

## 1.はじめに

近年、LCC(ライフサイクルコスト)を低減可能な無塗装耐候性鋼材を採用した鋼橋が幅広く建設されている。しかし、一部の耐候性鋼橋梁では、局部的にさびが進行する問題が生じている。耐候性鋼材の腐食要因として、海岸からの飛来塩分や冬季の凍結防止剤、鋼材表面の温度と湿度による濡れなどがある。

## 2. 濡れ状態の測定

濡れている状態の継続時間のことである濡れ時間は、飛来塩分や鋼表面の付着塩分のように定量的に測定する方法が無い。ACM センサの腐食電流がしきい値以上の継続時間により判定されることが多い。しかし、ACM センサは、腐食による寿命があり、長期間の計測では数ヶ月に1回交換が必要である。また、ACM センサは、センサ自体の濡れを測定しているため橋梁のさび性状による濡れ時間の差を計測できない。一方で、直流電気抵抗により、腐食鋼材自体の濡れ時間を測定する方法が提案されている<sup>1)</sup>。

## 3. 濡れの測定概念

さび層は非導電性であり、大きな電気抵抗を示すが、さび層の中に水分が含まれると電気抵抗が低下すると考えられる。図1に示すように、腐食鋼板の表面の2点間の電気抵抗を測定することで、さび層の濡れ状態を求めることができる。

そこで、鋼表面に接触させるための抵抗計測器を製作し、写真1のようにこの抵抗計測器の先端が鋼表面に接触するよう固定し、電気抵抗の経時変化を記録する。また、電気抵抗を計測するテストには、データロギング機能があり、長期間での計測が可能である。

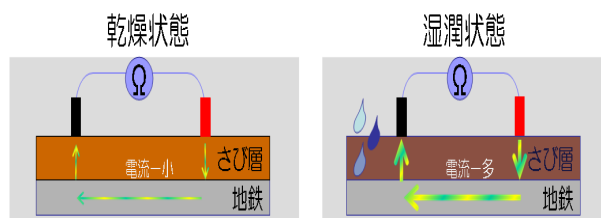


図1 濡れの測定概念

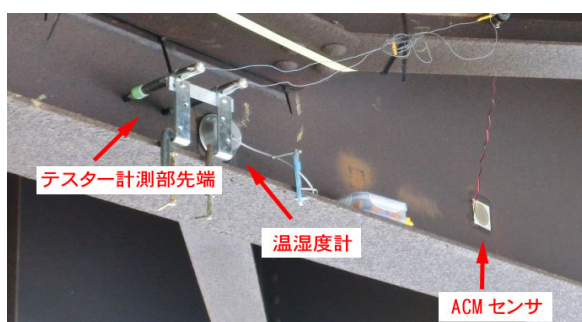


写真1 機器の設置状況

## 4. 研究目的

本研究は、実橋梁を対象に直流電気抵抗を測定し、かつACM センサおよび温湿度計による計測を行い、直流電気抵抗のしきい値による濡れ判定の妥当性について検討すると共に、直流電気抵抗による濡れ状態の判定基準を検討することを目的とする。



写真2 対象橋梁の全景

## 5. 対象橋梁

本研究で対象橋梁とした小兵衛橋は、新潟平野の離岸距離 10km の場所に位置している。冬季の塩分を含んだ季節風は、橋梁の橋軸に対し斜め方向に吹き付ける。写真 2 に小兵衛橋の全景を示す。また、実橋での電気抵抗を計測するために、図 2 のような 3 主桁橋の雨水が直接当たらない内桁ウェブ下部に、写真 1 のように直流電気抵抗を計測するテストと濡れ時間計をそれぞれの桁に取り付けた。また、ACM センサ 1~4 は、テスト 1~4 付近にそれぞれ設置してある。テスト 0 は ACM センサ 3 の近くに設置した。また、温湿度計と ACM センサも設置し、電気抵抗と温湿度、ACM センサの腐食電流の比較を行い、直流電気抵抗による濡れ状態の検討を行う。

## 6. 既往の研究

実橋梁の電気抵抗を測定するために、濡れ時間計とテスト (No.0) を設置し測定を行った。テストにはデータロギング機能があり、テストの時間間隔を 8 分で計測を行った。本研究では、データを記録する間隔をテスト 0 では 8 分、テスト 1~4 においては 10 分間隔で行った。

