

건식비중분리법에 의한 고품질순환잔골재생산시스템의 개요 및 성능평가

Outline and Performance Evaluation of High Quality Recycled Fine Aggregate Manufacturing System Using Drying Gravity Separation Method

김 무 한* 김 규 용** 최 경 렬*** 이 도 현**** 송 하 영***** 노 경 민*****
Kim, Moo-Han Kim, Gyu-Yong Choi, Kyongl-Yeul Lee, Do-Heun Song, Ha-Young Roh, Kyung-Min

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 producted recycled fine aggregate has problem like the high price facilities, the long time progress of the work and the poor of recycled fine aggregate.

The aim of this study is to investigate outline and performance evaluation of the drying specific gravity separation method to product high quality recycled fine aggregate.

Finally, this study is shown investigate process flowing of drying separation type with gravity manufacture, producte system and function of detail devices. The performance of the method of drying specific gravity separation is certificated as the qualities of recycled fine aggregate satisfied the KS

키 워 드 : 건식비중분리, 고품질 순환잔골재, 순환잔골재 생산시스템, 밀도, 흡수율, 재생미분말

Keywords : Drying Separation Gravity Separation, High Quality Recycled Fine Aggregate, Density, Absorption Ratio, Recycled Powder

1. 서 론

최근 건설폐기물 재활용 촉진을 위한 정부 정책의 시행 및 건설폐기물 중간처리업체들의 생산 기술 향상에 따라 폐기콘크리트를 활용한 순환골재의 사용이 활발해지고 있는 가운데, 순환골재 중 순환 굵은골재의 경우 고품질화 기술에 대한 연구가 진행되어, 2005년 건설교통부의 순환골재 품질기준을 통해 27MPa 이하의 구조체 콘크리트용으로 혼합사용이 가능하게 되었다. 반면, 순환 잔골재의 경우 대부분 성토·복토용 등의 저부가가치 용도에 국한되어 사용되거나, 적절한 수요처가 없어 야적·폐기되고 있는 경우가 대부분이다. 이는 순환 잔골재 표면의 모르타르 및 골재 파·분쇄시 발생하는 미분말 등 불순물에 의해 순환 잔골재의 품질이 천연모래에 비해 매우 열악하기 때문이며, 특히 콘크리트용으로 사용할 시에는 표 1과 같이 특정한 용도만으로 사용이 제한되고 있다.¹⁾

그러나 이와 같은 순환 잔골재의 품질저하 및 용도제한은 순환 잔골재 생산기술의 미비에 따른 것으로, 일본의 경우 JASS5의 기준을 만족시키는 품질의 순환 잔골재를 콘크리트

의 경우 천연잔골재와 동등하게 콘크리트용 잔골재로 사용할 수 있도록 하고 있다.²⁾ 또한 국내에서도 일정 수준 이상의 품질을 가진 순환 잔골재를 사용한 콘크리트의 경우 천연 잔골재를 사용한 콘크리트와 유사한 수준의 구조성능을 나타낸다는 연구결과가 보고된 바 있어, 생산기술의 향상을 통해 고품질의 순환 잔골재가 생산될 경우 구조체 콘크리트용 등 고부가가치 용도로의 적용이 가능할 것으로 기대된다.³⁾

따라서 본 연구에서는, 고품질 순환 잔골재 생산시스템을 개발하기 위한 연구의 일환으로, 건식비중분리 시스템을 사용한 순환 잔골재 생산시스템의 공정 및 공정을 구성하는 각 장치의 역할을 조사·분석하였다. 또한 원료로 투입되는 폐콘크리트 및 주요 공정별로 생산된 순환 잔골재의 품질을 평가함으로써, 건식비중분리 시스템의 성능을 평가하고 향후 개선방향을 제시하였다.

2. 건식비중분리시스템의 개요

본 연구의 건식비중분리 시스템은 토네이도 바람을 이용한 건식비중분리방식으로써, 순환잔골재의 표면의 페이스트와 미분말을 효율적으로 제거 및 분리시켜, 흡수율, 밀도, 마모율 및 입형등의 품질을 크게 향상이 가능하다. 그림 1및 그림 2에 건식 비중분리 시스템의 개요와 생산 플로우를 나타내었다.

