

塗膜欠陥の近接度が鋼材の腐食挙動に及ぼす影響に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○小林 淳二 鉄道総合技術研究所 正会員 坂本 達朗
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 合田 広樹

1. はじめに 塗装仕様の鋼構造物では、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・進行することが少なくない。また、腐食は単体の塗膜欠陥から進行するだけではなく、近接する複数の塗膜欠陥から発生し、進展・結合する場合もある。しかし、これらの腐食挙動については不明な点が多い。そこで、本研究では塗膜欠陥の近接度が鋼材の腐食挙動に及ぼす影響を検討するため、単体および複数の円形欠陥を有する塗装鋼板を用いて腐食促進試験を実施した。

2. 腐食促進試験の方法 試験体はウェザロサイズ(150×70×6mm)とし、供試鋼材にはJIS G3106 SM490A 材を用いた。試験体の塗装は、グリッドブラスト処理 (ISO Sa2.5) した後に、A-5仕様で対象面のみに施した。その裏面については、防食のためにシリコン樹脂を塗布した。塗膜欠陥は図1に示すように、塗膜に直径 ϕ を1mmとした単体の円形欠陥、直径 ϕ を1mm、欠陥距離 d を10、20mmとした複合の円形欠陥とした。これらの欠陥は、塗膜表面から鋼素地に達するように機械加工で施した。なお、複数の欠陥については、上側の欠陥からの流れさびの影響を下側の欠陥が受けにくいように、各欠陥を板幅方向にずらして配置した。

腐食促進試験には JIS K5600 のサイクル D を適用し、そのサイクル数を 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 μ m, 分解能:0.05 μ m)を用いて、0.2mm ピッチで測定した。

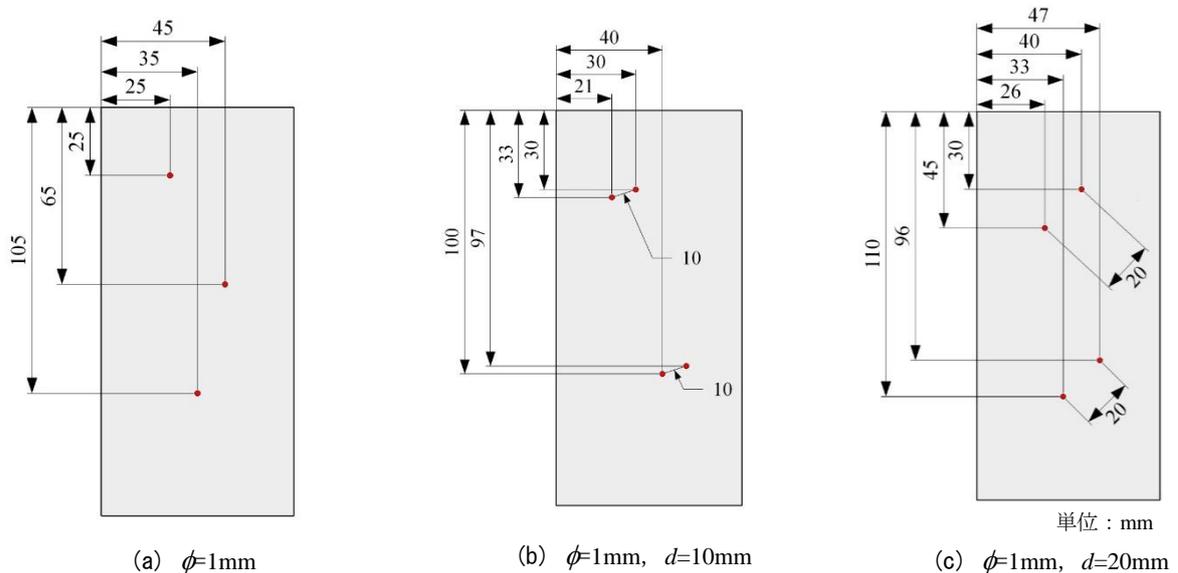
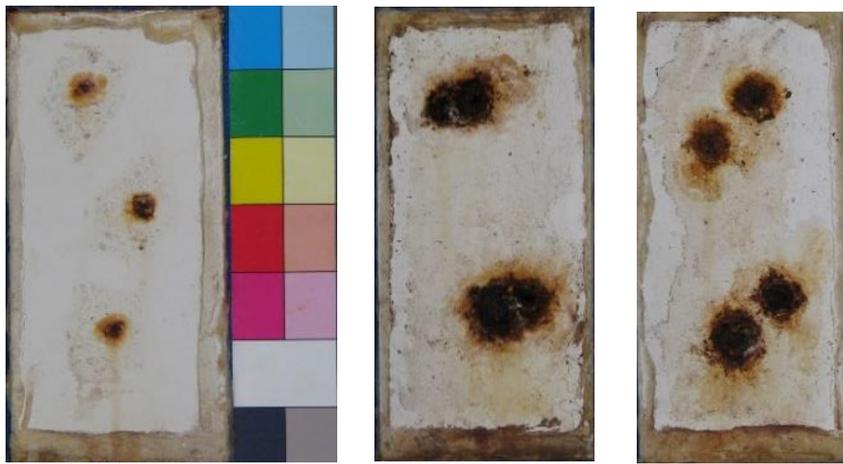


