

塗膜の膨れを用いた鋼部材の経時腐食挙動の評価手法に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○合田 広樹 九州大学大学院 正会員 貝沼 重信
九州大学大学院 学生会員 宇都宮 一浩

1. はじめに 塗装鋼構造物ではピンホールや線傷などの塗膜欠陥が起点となり、腐食が発生し、塗膜の膨れとともに腐食が進展することが少なくない。また、一旦、腐食損傷が生じると再塗装を実施しても、比較的早期に塗膜下腐食が発生し、塗膜が割裂・剥離するケースが多い。そのため、鋼部材の腐食損傷やその経時性を簡便に評価するための実用的な方法として、塗膜の膨れ面積から鋼材表面の腐食損傷を推定する手法が考えられる。本研究では塗膜の初期欠陥から発生・進行する鋼部材の経時腐食挙動を塗膜の膨れから定量評価するための基礎的研究として、円形欠陥を有する塗装鋼板の腐食促進試験を実施した。

2. 腐食促進試験の方法 試験体には JIS G3106 SM490A 材 ($150 \times 70 \times 6\text{mm}$) を用いた。試験体の表面には、A-5 塗装を施し、裏面をシリコン樹脂でシーリングした。塗膜欠陥は図-1 に示すように、塗膜に直径 ϕ を 1, 3, 10, 15 および 20mm の円形の鋼素地露出部を機械加工で設けることで製作した。なお、下方の欠陥が上方の欠陥からの流れさびの影響を受けにくいように、各円形欠陥を試験体の幅方向にずらして配置した。 ϕ が 1mm および 3mm の場合は、塗膜の初期欠陥を想定している。一方、10~20mm の場合については、腐食損傷部を再塗装後、塗膜下腐食が生じて、塗膜が剥離した状態を想定している。

腐食促進試験には JIS K5600 サイクル D を適用し、そのサイクル数を 600, 1200, 2400 および 3600cycles とした。腐食試験後の試験体の塗膜膨れ、および塗膜と腐食生成物除去後の表面性状は、レーザーフォーカス深度計（スポット径：30 μm 、分解能：0.05 μm ）を用いて 0.2mm ピッチで測定した。

3. 腐食促進試験の結果 試験終了後の試験体（円形欠陥 $\phi=3\text{mm}$ ）の塗膜の状態を図-2 に示す。腐食サイクル数が増加するにしたがって、円形欠陥の周辺の塗膜が膨れ、腐食損傷が放射線状に進行している。塗膜膨れと鋼素地露出部の膨れ状況を図-3 に示す。ここでは、円形欠陥 $\phi=1\text{mm}$ の試験体の 3600cycles 後の表面状態を示している。欠陥周辺の塗膜がほぼ円周上に膨れている。一方、鋼素地露出部については、最大で 3mm 程度の厚さにまで腐食生成物が成長している。この傾向は全ての試験体で同様であった。

腐食試験後の鋼素地の腐食面積 A_s と塗装の膨れ面積 A_p の概念図を図-4 に示す。本研究では A_p は無腐食領域の高さを閾値と設定し、この閾値に比して高い領域を抽出することで定義した。また、 A_s は腐食試験後の試験体の塗装と腐食部を除去した後の鋼素地の無腐食領域の高さを閾値とし、この閾値よりも低い領域として定義した。

塗装の膨れ面積 A_p と鋼素地の腐食面積 A_s を用いて整理した試験結果を図-5 に示す。図中の線は、 A_s に対する A_p の回帰直線である。 A_s と A_p は線形関係にあり、この関係は図中に回帰直線の式で表すことができる。回帰直線の傾きは、約 1 であることから、塗膜の膨れ領域は鋼素地の腐食領域にほぼ等しいと言える。

鋼素地の腐食面積 A_s と平均腐食深さ d_{mean} の関係を図-6 に示す。この関係は試験体の各欠陥部で、ばらつきがあるものの、 A_s と d_{mean} は、ほぼ線形関係にあり、図中の回帰直線で表すことができる。

鋼素地の平均腐食深さ d_{mean} と最大腐食深さ d_{max} の関係を図-7 に示す。なお、図中の線は回帰直線である。円形欠陥の直径 ϕ が増加するに伴い、ばらつきが大きくなる傾向にある。しかし、 d_{mean} と d_{max} は、 ϕ の大きさによらず、図中の回帰直線の式で示すような線形関係にある。

