

고온에 노출된 시멘트 매트릭스의 미세구조 특성

Microstructure Properties of Cement Matrix Exposed to High Temperature

이 건 영* 이 건 철** 최 중 구* 高 山* 허 영 선***
 Lee, Gun-Young Lee, Gun-Cheol Choi, Jung-Gu Gao, Shan Heo, Young-Sun

Abstract

To secure fundamental materials for the performance change in concrete structure damaged by fire, this study analyzed SEM and XRD of hardened cement depending on high temperature conditions. As a result, at more than 200°C, SEM and XRD were not observed because of dehydration of Ettringite; at more than 500°C, calcium hydroxide was rapidly decomposed; at more than 700°C, calcium oxide was found; at 1000°C, the highest peak point appeared.

키 워 드 : 고온환경, 시멘트 매트릭스, 미세구조
 Keywords : high temperature environment, cement matrix, microstructure

1. 서 론

일반적으로 콘크리트는 반영구적으로 사용할 수 있는 재료로 인식되고 있으나 화재와 같은 고온환경에 노출될 경우 물리적, 화학적 성질의 변화로 성능이 저하되며 그 피해가 콘크리트 구조물의 붕괴로 이루어질 확률이 높다. 화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 경우 무조건적인 철거 보다는 안전성 평가를 통해 재사용여부를 검토해야하며 피해온도에 따라 적절한 보수·보강 대책이 필요한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 화재를 입은 콘크리트 구조물의 피해온도에 따른 성능 변화에 대한 기초적 데이터 구축을 진행중에 있으며, 본보에서는 시멘트 페이스트 경화체를 대상으로 고온 환경에 노출 후 실시한 SEM, XRD 분석 결과에 대하여 보고하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 시험체는 시멘트 페이스트를 대상으로 물시멘트비(W/C)를 40%로 설정하여 제작하였다. 경화 후 28일간 20±2°C로 수중양생 후 건조로에서 60°C로 28시간 건조하여 고온 환경 조건을 위한 가열을 실시하였다. 가열조건은 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 °C로 10수준으로 설정하였으며, 실험사항으로 SEM, XRD 분석을 실시하였다.

표 1. 실험계획

실험요인	실험수준	
W/C(%)	1	40
양생조건	1	20±2
가열조건(°C)	10	100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000
실험사항	2	· SEM · XRD

2.2 사용 재료 및 실험방법

본 연구에 사용된 시멘트는 KS L 5201의 규정에 준하여 생산된 국내 A사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 고온 환경 조건에 따른 시멘트 경화체의 미세구조 변화를 파악하기 위하여 FEI 사의 Quanta 400을 이용하여 SEM 촬영을 실시하였으며, 각 온도 별 수화물 변화를 검토하기 위해 Broker사의 S8 ADVANCE를 이용하여 XRD분석을 실시하였다.

* 정회원, 한국교통대학교, 건축공학과 대학원, 석사과정
 ** 정회원, 한국교통대학교, 건축공학과 부교수, 공학박사, 교신전자(gcleee@ut.ac.kr)
 *** 정회원, 한국건설기술연구원 화재안전연구센터, 수석연구원, 공학박사

3. 실험결과 및 분석

그림 1은 가열 조건에 따른 시멘트 경화체의 XRD 분석 결과를 나타낸 것이다. 분석결과 에트링가이트는 100°C 이후 소멸되는 것으로 나타났으며 이수석고 및 모노설페이트는 100~300°C의 범위에서 분해되는 것으로 나타났다. 수산화칼슘과 탄산칼슘의 경우 600°C까지 존재하는 것으로 나타났으나 700°C이상부터 소멸되고 산화칼슘이 나타났으며, 가열 온도가 증가함에 따라 생성량이 증가하였다. 이는 온도가 증가 할수록 시멘트 경화체 내에 수산화칼슘과 탄산칼슘이 분해되어 산화칼슘으로 변환되기 때문으로 사료된다.

