

# 잔골재의 종류에 따른 수중불분리성 콘크리트의 특성에 관한 연구

## Study on the Properties of Antiwashout Underwater Concrete as to Fine aggregate Kinds

박 세 인\*      신 현 필\*      이 환 우\*\*      김 종 수\*\*      김 명 식\*\*  
Park, Se In      Shin, Hyun Fil      Lee, Hwan Woo      Kim, Jong Soo      Kim, Myung Sik

### ABSTRACT

In this study, three kinds of fine aggregate (river sand, sea sand, crushed sand) were used and four different s/a (38%, 40%, 42%, 45%) were applied separately to this experimental for get the conclusion written below.

Regardless of kinds of fine aggregate and casting-curing condition, maximum unit weight is seen at 40% of s/a and also to be seen in case of crushed sand. It's for that specific gravity of crushed sand is bigger comparatively than river sand and sea sand's one.

Compressive strength is measured river sand, crushed sand, sea sand by order of size ; Regardless of variation of s/a, casting-curing condition and age. Compressive strength recorded maximum when s/a is 42% whatever sort of fine aggregate are.

As the result, according to references, the optimum s/a of underwater antiwashout concrete is 40% but in this study, from compressive strength of view, the optimum s/a of underwater antiwashout concrete is 42%.

### 1. 서 론

근년에 들어 수중불분리성 콘크리트는 수중콘크리트공사에 있어서 시멘트가 유실되는 재료분리문제와 다짐 없이 수중에 타설되는 수중콘크리트의 수밀성과 내구성에 대한 신뢰성 확보문제 등의 문제점들을 보완하여 품질을 향상시켰다. 그래서 최근들어 수중불분리성 콘크리트는 광안대교, 영종대교, 삼천포-창선연육교, 당산철교 보강공사, 청평 및 팔당댐의 도수로, 항만청의 등대공사 등 해양 및 수중콘크리트 구조물의 신설, 보수 및 보강 현장에 사용되는 사례가 증가하고 있는 추세이다.

국내의 잔골재 부족현상은 이미 심각한 상황에 직면해 있으며 향후의 전망도 불투명한 상태이다. 이로 인해 대체골재로 바다모래는 다량의 염분을 함유하고 있어 이를 세척하기 위해 소요되는 과대한 시설투자, 공업용수의 절대부족 및 어업환경보전 문제등 사용상 많은 어려움이 따르고 있다. 따라서

\* 정회원, 부경대 토목공학과, 석사과정

\*\* 정회원, 부경대 토목공학과, 교수

90년도 초에 이르러 부순모래를 콘크리트용 잔골재로 이용하려는 연구가 일부 업체나 학계에서 이루어졌으며, 1995년 9월까지의 확인된 부순모래 생산업체 수는 전체적으로 50사 내외로 파악되었고, 부순모래 사용량도 93년 2%에서 98년 10%로 5배나 늘어났다.

따라서, 본 연구에서는 잔골재 종류를 강모래, 바다모래, 부순모래 3종류로 사용하였고, 잔골재율을 각각 38%, 40%, 42%, 45%로 변화시켜, 잔골재의 종류에 따른 수중불분리성 콘크리트의 특성을 파악하고, 최적잔골재율을 도출하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험파라미터

본 연구의 실험파라미터는 수중불분리성 콘크리트의 잔골재의 종류를 강모래(R), 바다모래(S), 부순모래(C) 3종류를 사용하고, 잔골재율 38%(I), 40%(II), 42%(III), 45%(IV)로 변화시켰다.

### 2.2 배합설계

본 연구의 배합설계조건은 배합강도( $f_{cr}$ )를 240kgf/cm<sup>2</sup>, 단위수량을 220kg/m<sup>3</sup>, 슬럼프플로우를 50±5cm, 공기량을 4%이하, 물-시멘트비(W/C)는 50%로 하고, 잔골재율 변화에 따른 배합계산한 결과 Table 1 과 같은 배합비를 얻었다.

