

# 혼화재 혼입 시멘트 페이스트의 고온 수열시 성분 변화에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Change in Chemical Components of Admixture mixed Cement Paste Exposed to Elevated Temperatures

하 지 연\*                      이 한 승\*\*  
 Ha, Ji-Yeon                      Lee, Han-Seung

### Abstract

The aim of this work is to have a better knowledge of reactions that take place in a cement paste, blast furnace slag mixed cement paste and fly ash mixed cement paste and know about the change in chemical components exposed to elevated temperature. The results show that the dehydration reactions appeared differently in the each admixture mixed cement paste and can be used as tracers for determining the temperature history of concrete after a fire exposure.

키 워 드 : 시멘트페이스트, 고로슬래그, 플라이애시, 탈수반응  
 Keywords : Cement paste, blast furnace slag, fly ash, dehydration reactions

### 1. 서 론

본 연구에서는 고온에서 혼화재를 혼입한 시멘트페이스트의 성분변화를 알아보기 위해 고로슬래그를 혼입한 시멘트페이스트, 플라이애시를 혼입한 시멘트페이스트를 고온에 가열하여 열분석, X선 회절분석을 통해 실험적으로 연구하는 것이 목적이다.

### 2. 실험개요

본 연구는 시멘트페이스트의 온도에 따른 열 중량 및 화학성분을 고찰하고 이를 바탕으로 화학성분 변화를 알아보기 위한 목적으로 페이스트 시편체를 제작하여 실험을 실시하였다. 또한 고로슬래그 20%, 40%, 60%, 플라이애시 10%, 20%, 30%를 혼입하여 혼화재의 종류와 양에 따른 생성수화물을 측정하기 위해 TG/DTA시험기를 이용하여 Ca(OH)<sub>2</sub>의 양을 온도별로 측정하였으며 X선 회절분석을 통하여 생성된 수화물을 확인하였다.

표 1. List of Specimens

Specimen	Size (mm)	Heating Temperature	Heating hour	Test Factor
OPC100%	5·5·5	20oC, 100oC, 300oC, 600oC, 800oC, 1000oC	3hr	TG/DTA XRD
BFS20%				
BFS40%				
BFS60%				
FA10%				
FA20%				
FA30%				

표 2.. Mix Proportions

Specimen	Unit Weight (kg/4 ℓ)			
	W	C	BFS	FA
OPC100%	0.64	1.6	0	0
BFS20%	0.64	1.28	0.32	0
BFS40%	0.64	0.96	0.64	0
BFS60%	0.64	0.64	0.96	0
FA10%	0.64	1.44	0	0.16
FA20%	0.64	1.28	0	0.32
FA30%	0.64	1.12	0	0.48

### 3. 실험결과

그림 1은 시멘트 페이스트의 온도에 따른 열 중량 분석을 나타낸다. 상온(20°C)의 열 중량 곡선을 살펴보면 3군데 중량이 감소한 것을 볼 수 있는데 100°C~200°C에서는 C-S-H 탈수반응, 450°C~500°C에서는 Ca(OH)<sub>2</sub> 탈수산화반응, 약 750°C에서는 CaCO<sub>3</sub> 탈탄산화 반응으로 인해 중량이 감소한 것으로 볼 수 있다. 그러나 가열온도가 증가함에 따라 중량감소비가 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 2의 X선 회절곡선을 보면 가열온도가 증가함에 따라 Ca(OH)<sub>2</sub>양이 감소하였고 일정온도 이상에서는 분해되어 또 다른 시멘트 수화물이 생성되는 것을 알 수 있었다. 특히 그림 3에서 나타난 것처럼 600°C이상 가열된 시료에서는 Ca(OH)<sub>2</sub>양이 현저히 감소한 것으로 볼 수 있는데 이는 Ca(OH)<sub>2</sub>가 430°C~520°C 온도에서 탈수되기 때문으로 사료된다.

\* 한양대학교 건축공학과 석사과정  
 \*\* 한양대학교 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

