

재생잔골재의 건식제조방식 개발에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Development of the Dry Manufactured Method for Recycled Fine Aggregate

○ 장 종 호** 장 재 봉* 윤 종 기* 김 용 로** 권 수 길*** 김 무 한****
 Jang, Jong-Ho Jang, Jae-Bong Yoon, Jong-Kee Kim, Yong-Ro Kwan, Soo-Kil Kim, Moo-Han

Abstract

Recently, it is increased on the concern for the reuse of waste concrete because of the shortage of natural aggregate and the increase of waste concrete. And recycled coarse aggregate is used variously, but the existing wet method produced recycled fine aggregate has problems like the high price facilities, the long time progress of the work and recycled fine aggregate of poor.

The aim of this study is to investigate the possibility of the method of dry produced high qualities recycled fine aggregate. The results of this study have shown that the possibility of the method of dry is certificated as the qualities of recycled fine aggregate satisfied the KS and the compressive strength of mortar was similar to plain.

키 워 드 : 건식제조방식, 폐기콘크리트, 재생잔골재, 모르터

Keywords : Dry Manufactured Method, Waste Concrete, Recycled Fine Aggregate, Mortar

1. 서 론

천연골재자원의 고갈과 환경규제의 강화로 인해 콘크리트 용 골재의 수급문제 및 해체콘크리트구조물로부터 발생하는 폐기콘크리트의 재활용에 대한 문제는 건설생산산업 뿐만 아니라 환경적 측면에서 시급히 해결해야 할 과제로 크게 대두되고 있으며, 이에 대한 해결방안으로서 천연골재 대체재로 재생골재의 활용이 국가사회적으로 관심을 모으고 있다.

이에 따라 해체콘크리트구조물로부터 발생된 폐기콘크리트의 재활용에 관한 연구개발이 다각적으로 진행되고 있고, 특히 재생굵은골재의 제조에 대한 기술 개발은 1990년대 초반부터 시작되어 현재 도로기층용, 보조기층용, 콘크리트 2차 제품용 등으로 이용되고 있으며, 최근에는 고품질의 재생굵은골재 제조기술이 개발되어 재생굵은골재를 콘크리트용 골재로의 적용을 도모하고 있다¹⁾.

한편, 재생잔골재의 경우 토사 및 미립분을 다량으로 함유하고 있어 품질이 매우 불량하여 현재 대부분이 사업장내에 방치되거나 매립·야적되고 있다. 이에 최근 수처리방식을 이용하여 양호한 품질의 재생잔골재를 생산할 수 있는 기술이 개발되고 있으나 세척수를 재이용하기 위한 침전, 농축 등의 공정이 필요하고 이 과정에서 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 제조시설 및 생산원가가 고가이고, 재생잔골재의 세척과정

에서 발생하는 미립분 슬러지에 의한 환경오염을 유발하고 있는 실정이다²⁾.

따라서 본 연구에서는 건식제조방식에 의해 생산된 재생잔골재의 품질 및 이를 활용한 모르터의 품질을 평가함으로써 폐기콘크리트로부터 미립분을 효과적으로 분리·제거하여 고품질의 재생잔골재를 제조하기 위한 건식제조방식의 개발 가능성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 건식제조방식에 의한 재생잔골재 생산 시스템 개요

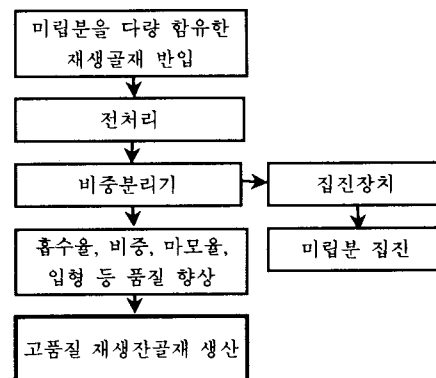


그림 1. 재생잔골재 생산 시스템의 개요

* 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정

** 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정

*** 성안산업개발(주) 대표이사

**** 정희원, 충남대학교 건축공학과, 교수공박

표 1. 재생잔골재의 품질평가 실험계획

재생잔골재 종 류*	평가 항목	평가 기준
처리전 처리후(A) 처리후(B) 처리후(C)	체가름 시험	KS F 2502
	비중 및 흡수율 시험	KS F 2504
	단위용적 질량 및 실적율 시험	KS F 2505
	잔입자 시험	KS F 2511
	페이스트 부착율 시험	-

* 처리후 (A), (B), (C)는 처리전 재생잔골재의 함수상태에 따른 처리후의 재생잔골재

표 2. 모르터의 실험계획

재생잔골재 종 류	물 시멘트비(%)	재생잔골재 대체율(%)	C : S	측 정 항 목
처리전 처리후(A) 처리후(B) 처리후(C)	50	0 25 50 100	1 : 2	· 플로우 (cm) · 압축강도(MPa) (재령 : 28일)

본 연구의 건식제조방식에 의한 재생잔골재의 생산 시스템은 그림 1에 나타난 바와 같이 미립분을 다량 함유한 재생골재를 반입하여 전처리 및 송풍에 의한 비중분리 공정을 거쳐 반입된 재생잔골재의 미립분을 분리·제거함으로써 흡수율, 비중, 마모율, 입형 등 품질을 대폭 향상시킨 재생잔골재를 생산하는 시스템이다.

