

# 耐候性鋼材適用判定のための現地曝露架台と実橋との腐食環境の比較

建設構造研究室 佐藤由梨

指導教員 岩崎英治

## 1. まえがき

近年、メンテナンスコストが低く耐久性の高い構造物が求められている中、注目されている無塗装耐候性鋼材は、ほとんどが良好な状態にあるといえるが、一部の橋梁では層状剥離錆が進行しており耐候性鋼材の適切な使用が問われている。耐候性鋼材は、桁内の飛来塩分量が $0.05\text{mdd}(\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day})$ 以下の環境下であれば層状剥離錆が生じず、これは50年後の推定板厚減少量が $0.3\text{mm}$ (100年後で $0.5\text{mm}$ )を超えず概ね良好な腐食状況に対応している。しかし、適度な乾湿の繰り返しが無い複雑な環境因子を持つ地域や飛来塩分量の多い地域は、腐食状況が部位により異なる。したがって、部位ごとに合った防食法が必要とされているが、それを使い分けるための具体的な指標が無く、定量化がなされていない。また、桁内の複雑な腐食状況は橋梁が建設されるまで観測することができない。その一方で、既往の研究では、数値シミュレーション<sup>1)</sup>や風洞実験<sup>2)</sup>により桁内各部位の飛来塩分量を推定する試みがなされている。また、飛来塩分量が分かれば一年腐食量も推定できる可能性があることも確認されている<sup>3)</sup>。本研究では、橋梁建設前に桁内各部位の腐食状況を推定することを目的とし、実橋近傍に曝露架台を設置した。また、両者に飛来塩分量測定、腐食減耗量調査、温湿度調査、風向風速調査を行い、実橋はそれらに加えACMセンサによる腐食電流調査を行った。実橋と曝露架台について、これら腐食環境調査による結果から腐食環境を比較し、曝露架台による腐食量推定の可能性を検討した。また、他の耐候性鋼橋梁とその曝露架台について比較し、さらなる曝露架台の適用性に向けての検討を行った。

## 2. 調査概要

本研究は、新潟市西蒲区に位置する橋梁を選定した。この対象橋梁は、3径間連続3主桁I桁橋であり、離岸距離10kmの位置にある。また、塩分を含んだ季節風が秋から冬にかけて橋軸斜め方向に吹いてくる。

そのため、下フランジの部位で層状剥離錆が分布しており、腐食環境を調査するための対象橋梁とした。図-1は対象橋梁と曝露架台が位置する広域図を示す。また、写真-1に対象橋梁と曝露架台の位置関係を示す。

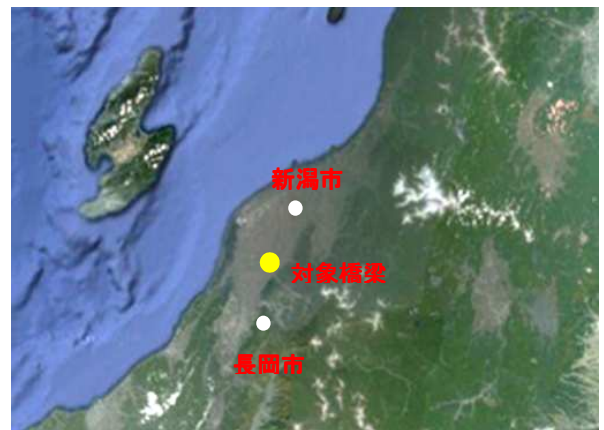


図-1 対象橋梁と曝露架台が位置する広域図



写真-1 対象橋梁と曝露架台の位置関係

### 2.1 曝露架台の構造形式

曝露架台は、実橋近傍の $4.0 \times 4.0$  (m)の占有範囲内に設置し、構造形式は $2.0 \times 2.0 \times 2.1$  (m)の鋼製である。曝露架台は、実橋桁内における腐食環境に近い状態を再現するため、周囲を雨除け、風除けパネルで覆い、橋軸方向と一致させるように設置した。曝露架台の構造形式を図-2に示す。

