

국내 해안의 비래염분량 조사결과

Air-borne Chloride Content in Domestic Marine Environment

정 해 문* 안 태 송** 류 종 현*** 안 성 순****
Cheong, Hai-Moon Ahn, Tas-Song Ryu, Jong-Hyun Ahn, Sung-Soon

ABSTRACT

Chloride ingress into concrete followed by reinforcement corrosion and deterioration of concrete structures is a major problem for many structures under chloride attacks. It is necessary to investigate the environmental conditions of concrete structures exposed to chloride attacks. In this study, the air-borne chloride contents in domestic marine environment were investigated.

1. 서 론

콘크리트 구조물의 염해는 염화물의 침투에 의한 철근부식이 그 손상 기구이므로 부식의 근원인 염화물의 출처에 대한 조사가 필수적이다. 콘크리트 제조시에 혼입될 수 있는 염화물은 이미 KS 레미콘 규정에서 최대함유량을 규제하고 있으므로, 콘크리트 구성재료로부터 기인하는 염화물의 영향은 최소한으로 배제할 수 있는 반면, 외부로부터 침투하는 염화물, 즉 해양환경에 놓인 구조물이라면 해수노출에 대한 조사와 분석 및 이에 따른 대책이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

해수는 거의 염분 농도가 일정하고, 그 영향범위인 구조물의 해수 접촉면을 명확하게 파악할 수 있지만, 해수방울이나 해염입자와 같은 비래(飛來)염분(air-borne chloride)에 대해서는 지형, 차폐물 등에 의해 비래하는 형태가 조금씩 차이가 나, 그 영향범위와 정도를 파악하기가 어려우므로, 각 해안 지역별 비래 염분량을 측정하여, 비래염분이 콘크리트 표면염화물량에 미치는 영향을 파악하여 둘 필요가 있으며, 이를 바탕으로 해안지역 구조물에 대한 적절한 내염대책을 제시해야 한다¹⁾. 일본에서는 1984년부터 3년간 전국 266개 해양환경 지점에 대한 비래염분량을 조사해 염해지역 범위를 규정하기도 하였다^{2,3)}. 저자 등⁴⁾도 국내 해양환경에 대한 비래염분량을 2000년 11월부터 전국 13개소에 걸쳐 측정 중으로 국내 해안별 6개 해안교량지점에 대한 최초 1차년도 측정결과에 대해서 보고한 바 있다.

본 논문에서는 그 이후 3개년간의 결과와 해안거리 및 해수면으로부터 높이 등의 영향에 대한 1년간의 결과에 대해서 보고한다.

2. 실험 방법

* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원
*** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 위촉연구원
**** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 원장

2.1 비래염분 측정

비래염분이란 파도가 부수어지면서 생기는 직경 약 4mm 이하의 해수방울과, 해수기포가 부서지면서 대기중으로 방출되는 3~18 μ m 정도의 해염입자 등이 해상 상승기류를 타고 바람에 의해 육지까지 날라 오는 염분을 말한다. 통상 해상에서 파도가 치는 비말대와 해안선으로부터 수십미터까지, 태풍이나 강한 계절풍이 있을 경우 수백미터 이상까지 영향을 미치는 것으로 알려져 있다¹⁾.

비래염분을 측정하기 위해서는 바다로부터 비래하는 대기중 염분을 포집하여 그 양을 측정하여야 하는데, 비래염분 포집을 위한 방법은 KS와 JIS에 규정되어 있는 거즈방식(KS D 0060 옥외 폭로 시험 방법 통칙, 참고 3 해염입자량 측정), 일본토목연구소에서 제안한 스테인레스 방식¹⁻³⁾, ISO규격의 wet candle법(ISO/TC 156), 그 밖에 deposit gauge법, dust jar법 등 많은 방법이 보고되고 있다. 본 연구에서는 KS와 JIS에 규정되어 있는 거즈방식과 일본토목연구소의 스테인레스 방식의 염분포집기를 이용해 비래염분량을 측정하였다⁴⁾.

