

부순모래를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술개발을 위한 현장 Mock-up 실험

Mock-up Test for Development of High Quality Concrete Using Crushed Sand in Construction Field

○유 승 엽*
Yoo, Seung-Yeup

김 기 훈*
Kim, Ki-Hoon

손 유 신**
Sohn, Yu-Shin

이 승 훈***
Lee, Seung-Hoon

한 천 구****
Han, Cheon-Goo

Abstract

This study investigates mock-up test of the concrete containing crushed sands with improved quality and following could be draws as conclusions. The slump satisfies the target value. The air content reaches the goal, however, it decreases by the occurrence of loss with elage of age. In normal strength region, the setting time of CS24 member is shorter than that of SS24 member. In high strength region, the setting time of SS50 member is make only slower than that of CS50 because of the use of retarding AE agent. The compressive strength of the concrete using crushed sands is little higher than the concrete using washed sea sands, and the compressive strength of core sample increases at lower part. Drying shrinkage of the concrete using crushed sands is larger than that using washed sea sands. At water caring condition, both the concrete using crushed sands and using washed sands expand at first, exhibit to be swelled and with elage of age, they remain relatirely constant. Also, the drying shrinkage occurred greatly when the width and thickness of a member are small because it is easy to evaporate the inner part vapor in the small width and thickness of a member. there can be little different according to the location of a contact gauge, however it is similar to the change of specimen`s length change. The concrete using crushed sands, of which grading, grain shape and fine particle is improved, are comparable to the quality of the concrete using washed sea sand.

키 워 드 : 부순모래 콘크리트, 콘크리트의 품질, 부순모래 콘크리트의 고품질화

Keywords : Crushed Sand Concrete, Quality of Concrete, High Quality of Crushed Sand Concrete

1. 서 론

콘크리트는 시멘트, 골재, 물 및 기타 첨가재료로 이루어진 복합체의 일종으로, 그 구성재료 중 70~80%를 차지하는 골재는 콘크리트의 품질에 미치는 영향이 매우 중요함에도 불구하고, 양질의 골재가 풍부했던 관계로 그 중요성이 간과되어 왔다.

그러나, 최근에 천연골재의 부존량 감소와 건설 수요의 증가로 인한 양질의 천연골재의 고갈로, 그 대체골재 자원으로써 부순모래의 사용이 늘어나고 있는데, 국내에서 생산되는 부순모래는 조립률, 입형판정실적율 및 미립분량 등의 입자특성이 열악한 상태로 제조되어 콘크리트의 품질을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다.

이에 본 연구팀에서는 부순모래 원재료의 품질 향상, 부순모래의 입자특성 변화에 따른 콘크리트의 품질특성 분석 및

부순모래용 AE감수제의 개발을 통하여 부순모래를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술개발을 위한 일련의 연구를 진행중에 있다.

그러므로, 본 연구에서는 개발된 고품질화 기술을 사용한 부순모래 콘크리트를 실구조체에 적용하기 위하여 실구조체로 상정한 모의부재를 제작 후 콘크리트를 타설하여 이들의 제반 공학적 특성을 분석하여 실용화 가능성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 배합사항으로 호칭강도는 24MPa(W/B 50%) 및 50MPa(W/B 30%)를 만족하는 레미콘에 대하여, 호칭강도 24MPa의 경우는 목표 슬럼프를 150 ± 25 mm, 목표 공기량을 $4.5 \pm 1.5\%$ 로 결정하며, 호칭강도 50MPa의 경우는 목표 슬럼프플로우를 600 ± 100 mm, 목표 공기량을 $3 \pm 1\%$ 로 결정하고, 각각의 호칭강도에 대응하는 세척사를 사용한 플레인 및 고품질 부순모래를 사용하는 콘크리트의 4수준으로 모의 부재를 제작하였다. 이때, 굳지않은 콘크리트

* 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

** 정회원, (주)삼성물산 건설부문 전임연구원

*** 정회원, (주)삼성물산 건설부문 수석연구원

**** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

트 및 경화 콘크리트의 실험사항은 표 1과 같고, 레미콘의 배합사항은 표 2와 같다.