また、本研究の曝露架台は従来の曝露架台と異なり、ワッペン式曝露試験片による腐食減耗量調査に加え、飛来塩分量調査も同時に行った。さらに、風向風速調査、温湿度調査も行った。詳細は後述する。

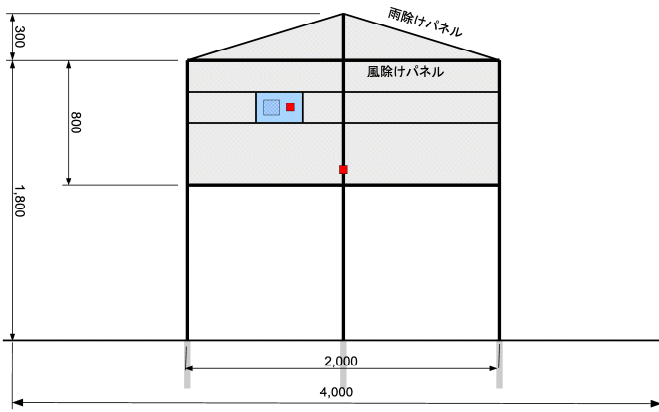


図-2 曝露架台の構造形式（立面図）

## 2.2 設置器具と設置位置

表-1 は、腐食環境調査のために実橋桁内と曝露架台内に設置した器具を示す。また、これら器具の計測位置と設置状況を実橋桁内は図-3 に、曝露架台内は図-4 に示す。これらの調査は、2010年11月から開始し2012年3月現在も継続中である。

設置器具	実橋（箇所）		曝露架台（箇所）
	右岸	左岸	
塩分捕集器具	20	20	14
曝露試験片	19	19	19
風向風速計	1	-	1
温湿度計	5	2	1
ACM センサ	4	-	-

表-1 設置器具と設置数

## 3. 調査結果

### 3.1 実橋と曝露架台の風向風速の比較

図-5 と図-6 は、それぞれ実橋と曝露架台における風向別 2 乗 3 ヶ月平均風速(m/s)を示す。この観測期間である 3 ヶ月とは、季節風の影響により海から飛来する塩分量が最も増加する期間として 2011 年 9 月 16 日から 12 月 19 日である。また、図-7 は実橋の風速計における各観測期間の平均風速(m/s)を示し、後述する飛来塩分の観測期間に対応している。

図-5 の実橋では、北から 350° の下流側からの卓越風向が観測されたのに対し、図-6 の曝露架台では下流側からの広範囲で観測している。このことから、曝露架台は実橋桁内に比べ飛来塩分を巻き込みやすい環境下にあることがわかる。

