

# 橋梁に付着する塩類の挙動



松江工業高等専門学校 環境・建設工学科  
助教 武邊 勝道

## 1. はじめに

財政の悪化や化石燃料資源の有限性が認識されるようになり、少ない資源や予算を効率的に配分し、耐久性の高い社会資本を整備することが求められている。こうした背景の中、橋梁等の鋼構造物においても、塗装コストを低減できる鋼材として、耐候性鋼材が広く利用されている<sup>1)</sup>。耐候性鋼は表面に発生する保護性さびにより腐食速度が低減できるため、無塗装でも橋梁鋼材として使用でき、その結果としてライフサイクルコストを低減できる。ただし、腐食環境の厳しい条件下では保護性さびが期待どおりに生成せず、十分な耐食性を発揮しない場合がある<sup>1)</sup>。したがって、耐候性鋼を橋梁鋼材として利用する際には、建設

予定地域における耐候性鋼の腐食しやすさを正確に評価し、地域の腐食環境に見合った仕様を選定する必要がある。

耐候性鋼の腐食の進行度合いは飛来塩分量と関係するため<sup>1)</sup>、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も広く研究されてきており、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<sup>1), 2)</sup>。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。

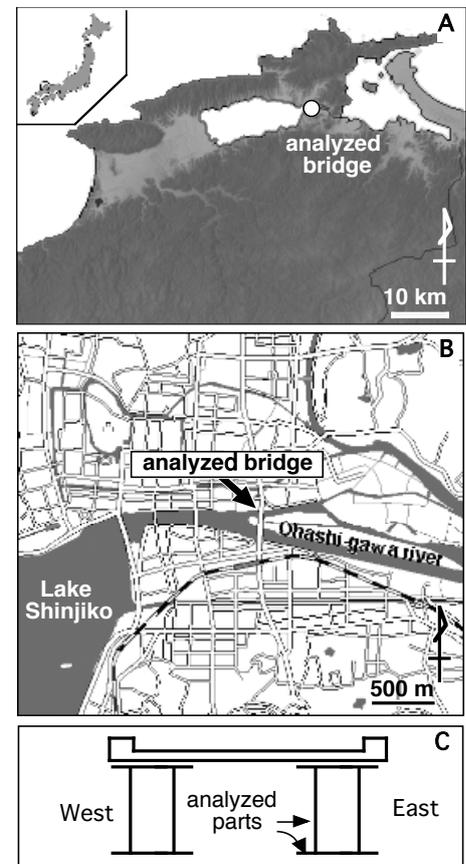


図-1 調査橋梁の位置と拭き取り部位

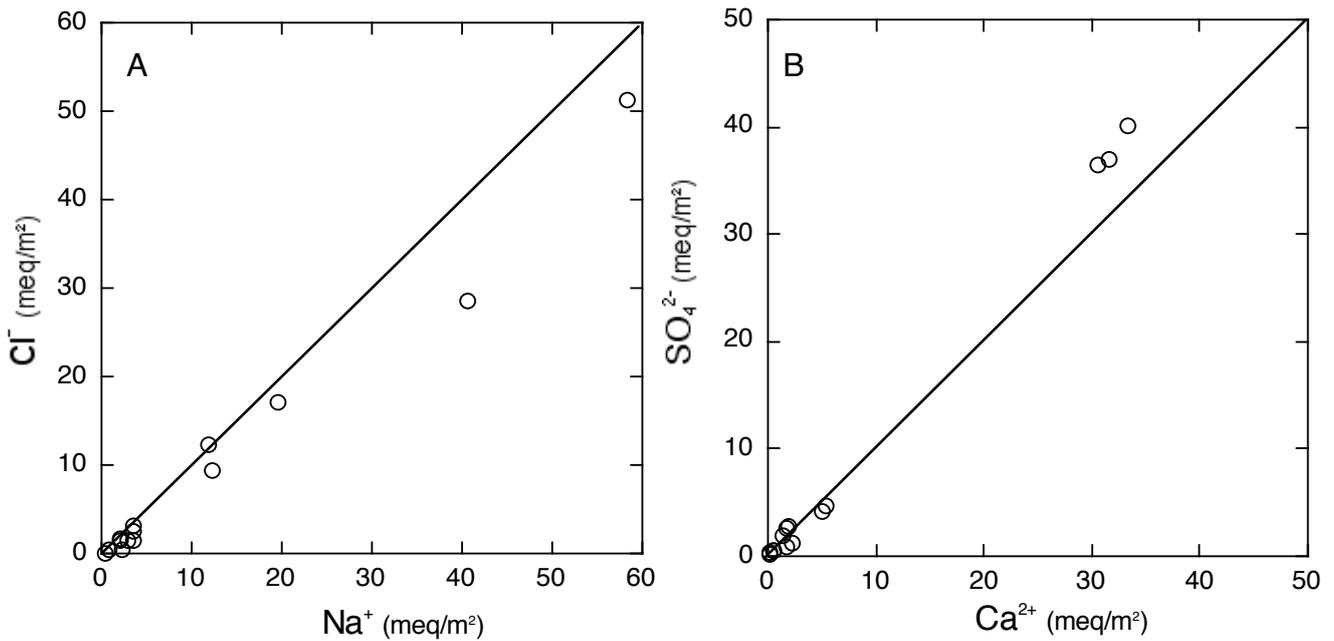


図-2 付着イオンの相関図. A:  $\text{Cl}^-$  vs.  $\text{Na}^+$ , B:  $\text{SO}_4^{2-}$  vs.  $\text{Ca}^{2+}$

## 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、1997年9月に塗装の塗り替えが施されたものである(図-1)。この橋梁の内桁の web および lower flange 上面の付着塩類の分析を行った(図-1)。付着塩類は鋼板表面をガーゼで拭取ることにより採取し、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2006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、2006年7月18日～19日に松江で発生した集中豪雨の前後に、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。

## 3. 結果

### 3.1. 付着塩類組成

対象橋梁の付着物は  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  に富んでおり、 $\text{Cl}^-$  と  $\text{Na}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{Ca}^{2+}$  にはそれぞれ正の相関関係がある。それぞれの相関直線の傾きは1(電気等量比)に近い値を示す(図-2)。

表-1 および図-3, 4に付着塩類組成の季節変化を示す. 分析した中では, 2006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. 2006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  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{Ca}^{2+}$  に富んでおり, その傾向は特に lower flange で顕著である.

図-5は豪雨前後の付着塩類組成の比較である.  $\text{Cl}^-$  と  $\text{Na}^+$  の付着量は, 豪雨前に比べて豪雨後の方が少ない. 一方で,  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{Ca}^{2+}$  の付着量は豪雨前後であまり変化しない.

#### 4. 考察

2006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, 2006年4月, 7月, 10月, 2007年1月に採取した付着量の和は2006年1月~'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, 2006年4月~2007年1月の付着量の和は, 2006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, 2006年1月の採取物とそれ以降の採取物で異なる(図-3, 4). 以上のことは, 鋼板面に付着している塩類が単純に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.

表-1  $\text{Cl}^-$  の付着量 ( $\text{mg}/\text{m}^2$ )

