

공용환경을 고려한 해상 강교량의 비래염분과 부착염분 특성

박광명¹ · 김인태² · 최영택³ · 유훈⁴ · 정영수^{5*}

¹석사과정, 부산대학교, 건설융합학부, ²교수, 부산대학교, 건설융합학부, ³대리, 부산시설공단, 교량관리처, ⁴책임연구원, 국토안전관리원, 안전성능연구소, ⁵연구교수, 부산대학교, 지진방재연구센터

Characteristic of Airborne Sea Salt and Deposited Salt on a Offshore Steel Bridge Considering Environmental Changes

Park, Kwang Myeong¹, Kim, In Tae², Choi, Young Taeg³, Yoo, Hoon⁴, Jeong, Young Soo^{5*}

¹Graduate Student (Master Course), Dept. of Civil Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea

²Professor, Dept. of Civil Engineering, Pusan National University, Busan, 46241, Korea

³Assistant Manager, Bridge Facilities Team, Busan Infrastructure Corporation, Busan, 47132, Korea

⁴Principal Researcher, Research Institute for Safety Performance, Korea Authority of Land & Infrastructure Safety, Jinju, 52856, Korea

⁵Research Professor, Seismic Research and Test Center, Pusan National University, Yangsan, 50612, Korea

Abstract - In this study, airborne sea salt and deposited sea salt, two important factors influencing the durability deterioration and corrosion damage of a paint system for an offshore steel bridge, were evaluated. Airborne sea salt collectors were installed on the main tower and the orthotropic deck, particularly on the onshore and offshore parts of the orthotropic steel box girder as well as the inside and outside of the web. It's necessary to consider the effects of washing by rainfall which were measured based on the characteristics of each member and location. The time-dependent deposited sea salt on offshore steel bridge were evaluated using Bresle method at an interval of one month in order to consider climate and environmental conditions. The relationship between the deposited sea salt on the structural surface with airborne sea salt was compared depending on the structural member. From the test results, the deposited sea salt of the main tower and outside web of the orthotropic deck showed a decreasing trend in spite of increased airborne sea salt by washout effect. However, those of the inside of the web were maintained due to rapidly increasing deposited salts.

Keywords - Deposited sea salt, Airborne sea salt, Offshore steel bridge, Environmental changes

1. 서론

강구조물 및 강교량의 건설과 유지관리에는 강재의 부식손상 방지와 내구성 확보를 위한 다양한 방식(防蝕) 기술이 활용되고 있다. 도장에 의한 방식법은 외부 환경과의 접촉을 차단하여 부식환경으로부터 대상물을 보호

하며, 다른 방식법에 비하여 경제성 및 효율성이 우수하다는 장점이 있어 일반적인 강구조물 및 강교량의 방식법으로 사용되고 있다. 또한 도장에 의한 방식법은 구조 형식이나 크기에 상관없이 적용 가능하고 노화 및 손상이 발생하더라도 도막의 표면처리 후 보수도장을 실시함으로써 새로운 도막을 형성하여 방식성능을 회복시킬 수 있는 장점을 가지고 있다.

대부분의 도장은 유기도막의 고분자 수지를 기반으로 하는 필름으로 대상물 표면에 형성시켜 외부충격 및 부식 등으로부터 대상물을 보호해주는 역할을 하게 되지만, 강구조물이나 강교량의 설치환경에 따라 결정되는 복합적인 부식환경 및 내구성저하 요인들로 인하여 도장 후 사용기간이 증가함에 따라 도막의 노화가 발생하

Note.-Discussion open until June 30, 2023. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on October 17, 2022; revised on November 18, 2022; approved on November 18, 2022.

Copyright © 2022 by Korean Society of Steel Construction

*Corresponding author.

Tel. +82-51-510-8517 Fax. +82-51-510-8180

E-mail. ysjung@pusan.ac.kr

게 되므로 도장의 방식 기능이 감소하게 된다.

부식 및 도막의 내구성 저하 요인 중 비래염분은 강구조물의 부식을 발생시키는 중요한 노화인자로, 특히 해상교량의 경우에는 파도의 파쇄현상에서 발생된 비말입자가 포함된 해풍의 영향을 직접적으로 받을 수 있다.

일반적으로 비래염분은 직경 약 3 μm - 18 μm 의 크기로 수분을 많이 함유하고 있으며, 영향범위는 해안선으로부터 수십 미터 이내이나, 태풍과 강한 계절풍 등에 의하여 지역에 따라서 해안선으로부터 훨씬 멀리까지 영향을 줄 수 있다. 특히 해안지대의 경우 비래염분입자가 강구조물 부식의 중요한 요인이며, 비래염분 입자가 강구조물 표면에 부착됨으로서 흡습하기 때문에 강재표면의 젖음 시간이 상대적으로 길어지게 되므로, 강재의 젖음 시간이 증가하여 강재표면에서 발생하는 부식량이 증가하게 된다^[1].

국내에서는 해안지역에 설치된 구조물의 내염대책 수립을 위하여 해안지역별 비래염분량을 분석하였다^{[2],[3]}. 일본에서는 내후성 강교량의 적용성을 평가하기 위하여 266개 해양환경 위치에 대한 비래염분량을 조사하여 해안선으로부터의 거리에 따른 비래염분량을 제시하고 있다^[4]. 하지만 강교량의 경우에는 매우 복잡한 구조형식을 가지고 있으며, 대기의 와류현상 등에 의하여 염분이 부착되는 위치, 비래염분의 영향범위와 정도를 파악하기가 매우 어렵다^[5].

