

# 고품질 순환모래 제조를 위한 샌드플럭스 장치의 최적 운전조건 설정에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Establishment of Optimum Operating Conditions in Sand Flux Apparatus for High-Quality Recycled Sand Manufacture

**이 종 석\***      **임 현 응\***      **김 재 환\*\***      **이 도 현\*\*\***      **이 상 수\*\*\*\***      **송 하 영\*\*\*\*\***  
Lee, Jong-suk      Lim, Hyun-Ung      Kim, Jae-Hwan      Lee, Do-Heun      Lee, Sang-Soo      Song, Ha-Young

### Abstract

In this study, recently it is urgently required that demolition waste concrete has to be recycled on the construction because urban development is accelerated and redevelopment project is rapidly expanded, production quantity of construction and demolition waste concrete is being increased. On the other hand, it has to be solved urgently the unbalance of demand and supply about the fine aggregate because the sea sand is restricted by exhaustion of river sand and intensification of environment influence evaluation.

Therefore, the purpose of the study was to show the performance of the apparatus developed by the study and to propose the direction of the optimum operating conditions by having an experimental and positive evaluation about quality of recycled sand produced to develop a separating and selecting device of impurities for recycling of construction wastes which can have a bigger improvement of economical efficiency, productivity, environmental property and quality through a basic property of matter of recycled sand by each operating condition of sand flux in comparison with the existing production system of recycled sand.

키 워 드 : 폐기콘크리트, 건설폐기물, 고품질 순환모래, 샌드플럭스, 싸이클론, 플럭스탱크

Keywords : Waste Concrete, Construction Waste, High-Quality Recycled Sand, Sand Flux, Cyclone, Flux Tank

## 1. 서 론

최근 건설 산업의 활성화 증대로 인하여 구조물 신축과 철거에 의한 건설 폐기물이 점차 증가됨에 따라 건설 폐기물의 처리를 대부분 매립에 의존하고 있기 때문에 환경오염 발생과 무분별한 천연골재 채취로 인한 환경파괴로 지역주민 및 환경단체와의 갈등으로 인해 건설업계의 골재 부족문제가 대두되고 있으며, 이에 따라 정부에서도 2005년 1월부터 시행 하고 있으나, 폐콘크리트로부터 생산되는 순환골재는 중간처리업체가 보유하고 있는 생산설비의 규모 및 성능의 한계로 인해

고품질의 순환모래를 생산하기 어려운 실정이며, 수요자 측면에서도 순환골재의 사용에 대한 인식이 낮기 때문에 현재 도로용 및 구조물의 뒤채움재 등의 저급한 용도로 주로 이용되고 있다.

따라서, 본 연구에서 개발한 샌드플럭스 장치의 운전조건별 순환모래의 기초물성 평가를 통하여 품질의 대폭적인 향상이 가능한 건설폐기물 재활용을 위한 이물질 분리·선별 장치를

개발하고자 최종 생산된 순환모래의 품질을 실험·실증적으로 평가함으로써, 본 연구개발장치의 성능 및 향후 최적운전조건 방향을 제시하고자 하였다.<sup>1),2),3)</sup>

## 2. 품질평가 기준

표 1~표 3은 국내외 순환모래 품질기준을 조사하여 비교분석한 것이며, 본 연구에서는 절건밀도, 흡수율 및 이물질함유량의 품질기준을 참고하였다.<sup>4),5)</sup>

표 1. 순환(재생)모래의 정의 및 용도

구분	순환모래 (KS F 2573)	재생모래H (JIS A 5021)
적용 범위	콘크리트 또는 각종 콘크리트 제품에 사용되는 폐콘크리트로부터 생산된 순환모래	콘크리트 덩어리에 대해 파쇄, 마쇄, 분급 등의 고도의 처리를 행해 제조한 콘크리트 재생골재 H
용도	21MPa 미만의 비구조체 콘크리트	제한없음

\* 정회원, 한밭대학교 건축공학과 대학원, 석사과정

\*\* 정회원, 한밭대학교 건축공학과, 겸임교수, 공박

\*\*\* 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원, 연구위원, 공박

\*\*\*\* 정회원, 한밭대학교 건축공학과, 조교수, 공박

\*\*\*\*\* 정회원, 한밭대학교 건축공학과, 교수, 공박

표 2. 순환모래의 품질평가 참고기준

구분	순환모래 (KS F 2573)	재생모래H (JIS A 5021)
절건밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	2.2 이상	2.5 이상
흡수율 (%)	5.0 이하	3.5 이하
입자모양판정 실적률 (%)	53 이상	53 이상
0.08mm체 통과량 시험에서 손실된 양 (%)	7.0 이하	7.0 이하
알칼리골재반응	무해할 것	0.04 (0.1) 주1)
점토덩어리량 (%)	1.0 이하	-
이물질함유량 (%)	유기이물질	3.0 이하
	무기이물질	

