

# 콘크리트의 표면거칠기에 따른 비래염분 침투 특성

## Properties on the penetration of airborne chlorides to the surface roughness of concrete

이종석<sup>\*</sup>      최원성<sup>\*\*</sup>      김성욱<sup>\*\*\*</sup>      이장화<sup>\*\*\*\*</sup>  
Lee, Jong Suk      Choi, Won Sung      Kim, Sung Wook      Lee, Jang Hwa

### ABSTRACT

Airborne chlorides is moved to inland by sea wind and attach to the surface of concrete then penetrated into concrete. In addition, concrete structures are greatly affected by salt attack primarily due to airborne chlorides like it can be seen through the corrosion of rebar. Therefore, it is important to review the relationship among airborne, surface and penetrated chlorides.

In this study, airborne, surface and penetrated chlorides were examined in terms of surface roughness of concrete. The results showed that penetrated and surface chlorides have close relationship with surface roughness of concrete.

### 1. 서론

대기중의 비래염분은 해풍에 의해 내륙으로 이동되고 해안 인근 콘크리트 구조물의 표면에 부착하여 내부로 침투하게 된다. 해수의 영향을 직접적으로 받지 않는 해안 인근의 콘크리트 구조물의 침투 염분량은 비래염분량에 의해 영향을 받기 때문에 비래염분량의 분포 특성에 따라 염분량도 변화하는 경향이 있다. 따라서 해안에서 측정된 대기중의 비래염분량에 비해 실제 구조물에 부착하거나 침투하는 염분은 비래염분량보다 적게 된다.

비래염분이 실제 구조물에 미치는 영향을 규명하기 위해서는 비래염분에 의해 콘크리트 표면에 부착하고 침투하는 염분의 상관관계를 파악하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 비래염분에 의해 콘크리트 표면에 부착하여 침투하는 염분량에 있어서 콘크리트의 표면거칠기에 따른 인자를 파악하고자 하였다.

이를 위하여 콘크리트 시험체를 제작하여 동해안 속초, 서해안 고창지역의 해안 현장에서 옥외노출 실험을 2년간 실시하였으며, 노출기간 1년과 2년차에서 시험체를 회수하여 표면염분량 및 표면으로부터 깊이별 비래염분 침투량을 분석하였다.

### 2. 실험개요

콘크리트 구조물의 성능저하는 일반적으로 표면에서 시작되며 지속적으로 콘크리트 내부로 진전하

\* 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원  
\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 연구원  
\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원  
\*\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 연구위원

게 된다. 그러나, 콘크리트 표면에 대한 고려는 무시되거나 비교적 작은 영향을 주는 요소라고 간주되어져 왔다. 특히 비래염분 환경에서는 콘크리트 표면의 비표면적이 클수록 표면염분량이 크게 나타날 수 있기 때문에 표면의 형상이 매우 중요한 인자가 될 수 있다.

따라서, 본 실험에서는 이러한 콘크리트의 표면조도별 염분부착 및 침투 염분량을 알아보기 위하여 3단계의 표면거칠기를 가진 시험체를 제작하여 현장에 설치하여 옥외노출 실험을 실시하였다.

또한, 현장에서의 비래염분량과 콘크리트 시험체에 부착된 염분량을 비교하기 위하여 콘크리트 시험체가 설치된 장소에 비래염분 측정장치<sup>1)</sup>를 설치하였다.

현장 시험체는 1년과 2년의 재령에서 표면부 및 깊이별 염화물량을 측정하여 동일 지점에서 측정된 비래염분량과 비교·검토하였다.

## 2.1 시험체 제작

시험체의 제작을 위한 배합은 표 1과 같다. 양생은 7일간 수중양생을 실시하고, 상온에서 7일간을 추가로 기건양생하여 현장에 설치하였다. 시험체의 크기는 10cm×10cm×10cm이며, 노출면을 제외하고 나머지 면은 에폭시로 코팅을 하여 염분의 침입을 막았으며, 노출면은 3단계의 거칠기로 제작하였다.

