

# 골재물성 변화에 따른 콘크리트 품질개선 연구

이상래\* · 유승엽 · 이범석 · 구자술 · 송용순 · 강석화

<동양시멘트 기술연구소>

## 1. 서 론

최근 레디믹스트 콘크리트 공장에서는 콘크리트의 체적의 70%를 차지하는 골재의 품질악화 및 수급의 불안정에 의해 콘크리트의 품질관리에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 따라서 대부분의 공장에서는 부순 잔골재와 천연 잔골재를 혼합하여 사용함으로써 콘크리트 품질안정화를 꾀하고 있는 것이 일반화 되고 있으나, 골재의 물성 변화가 빈번하여 콘크리트의 품질에 미치는 골재의 영향에 대처하기는 매우 어려운 것이 현실이다.

또한, 골재의 품질이 열악해 지면서 콘크리트의 유동성 및 강도발현 저하 등의 문제가 빈번하게 발생하고 있는데, 이를 개선하기 위해서는 혼화제의 분산성 및 유지성능을 향상시켜, 골재의 품질변화에 맞추어 사용함으로써 안정적인 품질의 콘크리트 제조가 필요한 상황이다.

현재 국내에서 사용되고 있는 혼화제는 대략 리그닌계 60%, 나프탈린계 20%, 폴리카르본산계 15%, 기타 5% 정도인 것으로 추정되며, 구조물의 고강도화 및 고성능화로 인하여 향후 폴리카르본산계 혼화제의 사용이 증가할 것으로 예상되고 있으나, 폴리카르본산계 혼화제는 사용에 있어 원료의 성분, 시멘트의 종류, 골재, 배합, 혼합방법, 콘크리트의 온도 등의 영향을 크게 받으므로 사용 시 세심한 주위가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 골재품질 변화에 대응하는 레디믹스트 콘크리트의 품질관리 방안을

제시하기 위하여 영, 호남 지역의 레미콘 공장에서 현재 사용되고 있는 잔골재의 특성을 분석하고, 단위용적질량법에 의한 최적 잔골재율을 산출하여 잔골재율 조정에 따른 콘크리트의 특성을 분석하였다. 또한, 국내에서 생산되는 폴리카르본산계 원료 중 분산제 및 유지제 5종에 대하여 표준사, 개답사, 세척사, 부순 잔골재, 강사를 대상으로 모르타르 실험을 실시하여 혼화제의 원료의 특성을 분석하고, 혼화제의 성능개선에 따른 콘크리트의 특성을 분석하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 영, 호남 잔골재의 품질 특성분석을 위한 실험

영, 호남 잔골재에 대한 현황은 24개 레미콘 공장을 대상으로 품질관리담당자의 설문을 통해 조사하였고, 잔골재의 품질특성을 분석하기 위하여 영, 호남에서 사용되는 17종의 잔골재에 대하여 밀도, 흡수율, 조립률 및 0.08mm체 통과량을 시험하였다.

### 2.2 잔골재율 조정에 의한 콘크리트의 특성 실험

잔골재율 조정에 의한 콘크리트의 특성을 분석하기 위하여, 각 레미콘 사에서 출하되는 25-24-150 배합에 대한 잔골재율과, 각 공장별로

단위용적질량법을 이용하여 골재중의 공극이 최소가 되는 용적을 최적의 잔골재율로 산출하여, 동일배합에서 기존 잔골재율과 시험을 통해 산출된 최적 잔골재율을 적용한 콘크리트 물성을 비교·분석 하였다.

## 2.3 화학 혼화제 성능개선에 의한 콘크리트의 특성 실험

혼화제 성능개선에 의한 콘크리트의 특성을 분석하기 위하여, 혼화제 원료별 모르타르 특성 실험을 통해 혼화제를 개선하였고, 기존 혼화제와 개선된 혼화제의 감수율 및 유지성능을 비교하였으며, 최적 잔골재율을 적용한 콘크리트에 사용하여 단위수량의 증감과 콘크리트의 물성을 비교·분석 하였다.

