

# 부순모래와 천연모래 혼합사용이 콘크리트의 품질에 미치는 영향

## The Effect of Using Mixed Crushed Sand and Natural Sand in the Qualities of Concrete

류금성\*      고경택\*\*      박정준\*\*\*      김기훈\*\*\*\*      한천구\*\*\*\*\*      이장화\*\*\*\*\*

Ryu, Gum Sung   Koh, Kyung Taeg   Park, Jung Jun   Kim, Ki Hun   Han, Cheon Goo   Lee Jang Hwa

### ABSTRACT

Recently, interest grew on the quality of aggregates following the diminution of primary resources from river and the growing construction demand which exhausted high-quality sand sources around large cities and incited the use of low grade aggregates like shore sand and sea sand that can be supplied in natural state. Moreover, the most sensitive aspect highlighted by the unstability of aggregate supply is the quality. The extreme insufficiency of quality criteria about the materials currently used as substitute aggregates and about concrete mixed with such materials is also critical. This study investigated influence of qualities of concrete which is using mixed crushed sand and natural sand

### 1. 서론

- 최근 하천골재의 부존량 감소와 건설수요의 증가로 대도시 주변에서 양질의 모래가 고갈되었고, 육상모래 및 바닷모래와 같은 자연상태에서 얻을 수 있는 골재도 그 품질이 저급화되면서 최근 들어 골재의 품질에 대한 관심을 갖게 되었다. 특히 강모래의 대체골재로 많이 사용해오던 바닷모래도 환경보호 의식의 강화 및 민원의 증대로 수급자체도 점차 어려워 지고 있다. 이러한 잔골재의 수급이 불안한 상태에서 가장 염려되는 것은 바로 품질문제이며, 현재 대체골재로서 제안되는 재료들에 대한 품질기준과 이를 활용한 콘크리트 품질기준은 아주 미흡한 실정이다. 또한 본 연구에서 국내 레미콘 업체를 대상으로 부순모래를 사용하는 현황에 대한 설문조사를 실시한 결과, 약 50% 업체가 부순모래를 단독 또는 천연 잔골재 등과 혼합하여 사용하는 것으로 나타났다. 그러나 현재 국내에 생산되는 품질이 저급한 부순모래를 사용한 콘크리트는 시공성, 강도 및 건조수축, 내구성을 저하시켜 콘크리트 구조물의 수명을 단축시킬 수 있다. 이와는 반대로 품질이 향상된 부순모래를 사용하거나 천연 잔골재와 혼합하여 입도 또는 입형을 개량시킴으로써 콘크리트의 품질을 향상시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 품질 개선한 부순모래 사용 또는 천연모래와의 혼합사용으로 콘크리트의 품질에 미치는 영향을 검토하였다.

\*정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

\*\*정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원

\*\*\*정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

\*\*\*\*정회원, 청주대학교 대학원 건축공학과 석사과정

\*\*\*\*\*정회원, 청주대학교 건축공학과 교수

\*\*\*\*\*정회원, 한국건설기술연구원 기획조정실 연구위원

## 2. 시험개요

골재 혼합사용으로 콘크리트의 고품질화 기술을 개발하기 위한 실험계획은 표 1과 같다. 실험은 부순 모래를 바닷모래 또는 강모래와 0, 25, 50, 75, 100%로 혼합하여 콘크리트의 품질 변화를 분석하였다. 배합사항으로는 W/C 30, 40 및 50%의 3수준으로 하였고, 부순모래 100%를 사용한 콘크리트를 기본배합으로 하여 그 배합에서 목표 슬럼프 150±10mm와 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하는 배합을 결정하고 기타의 변수에 동일하게 적용하여 품질변화를 분석하도록 하였다. 본 실험에 사용한 골재의 물리적 성질은 표 2와 같다. 표 3은 골재 혼합사용에 의한 영향을 분석하기 위한 콘크리트 배합이다. 본 실험에 사용된 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트이고, 잔골재의 조립률은 2.8, 굵은골재는 경기 화성산 25mm, 성능 감수제는 나프탈렌계, AE제는 빈줄계를 사용하였다.

