

산처리에 의한 순환잔골재의 품질과 모르타르의 특성에 관한 연구

A Study on the Recycled Fine Aggregate and Properties of Mortar by the Acid Treatment

김 하 석*	선 정 수*	곽 은 구*	한 기 석**	이 도 현***	김 진 만****
Kim Ha-Suk	Sun Joung-Soo	Kawg Eun-Gu	Han Ki-Suk	Lee Do-Heune	Kim Jin-Man

Abstract

This study is intended for how to utilize the recycled fine aggregate which is produced by concrete wastes. It analyzes the quality of the fine aggregate which is reproduced through the acid treatment process, and comprehends the characteristics of mortar using the recycled fine aggregate to review whether it can be put to practical use for concrete.

The conclusion of the study are as follows

1. The recycled fine aggregate through the acid treat shows the low rate of absorption and high density.
2. Compared to the mortar made from acid liquid precipitated recycled fine aggregate, using nature water precipitated one reduces the flow.
3. The compressive strength of mortar using recycled fine aggregate tends to be reduced according to the kind of precipitated water.

Based on the above results, the recycled fine aggregate through the acid treatment process satisfies the quality standards of the first-grade recycled fine aggregate of KS F 2573 (recycled fine aggregate for concrete) but it is concluded that the recycled fine aggregate through the acid treatment process can not used as fine aggregate used concrete because it has destructive characteristics when the mortar is produced

키워드 : 산, 순환골재, 압축강도, 휨강도,
Keywords : Acid, recycled aggregated ,compressive strength, Flexural strength,

1. 서 론

높은 경제 성장과 고도의 산업화로 인해 60년대 이후 축조된 구조물의 재개발과 재건축에 의한 해체작업 중 발생하는 폐콘크리트를 활용하여 생산하는 순환골재는 알맞은 생산 공정과 효율적 기술의 개발 여부에 따라 환경오염의 억제와 부족한 골재자원을 해소하는 것 이외에 높은 부가가치 창출이 가능한 자원이다. 이러한 배경에서 국내에서는 폐콘크리트를 자원화하여 활용하기 위해 많은 연구와 기술개발이 이루어지고 있으며 2003년 12월 공공 공사에 양질의 순환골재를 의무 활용 등을 골자로 한 '건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률'이 제정되었으며 2005년 8월 '순환골재 품질 기준안'을 제시하여 사용 용도에 대한 순환골재 품질기준이 제시 되었다.

하지만 현재 생산되고 있는 순환 잔골재의 경우 높은 흡수율과 낮은 밀도로 인해 순환골재 품질 기준안에 제시되어 있는 구조용 콘크리트 골재로서 사용하지 못하고 부가가치가 낮은

성토, 복토용 등으로 대부분 사용되어 지고 있다.

현재 일반적인 순환 잔골재는 건식공정으로 인한 단순파쇄에서 골재 세척 등을 위한 습식공정으로 생산 공정이 바뀌어가는 추세이긴 하지만 습식공정을 사용하여 생산한 순환골재도 그 품질이 미비한 실정이다. 이는 습식공정으로 생산된 골재의 경우에 다량의 구모르타르 성분이 존재하며 사용되는 세척수의 경우 골재 세척 후 순환하여 사용되어 지고 있어 칼슘 성분을 다량 함유한 pH 12~13의 고알카리성수로 변화되어 골재 내 페모르타르분을 효과적으로 제거하지 못하기 때문이다. 이에 현 국내에서는 높은 알카리수를 산성화시켜 높은 흡수율을 야기시키는 페모르타르분을 제거하는 연구가 진행되고 있으며, 세척수를 산성수로 하는 방법으로는 황산이나 염산인 산성용액을 첨가시키는 방법이 연구되어 지고 있다.

그러나 골재를 산성액으로 세척할 경우 골재 표면에 황이나 염이 존재하여 시멘트와 반응 할 경우 팽창에 의한 콘크리트 균열을 야기시키는 위험이 존재하게 된다.

이에 본 연구는 기존 습식 생산 공정의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 이러한 산성수를 세척수로서 활용 가능 한지를 검토하기 위하여 골재를 천연수와 산성용액을 희석시킨 용액에 침수시킨 후 제조되어진 골재의 밀도 및 흡수율, 실적률 등 물리적 특성을 검토하고 모르타르 시험을 실시하였다.

