

석탄 가스화 용융 슬래그의 비열 및 미소수화열 특성

The Characteristics of Isothermal Conduction Calorimetry and Specific Heat in Coal Gasification Slag

한 준 희** 후 원 야 오* 임 군 수* 김 수 호* 김 종*** 한 민 철****
Han, Jun-Hui Hu, Yun-Yao Lim, Gun-Su Kim, Su-Hoo Kim, Jong Han, Min-Cheol

Abstract

In this study, This is the result of thermal characteristics analysis to suggest an efficient method of using coal gasification slag(CGS) of byproduct from integrated gasification combined cycle(IGCC). In Specific Heat characteristics, CGS and CS showed similar values. Isothermal Conduction Calorimetry showed that the hydration reaction of cement was retarded when CGS was used. Therefore, it is expected that CGS will be used as an efficient alternative to reducing the hydration heat of mass concrete as a functional aggregate combination.

키 워 드 : 석탄 가스화 용융 슬래그, 미소수화열, 비열, 잔골재
Keywords : coal gasification slag, isothermal conduction calorimetry, specific heat, fine aggregate

1. 서 론

2018년 국내 전기산업은 석탄 가스화 복합발전 (Integrated Gasification Combined Cycle: 이하 IGCC)시스템을 도입하였다. 그러나 IGCC에서는 부산물인 석탄 가스화 용융 슬래그(Coal Gasification Slag, 이하 CGS)가 연간 약 8~10만 가량 발생하고 있다. 이러한 CGS는 부가가치 있는 활용 용도를 찾지 못하여 폐기물 처분되고 있다.

이에 대한 대안으로 CGS를 콘크리트용 잔골재로서의 활용성 연구 및 화학적 구성 물질 중 붕소(B)를 화합물의 형태로 함유하고 있다는 것이 보고된 바 있다.¹⁾ 이러한 붕소 화합물은 콘크리트의 수화반응을 지연시키는 특성이 있다.²⁾ 이를 활용하여 CGS를 콘크리트용 원재료로 사용 시 수화반응에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 CGS의 고부가가치적인 활용을 위해 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위한 일련의 연구로 CGS 원재료의 비열 및 시멘트 수화반응에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 원재료인 CGS의 열적 특성 분석으로 비열은 비열측정용 시차 주사 열량계를 사용하여 측정하였다. 미소수화열 측정의 경우는 등온열량계를 사용하였으며, 시멘트의 완전한 수화반응을 위해 W/C 45%로 설정하였으며, 1종 포틀랜드 시멘트(OPC)만을 결합재로 사용하였다. 사용재료인 잔골재의 흡수율, 밀도, 조립률과 물리적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 잔골재의 물리적 특성

구분	밀도(g/cm ³)	흡수율(%)	0.08 mm체 통과량(%)	조립률	안정성 (%)
CS	2.63	1.57	2.28	2.71	-
CGS	2.61	3.49	3.44	3.16	3.0

* 청주대학교 건축공학과, 석사과정, 교신저자(gksehxhf@naver.com)
** 청주대학교 건축공학과, 박사과정
*** 청주대학교 건축공학과, 조교수, 공학박사
**** 청주대학교 건축공학과, 교수, 공학박사

3. 실험결과 및 분석

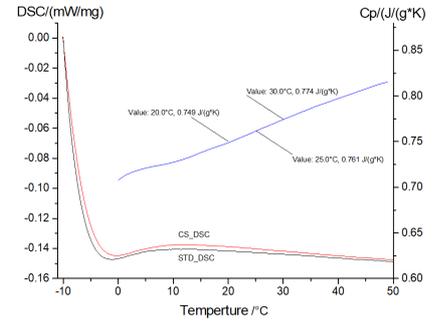
그림 1은 CGS와 CS(Crushed Sand) 잔골재 시편을 파우더로 분쇄한 후 시차 주사 열량계로 비열을 측정하한 결과이다. 시차 주사 열량계의 온도조건을 20°C 조건으로 설정한 상태에서 비열을 측정하였다. 이 실험에서는 시료가 고온에 노출되기 전의 조건에서 비열을 측정하였다. 비열 측정값은 CS가 0.749~0.774 J/gK의 범주이며, CGS 또한 0.753~0.788 J/gK로 비슷한 수준을 나타냈다.