표 1. 실험 계획

배합사항			실험사항	
천연모래	W/C (%)	부순모래 혼입률 (%)	균지 않은 콘크리트	경화 콘크리트
강모래와 혼합	30	0,25,50 75,100	슬럼프 공기량	압축강도 건조수축 동결융해 염해
바닷모래와 혼합	40 50			

표 2. 골재의 물리적 성질

구분	조립률	입형관정 실적률 (%)	0.08mm체 통과량 (%)	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	단위용적 질량 (kg/m <sup>3</sup> )
부순모래	2.8	53	7	2.6	1363
강모래	2.8	56.7	1.87	2.62	1450
바닷모래	2.8	56.4	2.03	2.62	1440
굵은골재	7.04	-	0.40	2.63	1532

표 3. 콘크리트 배합표

W/C (%)	잔골재 종류 (%)	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	단위 수량 (kg/m <sup>3</sup> )	S/A (%)	SP/C (%)	AE/C (%)	용적배합 (ℓ/m <sup>3</sup> )			질량배합 (kg/m <sup>3</sup> )		
								C	S	G	C	S	G
30	부순	150±10	4.5±1.5	175	41	2.0	0.05	185	244	351	583	629	923
	강,바닷											634	
40	부순			175	43	0.9	0.02	139	276	365	438	711	961
	강,바닷			717									
50	부순	178	45	0.7	0.016	113	299	365	356	771	960		
	강,바닷	777											

콘크리트의 혼합은 그림 1의 순서에 따라 실시하였다. 믹서는 강제식 팬믹서를 사용하여 잔골재, 시멘트 및 굵은 골재를 투입하여 30초간 건비빔을 속도 20rpm으로 실시한 후 물을 넣고 60초간 속도 30rpm으로 비빔 후, 다시 고성능 감수제 및 AE제를 첨가하여 40rpm으로 90초간 비빔하여 콘크리트 제조를 완료하였다.

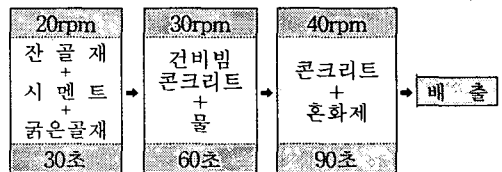


그림 1 콘크리트의 혼합과정

## 3. 시험결과 및 고찰

### 3.1 유동성

그림 1은 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 콘크리트의 슬럼프 측정 결과이다. 부순모래를 사용한 콘크리트는 W/C에 관계없이 강모래 및 바닷모래와 같은 천연모래를 사용한 콘크리트에 비해 유동성이 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 천연모래와 부순모래의 입형 차이 때문인 것으로 사료된다. 부순모

래와 천연모래를 혼합사용함으로써 부순모래만을 사용한 콘크리트에 비해 유동성이 크게 향상되고, 특히 부순모래의 혼입률 50% 정도까지 천연모래와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 부순모래의 혼입률 50% 이하에서 부순모래와 강모래를 혼합사용한 경우에는 부순모래에 비해 유동성이 20% 정도 향상되고, 바닷모래와 혼합하여 사용한 경우에는 30% 정도가 향상되는 것으로 나타났다. 이상과 같이 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 콘크리트의 유동성을 분석한 결과, 천연모래에 비해 유동성이 저하된 부순모래를 천연모래와 혼합사용한 경우에는 유동성이 향상되고, 부순모래의 혼입률 50% 정도까지 거의 천연모래 수준의 유동성을 확보할 수 있는 것으로 분석되었다.

