

# 산사 및 해사를 사용한 모르터, 콘크리트의 특성

## Characteristics of Mortar and Concrete Using Pit Sand and Sea Sand

윤 상 대\* 배 수 호\*\*  
Youn, Sang Dai Bae, Su Ho

### 요약

최근 건설공사의 급증으로 인한 하천골재의 고갈로 콘크리트용 대체골재로서 해사·산사 등이 대두되고 있다. 그러나 해사는 세척하지 않고 그대로 콘크리트에 사용할 경우 콘크리트중의 철근부식 촉진에 따른 콘크리트의 균열발생 등 조기 노후화현상으로 내구성에 많은 문제점을 내포하고 있고, 산사는 국내 연구실적이 전혀 없는 상태에서 지역적으로 무분별하게 사용되고 있어 이들에 관한 제반 공학적 특성 및 활용방안 연구가 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 산사·해사를 콘크리트용 잔골재로서 적극적으로 활용하기 위하여 산사·해사의 물리적 특성을 구명하였고, 산사의 200번체 통과량별·해사의 염분함량별 모르터 압축강도 특성을 파악하였으며, 또한 산사·해사를 사용한 콘크리트의 압축강도 특성 및 해사의 염분함량과 콘크리트의 물-시멘트비에 따른 철근부식량과의 관계를 구명하였다.

### Abstract

Due to the recent shortage of river sand resulting from a rapid growth of concrete construction, sea sand and pit sand are increasingly used in stead. It is, however, well noted that non-washed sea sand used in reinforced concrete causes to corrode reinforcing steel and to incur cracks in concrete, and thus eventually result in damage to concrete. Moreover, many sources of pit sand in our country are randomly used without experimental research for its applicability to concrete construction. Thus it is strongly needed to investigate physical properties of pit sand before its usage on concrete.

The purpose of this research is to activate the usage of pit sand and sea sand for concrete con-

\* 농어촌진흥공사 농공기술연구소 수석연구원, 토목시공 및 농어업토목 기술사  
\*\* 정희원, 농어촌진흥공사 농공기술연구소 연구원(중앙대학교 토목공학과 박사과정 수료)

• 본 논문에 대한 토의를 1994년 3월 31일까지 학회로 보내 주시면 1994년 6월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

struction to solve the recent shortage of river sand. Followings have been experimentally investigated:

- 1) Physical properties of pit sand and sea sand, 2) Compressive strength of mortar on the weight of pit sand passing through No. 200 sieve,
- 3) Compressive strength of mortar on the chloride content of sea sand,
- 4) Compressive strengths of concrete specimens using pit sand and sea sand, respectively, 5) Corrosion propagation in reinforcing steel on the chloride content of sea sand, and 6) etc.

**Keywords** : pit sand, sea sand, river sand, mortar, concrete, physical properties, compressive strength, chloride content, corrosion of reinforcing steel

## 1. 서 론

최근 신도시 개발 등 지속적인 건설공사의 급증으로 인한 하천골재의 고갈로 그 공급량이 대량 부족함에 따라 콘크리트용 대체골재로서 해사·산사 등이 대두되고 있다.

이들 중 해사는 그 사용량이 매년 증가하고 있으나 그것을 세척하지 않고 그대로 콘크리트에 사용할 경우 콘크리트 중의 철근부식 촉진에 따른 콘크리트의 균열발생 등 조기 노후화현상으로 내구성에 많은 문제점을 내포하고 있어 그 대책연구가 시급하고, 산사는 경기, 경남 등 지역적으로 분포되어 있는데 이들의 사용법에 관한 국내 연구실적은 전무한 실정이나 하천모래의 고갈에 따라 포천(경기)등지에서 산사를 채취하여 부분별하게 사용하고 있어 산사의 제반 공학적 특성 및 활용방안에 관한 연구가 시급한 실정이다.

따라서 본 연구는 산사·해사의 물리적 특성을 구명하고, 산사의 200번체 통과량별·해사의 염분함량별 모르타 압축강도 특성을 파악하였으며, 산사·해사를 사용한 콘크리트의 압축강도 특성 및 해사의 염분함량과 물-시멘트비에 따른 콘크리트중 철근부식량과의 관계를 구명하여 산사·해사를 콘크리트용 잔골재로서 적극적으로 활용하는데 그 목적을 두고 있다.

