

부순모래 혼입률 변화에 따른 수중불분리성 콘크리트의 특성 연구

Study on the Properties of Antiwashout Underwater Concrete with Variation of Blend Ratio of Crushed Sand

박 세 인* 오 광 영* 이 환 우** 김 종 수** 김 명 식**
Park, Se In Oh, Kwang Young Lee, Hwan Woo Kim, Jong Soo Kim, Myung Sik

ABSTRACT

In this study, crushed sand is blended with river sand and sea sand, to investigate the quality change of antiwashout underwater concrete with variation of blend ratio of crushed sand(0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%).

To see experiment conclusion, the more blend ratio of crushed sand increases, the more unit weight increases. Because the for that specific gravity of crushed sand is higher comparatively than that of river sand and sea sand. Higher compressive strength is measured following the order of river sand, crushed sand, sea sand regardless of age and casting-curing condition. Except for case of using river sand, blend ratio of 40% is appeared on most compressive strength. So the optimum blend ratio of crushed sand is 40% from the view point of compressive strength.

1. 서 론

최근 사회간접자본시설인 항만기능의 중요성이 부각되어 항만시설을 비롯한 배후수송시설의 확충과 현대화가 필요하다는 인식이 확산되고 있어, 신항만개발 등의 방안이 속속 마련되고 있다. 따라서 이러한 시설들을 건설하기 위해서는 수중콘크리트 공사가 필수적이며, 그 수요 역시 증가할 것이다.

수중불분리성 콘크리트는 수중콘크리트공사에 있어서 시멘트가 유실되는 재료분리문제와 다짐 없이 수중에 타설되는 수중콘크리트의 수밀성과 내구성에 대한 신뢰성 확보문제 등의 문제점들을 보완하여 품질이 향상되었다. 그래서 최근들어 수중불분리성 콘크리트는 해양 및 수중콘크리트 구조물의 신설, 보수 및 보강 현장에 사용되는 사례가 증가하고 있는 추세이다.

천연 골재자원의 부존량은 점차 고갈되고 있는 상태이며, 이에 따라 주요 골재의 공급원은 하천골재, 바다골재 및 석산골재로 급격히 다변화되어가고 있는 실정이다. 특히 석산골재는 국내에서는 가용

* 정회원, 부경대 토목공학과, 석사과정

** 정회원, 부경대 토목공학과, 교수

량이 풍부한 편이어서 하천골재의 대체가 용이하므로 날로 급증하고 있는 골재 수요에 효과적으로 대처할 수 있다. 따라서 90년도 초에 이르러 부순모래를 콘크리트용 잔골재로 이용하려는 연구가 일부 업체나 학계에서 이루어졌으며, 1995년 9월까지의 확인된 부순모래 생산업체 수는 전국적으로 50사 내외로 파악되었고, 부순모래 사용량도 93년 2%에서 98년 10%로 늘어났고, 앞으로도 수요가 증가할 것으로 예상된다.

따라서, 본 연구에서는 부순모래 혼입률 변화에 따른 수중불분리성 콘크리트의 품질변화를 측정하기 위해서 강모래와 바다모래에 각각 부순모래를 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%로 혼입률을 변화시켜 적정 부순모래 혼입률을 도출하고, 부순모래 혼입률 변화에 따른 특성을 살펴보고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험파라미터

본 연구의 실험파라미터는 부순모래 혼입률 변화에 따른 수중불분리성 콘크리트 특성을 살펴보기 위해, 강모래(R)와 바다모래(S)에 각각 부순모래(C)를 0%, 20%, 40%, 60%, 80, 100%로 혼입률을 변화시켰다.

2.2 배합설계

본 연구의 배합설계조건은 배합강도(f_{cr})를 240kgf/cm^2 , 단위수량을 220kg/m^3 , 슬럼프플로우를 $50\pm 5\text{cm}$, 공기량을 4%이하, 물-시멘트비(W/C)는 50%로 하고, 부순모래 혼입률 변화에 따른 배합계산을 결과 Table 1과 같은 배합비를 얻었다.

Table 1 Mix proportion of antiwashout underwater concrete

Symbol	f_{cu} (kgf/cm^2)	G_{max} (mm)	Slump flow (cm)	Air Value (%)	s/a (%)	W/C (%)	Unit weight (kg/m^3)							
							W	C	R.S	S.S	C.S	G	Admixture	
													AWA	SP
RC- 0	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	619	-	0	943	2.64	8.80
RC- 20	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	495	-	128	943	2.64	8.80
RC- 40	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	372	-	255	943	2.64	8.80
RC- 60	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	248	-	383	943	2.64	8.80
RC- 80	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	124	-	511	943	2.64	8.80
RC-100	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	0	-	638	943	2.64	8.80
SC- 0	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	-	619	0	943	2.64	8.80
SC- 20	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	-	495	128	943	2.64	8.80
SC- 40	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	-	372	255	943	2.64	8.80
SC- 60	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	-	248	383	943	2.64	8.80
SC- 80	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	-	124	511	943	2.64	8.80
SC-100	240	25	50 ± 5	4below	40	50	220	440	-	0	638	943	2.64	8.80

2.3 사용재료

2.3.1 시멘트

본 연구에서는 비중이 3.14인 S사의 제 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.