* 정회원, 공주대학교 RRC/NMR 전임연구원
** 정회원, (주)하이셈텍 기술이사
*** 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 연구위원
**** 정회원, 공주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 순환골재의 물리적 특성

본 실험에서 사용한 순환골재는 충남 천안시에 위치한 G사에서 생산되고 있는 순환골재를 대상으로 하였으며 침전수로 는 천연수, 황산, 염산 3수준으로 하였다. 침전 시 전체 조건으로는 골재와 침전수의 비율은 1:8로, 침전수에 사용된 황산과 염산은 물에 대한 비율 1:10으로 희석하였다. 또한 침전수와 골재가 충분한 반응을 하도록 48시간 침전하였으며 처리 후 골재의 물리적 특성은 표 1, 그림 1과 같다.

표 1. 침전수별 골재의 물리적 특성

		원골재	천연수	황산	염산
밀도 (g/cm ³)	절건	2.27	2.31	2.35	2.35
	표건	2.42	2.47	2.45	2.45
흡수율(%)		6.6	6.7	4.3	4.4
실적률(%)		63.5	64.0	64.1	64.7
조립율		3.4	3.4	3.3	3.3

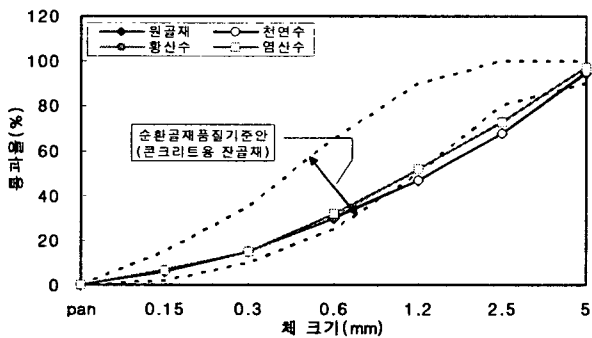


그림 1. 침전수별 골재 입도 변화

2.1 밀도 및 흡수율

그림 2는 원골재와 침전수 종류에 따른 흡수율에 대한 실험 결과로 원골재와 천연수 골재는 흡수율이 5%이상으로 나타나고 있는 반면에 황산과 염산을 사용한 골재는 흡수율이 5%이하로 나타나고 있어 순환골재 품질기준안에서 제시하고 있는 흡수율에 만족하는 것으로 나타났다. 이는 순환골재의 표면에 부착되어 있는 시멘트 페이스트와 석회 성분이 황산과 염산에 반응하여 석고와 염화칼슘으로 용출되어 골재의 흡수율이 내려간 것으로 사료된다.

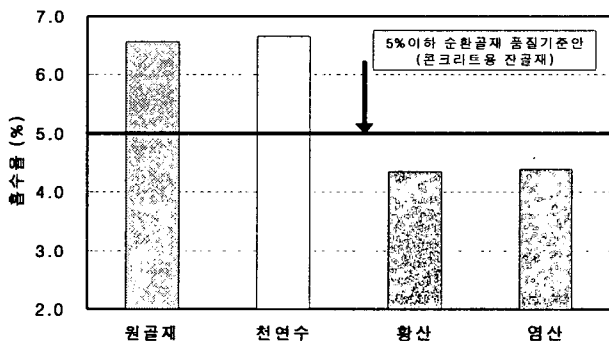


그림 2. 침전수별 골재 흡수율 변화

원골재와 침전수 종류에 따른 밀도를 나타낸 그림 3은 모든 골재가 순환골재 품질 기준안에서 제시하고 있는 콘크리트용 잔골재 밀도 2.2이상에 만족하는 것으로 나타났다. 원골재에 비해 침전수를 사용한 경우가 골재의 밀도가 증가하는 것으로 나타났으며, 증가비율은 약 0.5% 정도를 보이고 있다. 이는 원골재에 비해 침전수를 사용할 경우 골재 표면에 붙어 있는 석회 성분과 분진을 제거하는 것으로 사료된다.

