

폐콘크리트 부산 미분말을 이용한 재생시멘트의 수화특성

Hydraulic Properties of the Recycled Cement used Cementitious Powder by Concrete Waste

서 경 호*
Xu, Jing-Hao

박 차 원**
Park, Cha-Won

안 재 철***
Ahn, Jae-Cheol

강 병 희****
Kang, Byeung-Hee

Abstract

Recently, there have been many studies seeking towards the utilization of cementitious powder from concrete waste as recycle cement. However, most of the studies actually have been researches about the reuse of mortar or paste, not concrete waste. In fact, either mortar or paste is quite different from a real concrete waste in terms of age and mixture. Thus the purpose of this study is to examine basic physical properties of recycle cement, manufactured with cementitious powder from concrete waste, and analyze differences in chemical and hydraulic properties of the cement and its tested model.

As a result of the chemical analysis, recycle cement is composed mainly of CaO and SiO₂, and that it is even lower in the content of CaO than Portland cement, which is also supported by previous studies. But, Differently from previous studies, plastic working at the temperature of 650 was found an optimal condition under which cementitious powder from concrete waste could restore its hydraulic properties.

키워드 : 폐콘크리트 부산 미분말, 재생시멘트, 수화성

Keywords : cementitious powder from concrete waste, recycled cement, hydraulic properties

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

2002년 한국 환경부 자료에 따르면 건설폐기물 발생량은 전체 산업폐기물 발생량의 34%를 차지하고 있으며, 건설폐기물량의 약 80%를 폐콘크리트가 차지하고 있다.

이러한 사회적 배경하에 최근 폐콘크리트의 재활용 기술의 개발에 관한 많은 연구가 이루어지고 있으며, 재생골재의 경우 이미 한국산업규정이 제정되었으며 실용화 단계에 이르렀다. 그리고 폐콘크리트 부산 미분말의 경우도 2000년 이후 여러 연구자들을 통해 재생시멘트로 활용하기 위한 기초적 연구¹⁾²⁾³⁾⁴⁾가 이루어지고 있다. 그러나 이들 연구의 대부분은 모두 폐콘크리트가 아닌 모르타나 페이스트의 모델을 이용하여 재활용한 연구로서, 실제 폐콘크리트와는 재량과 배합이 크게 상이하다. 따라서 본 연구는 실제 폐콘크리트 부산 미분말을 이용하여 재생시멘트를 제조한 후, 기초적 물성을 밝히고 모델실험과의 화학적 특성과 수화특성의 차이점을 분석하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 폐콘크리트의 유효이용을 위해 실제 폐콘크리트 부산 미분말의 재생시멘트 활용 가능성을 고찰하는데 목적이 있다.

따라서 선행된 연구의 모델실험 결과를 토대로 실제 폐콘크리트 부산 미분말을 이용하여 재생시멘트를 제조하고 재생시멘트의 수화특성과 강도특성을 검토하였으며 실제 폐콘크리트 부산 미분말과 모델 모재 미분말의 차이점을 비교 분석하는 것을 본 연구의 범위로 한다.

2. 실 험

2.1 실험인자 및 수준

본 연구의 실험인자 및 수준은 표 1과 같다.

모재는 부산경남에서 폐콘크리트를 수거하여 재생골재를 제조하는 B사의 실제 폐콘크리트를 분쇄하여 이용하였으며 배합과 재량은 알 수 없다. 그리고 기존연구에 의하여 시멘트 경화체와 골재 계면부분의 효율적인 분리를 위해 예비가열 처리를 하였다.

수화성 회복을 위한 소성온도는 기존 연구³⁾⁴⁾ 결과에서 600℃, 700℃, 800℃의 실험인자에서 700℃가 가장 우수한 것으로 보고하고 있기 때문에, 이를 토대로 650℃, 700℃, 750℃의 3수준으로 하였다.

* 정회원, 동아대 대학원 건축공학과 석사과정

** 정회원, 동아대 대학원 건축공학과 박사수료

*** 정회원, 동아대 건축학부 초빙교수, 공학박사

**** 정회원, 동아대 건축학부 교수, 공학박사

표 1. 실험인자 및 수준

실험인자	재생시멘트			W/C (%)	S/M (%)
	치환율 (%)	소성온도 (°C)	소성시간 (min)		
실험인자	0			50 60	45
	10	650			
	20	700	90		
	30	750			
	100				
수준수	5	3	1	2	1

2.2 사용재료

본 실험에서 사용한 각 재료의 물성은 표 2와 같다.

