

고품질화 기술을 사용한 부순모래 콘크리트의 모의구조체 실험

Mock-up Test of Crushed Sand Concrete Using Quality Improvement Technology

유 승 엽* 김 규 동** 이 승 훈*** 윤 기 원**** 한 천 구*****
Yoo, Seung-Yeup Kim, Gyu-Dong Lee, Seung-Hoon Yun, Gi-won Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study investigated the engineering properties of crushed sand, based on improvement quality technology, and washed sand concrete by conducting mock-up test, in order to verify the availability of crushed sand for full sized structure. Test results showed that fluidity, air content, supersonic waves and corrosion state of concrete using crushed sand had favorable results. In addition, it is found that compressive strength, drying shrinkage length change, hydration heat and neutralization of crushed sand concrete exhibited similar tendency, with that of washed sand concrete. The crushed concrete using developed quality improvement technology shows comparable performance to washed sand concrete.

1. 서론

최근의 건설공사에는 양질의 천연 잔골재 자원의 고갈로, 부순모래를 사용하는 경우가 늘어나고 있다. 그런데, 국내에서 생산되는 많은 양의 부순모래는 조립률, 입형판정실적율 및 미립분량 등의 입자 특성이 열악한 상태로 제조되어 100% 부순모래를 사용하는 경우에는 콘크리트의 품질을 저하시키는 요인으로 작용하고 있었다.

이에 본 연구팀에서는 부순모래를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술 개발을 위하여 고품질 부순모래의 제조기술 개발, 부순모래의 입자특성 변화에 따른 콘크리트의 품질특성 분석 및 부순모래용 AE 감수제의 개발 등 일련의 연구를 진행하여 왔다. 선행연구 결과, 입형판정실적율 55%이상, 미립분량 5%이하인 부순모래와 부순모래용 AE감수제를 사용한 콘크리트라면 천연 잔골재를 사용한 콘크리트와 거의 동등한 물성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

그러므로, 본 연구에서는 고품질화 기술로 제조된 부순모래를 콘크리트로 생산하여 실구조체에 적용하기 이전 단계로 실구조체로 상정한 모의부재 거푸집에 부순모래 콘크리트 및 세척사 콘크리트를 타설한 후 제반 공학적 특성을 상호 비교 분석하므로써 부순모래 콘크리트의 고품질화 기술의 실용화 가능성에 대하여 검토하고자 한다.

* 정희원, 청주대학교 대학원, 석사과정
** 정희원, 삼성물산(주) 건설부문 선임연구원
*** 정희원, 삼성물산(주) 건설부문 수석연구원
**** 정희원, 주성대학 부교수, 공학박사
***** 정희원, 청주대학교 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 배합사항으로 호칭강도 24MPa의 경우는 목표 슬럼프를 150±25mm, 목표 공기량을 4.5±1.5%로 결정하고, 호칭강도 50MPa의 경우는 목표 슬럼프를 600±100mm, 목표 공기량을 3±1%로 결정하며, 호칭강도 24MPa에 대하여 세척사 콘크리트(이하 SS24) 및 부순모래 콘크리트(이하 CS24)의 2수준, 호칭강도 50MPa에 대하여도 세척사 콘크리트(이하 SS50) 및 부순모래 콘크리트(이하 CS50)의 2수준으로 총 4수준의 모의구조체를 제작하였다. 이때, 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험사항은 표 1과 같고, 레미콘의 배합사항은 표 2와 같다.

표 1 현장 Mock-up Test의 실험계획

실험요인		수준	실험사항
배합사항	호칭강도(MPa)	2	• 24(W/B 50%) • 50(W/B 30%)
	목표 슬럼프 및 플로우 (mm)	1	• 150±25 • 600±100
	목표 공기량(%)	1	• 4.5±1.5 • 3±1
모의 부재		2	• 플레인(세척사) • 부순모래 콘크리트
실험사항	굳지않은 콘크리트	4	• 슬럼프 • 슬럼프플로우 • 공기량 • 단위용적질량
	경화 콘크리트	2	• 압축강도(표준양생, 구조체관리용) • 길이변화(표준, 수중양생)
	모의 구조체	8	• 코어 압축강도 • 수화열 온도이력 • 응력 • 콘택트 게이지 • P형 및 N형 슈미트햄머 반발도 • 초음파 측정 • 부식상태 측정 • 중성화 측정

