

재생시멘트를 이용한 콘크리트벽돌의 물성 연구

The Study Concrete Brick Material of Recycle Cement Using

○ 서 경 호* 박 차 원** 안 재 철*** 강 병 희****
 Xu, Jing-Hao Park, Cha-Won Ahn, Jae-Cheol Kang, Byeung-Hee

Abstract

Serious problems of the environment protection and resource exhaustion are exhibited, due to the increase of the construction materials and activation of the remodeling, recently. Especially, most of the advanced countries, recycling plan for the waste concrete is vigorously progressing. The purpose of this study is making advances in the recycling of waste concrete material for use as recycled aggregate to make secondary concrete product.

Using recycled aggregates form demolished concrete, we manufactured cement bricks to experiment overall performance in Korean Standard and feasible performances. On the recycled cement, in the case of cement : aggregate is 1 : 7 is satisfied with KS F 4004 : dimensions, water absorption, compressive strength of quality of a standard.

So we concluded that it has great feasibility to apply these products to construction industry.

키워드 : 건설폐기물, 재생 시멘트, 페콘크리트, 벽돌
 Keywords : Construction Wastes, Recycle Cement, Waste Concrete, Brick

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 건축물의 노후화에 따른 페콘크리트, 페아스팔트, 폐목재 등의 건설폐기물이 크게 증대되고 있는 실정이다. 이는 건축물의 노후화에 따른 재건축 시점에 이르렀기 때문이다. 특히, 산업폐기물 전체에서 약 60%이상이 건설폐기물이 차지하고 있으며, 이중 50%가 페콘크리트인 점을 감안할 때, 자원의 효율성을 높이기 위해 건설폐기물의 재활용이 필수적이다.

국내의 경우 건설폐기물의 처리는 주로 단순매립에 의존하여 왔으나 막대한 수송비와 처분비용 및 매립장의 부족으로 인해 현재 국내에서 발생하는 건설폐기물의 상당부분이 불법매립, 투기 및 소각처리 되고 있는 실정이다.

국내에서 페콘크리트를 이용한 재생골재는 현재 실용화 단계에 있다. 뿐만 아니라 페콘크리트의 20%이상을 차지하는 페콘크리트계 미분말의 재생시멘트로서의 재활용에 관한 연구^{1), 2)}도 진행되고 있다.

그러나 재생시멘트는 강도측면에서 아직 고품질화가 이루어지지 않았기 때문에 시멘트의 일부 대체재료로서의 사용과 비구조용 재료에서 사용을 검토해야 할 것이 적당할 것으로 판단된다.

따라서 공장제품으로 유동성이 불필요하고 비교적 낮은 압축강도로써 품질관리가 이루어지고 있는 콘크리트벽돌을 실험 대상으로 선택했다.

이에 본 연구는 재건축으로 인해 발생하는 건설폐기물중에서 페콘크리트의 재활용을 위한 기술개발의 일환으로, 콘크리트 미분말을 재활용한 재생시멘트를 이용하여 콘크리트벽돌을 제조하고 그 물성을 검토하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 페콘크리트 재생시멘트의 치환율에 따른 콘크리트벽돌의 물성을 파악하기 위하여 실험적 고찰을 하였다. 재생시멘트는 선행된 연구^{1), 2)}와 같은 방법으로 제조하였으며, 골재는 KS F 4004 콘크리트벽돌제작용 골재의 규준에 맞게 입도 조정을 했다.

제작된 시험체의 치수, 압축강도, 흡수율 및 단위용적중량을 측정하여 KS규준과 비교, 분석하고 단열성능 평가를 위해 열전도율을 측정했다.

그 결과를 바탕으로 일반시멘트에 재생시멘트를 치환한 재생시멘트콘크리트벽돌의 적정 배합설계 방법을 제안하는 것을 연구범위로 했다.

* 정회원, 동아대 건축학부 석사과정
 ** 정회원, 동아대 건축학부 박사수료
 *** 정회원, 동아대 건축학부 초빙교수, 공학박사
 **** 정회원, 동아대 건축학부 교수, 공학박사

2. 실험

2.1 실험인자 및 수준

실험인자 및 수준은 표 1과 같다.