2.2 비래염분 측정지역

비래염분측정은 국내 해안지역별로 13개 지점에서 측정하였다. 측정지점은 해안에 위치한 우리공사 관리의 교량을 중심으로 선정하였는데, 표 1에 측정지점과 측정기간을 나타내었다. 비래염분 측정은 두 시리즈로 진행되었는데, 국내 해안지역별 데이터를 얻기 위한 것(구분 I)과, 동일 지역에 대하여 해안으로부터의 거리 및 해수면으로부터의 높이의 영향을 파악하기 위한 것(구분II)이었다. 측정기간은 구분 I은 2000년 11월 설치하여 현재까지 약 3년, 구분 II는 2002년 7월에 설치하여 1년간이었다.

표 1 비래염분 측정 지점

구분	지점	해안으로부터 거리(m)	해수면으로부터 높이(m)	측정기간	
I	서해안 인천 남동구 논현동 소래교 P3	0(해상)	3	2000.11	
	경기 평택시 포승면 서해대교 주탑슬래브	0(해상)	90	~현재	
	남해안 경남 사천시 곤양면 가화천교 P1 점검로	0(해상)	10	(*2000.11 ~2002.8)	
	전남 광양시 진월면 섬진강교 P3 상부	0(해상)	3		
동해안 강원 강릉시 옥계면 주수천교 P1 상부*	1500m	-			
II	서해안	서해대교 주탑기초위	0(해상)	4	2002. 7 ~현재
		서해대교 P54 부근	0(해안선상)	2	
		서평택영업소 옥상(서해대교의 북쪽)	1000	-	
		서해대교 P23 상부(서해대교의 북쪽)	500	-	
		서해대교 P73 부근(서해대교의 남쪽)	20	-	
		송악영업소 옥상(서해대교의 남쪽)	400	-	
	동해안	강원 강릉시 옥계면 옥계항만 해안	0(해안선상)	2	
		강원 강릉시 옥계면 옥계항만 구내	500	-	

3. 결과 및 고찰

그림 1에 거즈방식과 스테인레스 방식으로 측정한 비래염분량 결과를 나타내었다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 거즈방식에 의한 포집량이 스테인레스 방식보다 큰 것을 알 수 있다. 일본 토목연구소 보고^{2,3)}에 의하면 비래염분량이 많은 지역의 경우 거즈 자체에 부착되는 염분량이 작아 과소평가될 우려가

있어 스테인레스 방식을 고안하여 제안하였다고 하였으나, 국내 해안에서 측정한 결과에서는 거즈방식에 의한 포집량이 오히려 큰 것으로 나타난 것으로 보아, 해양환경에 따라 포집방법에 따른 차이가 나타나는 것으로 생각된다. 따라서 국내 해양 환경에서는 거즈방식에 의한 비래염분포집이 보다 타당한 것으로 생각된다.

그림 2는 구분 I의 국내 해안별로 3년간 거즈방식에 의해 측정된 비래염분량 결과를 나타내었다. 대략 0.1~0.6 NaCl · mdd(일평균 비래염분량, mg NaCl/dm²/day (1dm²=100cm²))로 큰 차이는 나지 않았으나, 동해안의 주수천교가 해안선으로부터 1500m 떨어진 위치임을 고려할 때 동해안의 비래염분량이 서, 남해안에 비해 많은 것을 알 수 있다. 일본의 조사결과^{2,3})와 비교해 보면, 일본에서 염해에 의한 콘크리트 구조물 손상이 심한 곳의 연간 비래염분량이 1.0 mdd 이상, 특히 심한 곳은 10 mdd인 곳으로 나타난 것으로 보아, 국내 해안의 비래염분량은 동해안을 제외하고, 서, 남해안은 그다지 큰 영향을 미치지 못할 것으로 생각된다.