표 1. 현장 Mock-up Test의 실험계획

실험요인		수준	실험사항
배합 사항	호칭강도 (MPa)	2	■ 24(W/B 50%) ■ 50(W/B 30%)
	목표 슬럼프 및 슬럼프플로우 (mm)	1	■ 150±25 ■ 600±100
	목표 공기량(%)	1	■ 4.5±1.5 ■ 3±1
모의 부재		2	■ 플레인(세척사) ■ 부순모래 콘크리트
실험 사항	굳지않은 콘크리트	4	■ 슬럼프 ■ 슬럼프플로우 ■ 공기량 ■ 응결시간
	경화 콘크리트	5	■ 압축강도(표준양생, 구조체관리용) (1, 2, 3, 7, 14, 28, 56, 91일) ■ 코어 압축강도(28, 91일) ■ 길이변화 (표준, 수중양생) (1~7일간 1일 간격, 7~28일간 7일 간격, 28~180일간 1개월 간격) ■ 구속 부재 균열 유발 ■ 콘택트 게이지

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 경기 광주 지역에 위치한 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, 입형판정실적율 55% 및 미립분량 5%로 입자특성을 조정된 부순모래를 사용하였다. 고성능감수제는 국내 D사의 나프탈렌계 및 폴리칼본산계를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 3과 같다.

표 3. 혼화제의 물리적 성질

구분	주성분	형태	색상	밀도 (g/cm ³)	비고
고성능감수제	나프탈렌계	액상	암갈색	1.189	SS50
	폴리칼본산계	액상	미황색	1.038	SS24, CS50

2.3 실험 방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 공기량은 KS F 2421, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 관입저항 시험법에 의거 실시하였다. 모의부재는 그림 1, 2와 같이 제작한 후 콘크리트를 타설하였다. 압축강

도는 KS F 2405에 의거 측정하였고, 코어 압축강도는 28일 재령에서 기둥과 벽체에서 KS F 2422에 의거 코어를 채취한 후 압축강도를 측정하였다. 건조수축 길이변화율은 KS F 2424에 의거 다이얼 게이지법으로 측정하였고, 구속 부재의 균열 유발 실험은 JIS를 참고로 하였으며, 콘택트게이지 길이변화는 그림 3에 표시된 위치에 설치한 후 제조사의 카탈로그에 제시된 방법에 따라 측정하였다.

