

日本海岸地域における橋梁洗浄時期の検討

前田 健児

福井県工業技術センター 建設技術研究部 (〒910-0102福井県福井市川合鷲塚町61-10)

橋梁の維持管理費縮減には適切な点検および対策が重要な役割を果たすため、低コストで効果的な点検方法や対策方法が求められている。橋梁洗浄は低コストかつ容易な対策方法として知られているが、実施時期の検討は行われていない。そこで、劣化要因として考えられる飛来塩分量、付着塩分量に着目して、実劣化状況を測定することで、経時的劣化状況を把握し、効果的な橋梁洗浄時期を検討することを目的とした。本研究では実劣化状況を把握した日本海岸地域における効果的な橋梁洗浄時期の検討結果を報告する。

キーワード 鋼橋, 飛来塩分, 付着塩分, 腐食速度, ACMセンサー

1. 目的

日本海岸地域では冬期特有の季節風による飛来塩分が付着することで鋼橋の劣化が著しい地域である。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り、低コストで簡易な維持管理方法が求められている。その方法として橋梁洗浄がある¹⁾。鋼橋の付着物を洗い流すことで劣化を抑制できる可能性が高いが、毎月洗浄するには予算がかかる。本研究では日本海岸地域に位置する橋梁を対象にモニタリングを行い、橋梁洗浄時期を限定することで洗浄回数を抑え、低コストで最大の効果を発揮する時期を検討した結果を報告する。



図-1 位置図

写真-1 三国大橋



表-1 実験箇所の諸元

2. 実験方法

(1) 実験場所

対象橋梁は飛来塩分の影響を受ける海岸から比較的近い橋梁で実施した。その結果に基づき、腐食環境から橋梁洗浄時期を提案する。対象橋梁は、日本海岸線から 2.5 km に位置する三国大橋 (位置図-1, 写真-1) (Lat.36° 11' N, Long.136° 9' E) で実施した。対象橋梁の気温 T (°C), 相対湿度 H (%RH), 降水量 R (mm), 平均風速 W (m/s) を表-1 に示す。本実験では水分や飛来物の堆積による影響を排除するため実橋梁部材の垂直面を対象とした。なお、調査方位による検討を行うため、下流面 (NNE), 上流面 (SSW), 海側面 (WNW), 山側面 (ESE) の 4 方位とした。さらに、腐食しやすい部位として桁端部が報告されているため²⁾,

離岸距離 L (km)	温度 T (°C)	湿度 H (%)	降雨時間 R (min/day)	風速 W (m/s)
2.5	13.5	85.4	75.8	1.29

比較対象として左岸端部（NNE）における腐食環境と経時腐食挙動のデータを収集した。

(2) 実験方法

対象橋梁に到達する大気中の塩分量を計測するため、対象橋梁の高欄にて飛来塩分量を測定した。測定方法は福井県内の飛来塩分量測定実績の多い土研式タンク法³⁾⁴⁾とした。土研式タンク法は縦 72.4 cm、横 42.4 cm、奥行き 29.4 cm のステンレス製の箱に捕集口（縦 10 cm、横 10 cm）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。土研式タンク法にて飛来塩分を測定する場合、その地点の卓越風向と捕集口の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、1 ヶ月ごとに 32 ヶ月（2016 年 8 月～2019 年 3 月）継続して測定した。ただし、2018 年 5 月～8 月については 2018 年 9 月に 5 ヶ月間の捕集量を按分している。

部位別付着塩分量を把握するため、下流面（NNE）、上流面（SSW）、海側面（WNW）、山側面（ESE）の 4 方位の付着塩分量を測定した。測定方法は表面塩分計 SNA-3000（サンコウ電子研究所）を使用した。測定方式は電気伝導率法（JIS Z 0313 に対応）、測定範囲は 0～1,999mg/m²。季節依存性を確認するため測定後は水道水およびエタノールにて測定面の付着物を除去している。1 ヶ月ごとに 29 ヶ月（2016 年 11 月～2019 年 3 月）継続して測定した。

部位別方位別大気腐食環境は、Fe-Ag 型 ACM センサー（64 mm×64 mm、腐食防食学会認定品、植田工業株式会社）およびデータロガー（1ch UEDA-MS ACM ロガー、植田工業株式会社）を用いることで 10 分ごとに 30 ヶ月（2016 年 10 月～2019 年 3 月）継続して測定した。ACM センサーは付着塩分計測箇所隣接させて付着塩分量測定同様 4 方位の部材面に貼付した。貼付けの際には部材の乾湿を再現できるように熱伝導シート（COH-4065LVC、Taica）と両面テープを使用して貼付した⁵⁾。

