

塗装鋼材の腐食表面性状の空間統計数値シミュレーションに関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 向川 優貴  
九州大学大学院 正会員 貝沼 重信

**1.はじめに** 鋼構造物の防食方法として、塗装が一般的に採用されている。塗装構造物ではピンホールや線傷が起点となり腐食が発生・進行することが少なくない。そのため、構造物を経済的に維持管理するためには、ピンホールなどの不具合部から発生する腐食損傷の経時性を予測することが重要になる。本研究では塗装部材のピンホールから発生・進行する腐食の経時挙動を予測するための空間統計数値シミュレーション手法を提案した。

**2.対象とした腐食表面性状** 本研究では大気暴露した無塗装鋼板(JIS G 3106 SM490A 材, 400×60×9mm)の表面性状データに基づき、ピンホールにおける局部腐食の発生・進展に対する数値シミュレーションの手法を検討した。大気暴露試験は飛来塩分と降雨の影響を受ける琉球大学構内(Lat.26°15'N, Long.127.46'E)で3年間実施した。

暴露試験後の試験体の腐食表面性状を図-1に示す。試験体には全面腐食と局部腐食が混在して生じている。そこで、回帰樹分析を行うことで、本研究で検討対象とする局部腐食領域のみを抽出した。

**3.腐食表面性状の数値シミュレーション** 本数値シミュレーションでは腐食試験体の個々の局部腐食を対象とした。局部腐食孔の表面性状を定量的に評価するため、バリオグラム解析<sup>1)</sup>を行い、その結果から得られる空間統計量を用いて、局部腐食孔の数値シミュレーション<sup>1)</sup>を行った。シミュレーションには式(1)で示す乱数場に任意の位置の腐食深さ $z_{i,j}$ をその周辺の腐食深さ $z_{i-1,j-1}$ などの線形結合として推定する手法(以下、クリギング)を用いた。

クリギングの概念図を図-2に示す。任意の位置の腐食深さ $z$ は、 $z_{i,j}$ の位置より半径 $\theta_2$ 内の全点( $\theta_2$ の関数である $N(\theta_2)$ 点)を線形結合して算出した。なお、式(1)では空間自己相関を表す球型共分散関数 $\gamma$ を重み係数として用いた。球型共分散関数の例を図-3に示す。

$$z_{i,j} = \sum_{N(\theta_2)} \gamma(h; \theta) z_{k,l} \tag{1}$$

本シミュレーションは、次に示す ~ の手順で行った。個々の局部腐食孔の表面性状データから平均および最大の腐食深さを抽出する。バリオグラム解析により局部腐食孔の空間統計量(レンジ $\theta_2$ , シル $\theta_1$ )を算出する。拘束条件, および から得られたパラメータに基づき空間統計数値シミュレーションを行う。ここで、局部腐食の周囲の形状を円形、その直径をレンジとして仮定した。また、局部腐食孔以外の領域については、塗膜が劣化していない未

