橋梁桁内での付着塩類の蓄積と洗い流し効果について

松江工業高等専門学校　正会員○武邊　勝道
正会員　大屋　誠
西日本旅客鉄道株式会社　非会員　願永　留美子
松江工業高等専門学校　学生会員　安達　良
学生会員　大田　隼也
松江工業高等専門学校　学生会員　北川　直樹
株式会社イズコン　非会員　安食　正太
株式会社古川コンサルタント　正会員　古川　貴士
株式会社ウエスコ島根支社　正会員　松崎　靖彦
山口大学大学院　正会員　麻生　稔彦

1. はじめに

飛来塩分量と耐候性鋼材腐食の関係性については，これまで広く研究されており，橋梁で用いる耐候性鋼材や仕様の選定基準として建設予定地域の飛来塩分量は広く活用されている[1)]．しかし，鋼材の腐食と直接関係するのは飛来塩分ではなく鋼板に付着している付着塩分であることから，実橋での鋼材腐食を考える際には，鋼板に付着した塩類の挙動についても十分な知見を得ておく必要がある．本研究では，付着物の拭取りが容易な塗装橋梁を対象に，付着塩類組成の季節および降雨による変化について調査した．

2. 調査概要

分析対象は，島根県松江市の大橋川にかかる塗装橋梁で，‘97 年 9 月に塗装の塗り替えが施されたものである．この橋梁の内桁の web および flange 上面の付着塩類の分析を行った．付着塩類は，ガーゼ拭き取り塩素イオン検知管法と同様の方法[2)]で鋼板表面をガーゼで拭取ることにより採取した．ただし，付着物はイオン交換水に溶かした後，イオンクロマトグラフィーで分析した．最初に付着塩類を採取したのは’06 年 1 月で,その後,同一鋼板面から 3 ヶ月おきに付着物を採取した．
また，7 月 18 日～19 日の集中豪雨の前後に，隣接する鋼板面の付着物の採取を行い，そのイオン組成を比較した．

表－1　Cl^-の付着量（mg/m²）

拭き取り日	web	flg.
‘06 年 1 月(8 年 4 ヶ月分)	92.4	603
‘06 年 4 月(3 ヶ月分)	60.1	435
‘06 年 7 月(3 ヶ月分)	3.4	49.7
‘06 年 10 月(3 ヶ月分)	12.9	111
‘07 年1月(3 ヶ月分)	49.3	331

3. 結果

3.1. 付着塩類組成

対象橋梁の付着物は Cl^-，Na^+，SO_4^{2-}，Ca^{2+}に富んでいる(図－1～4)．Cl^-と Na^+，SO_4^{2-}と Ca^{2+}にはそれぞれ正の相関関係があり，その相関直線の傾きは 1（電気等量比）に近い値を示す(図－1)．

表－1および図－3に付着塩類組成の季節変化を示す．分析した中では，’06 年 1 月に採取した付着塩類量が最も高い値を示す．それ以後では，春期および冬期に付着量が高く，夏期および秋期に低い．’06 年 1 月に採取した付着物は，それ以降に採取した物に比較して SO_4^{2-}と Ca^{2+}に富んでおり，その傾向は特に flange で顕著である．図－4は豪雨前後の付着塩類組

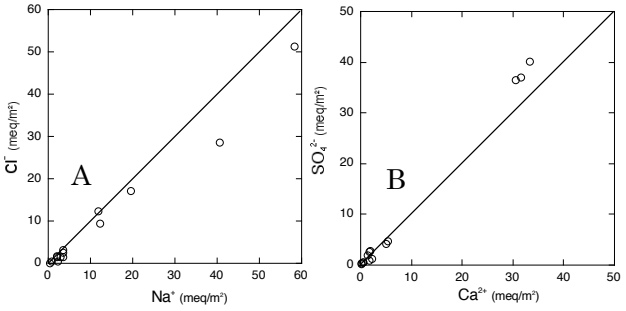


図-1　付着イオンの相関図.
A: Cl^- vs. Na^+, B: SO_4^{2-} vs. Ca^{2+}

キーワード　耐候性鋼，付着イオン，洗い流し効果
連絡先　〒690-8518　島根県松江市西生馬町 14-4　松江工業高等専門学校　TEL　0852-36-5182

成の比較である．Cl^-と Na^+の付着量は豪雨前に比べて，豪雨後に減少する．一方で，SO_4^{2-}と Ca^{2+}の付着量は豪雨前後であまり変化しない．

