

鋼構造物の塗膜欠陥から進行する腐食の経時特性に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○宇都宮一浩

九州大学大学院 正会員

貝沼 重信

(株)神戸製鋼所 正会員

伊藤 義浩

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・進展することが少なくない。そのため、塗装鋼構造物を経済的に維持管理するためには、これらの欠陥部から発生する腐食損傷の経時性を把握することが重要となる。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明らかにするため、円形の人工欠陥を有する塗装鋼板の複合サイクル腐食促進試験を行った。

2. 複合サイクル腐食促進試験 塗膜欠陥部の経時腐食挙動を明らかにするために、塗装鋼板を用いて複合サイクル腐食促進試験(JIS K5600のサイクルD)を600および1200cycles行った。試験体はSM490A材(JIS G3106, 150×70×6mm)の表面にA-5塗装を施し、裏面をシリコン樹脂でシーリングすることで製作した。また、図-1に示すように、塗装面に直径 ϕ を1, 3, 10, 15および20mmとした円形露出部を機械加工で設けた。腐食試験後は塗膜の除去前後にレーザーフォーカス深度計(分解能: 0.05 μ m)を用いて、塗膜の膨れと腐食表面性状を測定した。なお、 ϕ が1mmの試験体は、600cycles終了時に腐食の進行が軽微であったため、塗膜の膨れのみを測定し、腐食試験を継続した。

試験体の欠陥部には、さびこぶが生じ、欠陥部周辺に塗膜の膨れが生じていた。1200cyclesについては、腐食生成物厚が著しく増加していた。 ϕ が10, 15および20mmの試験体については、全面腐食と局部腐食が混在しており、腐食生成物の一部が層状剥離していた。腐食深さは ϕ が大きくなるにしたがって、増加する傾向にあった。

3. 腐食挙動の経時性 本研究では腐食深さおよび腐食表面性状の特性値(空間統計量)の経時性について検討した。腐食表面性状を定量的に評価するためにセミバリオグラム分析¹⁾を行い、空間統計量であるレンジ h およびシル γ を算出した。任意の位置の腐食深さ z_i と距離 h 離れた位置の腐食深さ z_j のセミバリオグラム $\gamma(h)$ は、次式で与えられる。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2|N(h)|} \sum_{N(h)} (z_i - z_j)^2$$

空間統計量は2次定常性が成立する領域のセミバリオグラムが球型モデルであると仮定して、非線形最小自乗法により求めた。また、平均腐食深さ d_{mean} と最大

腐食深さ d_{max} および d_{mean} と腐食表面性状の空間統計量(レンジ h およびシル γ)の関係を検討するために、異なる腐食性状が混在している腐食表面性状を回帰樹分析¹⁾を行うことで、同様の腐食特性と見なせる腐食領域に分割した。この分割後の各領域について d_{mean} , d_{max} , h および γ を算出した。

欠陥寸法 ϕ と平均腐食深さ d_{mean} の関係を図-2に示す。図中の線は累乗回帰曲線である。 ϕ の増加に伴い、 d_{mean} は累乗に増加している。また、600cyclesと1200cyclesの累乗回帰曲線は、ほぼ同様になっている。

平均腐食深さ d_{mean} と最大腐食深さ d_{max} の関係を図-3に示す。図中の実線は、 d_{mean} に対する d_{max} の累乗回帰曲線 m を示し、破線はその $\pm 2s$ (s : 標準偏差)を示している。 d_{mean} と d_{max} の関係は欠陥寸法によらず、同様の傾向を示しているため、この関係は次式で与えられる。

$$d_{max} = 1.22 \cdot d_{mean}^{0.652}$$

全面腐食と局部腐食が混在する場合、全面腐食領域の腐食深さは ϕ によらず同程度であった。したがって、 ϕ が比較的大きい場合、その腐食深さは局部腐食の発生の有無に依存すると考えられる。

d_{mean} と空間統計量の関係を図-4に示す。 ϕ が1mmの欠陥の場合を除き、 d_{mean} と h には、累乗関係がある。 ϕ が1mmの試験体の腐食表面性状は、単体の局部腐食孔から形成されていた。一方、 ϕ が1mmより大きい試験体については、多数の腐食孔から生じていた。多数の腐食孔から腐食表面性状が形成される場合は、腐食孔が結合することで h が減少するため、 ϕ が1mmの場合と異なる挙動を示したと考えられる。一方、 d_{mean} と $\sqrt{\gamma}$ の関係は、欠陥寸法によらずほぼ同様になっている。

