

석탄 가스화 용융 슬래그를 잔골재로 사용한 콘크리트 단열온도상승 특성

Properties of Adiabatic Temperature Rising of Concrete Using Coal Gasification Slag as Fine Aggregate

한 준 희** 임 군 수* 최 일 경** 김 중*** 한 민 철**** 한 천 구*****
Han, Jun-Hui Lim, Gun-Su Chi, Il-Kyeong Kim, Jung Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

The research team conducted a series of studies to use CGS as fine aggregate for concrete. In this paper, through the adiabatic temperature rising test, CGS' hydration heating performance and its usability as a mass concrete hydration heating agent were reviewed. According to the analysis, the maximum temperature of the mix of OPC 100 was 53.7°C, and the temperature of CGS 50% was 45.2°C, which was 8.5°C lower than the OPC 100.

키 워 드 : 매스콘크리트, 단열온도상승, 석탄 가스화 용융 슬래그
Keywords : mass concrete, adiabatic temperature rise, coal gasification slag

1. 서 론

국내 전력생산을 주로 담당하고 있고 화력발전은 석탄화력의 대기 오염물질 배출 저감을 위한 대안으로 석탄 가스화 복합발전(Integrated Gasification Combined Cycle: 이하 IGCC) 시스템을 도입하였다.¹⁾

현재, IGCC의 전력생산과정에서 발생하는 부산물인 석탄 가스화 용융 슬래그(Coal Gasification Slag : 이하 CGS)는 산업부산물로서 외국에서는 재활용에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 한국형 IGCC에서 발생하는 슬래그는 아직 시범단계로 부가가치 있는 활용처를 찾지 못하여 전량폐기처리 되고 있다.²⁾

따라서, 본 연구팀에서는 CGS의 고부가가치적인 활용을 위해 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위한 일련의 연구를 진행한 바 있으며, 본 논문에서는 이러한 일련의 연구 중 단열온도상승시험을 통하여 CGS의 매스 콘크리트 수화열 저감 성능을 검토하고자 한다.

표 1. 실험 계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/B(%)	1	· 50
	목표 슬럼프(mm)		· 180 ± 20
	목표 공기량(%)		· 4.5 ± 1.5
	결합재(%)	· OPC 100	
	골재 종류	굵은 골재	1
잔골재		2	
CGS 치환율 (%)	1	· 50	
시험사항	굳지 않은 콘크리트	2	슬럼프 공기량
	경화 콘크리트		단열 온도상승시험 압축강도 (3, 7, 28일)

- 1) 석산 굵은 골재(CG) : Crushed aggregate (Gravel)
2) 석탄 가스화 용융슬래그(CGS) : Coal gasification slag
3) 석산 잔골재(CS) : Crushed sand

2. 실험계획 및 방법

본 실험의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다. 단열온도상승은 온도상승량 및 수화열 발생 시기 등의 객관적인 실험 상수를 도출하고자 기존에 사용되고 있는 한국콘크리트학회 지수함수 Equation 1과 콘크리트의 수화휴지기를 고려한 Equation 2를 본 연구에 사용하였다.³⁾

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

$$Q = k(1 - e^{-\alpha t}) \text{ ----- (1)}$$

$$Q = k(1 - e^{-\alpha t^\beta}) \text{ ----- (2)}$$

여기서, Q : 재령 t일에서의 단열온도 상승량(°C)

k : 최종 단열온도 상승량(°C)으로서 시험에 의해 정해지는 정수

α, β : 온도상승 속도로서 시험에 의해 정해지는 정수
t : 재령(일)

3. 실험 결과 및 분석

한국콘크리트학회의 지수함수인 Equation 1과 제안된 식 Equation 2의 값을 이용하여 표 3과 같이 최종 단열온도 k 및 온도상승속도 α, β 를 도출하였다.

