

鋼腐食表面の再現手法の精緻化とその腐食部材の残存強度解析への適用性

広島大学大学院 学生会員 ○井上 太郎
 広島大学大学院 正会員 藤井 堅

1. はじめに

腐食した鋼部材の残存強度は、板厚計測結果の平均板厚を一樣に与えて腐食を考慮し、有限要素解析などを用いて評価されることが多い。しかし、腐食した鋼部材の残存強度は、腐食により生じた表面の凹凸形状に影響されることが指摘されており¹⁾、このような手法では正確な残存強度評価は難しいと考えられる。筆者ら²⁾は、既に腐食表面の再現モデルを提案し、一定の精度をもって腐食表面を再現できることを示したが、このモデルでは腐食表面の細かい凹凸形状を再現することは困難であった。そこで本研究では、いままでの腐食表面再現モデルを改善し、実腐食表面により近い再現モデルを構築する。さらに、本モデルを用いて作成した腐食表面を有する鋼部材の残存強度解析を行い、本モデルの残存強度解析への適用性を明らかにする。

2. 腐食表面生成モデルの精緻化方法

腐食表面再現モデルでは、 F :アタック因子の強さ、 β :距離減衰定数、 n :アタック因子の数の3つの評価パラメータを用いて腐食凹凸表面を再現する。従来のモデルでは、評価パラメータを1種類しか使用していなかったため、腐食表面の細かい凹凸形状を再現することが困難であった。そこで本研究では、これらの評価パラメータの中でも特に凹凸形状に与える影響が大きい β の種類を増やすことにより、腐食表面形状の精度の向上を図る。

3. 鋼腐食表面の再現

再現の対象とした部材は、約100年間供用後撤去された鋼プレートガーダー鉄道橋の主桁のエンドプレートから100mm×150mmの長方形板を切り出したものである。精緻化された本モデルを用いて再現した腐食表面の腐食深ヒストグラムを図-1に、腐食深等高線図を図-2に示す。図-1から、再現した腐食表面の平均腐食深や腐食深の標準偏差等の統計値及び分布形状は実部材のものとほぼ同じであるのがわかる。

図-2に示す腐食深等高線図からは、再現した腐食表

キーワード 腐食表面, 再現, 強度解析, 維持管理

連絡先

〒739-8527 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基盤環境工学専攻 TEL 082-424-7792

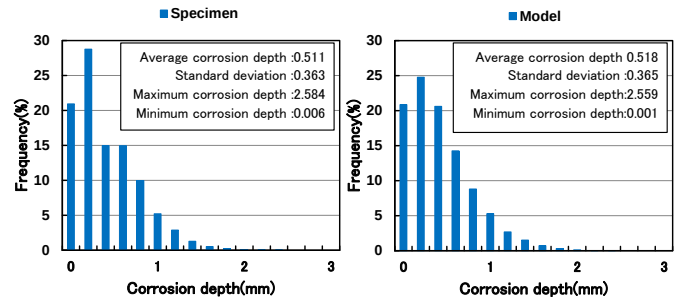


図-1 腐食深ヒストグラム

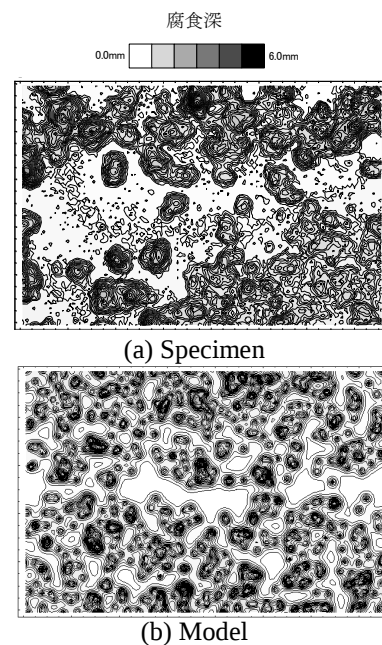


図-2 腐食深等高線図

面の腐食深の割合は実部材のものとほぼ同じであるのがわかる。また、腐食表面上の腐食深分布は実部材に見られるような腐食を適切に再現できているものといえ、実際の腐食表面の特徴をうまく再現できていると考えられる。

次に、腐食表面のパワースペクトル密度分布を図-3に示す。ここでは、腐食表面に数本の測線を引き、その測線上の凹凸変動がどの様になっているかをスペクトル解析することによりパワースペクトル密度を算出した。図-3のグラフ中の、 $S(\lambda)$:パワースペクトル密度(mm^3)、 Z_{ave} :平均腐食深(mm)、 σ :標準偏差(mm)、

λ : 波数(1/mm)を表す。これらを比較すると、どちらも似たような形状となっていることがわかる。このことから、再現した腐食表面は実際に見られるような腐食の凹凸を有しているものと考えられる。