2.2 실험계획

표 1은 건식제조방식 처리전 재생잔골재의 함수상태에 따라 처리후 재생잔골재의 미립분 제거효율에 따른 품질을 평가하기 위한 실험계획으로 처리전 및 처리후 3종류의 재생잔골재에 대해 체가름 시험, 비중, 흡수율, 단위용적질량, 실적율, 잔입자율 및 페이스트 부착율을 평가하였다. 특히, 페이스트 부착율은 재생잔골재를 5%의 염산수용액에 침지하고 일정 시간 경과 후 물로 세척하여 건조한 후 침지전의 질량에 대한 염산에 용해된 질량의 비율을 구하여 측정하였다^{3),4)}.

표 3. 사용재료의 물리적 성질

사용재료	물 리 적 성 질	
시멘트	보통포틀랜드시멘트, 비중: 3.15, 분말도: 3,265 cm ² /g	
천 연 잔골재	계염사, 조립율: 2.41, 비중: 2.58, 흡수율: 1.12%	
재 생 잔골재	처리전	조립율: 2.62, 비중: 2.33, 흡수율: 6.74%
	처리후(A)	조립율: 3.06, 비중: 2.44, 흡수율: 3.43%
	처리후(B)	조립율: 2.98, 비중: 2.45, 흡수율: 3.96%
	처리후(C)	조립율: 2.77, 비중: 2.43, 흡수율: 4.81%

또한 표 2는 재생잔골재 대체율에 따른 모르터의 특성을 검토하기 위한 실험계획으로서 물시멘트비 50%, 시멘트와 잔

골재의 비율을 1:2로 고정 한 후 재생잔골재의 대체율을 0, 25, 50, 100%의 4수준으로 설정하여 모르터의 플로우와 재령 28일 압축강도를 측정하였다.

2.3 사용재료 및 비빔방법

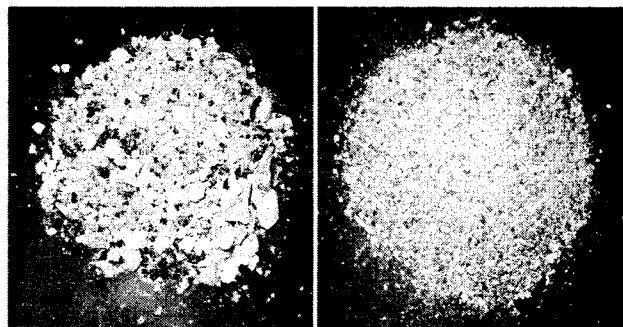
본 연구에 사용된 재료의 물리적 성질은 표 3에 나타난 바와 같이 시멘트는 비중 3.15의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 천연잔골재는 조립율 2.41, 비중 2.58, 흡수율 1.12%의 계염사, 재생잔골재는 건식제조방식 처리전과 함수상태에 따른 처리후 3종류를 사용하였다.

또한 모르터 비빔은 시멘트와 잔골재를 30초간 건비빔을 하고 물을 투입한 후 저속으로 30초, 고속으로 60초 동안 비빔을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 재생잔골재의 품질평가 검토

사진 1은 건식제조방식 처리전 및 처리후의 재생잔골재의 형상을 나타낸 것이다.



(a) 처리전 (b) 처리후(A)
사진 1. 건식제조방식 처리전 및 처리후(A)의 재생잔골재의 형상

표 4. 재생잔골재의 품질 측정결과

종 류 평가항목	처리전	처리후(A)	처리후(B)	처리후(C)	KS 표준
	조립율 (F.M.)	2.62	3.06	2.98	
단위용적질량 (kg/m ³)	1.30	1.37	1.39	1.37	-
비 중	2.33	2.44	2.45	2.43	2.2 이상
흡수율 (%)	6.74	3.43	3.96	4.81	1종: 5이하 2종: 10이하
실 적 율 (%)	55.77	56.01	59.36	56.49	53 이상
잔입자율 (%)	13.6	1.4	3.2	4.6	5 이하
페이스트 부착율 (%)	24.15	13.45	14.50	13.89	-

