

폐도자기분말의 혼입에 따른 시멘트 모르타르의 특성

The properties of cement mortar using waste pottery powder

이 화 영* 김 득 모* 문 경 주** 소 승 영*** 소 양 섭***
Lee, Hwa Young Kim, Deuck mo Mun, Kyoung Ju So, Seung Young Soh, Yang Seob

ABSTRACT

Ceramics manufactures in the nation produced more than 5,000 tons of waste pottery a year increasing industrial waste quantity. However, Almost researches were made to reduce environmental pollution and recycle waste ware. It is needed that they are used as recycled materials in order to prevent environmental pollution and gain economic profits. Therefore, the purpose of this study is to present the method of utilizing the recycled cements that are obtained from waste pottery. The test results that replacement of waste pottery powder by cement admixture at the level 10% had effect on the stripping strength(compressive strength). Also, When GBFS and WP used by cement admixture, WP is better than GBFS.

요 약

우리나라의 도자기 제조업체에서는 전국적으로 연간 5,000톤 이상의 많은 도자기 폐기물이 발생하고 있다. 이들 폐기물은 경제적 이득과 환경 보전의 차원에서 재활용 방안이 시급히 모색되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 폐도자기의 재활용 방안으로 콘크리트 2차제품의 시멘트 혼합재로 이용하여 폐도자기의 활용성을 검증하고자 기초실험을 진행 하였다. 실험결과 시멘트 혼합재로 사용된 폐도자기분말을 10%의 치환했을 경우 탈형강도(압축강도)을 증가시켜 주었다. 또한 GBFS와 WP를 OPC 혼합재로 사용하였을 경우 WP가 더 우수한 효과를 보였다.

* 정희원, 전북대학교 건축 · 도시공학부 박사과정

** 정희원, (주)한일 부설연구소 소장, 공학박사

*** 정희원, 건축 · 도시공학부 교수, 공업기술연구센터, 공학박사

1. 서 론

우리나라의 도자기 제조업체에서는 전국적으로 연간 5,000톤 이상의 많은 도자기 폐기물이 발생하고 있다. 이 요업 폐기물들은 산업 폐기물로서 분류되어져 현재까지 매립에 의해서 처리되고 있으며, 그 양도 점점 증가하는 추세를 보이고 있으나, 환경오염을 줄이기 위한 폐도자기 재활용 등의 활용과 연구는 아직 부족한 실정이다. 지난 2007년 12월 환경부에서 『건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률 시행령, 시행규칙』을 개정하여 기존의 사업장폐기물로 관리가 어려웠던 폐도자기를 건설폐기물로 추가되어 폐기물 관리가 수월해졌으며, 폐기물의 경제적 이득과 환경 보전의 차원에서 재활용 방안이 모색되어야 한다. 이에 본 연구에서는 기존에 폐도자기의 재활용 방안으로 약 300mesh수준으로 미분쇄하여 콘크리트 2차제품의 제조의 시멘트 대비 단순치환을 하여 가능성을 검토 하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 사용재료

보통포틀랜드(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC)는 국내 D사의 것을 사용하였으며, 고로슬래그(Granulated Blast Furnace Slag, 이하 GBFS)는 국내 K제철의 분말도 4,600(cm^2/g)을 사용하였다. 황산염 자극제로 이용하기 위해 국내 N사에서 배출되는 페인산석고를 무수석고(CaSO_4 , 이하 PG)형태로 하소하여 사용하였고, 폐도자기 분말(Waste Pottery, 이하 WP)은 D사 자체에서 요업폐기물을 분쇄($13.27\mu\text{m}$ 수준)한 것을 사용하였다. 골재로는 국내 J사의 시멘트 모르타르 압축강도 시험용 표준사를 사용하였다. 표 1은 사용재료의 화학적 조성을 나타내고 있다.