Table 1 Mix proportion of antiwashout underwater concrete

Symbol	$f_{cu}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$G_{max}$ (mm)	Slump flow (cm)	Air Value (%)	s/a (%)	W/C (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )					
							W	C	S	G	Admixture	
											AWA	SP
R-I	240	25	50±5	4이하	38	50	220	440	558	974	2.64	8.8
R-II	240	25	50±5	4이하	40	50	220	440	619	943	2.64	8.8
R-III	240	25	50±5	4이하	42	50	220	440	650	912	2.64	8.8
R-IV	240	25	50±5	4이하	45	50	220	440	696	864	2.64	8.8
S-I	240	25	50±5	4이하	38	50	220	440	558	974	2.64	8.8
S-II	240	25	50±5	4이하	40	50	220	440	619	943	2.64	8.8
S-III	240	25	50±5	4이하	42	50	220	440	650	912	2.64	8.8
S-IV	240	25	50±5	4이하	45	50	220	440	696	864	2.64	8.8
C-I	240	25	50±5	4이하	38	50	220	440	606	974	2.64	8.8
C-II	240	25	50±5	4이하	40	50	220	440	638	943	2.64	8.8
C-III	240	25	50±5	4이하	42	50	220	440	670	912	2.64	8.8
C-IV	240	25	50±5	4이하	45	50	220	440	718	864	2.64	8.8

## 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 잔골재의 종류에 따라 담수와 해수에서 각각 제작·양생된 재령 7일, 28일의 수중 불분리성 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 잔골재율 변화에 따른 pH를 측정한 결과이며, Fig. 2는 현탁물질량을 측정한 결과이다. pH와 현탁물질량 모두 대한 토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 기준치인 12이하, 150 mg/l 이하를 모두 만족하였고, 사용 잔골재의 종류에 관계없이 잔골재율이 증가할수록 pH는 감소하였고, 현탁물질량은 증가하는 경향이 나타났는데, 이것은 잔골재율이 증가할수록 현탁액 내에 pH가 중성에 가까운 잔골재 미립분이 증가하기 때문이라고 사료된다.

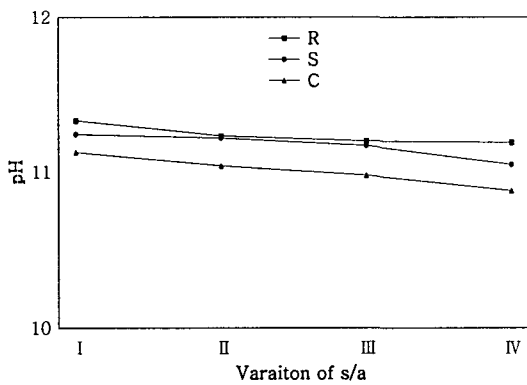


Fig. 1 pH as to variation of s/a

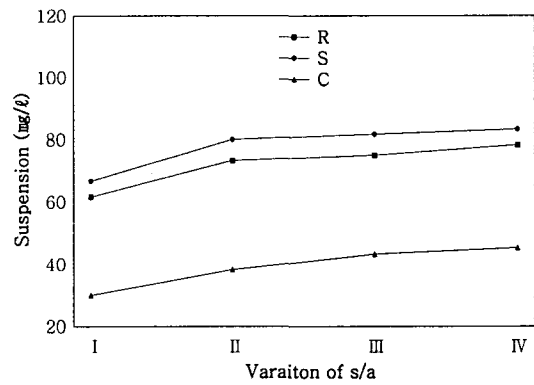


Fig. 2 Suspension as to variation of s/a

Fig. 3은 슬럼프플로우를 측정한 결과인데, 잔골재의 종류나 잔골재율 변화에 관계없이 배합설계기준인 50±5cm를 모두 만족하였고, 잔골재로 부순모래를 사용할 경우 슬럼프플로우가 가장 낮게 나타났는데, 이것은 강모래나 바다모래에 비해 골재의 형상이 모가나고, 흡수율이 높기 때문으로 사료된다.

Fig. 4는 공기량을 측정한 결과인데, 잔골재의 종류나 잔골재율의 변화에 관계없이 배합설계기준인 4%이하를 모두 만족하였고, 큰 변화를 나타내지 않았다.

