

SEM과 XRD를 이용한 수열온도별 화재피해 콘크리트의 Ca(OH)₂ 분석

Analysis of Fire Damaged Concrete Ca(OH)₂ by Heating Temperature Using Scanning Electron Microscope and X-ray Diffraction

임군수^{1*} · 한수환² · 현승용³ · 김종⁴ · 한민철⁵ · 한천구⁶

Lim, Gun-Su^{1*} · Han, Soo-Hwan² · Hyun, Seung-Yong³ · Kim, Jong⁴ · Han, Min-Cheol⁵ · Han, Cheon-Goo⁶

Abstract : In Korea, there is no clearly established technology for diagnosing and evaluating the damage depth of concrete structures created by fire. There have been cases of repairing, reinforcing, and demolishing degraded structures without diagnosing the damage depth. The commonly used phenolphthalein-based carbonate thickness measurement does not satisfy the complete disappearance condition of Ca(OH)₂ in the interval where the relatively stationary flow declines after exposure to high temperatures. Even a small amount of Portlandite[Ca(OH)₂] reacts with a red color, and the damage depth is misjudged. It was confirmed by X-ray diffraction and scanning electron microscope that Ca(OH)₂ existed from 300°C to 500°C where the residual compressive strength decreased.

키워드 : 콘크리트, 가열실험, 수산화칼슘

Keywords : concrete, heating experiment, Ca(OH)₂

1. 서론

국내에는 화재손상을 입은 콘크리트 구조물의 피해 깊이를 진단·평가하는 기술이 명확하게 확립되어 있지 않아 피해 깊이의 진단 없이 열화된 구조물을 보수·보강 및 해체하는 사례들이 발생하고 있으며[1], 일반적으로 사용되는 페놀프탈레인 용액에 의한 중성화 깊이 측정은 고온에 노출된 후 잔존 압축강도가 저하하는 구간에 Ca(OH)₂의 완전소실 조건이 만족하지 않아 소량의 Portlandite [Ca(OH)₂]으로도 붉은색으로 반응하여 피해깊이를 오판단하는 경우도 발생하고있다. 이에 본 연구팀은 화재발생 콘크리트의 내부 조직 팽창에 의한 흡수율 차이 원리를 이용한 “침지건조법에 의한 화재피해 깊이 진단 기술개발” 연구의 일환으로 수열온도에 따른 콘크리트의 잔존 압축강도 및 흡수율 변화와 XRD 및 SEM 측정방법을 이용하여 온도별 수열후 Portlandite[Ca(OH)₂]변화에 대한 연구를 진행하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 실험방법으로 수열 온도의 경우 1분당 4°C로 온도를 상승시킨 후 180분 동안 유지하였고, 전반적인 실험은 KS에 의거하여 진행하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준				
실험요인	레미콘 규격	1	· 25-24-180			
	수열 온도 (°C) ²⁾	9	· 20 ¹⁾ · 400 · 800	· 100 · 500	· 200 · 600	· 300 · 700
측정사항	경화 콘크리트	4	· 잔존 압축강도	· 흡수율	· XRD ³⁾	· SEM ⁴⁾

1) Plain, 2) 승온조건 : 4°C/min, 온도 유지시간 : 180min 3) X-ray Diffraction(20°C, 200°C, 500°C, 600°C, 800°C),

4) Scanning Electron Microscope(20°C, 200°C, 500°C)

1) 청주대학교 건축공학과, 박사과정, 교신저자 (gunsu73@gmail.com)