## 2. 시험개요

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 시멘트

시멘트는 시중에서 구입한 보통 포틀랜드 시멘트(S사 제품)를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 Table. 1과 같다.

Table 1 Physical properties of cement

Specific gravity	Setting time		Compressive Strength(kg/cm <sup>2</sup> )		
	Initial(min)	Final(hr)	$\sigma_3$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$
3.13	150	5.25	132	231	293

#### 2.1.2 철근

해사 콘크리트 공시체의 철근부식 촉진시험을 위한 철근은 D13 이형철근 으로서 인장시험 결과는 Table. 2와 같다.

Table 2 Properties of reinforcing steel

Bar size	$\sigma_y$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation(%)
D13	28.5	41.2	31.0

#### 2.1.3 골재

본 연구를 수행키 위한 시료로서 산사는 포천(경기), 합천(경남)산, 해사는 당진(충남), 해남(전남)산, 하천모래 및 하천자갈은 남한강산(경기여주군 이포리)을 사용하였으며, 이들의 물리적

성질은 Table. 3 및 Table. 4와 같다.

Table 3 Physical properties of fine aggregate

Specimens		Specific gravity	Absorption(%)	Unit weight(t/m <sup>3</sup> )	Weight of passing No. 200 sieve(%)	F.M
Pit sand	Po Cheon	2.52	2.57	1.613	6.5~7.9	3.47
	Hab Cheon	2.52	3.14	1.512	9.0~9.6	3.53
Sea Sand	Dang Jin	2.58	1.01	1.676	2.2	3.03
	Hae Nam	2.56	1.66	1.526	2.0	3.05
River sand (Yeo Joo)		2.57	1.05	1.623	2.4	2.71

Table 4 Physical properties of coarse aggregate

Gmax (mm)	Specific gravity	Absorption (%)	Unit weight (t/m <sup>3</sup> )	F.M	Abrasion (%)
40	2.66	0.82	1.689	7.16	26.8

## 2.2 공시체 제작

### 2.2.1 모르터

모르터 공시체제작은 KS F 2514(모르터의 압축강도에 의한 잔골재의 시험 방법)에 따라 산사와 해사의 씻기전 시료와 토분함량 및 염분함량에 따라 물-시멘트비는 60%, 시멘트와 모래의 중량 배합비는 1:3으로 하여 각 재령별( $\sigma_3, \sigma_7, \sigma_{28}, \sigma_{90}$ )로 각각 6개씩 모르터 공시체를 제작하였으며, 또한 이들과 동일한 배합조건으로 하천사에 대해서도 모르터 공시체를 제작하였다.

### 2.2.2 콘크리트

콘크리트 공시체제작에 있어서는 먼저 하천사로 콘크리트 배합설계(210-40-8)를 하여 물-시멘트비를 결정하고, 산사·해사 콘크리트의 배합은 이들 각각의 비중 및 조립률을 고려하여 하천사와 동일한 조건으로 하였다.

콘크리트 공시체( $\phi 15 \times 30\text{cm}$ )는 KS F 2403(시험실에서 콘크리트의 압축 및 휨강도 시험용 공시체를 제작하고 양생하는 방법)에 의하여 제작하였으며, 각 시료의 콘크리트 배합조건은 Table. 5와 같다.

Table 5 Mix proportions of concrete

Specimens		$\rho_a$ (kg/cm <sup>3</sup> )	Gmax (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	S/a (%)	Unit Weight(kg/m <sup>3</sup> )			
							W	C	S	G
Pit Sand	Po Cheon	210	40	8.0	53	34	158	298	642	1,298
	Hab Cheon	210	40	8.4	53	36	158	298	683	1,258
Sea Sand	Dang Jin	210	40	7.0	53	36	158	298	678	1,258
	Hae Nam	210	40	8.0	53	35	158	298	658	1,277
River Sand		210	40	8.0	53	35	158	298	653	1,277

### 2.2.3 철근 콘크리트

해사의 염분함량과 콘크리트의 물-시멘트비에 따른 철근부식량과의 상관관계를 파악키 위하여 씻기전 시료와 염분함량에 따라서 철근 콘크리트 공시체를 제작하였는데, 공시체 제작조건, 공시체 제작용 몰드 및 치수는 각각 Table. 6, Fig. 1과 같다.