표 2. 사용재료의 물성

사용재료	물성	기호
보통포틀랜드시멘트	비중: 3.15 blaine: 3,200(cnl/g)	C
잔골재	비중: 2.56, 흡수율: 2.29%, F.M: 2.48	S
고성능AE감수제	폴리카르본산계 SP-8K 비중: 1.07	SP
재생시멘트	650°C 비중: 2.67	RC650
	700°C 비중: 2.74	RC700
	750°C 비중: 2.76	RC750

2.3 실험방법 및 측정

1) 재생시멘트의 제조

재생시멘트 제조과정은 그림 1과 같으며, 본 연구에서는 시멘트 경화체와 잔골재의 분리를 용이하게 하기 위하여 30°C 60분간 예비가열 처리를 하였다.

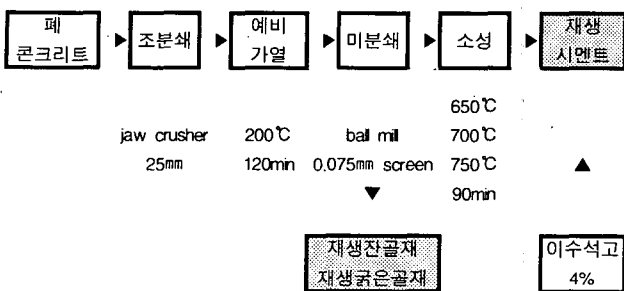


그림 1. 재생시멘트의 제조과정

2) 측정

본 연구를 위한 실험항목은 표 3과 같다.

표 3. 실험항목

실험항목	비고	
재생시멘트	화학분석	KS L 5201
	비중	KS L 5110
재생시멘트 모르터	플로우	KS L 5111
	압축강도	KS L 5105

3. 실험결과 및 고찰

3.1 재생시멘트의 화학성분 및 비중

1) 재생시멘트의 화학성분

그림 2는 재생시멘트 화학성분을 KS L 5201의 규준에 준하여 측정한 결과를 나타낸 것이다.

재생시멘트의 원료인 미세분말은 주로 시멘트 성분으로부터 나오기 때문에 CaO와 SiO₂가 주성분인 것으로 나타났으나, 기존의 연구에서는 보통포틀랜드 시멘트에 비하여 CaO가 크게 감소한 반면 SiO₂가 2배가량 늘어난 것을 알 수 있다. 이는 재생시멘트 제조과정에서 잔골재 미분이 다량으로 함유되었기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 재생시멘트 내 잔골재 미분을 줄이기 위해 No.200로 체가름하여 사용하였다. 그 결과 SiO₂량은 큰 변화가 없었으나 불용해잔분이 No.100에 비해 40%정도 감소하는 것으로 나타나, 재생시멘트 내부 잔골재 미분이 다량 감소되었음을 알 수 있다.

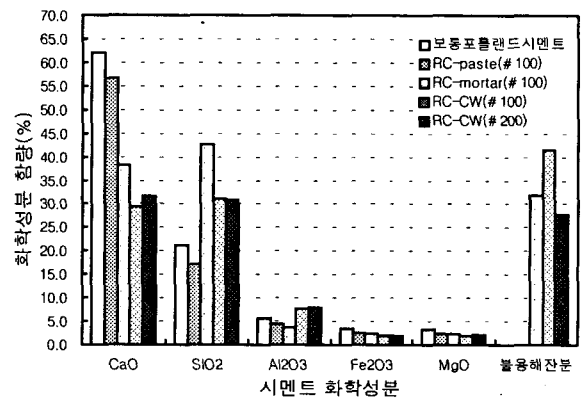


그림 2. 재생시멘트의 화학성분 비교

2) 재생시멘트의 소성조건에 따른 비중

소성조건에 따른 재생시멘트 비중은 표 4와 같다. 기존의 모델실험에 비하여 비중이 다소 높게 나타났으며, 소성온도의 증가에 따라 다소 증가하였다.

표 4. 소성조건에 따른 재생시멘트의 비중

	RC650	RC700	RC750
비중	2.67	2.74	2.76

3.2 재생시멘트 모르터의 물성

1) 재생시멘트 치환율에 따른 모르터의 플로우

그림 3, 4는 고성능 AE감수제 0.5% 첨가시 재생시멘트의 소성온도에 따른 재생시멘트 모르터의 플로우이다.

