

공극수 추출방법에 따른 시멘트 페이스트의 수화도와 공극 특성 분석

Evaluation of different methods to remove pore water in an early age cement paste for the degree of hydration measurement and pore structure analysis.

안 유 리* 로 양* 김 백 중** 이 중 구*** 강 경 인****
Ahn, Yu-Ri Lu Yang Kim, Baek-Joong Yi, Chong-Ku Kang, Kyung-In

Abstract

The analysis of microstructure is essential to understand the material behavior such as shrinkage, strength, and permeability. In this study, three different easy-to-apply specimen preparation methods for the mercury intrusion analysis were chosen, and their effectiveness in removing pore water and thus impeding further hydration was evaluated. As a result, it was found that the direct freeze-drying was the most effective among the three methods.

키 워 드 : 시멘트 수화, 미세구조, 저온건조, 동결건조, 용매추출

Keywords : cement hydration, microstructure, low temperature drying, freeze-drying, solvent replacement

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

시멘트 페이스트는 수화반응을 통해 규산화칼슘(Calcium Silicate Hydration, CSH)과 수산화칼슘(Calcium Hydroxide, CaOH₂) 등의 겔을 형성한다. 형성된 겔이 페이스트 내의 공극을 채워나감에 따라 내부가 밀실해진 시멘트 페이스트는 경화되면서 강도가 증진된다. 재령에 따른 시멘트 페이스트의 특성을 파악하기 위해 다양한 미세구조 분석 방법이 적용되고 있다. 경화된 미세구조 분석방법 중 SEM, MIP 등의 분석에 있어 샘플 제작시 분쇄되지 않은 시멘트 페이스트 경화체의 수화 반응을 효과적으로 제어할 방안의 확보가 요구된다.

이에 본 연구에서는 동결건조법과 용매추출법을 통해 분쇄되지 않은 시멘트 페이스트의 수화반응을 제어하고 수화도와 공극률 측정을 통해 그 성능을 평가하였다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 사용 재료

실험에는 국내 A사에서 생산한 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 화학성분 비율은 표 1과 같다.

표 1. Chemical compositions of cement

Composiion	CaO	Al2O3	SiO2	Fe2O3	MgO	SO3	K2O
(%)	58.55	6.43	22.06	3.46	4.12	2.56	1.79

2.2 시편 제작 및 실험 방법

시험체는 물-시멘트 비 0.5의 시멘트 페이스트로 제작하여, 23±1 °C, 상대습도(Relative humidity, RH) 50% 항온·항습 기에서 양생하였다. 재령 18시간에 시험체를 5mm×5mm 이내로 절단하여 수화도 측정을 위한 시편을 제작하였으며, 동결건조법과 용매추출법을 통한 시편의 수화반응 제어 및 수화도 측정방법¹⁾은 그림 1(Top)과 같다. 수은압입법에 의한 공극률을 분석을 위한 시편 제작 과정은 그림 1(Bottom)와 같다.