표 1. 실험인자 및 수준

인자	RC치환률(%)	C+RC : S	W/C	계	비고
	0				C : 시멘트 S : 일반골재 E : 재생시멘트
	20	1 : 7	35%		
	30	1 : 10			
	40				
수준	4	2	1	8	

2.2 배합

현재 콘크리트벽돌의 품질은 KS F 4004에 압축강도 8 Mpa 이상, 흡수율 10% 이하로 규정되어 있으나 배합에 관한 규정은 없는 실정이다. 본 연구에서는 한국산업규격을 획득한 대부분의 업체가 적용하는 1 : 10의 배합과 재생시멘트 특성을 감안하여 1 : 7의 부배합으로 정했다.

2.3 실험방법

1) 실험재료

(1) 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 S사의 보통포틀랜드 시멘트로써 그 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 시멘트의 물리적 성질

시멘트	비중	분말도 (cm ² /g)	응결(hr)		안정도 (%)	압축강도 (kg/cm ²) 28일
			초결	종결		
C	3.15	2,260	4:00	6:45	0.11	385

(2) 재생시멘트

① 수화성을 회복을 위한 재생cycle

재생시멘트의 수화성 회복을 위한 제조 과정은 본 연구에서는 선행된 연구를 바탕으로 300℃ 70분의 예비가열을 하였으며, 소성은 700℃, 90분 간격으로 하였다. 재생시멘트 제조과정은 그림 1과 같다.

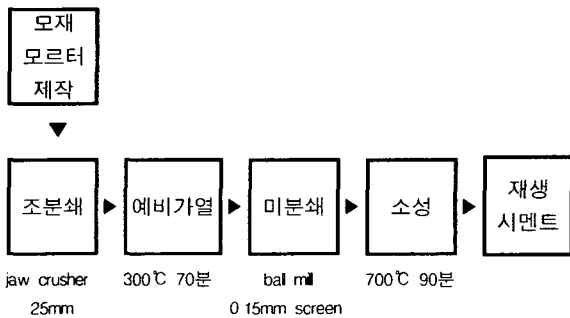


그림 1. 재생시멘트 제조

② 재생시멘트의 물리적 화학적 특성

재생시멘트의 물리적성질·화학적 성분은 표 3·표 4와 같다.

표 3. 재생시멘트의 물리적 성질

시멘트	비중	분말도 (cm ² /g)	응결(hr)		안정도 (%)	압축강도 (kg/cm ²) 28일
			초결	종결		
RC	2.66	3,540	-	-	-	154

표 4. 재생시멘트의 화학적 성분 (%)

시멘트	성분	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃
RC		38	42.3	4.0	3.3	3.5	1.6

③ 골재

골재는 부산지역 콘크리트벽돌공장에서 사용하는 용원산 세석골재와 낙동사를 표준입도에 맞도록 1 : 2의 비율로 혼합하여 사용했다. 콘크리트벽돌 제작용 골재의 입도분포는 표 5와 같다.

표 5. 콘크리트 벽돌제작용 골재의 입도분포 (%)

구분	최대치수	단위용적 중량 (kg/m ³)	흡수율 (%)	조립율	NO.4 잔존율 (%)	비중
잔골재	5mm	1,725	1.94	2.55	0	2.69
세석골재	10mm	1,705	0.55	3.57	8.15	2.71

④ 사용수

본 실험에서는 불순물 등을 포함하지 않은 부산시 상수도 물을 사용했다.

2) 재생콘크리트벽돌의 제작과정

(1) 시험체의 제작 및 다짐방법

재료의 혼합방법은 배합표에 따라 믹서에 일반골재와 (일반+재생)시멘트를 넣고 1분간 건비빔한 후, 물을 넣고 3분간 혼합하였다. 공시체는 190×90×57mm 크기의 표준형으로, KS F 4004에 준하여 진동가압식으로 제작하였다.

(2) 양생방법

벽돌의 양생은 KS F 4004규준에 준하여 성형 직후 탈형하여 습도 100%, 온도 21±0.5℃ 상태에서 24시간 존치한 다음 온도 20±0.5℃의 다습상태에서 9일간 보양 후 자연상태로 야적시켰다. 총 재령은 28일로 하였으며 총 적산온도 약 1350±50℃로 양생했다.

