

부순모래와 EEZ모래를 혼합사용한 레미콘의 B.P실험 및 공학적 특성에 관한 연구

An Experimental Study on the Engineering Properties and B.P Test of Ready Mixed Concrete Using EEZ Sand and Crush Sand

신 승 봉* 김 영 선** 김 영 덕*** 이 성 연*** 김 규 용**** 김 무 한****
Shin, Seung-Bong Kim, Young-Sun Kim, Young-Duck Lee, Sung-Yon Kim, Gyu-Yong Kim, Moo-Han

ABSTRACT

Recently, trouble of sand supplying is occurred according to exhaustion of natural sand resources. Therefore various measures are proposed for solution of trouble of sand supply and crushed sand among measures is used as one of most universal measures. But because crushed sand have poor particle shape and plenty of makes micro particle, the quality of concrete using crushed sand deteriorated. Therefore, this study evaluated engineering property of concrete with replacement ratio of crushed sand and EEZ sand applied evaluation result to fundamental data for quality control of concrete using crushed sand and EEZ sand. The result of this study have shown that quality of concrete using crushed sand and EEZ sand and The compressive strength of concrete up to 50, 70% EEZ sand replacement by crush sand, nearly equal to that of general sand.

1. 서 론

현재 국내에서 사용되고 있는 콘크리트용 모래의 수급상황을 살펴보면 과거로부터 사용되어온 강모래의 고갈로 인해 바다모래가 대체재로 사용되고 있으나 정부의 환경영향성 평가의 강화와 지역주민들의 반발로 인해 바다모래의 원활한 공급이 어려운 실정이다. 이러한 모래부족현상을 해결하기 위하여 부순모래의 공급확대와 배타적 경제수역(EEZ)에서 모래를 채취·공급하여 모래공급의 부족문제 해결을 시도하고 있다. 그러나 배타적 경제수역에서 채취된 모래에는 기존의 바다모래보다 미분량이 많고 조립률이 낮은 등 품질이 열악하여 레미콘 품질관리가 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 EEZ모래와 부순모래를 혼합 사용한 콘크리트를 대상으로 Batch Plant Test를 통한 콘크리트 실험결과로서 현장적용성을 검증하고 향후 EEZ모래 및 부순모래 사용에 따른 콘크리트의 품질관리 및 부순모래를 대량 활용하기 위한 기초자료로 제시하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구의 실험계획은 표 1에 나타낸 바와 같이 일반적으로 레미콘 제조현장에서 사용되는 물결합재비 50%의 배합을 Plain으로 선정하였으며, EEZ모래를 기준으로 부순모래 대체율을 0, 50, 70 및 100%의 4수준으로 설정하였다. 이때 각 수준의 단위수량은 Plain과 동일한 슬럼프를 만족하는 값으로 선정하였으며, 굳지않는 성상 등 경화성상을 평가하였다. 한편 측정항목으로는 굳지 않은 성상으로 공기량, 단위용적중량, 슬럼프 및 응결시간, 경화성상으로 압축강도를 평가하였다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정
*** 정회원, (주) 삼표 기술연구소 소장, 공박
**** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

표 1 실험 계획

실험요인 및 수준								측정 항목	
W/C (%)	부순모래 대체율 (%)	S/a	단위수량 (kg/m ³)	단위중량 (kg/ℓ)				굳지않은 성상 ¹⁾	경화성상 ²⁾
				C	FA	S	A		
50	plain	50	173	304	42	859	889	• 공기량 (%) • 단위용적중량 (kg/l) • 슬럼프 (cm) • 응결시간 (min)	• 압축강도 (Mpa) • 초음파속도 (km/sec)
	0	50	186	328	45	830	859		
	50	50	171	301	41	863	893		
	70	50	168	296	40	870	900		
	100	50	161	283	39	885	916		