## 2.4 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 <표 1>과 같다. 잔골재로서 강사의 경우 부산 호포산, 수산산, 경남 창녕산, 의령산, 세척사는 부산 해운대산, 서해 EEZ산, 부순모래는 부산 용원산, 경남 칠서산, 경남 김해산, 경남 진해산,

전남 문평산, 화순산, 남악산, 광양산, 개답사는 전남 묘량산, 월야산, 남원산을 사용하였다.

또한, 혼화제로 AE감수제는 국내산 D사의 리그닌계와 폴리카르본산계의 혼합형을 사용하였다. 이때 혼화제 원료별 특성은 <표 2>와 같다.

## 2.5 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 펜타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거 실시하였고, 슬럼프 측정 후 탭핑 방법에 의한 육안관찰로 굳지 않은 콘크리트의 성형성 및 작업성을 판단하였다.

공기량 시험은 KS F 2421의 규정에 따라 실시하였으며, 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2423에 의거 계획된 재령에 따라 200 ton U.T.M을 사용하여 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 설문조사 결과

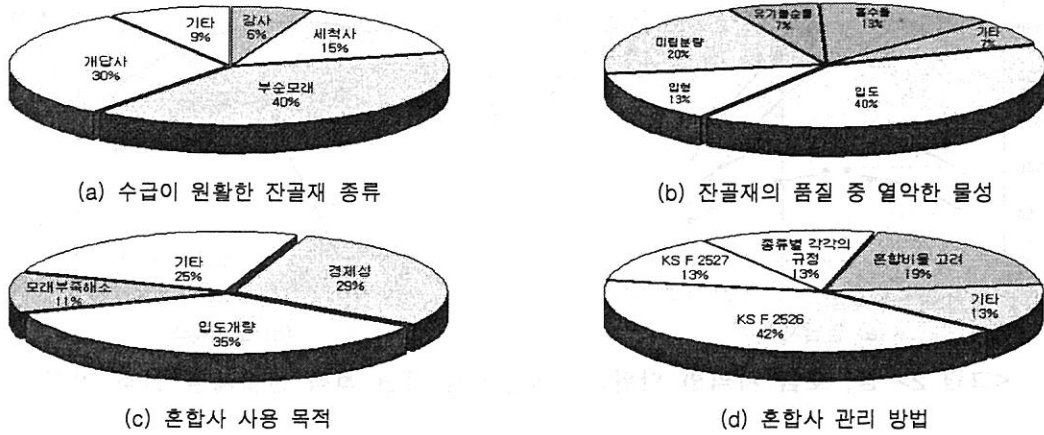
<그림 1>은 영, 호남 잔골재에 대한 레미콘 품질관리담당자의 설문조사 결과를 나타낸 것이다.

<표 1> 시멘트의 물리적 성질

밀도(g/cm <sup>3</sup> )	분말도(㎝ <sup>3</sup> /g)	안정도(%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,331	0.06	352	520	20.4	26.5	36.6

<표 2> 혼화제 원료별 특성

구 분	리그닌계	폴리카르본산계
분산성	양 호	매우 우수
슬럼프유지성능	양 호	우 수
과량사용 시 경화지연성	위 험	적 음
가 격	저 렵	높 음



<그림 1> 잔골재에 대한 품질관리담당자 설문조사 결과

3.2 영, 호남 잔골재의 품질특성 분석결과

<표 3>은 영, 호남 잔골재 종류에 따른 물리적 성질 시험 결과를 나타낸 것이다.

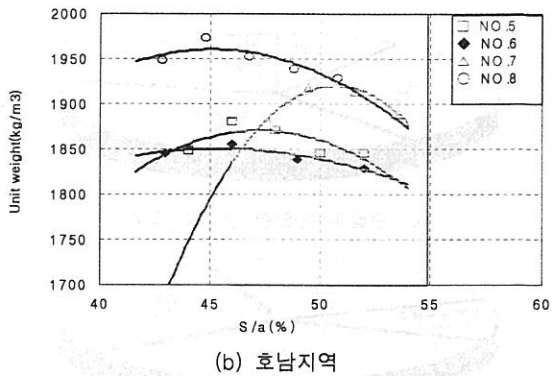
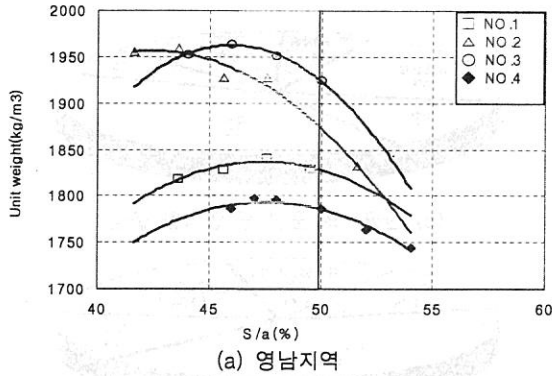
영, 호남에서 사용하는 골재 종류별 물성은 조립률 및 0.08mm체 통과량을 제외하고 모두 KS F 2526 및 KS F 2527의 규정에 적합한 것으로 나타났는데, 각 공장에서는 단독사용이 부적합한