신설 도장계 및 보수 도장계의 선정에 있어 가장 중요한 요소 중의 하나는 강교 주변의 환경조건이라 할 수 있다. 해상에 위치한 강교량은 산악 및 전원지역에 비해 혹독한 부식환경에 놓여 있음을 알 수 있으나, 부식환경 측정 결과에 근거한 정량적인 부식환경의 평가 및 부식환경분류(ISO 등급)는 실시되어 있지 않은 실정이다^{[6]-[8]}. 해상에 건설되는 강교량의 염분 피해를 저감하기 위하여 대기 중의 비래염분량의 평가는 필수적이다. 하지만 대기 중의 비래염분은 발생시점으로부터 교량에 도달하기까지 다양한 외부 환경조건들에 의하여 지속적으로 변동되며 정량적인 값을 산정하는데 어려움이 많다^[9]. 비래염분 전달단계에서의 계절, 풍향, 풍속, 강우 등의 기후적인 조건과 최종 도달단계에서의 구조물의 구조형태, 위치(해풍의 유입각도), 강우에 의한 세정작용 등의 외부 환경조건에 의하여 부착염분량은 달라진다^{[10],[11]}. 따라서 해상 강교량의 예방적 유지관리를 통한 장수명화를 위하여 비래염분의 분포 및 유동특성, 그리고 염분의 부착(부

착염분) 특성에 대한 명확한 규명이 필요하다.

본 연구에서는 해양환경에 노출된 강교량의 부식 환경을 분석하여, 향후 보수도장계의 선정을 포함한 유지관리 효율성 제고에 필요한 기초자료로 활용하기 위하여 해상 강교량에서 12개월간 풍향, 온도, 습도 등의 기후조건과 구조형태 및 위치에 따른 비래염분 및 부착염분을 측정하고 그 결과를 분석하였다.

2. 대상교량, 비래염분 및 부착염분 측정방법

2.1 대상교량 및 측정위치

본 연구에서 선정한 대상 교량은 부산광역시 남구 남천동과 해운대구 우동을 연결하는 해상교량으로, 현수교, 트러스교, 강박스거더교, PSC 박스거더교로 구성되어 있다. 비래염분 및 부착염분은 Fig. 1과 Table 1에 나타난 것과 같이 현수교와 강박스거더교 구간을 대상으로 하였다.

Table 1. Measured direction of each location

Location	Direction	Distance from sea level (m)	Distance from coastline (m)
PY	NW-SE	50	-
SB-G	NNW-SSE	-	100
SB-S	NNW-SSE	12	-
DB-S	WNW-ESE	30	-

본 교량의 대표적인 비래염분과 부착염분 특성을 파악하기 위한 측정위치는 주탑(PY)으로 선정하였다. 해상부와 육상부의 비래염분과 부착염분 특성을 파악하기 위한 측정위치로는 해수면에서 12 m의 해상부에 위치한 single box(SB-S)와 해안선으로부터 100 m 이격된 육상부에 위치한 single box(SB-G)로 선정하였다. 또한 상세 구조형식에 따른 특성을 파악하기 위한 측정위치는 해수면으로부터 30 m의 해상부에 위치한 double box(DB-S)로 선정하였다.

측정위치 4곳의 각 위치별로 풍향 및 교량 가설방향을 고려하여 비래염분량을 측정하였다. 그리고 온습도계를 설치하였으며, 부식환경 기준 및 계절 변화에 의한 영향을 정량적으로 평가하기 위하여 1년간 지속적으로 측정하였다.

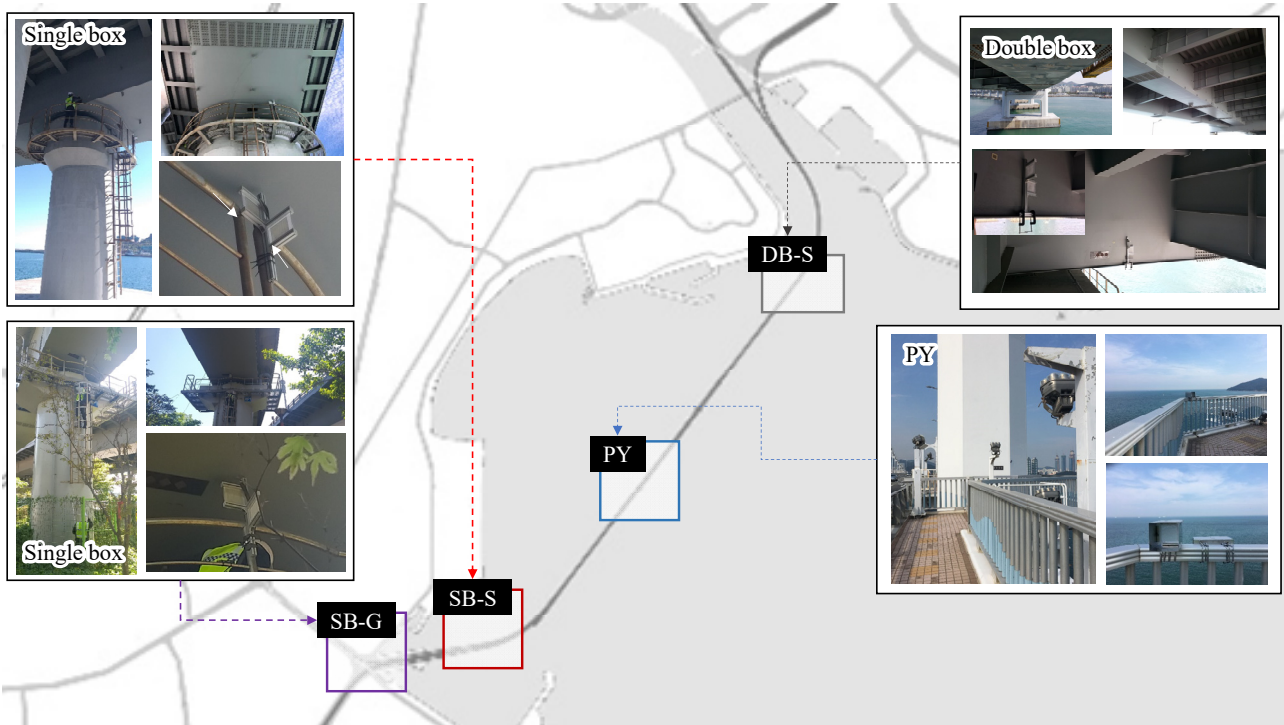


Fig. 1. Measured location of airborne sea salt and deposited salt at suspension bridge

2.2 비래염분 측정방법

일반적으로 비래염분 포집방법은 일본공업규격, 일본 토목연구소 및 ISO 9225 기준에 따라 건식 또는 습식방법을 적용하고 있다. 또한 다중방향의 비래염분 포집기를 개발하여 연구에 적용하고 있다^{[12],[13]}.

