

# 부순잔골재를 사용한 콘크리트의 품질 특성에 관한 연구

## Quality Properties of Concrete Using Crushed Sand

유승엽\*      손유신\*\*      이승훈\*\*\*      이건철\*\*\*\*      윤기원\*\*\*\*\*      한천구\*\*\*\*\*

Yoo, Seung Yeup    Shon, Yu Shin    Lee, Seung Hoon    Lee, Gun Cheol    Yun, Gi Won    Han, Cheon Goo

### ABSTRACT

This study compares the concrete using natural sand with the concrete using crush sand for the examination for the properties of a concrete. In the fresh concrete, the concrete using crush sand has less of the quantity of consistency, the content of air, and bleeding than the concrete using natural sand, and the concrete using crush sand has faster setting time than the concrete using natural sand. In hardening concrete, the concrete using crush sand has higher compressive strength and tensile strength than the concrete using natural sand because minute particles fill up a gap. Drying shrinkage of the concrete using natural sand is less than the concrete using crush sand.

#### 1. 서론

우리나라는 1970년대 이후 경제 발전과 함께 신규 구조물의 건설이 대단위로 이루어져 왔는데, 국토 개발계획에 따라 고속도로, 고속철도 및 신도시 건설등과 관련하여 경제성 및 내구성이 우수한 재료인 콘크리트를 강재와 더불어 널리 사용하였다.

이러한 콘크리트는 시멘트, 골재, 물 및 기타 첨가재료로 이루어진 복합체의 일종으로, 그 구성재료의 70~80%로 대부분을 차지하고 있는 골재의 품질이 콘크리트의 품질에 미치는 영향이 매우 중요함에도 불구하고, 양질의 천연골재가 풍부했던 관계로 콘크리트의 품질에 미치는 골재의 영향은 간과되어 왔다.

굵은골재의 경우 1980년대부터 천연골재의 고갈이 심화됨에 따라 쇄석골재의 생산으로 인하여 그 수급과 품질에 큰 문제가 없으나, 잔골재의 경우 1990년대 들어서면서 천연잔골재의 부존량 감소 및 건설 수요의 증가로 인해 양질의 천연잔골재가 고갈되었는데, 강모래는 품질이 매우 열악해지고 있으며, 그 공급량이 급감하고 있는 실정이고, 바닷모래는 환경보호 의식의 성장과 어업권 보장 등 민원의 제기로 말미암아 채취에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

따라서, 콘크리트용 천연잔골재의 대체재로써 부순잔골재의 사용이 증가하고 있는 추세로 이러한 부순잔골재는 파쇄에 의해 인공적으로 만들어지기 때문에 천연잔골재와 다른 입자특성을 가지게되어 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 성질에 중요한 영향을 미치게 되는데, 이에 대한 명확한 해명이 어려운 실정이다.

\* 정희원, 청주대학교 대학원, 석사과정

\*\* 정희원, (주)삼성물산 건설부문 선임연구원

\*\*\* 정희원, (주)삼성물산 건설부문 수석연구원

\*\*\*\* 정희원, 청주대학교 산업과학연구소 전임연구원, 공학박사

\*\*\*\*\* 정희원, 주성대학 부교수, 공학박사

\*\*\*\*\* 정희원, 청주대학교 교수, 공학박사

그러므로, 본 연구에서는 부순잔골재의 입자특성 변화에 따른 콘크리트의 품질특성을 실험한 선행연구를 바탕으로 천연잔골재를 사용한 콘크리트와 부순잔골재를 사용한 콘크리트의 특성을 비교·분석 하므로써 부순잔골재를 사용한 콘크리트의 고품질화기술개발 및 배합수정의 기초자료로 제시하고자 한다.

표 1. 실험계획

W/C (%)	목표 슬럼프 및 플로우 (mm)	목표 공기량 (%)	잔골재 종류	AE 감수제	실험사항	
					굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
30	600±100	3±1	강모래(R) 바닷모래(S) 부순모래(C)	고성능	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬럼프</li> <li>슬럼프플로우</li> <li>공기량</li> <li>블리딩</li> <li>응결시간</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>압축강도 (7,14,28,91일)</li> <li>인장강도 (28일)</li> <li>건조수축 (1~14,28,56, 91일)</li> </ul>
50	150±25	4.5±1.5		일반		

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획 및 콘크리트의 배합은 표 1 및 표 2와 같다.