以上から、平均腐食深さ d_{mean} と h 、および d_{mean} と $\sqrt{\gamma}$ の関係は、次式で表わすことができる。

$$h = \begin{cases} 20.7 \cdot d_{mean}^{0.735} & (\phi = 1\text{mm}) \\ 5.57 \cdot d_{mean}^{0.969} & (3 \leq \phi \leq 20\text{mm}) \end{cases}$$

$$\sqrt{\gamma} = 0.200 \cdot d_{mean}^{0.616}$$

4. まとめ 1) 塗膜の欠陥寸法が大きいほど、局部腐食が発生しやすい傾向がある。2) 塗膜の欠陥寸法と欠陥領域内の平均腐食深さの関係は、累乗関数で表すことができる。3) 塗膜欠陥領域内の平均腐食深さと最大

キーワード 腐食, 塗装, 腐食促進試験, バリオグラム, 空間統計量

〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 工学府 都市環境システム工学専攻 TEL092-802-3392

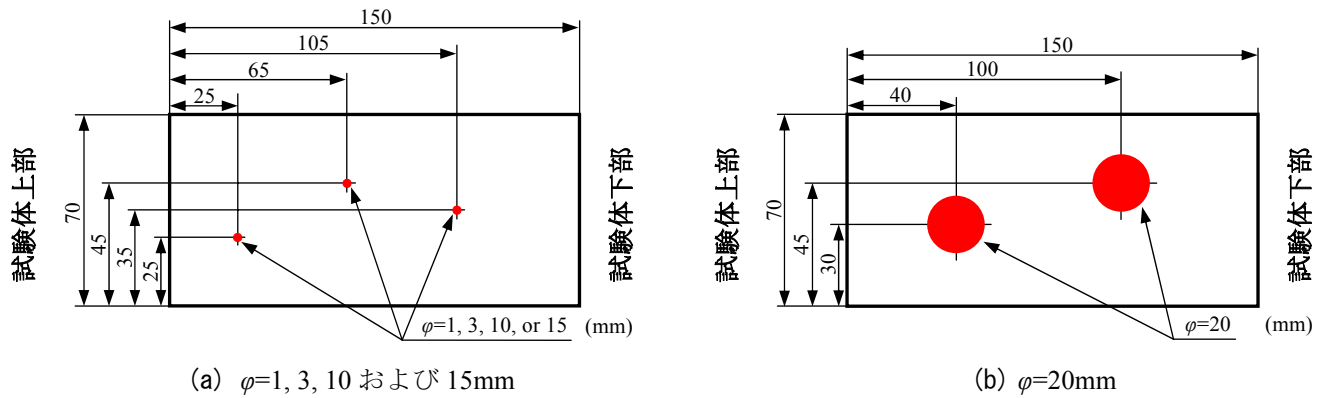
