

고품질 순환모래를 사용한 콘크리트의 공학적 특성 및 내구성능에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Engineering Properties and Durability of Concrete Using High Quality Recycled Fine Aggregate

문형재^{*} 이동혁^{**} 김영선^{***} 나철성^{**} 김재환^{**} 김무한^{***}
Moon, Hyung-Jae, Lee, Dong-Heck Kim, Young-Sun Na, Chul-Sung Kim, Jae-Hwan Kim, Moo-Han

ABSTRACT

Recently, because of the increase of management system about waste concrete and the policy of recycling promotion of government, the use of recycled aggregate is rapidly increasing nowadays. But, due to the poverty of quality and the lack of KS standard, the use of recycled fine aggregate is not active. Therefore, it was intended to compare and investigate effects which types of sand and replacement ratio of recycled fine aggregate.

As the result of this study, in the case of the recycled replacement ratio of 25 %, fresh and engineering properties were higher than those of natural fine aggregates with the exception of durability. Also, because quality according to types of fine aggregate shows the difference between various properties, it was considered that the profound study for this result would be necessary.

1. 서론

최근 건설폐기물 재활용 촉진에 관한 정부 정책의 시행 및 건설폐기물 중간처리업체들의 생산 기술 향상으로 인하여 해체콘크리트를 활용한 순환골재의 사용이 활발해지고 있으며, 이러한 순환골재 중 순환굵은골재의 경우 고품질화 기술에 관한 연구가 진행되어 최근에는 순환굵은골재를 구조체에 30% 활용하는 등 콘크리트용 골재로 활용을 도모되고 있다.

그러나 이에 반해 순환모래의 경우 대부분 성토·복토용 등의 부가가치가 낮은 용도로만 사용되거나 적절한 수요처가 없이 야적·폐기되고 있는 경우가 대부분인데, 이는 순환모래 표면의 모르타르 및 골재 파·분쇄시에 발생하는 미분말 등으로 인하여 모래의 품질이 천연에 비해 열악하기 때문이며, 순환모래에 대한 KS 규준이 천연모래의 품질수준과 비해 지나치게 낮게 설정되어 일반 콘크리트용으로 활용하기에는 곤란하다는 등의 문제점이 지적되고 있다.

따라서 본 연구에서는 품질이 대폭 향상된 고품질 순환모래의 활용이 콘크리트에 미치는 시공성, 공학적 특성 및 내구성능을 실험·실증적으로 검토 및 분석하고, 아울러 최근 활용이 증가되고 있는 부순모래를 사용한 콘크리트의 품질과 비교·검토함으로써 향후 순환모래의 건설산업용 대체모래로서의 활용가능성 및 실용화를 위한 기초자료로 제시하는 데 본 연구의 목적이 있다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정
*** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

표 1. 실험계획 및 배합

W/B (%)	배합 기호 ¹⁾	목 표 슬럼프 (cm)	공기 량 (%)	FA 대체율 (%)	S/a (%)	단위 수량 (kg/m ³)	단위중량 (kg/m ³)					측정항목	
							C	FA	NS	RS	G	굳지않은 성상	경화성상 및 내구성상
50	SS100	15±2 ²⁾	4.5 ±1.5 ²⁾	15	47	175	298	53	838	0	979	· 공기량 (%) (직후, 60분) · 슬럼프(cm) (직후, 40, 60분) · 블리딩 (cm ³ /cm ²) · 응결시간 (h:m)	· 압축강도 (MPa) · 중성화깊이 (mm) · 염화물이온 침투깊이 (mm)
	0								853	979			
	624								201	979			
	409								402	979			
	0								785	979			

※ 1) SS : 제염사, CS : 부순모래, RS : 순환모래

2) 고성능감수제 및 AE제는 SS를 사용한 콘크리트의 목표슬럼프 및 공기량을 만족시키기 위한 첨가량과 동일

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

본 연구의 실험계획 및 배합은 표 1에 나타난 바와 같이 건설생산 현장에서 일반적으로 사용되는 레미콘 배합을 바탕으로 물시멘트비를 50%, 목표슬럼프를 15±2cm, 공기량을 4.5±1.5%, 순환모래의 대체율을 25, 50, 100%로 설정하였으며, 순환모래의 품질에 대한 비교용으로 제염사 및 부순모래를 천연모래로 설정하여 모래 종류 및 순환모래 대체율에 따른 콘크리트의 각종 성상을 측정하고자 하였다.