주1) 구입자의 승인을 얻으면 0.1% 이하

표 3. 재생골재H의 불순물량의 상한치(JIS A 5021)

분류	불순물의 종류	상한값 (%)
A	타일, 벽돌, 도기류, 아스콘 덩어리	2.0
B	유리 조각	0.5
C	돌 및 돌 보도 조각	0.1
D	그 외 무기계 보도 조각	0.5
E	플라스틱 조각	0.5
F	나무조각, 종이, 아스팔트 덩어리	0.1
	불순물량의 합계	3.0

### 3. 샌드플럭스(Sand Flux) 장치의 개요

본 연구의 샌드플럭스(Sand Flux) 장치는 상부에 설치된 싸이클론(Cyclone)방식의 이물질 제거장치에 의해 1차적으로

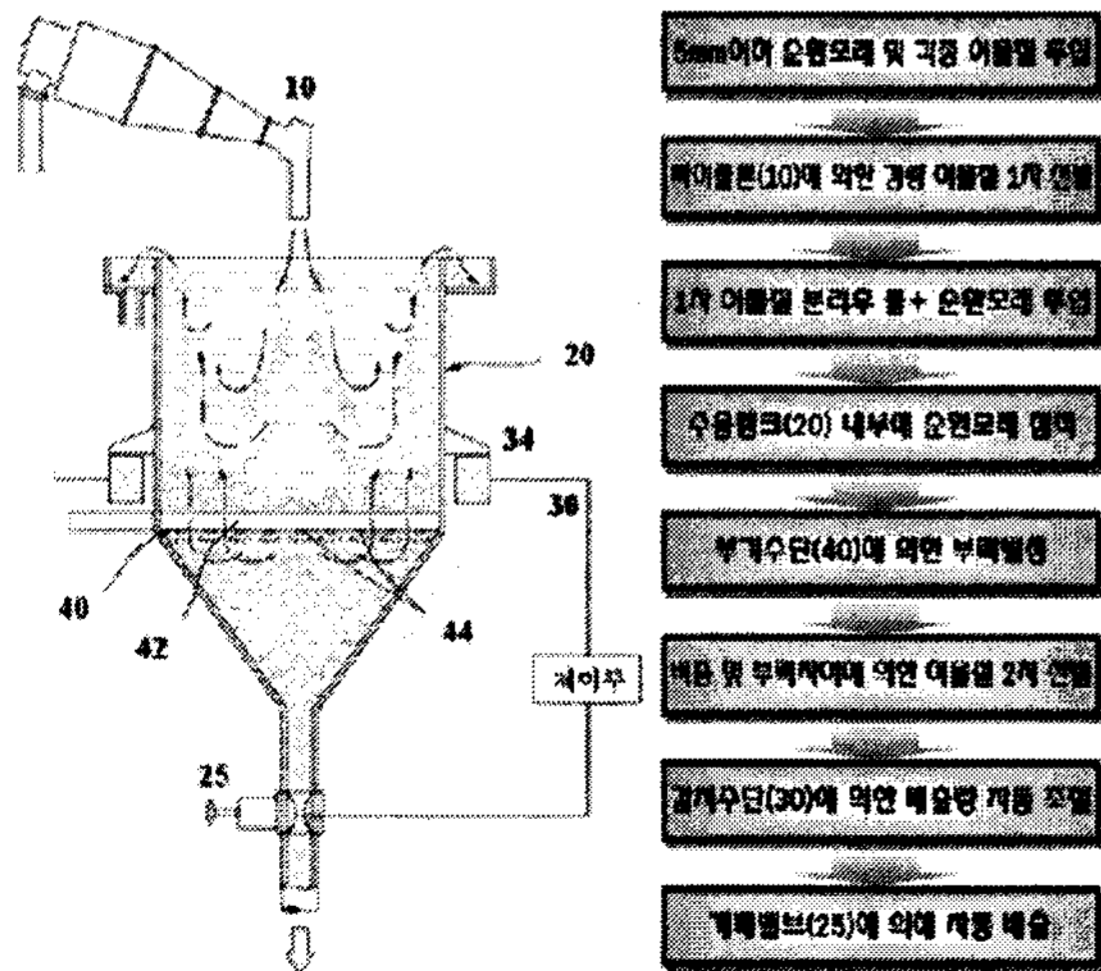


그림 1. 샌드플럭스 장치의 개념 및 원리

이물질을 분리·선별할 수 있도록 되었고, 이를 통하여 분리 배출된 순환모래가 하부의 플럭스탱크(Flux Tank)장치를 거쳐 2차적으로 이물질을 제거할 수 있도록 설계 되었으며, 또한, 그림 1은 본 연구 장치에 대한 개념 및 원리를 나타낸 것이다.

