

철근콘크리트용 바닷모래의 세척효과  
 - 해수와 해사가 혼합된 철근콘크리트의 철근의 방식연구 ① -

전대회 · 강종호  
 한국해양대학 방식연구실

Washing Effects of Sea Sands for the Reinforced Concrete  
 - A Corrosion Study of the Steel in Reinforced Concrete  
 Intermixed Sea Water and Sea Sand ① -

D.H. Jeon · J.H. Kang  
 Corrosion Laboratory · Korea Maritime University

The salinity damage of the reinforced concrete is serious when the sea sand is used for the concrete. Therefore, the sea sand is must washed out to the limit of salinity for the concrete. But there were many cases recently which the unwashed sea sand used for the ready-mixed concrete owing to the lack of river sand.

This work is to find out the salinities of sea sands and the required multiples of washing water to sands for the concrete. The results are as follows:

- 1) The salinity of a dry beach sea sand is 0.153% in opposition to an immersed sea sand is 0.519% W NaCl.
- 2) The salinities of sea sands are lowered to the limit (0.04% W NaCl) when the former is washed out by the same volume of the city water and the later is by the 5 times of the water.
- 3) The salinities of the sea sands are variable according to the collected point and circumstance, the process of transportation and storage, and the salinity of a washing water.

Key ward: reinforced concrete, ready-mixed concrete, salinity of sea sand, washing city water, silver nitrate.

## 1. 서 론

주택 200만호 건설의 열기중에 자재부족으로 염분(鹽分)을 세척하지 않은 바닷모래가 등장하였고, 이것을 사용한 불량 레미콘(ready mixed concrete)

이 그 주택건설에 쓰이고 있음이 알려지자 바닷모래는 곧 큰 사회문제로 부상하였다.

신문지상에 의하면<sup>1-2)</sup> 건축물 부실공사의 가장 큰 원인인 바닷모래는 지난 80년째부터 10년이 넘도록 모래수요량의 절반이상을 공급하여 왔다고 하

며, 세척하지 않은 이러한 바닷모래를 철근콘크리트용으로 사용할 때는 강모래를 쓴 경우보다 콘크리트의 결합력이 떨어졌고 그 내부의 철근 부식이 심해서 그 콘크리트는 조기에 균열 붕괴된다고 하였다.

철근콘크리트용 바닷모래의 염분함량의 규격을 보면 한국공업규격(KS)<sup>3)</sup>에는 레미콘용 천연골재(잔골재)는 염분함도가 0.04%이하라야 하고, 주문자의 승인이 있는 경우에는 그 한도는 0.1%이하를 원칙으로 한다고 되어 있으며, 일본토목학회의 콘크리트 표준시방서<sup>4)</sup>에는 일반철근콘크리트 구조물에 쓰이는 콘크리트에서 바닷모래의 염화물 허용한도표준은 바닷모래의 절건중량(絶乾重量)에 대해서 NaCl로 환산해서 0.1%로 하고, 그 한도를 넘는 바닷모래는 수세, 기타의 방법으로 그 허용한도이하로 낮추어서 사용하도록 되어 있다.

그러나 우리나라의 레미콘 공급자는 골재의 부족과 세척시설의 미비 등으로 사전승인도 없이 염분함량이 0.1%이상인 바닷모래를 거의 세척하지 않고 레미콘에 사용해서 공급하여 왔다. 또 바닷모래의 제염작업을 하고 있는 한 직원의 말에 의하면 「바닷모래 1톤당 물 1톤으로 세척하면 염분이 0.04%이하로 떨어진다」고 하였고 다른 현장의 한 실험실직원은 「바닷모래 1톤에 물 7톤의 비율로 세척하여야만 염분이 0.04%이하로 떨어진다」고 하였다.

본보는 바닷모래를 철근콘크리트용으로 사용할때의 그 구조물 수명에 미치는 심각성을 고려해서, 바닷모래에는 염분이 얼마나 함유되어 있고, 그 염분은 얼마의 물로 세척하여야 철근콘크리트용으로 사용할 수 있는가 등을 조사 보고하려 한다.

