

海洋暴露された鋼材の腐食表面性状の数値シミュレーション

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 後藤 淳
 (株)東京鉄骨橋梁 正会員 細見直史 名古屋大学大学院 フェロー会員 伊藤義人

1. はじめに 海洋環境下に曝される鋼部材は、海水の塩分や海水の潮位等様々な要因により厳しい腐食環境に曝される。特に、飛沫帯では一般的に乾湿が繰り返されることで腐食が著しく進行する。しかし、このような環境下における鋼材の腐食表面性状については、これまで十分に明らかにされていない。本研究では約20年間海洋暴露されたアングル材の腐食表面性状の空間統計学的な特性値を回帰樹およびバリオグラムを用いることで算出した。また、この特性値を用いることで、海洋環境下における鋼部材の腐食表面性状の数値シミュレーション手法を検討した。

2. 試験体の腐食表面性状 試験体は長さ3,800mm、板厚20mmの無塗装のL形アングル材（SS400材）である。その形状および寸法を図-1に示す。図中に海洋暴露環境¹⁾の平均海面（T.P.±0）、平均満潮面（H.W.L.）、平均干潮面（L.W.L.）の位置および暴露の方角を示す。試験体の表面に生成されたさびは、ブラスト処理により除去した。その後、アングル材のA面から図-1に示すように、計17体切り出した。試験体の表面性状は、レーザーフォーカス深度計（分解能：0.1μm）を用いて、0.3mmの測定ピッチで計測した。その結果、各試験体の各面から約20万点の腐食深さのデータをそれぞれ得た。この結果から求めた板幅方向の平均板厚減少量を図-2に示す。平均満潮面より上側に位置する飛沫帯において、腐食が著しく進行している。また、飛沫帯の領域内については、腐食環境帯によって腐食の進行度に差異が見られる。そこで、本研究では、図-2に示す腐食性状が異なる特徴的なNo.2,7および13の試験体の腐食表面性状について検討した。ここでは、腐食環境が最も厳しい飛沫帯に位置するNo.2の試験体について検討した結果を示す。

