

국내 부순모래의 물리적 성질과 입자 특성에 관한 연구

A Study on Physical and Particle Properties of Crushed Sand in Korea

윤기원^{*} 김기훈^{**} 고경택^{***} 이장화^{****} 한천구^{*****}
Yoon, Gi Won Kim, Ki Hoon Koh, Kyung Taek Lee, Jang Hwa Han, Cheon Goo

ABSTRACT

Crushed sand is made by crushing the rocks artificially. With a wide shortage of natural river sand all over the region in Korea, demand for crushed sand are becoming increased. However, Informations as to crushed sand are insufficient. In this paper, the actual conditions of crushed sand related to producing and quality variation are investigated. 29 manufacturing company of crushed sand are reviewed. According to results, density of most crushed sand tested exceeded 2.5g/cm³, and absorption ratio meet the requirement of KS except one sample. For grain properties, passing amount of 0.08mm sieve satisfied the requirement of KS except one sample. Grain distribution of most crushed sand is estimated 54.26%. But 6 crushed sand sample did not meet the requirement of KS. Fineness modulus and grading are varied from manufacturing region. 18 samples of crushed sand among 29 samples deviated the minimum level of standard grading range by KS. Therefore, improvement of grain properties of crushed sand is urgently needed to manufacture better crushed sand.

1. 서론

최근 들어 콘크리트용 잔골재의 수급문제는 매우 심각한 상황에 직면해 있다. 즉, 굵은 골재는 이미 1980년대부터 양질의 쇄석골재 생산으로 인하여 수급에 큰 문제가 없으나, 잔골재의 경우 천연모래의 공급이 매우 부족하며, 아직까지 만족할만한 품질의 대체골재를 확보하지 못하고 있는 실정이다.

이러한 천연모래 부족현상은 날이 갈수록 더욱 악화되고 있는데, 대체골재의 일환으로 사용하였던 해사의 수급도 환경보호 의식의 강화 및 민원의 증대로 인해 점차 어려워지고 있다. 이에 따라 부순모래의 생산업체와 사용량이 점차 증가하고 있는 추세에 있지만 부순모래의 생산시 품질에 대한 인식부족은 물론 부순모래의 제조 및 사용실태에 관한 정확한 조사도 이루어지지 않고 있는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 설문조사에 의해 파악된 국내 부순모래 생산업체 중 다수의 레미콘사에 부순모래를 공급하는 업체를 지역별·제조방식별 임의로 29곳을 선정하여 실무에서 사용되고 있는 부순모래의 물리적 성질과 입자 특성을 검토함으로써 부순모래의 고품질화 기술 개발을 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

- * 정회원, 주성대학교 건축과 부교수
- ** 정회원, 청주대학교 건축공학부 석사과정
- *** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원
- **** 정회원, 한국건설기술연구원 기획조정부 부장
- ***** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

2.1. 실험 대상 및 기간

전국에 분포되어 있는 부순모래의 생산업체를 파악하기 위하여, 한국레미콘공업협회와 한국레미콘공업협동조합연합회를 통하여 파악된 전국의 레미콘사를 대상으로 설문조사를 실시하여 170여 개 업체를 파악하였다. 제주도를 제외한 각 도에서 다수의 레미콘 업체에 부순모래를 공급하는 부순모래 생산업체 중 임의로 29개소를 지역별·제조방식별로 구분하여 조사대상으로 선정하였다. 이는 레미콘 업체를 대상으로 할 경우 실제 부순모래를 사용하고 있는 것으로 조사된 300여 개 업체 중 110개 업체를 조사대상으로 하는 것과 같은 효과를 볼 수 있도록 계획하였다.

조사 기간은 2004년 1월부터 3월 사이에 선정된 업체를 방문하여 시료 채취하였다.

2.2. 실험방법

본 품질조사의 방법은 먼저, 조사대상으로 선정된 부순모래 생산업체를 현장방문하여 전체를 대표할 수 있는 시료 80kg 정도를 채취하여 실험실로 운반한 후, 물리적 성질 및 입자 특성에 관한 실험을 실시하여 「KS F 2527 콘크리트용 부순골재」의 품질 규격과 비교하였다.

