

圧縮を受ける腐食鋼板の強度評価と劣化予測

広島大学大学院 学生員 原 考志 広島大学大学院 正会員 藤井 堅
 広島大学大学院 フェロー会員 中村 秀治 広島大学大学院 学生員 山本 治

1. はじめに

鋼構造物の設計方法は、現在、性能照査型設計に移行しつつあり、性能照査設計ではライフサイクルコストの評価が要求されている。ライフサイクルコストを評価するためには、腐食を含めた経時的劣化の将来予測が必要であり、そのためには、腐食進展に伴う腐食表面の推移を把握あるいは予測する必要がある。そこで本研究では、経時変化を考慮できる腐食進展予測モデル（以後経時劣化モデルと呼ぶ）を用いて腐食進展を予測し、それを考慮した圧縮強度解析によって圧縮強度推移を推定するとともに、腐食鋼板の圧縮強度評価法を提案する。

2. 腐食表面作成モデル

経時劣化モデルでは、腐食を引き起こす外的因子 F（アタック因子と呼ぶ）、鋼材表面の腐食進展をモデル化する。単位時間（年）に n 個のアタック因子をランダムに鋼材表面に与え、1つのアタック因子は影響半径 r 内の格子点に、独立腐食深 F（mm/個）を発生させる。これを経過時間繰り返すことで鋼板表面の腐食進展を予測する。また、腐食表面の空間的な広がりを考慮するため、空間的自己相関モデルを適用する。

3. 圧縮強度解析

3.1 解析概要

解析は汎用構造解析プログラム ABAQUS による圧縮強度解析である。解析モデルはプレートガーダーの圧縮フランジを想定し図-1のように与えた。境界条件は3辺単純支持1辺自由であり、荷重は、荷重辺に強制水平変位を与えた。要素には4節点シェル要素を用いた。応力 - ひずみ関係は完全弾塑性とし、Mises の降伏条件を用いた。また、材料特性はSS400クラスを想定し、降伏応力 235MPa、弾性係数 206GPa、ポアソン比 $\nu=0.3$ とした。溶接

の残留応力は図-1 に示すように考慮したケースと、考慮しないケースの二通りの解析により、鋼板の耐力に腐食が及ぼす影響、腐食した鋼板の耐力に残留応力が及ぼす影響の双方を調べる。

3.2. 解析モデルの腐食進展

解析モデルとなる腐食鋼板の表面の腐食進展は経時劣化モデルで作成した。経時劣化モデルの腐食条件は表-1に示すように単位時間の腐食体積が一定となるようにした。図-2,3 に示す腐食期間と各統計量との関係をかかわるように、平均板厚はどのモデルも同様に減少する。一方、板厚の標準偏差はアタック因子 F に

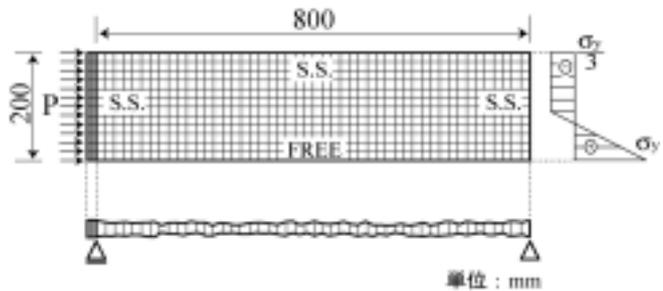


図-1 解析モデル

表-1 経時劣化モデルのパラメータ

	アタック強さ F (mm/個)	アタック因子の数 n (個/年)	影響半径 r (mm)
Model 1	0.001	800	5
Model 2	0.005	160	5
Model 3	0.01	80	5

