

腐食鋼板表面形状の空間統計的特性の部位による依存性

名古屋大学大学院 学生会員 ○渡邊尚彦

名古屋大学大学院 フェロー会員 伊藤義人

1. はじめに

海洋環境下における鋼部材は激しい腐食環境にさらされており、特に飛沫帯では乾湿の繰り返しによる著しい腐食のため著しい減肉が見られる。一方、陸上における鋼部材ではコンクリート境界部やボルト締結部など湿潤状態となる局所的な部位からの腐食の進行が見られる。本研究ではこうした腐食性状のモデル化を行うことを目的とし、例として1つ目に約20年間海洋曝露された無塗装のL形アングル材の腐食表面性状計測データに関して、また腐食促進実験の行われたボルト締結された鋼部材のボルト周辺部の各サイクルにおける腐食性状の計測データに関して、それぞれ空間統計学的手法により特性値を抽出した。

2. 海洋曝露されたアングル材の腐食性状

2.1 供試体

供試体は長さ3800mm、板厚20mmの無塗装のL形のアングル材(SS400)であり、大井川河口において19.5年曝露試験が行われたものである。そこから幅100mm×長さ200mmの試験体17体を切り出し、表面に生成されたさびをブラスト処理により除去した後、レーザーフォーカス深度計(最小読み取り値 $0.1\mu\text{m}$)を用いて0.3mmピッチで表面形状測定を行った。今回表の面の肉厚減少量を解析対象とした。

2.2 バリオグラム解析

測定された表面のそれぞれ特定の領域に対してバリオグラム解析を行うことで、形状の空間的自己相関性を表現する。裏面の板厚現状量分布は総板厚減少量分布と似た形であったことから表面の腐食量分布を解析対象とした。図-2に裏面の板厚減少量の最大最小値、平均値の分布を示す。幅100mm、長さ50, 100, 200, 400mmのそれぞれの解析領域について軸方向へ移動させ各位置での解析を行う。腐食形状は異方性を有すると考えられるので、x方向(アングル長手方向)、y方向(直角方向)それぞれに関して解析を行った。このとき、各バリオグラムで明確なレンジとシルが見られたものについてその値を図-3に示す。横軸は図-1に示す位置、縦軸がシルの値である。正方形の大きさがレンジの大きさを表し、黒はx方向に関して行った解析値、灰色はy方向に関して行った解析値を表している。標本点は球形バリオグラムモデルを仮定してフィッティングを行っている。図上、欠損している部分は単調増加型のような明確なシルが見られなかったものであり、これは解析領域において腐食分布が二次定常性を有しない、あるいは領域内に異なる空間スケールを特徴付ける複数の固有確率場が存在すると考えられる。

