

## 鋼橋における飛来塩分量と腐食環境の検討

福井県工業技術センター 正会員 前田 健児

## 1. はじめに

鋼橋、鉄道、鉄塔などをはじめとする多くの鋼構造物が大気環境下に暴露され腐食による劣化、損傷が進んでいる。特に鋼橋は構造が複雑かつ構成する材料が多いことから、点検および補修が困難な構造物である。鋼橋の部位レベルの腐食環境をモニタリングするセンサに ACM 型腐食センサ（以下、ACM センサ）が開発されている。このセンサを用いて、未補修鋼橋の最も腐食による劣化、損傷が進行している箇所または断面欠損が著しい箇所をモニタリングすることで、その鋼橋の最も厳しい腐食環境をモニタリングすることができる。腐食の主な原因としては、大気環境である飛来塩分量、気温、湿度、結露による濡れ時間がある。福井県における年平均飛来塩分量は最も多い箇所で左右高架橋の約 24mdd で沖縄県の約 3mdd を桁違いに上回り、福井県は冬期波浪による飛来塩分量が非常に多く、大気環境と腐食に関する研究が重要な県である。飛来塩分量などの大気環境と鋼橋の腐食速度、塗装膜厚減耗量との関係を解明することで、鋼橋における局部的に腐食した箇所のみを 5 年に 1 度の点検と同時に簡易な塗装をして全面塗り替え時期を延ばす塗装（以下、応急塗装）の厚さや仕様を決定することができる。以上より、予防保全により鋼橋の長寿命化を図ることで、維持管理費のコスト縮減、平均化を図ることを目的として、応急塗装の基礎資料とするため、福井県内鋼橋にて大気環境調査を実施した結果を報告する。

## 2. 実験場所

実験場所は、冬期波浪の影響をうける福井県嶺北地域として、離岸距離 L (km)、凍結防止剤の散布有無、地形の 3 要素から 6 橋を実験場所として選定した。各実験場所の離岸距離 L (km)、気温 T (°C)、相対湿度 RH (%), 降水量 P (mm)、飛来塩分量（土研式タンク法）C (mdd) の値を表-1 に示す。気温 T, 相対湿度 RH, 飛来塩分量 C は 2016 年 10 月から 2017 年 2 月の平均値、降水量 P は 2016 年 3 月から 1 年間の実験場所から最も近接する地方気象台観測値の合計値とする。

表-1 実験箇所の諸元

| 橋 梁 名 | 離岸距離<br>L(km) | 標高<br>H(m) | 気温<br>T(°C) | 湿度<br>RH(%) | 降水量<br>P(mm) | 飛来塩分量<br>C(mdd) |
|-------|---------------|------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|
| A 橋   | 0.7           | 314        | 7           | 89          | 2,007        | 0.19            |
| B 橋   | 2.4           | 5          | 9           | 85          | 1,812        | 1.17            |
| C 橋   | 7.4           | 184        | 7           | 95          | 2,215        | 0.12            |
| D 橋   | 28.3          | 183        | 6           | 98          | 2,049        | 0.048           |
| E 橋   | 28.4          | 73         | 7           | 93          | 2,283        | 0.092           |
| F 橋   | 59.8          | 560        | 5           | 94          | 2,385        | 0.14            |

## 3. 実験方法

## (1) 飛来塩分調査

測定方法には、JIS Z2382 で定められているウェットキャンドル法、ドライガーゼ法、旧建設省土木研究所にて考案された土研式タンク法がある。その中でも福井県内で測定実績が多い、土研式タンク法により各橋梁位置における飛来塩分量を計測した。土研式タンク法とは、縦 72.4cm、横 42.4cm、奥行き 29.4cm のステンレス製の箱に捕集口（縦 10cm、横 10cm）が 1 つ空いたものであり、1 方向の飛来塩分のみをとらえる構造である。よって、土研式タンク法にて飛来塩分を採取する場合、その地点の卓越風向と捕集箱開口向きを吟味する必要がある。今回の土研式タンク法の捕集箱開口向きは過去 10 年間（2006～2015 年）の最多風向を受けられる方向に設置した。計測間隔は 1 ヶ月、測定期間は 2016 年 10 月から 2017 年 2 月の 5 ヶ月間である。

キーワード 鋼橋 防食 ACM センサ 飛来塩分

連絡先 〒918-8108 福井県福井市春日 3 丁目 303 番地 TEL 0776-35-2412

(2) 日平均電氣量と腐食速度の算出

鋼橋の橋梁調査を実施して、最も腐食が進んでいる箇所の腐食環境を計測するため、鋼橋の部材に ACM センサを設置した。センサは、大きさ 64mm×64mm の Fe-Ag 型、腐食防食学会認定品を用い、ACM センサの電流出力と気温、湿度はデータロガー（1ch UEDA・MS ACM ロガーおよび UEDA・MS 温湿度ロガー、植田工業(株)）にて 10 分間隔で連続計測した。解析には、解析ソフト (Ver.1.2, 腐食防食学会頒布) を使用して日平均電氣量  $Q$  (C/day) を算出した。測定期間は、平成 28 年 10 月から平成 29 年 2 月の 5 ヶ月間である。