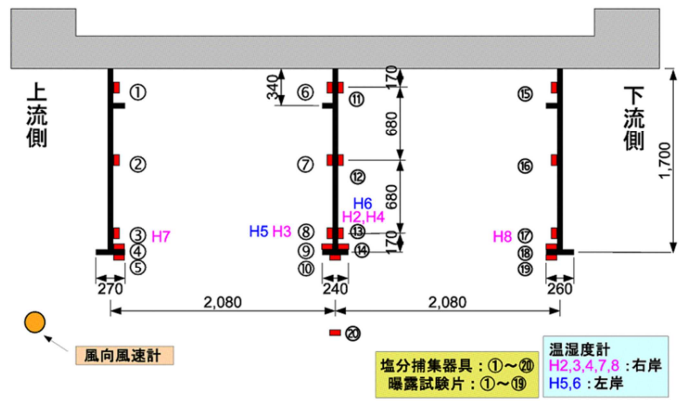


図-3 実橋桁内の計測位置と設置状況

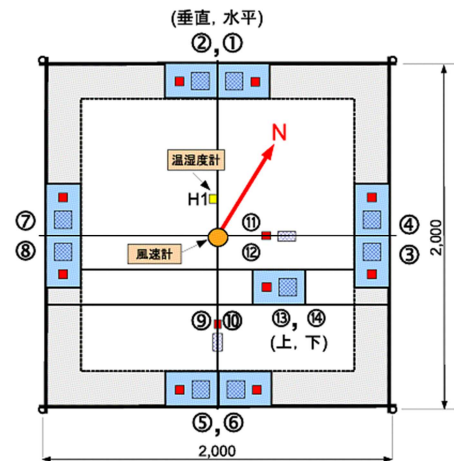


図-4 曝露架台内の計測位置と設置状況（平面図）

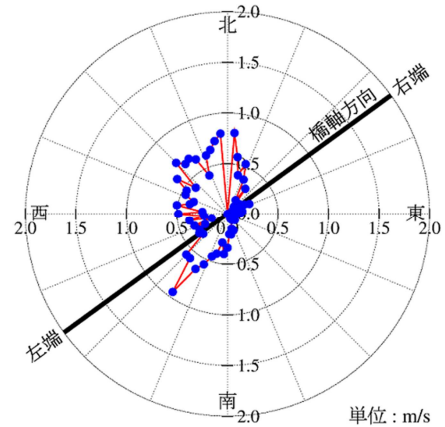


図-5 実橋の風向別 2 乗 3 ヶ月平均風速(m/s)

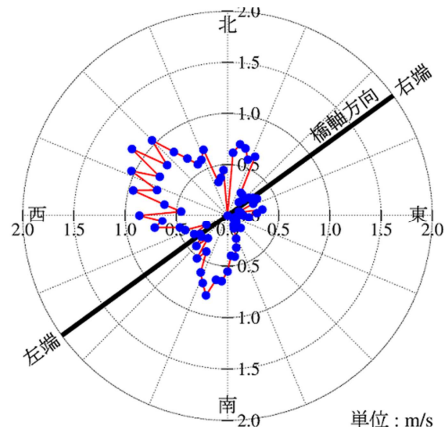


図-6 曝露架台の風向別 2 乗 3 ヶ月平均風速(m/s)

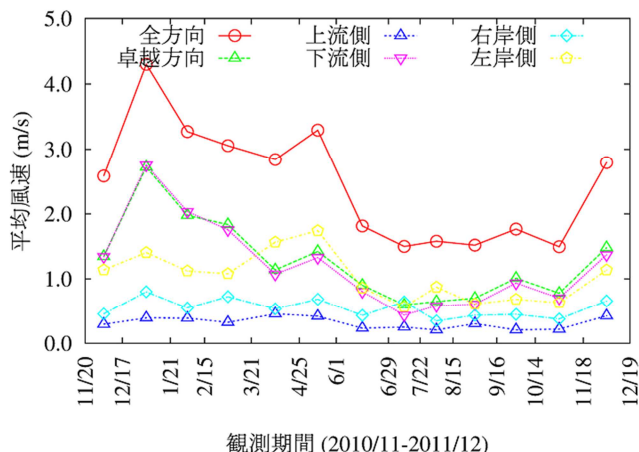


図-7 実橋の風速計における各観測期間の平均風速(m/s)

### 3.2 月毎飛来塩分量の比較

図-7は、実橋桁内と曝露架台内の月毎の飛来塩分量(mdd)の比較を示す。ここで、実橋と曝露架台のいずれも曝露状況が異なる垂直曝露部位と水平曝露部位に分別し示す。曝露架台内の飛来塩分量は、ほぼ全ての観測月で実橋桁内よりも大きいことが分かる。このことから、曝露架台内は実橋桁内よりも塩分を含んだ風が巻き込みやすい飛来塩分環境にあると考えられる。しかし、実橋と曝露架台の月毎飛来塩分量を垂直・水平曝露同士で比較すると、ほぼ一定の比率で推移していることがわかる。

また、図-7の実橋の風速計における各観測期間の平均風速(m/s)の傾向は、図-8の各観測期間の飛来塩分量の傾向と類似した変動がみられる。このことから、飛来塩分量は風速に依存する腐食因子であることが分かる。