그림에서 나타난 바와 같이 재생시멘트의 치환율이 증가함에 따라 플로우는 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이는 기존 연구결과와 마찬가지로 Ca(OH)₂의 탈수에 의해 생성된 CaO의 물과의 급격한 소화(消和, slaking)에 의한 것으로 판단된다. 그러나 소성온도에 따른 플로우는 약간의 차이는 있으나 큰 변화는 없는 것으로 나타났다.

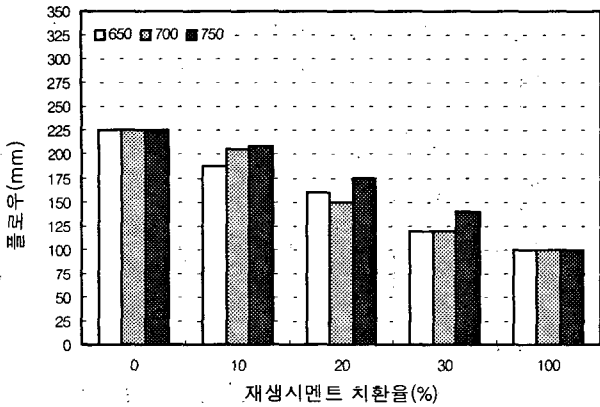


그림 3. 재생시멘트 치환율에 따른 플로우 변화(W/C-50%)

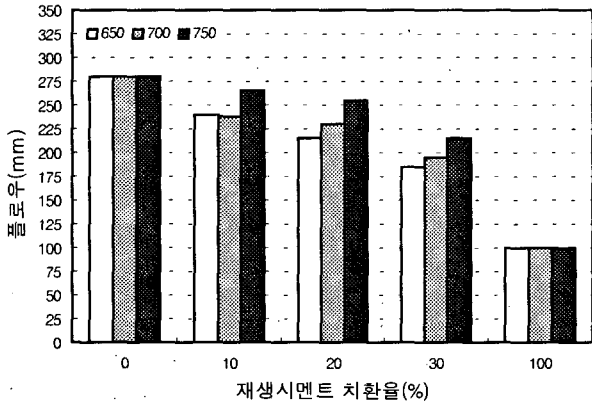


그림 4. 재생시멘트 치환율에 따른 플로우 변화(W/C-60%)

2) 재생시멘트의 모르타 압축강도

선행된 연구³⁾⁴⁾에서 페콘크리트 미분말의 수화성 회복을 위한 소성조건으로서 700°C가 최적온도로 나타났다. 그러나 기존연구의 소성온도의 범위가 크기 때문에 본 연구에서는 정확한 소성온도를 측정하기 위하여 소성온도 650°C, 700°C, 750°C, 소성시간은 90분으로 하였다.

실험결과, 재생시멘트는 소성온도 650°C, 700°C 모두 수화성을 회복하는 것으로 나타났으나, 650°C가 우수한 조건인 것으로 나타났다.

그림 5와 같이, 소성온도 650°C 재생시멘트 모르타의 재령 28일 압축강도는 물시멘트비 50%, 60%에서 각각 14.5Mpa, 20.1Mpa로 가장 높게 나타났다. 그러나, 소성온도 700°C의 조건에서는 11.4Mpa로 650°C에 비해 40%정도 낮게 나타났으며, 소성온도 750°C인 경우 2Mpa로 거의 수화성을 회복하지 못하는 것으로 나타났다.

그림 6에서 9와 같이 재생시멘트 치환율에 따른 압축강도는 기존의 모델실험과 마찬가지로 치환율이 증가함에 따라 다소 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 소성온도에 따른 압축강도 변화는 치환율 30%까지는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나, 재생시멘트 100%를 사용하였을 경우 소성온도에 따라 다소 큰 차이를 나타냈다.

재령에 따른 압축강도는 치환율 0, 10%, 20%, 30%까지는 모든 조건하에서 유사하게 나타났으며 7일 압축강도는 28일

압축강도의 70%에서 85%정도로 나타났다.

그러나, 치환율 100%에서는 그림 10, 11에서와 같이 다소 큰 차이를 나타냈다. 650°C와 700°C의 경우는 7일 압축강도가 28일 압축강도의 27%정도밖에 발현하지 못하였으며 모든 조건하에서 유사하게 나타났다. 하지만 소성온도 750°C의 경우는 7일 압축강도와 28일 압축강도가 2Mpa이하로 거의 비슷하게 나타났으며, 재령에 따른 큰 변화가 없었다.