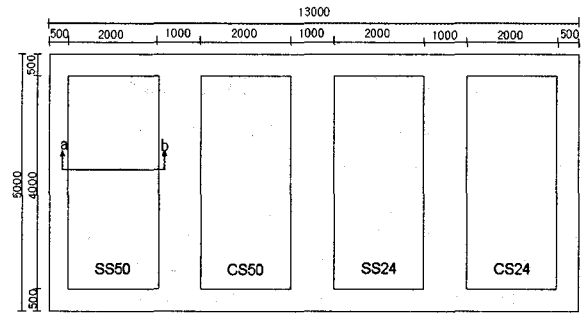


그림 1 모의부재 배치도

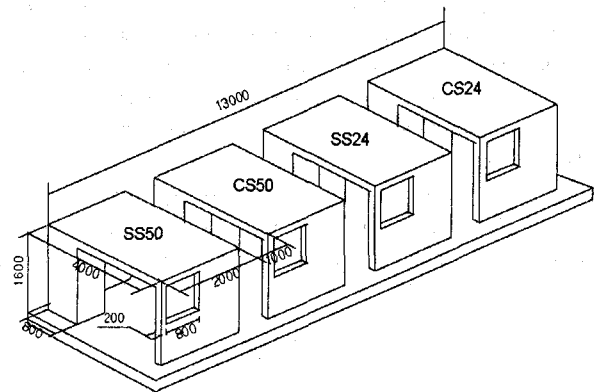


그림 2 모의부재 입체도

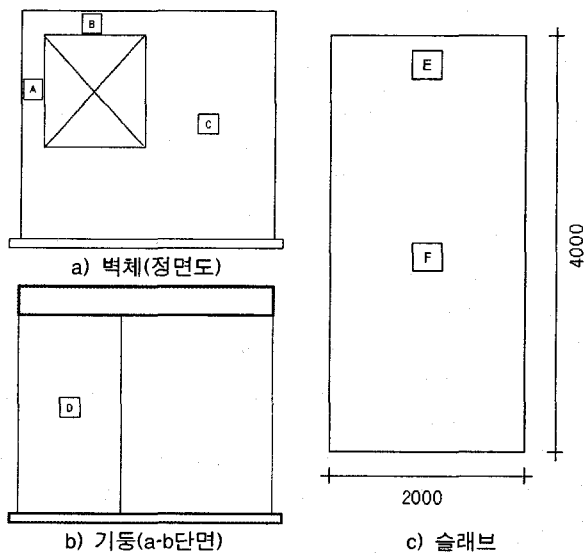


그림 3 콘택트게이지 설치위치

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

표 4는 굳지않은 콘크리트의 실험결과를 나타낸 것이다. 슬럼프는 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났고, 공기량은 배합직후 목표치를 만족하였으나, 시간이 경과함에 따라 로스의 발생으로 감소하는 것으로 나타났다.

표 4. 굳지않은 콘크리트의 실험결과

종류 실험	경과시간 (분)	SS24	CS24	SS50	CS50
		슬럼프* (mm)	0	195	205
공기량 (%)	30	200	200	685	545
	60	150	190	625	620
	0	4.7	3.5	3.3	2.4
응결시간 (hr)	30	3.5	2.6	2.6	2.1
	60	2.4	2.6	1.4	1.9
	초결	6.3	6.1	18.6	8.1
	중결	8.2	8.0	20.8	10.3

* 단, SS50 및 CS50은 슬럼프플로우

응결시간은 일반강도 영역에서는 CS24부재가 초결 및 중결이 SS24부재보다 약간 촉진되는 것으로 나타났고, 고강도 영역에서는 SS50부재가 CS50부재보다 응결시간이 현저하게 지연되는 것으로 나타났는데, 이는 지연형 혼화제의 사용에 기인한 결과로 사료된다.

3.2 압축강도 특성

그림 4는 부재별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 양생 조건에 따라서는 구조재 판리용 공시체가 표준양생 공시체에 비하여 압축강도가 약간 크게 나타났는데, 이는 양생기간동안 외기온이 약 27℃로서 비교적 높은 외기온에 의한 것으로 사료된다.

또한, 일반강도 영역에서는 SS24부재가 CS24부재보다 강도가 높게 발휘되는 것으로 나타났고, 고강도 영역에서는 SS50부재가 CS50부재가 부재보다 강도가 낮게 발휘되는 것으로 나타났다.

그림 5 및 6은 모의부재 기둥 및 벽체의 28일 코어 압축강도를 나타낸 것이다.

호칭강도 및 부재 위치에 관계없이 부순모래를 사용한 콘크리트가 강도가 높게 나타났는데, 이는 부순모래의 미립분에 의한 공극충진효과에 기인한 결과로 사료된다.

또한, 부재의 하부로 내려갈수록 채취한 코어의 압축강도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트 자중에 의해 하부로 갈수록 밀실하게 다져진 결과로 사료된다.

3.3 건조수축 특성

그림 7은 부재별 재령경과에 따른 표준양생 및 수중양생 조건에서의 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.