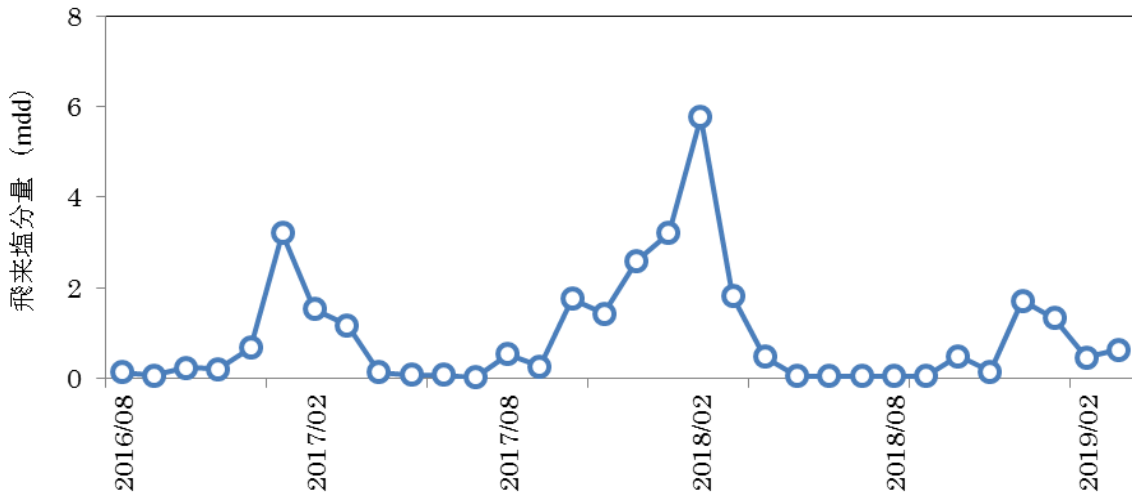


図-2 飛来塩分量

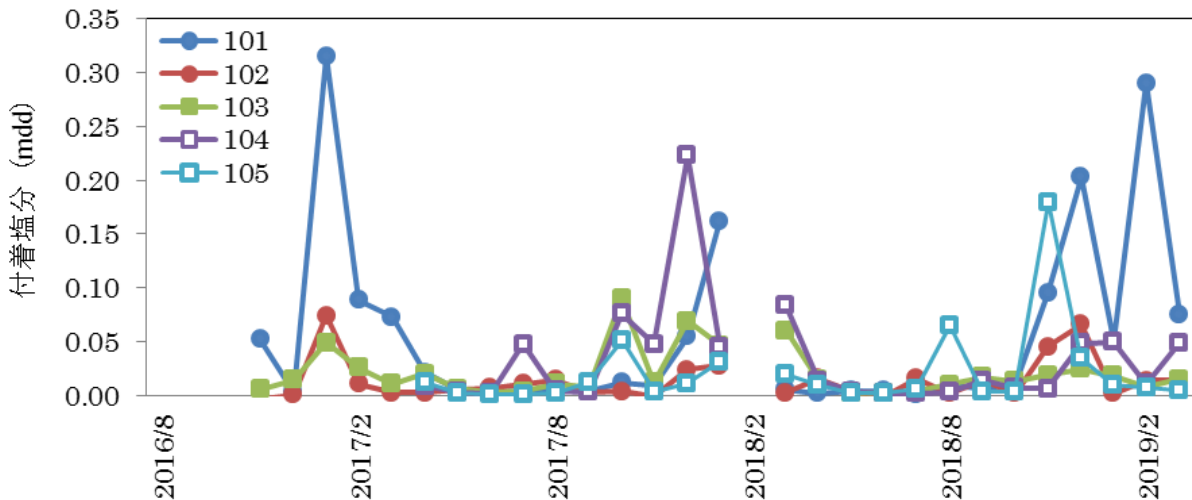


図-3 付着塩分量

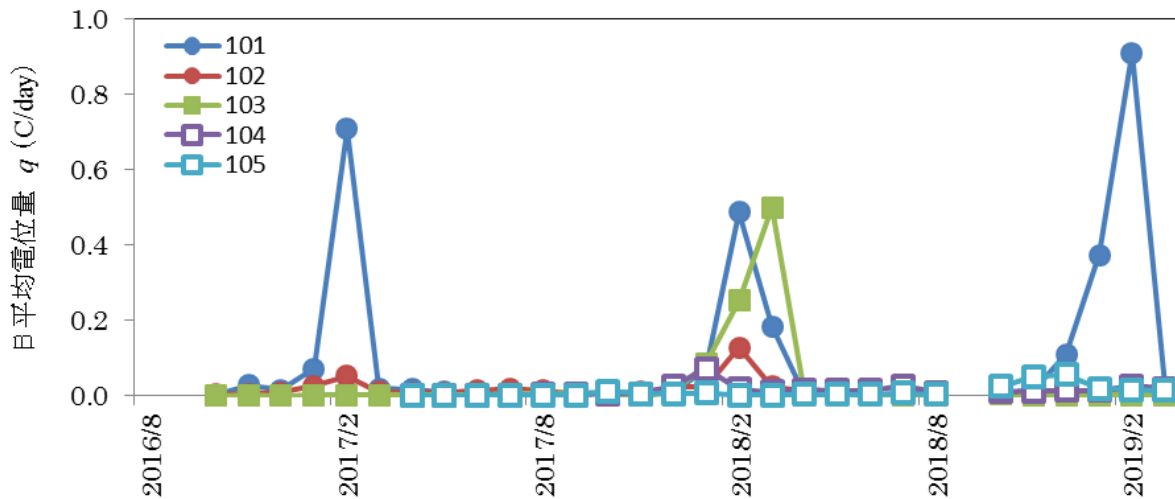


図-4 日平均電気量

3. 結果と考察

(1) 飛来塩分量

土研式タンク法により採取した捕集液をイオンクロマトグラフ法 (IC 法) により定量分析した。定量分析した塩化物イオン量 (Cl⁻) から NaCl 量に換算した結果を図-2 に示す。12 月～3 月の冬期に飛来塩分量が多くなっていることから、日本海岸気候の特徴である冬期の北西からの季節風および越波⁶⁾によるものと考えられる。飛来塩分量の冬期外の平均値は 0.313 mdd、冬期の平均値は 2.009 mdd であることから、飛来塩分には季節依存性があることが言える。飛来塩分量の年平均値を比べると 1 年目は 0.625 mdd、2 年目は 1.499 mdd、3 年目は 0.407 mdd と年によって 3 倍以上の違いがあることから、年平均飛来塩分量を把握するには複数年の測定が必要である。

(2) 付着塩分量

電気伝導度法により測定した表面付着塩分量を測定日数で除した日あたり付着塩分量を図-3 に示す。101 は左岸端部 (NNE)、102 は下流面 (NNE)、103 は上流面 (SSW)、104 は海側面 (WNW)、105 は山側面 (ESE) を示す。飛来塩分量と同様、12 月～3 月の冬期に日当たり付着塩分量が多くなっていることから、季節依存性があり、飛来塩分との関連性があると言える。

(3) 日平均電気量と平均腐食深さ

ACM センサーおよび電流計により腐食電流を測定した。ACM センサー出力から日平均電気量 q (C/day)⁷⁾ を算出した結果を図-4 に示す。方位によって出力傾向に差があるが、下流側 (NNE) および上流側 (SSW) では飛来塩分および付着塩分同様、12 月～3 月の冬期に日平均電気量が大きくなることから、飛来塩分および付

