부순모래의 품질변화에 따른 고유동콘크리트의 특성에 관한 연구

A Study on the Properties of High Flowing Concrete with Quality Variation of Crushed Sand

최일호* 정양희* 염준환** 최진만*** 이성연**** 홍경선*****
Choi, Il Ho Jung, Yang Hee Yum, Jun Hwan Choi, Jin Man Lee, Seong Yeon Hong, Kuung Seon

ABSTRACT

Currently, natural aggregates of good quality are hard to use because of continuous decrease of internal aggregate resource and regulation of gathering. So, use of crushed sand was being increased. On the other hand, skyscraper projects with 100 stories are being planned within the country and high strength concrete must be used to construct a skyscraper with 100 stories. High strength concrete is necessary to use crushed sand too because we are still unable to secure natural aggregates of good quality. So, This study indicated basic data necessary for mix design of high strength concrete through valuation of concrete property by quality variation of crushed sand.

1. 서론

현재 국내 콘크리트용 잔골재의 사정은 천연골재의 고갈과 함께 환경규제로 인한 바다모래의 수급 불안정 및 품질저하로 매우 열악한 실태이고 그 대안으로서 부순모래의 사용이 급증하고 있는 실정이다. 그러나, 기존 연구결과에서도 일반강도 영역의 콘크리트 특성에 미치는 부순모래 품질의 영향은 입형판정실적률 및 잔입자함유량의 영향이 가장 크고, 조립률의 영향은 다소 적다고 보고되고 있는 바와 같이 부순모래의 사용을 위해서는 콘크리트의 배합인자 및 제반특성에 미치는 부순모래의 품질 특성이 충분히 검토 고려되어져야 한다. 따라서, 본 연구에서는 초고강도 · 고유동콘크리트의 성상에 부순모래의 품질변화가 미치는 영향이 크다는 것을 인지하여 부순모래 품질변화에 따른 고유동콘크리트의 특성검토를 통해 향후 부순모래를 사용한 고성능콘크리트 배합설계시 필요한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험개요

부순모래의 품질변화에 따른 고유동콘크리트의 프레쉬 및 경화특성 검토를 목적으로 바다모래를 사용한 고유동콘크리트를 기준으로 조립률(FM), 잔입자함유량(Vfs) 및 입형판정실적률(SI)이 각각 다른 27가지 품질수준의 부순모래를 사용한 고유동콘크리트의 특성을 비교 · 평가하였다.

* 정회원, 대림산업(주) 건축연구지원팀 주임연구원
** 정회원, (주)삼표 기술연구소 연구원
*** 정회원, (주)삼표 기술연구소 책임연구원
**** 정회원, (주)삼표 기술연구소 소장, 공학박사
***** 정회원, 대림산업(주) 시험연구지원팀 부장

2.1 사용재료

결합재는 보통포틀랜드시멘트(OPC) 및 고로슬래그미분말(GGBFS)을 사용하였고, 각각의 화학분석 결과는 표 1과 같다. 굵은골재는 경기 남양산의 부순돌을, 잔골재는 인천 옹진군의 바다모래 및 경기 남양산의 부순모래를 사용하였으며, 사용골재의 물리적 특성은 표 2와 같다. 한편, 부순모래의 품질변화을 위해 표 2와 같이 FM은 2.7, 3.0 및 3.3, SI는 53%, 55% 및 57%, Vfs는 2%, 3.5% 및 5% 수준으로 임의 조정하여 27가지 품질수준의 부순모래를 제조하였다. 혼화제는 D사의 폴리칼본산계 고성능감수제(SP제)와 공기연행제(AE제)를 구분하여 사용하였다.

표 1 사용 결합재의 화학적 특성

시료명	Ig -loss	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	비표면적 (㎠/g)
OPC	1.09	22.48	6.26	3.14	63.28	0.26	2.10	3,706
GGBS	0.01	33.54	15.22	0.51	43.88	2.62	2.54	4,578

표 2 사용골재의 물리적 특성

물리적성질 / 사용골재	조립률	표건 비중	흡수율	입형판정 실적률(%)	0.08mm체 통과율(%)
굵은골재	6.57	2.63	0.72	57.9	1.25
바다모래	2.71	2.62	0.68	57.4	0.59
부순모래	2.7~3.3	2.62	0.93	53~57	2~5

2.2 콘크리트배합

바다모래를 사용한 기준배합 선정 시, 설계기준강도는 80N/㎟(56일 관리재령), 공기량은 2±1.5% 및 슬럼프플로우는 650±50㎜를 목표로 배합설계하였고, 그 배합표는 표 3과 같다. 콘크리트 혼합방법은 그림 1과 같이 모르타르 제조 후, 굵은골재를 투입하는 방법으로 실시하였다.