표 2 레미콘의 배합

부재명	W/B (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	SP/C (%)	AE/C (%)	질량배합(kg/m ³)			
						C	FA	S	G
SS24	50	175	48	0.7	0.049	297	53	848	925
CS24	50	175	48	1.8	0.158	297	53	851	925
SS50	30	170	44	0.8	0.130	482	85	699	896
CS50	30	170	43	1.2	0.184	482	85	685	912

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 콘크리트는 경기도 광주 지역에 위치한 N레미콘사의 레미콘(25-24-18, 25-50-60)을 사용하였고, 부순모래는 국내 S사의 석산에서 채취한 화강암 원석을 Impact Crusher를 이용하여 파쇄 후 체가름을 실시하여 조립률 2.8, 입형판정설적을 55% 및 미립분량 5%로 입자특성을 조정하여 부순모래를 사용하였다. 고성능감수제는 국내 D사의 나프탈렌계 및 폴리칼본산계를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 KS F 2594, 공기량은 KS F 2421 규정에 의거 측정하였다. 모의부재는 그림 1과 같이 제작한 후 콘크리트를 타설하였다. 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405, 건조수축 길이변화율을 KS F 2424에 의거 측정하였다. 모의 구조체 실험으로 코어 압축강도는 재령 28 및 91일에서 기둥과 벽체에서 $\phi 100 \times 200$ mm의 코어를 채취하여 양쪽면을 연마한 후 KS F 2422에 의거 압축강도를 측정하였다. P형 및 N형 슈미트햄머의 반발도는 스위스산제 P형 및 N형 슈미트햄머를 사용하였으며, 콘택트 게이지에 의한 모의구조체의 건조수축 길이변화율, 수화열 온도이력, 응력, 초음파, 부식상태 및 중성화를 측정하였다.

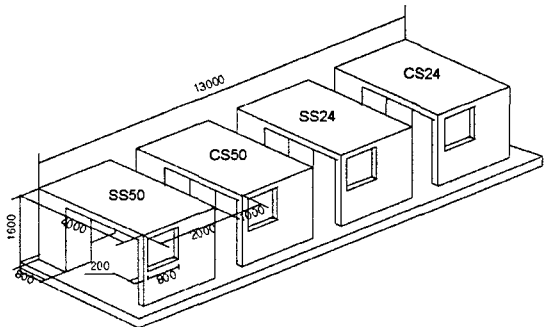


그림 1. 모의부재 입체도

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1~4는 굳지않은 콘크리트의 실험결과를 나타낸 것이다

배합직후 슬럼프, 슬럼프플로우 및 공기량은 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났으나, 시간이 경과함에 따라 로스의 발생으로 감소하였는데, 부순모래용 AE감수제를 사용한 경우가 유동성 및 공기량의 유지성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

3.2 압축강도 특성

그림 5는 부재별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이고, 그림 6은 모의부재 기둥 및 벽체의 코어 압축강도(재령 91일)를 나타낸 것이다.

양생 조건에 따라서는 구조체 관리용 공시체가 표준양생 공시체에 비하여 압축강도가 약간 크게 나타났는데, 이는 모의부재 양생기간의 외기온이 약 27℃로서 비교적 높은 외기온에 의한 것으로 사료된다. 또한, 일반강도 영역에서는 SS24부재가 CS24부재보다 강도가 높게 발현되는 것으로 나타났고, 고강도 영역에서는 SS50부재가 CS50부재보다 강도가 낮게 발현되는 것으로 나타났다.

