

山口県南部における鋼橋への飛来塩類付着性状に関する研究

山口大学大学院 正会員 麻生 稔彦
山口大学大学院 学生会員 ○西村 陽平

1. はじめに

橋梁の建設においてライフサイクルコスト（LCC）の低減が重要な課題になっている。そのため鋼材自体がある程度の防食性能を有し、維持管理費の大幅な削減が可能な耐候性鋼材の使用が増加している。ただし、耐候性鋼材を使用するためには、飛来塩分量などの腐食環境を十分に把握する必要がある。一方、鋼材の腐食と直接関係するのは飛来塩分量そのものではなく、鋼材に付着した付着塩分量であることから、付着性状についても十分な知見を得る必要がある。本研究では実橋梁における飛来塩類と付着塩類のイオン組成分析を行い、橋梁に到達した飛来塩類の付着性状と塩類組成について検討する。

2. 調査方法

対象橋梁は山口県光市に架設された光大橋である。橋梁概要を表-1に示す。飛来塩類はガーゼ捕集器により採取し、付着塩類は拭き取り試験により採取する。ガーゼ捕集器設置位置と拭き取り位置の概略図を図-1に示す。回収した資料はイオンクロマトグラフおよび誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP)により分析を行う。なお、本研究では、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} の7種のイオンを分析対象とする。

3. 調査結果

図-2に Cl^- から換算した月別飛来塩分量を示す。飛来塩分量は9月から1月にかけて大きくなっている。これは海方向からの季節風が卓越し、海塩粒子が運ばれるためと考えられる。対象橋梁では、西南西および西方向に海岸があるため、この方向からの風況と飛来塩分量とは関係があると考えられる。そこで、西南西および西方向からの累積風速と桁下飛来塩分量の関係を図-3に示す。計測期間の9月から1月の間、両者の値はいずれも増加傾向をとっており、両者の相関係数は0.96と大きな値となっている。2009年の累積風速は夏季に小さく冬季に大きくなる傾向があることから、飛来塩分量は夏季に少なく、冬季に多く観測されることが予想される。また飛来塩分量は桁下において最も大きく、ガーゼによる桁間の飛来塩分量は桁下の20%~50%程度である。

各箇所の付着塩分量を図-4に示す。ウェブでは下側にいくにつれて多く付着していることがわかる。これは雨水や結露による塩分の洗い流しにより上部の塩分が流され下部や下フランジ上面に塩分が堆積したこと、また下側の方が風の回り込みによりもともとよく付着しやすいことなどが考えられる。フランジでは外側にいくにつれて付着塩分量は少なくなっている。1月の調査の際には全ての桁の上フランジ下面に結露がみられ、ウェブには結露水の流下の跡がみられている。

表-1 橋梁概要

離岸距離	1.5km
材質	耐候性鋼材
桁数	7本
構造形式	4径間連続版桁橋
経過年数	6年
橋長	139m

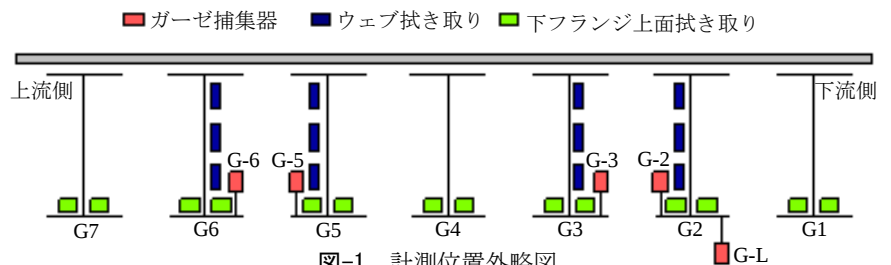


図-1 計測位置外略図

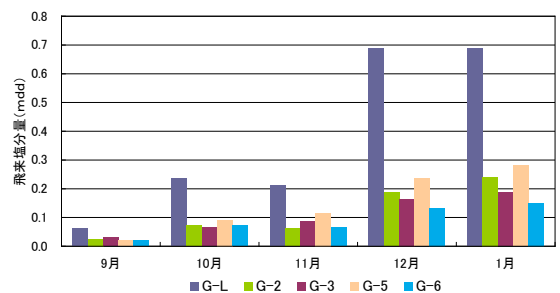


図-2 月別飛来塩分量

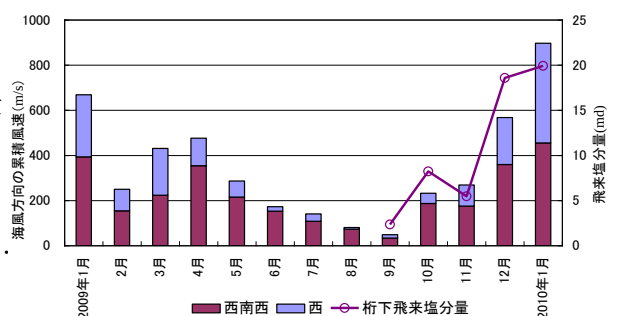


図-3 飛来塩分と累積風速

付着塩分量と飛来塩分量の関係を図-5 に示す。ここでの付着塩分量は各箇所の平均をとっている。飛来塩分量が増えると付着塩分量も増加していることがわかる。桁下飛来塩分量に対してウェブ上部では平均 0.7%, ウェブ中央では平均 1.5%, ウェブ下部では平均 3.0%, 下フランジ上面では平均 8.3%の付着がある。防食の観点からは下フランジ上面の塩分除去が重要であると考えられる。また、付着塩分量はウェブでは大きいときでも 5.0%以下、フランジでは 12%以下となっていて飛来塩分量の一部しか付着していない。