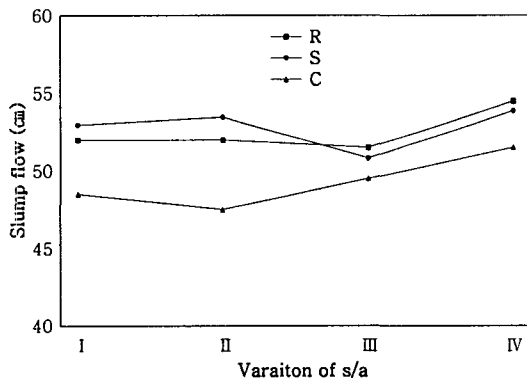


Fig. 3 Slump flow as to variation of s/a

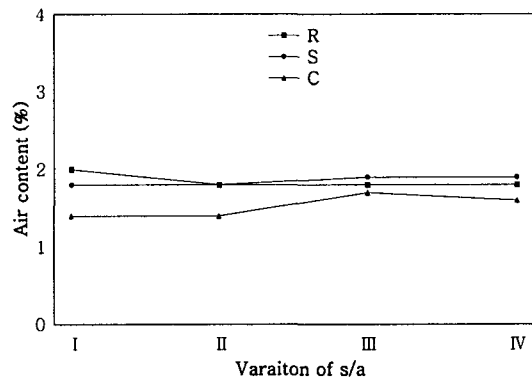


Fig. 4 Air content as to variation of s/a

### 3.2 경화된 콘크리트의 실험결과 및 분석

Fig. 5는 잔골재율을 변화시켜 해수·담수에서 각각 제작·양생한 재령 7일의 수중불분리성 콘크리트의 단위중량을 측정된 결과이며, Fig. 6은 재령 28일의 수중불분리성 콘크리트의 단위중량을 측정된 결과이다. 잔골재의 종류에 관계없이 잔골재율 40%에서 가장 높은 단위중량을 나타내고 있고, 부순모래를 사용한 경우에 가장 높은 단위중량을 나타내고 있는데, 이것은 부순모래의 비중이 강모래나 바다모래의 경우보다 상대적으로 크기 때문으로 사료된다.

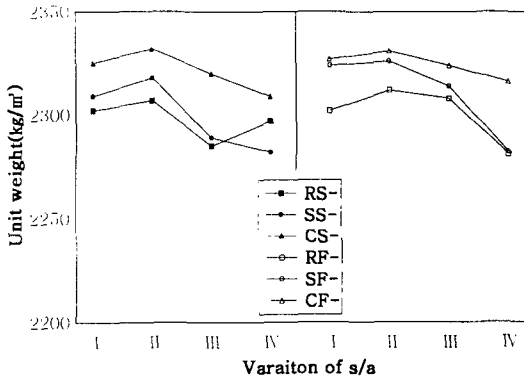


Fig. 5 Unit weight as to variation of s/a (7days)

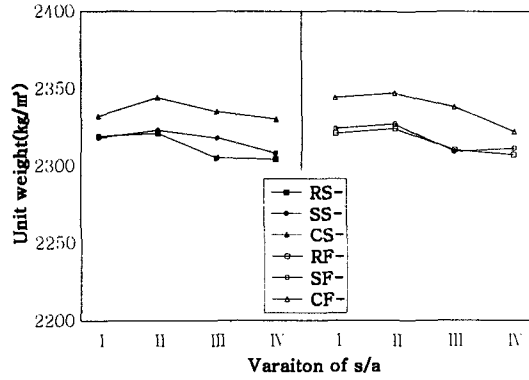


Fig. 6 Unit weight as to variation as of s/a (28days)

Fig. 7은 잔골재율을 변화시켜 해수·담수에서 각각 제작·양생한 재령 7일의 수중불분리성 콘크리트의 압축강도를 측정된 결과이며, Fig. 8은 재령 28일의 수중불분리성 콘크리트의 압축강도를 측정된 결과이다. Fig. 7과 Fig. 8에서 잔골재율의 변화와 재령에 관계없이 압축강도의 크기는 강모래, 부순모래, 바다모래 순으로 나타났으며, 잔골재의 종류에 관계없이 잔골재율 42%에서 가장 높은 압축강도가 나타났다. 따라서 참고문헌에 의하면 수중불분리성 콘크리트의 최적잔골재율을 40%로 나타내고 있는데, 본 연구에서는 압축강도 측면에서 볼 때 최적잔골재율은 42%로 나타났다.