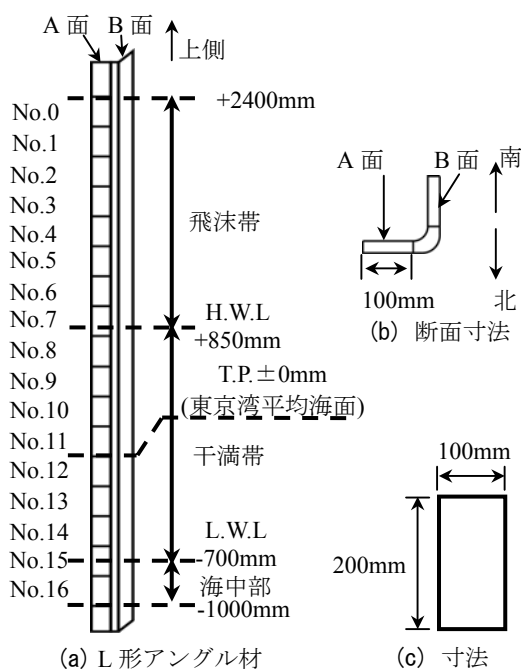


図-1 試験体の暴露状況と形状・寸法

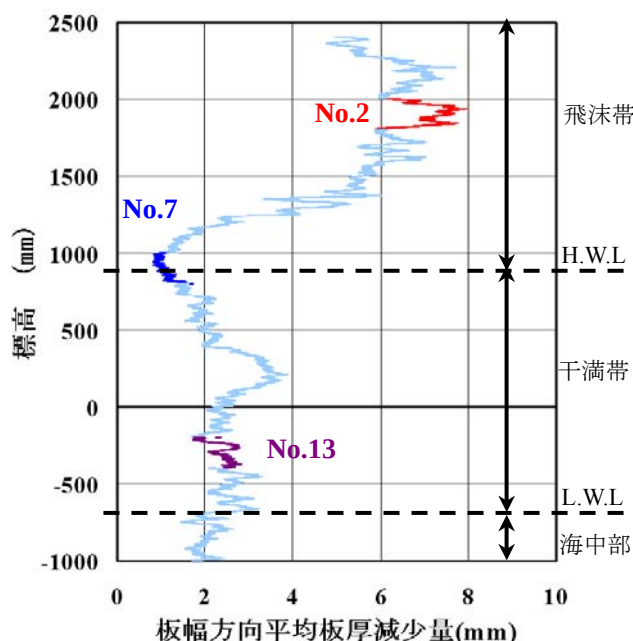


図-2 幅方向平均板厚減少量

3. 腐食表面性状の特性値 全面腐食と局部腐食が混在している場合、腐食深さの確率分布を一つの確率密度関数でモデル化することは困難である²⁾。そこで、回帰樹分析により腐食領域を分割することとした。領域分割した結果を図-3に示す。図中の数値は各領域の平均腐食深さである。図の上下端については、腐食前におけるアングル材の板厚の差異や端部からの腐食の影響を受けている。そのため、これらの影響が無い領域（図-3(a)の緑枠内）を回帰樹分割により特定した。この対象領域を図-3(b)に示すように細分割することで、対象とした試験体の代表的な腐食領域（図-3(b)の赤枠内）を抽出した。この際、代表的な腐食領域は、その平均腐食深さが図-3(b)の領域全体の平

キーワード 鋼部材、腐食、回帰樹、バリオグラム、シミュレーション

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院 工学研究院建設デザイン部門 TEL 092-642-3264

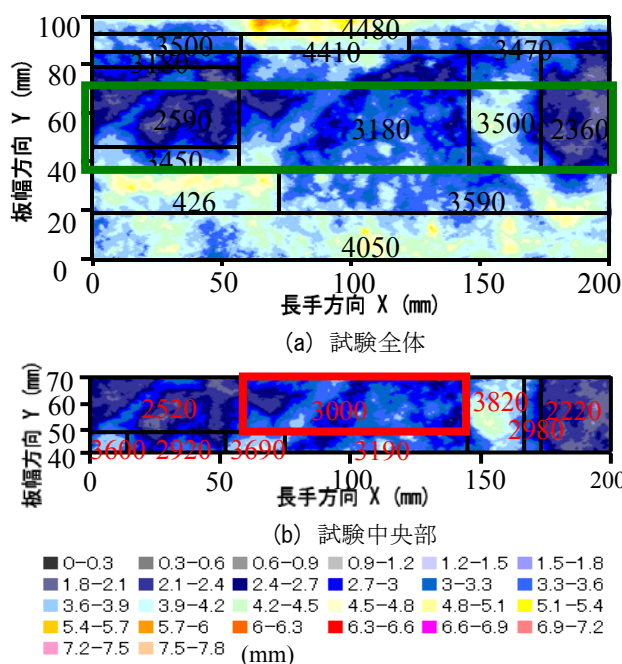


図-3 回帰樹分割 (No.2 の試験体)

