

폐콘크리트 분말을 활용한 모르타르의 기초물성에 관한 연구

Fundamental Properties of Mortar Utilizing Waste Concrete Powder

최연왕^{*} 문대중^{**} 김성수^{***} 김기형^{****} 문한영^{*****}
Choi, Yun Wang Moon, Dae Joong Kim, Sung Su Kim, Ki Hyung Moon, Han Young

ABSTRACT

Waste concrete powder(WCP) has been estimated with a great value-added material as by-product of waste concrete manufactured to fine and coarse aggregate for concrete, because it is able to utilized for cement clinker and concrete admixture.

In the experimental results for this study, chemical composition of WCP was similar to that of cement, and specific gravity of WCPs were 2.46 and 2.48 due to internal micro-void of WCP. Final setting of paste with WCP was delayed, and flow value of mortar with WCP was tendency to reduced in comparison with that of paste and mortar with only ordinary portland cement as replacement ratio of WCP increased. Furthermore, sorptivity of mortar with WCP was increased as replacement ratio of WCP increased. Compressive strength of mortar with 15% WCP was developed about 27MPa at 28days.

1. 서론

폐콘크리트 분말은 콘크리트 구조물 해체시 발생하는 폐콘크리트를 콘크리트용 굵은골재 및 잔골재로 파쇄하는 과정에서 발생하는 2차 산업부산물이다. 이러한 폐콘크리트 분말은 시멘트 원료 및 고유동 콘크리트의 혼화재로 활용¹⁾할 수 있는 고부가가치 재료이나, 현재는 단순매립되거나, 습식파쇄시 발생하는 분말은 하수관으로 방류되어 2차 환경오염 및 자원낭비의 원인제공이 되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 폐콘크리트 분말을 콘크리트용 혼화재로 사용하기 위한 연구의 일환으로 폐콘크리트 분말자체의 특성에 대하여 검토하였으며, 폐콘크리트 분말을 활용한 시멘트페이스트의 응결특성 및 모르타르의 유동성, 흡수특성 및 강도특성에 대하여 실험을 실시하여 고찰하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

시멘트는 비중 3.15의 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)를 사용하였고, 혼화제는 동일한 화학

* 정회원, 세명대학교 토목공학과 부교수

** 정회원, (주)동양이엔씨 기술연구소 책임연구원

*** 정회원, 세명대학교 토목공학과 석사과정

**** 정회원, 여주대학 토목과 교수

***** 정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

성분을 갖으며, 분말도가 상이한 2종류의 페콘크리트 분말(이하 WCP로 약함)를 사용하였다. 시멘트 및 WCP의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같으며, 잔골재는 비중이 2.60인 KS L 5100에서 규정하고 있는 주문진산 표준사(이하 SS로 약함)를 사용하였다.

표 1 시멘트 및 페콘크리트의 화학성분 및 물리적 성질

Items Types	CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SO ₂ (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	Insol. (%)	L.O.I (%)	Surface area (cm ² /g)	Specific gravity
OPC	61.40	21.60	6.00	3.40	3.10	2.50	0.26	0.26	0.21	0.03	3539	3.15
WCP1	24.63	7.09	2.26	1.16	1.32	1.09	0.09	0.10	44.58	17.43	928	2.48
WCP2											1286	2.46

2.2 배합

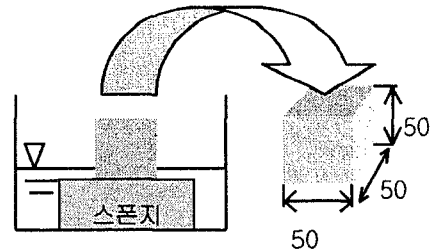
분말도가 928 및 1286 cm²/g로 서로 다른 2종류의 WCP를 시멘트에 대하여 4수준(0, 15, 30, 45%)으로 혼합하여 시멘트 페이스트 및 모르타르를 제작하였으며, 모르타르의 배합표는 표 2와 같다.