図 3 に 4 月 14 日から 25 日までの温湿度、ACM センサの腐食電流とテストによる電気抵抗の計測結果を示す。温度が低下、湿度が上昇すると腐食電流は上昇し電気抵抗は低下していることからテストで濡れ状態を表現できていると考えられる。電気抵抗と腐食電流を示した図の下部に腐食電流が  $0.01 \mu A$  以上になる日時に青線。電気抵抗値が 50, 40, 30M $\Omega$  以下の日時に赤線を併記している。この図から、ACM センサのしきい値によるぬれの判定と電気抵抗値のしきい値による濡れ判定は概ね一致していることがわかった。しかし、この測定方法では、設置状況、さび厚、抵抗計測器固有の誤差によって測定値が変動する可能性がある。このため、しきい値の設定が妥当であるとはいえず、濡れ時間計を複数個所に設置しデー

タの収集を行った。

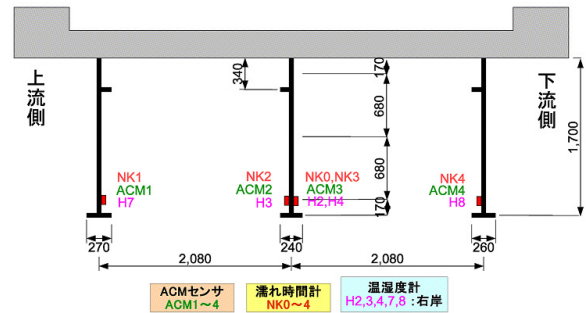


図 2 計測器取り付け位置(右岸側断面図)

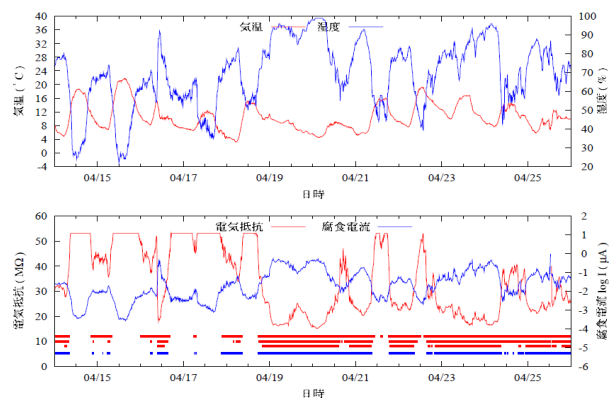


図 3 テスタ 0, ACM センサ, 温湿度計の結果

## 7. 測定結果

小兵衛橋に 2011 年 2 月から 2011 年 12 月まで濡れ時間測定, 2010 年 11 月から 2012 年 2 月現在まで腐食環境調査を行った。

図 4 から、濡れ時間計と ACM センサの結果を比較すると、電気抵抗値が 40M $\Omega$  以下の赤線と腐食電流が  $0.01 \mu A$  以上の青線が概ね一致していることからテスト 0 の電気抵抗値のしきい値は 40M $\Omega$  付近にあることが考えられる。しかし、図 5 のテスト 1 では、電気抵抗値のしきい値が 30M $\Omega$  の場合と 40M $\Omega$  の場合があり、一定のしきい値での濡れ時間の判定ができていない。このことから、電気抵抗値のしきい値による濡れ判定は、濡れ時間計を鋼材表面に押し当てるときの強さで抵抗値が変化することや、濡れ時間計の製作時の誤差により、しきい値がそれぞれのテストで異なると考えられる。そのため、本研究では、濡れ時間判定を電気抵抗値の変化量で行った。

