高飛来塩分環境下で 50 年以上供用されている無塗装耐候性鋼橋梁

JFE スチール(株)　正会員　○若山　萌美，中西　克佳，栗原　康行，加藤　真志

１．はじめに

知多 2 号橋（**図-1**）は，国内初の無塗装耐候性鋼橋梁である．JIS SMA が規定される以前の 1967 年に建設されて以降，これまで複数の調査が実施され，供用 11，15，27，39，49 年目[1]に良好なさび状態であることが確認されている．一方，飛来塩分量は 1985 年調査時で 0.27mdd であり，現在の JIS SMA の適用範囲 0.05mdd を超えている．本研究では，高飛来塩分環境下にあるにも関わらず良好なさび状態が維持されている理由について考察した．

２．知多 2 号橋の腐食状況

図-2 には，知多 2 号橋の腐食減耗量と経過年数の関係を示す．Y_t は供用 11 年目から 49 年目までの実橋の板厚計測結果及びそれに基づく予測値であり，Y_w は本橋に設置した JIS SMA のワッペン式暴露試験による 1 年間の腐食減耗量及びそれに基づく予測値である．一方，Ye は環境条件（温度，湿度，飛来塩分量）のみから予測した腐食減耗量曲線である．これらを比較すると，実測値に基づく Y_t 及び Y_w は，環境条件のみから予測した Y_e に比べ，50 年経過時で 46%小さい腐食量を示した．

図-1　知多 2 号橋

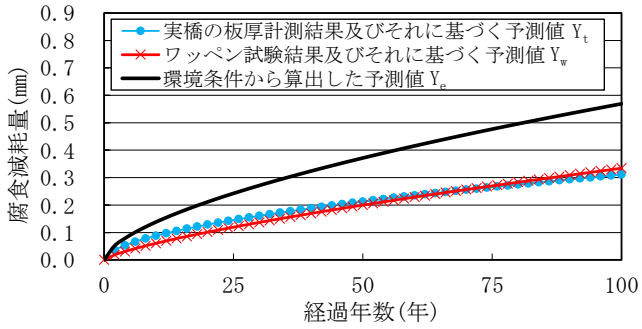

図-2　腐食摩耗量

３．ACM 型腐食センサによる大気腐食モニタリング

２．の理由を考察する為，温湿度計及び Atmospheric Corrosion Monitor（ACM）センサによるモニタリングを実施した．計測期間は 2017 年 8 月 18 日～2018 年 2 月 17 日とし，1 ヶ月毎にデータを整理すると共に，3 ヶ月毎にセンサを交換した．センサは，**表-1** に示す 4 箇所，温湿度計は支間中央の内桁(G3[1])のウェブ海側面に設置した．

表-1　ACM センサ位置

No.	計測位置		
ACM1	桁端部	内桁(G3)	ウェブ　海側面
ACM2	支間中央部	内桁(G3)	ウェブ　海側面
ACM3	支間中央部	内桁(G3)	下フランジ下面
ACM4	支間中央部	内桁(G3)	ウェブ　陸側面

図-3 には，各計測箇所の濡れ時間を示す．ここで，温湿度計測結果による濡れ時間は ISO で定義される気温 0℃かつ相対湿度 80%以上の時間であり，ACM 計測結果による濡れ時間は ACM 電流（腐食電流）が 0.01μA 以上[2]の時間とした．9 月 18 日及び 10 月 23 日に台風が上陸した為，9 月 18 日からセンサ交換の 11 月 17 日までは，本来の測定が出来なかったと考えられるが，上記の期間以外では，温湿度計測結果による濡れ時間が ACM 計測結果による濡れ時間を上回った．即ち，吸湿性及び潮解性が生じ得る高飛来塩分環境下にあるにも関わらず，飛来塩分を考慮せずに温度及び湿度から算出した濡れ時間（ISO）よりも，ACM から算出した濡れ時間の方が小さい結果となった．