표 2 모르타르 배합표

Replacement of WCP (%)	W/C (%)	OPC : WCP : SS (%)
0	55	1 : 0 : 2.45
15	55	0.85 : 0.15 : 2.45
30	55	0.70 : 0.30 : 2.45
45	55	0.55 : 0.45 : 2.45

2.3 실험방법

시멘트 페이스트의 응결 시험은 KS L 5108 규정에 의해 실시하였으며, 모르타르의 플로우 시험 및 압축강도 시험은 KS L 5105에 준하여 실시하였다. 모르타르의 흡수율 시험편은 50×50×50mm의 입방체를 28일 양생한 후, 24시간 105±5°C의 건조로에서 건조하였다. 흡수율 시험은 그림 1과 같이 시험편의 밑면을 수면에 놓고 경과시간에 따라 모세관 공극을 통하여 흡수되는 수량을 측정하였다. 흡수속도(S)는 식 (1)과 같이 단위면적당 흡수량을 시간의 제곱근으로 나누어 계산하였다.²⁾



Specimen(unit: mm)

그림 1 흡수율 시험

$$S = \frac{i}{\sqrt{t}} \text{ (mm/min}^{1/2}\text{)} \quad (1)$$

여기서, i 는 단위면적당 흡수량으로 $(i = \frac{\Delta W}{A\rho})$ 로 계산되며, t 는 경과시간이다. (ΔW : 경과시간에 따른 흡수량, A : 수면과 접촉하는 시험편의 면적, ρ : 물의 밀도)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 WCP의 품질특성

WCP의 화학조성은 표 1에서와 같이 시멘트와 비슷한 경향을 보였으며, WCP 중의 모래성분이 함유되어 있고 수화생성물에 남아 있는 젤공극수로 인해 불용해 잔분 및 강열감량이 시멘트에 비하여 크게 나타났다.

OPC 및 WCP의 입도분포를 측정하여 입자직경에 대한 누적 입자량을 나타낸 것이 그림 2이다.

OPC는 70 μm 이하의 입자로 구성되어 있으며, D_{50} 이 14 μm 정도인데 비해, WCP1은 176 μm , WCP2는 76 μm 로 시멘트에 비하여 큰 입자로 분포되어 있음을 알 수 있다. 이는 WCP의 채취에서 페콘크리트가 파쇄할 때 발생하는 분말을 그대로 채집하였기 때문으로 생각되므로, 보다 높은 분말도를 얻기 위해서는 불밀 등에 의한 추가설비가 필요하다.

3.2 WCP 활용 시멘트 페이스트의 응결특성

WCP 혼합물에 따른 시멘트 페이스트의 응결시간을 측정하여 정리한 것이 그림 3이다. WCP를 혼합한 시멘트 페이스트의 응결시간은 OPC만을 사용한 시멘트 페이스트와 비교하면 초결시간은 거의 비슷하였으나, 종결시간은 WCP의 혼합률이 증가함에 따라 비례적으로 지연되었으나, 분말도에 따른 영향은 크지 않았다. 특히, WCP를 45%로 혼합한 경우 혼합률 0%인 페이스트에 비하여 종결시간이 3시간 정도 지연되었다. 이는 WCP의 혼합률 증가에 따른 시멘트량의 감소로 인하여 시멘트의 초기수화반응을 촉진시키는 C_3A 및 C_3S 성분이 감소하였기 때문에 종결시간이 지연된 것으로 판단된다.