## 2. 시료와 측정방법

### 2.1 시 료

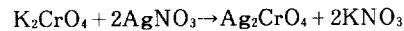
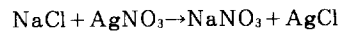
- ① 바닷물 : 해안에서 채취한 청명의 천연연안해수
- ② 바닷모래(A) : 해변에 쌓인 건조해변모래
- ③ 바닷모래(B) : 해수에 침지된 것을 풍건한 침지 바닷모래

- ④ 하천모래(A) : 모 공사장에 운반된 염분이 적은 하천모래
- ⑤ 하천모래(B) : 모 공사장에 운반된 염분이 많은 하천모래
- ⑥ 세척수 : 부산시 수돗물

### 2.2 측정방법

#### ① 시료수의 염분측정법<sup>5)</sup>

시료수에 표준질산은용액을 적하해서 다음의 반응과 같이 염화물을 염화은(AgCl)으로 침전시키는 방법을 이용하였다. 그 적정끝점의 결정은 크롬산 카뮈지시약을 사용해서 하였으며, 황색의 크롬산이온에서 적색의 크롬산은의 침전물이 생기고 그것을 육안으로 판별할 수 있는 점으로 하였다. 그리고 탈염수(脫鹽水)에 대해서 블랑크(blank)를 측정하였다.



#### ② 모래의 염분측정법

풍건모래 200g을 탈염수 200ml에 가하여 교반을 반복하면서 2시간 침지한 후 그 상징수(上澄水)를 여과하여 시료수로 하였다. 그리고 이 시료수에 대해서 ①의 방법으로 염분을 측정하여 다음과 같은 계산에 의해서 모래의 염분함량을 구하였다.

$$\begin{aligned} x \text{ ppm Cl}^- &\times \frac{200\text{ml}}{1000\text{ml}} \times \frac{1}{200\text{g}} = 0.001x \text{ mg Cl}^- / \text{g 모래} \\ &= 0.001 \times 1.648x \text{ mg NaCl} / \text{g 모래} \end{aligned}$$

#### ③ 세척모래의 시료

천연모래를 1~5배(V)\*의 수돗물에 가하고 교반, 을 몇번해서 2시간 정지한 후 여과해서 배수하고 그 세척모래를 50°C의 정온건조기에 넣어서 2시간 건조하여 풍건 세척모래를 얻었다. 이 모래시료에 대해서 위의 ① 및 ②의 방법으로 염분함량을 측정하였다.

\* 바닷모래 1ℓ는 약 1.5kg이고, 하천모래 1ℓ는 약 1.43kg였다.

3. 측정결과 및 고찰

Fig. 1은 하천모래 (RSA, RSB), 바닷모래 (SSA, SSB) 세척수(수돗물) 및 바닷물의 염분함량(%W, NaCl)을 측정 한 결과이다.

이에 의하면 하천모래의 염분(%W, NaCl)은 양 질쪽(A)이 0.00824%, 저질쪽(B)이 0.0239%이고, 바닷모래는 건조해변모래(A)가 0.153%, 침지바닷모래 (B)가 0.519%이며, 수돗물은 0.0033%, 바닷물은 3.14 %이다. 따라서 일반적으로 하천모래나 바닷모래나 말하더라도 모래의 염분함량은 그 모래의 채취 장소 와 환경, 모래의 운반과정(특히 바지로 운반하는 경 우)과 모래의 야적과정(비가 많이 온 경우, 태풍이 분 경우)등에 따라서 상당히 큰 차를 보일 것으로 생각된다.

Fig. 2는 염분함량 0.153%인 건조해변모래를 1~ 5배(V)의 수돗물로 세척하였을 때의 염분의 세척 효과를 나타낸다. 이에 의하면 바닷모래의 염분세 척효과는 대단히 크며, 바닷모래와 같은 양의 수돗