### 3.2 공기연행성

그림 2는 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 콘크리트의 공기량을 측정된 결과이다. 부순모래를 사용한 콘크리트는 W/C에 관계없이 강모래 및 바닷모래와 같은 천연모래를 사용한 콘크리트에 비해 유동성이 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 부순모래의 미립분이 많이 함유되어 AE제를 흡착한 것과 유동성의 부족 등의 원인이 작용했기 때문으로 사료된다. 부순모래와 천연모래를 혼합사용함으로써 부순모래에 비해 공기량이 크게 증가되고, 특히 부순모래의 혼입률 50% 정도까지 천연모래와 공기량이 차이가 없는 것으로 나타났다. 부순모래의 혼입률 50% 이하에서 부순모래와 강모래를 혼합사용한 경우에는 부순모래에 비해 공기 연행성이 35% 정도 향상되고, 바닷모래와 혼합하여 사용한 경우에는 25% 정도가 향상되는 것으로 나타났다. 이상과 같이 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 콘크리트의 공기 연행성을 분석한 결과, 천연모래에 비해 공기연행성이 저하된 부순모래를 천연모래와 혼합사용한 경우에는 공기연행성이 향상되고, 부순모래의 혼입률 50% 정도까지 거의 천연모래 수준의 공기량을 확보할 수 있는 것으로 분석되었다.

### 3.3 압축강도

그림 3은 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 콘크리트의 재령 28일에서 압축강도 결과이다. 천연모래 종류에 상관없이 물-시멘트비가 낮은 고강도 콘크리트(W/C 30)에서 부순모래를 사용함으로써 강도의 저하가 있으며, 물-시멘트비가 높은 보통강도 콘크리트(W/C 50)에서 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 부순모래와 강모래 또는 바닷모래를 혼합하여 사용하는 경우는 모든 물-시멘트비에서 부순모래 또는 천연모래만을 사용한 경우에 비해 강도가 약간 향상되는 결과를 얻었다. 이것은 부순모래와 천연모래를 사용함으로써 입도 및 입형 등의 조절되고 결과적으로 유동성 향상, 블리딩의 감소가 원인이 작용했기 때문으로 분석된다.

### 3.4 건조수축

그림 4는 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 콘크리트의 건조수축 측정 결과이다. 골재 종류에 따

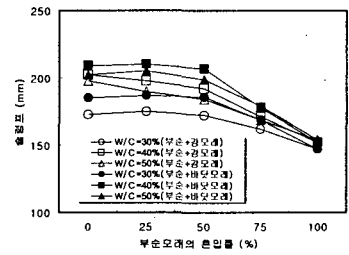


그림 3. 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 유동성

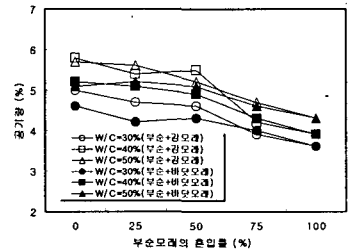


그림 4. 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 공기연행성

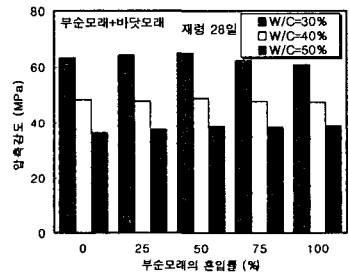
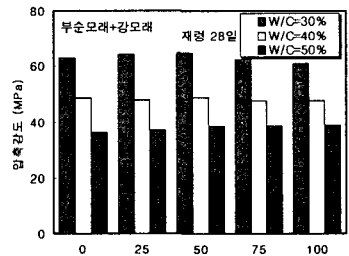


그림 5. 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 압축강도

른 영향은 부순모래 > 강모래 > 바닷모래의 순으로 건조수축이 크게 발생하는 것으로 나타났다. 부순모래와 천연모래를 혼합하여 사용한 경우에는 물-시멘트비와 천연모래의 종류에 관계없이 부순모래를 사용한 콘크리트에 비해 건조수축이 저감되어 천연모래를 사용한 콘크리트의 건조수축보다 작거나 거의 동등한 것으로 나타났다. 부순모래의 혼입률 25%와 75%를 사용한 경우보다 혼입률 50%로 하여 사용한 경우가 모든 물-시멘트비에서 건조수축이 가장 작게 나타났다. 이런 결과는 다양하게 원인이 작용한 것이지만, 부순모래와 천연모래를 혼합하여 사용함으로써 입형과 입도가 개선되어 블리딩의 감소 또는 조직의 치밀화됨에 따른 수분증발이 적었기 때문으로 추정된다. 이상과 같이 부순모래를 강모래 또는 바닷모래와 혼합 사용하여 건조수축을 크게 저감되어 강모래 또는 바닷모래의 천연모래를 사용한 콘크리트 이하로 건조수축을 저감시킬 수 있고, 그 효과는 부순모래의 혼입률 50% 정도가 가장 양호한 것으로 나타났다.

