

폐콘크리트의 순환이용을 위한 폐미분말의 재활용 기술

Recycling Technology of Cementitious Powder for Completely Recycling of Concrete Waste

박 차 원*

강 병 희**

Park, Cha-Won

Kang, Byeung-Hee

Abstract

Recently, there have been many studies seeking towards the utilization of cementitious powder from concrete waste as recycled 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 recycled 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, calcining temperature of 650 was found an optimal condition under which cementitious powder from concrete waste could restore its hydraulic properties.

키워드 : 폐콘크리트계 부산 미분말, 재생시멘트, 수화성, 완전순환이용

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

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지구환경에 대한 배려가 현대 산업활동을 하는데 있어 전제조건이 되는 최근, 콘크리트 구조물의 지속적인 생산활동을 전개하기 위해서는 사회적 측면 및 환경적 측면을 검토요인으로 한 대처가 중요하다.

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 폐콘크리트계 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 재령 28일 또는 촉진재령의 모르타나 페이스트를 이용하여 재활용한 연구(이하, 모델실험)로서, 실제 폐콘크리트와는 재령과 배합이 크게 상이하다. 따라서 본 연구는 실제 폐콘크리트 부산 미분말을 이용하여 재생시멘트를 제조한 후, 기초 물성을 밝히고 모델실험과의 화학적 특성과 수화특성의 차이를 분석하는데 목적이 있다.

* 정희원, 동아대 대학원 건축공학과 박사수료

** 정희원, 동아대 건축학부 교수, 공학박사

1.2 연구의 방법 및 범위

콘크리트 폐기물을 재자원화하는 것을 계획·설계하는 리사이클 전략을 수립하기 위해서는 폐기물의 자원가치를 고려한 라이프사이클 설계기법과 이에 따른 생산공정 및 해체공정을 통합한 생산시스템을 개발하는 것이 중요하다.

이를 위해서는 현재 재활용이 고려되지 않은 폐기물을 재활용(down cycling)하는 재생공정의 개발과 향후 이를 토대로 한 고품질화 재활용(level cycling)이 가능한 콘크리트의 생산기술의 개발이 필수적이다.

따라서, 본 연구는 폐콘크리트의 유효이용을 위해 실제 폐콘크리트 부산 미분말의 재생시멘트 활용 가능성과 고품질화 기술을 고찰하는데 목적이 있다.

이를 위하여 지금까지 국내의 선행연구의 모델실험 결과를 토대로 실제 폐콘크리트 부산 미분말을 이용하여 재생시멘트를 제조하고 재생시멘트의 수화특성 및 강도특성, 그리고 내구특성을 검토하였으며 실제 폐콘크리트 부산 미분말과 모르타(또는 페이스트)를 모재(母材)로서 이용한 미분말의 차이점을 비교 분석하는 것을 본 연구의 범위로 하였다.

그러나, 본 연구에서 사용된 폐콘크리트의 경우 다양한 재령과 배합의 폐콘크리트 중 일부를 사용하였으므로, 실험의 결과가 실제 모든 폐콘크리트의 모재특성을 나타낸다고 보는 것은 어려울 것으로 판단된다. 이에 대한 연구는 다양한 폐콘크리트를 대상으로 한 후속 연구가 이루어질 경우, 폐콘크리트의 모재특성의 변동과 이에 따른 재생시멘트의 품질변동에 관한 상관성의 도출이 가능해 질 것으로 보인다.

2. 폐콘크리트의 재활용 전략

2.1 폐콘크리트의 발생현황

건설폐기물의 발생량은 매년 20% 썩 증가하는 추세에 있다.

특히 한국의 경우 1인당 콘크리트 소비량이 2.9m³(2001년 기준)으로서 2위인 일본(1.09), 미국(1.08)에 비하여 콘크리트의 존도가 크게 높으며, 최근 건축물의 수명(service life) 저하로 인한 재건축사업의 활성화와 70~80년대 시공된 구조물의 조기열화 등으로 앞으로도 폐기물 발생량은 급격히 증가될 것으로 판단된다.

따라서, 최근 환경문제를 고려한 건설교통부 및 환경부의 「자원절약과 재활용 추진에 관한 법률(1993)」, 「건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률(2005 시행)」 등의 법안 및 다양한 사업의 효과로 인하여 재활용율이 85% 수준으로 크게 상승하고 있다.¹⁾ 그러나 폐기물 처리업자에게 넘어간 건설폐기물의 대부분이 재생골재(순환골재)로 재활용되지 않고 80% 이상 대부분이 부지조성 공사에서 바닥을 채우는 노반재 및 복토재 등 저급한 용도로 사용되고 있다. 또한, 일부는 농경지 등에 불법으로 매립되기도 한다.

도로노반재로서의 이용의 경우 현재 재활용 용도의 대부분을 차지하고 있으나 도로건설 등의 토목구조물의 건설사업이 점차 감소될 것으로 예상할 때, 그 수요가 급감할 것으로 판단된다.

2.2 폐콘크리트의 자원화 전략

최근 환경문제에 대한 인식에 힘입어 산업폐기물의 재활용에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 많은 재생재료가 건축현장에서 사용되고 있다.

그러나, 전술한 바와 같이 재생골재 등의 많은 재생재료는 높은 재활용 가격으로 인한 경제성 저하와 품질저하 문제로 인하여 구조용 재료 및 고품질 재료로서 사용되지 못하고 저부가가치형의 매립·성토재로서 일부 활용되고 있는 실정이다.