그림 1과 그림 2는 CGS 잔골재 치환 유무에 따른 콘크리트 단열온도상승시험 결과를 나타낸 것이다. 먼저, Plain(OPC 100) 배합의 경우 최고온도는 53.7°C로 나타났으며, CGS 50%치환 시 45.2°C로 Plain에 비해 8.5°C 감소하였다.

이는 본 연구에서 사용한 결합재가 동일하기 때문에 결합재의 요인은 배제되며 CGS 골재의 영향으로 판단된다. 즉, CGS 골재 중에는 붕소가 함유되어 있는데, 이러한 붕소는 시멘트의 알칼리 성분과 반응하여 $Ca[B(OH)_4]_2$ 를 생성한다. 이러한 화합물은 시멘트 입자의 표면에 불투수성 막을 형성하여 수화반응을 지연시킴에 기인한 것으로 판단된다.⁴⁾

4. 결 론

본 연구는 CGS를 잔골재로 치환 시 매스 콘크리트 수화열 저감재로 활용하기 위한 성능 검증으로서 단열온도상승시험을 검토한 것이다. 분석 결과 CGS를 잔골재로 50% 치환 시 일반콘크리트에 비하여 8.5°C의 수화열 저감 효과를 나타냈다.

참 고 문 헌

1. 대한전기협회, "석탄가스화복합발전(IGCC)", 전기저널, 452, pp.29-34, 2014.8
2. 北辻 政文, "石炭ガス化溶融スラグのコンクリート用細骨材としての利用の可能性", 宮城大学食産業学部紀要, 1(1), pp.35-43, 2006.7
3. 김중, "凝結時間 및 發熱量差를 活用한 매스콘크리트의 龜裂低減" 국내박사학위논문 淸州大學校, 2009. 충청북도
4. Metin, D., "The Effect of Boron Compound to Cement Hydration and Controllability of This Effect", ACTA PHYSICA POLONICA A, Vol.128, No.2-B, pp.26~33, 2015

표 2. 콘크리트 배합표 및 시험결과

W/B (%)	S/a (%)	CGS 치환율 (%)	단위중량 (kg/m ³)					AE (C/%)	SP (C/%)	슬럼프 (mm)	공기량 (%)	압축강도 (MPa)		
			W	O P C	C G	C S	C G S					3 일	7 일	28 일
50	50	0	180	360	868	849	0	0.1	0.15	200	10	15.5	24.9	29.7
		50	180	360	868	425	424			1	23.4	31.9	38.6	

표 3. 단열온도상승시험의 K, a 및 β 값

구분	$Q = k(1 - e^{-\alpha t})$			$Q = k(1 - e^{-\alpha t^\beta})$			
	k	α	R ²	k	α	β	R ²
Plain	53.7	1.33	0.981	53.7	1.31	2.01	0.993
CGS 50	45.2	1.50	0.978	45.2	1.61	2.35	0.997

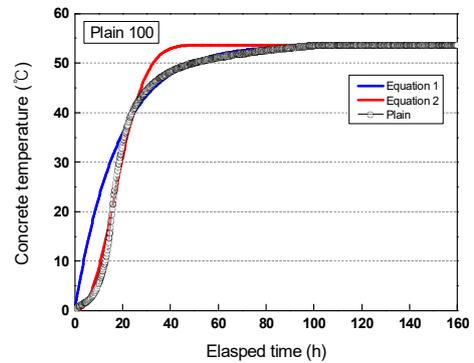


그림 1. 단열온도상승시험 결과 (OPC 100)

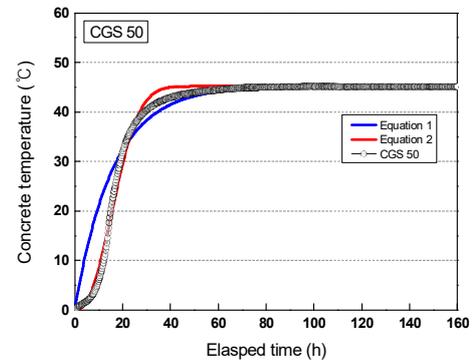


그림 2. 단열온도상승시험 결과 (CGS 50)