### 3.5. 동결융해

그림 5는 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 콘크리트의 동결융해 시험결과이다. 잔골재 종류에 따른 동결융해 저항성은 부순모래 < 강모래 < 바닷모래의 순으로 향상되는 것으로 나타났다. 이런 결과는 공기 연행성 및 블리딩 등의 원인으로 작용하였을 것으로 추정된다. 부순모래를 강모래 또는 바닷모래와 혼합하여 사용할 경우, 부순모래 100% 사용한 콘크리트에 비해 동결융해 저항성은 향상되고 부순모래 혼입률 50% 이하에서는 강모래 또는 바닷모래 100%를 사용한 콘크리트의 동결융해 저항성보다 향상되거나 거의 비슷한 것으로 나타났다.

그림 6은 부순모래와 천연모래를 혼합사용한 콘크리트의 동결융해 저항성과 공기량과의 관계를 나타내었다. 혼합사용한 경우에도 공기량이 증가할수록 동결융해 저항성이 향상되는 것으로 나타났으며, W/C 50%인 콘크리트에서 공기량을 최소한 4% 이상을 연행하여야 동결융해 저항성을 확보할 수 있고, W/C 40%와 30%인 콘크리트에서 3% 이상 연행하면 문제가 없는 것으로 분석되었다.

## 4. 결론

부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 종합적으로 분석한 결과, 부순모래만을 사용한 콘크리트는 시공성, 공기 연행성, 건조수축 및 내구성 등의 품질이 저하되고, 부순모래 25%를 사용한 경우에는 부순모래 100%를 사용한 콘크리트에 비해 전체적으로 품질이 향상되나, 강모래 또는 바닷모래를 사용한 콘크리트의 품질 수준에 도달하지 못하고 있다. 부순모래 혼입률 50% 이하에서 모든 콘크리트의 품목에서 강모래 또는 바닷모래를 사용한 콘크리트와 동등이상으로 품질이 우수한 것으로 나타나 콘크리트의 고품질화를 도모할 수 있을 것으로 분석되었다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부, “골재수급기본계획(2004~2008)”, 한국레미콘공업협회지, 제77호, 2003. 10.
2. 한국콘크리트학회, “부순모래 및 부순모래 콘크리트”, 기문당, 1998.
3. 한국건설산업연구원, “지역별 골재 소비 구조 분석 및 수급 안정 방안, 건설산업 동향”, 2003. 7.
4. 한천구, 이장화, 고경택 외 2인, “국내 부순모래의 물리적 성질과 입자 특성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 학술 발표논문집, “제16권 1호, 2004. 5.

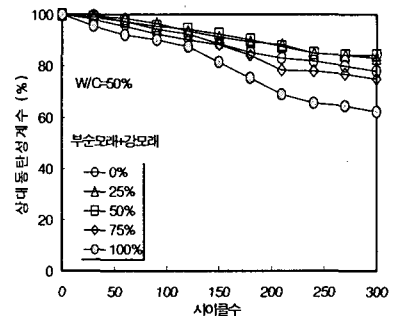


그림 6. 부순모래와 천연모래의 혼합사용에 따른 동결융해(W/C=50%)

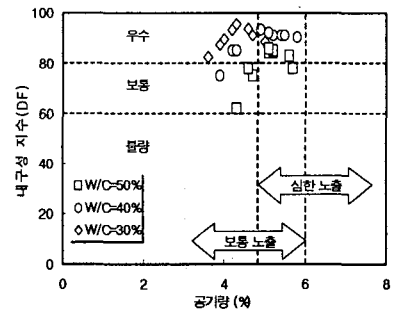


그림 6. 공기량과 동결융해 저항성과의 관계