3.3 WCP 활용 모르타르의 성질

3.3.1 유동특성

WCP를 OPC 증량에 대하여 0, 15, 30 및 45%로 혼합하여 제조한 모르타르의 플로우 측정결과를 나타낸 것이 그림 4이다. 그림 4에서 WCP를 혼합하므로써 모르타르의 플로우 값이 OPC만을 사용한 기준 모르타르에 비하여 감소하는 경향을 알 수 있다. 이러한 원인은 WCP는 미세공극이 많은 다공성 재료이므로 혼합수를 흡수하여 플로우 값이 작아졌다고 판단된다.³⁾ WCP의 혼합률이 증가할수록 플로우 값이 비례적으로 감소하였으며, WCP를 45% 혼합한 경우 플로우값은 기준 모르타르에 비해 약 30% 정도 감소되었으며, 분말도에 따른 영향은 거의 없었다.

즉, WCP를 콘크리트용 혼화재로 OPC와 혼합할 경우 동일한 콘систен시를 얻기 위해서는 화학혼화제의 조절 및 배합조정이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.2 흡수특성

WCP를 혼합한 모르타르의 재령 28일 시험편에 대하여 경과시간에 따른 모세관 흡수량을 측정하여 WCP 혼합률에 따른 흡수속도로 나타낸 것이 그림 5이다. 그림 5에서 OPC만을 사용한 모르타르의 흡수속도는 0.009 $\text{mm}/\text{min}^{1/2}$ 였으나, WCP를 혼합함에 따라 흡수속도가 증가하였으며, WCP2를 혼합한 경우 WCP1을 혼합한 경우에 비하여 흡수속도가 약간 크게 나타났다. WCP2를 45% 혼합한 모르타르의 흡수속도는 약 0.020 $\text{mm}/\text{min}^{1/2}$ 로 기준 모르타르에 비하여 약 2배 정도

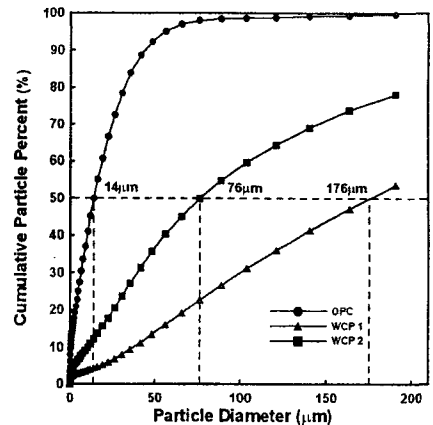


그림 2 OPC 및 WCP의 입도분포 곡선

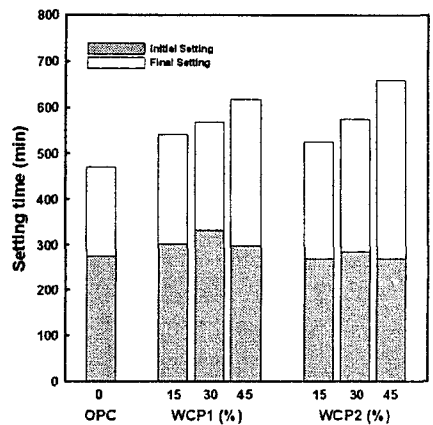


그림 3 WCP 혼합률에 따른 페이스트의 응결시간

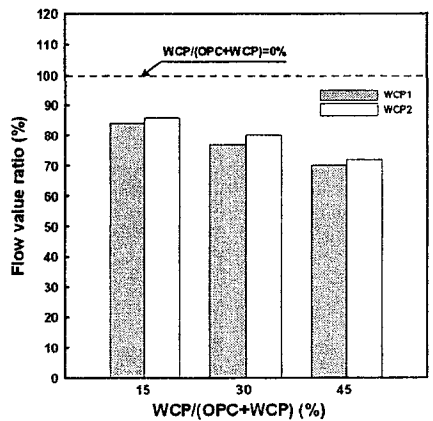


그림 4 WCP 혼합률에 따른 플로우

크게 나타났다.

즉, 동일한 배합으로 WCP를 혼합할 경우 WCP와 접촉하던 혼합수가 증발하여 내부공극을 형성하며, WCP 혼합률이 증가할수록 내부공극이 많이 생성되므로 흡수속도도 커진다고 판단된다.