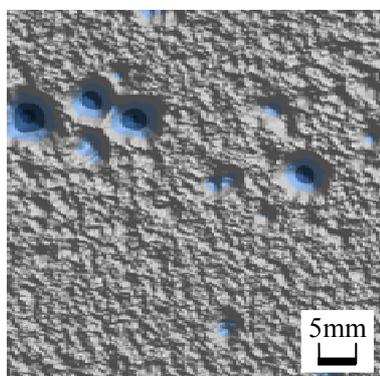


図-1 試験体の腐食表面性状の例

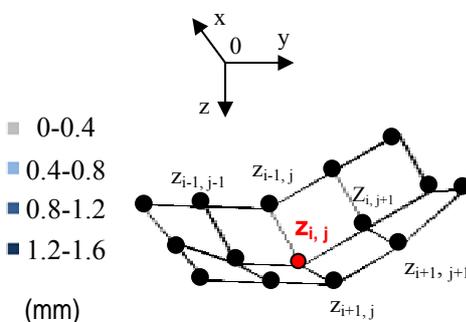


図-2 クリギングの概念図

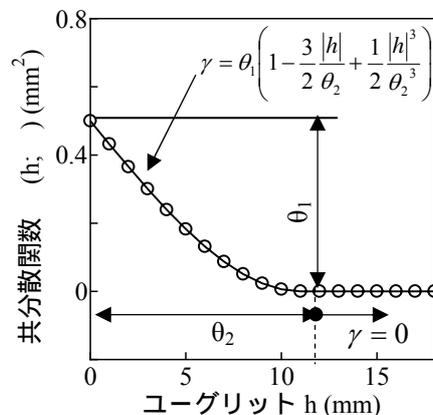


図-3 球型共分散関数の例

キーワード 塗装鋼材 腐食 局部腐食 空間統計数値シミュレーション 空間点過程

連絡先 〒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 TEL 092-802-3392

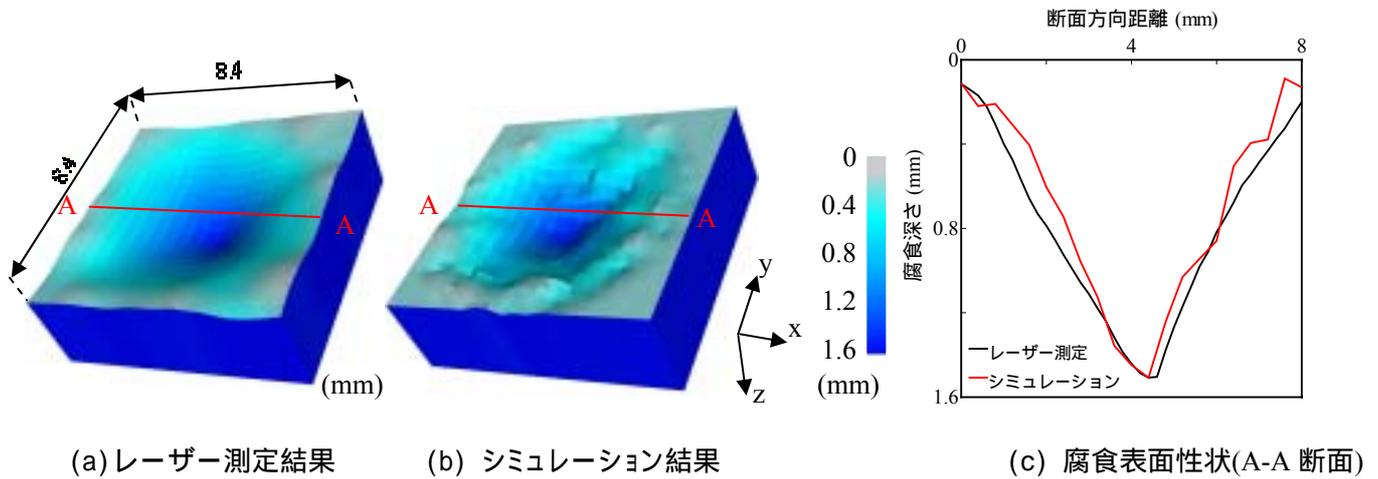


図-4 局部腐食孔の測定結果とシミュレーション結果の例

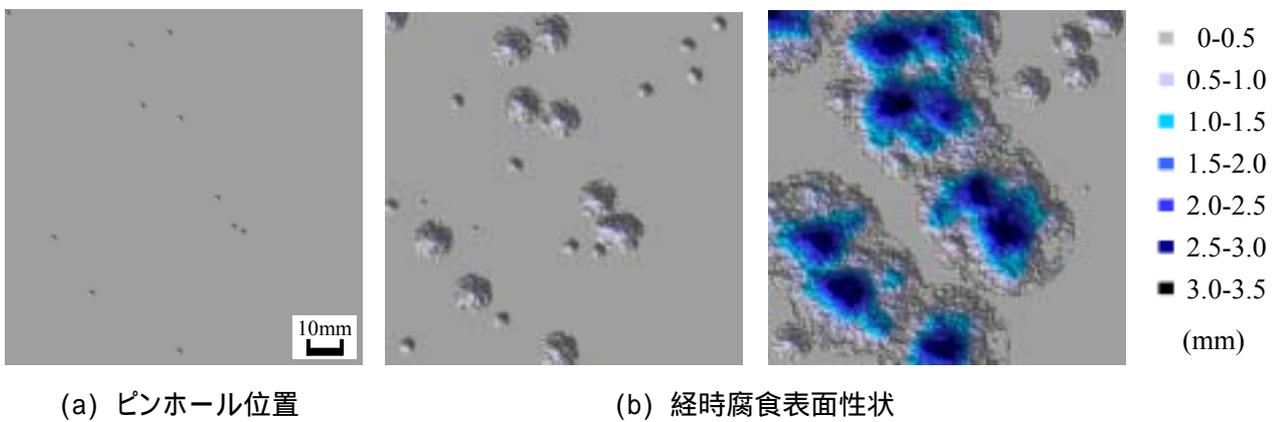


図-5 空間点過程を用いた経時腐食表面性状の空間統計数値シミュレーション

腐食領域となるため、局部腐食孔の周囲は腐食深さを 0mm として拘束した。

局部腐食孔のシミュレーション結果を図-4 に示す。シミュレーション結果の腐食表面性状は、試験体のレーザー測定結果と良く一致している。したがって、空間統計量および腐食深さ(平均値および最大値)の経時変化に基づき、本シミュレーションを実施することで、塗膜のピンホールから発生・進行する腐食の経時挙動が評価できると考えられる。塗装鋼部材の腐食挙動は、腐食環境、塗膜の劣化度やピンホールの位置などにより影響を受けるため、今後、これらの影響因子について検討する必要がある。

**4. ピンホール位置の数値シミュレーション** 局部腐食の発生位置を検討するため、確率モデルである空間点過程の手法を用いた。初期欠陥の発生位置、数や形状・寸法は、塗装系、膜厚や塗装の施工品質などにより異なる。そのため、実構造物の調査結果に基づきモデル化する必要があるが、本研究ではポアソン点過程を用いて、塗装部材を対象とした腐食挙動の数値シミュレーションを行った。

数値シミュレーションの結果を図-5 に示す。図-5(a)はピンホールの発生位置を示している。図-5(b)は図-5(a)のピンホール位置から腐食を進行させながら、新たなピンホール位置から腐食を進行させたシミュレーション結果を示している。本研究ではクリギングと空間点過程の空間統計学的手法を連成させることで、塗装部材のピンホールから発生・進展する腐食の経時挙動を数値シミュレートした。

**5. まとめ** 局部腐食の経時腐食表面性状をクリギング、ピンホールの位置を空間点過程によりシミュレートすることで、塗装鋼部材の経時腐食挙動を空間統計数値シミュレートする手法を提案した。今後は、様々な腐食環境における塗装構造物の調査結果に基づき、本手法に用いる空間統計モデルを検討する予定である。

**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, pp.440-453, 2006.