2.3.2 골재

본 연구에서 사용한 굵은골재는 경남 용원 석산에서 생산한 굵은골재 최대치수가 25mm인 부순자갈을 사용하였고, 잔골재는 경남 용원 석산에서 생산한 비중이 2.66, 조립율이 3.00인 부순모래, 경남 합천 황강에서 채취한 비중이 2.58, 조립율이 2.66인 강모래, 전남 진도 앞바다에서 채취한 비중이 2.58, 조립율이 2.75인 바다모래를 상용수로 제염하여 사용하였다.

2.3.3 혼화제

본 연구에서는 국내 D사에서 생산되는 셀룰로오즈 에테르계인 수중불분리성 혼화제와 멜라민계의 유동화제를 사용하였다.

2.4 실험방법

2.4.1 비빔방법

잔골재, 굵은골재, 시멘트, 수중불분리성 혼화제 순으로 믹서에 투입하여 건비빔을 실시한 후 배합수와 유동화제를 투입하여 수중불분리성 콘크리트를 제작한다.

2.4.2 굳지않은 콘크리트의 실험항목

(1) 재료분리저항성 시험

대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중낙하 시험」에 준하여 현탁액의 pH와 현탁물질량을 측정하였다.

(2) 유동성 시험

대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법」에 준하여 슬럼프플로우를 측정하였다.

(3) 공기량시험

「KS F 2421 굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험 (공기실 압력방법)」에 준하여 워싱턴 에어메터를 사용하여 측정하였다.

2.4.3 경화된 콘크리트의 실험항목

(1) 단위중량시험

단위중량시험은 부순모래 혼입률 변화에 따라 담수와 해수에서 각각 제작·양생된 재령 7일, 28일의 수중불분리성 콘크리트의 압축강도측정용 공시체의 중량을 측정하여 단위중량으로 환산하였다.

(2) 압축강도시험

「KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법」에 준하여 실시하고, 압축강도시험은 담수와 해수 중에서 각각 제작·양생하여 재령 7일, 28일에 측정하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 실험결과 및 분석

Fig. 1은 부순모래 혼입률 변화에 따른 pH를 측정된 결과이며, Fig. 2는 현탁물질량을 측정된 결과이다. pH와 현탁물질량 모두 대한 토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 기준치인 12이하, 150 mg/l 이하를 모두 만족하였고, 부순모래 혼입율이 증가할수록 pH와 현탁물질량은 감소하는 경향이 나타났다. 이것은 부순모래의 흡수율이 높기 때문에 상대적으로 단위수량이 감소하여 물의 씻김작용에 대한 저항성이 커지기 때문이라고 사료된다.

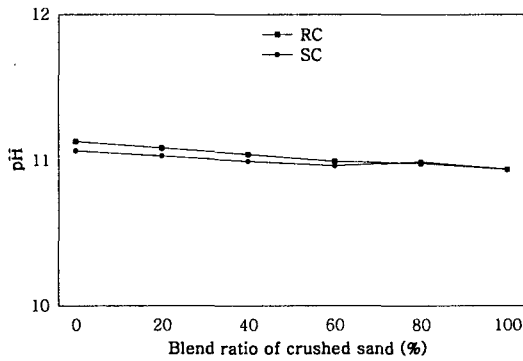


Fig. 1 pH as to variation of blend Ratio of crushed sand

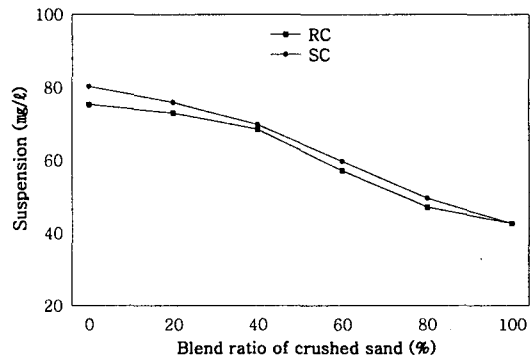


Fig. 2 Suspension as to variation of blend of ratio of crushed sand

Fig. 3은 슬럼프플로우를 측정된 결과인데, 부순모래 혼입률 변화에 관계없이 배합설계기준인 50 ± 5 cm를 모두 만족하였고, 잔골재의 종류에 따라 살펴보면 강모래, 바다모래, 부순모래 순으로 슬럼프플로우가 크게 나타났는데, 이것은 골재의 형상과 흡수율의 차이 때문으로 사료된다. 그리고 부순모래 혼입률 40%에서 슬럼프플로우가 가장 크게 나타났다.

