

腐食の進展を考慮できる鋼表面作成モデルの開発

広島大学大学院 学生会員 ○山本 治 広島大学大学院 正会員 藤井 堅
高知工業高等専門学校 正会員 海田 辰将 広島大学大学院 正会員 中村 秀治

1. 目的

鋼構造物の耐力低下を引き起こす原因に腐食があり、時間経過とともに空間的な広がりを持って変化する腐食表面を正確に予測できれば、腐食による将来の耐力低下を正確に予測できると考えられる。そこで本研究では、腐食による経時劣化を考慮した鋼腐食表面生成モデルを作成した。

2. 構造物の腐食表面計測

三次元レーザー計測装置を用いて、実際の腐食構造物表面の座標計測を行った。計測に用いた構造物は約100年間供用されたプレートガーダ橋の一部である。このデータを、等間隔の格子点データ（本研究では格子幅5mm）に修正し、初期たわみを補正して部材の腐食深を算出した。図1に、測定したエンドプレートの一部（80×400mm）の腐食深の頻度分布、図2に腐食深の等高線図を示す。また腐食表面波数特性を調べるために、20mm毎に5側線についてパワースペクトル密度をFFTにより計算した。その結果を平均腐食深と標準偏差で無次元化して図3に示す。ここにS:パワースペクトル密度(mm³), d_{ave} :平均腐食深(mm), σ :標準偏差(mm), λ :波数(1/mm)を表す。

3. 腐食表面のモデル化

本モデルによる腐食表面の生成方法を以下に示す。鋼表面を図5のように格子点に区切り、腐食は、その離散化された格子点上に生成されると考える。

本モデルでは、腐食はある特定の外的因子(以下アタック因子と呼ぶ)によって引き起こされると仮定する。このアタック因子が、単位時間 Δt （本研究では $\Delta t = 1\text{year}$ ）中に鋼表面に n 個ばらまかれ、図4に示すように、アタック因子が落ちた地点には深さ $f(\text{mm})$ の穴があき、同時にその穴は空間的に広がると考える。この広がりを表すために、本モデルでは空間的自己相関(SAC)モデルを用いており、図5に示すSACの影響範

頻度分布(%)

