

개량입도 혼합모래를 사용한 콘크리트의 품질특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Quality of Concrete Using Mixed Sand Improved Grading

○ 김 기 훈*
Kim, Ki-Hoon

한 민 철**
Han, Min-Cheol

박 구 병***
Park, Koo-Byung

윤 기 원****
Yoon, Gi-Won

한 천 구*****
Han, Cheon-Goo

Abstract

This paper investigated the results of quality of concrete using mixed sand with grading adjustment in order to find out the applicability of fine aggregate with bad grading. According to test results, fluidity of concrete with fine level grading river sand was decreased while with coarse level grading crushed sand increased compared with that with medium level grading crushed sand. Use of mixed sand with grading adjustment(MSG) resulted in an improvement in fluidity. Increase in fineness modulus led to an increase in bleeding. For compressive strength, use of MSG increased compressive strength. For drying shrinkage, use of fine level grading river sand resulted in an increasing drying shrinkage due to the larger presence of fine particles, while use of MSG led to a reduction in drying shrinkage

키 워 드 : 대체골재, 부순모래, 개량입도, 혼합모래

Keywords : Alternative Aggregate, Crushed Sand, Improved Grading, Mixed Sand

1. 서 론

최근 콘크리트용 천연잔골재의 수급문제는 매우 심각한 상황에 직면해 있다. 굵은골재의 경우는 이미 1980년대부터 양질의 섶석골재 생산으로 인하여 수급에 문제가 없으나, 잔골재의 경우는 만족할만한 품질의 대체골재를 확보하지 못하고 있는 실정이다. 특히, 양질의 강모래는 이미 고갈되었다고 할 수 있고, 강모래의 대체재로 사용되었던 바닷모래의 경우도 환경보호의식의 강화와 어업권 보장 등 민원의 증대에 따라 채취에 어려움을 겪게 됨에 따라 공급량이 감소하고 있다.

따라서 지역에 따라 다양한 품질의 잔골재가 사용되어지고 있고, 부순모래의 사용량도 점차 증가하고 있는 추세이다.

특히, 2종 이상의 골재를 혼합하여 사용하는 경우가 전국 레미콘사의 절반이상인 것으로 나타났지만, 혼합골재 사용에 대한 확실한 기준이나 지침도 없는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 입도불량 잔골재의 효율적인 활용으로 반대 경향의 입자분포 잔골재를 혼합하여 사용하는 것과 관련한 잔골재의 입도 변화에 따른 콘크리트의 품질 특성을 검토함으로써 혼합골재를 사용한 콘크리트의 품질향상에 기여하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

즉, 실험요인으로 W/C는 35, 45, 55%의 3수준에 대하여, 잔골재 종류를 중간입도 부순모래(Mc), 가는입도 강모래(Sr), 굵은입도 부순모래(Lc), 개량입도 혼합모래(Mm)의 4수준으로 변화시켜 총 12배치를 실험계획 하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배 합 사 항	W/C(%)	3	35, 45, 55
	목표 슬럼프(mm)	1	150 ± 10
	목표 공기량(%)	1	4.5 ± 1.5
실 험 사 항	잔골재 종류	4	<ul style="list-style-type: none"> 중간입도 부순모래(Mc) 가는입도 강모래(Sr) 굵은입도 부순모래(Lc) 개량입도 혼합모래(Mm)
	균질않은 콘크리트	6	<ul style="list-style-type: none"> 슬럼프, 슬럼프플로우 공기량, 단위용적질량 응결시간 블리딩
경 화 콘 크 리 트	경 화 콘 크 리 트	3	<ul style="list-style-type: none"> 압축강도(7, 14, 28일) 인장강도(28일) 길이변화율
			(7, 14, 28, 91, 180일)

이때, 목표 슬럼프 및 공기량은 중간입도 부순모래를 플레인인도 150 ± 10mm 및 4.5 ± 1.5%를 만족하도록 배합설계한

* 정회원. 청주대 대학원 석사과정

** 정회원. 청주대 산업과학연구소 전임연구원, 공학박사

*** 정회원. 한국시설안전기술공단 기획행정실, 공학박사

**** 정회원. 주성대 건축과 부교수, 공학박사

***** 정회원. 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

후 잔골재의 종류에 따라 동일하게 적용하는 것으로 하였다. 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험사항은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다.