실험 사항으로는 물리적 성질로 밀도, 흡수율, 단위용적중량 및 공극률을, 입자특성으로 입도분포와 조립률, 0.08mm체 통과량 및 입자모양 판정실적률을 품질평가항목으로 하였다. 실험방법은 KS 규격의 표준적인 방법에 의거하여 실시하였다.

표 1. 국내 부순모래의 물성시험 결과

구분	항목	산술평균	표준편차	규정	±3σ한계	
					하한	상한
	절건밀도(g/cm ³)	2.67	0.06	2.5 이상	2.49	2.85
	흡수율(%)	1.17	0.82	3.0 이하	0	3.63
	단위용적중량(kg/m ³)	1724	64.3	-	1531	1917
	공극율(%)	35.31	2.57	-	27.60	43.02
	입자모양판정 실적률(%)	54.26	1.48	53 이상	49.82	58.70
	0.08mm체 통과량(%)	3.32	2.02	7.0 이하	0	9.38
	조립률(FM)	3.40	0.38	-	2.26	4.54

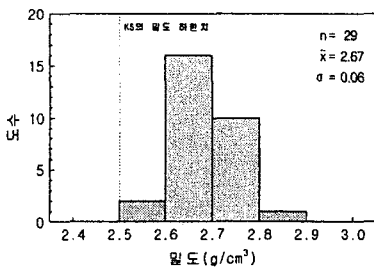


그림 1. 밀도의 수준과 범위

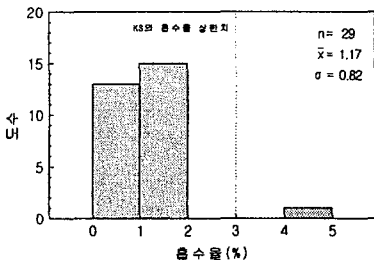


그림 2. 흡수율의 수준과 범위

3. 실험결과 및 분석

표 1은 국내에서 생산되는 부순모래 품질의 물리적 성질 및 입자 특성에 관한 대표치를 산술평균, 표준편차, ±3σ한계범위 등으로 분석한 결과이고, 그림 1~7은 국내의 부순모래 품질을 항목별 히스토그램으로 나타낸 것이다. 단 생산업체에 대하여는 불이익이 초래되지 않도록 임의 번호로 표시하였다.

3.1 물리적 특성

가. 밀도

그림 1은 국내 부순모래의 밀도를 분석한 것으로 KS F 2527 규정의 절건밀도 2.5g/cm³ 이상에 모두 합격하는 것으로 나타나, 양호한 비중임을 알 수 있었다. 즉, 절건밀도의 평균은 2.67g/cm³, 표준편차는 0.06g/cm³으로 나타났으며, ±3σ한계범위는 2.49~2.85g/cm³이었다.