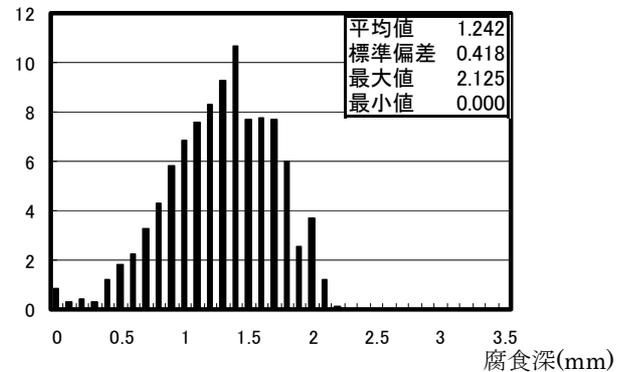


図1.エンドプレートの腐食深ヒストグラム

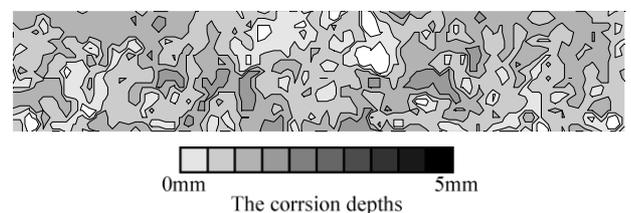


図2.エンドプレートの等高線図

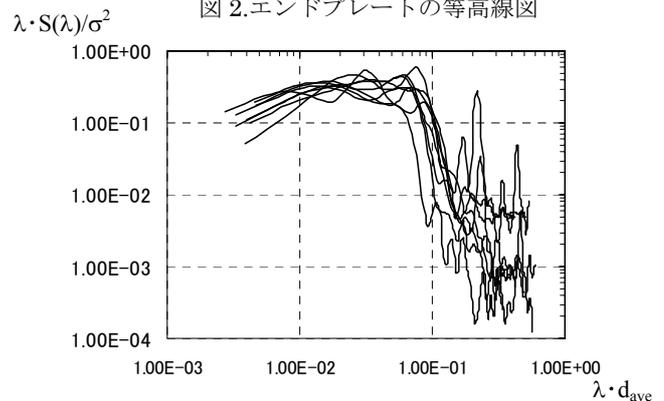


図3.パワースペクトル密度

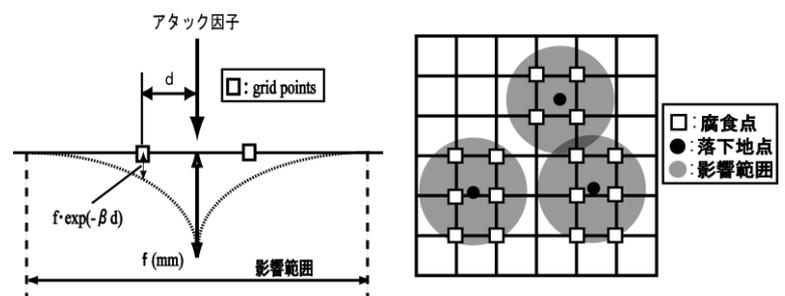


図4.アタック因子の説明

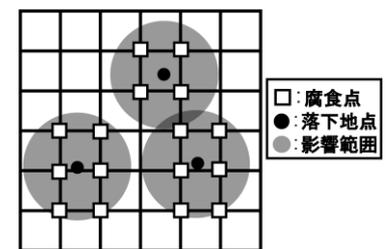


図5.格子点の腐食生成

囲の中にある格子点には、アタック因子1個につき、式(1)に示すように落下地点からの距離に依存して、腐食 V_i が生成されると仮定する。

キーワード：腐食、維持管理、経年劣化、鋼構造物

連絡先 〒739-0046 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会環境システム専攻土木構造工学研究室

$$V_i = f \exp(-\beta d_i) \quad (1)$$

V_i は1個の攻撃因子による格子点*i*点の腐食深、 β は距離減衰定数、 d_i は攻撃因子の落下地点と格子点の距離

よって単位時間 Δt 中の*i*点の腐食深 z_i は*n*個の攻撃因子による腐食深の総和となるから、

$$z_i = \sum_{i=1}^n V_i \quad (2)$$

となる。さらに経過時間*T*での*i*点の腐食深 Z_i は

$$Z_i = \sum_{\Delta t=1}^T z_i \quad (3)$$

で表される。

4. パラメータの決定方法

モデルの各パラメータは、実際の腐食表面を測定して得た平均腐食深 d_{avg} 、標準偏差 σ 、腐食表面の波形分布から求められる。実測した腐食深の、 Δt 毎の平均腐食深は、経過時間 *T* を用いて

$$z_{avg} = d_{avg} / T \quad (4)$$

と表され、また、モデルの Δt 期間の平均腐食深は

$$z_{avg} = n / A \int_f^{f \exp(-\beta R)} \pi (\text{Log}[f/r])^2 / \beta^2 dr \quad (5)$$

(*A*はモデルの鋼板面積(mm²)、 Ω は空間的自己相関の影響範囲(mm))で表され、式(4)で求めた実測値の z_{avg} を用いて、実測腐食深の標準偏差に合うように、式(5)からパラメータ *n* と *f* を求める。また、 β は実測値とモデルの腐食表面のパワースペクトル密度から決定される。