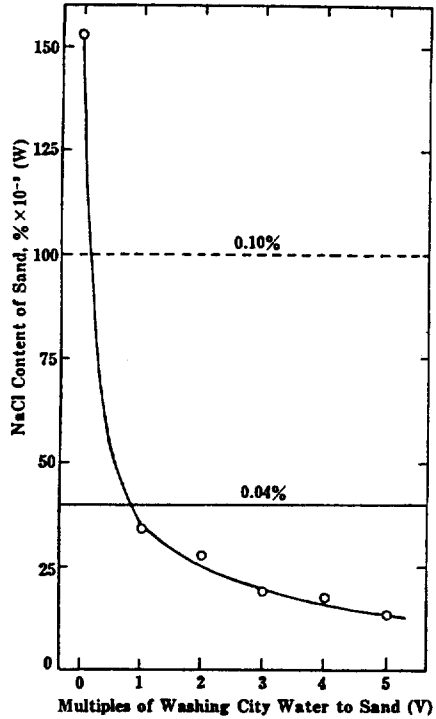


Fig. 2 Washing Effects of Beach Sea Sand(SSA)

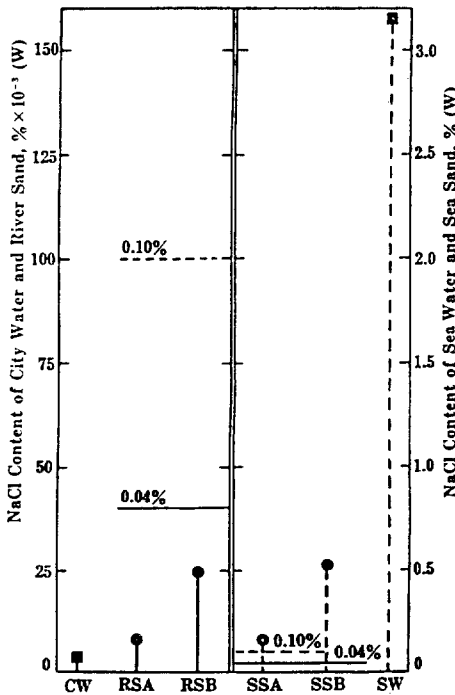


Fig. 1 NaCl Contents of Sea Waters and Sea Sands

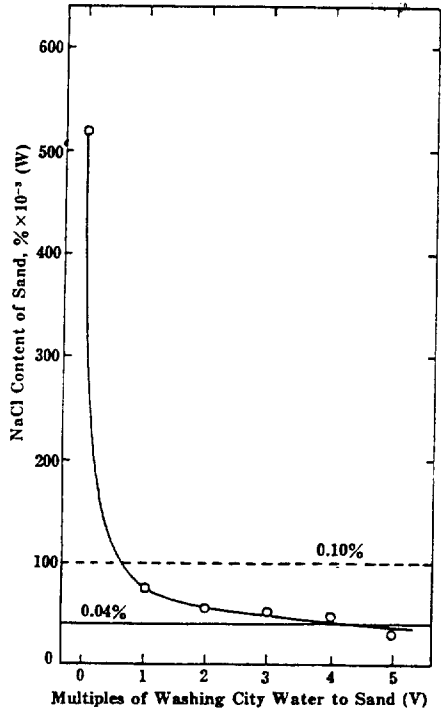


Fig. 3 Washing Effects of Immersed Sea Sand (SSB)

물로 세척할 때도 염분함량이 레미콘용 모래의 제한값인 0.04%이하로 떨어진다. 그러나 그 이상의 물로 세척해도 염분함량은 크게 줄지 않는다.

Fig. 3은 염분함량이 0.519%의 침지바닷모래를 1~5배(V)의 수돗물로 세척하였을 때의 염분의 세척효과를 나타낸다. 이에 의하면 이 모래에 대한 염분세척효과도 대단히 크나, 모래와 같은 양의 물로 세척할 때는 염분이 0.0738%로 떨어지고, 약 5배의 물로 세척할 때 비로서 0.04%이하로 떨어진다.

