

飛来海塩環境で 100 年供用された鉄道橋における塗膜膨れと腐食深さの相関性

九州大学大学院 学生会員 ○合田広樹

九州大学大学院 フェロー会員
鉄道総合技術研究所 正会員貝沼重信
坂本達朗

1. はじめに 塩類などの腐食性の高い環境に架設される塗装鋼構造物では、塗膜欠陥を起点とした局部腐食が生じることが多い。この局部腐食は進行性が早いいため、鋼部材の力学的性能低下の要因となることが懸念される。そのため、鋼構造物を適切に維持管理するためには、局部腐食の腐食状況を精度良く把握することが望ましい。しかし、従来の検査では、目視点検により腐食の進行状況を判断するため、局部腐食の進行度を評価することは困難とされる¹⁾。本研究では鋼構造物に生じる局部腐食の進行度を外観の塗膜の膨れから定量評価することを最終目的として、海岸線で 100 年間供用された鉄道橋を対象に、塗膜膨れと腐食深さの相関性について検討した。

2. 試験体と測定方法 試験体には西日本旅客鉄道株式会社から提供された鉄道橋橋脚を用い、約 100 年間供用後に撤去された橋脚部位から約 $380 \times 260 \times 12.5\text{mm}$ の寸法で切り出した。対象橋梁は日本海沿岸から数十 m 離れた地点に架設されており、過去の調査では 0.1mdd 以上の飛来塩分量が測定されるなど腐食性の高い環境である。そのため、部位によっては多数の局部腐食が生じていた。近年における脚主構部の塗替えは、1986 年と 1997 年に実施されている²⁾。本研究の試験体には、塗替え後に、塗膜下で腐食生成物が成長し、それが塗膜を押し上げることで塗膜下腐食が生じていた。塗替え時には腐食生成物が除去され、健全と判断とされる塗装部を残存させたことから、本試験体の局部腐食が形成されるまで約 25 年を要したと考えられる。

試験体の表面性状は、レーザーフォーカス深度計（スポット径： $30\mu\text{m}$ 、分解能： $0.05\mu\text{m}$ ）を用いて測定した。また、測定ピッチは試験体の表面性状を考慮して 0.2mm とした。試験体の塗膜と腐食生成物は、研削材に MgO 、 SiO_2 が主成分の非鉄系フェロニッケルスラグを用い、約 0.6MN/m^2 吐出圧でブラスト処理により除去した。研削材の粒度、モース硬度および見かけ密度は、それぞれ $0.3\sim 1.7\text{mm}$ 、 7.4×10^5 および $3.0 \times 10^5 \text{ kN/m}^3$ である。

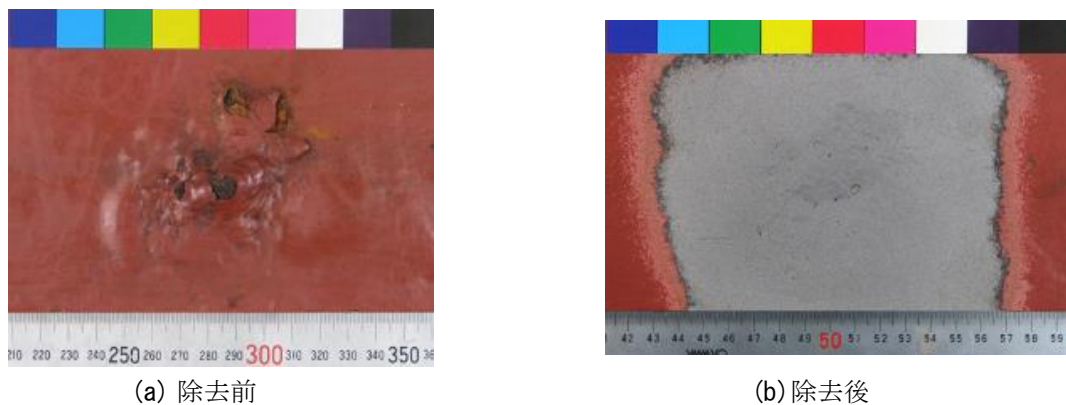


図 1 塗膜と腐食生成物の除去前後における試験体の表面状態

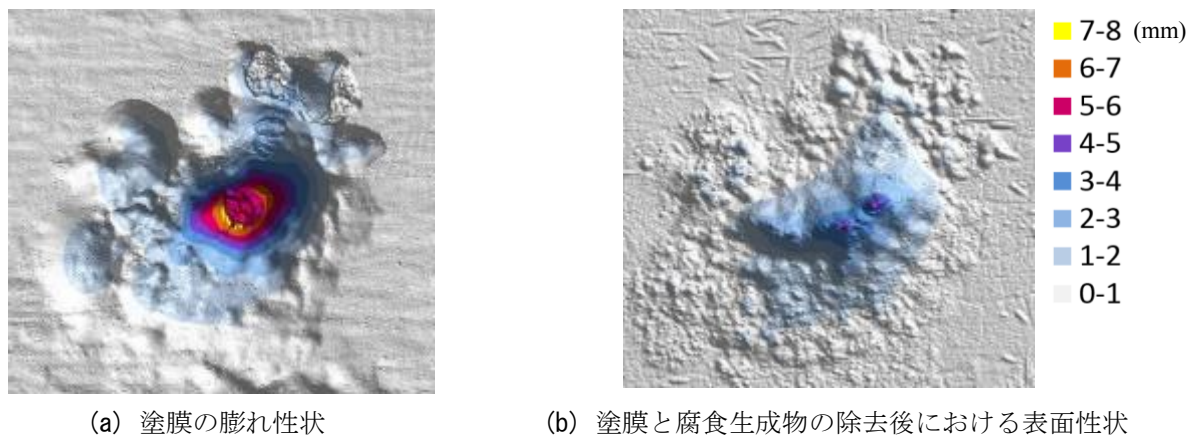


図 2 塗膜の膨れ性状および塗膜と腐食生成物除去後における表面性状

キーワード：腐食，塗装，腐食深さ，腐食生成物

〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウェスト 2 号館 1104 号室 TEL 092-802-3392



