

# 고속도로 건설현장에서 사용되는 부순모래의 물리적, 화학적 특성 평가

## Evaluation of Physical and Chemical Properties of Crushed Sand for Highway Construction

이찬영\*      심재원\*\*      김진철\*\*\*      이병덕\*\*\*\*  
Lee, Chan Young    Shim, Jae Won    Kim, Jin Cheol    Lee, Byung Duk

### ABSTRACT

In this study, evaluation of physical and chemical properties of crushed sand was performed to establish optimal mix proportion standard for concrete using crushed sand afterward. Most of properties of crushed sand were satisfied with KS F 2527. Especially, chemical stabilities such as alkali-aggregate reaction were fairly good. However, considerable attention would be required in using crushed sand from lime stone judging from the result that weight loss of it was more than 23.8%. There were some differences in the properties with production region, stone type and capacity of facility, therefore it is thought that quality should be controlled by optimal regulations for corresponding items.

### 1. 서론

70년대의 급속한 경제성장 이후로 각종 대규모 SOC사업은 부존자원의 무분별한 채취를 가져와 80년대 초반까지 풍부하던 강사 및 강자갈 등을 고갈시켰다. 또한, 강사의 부족량을 감당해오던 해사도 환경피해라는 벽에 부딪혀 사용가능성이 불투명해짐으로써, 뚜렷한 대체골재 수급방안이 가시화되기 전까지는 콘크리트용 재료고갈이 향후 건설분야에 미칠 영향이 심각할 것으로 예상되고 있다. 이에 따라 90년대부터 부순모래를 잔골재로 대체하려는 움직임이 건축분야에서 시작되어 수도권 아파트 건설 현장에서는 이미 그 사용량이 대부분을 차지한지 오래다. 그러나 토목 부문에서는 고속도로 건설현장 일부지역에서 자연사와 혼합한 형태로 부분적으로만 이용되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 고속도로 건설현장에서 경제적으로 운반 가능한 석산을 중심으로 부순모래의 적용성을 평가하고, 향후 국내 실정에 맞는 부순모래 콘크리트의 최적배합 기준을 마련하기 위하여 부순모래의 물리적, 화학적 품질특성을 평가하였다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 대상 부순모래 산지의 선정

국내 부순모래의 품질을 평가하기 위한 대상 부순모래 산지의 선정은 고속도로 공사현장에서 운반 거리를 고려하여 파악된 전국의 부순모래 생산업체 중 각 권역별로 부순모래 업체 30개소에 대해 조사하고 시료를 채취하는 방법을 취하였는데, 23개소에 대해서만 조사가 가능하였고, 실제 실험은 20종의 모래에 대해서 실시하였다.

\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 전임연구원  
\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원  
\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원  
\*\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원

## 2. 품질특성 평가

실험실로 운반된 부순모래에 대해 KS규격에 의거 모래의 기초물성을 규명하고 부순모래의 품질규격과 비교하였다. 실험은 입도분포, 조립율, 0.08mm체 통과량, 입형판정실적율, 밀도 및 흡수율, 단위용적중량 등의 물리적 특성과 안정성 및 알칼리 골재반응 등의 화학적 특성에 대하여 KS 규격에서 규정하고 있는 방법이나 이에 준하는 방법으로 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 물리적 특성

표 1에 지역별 부순모래 품질시험 결과를 종합적으로 나타내었다.

표 2. 지역별 부순모래 품질시험 값

지역	구분	밀도	흡수율	조립율	단위용중	입형판정	#200체 통과분
금강	강사	2.56	2.47	2.51	1459	-	3.5
				2.38			
낙동강	강사	2.61	1.99	1.67	1399	-	1.51
강원	석회암	2.73	1.01	2.88	1734	53	8.10
대동	화강암	2.59	2.14	3.33	1705	55	4.02
부산	화강암	2.64	1.19	3.52	1618	53	3.11
				3.22			
산광	퇴적암	2.64	1.35	3.78	1594	53	3.37
삼표	화강암	2.64	1.02	3.38	1636	53	3.55
옥산	퇴적암	2.64	0.93	3.55	1671	50	4.55
				3.18		51	
전라	안산암	2.65	1.07	3.42	1771	53	3.41
충주	화강암	2.67	1.06	2.95	1784	54	2.76
공주	편마암	2.70	1.48	3.49	1790	54	2.61
나주	화강암	2.68	1.20	3.34	1709	53	3.14
담양	화강암	2.75	1.70	3.42	1783	53	3.69
영월	석회암	2.85	0.46	2.94	1925	55	1.69
정읍	규암	2.61	1.70	3.6	1658	55	4.10
제천	화강암	2.66	0.41	3.02	1778	55	4.68
한창	현무암	2.95	0.96	3.47	1839	52	4.68
선일	현무암	2.98	0.81	2.82	1856	47	17.12
대륙	현무암	2.76	0.90	3.45	1638	50	9.61

\* 음영부는 국내 대표적인 강사를 나타낸 것임(낙동강사는 특수한 모래를 대표함)

#### 3.1.1 밀도 및 흡수율

밀도와 흡수율은 골재의 강도와 치밀함을 나타내는 수치로서 KS F 2527의 규정 값인 2.5g/cm<sup>3</sup>와 3%를 기준으로 KS F 2504에 따라 시험을 실시하였다. 표 1에서 확인할 수 있는 것처럼 고속도로 주변에 위치한 석산에서 생산되는 부순모래의 밀도와 흡수율은 KS 규정 값을 만족한 것으로 확인하였으며, 이 결과는 기존 연구자료와도 일치한다.

