

부순모래 대체율에 따른 콘크리트의 공학적 특성 및 내구성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Engineering Property and Durability of Concrete With Replacement Ratio of Crushed Sand

박종호* 이동혁* 나철성** 김재환** 김규용*** 김무한****
Park, Jong-Ho Lee, Dong Heck Na, Chul-Sung Kim, Jae-Hwan Kim, Gyu Yong Kim, Moo-Han

Abstract

Recently, Trouble of sand supply is occurred according to exhaustion of natural sand resources. therefore, various measures are proposed for solution of trouble of sand supply. also the government settled trouble of sand supply through application of crushed sand. but because both crushed sand are poor against general sand, they lead to lowering of quality of ready-mixed concrete. Therefore, this study evaluated engineering property and durability of concrete using crushed sand and applied evaluation result to fundamental data for quality control of concrete using crushed sand.

The results of this study have shown that quality of concrete using crushed sand independently is poor against general concrete. but, the workability, compressive strength and durability of concrete mixed crushed sand with genera can improve on those of concrete used general sand.

키워드 : 부순모래, 공학적특성, 내구성

Keywords : Crushed sand, Engineering Property, Durability

1. 서론

현재 국내 잔골재의 수급현황을 살펴보면 천연잔골재 자원의 고갈로 인하여 잔골재 공급의 어려움이 발생하고 있는 실정이며 이러한 문제를 해결하기 위하여 다양한 천연모래 대체재가 제시되고 있다. 그러나 이러한 다양한 천연모래의 대체재 중에서도 경제성이 우수하고 생산이 용이한 부순모래가 가장 일반적으로 사용되고 있는 실정이다.

한편 부순모래의 경우 천연모래에 비하여 입형이 불량하고 미립분량이 많아 전반적으로 콘크리트의 품질이 저하되는 경향이 보고되고 있으나 잔골재의 가격 상승으로 레미콘 제조현장에서는 레미콘 제조단가의 상승을 감소시키기 위하여 사용비율을 무분별하게 증가시키고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 부순모래 대체율에 따른 콘크리트의 공학적 특성에 관하여 실험·실증적으로 검토하기 위하여 부순모래의 대체율에 따른 부순모래 콘크리트의 굳지않은 성상, 경화성상 및 내구성상을 검토함으로써 향후 부순모래를 대량 사용한 콘크리트의 품질관리를 위한 기초자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

본 연구의 실험계획 및 배합은 표 1에 나타난 바와 같이 물 시멘트비를 50%, 부순모래 대체율을 0, 50, 75 및 100%, 목표 슬럼프 및 공기량을 경과시간 60분에서 각각 15 ± 1 cm 및 $4.5 \pm 1.5\%$ 로 설정하여 굳지않은 성상으로 공기량, 단위용적중량, 슬럼프 및 블리딩량을 측정하고 경화성상으로 압축강도, 정탄성계수를 측정하고 후 내구성상으로 중성화깊이 및 염화물 이온 침투깊이를 측정함으로써 부순모래 대체율에 따른 부순모래 콘크리트의 굳지않은 성상, 경화성상 및 내구성상을 검토·분석하고자 하였다.

2.2 사용재료

본 연구에 사용된 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타난바와 같이 시멘트는 비중 3.15의 1종 보통 포틀랜드시멘트, 혼화제는 비중 2.22의 플라이애시, 혼화제는 일반적으로 레미콘 제조 현장에서 가장 많이 사용되는 표준형 나프탈렌계 감수제를 사용하였다. 또한 잔골재는 조립율 2.7의 바다모래와 조립율 3.0 및 미립분량 3.7%의 부순모래를 사용하였으며 굵은골재는 조립율 6.5의 부순자갈을 사용하였다.

