

도자기 폐기물을 사용한 시멘트 모르타의 특성

Properties of Mortar Using Ceramic Wastes

김 기 형^{*} 최 재 진^{**} 최 연 왕^{***} 신 화 철^{****}
Kim, Ki Hyung Choi, Jae Jin Choi, Yon Wang Shin, Hwa Cheol

ABSTRACT

In this study, the properties of mortar using ceramic wastes as admixtures and fine aggregates are considered experimentally.

The main chemical component of ceramic wastes is SiO_2 and micro structure of ceramic wastes is porous. Absorption of ceramic wastes is higher than that of river sand and specific gravity is lower than that of river sand.

Flow value of mortar using ceramic waste admixture and fine aggregates is increased more or less and the strength of mortar using ceramic wastes as fine aggregates is increased.

1. 서론

최근 콘크리트용 천연골재의 채취는 그 자체만으로도 환경파괴와 관련된 경우가 많다. 그러므로 자연환경을 보호하고 천연자원의 고갈 방지 및 콘크리트의 품질개선을 동시에 고려한 콘크리트용 대체 재료의 개발 및 적용에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.⁽¹⁻³⁾

또한 산업폐기물의 양적 증대 및 처리문제가 시급한 환경문제로 인식되고 있고 국가폐기물관리종합 계획이 1996년에서 2001년까지를 대상으로 수립되어 사업장폐기물 가운데 일반폐기물인 경우 재활용 비율을 2001년에는 68%를 목표로 하고 있다.⁽⁴⁾

본 논문에서는 여주, 이천지역에서 발생하는 도자기 폐기물을 모르타용 혼화재료 및 잔골재로의 재활용 가능성을 검토한다. 폐도자기 시료의 품질을 검토하고 폐도자기를 혼화재료 및 잔골재로 사용한 굳지 않은 모르타의 플로우 값과 경화한 모르타의 압축강도를 실험적으로 고찰하여 폐도자기를 콘크리트용 재료로 재활용하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 및 폐도자기 분말 : 시멘트는 국내 S사의 보통포틀랜드시멘트(OPC)를 사용하였으며 본 실험에 사용한 시멘트 및 폐도자기 분말(CRM)의 주요 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

* 정회원, 여주대학 토목과 조교수

** 정회원, 천안공업대학 토목과 부교수

*** 정회원, 세명대학교 토목공학과 조교수

****정회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정

표 1 시멘트 및 페도자기 분말의 주요 화학성분 및 물리적 성질

Items	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig. loss (%)	Specific gravity
OPC	21.95	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15
CRM	70.30	23.01	1.10	0.73	0.33	-	1.10	2.45

(2) 잔골재 : 표준사, 강모래 및 페도자기 잔골재를 사용하였으며 이들의 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2 강모래 및 페도자기 잔골재의 물리적 성질

Items	Specific gravity	Absorption (%)	F.M.	Organic impurities	Unit weight (kg/m ³)	Percentage of solids (%)
Fine agg.	2.60	2.00	2.98	O.K	1,620	62.3
CRM	2.45	3.30	2.98	O.K	1,503	61.4

2.2 실험방법

(1) SEM 및 XRD 분석 : 페도자기 시료의 입형 및 표면조직을 주사형 전자현미경을 사용하여 확대 촬영하였으며 페도자기를 분말처리하여 X선 회절분석을 실시하였다. 측정조건은 CuK(Ni, filter) 40kV, 20mA, Scan Speed 80/min, $2\theta = 0^\circ \sim 60^\circ$ 로 측정하였다.

(2) 모르타의 플로우 및 압축강도 시험 : 시멘트(C)와 잔골재(S)의 중량비 1 : 2, 물-결합재비를 50%로 하여 페도자기 혼화재료의 혼합률 0, 10, 20, 30, 50%, 페도자기 잔골재의 혼합률 0, 25, 50, 75, 100%로 각각 5 단계로 변화시켜 제조 후 KS L 5105에 의하여 플로우 값을 측정하였으며 압축강도 시험은 5×5×5 cm의 입방체로 제조하여 표준 양생한 후 KS L 5105의 규정에 의해서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 페도자기 시료의 품질에 대한 고찰

표 1의 페도자기의 화학성분 분석 결과와 그림 1의 페도자기 시료의 XRD 분석에서 알 수 있듯이 페도자기는 주성분이 SiO₂로 구성되어 있으며, 미세조직을 2000배로 확대 촬영한 사진 1에서와 같이 미세한 기공을 많이 포함하고 있는 구조를 하고 있어서 흡수율이 3.30% 정도로 비교적 크고 비중 값이 2.45 정도로 일반 강모래보다 작게 나타났다.

