

# 샌드플렉스 장치의 대·소용량 차이에 따른 고품질 순환모래의 품질특성에 관한 연구

## An Experimental Study on the Quality Estimation of the High-Quality of Recycled Sand by the differences between Small · Large Sand Flux Apparatus

이 윤 성\*      이 지 환\*\*      배 기 선\*\*\*      이 상 수\*\*\*\*      송 하 영\*\*\*\*  
Lee, Yun-Sung      Lee, Ji-Hwan      Bae, Kee-Sung      Lee, Sang-Soo      Song, Ha-Young

### Abstract

This study was to execute the basic property evaluation of recycled sand which produced by the sand flux device in order to evaluate the performance of differences between small · large sand flux device. As a result, this study has found out that the recycled sand after passing the sand flux device had excellent quality characteristics compared with the one before passing the device. In additional experiment on the basic material properties, this study showed a tendency to improve the quality and performance significantly in case of fineness modulus, absolute surface dried density, 0.08mm sieve throughput, volume of clay lumps, and content of organic foreign matter. In conclusion, it was considered as various quality performances of recycled sand were improved through the production stage of prototype.

키 워 드 : 순환모래, 이물질 제거장치, 고품질, 순환골재  
Keywords : Recycled sand, Sand flux, High-quality, Recycled aggregate

### 1. 서 론

최근 전 세계적으로 환경오염 및 자원고갈 문제가 크게 대두되고 있는 가운데 21세기의 생산 활동에 대한 키워드로서 향후 환경부하가 작은 지속적 발전이 가능한 경제사회 시스템의 구축이 시급히 요구되고 있으며, 이를 위해서는 인류사회생활에서 소비되는 자원에너지의 절약, 사용된 자원에너지의 회수 및 재자원화 재이용, 환경오염물질, 유해물질, 폐기물의 배출 억제 등을 위한 자원에너지의 순환 및 재생산이 가능한 제로에미션(Zero Emission) 사회의 구축이 필요하다. 특히 건설생산은 타 산업의 생산 활동에 비하여 막대한 자원을 소비하고, 콘크리트구조물의 라이프사이클(Life Cycle), 즉 구조물의 신축, 해체 및 재활용에 있어서 막대한 양의 건설폐기물을 발생시켜 지구환경에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 건설산업을 환경 친화적 산업구조로 전환시키기 위해 콘크리트구조물의 라이프사이클 중 발생하는 막대한 양의 건설폐기물을 재활용할 필요성이 전 세계적으로 급격히 대두되고 있다.

국내의 경우, 현재 순환모래의 품질은 해체콘크리트의 파쇄과정 중 발생하는 다량의 미립분이 함유되어 있어 비중 및 흡수율 등의 품질이 열악한 실정이며, 기존 순환모래 생산기술의 경우 제조원가의 상승, 대량 생산의 한계, 환경오염 및 고가의 처리공정이 요구되는 등 경제성, 생산성, 환경성 및 품질 측면에서 심각한 문제가 발생하고 있어 순환모래 제조 시 이러한 문제점을 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 건설 산업을 환경 친화적 산업구조로 전환시켜 환경보존과 건설생산성 향상을 동시에 실현하여 국가경쟁력을 제고시킬 수 있는 혁신적인 순환모래 제조·생산 기술의 개발이 시급히 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 습식비중분리시스템인 샌드플렉스 장치의 대·소용량 차이에 따른 순환모래의 기초물성평가를 통한 품질특성을 실험·실증적으로 평가함으로써, 최종 생산된 순환모래에 대한 성능을 평가하고, 목표 품질의 달성과 향후 성능 보완 및 개선을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

### 2. 실험 계획 및 방법

본 연구에서는 샌드플렉스 장치의 대(150ton/hr)·소용량(80ton/hr) 차이에 따른 샌드플렉스 장치를 거치기 전 단계(RS

\* 정회원, 국립한밭대학교 건축공학과, 학사과정  
\*\* 정회원, 국립한밭대학교 건축공학과, 대학원, 석사과정  
\*\*\* 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원, 수석연구원, 공박  
\*\*\*\* 정회원, 국립한밭대학교 건축공학과, 교수, 공박