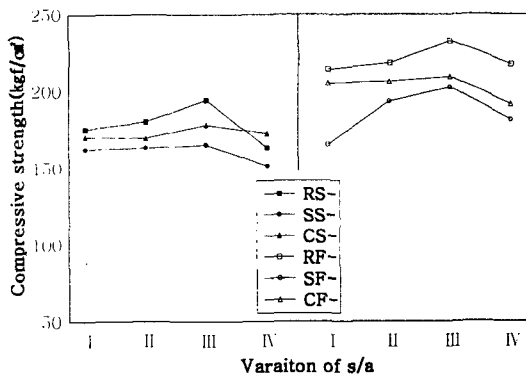


Fig. 7 Compressive strength as to variation of s/a (7days)

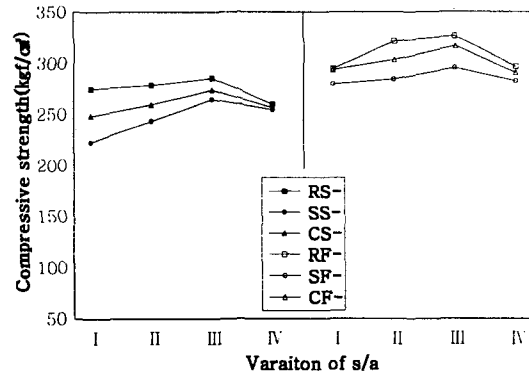


Fig. 8 Compressive strength as to variation of s/a (28days)

#### 4. 결 론

본 연구에서는 잔골재 종류를 강모래, 바다모래, 부순모래, 3종류로 사용하였고, 잔골재율을 각각 38%, 40%, 42%, 45%로 변화시켜 실험한 결과 다음과 같은 결론을 알 수 있었다.

(1) 재료분리저항성을 나타내는 pH와 현탁물질량은 대한 토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불 분리성 혼화제 품질규준」의 기준치인 12이하와 150 mg/l 이하를 모두 만족하였다. 잔골재율이 증가할 수록 pH는 감소하였고, 현탁물질량은 증가하는 경향이 나타났는데, 이것은 잔골재율이 증가할수록 현 탁액 내에 pH가 중성에 가까운 잔골재 미립분이 증가하기 때문이라고 사료된다.

(2) 수중불분리성 콘크리트의 유동성을 평가할 수 있는 슬럼프플로우는 잔골재의 종류나 잔골재율 변화에 관계없이 배합설계기준인  $50 \pm 5$ cm를 모두 만족하였고, 잔골재로 부순모래를 사용할 경우 슬럼프 플로우가 가장 낮게 나타났는데, 이것은 강모래나 바다모래에 비해 골재의 형상이 모가나고, 흡수율이 높기 때문으로 사료된다.

(3) 공기량은 잔골재의 종류나 잔골재율의 변화에 관계없이 배합설계기준인 4%이하를 모두 만족하였고, 큰 변화를 나타내지 않았다.

(4) 잔골재의 종류나 제작·양생조건과 관계없이 잔골재율 40%에서 가장 높은 단위중량을 나타내고 있으며, 부순모래를 사용한 경우에 가장 높은 단위중량을 나타내고 있는데, 이것은 부순모래의 비중이 강모래나 바다모래의 경우보다 상대적으로 크기 때문으로 사료된다.

(5) 잔골재율의 변화나 제작·양생조건과 재령에 관계없이 압축강도의 크기는 강모래, 부순모래, 바다모래 순으로 나타났으며, 잔골재의 종류에 관계없이 잔골재율 42%에서 가장 높은 압축강도가 나타났다. 따라서 참고문헌에 의하면 수중불분리성 콘크리트의 최적잔골재율은 40%인데, 본 연구에서는 압축강도 측면에서 볼 때 최적잔골재율은 42%로 타나났다.

#### 참 고 문 헌

1. 사단법인 한국콘크리트학회, “부순모래 및 부순모래 콘크리트”, 기문당, 1998. 6., pp47~61
2. 문한영, “콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준”, 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