표 1 사용재료의 화학적 조성

항목 종류	사용재료의 화학조성 (%)												분말도 (cm^2/g)	밀도
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	K ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO	BaO	Na ₂ O		
WP	65.24	19.10	0.08	2.85	5.66	0.16	2.99	0.44	0.47	0.06	0.08	1.04	-	-
GBFS	34.46	13.40	0.04	0.69	41.89	2.97	0.46	4	1.15	0.33	0.08	0.25	8,000	2.91
PG	2.00	0.15	0.52	0.05	32.50	43.22	-	0.01	0.01	-	-	-	2,300	2.34

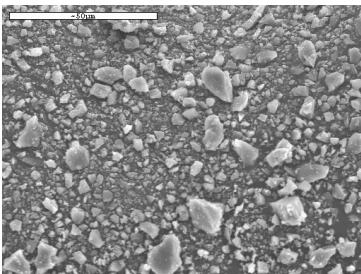


그림 1 폐도자기 SEM ($\times 1,000$)

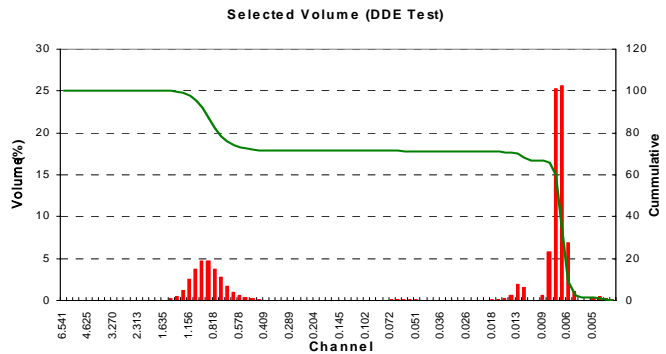


그림 2 폐도자기의 입도분석 결과

2.2 실험방법

실험방법은 표 2와 같고, 물성 비교를 위해 OPC와 비교 실험하였다. 시험체 제조는 원재료들이 충분히 혼합되도록 건비빔한 후, 물을 가해 모르타르 믹서로 1분 30초 동안 비빔한 후, 5×5×5cm인 몰드에 타설하여 증기양생을 실시 전 안정화를 위해표준양생실(20℃, 50%RH)에 2시간 전치 후 증기양생하였으며, KS L 5111에 의거하여 모르타르의 플로우 측정을 하였고, 2차제품 제조현장(PHC 파일생산)의 특성에 맞게 탈형강도를 측정하였다. 경화체 내의 발달정도를 파악하기 위해 SEM 분석을 실시하였다.

표 2 배합표

종류	배 합 표 (%)					물 / 결합재 (%)	결합재 : 모래	증기 양생 방법*
	OPC	GBFS	PG	WP				
OPC	100	-	-	-				① 실험체 몰드 탈설 후 2시간 전치 ② 3시간 동안 상온에서 90℃로 증기양생 ③ 3시간 동안 90℃유지상태에서 증기양생 ④ 2시간 자연냉각 후 탈형 및 탈형강도 측정
SGP1	83	-	7	10				
SGP2	80	3	7	10				
SGP3	85	3	7	5	50%	1 : 2		
SGP4	83	5	7	5				
SGP5	81	5	9	5				
SGP6	80	10	5	5				

* 본 연구에 사용된 증기 양생방법은 KS나 기타 외국에 증기양생방법이 아닌 실제 콘크리트 2차 제품 제조업체 현장에서 사용되고 있는 온도구배임.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 도자기 미분말

그림 3은 시멘트 대체재 혼입에 따른 flow값을 나타내고 있다. 실험결과, OPC 대비 플로우값이 증가한 결과를 보였다. 이는 GBFS 및 WP, PG의 혼입에 의한 유동성 증가하였으며, 시멘트 혼합재로써 작업성 개선에 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