3) 측정

(1) 치수

버니어 캘리퍼스로 각 면을 2회 이상 측정해 평균값을 사용했다.

(2) 단위용적중량

단위용적중량시험은 시험체를 건조로에서 온도 60°C, 48시간동안 건조시킨 후 기건 상태로 만들어 측정했다.

(3) 압축강도

재생콘크리트벽돌의 압축강도는 KS F 4004의 콘크리트벽돌 공시체 압축강도시험 방법에 따라 만능시험기(UTM : Universal Test Machine)로 시험했다.

(4) 흡수율

흡수율 시험은 KS F 4004의 콘크리트 벽돌의 흡수율측정방법에 준하여 측정했다.

3. 실험 결과 및 분석

본 연구는 배합비 1 : 10의 치환율 0%, 20%, 30%, 40%의 경우는 기존 벽돌제작 시스템에 재생시멘트를 사용함에 따라 수렴도 부족 및 설비의 노후화로 인하여 제작이 불가능하였다.

KS F 4004 A종 벽돌과 B종 벽돌은 경량 골재를 사용한 경량 벽돌이고, 보통 골재만을 사용한 벽돌은 C종 벽돌에 적합하여야 한다. 벽돌은 품질 기준은 아래의 표 6과 같다.

표 6. 콘크리트 벽돌의 KS품질기준

구분	기건 비중	압축 강도(N/mm ²)	흡수율(%)
A종	1.7 미만	8 이상	-
B종	1.9 미만	12 이상	-
C종 벽돌	1급	16 이상	7 이하
	2급	8 이상	10 이하

3.1 치수 및 허용오차

본 실험에서 제작한 재생시멘트를 사용한 재생콘크리트벽돌은 KS F 4004 표준형벽돌규격으로 하였다. KS F 4004 표준형벽돌의 치수는 190×90×57mm, 허용오차는 길이, 나비, 두께에 상관없이 ±2mm의 범위로 규정했으며, 실험결과, 재생콘크리트벽돌의 오차는 ±2mm 이내로 KS의 품질기준을 만족하고 있다.

3.2 단위용적중량

일반시멘트의 비중이 3.15인데 비해 재생시멘트의 비중은 2.66으로 일반시멘트에 비해 재생시멘트의 비중이 14% 낮다. 따라서 재생시멘트를 많이 사용할 수록 재생콘크리트 벽돌의 단위용적중량이 낮아지지만 재생콘크리트 벽돌에서 시멘트중량이 차지하는 비중이 13%이므로 일반콘크리트벽돌에 비해 단위용적중량은 큰 차이가 없었다.

3.3 압축강도

재생시멘트를 사용한 재생콘크리트벽돌의 압축강도 시험은

KS F 4004에 따라 실시하였으며, 압축강도 규정은 8Mpa이상으로 한다.

1) 시멘트와 골재의 배합비가 1 : 7의 경우

재생시멘트 치환율에 따른 재생콘크리트벽돌의 압축강도는 그림 2와 같다.

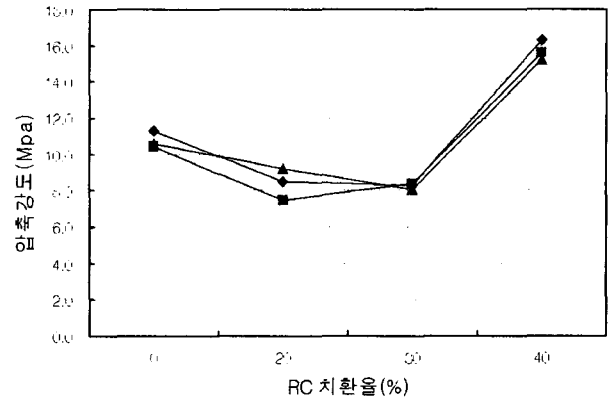


그림 2. RC치환율에 따른 압축강도 (시멘트 골재비가 1 : 7인 경우)

그림 2에서 나타난 바와 같이 재생시멘트 치환율이 0%에서 30%까지는 강도가 완만하게 저하하는 경로 나타났지만 치환율이 40%에서는 강도가 급격한 상승을 나타냈다. 최대 강도차는 치환율 20%대에서 1.7Mpa로 크게 차이가 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 KS 표준과 비교하였을때 4가지 치환율 모두 콘크리트 벽돌의 허용압축강도 8Mpa를 만족하였다.