4. 残存強度解析概要

本モデルで再現した腐食表面を適用し、有限要素法による圧縮強度解析を行った。対象とした部材は、実供用下にあったトラス橋から切り出された等辺山形鋼である。圧縮载荷の場合、最高荷重は最も弱い断面に支配されると考えられるので、本モデルで作成した腐食表面を適用する区間を限定し、実験結果の座屈発生個所に配置した。解析モデルを図-4に示す。

解析は、文献 3)に示す実験に対応させ、両端の回転を固定し、上面に強制的に変位を与える変位制御で行った。使用した要素は 4 節点アイソパラメトリックシェル要素、鋼材の種類は SS400、材料特性は弾性係数 $E=200\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、降伏応力 $\sigma_y=273\text{MPa}$ の完全弾塑性体と仮定した。なお、Case0 は座標計測により得られた初期たわみを、Case1、Case2 には腐食表面を表裏両面作成し、合成した際の中央面の座標を偏心量として与えた。

5. 残存強度解析評価

解析により得られた荷重-変位関係を図-5に示す。図-4に示す区間に計測結果を基に再現した腐食表面を適用したのが Case1、Case2 である。また、解析結果の比較の対象として、実際の計測板厚を解析モデル全面に与えた Case0、図-4に示す区間に平均板厚を一様に与えた Case3 をともに示す。図-5を見ると Case1、Case2 では実験値よりも最高荷重は 10%程度低い Case0 とほぼ同じ値を示していることがわかる。また、最高荷重後における、変位が増えるにつれて荷重が緩やかに低下する挙動も実験値に近いことがわかる。一方、Case3 では、最高荷重が実験値よりも 7%程度高く、最高荷重後の挙動も一致していない。

6. 結論

- 1) 既存の腐食表面生成モデルの評価パラメータを増やすことで、鋼部材の腐食表面の凹凸形状をこれまでよりも精度良く再現できる。
- 2) 再現した腐食表面上での偏心量を考慮したうえで、腐食による減肉が著しい区間に本モデルを用いて作成した腐食表面を適用すれば、圧縮耐荷力を精度良く評価することができる。

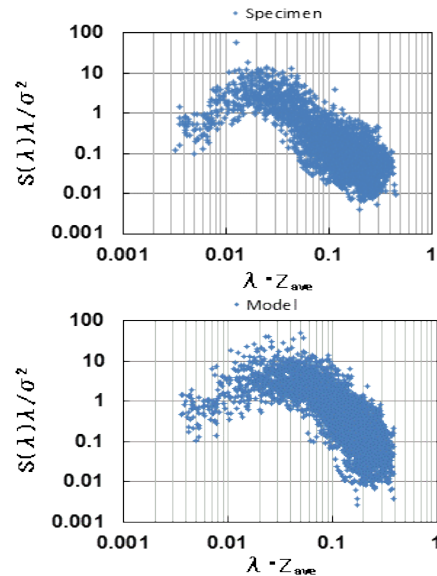


図-3 パワースペクトル密度

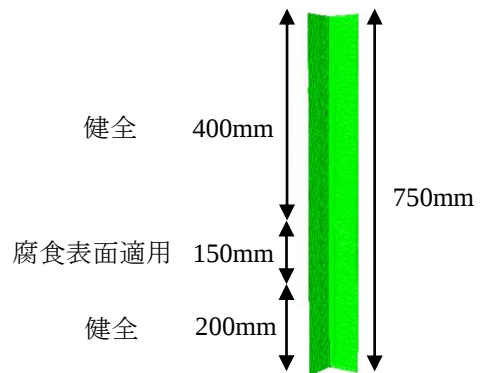


図-4 解析モデル (Case1,Case2)

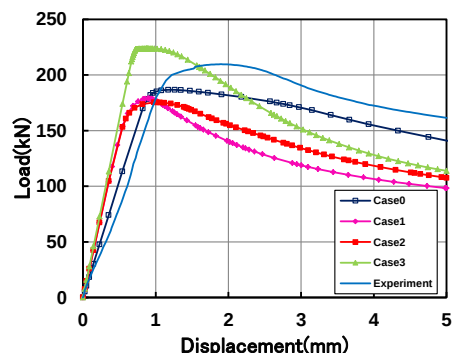


図-5 荷重-変位関係

参考文献

- 1) 杉浦邦征, 田村功ほか: 腐食鋼板の圧縮強度の簡易評価法に関する検討, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.1, pp43-55, 2007.
- 2) 藤井堅, 橋本和朗ほか: 海洋環境における鋼管杭の圧縮強度の経年変化予測法, 土木学会論文集 A, Vol. 66, No. 1, pp.92-105, 2010.
- 3) T. Uemura *et al.*: A Simple Evaluation Method for Ultimate Compressive Strength of Shaped Steel with local corrosion, *Proc. of International Association for Bridge and Structural Engineers*, 2012.