

X-선 회절 분석을 통한 고온 피해 시멘트 경화체의 성분 변화 분석

Analysis of the Changes of composition of Hardened Cement at High Temperature by X-Ray Diffraction

지우람* 박지웅* 신기돈* 이건철** 허영선***
Ji, Woo-Ram Park, Ji-Woong Shin, Ki-Don Lee, Gun-Cheol Heo, Young-Sun

Abstract

In this study, the change of composition of cement hardened at high temperature through XRD was observed. The specimen was made of cement paste and the heating rate condition was applied at rapid thermal annealing (10.0°C / min). The decrease of calcium hydroxide was not confirmed, but the calcium carbonate tended to be impossible or decreased after 800°C. Calcium silicate and larnite were observed to increase with increasing temperature. It is considered that silicic acid, which is a stable structure due to the decomposition of calcium silicate, is changed into a phase such as lime.

키워드 : 시멘트 경화체, 화재 피해, 화학적 성분 분석, X-선 회절 분석
Keywords : Cement hardened, Fire damage, Chemical component analysis, X-ray diffraction analysis(XRD)

1. 서론

1.1 연구의 목적

콘크리트 구조물은 화재 등과 같은 고온 조건에 장시간 노출이 될 경우, 부분적 또는 전체적인 구조에 심각한 영향을 끼칠 수 있다. 이렇게 발생한 화재 피해 정도는 설계기준 강도 및 사용된 재료 등에 따라 달라지지만, 기본적으로 구조물의 강도 등에 영향을 미치는 요소는 시멘트 경화체 내부의 수화물들에 있다. 이러한 시멘트 경화체 내부의 수화물들은 피해 온도에 따라 조직들의 변화와 붕괴 등의 현상을 일으켜 구조물의 강도 및 내구성에 악영향을 미치게 된다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트의 기초적인 재료인 시멘트페이스트의 온도별 화학적 성분 변화 특성을 X-Ray Diffraction(XRD)장비를 통하여 파악하고 피해 온도에 적절한 보수·보강방법의 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

X-ray Diffraction 분석용 샘플은 시멘트 페이스트로 제작하여 Ø100×200mm사이의 원주형 압축강도 공시체를 제작하였다. 시멘트 페이스트는 순수하게 물시멘트비 0.5의 비율로 AE제 등 혼화제를 첨가하지 않은 상태로 제조하였다.

모르타르 믹서를 사용하여 성형을 마친 시험체는 1일 후 탈형을 실시하였고, 이후 수중양생 28일, 고온 전처리 작업에 앞서 기중상태에서 14일간 추가 건조시켰다. 가열과 분석에 사용된 시험체는 분쇄를 실시하여 미분말의 형태로 시멘트 경화체 내부에 목표온도까지 도달할 수 있는 조건으로 계획하였다.

표 1. 실험계획

실험요인	실험수준	
실험체 종류	1	시멘트 페이스트
W/C	1	0.5
가열 조건(°C)	5	600, 700, 800, 900, 1000
승온 속도	1	급속가열 조건(10.0°C/min)
측정 사항	1	• X-Ray Diffraction

* 한국교통대학교 건축공학과, 석사과정

** 한국교통대학교 건축학부 부교수, 공학박사, 교신전자(gclee@ut.ac.kr)

*** 한국건설기술연구원 화재안전연구소 수석연구원, 공학박사

2.2 실험방법

X-Ray Diffraction 분석 방법은 화재손상에 의한 화학적 성분 변화의 특성을 파악하기 위해 준비된 시험체는 강제로 열에 노출시켜 화재 손상을 가하는 것으로 계획하였고, 손상을 입은 시험체는 수화정지를 시킨 후 분석을 실시하는 것으로 계획하였다.

