

I-4 腐食した周辺単純支持板の圧縮強度評価に関する解析的検討

(株)CSI 正会員 ○濱岡 奈央
高知工業高等専門学校 正会員 海田 辰将
MI JAPAN 大阪校 春海 旭

1. はじめに

近年、既存の鋼構造物における腐食損傷事例が数多く報告されるようになり、維持管理の重要性が高まってきた。しかし、腐食鋼材の保有強度を簡単に、しかも精度良く評価する技術は、未だ確立されていない。このことから、腐食鋼材の強度評価法に関する研究が数多く行なわれており、その中でも数値的に発生させた擬似腐食表面を用いて強度解析を行い、その結果から強度評価を試みるスタイルが広まりつつある。この種の解析的研究によって精度良く腐食部材の強度を評価するためには、できるだけ実際の腐食表面に近いものを模擬できる腐食表面形状作成モデルを適用することが不可欠と考えられる。

そこで本研究では、奥村ら¹⁾によって提案された空間的自己相関モデルを用いて数値的に擬似腐食表面を作成し、この腐食表面を考慮した周辺単純支持板のパラメトリック圧縮強度解析を実施する。そして得られた解析結果から、腐食した周辺単純支持板の簡易な圧縮強度評価法を提案する。

2. 空間的自己相関モデルによる腐食表面形状の作成

空間的自己相関モデルは、実際の腐食による鋼表面の凹凸が、深さ方向だけでなく平面的にも空間的な広がりをもって形成されるという性質を考慮した腐食表面を作成できることが最大の特徴である。空間的自己相関モデルでは、まず鋼表面を任意の間隔（本研究では2mm間隔）の格子に区切ってその格子点に独立腐食深を与え、空間的自己相関を考慮する。ここで、独立腐食深とは鋼表面の各点が独立に受ける外力に依存して発生する腐食深であり、本研究ではポアソン分布型乱数列によって発生させている。

図-1に空間的自己相関の概念を示す。鋼表面上の各点*i*の腐食深 Z_i は、その周囲の点*j*の独立腐食深 V_j を距離 d_{ij} に応じた分だけ*i*点の独立腐食深 V_i に加算する形で求まる。この操作を全ての格子点において行くと、腐食の平面的な広がりが考慮できる。図-2に空間的自己相関モデルによって作成した腐食表面形状の一例を示す。図(a)は、実際に測定された腐食鋼板²⁾の腐食深等高線図である。図の比較から、作成した腐食表面(図(b))は、腐食の空間的な広がりが考慮されており、等高線間隔および発生する腐食深の大きさが実測結果とかなり近いことがわかる。

3. 腐食した周辺単純支持板の圧縮強度解析による強度評価

本解析は、4節点アイソパラメトリックシェル要素を用いた弾塑性非線形有限要素解析である。図-3に、解析モデルとなる周辺単純支持板(400mm×400mm)の概略を示す。荷重は、片辺に等分布圧縮変位を与えて载荷し、反対側の辺に生じる節点反力の合計から軸圧縮力を求めた。材料特性は、鋼材の一般的な値($\sigma_y=294$ [MPa], $E=206$ [GPa], $\nu=0.28$)をそれぞれ用いた。なお、本解析では残留応力および初期たわみは考慮していない。この解析モデルの表裏両面に、2.で示した方法によって作成した腐食表面を1面ずつ適用して腐食を考慮した。図-4に作成した腐食表面の一例を示す。図に示すように、空間的自己相関モデルによって作成される腐食表面は、鋼板全面にほぼ同程度の腐食が分布するような腐食形態である。

図-5に、解析結果の荷重-たわみ関係を示す。図中の解析モデルModel 1～Model 3は、それぞれ同じ平均板厚($t_{avg}=6$ mm)と板厚標準偏差($\sigma_t=1.1$ mm)を設定しているが、その腐食表面形状は全てのモデルについて別々に

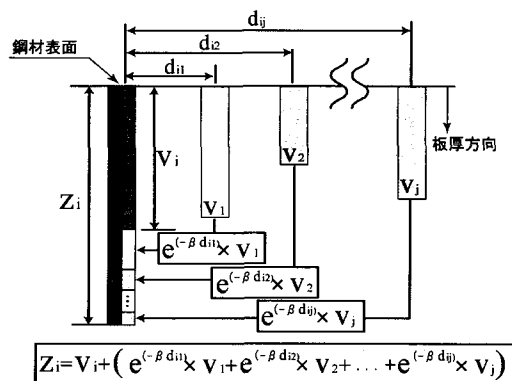


図-1 空間的自己相関モデルの概念

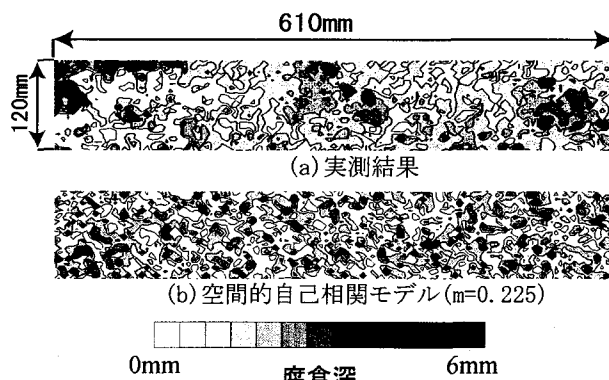


図-2 腐食深等高線図の比較(端補剛板, 測点数=3075)