주1) 굳지않은 성상의 측정은 비빔직후, 경과시간 40분 및 60분에 실시

주2) 경화성상의 측정은 재령 3, 7, 28, 56일에서 실시

2.2. 사용재료 및 특성

표 2는 본 연구에서 사용한 재료로서 시멘트는 분말도 3,770 cm²/g 및 비중 3.15의 1종 보통포틀랜드시멘트, 혼화제로서는 분말도 2,976 cm²/g 및 비중 2.13의 플라이애시를 사용하였고, 혼화제는 나프탈렌계 감수제 및 AE제를 사용하였고, 굵은골재는 비중 2.65, 흡수율 1.39% 및 최대치수 25mm의 부순자갈, 잔골재는 비중 2.56, 흡수율 0.6%의 EEZ 모래 및 KS F 2527 콘크리트의 부순골재 기준을 만족시키는 비중 2.58, 흡수율 0.73%의 부순모래를 사용하였다. 한편 그림 1은 본 실험에서 사용한 EEZ 모래와 부순모래의 입도분포 및 부순모래 대체율에 따른 입도분포 곡선의 변화를 나타낸 것으로 각각의 대체율에 따른 입도 분포를 나타낸다.

2.3 시험체 제작 및 측정

시험체 제작은 사진 1과 같은 Batch Plant를 통하여 제조된 콘크리트를 사진 2와 같이 에지레이터에 투입한 후 토출하여 얻어진 콘크리트를 KS F 2403 『콘크리트의 강도시험용 시험체 제작방법』에 준하여 각각 $\phi 10 \times 20$ cm 및 $\phi 15 \times 30$ cm의 원주형 시험체를 제작하였으며, 약 24시간 후 탈형하여 소요의 재령까지 20 ± 3 °C에서 표준수증양생을 실시하였고, 측정면은 콘크리트용 연마기를 사용하여 평활하게 마감하여,

표 2 사용재료의 물리적 성질

사용 재료	물 리 적 성 질
시멘트	• 보통포틀랜드시멘트 (비중:3.15, 분말도:3,770cm ² /g)
혼화제	• 플라이애시 (비중:2.13, 분말도:2,976cm ² /g)
잔골재	• 바다모래 · 비중 : 2.58, 조립율 : 2.9, 흡수율 : 0.6%
	• 부순모래 · 비중 : 2.58, 조립율 : 3.0, 흡수율 : 0.73%
	• EEZ모래 · 비중 : 2.56, 조립율 : 1.5, 흡수율 : 0.6%
굵은골재	• 부순자갈 (비중:2.65,조립율:6.02,흡수율:1.39%)
혼화제	• 나프탈렌계 감수제