### 4. 실험계획 및 방법

#### 4.1 실험계획

그림 2는 현장적용된 건설폐기물 중간처리업체의 순환모래를 생산하기 위한 전체공정도 중 대상시료가 채취된 위치와 순환모래의 품질특성을 평가하기 위한 생산공정도를 나타낸 것이며, 샌드플럭스가 설치된 건설폐기물 중간처리업체의 제조시스템에서 토분이 다량 함유된 8~15 mm의 Under Size 혼합형 건설폐기물을 주원료로 하여 사진 1과 같이 샌드플럭스 내부의 비중분급점을 2.4, 2.8 및 3.2 kg/cm<sup>2</sup>로 각각 설정하였다.

표 4. 순환모래의 실험계획 및 방법

대상시료	운전조건	시험항목	시험방법
RS - II	24 (kg/cm <sup>2</sup> )	절대건조밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	KS F 2504
RS - IV	28 (kg/cm <sup>2</sup> )	흡수율 (%)	KS F 2576
	3.2 (kg/cm <sup>2</sup> )	이물질함유량 (%)	

RS - II : 2차 선별스크린을 거친 순환모래

RS - IV : 플럭스탱크 장치를 거친 순환모래



그림 2. 건설폐기물 중간처리업체의 순환골재 생산공정도

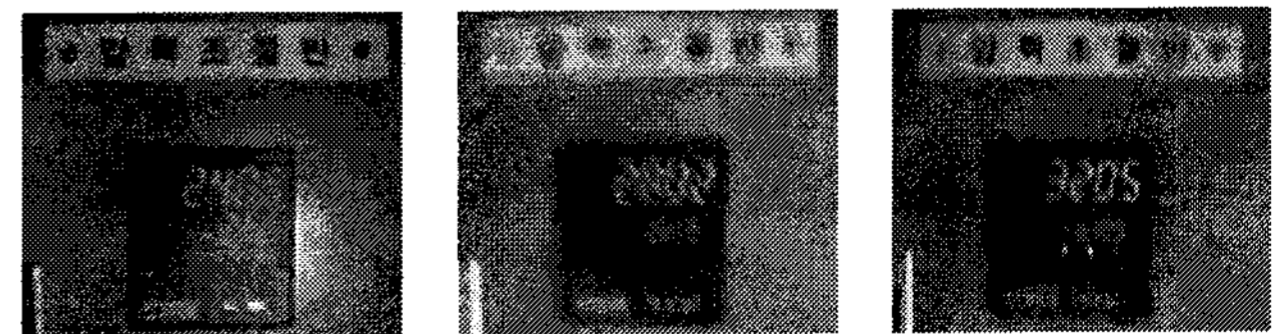
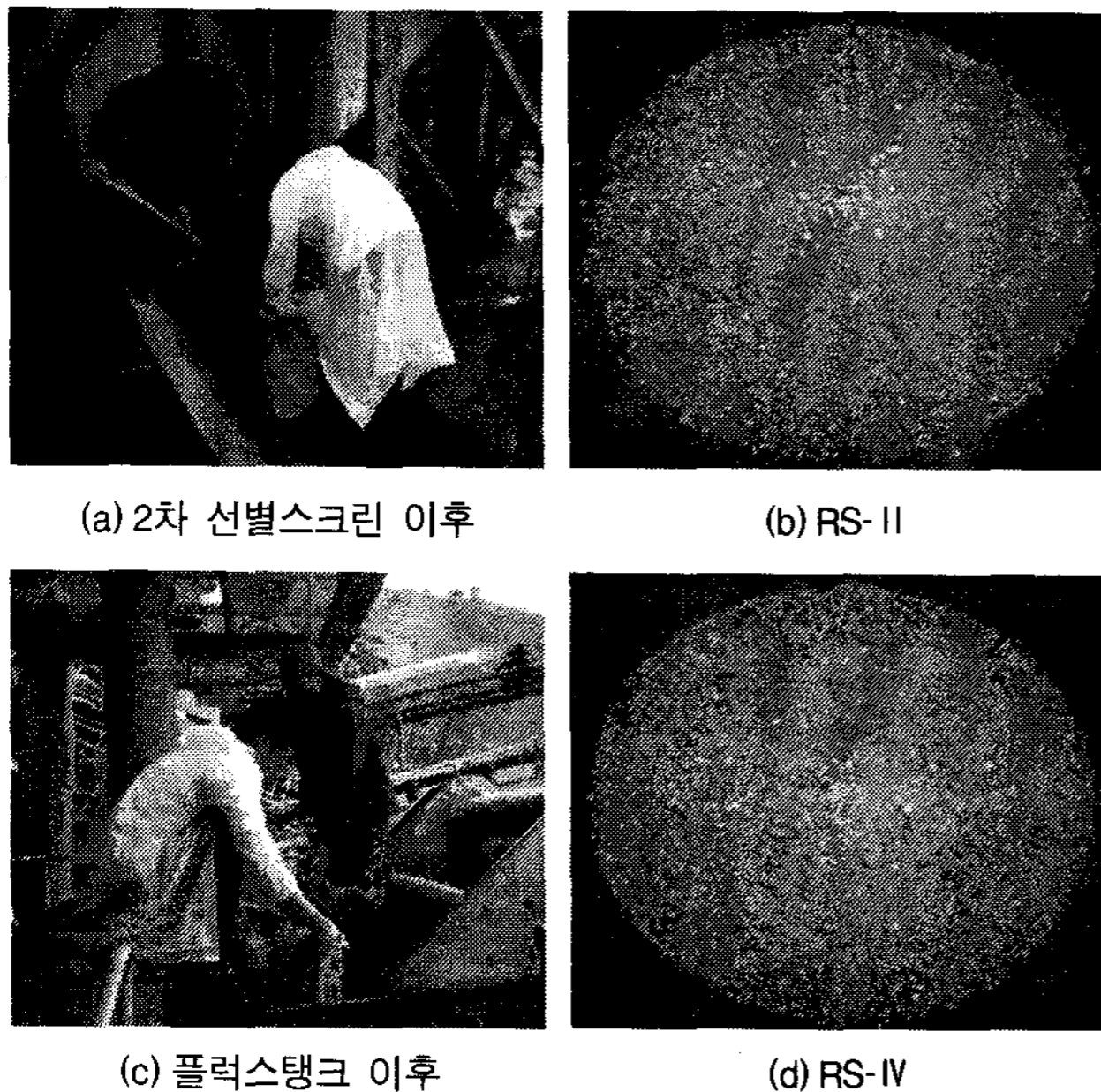