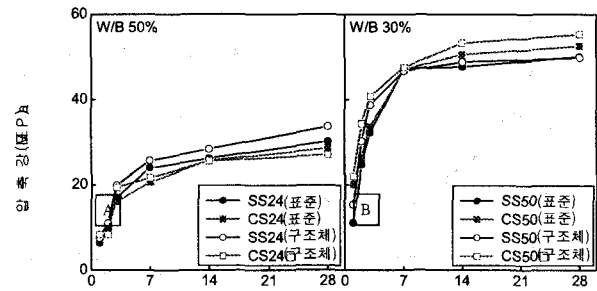


그림 4. 부재별 재령경과에 따른 압축강도

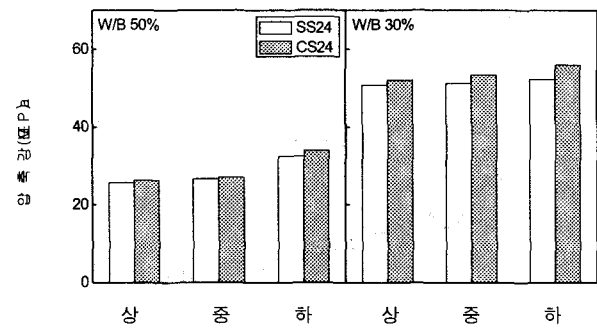


그림 5. 기둥 부재의 코어 압축강도

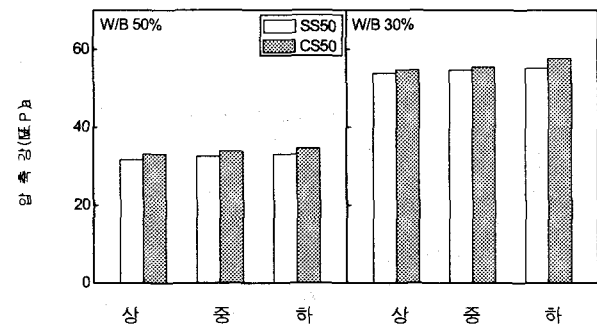


그림 6. 벽체 부재의 코어 압축강도

그림 8 및 9는 호칭강도 24MPa 및 50MPa의 구속균열 실험결과를 나타낸 것이며, 사진 1은 균열발생 상황을 나타낸 것이다.

호칭강도 24MPa에서는 세척사를 사용한 부재가 부순모래를 사용한 부재보다 변형이 약간 크게 발생하여 재령 11.7일 및 19.3일에 균열이 발생하는 것으로 나타났고, 호칭강도 50MPa에서는 부순모래를 사용한 부재가 세척사를 사용한 부재보다 변형은 약간 크게 발생하나, 균열 발생은 재령 15.3일로 세척사를 사용한 부재보다 5일 이상 지연되는 것으로 나타났다.

그림 10은 Mock-up 시험체에서 콘택트게이지 측정위치 및 부재별 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다.

모의부재의 폭 및 두께가 작을수록 건조수축이 크게 발생하였는데, 이는 부재의 폭 및 두께가 작을수록 콘크리트의 내부수분 증발이 빠르게 진행되었기 때문으로 사료된다. 부재별로는 콘택트게이지 위치에 따라 다소 차이는 있으나, 공시체 길이변화와 비슷한 경향으로 건조수축이 발생하였다.

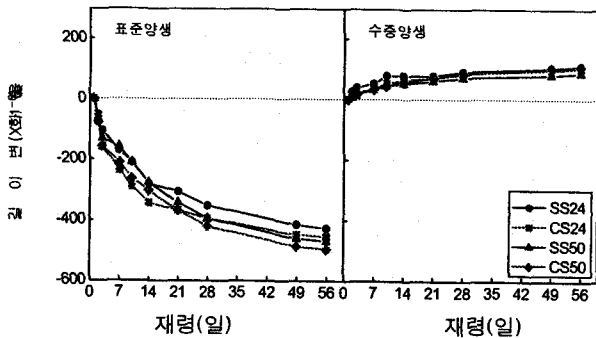


그림 7. 부재별 재령경과에 따른 공시체의 길이변화율 (표준, 수중양생)