따라서 상술한 모 건설현장에 운반된 하천모래는 레미콘용으로 사용되어도 좋고, 바닷모래 세척작업장의 한직원이 한 말은 건조해변모래에 대해서 타당하며, 세척실험실직원의 말은 침지바닷모래에 대해서 옳다는 것을 알 수 있다. 그러므로 레미콘용으로 염분이 많은 모래를 사용하려 한다면 건조해변모래나 바다가까지의 하천모래는 같은 양이상의 깨끗한 물(수돗물 혹은 양질의 지하수)로 세척해서 사용하여야 하겠고, 바닷물이 축축한 침지바닷모래를 사용하려 할 때는 5배이상의 깨끗한 물로 세척해서 사용하여야 한다는 것을 알 수 있다. 또 깨끗한 물로 바닷모래를 세척할 때도 그 세척방법과 세척장치 등에 따라서 모래의 잔류염분이 달라질 것이므로 그 세척정도에 따라서 세척수의 비율이 조정되어야 한다고 생각하며, 모래의 운반과 야적(野積)의 과정도 모래의 염분량에 크게 영향을 미칠 것으로 생각한다.

그리고 철근콘크리트에는 그에 혼입되는 모래(골재)의 품질만이 문제로 되는 것이 아니라 그에 사용되는 자갈과 물의 품질도 대단히 중요하다. 콘크리트에 혼입하는 물의 규정을 보면 KS의 레미콘용<sup>1)</sup>에는 상수돗물이나 그에 준한 것을 사용하도록 되어 있고, 그 품질은 참고용으로 Table. 1이 제시되어 있다. 이 표에 의하면 레미콘에 혼입된 물은 염소이온한도가 150ppm(250ppm NaCl)이하이다. 또 일본토목학회의 RC시방서<sup>2)</sup>에는 철근콘크리트용 혼입수는 바닷물을 사용해서 안된다고 규정하고, 해안근처의 샘물은 바닷물이 혼입되기 쉬우므로 그 사용에 주의하여야 하며, 염소이온이 3000ppm(0.3

% NaCl)정도를 넘으면 철근이 부식될 염려가 많다고 되어 있다.

그러므로 철근콘크리트 구조물을 만들 때는 모래와 자갈의 품질 뿐만 아니라 그에 혼입되는 물의 품질도 대단히 중요하며, 그들의 품질이 좋았다고 하더라도 운반과정과 저장과정에서 많이 변할 수 있다는 것을 알아야 한다. 또 바닷모래를 철근콘크리트에 사용할 때는 그 모래를 몇배의 물로 세척하였는가가 중요하지마는 그에 못지 않게 어떤 물로 그 모래를 세척하였는가도 중요하다.

Table 1. Conditions of City Water

Article	Limit
Color	<5°
Turbidity	<2°
pH	5.8~8.5
Residual after evaporation	<500ppm
Cl <sup>-</sup>	<150ppm
Consumption of KMnO <sub>4</sub>	< 10ppm

#### 4. 결 론

하천모래와 바닷모래의 각 2종의 시료에 대해서 염분함량(%W, NaCl)을 측정하고, 그 바닷모래를 세척한 후 염분을 측정해서 세척효과등을 조사하였다. 다음은 그 연구결과이다.

- ① 염분이 적은 하천모래는 염분이 0.00824%이고, 많은 하천모래는 0.0239%였다.
- ② 건조해변모래는 염분이 0.153%이고 침지바닷모래는 0.519%였다.
- ③ 건조해변모래는 등용이상의 수돗물로 세척할 때 잔류염분이 0.04%이하로 떨어지고, 침지바닷모래는 5배이상의 수돗물로 세척할 때 0.04%이하로 낮아진다.
- ④ 모래의 염분함량은 모래의 채취장소와 환경에 따라서 큰 차이가 있고, 운반과 야적과정에서도 염분함량이 많이 변한다.
- ⑤ 철근콘크리트에는 혼입하는 모래의 염분뿐만

아니라 그에 사용되는 자갈과 용수의 염분도 중요하다.

### 〈사 례〉

이 논문은 한국과학재단의 연구지원에 의해서 이루어졌음을 밝히고, 관계자에게 사의를 표한다.

### 〈참 고 문 헌〉

- ① 조선일보, 1991년 6월 28일자 신문, 5판 23면
- ② 국제신문, 1991년 6월 28일자 신문, 3면
- ③ KS규격, F4009-1991, 레디믹스 콘크리트 1~17
- ④ 日本土木學會：コンクリト標準示方書, 昭和49年制定, 100~105(1980)
- ⑤ 전대회：보일러 물처리, 아성출판사, 136(1968)