본 연구에서는 ISO 9225에 따라 건식방법인 100 mm × 100 mm 거즈를 이용하여 Fig. 2와 같이 2종류의 염분포집기를 제작하였다. 옥외에 노출된 주탑의 경우 비 또는 눈 등의 직접 영향을 차단하기 위하여 건식거즈를 포집기 박스 내부에 설치하였으며, 비 또는 눈 등의 직접 영향을 받지 않는 구조물 하부에는 포집기 박스를 설치하지 않고 탈부착이 가능하게 제작되었다. 비래염분 포집기는 각 측정지점에서 교축 방향과 교축직각 방향으로 설치하였으며, 본 연구에서는 교축직각 방향의 비래염분을 대상으로 평가를 실시하였다.

비래염분 포집에 사용한 건식거즈는 최초 증류수에 세척을 통하여 표면에 잔류하는 염소이온 등의 불순물을 제거하였으며, 포집기간은 총 12개월로 1개월 간격으로 비래염분량을 12회 측정하였다. 염화물 분석은 50 mL의 증류수로 희석하였으며, 화학분석을 통하여 일평균 비래염분량(mg/m²/day, mdd)으로 나타내었다.

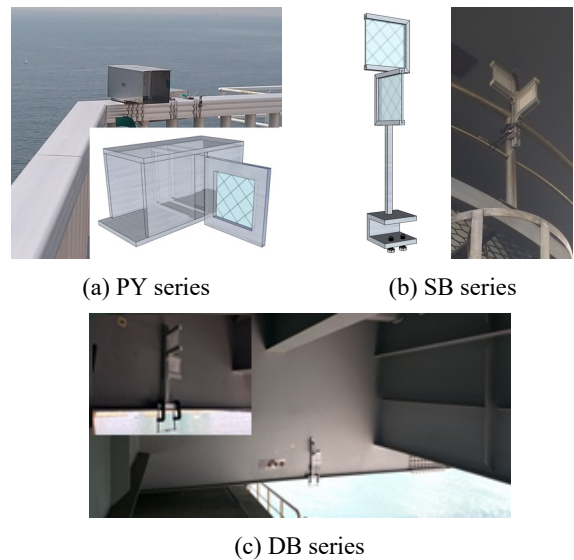


Fig. 2. Airborne sea salt collector

2.3 부착염분 측정방법

본 연구에서는 옥외에 노출되어 강우 등의 영향으로 표면에 부착된 염화물의 직접적인 세정효과가 기대되는 주탑(PY)의 4방향 및 강박스거더의 외측 웹를 선정하였다. 그리고 강우에 의한 세정효과를 기대할 수 없으며, 지속적으로 염화물의 부착이 예상되는 강박스거더의 내

측 웨브 및 하부를 대상으로 하였다.

해상 강교량의 구조 형태 및 위치에 따른 도장 표면의 누적 부착염분량을 측정하기 위해, 대상 표면을 증류수로 세정한 후 1개월 간격으로 누적 부착염분량을 측정하였다. 측정방법으로는 ISO8502-6에 따라 브레슬법을 이용하였다. 브레슬법은 Bresle patch를 측정 표면에 부착시키고 주사기를 이용하여 증류수를 Bresle patch에 주입과 추출을 반복한 후 전도도계를 이용하여 염분을 측정하게 된다. Fig. 3(b)와 같이 강박스거더의 일정한 면적을 증류수를 이용하여 표면을 깨끗하게 세정한 후 12개월 동안 측정위치를 이동하며 매일 누적 부착염분량(mg/m^2)을 측정하였다.