* 충남대학교 일반대학원 건축공학과 석사과정, 정회원

** 충남대학교 일반대학원 건축공학과 박사과정, 정회원

*** 충남대학교 건축공학과 조교수·공박, 정회원

**** 충남대학교 건축공학과 교수·공박, 정회원

표 1. 실험계획 및 배합

실험요인 및 수준							단위중량 (kg/m ³)					측정항목		
W/C (%)	목표슬럼프 (cm)	공기량 (%)	잔골재율 (%)	바다모래 조립율 (F.M.)	부순모래 조립율 (F.M.)	단위수량 (kg/m ³)	C	FA	NS ²⁾	CS ³⁾	G	굳지않은 성상	경화성상	내구성상
50	15±1 ¹⁾	4.5 ± 1.5 ¹⁾	49	2.7	3.0	0	294	52	854	0	906	<ul style="list-style-type: none"> 공기량 (%) 단위용적중량 (kg/l) 슬럼프 (mm) 블리딩량 (cm³/cm²) 응결시간 (h:m) 	<ul style="list-style-type: none"> 압축강도 (MPa) 정탄성계수 (GPa) 	<ul style="list-style-type: none"> 중성화깊이 (cm) 염화물이온 침투깊이 (cm)
	50					294	52	427	429	906				
	75					294	52	213	643	906				
	100					294	52	0	857	906				

1) 목표슬럼프 및 공기량은 경과시간 60분을 기준으로 함, 2)NS: 바다모래, 3)CS: 부순모래

표 2. 사용재료의 물리적 성질

사용 재료	물리적 성질	
시멘트	보통포틀랜드시멘트 (비중: 3.15, 분말도: 3,200cm ² /g)	
혼화재	플라이애시 (비중: 2.22, 분말도: 3442cm ² /g, 충남보령산)	
잔골재	바다모래	비중: 2.58, 조립율: 2.70, 흡수율: 0.60%
	부순모래	비중: 2.60, 조립율: 3.00, 흡수율: 0.75%, 미립분량: 3.7%
굵은골재	부순자갈 (비중: 2.65, 조립율: 6.50, 흡수율: 0.65%)	
혼화재	나프탈렌계 감수제	

2.3 시험체 제작 및 시험방법

슬럼프, 공기량, 단위용적중량 및 블리딩은 각각 KS F 2402 콘크리트의 슬럼프 시험 방법, KS F 2421 압력법에 의한 굳지않은 콘크리트의 공기량 시험 방법 및 KS F 2414 콘크리트의 블리딩 시험 방법에 준하여 측정을 실시하였다.

압축강도는 $\phi 10 \times 20$ cm 원형몰드를 제작하여 소요재령까지 20±3°C에서 수중양생을 실시한 후 KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험 방법에 따라 재령 3, 7, 28 및 56일에 압축강도를 측정하였다.

정탄성계수는 재령 28일에서 Road Cell과 Compress meter를 이용하여 응력과 변형을 측정하여 응력변형곡선을 구한 후 응력의 1/3 지점에서 Secant Modulus법을 이용하여 정탄성계수를 산출하였다.

중성화깊이 및 염화물이온 침투깊이는 100×100×400mm의 각형 시험체를 제작하여 재령 28일까지 20±3°C에서 수중양생을 실시한 후 각각 중성화채버 및 3% NaCl 수용액을 이용하여 측정을 실시하여 촉진재령 1.2 및 4주에서 측정을 실시하였다.