그림 2는 SEM 촬영 결과는 나타낸 것이다. 앞서 XRD 분석과 유사한 결과로 100°C 이상에서 에트링가이트를 볼 수 없었으며, 300°C 이상에서 모노설페이트가 분해되어 관찰되지 않았다. 수산화칼슘의 경우 600°C이상에서 거의 소멸된 상태를 관찰 할 수 있었으며, C-S-H는 100°C 이후 서서히 탈수 하여 700°C 이후 분해되어 800~1000°C에서 분해된 C-S-H를 관찰 할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구의 결과 고온 환경에 따라 200°C 이상에서 에트링가이트의 탈수로 SEM, XRD에서 관찰되지 않았으며 500°C 이상에서 수산화칼슘이 급격히 분해되는 것으로 나타났다. 700°C이상에서 수산화 칼슘, 탄산칼슘, 알루미늄이 트계 수화물 등의 분해로 산화칼슘이 나타났으며 1000°C에서 가장 높은 피크 점을 나타내었다.

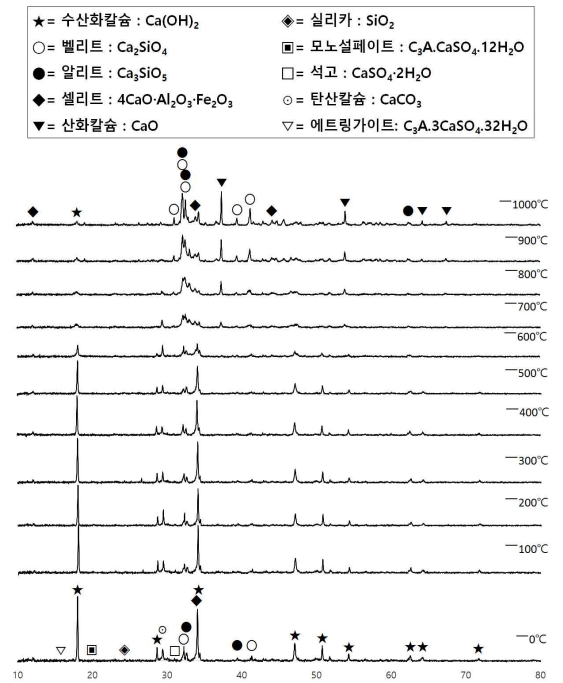


그림 1. XRD 분석

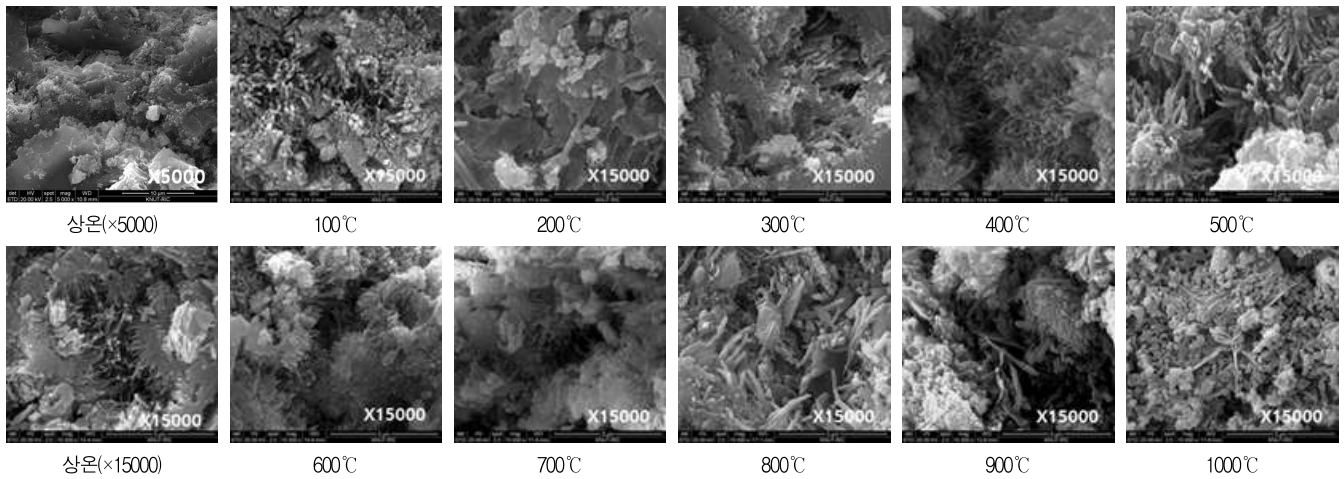


그림 2. SEM 촬영

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비 지원 (기초원천-391)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 강승민, 나승형, 김경남, 송명신, 고온환경에 노출된 시멘트 경화체의 공극 구조 변화, 한국세라믹학회, 제52권 제1호, pp.48~55, 2015