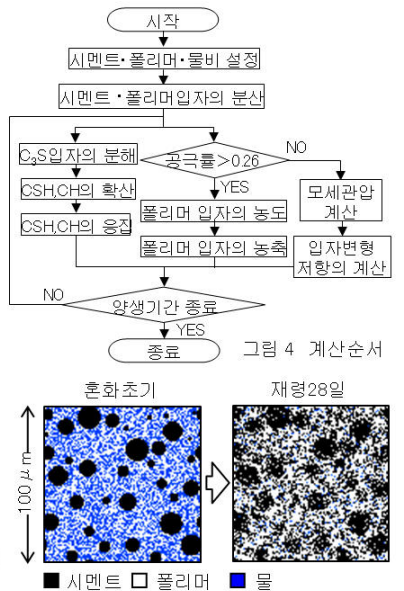


그림 4 계산순서

석모델을 그림 4에 나타내었다. 폴리머입자의 경화모델로는 Brown에 의한 모세관력이론을 적용하였다. 폴리머입자는 수분감소에 의해 정방계 조충진계 조직으로 되고, 분산·농축되어 간다. 한편, 공극이 0.26 미만인 경우는 최밀충진상태로 되며, 압착·변형·융착하여 최종적으로 막을 형성하게 된다. 그림 5는 P/C 50%의 계산결과를 나타낸 것으로, 양생 28일 후에는 시멘트의 수화반응에 의해 조직 내의 수분이 사용되고, 그림 2에 나타내었던 조직혼재부(미수화시멘트와 폴리머 경계)에서는 C-S-H로 판단되는 조직이 형성되며, 폴리머에 침상으로 연결되어 있는 것이 확인되었다. 이상과 같이 폴리머시멘트의 물성에 관한 세공구조의 경우, 낮은 P/C에서는 시멘트의 수화반응에 의한 경계조직이 영향을 미치고, 높은 P/C에서는 폴리머 간의 화학적 결합이 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

4. 결론

폴리머시멘트계 도막방수층의 구조를 화상분석한 결과, 낮은 P/C에서는 미수화시멘트와 폴리머의 경계면에 공극을 포함한 조직이 혼재하는 영역이 존재하고, 높은 P/C로 될수록 폴리머가 시멘트 입자를 피복하는 경향이 나타났으며, 이러한 시멘트와 폴리머의 조직이 재료의 물성에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2009-0069919)지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다. 논문에 참여한 연구자(의 일부)는 2단계 BK21 사업의 지원비를 받았습니다.

참고문헌

1. Bentz, D.P., , CEMHYD3D: A Three-Dimensional Cement Hydration and Microstructure Development Modelling Package. Version 3.0, NISTIR 7232, U.S. Dept. of Commerce, 2005.