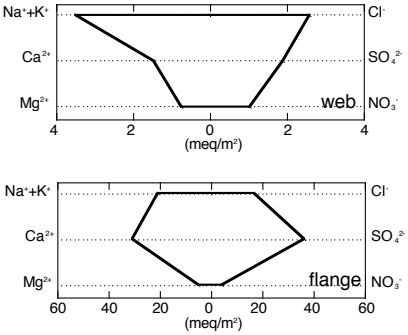
4. 考察

'06 年 1 月の付着塩類量は，対象橋梁が塗装されてから調査を始めるまで(8 年 4 ヶ月分)の付着物の積算量を反映し，'06 年 4 月，7 月，10 月，'07 年 1 月に採取した付着量の和は'06 年 1 月ー'07 年 1 月の 1 年間の付着物の積算に相当するはずである．しかし，'06 年 4 月ー'07 年 1 月の付着量の和は，'06 年 1 月の付着量を上回る(表−1)．また，付着イオンの相対組成は，'06 年 1 月の採取物とそれ以降の採取物で異なっている(図−2，3)．以上のことは，鋼板面に付着している塩類が年数に比例して増加しないことと，蓄積のしやすさがイオンにより異なることを示している．

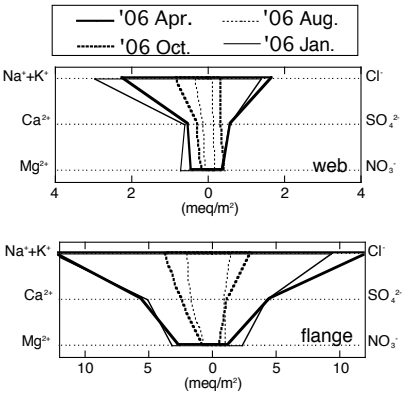
降雨時には湿度が上昇するため，橋梁桁内の鋼板面は露が付きやすくなると考えられる．実際，内桁の web 面には水滴が流れた後が観察される．したがって，鋼板面上では，飛来して来た塩類が蓄積するだけでなく，一度付着した塩類の露による洗い流しが起こる可能性がある．実際，豪雨前後に対象橋梁の Cl^-と Na^+付着量は減少しており，露による洗い流し効果を表していると考えられる．

今回分析した付着塩類の Cl^-と Na^+および SO_4^{2-}と Ca^{2+}は明瞭な相関関係を示すことから，Na^+と Cl^-は主に塩化ナトリウム(NaCl)として，Ca^{2+}と SO_4^{2-}は主に硫酸カルシウム($CaSO_4$)として鋼板面上に存在していると考えられる．NaCl は溶解度が高い(25℃の溶解度 36)のに対し，$CaSO_4$ は溶解度が低く(30℃で溶解度 0.2：二水和物の場合)水に溶けにくい．豪雨後，Cl^-と Na^+が減少しているのに対し，SO_4^{2-}と Ca^{2+}は変化に乏しいのは，NaCl と $CaSO_4$ の溶解度の違いを反映していると考えられる．また，'06 年 1 月の付着物（9 年間分）の付着物のイオン組成が 3 ヶ月ごとに採取したものに比べて，Ca^{2+}と SO_4^{2-}の付着量に富んでいることは，付着期間が長くなるほど溶解度の低い $CaSO_4$ が蓄積することを示していると考えられる．

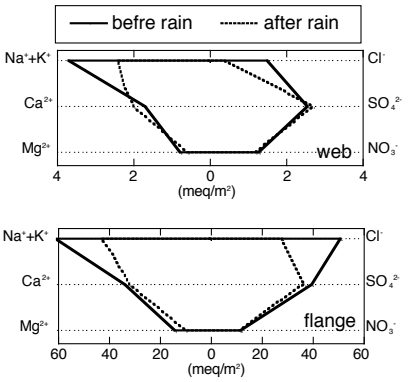
実際に橋梁鋼材の腐食に関与するのは，鋼板面上に存在する塩類の量である．したがって，ある橋梁の腐食環境を考える際には，飛来塩類の供給量だけでなく，露による洗い流しの影響も考慮すべきであると言える．



図−2　06 年 1 月の採取物のイオン組成



図−3　付着塩類の季節変化



図−4　降雨前後の付着物のイオン組成

5. まとめ

島根県松江市の大橋川にかかる塗装橋梁において,拭取り調査を行ったところ以下の結果が得られた.（1）Na^+と Cl^-は NaCl として，Ca^{2+}と SO_4^{2-}は $CaSO_4$ として存在している．（2）付着物の溶解度が鋼板の付着物組成に影響する．（3）付着塩類量には季節変化があり，春期と冬期に多く，夏期と秋期に少ない．

引用文献：1）日本道路協会，道路橋仕法書，平成１４年３月；　2）日本道路協会，鋼道路橋塗装・防食便覧，付属資料，付着塩分量測定方法，平成１７年２月

謝辞：イオンクロマトグラフィー分析に関しては，島根県産業技術センターの塩村隆信博士，永田善明博士にご協力頂いた．ここに記して感謝申し上げる．