

국내 서남해안의 콘크리트 표면염화물량 산정에 관한 연구

Surface Chloride Content of Concrete in Domestic West and South Coast

정 해 문* 안 태 송** 이 병 덕*
Cheong, Haimoon Ahn, Tas-Song Lee, Byung-Duck

ABSTRACT

Corrosion of reinforced concrete structures in marine environment is one of the most important mechanism of deterioration. For estimate of service-life for chloride attack, it is necessary to get exact surface chloride content. This paper reports the results of estimate for surface chloride content in domestic west and south coast.

1. 서 론

해양환경에 놓인 콘크리트 구조물은 염해로 인한 조기열화로 손상을 받을 우려가 있어, 염해에 대한 내구성 향상을 위한 대책이 반드시 필요하다¹⁾. 염해에 대한 내구성 설계 및 유지관리시 염해에 의한 열화를 예측하여 목표수명 또는 잔존수명을 추정하는데, 이때, 염화물의 공급정도를 나타내는 콘크리트 표면염화물량의 산정은 매우 중요한 요소이다. 그러나, 국내 지방사에서 추천하고 있는 표면염화물량은 일본의 자료를 인용한 것으로서^{2,3)} 국내 해양환경에서 실측한 데이터로서 구축하여 사용하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 국내 서남해안 교량 구조물로부터 실측한 염화물 침투결과로부터 표면염화물량을 산정하였고, 그 결과에 대해서 보고하기로 한다.

2. 표면염화물량 조사 방법

해양환경에서의 염해의 영향을 받는 지역을 해수가 직접 접촉하는 해상부와 비래염분의 영향을 받는 해안지역으로 구분할 수 있다. 해상부와 해안지역에 대한 구분은 해안선을 경계로 하는데, 해상부는 해수접촉부위별로 해수중부, 간만대, 비말대, 해상대기부로 구분하고, 해안지역의 경우, 염분의 비래 형태에 따라 일률적으로 정할 수는 없으나, 지금까지의 열화 및 손상에 대한 경험 및 실적, 그리고 외국의 사례 등을 참조하였을 때 해안선으로부터 300m 이내의 지역을 염해에 대한 대책이 필요한 해양 환경으로 구분한다. 본 연구에서는 국내 서, 남해안 해안지역에 위치한 고속도로 교량 11개를 대상으로 표면염화물량을 분석하였다. 이 중 7개의 교량이 해수와 직접 접촉하는 해상부에, 4개 교량이 해안으로부터 떨어진 해안지역에 위치하고 있는데, 최대 떨어진 교량은 750m였다. 해수와 직접 접촉하고

* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원

있는 해상 교량에 대해서는 해수접촉부위별(간만대, 비말대, 해상대기부)로, 해안지역 교량은 바다를 바라보는 방향에 대해서 콘크리트 코아 공시체를 직접 채취하거나, 직경 10cm의 실린더형 콘크리트 공시체를 노출시킨 것을 이용하여, 1cm 간격으로 절단한 다음, 분쇄하여 화학적정법을 이용, 염화물 분석을 실시하였다. 깊이별 염화물 침투량을 구한 후, Fick의 확산법칙을 이용해 표면에서의 염화물량을 추정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에 해상부의 콘크리트 표면염화물량 산정결과를 나타내었다. 해수접촉부위별로 구분할 때, LWL~HWL을 간만대, HWL~(HWL+파고)를 비말대, 비말대 위를 해상대기부로 구분한다. 그림에서 HWL의 아래가 간만대, HWL 0m ~ HWL +2m 정도가 비말대, 그 위가 해상대기부에 해당한다. 그림에서 보면 알 수 있듯이, 간만대 > 비말대 > 해상대기부의 순서로 표면염화물량이 높게 나타났다. 간만대 경우에는 10 ~ 32.5kg/m³ 정도로서 평균 18.5kg/m³를 나타내었고, 비말대는 1.5 ~ 8.0kg/m³ 정도로서 평균 4.5kg/m³을 나타내었으며, 해상대기부는 0.4 ~ 2.0kg/m³ 정도로서 평균 1.12kg/m³을 나타내었다. 분석당시 해수와의 접촉기간이 각교량에 따라 1.5년~12년정도였는데, 접촉기간이 길수록 표면염화물량이 증가되는 경향을 나타냈고, 해수접촉부위별 차이도 이에 기인하는 것으로 생각된다.

그림 2는 해상부에서 해수면으로부터 높이에 따른 표면염화물량을 나타낸 것이다. 국내 지방서와 일본토목학회 표준지방서에서는 해수면으로부터 높이 1m당 해안으로부터 거리 25 m에 상당하는 것으로 계산하는 것을 추천하고 있다. 결과에서 보이듯이 지방서에서 추천하는 표면염화물량 보다 작은 값을 보여주고, 해수면으로부터 약 5m 위로는 거의 유사한 값을 보여주고 있다. 그림 3은 해안선으로부터 거리에 따른 표면염화물량을 나타낸 것이다. 지방서에서 추천하는 것보다 훨씬 작은 값을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 서남해안의 비래염분량 발생이 작기 때문으로 보인다⁴⁾.