사진 1. 운전조건별 각각의 대상시료를 채취하기 위한 설정 값

#### 4.2 실험방법

건설폐기물 중간처리업체에서 생산된 2종류 (RSII, RSIV)의 순환모래에 대한 품질특성을 평가하기 위하여, 대상시료에 대한 품질평가 방법은 국내의 KS 기준에 준하였으며, 사진 2는 대상시료 채취 전경 및 그 대표적인 외형을 나타낸 것이다.



(a) 2차 선별스크린 이후

(b) RS-II

(c) 플럭스탱크 이후

(d) RS-IV

사진 2. 운전조건별 대상시료의 채취 전경 및 그 외형

## 5. 실험결과 및 고찰

본 연구에서 샌드플렉스 장치에 대한 운전조건에 따른 각각의 순환잔골재의 품질평가는 KS F 2573에는 대부분 만족하였으며, JIS A 5021의 기준에 유기이물질 함유량을 제외한 밀도 및 흡수율은 만족하지 못하는 것으로 나타났고, 그 결과는 표 5에 나타낸 바와 같다.

표 5. 운전조건별 대상시료의 기초물성평가 결과

품질시험항목	운전조건(kg/cm <sup>2</sup> )						
	2.4		2.8		3.2		
	RS II	RS IV	RS II	RS IV	RS II	RS IV	
절건밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	2.10	2.22	2.17	2.39	2.09	2.41	
흡수율 (%)	7.52	5.01	6.81	4.30	8.30	3.81	
유기이물질	질량	3.56	2.12	2.07	0.58	1.78	0.20
함유량 (%)	용적	17.44	1.75	10.86	1.40	7.14	1.07

### 5.1 절건밀도

그림 3은 대상시료의 절건밀도 시험결과를 나타낸 것으로, 비중분급점이 2.4 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 2.10 g/cm<sup>3</sup>, RS IV는 2.22 g/cm<sup>3</sup>를 나타내어 약 5.7%의 성능개선율을 보였고, 비중분급점이 2.8 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 2.17 g/cm<sup>3</sup>, RS IV는 2.39 g/cm<sup>3</sup>를 나타내어 약 10.1%의 성능개선율을 보였으며, 비중분급점이 3.2 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 2.09 g/cm<sup>3</sup>, RS IV는 2.41 g/cm<sup>3</sup>를 나타내어 약 15.3%의 성능개선율을 나타내었다.

이러한 비중분급점의 증가에 따른 절건밀도의 품질 성능의 개선율이 증가되는 경향은 플럭스탱크(Flux Tank) 내부의 비중분급점의 증가로 인하여 플럭스탱크(Flux Tank) 내부에 설치된 부력부가수단에 의한 세척수의 활동 증대로 이어져 점토, 미사, 황토 및 각종 미세한 이물질 등과 같은 65 μ 이하의 미분을 함유한 세척수가 더 많이 오버플로우 노즐을 따라 탈수스

크린을 거치면서 제거되기 때문인 것으로 판단된다.