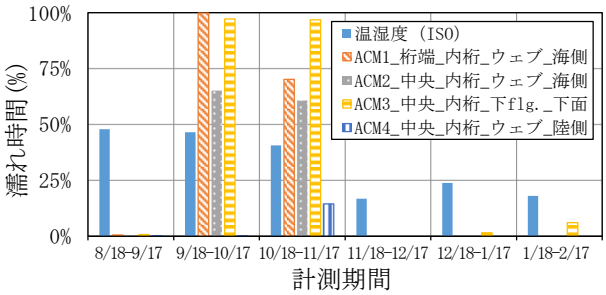

図-3　各計測箇所の濡れ時間

４．風向風速特性に着目した腐食環境に関する考察

本橋の濡れ時間が短い要因として，橋梁周辺の風向風速

キーワード　耐候性鋼橋梁，腐食減耗量，飛来塩分量，ACM センサ，海風エネルギー比例数

連絡先　〒210-0855　神奈川県川崎市川崎区南渡田町 1 番 1 号　TEL：044-322-6593　FAX：044-322-6519

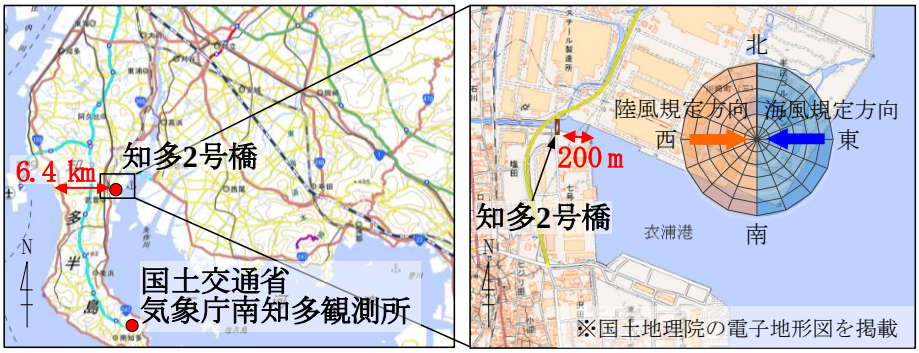

図-4　南知多観測所および知多２号橋の位置

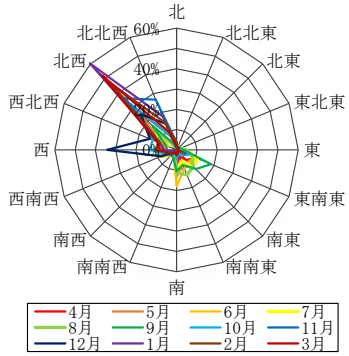

図-5　月毎の風配図

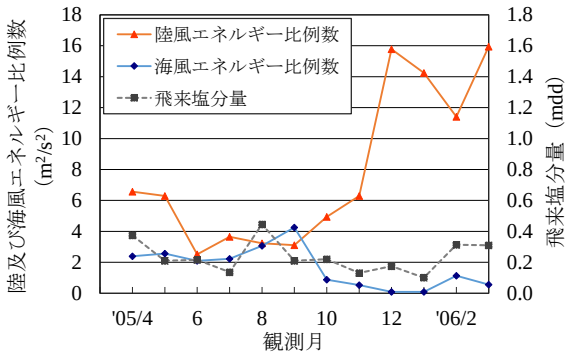

図-6　陸風及び海風エネルギー比例数と飛来塩分量

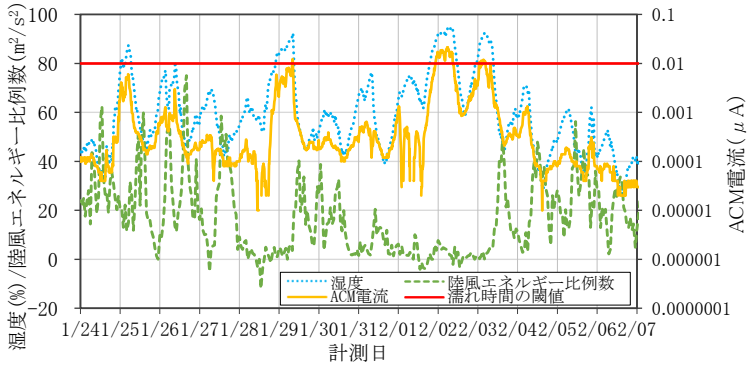

図-7　湿度，ACM 電流，陸風エネルギー比例数の関係

特性に着目し，国土交通省気象庁南知多観測所（**図-4**）のデータを基に，本橋付近の風向風速を解析した．対象期間は，飛来塩分計測を実施した 2005 年 4 月から 2006 年 3 月とした．**図-5** には南知多観測所に於ける月毎の風配図を示す．**図-5** より，8 月及び 9 月以外の月の卓越風向は，北西或いは北北西であり，陸風が卓越することが分かる．

次に，飛来塩分量と風向風速の関係を調べる為，各月の飛来塩分量と，同時期の海風エネルギー比例数 E_s 及び陸風エネルギー比例数 E_l を比較した．E_s 及び E_l は，［E_s 及び $E_l = \Sigma (V_n^2 \cos\theta_n)$］で算出した．ここに，$V_n$ は n 日の日平均風速，θ_n は n 日の最多風向と規定方向とのなす角(≦90°)である．本論では，**図-4** に示すように，海風の規定方向を東，陸風の規定方向を西とする．陸風及び海風エネルギー比例数と飛来塩分量との関係を**図-6** に示す．