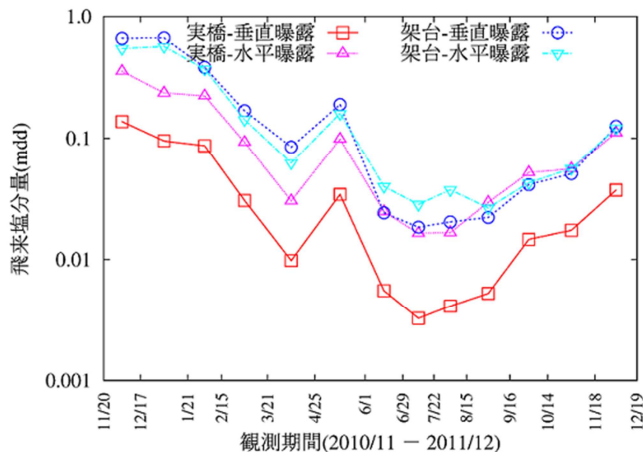


図-8 実橋桁内と曝露架台内の月毎飛来塩分量(mdd)の比較

### 3.3 実橋桁内と曝露架台内の温湿度の比較

図-9は、それぞれ実橋桁内と曝露架台内における各観測期間の日最大温度を示す。同様に、図-10は各観測期間の日最大湿度を示す。いずれも、飛来塩分の観測期間に対応しており、H1は曝露架台の温湿度計を示す。まず、図-9の日最大温度において、曝露架台内は実橋に比べ全ての観測期間に渡り高いことがわかる。同様に、図-10の日最大湿度においても、曝露架台内は実橋桁内よりも高く観測された。これらのことから、曝露架台内は実橋桁内に比べ温湿度が高い傾向にあり、腐食反応が活発な環境下にあることが分かる。

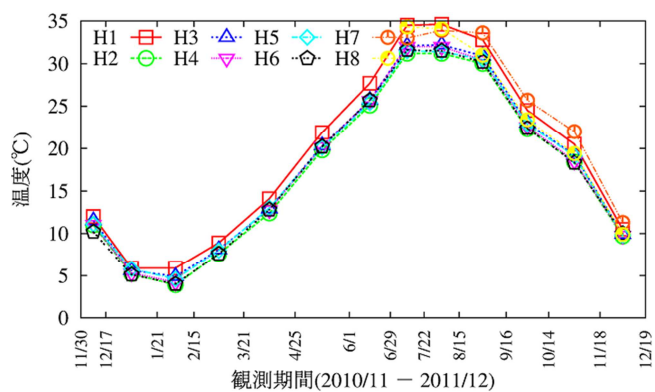


図-9 実橋桁内と曝露架台内の日最大温度(°C)の比較

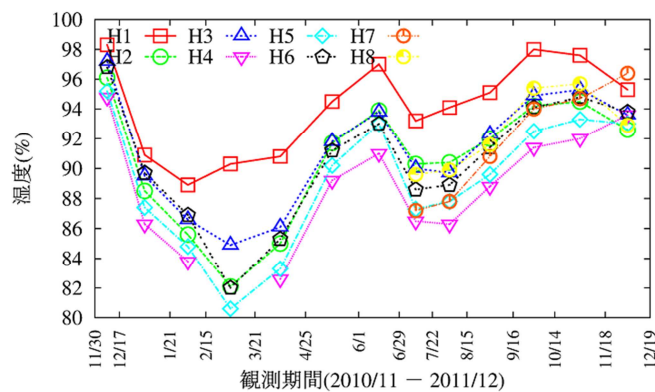


図-10 実橋桁内と曝露架台内の日最大湿度(%)の比較

### 3.4 1年平均飛来塩分量と1年腐食減耗量の関係

図-11は、実橋桁内と曝露架台内の1年平均飛来塩分量(mdd)と1年腐食減耗量(μm)の関係を示す。いずれも曝露状況が異なる垂直曝露と水平曝露に分別し、さらに曝露架台の片面閉塞の水平曝露とも分別している。この図より、曝露架台内の飛来塩分量と腐食減耗量は、実橋桁内よりも大きいことが分かる。また、図中には実橋と曝露架台の垂直曝露の部位によ