* 처리전 흡수율 : 처리후 (A) 5.64%, 처리후 (B) 6.93%, 처리후 (C) 7.89%

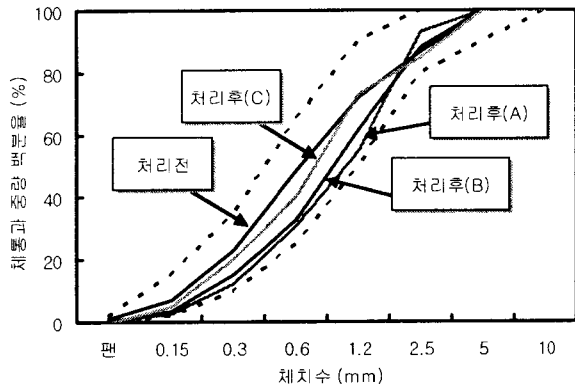
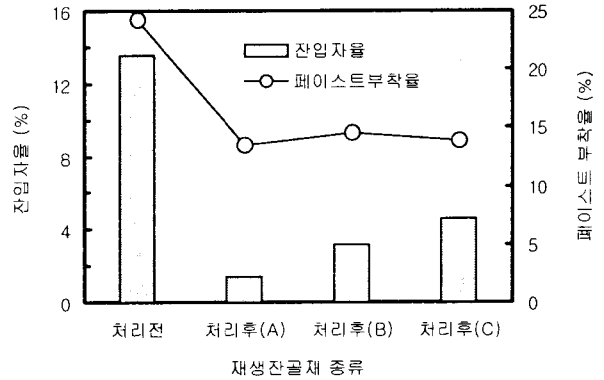


그림 2. 재생잔골재의 입도분포곡선

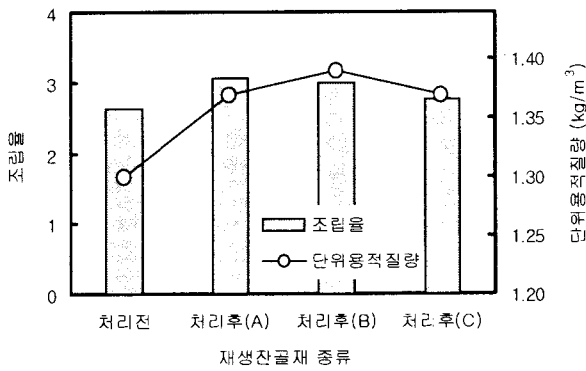
표 4는 건식제조방식 처리전과 처리전 함수율에 따른 처리 후 3종류의 재생잔골재의 품질 측정결과를 나타낸 것으로 KS F 2573 콘크리트용 재생잔골재의 기준을 모두 만족하고 있는 것으로 나타났다.

그림 2는 건식제조방식 처리전과 처리전 함수상태에 따른 처리후 3종류의 재생잔골재의 입도분포곡선을 나타낸 것으로 처리전에 비해 건식제조방식에 의해 생산된 재생잔골재의 미립분 양이 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 처리전 함수율이 적을수록 미립분양이 점차 감소하는 것을 알 수 있다.

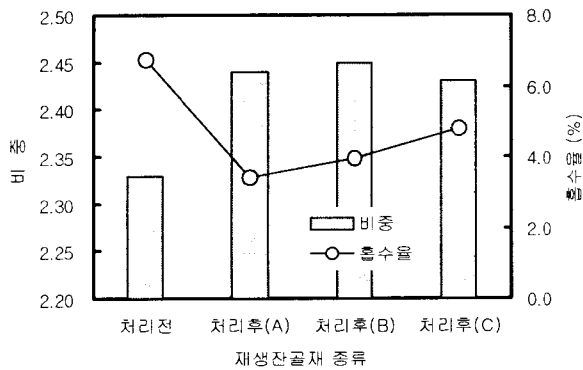


(c) 잔입자율 및 페이스트 부착율
그림 3. 재생잔골재의 품질평가 결과

그림 3은 재생잔골재의 품질평가 결과를 나타낸 것으로 건식제조방식에 의해 생산된 처리후의 재생잔골재가 처리전보다 조립율, 단위용적질량, 실적율, 비중 등이 높게 나타났으며 흡수율, 잔입자율 및 페이스트 부착율은 낮게 나타나 건식제조방식에 의해 재생잔골재의 품질이 향상되는 것으로 나타났다. 또한 처리전의 함수율이 적을수록 처리후 재생잔골재의 조립율은 낮게, 흡수율 및 잔입자율은 높게 나타났으며, 단위용적질량, 비중 및 페이스트 부착율은 유사하게 나타나고 있어, 처리전의 함수상태가 처리후 재생잔골재의 조립율, 흡수율 및 잔입자율에 영향을 미치는 것으로 나타났다.



