

변화된 화학조성이 시멘트 수화반응성에 미치는 영향

The impact of altered chemical composition on cement hydration reactivity

최지웅¹ · 손정진¹ · 김지현² · 정철우^{3*}

Choi, Ji-Ung¹ · Son, Joeng-Jin¹ · Kim, Ji-Hyun² · Chung, Chul-Woo^{3*}

Abstract : This study, evaluated the effect of changes in the chemical composition of cement on the hydration reaction for carbon neutrality. For this purpose, changes in the chemical bound water and heat of hydration between current cement and past cement were compared. As a result, it was found that both the chemically bound water and heat of hydration of currently used cement decreased.

키워드 : 시멘트, 페이스트, 화학적 결합수, 시차열 중량법, 등온열량계

Keywords : cement, paste, chemically bound water, thermo gravimetric analyzer, isothermal calorimeter

1. 서론

지구온난화와 여러 환경문제가 점점 심각해져 전 세계적으로 이슈가 되고 있다. CO₂ 배출은 대부분 산업공해와 같은 인간 활동에서 비롯된다. 그중 건축 분야는 세계에서 매우 큰 CO₂ 배출 산업이고, 대부분은 콘크리트 제조 산업에서 이루어진다. 시멘트 생산의 에너지 소비 및 CO₂ 배출을 줄이기 위해 많은 연구가 진행되었고 이러한 노력 중 하나로 포틀랜드 시멘트를 제조할 때 클링커의 양을 줄이고 원료인 석회석 미분말 및 혼화재의 대체를 허용하고 있는 상황이다. 또한 플라이애시와 같은 시멘트 대체품으로 광물성 첨가제를 사용하여 CO₂ 배출량을 줄이고 산업 폐기물을 재활용한다. 이 과정에서 시멘트의 화학조성이 변화되고, 이에 따라 시멘트의 수화반응성에 차이가 발생할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 현재 생산하는 1종 보통 포틀랜드 시멘트의 화학적 결합수를 재평가하고, 2000년대 연구에서 제시된 1종 보통 포틀랜드 시멘트(100% 클링커 사용 또는 97% 클링커, 3% 석고 사용)의 화학적 결합수와 비교한 후 등온 열량계와 시차열 중량법을 이용하여 변화된 화학조성이 시멘트의 수화반응성에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 국내 S사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트 및 ASTM F급 플라이애시를 결합재로 사용하고 초순수(DI water, 18.2MΩ·cm)를 배합수로 활용한 배합을 기반으로 하였으며 배합상계는 표 1과 같다. W/C=0.3, 0.4의 시멘트 페이스트를 제작 후, 수화반응 기간(재령 0.25d, 0.5d, 1d, 2d, 3d, 7d, 14d, 28d)에 따라 열중량 분석(TGA)을 진행하였으며 28일 동안 등온 열량계를 사용하여 현재 생산되는 포틀랜드 시멘트의 화학적 결합수와 수화열을 측정하고자 하였다.

표 1. Mix design information

No.	Sepecimens	W/C	Cement (%)	Fly ash (%)
1	Plain	0.3, 0.4	100	0
2	FA20		80	20

3. 결과 및 고찰

그림 1, 2는 pane et al.[1]에서 제시된 1종 보통 포틀랜드 시멘트의 화학적 결합수와 현재 사용하는 1종 보통 포틀랜드 시멘트의 화학적 결합수를 비교하고 수화열과의 관계를 나타낸 그래프이다. 그림 1, 2를 보면 수화열과 화학적 결합수 모두 과거의 데이터보다 현재의 데이터가 감소하였다. 또한 과거의 1종 포틀랜드 시멘트를 사용한 Pane et al.[1] 데이터에서는 Plain 배합과 플라이애시 혼입 배

1) 부경대학교, 건축·소방공학부 건축공학과, 학석사 연계과정
2) 부경대학교, 융복합인프라기술연구소, 전임연구교수
3) 부경대학교, 건축공학과 교수, 교신저자(cwchung@pknu.ac.kr)

합의 화학적 결합수량 차이가 비교적 명확하게 확인되지만, 현재의 시멘트에서는 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