Fig. 4는 공기량을 측정된 결과인데, 부순모래 혼입률 변화에 관계없이 배합설계기준인 4%이하를 모두 만족하였고, 부순모래 혼입률 40%에서 가장 높게 나타났다.

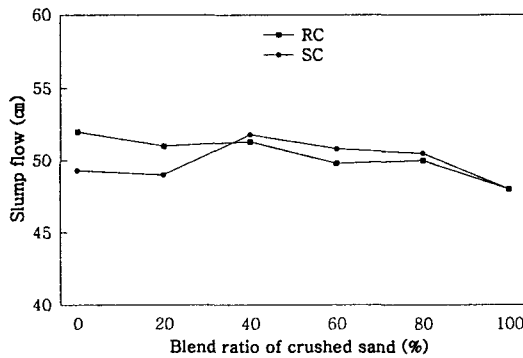


Fig. 3 Slump flow as to variation of blend Ratio of crushed sand

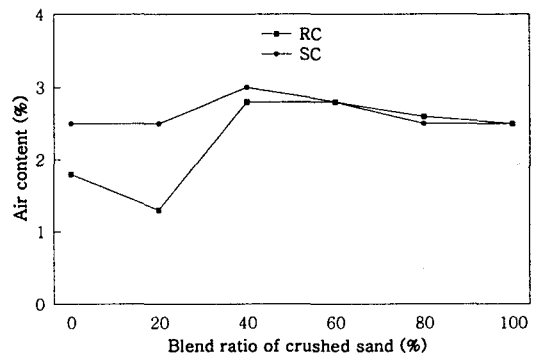


Fig. 4 Air content as to variation of blend ratio of crushed sand

3.2 경화된 콘크리트의 실험결과 및 분석

Fig. 5는 부순모래 혼입률 변화에 따라 담수·해수에서 각각 제작·양생한 재령 7일의 수중불분리성 콘크리트의 단위중량을 측정된 결과이며, Fig. 6은 재령 28일의 수중불분리성 콘크리트의 단위중량을 측정된 결과이다. 부순모래 혼입률이 증가할수록 단위중량이 크게 나타났는데, 이것은 부순모래의 비중이 강모래나 바다 모래의 경우보다 상대적으로 크기 때문으로 사료된다.

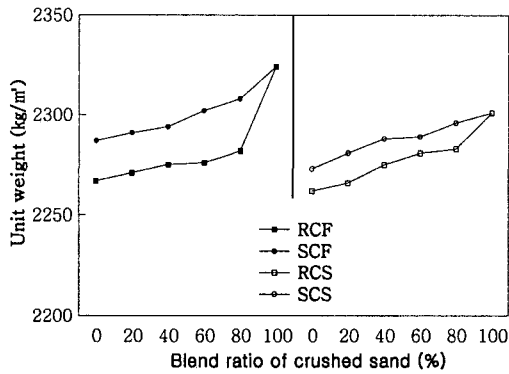


Fig. 5 Unit weight as to variation of blend ratio of crushed sand (7days)

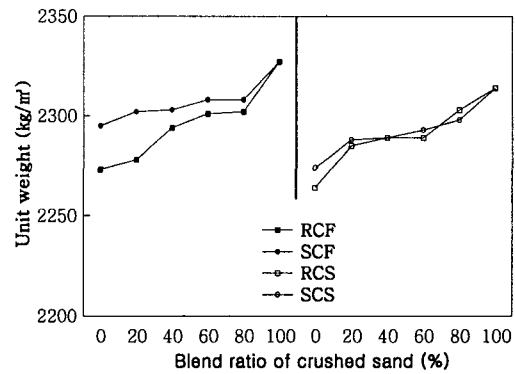


Fig. 6 Unit weight as to variation as of blend ratio of crushed sand (28days)

Fig. 7은 부순모래 혼입률 변화에 따라 담수·해수에서 각각 제작·양생한 재령 7일의 수중불분리성 콘크리트의 압축강도를 측정된 결과이며, Fig. 8은 재령 28일의 수중불분리성 콘크리트의 압축강도를 측정된 결과이다. Fig. 7과 Fig. 8에서 재령과 양생조건에 관계없이 압축강도의 크기는 강모래, 부순모래, 바다모래 순으로 나타났고, 잔골재로 강모래를 사용한 경우(부순모래 혼입률 0%)를 제외하고는 잔골의 종류에 관계없이 부순모래 혼입률 40%에서 가장 큰 압축강도 나타났다. 따라서 강모래나 바다모래에 부순모래를 혼입한 다면 최적 부순모래 혼입률은 40%로 볼 수 있겠다.