그림 2는 CS와 CGS에 대한 재령 1일의 미소수화열 측정 결과를 나타낸 것이다. OPC with CS(CS)의 수화열 곡선은 수화반응의 일반적인 5단계를 보여주고 있다.³⁾ 1) 초기반응 기간으로 수화열이 급격하게 증가하며 1~2분 이내에 최고점에 도달한다. 이는 시멘트의 유리석회의 수화열과 황산칼슘의 수화에 기인한다.⁴⁾ 2)유도 기간은 C3S 보호층이 재령 또는 상변화에 의해 파괴되거나, 투과성이 더 높아지면⁵⁾, 3) 가속 기간으로 돌입하여 수소결합에 따른 이온의 형성과 시멘트 모르타르의 응결이 진행되며, 일반적으로 가속기의 수화속도는 C-S-H 형성의 속도에 의해 제어된다. 4)감속기 동안 반응이 화학적 제어에서 확산제어로 전환되며, 반응속도의 감소는 완전히 수화된 시멘트 입자에 기인한 것이다. 5)확산기간 동안 수화현상이 발생하며, 모르타르와 콘크리트의 다공성 감소 및 강도증진의 대부분을 담당한다.⁶⁾

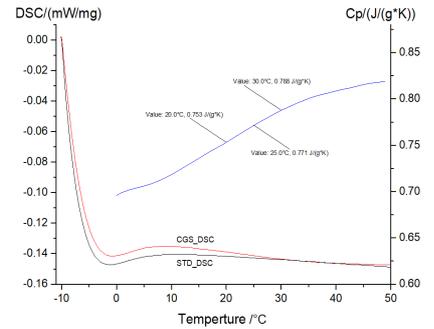
이와 같이 OPC with CGS(CGS)는 초기 수화반응 단계는 CS와 동일하지만, 이후 유도기간의 Peak 높이(수화열)뿐만 아니라 가속기간의 출현시점(수화속도)도 지연시키는 것으로 나타났다. 이는 CGS가 시멘트 수화 반응에 영향을 미치는 것으로 판단되며, CGS의 함유된 붕소(B)에 의한 수화반응 억제로 판단된다.⁷⁾

4. 결 론

본 연구에서는 IGCC에서 발생하는 부산물인 CGS를 효율적으로 활용하는 방안을 제시하기 위하여 열적 특성 분석한 결과이다. 비열은 CGS와 CS가 유사한 값을 나타냈으며, 미소수화열의 경우 CGS 사용시 수화반응이 지연되는 것으로 나타났다. 따라서, CGS를 기능성 골재조합으로 매스콘크리트에 사용 시 수화열 저감에 효율적인 대안으로서 활용이 기대된다.



(a) CS



(b) CGS

그림 1 잔골재의 비열

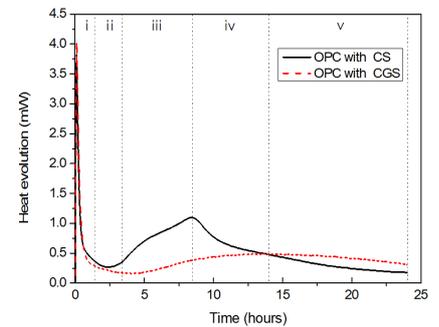


그림 2. CGS 및 CS의 미소수화열

참 고 문 헌

1. Park KT, Han MC, Hyun SY. Analysis the Use of Concrete Fine Aggregates of Coal Gasification Slag. Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute. 2019Jun;7(2):101-108.
2. Metin, D. The Effect of Boron Compounds on the Properties of Cementitious Composites, Science and Engineering of Composite Materials, 2010 Mar;17(1):1-18.
3. Taylor HFW. Chemistry of cements. 2nd ed. London(UK): ICE Publishing. 01 Dec 1997. 480 p.
4. J. Francis Young, Seventh International Congress on the Chemistry of Cement. vol. II, Paris (1980)p. II/1-6
5. Michael WG, Ramachandran AR. An integration of tricalcium silicate hydration models in light of recent data. Cement and Concrete Research. 1987 Jan;17(1):164-17
6. Torben K. The dispersion model for hydration of portland cement I. General concepts. Cement and Concrete Research. 1984 Sep;14(5):622-630.
7. Glinicki MA, Antolik A, Gawlicki M. Evaluation of compatibility of neutron-shielding boron aggregates with Portland cement in morta. Construction and Building Materials. 2018 Mar;164:731-738.