코어 압축강도의 경우 호칭강도 및 부재 위치에 관계없이 부순모래를 사용한 부재의 강도가 높게 나타났는데, 이는 부순모래의 미립분에 의한 공극충전효과 및 입자표면형상에 따른 부착력증진 등에 기인한 결과로 사료된다. 또한, 부재의 하부로 내려갈수록 채취한 코어의 압축강도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트 자체에 의해 하부로 갈수록 밀실하게

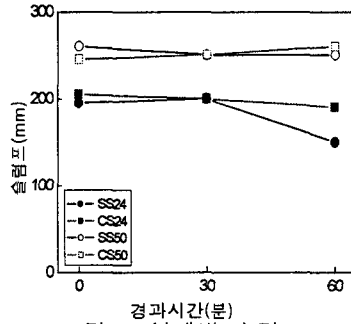


그림 1. 부재별 슬럼프

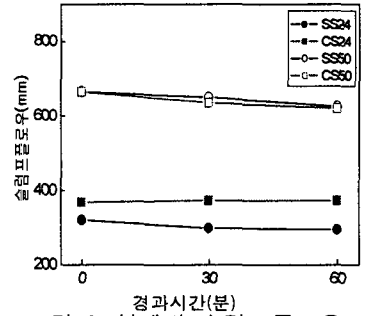


그림 2. 부재별 슬럼프플로우

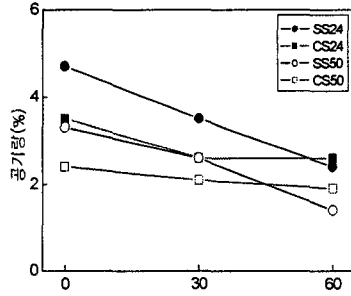


그림 3. 부재별 공기량

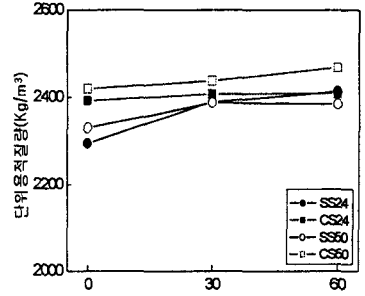


그림 4. 부재별 단위용적질량

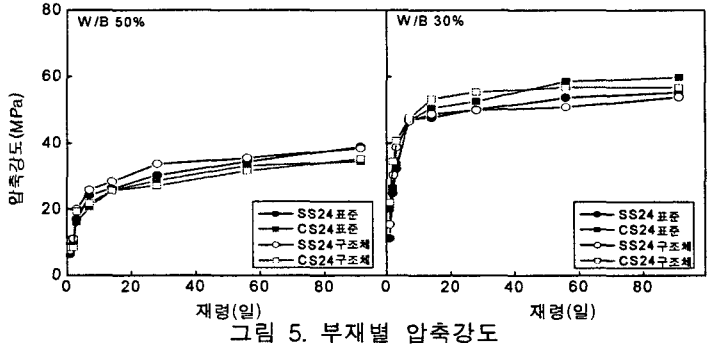


그림 5. 부재별 압축강도

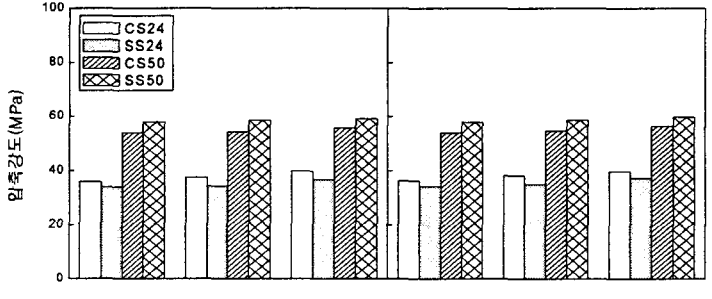


그림 6. 부재별 코어채취 위치에 따른 압축강도(재령 91일)

코어의 압축강도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트 자체에 의해 하부로 갈수록 밀실하게 다져진 결과로 사료된다.

3.3 건조수축 특성

그림 7은 표준양생 및 수중양생 조건에서의 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이고, 그림 8은 모의구조체에서 콘택트게이지에 의한 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다.

표준양생 조건에서는 부순모래를 사용한 부재가 세척사를 사용한 부재보다 길이변화율이 크게 나타났고, 수중양생 조건에서는 모든 부재에서 초기에 팽창효과가 나타났으며, 재령이 경과할수록 팽창율이 감소하여 일정한 경향을 나타내었다.