배합사항으로 강모래를 사용한 콘크리트를 플레인배합으로 정하였다. W/C는 고강도와 보통강도로 구분하여 30, 50% 2수준에 대하여 플레인 배합의 목표 슬럼프는 150±25mm, 목표 공기량은 4.5±1.5%(단, W/C 30%의 경우에는 목표 슬럼프플로우 600±100mm, 목표 공기량 3.0±1.0%)로 하여 배합을 결정한 뒤, 전 배합에 동일하게 적용하였다.

이때 실험요인으로 모래의 종류를 강모래, 바닷모래, 부순모래 3수준으로 변화시켜 천연잔골재를 사용한 콘크리트와 부순잔골재를 사용한 콘크리트의 특성을 비교·분석하므로써 부순잔골재를 사용한 콘크리트의 품질특성을 규명하도록 실험계획하였다.

표 2. 배합사항

W/C (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	SP/C (%)	잔골재 종류	절대용적배합 (ℓ/m <sup>3</sup> )			단위질량 (kg/m <sup>3</sup> )		
					C	S	G	C	S	G
30	175	41	1.5	R	185	244	351	583	629	923
				S					629	
				C					634	
50	175	45	0.35	R	111	301	368	350	777	968
				S					777	
				C					783	

표 3. 골재의 물리적 성질

구분	조립률	입형판정실적율 (%)	미립분량 (%)	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	단위용적질량 (kg/m <sup>3</sup> )
강모래	2.8	56.7	1.87	2.62	1450
바닷모래	2.8	56.4	2.03	2.62	1440
부순모래	2.8	55.0	5.00	2.60	1424
굵은골재	7.0	-	0.40	2.63	1532

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료로 시멘트는 국내산 보통포틀랜드시멘트(밀도 3.151g/cm<sup>3</sup>, 분말도 3,274cm<sup>2</sup>/g)를 사용하였고, 골재로써 굵은골재는 경기 화성산 25mm 부순 굵은골재, 잔골재로 강모래는 중국산을 사용하였으며, 바닷모래는 인천 항동산을 사용하였고, 부순잔골재는 국내 S사의 부순골재 석산에서 채취한 화강암 원석을 Impact Crusher를 이용하여 파쇄 후 체가름을 실시하여 임의로 조정된 입자특성을 가진 부순잔골재를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 3와 같다. 혼화제로서 고성능감수제는 국내 D사의 나프탈렌계(밀도 1.19g/cm<sup>3</sup>) 및 폴리칼본산계(밀도 1.04g/cm<sup>3</sup>)를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다.

굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프 및 공기량은 KS F 2402 및 KS F 2421 규정에 따라 실시하였다. 블리딩은 KS F 2414 규정에 의거 블리딩수를 측정한 후 블리딩량으로 평가하였으며, 응결시간은 KS F 2436 규정의 프록터 관입저항 시험방법에 의거 측정하였다.

경화콘크리트의 특성으로 압축강도 및 인장강도는  $\phi 10 \times 20$ cm 공시체를 KS F 2403 규정에 의거 제작하여 계획된 소정 재령에서 KS F 2405 및 KS F 2423 규정에 의거 측정하였고, 건조수축 길이변화율은

KS F 2424에 의거 다이얼게이지법으로 계 획된 재령에서 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

##### (1) 유동성

그림 1은 잔골재 종류 변화에 따른 슬럼프 프 및 슬럼프플로우를 나타낸 것이다.

천연잔골재를 사용한 콘크리트보다 부 순잔골재를 사용한 콘크리트가 W/C에 관계없이 유동성이 작게 나타났는데, 이 는 천연잔골재에 비해 미립분량이 많은 부순잔골재의 표면적증가에 의한 단위수 량의 상대적 감소와 부순잔골재가 천연잔 골재에 비해 불량한 입형으로 인한 콘크 리트의 내부 마찰력증대에 기인한 결과로 분석되어진다.

##### (2) 공기량

그림 2는 잔골재 종류 변화에 따른 공 기량을 나타낸 것이다.