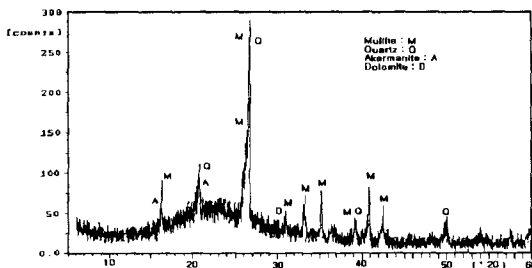


그림 1 페도자기 시료의 XRD 분석



사진 1 페도자기 시료의 미세조직

3.2 폐도자기 분말을 혼화재료로 사용한 모르터의 물성

폐도자기의 분말을 시멘트 중량의 0, 10, 20, 30, 50% 각각 5단계로 혼합하여 물-결합재비 50% 모르터의 플로우 값을 비교한 것이 그림 2이며 보통포틀랜드시멘트와 폐도자기의 분말을 전자현미경으로 2000배 확대 촬영하여 비교한 것이 사진 2와 사진 3이다.

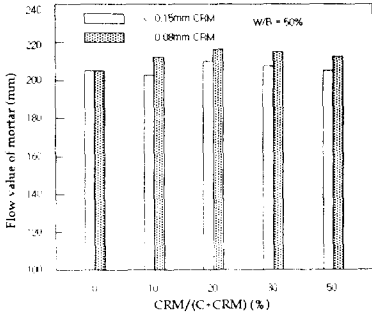


그림 2 폐도자기 분말을 사용한 모르터의 플로우값(W/B=50%)



사진 2 시멘트입자



사진 3 폐도자기분말

그림 2에서 알 수 있듯이 폐도자기 분말을 사용하면 플로우 값이 폐도자기 분말을 사용하지 않은 모르터보다 약간 크게 나타나며 폐도자기 분말을 20% 사용한 경우가 플로우 값이 가장 양호하였다.

또한 본 실험에 사용한 폐도자기 분말의 입형은 시멘트의 입형과 유사하여 플로우 값의 변화에 큰 영향을 미치지 않았다고 생각되며 광물질 혼화재 입자가 시멘트입자의 응집을 억제하는 기능⁽⁵⁾과 유사한 기능을 하여 플로우 값이 약간 크게 나타났다고 판단된다.

폐도자기 분말을 사용한 모르터의 압축강도를 폐도자기 분말의 혼합비에 따라서 정리한 것이 그림 3이다. 폐도자기 분말의 혼합비가 증가함에 따라서 압축강도가 감소하는 경향을 나타내었으나 연구보고에 의하면⁽⁶⁾ 180일 이후의 장기재

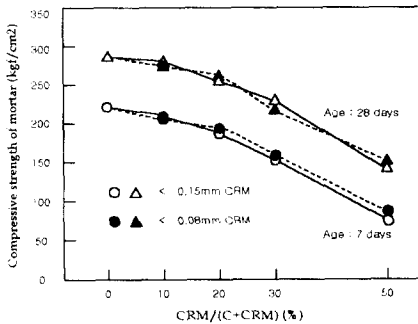


그림 3 폐도자기 분말을 사용한 모르터의 압축강도

령에서는 압축강도가 증가한다는 결과도 있다.