나. 흡수율

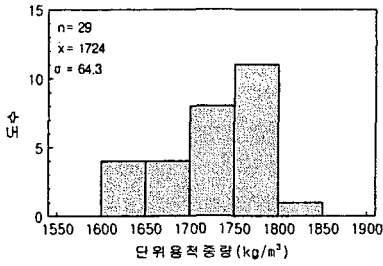


그림 3. 단위용적중량의 수준과 범위

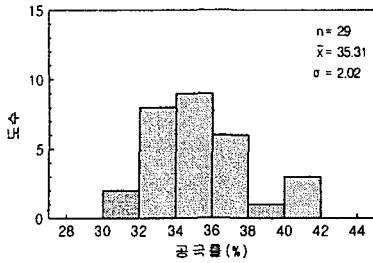


그림 4. 공극률의 수준과 범위

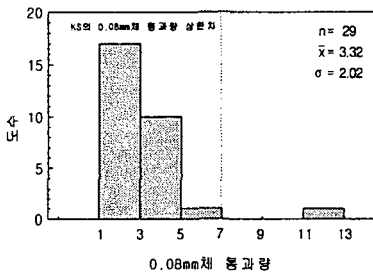


그림 5. 0.08mm체통과량의 수준과 범위

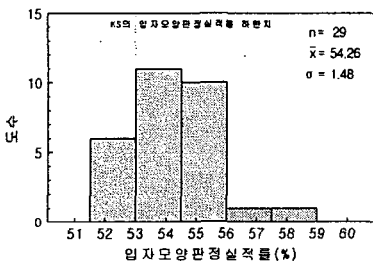


그림 6. 입형판정실적률의 수준과 범위

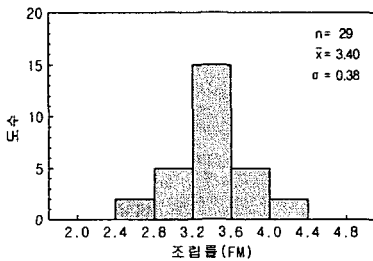


그림 7. 조립률의 수준과 범위

그림 2는 국내 부순모래의 흡수율을 나타낸 것이다. 흡수율은 평균 1.17%, 표준편차 0.82%, $\pm 3\sigma$ 한계범위는 0~3.6%의 범위로 1개 사를 제외한 모든 시료가 KS F 2527에서 규정하고 있는 3%이하의 규정을 만족하는 것으로 나타났다.

다. 단위용적중량 및 공극률

그림 3 및 4는 국내 부순모래의 단위용적중량과 공극률을 나타낸 것이다.

단위용적중량은 평균 1724kg/m³, 표준편차 64.3kg/m³, $\pm 3\sigma$ 한계범위 1531~1917kg/m³로 나타났고, 공극률의 경우는 평균 35.31%, 표준편차 2.57%, $\pm 3\sigma$ 한계범위 27.60~43.02%이었다.

3.2 입자 특성

가. 0.08mm체 통과량

그림 5는 부순모래의 0.08mm체 통과량을 나타낸 것이다.

평균 3.32%, 표준편차 2.02%로 나타났고, $\pm 3\sigma$ 한계범위는 0~9.38%로 1개 사를 제외한 모두는 품질규격에 만족하는 것을 알 수 있다. 단, 부순모래의 0.08mm체 통과량은 천연골재의 미분인 점토성분과는 달리 실트질로서 콘크리트의 물성에 미치는 악영향을 적을 것으로 추측된다.

나. 입자모양 판정실적률

그림 6은 부순모래의 입자모양 판정실적률을 나타낸 것이다. 입자모양 판정실적률은 평균 54.26%, 표준편차 1.48로 나타났고, $\pm 3\sigma$ 한계범위는 49.82~58.70%로 나타났다. 대부분의 업체가 KS 규정치인 53% 이상을 상회하고 있는 것으로 나타났지만 6개 업체인 20.6%가 53%이하로 나타났고, 일부 업체는 입자모양 판정실적률의 규정치에 미달할 위험이 있는 것으로 나타나 부순모래의 제조시 입형개량을 위한 기술개발이 절실히 요구되고 있음을 알 수 있었다.

다. 조립률 및 입도분포

그림 7은 부순모래의 조립률을 나타낸 것이다. 조립률은 2.64~4.42의 범위에서 정규분포를 나타내고 있고, 평균 3.40, 표준편차 0.8로 나타났으며, $\pm 3\sigma$ 한계범위는 2.26~4.54이었다. 즉, 부순모래의 품질은 산지에 따라 편차가 크며, 대체적으로 굵은 입자가 많은 것을 알 수 있는데, 이는 부순모래 업체의 생산성 향상과 부순모래를 그 지역의 천연모래와 혼합하여 사용하기 위한 목적에 기인한 결과로 사료된다.

그림 8은 산지별 부순모래의 입도분포를 KS의 부순모래 표준입도 곡선과 비교하여 나타낸 것이다.

부순모래의 입도시험 결과 부순모래는 중간입자가 적은 경향으로, KS F 2527에서 규정한 범위를 벗어난 시료는 29개중 18개 시료로 62%이었는데, 입도범위를 벗어나는 시료의 대부분은 지역별 천연잔골재의 입도조정용으로 부순모래를 사용하고 있기 때문인 것으로 사료된다.