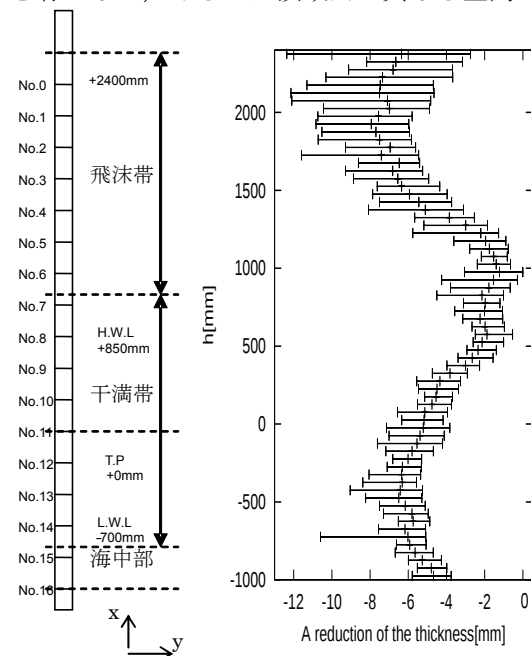


図-1

アングル材の部位

図-2 裏面腐食量分布

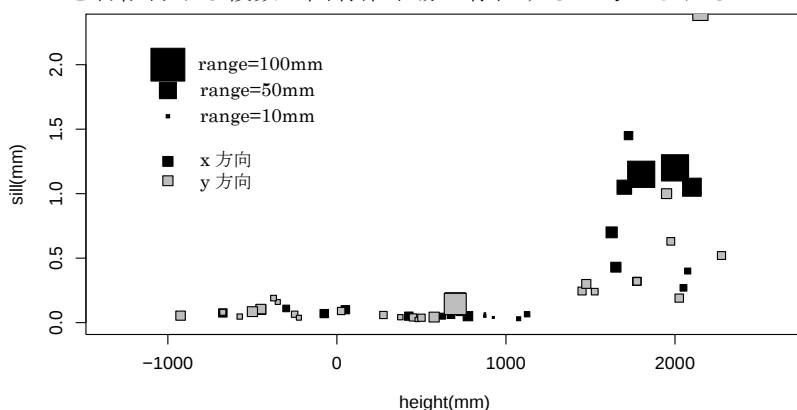


図-3 各部位のレンジとシル(正方形のサイズがレンジを表す)

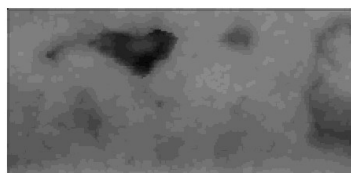


図-4 No.4(h=1600~1800mm)供試体

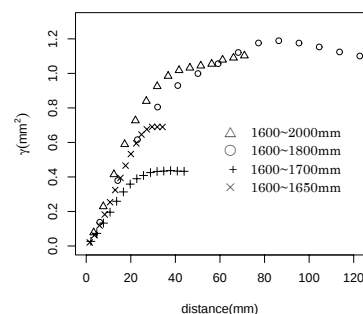


図-5 h=1600mm 付近のバリオグラム

図-3に示すように飛沫帯 $h=1600\sim 2200\text{mm}$ 区間では異なるシルとレンジを取る空間特性を同時に存在することがわかる。図-5に $h=1600\text{mm}$ 付近の各バリオグラムを、図-4にその部位での減肉量分布を示す。またこの区間では形状異方性が顕著である。

平均板厚減少量が軸方向に変化しない $h=500\sim1000\text{mm}$ (H.W.L 直下), $h=-600\sim-200\text{mm}$ (L.W.L 直上)の部位でもシルの存在が見られ, 同様な空間形状特性が見られる.

3. 無塗装耐候性鋼板のボルト継手部における腐食

3.1 供試体

供試体は長さ 570 mm, 幅 70mm, 板厚 6mm の耐候性鋼板 (SMA490AW) に $70\text{mm}\times70\text{mm}\times6\text{mm}$ の板を両側からあて, ボルトで締結したものを用いた. 腐食促進実験として塩水噴霧複合サイクル試験機を用い, S6-cycle で繰り返し回数を 400~1600cycle (400cycle 毎) とすることで実験を行った. 供試体を取り出した後, ブラストによりさびを除去し, 表面性状をレーザーフォーカス深度計で測定した. このときあて板との境界部からさびが進行していることから, 境界から 45mm までを各 cycle の供試体で 4 箇所, 測定した.

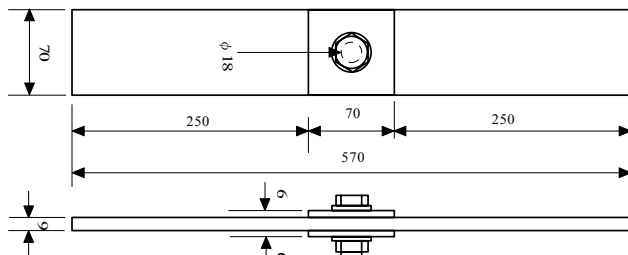


図-6 実験供試体の形状及び寸法(単位 mm)