2) 청주대학교 산학협력단, 연구원, 공학석사,

3) 청주대학교 산학협력단, 연구원, 공학박사,

4) 청주대학교 건축공학과, 조교수, 공학박사

5) 청주대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

6) 청주대학교 건축공학과, 명예석좌교수, 공학박사

3. 실험결과 및 분석

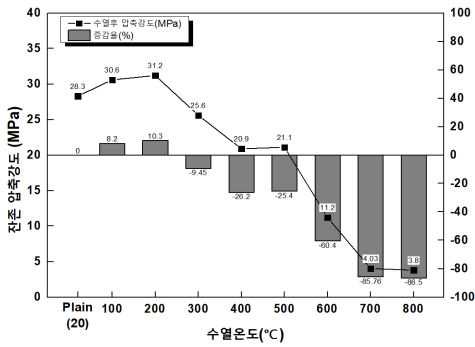


그림 1. 수열온도에 따른 잔존 압축강도 및 증감율

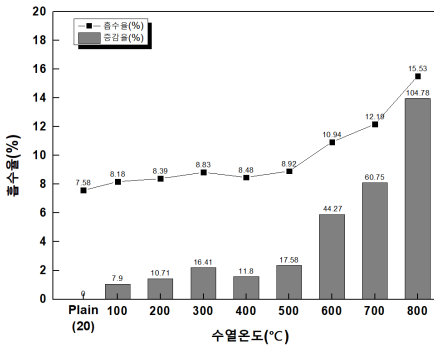


그림 2. 수열온도에 따른 흡수율 및 증감율

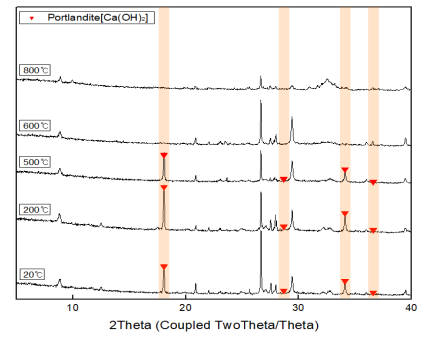
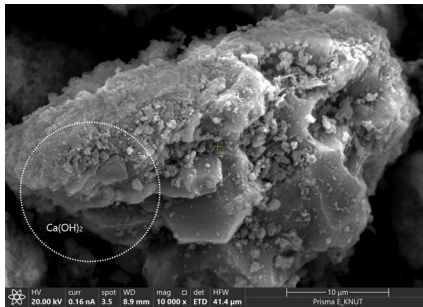


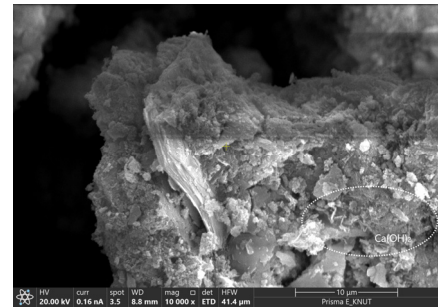
그림 3. 가열온도에 따른 X-ray Diffraction



(a) 20°C



(b) 200°C



(c) 500°C

그림 4. 가열온도에 따른 Scanning E Electron Microscope

그림 1은 수열온도에 따른 잔존 압축강도 및 Plain 대비 증감율을 나타낸 것이다. 먼저 300°C 이상에서부터 압축강도가 25.6 MPa(-9.45%)로 급격히 감소하는 것을 시작으로 800°C에서는 3.8 MPa(-86.5%)로 매우 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

그림 2는 수열온도에 따른 흡수율 및 Plain 대비 증감율을 나타낸 것이다. 수열온도가 상승함에 따라 전체적으로 흡수율은 증가하는 것으로 나타났으며, 800°C에서는 15.43%(104.78%)로 수열전 콘크리트에 비해 약 2배 증가하였다. 이는 수열온도가 높아짐에 따라 내부 생성물들의 분해와 조직의 팽창으로 인해 다량의 공극 발생, 공극의 크기 증가 및 균열 발생에 따른 결과로 판단된다.

그림 3 및 그림 4는 가열온도에 따른 XRD, SEM을 나타낸 것이다. 먼저 20°C, 200°C 및 500°C에서 Portlandite[Ca(OH)₂]가 존재하는 것을 알 수 있으며, 500°C 보다 높은 고온에서는 Ca(OH)₂가 소실된 것으로 나타났다. 이는 기존문헌[2]에 따른 Ca(OH)₂의 완전소실 조건에 따라 소실된 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구팀은 선행연구로서 화재발생 콘크리트의 내부 조직 팽창에 의한 흡수율 차이 원리를 이용한 물리적 열화 깊이 진단을 고찰한바 있으며, 기존의 페놀프탈레인 용액을 이용한 화학적 열화 깊이 진단은 소량의 Portlandite[Ca(OH)₂]에 의해 정확한 진단이 어렵다고 판단된다. 이는 잔존 압축강도의 저하가 발생하는 300°C부터 500°C까지 Ca(OH)₂가 존재함에 판단하며, XRD 및 SEM을 통해 확인하였다.

참고문헌

1. 백승복. 침수건조법에 의한 고강도 콘크리트의 화재손상 깊이 측정. 국내박사학위논문 청주대학교 대학원. 2022.
2. 김성수, 이정배, 김일근, 송종진. 화재에 노출된 철근콘크리트 구조물의 최고노출온도 추정을 위한 연구. 한국구조물진단유지관리 공학회 논문집. 2013. p. 94-100