## 2.3 시험방법

### 2.3.1 씻기시험

#### 1) 산사

산사의 씻기횟수에 따라 200번체(0.075mm) 통과량, 입도분포 및 조립률을 구하고, 또한 200번체 통과량별 산사 모르터공시체를 제작하기 위하여 실내 씻기시험을 하였는데 그 방법은 시료 30kg과 수도물 20ℓ를 함께 콘크리트 비빔용 가정식 믹서(용량: 0.02m<sup>3</sup>)에 넣고 2분간 회전(60rpm)시킨 후 200번체로 수세하여 통과량을 측정하였으며, 씻기횟수는 2분간 회전을 1회로 하여 8회까지 하였다.

#### 2) 해사

해사의 염분함량별 모르터, 콘크리트 공시체를 제작하여 모르터의 압축강도 및 콘크리트중의 철근부식 관계를 파악하기 위하여 씻기시험을 하였는데 그 방법은 산사의 실내 씻기시험시에 사용한 콘크리트 비빔용 믹서에 시료 50kg과 수도물 20ℓ를 함께 넣고 2분간 회전시킨 후 200번체로 수세하였으며, 씻기횟수 0~5회까지의 각 횟수별로 KS F 2515(골재중의 염화물 함유량 시험 방법)에 의하여 0.1N 질산은용액을 사용, 염분함량을 측정

Table 6 Reinforced concrete specimens for corrosion test of reinforcing steel

W/C (%)	NaCl(%)			Stump(cm)		
	River Sand		Sea Sand	River Sand		Sea Sand
	Yeo Joo	Dang Jin	Hae Nam	Yeo Joo	Dang Jin	Hae Nam
45	0.0	0.150	0.114	3.0	3.2	3.5
		0.072	0.052	3.0	3.2	3.5
		0.021	0.016	3.0	3.2	3.5
55	0.0	0.150	0.114	8.5	8.5	8.2
		0.072	0.052	8.5	8.5	8.2
		0.021	0.016	8.5	8.5	8.2
65	0.0	0.150	0.114	11.5	11.3	11.5
		0.072	0.052	11.5	11.3	11.5
		0.021	0.016	11.5	11.3	11.5

Table 7 Corrosion condition of specimen for each cycle

Corrosion condition	In dry oven (150°C)	In air (20°C)	In water (15°C)
Curing hours	9 hours	15 hours	24 hours

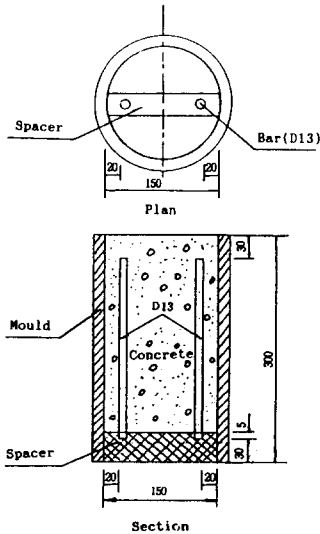


Fig. 1 Concrete cylinder mould for corrosion test of reinforcing steel

하였다.

### 2.3.2 압축강도시험

#### 1) 모르터

모르터의 압축강도시험은 KS F 2514(모르터의 압축강도에 의한 잔골재의 시험방법)에 의하여 토분함량별 산사, 염분함량별 해사 및 하천사 모르터 공시체에 대하여 각 재령별( $\sigma_3, \sigma_7, \sigma_{28}, \sigma_{90}$ )로 하였다.

#### 2) 콘크리트

콘크리트의 압축강도시험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 따라 동일한 배합조건으로 제작한 하천사, 해사 및 산사 콘크리트 공시체에 대하여 각 재령별( $\sigma_7, \sigma_{28}, \sigma_{90}$ )로 하였다.

### 2.3.3 철근부식 촉진시험

콘크리트중의 철근부식광시험은 KS F 2561(철근 콘크리트용 방청제)의 부속서 2『콘크리트중의 철근부식 촉진시험 방법』에 준하여 공시체를 28일 수중양생을 시킨 후 Table. 7과 같은 공시체의 반복시험 주기에 따라 30주기 경과 후 공시체를 파괴하여 철근부식 상태를 측정하였다.