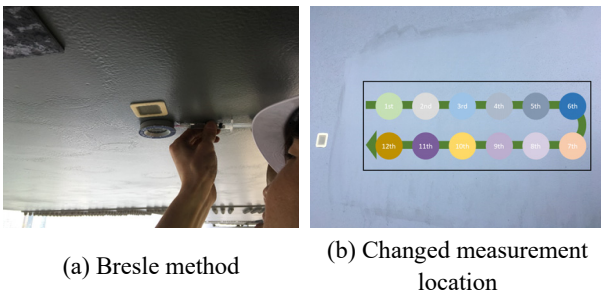


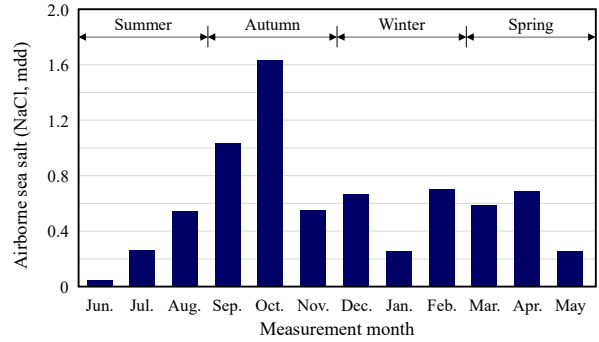
Fig. 3. Method of deposited sea salt

3. 비래염분 및 부착염분 측정결과

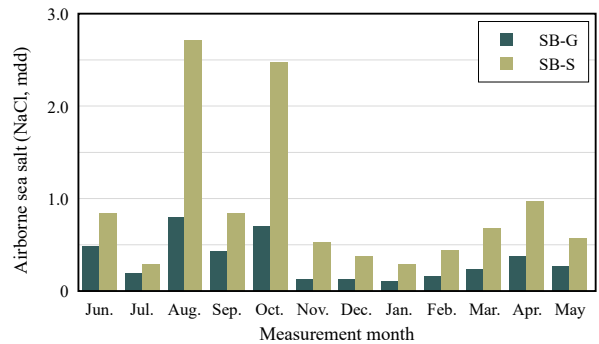
3.1 계절 및 구조형식에 따른 비래염분

대상 교량의 대표적인 위치(PY) 및 육상부(SB-G)·해상부(SB-S)에서의 월별 비래염분량을 Fig. 4에 나타냈다. 계절 및 위치에 따른 영향이 매우 크게 나타났으며, 9월~10월의 비래염분이 상대적으로 높게 나타났다. 이는 9월~10월에 발생한 태풍에 의해 파도가 높고 강풍에 의해 발생된 물보라에 의하여 비래염분이 증가한 것으로 판단된다. 또한 상대적으로 11월~1월은 한랭건조하며 내륙으로부터 불어오는 북서풍의 영향으로 비래염분량이 감소한 것으로 판단된다. Fig. 4(a)와 같이 PY에서 측정된 1년의 평균 비래염분량(0.60 mdd)에 비하여 여름철(6월~8월)은 0.47배, 가을철(9월~11월)은 1.79배, 겨울철(12월~2월)은 0.90배, 봄철(3월~5월)은 0.84배로 평가되었다.

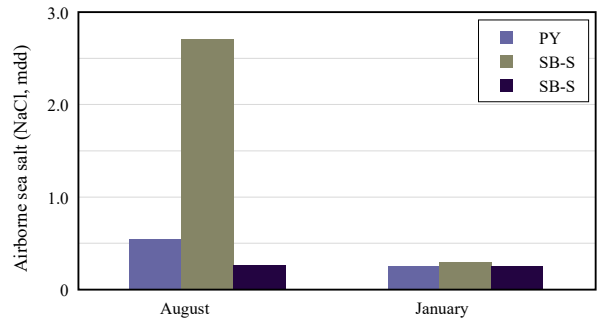
육상부(SB-G)와 해상부(SB-S)의 비래염분량을 비교하였으며, 측정기간 1년 동안 해상부에서의 평균 비래염분량(0.91 mdd)은 육상부의 평균 비래염분량(0.33 mdd)에



(a) Main tower (PY)



(b) Comparison of inshore and offshore



(c) Comparison of structure type

Fig. 4. Comparison of measured direction

비하여 2.77배로 측정되었다. 그리고 동일 기간 동안 해상부의 비래염분량은 육상부에 비하여 1.55~4.14배 크게 평가되었다.

구조형식에 따른 비래염분량 평가를 위하여 해상에 설치된 PY, single box(SB) 및 double box(DB)에서 8월과 1월에 측정된 비래염분량을 비교하여 Fig. 4(c)에 나타냈다. 강박스거더 내부에 설치된 DB-S는 구조물 외부에 설치된 SB-S보다 상대적으로 비래염분이 작은 것으로 분석되었다. 이는 double box의 내측면의 경우 해양으로부터 발생하는 비래염분이 바람에 따라 이동하며 와류현상으로 인하여 포집기로 전달되는 비래염분이 상대적으로 적은 것으로 판단된다.

3.2 위치 및 구조형식에 따른 부착염분

강교량의 표면 부착염분은 강우의 영향을 받는 부재에서 강우 영향이 없는 부재에 비해 상대적으로 작을 것으로 예측된다. 이는 강우에 의한 강구조 표면의 세정작용으로 부착염분이 감소하기 때문이다.

월별 강수량과 구조형식 및 외부 환경요인에 따른 부착염분 측정결과를 Fig. 5에 나타냈다. 먼저 Fig. 5(a)에 나타난 것과 같이, 강우에 의한 직접적인 세정효과로 인해 주탑(PY)의 경우 1년간 월평균 부착염분량은 1 mg/m^2 - 67 mg/m^2 이고, 10월에 태풍에 의하여 급격하게 증가하였다. 하지만, 측정 기간의 증가에 따른 부착염분량 축적 및 뚜렷한 증가 경향은 확인되지 않았다. 이는 주탑 표면에 부착된 염분이 강우에 의해 세정되어 지속적으로 축적되지 않으며, 표면에 염분이 일정량 이상 축적될 수 없는 것에 기인한 것으로 판단된다. 한편 Fig. 5(b)와 같이 육상부 SB-G의 누적 부착염분량은 해양측 웹, 육상측 웹 및 박스거더 하면에서 위치에 따른 뚜렷한 차이는 발생하지 않으며, 부착염분량은 126 mg/m^2 이하로 지속적인 부착 및 세정이 발생하는 것으로 나타났다.

해상부 SB-S의 부착염분량은 측정기간의 증가에 따라 누적되지 않고 303 mg/m^2 이하로 분포하고 있다. 하지만 강박스거더 하면과 육상측 웹의 누적 부착염분량은 측정기간의 증가에 따라 초기에 증가하다가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 또한 해상구간 DB-S 누적 부착염분량은 지속적으로 증가하는 경향을 나타냈으며, 누적 부착염분량은 육상측 웹이 가장 높고 그 다음으로 강박스거더 하면에서 높게 측정되었다. 상기와 같은 결과에 따라 double box(DB)의 강박스거더 내측면 웹에는 세정효과를 기대할 수 없으며, 지속적으로 염분이 부착되어 도장의 손상을 초래할 것으로 예상된다.

3.3 비래염분과 부착염분의 상관관계

강재 도장표면에 부착되는 비래염분량은 표면 거칠기가 높아질수록 증가하는 것으로 보고되고 있다^[14]. 대기 중의 비래염분량과 비교하여 실제 구조물 표면에 부착되는 양은 다르게 나타나고 있으며^[15], 구조물 방식설계를 위한 부착염분량 산정이 중요하나 실제 부착되는 염분량이 다양한 조건에 따라 변화되므로 정량적인 값으로 제