#### 3.1.2 체가름 시험

골재 대소립의 분포정도는 콘크리트의 작업성, 경제성, 강도 및 내구성에 영향을 미치는 것으로서 KS F 2502에 따라 시험을 실시하였다. 그림 1, 2는 국내의 대표적인 강사와 부순모래의 입도 분포를 나타낸 것이고, 표 1에서 확인할 수 있는 것처럼 조립율은 2.8~3.8 사이에 분포하여 대체적으로 거친

입자의 분포를 보이며 특히, 1.2mm~2.5mm 사이의 분포가 두드러지는 것을 확인할 수 있었다. 그림 3, 4와 같이 강사와 혼합할 경우, 입도상의 문제는 대폭 감소하므로 플라이 애쉬 등과 같은 혼화재료로 입도를 개선하는 방법과 함께 혼합사의 사용도 바람직하다고 판단된다.

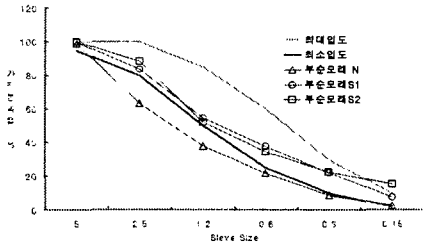


그림 1. 부순모래 수준별 입도특성

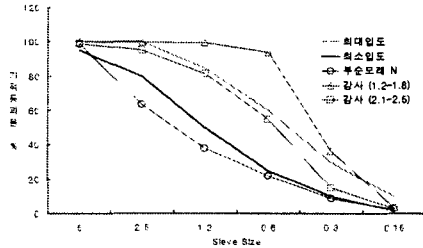


그림 2. 부순모래와 강사의 입도분포 비교

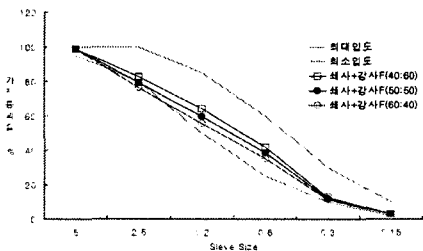


그림 3. 부순모래와 미립의 강사 혼합입도

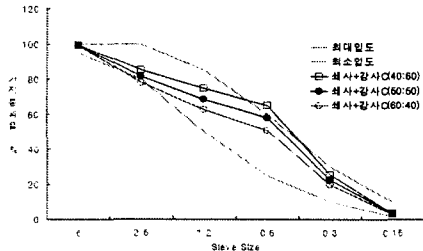


그림 4. 부순모래와 조립의 강사 혼합입도

### 3.1.3 단위용적질량

KS F 2505에 따라 실시한 단위용적질량 시험결과는 표 1에서 확인할 수 있는 것처럼 1600~1900 kg/m<sup>3</sup> 범위로 양질의 강사가 보였던 1550~1750kg/m<sup>3</sup>의 범위보다 약간 크게 나타났는데, 입형이 강사에 비해 좋지 않은 부순모래의 특성상 부순모래의 모양의 밀도가 크기 때문으로 판단된다.

### 3.1.4 입형판정실적율

KS F 2527의 규정 값인 53%를 기준으로 KS F 2505에 따라 시험을 실시하였다. 실험결과 고속도로 주변 석산에서 생산되는 부순모래의 입형판정실적율은 조사 대상재료의 90%가 KS 규정 값을 만족한 것으로 나타났으며, 전국의 석산을 기준으로 한 80%보다 높게 나타났다. 이것은 고속도로에 사용되는 부순모래는 입형판정실적율을 55%로 엄하게 규정하기 때문으로 판단된다.

### 3.1.5 0.08mm체 통과량

0.08mm체 통과량은 부순모래에 포함된 미분량을 나타내는 지표로서, 부순모래에 포함된 미분량이 콘크리트 물성에 적지 않은 영향을 미치기 때문에<sup>1, 2)</sup> KS F 2527은 7%이하로 규정하고 있으며, KS F 2511에 따라 시험을 실시하였다. 표 1에서 확인할 수 있는 것처럼 고속도로 주변에 위치한 석산에서 생산되는 부순모래의 미립분량은 KS 규정 값을 충분히 만족한 것으로 확인하였으며, 이 결과는 기존 연구자료와도 일치한다.

