

# 생산 방식에 따른 부순 모래의 특성 및 모르타르 적용성

## Properties of Quality & Mortar Application of Crushed Sand According to the Producing Type

백철우\*      박조범\*      김정식\*      류득현\*\*  
Baek, Chul Woo   Park, Cho Bum   Kim, Jung Sik   Ryu, Deuk Hyun

### ABSTRACT

Recently, according to increase use of concrete which is the main material of construction, the natural aggregate of good quality is more and more decreased. Most of all, among the concrete materials, the development of alternation materials of sand is urgently needed.

In this study, investigating the production equipment and the sample of crushed sand company and analyzing properties of sand, manufactured mortar by the KS to use crushed sand as the fine aggregate of concrete material. The experiment result is as follows.

1. The density, an absorptivity, and the amount of 0.08mm passage ratio of crushed sand, and the mortar used crushed sand satisfied KS. The mechanical results is similar to sea sand.
2. The crushed sand which used impact crusher instead of cone crusher for 3rd or 4th crusher was similar properties to sea sand, so it is judged that impact crusher has high effect of particle shape improvement of crushed sand.

### 1. 서 론

콘크리트용 골재로서 양질의 천연골재가 부족함에 따라 대체골재의 개발이 여러 분야에서 진행되고 있으며, 그 결과 여러 종류의 골재가 적용되고 있다. 굵은 골재로서 부순 자갈의 사용은 이미 일반화 되어 있으며, 부순 모래 역시 강모래나 천연모래의 수급이 원활하지 않은 지역에서는 대체 골재로서 사용이 시도되고 있으며, 그 사용량은 천연자원의 감소와 원가절감의 방안으로 점차 늘어날 전망이다. 그러나 부순 모래의 경우에는 원석의 상태와 제조 설비 시설의 상태에 따라서 품질이 크게 다르게 나타나, 콘크리트 제조시 품질관리에 어려움을 겪고 있어 이에 대한 해결책이 요구되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 부순 모래 제조설비의 특성을 분석하고, 설비에 따른 부순 모래의 품질특성을 분석하고, 모르타르를 제작하여 기초 특성을 분석하였다. 그 결과 생산 방식에 따른 부순 모래의 품질 특성을 분석하여 콘크리트 적용에 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

### 2. 부순 모래 생산방식

본 실험 대상으로 선정된 10개 업체는 수도권의 공사현장에서 원석을 들여와 파쇄하는 회사를 대상으로 하였으며, 생산 방식을 분석하면, 대부분의 회사가 조 크러셔(Jaw Crusher), 콘 크러셔(Cone Crusher), 임팩트 크러셔(Impact Crusher), 또는 콘 크러셔 등의 3단계 파쇄시스템으로 생산을 하고 있었으며, 1개사는 조 크러셔와 콘 크러셔의 2단계 파쇄시스템을, 다른 1개사는 살수를 하지 않고, 스크린만 사용하여 건식공정으로 부순 모래를 생산하는 회사도 있었다.

\* 정회원, 유진종합개발(주) 기술연구소, 연구원  
\*\* 정회원, 유진종합개발(주) 기술연구소, 소장

따라서 부순 모래의 일반적인 생산 시스템은 조 크러셔, 콘 크러셔, 임팩트 크러셔의 파쇄 시스템과 최종적으로 살수 스크린을 통하여 생산하는 방식이 일반적인 방식이었다. 특히, 임팩트 크러셔의 경우는 고품질의 부순 모래 생산과 입도를 개선하기 위해서 사용하고 있었으며, 본 실험 대상 회사 중에서는 6개사가 임팩트 크러셔를 사용하고 있는 것으로 나타났다.

본 실험에서 조사대상으로 선정된 업체의 생산시스템을 간략화하여 나타내면 다음 <표. 1>과 같고, 대표적인 생산설비는 [그림. 1]과 같다.