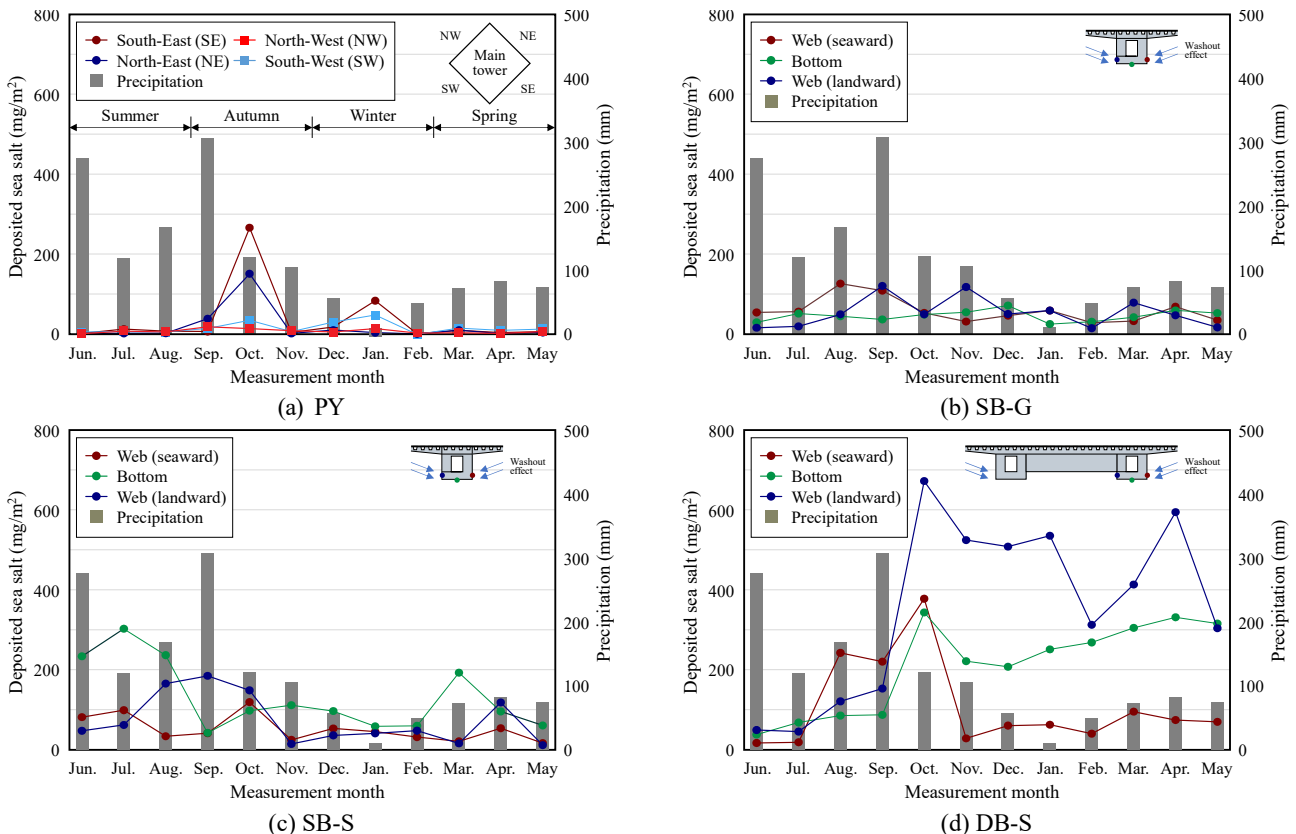


Fig. 5. Deposited sea salt depending on structural type and location

시하는 것은 매우 어렵다. 따라서 비래염분과 부착염분의 상관관계는 비래염분에 의한 강구조물 도장열화 손상의 예측에 중요한 지표가 된다.

강우에 의한 세정효과를 기대할 수 없으며, 구조부재에 의하여 장애물의 영향을 받는 DB-S 내측면과 강우에 의한 세정효과를 기대할 수 있으며, 구조부재에 의하여 장애물의 영향이 없는 SB-G 및 SB-S 외측면을 대상으로 6월 및 3월에 대하여 도장표면의 염분 부착특성을 평가하였다. 지속적인 세정효과와 염분이 부착되는 SB-G 및 SB-S의 경우에는 해양에서 비래염분량의 약 10% - 30%가 도장표면에 부착되었다. 하지만 분진 등 이물질이 부착되기 쉬우며 강우에 의한 세정효과를 기대하기 어렵고 구조물에 의한 장애물의 영향을 받는 DB-S는 약 100% - 250%가 도장표면에 부착되었다.

부착염분의 특성은 구조물의 위치(해상부, 육상부) 및 구조형식(강우에 노출 여부)에 의하여 변동이 크게 나타났으며, 동일방향에 대하여 구조부재에 부착되는 부착염분과 비래염분과의 관계를 Fig. 6에 나타냈다. 지속적으로 옥외에 노출되어 강우에 직접적인 영향을 받는 주탑

(PY), 육상부(SB-G) 및 해상부(SB-S)의 경우에는 총 비래염분은 지속적으로 증가하고 있으나, 강우에 의한 세정작용으로 도장표면에 부착되는 부착염분은 증가하지 않았다. 하지만 DB-S 내측면 웨브의 경우 총 비래염분이 다른 측정위치보다 상대적으로 적음에도 불구하고 부착염분은 지속적으로 증가와 감소를 반복하고 있다. 이는 구조물 자체가 해풍 흐름에 대한 장애물이 되어 DB-S 내측면의 부착염분이 지속적으로 증가된 것으로 판단된다.

4. 공용환경에 따른 비래염분 및 부착염분

4.1 첫음시간

구조물 표면에 부착되는 부착염분은 풍향, 해안의 형상 및 비래염분 뿐만 아니라 도장표면에 응축되는 시간에 따라 다양하게 변화할 수 있다. 염분 등의 부착으로 오염된 강재 표면에서는 상대습도 33% 이상의 비교적 낮은 습도에서 물 분자 흡착으로 수막이 형성된다^[16]. 또한 도장표면은 상대습도에 따른 수분의 흡착과 염분의 조해