る  $Y = \alpha C^\beta$  の回帰曲線も併記する。ここで、 $C$  は年平均飛来塩分量、 $Y$  は一年曝露腐食量である。図より、実橋と曝露架台のいずれも回帰曲線付近に計測値が集まっており相関がある。したがって、実橋桁内および曝露架台内の1年平均飛来塩分量と1年腐食減耗量には、それぞれ  $Y = \alpha C^\beta$  の関係があることが分かる。また、曝露架台の回帰直線は、実橋の回帰曲線の上方に平行に隣接しており、実橋の1.4倍の腐食量に相当している。これより、安全側の腐食量の推定が可能であると考えられる。

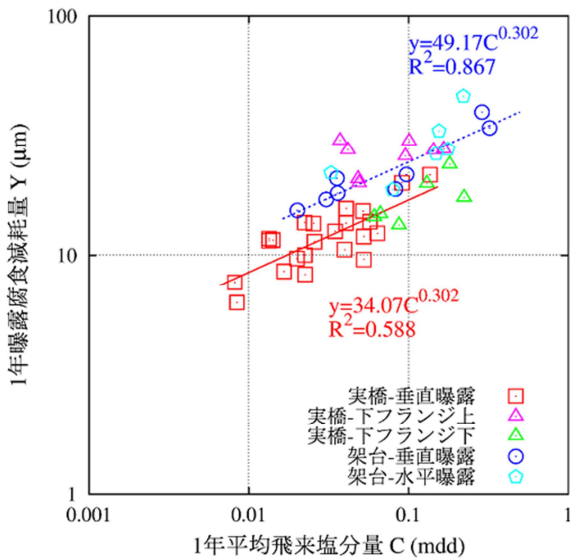


図-11 1年平均飛来塩分量と1年腐食減耗量の関係

### 3.5 他橋とその曝露架台との比較

橋軸直角方向から塩分の飛来する橋梁に、曝露架台を左岸の中桁の下空間に設置し腐食環境調査を行った結果と、本研究の曝露架台との比較を行い、曝露架台の適用性について考察した。その結果、右岸桁内および曝露架台の1年平均飛来塩分量と1年腐食減耗量には、それぞれ  $Y = \alpha C^\beta$  の関係があることが分かった。しかし、この曝露架台は、前述の曝露架台に設置したような雨除け、風除けパネルがなく、桁下空間に設置したため、雨粒や虫、ごみなどの飛来塩分以外の腐食因子の影響が大きく、腐食減耗量が極めて大きい結果となった。

## 4. まとめ

本論文は、耐候性鋼橋梁と曝露架台について腐食環境調査を行い、曝露架台による腐食量推定の可能性を検討した。また、他橋とその曝露架台の比較に

より、さらなる曝露架台の適用性を検討した。その結果、曝露架台による推定腐食量は、実橋桁内での実際の腐食量よりも安全側に評価されたことから、橋梁建設前に曝露架台を用いて桁内各部位の腐食状況を推定できる可能性があることが分かった。また、曝露架台のさらなる適用性に向け、曝露架台内を取り巻く湿度の影響を考慮すれば、飛来塩分量と腐食減耗量により、高精度で効率的かつ経済的な防食設計につながると考えられる。

### 参考文献

- 1) 岩崎英治, 伊藤俊, 小島靖弘, 長井正嗣: 数値シミュレーションによる橋梁断面周辺の飛来塩分量の推定, 土木学会論文集 A1 Vol.66 No.4,752-766,2010.12
- 2) 中西克佳, 加藤真志, 岩崎英治: 風洞実験による橋梁断面の部位別付着塩分布評価手法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1 Vol.67 No.2,326-335,2011.
- 3) 岩崎英治, 鹿毛 勇, 加藤真志, 中西克佳, 丹羽秀聡: 耐候性鋼橋梁の断面部位別の腐食特性とその評価に関する一考察, 土木学会論文集 A Vol.66 No.2,297-311,2010.6