(a) 조립율 및 단위용적질량



(b) 비중 및 흡수율

3.2 모르터의 특성 검토

그림 4는 건식제조방식 처리전 및 처리후 재생잔골재를 사용한 모르터의 플로우 변화를 나타낸 것으로 처리후의 재생잔골재가 처리전보다 플로우가 다소 증가하는 것으로 나타났으며, 재생잔골재 대체율이 증가할수록 플로우는 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 처리전 함수율이 높은 처리후(C)의 경우에는 Plain에 비해 다소 플로우가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 재생잔골재에 포함된 적당량의 잔입자에 의해 플로우가 증가한 것으로 사료된다.

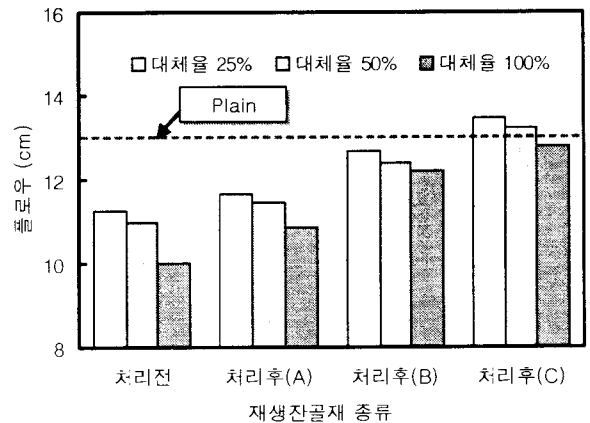


그림 4. 재생잔골재 종류에 따른 플로우의 변화

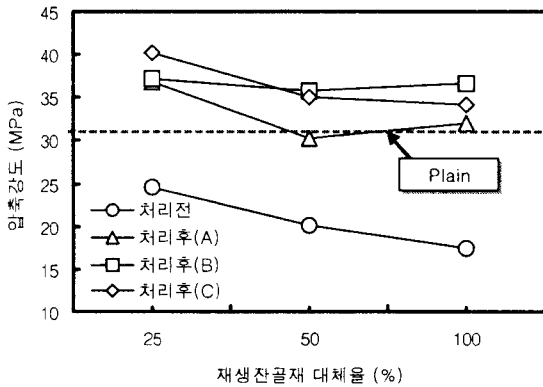


그림 5. 재생잔골재 종류에 따른 압축강도 성상 (재령 28일)

그림 5는 건식제조방식 처리전 및 처리후 3종류의 재생잔골재를 사용한 모르타의 재령 28일 압축강도를 나타낸 것으로 처리전 재생잔골재의 경우 대체율이 증가할수록 압축강도가 현저하게 저하하는 것으로 나타났으나 처리후의 재생잔골재는 대체율에 관계없이 플레인과 유사하거나 높은 강도수준을 보이고 있는 것으로 나타났다.

4. 결 론

재생잔골재의 건식제조방식 개발에 관한 실험적 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 재생잔골재의 품질평가 결과 처리후의 재생잔골재가 처리전보다 조립율, 단위용적질량, 실적율, 비중 등이 높게 나타났으며 흡수율, 잔율자율 및 페이스트 부착율은 낮게 나타나 건식제조방식에 의해 재생잔골재의 품질이 향상되는 것으로 나타났다.
- 2) 처리전의 함수상태가 처리후 재생잔골재의 조립율, 흡수율 및 잔입자율에 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 3) 모르타 실험결과 건식제조방식에 의해 생산된 재생잔골재의 경우 대체율 및 처리전 함수상태에 관계없이 플레인과 유사하거나 높은 강도수준을 보이고 있다.
- 4) 재생잔골재로부터 미립분을 효과적으로 분리·제거하여 고품질의 재생잔골재를 제조하기 위한 건식제조방식의 적용가능성을 확인하였으며, 향후 재생잔골재의 품질관리와 더불어 재생잔골재를 사용한 콘크리트의 장기 내구성에 대한 지속적인 연구개발이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 중소기업기술혁신개발사업 「자원순환형 고품질 재생잔골재 제조·생산 시설 및 활용기술 개발」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 최민수, "건설폐기물의 재활용 촉진을 위한 법제 정비 방안", 한국건설산업연구원, 2002. 7
2. 김무한 외, "건식제조방식에 의해 생산된 재생잔골재의 품질 및 모르타 특성에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제15권 제2호, 2003, pp.229-232
3. 佐川 外, "異なる破碎方法により製造された再生骨材の物性に関する検事", コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, 2002, pp.1347-1352
4. 中戸 毅之 外, "高品質再生骨材の製造技術に関する開発", 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999. 9, pp.123-124
5. 石倉 武 外, "高品質再生骨材の製造技術に関する開発", 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2002. 8, pp.1021-1022
6. 김무한 외, "재활용플랜트에서 생산되는 재생골재의 품질현황에 관한 기초적 연구", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제17권, 제2호, 1997, pp.33 ~ 38