

# 잔골재의 원산지에 따른 콘크리트의 내구특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Durability of Concrete with a Source of Supply of Sand

박종호\*      홍지훈\*      김정빈\*\*      박세종\*\*\*      박창수\*\*\*\*      이성연\*\*\*\*\*  
Park, Jong-Ho      Hong, Ji-Hun      Kim, Jung-Bin      Park, Se-Jong      Park, Chang-Su      Lee, Sung-Yeon

### ABSTRACT

This study make an investigation into the quality of sand supplied with remicon manufacturing plant and examine concrete influenced by a source of supply of sand.

As a result of the indoor test, the quality of crushed sand, EEZ sand and sand of north korea are worse than general sea sand. therefore, crushed sand, EEZ sand and sand of north sand lower quality of concrete.

키워드 : 바다모래, EEZ모래, 부순모래, 북한산 모래, 내구성

Keywords : Sea Sand, EEZ Sand, Crushed Sand, Sand of North Korea, Durability

### 1. 서론

국내 잔골재 공급현황을 살펴보면 2005의 경우 4월 1일 부터 웅진군의 휴식년제 실시에 따라 바다 모래 채취가 중단되었으나, 부순모래·배타적 경제수역의 모래공급 확대, 북한모래 반입 등 골재채취 원을 다양화함으로써 바다모래 채취중단에 따른 문제를 해결하고자 하였다. 이러한 잔골재의 공급현황은 2006년 현재도 유지되고 있으며 특히 수도권 모래의 경우 건설교통부는 웅진·강화군의 모래공급과 부순모래, EEZ모래, 북한모래 반입 등으로 공급원을 다양화하여 수도권 바다모래 공급량 20,786천 m<sup>3</sup>은 웅진·강화군 12,933천m<sup>3</sup>, EEZ 1,853천m<sup>3</sup>과 북한모래 6,000천m<sup>3</sup> 공급하기로 결정함으로써 이에 따라 양적인 골재부족문제는 해결된 상황이다.

그러나 잔골재 공급원의 다원화되어 레미콘 제조현장에 공급되는 잔골재의 종류가 많아지고 각 잔골재의 물성이 상이해짐에 따라 레미콘 제조 현장에서 콘크리트 제조시 콘크리트의 품질관리에 어려움이 발생하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현재 레미콘 제조 현장에 공급되는 잔골재의 원산지에 따라 각 잔골재가 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 압축강도, 중성화 및 동결융해 저항성에 미치는 영향을 검토함으로써 향후 레미콘 현장에서 콘크리트 품질 관리를 위한 기초자료로 사용하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

- \* 정회원, (주) 삼표 기술연구소 연구원
- \*\* 정회원, (주) 삼표 기술연구소 책임연구원
- \*\*\* 정회원, (주) 삼표 골재사업부 부장
- \*\*\*\* 정회원, (주) 삼표 RC사업부 이사
- \*\*\*\*\* 정회원, (주) 삼표 기술연구소 소장, 공학박사

표 1. 실험 계획

시리즈	구분	잔골재 종류	목표 슬럼프 (cm)	목표 공기량 (%)	단위용적중량(Kg/m³)					AE제 (%B)	감수제 (%B)	측정 항목
					W	C	FA	S	G			
I	Plain	일반 바다모래	18±1	4.5±1.5	170	289	51	835	949	0.010	0.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기량 (%)</li> <li>슬럼프 (cm)</li> <li>압축강도 (MPa)</li> <li>중성화깊이 (mm)</li> </ul>
	HS	해 5mm 통과전	-	-				825				
	HS5	주 5mm 통과후						825				
	CS	부순모래						841				
	ES	EEZ 모래						828				
828												
II	Plain	일반 바다모래	18±1	4.5±1.5	170	289	51	835	949	0.010	0.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>압축강도 (MPa)</li> <li>중성화깊이 (mm)</li> <li>상대동탄성계수 (%)</li> </ul>
	HS	해 5mm 통과전	192	799	918			0.008				
	HS5	주 5mm 통과후	190	801	921			0.011				
	CS	부순모래	180	829	935			0.012				
	ES	EEZ 모래	196	803	913			0.010				