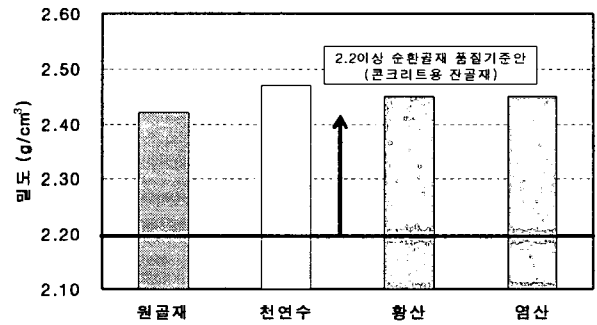


그림 3. 침전수별 골재 밀도 변화

2.2 실적률

그림 4는 원골재와 침전수 종류에 따른 실적률을 나타내는 것으로 순환골재 품질기준안에서 제시하고 있는 콘크리트용 잔골재는 53%이상을 보이고 있으며, 침전수를 처리한 골재가 실적률이 증가하는 것으로 나타났다. 침전수 종류에 따른 실적률을 보면 천연수를 사용한 경우보다 황산과 염산을 사용한 경우가 더 높은 것으로 나타났으며, 이는 황산과 염산이 골재 표면에 붙어 있는 시멘트 페이스트와 반응하여 골재의 입형이 개선된 것으로 사료된다.

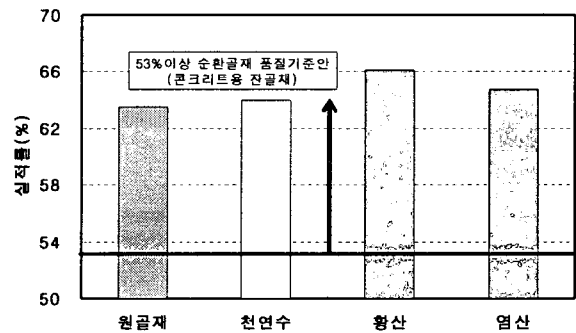


그림 4. 침전수별 골재 실적률 변화

3. 순환골재를 사용한 모르타르 실험

산처리한 순환 잔골재를 콘크리트용 골재로 활용 가능성을 검토하기 위하여, 침전시킨 골재를 사용 모르타르 시험을 실시 하였으며 그 물리적인 특성을 검토 하였다.

3.1 사용 재료

3.1.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201 규정을 만족하는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

표 2. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ³ /g)	응 결		안정도 (%)	압축강도 (MPa)		
		초결 (분)	종결 (분)		3일	7일	28일
3.15	3,240	290	380	0.09	19.8	26.8	35.4

3.1.2 잔골재

잔골재는 순환골재를 산처리한 골재를 사용하였으며 그 물리적 특성은 표 3과 같다.

표 3. 잔골재별 물리적 특성

구 분	밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)	조립율	단위용적질량 (kg/m ³)	실적률 (%)
천연수	2.31	6.7	3.4	1478	64.0
황산수	2.35	4.3	3.3	1553	64.1
염산수	2.35	4.4	3.3	1585	64.7

3.2 실험계획 및 실험방법

3.2.1 실험 계획

본 실험은 표 4와 같이 실험인자는 침전수로, 실험 수준은 천연수, 황산, 염산으로 3수준에 대하여 검토하는 것으로 하였다. 모르타르의 배합비는 KS F 2514(모르타르의 압축 강도에 의한 잔골재 시험 방법)에 준하여 시멘트 잔골재 비율을 1 : 2.5 용적배합으로 제조 하였으며, 이때 혼합수의 양은 시멘트 무게에 48.5%(W/C)가 되게 하였다

표 4. 실험 계획

배합비	침전수 종류	시험 항목	
		균지 않은 정상	경화정상
시멘트:골재 1:2.5 (물:시멘트비 48.5%)	천연수, 황산수, 염산수	- 플로우	- 압축, 휨강도 (7, 14, 28일)

* 이후 황산수는 황산, 염산수는 염산으로 표기

3.2.2 실험 방법

1) 시험체 제작 및 양생방법

본 실험에서의 모르타르 제조는 배합계획에 따라 각 재료의 양을 계량하고, 잔골재, 시멘트, 물 순서로 투입하고 몰탈 므서를 이용하여 실험을 실시하였다. 시험체의 양생은 시험체를 제작 24시간 기건 양생 후, 탈형과 동시에 23±2℃의 수조에서 수중양생을 실시하였다.

2) 플로우

침전수 종류에 따른 골재의 유동성 변화를 측정하기 위하여 첨가 수량 0% 수준을 플로우 값의 평가를 위한 기준 배합으로 설정하고, 첨가 수량을 대체율로 단계적으로 증가시켜 목표 플로우 값 200±5mm에 도달하는 첨가 수량을 측정하였다.