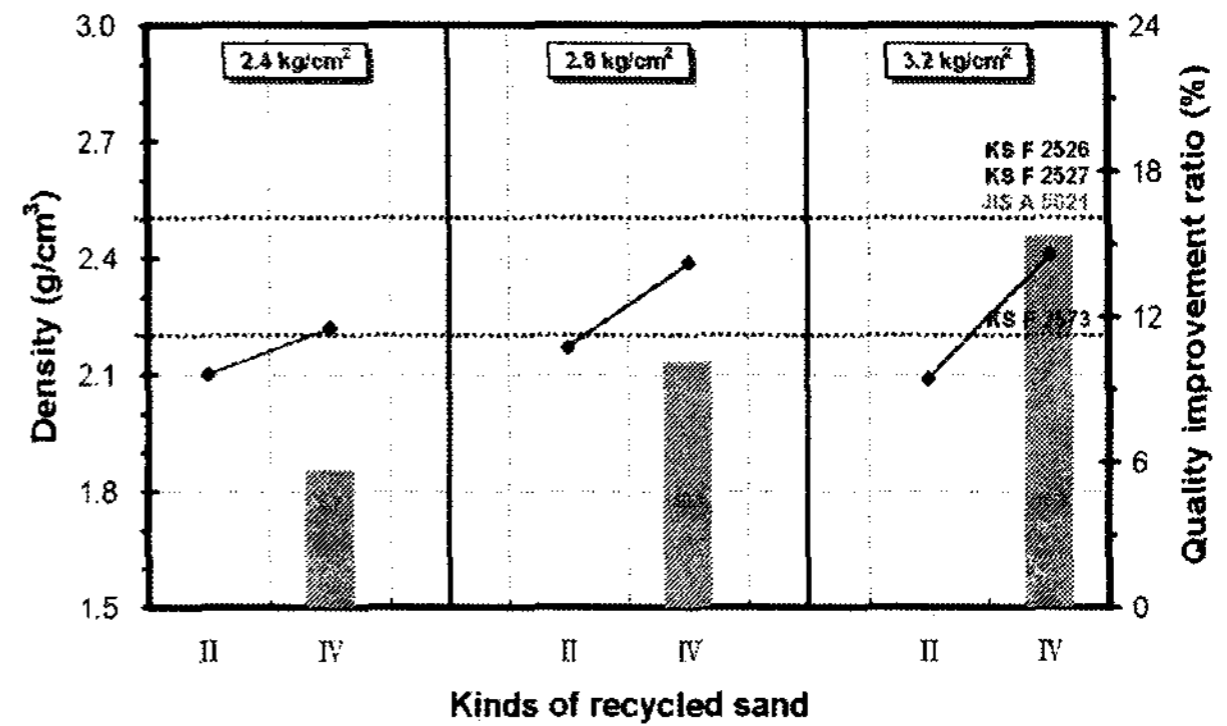


그림 3. 절건밀도의 변화

그러나, RS II를 제외한 모든 대상시료는 국내의 순환모래 품질기준인 KS F 2573의 기준치 (2.2 g/cm<sup>3</sup> 이상)를 만족하는 것으로 나타났으나, 설계기준강도 21 MPa 이상의 구조재 콘크리트용 모래로서 KS F 2526, KS F 2527 및 JIS A 5021 (H급)의 기준치 (2.5 g/cm<sup>3</sup> 이상)에는 만족하지 못하는 것으로 나타나 천연모래와 동등하게 일반 콘크리트용 모래로 사용하기에는 부적합한 것으로 사료된다.

### 5.2 흡수율

그림 4는 대상시료의 흡수율 시험결과를 나타낸 것으로, 비중분급점이 2.4 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 7.52%, RS IV는 5.01%를 나타내어 약 33.4%의 성능개선율을 보였고, 비중분급점이 2.8 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 6.81%, RS IV는 4.30%를 나타내어 약 10.1%의 성능개선율을 보였으며, 비중분급점이 3.2 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 8.30%, RS IV는 3.81%를 나타내어 약 54.1%의 성능개선율을 나타내었다.