이러한 문제는 기존의 콘크리트 생산시스템이 제품생산시 분해 및 해체의 용이성을 고려하지 않은채 비용절감 및 생산효율에 중점을 두었기 때문이다.

따라서, 현재 대부분의 리사이클 기술은 「설계시 리사이클을 고려하지 않은 사용이 끝난 재료를 재생한다」는 의미를 가지며, 이에 따라 재활용기술의 대부분이 대증료법(對症療法)적 기술의 전형을 나타내게 된다. 그리고 이는 재활용시 많은 신규 투입요소로 인한 높은 경제성과 재생재료의 저품질화로 귀착되는 원인이기도 하다.

따라서, 완전순환형 콘크리트의 개발과 폐콘크리트의 효율적 재활용 기술의 개발을 위해서는 선진국의 사례를 통해 고려할 때, 다음 두가지 방향으로서의 기술개발이 필요하다.

1) 국내 환경부의 통계자료는 건설폐기물이 처리업자에게 전달되는 것을 기준으로 비율을 계산한 것이기 때문에, 관련 업계에서는 실제 재활용 비율은 이보다 훨씬 낮은 것으로 분석한다. 실제 재활용 비율을 제대로 계산해 내려면 건설폐기물이 처리업자를 거쳐 재생골재 등이 되어 다시 공사현장에 투입되는 것을 기준으로 해야 할 것으로 판단된다.

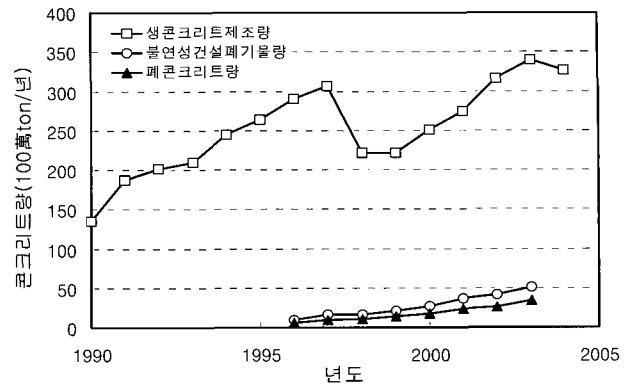


그림 1. 콘크리트 생산량과 폐콘크리트 발생량

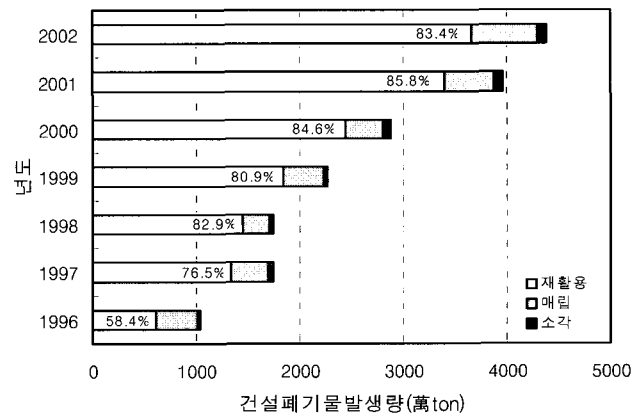


그림 2. 건설폐기물의 재활용율

1) 기존 폐콘크리트의 재활용 기술 개발

현재 국내 건축되어진 재활용이 고려되지 않은 콘크리트와 같은 다양한 건축재료의 재활용 기술로서, 저품질화 문제(down cycling) 및 경제성의 문제가 예측된다.

그러나 앞으로의 환경문제를 고려하여 최적의 재활용 방안을 모색해야 할 필요성이 있으며, 현재 국내외에서 이루어지고 있는 많은 재활용기술에 관한 연구가 이에 해당한다.

2) 완전순환형 콘크리트의 개발

완전순환형 재료는 「동일한 작업부하에서 생산 및 해체가 가능한 구성재료」로서 정의할 수 있으며, 건축재료의 생산시스템 설계시 재료의 생산성(조립성) 및 해체성(분해성)을 미리 고려한 시스템을 통해 이루어질 수 있다.

현재 이에 관한 연구는 국내에서는 전무한 실정이며, 현재 일본에서 “재료보존성을 가지고 있는 콘크리트의 개발”에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히 폐콘크리트는 강재, 합성수지 등과 달리 다량의 재료들로 구성된 복합재료로서 각 재료의 강한 결합력이 강도 및 내구성을 결정하기 때문에 해체공정에서 큰 어려움이 있다.

따라서 재생골재의 품질에 가장 큰 영향을 미치는 부착모르터의 경우, 제조공정상에서는 천이대의 강한 부착력을 필요로 하지만, 해체공정에서는 천이대의 분리가 가장 필요로 하

는 생산성과 해체성의 모순된 요구조건상의 특징이 있다.

해체공정이 고려되지 않은 폐콘크리트의 고품질화 재활용 기술을 위해서는 다음과 같은 연구가 필요하며, 이러한 연구를 바탕으로 향후 「완전순환형 콘크리트의 개발」이 가능해질 것으로 판단된다.