* 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정

** 고려대학교 건축사회환경공학과 박사과정

*** 고려대학교 건축사회환경공학부 부교수, 교신저자
(chongku@korea.ac.kr)

**** 고려대학교 건축사회환경공학부 교수, 공학박사

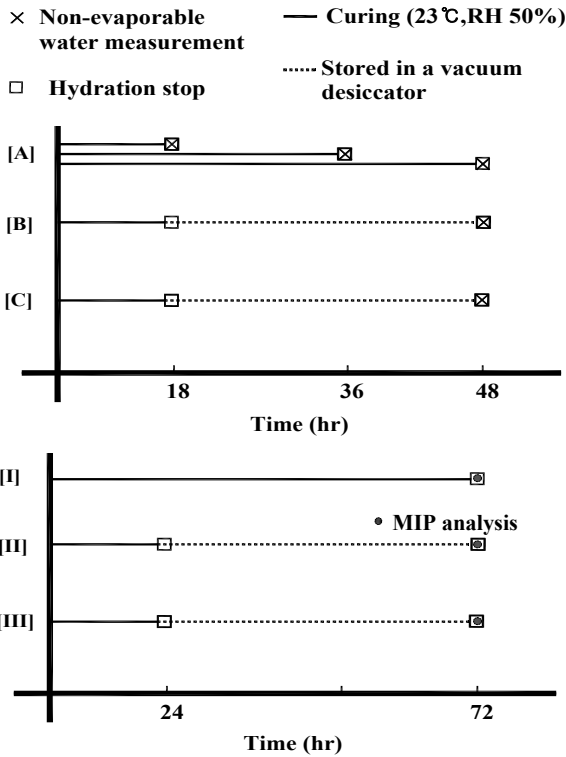


그림 1. Test program

3. 실험 결과

3.1 시멘트 수화도

Powers의 Model²⁾에 의하여 환산한 시멘트 페이스트의 수화도는 그림 2와 같다. 그 결과 48시간에서 방법 B,와 C는 방법 A보다 8.87%, 6.09% 낮은 수화도를 보였다. 이 결과로 본 연구에서 수행했던 방법 B,와 C는 수화반응을 제어하는데 있어 효과적인 방법으로 사료된다.

3.2 공극률

공극률 측정 결과는 그림 3과 Table 2와 같다. 동결건조법(II)과 용매추출법(III)으로 재령 1일에 수화반응을 제어한 시편의 공극률은 각각 25.72%와 27.13%로 시편(I)의 공극률 21.51%보다 높게 나타났다. 또한 평균세공 직경은 I와 III는 0.25 μ m이하로 I가 제일 작았으며, 동결건조법에 의한 II는 0.51 μ m로 다소 큰 모세관공극이 존재하는 것으로 나타났다.

표 2. Average pore diameter and porosity

Items	I	II	III
Total Pore Volume(mL/g)	0.14	0.18	0.17
Average Pore Diameter(μ m)	0.20	0.51	0.22
Porosity(%)	21.51	25.72	27.13

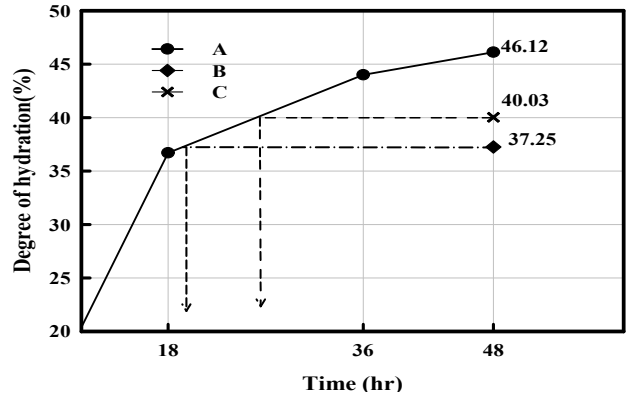


그림 2. comparison of degree of hydration

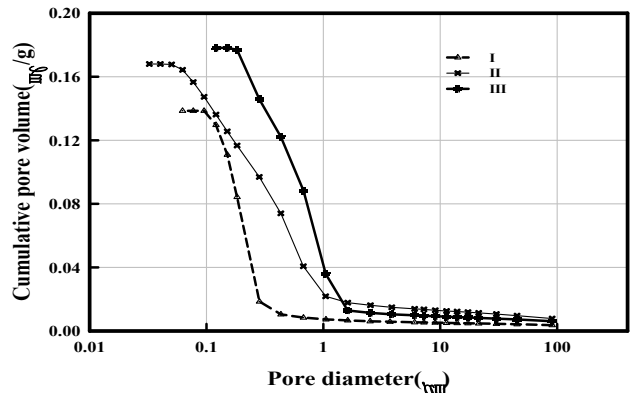


그림 3. Porosity measurement for different specimen preparation methods

4. 결론

초기 수화과정에 따른 미세구조를 분석을 위한 샘플 제작을 위하여 수화제어와 공극량을 측정된 결과, 수화도는 방법 [B: 동결 건조]와 방법 [C :용매추출] 중 [B]방법에 따른 수화제어가 가장 효율적으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 지원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.2011T100200161).

참고 문헌

1. ASTM International, "Standard Specification for Portland Cement " ASTM C150M:11, 2011.04
2. T.C. Powers, T.L. Brownyard, "Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste, Bulletin, 22Research Laboratories of the Portland Cement Association, Chicago, 1948