5. 実測腐食深とモデルによる腐食深との比較

上記のモデルを用いて、図2に示すエンドプレートの腐食表面を模擬した。各パラメータは $n=10$ (個/year)、 $f=0.571$ (mm/個)、 $\beta=0.3$ である。本モデルにより、模擬した腐食表面の腐食深ヒストグラムを図6に、等高線図を図7に示す。また実測した腐食表面と同様に、20mm 毎、5 側線について計算したパワースペクトル密度の結果を図8に示す。図1と図6及び、図2と図7を比較して、本モデルは実測結果とよく似た形状を再現していることがわかる。モデルにより生成された腐食表面の腐食深の平均値、標準偏差も、実測腐食深とほぼ同じ値である。また図3と図8のパワース

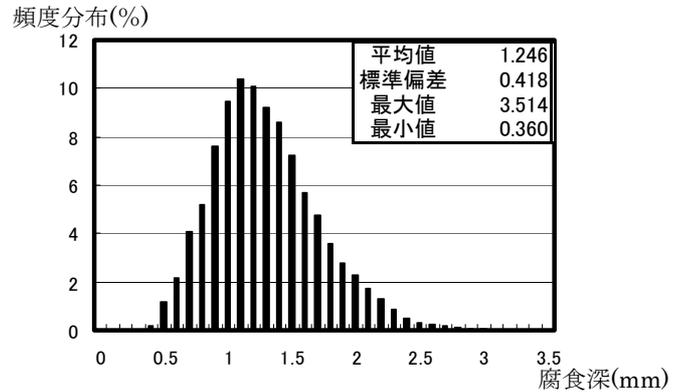


図6. モデルの腐食深ヒストグラム

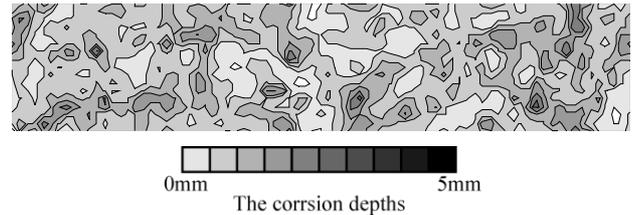


図7. モデルの等高線図

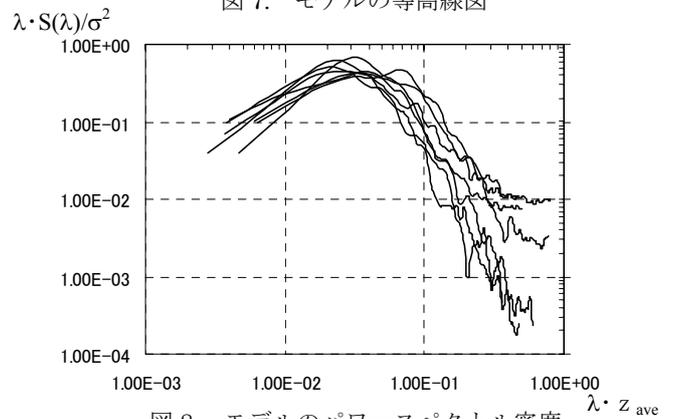


図8. モデルのパワースペクトル密度

ペクトル密度について比較すると、モデルによる腐食表面の、最も大きいスペクトルピークを与える波数は、実測値と似たような値を示すことが分かる。

6. まとめ

本研究では、腐食表面生成モデルを提案し、実際の腐食表面形状から得た、腐食深の標準偏差、平均腐食深、パワースペクトル密度に基づいて、モデルにおけるパラメータの決定法を示した。実際の腐食表面と比較して、本モデルは実際の腐食表面と似た形状を再現でき、また、経過時間を変化させて、腐食の進展を予測することができることを示した。この腐食進展のモデル化は、強度解析による耐力低下を推定する際に有効である。

今後、塗膜の影響を考慮に入れ、さらに実現に近い腐食表面生成モデルを開発するつもりである。

参考文献

- 1)藤井ら,構造工学論文集,Vol.50A, pp. 657-665,2004.
- 2)中村ら,構造工学論文集 Vol.49A,pp687-696,2003