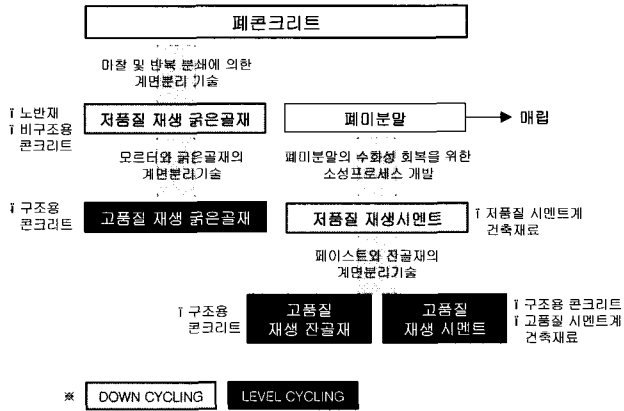


그림 3. 기존 폐콘크리트의 재활용 전략

3. 실험

3.1 실험인자 및 수준

본 연구의 실험인자 및 수준은 표 1과 같다.

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

수화성 회복을 위한 소성온도는 기존 연구^{3,4)} 결과에서 600℃, 700℃, 800℃의 실험인자에서 700℃가 가장 우수한 것으로 보고하고 있기 때문에, 이를 토대로 650℃, 700℃, 750℃의 3수준으로 하였다. 재생시멘트 모르타의 배합은 잔골재 혼합율을 45%로 고정하고 각 소성온도에 따른 재생시멘트 비중을 토대로 물시멘트비가 50, 60%가 되도록 배합 하였다.

표 1. 실험인자 및 수준

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

3.2 사용재료

본 실험에서 사용한 각 재료와 재생시멘트의 기초적인 물성은 표 2와 같다.

표 2. 사용재료의 물성

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

3.3 실험방법 및 측정

1) 재생시멘트의 제조

재생시멘트 제조과정은 그림 4와 같으며, 수화성 회복을 위한 소성조건은 그림 5, 그림 6과 같다.

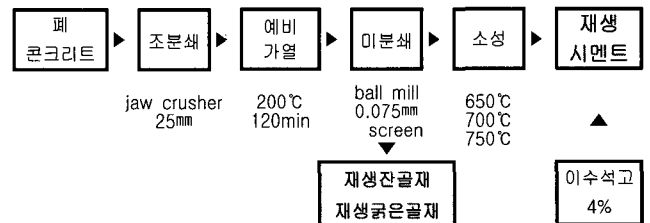


그림 4. 재생시멘트의 제조과정

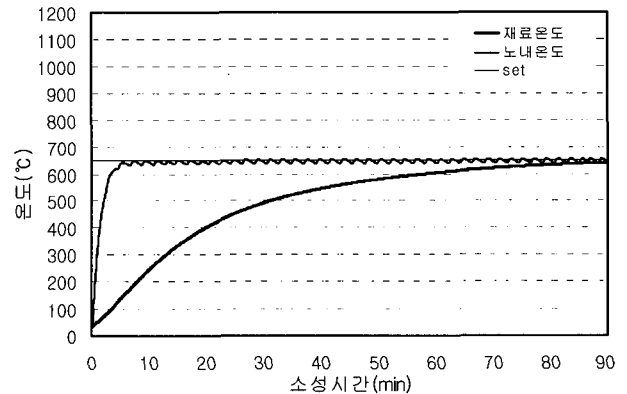


그림 5. 킬른의 소성온도와 물질온도(650℃)

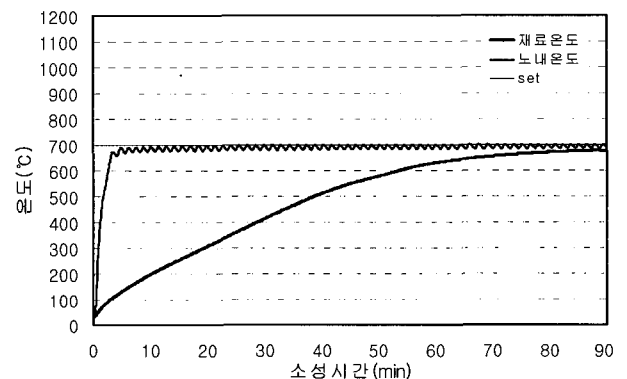


그림 6. 킬른의 소성온도와 물질온도(700℃)

2) 측정

본 연구를 위한 실험항목은 표 3과 같다.

표 3. 실험항목

실험항목		비고
재생시멘트	화학분석	KS L 5201
	열분석	KS M 0130
	X선 회절분석	KS M 0043
	비중	KS L 5110
재생시멘트 모르터	플로우	KS L 5111
	압축강도	KS L 5105
	수소이온농도	KS F 2103

4. 실험결과 및 고찰

4.1 페미분말과 재생시멘트의 화학적 특성

1) 페콘크리트 부산 미분말

그림 7은 페이스트 모재를 이용한 미분말의 열분석 결과이며, 그림 8은 실제 페콘크리트 부산 미분말의 열분석 결과를 나타낸 것이다. 이를 정량화하면 그림 9와 같다.

그림 7의 a)는 물시멘트비 60%의 시멘트 페이스트를 제조한 후, 재령 28일이 경과한 시험체의 열분석을 한 결과이며, b)는 재령 28일 후, 촉진 중성화 조건에서 100% 중성화시킨 시험체의 열분석 결과이다. 그리고, c)는 미분말 a)와 b)를 1:1로 혼합한 시험체의 열분석 결과이다.