<표 3> 영, 호남 잔골재 종류에 따른 특성 시험 결과

지역	잔골재 종류	표건밀도(g/cm <sup>3</sup> )	흡수율(%)	조립률(F.M.)	0.08mm체 통과량(%)
영남지역	강사(3개사)	2.58	1.58	2.14	0.52
	세척사(2개사)	2.52	3.14	1.72	2.96
	부순 잔골재(4개사)	2.57	1.34	3.53	3.12
	평균	2.57	1.68	2.69	2.60
호남지역	강사(1개사)	2.57	1.90	2.80	2.86
	세척사(1개사)	2.75	1.28	1.28	1.12
	부순 잔골재(3개사)	2.59	2.36	3.58	5.15
	개답사(3개사)	2.52	2.35	3.19	2.93
	평균	2.59	2.36	3.58	5.15
전체평균		2.58	2.19	3.11	4.03

<표 4> 영, 호남 각 레미콘 공장의 출하 배합

지역	No.	잔골재사용비율				단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	잔골재 용적(ℓ/m <sup>3</sup> )	잔골재율 (%)
		부순잔골재	강사	세척사	개답사			
영남지역	1	40	60	-	-	178	321	47.6
	2	50	50	-	-	175	326	47.6
	3	35	65	-	-	177	324	48.1
	4	50	50	-	-	185	335	50.0
호남지역	5	20	-	-	80	175	412	50.1
	6	20	-	-	80	187	376	55.0
	7	50	-	50	-	188	345	51.6
	8	30	70	-	-	174	314	46.1



<그림 2> 영, 호남 지역별 단위용적질량법에 의한 최적 잔골재율 산출 결과

골재를 2종 이상 적절한 비율로 혼합하여 사용함으로써 KS규정에 적합하게 품질을 관리하고 있었다.

<표 4>는 영, 호남 각 레미콘 공장의 출하배합을 나타낸 것이다.

영, 호남 지역에 따라 단위수량이 10~20kg/m<sup>3</sup> 차이를 보이고 있는데, 이는 영, 호남 잔골재의 흡수율, 0.08mm체 통과량 등 골재의 물리적 성질 차이에 기인한 결과로 사료되며, 잔골재율은 영남지역이 호남지역에 비하여 상대적으로 낮게 나타났다.

### 3.3 잔골재율 조정에 의한 콘크리트의 품질 특성분석 결과

<그림 2>는 영, 호남 지역별 단위용적질량법에

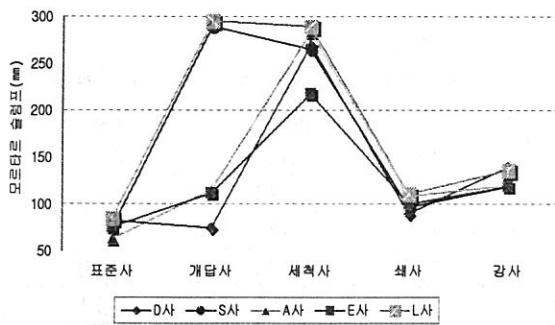
의한 최적 잔골재율 산출 결과를 나타낸 것이다.

영, 호남 지역에서 공히 실제 출하 배합의 잔골재율이 시험을 통해 산출된 최적의 잔골재율보다 2%정도 높게 나타났는데, 이는 건축공사 현장 타설 시 작업성 향상 등을 위한 것으로 분석된다.