2.2 사용재료 및 비빔방법

사용된 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타난 바와 같으며, 본 연구에서 사용된 골재의 경우 굵은골재는 비중 2.56의 부순자갈을 사용하였고, 모래의 경우 비중 2.56의 제염사와 비중 2.61의 부순모래, 비중 2.40의 고품질 순환모래를 사용하였다.

또한 콘크리트의 비빔은 100ℓ의 강제식 팬타믹서를 이용하여 시멘트, 순환모래를 투입하여 30초간 건비빔한 후 물과 고성능감수제+AE제를 투입하여 60초간 비빔을 실시하고, 굵은골재를 투입하여 60초간 비빔을 실시하였으며 총 비빔시간은 2분 30초 소요되었다.

2.3 시험체 제작, 양생방법 및 시험방법

시험체 제작은 압축강도를 측정하기 위하여 Ø10×20cm의 원주형 시험체를 제작하여 약 24시간 후 몰드를 탈형하고 측정재령까지 수중양생을 실시한 뒤 콘크리트용 연마기로 평활하게 마감하였으며, 중성화 및 염화물이온 침투깊이 측정용 시험체는 각각 7.5×10×40cm와 10×10×40cm의 시험체로 제작하여 28일 수중양생을 실시한 후 14일간 기건양생을 실시하였다.

또한 굳지않은 및 경화 콘크리트의 각종 시험은 각각의 KS 규준에 준하여 실시하였고, 중성화 시험은 온도 20℃, 상대습도 50%, CO₂농도 5% 조건에서 중성화 촉진을 실시하였으며, 중성화 깊이 측정은 페놀프탈레인 1% 용액을 분무하여 표면으로부터 적자색으로 변화하지 않는 부분을 중성화깊이로서 측정하였고, 염화물이온 침투깊이 측정은 3%의 NaCl 수용액에 측정재령까지 침지한 후 할랄하여 0.1N AgNO₃용액을 분무하여 표면으로부터 변색된 부위 중 5개소의 평균값을 침투깊이로 하였다.

표 2. 사용재료의 물리적 성질

사용 재료	물 리 적 성 질	
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 (비중 3.15)	
혼화재	플라이애시 (비중 2.13, 분말도 3,160cm ² /g)	
혼화제	나프탈렌계 고성능감수제 + AE제	
굵은 골재	부순자갈 (비중 2.56, 흡수율 1.39%, F.M. 6.02, 실적율 62.64%, 단위용적중량 1.66kg/l)	
잔골재	순환 모래	S사 (비중 2.40, 흡수율 4.68%, F.M. 3.01)
	바다 모래	제염사 (비중 2.56, 흡수율 0.64%, F.M. 3.04)
	부순 모래	S사 (비중 2.61, 흡수율 0.73%, F.M. 3.04)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 성상 및 응결성상 검토 및 분석

그림 1은 모래 종류 및 순환모래 대체율별 경과시간에 따른 공기량의 변화를 나타낸 것으로 동일 혼화제량 첨가시 모래 종류에 따라서는 비빔직후에 부순모래를 제외한 제염사와 순환모래의 경우 목표 공기량을 만족하였고, 순환모래 대체율에 따른 공기량은 비빔직후 대체율 25%에서 가장 높게 나타났으며, 대체율이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 한편 경시변화에 따른 공기량은 모래 종류 및 순환모래 대체율별로 비빔직후의 경향과 유사하게 나타났다.

또한 그림 2는 모래 종류 및 순환모래 대체율에 따른 경과시간별 슬럼프의 변화를 나타낸 것으로 모래 종류에 관계없이 비빔직후 목표 슬럼프를 모두 만족하였고, 경시변화에 따른 슬럼프 저하도 유사한 수준으로 나타났다. 또한 순환모래 대체율에 따른 슬럼프는 대체율 25%에서 가장 높으며, 경과시간에 따른 슬럼프로스가 적어 순환모래 활용에 따른 시공성에 문제가 없는 것으로 확인되었다.