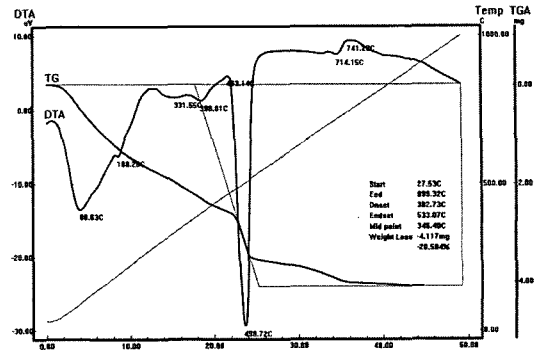
측정결과, a)와 같은 비중성화시료의 경우 DTA곡선에서 Ca(OH)₂의 피크가 분명하게 나타났으며, TG 곡선에 의해 중량감소를 알아 본 결과 전체 시료중량의 20% (4.11mg) 정도를 차지하는 것을 알 수 있었다. 하지만 CaCO₃에 의한 피크는 거의 나타나지 않았다.

그러나, 100% 중성화된 b)의 경우 Ca(OH)₂의 피크는 아주 미량인 것으로 나타났으며, 700~850°C의 온도범위에서 CaCO₃의 피크가 크게 나타나 정량화한 결과 전체 시료의 30%(5.68 mg)정도를 차지하는 것을 알 수 있었다.

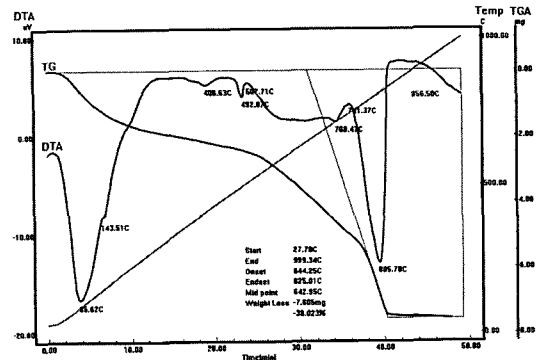
이러한 결과는 기존 연구⁹⁾에 따르면 Ca(OH)₂의 전량이 탄산칼슘으로 변화한다고 가정했을 때 CaCO₃의 중량 백분율은 20%안팎이 되므로, b)의 경우 시료 전중량의 10%에 해당하는 CaCO₃은 C-S-H 겔에 의한 것이라고 판단된다. 또한, c)는 중성화시료와 비중성화시료를 50%씩 섞은 것으로 시료 내의 Ca(OH)₂과 CaCO₃이 각각 16.4%, 15.9%로 대등하게 존재하는 것을 알 수 있었다.

그러나, 실제 페콘크리트 미분말의 경우 DTA곡선에서는 Ca(OH)₂의 피크가 분명하게 나타났으나, TG 곡선에 의해 중량감소를 알아 본 결과 전체 시료중량의 6.4% (1.58mg) 정도를 차지하는 것으로 나타났다. 그리고 페콘크리트의 일부가 중성화되어 CaCO₃량도 12.9%(3.22mg)로 높게 나타났다. 그러나, 페미분말 내 잔골재 혼입율이 높기 때문에 페이스트 모재인 페미분말에 비하여 Ca(OH)₂과 CaCO₃의 전체 혼합량은 다소 낮게 나타났다.

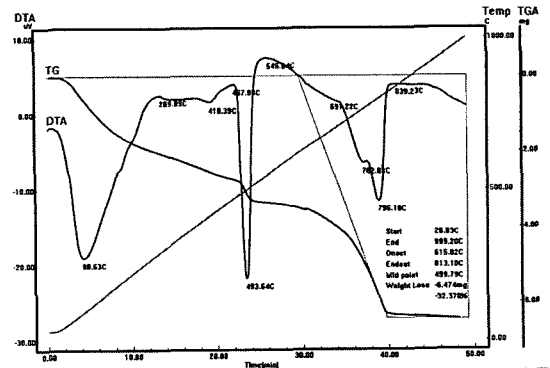
따라서, 기존 연구와 같이 재령 28일 또는 일부 중성화시킨 모르터를 모재로 사용한 경우와 실제 페콘크리트를 모재로 사용한 경우의 페미분말은 화학성분에 다소 차이가 있다.



a) NNC(비중성화시료)



b) NC(중성화시료)



c) NC+NNC

그림 7. 모재 페이스트 미분말(가공전)의 열분석(TG-DTA)

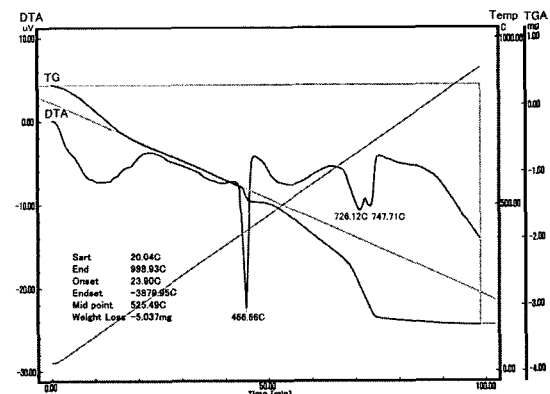


그림 8. 페콘크리트 부산 미분말(가공전)의 열분석(TG-DTA)

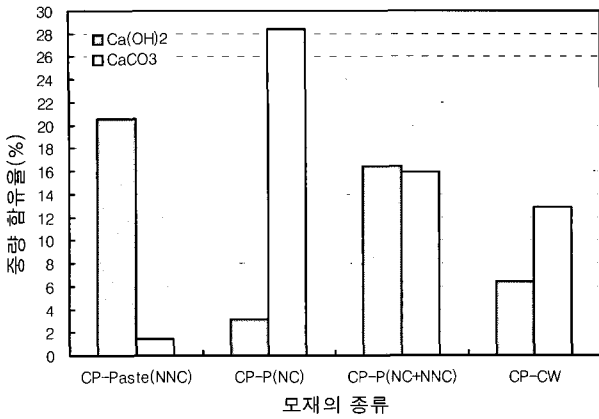


그림 9. 모재의 종류에 따른 증량 함유율

2) 재생시멘트

① 재생시멘트의 화학성분

그림 10은 모재조건에 따른 재생시멘트의 화학성분을 KS L 5201의 규준에 준하여 측정된 결과를 나타낸 것이다.