## 3. 결과분석 및 고찰

### 3.1 산사, 해사의 품질

#### 3.1.1 비중 및 흡수율

Table. 8은 산사, 해사의 비중 및 흡수율 시험결과를 나타낸 것으로 해사(당진, 해남)의 비중 및 흡수율은 콘크리트용 잔골재로서 매우 양호한 편이고, 산사(포천, 합천)의 비중(2.52~2.55)은 양호한 편이나 씻기전 산사는 흡수율(2.57~3.14)

Table 8 Specific gravity and absorption fo pit sand and sea sand

Specimens	Pit sand(Po Cheon)		Pit sand(Hab Cheon)		Sea sand	
	Before washing	After washing	Before washing	After washing	Dang Jin	Hae Nam
Specific gravity	2.52	2.55	2.52	2.53	2.58	2.56
Absorption(%)	2.57	1.10	3.14	1.80	1.01	1.66

이 매우 커서 콘크리트 강도 및 내구성에 악 영향을 미칠 수 있으므로 이를 콘크리트용 잔골재로서 사용하기 위해서는 반드시 세척을 하여야 한다.

### 3.1.2 입도

#### 1) 입도분포

Fig. 2, 3은 산사(포천, 함천)의 입도곡선을 나타낸 것으로서 이들의 씻기전 입도곡선은 토분함량이 많기 때문에 콘크리트용 잔골재로서의 표준입도 범위를 벗어나지만 세척함에 따라서 표준입도 범위 내로 들어오는 것을 알 수 있다.

따라서 산사를 콘크리트용 잔골재로서 사용하기 위해서는 반드시 세척을 하여야 하고, 또한 동일한 씻기시험 조건으로 보면 포천시료가 함천시료에 비하여 표준입도 범위에 근접하는데 이것은 지역별, 지층별로 산사입자의 광물학적 구성성분이 서로 다르기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 4는 해사(당진, 해남)의 입도곡선을 나타낸 것으로서 당진해사는 입도분포가 양호하나 해남해사는 콘크리트용 잔골재의 표준입도 범위를 약간 벗어난다. 그러나 30번(0.60mm), 50번(0.30mm)체를 제외하면 입도분포가 양호하므로 크

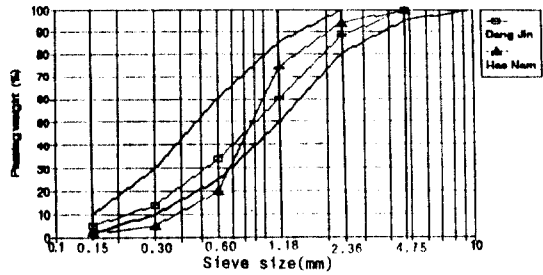


Fig. 4 Grading curve of sea sand(Dang Jin and Hae Nam)

게 문제시 되지는 않을 것으로 판단된다. 또한 해사의 입도분포는 채취지역과 장소에 따라서 크게 다르므로 가능한 한 표준입도 범위에 맞추어서 콘크리트용 잔골재로서 사용하여야 할 것으로 판단된다.

#### 2) 조립률

Table. 9는 씻기횟수별 산사 및 해사의 조립률을 나타낸 것으로 포천산사는 씻기횟수 0~4회까지는 K.S 규정치를 벗어나지만 씻기횟수 5회부터는 그 규정치 내에 들고, 함천산사는 씻기횟수 6회부터 K.S 규정치 내에 들어간다.

산사의 씻기횟수별 조립률은 씻기횟수가 많아질수록 감소하면서 K.S 규정치 내에 들어가는데 이것은 산사의 입자표면에 부착되어 있는 토분이 씻어지고, 또한 씻기시험시에 무른 입자가 과쇄되어 입경이 작아지기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 해남해사의 입도분포는 표준입도 범위를 벗어나지만 조립률은 3.05로 K.S 규정치(2.3~3.1) 내에 있으므로 표준입도 범위와 조립률의 규정치가 반드시 일치하지는 않음을 알 수 있다.