2) 시멘트와 골재의 배합비가 1 : 10의 경우

실험에서 시멘트모래비가 1 : 10으로 만든 콘크리트벽돌은 모두 소성도중 균열이 발생하였다. 재생시멘트 치환율에 따른 재생콘크리트벽돌의 압축강도는 그림 3과 같다.

그림 3에서 나타난 바와 같이 치환율에 상관없이 시멘트모래비가 1 : 10으로 만들어진 모든 콘크리트벽돌은 KS규준의 허용압축강도 8Mpa에 미치지 못했다.

따라서 시멘트모래의 배합비가 1 : 7의 경우만이 KS 규준인 8Mpa를 만족하였다.

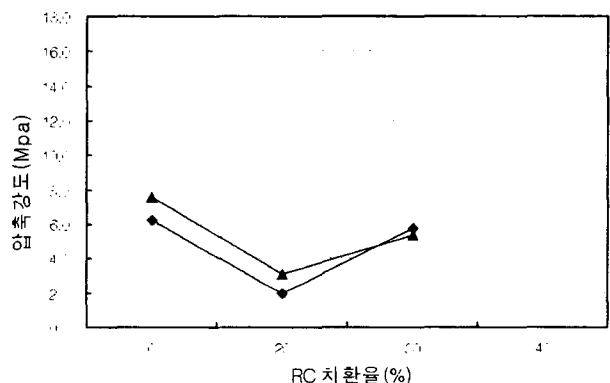


그림 3. RC치환율에 따른 압축강도 (시멘트 골재비가 1 : 10인 경우)

3.4 단위체적당 흡수율

콘크리트 벽돌은 흡수율이 높을 경우 모르타의 수분을 흡수하여 부착성을 저하시키는 문제를 일으키게 된다. 또한 흡수에 의한 재료의 신축으로 벽돌벽의 균열이 발생하기도 한다. 따라서 KS F 4004에서는 보통 콘크리트벽돌의 흡수율을 10% 이내로 규정하고 있다. 본 연구에서 제작한 재생콘크리트벽돌은 단위용적중량이 보통 콘크리트벽돌과 비슷함으로 일반 콘크리트벽돌의 흡수율을 기준으로 비교하였다.

1) 시멘트와 골재의 배합비가 1 : 7인 경우

재생시멘트 치환율에 따른 재생콘크리트벽돌의 단위체적당 흡수율은 그림 4와 같으며, 재생콘크리트벽돌의 단위체적당 흡수율은 재생시멘트 치환율에 따른 차이는 없다.

재생시멘트를 치환한 벽돌의 흡수량 평균값은 일반 콘크리트벽돌에 비해 치환율이 0%일때 9.1%, 치환율이 20%일때 12.6%, 치환율이 30%일때 17.2%정도로 KS F 4004의 규준보다는 다소 높았다. 그러나 치환율이 40%일 때에는 18.9%가 적어 KS F 4004규준보다 낮았다.

2) 시멘트와 골재의 배합비가 1 : 10인 경우

재생시멘트 치환율에 따른 재생콘크리트벽돌의 단위체적당 흡수율은 그림 5와 같다.

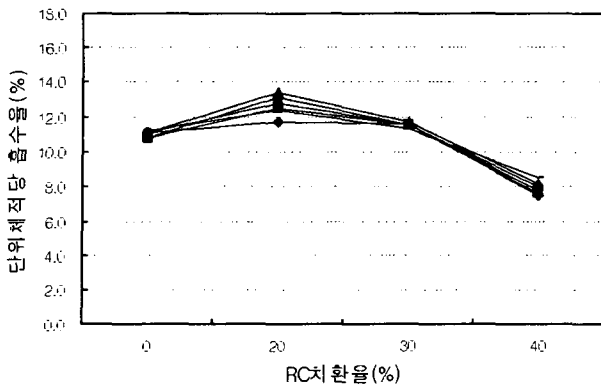


그림 4. RC 치환율에 따른 단위체적당흡수율
(시멘트 골재비가 1 : 7인 경우)