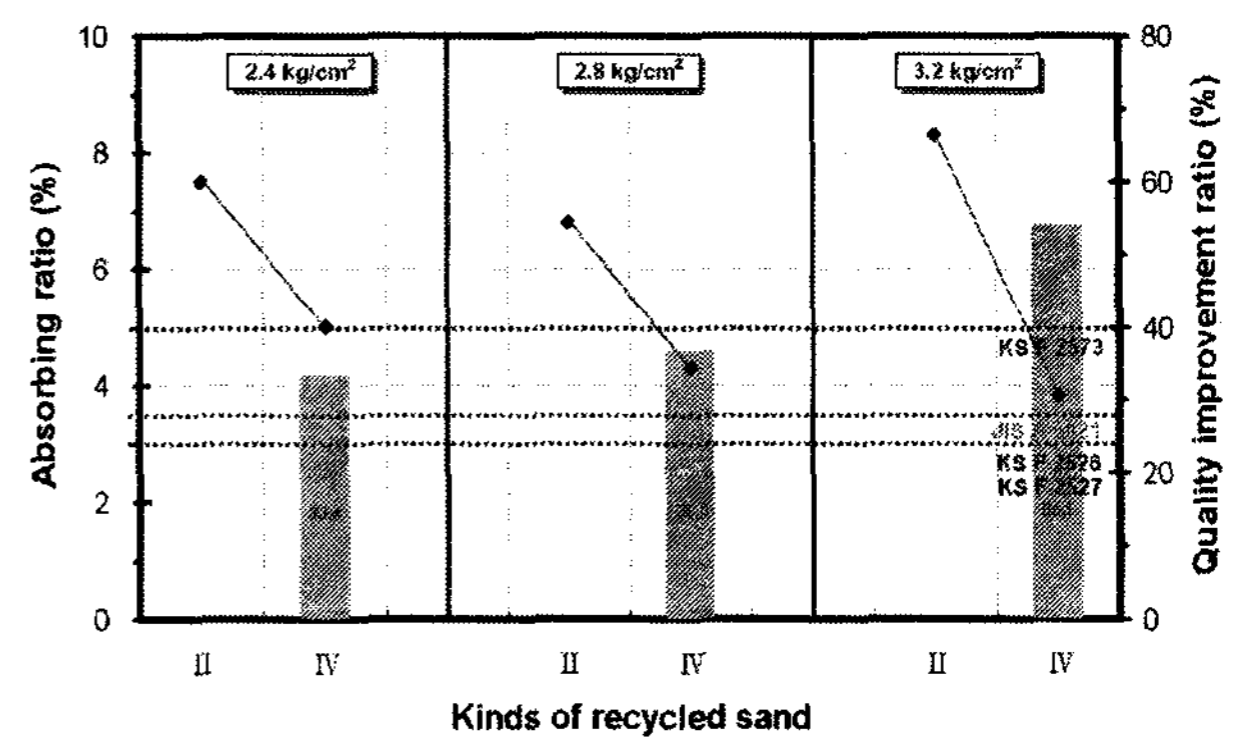


그림 4. 흡수율의 변화

이러한 비중분급점의 증가에 따른 흡수율의 품질 성능의 개선율이 증가되는 경향은 상기에서 서술한 바와 같이 플럭스탱크(Flux Tank) 및 핀치밸브(Pinch Valve)의 역할 증대로 인해 제거되는 미립분과 각종 이물질 및 순환모래에 부착된 일부 시멘트 페이스트 등의 양이 증가하여 흡수율이 개선되는 것으로 판단된다.

그러나, RS II를 제외한 대부분의 대상시료는 국내의 순환모래 품질기준인 KS F 2573의 기준치 (5.0% 이하)를 만족하는

것으로 나타났으나, 설계기준강도 21 MPa 이상의 구조체 콘크리트용 모래로서 KS F 2526과 KS F 2527의 기준치 (3.0% 이하) 및 JIS A 5021 (H급)의 기준치 (3.5% 이하)에는 만족하지 못하는 것으로 나타나 천연모래와 동등하게 일반 콘크리트용 모래로 사용하기에는 부적합한 것으로 사료된다.

### 5.3 유기이물질 함유량

사진 3과 사진 4는 육안식별법에 의해 분류된 대표적인 대상시료에 대한 개별 유기이물질의 양 및 부유된 유기이물질의 변화를 나타낸 것이며, 그림 5는 대상시료의 유기이물질 함유량 시험결과를 도식화한 것으로, 비중분급점이 2.4 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 3.56%, RS IV는 2.12%를 나타내어 약 40.4%의 성능개선율을 보였고, 비중분급점이 2.8 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 2.07%, RS IV는 0.58%를 나타내어 약 72.0%의 성능개선율을 보였으며, 비중분급점이 3.2 kg/cm<sup>2</sup>의 경우 RS II는 1.78%, RS IV는 0.20%를 나타내어 약 88.8%의 성능개선율을 나타내었다.