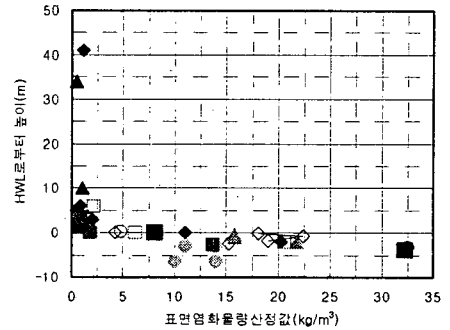


그림 1 서남해안 해상부 콘크리트 구조물의 해수접촉부위별 표면염화물량 측정 결과

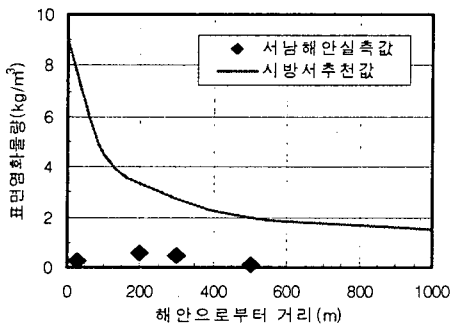


그림 2 해안으로부터 거리에 따른 표면염화물량 실측결과

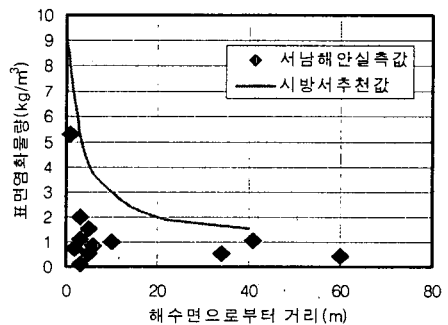


그림 3 해수면으로부터 높이에 따른 표면염화물량

표 1 콘크리트 표준시방서 내구성편, 일본토목학회 콘크리트 표준시방서의 표면염화물량 산정치(단위 kg/m³)

비말대	해안선으로부터 거리				
	해안선부근	100m	250m	500m	1,000m
13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5

표 2 ACI 365 매뉴얼의 표면염화물량 추정치(콘크리트 단위용적질량은 2,350kg/m³으로 가정)

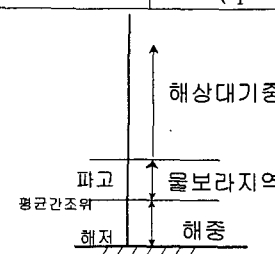
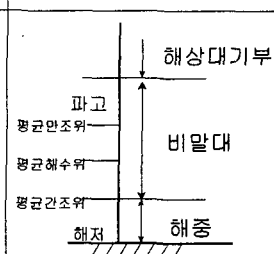
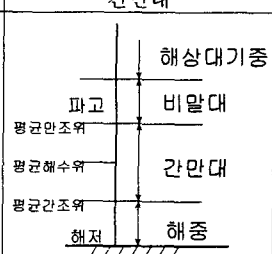
구분	표면염화물 농도 Maximum(%)
Marine splash zone	0.8(18.8kg/m ³)*
Marine spray zone	1.0(23.5kg/m ³)*
해안선으로부터 800m이내	0.6(14.1kg/m ³)*
해안선으로부터 1500m이내	0.6

중, 물보라지역으로 3가지로 구분하여 놓았고, 일본 콘크리트공학협회에서는 해중, 해상대기중, 비말대로, 일본 항만구조물 유지보수매뉴얼에서는 해중, 해상대기중, 비말대, 간만대의 4가지로 구분하고 있다. 일본과 미국의 해양환경은 조수간만의 차가 크지 않아 간만대와 비말대를 따로 구분할 필요가 없어 한가지로 구분하였으나, 국내의 해양환경은 미국이나 일본과는 다르기 때문에 외국의 환경구분을 그대로 인용하는 것 보다는 국내 해양환경에 맞추어 조정할 필요가 있다. 즉 국내의 경우에는 동해안은 미국, 일본처럼 태평양 연안으로서 조수간만의 차가 거의 없는 반면, 서남해안은 조수간만의 차가 매우 크므로 간만대를 따로 구분할 필요가 있다. 동해안은 조수간만의 차가 거의 없거나 매우 적어, 현행 콘크리트 표준시방서상의 3가지 구분을 적용해도 무방하나, 서남해안의 경우 위치에 따라서는 최대 10여미터에 이르는 큰 조수간만의 차이를 보이고, 표면염화물량도 차이를 나타내므로 간만대와 비말대를 구분해서 4가지의 환경구분을 적용하는 것이 타당하다.