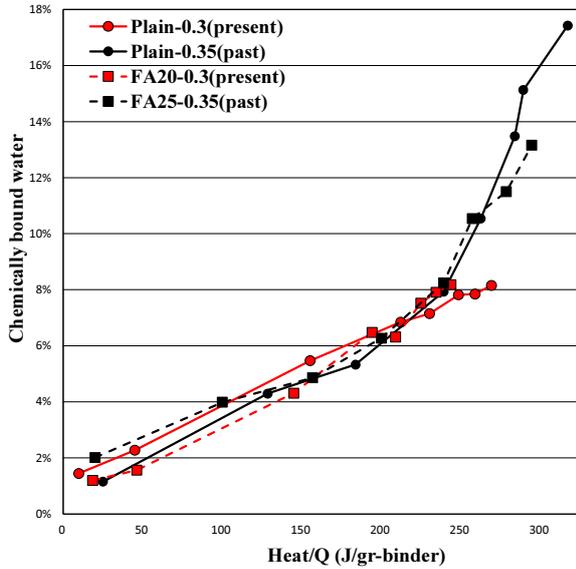


그림 1. 화학적 결합수와 수화열의 관계(W/C 0.3)

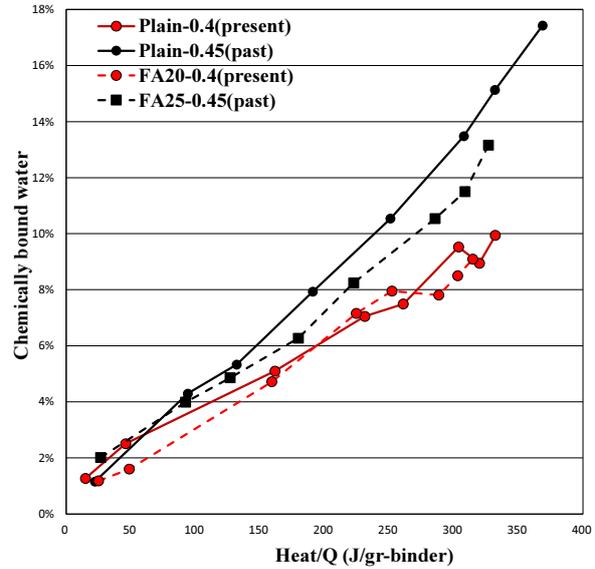


그림 2. 화학적 결합수와 수화열의 관계(W/C 0.4)

4. 결론

본 연구에서는 화학조성 변화가 시멘트 수화반응에 미치는 영향을 평가하고자 현재 생산되는 보통 포틀랜드 시멘트의 화학적 결합수와 과거의 데이터와 수화열을 비교하였다.

과거에 사용된 시멘트의 수화열이 현재 사용되는 시멘트의 수화열보다 물시멘트비 0.3의 Plain 배합 간 차이는 17.78%, FA20 배합 간 차이는 19.21%, 물시멘트비 0.4의 Plain 배합 간 차이는 11.03%, FA20 배합 간 차이는 7.52%로 더욱 높게 확인되었다. 또한 과거의 시멘트에 비해 현재의 시멘트의 결과가 전체적으로 낮은 화학적 결합 수량과 낮은 발열량을 보인다. 이는 현재 시멘트와 과거의 시멘트를 비교해보면 현재의 시멘트의 clinker 함량 감소로 인한 수화 반응량 감소로 사료된다.

또한 97% clinker, 3% 석고 1종 포틀랜드 시멘트를 사용한 Pane et al.[1] 데이터에서는 Plain 배합과 플라이애시 혼입 배합의 화학적 결합수량 차이가 비교적 명확하게 확인되지만, 현재의 시멘트에서는 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 이는 시멘트의 화학조성에 클링커 내부에 존재하는 혼합재의 영향으로 사료된다.

따라서 탄소중립 시대에 대응하기 위한 (클링커함량이 더 낮은) 저탄소 시멘트를 활용할 경우, 수화반응량 감소에 따른 강도 감소가 발생하므로 저탄소 시멘트에 적합한 콘크리트의 강도설계 기준 마련이 시급할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No.20217910100100)

참고문헌

1. Pane I, Hansen W. Investigation of blended cement hydration by isothermal calorimetry and thermal analysis. Cement and Concrete Research. 2005. Vol.35, No.6. p. 1155- 1164.