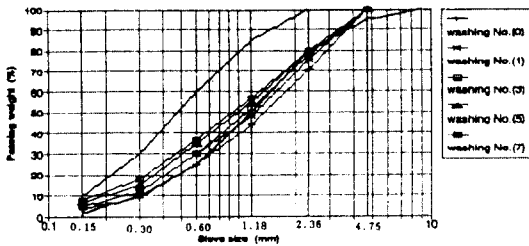


Fig. 2 Grading curve on washing number of pit sand(Po Cheon)

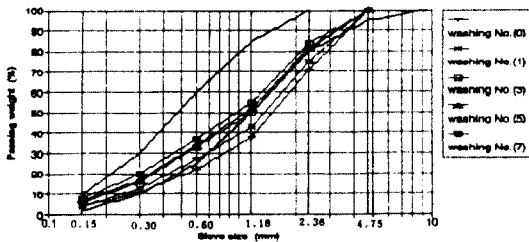


Fig. 3 Grading curve on washing number of pit sand(Hab Cheon)

Table 9 Fineness Modulus of pit sand on washing number and sea sand

Specimens	washing number									
	0회	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	
Pit Sand	Po Cheon	3.47	3.23	3.25	3.28	3.11	3.08	3.04	3.03	2.97
	Hab Cheon	3.53	3.38	3.20	3.14	3.15	3.14	3.08	2.99	2.95
Sea Sand	Dang Jin	3.03								
Sand	Hae Nam	3.05								

Table 10 Weight of pit sand passing No.200 sieve on washing number

	specimens	Washing number								
		0회	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회
Weight of pit sand passing No.200 sieve(%)	Po Cheon	6.54	3.59	3.02	2.55	2.38	2.35	2.31	2.26	2.0
	Hab Cheon	8.96	6.46	5.51	5.20	4.46	4.24	3.73	3.35	2.6

3.1.3 산사의 씻기시험과 200번체 통과량

Table. 10은 산사의 씻기횟수별 200번체 통과량을 나타낸 것으로서 포천산사는 씻기횟수 2회부터 K.S 규정치에 접근해 가며, 합천산사는 씻기횟수 6회부터 접근해 감을 알 수 있다. 따라서 동일한 시험조건에서는 포천산사가 합천산사보다 콘크리트 잔골재로서 물리적 성질이 우수하다.

3.1.4 해사의 씻기시험과 염분함량

Table. 11은 해사의 씻기횟수별 염분함량 시험 결과로서 당진, 해남시료 모두 씻기횟수 2회에서 내구성이 요구되는 구조물의 염분 허용한도 0.04% 이하<sup>(7)</sup>로 된다.

그러나 당진, 해남시료의 씻기전 염분함량은 0.114~0.150% 이므로 보통 철근 콘크리트 구조물의 염분 허용한도 0.10% 이하<sup>(7)</sup>와 큰 차가 없으므로 금후에는 해사사용 콘크리트 자체의 품질을 향상시키면 염분 허용한도를 완화하여도 철근부식을 방지시킬 수 있는 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 11 Chloride content on washing number or sea sand

	Specimens	Washing number					
		0회	1회	2회	3회	4회	5회
Chloride content(%)	Dang Jin	0.150	0.072	0.034	0.021	0.015	0.015
	Hae Nam	0.114	0.051	0.032	0.016	0.011	0.007

Table 12 Compressive strength of mortar on weight of pit sand passing No.200 sieve

specimens	Weight of passing No.200 sieve(%)	Compressive strength(kg/cm <sup>2</sup> )				
		$\sigma_3$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_{90}$	
Pit sand	Po Cheon	6.5	98( 69.0)	152( 71.4)	213( 79.8)	307( 78.9)
		3.6	102( 71.8)	176( 82.6)	239( 89.5)	360( 92.5)
		2.0	125( 88.0)	228(107.0)	257( 96.3)	396(101.8)
	Hab Cheon	9.0	97( 68.3)	130( 61.0)	164( 61.4)	240( 61.7)
		5.5	102( 71.8)	151( 70.8)	181( 67.8)	261( 67.1)
		4.2	118( 83.1)	180( 84.5)	200( 74.9)	295( 75.8)
River sand	Yeo Joo	2.6	129( 90.8)	212( 99.5)	249( 93.3)	370( 95.1)
		2.4	142(100.0)	213(100.0)	267(100.0)	389(100.0)

( ) : Compressive strength of mortar using pit sand to that of mortar using river sand

3. 2 산사의 200번체 통과량이 모르터 압축강도에 미치는 영향

Table. 12는 산사의 200번체 통과량별 모르터 압축강도를 나타낸 것으로서 포천, 합천 산사 모두 200번체 통과량, 즉 토분함량이 많을수록 압축강도 저하현상이 뚜렷히 나타나고, 토분함량 2.0~6.5%의 포천산사는 재령 28일, 90일 각각의 하천모래에 대한 압축강도 비율이 79.8~96.3%, 78.9~101.8%로 매우 양호한 값을 나타내지만, 합천산사의 경우는 토분함량 4.2% 이상부터 재령 28일, 90일 각각의 그 비율이 74.9%, 75.8% 이하로 되므로 콘크리트용 잔골재로서의 성능이 포천산사보다 떨어지는 것을 알 수 있다.