표 1 시험체 제작을 위한 배합표

G <sub>max</sub> (mm)	Slump (cm)	Air content (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )					
					Water	Cement	Sand	Gravel	Admixtures	
									WRA	AEA
13	10±2	4.5±1.5	62	45	164	265	804	980	0.795	0.027

## 2.2 시험체의 표면거칠기

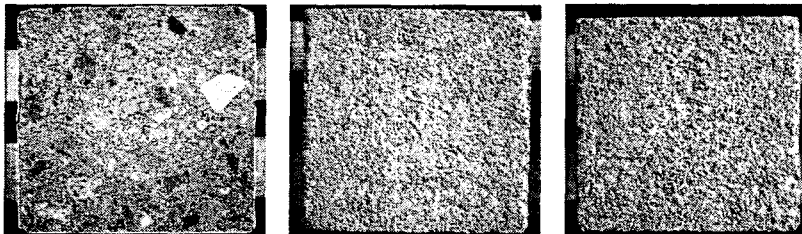
콘크리트의 표면거칠기를 측정하는 방법으로는 표면거칠기의 척도를 평균조직 깊이로 사용하는 방법, 레이저장비를 이용하는 방법, 표면의 최고점과 최저점간의 깊이와 측면에서 보는 굴곡의 형상으로 평가하는 방법 등이 있으며, 본 연구에서는 콘크리트의 특성상 높은 정밀도를 요하지 않는 평균조직 깊이로서 표면거칠기를 측정하였다.

또한, 콘크리트 시험체는 표면거칠기에 따라서 그림 1과 같이 3단계로 나누어 제조하였으며, 1단계는 표면을 연마한 것, 2단계는 흙손에 의해 마무리한 것, 3단계는 와이어브러쉬로 거칠게 마무리한 것이다.

표면거칠기 측정을 위하여 사용된 장비는 Elcometer Instruments사의 Elcometer 223 Digital Surface Profile Gauge를 사용하였다.

표면거칠기는 시험체의 10cm×10cm 노출 단면에서 약 1cm 간격으로 81개소에서 측정하였으며, 이들 값의 평균깊이를 대상 시험체의 표면거칠기로 하였다.

제작된 시험체의 각 단계별 평균 표면거칠기는 표 2와 같이 측정되었다.



(a) 1단계 매끄러운 면

(b) 2단계 보통 면

(c) 3단계 거친 면

그림 1 표면거칠기 1, 2, 3단계

표 2 시험체의 단계별 평균 표면거칠기 ( $\mu\text{m}$ )

매끄러운 면	보통 면	거친 면
200 $\pm$ 30	550 $\pm$ 50	900 $\pm$ 50

### 3. 실험결과 및 고찰

해수에 직접 접한 구조물의 표면의 경우 표면의 형상에 상관없이 일정한 농도의 염분이 지속적으로 공급될 수 있는 환경이 되지만, 비래염분의 경우 콘크리트 표면이 거칠어짐에 따라 비표면적이 커지게 되어 비래염분이 부착할 수 있는 면적이 커지게 되고, 결과적으로 콘크리트 내부로 침투될 수 있는 염분의 양이 많아지게 되는 것으로 알려져 있다.<sup>2)</sup>

이러한 가정에 대해서 현장에서 콘크리트 표면을 3종류의 거칠기로 가공한 시험체를 1년 및 2년동안 비래염분 환경에서 옥외노출실험을 실시하였으며, 그 결과를 그림 2~4에 나타내었다.

그림 2에는 비래염분량에 따른 표면염분량을 나타내었다. 비래염분량은 1일동안 10 $\times$ 10cm의 면적에서 채취된 염분을 NaCl 질량으로 나타내었으며, 단위는 mg/100cm<sup>2</sup>/day로 나타내었다. 속초와 고창의 해안지역에서 1년간 측정된 비래염분량의 범위는 약 2~11 mg/100cm<sup>2</sup>/day였다.<sup>3)</sup> 동일 위치, 동일기간 동안 옥외노출된 콘크리트 시험체로부터의 표면염분량은 비래염분량 2 mg/100cm<sup>2</sup>/day에서는 거의 검출이 되지 않았다. 그러나, 비래염분량이 약 5.5 mg/100cm<sup>2</sup>/day인 경우 표면염분량은 0.013% (NaCl 당량) 약 11.1 mg/100cm<sup>2</sup>/day인 경우에는 0.054% 정도의 표면염분이 검출되어 비래염분량과 표면염분량은 비례적인 관계에 있는 것으로 판단된다.