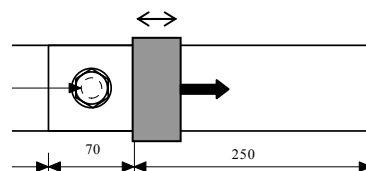


図-7 解析要領

3.2 バリオグラム解析

計測した全領域についてのバリオグラムは, 複数の勾配を持つ明確なシルが見られないものであったが, あて板のあてられた境界からの距離を増加させて解析領域としたとき, 一定の距離を取った領域でシルの存在が認められるバリオグラムとなった. このとき腐食一般部に関するバリオグラムは単調増加型で明確なシルを持たないものとなった. さらに対象領域がある距離を越えるとシルがなくなり, 2次勾配を持つようなバリオグラムとなった. 図-8に 1200cycle-部位1での例を示す. シルの存在が認められるバリオグラムとなる定義領域の最小距離は腐食形状分布でも境界部として認めることができる. この傾向は他の境界部でも観察され, 特定の空間分布特性を持つ腐食境界部領域を定義する方法となる. これにより定義した境界部領域長さの経時的変化を図-10に示す. シルが現れなかったものは除かれている.

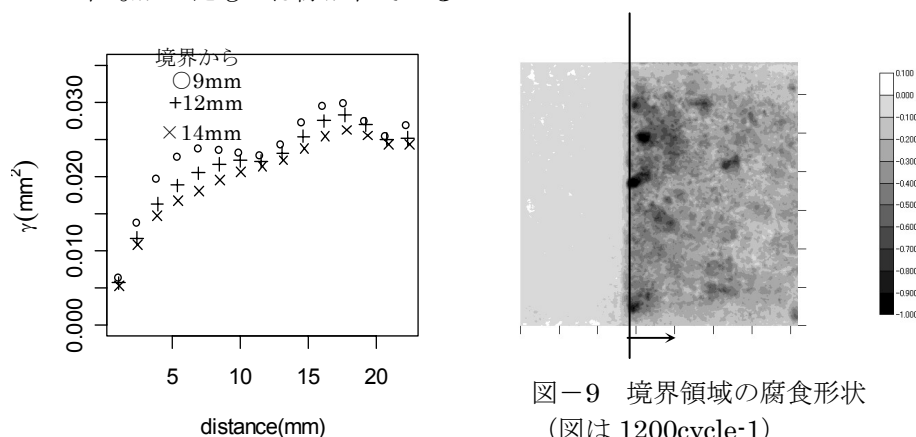


図-9 境界領域の腐食形状
(図は 1200cycle-1)

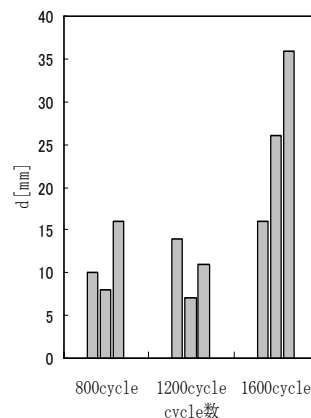


図-10 各腐食 cycle における境界部腐食領域長

4. まとめ

海洋環境下に置かれた鋼部材, 及びボルト締結された耐候性鋼板の腐食形状にバリオグラム解析を適用することで腐食形状の空間構造特性の部位による依存性を示すことができた. また, 逆にバリオグラム解析を適用する定義領域を変動させることにより特定の腐食特性を示す箇所を同定する方法も提案した.

今後これらの部位に依存する空間構造特性を考慮した腐食形状のシミュレーションを行い, 経年変化を含めた腐食モデルを検討する.

参考文献

- 1) 山沢, 渡邊, 野上, 杉浦, 伊藤, 藤井: 19.5年暴露した鋼材の腐食計測, 土木学会第60回学術講演会, 2005.
- 2) 貝沼, 細見, 金, 伊藤: 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, I-70, pp.97-114, 2005.
- 3) 貝沼, 細見: 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, No.2, pp.440-453, 2006.