재생시멘트의 원료인 미세분말은 주로 시멘트 성분으로부터 나오기 때문에 CaO와 SiO₂가 주성분인 것으로 나타났으며, 잔골재를 100% 분리한 조건으로 볼 수 있는 페이스트 모재의 경우 보통포틀랜드 시멘트(OPC)와 거의 유사한 화학성분을 나타내었다. 그러나, 모르타나 실제 페콘크리트를 모재로 이용한 경우, OPC에 비하여 CaO가 크게 감소한 반면 SiO₂가 2배 가량 늘어난 것을 알 수 있다. 이는 재생시멘트 제조과정에서 잔골재 미분이 다량으로 함유되었기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 재생시멘트 내 잔골재 미분을 줄이기 위해 No.200(0.075mm)로 체가름하여 사용하였다. 그 결과 SiO₂의 전체 총량은 큰 변화가 없었으나 불용해잔분이 No.100에 비해 40%정도로 감소하는 것으로 나타나, 재생시멘트 내부 잔골재 미분이 다량 감소되었음을 알 수 있다.

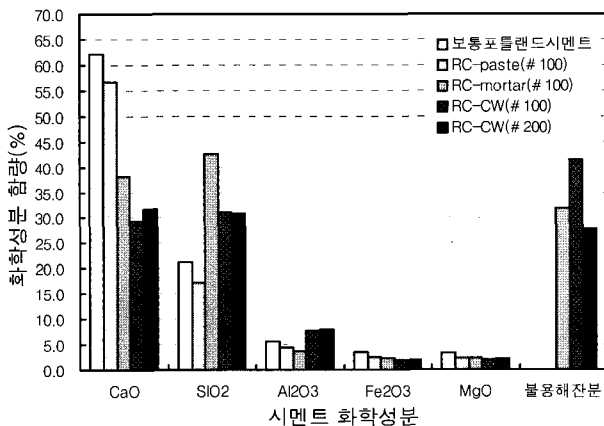


그림 10. 재생시멘트의 화학성분 비교

② 재생시멘트의 X선 회절분석

그림 11은 실제 페콘크리트를 이용한 재생시멘트의 X선 회절분석 결과이며, 그림 12는 재령 28일 양생과 촉진 중성화시킨 모델 페이스트를 각각 이용한 재생시멘트의 X선 회절

분석 결과이다.

그림에서 나타난 바와 같이 실제 페콘크리트를 이용한 재생시멘트의 경우 잔골재 혼입량으로 인한 높은 SiO₂ 피크를 나타내고 있었다. 또한, 그림 8에서의 열분석 실험결과와 같이 폐기시점에 따른 중성화의 영향으로 많은 수화조직(주로 수산화칼슘)이 중성화되어 높은 CaCO₃ (Calcite) 피크를 나타내는 것으로 나타났다.

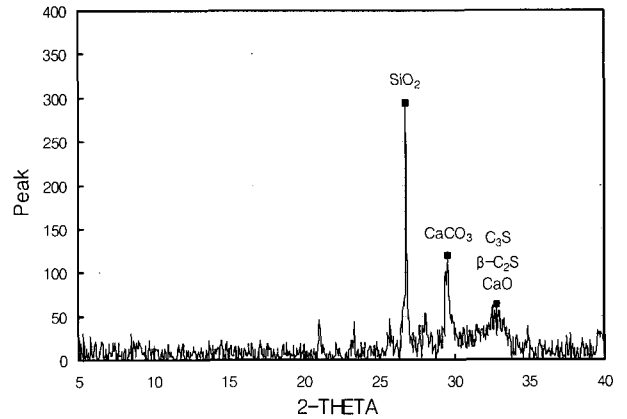
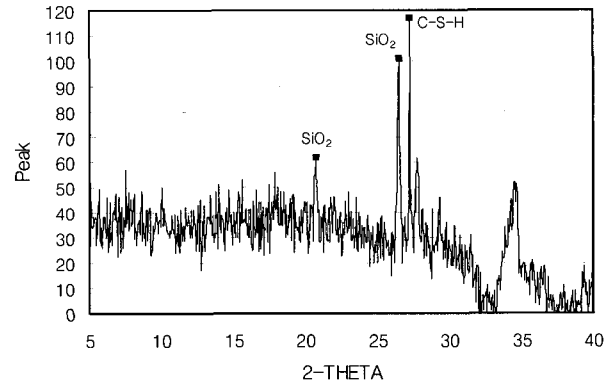
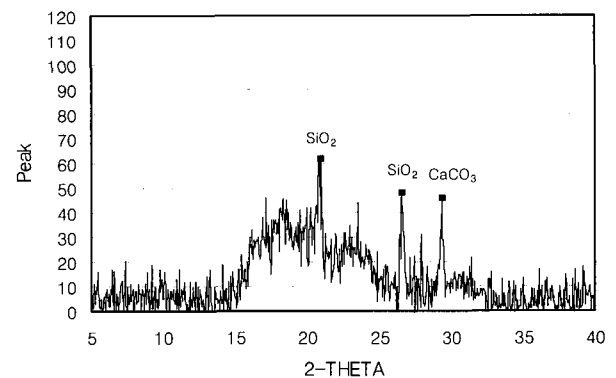