표 3 콘크리트 배합표

W/B (%)	S/a (%)	단위용적질량(kg/m³)					AE제 (B×%)	SP제 (B×%)
		W	OPC	GGBFS	S	G		
25	48	155	434	186	771	839	0.01	1.15

그림 1 콘크리트 혼합방법

2.3 실험항목

프레쉬 콘크리트에 대해서는 슬럼프플로우, L형 플로우, V형 깔대기유하 및 U형 박스시험을 실시하였고, 경화 후의 콘크리트에 대해서는 재령별 압축강도시험을 실시하였다. L형 플로우시험에서는 그림 2와 같이 500㎜지점 통과 시까지의 시간 및 최종 정지된 지점까지의 유동거리를 측정하였고, V형 깔대기유하시험에서는 그림 3과 같이 최하단부의 토출구를 열어 시료가 완전히 빠져나갈 때까지의 시간을 측정하였으며, U형 박스시험에서는 그림 4와 같이 간극통과 후의 높이차를 측정하였다. 압축강도 시험은 KS F 2403 및 2405에 의거하여 재령 1, 3, 7, 28, 56 및 91일의 압축강도를 측정하였다. 한편, 각 시험 및 공시체 제작 시에는 봉다짐을 실시하지 않았다.

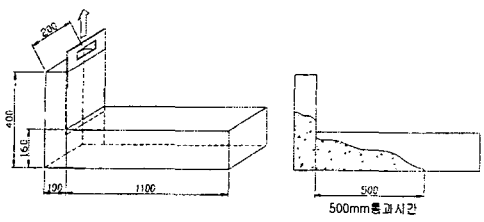

그림 2 L형 플로우시험

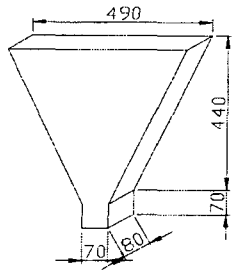

그림 3 V형깔대기유하시험

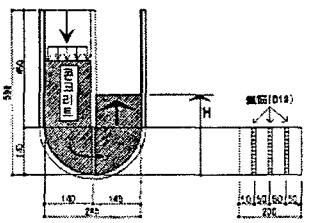

그림 4 U형 박스시험

3. 실험결과 및 분석

3.1 유동성

콘크리트의 유동성 평가를 위해 실시한 부순모래 품질별 슬럼프플로우 및 L형플로우 시험결과는 그림 5 및 그림 6과 같다. 유동성 평가시험 결과, FM 3.3 또는 Vfs 5.0인 경우의 슬럼프플로우는 모두 평가기준(650±50㎜)을 만족하지 못하였고, SI가 증가할수록 전반적으로 슬럼프플로우는 증가하였다. FM 3.3의 경우에는 0.6㎜이상 굵은 입자분포의 증가가 유동성 저하에 영향을 미친 것으로 판단된다. 한편, Vfs 5.0의 경우에는 잔입자가 많아짐에 따라 혼화제 및 혼합수가 잔입자에 흡착되어 콘크리트의 유동성이 저하된 것으로 판단된다. L형 플로우 시험결과도 슬럼프플로우 시험결과와 동일한 경향으로 FM 2.7~3.0 및 Vfs 3.5이하의 경우에 적절한 유동성이 확보됨을 알 수 있었다.