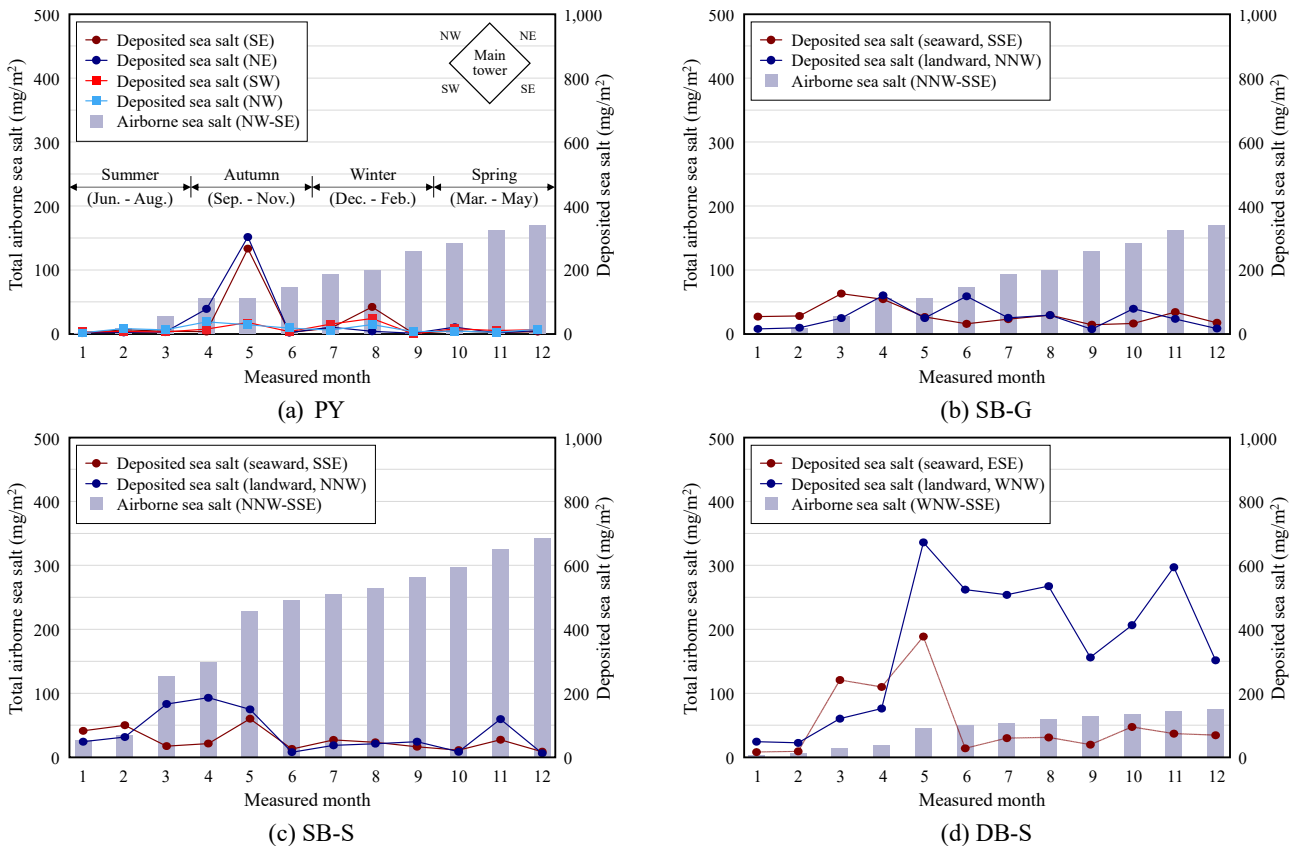


Fig. 6. Comparison of airborne sea salt and deposited sea salt depending on structural type and location

현상(염분이 공기 중의 수분을 흡수)에 의하여 표면의 수막이 증가하게 되며, 수막두께는 부착염분에 비례한다.

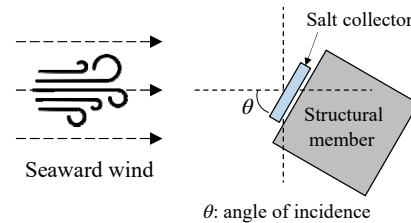
젖음시간은 상대습도가 80% 이상이고 온도가 0°C 이상인 시간으로 정의되어 있으며, 각 위치별 설치한 온습도계에 측정된 온도 및 상대습도 측정결과를 이용하여 1개월 간의 젖음시간을 산출하였다. 강우 세정효과를 고려한 주탑, 강박스거더 하면과 DB 내측면 웹에서 측정된 부착염분과 젖음시간의 상관관계를 Fig. 7에 나타냈다. 강우의 직접적인 영향을 받아 강우에 의한 세정효과가 발생하는 주탑 및 강박스거더 외측면 웹의 경우에는 초기 700 mg/m²까지 염분이 부착되었으며, 강우에 의한 세정 및 젖음시간의 증가에 따라 400 mg/m² 또는 200 mg/m² 이하로 크게 감소하였다. 특히 강박스거더 표면에서는 강우에 의한 세정효과에 의해 부착염분량이 약 70% 감소하였다.

하지만 강우의 직접적인 영향을 받지 않는 강박스거더 하면 및 내측면 웹의 경우에는 젖음시간이 증가함에 따라 부착염분은 지속적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 따라서 해상 강교량의 도장계의 장수명화를 위하여

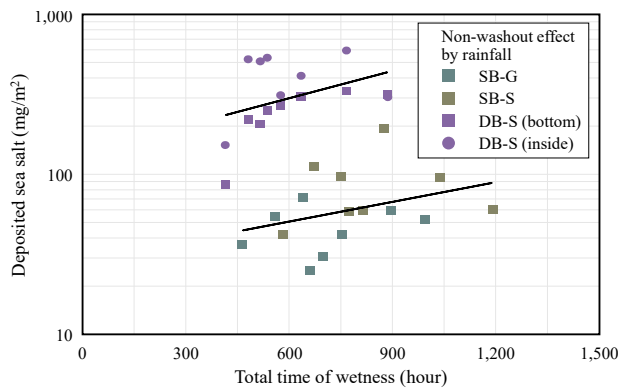
강박스거더의 내측면 웹과 하부 등은 지속적인 물 세척 등의 유지관리 대책이 요구된다.