3. 실험결과의 검토 및 분석

3.1 굳지않은 성상 검토 및 분석

그림 1은 부순모래 대체율에 따른 경과시간별 슬럼프의 변

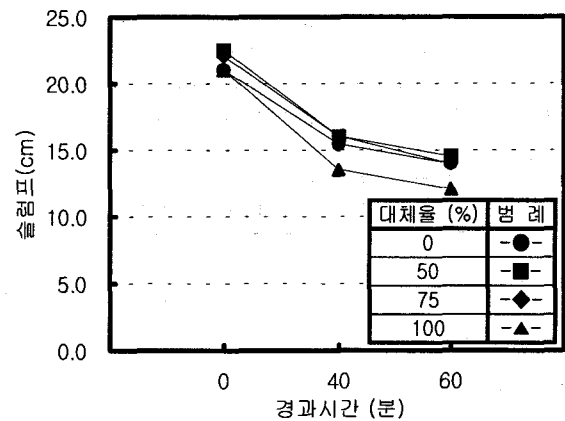


그림 1. 경과시간별 슬럼프의 변화

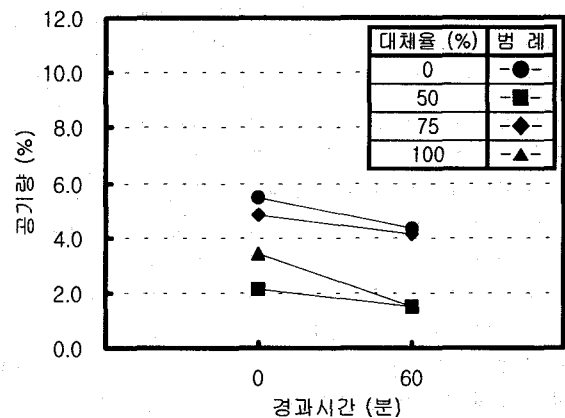


그림 2. 경과시간별 공기량의 변화

화를 나타낸 것으로 부순모래의 대체율이 증가할수록 슬럼프는 다소 감소하는 것으로 나타났으나 대체율 75%까지는 0%와 유사한 수준의 슬럼프를 나타내었다. 이는 부순모래의 입형이 바다모래에 비하여 다소 불량하여 슬럼프가 다소 감소하지만 대체율 75%까지는 부순모래에 의한 슬럼프 감소폭이 크지 않은 것으로 사료된다. 그림 2는 부순모래의 대체율에 따른 공기량의 변화를 나타낸 것으로 부순모래를 사용하는 경우 공기량

은 감소하는 것으로 나타났으며 이는 부순모래의 미립분에 의하여 공극이 충전되기 때문으로 사료된다. 그림 3은 부순모래 대체율에 따른 단위용적중량의 변화를 나타낸 것으로 부순모래의 대체율이 증가할수록 단위용적중량은 증가하는 것으로 나타났다.

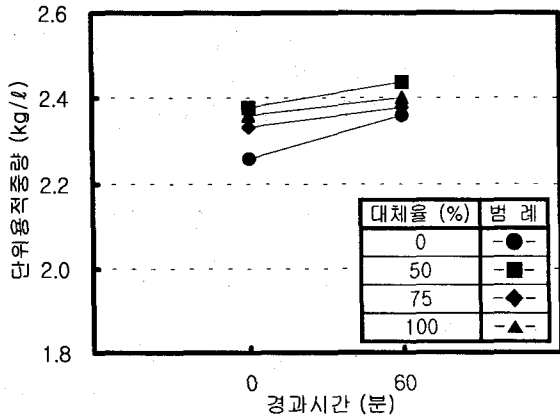


그림 3. 경과시간별 단위용적중량의 변화

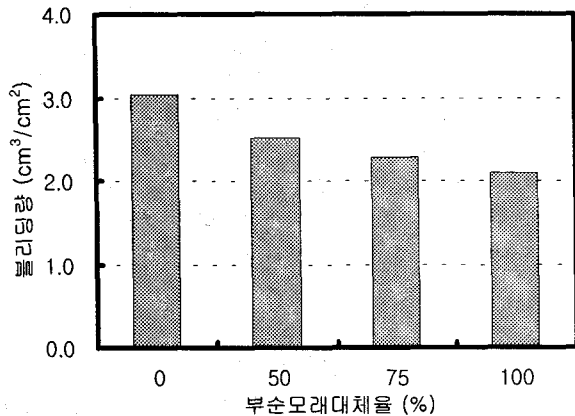


그림 4. 블리딩량의 변화

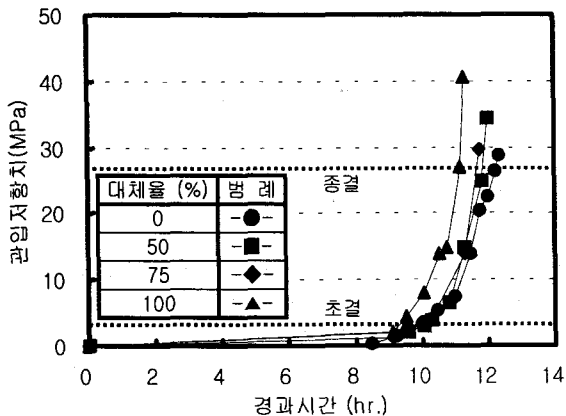


그림 5. 응결시간의 변화

그림 4는 블리딩량의 변화를 나타낸 것으로 부순모래의 대체율이 증가할수록 블리딩량은 감소하는 것으로 나타났으며 이는 부순모래의 입형이 거칠어 골재하부에 수막이 형성되었

기 때문으로 사료된다. 그림 5는 응결시간을 나타낸 것으로 부순모래 대체율 100%는 응결이 다소 빨라지는 것으로 나타났으나 75%까지는 유사한 수준의 응결시간을 나타내었다.