以上の結果から、本研究で行った腐食促進試験のような厳しい塩環境に相当する構造部位については、塗装の膨れ面積 A_p を赤外線サーモグラフィなどで測定し、鋼素地の腐食面積 A_s を評価することで、鋼素地の平均腐食深さ d_{mean} が推定でき、この d_{mean} から最大腐食深さ d_{max} を推定できるものと考えられる。

4. まとめ 塗装の膨れ面積と鋼素地の腐食面積の関係、鋼素地の腐食面積と平均腐食深さの関係、および鋼素地の平均腐食深さと最大腐食深さの関係には、線形関係がある。これらの関係を用いることで、塗装の膨れ面積から鋼素地の平均腐食深さと最大腐食深さを推定できる。

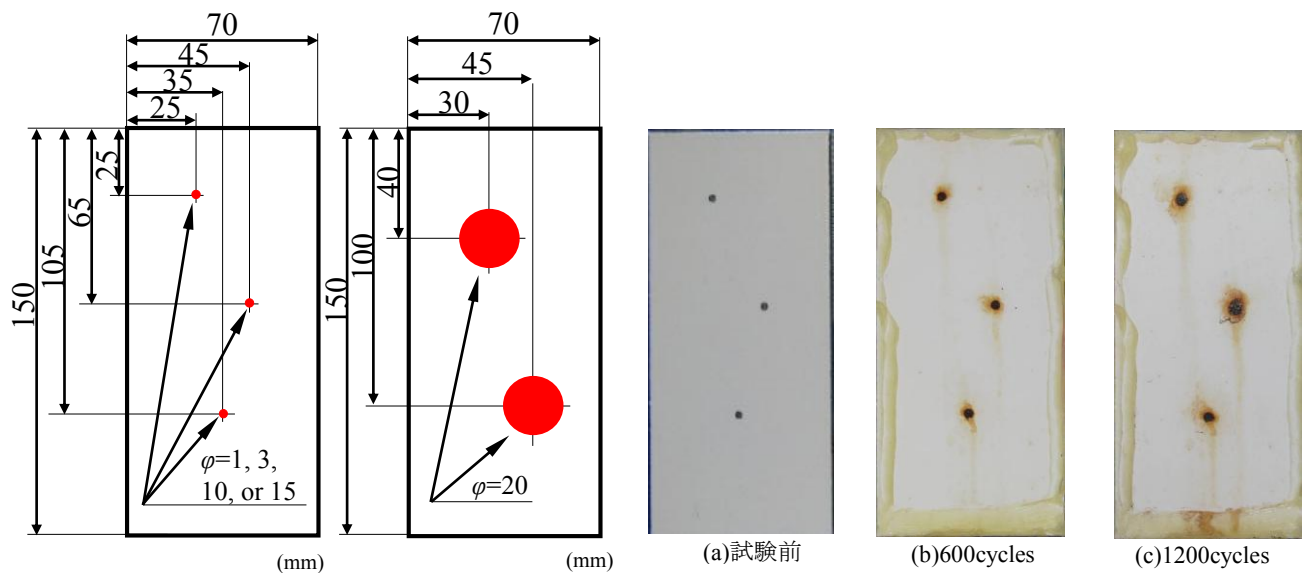


図-1 試験体寸法と初期欠陥位置

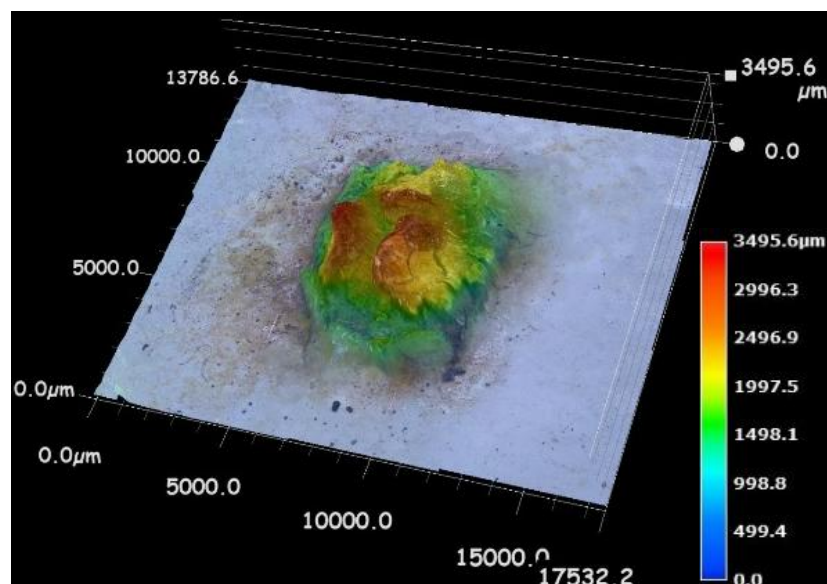


図-3 塗膜膨れと鋼素地露出部の膨れ状況の概念図