표 2. 배합사항

W/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	S/a (%)	SP/C (%)	잔골재 종류	절대용적배합 (ℓ / m ³)			질량배합 (kg/m ³)		
					C	S	G	C	S	G
35	174	42	0.65	Mc	158	262	361	497	673	965
				Sr					667	
				Lc					678	
				Mm					673	
45	175	43	0.55	Mc	124	282	374	389	726	999
				Sr					720	
				Lc					731	
				Mm					726	
55	178	45	0.40	Mc	103	303	371	324	778	990
				Sr					774	
				Lc					786	
				Mm					780	

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,265	0.15	210	300	22.0	28.9	38.9

표 4. 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm ³)	조립률 (FM)	흡수율 (%)	단위용적 질량 (kg/m ³)	0.08mm체 통과량 (%)	입형판정 실적률 (%)	
							잔골재
	Sr	2.55	2.42	1.98	1,654	2.02	57.0
	Lc	2.59	3.11	1.52	1,691	3.24	53.9
	Mm	2.54	2.77	1.80	1,669	2.51	55.8
굵은골재	2.67	6.75	0.69	1,563	0.10	-	

표 5. 혼화제의 물리적 성질

구분	주성분	색상	형태	밀도(g/cm ³)
고성능AE감수제	나프탈렌계	암갈색	액체	1.19

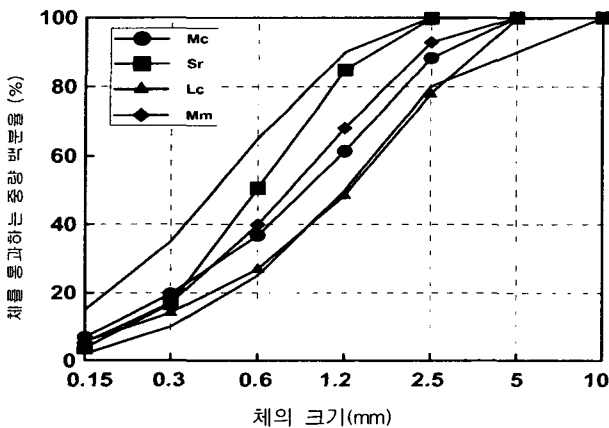


그림 1. 잔골재의 입도분포 곡선

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 3과 같다. 골재로서 잔골재의 경우 중간입도 부순모래는 경기도 양주산, 가는입도 강모래는 충북 청원산, 굵은입도 부순모래는 전남 나주산, 입도개량 혼합모래는 보통입형 부순모래와 동일한 수준으로 입도를 맞추기 위하여 가는입도 강모래 60%와 부순모래 40%를 혼합하여 사용하였다. 굵은골재는 충북 청원산 25mm 부순 굵은골재를 사용하였는데, 각 골재의 물리적 성질 및 입도 분포는 표 4 및 그림 1과 같다.

또한, 혼화제로 고성능AE감수제는 국내산 D사의 나프탈렌계를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 5와 같다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거 실시하였고, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였으며, 공기량 및 단위용적질량 시험은 KS F 2421 및 KS F 2409의 규정에 따라 실시하였다. 응결시간은 KS F2436의 프루터 관입저항 시험방법에 의거 측정하였고, 블리딩 시험은 KS F 2414에 의거 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405, 인장강도는 KS F 2423에 의거 계획된 재령에서 100ton U.T.M을 사용하여 측정하였다. 건조수축 길이변화율은 KS F 2424에 의거 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 2는 W/C별 잔골재 종류에 따른 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 것이다.

먼저, 각 W/C별 중간입도 부순모래를 사용한 플레인 콘크리트는 목표 슬럼프 150±10mm, 목표공기량 4.5±1.5%의 범위를 만족하였다. W/C별 잔골재 종류에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우 등 유동성은 조립률이 작은 가는입도 강모래를 사용한 경우는 유동성이 저하하였는데 이는 비표면적의 증가에 기인한 것으로 사료된다. 굵은입도 부순모래인 경우의 슬럼프와 슬럼프 플로우는 가는입도 강모래와는 반대로 증가하였지만, 재료분리에 의한 전단슬럼프가 발생하였다. 개량입도 혼합모래의 경우는 W/C에 따라 다소 증감의 차이는 있지만 플레인과 유사한 유동성을 나타내었다.

한편 잔골재 종류에 따른 공기량은 조립률이 작은 가는입도 강모래와 굵은입도 부순모래인 경우는 증가하는 경향으로 나타났는데, 이는 상대적으로 0.15mm이하의 입자가 적은 것 및 굵은 입자 사이의 많은 공극에 기인한 결과로 사료된다.