**図-6** より，E_s と飛来塩分量との間に無視出来ない相関があると推察される．**図-4** に示した通り，本橋は半島に位置し東西の両方が海に近い地形ではあるが，西方向の陸風の飛来塩分量は少ないと考えられる．以上より，本橋は東風に由来する高飛来塩分環境であり，且つ，海塩粒子の少ない西風が風速及び頻度に於いて卓越する環境であると言える．

さらに，**図-7** に示すように，湿度，ACM 電流（ACM3_支間中央部_内桁_下フランジ_下面），及び計測期間に対応する陸風エネルギー比例数 E_l'を比較した．その結果，ACM 電流は湿度と高い相関を示し，E_l'と逆相関を示す結果となった．このことから，飛来塩分量の少ない陸風（北西の風）が，橋軸が南北方向である本橋に吹くことで，効果的に本橋の乾燥状態を生み出していることが考えられる．今後，ACM センサによる濡れ時間の計測を継続し，風速と鋼材表面の濡れ時間との関係についてより詳細に考察する予定である．

５．まとめ

国内初の無塗装耐候性鋼橋梁が高飛来塩分環境下で 50 年以上良好なさび状態を維持している理由を，橋梁近傍を分析することで考察した．その結果，高飛来塩分環境下であっても，乾燥した状態が維持されれば無塗装耐候性鋼橋梁は健全な状態を保持できる可能性があることが分かった．現在，耐候性鋼の適用基準は飛来塩分量 0.05mdd 以下の地域となっており，これは全国 41 橋の暴露試験から 50 年の腐食量を回帰予測して 0.3 ㎜以下になるように定めたものである．本橋は，建設後 50 年を経過した初めての無塗装耐候性鋼橋梁であるが，乾燥した環境に建設された橋梁に対する塩分基準に限って言えば，この基準は安全側に設定されている，という結果になった．

参考文献：1) 若山萌美，栗原康行，中西克佳，坂本義仁，村瀬正次：供用半世紀を迎える我が国最初の無塗装耐候性鋼橋梁の健全度評価，土木学会第 72 回年次学術講演会概要集, I-020, 2) 篠原正, 元田慎一, 押川渡: ACM センサによる環境腐食性能評価, Zairyou-to-Kankyo,54,375-382,2005