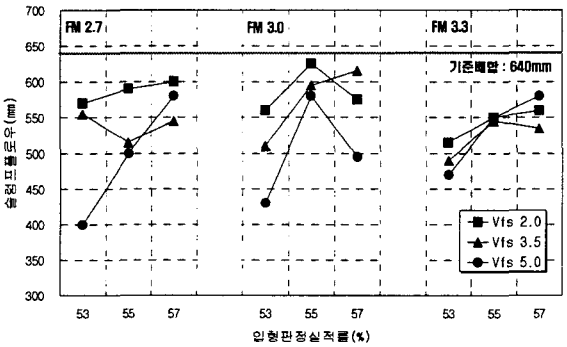

그림 5 슬럼프플로우 시험결과

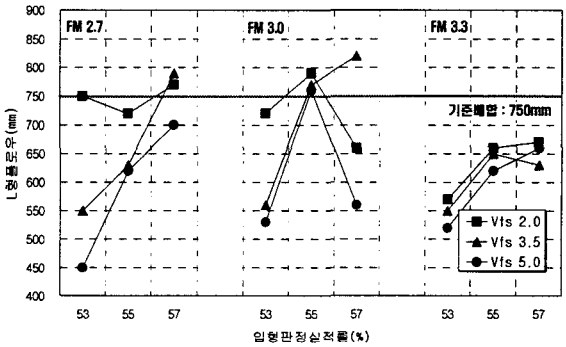

그림 6 L형 플로우 시험결과

3.2 간극통과성

콘크리트의 간극통과성 평가를 위해 실시한 V형 깔대기유하 및 U형 박스충전 시험결과는 그림 7 및 그림 8과 같다. V형 깔대기유하시간은 그림 7과 같이 FM이 작고, SI가 크고, Vfs가 적을수록 빠른 것으로 측정되었고, FM 3.3에서는 SI에 관계없이 긴 시간으로 측정되었다. 이는 입자가 작고, 입형이 양호해짐에 따라 굵은골재와의 마찰력이 감소하고, 잔입자량이 적음에 따른 매트릭스의 볼베어링 효과의 저감에 기인한 것으로 판단된다. 또한, U형 박스높이차도 그림 8과 같이 FM 2.7에서 SI가 높을수록 양호한 결과를 보였으며, FM 3.0 및 3.3에서는 SI에 관계없이 큰 높이차를 보였다. 이같은 결과를 통해 고유동콘크리트의 간극통과성에 미치는 부순모래 품질의 영향은 FM이 가장 큰 것으로 판단되며, FM 2.7에서 기준배합과 동등한 성능이 확보됨을 알 수 있었다.