따라서 이들을 콘크리트용 잔골재로서 사용키 위해서는 반드시 세척작업을 해야 하고 구조물의 중요도 및 주변환경에 따라서 200번체 통과량 규제가 필요하다고 판단된다.

3.3 해사의 염분함량이 모르터 압축강도에 미치는 영향

Table. 13은 해사의 염분함량별 모르터 압축강도를 나타낸 것으로 당진, 해남시료 모두 염분함

량에 따른 압축강도 변화는 뚜렷히 나타나지는 않지만 염분함량이 적을수록 압축강도가 다소 증가하는 경향이 있다. 이것은 염분함량별 시료조제를 씻기시험으로 하였기 때문에 이때 200번체 통과량이 씻겨 나갔으므로, 염분함량의 감소라기 보다는 세척효과에 의해 압축강도가 증가한 것으로 판단된다.

또한 하천사 모르터에 대한 해사의 압축강도 비율은 당진해사의 경우 100.7~114.8%로 아주 양호하고, 해남해사의 경우 재령 3일, 7일시에 72.8~100.0%로 다소 떨어지나 재령 28일시에는 그 비율이 104.9~108.2%로 압축강도가 하천사 모르터보다 크며, 재령 90일시에는 그 비율이 90.0~95.9%로 약간 저하된다.

한편, 당진해사의 염분함량은 해남해사보다 많지만 골재 자체의 물리적 성질이 해남해사보다 우수하기 때문에 시험한 전 압축강도( $\sigma_3$ ,  $\sigma_7$ ,  $\sigma_{28}$ ,  $\sigma_{90}$ )는 해남해사 및 하천사보다 큰 값을 나타낸다. 따라서 본 시험결과는 해사의 염분함량과 압축강도와는 무관하다는 기존의 연구결과<sup>(8)</sup>와 일치한다.

### 3.4 산사, 해사 콘크리트의 압축강도

산사, 해사 콘크리트의 각 재령별 ( $\sigma_7$ ,  $\sigma_{28}$ ,  $\sigma_{90}$ ) 압축강도 시험결과는 Table. 14와 같다. 동일한 배합조건일 때 하천사 콘크리트에 대한 해사(당진, 해남) 콘크리트의 압축강도 비율은 94.9~108.6%로 아주 양호한 값을 나타내고, 포천산사 콘크리트는 93.0~98.7%로 하천사 콘크리트와 거의 비슷한 수준이나, 함천산사 콘크리트의 경우는 그 비율이 81.2~88.6%로 약간 떨어지는데 이것은 함천산사가 포천산사에 비하여 토분함량이 많고, 또한 콘크리트용 잔골재로서 물리적 성능이 떨어지기 때문인 것으로 판단된다.

### 3.5 해사의 염분함량과 콘크리트의 물-시멘트비에 따른 철근부식량과의 관계

Fig. 5는 해사의 염분함량과 콘크리트 공시체중의 철근부식 면적률과의 관계를 나타낸 것으로, 당진시료와 해남시료 각각의 시험결과를 조합한 것이다. 이들 관계는 일반적으로 염분함량에 따라

Table 13 Compressive strength of mortar on chloride content of sea sand

specimens		Chloride content (%)	Compressive strength(kg /cm <sup>2</sup> )			
			$\sigma_3$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_{90}$
Sea sand	Dang Jin	0.150	163(114.8)	226(106.1)	269(100.7)	420(108.0)
		0.034	160(112.7)	227(106.6)	270(101.1)	440(113.1)
		0.015	158(111.3)	233(109.4)	294(110.1)	441(113.4)
	Han Nam	0.114	128( 90.1)	155( 72.8)	280(104.9)	350( 90.0)
		0.032	131( 92.3)	164( 77.0)	289(108.2)	360( 92.5)
		0.011	142(100.0)	162( 76.1)	288(107.9)	373( 95.9)
River sand	Yeo Joo	-	142(100.0)	213(100.0)	267(100.0)	389(100.0)