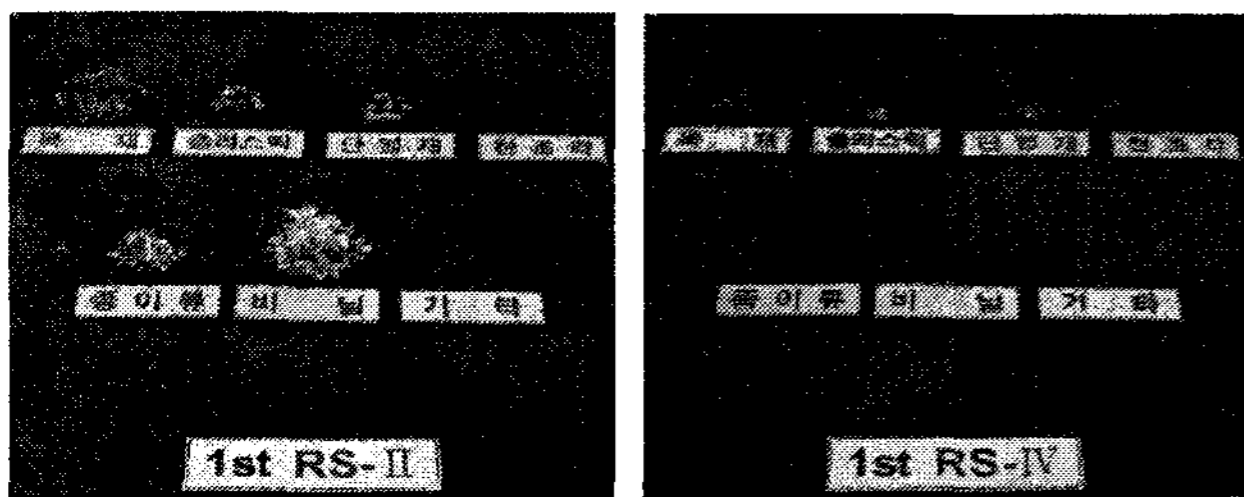


사진 3. 대표적인 대상시료의 유기 이물질 분리 (육안식별법)

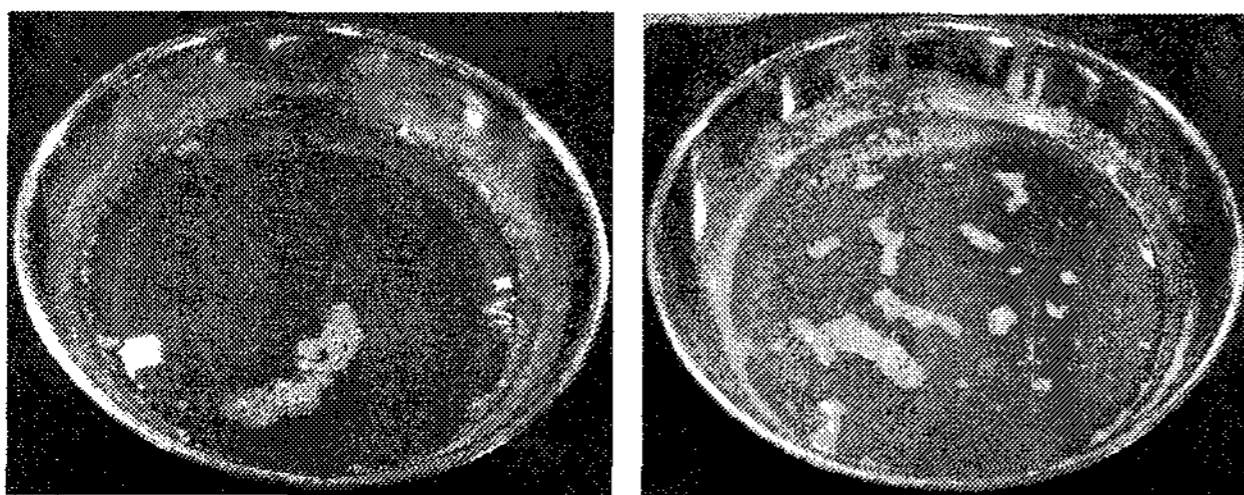


사진 4. 대표적인 대상시료의 부유된 유기이물질의 변화

이러한 비중분급점의 증가에 따른 유기이물질 함유량의 품질 성능의 개선율이 증가되는 경향은 플럭스탱크 (Flux Tank) 내부의 비중압력 증대로 인해 제거되는 각종 미세한 이물질 양이 증가하여 유기이물질 함유량이 개선되는 것으로 판단된다.

그러나, RS II를 제외한 모든 대상시료는 국외의 고품질 순환모래 품질기준인 JIS A 5021 (H급)의 기준치 (질량: 3.0% 이하)에 만족하는 것으로 나타났으나, 국내의 순환모래 품질기준인 KS F 2573의 기준치중 질량 (1% 이하)에는 대부분 만족하고 있으나, 용적 (1% 이하)의 기준치에는 만족하는 못하는 것으로 나타났다.