4. 結果および考察

(1) 飛来塩分量

飛来物のイオンクロマトグラフ分析を行った結果を図-1 に示す。冬期に NaCl が増加した。これはいわゆる日本海側気候の特徴である北西からの季節風による冬期波浪が原因と考えられる。福井県嶺北地域の越前海岸では、波の花と呼ばれる現象が発生して、海岸の際に波の花が貯まり、それが強風に巻き上げられ宙を舞う。波の花には塩分が含まれているため、海岸部では冬期間急激に飛来塩分量が増加する原因の一つと考えられる。

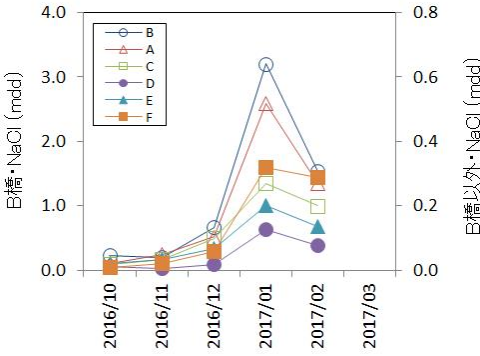


図-1 各月の飛来塩分量

(2) 飛来塩分量と標高の関係

各橋梁の諸元と計測期間の平均飛来塩分量  $C$  のを表-1 に示す。飛来塩分量  $C$  と離岸距離  $L$  との相関係数  $R$  は 0.770、飛来塩分量  $C$  と標高  $H$  の相関係数  $R$  は 0.805 と、離岸距離  $L$  より標高  $H$  の方が飛来塩分量  $C$  に影響がある結果となった。測定期間平均値以外にも各月ごとの相関を表-2 に示す。すべての結果で標高  $H$  が優位な結果となった。今回の測定箇所はすべて橋梁であり、河川上に測点を設けている。通常、河川は標高が高ければそれだけ河口からの距離が長くなり、飛来塩分量  $C$  が減少すると想定できる。離岸距離  $L$  は海岸からの最短直線距離であり、最短直線上に山などの障害物などがあった場合、必ずしも飛来塩分量  $C$  が増加するとは限らないと考える。 $C$  橋のように離岸距離  $L$  は 7.4km であるが、その直線状には標高約 600m の山があり飛来を防いでいるのではないかと考えられる。

表-2 飛来塩分量と離岸距離および標高との相関係数

| 測定月  | 離岸距離 $L$ | 標高 $H$ |
|------|----------|--------|
| 測定期間 | 0.770    | 0.805  |
| 10月  | 0.560    | 0.944  |
| 11月  | 0.617    | 0.684  |
| 12月  | 0.596    | 0.757  |
| 1月   | 0.599    | 0.744  |
| 2月   | 0.495    | 0.678  |

(3) 飛来塩分量と腐食速度の関係

飛来塩分量  $C$  と桁端部耳桁外面の雨水が直接当たる面の腐食速度を比較した結果、 $C$  橋を除き、出力傾向が近似したため、相関関係を図-2 に示す。 $C$  橋を含めた場合の相関係数  $R$  は 0.901、含めなかった場合の相関係数  $R$  は 0.994 と非常によい相関を示した。飛来塩分量  $C$  から腐食速度を推定することができる可能性を示唆している。今後は橋梁数を増やして再度検証する。内面についても比較したが、相関は得られなかった。原因としては、内側は漏水などによる水分の供給、湿度上昇による湿りなど、飛来塩分以外の影響が大きいとと考えられる。

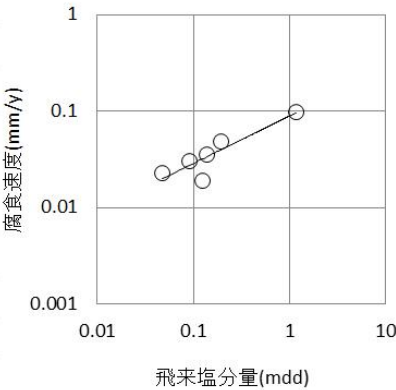


図-2 腐食速度と飛来塩分の関係

4. まとめ

本研究では応急塗装の確立のため、福井県内鋼橋における飛来塩分量と腐食環境の関係について検討した。以下に本研究で得られた結果を示す。1) 日本海側気候の特徴である季節風による冬期波浪が原因で、冬期に飛来塩分量が増加する。2) 飛来塩分量は標高との相関が高い。3) 飛来塩分量と桁端部耳桁外面の腐食速度は相関が高く、飛来塩分量  $C$  から腐食速度を推定できる可能性がある。