( ) : Compressive strength of mortar using sea sand to that of mortar using river sand

Table 14 Compressive strength of concrete using pit sand and sea sand

Specimens		Compressive strength(kg /cm <sup>2</sup> )			Weight of pit sand passing No.200 sieve after washing (%)
		$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_{90}$	
Pit sand	Po Cheon	154(98.7)	213(97.3)	252(93.0)	2.3
	Han Cheon	127(81.4)	194(88.6)	220(81.2)	3.3
Sea sand	Dang Jin	148(94.9)	238(108.6)	275(101.5)	No washing
	Hae Nam	160(102.5)	214(97.7)	258(95.2)	
River sand (Yeo Joo)		156(100.0)	219(100.0)	271(100.0)	"

( ) : Compressive strength of concrete using pit sand and sea sand to that of concrete using river sand

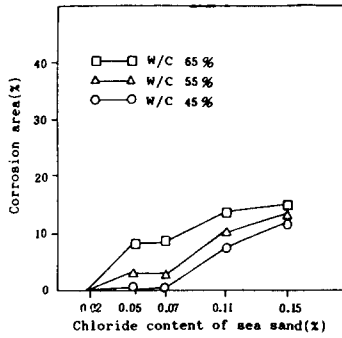


Fig. 5 Corrosion area of reinforcing steel on chloride content of sea sand

서 철근 부식면적률이 변화하지만 콘크리트의 물-시멘트비에 따라라도 철근부식량이 크게 변하는 것을 알 수 있다.

예를 들면 물-시멘트비가 55%, 65%인 경우는 염분함량 0.05% 이상부터 부식이 발생하지만 물-시멘트비가 45%인 경우는 염분함량 0.07%까지 전혀 부식이 발생하지 않고, 또한 부식면적률도 물-시멘트비가 작은 경우는 감소되는 것을 알 수 있다. 따라서 콘크리트중의 철근부식량은 염분함량이 많을수록 증가하지만 콘크리트 자체의 품질을 향상시킴으로써 철근부식을 억제 또는 방지시킬 수 있다고 판단된다.

#### 4. 결론 및 금후과제

콘크리트용 잔골재로서 해사, 산사를 활용하기 위한 본 실험연구로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 산사, 해사의 물리적 성질은 콘크리트용 잔골재로서 양호한 편이나, 자연(미세척)산사는 흡수율이 크고 입도분포가 콘크리트용 표준입도곡선을 벗어나므로 반드시 세척을 하여야 한다. 또한 해사는 입도와 조개껍질량에 약간의 문제점이 있으나 전자는 대체적으로 문제되지는 범위는 아니고, 후자는 그 제한치(5mm 이하 : 20%, 5~13mm : 4%)에 관한 기존 연구결과<sup>4)</sup>가 있으므로 사용상 크게 문제시되지는 않을 것으로 판단된다.

2) 실내 씻기시험으로 산사의 토분함량별, 해사

의 염분함량별 시료조제가 가능하며, 또한 이에 의한 토분함량 및 염분함량을 현장 세척설비에 의한 것과 비교할 수 있다.

3) 산사의 토분함량은 모르터 압축강도에 현저한 영향을 미치며, 하천사 모르터의 재령 28일 압축강도를 기준으로 한 경우 자연(미세척)산사 모르터의 압축강도는 하천사 모르터의 61.4~79.8% 밖에 발현되지 않으나 산사의 토분함량을 3.6% 이하로 줄이면 89.5~96.3%까지 증가한다. 따라서 산사를 콘크리트용 잔골재로서 사용키 위해서는 반드시 세척을 하여야 하고, 또한 토분함량을 구조물의 중요도에 따라 규제할 필요가 있다고 판단된다.

4) 해사의 염분함량에 따른 모르터의 압축강도는 뚜렷한 변화가 나타나지 않았으며, 이는 해사의 염분함량과 압축강도와는 무관하다는 기존의 연구결과<sup>8)</sup>와 일치한다.

5) 동일한 배합조건 일 때 하천사 콘크리트에 대한 해사(당진, 해남)콘크리트의 압축강도 비율은 94.9~108.6%로 매우 양호한 값을 나타내었고, 포천산사 콘크리트는 그 비율이 93.0~98.7%로 하천사 콘크리트와 거의 비슷한 수준이나 합천산사 콘크리트의 경우는 81.2~88.6%로 약간 저하되는데 이것은 합천산사가 포천산사에 비하여 토분함량이 많고, 골재 자체의 물리적 성능이 떨어지기 때문인 것으로 판단된다.