개량입도 혼합모래의 경우는 중간입도 부순모래와 비교하여 다소 차이는 있으나, 평균적으로는 비슷한 목표 공기량의 범위를 만족하였다. 단위용적질량은 공기량과 반대의 경향이

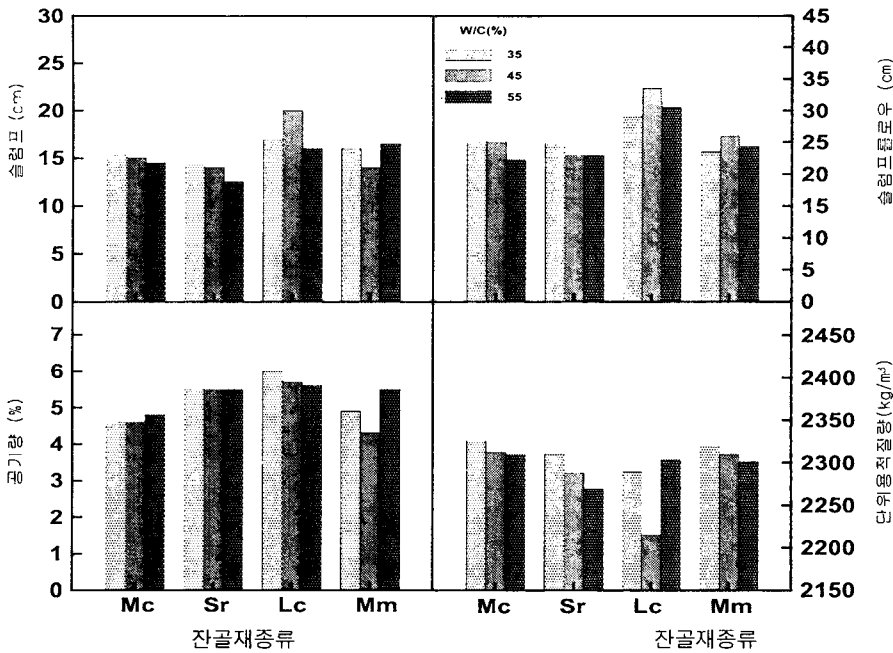


그림 2. 잔골재 종류별 변화에 따른 굳지않은 콘크리트의 특성

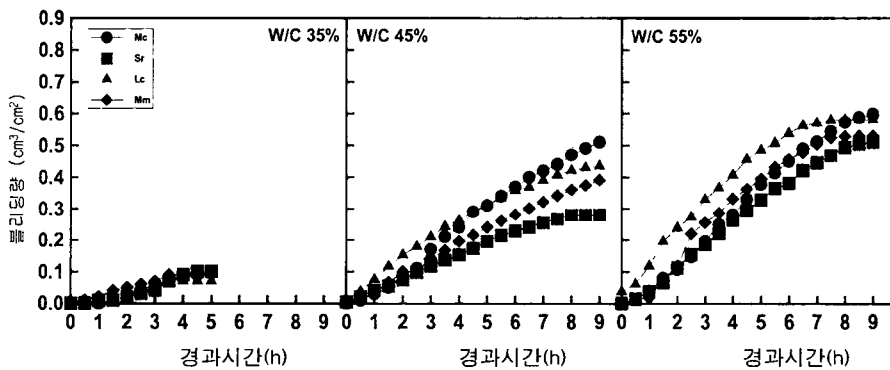


그림 3. 잔골재 종류별 경과 시간에 따른 불리딩량

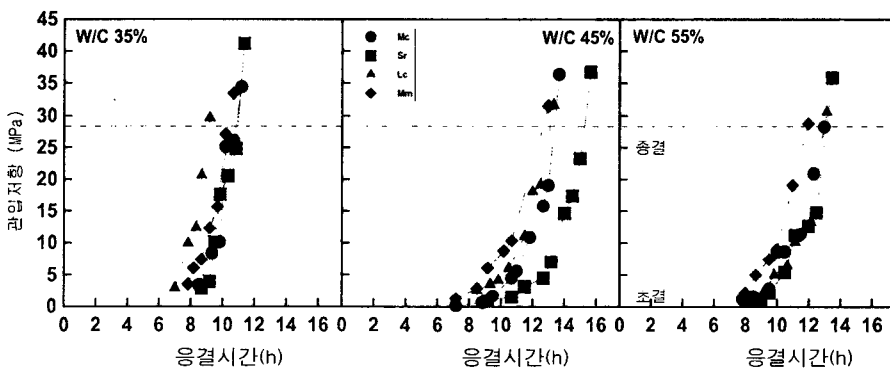


그림 4. 잔골재 종류별 응결시간에 따른 관입저항

었다.

