

석탄 가스화 용융 슬래그를 혼합 잔골재로 사용한 FA 치환 콘크리트의 수화열 저감

Reduction of Hydration heat of FA concrete using Coal Gasification Slag for Mixed Fine Aggregate

한 준 희* **이 영 준**** **최 일 경***** **김 종****** **한 민 철******* **한 천 구*******
 Han, Jun-Hui Lee, Young-Jun Choi, Il-Kyung Kim, Jung Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

Abstract

This study was intended to examine the possibility of reducing hydration heat by FA substitution and combination of slag (CGS) from coal gasification power generation (IGCC) with mixed aggregate for concrete. The analysis results showed good results if liquidity increases as the ratio of CGS increases, air volume decreases, and compressive strength is mixed up to 25% in the residual aggregate. The results showed that the heat of hydration was reduced compared to plain due to the boron content of CGS as the CGS substitution rate increased, but it was larger due to the combination with FA substitution. It was found that the heat of hydration was reduced.

키 워 드 : 석탄가스화발전, 석탄가스화발전 용융슬래그, 수화열, 플라이 애시
 Keywords : integrated gasification combined cycle, coal gasification slag, hydration heat, fly ash

1. 서 론

우리나라의 신재생에너지 핵심기술개발사업에는 석탄가스화복합발전(IGCC : Integrated Gasification Combined Cycle)¹⁾방식을 도입하고 있다. IGCC는 석탄을 불완전 연소하여 일산화탄소를 주성분으로 한 합성가스로 전환한 뒤 천연가스와 유사한 수준으로 정제하여 연소시키는 가스발전과 불완전연소과정의 열로 증기발전을 하는 복합 발전 기술이다.

하지만, IGCC에서 발생되는 석탄 가스화 발전 슬래그 (CGS : coal gasification slag)는 연간 약 8~10만tondnl 발생되며, 시멘트 원료로 처분하고 있는데, 연간 약 67억의 폐기물처리비용이 사용되고 있다.

그러므로 본연구에서는 CGS를 콘크리트용 혼합 잔골재로의 사용성을 검토하기 위한 일련의 연구로 CGS의 성분 중 붕소(B)를 일부 함유하여 수화열 저감이 가능할 것으로 사료 되어 이를 플라이 애시(FA) 치환 콘크리트에 적용 복합효과를 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표1과 같다. 사용재료는 국내에 유통되는 일반 적인 것을 사용하였고, 실험방법은 KS표준에 의거하여 진행하였다.

표 1. 실험 계획

구분	실험요인	실험수준	
배합 사항	W/C(%)		50
	목표 슬럼프(mm)	1	120 ± 25
	목표 공기량(%)		4.5 ± 1.5
	FA 치환율(%)	2	0 ¹⁾ 30
실험 사항	CGS 치환율(%)	3	0 ¹⁾ 25 50
	굳지 않은 콘크리트	2	· 슬럼프 · 공기량
	경화 콘크리트	3	수중양생 압축강도 (7, 14, 28 일) 단열양생 압축강도 (7, 14, 28 일) 수화열 측정 (1 ~ 14 일)

1) Plain

* 청주대학교 건축공학과 석사과정 교신저자(gksehxhf@naver.com)
 ** 청주대학교 건축공학과 석사과정
 *** 청주대학교 건축공학과 박사과정
 **** (주)선엔지니어링 종합건축사사무소, 책임연구원, 공학박사
 ***** 청주대 건축공학과 교수, 공학박사
 ***** 청주대 건축공학과 명예석좌교수, 공학박사

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 FA 치환율별 CGS 치환율 변화에 따른 슬럼프 및 공기량을 나타낸 것이다. FA 및 CGS의 치환율이 증가할수록 유동성은 증가하고 공기량은 감소하는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 2 및 3은 FA 치환율, CGS의 치환율 및 양생방법 별 재령 경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 전반적으로 CGS의 치환율 25%에서 Peak치를 나타내는 것으로 나타났다. 이는 CGS 잔골재의 최밀축전효과 및 공기량 감소에 의한 강도증진으로 판단된다.