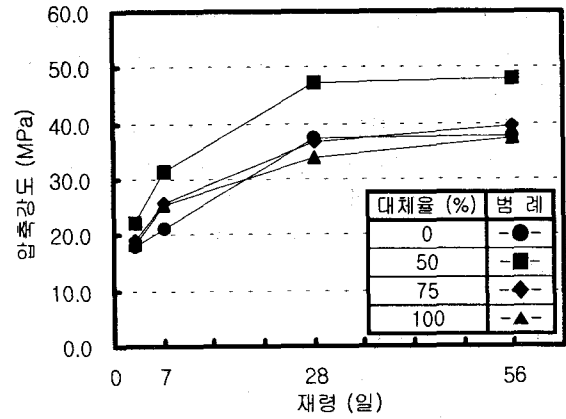


그림 6. 재령별 압축강도의 변화

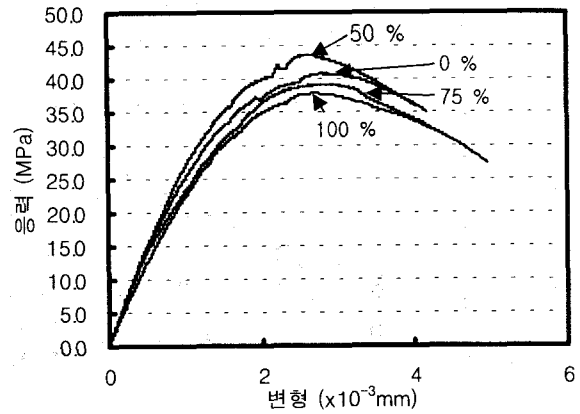


그림 7. 응력변형곡선

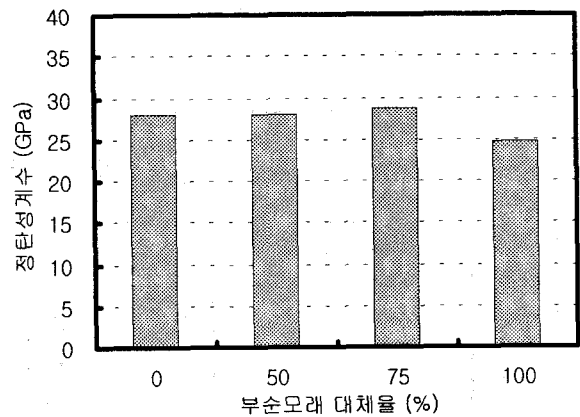


그림 8. 정탄성계수의 변화

3.2 경화성상 검토 및 분석

그림 6은 부순모래 대체율에 따른 재령별 부순모래 콘크리트의 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 부순모래 대체율 50%에서 압축강도가 가장 높은 수준으로 나타났으며 부순모래 대체율 100%까지 부순모래 대체율 0%와 유사한 수준의 압축강

도를 나타내었다. 이는 부순모래의 거친입형 및 표면조직으로 인하여 페이스트와 잔골재간의 부착력이 증대되었기 때문으로 사료된다.

그림 7 및 8은 부순모래 대체율에 따른 재령별 부순모래 콘크리트의 응력변형곡선 및 정탄성계수의 변화를 나타낸 것으로 초기에는 대체율 75%까지 동일응력에 대한 변형이 유사한 수준을 나타내었으나 대체율 100%의 경우는 동일 응력에 대한 변형이 다소 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 20MPa 이후에서는 대체율 50%가 동일응력에 대한 변형이 가장 작으므로 나타났다. 이에 따라 정탄성계수는 대체율 75%까지 유사한 수준으로 나타났으며 대체율 100%에서 다소 감소하는 것으로 나타났다.