* 충남대학교 건축공학과 교수, 정회원

** 충남대학교 건축공학과 조교수, 정회원

*** (주)삼성물산 품질경영본부장, 정회원

**** 대한주택공사 주택도시연구원 연구위원, 정회원

***** 한밭대학교 건축공학과 교수, 정회원

***** 충남대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

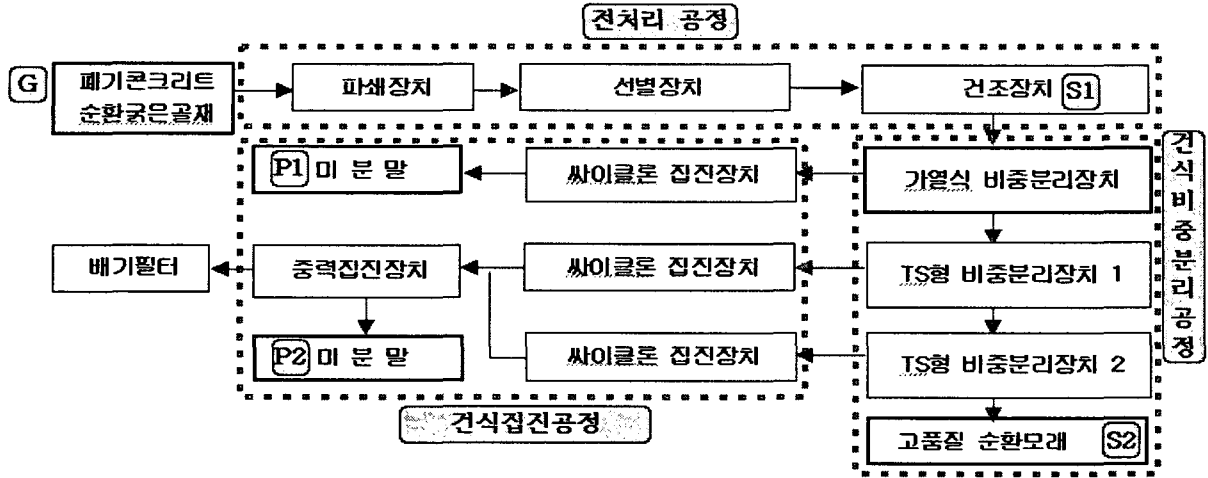


그림 1. 순환 잔골재 건식 제조·생산 시스템의 개요

2.1 전처리공정

투입된 폐콘크리트 및 순환 굵은골재를 순환잔골재로 적당한 입도까지 파쇄, 선별하고 미분말의 분리효율을 높이기 위해 건조시키는 공정으로, 파쇄장치, 선별장치 및 건조장치로 구성된다. 표 2에 각 장치의 기능 및 외관을 나타내었다.

표 1. 각종 재생골재 품질기준

항 목	JASS 5 (건축구조용재생골재)	KS F 2537 (재생콘크리트용, 1종)	순환골재 품질기준 (콘크리트용)
용 도	구조체 콘크리트용	18MPa 이하 재생콘크리트	21MPa미만 콘크리트용 (30%이하 치환)
밀 도	2.5 이상	2.2 이상	2.2 이상
흡수율	3.5 이하	5.0 이하	5.0 이하
실적율	53.0 이상	53.0 이상	53.0 이상
미립분량	7.0 이하	5.0 이하	7.0 이하

순환잔골재 생산의 원료가 되는 폐콘크리트 또는 순환 굵은골재가 투입되면 파쇄장치를 통해 소정의 입도로 파쇄된 후 선별장치에서 5mm 이하로 선별되어 건조장치로 이송되며, 이때의 순환잔골재는 파쇄시 발생한 미분말 및 모르타가 다량 포함된 상태이다. 건조장치로 이송된 순환잔골재는 비중분리효율을 향상시키기 위해 가열식 비중분리장치로부터 회수된 열풍을 이용하여 건조된 후 건식비중분리공정으로 이송된다.