표 3. 골재 안정성 시험결과

지역	손실 무게 백분율(%)	암종	KS 규정
금강	4.8	강사	손실 무게 백분율 10% 이하
낙동강	4.7	강사	
강원	23.8	석회암	
공주	2.8	편마암	
나주	2.7	화강암	
담양	2.7	화강암	
대동	5.5	화강암	
부산	3.7	화강암	
산광	4.0	퇴적암(사암)	
삼포	4.8	화강암	
옥산	4.8	퇴적암	
정읍	3.5	규암	
충주	4.7	화강암	

## 3.2 화학적 특성

### 3.2.1 안정성 시험

콘크리트용 골재는 온도, 습도의 변화나 동결·융해작용 등의 기상작용뿐만 아니라 화학작용에도 안정해야 한다. 골재의 안정성 시험은 KS F 2507에 따라 시험을 실시하였다. 표 2에서 확인할 수 있는 것처럼 고속도로 주변에 위치한 석산에서 생산되는 부순모래의 안정성 시험값은 대부분이 KS 규정 값인 10% 이하를 충분히 만족한 것으로 확인하였으나, 석회암을 모암으로 하는 부순모래는 손실무게백분율이 23.8%로 규정값을 크게 상회하는 것으로 나타나 사용시 이에 대한 주의가 필요하다.

### 3.2.2 알칼리 골재반응성 시험

골재의 알칼리 골재반응성 시험은 화학적 방법인 KS F 2545와 콘크리트 생산 공정 관리용인 KS F 2825(신속법)에 따라 시험을 실시하였다. 그림 5에서 확인할 수 있는 것처럼 고속도로 주변에 위치한 석산에서 생산되는 부순모래의 알칼리골재 반응성 시험결과는 대부분이 안전측으로 확인되었다. 석회암을 모암으로 하는 부순모래 가운데 하나만이 알칼리도 감소량이 239mmol/L로 다소 높게 나왔지만 그 결과도 안전측으로 나타나 국내의 암종은 알칼리골재 반응성에 대해서는 거의 안정하다는 기존의 의견과 일치하였다. 또한, 표 3은 신속법의 결과로 화학적 시험법과 같은 결과를 확인할 수 있다.

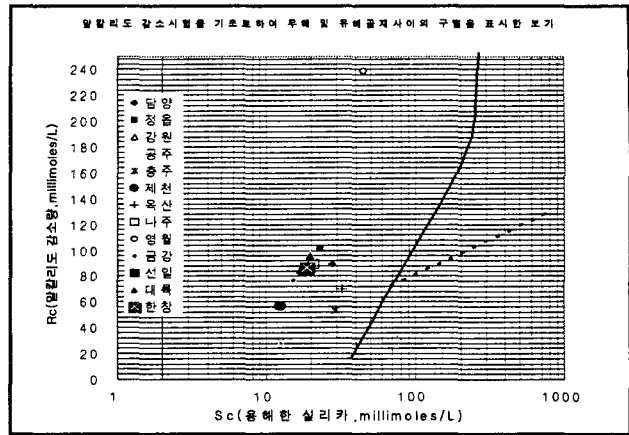


그림 5. 화학법을 이용하여 얻은 시험결과

표 4. 신속법을 이용하여 얻은 시험결과

	끓이기 전			평균	끓인 후			평균	상대 동탄성	기준
	1	2	3		1	2	3			
나주	11486	11505	11483	11491	10695	10736	10700	10710	86.9%	85% 이상
옥산	11312	11224	11220	11252	10476	10323	10311	10370	85.0%	
제천	11223	11131	11343	11232	10352	10476	10286	10371	85.3%	
대륙	10352	10240	10289	10294	10158	10042	10121	10107	96.4%	
선일	10243	10253	10151	10216	9973	9981	9882	9945	94.8%	
한창	10057	10103	10100	10087	9942	9979	9908	9943	97.2%	

## 4. 결론

본 연구에서는 부순모래를 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위하여 국내에서 생산되는 부순모래의 물리적, 화학적 품질특성을 평가하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 부순모래의 품질특성은 KS F 2527에서 규정하고 있는 대부분의 규격을 만족하며, 특히 화학적 특성인 안정성과 알칼리골재 반응성도 안정적인 것으로 확인되었다. 단, 석회암을 모암으로 하는 부순모래는 손실무게백분율이 23.8%로 규정값을 크게 상회하는 것으로 나타나 사용시 이에 대한 주의가 필요하다.
- (2) 부순모래의 품질특성은 지역별, 암종별, 시설용량별로 다소 차이가 있음을 확인하였으며, 해당 항목에 대한 적절한 규정을 두어 관리하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. Forster, S. W., "Soundness, deleterious substances, and coatings", in significance of tests and properties of concrete and concrete-marking materials, ASTM special technical publication 169 C, Philadelphia, PA, pp. 411-420, 1994.
2. Mc Keagney, R. B., "Stone sand, are specifications appropriate?", Pit and Quarry, pp. 57-60, June, 1985