3.3 폐도자기를 잔골재로 사용한 모르터의 물성

폐도자기 잔골재를 표면건조포화상태의 표준 입도분포를 갖게 하여 강모래 중량에 5단계로 혼합하여 제조한 모르터의 플로우 값을 정리한 것이 그림 4이다. 혼합비가 증가할수록 모르터의 플로우 값은 거의 변화가 없거나 약간 증가하는 경향이 있다. 사진 4와 사진 5는 강모래 및 폐도자기 잔골재의 입형을 50배로 확대하여 비교한 것으로서 폐도자기의 입형이 강모래와 크게 다르지 않으므로 플로우 값에 큰 영향을 미치지 않았다고 생각된다.

폐도자기 잔골재를 사용한 모르터의 압축강도를 폐도자기 잔골재의 혼합비에 따라서 정리한 것이 그림 5이다. 폐도자기 잔골재를 사용할 경우에는 압축강도가 강모래를 사용한 경우보다 증가하고 있음을 알 수 있으며 폐도자기 잔골재를 100% 사용한 경우에는 강모래만을 사용한 경우보다 재령 7일, 28일에서 약 10% 정도 압축강도가 크게 나타났다.

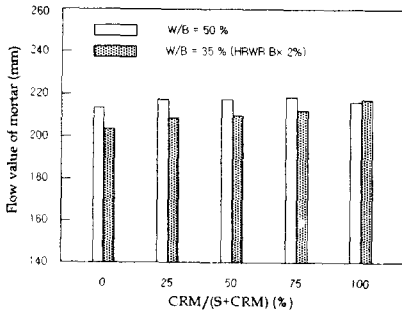


그림 4 폐도자기 잔골재를 사용한 모르터의 플로우 값



사진 4 강모래



사진 5 폐도자기

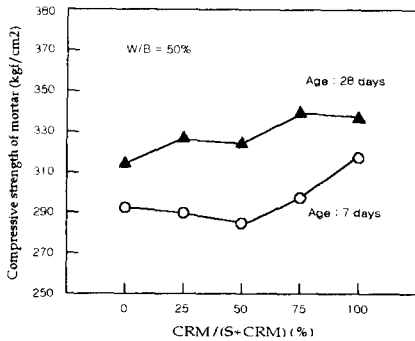


그림 5 폐도자기 잔골재를 사용한 모르터의 압축강도

4. 결론

도자기 폐기물을 사용한 모르터의 특성에 대한 본 실험의 범위 내에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 본 실험에 사용한 폐도자기는 주성분이 SiO₂로 구성되어 있으며 미세한 기공을 많이 포함하고 있는 구조를 하고 있어서 흡수율이 3.30% 정도로 비교적 크고 비중이 2.45 정도로서 일반 강모래보다 작게 나타났다.

(2) 폐도자기 분말을 모르터용 혼화재료로 사용한 경우 플로우 값이 보통포틀랜드시멘트 모르터 보다 약간 크게 나타나며 폐도자기 분말을 20% 사용한 경우 플로우 값이 가장 양호하였다. 한편 혼합률이 증가하면 압축강도가 감소하는 경향을 나타내었다.

(3) 폐도자기 잔골재를 사용한 모르터의 플로우 값은 강모래를 사용한 모르터와 거의 변화가 없거나 약간 증가하였으며 또한 강모래를 사용한 경우보다 압축강도가 증가하였으며 폐도자기 잔골재를 100% 사용한 경우는 강모래만을 사용한 경우보다 재령 7일, 28일에서 약 10% 정도 압축강도가 크게 나타났다.

참고문헌

- (1) American Foundrymen's Society, "Alternate Utilization of Foundry Sand", Report to Illinois Department of Commerce and Community Affairs, Chicago, 1991.
- (2) 한국전력공사, 석탄회 및 탈황석고 활용 국제 워크숍, 서울, 1997, pp.29~53.
- (3) 内川 浩, "混合セメントの水和および構造形成におよぼす混合材の効果", セメント・コンクリート, No.484, June, 1987, pp.81~93.
- (4) "(녹색 환경의 나라) 건설을 위한 국가폐기물관리종합계획", 환경부, 1996.
- (5) 探谷泰文, "セメント・コンクリートの流動特性", 세멘트·콘크리트, No.541, Mar., 1992, pp.53~59.
- (6) 吉兼 亨, "資源の有効利用とコンクリート", 콘크리트工學, Vol.34, No.2, 1996.2.