- I) 및 거친 후 단계(RS-IV)에서 생산된 순환모래를 사용하여 각종 기초물성평가를 통한 품질특성을 실험·실증적으로 검토하여 고품질 순환모래의 고부가가치 활용을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

또한 샌드플렉스 장치의 대(150ton/hr)·소용량(80ton/hr) 차이에 따른 품질특성을 파악하기 위하여 그림 1과 2에서 생산된 순환잔골재를 대상으로 표 1에 나타낸 바와 같이 입도·조립율, 절대건조밀도, 흡수율, 점토덩어리량, 0.08mm체 통과량, 이물질함유량등을 평가항목으로 설정하였으며, 실험할 골재의 종류는 S사(대용량 150ton/hr)와 K사(소용량 80ton/hr)의 RS- I (샌드플렉스 장치를 거치기 전 순환모래) 및 RS-IV(샌드플렉스 장치를 거친 순환모래) 4가지 수준으로 설정하였다.

표 1. 순환모래를 사용한 기초물성 품질시험항목

① 입도·조립율 (F. M.)	④ 점토덩어리량 (%)
② 절대건조밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	⑤ 0.08mm체 통과량(%)
③ 흡수율 (%)	⑥ 이물질함유량 (%)

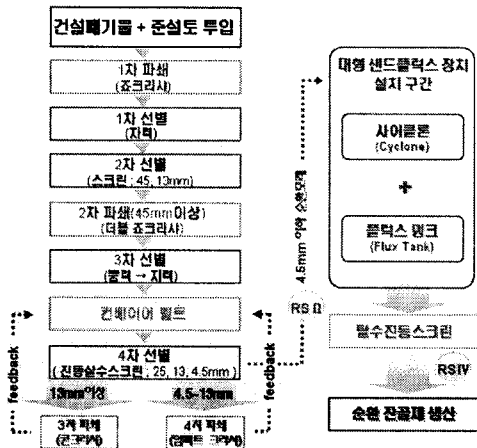


그림 1. 건설폐기물 중간처리업체 생산 공정도 (S사 150ton/hr)

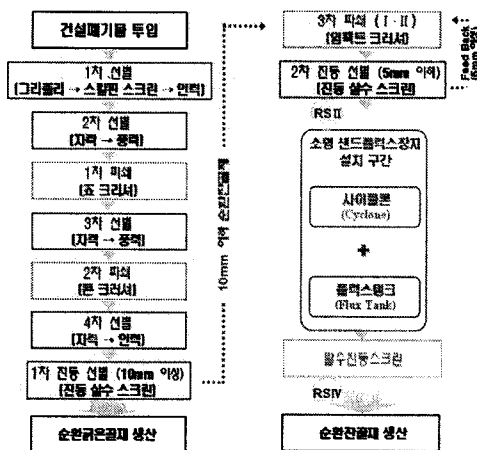
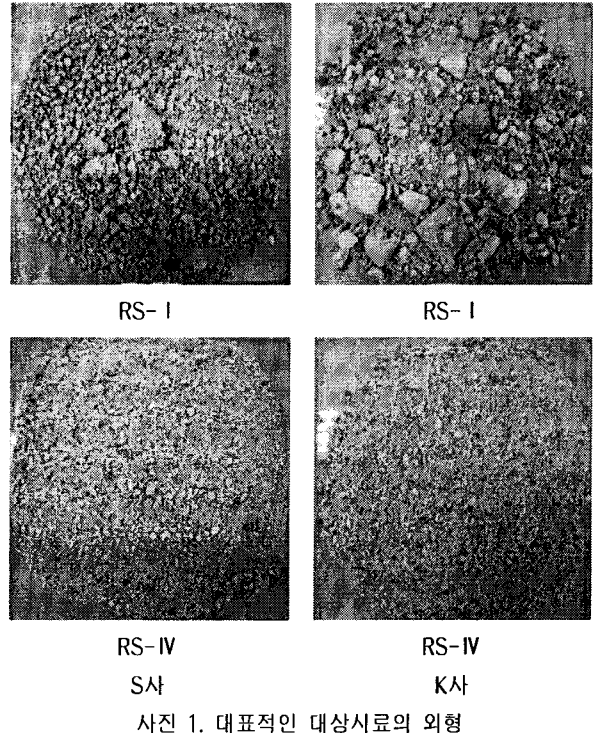