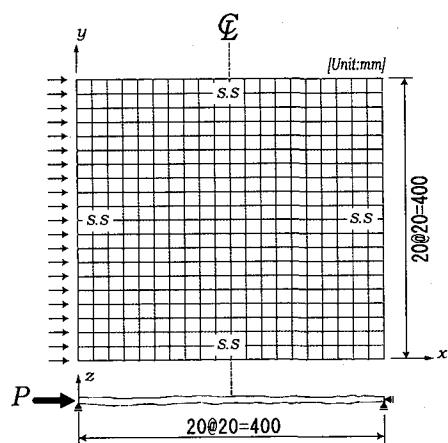


図-3 解析モデル

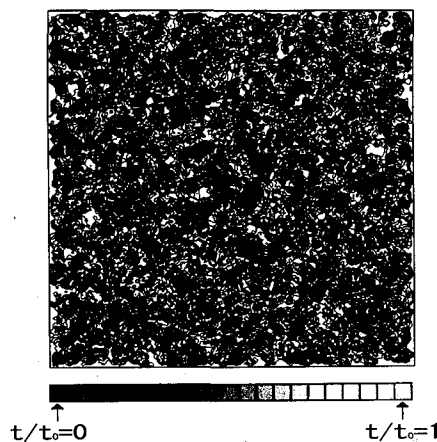


図-4 板厚等高線図 (Model 3)

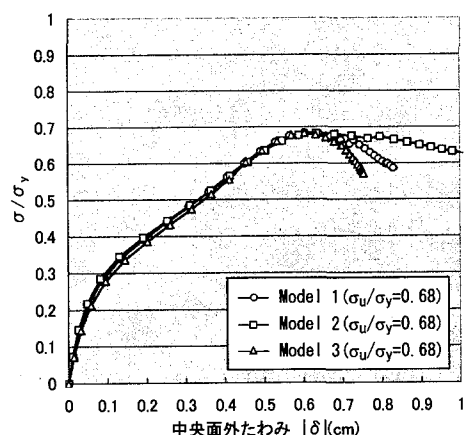


図-5 荷重-たわみ関係

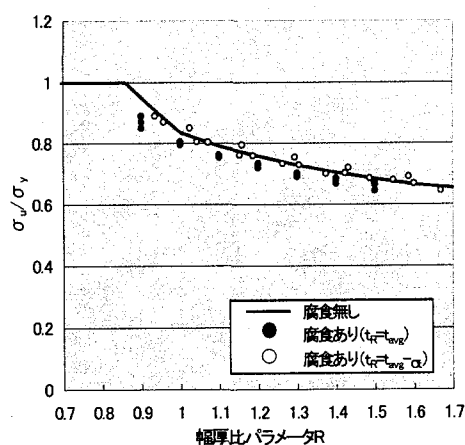


図-6 座屈強度曲線

作成したものであり、互いに全く異なる凹凸形状を有している。図から、3つの鋼板は同じ圧縮強度 ($\sigma_u/\sigma_y=0.68$) になることがわかる。これは、それぞれの板の腐食表面形状が異なっても、平均板厚と板厚標準偏差が同じならばその圧縮強度は変わらないことを示す。すなわち、腐食した周辺単純支持板の強度評価に平均板厚 t_{avg} と標準偏差 σ_t を用いることで、精度良く強度が推定できることを図は示している。そこで、様々な平均板厚および標準偏差を想定した腐食鋼板の解析モデル全21ケースの解析結果をまとめて図-6に示す。図の縦軸は圧縮強度 (σ_u/σ_y) を、横軸は幅厚比パラメータ R をそれぞれ示す。また、図中の実線は本解析から得られた腐食の無い板の座屈強度曲線であり、この曲線を用いて、腐食鋼板の強度評価を試みる。図-6より、 $t_R=t_{avg}$ を用いて幅厚比パラメータ R を求めると、解析結果 (●印) はいずれも腐食の無い座屈強度曲線を下回る。このことは、 $t_R=t_{avg}$ を用いて幅厚比パラメータを計算し、腐食の無い鋼板の座屈強度曲線から強度評価した場合、実際よりも大きい強度を見積もってしまうことを示す。

一方、代表板厚を $t_R=t_{avg}-\sigma_t$ として幅厚比パラメータを求めると、腐食鋼板の解析結果 (○印) は、腐食の無い鋼板の座屈強度曲線上にほぼ一致することがわかる。つまり、腐食した周辺単純支持板の圧縮強度は、幅厚比パラメータ R に代表板厚 $t_R=t_{avg}-\sigma_t$ を適用することにより、腐食の無い鋼板の座屈強度曲線を用いて簡単かつ精度良く圧縮強度を評価できる。

4. まとめ

- (1) 腐食した周辺単純支持板の強度は、平均板厚 t_{avg} と標準偏差 σ_t を用いて精度良く強度評価できる。
- (2) 代表板厚 $t_R=t_{avg}-\sigma_t$ を用いて幅厚比パラメータ R を求めると、腐食の無い周辺単純支持板の座屈強度曲線を用いて、腐食した周辺単純支持板の圧縮強度を簡単かつ精度良く評価できる。

参考文献

- 1) 奥村誠, 藤井堅, 塚井誠人: 空間的自己相関を考慮した鋼板腐食形状のモデル化, 土木学会論文集, No. 642/IV-50, pp. 109-116, 2000. 3.
- 2) 海田辰将, 藤井堅, 宮下雅史, 上野谷実, 中村秀治: 腐食したプレートガーダーの残存曲げ強度に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol. 51A, pp. 139-148, 2005. 3