3) 압축강도

KS L 5105(수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법)에 따라 만능재료시험기(U.T.M)를 사용하여 재령별 강도를 측정하였다.

4) 휨강도

KS F 2407(단순보의 중앙점 하중법에 의한 휨강도 시험방

법)에 의거하여 4×4×16cm의 크기로 시험체를 제작하였으며 재령별 휨강도를 측정하였다.

3.3 실험결과 및 분석

3.3.1 플로우

침전수 종류에 따른 모르타르의 플로우 변화를 나타낸 그림 5는 목표 플로우 200±5mm에 도달하기 위한 물 첨가량을 나타낸 것이다. 보는 바와 같이 첨가수량이 0%인 경우에는 모두 150mm미만의 플로우 값을 보였으며 황산과 천연수에 비해 염산이 약 30mm정도 높은 것으로 나타났다. 또한 목표 플로우에 도달하기 위해 첨가된 수량은 황산과 염산의 경우는 465g, 천연수는 380g으로 천연수의 경우 적은 첨가 수량으로 목표 플로우에 도달하였다. 이는 산에 골재를 침전시킬 경우 입자에 붙어 있는 구모르타르 성분이 떨어져나가고 그로 인해 비교적 적은 입자파편들이 미세립분으로 되어 비표면적 증가로 목표 플로우에 필요한 단위수량을 증가시킨 것으로 사료된다.

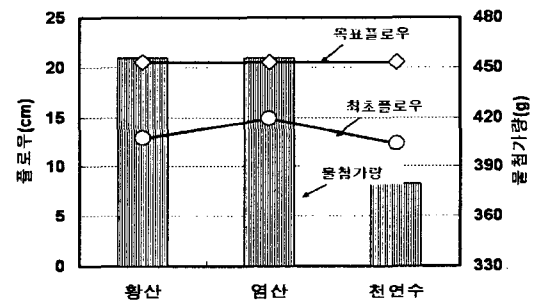


그림 5. 침전수별 플로우의 변화

3.3.2 압축강도

침전수 종류에 따른 모르타르의 압축강도 변화는 그림 6과 같이 각 골재별 재령에 따라 증가하는 경향을 보이지만 황산에 침전시킨 골재를 사용한 경우에 염산이나 천연수에 침전시킨 골재의 경우보다 큰 강도 저하를 보였다. 이는 황산으로 세척한 골재를 모르타르에 사용하였을 때 황산염이 수화된 시멘트 페이스트 속으로 침투하여 칼슘알루미늄과 접촉하게 되고 이것은 칼슘 설포알루미나를 형성하여 체적을 팽창시키고 국부적으로 높은 인장응력을 유발하여 모르타르를 손상시켰지만 염산에 침전 시킨 골재의 경우에는 천연수에 침전 시킨 골재보다 응결이 촉진되어 보다 빠른 강도 증진이 나타나 가장 큰 강도를 보인 것으로 사료된다.

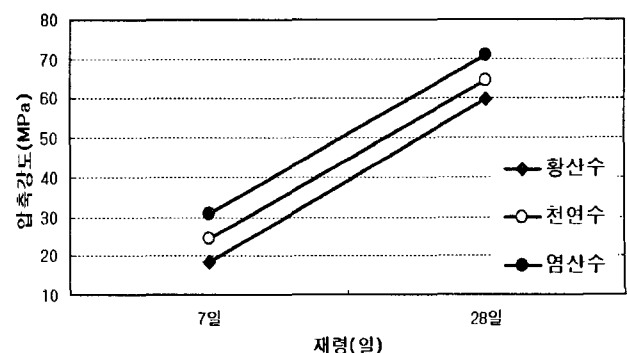


그림 6. 침전수별 압축강도의 변화

3.4 휨강도

그림 7은 침전수별 골재를 사용한 모르타르의 휨강도를 나타낸 것이다. 휨강도 특성을 보면 각 골재별 재령에 따라 휨강도가 증가하지만 천연수와 염산에 침전시킨 골재의 경우에는 유사한 강도를 보이며 황산에 침전시킨 골재의 경우 큰 강도 저하를 나타냈다. 일반적으로 휨강도는 섬유 등의 보강이 없는 조건에서는 압축강도와 유사한 추이를 보이는 것으로 알려져 있으며 본 연구 결과에서도 유사하게 나타났다.

