

조립시멘트와 플라이애시를 조합 사용한 콘크리트의 기초적 특성

Fundamental Properties of the Concrete Incorporating Coarse Particle Cement and Fly Ash

이 충 섭* 장 덕 배** 차 완 호*** 권 오 봉**** 한 민 철***** 한 천 구*****
Lee, Chung Sub Jang, Duk Bae Cha, Wan ho Kwon, O Bong Han, Min Cheol Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study analyzed is to investigate the effect of the combined use of fly ash and coarse particle cement(RCC) collected in particle classification method during ordinary portland cement(OPC) on the fundamental properties of concrete. Totally 16 batches of the concrete was fabricated vary the contents of FA and RCC. As results of experiment, in the case of flow, the more the contents of RCC, the larger the flow. And the more the contents of FA displacement rate increased, the less the flow. As for simple adiabatic temperature rise due to the RCC and FA contents, it decreased with the increase of them. And particularly in the case of RCC 30% + FA 30%, temperature rise amount, was very low. Compressive strength decreased in proportion to increase of the contents of FA and RCC. And strength ratio of the concrete incorporating FA and RCC for plain concrete at 28 days was 88%~98%, which was relatively good results.

요 약

본 연구는 보통포틀랜드 시멘트(이하 OPC)의 제조공정 중 입도 분급에 의해 포집된 조립시멘트(역송분, 이하 RCC)와 저발열 혼화재료인 플라이애시(이하 FA)를 조합 치환하여 사용한 콘크리트의 기초적 특성에 대해 검토하고자 하였다. 실험은 W/B 50% 1수준에 대하여 OPC를 100% 사용한 것을 Plain으로 하고, RCC를 0, 10, 20, 30%의 4수준, 혼화재로 FA를 0, 10, 20, 30%의 4수준으로 치환하여 총 16배치를 계획 하였다. 실험결과로 유동성의 경우는 RCC를 치환하였을 때 증가하였으며, FA의 치환율이 증가 함에 따라 저하하는 경향을 나타냈다. 간이 단열에 의한 온도 상승량은 RCC 및 FA의 치환율이 증가할수록 낮아졌고, FA를 조합하여 사용한 경우는 온도 상승을 저하시키는데 보다 효과적인 것을 알 수 있었으며, RCC30, FA30의 경우는 온도저감효과가 가장 뛰어난 것으로 나타났다. 초기 강도는 RCC 및 FA의 치환율이 증가 할수록 저하하였고, 28일에서의 Plain에 대한 강도 발현율은 RCC 치환율 별 FA10%에서 Plain에 비해 약 88%~98%정도로 비교적 우수한 성능을 나타냈다.

-
- * 정회원, 청주대 대학원 석사과정
 - ** 정회원, 청주대 대학원 박사과정
 - *** 정회원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀 차장
 - **** 정회원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀 팀장
 - ***** 정회원, 청주대 건축공학부 전임강사, 공학박사
 - ***** 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서 론

본 연구팀에서는 선행연구로써 보통포틀랜드 시멘트(이하 OPC) 생산과정 중 밀출구에서 채취한 분말도 1600~2100 cm²/g 전후인 조립 시멘트를 저발열 시멘트로의 활용 가능성에 대하여 검토하고자 물리·화학적 특성분석, 치환율 변화에 따른 콘크리트의 특성분석, 광물질 혼화제의 복합사용에 따른 콘크리트의 수화열 저감 등 일련의 연구를 진행한 바 있다. 그러나, 밀출구에서 조립시멘트 채취시에는 대량의 시멘트가 배출되어 추후 포집 설비 구축이 어렵고, 다량의 시멘트를 치환하여야 하는 문제점이 제기되었다.