3.3.3 압축강도

분말도가 다른 2종류의 WCP 혼합물에 따른 압축강도 측정 결과를 정리한 것이 그림 6이다. OPC만을 사용한 모르타르의 재령 28일 압축강도가 약 37MPa 정도를 나타낸 반면에 WCP 혼합 모르타르의 재령 28일 압축강도는 WCP 혼합률이 증가함에 따라 감소하여, WCP 혼합률이 15% 및 45%의 경우 기준 모르타르에 비하여 약 26% 및 68% 만큼 감소하였다. 한편, 분말도의 차이가 크지 않으므로 압축강도에 미치는 분말도에 의한 영향은 거의 없었다.

4. 결론

- (1) WCP의 화학조성은 OPC와 비슷하였으나, 불용해 잔분 및 강열감량이 시멘트에 비하여 크게 나타났다. 또한, WCP의 평균입경이 시멘트보다 컸으며, 비중은 작게 나타났으므로 내부 미세공극이 많이 존재하는 것으로 판단되었다.
- (2) WCP 활용 시멘트페이스트의 종결시간은 WCP의 혼합률이 증가함에 따라 OPC만을 사용한 페이스트에 비하여 지연되었고, 모르타르의 플로우 값은 WCP가 다공성 재료이므로 혼합수를 많이 흡수하게 되므로 혼합률이 증가할수록 감소하였다.
- (3) WCP 활용 모르타르의 흡수속도는 WCP 혼합물의 증가할수록 모르타르의 내부공극이 많이 형성하게 되어 증가하였으며, 혼합물 15%로 혼합한 모르타르의 재령 28일 압축강도는 25MPa 정도를 발현하였다.

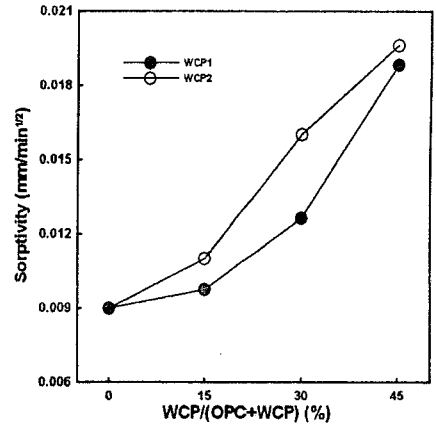


그림 5 WCP 혼합률에 따른 흡수속도

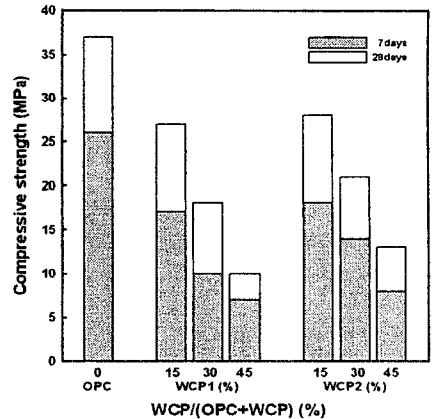


그림 6 WCP 혼합률에 따른 압축강도

감사의 글

본 연구는 건설교통부 2003년도 건설혁신기술연구과제(C103A2000019-03A0200-01920) 「폐콘크리트분말을 자기충전 콘크리트 및 흙도로포장 재료로 활용하기 위한 건설폐기물 재활용 촉진기술 개발」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 横山 滋, “セメント原料への利用”, *コンクリート工学*, Vol.35, No.7, 1997.7, pp.49-52.
2. C. Hall, “Water sorptivity of mortars and concretes : a review,” *Magazine of Concrete research*, 1989.6, 41, No.147, pp.51-61.
3. 문대중, 정문영, 최연왕, “폐콘크리트 분말 사용 모르타르의 역학적 특성,” *한국지구시스템공학회지*, 2003, Vol. 40, No.6, pp.438-445.