표 2. 사용재료의 물리적 성질

구분	물리적 성질
시멘트	OPC (비중 3.15, 분말도 3,700cm³/g)
플라이 애쉬	비중 2.22, 분말도 3,810cm³/g
굵은 골재	25mm (비중 2.62, 흡수율 0.72%)
혼화제	나프탈렌계 감수제, 라울린계 AE제

표 3. 잔골재의 물리적 성질

구분	물리적 성질	
일반 바다모래	조립률 2.85, 비중 2.59, 흡수율 0.79%,	
부순모래	조립률 3.05, 비중 2.61, 흡수율 0.74%,	
해수산	5mm 통과전	조립률 3.13, 비중 2.54, 흡수율 1.44%
	5mm 통과후	
EEZ 모래	조립률 2.00, 비중 2.59, 흡수율 0.60%,	

2.1 실험계획

본 연구에서는 원산지별 잔골재 품질변화에 따른 콘크리트의 물성변화를 검토하고자 표 1의 실험 계획과 같이 현재 레미콘 제조현장에 반입되는 일반 바다모래, 북한 해수산 모래, 부순모래 및 EEZ 모래를 선정하여 I 시리즈에서는 동일 배합에서 잔골재 원산지에 따른 슬럼프, 공기량 및 압축강도를 측정하였으며 연구의 현장적용성을 향상시키기 위하여 II 시리즈에서는 동일결합재량에서 동일 작업성을 만족시키는 단위수량을 선정하여 압축강도, 중성화 및 압축강도를 측정하였다. 또한, 북한 해수산 모래의 경우에는 잔골재에 5mm 이상의 굵은 입자 및 불순물이 다소 많은 것으로 나타나 5mm 체를 통과한 시료와 무처리 시료로 나누어 실험을 실시하였다.

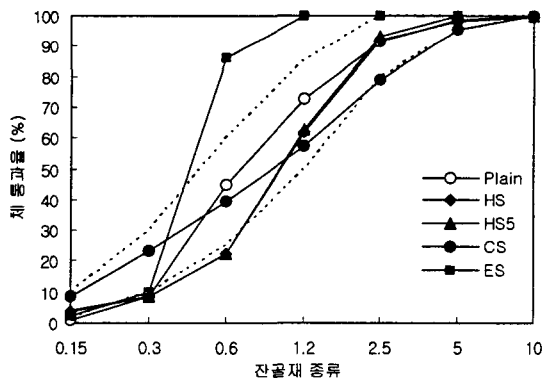


그림 1. 원산지별 잔골재의 입도분포곡선의 변화

2.2 사용재료

본 연구에서 사용된 잔골재를 제외한 사용재료의 물리적 성질은 표 2와 같으며 잔골재의 물리적 성질은 표 3과 같다. 특히 사용된 잔골재의 경우 EEZ 모래는 일반 바다모래에 비하여 조립율이 현저하게 낮은 것으로 나타났으나 부순모래 및 북한 해수산 모래는 조립율이 높은 것으로 나타났다. 그림 1은 잔골재 종류별 입도분포 곡선을 나타낸 것으로 북한 해수산 모래는 일반 바다모래와 유사한 입도를 나타내고 있으나 EEZ 모래는 대부분 0.6mm 이하의 입자로 이루어진 것으로 나타났다. 한편, 부순모래의 경우에는 표준입도분포 곡선을 만족하고 있는 것으로 나타났다.