図-6 は桁下における 9 月と 1 月の飛来塩類組成をヘキサダイアグラムで示している。図-7 に参考のために海水のヘキサダイアグラムを示す。海水の組成は Na^+ と Cl^- が多い歪型であり飛来塩類も同じ歪型をしていることから、主に海塩粒子に由来していると考えられる。しかし、飛来塩類には海水に含まれていない NO_3^- が多いことから、工場による硝酸ガスの影響も受けていることが考えられる¹⁾。一般に大気中の硝酸ガスは海塩粒子と反応し、硝酸ナトリウムとなり塩素ロスが起こることが知られている。海塩粒子は夏季に少なく、冬季に多いことが予想され、硝酸ガスの影響は季節による変動はあまりない。そのため硝酸ガスによる塩素ロスは一年を通して発生しているが、 Na^+ と Cl^- が卓越している冬季においては塩素ロスの影響は目立たなくなると考えられる。図-8 に 2010 年 1 月における G6 下流側のウェブとフランジの付着塩類組成を示す。ウェブの付着塩類組成は飛来塩分と類似したものとなっており同じ組成由来であると考えられる。下フランジ上面においては全てのイオンがウェブの 3~4 倍の値をとっている。部位によっては Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} の値が大きいところが見られる。また、 Ca^{2+} は土壌由来の代表的な成分とされているが、下フランジ上面にガーゼ捕集器を設置したところ Ca^{2+} はあまり見られず、 Ca^{2+} は土や埃などの飛来・堆積によるものではないと考えられる。一方、表面処理の塗膜を同様に組成分析したところ図-9 のようなヘキサダイアグラムになった。表面処理の塗膜は Ca^{2+} が卓越しており、付着で多かった Ca^{2+} は表面処理の塗膜からでた成分であることが考えられる。

4. まとめ

飛来塩類による付着性状は部位によって異なり、付着が多く見られた下フランジ上面でも飛来塩分の 12% 以下であることが明らかとなった。飛来塩類の組成は季節により異なり、主に海水に由来しているが、工場地帯近隣の橋では硝酸ガスの影響をうけていることが明らかとなった。

参考文献 1) 日本化学編, 大気の化学, 学会出版センター, 1990.

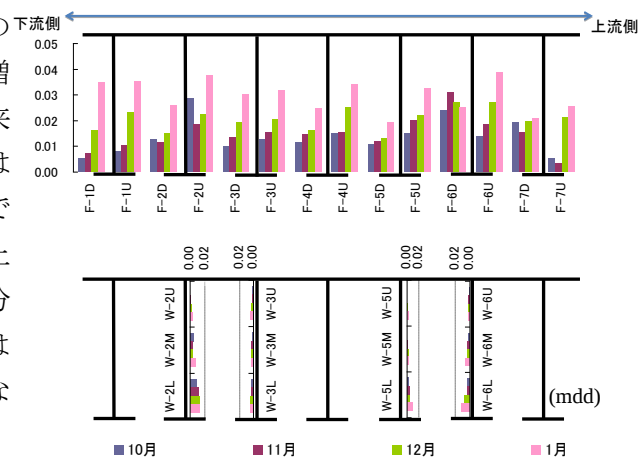


図-4 月別飛来塩分量

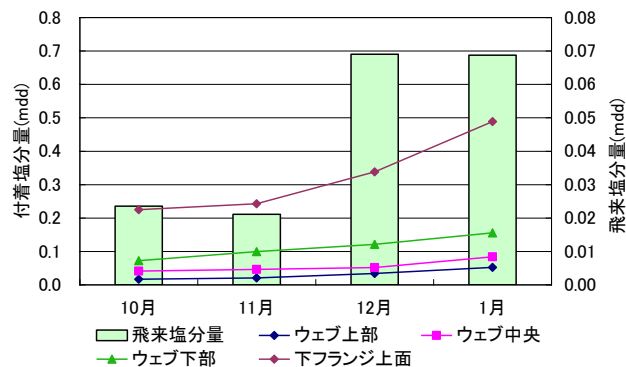


図-5 付着・飛来塩分量関係

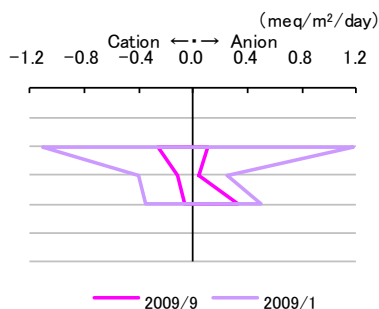


図-6 桁下における飛来塩類組成

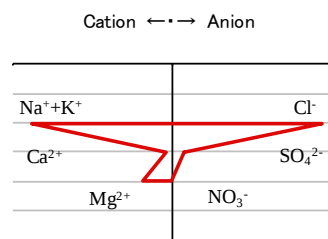


図-7 海水における塩類組成

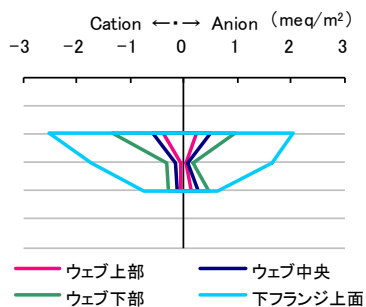


図-8 付着塩類組成

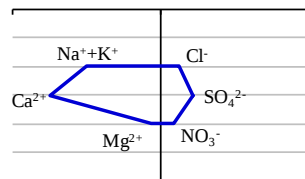


図-9 塗膜の塩類組成