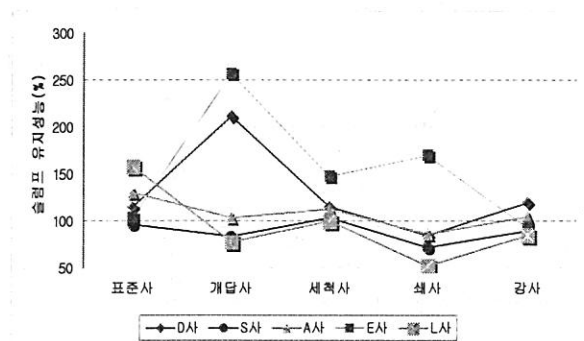
### 3.4 화학 혼화제 종류에 의한 콘크리트의 특성 실험

<그림 3>은 국내에서 생산되는 폴리카르본산계 원료 중 분산제 및 유지제 5종에 대하여 표준사, 개답사, 세척사, 부순 잔골재, 강사를 대상으로 모르타르 실험을 실시한 결과를 나타낸 것이다.

실험결과 잔골재의 종류에 따라 제조사별 혼



(a) 잔골재와 PC혼화제의 분산성능



(b) 잔골재와 PC혼화제의 유지성능

<그림 3> 잔골재 종류에 따른 제조사별 폴리카르본산(PC)계 혼화제 원료의 특성

화제 원료의 성능이 큰 차이를 보이는 것으로 나타났는데, 이는 잔골재의 0.08mm체 통과율 및 흡수율 등의 물성의 차이에 기인한 것으로 판단되며, 콘크리트 배합 시 잔골재 종류 및 물성에 따른 적합한 원료의 선택이 중요하다고 판단된다.

<그림 4>는 영, 호남 지역별 잔골재율 조정 및 혼화제 성능개선에 의한 콘크리트의 품질특성을 나타낸 것이다. 영, 호남 각 공장에서 단위용적질량법에 의해 산출한 잔골재율로 조정된 콘크리트의 배합은 기존의 출하배합보다 높은 유동성을 보이는 것으로 나타났는데, 이는 잔골재율 약 2% 저감에 따라 잔골재의 표면적 감소 및 공극감소에 따른 시멘트 페이스트의 유동성에 미치는 잉여수량의 상대적 증가에 기인한 것으로 분석된다.

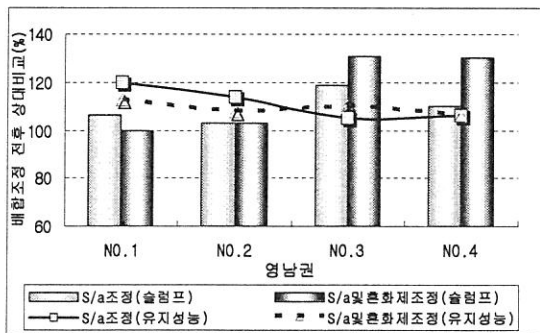
또한, 개선된 혼화제를 사용함으로써 굳지 않은 콘크리트의 유동성 및 슬럼프 유지성능이 향상됨을 알 수 있었는데, 이는 개선된 혼화제가

미립자 표면에 흡착되어 입자간 정전기적인 반발력을 발생시킴으로써 미립자의 분산을 용이하게 하는 것으로 분석되고, 개선혼화제의 입체장애작용으로 미립자의 응집을 방지함으로써 유지성능을 향상시킨 것으로 판단된다.

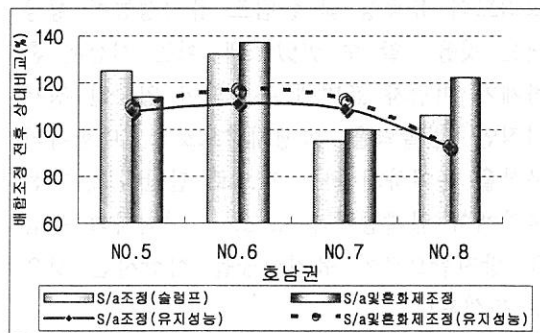
압축강도는 영, 호남 공히 기존의 출하배합의 동등 이상을 발휘하는 것으로 나타나, 잔골재율 및 혼화제 성능개선에 따른 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