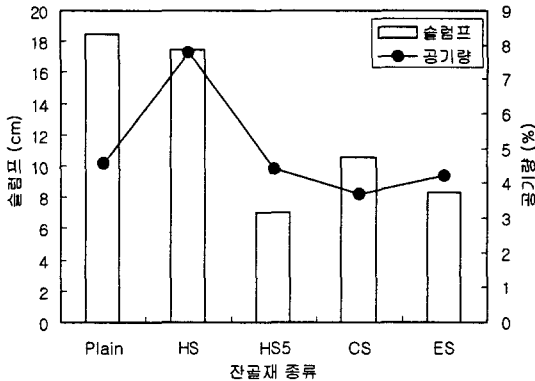


그림 2. 잔골재 종류별 슬럼프 및 공기량의 변화

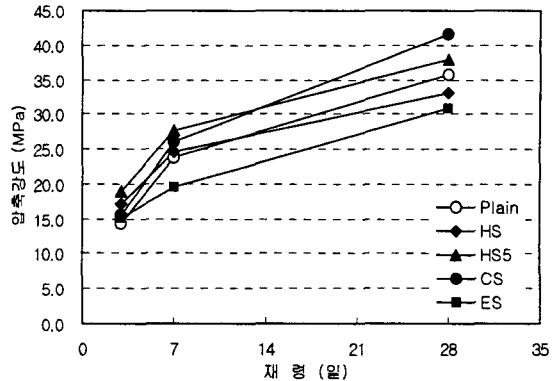


그림 3. 잔골재 종류별 압축강도의 변화

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 동일 배합에서의 잔골재 종류에 따른 콘크리트의 특성 검토 및 분석 (시리즈 I)

그림 2는 동일 배합상의 잔골재 종류별 슬럼프 및 공기량의 변화를 나타낸 것으로 무처리 해주산 모래를 사용한 콘크리트는 일반 바다모래와 유사한 수준의 슬럼프가 나타났으며 5mm체를 통과한 해주산 모래, 부순모래 및 EEZ모래는 슬럼프가 크게 저하하는 것으로 나타났다. 그러나 5mm체를 통과하지 않은 해주산 모래의 경우 공기량이 일반 바다모래에 비하여 높게 나타나 이로 인하여 콘크리트의 유동성이 증가한 것으로 사료된다. 한편, EEZ모래와 5mm체를 통과한 해주산 모래는 일반 바다모래와 유사한 수준의 공기량으로 나타났으나 5mm체를 통과하지 않은 해주산 모래는 큰 조개껍질의 함유량이 많아 조개껍질의 하면에 갇힌 공기가 증가하는 것으로 사료되며 부순모래의 경우는 공기량이 다소 감소하는 것으로 나타났다. 그림 3은 동일 배합상에서 잔골재 종류에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 해주산 모래의 경우는 초기강도는 일반 바다모래에 비하여 다소 높게 나타났으나 재령 28일의 강도는 일반 바다모래와 유사한 수준으로 나타났다. 부순모래의 경우는 초기강도는 일반 바다모래와 유사한 수준으로 나타났으나 재령 28일 강도는 부순모래를 사용한 콘크리트가 높게 나타났으며 이는 부순모래의 입형이 거칠어 시멘트 페이스트와 잔골재의 부착력이 증가하였기 때문으로 사료된다. EEZ모래의 경우는 초기강도는 일반 바다모래와 유사하게 나타났으나 재령 28일 강도는 일반 바다모래에 비하여 감소하는 것으로 나타났으며 이는 EEZ모래의 입도 불량에 원인으로 사료된다.

#### 3.2 동일 작업성에서의 잔골재 종류에 따른 콘크리트의 특성 검토 및 분석 (시리즈 II)

그림 4는 잔골재 종류별 동일 작업성을 만족시키는 단위수량의 변화를 나타낸 것으로 Plain과 동일 슬럼프를 만족시키기 위하여 골재의 종류에 관계없이 단위수량은 증가하는 것으로 나타났으며 이에 따라 그림 5와 같이 압축강도의 저하가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 단위수량의 증가는 콘크리트의 수밀성을 저하시키고 콘크리트 내부에서 모세관공극을 다수 발생시킴에 따라 그림 6과 같이 중성화 저항성 또한 감소하는 것으로 사료된다. 특히 5mm체를 통과하지 않은 해주산 모래의 경우에는 목표 공기량을 만족시키더라도 공극의 구성이 AE제에 의한 연행공기가 아닌 조개껍질에 의한 갇힌 공기의 비율이 증가함에 따라 그림 7과 같이 동결융해 180 사이클에서 상대동탄성계수가 60%이하로 감소되는 것으로 나타났다. 이에 따라 기존의 일반 바다모래 외에 레미콘 제조 현장에 공급되고 있는 EEZ모래, 부순모래 및 북한산 모래를 사용할 경우 작업성을 만족시키기 위하여 단위수량만을 조정할 경우 콘크리트의 품질을 크게 저하시킬 수 있는 것으로 나타나 잔골재 특성에 따른 품질관리기술이 요구될 것으로 사료된다.