천연잔골재를 사용한 콘크리트보다 부 순잔골재를 사용한 콘크리트가 W/C에 관계없이 공기량이 적게 나타났는데, 이 는 천연잔골재에 비해 많은 부순잔골재의 미립분에 의한 공극충전효과에 의한 결과 로 사료되어진다.

##### (3) 블리딩량

그림 3은 잔골재 종류별 경과시간에 다 른 블리딩량을 나타낸 것이다.

W/C 30%의 경우에는 모래종류에 관계없 이 시멘트 페이스트의 급격한 점성증가에 기인하여 블리딩이 전혀 발생하지 않았고, W/C 50%의 경우에는 강모래, 바닷모래, 부 순잔골재순으로 블리딩량이 적게 발생하는 것으로 나타났는데, 특히 부순잔골재는 미 립분에 의한 공극충전효과에 의해 블리딩량 이 현저하게 감소하는 것으로 나타났다.

##### (4) 응결시간

그림 4는 잔골재 종류별 경과시간에 따 른 응결시간을 나타낸 것이다.

부순잔골재를 사용한 콘크리트가 W/C

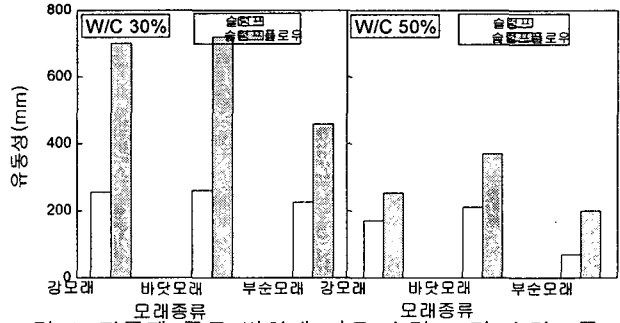


그림 1. 잔골재 종류 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우

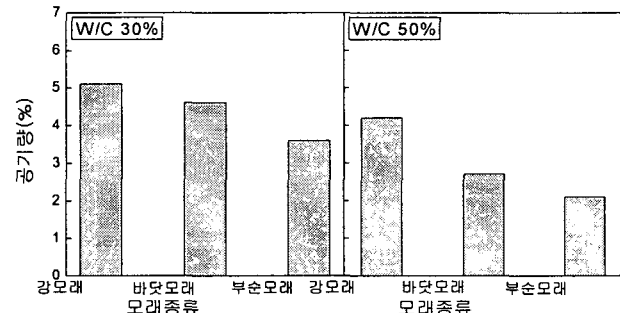


그림 2. 잔골재 종류 변화에 따른 공기량

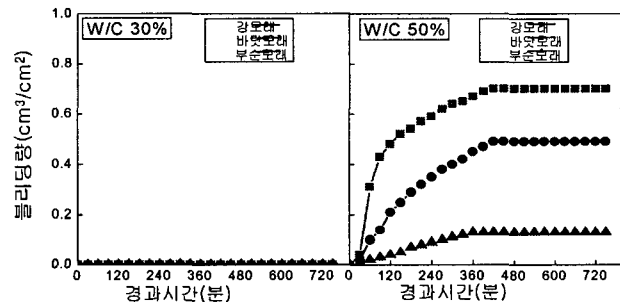


그림 3. 잔골재 종류별 경과시간에 따른 블리딩량

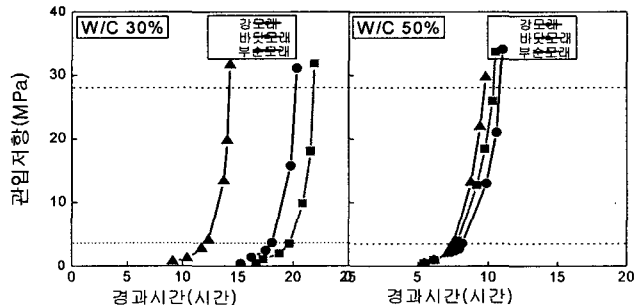


그림 4. 잔골재 종류별 경과시간에 따른 응결시간

에 관계없이 천연잔골재를 사용한 콘크리트보다 응결시간이 촉진되는 것으로 나타났는데, 이는 부순잔골재의 미립분에 의한 단위수량의 상대적 감소에 기인한 결과로 사료된다.