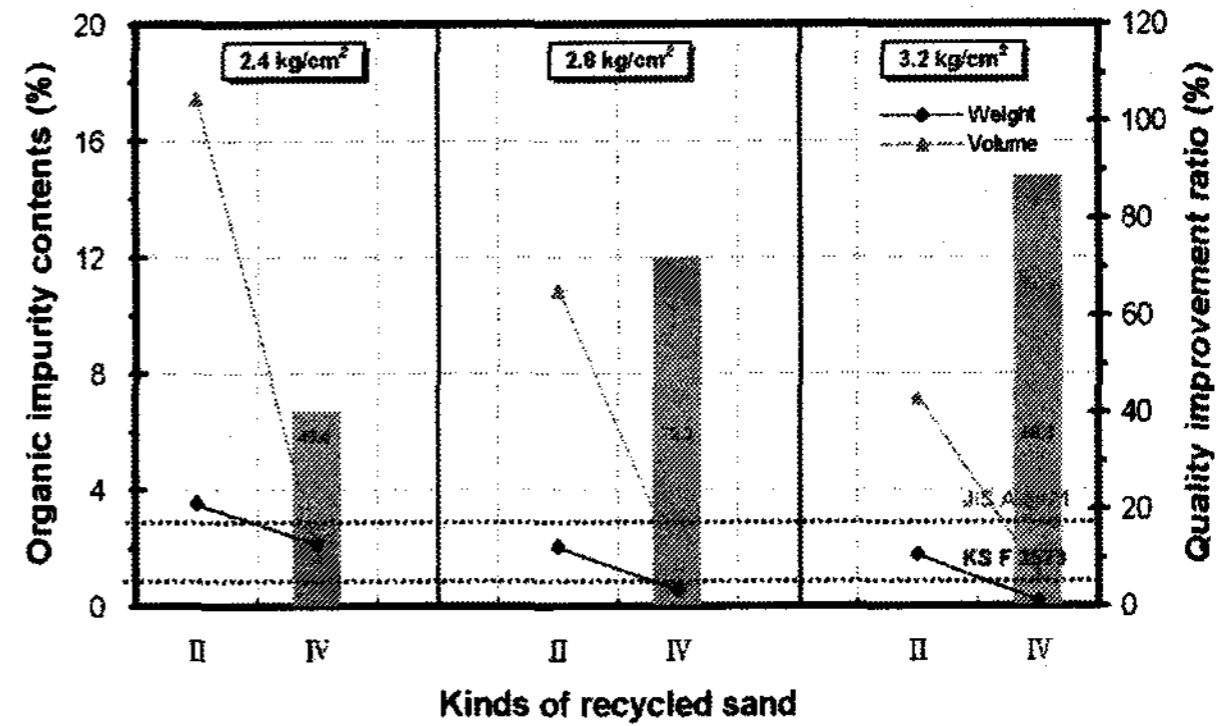


그림 5. 유기이물질함유량의 변화

## 6. 결 론

본 연구의 비중 및 부력차이를 이용한 샌드플럭스(Sand Flux)의 비중분급별 순환모래의 품질평가 및 최적의 운전조건은 다음과 같다.

- 1) 샌드플럭스에서 생산된 순환모래의 기초물성을 평가한 결과, 샌드플럭스 투입전의 순환모래(RS-II)에 비하여 샌드플럭스 장치를 통과한 순환모래(RS-IV)의 품질이 크게 향상되어 KS 기준에는 만족하는 결과를 나타내었지만 JIS 기준에는 만족하지 못하는 결과를 나타내었다.
- 2) 또한, 소형 샌드플럭스 장치의 최적의 운전조건 설정을 위한 순환잔골재의 기초물성을 평가한 결과, 플럭스탱크 내부의 비중분급점이 3.2 kg/cm<sup>2</sup>일 때 각종 품질성능이 향상되므로 샌드플럭스의 최적운전 조건은 3.2 kg/cm<sup>2</sup>가 적당하다고 판단되며, 향후, 비중분급점을 상향 조정하여 이에 대한 품질평가를 검토하는 것이 바람직하다고 생각된다.

## 謝 辭

본 연구는 건설교통부 05 첨단도시개발사업(과제번호: 05건설핵심D07)의 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 표합니다.

## 참 고 문 헌

1. 송하영 외, "샌드플럭스 장치를 활용한 순환모래의 제조 및 품질 평가에 관한 연구", (사)한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 제18권 2호, 2006.11
2. 송하영 외, "고품질 순환모래 제조를 위한 샌드플럭스 장치의 성능 평가에 관한 실험적 연구", (사)한국폐기물학회 춘계학술발표대회, 2007년 환경공동학술대회 초록집, 2007.05
3. 송하영 외, "샌드플럭스 장치에서 생산된 순환모래를 사용한 모르타르의 품질평가에 관한 실험적 연구", (사)한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, 제19권 1호, 2007.05
4. (財)日本規格協會, JIS A 5021 (콘크리트용再生骨材 H), 2005.03
5. (社)日本コンクリート工學協會, CONCRETE JOURNAL, JCI, 第45卷7號, 2007.07