그림 3은 W/C 및 잔골재 종류별 경과시간에 따른 불리딩량을 나타낸 것이다.

먼저, W/C변화에 따른 불리딩은 W/C가 클수록 증가하였고, 잔골재 종류에 따라서는 W/C 35%인 경우 단위시멘트량

이 많은 것에 기인하여 큰 차이가 없었으나, W/C 45, 55% 경우는 굵은입도 부순모래를 사용한 콘크리트가 플레인보다 초기에 급격하게 발생하는 것으로 나타났고, 가는입도 강모래의 경우는 플레인에 비해 저하하는 경향으로 나타났는데 이는 비표면적 차이에 기인한 것이라 사료된다. 개량입도 혼합모래의 경우는 플레인과 비교하여 다소 차이는 있으나 유사한 수준으로 나타났다.

그림 4는 W/C 및 잔골재 종류별 관입저항에 따른 응결시간을 나타낸 것이다.

W/C 변화에 따른 응결시간은 W/C 35%가 45 및 55%보다 단위시멘트량 증가로 빠르게 나타났고, 잔골재 종류에 따라서는 가는입도 강모래일 때 약간 지연되는 경향이 감지되나, 특별한 원인이 없어 큰 영향이 없는 것으로 분석된다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 5는 W/C별 잔골재 종류에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 것이다.

당연한 결과로 W/C별 압축강도는 W/C가 작을수록, 재령이 경과할수록 증가하였는데, 잔골재 종류에 따라서는 플레인과 비교할 때 가는입도 강모래와 굵은입도 부순모래의 경우는 W/C별로 다소 차이는 있으나 평균적으로는 유사한 경향이거나, 입도개량 혼합모래의 경우는 오히려 W/C에 관계없이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 반대 경향 입자분포의 공극충전효과에 의한 것으로 사료된다.

그림 6은 W/C별 잔골재 종류에 따른 28일 인장강도를 나타낸 것이다.

W/C 및 잔골재 종류에 따른 인장강도는 플레인과 비교하여 가는입도 강모래와 굵은입도 부순모래의 경우는 저하하는 경향이지만, 개

량입도 혼합모래의 경우는 다소 증가하는 것으로 나타났다.

그림 7은 W/C별 잔골재 종류에 따른 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다.