한편, 표면염화물량 산정치를 일본, 미국 시방서와 비교해 보면, 간만대 부위는 일본시방서보다는 크고, ACI 기준과는 유사한 반면, 비말대 및 해상대기부는 훨씬 작은 것으로 나타났다. 이와 같은 표면염화물량 결과가 시방서에서 추천하는 것과 차이를 보이는 것은 외국과의 해양환경의 차이에서 기인

표 1^{2,3}과 2⁵)에 국내의 지침에서 정한 표면염화물량을 나타내었다. 콘크리트 표준시방서 내구성편에서 정한 값은 일본 토목학회 콘크리트표준시방서의 내용을 인용한 것이다. 우선 해수접촉부위를 보면, 국내 표준시방서에서는 해수접촉부위를 비말대와 해상대기부(해안선 부근과 해안지역)으로 구분하고 있는데, 본 연구결과로부터 보면, 국내 서남해안은 간만대와 비말대의 표면염화물량의 차이가 많이 나므로, 간만대와 비말대를 별도로 구분할 필요가 있다고 판단되었다. 표 3은 각국 지침으로부터 해수접촉부위를 구분한 것을 나타낸 것이다. 콘크리트 표준시방서와 ACI 357에서는 해양환경구분을 해중, 해상대기

표 3 각국지침에서 정한 해수접촉부위별 구분

콘크리트 표준시방서 해양콘크리트편	ACI 357	일본 해양콘크리트 구조물의 방식지침	일본 항만구조물의 유지보수매뉴얼
해중	해중 (Submerged Zone)	해중	해중
해상대기중	해상대기중 (Atmospheric zone)	해상대기중	해상대기중
물보라지역	물보라지역 (Splash zone)	비말대	비말대 간만대
			

한다고 생각할 수 있다. 우리나라 해안중, 동해안은 일본해안과 마찬가지로 바다의 수심이 깊고 파도가 높으며 조수간만이 거의 없는 반면, 서남해안은 수심이 낮고, 큰 조수간만을 보이며 파도가 높지 않은 해안환경을 보여주고 있다. 따라서 앞서 표 3에서 보여주었듯이 일본의 해수접촉부위는 조수간만이 크지 않은 대신 파도가 높으므로 비말대의 손상이 크지만, 국내 서남해안은 조수간만이 크고 파도가 높지 않으므로 간만대의 손상이 크고, 비레염분 발생이 크지 않다. 이와 같이 국내 해안중 서남해안은 일본이나 미국에서 규정한 해안환경과 차이가 많이 나타나므로 국내 실측데이터를 기초로 표면염화물량 산정치를 규정할 필요가 있고, 본 연구에서의 데이터를 바탕으로 표면염화물량을 산정값을 표 4와 같이 제안한다. 동해안과 일본해안이 유사한 특성을 보이므로 동해안은 현행 국내 지방서나 일본 토목학회 표준 지방서의 참고치를 사용하여도 좋을 것으로 생각된다. 그러나, 본 연구에서 얻은 데이터는 그 수가 많지 않으므로 향후 더 많은 데이터를 축적하여 보다 정확한 산정값을 제안할 필요가 있다.

표 4 서, 남해안지역에 놓인 콘크리트 구조물의 해수접촉부위별 표면염화물량 제안값

해안 구분	해수접촉부위	표면염화물량(kg/m ³)
서, 남해안	간만대	20.0
	비말대	5.0
	해상대기중	2.5
	해안선부근	2.5
	100m	2.0
	250m	1.5

4. 결론

염해에 대한 열화를 예측하여 목표수명 또는 잔존수명을 추정하는데, 염화물의 공급정도를 나타내는 콘크리트 표면염화물량의 산정은 매우 중요한 요소이나, 국내 실측결과가 보고되지 않아, 외국자료를 인용하여 사용하고 있는 실정이다. 서, 남해안의 교량 구조물로부터 표면염화물량을 산정한 결과, 간만대에서는 현행 지방서 추천값보다 큰 결과가, 비말대 및 해상대기부, 해안으로부터 거리에 따른 표면염화물량은 지방서 추천값보다 작은 결과가 나왔다. 이는 서남해안의 해양환경이 현재 인용하고 있는 일본의 해양환경과는 달리, 조수간만의 차가 큰 대신 수심이 낮고 파도가 높지 않아 해수접촉이 빈번한 간만대는 표면염화물량 높은 반면, 비레염분의 발생이 많지 않아 해상대기부와 해안지역의 표면염화물량은 낮은 것으로 나타났다. 이 결과를 바탕으로 국내 서남해안의 표면염화물량을 제안하였다.

참고문헌

1. 岸谷孝一, 西沢紀昭, "塩害 (I), (II)", 技報堂, 1986.
2. 건설교통부 콘크리트표준지방서 내구성편.
3. 일본토목학회 콘크리트표준지방서, 시공편, 유지관리편.
4. 정혜문, 안태송, 류종현, 안성순, "국내 해안의 비레염분량 조사결과", 한국콘크리트학회 학술발표회논문집, Vol.15, No.2, pp.67-70, 2003.
5. ACI 365, Service-life prediction.