그림 3은 모래 종류 및 순환모래 대체율에 따른 블리딩량의 변화를 나타낸 것으로 제염사 및 부순모래에 비해 순환모래를 사용한 콘크리트의 블리딩량이 작게 나타났으며, 순환모래 대체율에 따른 블리딩량은 대체율이 높을수록 저감되었는데 이는 순환모래에 함유된 미립분 증가로 인한 수분흡착성이 증가하고 미립분의 공극충전효과로 인한 것으로 사료된다.

또한 그림 4는 경과시간에 따른 관입저항치의 변화를 나타낸 것으로 모래 종류 및 대체율에 관계없이 초결은 7시간 내외로, 종결의 경우 모래의 종류에 따른 유의할 만한 경향은 확인되지 않았다.

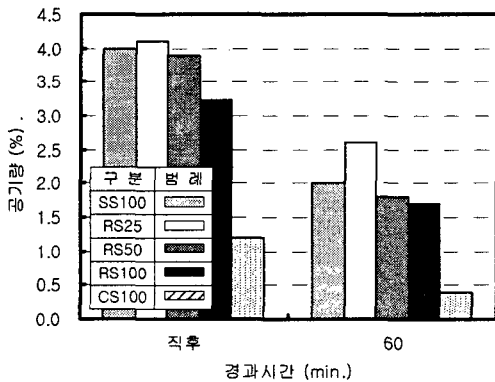


그림 1. 경과시간에 따른 공기량의 변화

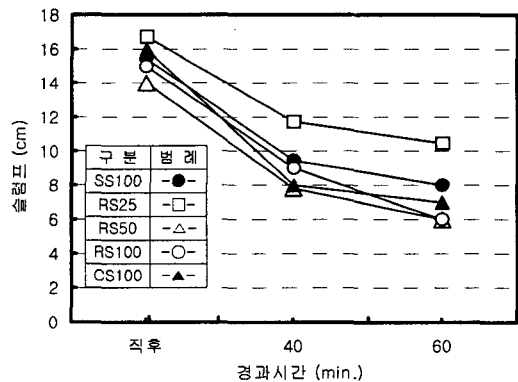


그림 2. 경과시간에 따른 슬럼프의 변화

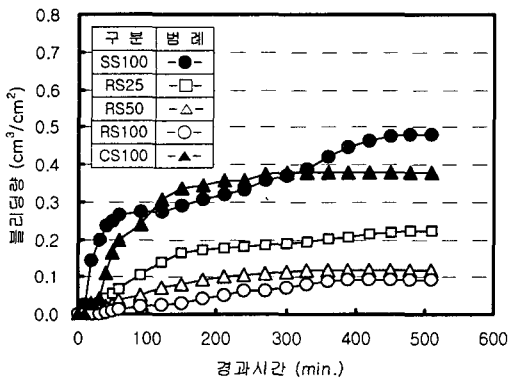


그림 3. 경과시간에 따른 블리딩량의 변화

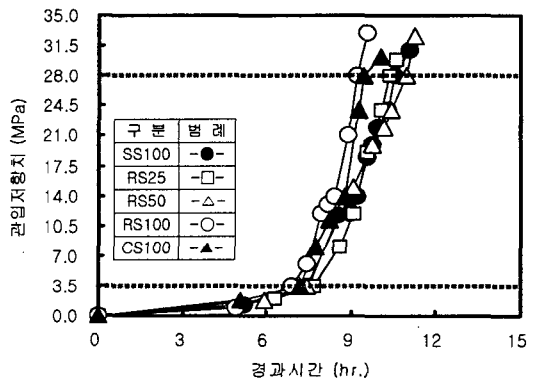


그림 4. 경과시간에 따른 관입저항치의 변화

3.2 경화성상과 내구성상 검토 및 분석

그림 5는 모래 종류 및 순환모래 대체율에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로, 모래의 종류에 따라서는 부순모래 > 순환모래 > 제염사의 순으로 높은 수준의 압축강도를 발현하는 것으로 나타났으며, 순환모래 대체율 25%의 경우 가장 높은 압축강도를 보이며 대체율이 증가할수록 압축강도는 저하하는 것으로 나타났다.