4.2 풍향·풍속

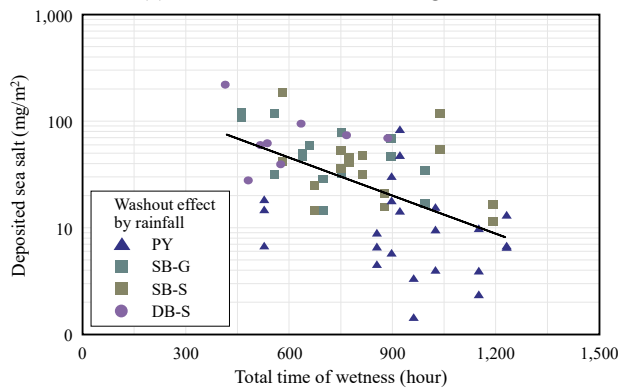
대상교량의 풍향 및 풍속 결과를 이용하여 부착염분량을 비교 및 분석하였다. 일반적으로 풍속은 보퍼트 풍력 계급(Beaufort wind force scale)으로 표현하게 되며, 풍향 및 풍속은 1분간의 평균 풍향 및 풍속을 산출하여 16방위를 기준으로 해당 기간 동안 방향별 풍향 출현 빈도와 풍향별 풍속계급 빈도를 분석하였다. 대상교량 주변의 지배적인 평균 분당 풍향은 매일 변화하고 있으며,



(a) Wind direction and angle of incidence

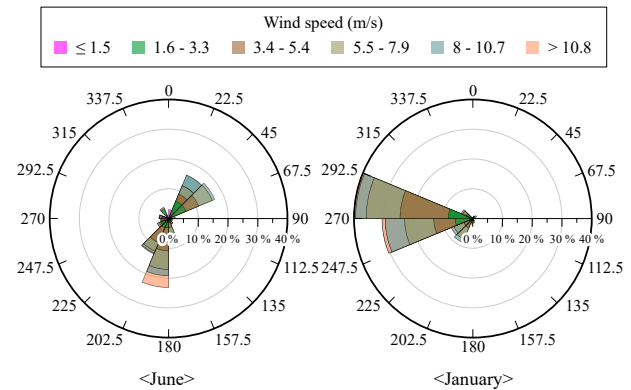


(a) Inside and bottom of box girder

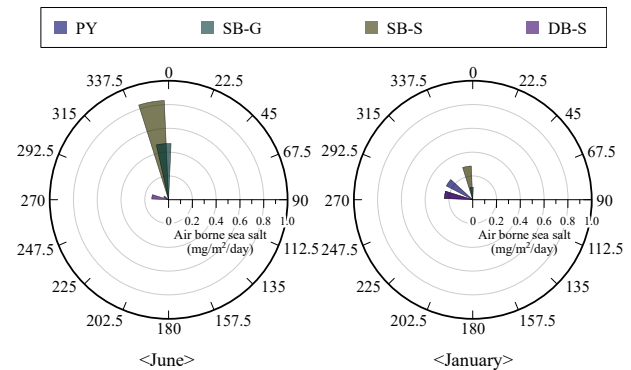


(b) Main tower and outside of box girder

Fig. 7. Relationship between tow and deposited sea salt



(b) Wind direction and velocity



(c) Airborne sea salt

Fig. 8. Relationship between wind direction and airborne sea salt

겨울(12월~1월)에는 주로 북서풍, 가을(9월~11월)은 북서풍과 북동풍, 여름(6월~8월)은 남서풍과 북동풍이 지배적인 것으로 나타났다.

도장표면에 부착되는 염분은 풍향(바람의 입사각) 및 풍속에 따라 변화할 수 있으며, 태풍 등의 기상영향이 상대적으로 적은 6월 및 1월의 비래염분 포집기 설치방향 방위와 구조물 구조부재의 방위에 따른 염분 측정결과를 Fig. 8에 나타냈다.

Fig. 8(a)와 같이 비래염분 포집기 설치방향의 방위와 풍향이 동일할 경우에 입사각 0°로 정의하였다. 입사각이 0°인 DB-S를 기준으로 비래염분량의 비율을 산출하였으며, 입사각 60° 이상인 경우에는 입사각의 영향이 미미한 것으로 평가되었다. 입사각 30° 이하의 경우에는 0°와 유사하였으며, 60° 이하의 경우 비래염분은 약 20 % 감소하였다.

5. 결론

본 연구에서는 12개월간 풍향, 온도, 습도 등의 기후조건과 구조형태 및 위치에 따른 해상교량의 비래염분과 부착염분 특성을 분석하였으며, 젖음시간과 부착염분의 상관관계 및 풍향/풍속과 비래염분의 관계를 평가하였다. 본 연구의 결과를 정리하면 아래와 같다.

- (1) 비래염분량은 계절 및 위치에 따른 영향이 매우 크게 평가되었으며, PY에서 측정된 1년의 평균 비래염분량(0.60 mdd)에 비하여 여름철(6월~8월)은 0.47배, 가을철(9월~11월)은 1.79배, 겨울철(12월~2월)은 0.90배, 봄철(3월~5월)은 0.84배로 평가되었다.
- (2) Double box(DB-S) 내측면의 총 비래염분량이 다른 측정위치보다 상대적으로 적음에도 불구하고 구조물 자체가 해풍 흐름에 대한 장애물이 되어 부착염분량은 지속적으로 증가와 감소를 반복하고 있으며, 도장표면에 부착되는 부착염분량은 투과형 재료인 건식거즈를 통하여 측정된 비래염분량보다 약 11.43배~24.07배 증가하였다.
- (3) 풍향에 따른 비래염분량 및 부착염분량은 입사각 60° 이상인 경우에는 입사각의 영향이 미미하며, 입사각 30° 이하의 경우에는 입사각 0°와 유사하게 나타났다.

본 연구결과로부터 공용환경에 따라 비래염분량 및 부착염분량과 도막노화속도 간의 상관관계를 활용한다면, 향후 교량 장수명화를 위한 보수도장 시기 선정에 포함 한 유지관리 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다. 그리고 교량의 가설위치(해양, 하천, 내륙, 산간지방), 구조형식 및 도장계 등의 마감재 종류를 고려한 비래염분의 분포 및 유동특성, 그리고 염분의 부착(부착염분) 특성에 대한 추가적인 실험적 연구가 필요하다고 사료된다.