따라서, 본 연구에서는 선행연구를 토대로 OPC 생산 시 Cyclone seperator에서 분리되어 역송되는 분말도가 1000~1200 cm²/g 전후의 조립 시멘트(이하 RCC)와 플라이 애시(이하 FA)의 치환율 변화에 따른 콘크리트의 기초적 특성을 검토하므로써 고성능 저발열 시멘트의 제조 및 이를 이용한 콘크리트의 성능향상기법 개발에 기초적 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 배합사항으로 W/B는 50% 1수준에 대하여, OPC를 100% 사용한 것을 Plain배합으로 하고 OPC에 대하여 RCC를 0, 10, 20, 30% 4수준, FA를 0, 10, 20, 30%의 4수준으로 치환하여 총 16배치를 실험계획 하였다. 이때 배합사항으로 Plain 콘크리트는 목표 슬럼프 120±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계 하여 모든 배합에 동일하게 적용하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로써 먼저, 시멘트는 국내산 A사의 OPC (밀도 : 3.15 g/cm³, 분말도 : 3,302 cm²/g)를 사용하였고, RCC(밀도 : 3.42 g/cm³, 분말도 : 1,087 cm²/g)는 OPC 제조과정 중 Cyclone seperator에서 분리되어 역송되는 시멘트(그림 1 참조)를 포집하여 사용하였으며, FA(밀도 : 2.22 g/cm³, 분말도 : 4,081 cm²/g)는 국내산 K사의 제품을 사용하였다. 한편, 골재로써 잔골재는 국내산 B사의 부순잔골재와 천연잔골재를 40:60으로 혼합한 잔골재(밀도 : 2.60 g/cm³, 조립율 : 2.70)를 사용하였고, 굵은골재는 부순 굵은골재(밀도 : 2.62 g/cm³, 조립율 : 6.48)를 사용하였다. SP제는 국내 E사의 폴리칼본산계를 사용하였고, AE제는 국내 E사의 음이온계를 사용하였다.

2.3 실험방법

표 1. 실험계획

실험 요인		실험 수준	
배합 사항	W/B(%)	1	50
	목표 슬럼프(mm)		120±25
	목표공기량(%)		4.5±1.5
	RCC 치환율(%)	4	0, 10, 20, 30
	FA 치환율(%)	4	0, 10, 20, 30
실험 사항	균지않은 콘크리트	4	· 슬럼프 · 슬럼프 플로우 · 공기량 · 단위용적질량
	경화 콘크리트	2	· 압축강도(1, 3, 28일) · 간이단열에 의한 온도상승량

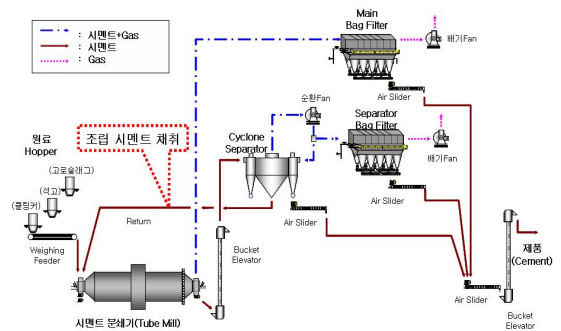


그림 1. 포틀랜드 시멘트의 제조 공정도

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬 믹서를 사용하였다.

균지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프 플로우는 KS F 2594, 공기량과 단위용적질량은 KS F 2421에 의거 측정하였다. 또한, 경화콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405의 시험방법에 의거 측정하였다.

콘크리트의 간이단열에 의한 온도 상승량 시험은 사진 1과 같이 직접시험법으로 각 배합조건에 따라 제조한 $\varnothing 100 \times 200 \text{mm}$ 콘크리트 공시체에 열전대를 시험체 중앙에 매설한 후 두께 100mm의 단열재로 6면을 밀봉한 입방 시험조에 넣어 온도이력계에 의해 7일간의 온도변화를 1시간 간격으로 측정하였다.