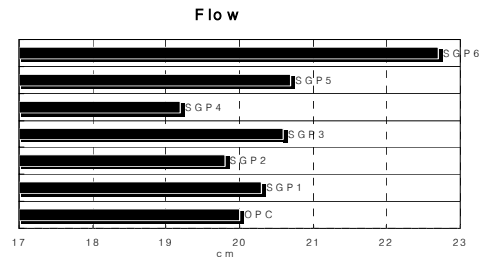


그림 3 플로우 값

3.2 활성화 슬래그 경화체의 압축강도 특성

그림 4는 현장에서 동일한 조건으로 증기양생을 실시한 후 탈형강도를 측정한 결과이다. GBFS의 혼입으로 탈형강도에서 OPC에 비해 강도 증진율이 전반적으로 떨어지는 경향을 알 수 있었으며, 조기 탈형 강도 증진을 위해 사용되던 PG의 혼입은 본 배합에서 강도 증진 효과를 볼 수 없었다. 그러나 SGP2의 경우를 살펴보면 OPC 대비 20% 치환을 하였음에도 불구하고 OPC보다 탈형강도가 앞서는 것을 알 수 있었다. 또한 SGP2와 SGP3의 경우를 살펴보면, OPC의 혼입율이 높은 SGP3(OPC 85%)보다 SGP2(OPC 80%)가 더 높은 강도발현을 보였다. 이는 분쇄된 WP가 경화체의 수화생성물 사이의

공극을 채워줌으로 인한 강도 증진효과로 보인다. 또한 SGP2와 SGP5의 경우에도 유사한 범위의 OPC 혼입을 범위 하에서 GBFS의 혼입율을 변화시켰을 때에도 WP의 초기 공극 충전에 의한 강도 증진은 더 큰 것으로 나타났다. 이는 WP가 공극충진효과 이외에도 약간의 반응성이 있음을 시사해주는 것으로 사료된다.

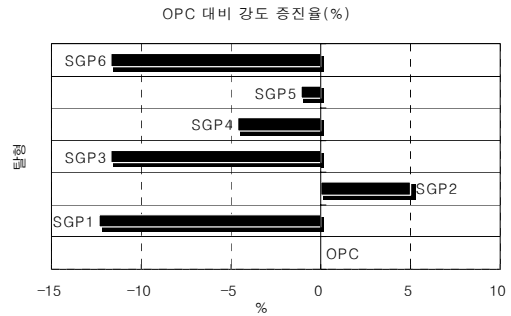


그림 4 탈형-압축강도 결과

3.3 활성화 슬래그 경화체의 SEM

그림 3은 실험체의 SEM분석결과이다. OPC의 경우 발달된 ettringite를 확인 할 수 있었으며, WP가 혼입된 경우에도 다량의 ettringite를 관찰할 수 있었다.

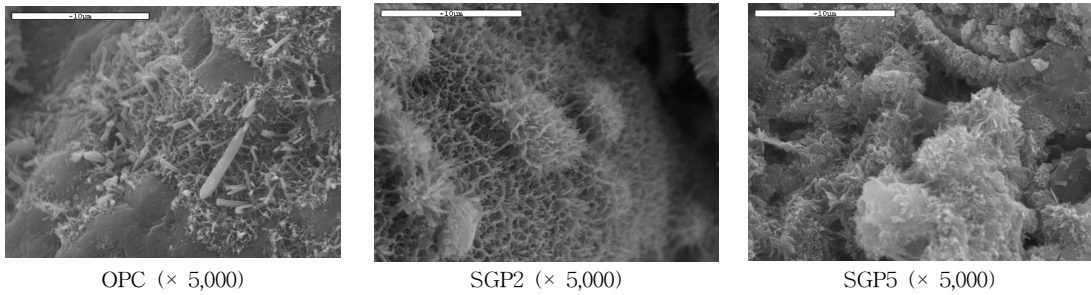


그림 3 실험체의 SEM 결과

4. 결 론

폐도자기분말을 시멘트 혼합재로 사용한 결과는 다음과 같다.

- 1) 시멘트 혼합재로 GBFS, WP, PG의 혼입은 작업성을 개선시킬 수 있었다.
- 2) WP의 혼입은 OPC의 사용량을 줄일 수 있었으며, 강도증진 효과도 얻을 수 있었다.
- 3) GBFS와 WP의 시멘트 혼합재로써 성능을 비교하면, WP가 GBFS보다 유리한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. 강성구, “폐도자기를 골재로 이용한 콘크리트의 특성”, 한국세라믹학회 vol. 42, 2005
2. 이재일, “백자 파도자기를 활용한 도자기 소지 개발”, 한국세라믹학회, vol. 43, 2006
3. 오유근, “도자기 산업에서 무기계 폐기물의 재활용”, 세라미스트, 제5권 5호, 2002
4. 황연, “폐기물의 용융처리에 의한 시멘트원료의 합성”, 한국자원리사이클링학회, vol. 5, 1996