3. 실험결과 및 고찰

X-ray Diffraction(XRD)의 분석 결과는 그림 1과 같다. 2θ ($^{\circ}$)의 19~20사이에서 확인할 수 있는 Portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)는 온도가 증가할수록 증가하는 것처럼 관측 되었으나, Intensity의 0~1500의 범위에서는 증가했다고 볼 수 없을 정도의 미세한 증가였다. 600~700 $^{\circ}\text{C}$ 에서 관찰되었던 Calcite(CaCO_3)는 800 $^{\circ}\text{C}$ 이후 관찰 되지 않았다. 석회암질 골재의 주성분(CaCO_3)은 약 600~900 $^{\circ}\text{C}$ 사이에서 분해가 되는 것으로 알려져 있다. SiO_2 의 함량이 많을수록 분해온도가 저하되는 것으로, 700~800 $^{\circ}\text{C}$ 에서 분해된 본 연구에 사용된 시험체 내부에 함유된 SiO_2 성분은 제 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였기에 적절한 수준이었을 것으로 판단된다. 2θ ($^{\circ}$)에서 34~35 범위의 Calcium Silicate($\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)$)와 Larnite(Ca_2SiO_4)는 온도가 증가함에 따라 지속적으로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 2θ ($^{\circ}$)의 40~45 범위에서 측정되었던 Calcite(CaCO_3)도 온도가 증가함에 점차 감소하는 것으로 나타났으며, Calcium Silicate($\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)$)와 Larnite(Ca_2SiO_4)가 증가함을 알 수 있었다. Ca_2SiO_4 가 증가하는 경향을 보이는 이유는 규산칼슘이 분해되고 안정적 구조인 규산이석회 등으로 변환되기 때문으로 판단된다.

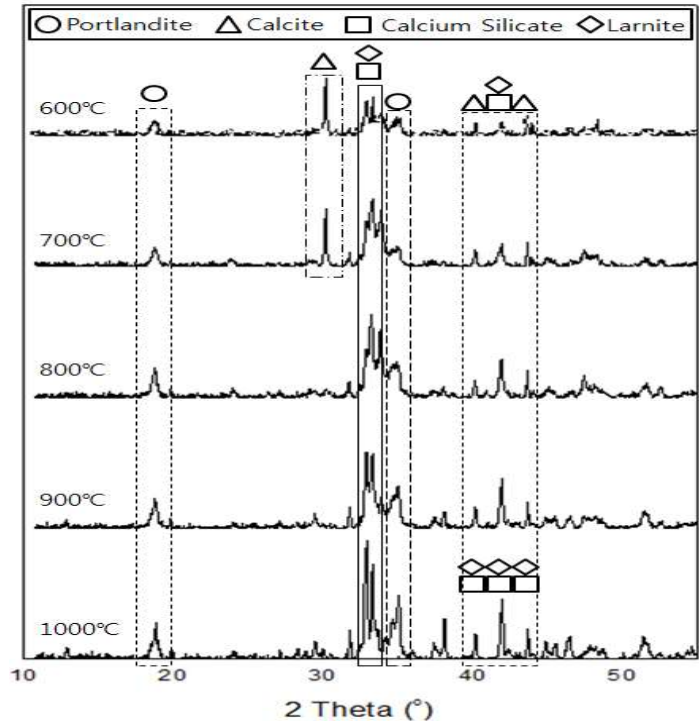


그림 1. X-ray diffraction(XRD)의 분석 스펙트럼

4. 결 론

온도가 증가함에 따라 Portlandite($\text{Ca}(\text{OH})_2$)는 감소하는 경향을 보이지 않았으며, Calcite(CaCO_3)는 800 $^{\circ}\text{C}$ 이후 관측되지 않거나 점차 감소하는 경향을 보였다. Calcium Silicate($\text{Ca}_2(\text{SiO}_4)$)와 Larnite (Ca_2SiO_4)는 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 확인할 수 있었는데, 이는 규산칼슘이 분해됨과 동시에 안정적인 규산이석회 등의 구조로 변환되기 때문으로 판단된다.

Acknowledgement

이 논문은 2016년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-16-02-KICT)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

1. 지우람, 신기돈, 고산, 이견철, 허영선, 고온에 노출된 콘크리트의 재령 증가에 따른 수화물 회복 특성, 한국콘크리트학회 학술대회 논문집, 제29권 제1호, 2017