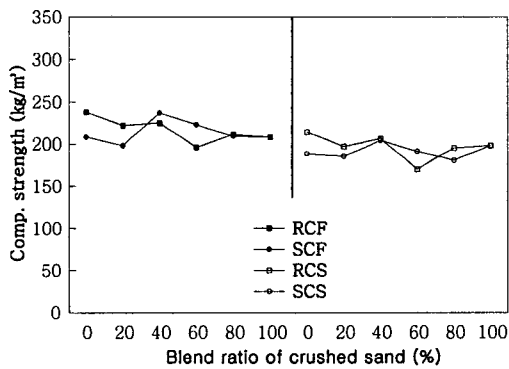


Fig. 7 Compressive strength as to variation of blend ratio of crushed sand (7days)

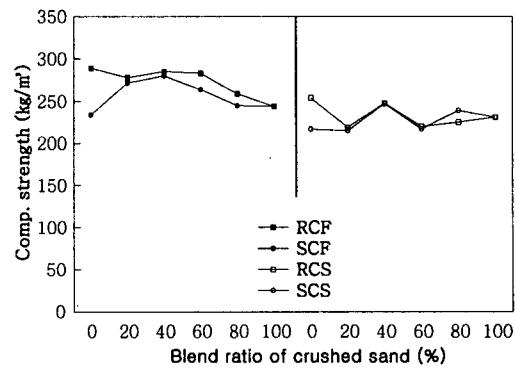


Fig. 8 Compressive strength as to variation of blend ratio of crushed sand (28days)

4. 결 론

본 연구에서는 부순모래 혼입률 변화에 따른 수중불분리성 콘크리트의 품질변화를 측정하기 위해서 강모래와 바다모래에 각각 부순모래를 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%로 혼입률을 변화시켜 실험한 결과 다음과 같은 결론을 알 수 있었다.

- (1) 재료분리저항성을 나타내는 pH와 현탁물질량은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 기준치인 12이하, 150 mg/l 이하를 모두 만족하였고, 부순모래 혼입율이 증가할수록 pH와 현탁물질량은 감소하는 경향이 나타났는데, 이것은 부순모래의 흡수율이 높기 때문에 상대적으로 단위수량이 감소하여 물의 셋김작용에 대한 저항성이 커지기 때문이라고 사료된다.
- (2) 수중불분리성 콘크리트의 유동성을 평가할 수 있는 슬럼프플로우는 부순모래 혼입률 변화에 관계없이 배합설계기준인 50 ± 5 cm를 모두 만족하였고, 잔골재의 종류에 따라 살펴보면 강모래, 바다모래, 부순모래 순으로 슬럼프플로우는 가장 나타났는데, 이것은 골재의 형상과 흡수율의 차이 때문으로 사료된다. 그리고 부순모래 혼입률 40%에서 슬럼프플로우는 가장 크게 나타났다.
- (3) 공기량을 측정된 결과 부순모래 혼입률 변화에 관계없이 배합설계기준인 4%이하를 모두 만족하였고, 부순모래 혼입률 40%에서 가장 높게 나타났다.
- (4) 단위중량은 부순모래 혼입률이 증가할수록 크게 나타났는데, 이것은 부순모래의 비중이 강모래나 바다 모래의 경우보다 상대적으로 크기 때문으로 사료된다.
- (5) 압축강도는 재령과 양생조건에 관계없이 크기는 강모래, 부순모래, 바다모래 순으로 나타났고, 강모래만 사용한 경우(부순모래 혼입률 0%)를 제외하고는 잔골의 종류에 관계없이 부순모래 혼입률 40%에서 가장 큰 압축강도가 나타났다. 따라서 강모래나 바다모래에 부순모래를 혼입하여 사용한다면 최적 부순모래 혼입률은 40%로 볼 수 있겠다.

참 고 문 헌

1. 사단법인 한국콘크리트학회, “부순모래 및 부순모래 콘크리트”, 기문당, 1998. 6., pp. 47~61.
2. 문한영, “콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준”, 대한토목학회지, 제45권, 제3호 1997. 1., pp. 71~77.
3. 윤재범 외 4인, “수중불분리성 콘크리트의 특성에 대한 기초적 연구”, 한국콘크리트학회 1998년도 봄학술발표회 논문집, 제10권, 제1호 1998. 5., pp. 277-283.
4. 어영선, “수중불분리성 콘크리트의 최적 물-시멘트비에 관한 실험적 연구”, 부경대학교 산업대학원, 1998. 8.
5. 김광민, “해사 혼합을 변화에 따른 수중불분리성 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구”, 부경대학교 산업대학원, 1999. 2.
6. 財團法人沿岸開發技術研究センター. “水中不分離性 コンクリート・マニュアル(設計・施工)”, 山海堂, 1990.
7. 水中不分離性 コンクリート設計施工指針(案), 第67号 1991., pp. 97-98.