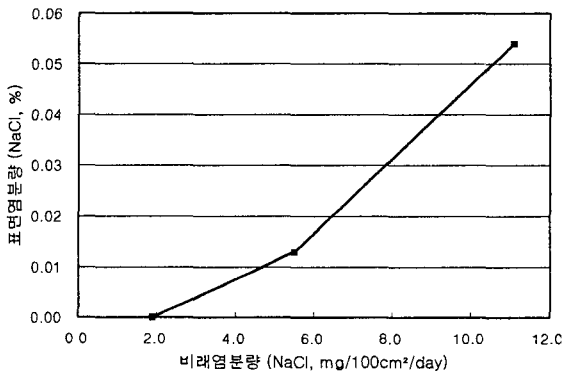


그림 2 비래염분량과 표면염분량

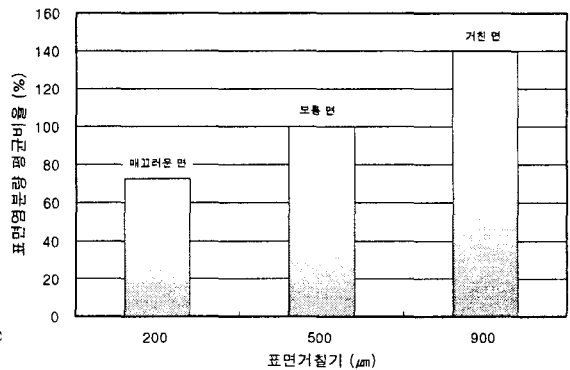


그림 3 콘크리트의 표면거칠기에 따른 표면염분량

또한, 그림 3에 콘크리트의 표면거칠기에 따른 3 세트의 옥외노출 시험체로부터 표면염분량을 측정하여 나타내었다.

표면거칠기에 따른 표면염분량(Depth 0~1.5mm)의 증감에 있어서는 표면거칠기가 보통인 경우를 기준으로 할 경우, 매끄러운 표면에서는 평균 73%까지 감소가 나타났으며, 표면이 거친 경우는 평균 140%까지 증가되는 것으로 나타났다.

즉, 동일한 비래염분이 대기 중에 존재하더라도 콘크리트의 표면상태에 따라 표면에 부착되는 염분량은 약 30~40%의 정도 차이가 나는 것으로 나타났다.

그림 4에서는 옥외노출시험 2년차에서의 비래염분 침투를 나타내었으며, 대부분의 깊이에서 표면거칠기가 거칠어짐에 따라 비래염분 침투량도 많아지는 것으로 나타났다.

따라서, 콘크리트의 표면거칠기가 비래염분 환경에서 염분의 콘크리트 침투에 관여하는 것을 확인하였으며, 비래염분에 의한 내염설계 및 유지관리에 있어 반드시 고려해야할 인자로 판단된다.

#### 4. 결론

동해안 속초 지역과 서해안 고창지역의 해안에서 1년 및 2년간 옥외노출 실험한 콘크리트 시험체에 대해 표면거칠기에 따른 비래염분 침투량을 분석한 결과, 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 본 실험의 현장조건인 대기중의 비래염분량 약 2~11 mg/100cm<sup>2</sup>/day의 범위에서 콘크리트의 표면염분량은 미미한 수준에서부터 0.054% 정도까지 비례적인 관계에 있는 것으로 나타났다.
- 2) 비래염분에 의한 콘크리트의 표면염분량은 표면거칠기가 보통인 경우를 기준으로 할 경우, 매끄러운 표면에서는 평균 73%까지 감소하였으며, 표면이 거친 경우는 평균 140%까지 증가하였다.
- 2) 옥외노출시험 2년차의 시험체에 대한 콘크리트 표면에서 깊이 35mm까지의 염분 침투량을 분석한 결과, 대부분의 깊이에서 표면거칠기가 거칠어짐에 따라 비래염분 침투량도 많아지는 것으로 나타났다.

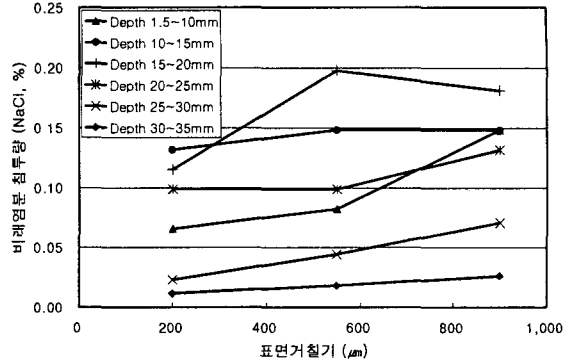


그림 4 콘크리트의 표면거칠기에 따른 비래염분 침투량

#### 참고문헌

- 1) 문한영, 이종석, "해안가 콘크리트 구조물에 비래하는 염분 포집장치 성능에 대한 연구", 대한토목학회 논문집, 제24권 제2A호, 2004, pp.417~422
- 2) Swatekititham, S., Shima H. and Okamura H. "Modeling on chloride attack in concrete structures under marine environments", Proceedings of the First International Conference of Asian Concrete Federation, Vol.2, Thailand, 2004, pp.918~928.
- 3) 이종석, 최원성, 김성욱, 문한영, "해안 지역별 비래염분량의 분포 특성", 대한토목학회 학술대회 논문집, 2005, pp. 2308~2311