### 3.1 경화 콘크리트의 특성

#### (1) 압축강도

그림 5는 잔골재 종류별 재령에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

천연잔골재를 사용한 콘크리트보다 부순잔골재를 사용한 콘크리트가 W/C에 관계없이 압축강도가 높게 나타났는데, 이는 천연잔골재가 마모에 의해 표면조직이 매끄러워져 부착력이 저하되어 압축강도가 저하되는 것으로 사료되며, 부순잔골재의 미립분에 의한 공극충전 효과에 의해 압축강도가 증가되는 것으로 분석된다.

#### (2) 인장강도

그림 6은 잔골재 종류별 28일 인장강도를 나타낸 것이다.

인장강도는 압축강도와 유사한 경향으로 부순잔골재를 사용한 콘크리트가 W/C에 관계없이 천연잔골재를 사용한 콘크리트보다 높게 나타났다.

#### (3) 건조수축

그림 7은 잔골재 종류별 재령에 따른 길이변화율을 나타낸 것이다.

천연잔골재를 사용한 콘크리트가 부순잔골재를 사용한 콘크리트에 비해 건조수축에 의한 길이변화율이 작은 것으로 나타났다.

### 4. 결론

본 연구는 부순잔골재를 사용한 콘크리트의 품질특성을 규명하기 위하여 천연잔골재를 사용한 콘크리트와 부순잔골재를 사용한 콘크리트의 특성을 비교·분석한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 천연잔골재를 사용한 콘크리트에 비해 부순잔골재를 사용한 콘크리트가 유동성은 작고, 공기량 및 블리딩량은 적으며, 응결시간은 촉진 되는 것으로 나타났다.
- 2) 경화 콘크리트의 특성으로 부순잔골재를 사용한 콘크리트가 천연잔골재를 사용한 콘크리트에 비해 압축강도 및 인장강도가 미립분에 의한 공극충전 효과에 의해 크게 나타났고, 길이변화율은 천연잔골재를 사용한 콘크리트에 비해 부순잔골재를 사용한 콘크리트에서 크게 나타났다.

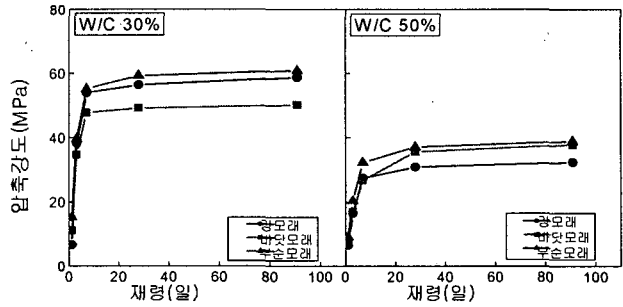


그림 5. 잔골재 종류별 재령에 따른 압축강도

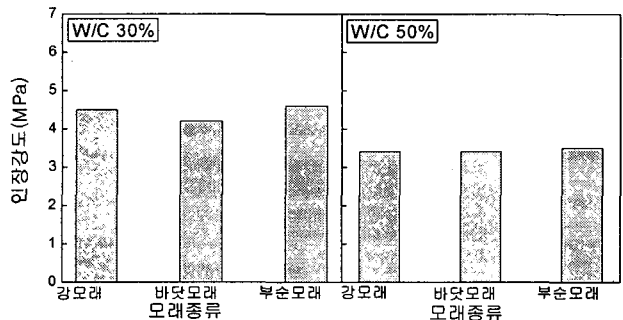


그림 6. 잔골재 종류별 28일 인장강도

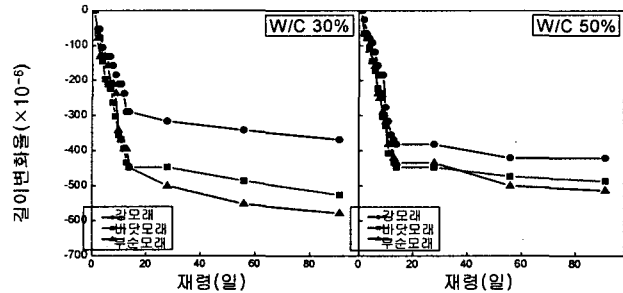


그림 7. 잔골재 종류별 재령에 따른 길이변화율