6) 일반적으로 해사 콘크리트중의 철근부식은 염분함량에 비례하며, 콘크리트 품질에 따라 크게 변화되는 것을 알 수 있다. 즉 해사 콘크리트의 물-시멘트비가 55%, 65%인 경우는 염분함량 0.05% 이상부터 부식이 발생하였으나 물-시멘트비가 45%로 저하되면 염분함량 0.07%까지 부식이 전혀 발생되지 않았으며, 또한 부식발생 면적률도 물-시멘트비가 55%, 65%인 경우보다 현저히 감소되는 경향이 있다.

7) 본 연구는 산사 및 해사를 콘크리트용 잔골재로서 적극적으로 활용키 위한 중간 연구결과로서 금후에는 산사사용 콘크리트의 내구성, 해사사용 콘크리트의 고품질화에 의한 철근의 방식, 산사 및 해사 콘크리트의 중성화에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.



## 감사의 글

본 연구는 농어촌진흥공사 농어촌연구원의 연구사업중 공사 자체자금으로 시행된 중간 연구결과로서 과제선정에서부터 연구수행에 까지 많은 도움을 주신 류기송 실장님, 연구 수행 및 방향설정에 조언을 많이 해 주신 중앙대학교 정영수 교수님과 재료·토질시험연구실 동료 직원들께도 깊은 감사를 표합니다.

## 참고 문헌

1. 대한주택공사, “해사활용기술연구”, 1991. 10.
2. 변근주, “염분이 콘크리트 제성질에 미치는 영향”, 한국레미콘공업협회 기술분과위원회, 1991. 1.
3. 김형터, “해사가 콘크리트에 미치는 영향에 대한 소고”, 대우엔지니어링기술보, 제8권, 제1호, 1991. 10, pp.38~50
4. 현석훈, “해사사용에 관한 연구”, 레미콘공업협회, 제5회 레미콘기술세미나, 1989. 11, pp.45~72
5. 신현복, “콘크리트용 잔골재로서의 해사의 이용”, 대한토목학회논문집, 제26권, 제2호, 1978. 6, pp.85~92
6. 전현우, “해사의 이용방안에 관한 연구”, 대한토목학회논문집, 제25권, 제1호, 1977. 3, pp.107~112
7. 건설부, “콘크리트 표준시방서”, 1988. 12.
8. 海砂の鹽分含有量とコンクリート中鐵筋の發錆に關する研究”, セメント・コンクリート, No. 498, 1988. 8, pp. 60~66
9. 福士勳, “海砂使用上の技術基準”, セメント・コンクリート, No. 415, 1981. 9, pp.174~181
10. 大島久次, “海砂使用に關する最近の問題點”, セメント・コンクリート, No. 372, 1978. 2, pp.2~7
11. 森茂二郎, “實用コンクリート技術(上)”, 建築技術, 1974. 1, pp.39~56
12. 狩野春一, “海砂の鐵筋コンクリート工事への利用に關する研究”, 日本建築學會論文報告集, No. 54, 1956, pp.21~40
13. 重倉裕光, 戶田靖彦, “山砂利用コンクリートに發生するきれつの原因と對策”, セメント・コンクリート, No. 301, 1972. 3, pp.9~16
14. 重倉・戶田, “山砂の利用に關する研究(その1, その2)”, 日本建築學會大會學術講演概要集, 1969. 8, pp.321~324
15. 重倉・戶田, “山砂の利用に關する研究(その3)”, 日本建築學會大會學術講演概要集, 1971. 11, 7~8
16. 柳田力・大場正男・森芳徳・坂本浩行, “海砂の利用および問題點(その1)”, 土木技術資料, 第15卷, 第2號, 1973. 2, pp.17~23
17. 大場正男・森芳徳・坂本浩行, “海砂の利用および問題點(その2)”, 土木技術資料, 第15卷, 第2號, 1973. 4, pp.8~15
18. 大即信明外4人, “鹽害(I)”, 技報堂出版, 1986. 5.
19. Neal S. Berke, “Corrosion Inhibitors in Concrete”, Concrete International, 1992. 7, pp.24~27

(접수일자 : 1993. 4. 17)