그림 3과 4는 해안선으로부터 거리와 해수면으로부터의 높이에 따른 비래염분량의 영향을 보기 위한 구분 II 시리즈의 측정결과를 나타낸 그림이다. 그림 3의 해안선으로부터의 거리의 영향을 보면, 대체로 해안으로부터 멀어질수록 비래염분량도 감소하는 결과를 보여주고 있으나, 지형에 따라 다소 차이가 나는 결과를 나타내고 있다. 즉, 서해대교 주탑을 중심으로 북쪽 해안쪽과 남쪽 해안쪽이 다소 다른 결과를 보여주고 있는데, 그림 5에 서해대교 부근의 염분포집 지점에서 보듯이, 북쪽 해안은 바다방향이 북서향으로 강한 북서계절풍의 영향을 많이 받게 되나, 남쪽의 해안은 바다방향이 북동쪽으로 북서계절풍의 영향을 거의 받지 못하기 때문으로 보인다. 따라서 서, 남해안과 같이 해안선이 복잡한 경우 해안선으로부터의 거리 뿐만이 아니라, 바다방향으로 지형적 차폐물이 존재하는지의 여부가 매우 중요하다고 생각된다. 한편, 그림 4의 서해대교에서 측정한 해수면으로부터의 높이의 영향을 나타낸 결과를 보면, 해수면으로부터의 높이에는 큰 영향이 없는 것으로 보인다. 이는 서해안의 경우 동해안과 달리 해염입자를 발생시키는 파도가 많지 않기 때문으로 보인다.

국내 해안의 비래염분 조사 결과, 해안별로 다소 포집염분량의 차이가 나타나, 동해안의 비래염분량이 서, 남해안에 비해 크게 조사되었다. 그러나, 외국 자료와 비교해 보았을 때^{1,3}) 국내 해안의 비래염분량은 그다지 큰 편이 아니며, 특히 서해안의 경우에는 해상지역이라 하더라도 해염입자를 발생시키는 파도가 많지 않으므로 비래염분에 의한 우려는 그다지 크지 않다고 생각된다. 따라서 비래염분 조

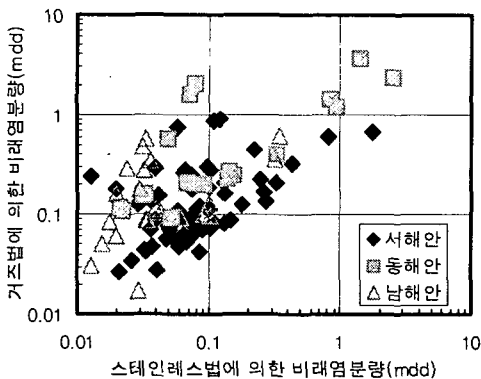


그림 3 포집방법에 따른 비래염분량 차이

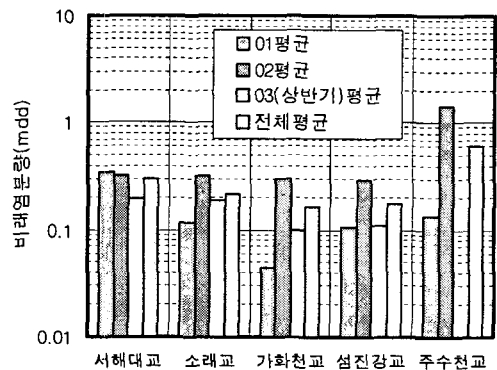


그림 4 국내 해안별 비래염분량 측정 결과 (거즈방식)