그림 2. 건설폐기물 중간처리업체 생산 공정도 (K사 80ton/hr)

또한, 대상시료에 대한 평가방법은 KS기준에 준하여 실시하였으며, 사진 1은 대표적인 대상시료의 외형을 나타낸 것이다.



### 3. 실험결과 분석 및 고찰

표 2는 샌드플렉스의 대(150ton/hr)·소용량(80ton/hr) 차이에 의한 순환모래의 기초물성평가 결과를 나타낸 것이다.

#### 3.1 조립율

그림 3은 대상시료의 입도분포를 나타낸 것으로서, S사와 K사의 RS-IV는 KS F 2573(순환잔골재)의 기준을 만족하였으나, RS- I 은 만족하지 못하였다.

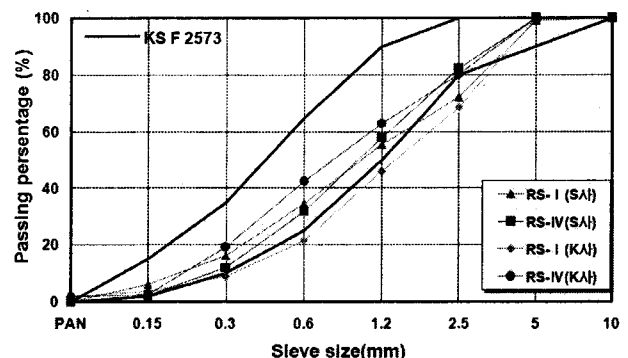


그림 3. 순환모래의 입도분포

표 2. 순환모래의 기초물성평가 결과

품질시험항목	K사 (80ton/hr)						S사 (150ton/hr)					
	RS-I			RS-IV			RS-I			RS-IV		
	1th	2th	Ave.	1th	2th	Ave.	1th	2th	Ave.	1th	2th	Ave.
입도·조립율 (F. M)	3.25	3.89	3.57	2.96	3.32	3.14	3.14	3.24	3.19	3.12	3.16	3.14
절대건조밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	2.19	2.23	2.21	2.35	2.36	2.36	2.31	2.29	2.30	2.47	2.48	2.48
흡수율(Type - I <sup>1)</sup> ) (%)	7.21	7.27	7.24	4.59	4.60	4.60	5.32	5.30	5.31	2.52	2.52	2.52
흡수율(Type - II <sup>2)</sup> ) (%)	6.05	6.09	6.07	4.48	4.49	4.49	4.46	4.46	4.46	2.22	2.26	2.24
0.08mm체 통과량 (%)	11.02	8.88	9.95	0.76	0.80	0.78	12.95	14.05	13.50	0.24	0.30	0.27
점토덩어리량 (%)	8.32	7.12	7.72	0.12	0.10	0.11	12.15	10.97	11.56	0.11	0.09	0.10
유기이물질 함유량 (%)	2.12	2.14	2.13	0.66	0.64	0.65	1.22	1.18	1.20	0.05	0.04	0.05

주) 1) Type - I : 최종 생산된 순환모래 전체를 대상으로 표면건조내부포수 조건에서 흡수율 측정  
 2) Type - II : 0.08mm 이하의 미립분을 제거한 후 표면건조내부포수 조건에서 흡수율 측정