(円形欠陥 $\phi=1\text{mm}$ の試験体の 3600cycles 後の表面状態)

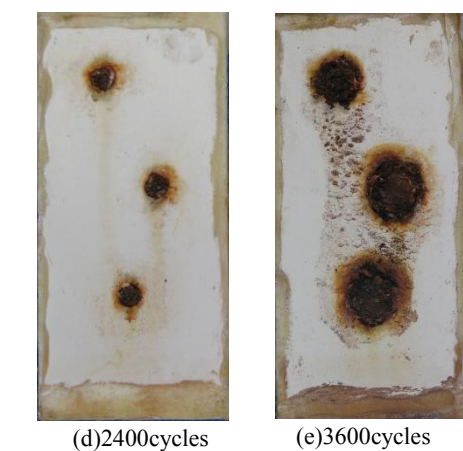


図-2 腐食状況 ($\phi=3$)

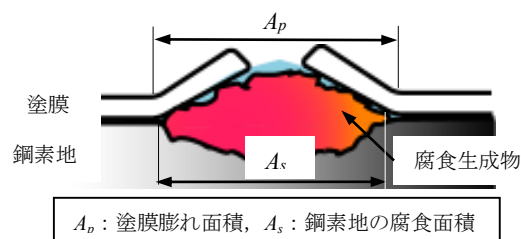


図-4 塗装の膨れ面積 A_p と鋼素地の腐食面積 A_s の概念図

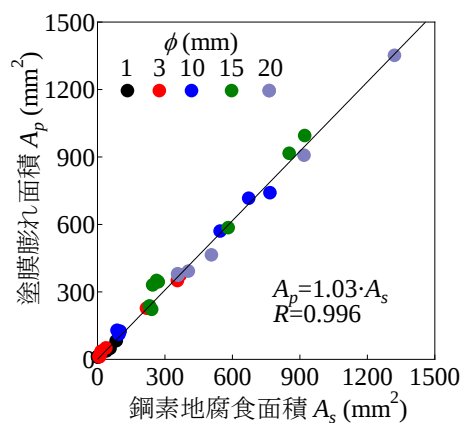


図-5 鋼素地の腐食面積 A_s と塗膜膨れ面積 A_p の関係

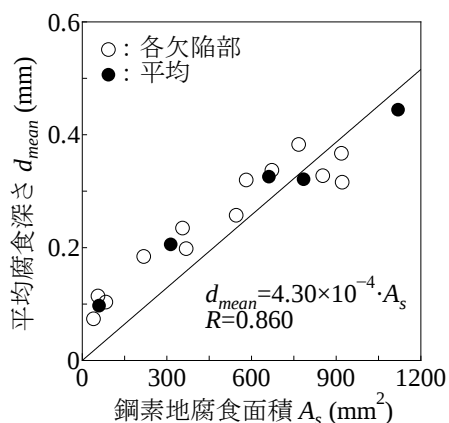


図-6 鋼素地の腐食面積 A_s と平均腐食深さ d_{mean} の関係

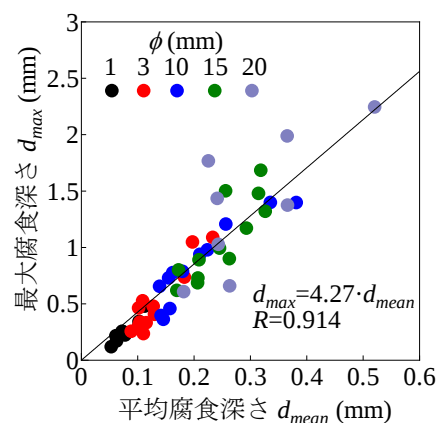


図-7 鋼素地の平均腐食深さ d_{mean} と最大腐食深さ d_{max} の関係