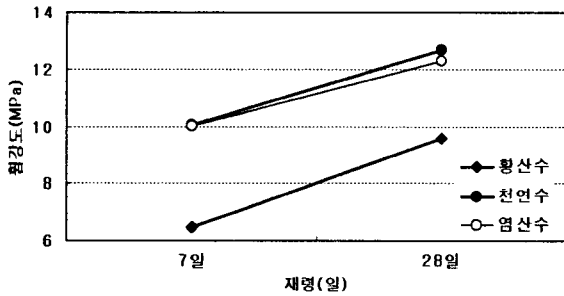


그림 7. 침전수별 휨강도의 변화

4. 결 론

본 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 산용액별 침전수로 사용한 골재에 대한 밀도와 흡수율은 원골재보다 높은 밀도와 낮은 흡수율을 나타내어 순환골재 품질기준안 중 콘크리트용 1종 순환골재 규정을 만족하는 것으로 보였으며 실적을 또한 천연 골재와 유사한 수준으로 나타났다.
- 2) 산처리한 골재를 사용한 모르타르의 유동성 변화는 최초 150mm 이내로 목표 플로우 200±5mm에 도달하지 못하였고 목표 플로우 값 도달 시 천연수에 침전시킨 골재보다 산용액에 침전시킨 골재의 경우 플로우가 2.5% 감소하는 현상을 나타냈다.
- 3) 산처리한 골재를 활용한 모르타르의 압축강도 및 휨강도는 모든 재령에서 유사한 강도 발현을 보였다. 하지만 염산수와 천연수를 세척수로 사용한 경우 강도 차이가 크게 나타나지 않았지만 황산수에 침전시킨 골재의 경우 두 경우와 비교 하였을 시 큰 강도 저하가 나타났다.
- 4) 산용액에 침전시킨 골재를 활용한 모르타르의 특성 시험 결과, 순환 골재에 다량 함유되어 있는 구모르타르 성분은 산과 반응을 하고 그 생성물은 굳은 혹은 굳지 않은 모르타르의 특성에 다소 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 특히 황산수를 침전수로 사용한 골재의 경우 골재에 포함 되어 있는 구모르타르 성분이 황산과 반응하고 그 반응 생성물은 강도 저하에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

- 5) 본 실험 결과 구모르타르 성분을 제거하는데 산처리 방법이 이용가능 하는 것으로 사료되지만 산처리한 골재를 사용 시 충분한 세척을 통해 골재에 잔존하는 황 또는 염성분의 충분한 제거가 요구되어진다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 05건설핵심기술연구개발사업(과제번호:05건설핵심D02)의 지원에 의하여 대한주택공사와 공주대학교 자원재활용소재 연구센터(RIC/NMR)가 공동으로 수행한 연구의 일부로 관계 기관에 감사의 말씀을 올립니다.

참 고 문 헌

1. 이세현, 습식 생산에 의한 재생골재 및 이를 사용한 모르타르 특성에 관한 연구, 대한 건축학회지 20권 7호 2004년 7월
2. 주은희, 혼화재 종류별 온도 변화에 따른 콘크리트의 응결 및 강도 발현 특성, 대한 건축학회지 24권 1호 2004년
3. 조현대, 재생(순환)골재의 부착모르타르량 측정에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집 2004년
4. 이세현, 싸이클론을 적용한 건식 생산 공정으로 생산된 재생골재의 품질 및 모르타르 특성에 관한 연구, 대한 건축학회지 20권 6호 2004년 6월
5. 건설교통부, 건설환경과, 순환골재 품질 기준안 2005년 8월
6. 최신콘크리트 공학, 한국콘크리트학회, 2005년 2월
7. 한국지질자원연구원, 건설폐기물 리사이클의 품질기준 및 촉진방안 2002년 9월
8. 김진만, 콘크리트 폐기물 재활용 정책 변화, 폐기물 처리 및 재활용 심포지엄 2005년 6월
9. 환경부, 순환골재 활성화 방안, 폐기물 처리 및 재활용 심포지엄 2005년 6월
10. 박철림, 재생골재의 파쇄효과에 따른 재료 특성, 대한 건축학회 학술 발표 논문집 1998년 4월
11. 이문환, 미분 제거방식이 다른 2종의 재생 골재가 콘크리트의 특성에 미치는 영향, 한국 콘크리트 학회지 2005년 2월