그림 11. 실제 페콘크리트를 이용한 재생시멘트의 X선 회절



a) 재령 28일 양생한 모델 페이스트를 이용한 재생시멘트(700℃ 소성)



b) 촉진 중성화시킨 모델 페이스트를 이용한 재생시멘트(700℃ 소성)

그림 12. 페이스트 모재를 이용한 재생시멘트의 X선 회절

4.2 재생시멘트 모르터의 물성

1) 재생시멘트 치환율에 따른 모르터의 플로우

그림 13, 14는 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 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.

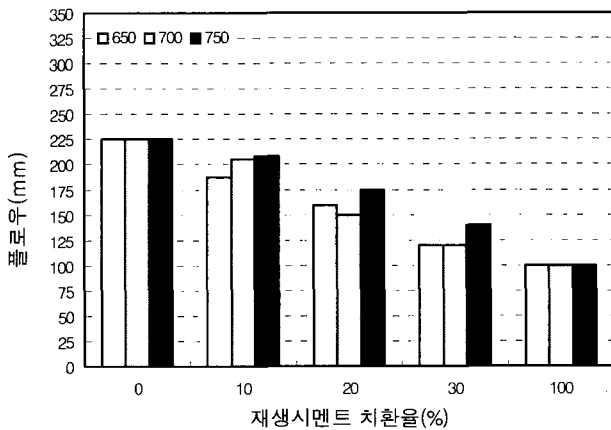


그림 13. 재생시멘트 치환율에 따른 플로우 변화(W/C=50%)

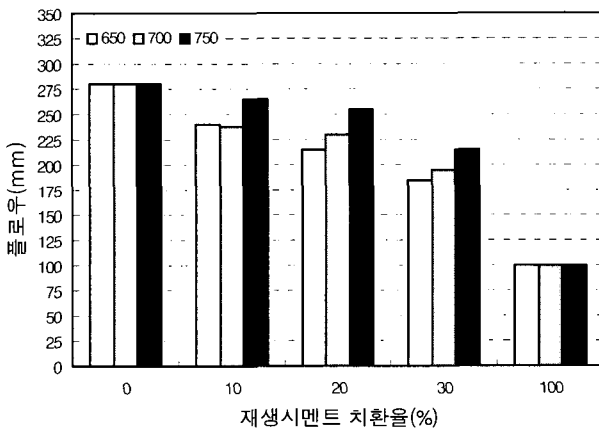


그림 14. 재생시멘트 치환율에 따른 플로우 변화(W/C=60%)

2) 재생시멘트의 모르터 압축강도

선행된 연구^{3),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 15와 같이, 소성온도 650°C 재생시멘트 모르터의 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 16에서 19와 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 20, 21에서와 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.

3) 재생시멘트 모르터의 수소이온농도(pH)

그림 22는 보통시멘트를 이용한 모르터와 재생시멘트를 이용한 모르터의 물시멘트비에 따른 수소이온농도(이하, pH)를 나타낸 것이다.

일반적인 중성화 측정방법인 페놀프탈레인법은 pH8.9를 기준으로 중성화 유무를 파악하는 개략적인 방법으로서 재생시멘트 수화물과 같이 알칼리성이 낮은 경우 중성화 저항능의 정량화에 다소 어려움이 있다. 따라서, 본 연구에서는 재생시멘트의 수화기구의 분석과 내구특성을 고려하기 위하여 KS F 2103(흙의 pH값 측정방법)에 준하여 보통시멘트 모르터와 재생시멘트 모르터의 pH값을 측정하였다.

그림과 같이 재생시멘트를 100% 치환한 모르터의 경우 보통모르터의 pH(12.5 이상)에 비하여 다소 낮은 값(12.0)을 나타내었으나, 철근부식을 방지할 수 있는 안전한 값을 나타내었다.

특히, 일반적으로 재알칼리화 공법에 의한 알칼리성이 pH가 10인 점을 고려하면 재생시멘트 수화물의 알칼리도는 높은 수준인 것으로 판단된다.

그러나, 본 실험에서의 물시멘트비는 50~60%의 범위였으나, 재생시멘트 내부의 40%가량의 잔골재가 혼입되어 있기 때문에 실제 물시멘트비는 80~100%로 크게 증가되게 된다. 이는 기존 연구결과에서, 재생시멘트 내부의 잔골재 성분을 완전히 제거하였을 경우 보통시멘트의 80% 수준의 강도결과를 나타내었으나, 잔골재 미분말의 혼입에 따라 강도가 감소한 것을 고려할 때 물시멘트비의 증가로 인한 내구성능의 저하 또한 예상된다.

따라서 수화조직이 치밀하지 못한 재생시멘트 수화물의 내부 공극으로 CO₂의 침투확산이 크게 빨라질 것으로 보인다.