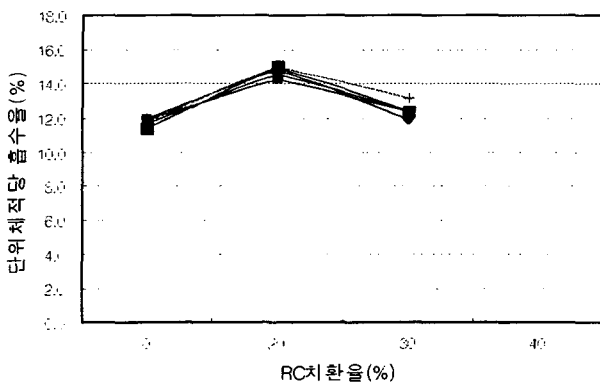


그림 5. RC치환율에 따른 단위체적당흡수율
(시멘트 골재비가 1 : 10인 경우)

재생콘크리트벽돌의 단위체적당 흡수량은 재생시멘트 치환율에 따른 차이는 거의 없었다.

재생시멘트를 치환한 벽돌의 흡수량 평균값은 일반 콘크리트벽돌에 비해 치환율이 0%일때 16.7%, 치환율이 20%일때 44.2%, 치환율이 30%일때 23.5%정도로 KS F 4004의 규준보다는 높았다.

위 두 결과 재생시멘트를 치환한 재생콘크리트벽돌의 흡수율은 KS F 4004의 규정 10%보다 9~44%까지 높게 나타나 불량한 재생콘크리트벽돌이 제작됨을 알 수 있었다.

4. 결 론

1) 재생시멘트를 사용한 재생콘크리트벽돌의 압축강도는 재생시멘트 치환율이 20%증가함에 따라 평균 약 16%씩 감소하다가 치환율이 40%에 이르러서는 감소함을 멈추고 80% 상승하였다. 시멘트와 골재의 배합비 1 : 7의 경우 치환율에 상관없이 모두 KS 규준인 8MPa를 만족했으나 배합비 1 : 10의 경우 모두 KS 규준에 만족하지 못했다.

2) 재생시멘트를 사용한 재생콘크리트벽돌의 흡수율은 재생시멘트 치환율에 따른 차이는 크지 않았다. 시멘트 골재비가 1 : 7인 경우의 재생시멘트 치환율이 40%인 경우에서만 KS F 4004의 규정보다 18.9% 낮게 나타났다. 그 외의 모든 결과치는 KS F 4004의 규정보다 9~44%까지 나타났다.

3) KS규준을 만족하는 재생콘크리트벽돌의 배합은 시멘트와 골재비 1 : 7의 경우 재생시멘트 치환율 40%, W/C 35%이다. 이때의 압축강도는 16 MPa, 흡수율은 8.11%로 나타났다.

4) KS F 4004규격에 비해 강도가 다소 낮게 나온 이유는 대규모 벽돌공장에서는 소량의 콘크리트벽돌 제작이 불가능했고 낙후된 장비와 현장경험부족으로 인한데 기인한 것으로 사료된다.

5) 재생시멘트에 혼입되어 있는 분리되지 않은 상태의 골재 미분을 효과적으로 분리하는 방법이 모색되어 페콘크리트에서 양질의 재생시멘트를 분리할 수 있어야 되리라 사료된다.

이상과 같이 재생시멘트를 이용한 콘크리트 벽돌의 물성실험을 통하여, 유동성과 강도의 측면에서 보통시멘트에 비하여 저품질을 나타내는 재생시멘트의 활용 가능성을 확인하였다.

현재, 시멘트, 콘크리트계 제품의 건축재료 적용이 활발한 점을 고려한다면, 각종 비구조용 건축재료, 및 내장재로서 다양한 활용가능성을 고찰할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 강병희 외. 건축재료, 대한건축학회, (2000).
2. 안재철, 강병희, 재생 경량골재 콘크리트의 개발에 관한 연구. 대한건축학회 부산. 경남지회 학술발표대회 논문집 제8권 1호. (2001).
3. 오상균. 페콘크리트 미분말을 이용한 재생시멘트의 수화성 회복에 관한 연구. 대한건축학회학술논문집. 18권 10호. 2002. 10