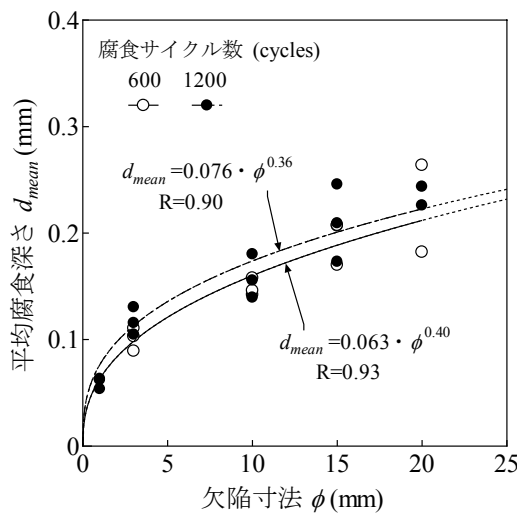
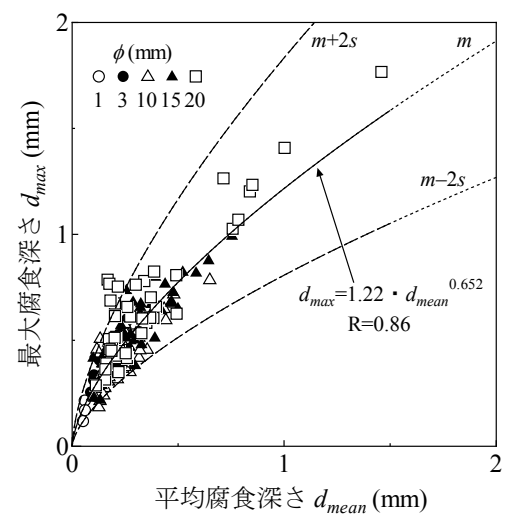
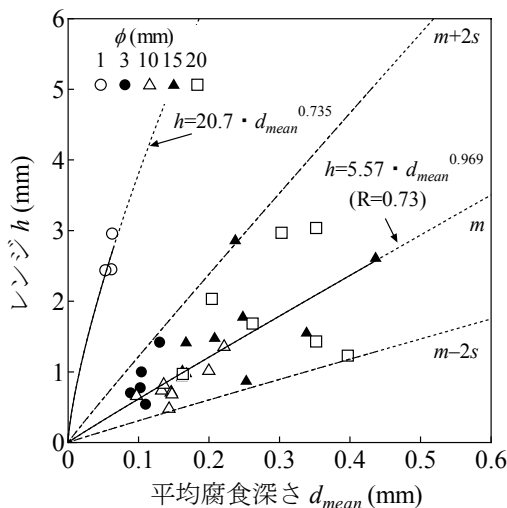
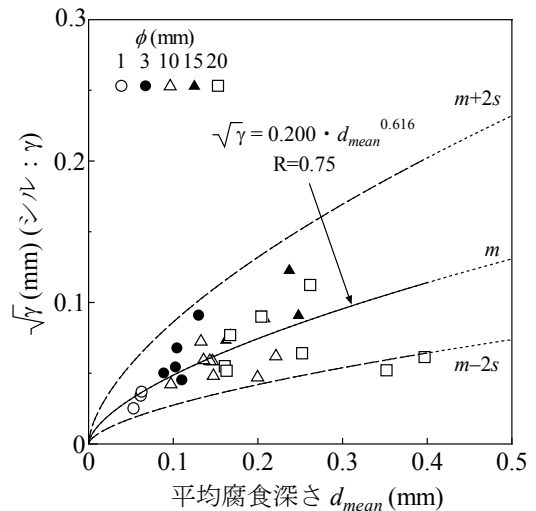


図-1 試験体の寸法と初期欠陥位置

図-2 欠陥寸法 ϕ と平均腐食深さ d_{mean} の関係図-3 平均腐食深さ d_{mean} と最大腐食深さ d_{max} の関係(a) 平均腐食深さ d_{mean} とレンジ h の関係(b) 平均腐食深さ d_{mean} とシル $\sqrt{h}$ の関係図-4 平均腐食深さ d_{mean} と空間統計量の関係

腐食深さの関係は、欠陥寸法に依存せず、ほぼ同様になる。4) 平均腐食深さとレンジの関係は、欠陥寸法に依存するが、平均腐食深さとシルの関係は、欠陥寸法に依存せず、ほぼ同様になる。

参考文献

1) 貝沼重信, 細見直史: 鋼構造部材のコンクリート境界部における経時的腐食表面性状の数値シミュレーション, 土木学会論文集, Vol.62, No.2, pp.440-453, 2006.