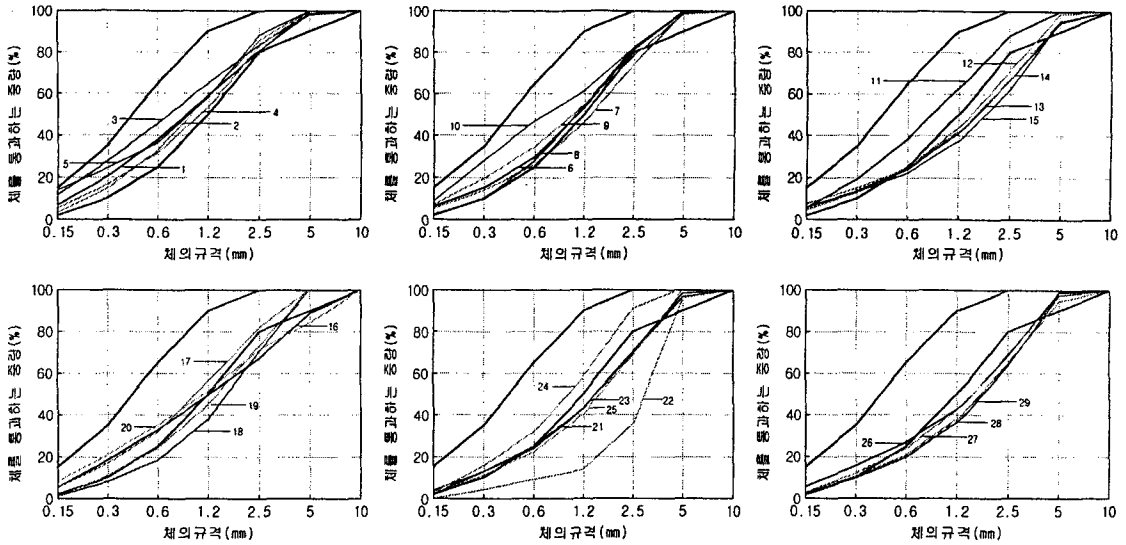


그림 8. 부순모래의 입도분포곡선

4. 결론

국내에서 생산되는 콘크리트용 부순모래의 물리적 성질 및 입자특성을 KS F 2527의 품질규정과 비교한 결과는 다음과 같이 요약된다.

- 1) 물리적 특성으로 밀도는 KS규정의 밀도 $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ 이상보다 모두 크게 나타났고, 흡수율은 KS규정의 3%이하의 규정에 1개의 시료를 제외하고는 모두 합격하는 것으로 나타나 양호한 물리적 성질이었다.
- 2) 입자특성으로 0.08mm체 통과량은 1개의 시료를 제외하고는 KS규정의 7%이하를 만족하는 것으로 나타났고, 입형판정실적률은 평균 54.26%로 나타났지만, 일부 업체가 규정치에 미달하고 있는 것으로 나타나 부순모래 제조시 입형개량을 위한 기술개발이 요구되고 있음을 알 수 있었다. 조립률은 평균 3.40으로 산지에 따른 편차가 큰 것으로 나타났으며, 입도분포는 29개 중 18개의 시료가 표준입도범위의 하한치를 벗어났지만, 이 경우는 천연잔골재의 입도조정용으로 부순모래를 사용하기 때문인 것으로 사료된다.
- 3) 종합적으로 골재로서의 고유성질인 밀도, 흡수율 등 물리적 성질은 대부분 만족하고, 생산방식에 따라 변할수 있는 입자모양 판정실적률, 0.08mm체통과량 등은 일부가 불합격하고 있어 생산방식의 변화 등으로 입자특성을 개선한다면 더욱 우수한 콘크리트용 부순모래를 제조할 수 있는 것으로 분석된다.

참고문헌

1. 한천구, 윤기원, 이진규의 2인, "국내산 부순모래의 품질에 관한 실태조사 연구", 대한건축학회 학술발표논문집, 제17권 1호, 1997. 4, pp. 635~638.
2. 김병환, 이도현, 이성복, 최진만, "국내 생산 부순모래의 물성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 학술발표논문집, 제18권 1호, 1998. 4, pp. 947~954