

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「海岸近接部において耐候性鋼材(無塗装仕様)を使用する橋梁の環境計測技術に関する研究」
プロジェクトリーダー ・氏名:橋本 国太郎(はしもと くにたろう) ・所属・役職:神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻、准教授
研究期間:平成28年9月～平成31年3月
プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ) 富山大学、(株)横河ブリッジホールディングス、(株)セイコーウェーブ
プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等) 近年、日本では耐候性鋼材を使用した鋼橋が多く建設されており、その維持管理に関する問題も多くなってきている。橋梁建設前の飛来塩分などの腐食環境調査により、飛来塩分が少ない地域では無塗装で耐候性鋼材を使用することができる。しかしながら、凍結防止剤の散布や橋梁の構造に起因する局所的な腐食環境の変化(湿気がこもり易い構造や塩分・ごみの堆積等)などにより、保護性さびが生成されず腐食損傷する場合がある。また、このような耐候性鋼橋を目視点検する場合、調査する人の技量の違いにより、調査結果にばらつきが生じることや定期点検間に腐食環境が変化し腐食が進行した場合、それを把握するすべがないことが懸念されている。さらに、塩分環境を調査する際に用いられるドライガーゼ法による飛来塩分調査では、橋梁の局所的な場所における塩分量の測定は難しく、そのような部位の腐食量を定量的に導き出すことが難しい場合もある。 そこで、本研究では、(1)ドライガーゼ法より精度が高く簡易な腐食環境調査により耐候性鋼橋の腐食環境を評価する手法、(2)定期点検時の目視点検の精度を補完する手法や詳細調査時の腐食状態をより簡易に評価する手法、(3)点検間の状態を把握するために簡易な腐食モニタリング手法を開発することを目的に研究を進めた。
プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等) 上述した目的を達成するために実施する具体的な研究内容として、(1)は、ドライガーゼ法に代わり、 <u>付着塩分量計測と濡れ時間計測を行うことでより高精度の腐食環境評価を行う手法を開発する</u> (以下、腐食環境評価法の開発)。(2)は、目視点検に代わって、 <u>ポータブル 3D スキャナとさび厚測定を用い、判定結果のばらつきをなくし高精度かつ簡易に腐食状態を評価する手法を開発する</u> (以下、腐食状態評価法の開発)。最後に(3)では、 <u>犠牲腐食材を設置し、それが腐食破断することで、アラームが作動する装置を開発し、簡易に腐食状態をモニタリングする手法を開発する</u> (以下、腐食モニタリング手法の開発)。これまでに実施した研究内容を項目毎に分けて示す。 (1)腐食環境評価法の開発:平成30年度は、29年度実施した恒温恒湿試験によって得られた結果を分析した結果、鋼材の濡れ時間に大きく影響する因子として湿度および付着塩分の存在が挙げられた。また、風の影響によっても濡れ時間が変化する傾向があったため、それらの影響をより精緻に把握するため、パラメータとして温湿度だけでなく、付着塩分濃度やその種類、風速や風向の影響が濡れ時間に及ぼす影響を29年度と同様の試験機を用いて詳細に検討した。なお、29年度は種々のセンサを使用した。ここでは対象が鋼材の濡れであるため、Fe タイプの ACM センサを用いた。温湿度の計測は昨年度と同様に USB タイプの温湿度ロガーを使用した。(図-1:試験の様子)  図-1 恒温恒湿試験 (2)腐食状態評価法の開発:昨年度までの成果を踏まえ、腐食状態をより精度よく評価するために、それまでのさびの表面凹凸計測以外に、さびの色調による評価ができるかどうか、検討を行った。色調は静止画像から画像分析を行い、RGB のばらつきなどによって評価する手法を考案した。また、ワッペン試験を実施している場所は腐食環境がマイルドな環境であるため、より厳しい腐食環境における耐候性鋼のさびや腐食状態のデータを収集するためにそのような環境での暴露試験を実施した。 (3)腐食モニタリング手法の開発:平成30年度は、犠牲腐食材に使用する耐候性鋼材ワイヤ(3種類の径を用意)による腐食促進試験を実施し、その結果を分析した。また、ワッペン試験片も同時に腐食促進試験することで、各耐候性ワイヤとの比較を行い、犠牲腐食材としての性能評価を行った。

※ 本様式は中間評価・事後評価を公表する際に、評価コメントと併せてホームページで公開します。

※ 本様式は成果報告書とともに、中間・事後評価の重要な判断材料となりますので、ポイントを整理し簡潔な表現とし、ポンチ絵などを用いてわかりやすく記述してください。

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

(1) 腐食環境評価法の開発

恒温恒湿槽を用いた試験で、温湿度や付着塩分濃度を変化させて得られた ACM センサの腐食電流量(μA)と湿度との関係(片対数グラフ)を図-2に示す。この図より、塩分濃度や湿度が増加すると腐食電流量(濡れ時間)が増加することがわかる。ただし、塩分濃度の値に限界値が存在することもわかる。さらに風速や風向を変えた結果、あまり図-2と変わらない傾向が得られ、風は腐食にあまり影響しないこともわかった。これは試験装置内の湿度が一定であることが影響したと考えられる。