콘택트게이지에 의한 건조수축 길이변화율은 모의부재의 폭 및 두께가 작을수록 건조수축이 크게 발생하였는데, 이는 부재의 폭 및 두께가 작을수록 콘크리트의 내부수분 증발이 용이하기 때문으로 사료되며, 부재별로는 콘택트게이지 위치에 따라 다소 차이는 있으나, 공기체의 길이변화와 비슷한 경향으로 건조수축이 발생하였다.

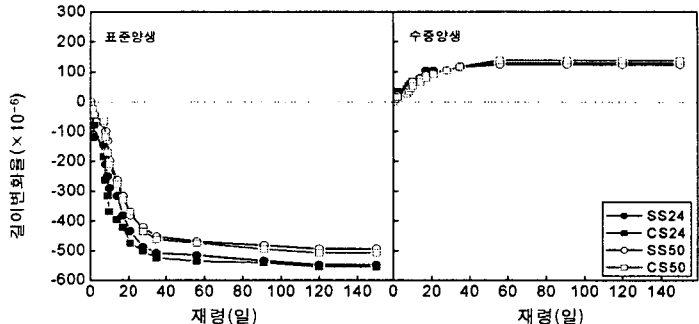


그림 7. 부재별 건조수축 길이변화율

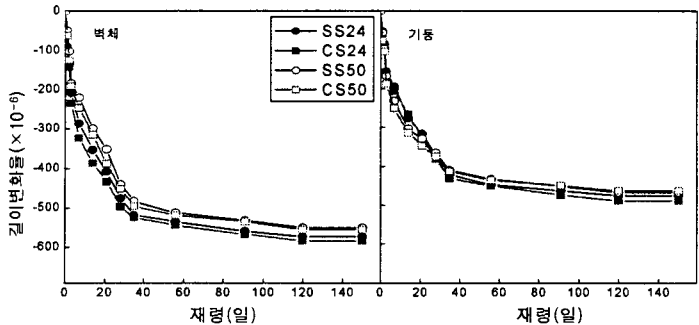


그림 8. 콘택트게이지에 의한 부재별 건조수축 길이변화율

4. 결론

본 연구는 고품질화 기술을 사용한 부순모래 콘크리트를 실구조체에 적용하기 위하여 실구조체로 상정한 모의부재를 제작 후 세척사 콘크리트와 상호 제반 공학적 특성을 비교 분석한 것으로 평가결과는 표 3과 같다. 단, 초음파 및 부식상태는 별도의 기준으로 판정 하였다.

종합적으로 고품질화된 부순모래 콘크리트는 세척사를 사용한 콘크리트와 비교할 때 품질상 큰 문제점이 없는 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 대한주택공사; 콘크리트용 부순모래의 실용화 방안 연구, 1996
2. 한천구의 4인; 부순모래의 입형 및 미립분 함유량 개선을 위한 기술 검토, 한국건설시공학회 학술발표논문집, 제4권 1호, pp.71~74, 2004. 5

표 3. 고품질 부순모래 콘크리트의 평가

항목	일반강도	고강도	평균
유동성	○	□	○
공기량	□	○	○
압축강도	△	□	□
건조수축	□	□	□
코어 압축강도	□	□	□
콘택트 게이지	□	□	□
슈미트햄머 반발도	□	□	□
수화열	□	□	□
중성화	□	□	□
초음파	○	○	○
부식상태	○	○	○

* 평가척도는 「부순모래 콘크리트의 품질/세척사 콘크리트」로 하였음.

** 평가사항은 □ : 보통 (0.9~1.1), ○ : 양호 (1.1이상), △ : 불량 (0.9이하)으로 함.

*** 초음파는 4.6이상 매우 양호, 3.7~4.6 양호, 3.1~3.7 보통, 2.1~3.1 불량, 2.1 이하 불가로 판단.

**** 부식상태는 12이상 부식 없음, 8~12 부식진행 확률 있음, 8이하 부식 확실히 판단함.