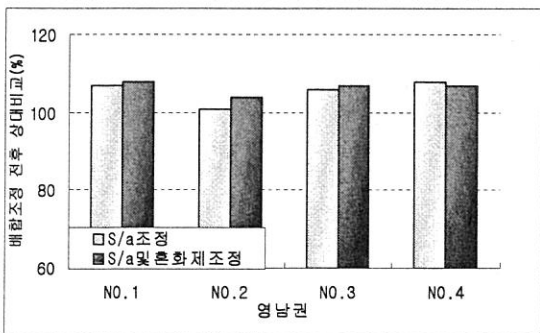
본 연구는 영, 호남 지역의 레미콘 공장에서 현재 사용하고 있는 잔골재의 특성을 분석하고, 혼합사용 시 잔골재율 조정 및 혼화제의 성능개선에 따른 콘크리트의 특성실험을 통하여 혼합사용 시 최적조건을 분석한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.



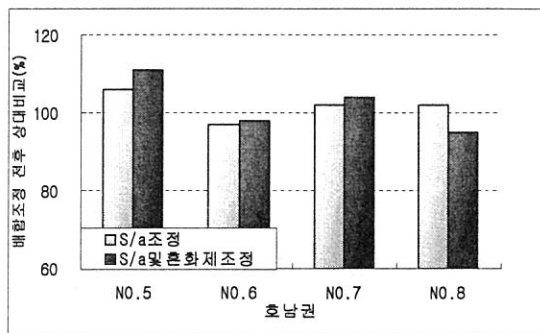
(a) 슬럼프 및 유지성능(영남지역)



(b) 슬럼프 및 유지성능(호남지역)



(c) 압축강도(영남지역)



(d) 압축강도(호남지역)

<그림 4> 영, 호남 지역별 잔골재율 및 혼화제 조정에 의한 콘크리트의 특성

1) 영, 호남에서 사용하는 골재 종류별 물성은 조립률 및 0.08mm체 통과량을 제외하고 모두 KS F 2526 및 KS F 2527의 규정에 적합한 것으로 나타났는데, 각 공장에서는 단독사용이 부적합한 골재를 2종 이상 적절한 비율로 혼합하여 사용함으로써, KS규정에 적합하게 품질을 관리하고 있었다.

2) 영, 호남 각 공장에서 단위용적질량법에 의해 산출한 잔골재율로 조정된 콘크리트의 배합은 기존의 출하배합보다 높은 유동성을 보이는 것으로 나타났는데, 이는 잔골재율 약 2% 저감에 따라 잔골재의 표면적 감소 및 공극감소에 따른 시멘트 페이스트의 유동성에 미치는 잉여수량의 상대적 증가에 기인한 것으로 분석된다.

3) 0.08mm체의 통과량이 많거나 흡수율이 높은 잔골재의 경우, 잔골재의 특성에 적합하도록 개선된 혼화제를 사용함으로써 굳지 않은 콘크리트의 유동성 및 슬럼프 유지성능이 향상되는 것을 알 수 있었는데, 이는 개선된 혼화제가 미립자 표면에 흡착되어 입자간 정전기적인 반발력을 발생시킴으로써 미립자의 분산을 용이하게 하는 것으로 판단되고, 개선 혼화제의 입체장애작용으로 미립자의 응집을 방지함으로써 유지성능을 향상시킨 것으로 분석된다.

따라서, 단위용적질량법에 의한 최적 잔골재율을 적용하고 골재 특성에 적합하도록 혼화제의 성능을 개선함으로써 단위수량 절감에 따른 콘크리트의 경제성 확보 및 품질향상에 효과가 있을 것으로 판단된다.

### < 참 고 문 헌 >

1. 한국콘크리트학회 : “최신콘크리트공학”, 1999.7
2. 정재동 : “콘크리트 재료공학”, 1996.6
3. 윤재환 : “포틀랜드 시멘트 및 콘크리트”, 2000.7
4. 日本材料學會 : “コンクリート混和材料ハンドブック”, 2004.4
5. 최재진 : “재미있는 콘크리트 탐색”, 2006.7
6. 윤기원 외 : “잔골재의 입형이 콘크리트의 품질에 미치는 영향”, 2004.10
7. 김생빈 : “콘크리트에서 골재의 역할과 기본 메카니즘”, 1991