<표. 1> 부순 모래 생산 공정

기 호	1차	2차	3차	4차	체크기 (mm)
I551	Jaw	Cone	Impact		5.5
CI551	Jaw	Cone	Cone	Impact	5.5
C55	Jaw	Cone	Cone		5.5
65	Jaw	Cone			6.5
C601	Jaw	Cone	Cone		6.0
I50	Jaw	Cone	Impact		5.0
CI552	Jaw	Cone	Cone	Impact	5.5
I60	Jaw	Cone	Impact		6.0
I552	Jaw	Cone	Impact		5.5
C602	Jaw	Cone	Cone		6.0

※기호설명

·1차(Jaw), 2차(Cone) 크러셔 생략, 3차 크러셔, 4차 크러셔, 최종 스크린 치수(mm).

·1, 2는 동일 설비시스템을 가진 회사를 구분.



[그림. 1] 부순 모래 생산 설비의 대표적인 형상

### 3. 실험

#### 3.1. 재료

본 실험의 부순 모래 기초물성에서는 10개의 서로 다른 부순 모래와 바다 모래를 사용하였고, 모르타르 실험의 재료는 KS 규정에 적합한 시멘트, 플라이애시, 모래, 상수도를 사용하였다.

#### 3.2. 실험 방법

본 실험에서는 서로 다른 방식으로 생산된 부순 모래를 KS F 2527(콘크리트용 부순 골재)에 준하여 기초 물성 시험을 실시하였고, 이를 이용하여 모르타르를 제작하여 바다모래와 비교하였다. 실시한 시험 항목은 <표. 2>와 같다.

<표. 2> 부순 모래 및 모르타르 시험 항목

구 분	항 목	규 정	시험 방법
부순모래 질	밀도, 흡수율	KS F 2504	잔골재의 밀도 및 흡수율 시험 방법
	.008mm 체 통과량	KS F 2511	골재에 포함된 잔 입자 시험방법
	입자모양 판정, 실적률	KS F 2505	골재의 단위용적질량 및 실적률 시험 방법
	단위용적질량	KS F 2527	콘크리트용 부순 골재
	조립률	KS F 2502	골재의 체가를 시험방법
부순모래 모르타르	플 로	KS L 5111	시멘트 시험용 플로 테이블
	공기량	KS L 3136	수경성 시멘트 모르타르의 공기량 측정 방법
	압축강도(3, 7, 28, 91일)	KS L 5105	수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법
	휨강도(28일)	KS F 2408	콘크리트의 휨 강도 시험 방법
	단위용적질량(28일)	-	재령 28일에 질량과 부피로 산정

### 3.3. 모르타르 배합

부순 모래의 모르타르 적용성을 평가하기 위하여 시멘트와 모래의 배합비를 1:3의 용적배합으로 하였으며, 플라이애시를 시멘트의 15%(용적)으로 대체하였으며, W/C는 0.523으로 모르타르를 제작하여 바다 모래를 사용한 모르타르와 비교하였다.

<표. 3> 실험 배합표

배합비	W/C	FA 대체율 (vol. %)	단위 용적(L/m <sup>3</sup> )			
			시멘트	플라이애시	부순 모래	물
1:3	0.523	15	147.9	26.1	522.0	274.0

### 4. 실험 결과

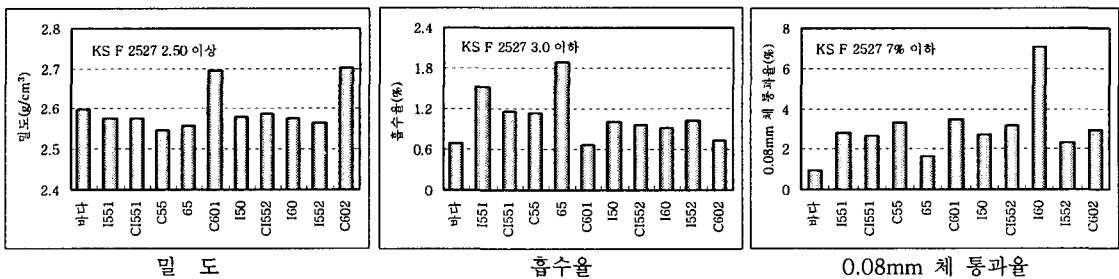
생산 방식에 따른 부순 모래의 품질 및 부순 모래를 사용한 모르타르의 특성은 다음 <표. 4>와 같다.