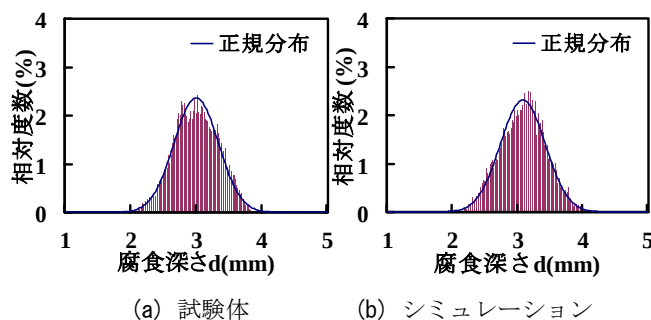


図-6 ヒストグラム

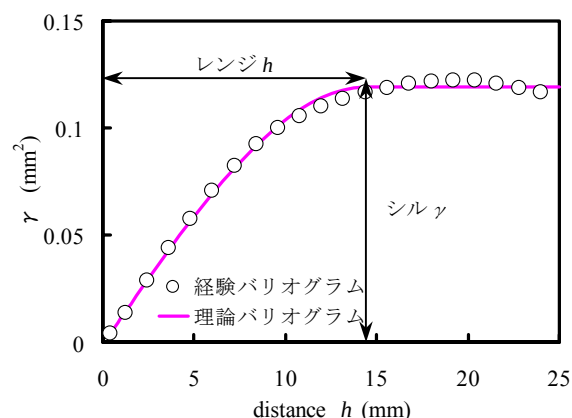


図-4 バリオグラム

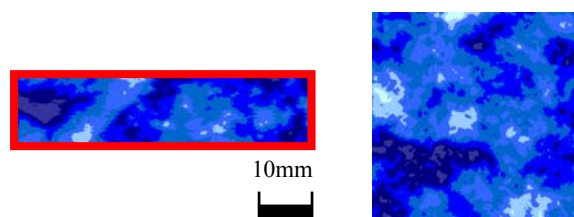


図-5 腐食表面性状

表-1 腐食表面性状の各統計量

	試験体	シミュレーション
平均腐食深さ μ (mm)	3.00	3.08
標準偏差 σ (mm)	0.34	0.35
最大腐食深さ $d_{\max}$ (mm)	4.00	4.30
最頻値 M_0	3.00	3.20
歪度 α_3	-0.026	-0.0068
尖度 α_4	2.50	2.70

均腐食深さに最も近い領域であると仮定することで決定した。

図-3(b)の赤枠内の腐食領域に対して、バリオグラム解析を実施することで、対象領域の空間統計学的な特性値を分析した^{2),3)}。解析から得られたバリオグラム（レンジ h およびシール γ ）を図-4に示す。図中のプロットは、供試体の腐食表面測定データから得られた経験バリオグラムである。図の縦軸は、腐食深さの共分散を表す γ であり、横軸はデータ間のユークリッド距離 h である。この分析結果から得られた経験バリオグラムに共分散関数を適用することで、図中に実線で示す理論バリオグラムへモデル化を試みた。理論バリオグラムから得られた h および γ は、経験バリオグラムと良く一致している。したがって、対象とする腐食表面性状の自己相関構造は、バリオグラムの球型モデルの共分散関数による h および γ により推定できると言える。

4. 数値シミュレーション 腐食表面性状の数値シミュレーションは、図-3(b)および図-5(a)に示す代表腐食領域から得られた特性値（レンジ h およびシール γ ）とその平均腐食深さ μ を用いて、文献2) および3)に示す手順で行った。なお、試験体の表面からの平均腐食深さ μ は、暴露前の表面の位置が特定できないため、表裏で腐食速度が等しいと仮定することで算出した。

数値シミュレーションの対象領域の腐食表面性状とその領域のシミュレーションの結果を図-5および図-6示す。シミュレーションの結果は、対象領域の腐食表面性状を良く表している。また、表-1に示す図-6の各統計量についても、比較的良く一致している。したがって、本研究で用いた数値シミュレーションの手法により、海洋暴露された鋼材の腐食表面性状をシミュレートできると考えられる。

5. まとめ 海洋環境下で暴露された鋼材の腐食表面性状を回帰樹およびバリオグラムにより分析することで、その特性値を用いた空間統計学的な数値シミュレーション手法を提案した。

参考文献 1) 山沢哲也, 渡邊英一, 野上邦栄, 杉浦邦征, 伊藤義人, 藤井堅: 19.5年暴露した鋼材の腐食計測, 土木学会第60回年次学術講演会, 2005., 2) 貝沼重信, 細見直史, 金仁泰, 伊藤義人: 鋼構造部材のコンクリート境界部における経時的な腐食挙動に関する研究, 土木学会論文集, No.780, 1-70, pp.97-114, 2005., 3) 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, 2006. (印刷中)