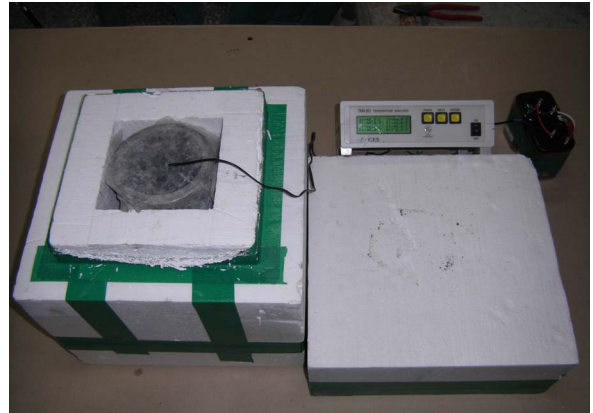


사진 1. 간이단열에 의한 온도 상승량 시험

3. 실험 결과 및 분석

3.1 균지 않은 콘크리트의 특성

3.1.1 유동성 및 공기량

그림 2 및 3은 유동성과 공기량을 나타낸 그래프이다.

먼저, 유동성은 RCC를 치환하였을 때 크게 나타났으며, FA의 치환율이 증가 함에 따라 저하하는 경향을 나타냈다. 특히 RCC 10% + FA 0%에서 가장 유동성이 우수한 것으로 나타났다.

공기량의 경우 RCC의 치환율이 증가함에 따라 미소하게 증가하는 경향을 나타냈고, FA의 치환율이 증가함에 따라 크게 저하하였다. 특히, FA를 치환하지 않은 경우에 비하여 FA10%를 치환하였을 때 이후부터 급격한 공기량 저하를 보였는데, 이는 FA 중의 미연소 탄분이 AE제를 흡착하여 나타난 결과로 사료된다.

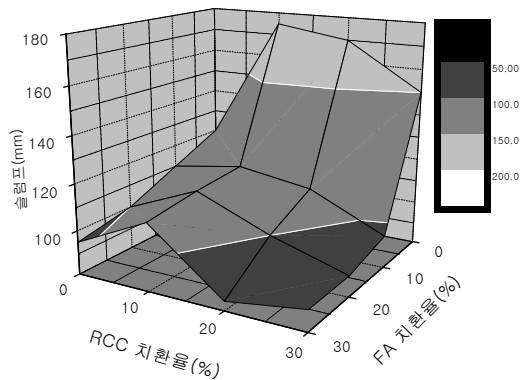


그림 2. RCC 및 FA의 치환율에 따른 유동성

3.2 경화 콘크리트의 특성

3.2.1 간이단열에 의한 온도 상승량

그림 4는 간이 단열에 의한 온도 상승량을 나타낸 그래프이다.

온도 상승량은 전체적으로 RCC 및 FA의 치환율이 증가할수록 낮아졌다. 또한 온도 상승량은 RCC의 치환율이 0, 10, 20, 30%로 증가함에 따라 각각 11.5, 10.9, 10.3, 9.2°C로 저하하는 것으로 나타나 온도 저감효과를 확인할 수 있었으

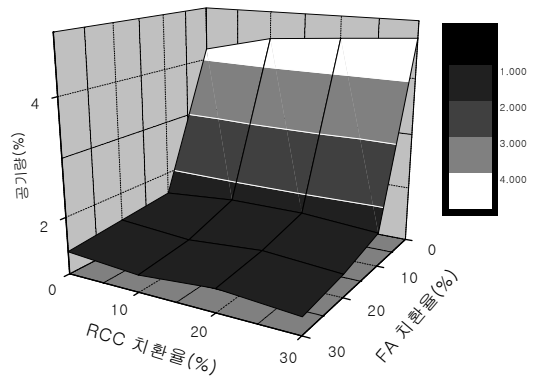


그림 3. RCC 및 FA의 치환율에 따른 공기량

나, FA를 조합하여 사용한 경우가 온도 상승의 저감에 보다 효과적인 것을 알 수 있었다. 이는 RCC의 작은 분말도와 FA의 치환량 증가에 따른 초기 수화반응 지연에 의한 것으로 사료된다. 특히, RCC30, FA30의 경우는 온도저감효과가 가장 뛰어난 것으로 나타났지만, 치환량의 많음으로 인한 강도저하나 중성화등의 고려가 필요할 것으로 사료된다.