향후, 재생시멘트 내부의 잔골재 감소에 따른 수화물 내부의 포로시티와 강도 및 내구특성의 관계에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

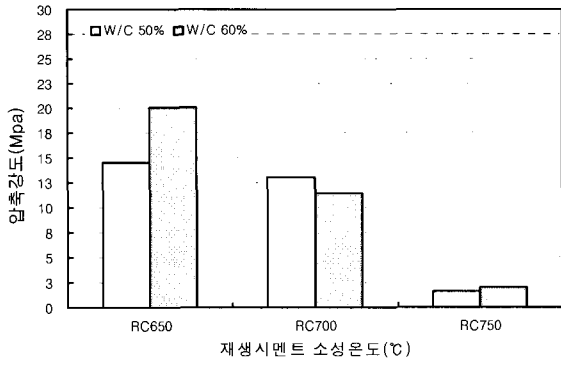


그림 15. 재생시멘트 소성온도에 따른 28일 압축강도

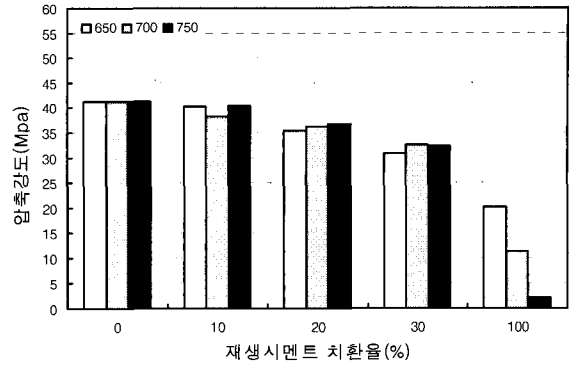


그림 19. 재생시멘트 치환율에 따른 28일 압축강도(W/C=60%)

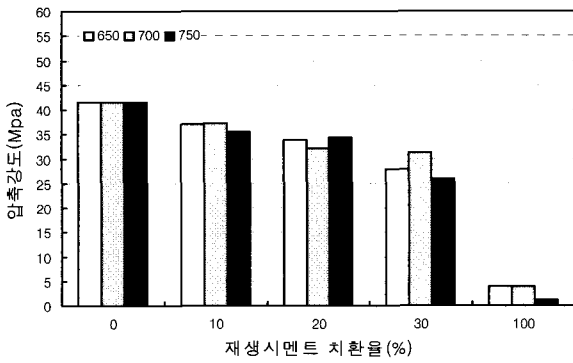


그림 16. 재생시멘트 치환율에 따른 7일 압축강도(W/C=50%)

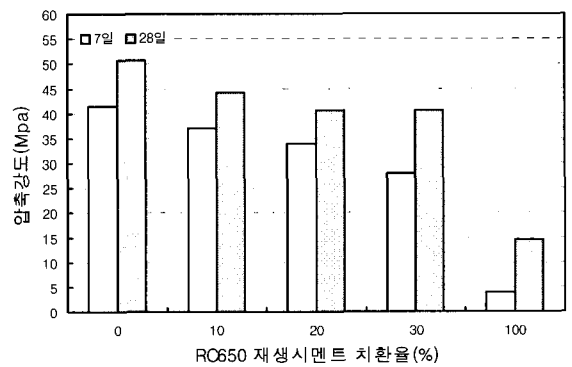


그림 20. RC650 재생시멘트 재량에 따른 압축강도(W/C=50%)

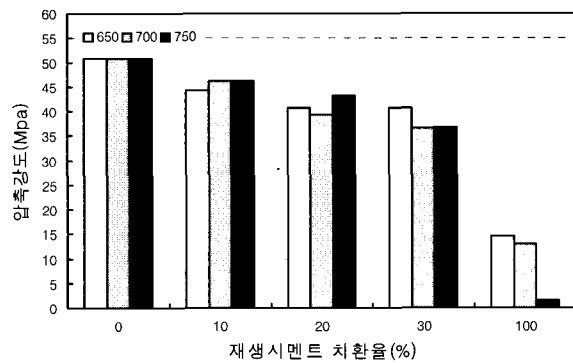


그림 17. 재생시멘트 치환율에 따른 28일 압축강도(W/C=50%)

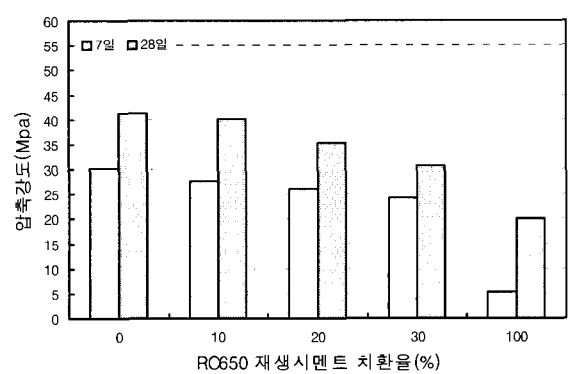


그림 21. RC650 재생시멘트 재량에 따른 압축강도(W/C=60%)

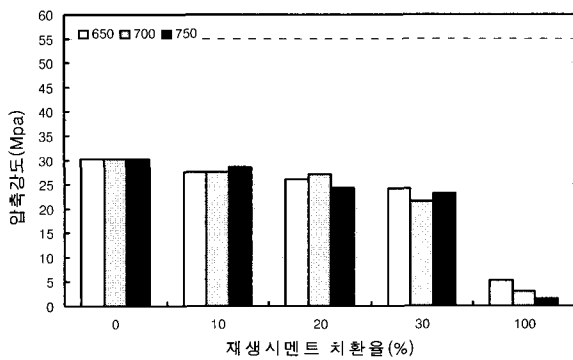


그림 18. 재생시멘트 치환율에 따른 7일 압축강도(W/C=60%)