図3 塗膜の膨れおよび腐食深さの概念図

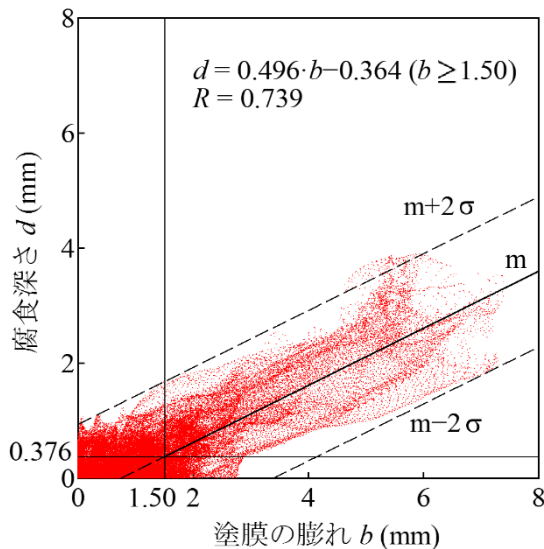


図4 塗膜の膨れと腐食深さの関係

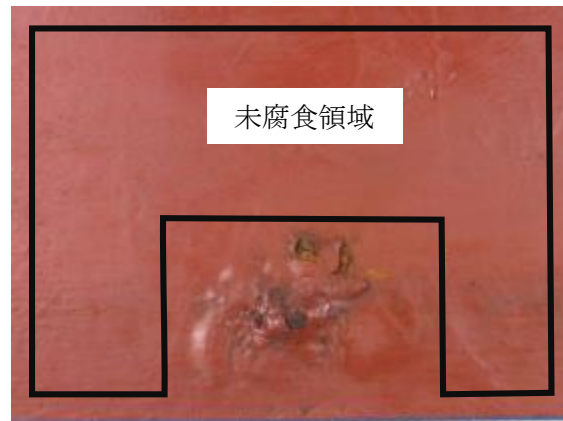


図5 未腐食領域

塗膜と腐食生成物の除去前後における試験体の表面状態を図1に示す。塗膜が剥離し、割れが生じることで、腐食生成物が表面化している。試験体の塗膜の膨れ性状、および塗膜と腐食生成物の除去後における表面性状を図2に示す。膨れおよび腐食深さが腐食孔の中心部以外にも点在している。

塗膜の膨れ b と腐食深さ d の概念図を図3に示す。 b は未腐食と考えられる塗装領域の高さを閾値と設定し、この閾値よりも高い領域として定義した。また、 d はブラスト処理で塗膜と腐食生成物を除去した後の未腐食と考えられる鋼素地領域の高さを閾値と設定し、この閾値に対して低い領域として定義した。

3. 測定結果 塗膜の膨れから、鋼素地の局部腐食の深さを定量的に評価するために、局部腐食とその周辺領域の任意の点で、塗膜の膨れ b を測定した。また、ブラスト処理後に、同点における腐食深さ d を測定した。 b と d の関係を図4に示す。図中の実線は、 b に対する d の回帰直線 m であり、その傾きは 0.496 になっている。破線は、その $m \pm 2\sigma$ (σ : 標準偏差) である。回帰直線の相関係数 R は 0.739 であることから、 b と d には比較的高い相関がある。また、ほぼ全てのプロットが $m \pm 2\sigma$ の領域内に位置している。なお、図5の黒枠内の領域は、 $b \leq 1.50$ または $d \leq 0.376$ となる塗膜の膨れが確認できない領域、すなわち未腐食領域を示している。この領域内の測定データは、塗膜の膨れが観察できないため、 b と d の回帰解析の際に除外した。

常温、大気環境中で生成される主な腐食生成物には、 FeOOH と Fe_3O_4 がある。 Fe が酸化して FeOOH となることで、約3倍にモル体積が増加する。その後、一部の FeOOH が Fe_3O_4 に還元されることで、モル体積は初期 Fe の3倍未満に減少すると考えられる。本研究のレーザー測定では酸化時の体積増加による塗膜の膨れを測定した。鋼材が腐食することによる体積膨張率は、本研究で検討した塗膜の膨れ b と腐食深さ d の比 2.0 に相当する。ここで、前述した図4の回帰直線 m の傾き 0.496 の逆数は 2 であり、 Fe に対する腐食により生じた FeOOH のモル体積比と同程度である。

4. まとめ 実橋梁から切り出した腐食塗装鋼板に基づき、塗膜の膨れと腐食深さの相関性を検討することで、その相関性を定式化した。今後は、本研究で用いた試験体から採取した腐食生成物の組成の定量分析を行う予定である。また、他の構造物からもデータを採取し、蓄積することで、腐食環境を考慮した塗膜の膨れ高さと腐食深さの相関性を検討する予定である。

参考文献 1) 坂本達明, 太田達哉, 貝沼重信: 腐食した塗装鋼材のさび厚と腐食深さの相関定量評価に関する基礎研究, pp.1-2, 2013. 2) 坂本達明: 腐食環境下で長期間使用された鋼橋部材の腐食状態調査, 第34回鉄構塗装技術討論会, pp.87-90, 2011.