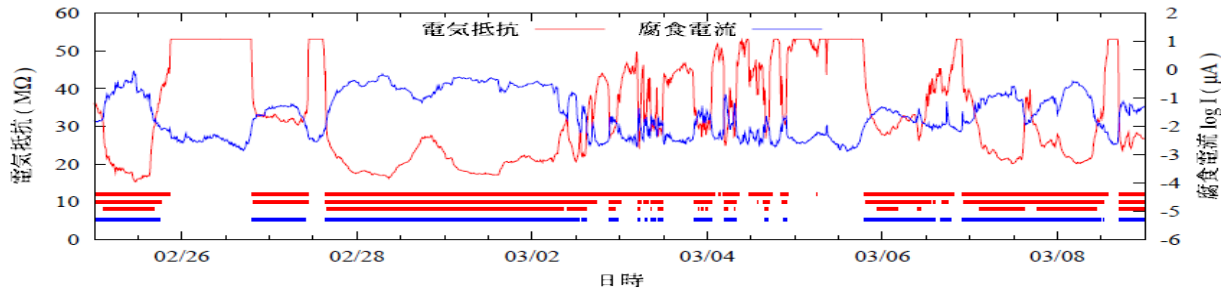


図4 ACM センサ, テスタ0の測定結果

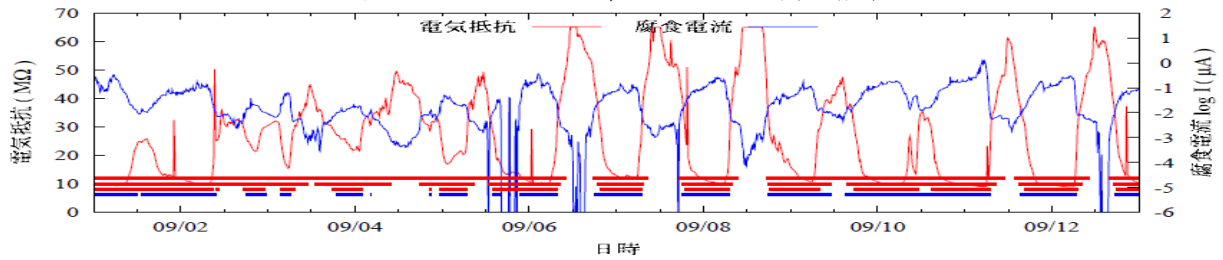


図5 ACM センサ, テスタ1の測定結果

## 8. 濡れ時間判定の検討

濡れ時間判定におけるしきい値に電気抵抗値の変化量を用いることができるか検討を行う。10分間隔での電気抵抗値の変化量とACMセンサの濡れ判定との比較を行った。また、抵抗値の変化量での判定には、2011年9月24日から10月14日の範囲でテスト1の結果を用いて行った。図6に10分間隔での変化量とACMセンサとの比較を示す。電気抵抗値が低下すると濡れが始まり、増加すると濡れ状態終了となる。また、ACMセンサの濡れ判定を青線で併記する。変化量の濡れ開始時期と終了時期とACMの濡れ判定時期が概ね一致していることから、電気抵抗値の変化量による濡れ時間の判定は可能であると考えられる。しかし、濡れや乾燥の状態が続いている時、途中で抵抗値の変化が大きく出てもACMセンサでは反応しないなどACMセンサの濡れ時間の判定と食い違いが出ている部分もある。これは、ACMセンサと濡れ時間計の測定方法による違いが要因として考えられる。

## 9. 変化量とACMセンサの濡れ判定正解率

電気抵抗値の変化量による濡れ時間の判定とACMセンサの濡れ時間の判定とがどのくらいの割合で合っているのか検討を行った。その結果を図6, 7に示す。まず、濡れ判定時の最小の値をしきい値として用いた場合、濡れ終了のしきい値を0.23MΩ、濡れ開始のしきい値を-0.17MΩと設定し判定を行った結果図6のようになり、正解率は66%になった。次に、ACMセンサの濡れが開始した時と終了した時の濡れ時間計の電気抵抗値の変化量をそれぞれ求め、それらを平均した値をしきい値とした。濡れ終了のしきい値を3.58MΩ、濡れ開始のしきい値を-2.95MΩと設定し判定を行った結果、図7のようになり、ACMセンサとの正解率は約75%となった。最小の正解率が低かった要因として、変化の頻度が多い部分が判定に影響したと考えられる。変化の頻度が多くなったのは、風や車が通ったことで橋梁が揺れ抵抗計測器の先端がずれたため抵抗値が変化したと考えられる。