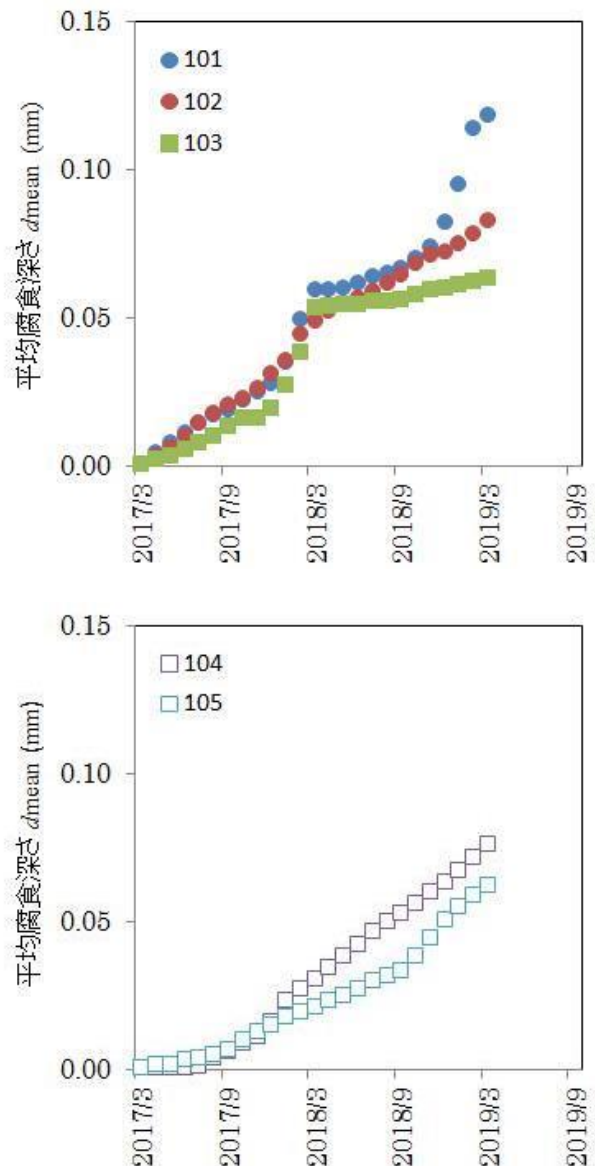


図-5 各部位の平均腐食深さ

着塩分が日平均電気量に影響を与えていると考えられる。

日平均電気量から腐食速度 CR (mm/year)⁸⁾を算出し、月当たり腐食速度 CRm (mm/month) に換算後、積分することで各月の平均腐食深さ d_{mean} ⁹⁾を算出した結果を図-5に示す。雨がかり環境および雨による洗い流しの影響が考えられる場所では平均腐食深さと時間は非線形関係であり、12月～3月の冬期にかけて平均腐食深さが増加していることから、12月～3月の冬期に洗浄することで平均腐食深さの増加を抑えることが可能と考える。雨がかり環境での平均腐食深さの増加は飛来塩分や付着塩分の出力傾向が一致するため、飛来塩分や付着塩分が原因と考えられ、洗浄により塩分を洗い流すことで平均腐食深さを抑制すると考えられる。雨がかりのない環境では平均腐食深さと時間は線形関係であり季節依存性はないことから、1年を通して等間隔に洗浄することで平均腐食深さを抑制することができると考えられる。雨がかりのない環境は塩が蓄積する環境と言え、既往研究⁹⁾でも平均腐食深さと時間が線形関係にあることを示している。

4. 結論

本研究では日本海岸地域に位置する橋梁を対象にモニタリングを行い、橋梁洗浄時期を限定することで洗浄回数を抑え、低コストで最大の効果を発揮する時期を検討した。その結果、塩分量と腐食速度に同傾向の出力が確認され、腐食速度増加要因を把握することができた。以下に本研究で得られた結果をまとめる。

- 1) 飛来塩分には季節依存性があり、年平均飛来塩分量を把握するには複数年の測定が必要である。
- 2) 飛来塩分と付着塩分には関連性がある。
- 3) 日本海岸地域における橋梁の洗浄時期は、雨がかり環境では12月～3月の冬期に洗浄すること、雨がかりのない環境では1年を通して等間隔に洗浄することが平均腐食深さを抑制することができる。

参考文献

- 1) 永田ら：効果的な桁洗浄に向けた鋼橋の腐食環境調査と考察，構造工学論文集 Vol.54A,p.691-702, 2011.3
- 2) 玉越ら：鋼道路橋の局部腐食に関する調査研究，国土技術政策総合研究所資料，No.294, 2006.1
- 3) 片脇ら：飛来塩分量の特性と測定方法，プレストレスコンクリート，Vol.27(1), p.69-73, 1985
- 4) 建設省土木研究所他：耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書 (XX)，88, 1993.3
- 5) 坂本達朗：高腐食環境における鋼構造物の塗膜下腐食現象と防食性能向上に関する研究，九州大学学位論文，甲第13215号，2016.9
- 6) (財)日本気象協会福井支部，福井県の気象百年，19, 1997
- 7) 元田ら：ACM型腐食センサで測定した海洋性大気の腐食環境条件の年変化，材料と環境，44, p.218-225, 1995
- 8) 押川ら：雨がかりのない条件下に暴露された炭素鋼の腐食速度と ACM センサ出力との関係，材料と環境，51, p.398-403, 2002
- 9) 貝沼ら：腐食生成物層の厚さを用いた無塗装普通鋼材の腐食深さとその経時性の評価方法，材料と環境，61, p.483-494, 2012