2.2 건식비중분리공정

순환 잔골재에 포함된 미분말을 분리하고 입형을 개선하는 등 순환 잔골재의 품질을 향상시키는 공정으로써, 가열식 비중분리장치 및 1차, 2차 TS(Tornado Silo)비중분리장치로 구성되며, 각 장치의 기능 및 외관을 표 3에 나타내었다.

가열식 비중분리장치에 투입된 순환골재는 외부 송풍기에서 공급된 후 장치 하부의 버너에 의해 고온으로 가열된 바람에 의해 건조되고 미분말이 일부 제거된 후, 1차 TS형 비중분리장치로 이송된다.

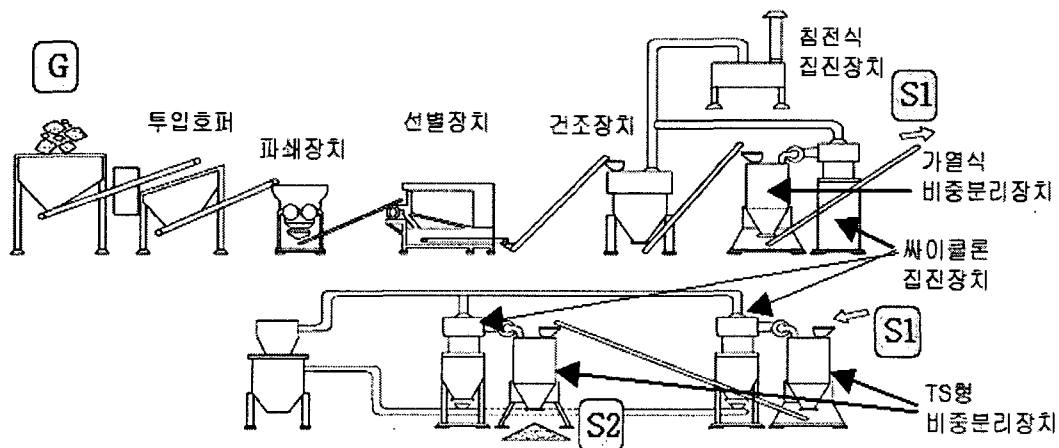


그림 2. 순환 잔골재 건식 제조·생산 시스템의 생산 플로우

표 2. 전처리공정의 장치별 기능 및 외관

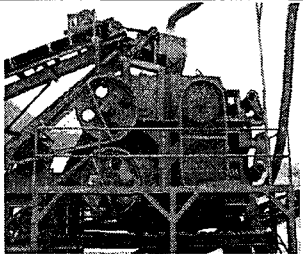
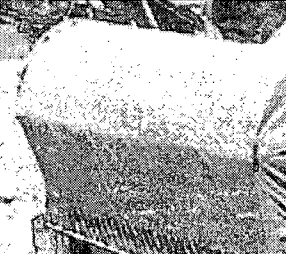
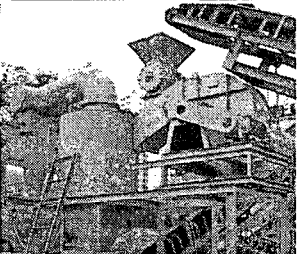
구분	파쇄장치	선별장치	건조장치
기능	투입된 폐기콘크리트를 5mm이하의 순환모래 입도로 파쇄	순환모래에 섞인 이물질과 입도가 큰 골재를 선별	공정효율 향상을 위해 고온의 열풍을 이용 순환모래 표면의 미분말을 제거하고 재료의 흡수율 저감
외관			

표 3. 건식비중분리공정의 장치별 기능 및 외관

구분	가열식 비중분리장치	TS형 비중분리장치
기능	고온의 열풍을 이용, 순환모래 표면의 미분말 제거 및 골재를 건조시킴	투입되는 순환모래를 회전 날개에 의해 파쇄·마모시킴으로서 입형 및 입도를 개선하고, 발생하는 토네이도에 의해 미분말을 비산·분리시킴
외관		 