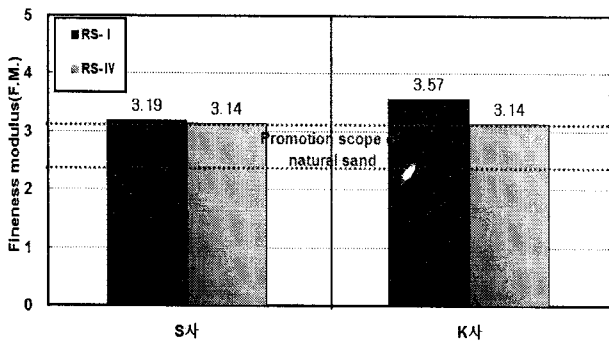


그림 4. 순환모래의 조립율

### 3.2 절대건조밀도

그림 5는 대상시료의 절대건조밀도 시험결과를 나타낸 것으로서, S사의 RS-I은 2.3g/cm<sup>3</sup>, RS-IV는 2.48g/cm<sup>3</sup>을 K사의 RS-I은 2.21g/cm<sup>3</sup>, RS-IV는 2.36g/cm<sup>3</sup>의 범위를 나타내어 샌드플렉스 장치를 거치면서 품질개선 효과가 있는 것으로 나타났다.

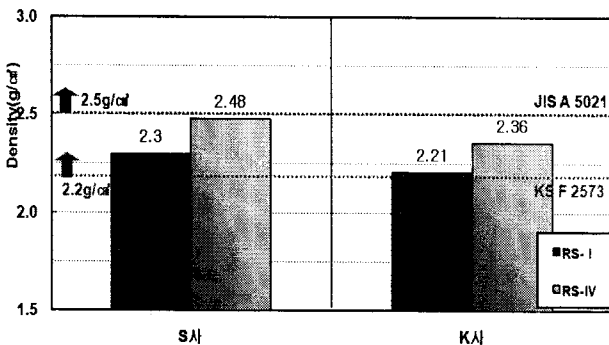


그림 5. 순환모래의 절대건조밀도

이는 플렉스탱크 내부의 부력 부가수단에 의해 순환잔골재에 포함된 각종 미세 유기이물질과 미립분 그리고 이에 부착된 일부 모르타르의 제거로 인한 것으로 판단된다. 또한, S사

의 순환모래가 K사의 순환모래보다 절대건조밀도가 높은 것으로 나타났다.

### 3.3 흡수율

그림 6은 대상시료의 흡수율 시험결과를 나타낸 것으로서, Type-I은 최종 생산된 순환모래 전체를 대상으로 표면건조 내부포수상태의 조건에서 흡수율 측정한 것이며, Type-IV는 0.08mm 이하의 미립분을 제거한 후 표면건조내부포수 상태의 조건에서 흡수율을 측정한 것으로서, S사 RS-I, IV의 Type-I, II가 K사 RS-I, IV의 Type-I, II 보다 흡수율이 낮게 나타났으며, 대소용량의 차이와 관계없이 RS-IV는 KS F 2573(순환잔골재)의 기준을 만족하였다.