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

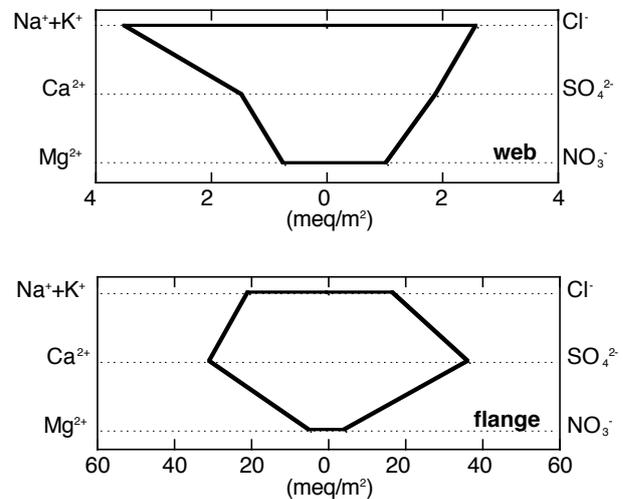


図-3 2006年1月の採取物のイオン組成

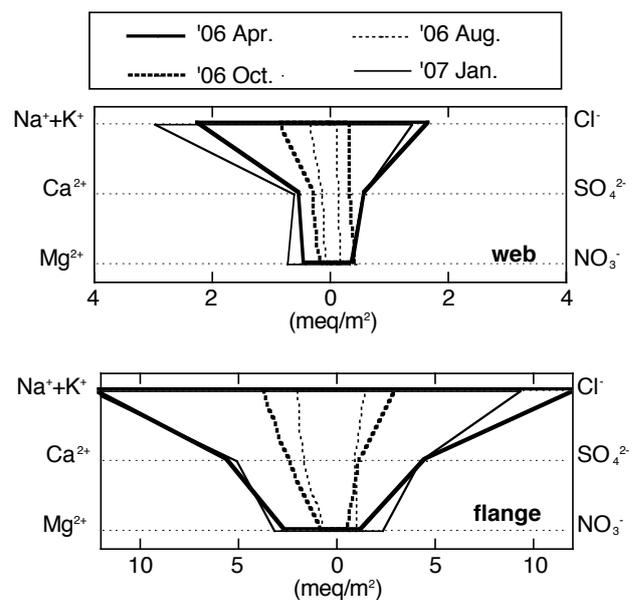


図-4 付着塩類の季節変化

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<sup>-</sup>と Na<sup>+</sup>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。

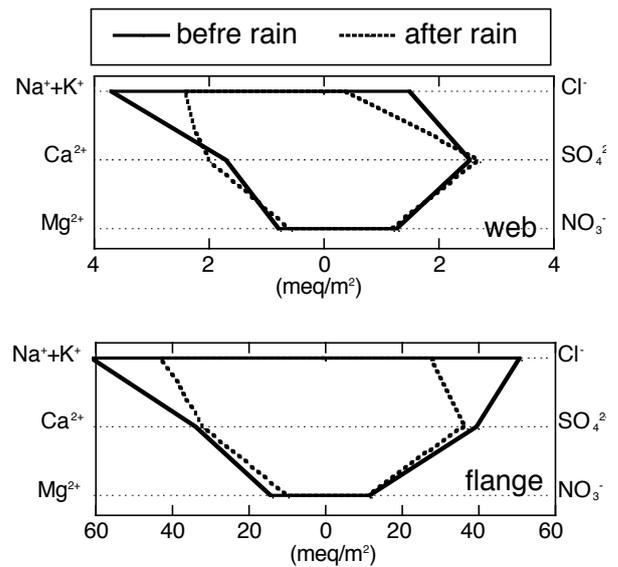


図-5 降雨前後の付着物のイオン組成

今回分析した付着塩類の Cl<sup>-</sup>と Na<sup>+</sup>および SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>と Ca<sup>2+</sup>の間には明瞭な相関関係があることから、Na<sup>+</sup>と Cl<sup>-</sup>は主に塩化ナトリウム (NaCl) として、Ca<sup>2+</sup>と SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は主に硫酸カルシウム (CaSO<sub>4</sub>) 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<sub>4</sub>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。豪雨後に Cl<sup>-</sup>と Na<sup>+</sup>が減少しているのに対し、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>と Ca<sup>2+</sup>は変化に乏しいのは、NaCl と CaSO<sub>4</sub>の溶解度の違いを反映していると考えられる。また、2006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<sup>2+</sup>と SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>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<sub>4</sub>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。

## 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<sup>+</sup>と Cl<sup>-</sup>は NaCl として、Ca<sup>2+</sup>と SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は CaSO<sub>4</sub>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) 三木千壽, 市川篤司: 現代の橋梁工学, 塗装しない鋼と橋の技術最前線, 数理工学社, p. 130, 2004
- 2) 日本道路協会, 道路橋仕法書, 平成14年3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氏, 永田善明博士をはじめ多数の方にご協力頂いた。ここに記して感謝申し上げる