

塗膜劣化に伴う鋼部材の 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

九州大学大学院 学生会員 ヴァ ダット ヴァン

1. はじめに 鋼構造物の防食方法として、一般的に塗装が採用されている。塗膜にはピンホールや線傷が起点となって、部材が腐食することが少なくないが、その経時腐食挙動には不明な点が多い。本研究では、塗装部材のピンホールから発生・進行する局部腐食に対する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、検討対象とする局部腐食領域のみを抽出した。

3. 腐食表面性状のシミュレーション 本研究では、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¹⁾を行い、その結果から得られる空間統計量を用いて、数値シミュレーション¹⁾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 (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 θ_2 内の全点 (θ_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 γ 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。

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

本シミュレーションは、次に示す①～③の手順で行った。①個々の局部腐食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。②バリオグラム解析により空間統計量 (レンジ θ_2 , シル θ_1) を算出する。③拘束条件および①, ②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、その直径をレンジに相当するものと仮定した。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腐食領域と仮定するため、局部腐食孔周囲は腐食深さを 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。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・進行する鋼材の経時腐食挙動が評価で

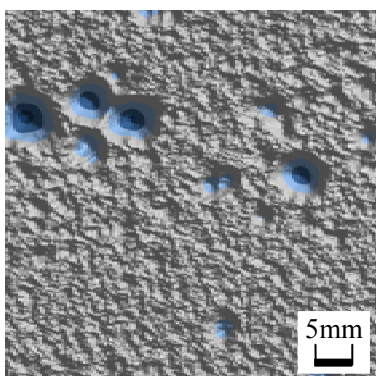


図-1 試験体の腐食表面性状の例

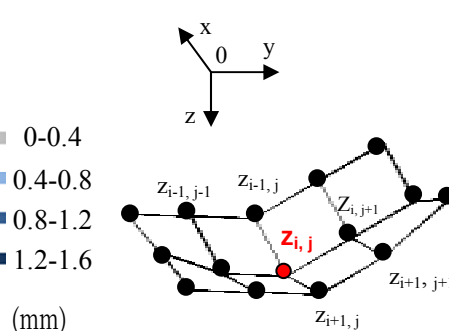


図-2 クリギングの概念図

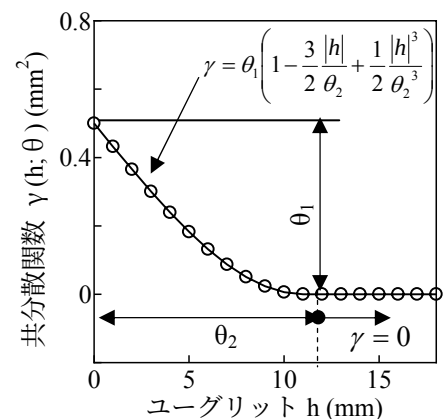


図-3 球型共分散関数の例

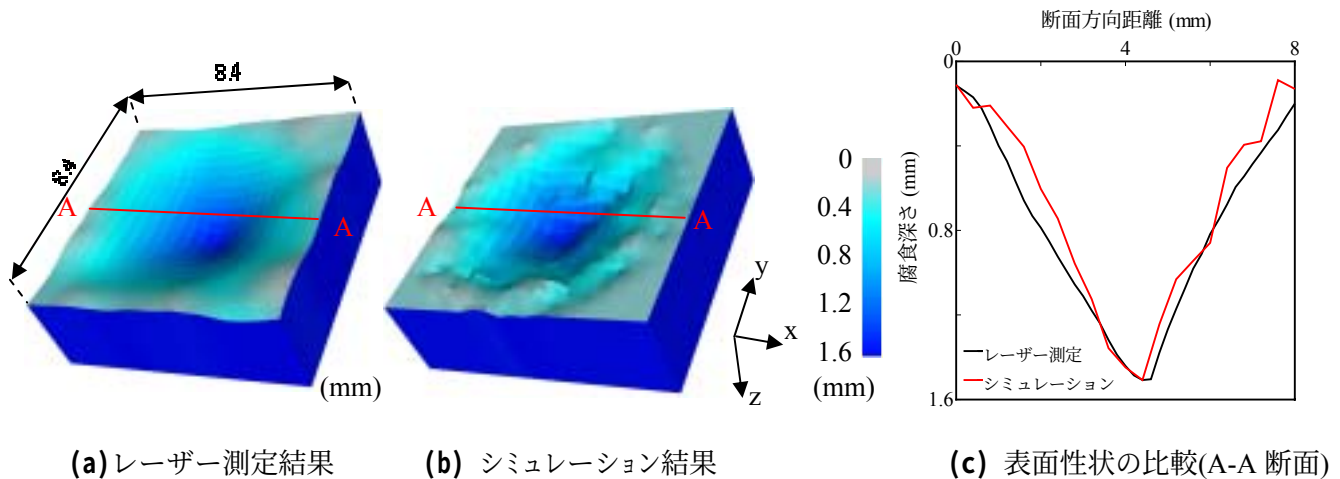


図-4 局部腐食孔の測定結果とシミュレーション結果の例

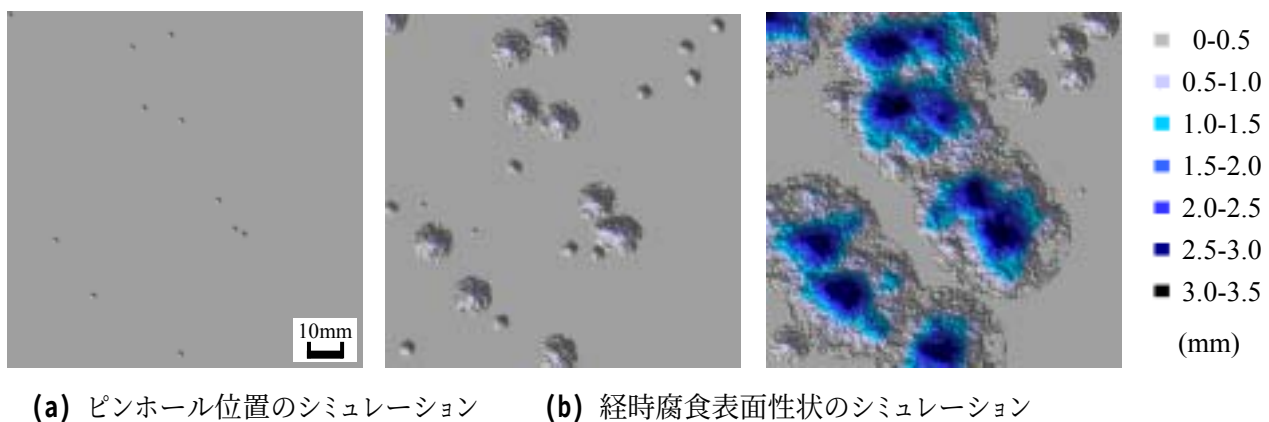


図-5 空間点過程を用いた局部腐食の空間統計数値シミュレーション

きると考えられる。鋼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や大きさなどによる影響を受けるため、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やその数は、塗装系、塗装方法および膜厚等により異なる。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、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、クリギングを用いた空間統計数値シミュレーション手法と空間点過程を組み合わせることで、塗装部材のピンホールに生じる腐食挙動を数値シミュレートした。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、本研究のシミュレーション手法に用いる仮定を検討する必要がある。

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シミュレートする手法を提案した。

参考文献: 1) 貝沼重信, 細見直史: 鋼構造物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.