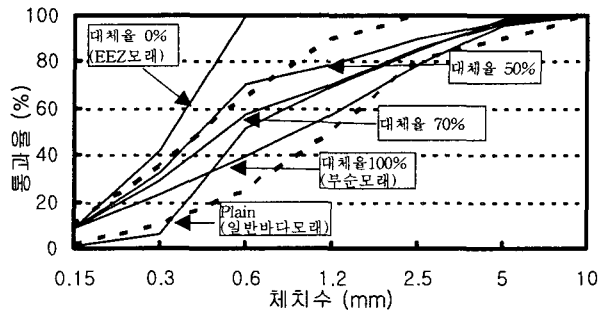


그림 1 부순모래 대체율에 따른 입도분포곡선



사진 1 Batch Plant 전경

사진2 시험평가용 콘크리트의 토출

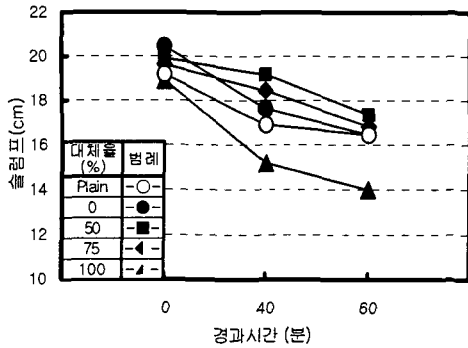


그림 2 슬럼프 경시변화

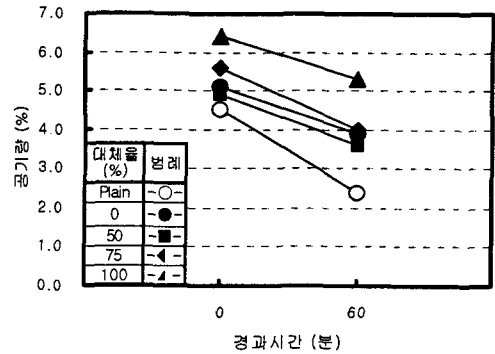


그림 3 공기량 변화

UTM (Universal Test Machine)을 이용하여 압축강도를 측정하였고, 영국의 C.N.S사의 PUNDIT를 이용하여 공시체의 초음파 통과시간(μ s)을 측정한 후 초음파속도를 산정 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 성상 및 응결성상 검토 및 분석

그림 2는 콘크리트의 부순모래 대체율별 경과시간에 따른 슬럼프의 변화를 나타낸 것으로 슬럼프는 비빔직후 Plain과 부순모래 대체율 0, 50, 70 및 100%에서 각각 19.2, 20.5, 19.9, 19.6 및 18.9cm의 수준으로 모두 유사한 수준이었으며, 경과시간 40분에서는 각각 16.9, 17.6, 19.2, 18.5 및 15.2cm로 비빔직후에 비하여 11.0, 14.1, 3.5, 5.7 및 19.6% 저하하였다.

또한 그림3은 EEZ 모래와 부순모래를 혼합 사용한 콘크리트의 부순모래 대체율에 따른 공기량의 변화를 나타낸 것으로 공기량은 비빔직후 Plain과 부순모래 대체율 0, 50, 70 및 100%에서 각각 4.5, 5.1, 4.9, 5.6 및 6.4%로 나타났으며 경과시간 60분의 경우 2.4, 3.7, 3.6, 4.0 및 5.3%로 나타났다.

그림 4는 EEZ모래와 부순모래를 혼합 사용한 콘크리트의 부순모래 대체율에 따른 응결시간의 변화를 나타낸 것으로 초결시간은 Plain과 부순모래 대체율 0, 50, 70 및 100%에서 각각 10시간 20분, 9시간 20분, 10시간 45분, 11시간 10분 및 10시간 40분으로 EEZ모래 만을 사용하지 않은 Plain에 비하여 2시간 빠른 것으로 나타났으나, 부순모래를 50%이상 대체할 경우 Plain과 유사하게 나타났다. 또한 종결시간은 EEZ모래만을 사용한 콘크리트는 Plain에 비하여 1시간 15분이 빠른 것으로 나타났으나, 부순모래 대체율이 증가할수록 응결시간이 지연되어 부순모래를 50%이상 대체할 경우에는 일반바다모래를 사용한 Plain과 유사한 수준으로 나타났다.