図1 試験体の塗膜欠陥の寸法と配置

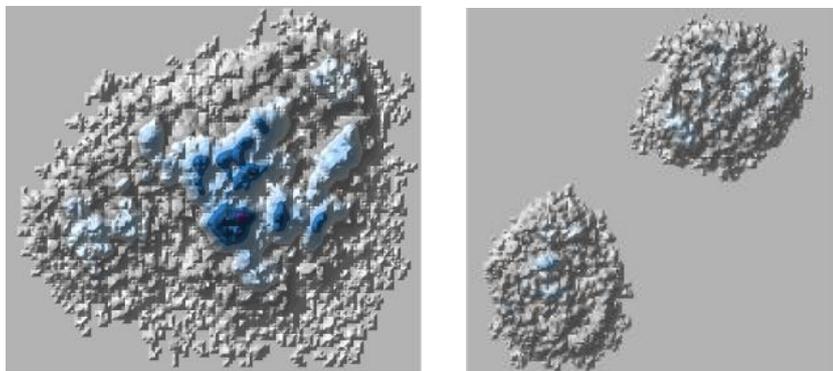
3. 腐食促進試験の結果 試験終了後における試験体の塗膜の状況を図2に示す。 d が10mmの試験体は、塗膜の膨れ部分が結合しているが、 d が20mmの試験体は結合していない。塗膜と腐食生成物を除去した後の試験体の表面性状を図3に示す。 d が10mmの試験体は塗膜欠陥が結合し、 d が20mmの試験体の塗膜欠陥は結合していない。また d が10mmと d が20mmの場合については、局部腐食が発生している。特に、 d が10mmの局部腐食については、多数の腐食孔から形成されている。

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。本検討では 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よりも低い領域として定義した。各試験体の鋼素地の腐食面積 A_s 、鋼素地の平均腐食深さ d_{mean} 、および鋼素地の最大腐食深さ d_{max} を図5に示す。複合の円形欠陥の鋼素地腐食面積 A_s について、単体の円形欠陥の鋼素地腐食面積 A_s との比較のために2で除した結果を示す。単体の円形欠陥に比して、複数の円形欠陥の A_s 、 d_{mean} 、 d_{max} が大きくなっている。図5の A_s 、 d_{mean} および d_{max} の平均値を表1に示す。単体の円形欠陥の A_s に比して、複合の円形欠陥の A_s は3倍程度になっている。また、複合の円形欠陥の d_{mean} および d_{max} は、単体の円形欠陥の2倍程度になっている。これは腐食の進展が塗膜欠陥の結合の有無に関わらず近傍の塗膜欠陥の影響を受けるためと考えられる。近傍に塗膜欠陥が存在する場合、1つの塗膜欠陥の内部のみで腐食が進展するのではなく、塗膜表面に付着した水分を介して異なる2つの塗膜欠陥が導通して、腐食が進展する。そのため、1つの塗膜欠陥の内部に比して、複数の塗膜欠陥に大きな腐食電流が生じることで、複数の円形欠陥の腐食が単体の円形欠陥の腐食に比べて大きくなったと考えられる。また、 d が10mmの A_s 、 d_{mean} および d_{max} は、 d が20mmの場合に比べて大きくなっている。本試験体に用いたA-5塗装系は、アルカリ成分により耐久性が低下