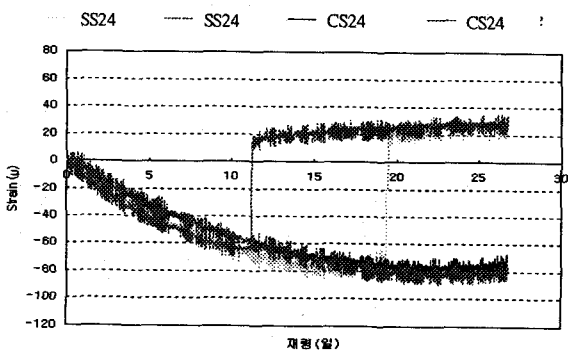


그림 8. 설계강도 24MPa의 구속균열 시험결과

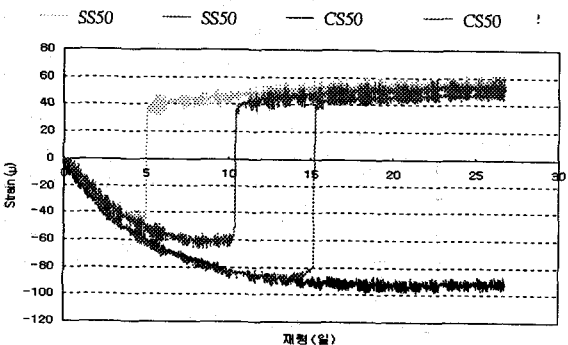


그림 9. 설계강도 50MPa의 구속균열 시험결과

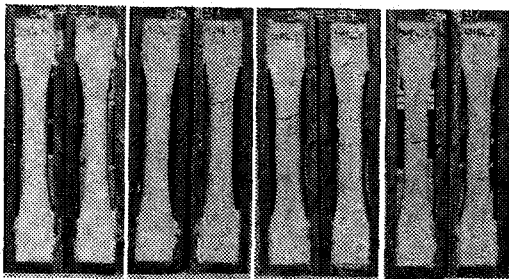


사진 1. 균열발생 상황

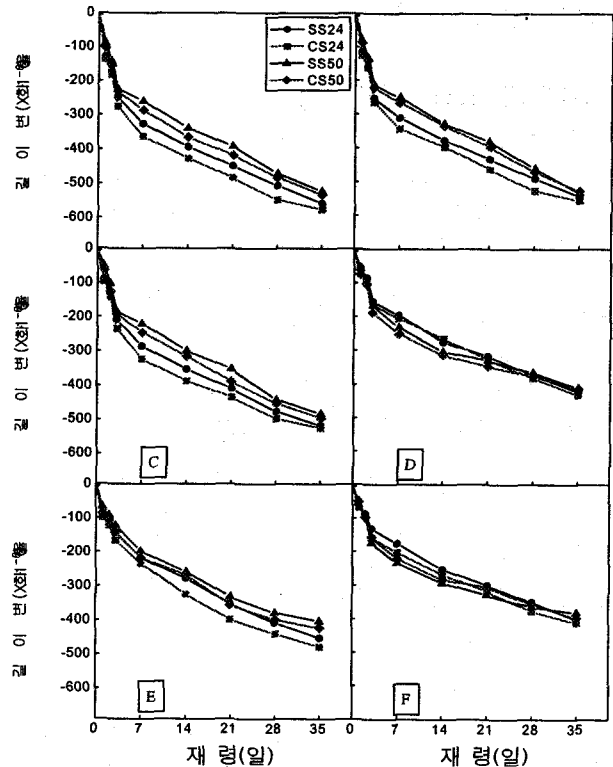


그림 10. 콘택트게이지 측정위치 및 부재별 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프는 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났고, 공기량은 배합직후 목표치를 만족하였으나, 시간이 경과함에 따른 로스의 발생으로 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 응결시간은 일반강도 영역에서는 CS24부재가 초결 및 종결이 SS24부재보다 약간 촉진되는 것으로 나타났고, 고강도 영역에서는 SS50부재가 CS50부재보다 응결시간이 현저하게 지연되는 것으로 나타났는데, 이는 지연형 혼화제의 사용에 기인한 결과로 사료된다.
- 3) 압축강도는 부순모래를 사용한 콘크리트가 세척사를 사용한 콘크리트보다 약간 높게 발휘되었고, 코어 압축강도는 모의부재 하부로 내려갈수록 증가하는 것으로 나타났다.
- 4) 건조수축은 표준양생 조건에서는 부순모래를 사용한 부재가 세척사를 사용한 부재보다 길이변화율이 크게 나타났고, 수중양생 조건에서는 모든 부재에서 초기에 팽창효과가 나타났으며, 재령이 경과할수록 일정한 경향이였다. 또한, 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, 공시체의 길이변화와 비슷한 경향으로 건조수축이 발생하였다.

종합적으로 입도, 입형 및 미립분량을 조정한 양질의 부순모래를 사용한 콘크리트의 경우에 세척사를 사용한 콘크리트와 비교하여 품질상 큰 문제가 없는 것으로 밝혀졌다.

4. 결론

본 연구는 고품질화 기술을 사용한 부순모래 콘크리트의 모의부재 적용성 평가에 대하여 검토한 것으로, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.