감사의 글

이 과정은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

참고문헌(References)

- [1] Kim, I.T., and Itoh, Y. (2007) Corrosion Durability Evaluation of Uncoated Structural Steel Using Accelerated Exposure Tests, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.19, No.1, pp.79-86 (in Korean).
- [2] Moon, H.-Y., and Lee, J.-S. (2004) A Study on Performance of Devices for Measuring the Sea-Salt Flying to the Concrete Structures in the Seashore, *Journal of the Korean Society of Civil Engineering*, KSCE, Vol.24, No.2A, pp.417-422 (in Korean).
- [3] Lee, C.S., and Kim, M.W. (2013) Development of Maintenance Simulation System and Prediction of Chloride Ion Permeation for Marine Concrete Structures, *Journal of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, Vol.17, No.1, pp.64-75 (in Korean).
- [4] Nishikawa, K., and Tanaka, Y. (1993) *Nation-Wide Investigation on Air-Borne Chloride (4): Relationship Between Geographical Distribution of Air-Borne Chloride and Wind*, Public Works Research Institute, Japan (in Japanese).
- [5] Lee, J.S., Choi, W.S., Kim, B.W., Ahn, K.H., and Lee, J.H. (2006) *Long Term Measurement of Air-borne Chlorides and Durability of Concrete Mixed with Sea Sand* (KICT 2007-105), Korea Institute of Construction Technology, Korea (in Korean).
- [6] Lee, C.Y., and Kim, Y.S. (2013) Quantification of

- Deterioration Degree Evaluation for Steel Bridge Coatings, *Magazine of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, Vol.17, No.2, pp.36-44 (in Korean).
- [7] Ha, M.-G., Jeong, Y.S., Park, S.H., and Ahn, J.-H. (2019) Evaluation of Relative Corrosion Rate Depending on Local Location and Installation of Structural Member in Steel Water Gate, *Journal of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, Vol.23, No.7, pp.16-24 (in Korean).
- [8] Jeong, Y.-S., Kim, M.-J., Jeon, S.-H., Ahn, J.-H., and Kim, I.-T. (2019) Suggestion of Deterioration Curve for New-Type Coating on Atmospheric Environment by Acceleration Corrosion Test, *Journal of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, Vol.23, No.2, pp.75-83 (in Korean).
- [9] Jeong, Y.S., Choi, Y.T., Lee, T.G., and Kim, I.T. (2019) Evaluation for Characteristic of Airborne Sea Salt Depending on Setting Direction of Accumulator on Offshore Steel Bridge, *Proceedings of the 30th Anniversary Conference of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, pp.47-48 (in Korean).
- [10] Ha, M.-G., Heo, C.-J., and Ahn, J.-H. (2022) Evaluation of Surface Chlorides on Steel Structure Members Depending on Installation Shape, *Proceedings of Annual Conference of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, pp.259-260 (in Korean).
- [11] Jeong, Y.S., Lee, T.G., Kim, Y.B., Choi, Y.T., and Kim, I.T. (2022) Removable of Sea-Salt Deposited on Paint of Offshore Steel Bridge by Water Washing and Abrasive Blasting Surface Treatment, *Proceedings of Annual Conference of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, pp.257-258 (in Korean).
- [12] Iwasaki, E., Kojima, Y., Takatsu, S., and Nagai, M. (2010) Relation Between the Amount of Airborne Salt and Setting Direction of the Airborne Salt Accumulator, *Journal of Structural Engineering A*, Japan Society of Civil Engineers, Vol.56A, pp.616-629 (in Japanese).
- [13] Cho, G.-H., Ahn, J.-C., Kim, W.-J., and Park, D.-C. (2012) An Analysis of Incoming Salt in Pusan and Incheon Region According to Direction and Distance, *Proceedings of Conference of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, AIK-RA, pp.479-480 (in Korean).
- [14] Takebe, M., Ohya, M., Hirose, N., Ochibe, K., and Aso, T. (2012) Contribution from Deicing Salt to Chemical Composition of Salt Supplied to Area Under the Brides, *Journal of Japan Society of Civil Engineers Ser. A1 (Structural Engineering & Earthquake Engineering)*, JSCE, Vol.68, No.2, pp.314-324 (in Japanese).
- [15] Cho, G.H. (2014) *Calculation of the Airborne Chloride Amount on the Surface of Construction Material through the Quantification of Airborne Chlorides*, Ph.D. Dissertation, Korea Maritime & Ocean University, Korea (in Korean).
- [16] Oshikawa, W., Shinohara, T., and Motoda, S. (2003) Estimation of Chemical Composition and Thickness of Water Film of Moist Strong Electrolyte Solution, *Zairyo-to-Kankyo*, Japan Society of Corrosion Engineering, Vol.52, No.6, pp. 293-298 (in Japanese).

요약: 본 연구에서는 해상 강교량 도장계의 내구성 저하와 부식손상의 주요 영향 인자인 대기 중에 포함된 염분량을 평가하였다. 비레염분 포집기는 강우에 의한 세정유무 효과를 고려하기 위하여 주탑 및 강박스거더 내부, 해상부 및 육상부에 설치하여 부재별 및 위치별 특성을 고려하여 해상 강교량의 비레염분을 측정하였다. 또한 기후조건과 환경조건을 고려하여 부착염분 평가를 위하여 측정 위치를 이동하여 매월 누적 부착염분량을 평가하였다. 구조부재별 측정된 부착염분과 비레염분과의 상관관계를 비교 분석하였다. 주탑 및 박스거더 외측면의 부착염분은 강우에 의한 세정효과에 의하여 비레염분량이 지속적으로 증가함에도 불구하고 부착염분량은 감소하였다. 하지만 박스거더 내측면의 부착염분은 급격하게 증가 후 일정 수준을 유지하였다.

핵심용어: 부착염분, 비레염분, 해상 강교량, 공용환경