(a) $\phi=1\text{mm}$ (b) $\phi=1\text{mm}, d=10\text{mm}$ (c) $\phi=1\text{mm}, d=20\text{mm}$

図2 試験体の腐食状況



(a) $\phi=1\text{mm}, d=10\text{mm}$ (b) $\phi=1\text{mm}, d=20\text{mm}$

0-0.1 0.1-0.2 0.2-0.3 0.3-0.4 0.4-0.5
 0.5-0.6 0.6-0.7 0.7-0.8 0.8-0.9 (mm)

図3 塗膜，腐食成生物除去後の鋼素地の腐食表面性状

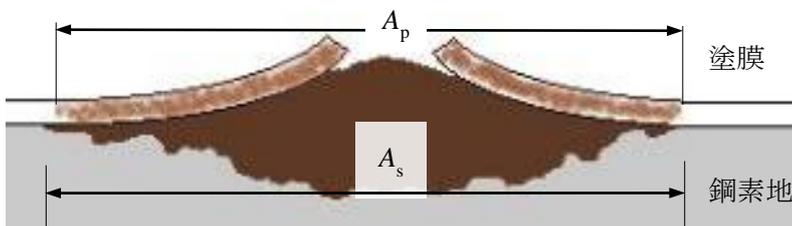
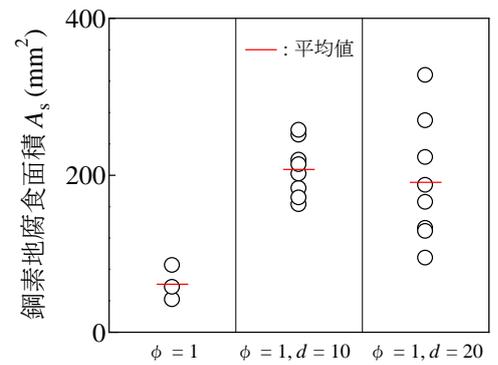
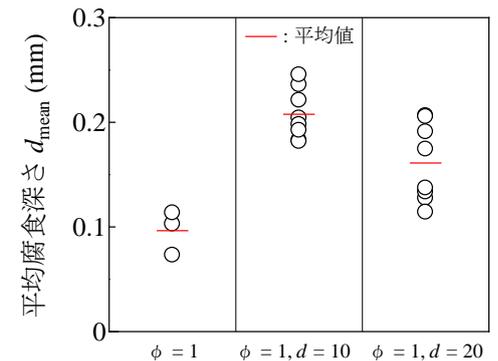


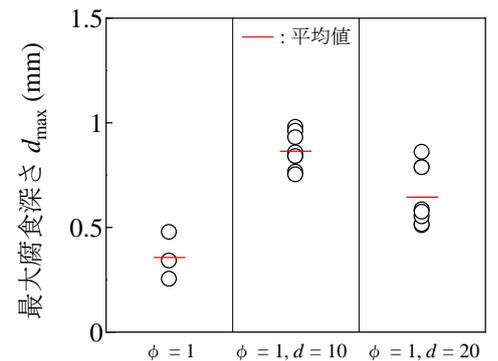
図4 塗膜の膨れ面積 A_p と鋼素地の腐食面積 A_s の概念図



(a) A_s の比較



(b) d_{mean} の比較



(c) d_{max} の比較

図5 各種塗膜欠陥の A_s , d_{mean} および d_{max}

表1 各種塗膜欠陥の A_s , d_{mean} および d_{max} の平均値

	$\phi=1\text{mm}$	$d=10\text{mm}$	$d=20\text{mm}$
$A_s (\text{mm}^2)$	61	207	191
$d_{\text{mean}} (\text{mm})$	0.10	0.21	0.16
$d_{\text{max}} (\text{mm})$	0.36	0.86	0.65

する。そのため、塗膜下で腐食反応が生じると、カソード領域で生成されるアルカリ成分の影響により、塗膜の付着力が低下しやすいと考えられる。このことから、 d が 10mm のように欠陥間の距離が比較的小さい場合には、欠陥間の塗膜が早期に劣化し、その塗膜の付着力が低下することで、 d が 20mm の場合に比して、腐食が進行しやすくなったと考えられる。

4. まとめ 近接する複数の円形欠陥における鋼素地の腐食面積，平均腐食深さおよびの最大腐食深さは，単体の円形欠陥の 2 倍から 3 倍程度となる。