3.2.2 압축강도

그림 5는 계획된 재령별에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다.

초기강도는 RCC 및 FA의 치환율이 증가 할수록 저하하였으나, 28일에서의 Plain에 대한 강도 발현율이 RCC 치환율 별 FA10%에서 약 88%~98%정도로 우수한 성능을 나타냈다. 초기 강도저하는 RCC의 작은 분말도로 인하여 수화반응이 비례적으로 지연되거나 활성화 되지 못한 결과로 사료 되고, 이후 재령의 경과함에 따라서 미수화 시멘트의 계속적인 수화반응과 FA의 포졸란 반응으로 인하여 강도가 증진 된 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 RCC와 FA를 조합 사용한 콘크리트의 기초적 특성에 대하여 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 유동성은 RCC를 치환하였을때 증가하였으며, FA의 치환율이 증가 함에 따라 저하하는 경향을 나타냈다. 공기량의 경우 RCC의 치환율이 증가함에 따라 미소하게 증가하는 경향을 나타냈고, FA의 치환율이 증가함에 따라서는 크게 저하하는 경향을 나타냈다.

2) 온도 상승량은 RCC 및 FA의 치환율이 증가할수록 낮아졌고, FA를 조합하여 사용한 경우가 온도 상승량을 저하시키는데 보다 효과적인 것을 알 수 있었으며, RCC30, FA30의 경우는 온도저감효과가 가장 뛰어난 것으로 나타났다.

3) 압축강도특성으로, 초기강도는 RCC 및 FA의 치환율이 증가 할수록 저하하였으나, 28일에서는 RCC 치환율 별 강도 발현율이 FA10%에서 약 88%~98%정도로 비교적 우수한 성능을 나타냈다.

따라서 유동성의 저하가 적고, 압축강도와 온도저감 효과가 여타의 결과와 비교하였을 때 양호한 RCC 20%+FA 10%가 비교적 우수한 치환율인 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 교육과학기술부와 한국 산업 기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임에 위기관에 감사한다.

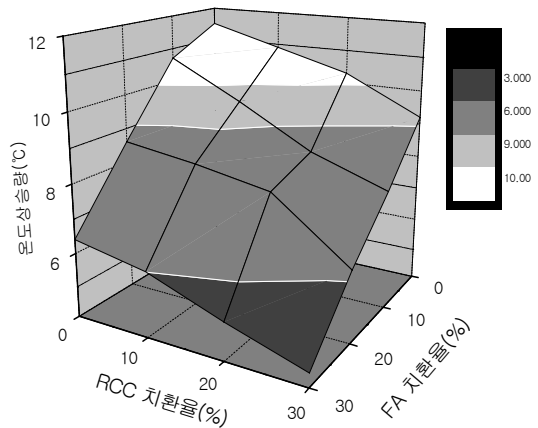


그림 4. 간이단열에 의한 온도 상승량 시험

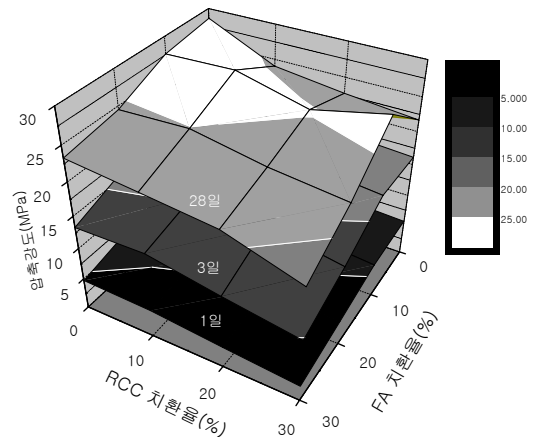


그림 5. RCC 및 FA의 치환율 별 압축강도