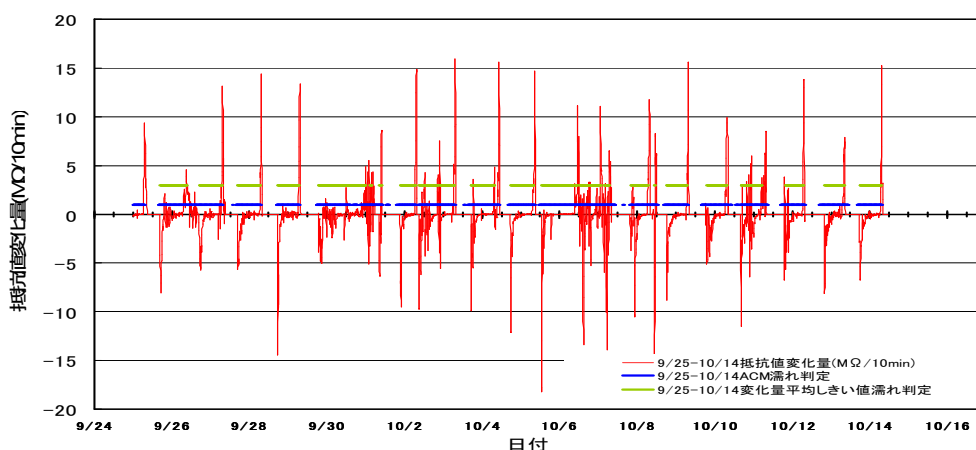


図6 濡れ判定時の最小の値を用いた場合

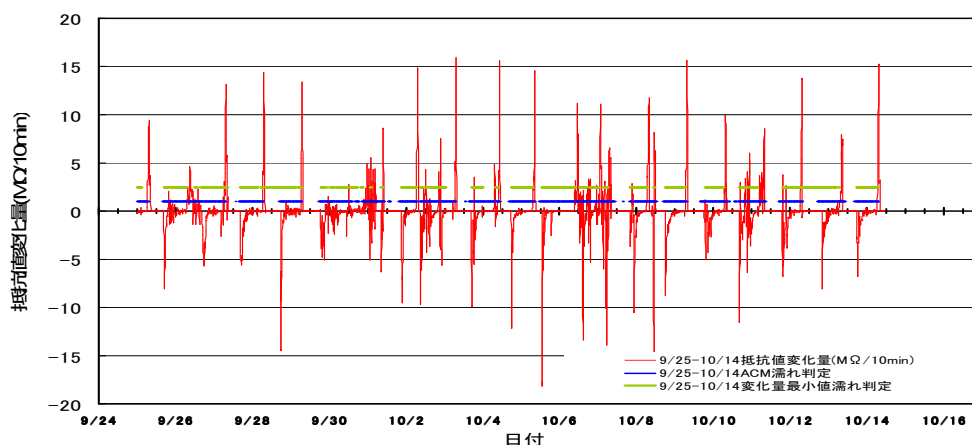


図7 変化時の平均を用いた場合

## 10. まとめ

直流電気抵抗のしきい値の妥当性の検討について、濡れ時間計本体の問題や設置環境によりしきい値が異なるため、しきい値をある値以下で判定することができないと考えられる。次に、濡れ時間の判定基準の検討に関して、しきい値をある値以下ではなく変化量で設定したところ、変化量で濡れの判定をできる可能性があることが分かった。しかし、ACM センサと食い違う部分があった。これは、ACM センサと濡れ時間計の測定方法による違いが要因として考えられる。

## 11. 今後の課題

本研究では、濡れ時間計と ACM センサの設置期間がテスト 0 は 3 ヶ月、テスト 1, 2, 3, 4 は 6 ヶ月と短期間でしか行われておらず、ま

た、使用できるデータも限られており、長期間で継続的に精度の良いデータが取れていない。今後は、濡れ時間計の製作誤差を減らし計測の精度を上げることが必要である。そして、長期間で継続的にデータを積み重ねることが必要である。また、抵抗測定器を他の橋梁にも設置し比較する必要があると考えられる。

## 12. 参考文献

- 1) 小笠原誠, 三浦正純, 和田雄基, 川村文人, 大屋誠, 武邊勝道, 麻生稔彦: 耐候性鋼橋梁の濡れ時間直接測定手法の検討, 2010, 9 土木学会第 65 回年次学術講演会
- 2) 西剛広, 長谷川彩, 岩崎英治, 三浦正純: 直流電気抵抗による腐食鋼材の濡れ時間測定に関する検討, 土木学会第 66 回年次学術講演会, 2011,