

화재 입은 콘크리트의 기기분석을 통한 화재온도 추정

Estimation of fire-temperature through instrumental analysis of Fire-Damaged Concrete

김 성 수*
Kim Seong Su

박 광 필**
Park, Kwang Pil

남 바 림***
Nam, Ba Reum

유 주 환****
Yoo, Ju Hwan

ABSTRACT

In this study, we conducted machinery analysis, such as differential thermal analysis, X-ray diffraction analysis and scanning electron microscope analysis, in order to predict fire temperature and to analyze fire damage in the case of fire on concrete structure. according to the machinery analysis and differential thermal analysis, concrete bought big creak over 300°C. these result can be utilized as good data in design for repair and reinforcement through rationally evaluating fire damage on concrete structure exposed to high heat or fire in the future.

1.서론

최근 철근콘크리트 건물이 고층화, 대형화로 그 기능이 다양화 되어 있으며 이러한 구조물에 대형 화재가 빈번하게 발생하여 재산 및 인명피해는 물론 구조물의 손상으로 이어져 사회문제로 대두되고 있는 실정이다. 일반적으로, 철근콘크리트 구조물은 내화성이 우수하여 화재에 의한 피해가 다른 구조물에 비하여 적은 것으로 알려져 있으나, 철근 콘크리트 구조물에 화재가 발생하게 되면 일시적으로 고온을 받게 되므로 고온에 노출된 철근 콘크리트는 강도 및 탄성계수뿐만 아니라 구조물의 역학적 성질은 물론 내구성능이 저하된다.

한편, 콘크리트 중의 시멘트페이스트는 높은 열을 받아 탈수하여 수축을 일으키며, 골재는 온도가 상승하는 데 따라 팽창하게 되며, 시멘트페이스트와 골재의 체적변화 및 철근과 콘크리트의 온도팽창 계수가 상이함으로써 철근콘크리트 구조물의 성능이 급격히 저하되는 현상을 나타낸다.

따라서 화재에 노출된 철근콘크리트 구조물의 경우 안전성 평가 및 적절한 보수·보강 대책이 요망된다.

본 연구에서는 화재를 입은 철근 콘크리트구조물에 대하여 표면온도를 추정하기 위하여 XRD, SEM, TG-DSC 등 기기분석을 하여 비교 분석하였다.

2.실험조사 대상 구조물과 기기 분석결과

*정회원, 대전대학교 토목공학과 교수

**정회원, 대전대학교 토목공학과 박사과정

***정회원, 대전대학교 토목공학과 석사과정

****정회원, 대전대학교 토목공학과 석사과정

2.1 실험 대상 구조물

본 연구에서 실시한 조사 대상 구조물은 경기도 OO교량으로써 화재손상을 입은 구조물의 위치와 시료 채취 위치를 그림 1, 2 에 나타내었다

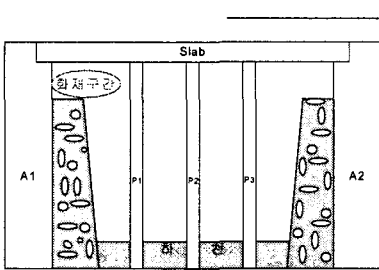


그림 2. 현황도

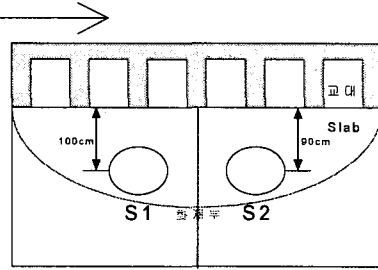


그림 3. 시료채취 위치

2.2 XR=D결과에 대한 고찰

콘크리트의 반응 생성물을 정성적으로 분석하고 시멘트 수화물이 고온에 의하여 어떤 물질로 변하고 얼마나 변화하였는지를 정량적으로 분석하여 콘크리트가 화재에 의해 받은 온도와 가열시간을 추정

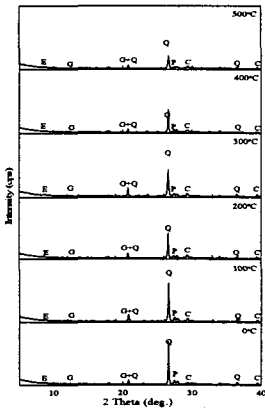


그림 4 건전부위 XRD 분석 결과

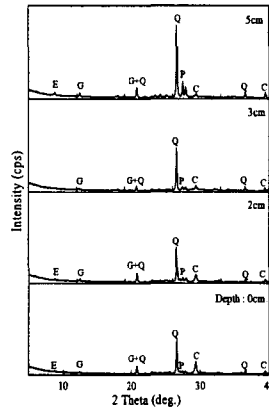


그림 5 S1의 XRD 분석결과

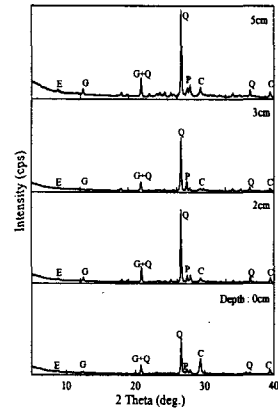


그림 6 S2의 XRD 분석 결과

한다. 본 대상 구조물의 건전한 부위의 시료를 전기로에서 각각 100, 200, 300, 400 및 500°C로 가열한 시료를 XRD 결과를 그림 3 에 나타내었다. 이 분석 결과에 의하면 가열온도 400°C까지는 Ca(OH)_2 가 존재하지만 500°C이상부터는 Ca(OH)_2 성분은 거의 소멸되어 회절 강도가 나타나지 않게 된다. XRD 실험의 결과를 통한 S1과 S2의 화재온도는 약 400~500°C로 사료된다.