<표. 4> 실험 결과

항목 기호	부순 모래						부순 모래 모르타르								
	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	흡수율 (%)	단위용 적질량 (kg/m <sup>3</sup> )	0.08mm 체 통과율 (%)	실적률 (%)	조립률	플로 (mm)	공기량 (%)	단위용 적질량 (kg/m <sup>3</sup> )	압축강도(MPa)				휨강도 (MPa)	
										3일	7일	28일	91일		
바다	2.60	0.69	1,598	0.97	61.9	2.72	246	0.90	2,247	15.9	24.4	39.6	58.8	6.16	
I551	2.58	1.51	1,622	2.82	63.9	3.11	237	0.96	2,244	14.0	23.1	40.1	57.9	5.95	
CI551	2.58	1.16	1,806	2.69	70.9	3.88	231	0.70	2,259	16.1	25.0	40.5	61.9	5.96	
C55	2.55	1.13	1,767	3.28	70.1	3.34	236	0.80	2,240	14.9	23.6	38.3	57.9	5.82	
65	2.56	1.88	1,732	1.67	69.0	3.60	234	0.66	2,252	14.8	27.0	35.0	59.2	6.11	
C601	2.70	0.66	1,799	3.49	67.2	3.52	215	1.27	2,286	12.3	22.4	29.6	51.7	5.97	
I50	2.58	1.02	1,791	2.76	70.1	3.27	236	1.64	2,231	13.4	20.9	37.1	48.5	5.99	
CI552	2.59	0.97	1,755	3.18	68.5	3.23	219	1.09	2,229	14.1	20.5	34.8	53.4	6.69	
I60	2.58	0.91	1,552	7.03	60.7	3.19	237	0.57	2,229	12.8	20.5	35.0	55.9	5.94	
I552	2.57	1.02	1,748	2.27	68.8	2.92	244	1.15	2,210	13.0	21.3	37.1	56.0	6.23	
C602	2.70	0.72	1,721	2.95	64.1	3.21	202	2.30	2,284	12.1	21.6	29.2	50.5	5.87	

#### 4.1. 부순 모래 품질 특성

본 실험 결과 부순 모래의 밀도는 2.55~2.70g/cm<sup>3</sup>의 범위를 보였으며, 이는 한국산업규격의 규정 값인 2.50 이상을 모두 만족하고 있는 것으로 나타났다. 또한 부순 모래의 흡수율에서는 0.66~1.88%의 범위를 나타내고 있어, 한국산업규격의 규정을 모두 만족하였다.

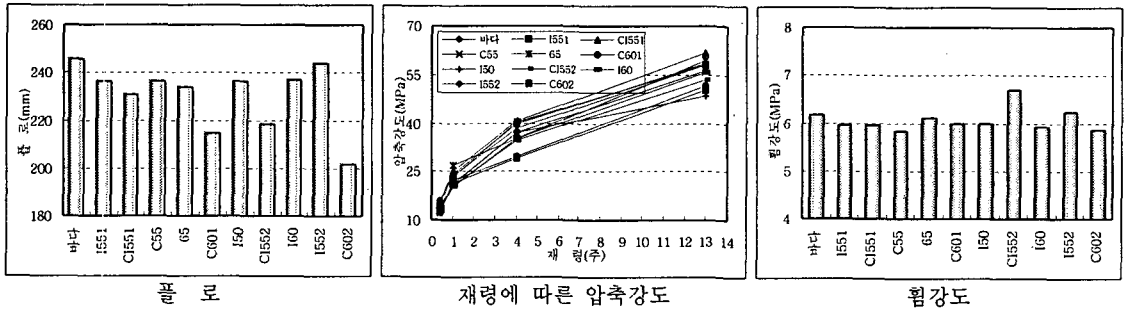


[그림. 2] 부순 모래의 품질 특성

특히, [그림. 2]의 0.08mm 체 통과율에서는 1개사의 부순 모래가 7% 이상을 값을 보여 규정을 벗어나고 있는데, 이는 건식공정으로 생산한 부순 모래인 것으로 나타났다. 일반적으로 부순 모래 생산 시에 골재를 파쇄하면서 많은 미분을 포함하고 있는데, 이를 살수 스크린을 통하여 슬러지로 걸러내고 있지만, 건식공정에서는 이러한 생산 설비가 없기 때문에 다량의 미분을 포함하고 있어, 다소 높은 값을 나타낸 것으로 판단된다.