표 4. 건식집진의 장치별 기능 및 외관

구분	싸이클론 집진장치	침전식 집진장치	배기필터장치
기능	미분말을 입자가 큰 미분말과 미세분진의 로 분리시킴	싸이클론 집진장치에서 배출된 미세분진을 침전시킴	침전되지 않는 미세분진을 포집하고 여과된 공기를 배출시킴
외관			

1차 TS형 비중분리장치의 상부로 투입된 순환 잔골재는 하부로 낙하하면서 장치의 내부에 복층으로 설치된 회전날개에 의해 마쇄되어 표면에 부착된 미분말이 제거되고 입형이 개선된 후 장치의 하부를 통해 2차 TS형 비중분리장치로 이송된다. 이때 순환 잔골재의 표면에서 분리된 미분말은 회전날개에 의해 발생된 강한 바람을 타고 장치의 상부를 통해 집진장치로 이송된다.

2차 TS형 비중분리장치에 투입된 순환 잔골재는 1차 TS형 비중분리장치와 동일한 과정에 의해 품질이 개선되어 배출된다.

2.3 건식집진공정

건식비중분리공정의 각 장치로부터 분리된 미분말을 입도에

따라 분리하여 집진하는 공정으로, 싸이클론 집진장치, 침전식 집진장치 및 배기필터장치로 구성되며, 각 장치의 역할 및 외관을 표 4에 나타내었다.

비중분리공정의 각 장치로부터 분리된 미분말은 각 장치와 독립적으로 연결된 싸이클론 집진장치의 상부 측면으로 투입되어, 장치의 내벽을 타고 회전하며 하강한다. 이때 입도가 큰 미분말은 원심력에 의해 내벽을 따라 하강하여 하부로 배출되며, 입도가 작고 가벼운 미립분은 장치의 중심에서 발생하는 2차 싸이클론 기류에 의해 상승하여 침전식 집진장치로 이송되어 침전되며, 침전되지 않은 미세분진은 배기필터에서 포집되어 외부로는 청정한 공기가 배출된다.

3. 실험계획 및 방법

본 연구에서는 생산 단계에 따라 그림 2에서와 같이 초기에 투입된 폐콘크리트 G, 폐콘크리트가 파쇄된 후 가열식 건조장치까지 거쳐 생산된 순환 잔골재 S1 및 이후 2회의 비중분리장치를 통해 생산된 순환 잔골재 S2의 품질을 비교·검토하였다.

4. 실험결과 및 고찰

투입시의 폐콘크리트 및 생산된 순환 잔골재의 외관을 사진 1에 나타내었으며, G1, S1 및 S2의 품질평가 결과를 표 5에 나타내었다.

4.1 밀도 및 흡수율

투입된 폐콘크리트는 선별이 이루어지지 않은 아스콘 덩어리 및 다량의 모르타르가 혼입되어 있고, 밀도 및 흡수율은 모두 JASS5 콘크리트용 재생골재의 기준에 크게 미달하고 있어, 이후 생산된 순환 잔골재의 품질에 악영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

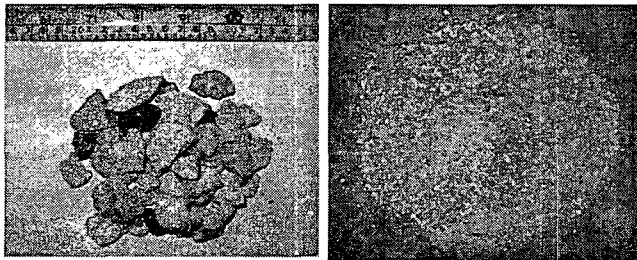


사진 1. 투입·생산된 골재 외관

표 5. 공정별 생산된 순환모래 및 미분말의 물성평가 결과

평가항목	투입골재 G	순환모래 S1	순환모래 S2	콘크리트용 순환모래	고품질 순환 잔골재 목표성능
밀도	2.31	2.18	2.37	2.2 이상	2.5 이상
흡수율	4.94	7.07	5.0	5.0 이하	3.5 이하
0.08mm 체통과량	-	11.61	2.77	7.0 이하	7.0 이하
조립율	-	3.22	3.36	-	-
분말도	-	-	-	-	-
함수율	7.51	9.07	5.04	-	-