W/C 변화에 따른 길이변화율은 W/C가 작을수록 작으므로 나타났는데, 이는 증발 가능한 내부 잉여수의 감소 및

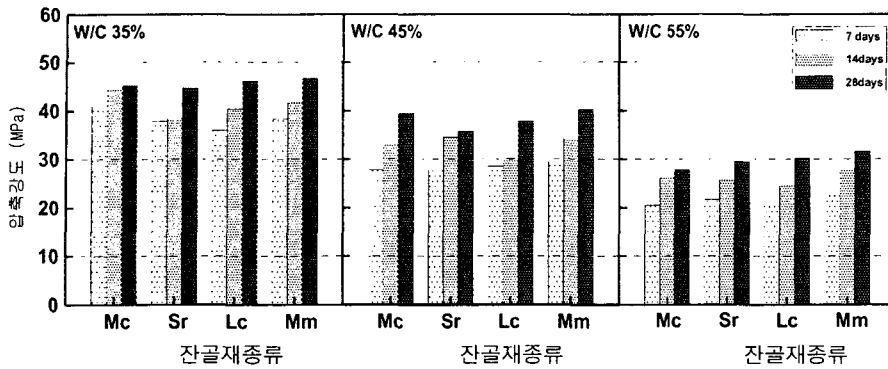


그림 5. 잔골재 종류별 재령경과에 따른 압축강도

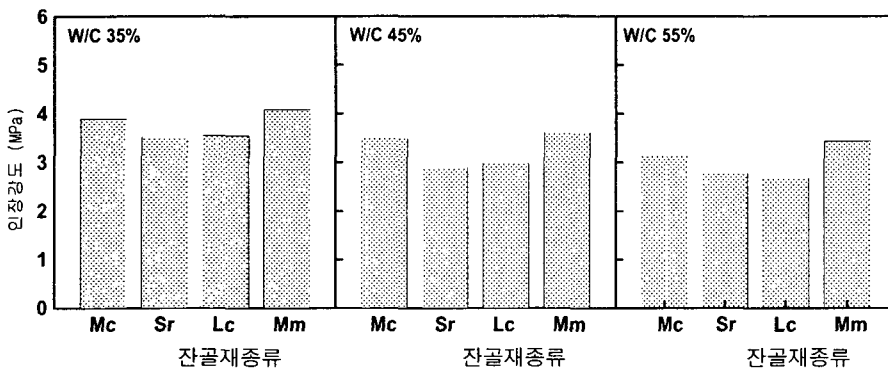


그림 6. 잔골재 종류별 28일 인장강도

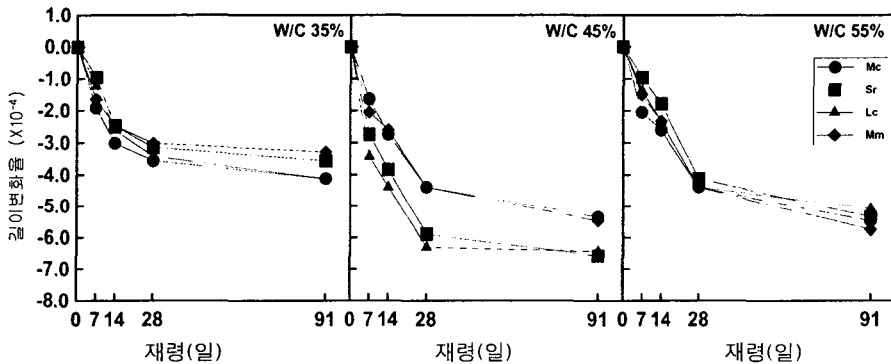


그림 7. 잔골재 종류별 재령경과에 따른 길이변화를

강도 증가에 기인된 결과로 사료된다.

잔골재 종류에 따른 건조수축은 W/C 45%에서는 가는입도 강모래, 굵은 입도 부순모래가 크게 나타났는데 가는입도 강모래의 경우는 상대적으로 미립분함유량이 많고, 굵은입도 부순모래는 블리딩이 많이 발생하여 콘크리트에 공극이 많아진 것에 기인한 것으로 사료된다.

그러나, 가는입도 강모래와 굵은입도 부순모래의 혼합에 의한 개량입도 부순모래의 경우는 양호한 공극충전효과에 기인하여 건조수축이 오히려 저감되는 것으로 나타났다.

4. 결 론

입도불량 잔골재의 효율적 활용을 목적으로 반대 경향 입

자분포 잔골재를 혼합하여 사용하는 것과 관련한 잔골재 입도분포변화에 따른 콘크리트의 품질특성을 검토한 실험결과를 종합하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 유동성은 중간입도 부순모래와 비교하여 가는입도 강모래의 경우는 저하하는 것으로 나타났고, 굵은입도 부순모래는 증가하였지만 재료분리에 의한 전달슬럼프가 발생하였다. 개량입도 혼합모래를 사용한 경우는 다소 차이는 있지만 중간입도 부순모래와 유사한 유동성을 확보함을 알 수 있었다.
- 2) 블리딩은 잔골재의 조립률이 클수록 많이 발생하는 것으로 나타났다.
- 3) 가는입도 강모래와 굵은입도 부순모래의 압축강도는 중간입도 부순모래와 비교하여 평균적으로는 유사한 경향이거나, 개량입도 혼합모래를 사용한 경우는 공극충전효과에 기인하여 다소 증가하는 것으로 나타났다.
- 4) 건조수축 특성으로 가는입도 강모래는 상대적 미립분량이 많고, 굵은입도 부순모래는 블리딩 발생이 많음에 따른 공극에 기인한 영향으로 건조수축이 크게 나타났지만, 개량입도 혼합모래를 사용한 콘크리트인 경우는 오히려 건조수축이 저감되는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 “건설기술연구개발사업”의 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김기훈, 윤섭, 이용성, 윤기원, 한천구 : 부순모래의 입형 및 미립분함유량 개선을 위한 기술 검토, 한국건축시공학회 학술·기술논문발표회 논문집, 제 4권 제1호, 2004. 5
3. 윤기원, 이진규, 임종민, 이종태, 김성식, 한천구 : 부순모래의 미립분 함유율이 콘크리트의 특성에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제 16권 제 2호, 1996. 10