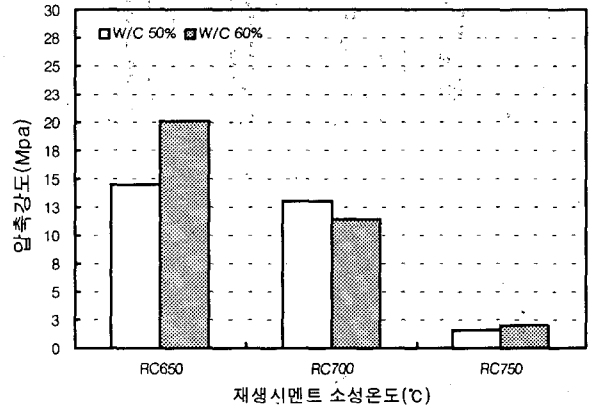


그림 5. 재생시멘트 소성온도에 따른 28일 압축강도

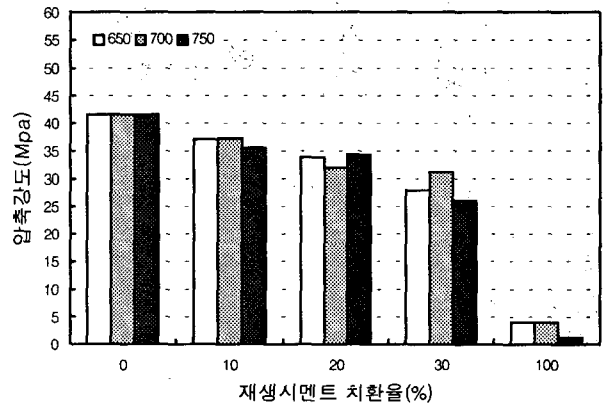


그림 6. 재생시멘트 치환율에 따른 7일 압축강도(W/C-50%)

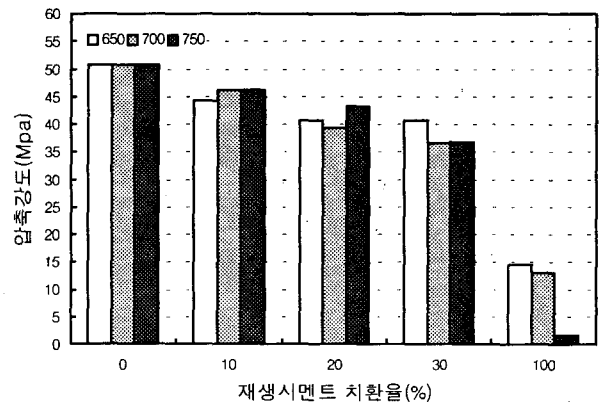


그림 7. 재생시멘트 치환율에 따른 28일 압축강도(W/C-50%)

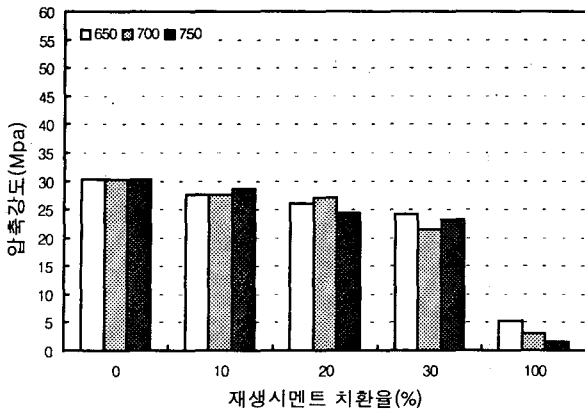


그림 8. 재생시멘트 치환율에 따른 7일 압축강도(W/C-60%)

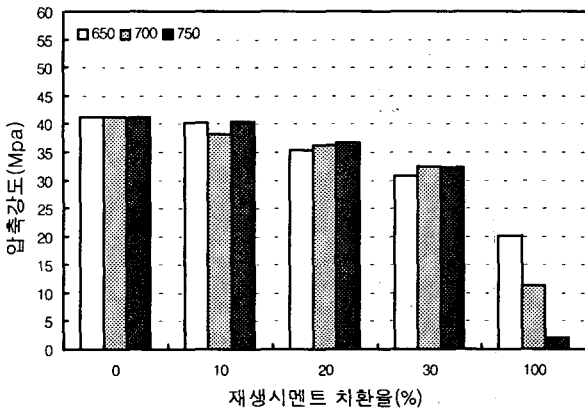


그림 9. 재생시멘트 치환율에 따른 28일 압축강도(W/C-60%)