3.3 경화성상 검토 및 분석

그림 9는 부순모래 대체율에 따른 중성화깊이의 변화를 나타낸 것으로 부순모래 대체율 50%에서 중성화 저항성이 가장 높게 나타났으며 부순모래 대체율 75 및 100%도 0%에 비하여 중성화 저항성이 높게 나타났다. 그림 10은 부순모래 대체율에 따른 염화물이온 침투깊이의 변화를 나타낸 것으로 부순

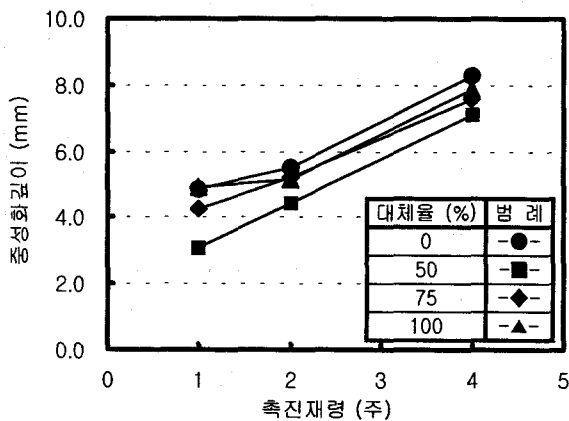


그림 9. 부순모래 대체율에 따른 중성화깊이의 변화

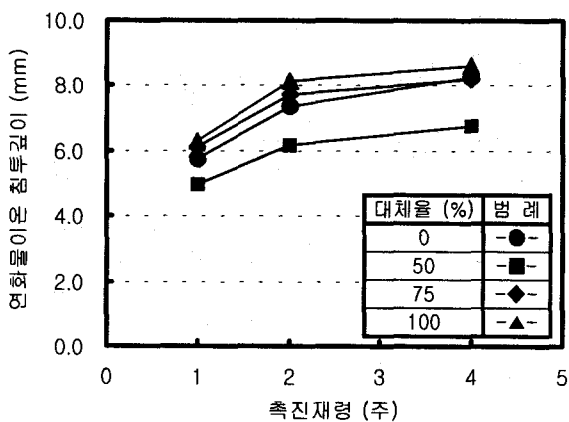


그림 10. 부순모래 대체율에 따른 염화물이온 침투깊이의 변화

모래 대체율 50%에서 염해저항성이 가장 높게 나타났으며 1주에서는 부순모래 대체율 0%가 부순모래 대체율 75%에 비

하여 염해 저항성이 높게 나타났으나 촉진재령 4주에서는 염해저항성이 유사한 수준으로 나타났다.

4. 결 론

부순모래를 활용한 콘크리트의 품질관리를 위한 기초자료를 확보하기 위하여 부순모래 대체율에 따른 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 굳지 않은 성상을 검토한 결과 부순모래 대체율 75%까지 부순모래 대체율 0%와 유사한 수준의 플로우 및 응결시간을 나타내었으며 대체율이 증가할수록 공기량 및 블리딩량은 다소 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 부순모래 콘크리트의 압축강도를 검토한 결과 부순모래 대체율 50%에서 가장 높은 압축강도를 발현하는 것으로 나타났으며 부순모래 대체율 100%의 경우에도 0%와 유사한 수준의 압축강도를 발현하는 것으로 나타났다.
- 3) 부순모래 콘크리트의 응력변형곡선 및 정탄성계수를 검토한 결과 부순모래 대체율 75%까지 유사한 수준의 정탄성계수를 나타내었으나 부순모래 대체율 100%에서 정탄성계수가 다소 감소하는 것으로 나타났다.
- 4) 부순모래 대체율에 따른 중성화깊이 및 염화물이온 침투깊이를 검토한 결과 부순모래 대체율 50%에서 중성화 및 염해저항성이 가장 높게 나타났으며 부순모래 대체율 75%도 0%와 유사한 수준을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 (주)삼표 「부순모래를 활용한 콘크리트의 성능향상 기술개발 및 실용화 방안」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

1. 김무한 외, 수도권 부순모래의 품질특성 및 부순모래 대체율에 따른 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회 04 학술.기술논문발표회 2004.05 pp.51-55
2. 堺孝司 外, 花崗巖系碎砂を用いたコンクリートに関する基礎的研究, 콘크리트工学論文集, 第15巻 第2號, 2004. 05, pp. 35~41
3. 이성복 외, 부순모래를 사용한 시멘트모르타의 유동성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집 12권 6호, 1996. 6, pp. 211~219