これらのパラメータ試験の結果、腐食電流量 $A(\mu A)$ と温度 $T(^{\circ}C)$ 、相対湿度 $H(\%)$ 、付着塩分量 $Ca(mg/cm^2)$ には以下のような関係があることを導き出した。

$$A = a \cdot Ca^b \cdot e^{(cT+dH)}$$

ここに、 a, b, c および d は定数である。なお、相対湿度 50 % 以上、温度 10~35 °C、塩分量 0.01~1 mg/cm² の範囲では、 $a=0.6, b=1.0, c=0.04, d=0.06$ とすると式(1)による予測電流量と測定電流量との間に強い相関が見られた。さらにこの式と過去の知見で得られた腐食量と腐食電流量との関係式を用いることで、鋼材の腐食量を予測することができる。

(2) 腐食状態評価法の開発

色調による評価の一例として、RGBのうちR値の標準偏差と平均値と評点との関係を図-3に示す。これにより評点と色調にはあまり関連性がない結果となっていることがわかる。

また、3Dスキャナでさび表面の凹凸を測定し、その標準偏差とさび厚平均値をプロットしたものが図-4になる。図-4には昨年度得られた結果にさらに日本橋梁建設協会で販売されているさびサンプルに対して、同様の計測を行った結果も示している。この図より、昨年度来提案しているさびの評点2と3の閾値(3Dスキャナ標準偏差)は200 μm であること確認できる。

(3) 腐食モニタリング手法の開発

犠牲腐食材として耐候性鋼材ワイヤの腐食促進試験を行った。また板厚減少量として換算するためにワッペン試験も同時に試験した。その結果、図-5に示すように、犠牲腐食材のワイヤ径の減少量とワッペン試験片の板厚減少量との関係に比例関係が見られ、3種類のワイヤ径の影響はほとんど見られず、どの径に対しても、同じ板厚減少量として評価できることが分かった。

また、ワイヤに施されていた表面のメッキの関係上、φ 1.4 が φ 1.2 に比べ早期に腐食破断した。このため、実際に使用したい環境に応じてワイヤの種類や径を使い分ける必要があることが分かった。

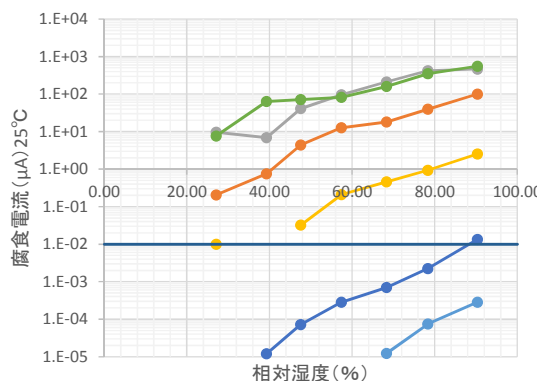


図-2 腐食電流と相対湿度との関係(25°C)

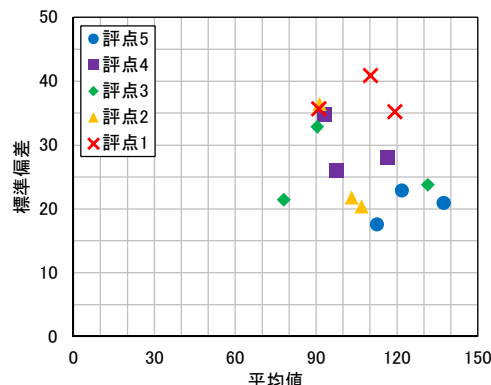


図-3 色調によるさび外觀評点の分布

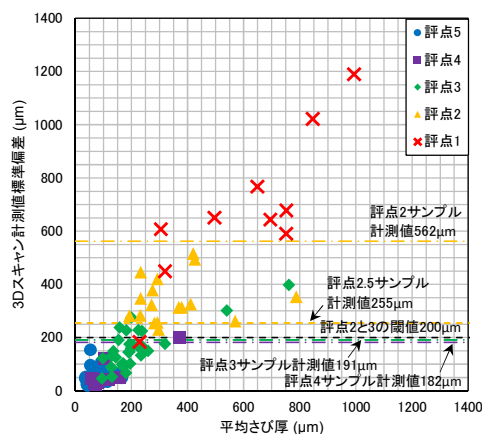


図-4 凹凸標準偏差とさび厚平均値との関係

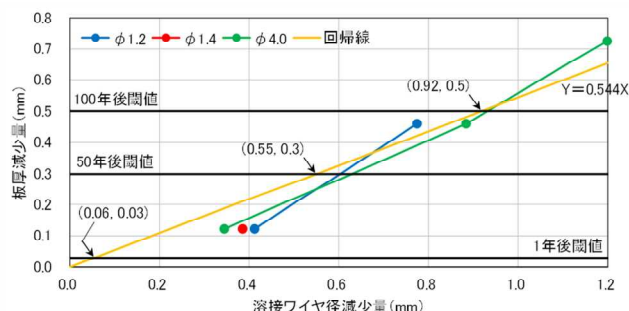


図-5 溶接ワイヤ径減少量と板厚減少量の関係

※ 本様式は中間評価・事後評価を公表する際に、評価コメントと併せてホームページで公開します。

※ 本様式は成果報告書とともに、中間・事後評価の重要な判断材料となりますので、ポイントを整理し簡潔な表現とし、ポンチ絵などを用いてわかりやすく記述してください。