3.3 온도이력 및 수화열

그림 4 및 5는 FA치환율 및 CGS 치환율 변화에 따른 단열양생 공시체의 온도이력 및 수화열 Peak치를 나타낸 것이다. 전반적으로 CGS의 치환율이 증가할수록 콘크리트의 수화열이 감소하는 것으로 나타났다. 먼저, Plain인 CGS 치환율 0%의 경우는 최고온도(Peak temperature)가 36.9℃로 나타냈으며, CGS 치환율 25% 및 50%의 경우는 36.0, 34.7℃로 나타났다.

또한, 결합재 FA30%에 CGS 치환율 0%의 경우는 최고온도(Peak temperature)가 35.7℃로 36.9℃ 보다 1.2℃ 낮게 나타냈으며, CGS 치환율 25% 및 50%의 경우는 32.7, 31.05℃로 수화열이 최대 4.6℃의 수화열이 저감되는 것으로 나타났다.

또한, FA 치환에 따른 수화열 저감보다 CGS를 치환할 경우의 수화열 저감이 더 효과적인 것으로 나타났으며, FA와 CGS를 혼합 사용한 경우 두 재료의 상호작용으로 더욱 우수한 수화열 저감을 나타냈다.

이는 CGS에 포함된 붕소 화합물이 Ca^{2+} 와 OH^- 가 반응하여 $Ca[B(OH)_4]_2$ 를 생성하여 시멘트 입자의 표면에 피막을 형성하여 수화반응 및 기타 화학반응을 지연시키기 때문으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 석탄 가스화 발전(IGCC)에서 발생하는 슬래그(CGS)를 콘크리트용 혼합 잔골재로 FA 치환과 복합으로 수화열 저감 가능성을 검토하고자 하였다. 분석결과 CGS의 혼합비율이 증가할수록 유동성은 증가하고, 공기량은 감소하며 압축강도는 잔골재에 25%까지 혼합할 경우 양호한 결과를 보였다. 온도이력은 CGS 치환율이 증가할수록 CGS중 붕소 함유량에 기인하여 Plain에 비해 수화열이 감소되는 것으로 나타났는데, FA치환과 복합하면 상승효과로 더 크게 수화열이 저감됨을 알 수 있었다.

Acknowledgement

본 논문은 2017년도 한국서부발전(주)(과제번호 20170151000)의 연구비 지원에 의해 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Yoshitaka, Ishikawa, Utilization of Coal Gasification Slag Collected from IGCC as Fine aggregate for Concrete, Chigasaki, Chigasaki-City, Kanagawa, 253-0041, Japan

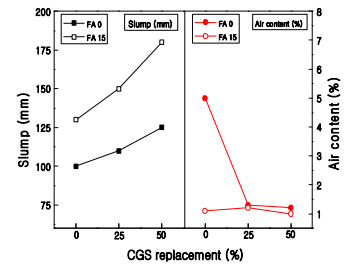


그림 1. CGS 치환율에 따른 슬럼프 및 공기량

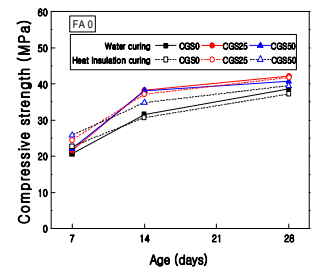


그림 2. 재령경과에 따른 압축강도 (FA0)

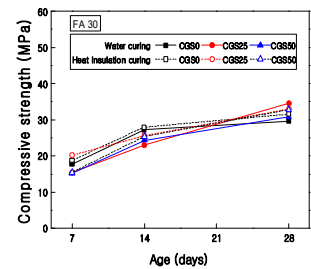


그림 3. 재령경과에 따른 압축강도 (FA30)

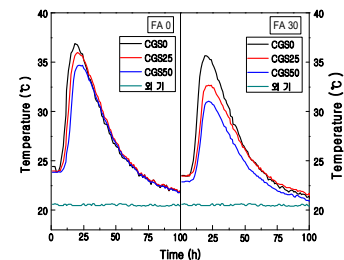


그림 4. CGS 치환율에 따른 온도이력

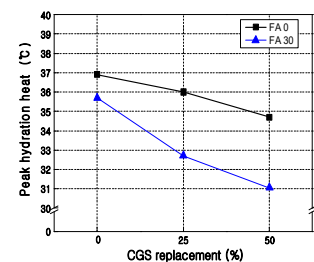


그림 5. CGS 및 FA 치환율에 따른 수화열 최고온도