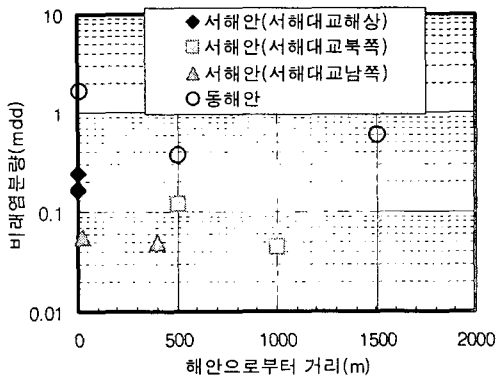


그림 5 해안으로부터 거리에 따른 비래염분량 변화 (거즈방식)

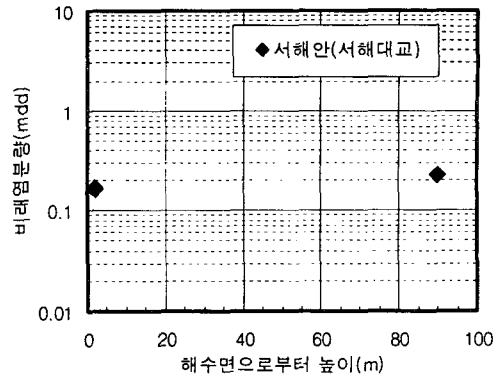


그림 6 해수면으로부터 높이에 따른 비래염분량 변화 (거즈방식)

사 결과에 의한 국내 해안별 염해 환경을 고찰해 보면, 간만이 큰 대신 파도가 작은 서, 남해안은 해상이라하더라도 비래염분의 영향이 크지 않고, 해안선이 복잡하여 지형적 차폐효과가 있으므로 해수와 접촉이 반복되는 간만대를 위주로 염해에 대한 대책을 세워야 하며, 동해안은 간만이 거의 없고 파도가 높으며 해안선이 단순해 비래염분량이 크게 나타났으므로 해상 뿐만이 아니라, 비래염분의 영향을 받는 해안 인근 지역까지도 그 영향을 고려하여 대책을 세워야 한다고 생각된다.

4. 결론

- (1) 비래염분 측정방법으로는 거즈방식에 의한 포집량이 스테인레스 방식에 의한 포집량보다 약 2배 정도 크게 나와 국내해안실정에는 거즈방식에 의한 비래염분 포집방법이 타당한 것으로 나타났다.
- (2) 국내 해안별로는 동해안이 서, 남해안에 비해 비래염분량이 많은 것으로 조사되어, 국내 해안별로 염해에 대한 설계, 시공, 유지관리시 이를 고려하여 대책을 세워야 할 것으로 판단된다.
- (3) 해안으로부터의 거리가 멀어질수록 비래염분량도 감소하는 것으로 나타났으나, 비래염분을 차폐할 수 있는 지형적 특성에 따라 차이가 나므로 이에 대한 영향을 고려할 필요가 있다고 생각된다.

참고 문헌

1. 岸谷孝一, 西沢紀昭, “塩害 (I), (II)” 技報堂, 1986.
2. 飛来塩分量全国調査(III), 土木研究所資料, 日本建設省土木研究所 1988.
3. 飛来塩分量全国調査(IV), 土木研究所資料, 日本建設省土木研究所 1993.
4. 정해문, 유환구, 류종현, 안태송, 김수만, 오병환, “해양환경에 위치한 국내 고속도로교량의 비래염분량 측정결과”, 한국콘크리트학회 2002년도 봄학술발표회논문집, Vol.14, No.1, 2002, pp.743-748.

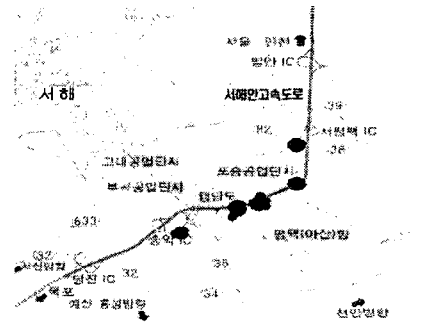


그림 5 서해대교 부근의 비래염분량 측정지점(● 표시)