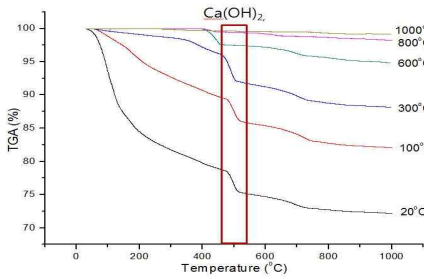


그림 1. 각 온도별 시멘트 페이스트 TGA 곡선

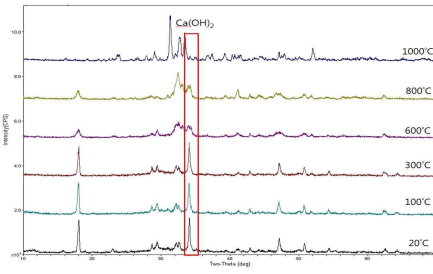


그림 2. 각 온도별 시멘트 페이스트 XRD 분석

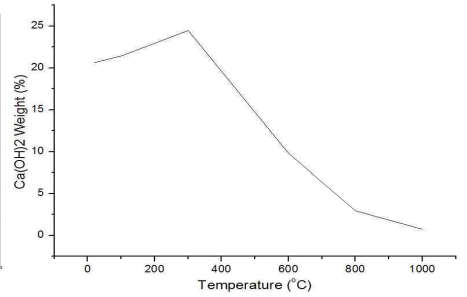


그림 3. 각 온도별 시멘트 페이스트의 Ca(OH)<sub>2</sub> 중량비

한편 그림 4와 그림 5에서 보이는 바와 같이 고로슬래그와 플라이애시의 혼입율에 따라서 열 중량 곡선이 다르게 나타났는데 이는 혼화재의 양을 많이 혼입할수록 Ca(OH)<sub>2</sub> 양이 줄어들음을 볼 수 있었고 각 가열온도에 따라서는 시멘트페이스트 100% 시료의 양상과 비슷하게 나타남을 알 수 있었다. 또한 플라이애시를 혼입한 페이스트의 곡선을 살펴보면 600°C~800°C에서 Ca(OH)<sub>2</sub> 양이 증가한 것으로 볼 수 있는데 이는 산화가 일어난 것으로 사료된다. 그림 6은 1000°C에서 시멘트 페이스트와 각 혼화재를 혼입한 시멘트 페이스트의 생성물을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 고로슬래그를 혼입한 시멘트 페이스트는 CaO의 화합물인 Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>가 생성됨을 알 수 있고 플라이애시를 혼입한 시멘트 페이스트에서는 Ca<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>, Ca<sub>2</sub>Al(AlSiO<sub>7</sub>) 생성됨을 알 수 있다.

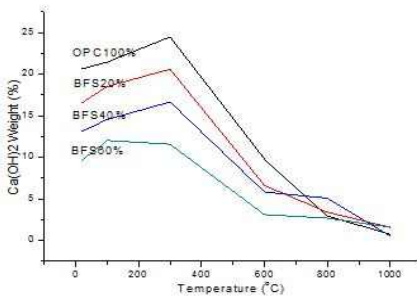


그림 4. 고로슬래그 혼입율에 따른 각 온도별 Ca(OH)<sub>2</sub> 중량비

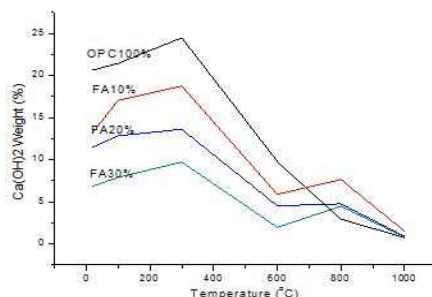


그림 5. 플라이애시 혼입율에 따른 각 온도별 Ca(OH)<sub>2</sub> 중량비

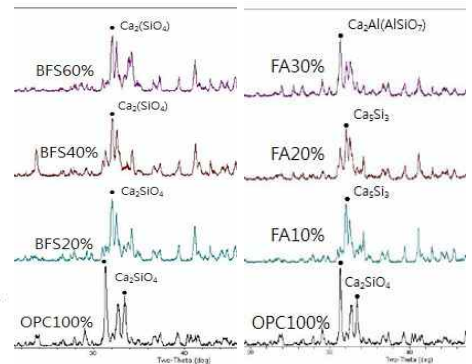


그림 6. 1000°C에서 혼화재 혼입율에 따른 생성물

## 6. 결 론

시멘트 페이스트, 고로슬래그를 혼입한 페이스트, 플라이애시를 혼입한 페이스트를 20°C, 100°C, 300°C, 600°C, 800°C, 1000°C로 가열하여 TGA, XRD를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 시멘트 페이스트의 경우 600°C 이상의 온도에서 Ca(OH)<sub>2</sub>의 양이 현저히 감소한 것으로 나타났으며 이는 430°C~520°C에서 Ca(OH)<sub>2</sub>탈수현상이 발생한 결과로 볼 수 있다.
- 고로슬래그를 혼입한 시멘트 페이스트의 경우 1000°C에서 CaO의 화합물인 Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>가 생성되었음을 확인하였는데 이는 Ca(OH)<sub>2</sub>가 고온에서 SiO<sub>2</sub>와 반응한 것으로 볼 수 있다.
- 플라이애시를 혼입한 시멘트 페이스트의 경우 600°C~800°C에서 Ca(OH)<sub>2</sub>의 양이 약간 증가한 것을 볼 수 있는데 이는 산화현상이 발생한 것으로 사료된다.

## Acknowledgement

본 연구는 이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2005-0049734).

## 참 고 문 헌

1. Lucia Alarcon-Ruiz, The use of thermal analysis in assessing the effect of temperature on a cement paste, France, Cement and Concrete Research 35 pp.609~613, 2005