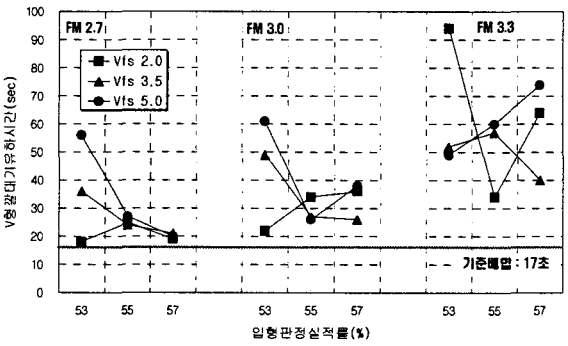

그림 7 V형 깔대기 시험결과

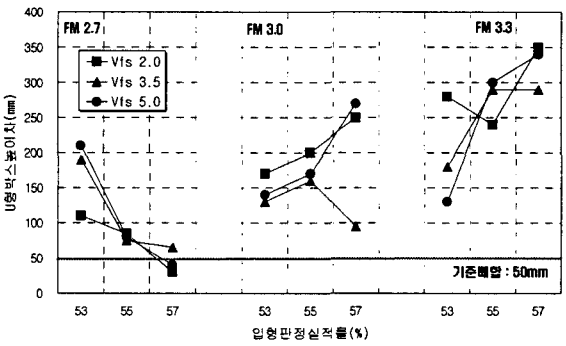

그림 8 U형 박스 시험결과

3.3 압축강도

부순모래 품질에 따른 재령별 압축강도 시험결과는 그림 9~11과 같다. 부순모래의 품질변화에 따른 강도는 FM이 작을수록 다소 크게 나타났으며 SI 및 Vfs의 영향은 다소 적은 것을 확인할 수 있었다. FM 2.7의 경우에서는 SI가 클수록 높은 강도값을 나타내는 경향을 보인 반면 FM 3.0 및 3.3의 경우에서는 SI의 변화에 따른 강도차이는 거의 없는 것을 알 수 있었다. 한편, Vfs의 변화가 강도발현에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단되어 본 연구에서 검토된 Vfs 5.0 이하 수준에서는 콘크리트 강도에 미치는 영향은 없음을 알 수 있었다. 부순모래를 사용한 콘크리트의 강도값은 기준배합의 강도와 동등이상의 값을 나타내는 것을 알 수 있었다. 바다모래와 거의 동등한 품질수준의 부순모래(SI 57, FM 2.7, Vfs 2.0)를 사용한 콘크리트 강도는 기준배합의 콘크리트 강도보다 다소 큰 값을 나타내고 있음을 알 수 있어 천연골재보다 암종이 경질인 부순모래가 초고강도 콘크리트의 강도확보에 유리한 것으로 판단된다.

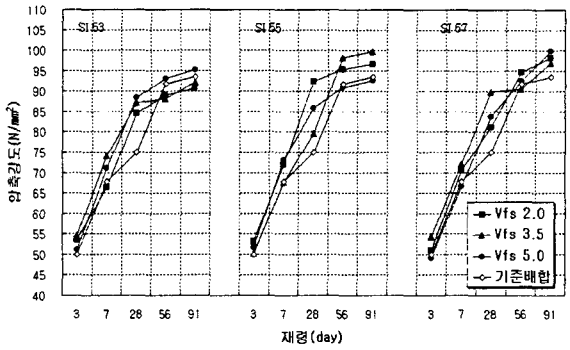

그림 9 압축강도 시험결과(FM 2.7)

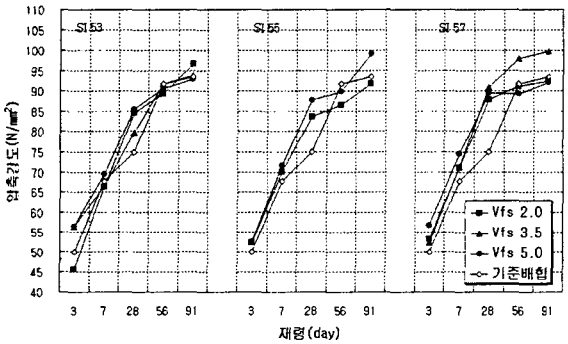

그림 10 압축강도 시험결과(FM 3.0)

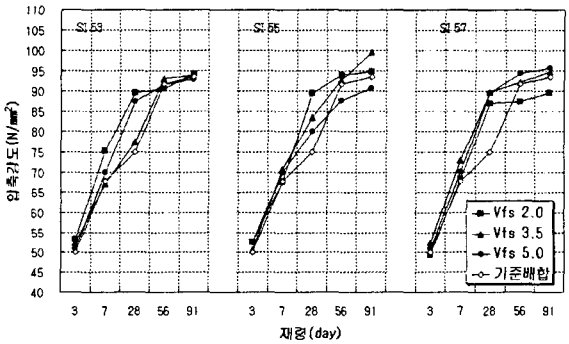

그림 11 압축강도 시험결과(FM 3.3)

4. 결론

부순모래의 품질변화에 따른 고유동콘크리트의 특성을 검토한 결과는 다음과 같다.

(1) 부순모래를 사용한 고유동콘크리트의 안정적인 품질성능의 확보를 위해서는 SI 55이상, FM 2.7~ 3.0 및 Vfs 3.5이하로 부순모래를 품질관리하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

(2) 부순모래를 사용한 고유동콘크리트의 유동성은 SI 및 Vfs의 영향이 크고, 간극통과성은 FM 및 SI의 영향이 큰 것을 알 수 있었다.

(3) 초고강도 콘크리트의 압축강도 확보에는 바다모래에 비해 부순모래를 사용하는 경우가 더 유리한 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 김규용 외 6인, "고유동콘크리트의 유동특성에 미치는 잔골재 및 굵은골재의 영향", 한국콘크리트학회 1998년도 가을학술발표회 논문집, Vol.10, No.2, 1998

2. 永元直樹외 1인, "フレッシュコンクリートの自己充填性に及ぼす細骨材特性の影響", コンクリート工學年次,論文報告集, Vol.18, No.1, 1996. 1