#### 4.2. 부순 모래 모르타르의 특성

[그림. 3]은 부순 모래를 사용한 모르타르의 특성을 나타낸 것으로, 플로는 202~246mm의 값을 나타냈다. 천연 모래인 바다 모래의 값이 가장 높게 나타났으며, C601, C602의 부순 모래가 가장 낮은 값을 나타냈다. 따라서 입형이 가장 양호한 바다 모래의 값이 가장 높은 플로 값을 나타냈으며, 콘 크러셔와 6mm의 스크린을 사용하는 설비에서는 바다 모래에 비하여 조립률이 높고, 입형이 거칠기 때문에 상대적으로 플로 값이 낮게 나타난 것으로 판단된다.



[그림. 3] 부순 모래 모르타르의 특성

또한, 압축강도와 휨강도에서는 생산방식에 따라 큰 차이는 보이지 않았으며, 재령 28일에 29.2~40.5MPa, 91일에 48.5~61.9MPa의 범위로 나타났다. 91일 강도는 28일 강도의 약 140~150%의 값으로 높은 강도 증진율을 보였는데, 이는 플라야에서 혼입에 의한 포졸란 반응에 의하여 다소 높은 상승률을 보인 것으로 판단된다.

플로와 마찬가지로 압축강도 역시 C60, 즉 콘 크러셔와 6mm 스크린을 사용하는 3단계 생산 설비에서 28일 압축강도가 29.6, 29.2MPa의 다른 생산 설비에 비하여 낮은 값으로 나타났다. 따라서 부순 모래의 품질을 개선하기 위해서는 입형이 구형화가 되도록 하고, 낮은 치수의 스크린을 사용하여 입도를 조절하여 생산하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

#### 5. 결론

생산 방식에 따른 부순 모래의 품질과 모르타르 특성을 분석하기 위해서 서울 근교의 부순 모래 생산업체의 시료를 채취해 KS 규격에 따라 시험하고, 모르타르를 제조하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 부순 모래의 밀도는 바다모래와 큰 차이를 보이지 않았으며, 흡수율에서는 파쇄에 의한 충격과 미분을 함유하고 있어 다소 높은 값을 보였으며, 건식공정에서는 0.08mm체 통과량이 규정치 이상으로 나타나, 미분을 제거할 수 있는 방법을 보완하여야 할 것으로 판단된다.
2. 부순 모래를 사용한 모르타르는 바다 모래를 사용한 모르타르와 대부분 유사한 특성을 나타냈으나, 콘 크러셔와 6mm의 스크린으로 생산하는 3단계 생산 방식에서는 입도와 입형이 바다 모래에 비해 다소 불량하여, 플로 값에서는 다른 생산 방식에 비해서 낮은 값을 나타냈다.
3. 3차 또는 4차 파쇄기를 콘 크러셔보다 임팩트 크러셔를 사용하여 생산한 부순 모래가 전체적으로 입형 개선 효과가 큰 것으로 나타났고, 바다모래와 유사한 품질 특성을 나타내어 콘크리트용 잔골재로서 천연골재를 대체하여 사용량이 증대될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 고경택 외, 부순 모래를 사용한 콘크리트의 품질 평가, 대한토목학회 정기학술대회, 2004.
2. 김기훈 외, 국내 레미콘사의 부순모래 사용실태 조사, 대한건축학회 춘계학술발표회 논문집, 2004.
3. 박정준 외, 국내 부순 모래의 품질 현황, 대한토목학회 정기학술대회, 2004.
4. 한국건설교통기술평가원, 대체골재를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술 개발, 건설교통부, 2004.