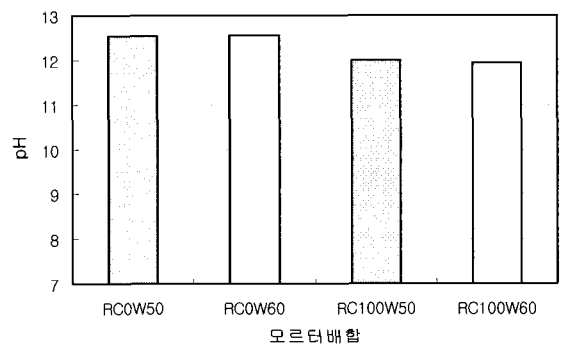


그림 22. 보통모르터와 재생시멘트 모르터의 재령 28일 pH

5. 결 론

본 연구에서는 폐콘크리트의 완전 순환 이용을 위하여 실제 폐콘크리트 부산 미분말의 재생시멘트 활용 가능성을 제반 물성실험을 통해 고찰하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 실제 폐미분말을 이용한 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 때문이며, No.200 이하로 체가름한 결과, 잔골재 혼입율을 다소 감소시킬 수 있었다.
- 2) 재생시멘트의 X선 회절분석 결과, 기존 모델 모재를 이용한 경우와 유사한 것으로 나타났으나, 잔골재 혼입으로 인한 SiO₂ 성분과 중성화로 인한 CaCO₃ 성분이 높게 나타났다.
- 3) 기존 모델실험과 마찬가지로 실제 폐콘크리트를 이용한 재생시멘트의 유동성은 다소 낮은 것으로 나타났다. 이는 Ca(OH)₂의 탈수에 의해 생성된 CaO의 물과의 급격한 소화(消和, slaking)에 의한 단위수량의 급격한 소실에 의한 것으로 판단된다.
- 4) 실제 폐콘크리트계 미분말은 650°C~750°C 온도범위에서 기존의 연구와 달리 소성온도 650°C인 경우 강도측면에서 최적 소성조건인 것으로 판단된다.
- 5) 재생시멘트 모르타의 수소이온농도(pH)의 측정 결과, 재령 28일에서는 pH12의 안정된 값을 나타내었으나, 축진재령에서의 내구특성에 관한 연구가 필요하다.

이상과 같은 연구결과, 실제 폐콘크리트계 미분말의 재가공을 통하여 모델실험과 유사하게 나타났으며, 재생시멘트로서의 활용이 가능한 것으로 나타났다. 특히 재생시멘트 내 잔골재 미분량을 줄였기에 기존의 모델실험에 비해 품질이 우수하게 나타났다. 따라서 잔골재 미분을 줄일 수 있는 더욱 효과적인 연구가 이루어져야 될 것으로 판단된다. 그러나, 보통시멘트와 상이한 화학성분으로 인한 수화특성의 미시적 분석이 필요한 것으로 판단된다.

또한, 본 연구에서 사용한 실제 폐콘크리트는 재령과 배합을 알 수 없었기 때문에 다양한 폐콘크리트의 적용실험을 통하여 재생시멘트의 품질변동과 품질관리 방안에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 吳相均·安宰徹 外, 韓國での建設廢棄物の發生量とリサイクルに関する考察, 日本建築學會大會學術講演便概集, 2002年8月, pp.991-992
2. 吳相均·安宰徹 外, セメントモルタルの加熱粉砕による再生セメントへの再利用, 日本建築學會大會學術講演便概集, 2002年8月, pp.993-994
3. 오상균, 폐콘크리트 미분말을 이용한 재생시멘트의 수화성 회복에 관한 연구, 대한건축학회논문집(구조계) 18권 10호, 2002. 10. pp.53-60
4. 안재철 외, 폐콘크리트계 미분말의 소성조건에 따른 재생시멘트의 물성, 대한건축학회 논문집(구조계) 제19권 11호, 2003. 11., pp.109-116
5. 안재철, 중성화가 진행된 폐콘크리트계 미분말의 재생시멘트 활용을 위한 수화성 회복, 대한건축학회 논문집(구조계) 20권,11호, 2004.11. pp.91-98
6. 김무한, 재생미분말의 가열온도에 따른 기초물성 및 시멘트 혼화제 적용성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 2001년도 봄학술발표회 논문집, Vol.13 No.1
7. 황혜주, 폐콘크리트 미분말을 이용한 재생시멘트 개발에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 2002년도 봄학술발표회 논문집, Vol.14 No.1
8. 강병희, 초음파에 의한 고온수열콘크리트의 강도추정에 관한 실험적 연구, 한양대학교 박사학위논문, 1989
9. 小林一輔, コンクリート構造物の早期劣化と耐久性診断, 森北出版, 1991年7月
10. 小林一輔, コア採取によるコンクリート構造物の劣化診断法, 森北出版, 1998年4月
11. 박승범, 건설폐기물의 국내의 재활용기술의 현황 그리고 처리 및 재활용 실태, 한국콘크리트학회 가을학술발표대회 논문집, 2000. pp.46-53
12. 김광우, 재생콘크리트의 강도특성상의 문제점, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집 제7집, 1992. pp.44-49