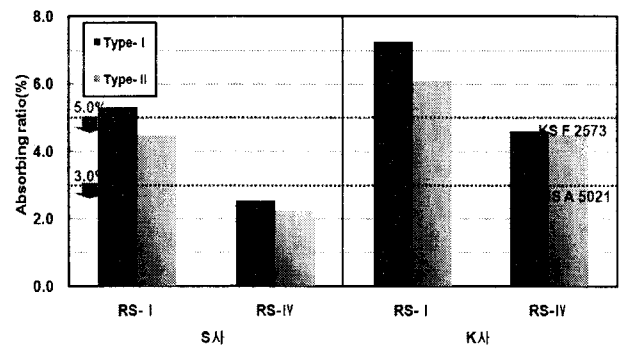


그림 6. 순환모래의 흡수율

또한 K사의 RS-IV골재에 비해 S사의 RS-IV골재가 흡수율이 우수하게 나타났다. 이는 투입되는 원골재 차이 및 전처리 단계에서의 파쇄장치의 용량 차이로 인한 진동살수스크린을 거치는 횟수 차이에 있는 것으로 판단된다. K사에서는 1차 진동 살수 스크린에서는 10mm이상의 순환골재로 생산되고 10mm이하의 순환잔골재는 3차 파쇄를 거쳐서 2차 진동 살수 스크린으로 이동된다. 2차 진동 살수 스크린에서 5mm이하의 소형 샌드플렉스 장치로 이동되고 5mm 이상의 순환

잔골재는 순환(Feed Back)되어 3차 파쇄를 거치게 되는데 5mm 이상의 순환잔골재가 나오지 않을 때까지 반복된다. 반면 S사에서는 4차선별 진동살수스크린에서 4.5mm 이하 순환 모래는 대형 샌드플렉스 장치로 이동되고 13mm이상은 3차 파쇄를 4.5~13mm은 4차 파쇄를 거쳐 순환(Feed Back)되어 4차선별 진동살수스크린을 거치게 되는데 4.5mm 이상의 순환잔골재가 나오지 않을 때까지 반복된다. 이러한 샌드플렉스 장치의 전처리 단계에서 파쇄장치의 용량 차이로 인해 진동스크린을 여러 차례 거치면서 골재표면에 부착되어 있는 모르타르의 제거로 인하여 S사의 최종생산 골재가 K사의 최종 생산된 골재보다 흡수율이 우수하게 나타난 것으로 판단된다.

### 3.4 점토덩어리량

그림 7은 대상시료의 점토덩어리량 시험결과를 나타낸 것으로 대소용량 차이와 관계없이 샌드플렉스 장치를 거치면서 점토덩어리량이 현저히 저하되는 경향을 나타내었으며, 최종 생산 순화모래(RS-IV)의 경우 KS F 2573(순환잔골재)의 기준에 만족하는 것으로 나타났다.

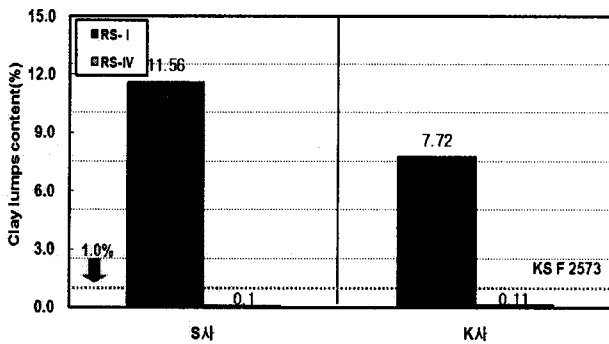


그림 7. 순화모래의 점토덩어리량

### 3.5 0.08mm체 통과량

그림 8은 대상시료의 0.08mm체 통과량의 시험결과를 나타낸 것으로 S사와 K사의 RS-I은 KS F 2573(순환잔골재)의 기준에 만족하지 못하는 것으로 나타났으나, 샌드플렉스 장치를 거친 RS-IV의 경우 KS F 2573(순환잔골재)의 기준에 만족하는 것으로 나타났다.

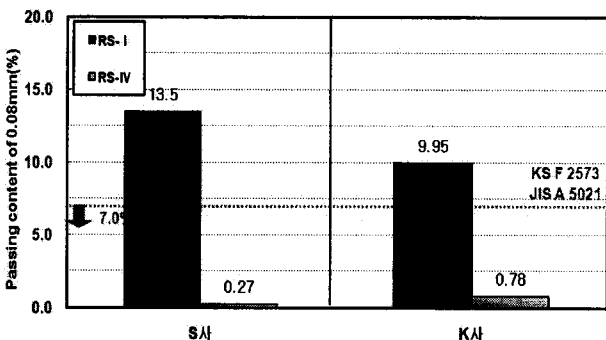


그림 8. 순화모래의 0.08mm체 통과량

이는, 사이클론 내부의 세척수에 의한 사이편작용에 의해 65 μ m 이상의 비교적 순수한 순환잔골재는 원추모양의 벽을 따라 원심 분리되어 플렉스탱크로 침적되며, 점토·미사황토 및 각종 미세한 이물질 등과 같은 65 μ m이하의 미분을 함유한 세척수는 오버플로 노즐을 따라 탈수스크린을 거치면서 제거되어 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다.