2.3 SEM 분석에 대한 고찰

콘크리트의 SEM분석은 콘크리트 경화체의 상을 전자빔에 의해 얻어서 건전부위와 화재손상에 의해 열화된 부위를 촬영하였다. 촬영조건은 500배로 촬영하였다

화재를 받지 않은 건전부위에서 채취한 콘크리트의 경우, 조직이 치밀하게 나타났으며, 미세균열이



그림 6건전부위의SEM
분석 결과

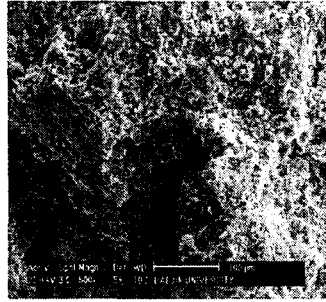


그림 7SEM 분석 결과
(표면)

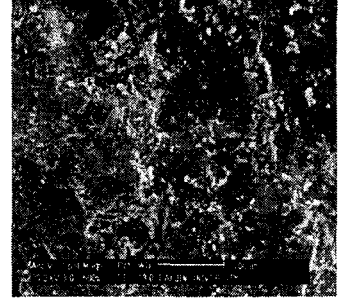


그림 8SEM 분석 결과
(내부)

나 공동현상 등은 보이지 않았다. 그러나 화재손상에 의해 열화된 부위에서 채취한 시료에서는 균열이 심하게 발생되었으며, 회색과 황갈색의 색변화를 나타내고 있다.

2.4 TG-DSC분석에 의한 고찰

시차열분석은 열용량분석(Differential Scanning Calorimetry : DSC)과 열중량분석(Thermo Gravimetric Analysis : TGA)을 병행하였다.

DSC법은 시료가 화학적 또는 물리적 변화를 일으킬 때 발생하는 열변화를 기준물질의 온도차 형태로 검출하는 것이다. TGA는 시료를 일정 승온 속도로 가열하면서 시료의 중량 변화를 연속적으로 측정하는 것으로 천평칭과 전자회로를 조합하여 자동제어장치를 사용한 연위법으로 측정한다

TG-DSC의 시험결과는 다음의 그림 9 ~그림 12와 같다.

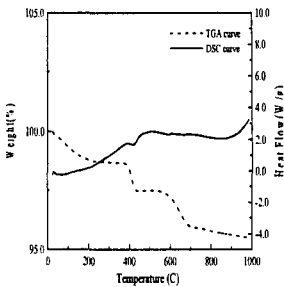


그림9 S1의 TGA-DSC
분석 결과(표면)

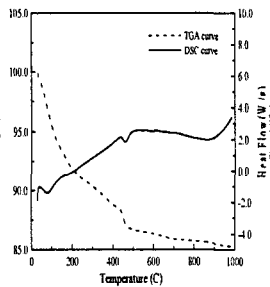


그림10 S1의 TGA-DSC
분석 결과(5cm)

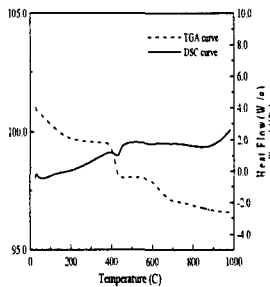


그림11 S2의 TGA-DSC
분석 결과(표면)

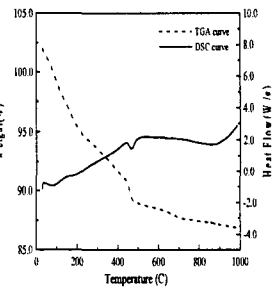


그림12 S2의 TGA-DSC
분석 결과(5cm)

그림 9~그림 12의 결과로부터 화재를 받은 콘크리트 구조물의 S1, S2 구간의 표면에서는 심한 고열을 받아 균열과 탈락이 일어났으며, 500°C정도에서부터 흡열반응이 발생하는 수산화칼슘의 분해 반응이 완전히 진행됨으로 인하여, TGA의 경우 중량변화 현상이 현격히 발생됨을 알 수 있었다.

시료 깊이 5cm 이상의 경우는 100~200°C 사이에서 발생하는 수산화칼슘 이외의 수화생성물의 흡열 반응으로 인한 흡열피크가 생성되었으며, 이로 인한 중량변화 역시 매우 크게 발생되어 150°C 이하의

매우 미미한 화재 손상을 받은 것으로 판단된다.

3. 결론

OO교 화재구간에 대한 콘크리트의 손상정도를 분석하기 위하여 콘크리트의 코아공시체 및 콘크리트시료를 채취하여 시차열분석에 의한 화재온도 분석, SEM 및 XRD에 의한 반응생성물 분석 등을 통하여 화재온도 추정결과를 정리하였다.

- 1) TG-DSC 및 XRDy 회절 분석 등의 기기분석을 통한 콘크리트의 미세구조 및 화재온도를 분석한 결과 표면에서 300℃ 이상의 화재온도로 인해 콘크리트의 탈락, 균열발생 및 들뜸현상에 의해 화재의 손상정도가 심한 것으로 나타났다.
- 2) 시차열 분석 및 기기분석을 통하여 화재시 콘크리트 표면의 온도는 450~500℃, 내부의 온도는 약 150℃ 정도로 미미한 손상을 입은 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. 김인태, "10대 화재사례 분석 및 대책", 방재기술, 제 28호, p.55 ~ 62.
2. Butcher, G. and Parnell, A.(1983), "Designing for Fire Safety, Wiley", Chichester