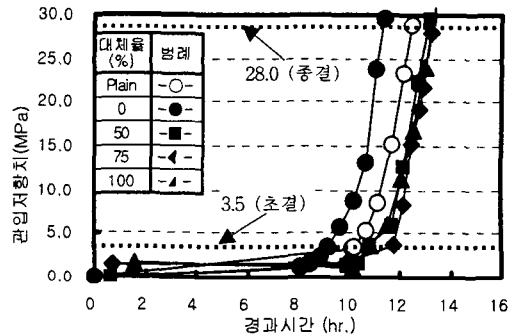


그림 4 부순모래 대체율에 따른 응결시간의 변화

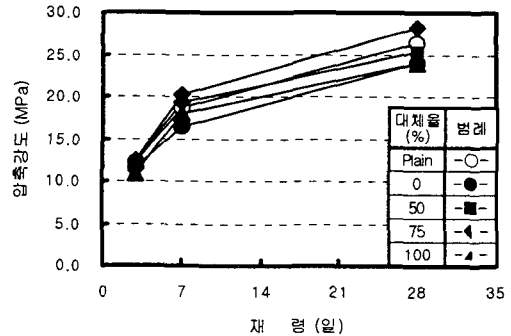


그림 5 부순모래 대체율에 따른 압축강도의 변화

3.2 경화성상 검토 및 분석

그림 5는 EEZ 모래와 부순모래를 혼합 사용한 콘크리트의 부순모래 대체율에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 EEZ모래만을 사용한 콘크리트는 Plain에 비하여 압축강도가 5.7% 저하 하였으나, 부순모래의 대체율이 증가할수록 압축강도가 증가하였고, 부순모래 대체율 50% 이상에서는 Plain과 유사한 수준의 압축강도를 발현하였으나 대체율 100%에서는 10.5% 저하하였다.

또한 그림 6은 EEZ 모래와 부순모래를 혼합 사용한 콘크리트의 부순모래 대체율에 따른 초음파속도의 변화를 나타낸 것이며, 압축강도와 초음파 속도간의 상관성은 높게 나타났다.

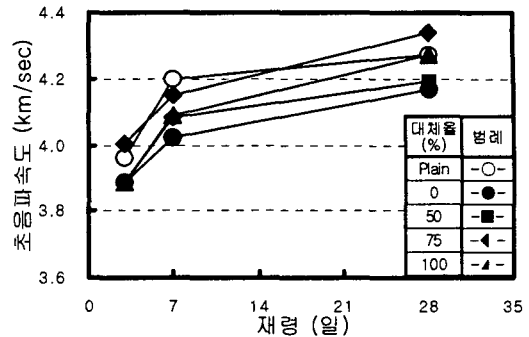


그림 6 부순모래 대체율에 따른 초음파속도의 변화

4. 결론

본 연구에서 실시한 부순모래와 EEZ모래를 혼합사용한 레미콘의 B.P실험 및 공학적 특성에 관한 연구를 수행하며 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 동일 슬럼프를 만족시키기 위한 단위수량은 EEZ 바다모래만을 사용한 경우 Plain에 비하여 단위수량이 증가하는 것으로 나타났으나, 부순모래 대체율이 증가할수록 단위수량은 감소하는 것으로 나타났다. 또한 부순 모래 및 EEZ 바다모래만을 사용한 경우에는 Plain에 비하여 슬럼프 로스가 증가하는 것으로 나타났으나 부순모래 대체율 50% 이상에서는 슬럼프 로스의 저하가 Plain과 유사하였다..

(2) 압축강도는 재령 28일을 기준으로 그 강도를 측정하였으며, EEZ 바다모래만을 사용한 콘크리트의 경우 Plain에 비하여 강도가 저하하였으며, 부순모래의 대체율이 증가할수록 압축강도가 증가하여 부순모래 대체율 50~70%에서는 Plain과 유사하거나 더 높은 압축강도를 발현 하였으며, 초음파속도를 통한 강도 예측시 높은 상관성을 나타냈다.

감사의 글

본 연구는 (주) 삼표 『부순모래를 활용한 콘크리트의 성능향상 기술개발 및 실용화 방안』에 관한 일련의 연구로 수행되었으며, 실험에 많은 도움을 주신 (주) 삼표 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

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. 이성복 외. 부순모래를 사용한 시멘트 모르타르의 유동성에 관한 실험적 연구. 대한건축학회 논문집 12 권 6호. 1996. 6호, pp. 211~219
3. 박승범 외, 부순모래와 석분을 사용한 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 1996년도 봄 학술발표회 논문집 : Vol.8 No.1, 1996, pp. 7~11
4. 김무한 외, 부순모래 대체율에 따른 EEZ모래 콘크리트의 공학적 특성 및 내구특성에 관한 실험적연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제 25권 1호, 2005.10, pp.177~180