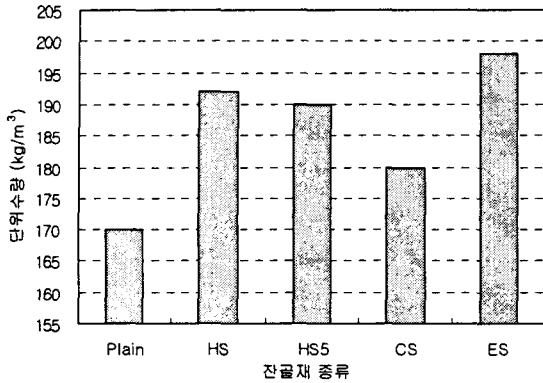


그림 4. 잔골재 종류별 동일 작업성을 만족시키는 단위수량의 변화

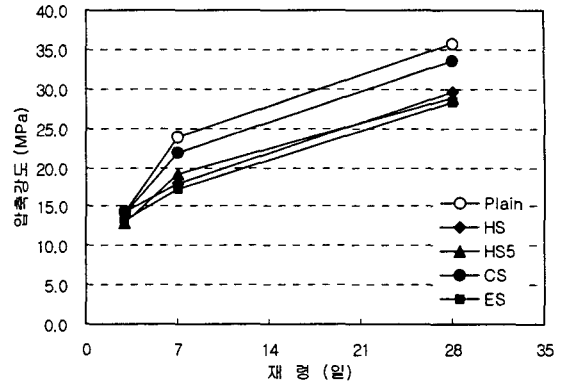


그림 5. 동일 작업성에서의 재령별 잔골재 종류에 따른 압축강도의 변화

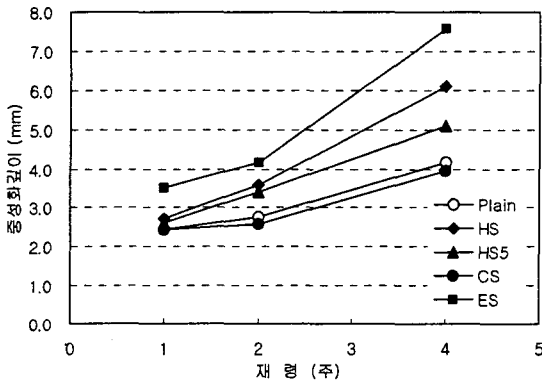


그림 6. 동일 작업성에서의 측정재령별 잔골재 종류에 따른 중성화 깊이의 변화

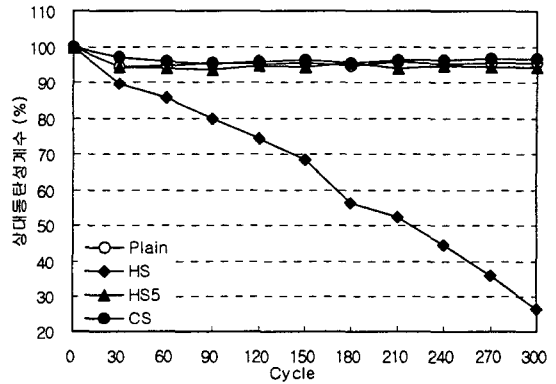


그림 7. 동일 작업성에서의 사이클별 잔골재 종류에 따른 상대동탄성계수의 변화

#### 4. 결론

잔골재의 원산지에 따라 각 잔골재가 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 압축강도, 중성화 및 동결융해 저항성에 미치는 영향을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 현재 레미콘 제조현장에 반입되는 일반 바다모래를 제외한 잔골재가 콘크리트의 품질을 저하시킬 수 있는 요인으로 작용할 수 있을 것으로 판단되며 이에 따라 각 잔골재의 특성에 따른 콘크리트의 품질관리가 필요할 것으로 사료된다.
- (2) EEZ 모래의 경우 입도가 불량하여 발생하는 문제점이 많은 것으로 나타나 이에 대한 보정이 필요할 것으로 사료되며 해주산 모래의 경우는 조개껍질과 같은 불순물에 의한 문제점이 나타나고 있어 충분한 세척 및 5mm 체를 이용한 1차 처리가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 김무한 외, 수도권 부순모래의 품질특성 및 부순모래 대체율에 따른 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회 04 학술·기술논문발표회 2004.05 pp.51-55
2. 한천구 외, 잔골재 종류가 콘크리트 물성에 미치는 영향, 한국콘크리트학회 2005년도 가을 학술발표회 논문집 Vol.17 No.2, 2005.05 pp.463-466