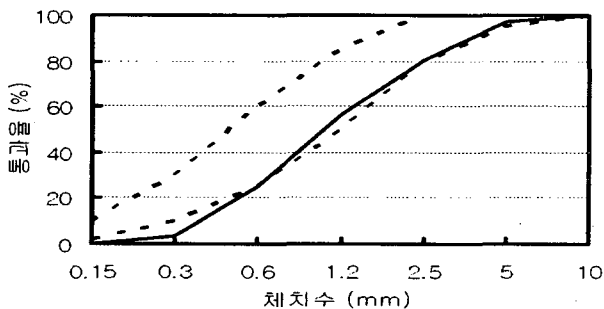


그림 3. 순환모래 S2의 입도분포곡선

한편 투입된 폐콘크리트를 5mm이하로 파쇄, 가열식 비중분리장치를 통해 생산된 S1의 경우, 밀도 및 흡수율에서 콘크리트

용 순환모래의 품질기준을 만족시키지 못할 뿐만 아니라 투입재료인 폐콘크리트보다도 열악한 품질을 보였다. 그러나 2회의 TS형 비중분리장치를 통해 생산된 S2의 경우는 밀도 2.37로 폐콘크리트 이상으로 개선되었으며, 흡수율 5.0으로 콘크리트용 순환 잔골재의 품질기준을 만족시키는 수준으로 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

4.1 조립율, 미분량 및 입도분포

폐기 콘크리트의 파쇄 및 가열식 비중분리까지의 공정을 거쳐 생산된 S1의 경우 미분량이 11.61로 매우 크게 나타나, 가열식 비중분리장치의 하부에서 주입되는 열풍만으로는 파쇄시 발생한 다량의 미분말을 분리하기가 어려운 것으로 나타났다. 그러나 2회의 TS형 비중분리장치를 거쳐 생산된 S2의 경우 미분량이 크게 감소하여 콘크리트용 재생 잔골재 품질기준을 만족하는 것으로 나타나, TS형 비중분리장치의 미분말 제거능을 확인할 수 있었다.

한편, 그림 3은 재생골재 S2의 입도분포곡선을 나타낸 것으로, S2의 경우 0.3mm 이하의 미립분이 매우 적은 것으로 나타나, 향후 입도개선을 위해서는 TS형 비중분리장치 내부의 회전날개의 회전속도 등을 조정하여 입도를 조절하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구의 범위에서 얻어진 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 전처리공정, 건식 비중분리공정 및 건식 집진공정으로 이루어지는 고품질 재생골재 건식 제조·생산시스템의 공정 흐름 및 세부 장치의 역할을 조사·분석하였다.
- 2) 폐콘크리트를 파쇄하여 순환 잔골재를 제조할 경우, 파쇄시 다량의 미분이 발생하여 심각한 품질저하가 발생했으나, 건식 비중분리장치를 통해 잔골재 표면의 미분을 제거하고 분리배출 함으로써 콘크리트용 순환 잔골재의 품질기준을 만족하는 고품질 순환 잔골재의 제조가 가능하였다.
- 3) 향후, 투입되는 재료의 선별 및 장치 부품의 개선을 통해 구조체 콘크리트에 사용 가능한 고품질 순환잔골재의 건식 생산이 가능할 것으로 사료된다

謝辭

본 연구는 건설교통부 05 건설핵심기술연구개발사업(과제번호: 05건설핵심D02)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

1. 건설교통부 건설환경과, "순환골재 품질기준", 2005. 8
2. 丸嶋紀夫 外, "高品質再生骨材を用いたコンクリートの研究", 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2003.9 `pp.223~224
3. 김무한 외, "재생잔골재 대체율에 따른 재생콘크리트의 공학적 특성 및 내구성능에 관한 연구", 한국폐기물학회, 제21권 5호, 2004.9, pp488~494