4. 결 론

본 연구에서는 실제 폐콘크리트 미분말의 효율적인 재활용을 위하여, 재생시멘트를 제조한 후 각 소성조건에서의 물성 실험을 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 재생시멘트의 화학분석 결과 CaO와 SiO₂가 주성분인 것으로 나타났으나, 보통시멘트에 비하여 기존의 연구와 마찬가지로 CaO의 양이 크게 감소한 것으로 나타났다. 이는 재생시멘트 제조과정에서 다량의 잔골재 미분이 혼합되었기 때문인 것으로 판단된다.
- 2) 재생시멘트는 급격한 수화반응으로 인하여 보통 시멘트에 비하여 유동성이 나쁜 것으로 나타났다.
- 3) 실제 폐콘크리트 미분말은 기존의 연구결과와 달리 소성 온도 650℃의 조건이 수화성 회복을 위한 최적조건으로 나타났다.

또한, 잔골재 혼입으로 강도저하 등 품질저하가 나타났으나, No.200으로 미분쇄한 결과 불용해잔분량을 훨씬 줄일 수 있었고 강도도 우수하게 나타났다.

이상의 연구결과, 실제 폐콘크리트 미분말을 이용한 재생시멘트의 물성은 기존의 모델실험 결과와 유사하게 나타났다.

향후, 재생시멘트의 고품질화를 위하여 잔골재의 효율적인

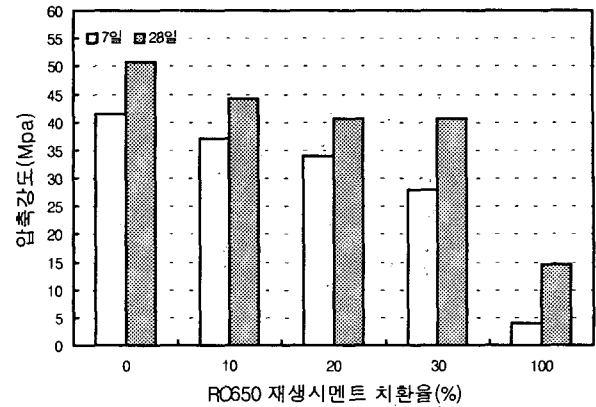


그림 10. RC650 재생시멘트 재령에 따른 압축강도(W/C-50%)

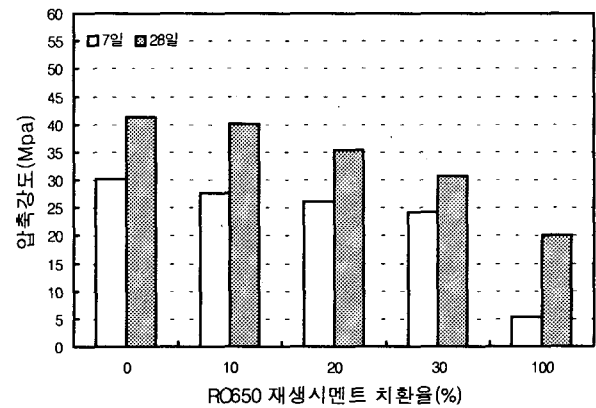


그림 11. RC650 재생시멘트 재령에 따른 압축강도(W/C-60%)

제거기술에 관한 연구가 필요하며, 모재 폐콘크리트의 배합과 재령에 따른 재생시멘트의 품질변동에 관한 연구도 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김무한, 재생미분말의 가열온도에 따른 기초물성 및 시멘트 혼화재 적용성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 2001년도 봄학술발표회 논문집, Vol.13 No.1
2. 황혜주, 폐콘크리트 미분말을 이용한 재생시멘트 개발에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 2002년도 봄학술발표회 논문집, Vol.14 No.1
3. 오상균, 폐콘크리트 미분말을 이용한 재생시멘트의 수화성 회복에 관한 연구, 대한건축학회논문집(구조계) 18권 10호, 2002.10. pp.53-60
4. 안재철, 폐콘크리트계 미분말의 소성조건에 따른 재생시멘트의 물성, 대한건축학회논문집(구조계) 19권, 11호, 2003.11. pp.109-116
5. 강병희, 초음파에 의한 고온수열콘크리트의 강도추정에 관한 실험적 연구, 한양대학교 박사학위논문, 1989, pp.8-10
6. 박승범, 건설폐기물의 국내외 재활용기술의 현황 그리고 처리 및 재활용 실태, 한국콘크리트학회 가을학술발표대회 논문집, 2000. pp.46-53
7. 김광우, 재생콘크리트의 강도특성상의 문제점, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집 제7집, 1992. pp.44-49