### 3.6 이물질 함유량

그림 9은 대상시료의 이물질 함유량 시험결과를 나타낸 것으로 S사와 K사의 RS-IV는 RS-I보다 이물질 함유량이 현저히 감소한 결과를 나타내고 있으며, S사의 RS-IV가 K사의 RS-IV 보다 이물질 함유량이 현저히 낮은 것으로 나타났다.

또한 S사와 K사의 RS-I, IV 모두 JIS A 5021의 기준에 만족하였으나, RS-IV만이 KS F 2573(순환잔골재)의 기준에 만족하는 것으로 나타났다.

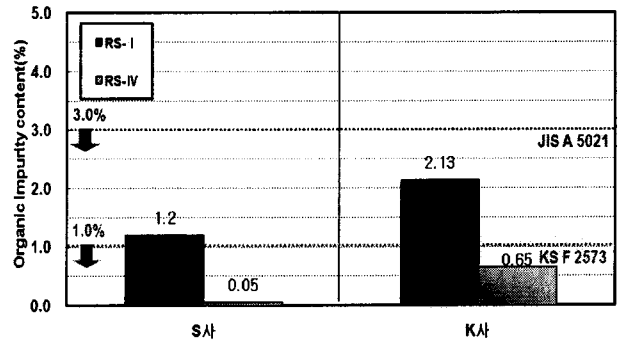


그림 9. 순화모래의 이물질 함유량

## 4. 결 론

샌드플렉스 장치의 대(150ton/hr)·소용량(80ton/hr) 차이에 따른 고품질 순화모래의 품질평가를 실시한 결과, 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

- 1) 샌드플렉스 장치의 대소용량 차이에서 생산된 순화모래의 기초물성을 평가한 결과, S사와 K사의 샌드플렉스 장치를 거치기 전 단계인 RS-I에 비하여 샌드플렉스 장치를 거친 RS-IV의 품질이 향상되었다. 또한 샌드플렉스 장치의 전처리 단계에서 파쇄장치의 용량 차이로 여러 차례 진동살수스크린을 거친 S사의 RS-IV가 K사의 RS-IV 보다 품질이 우수한 것으로 나타났으며 흡수율, 점토덩어리량, 이물질 함유량의 경우에는 품질개선 효과가 큰 것으로 나타났다.
- 2) 용량의 차이에 따른 품질 변동은 크지 않은 것으로 나타났으며, K사의 최종 생산된 순화모래가 S사의 최종 생산된 순화모래보다 품질이 저하되는 원인은 투입 원골재 및 전처리 단계의 차이에 따른 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부 05 건설핵심기술연구개발사업(과제 번호 : 05건설핵심D07)의 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 표합니다.

## 참고문헌

1. 김무한 외, 고품질 순환모래 건식생산 시스템의 성능개선 및 평가에 관한 연구, (사)한국콘크리트학회 2007년도 봄 학술 발표회 논문집 Vol.19 No.1
2. 송하영 외, 습식비중분리시스템에서 생산된 고품질 순환모래를 사용한 모르타르의 품질평가에 관한 실험적 연구, (사)한국건축시공학회 학술. 기술논문발표회 논문집 v.8 n1(통권 제14호) 2008.05
3. 송하영 외, 습식비중분리시스템을 활용한 순환잔골재의 품질 특성에 관한 연구, (사)대한건축학회 논문집(구조계), v.24 n.5 2008.05