또한 그림 6은 모래 종류 및 순환모래 대체율에 따른 중성화 및 염화물이온 침투깊이의 변화를 나타낸 것으로 중성화 및 염해저항성은 경화성상과는 다르게 순환모래에 비해 제염사와 부순모래를 사용한 콘크리트에서 내구성능이 우수한 것으로 나타났다.

한편 순환모래 대체율에 따른 내구성능은 대체로 대체율이 증가할수록 중성화 및 염해에 대한 저항성은 감소하는 것으로 나타났는데 이는 순환모래의 높은 흡수율로 인하여 콘크리트의 투수성이 보통콘크리트에 비해 크기 때문으로 사료된다.

4. 결론

고품질 순환모래를 사용한 콘크리트의 공학적 특성 및 내구성능에 관한 실험적 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 굳지않은 성상의 검토 및 분석 결과 순환모래를 사용한 콘크리트가 제염사를 사용한 경우와 유사한 수준을 나타내었으며, 순환모래 대체율 25%에서 가장 우수한 시공성이 확인되었다.
- 2) 압축강도의 경우 순환모래의 경우 천연모래를 사용한 경우에 비해 높은 강도를 발현하였으며, 순환모래 대체율 25%일 때 가장 우수한 성능을 나타내었으나 내구성을 검토한 결과 제염사 > 부순모래 > 순환모래의 순으로 내구성능이 우수한 것으로 나타났으며, 순환모래 대체율이 증가할수록 내구성능은 저하하는 것으로 나타났다.
- 3) 이상과 같이 순환모래 대체율 25%의 경우 시공성과 공학적 특성은 천연모래에 비해 우수하지만 내구성능에서는 다소 저하하는 것으로 나타나, 향후 내구성능 및 대체율에 대한 추가적인 검증을 실시함으로써 향후 순환모래를 건설생산현장에 적극 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 삼성물산(주) 건설부문 「고품질 재생골재콘크리트의 개발 및 건설생산현장 적용성 평가에 관한 연구」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 김무한 외, “건식제조방식에 의해 생산된 재생골재의 품질 및 모르타르 특성에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제15권 제2호, 2003, pp.229~232
2. 최민수, “건설폐기물의 재활용 촉진을 위한 법적 정비 방안”, 한국건설산업연구원, 2002

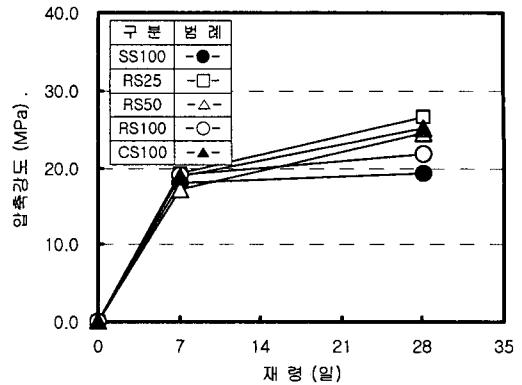


그림 5. 재령에 따른 압축강도의 변화

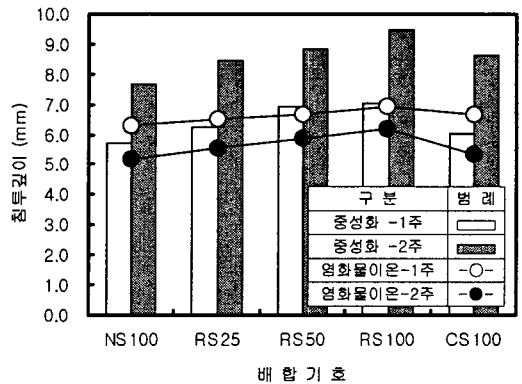


그림 6. 배합기호별 중성화 및 염화물이온 침투깊이