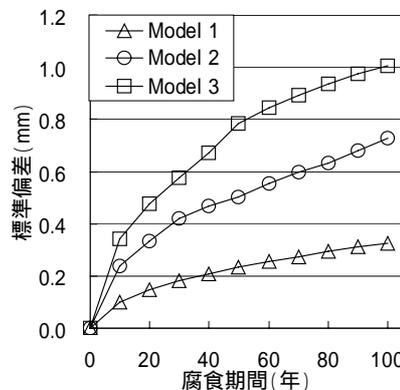


図-2 平均板厚-腐食期間関係

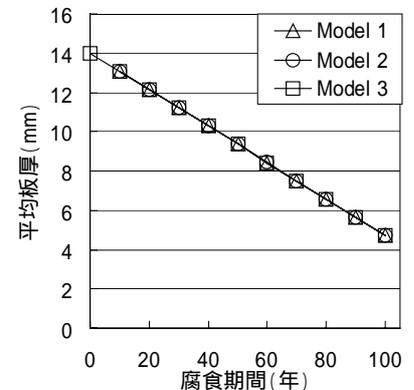


図-3 標準偏差-腐食期間関係

キーワード 腐食，経時劣化，圧縮，表面形状

連絡先 〒739-0041 広島県東広島市鏡山 1-4-1 Phone & Fax.082-424-7791

よって異なり，F が大きいほど標準偏差は増加する．

4. 解析結果

4.1 強度推移

残留応力を考慮した解析から得られた耐力と腐食期間の関係を図-4 に示す 図において腐食期間 40 年以降で急な耐力低下があるのは，崩壊形式が塑性座屈から弾性座屈へ変わったことを示す．塑性座屈により崩壊する期間では耐力は直線的に低下するが，弾性座屈の発生する腐食期間 40 年以降では，耐力は急落する．そして，標準偏差の大きなモデルほど弾性座屈強度は大きく，崩壊形式が変わった際の急な強度低下を示さないことがわかる．

図-5 に示す残留応力を考慮した強度解析結果を，残留応力を考慮していない解析の結果と比較すると，崩壊形式の移行時期が早まっており，残留応力を考慮したことによる耐力の低下が確認できる．

4.2 圧縮強度評価

図-6 に各モデルの腐食期間 100 年までの圧縮強度を示す．図の縦軸は圧縮強度 σ_u / σ_y ，図の横軸は幅厚比パラメータ R である．ここに $\sigma_u = P_u / b / t_{avg}$ (P_u : 圧縮強度，b: 板幅， t_{avg} : 腐食後の平均板厚) である．図中の実線は，腐食や残留応力を考慮していない圧縮強度解析から得られた座屈強度曲線である．

図より，代表板厚 t_R を $t_R = t_{avg}$ (t_{avg} : 平均板厚) として幅厚比パラメータを求めると，腐食フランジの圧縮強度は，腐食の無いフランジの座屈強度曲線よりも大きくなるが，代表板厚を $t_R = t_{avg} + \sigma$ (σ : 板厚標準偏差) として評価すると，図-6 (b) に示すように，各モデルの圧縮強度は腐食の無いモデルの

座屈強度曲線上にほぼ一致するのがわかる．よって腐食鋼板の圧縮強度は，幅厚比パラメータ R に代表板厚 $t_R = t_{avg} + \sigma$ を適用することによって，腐食の無い座屈強度曲線を用いて評価できると考えられる．次に，残留応力を考慮した解析結果も代表板厚を $t_{avg} + \sigma$ として，現在提案されている残留応力を考慮した座屈強度曲線と比較すると図-7 のようになる．解析結果は各強度評価式よりも高めの値であり，安全側の評価となる．

5. まとめ

本研究によって，腐食形状が異なると強度劣化推移も異なり，標準偏差の大きな腐食鋼板ほど，崩壊形式の移行に伴う急激な耐力低下を示さないことがわかった．また，腐食した鋼板の圧縮強度は代表板厚を $t_R = t_{avg} + \sigma$ とすれば，腐食を考慮しない座屈強度曲線を用いて評価できると考えられる．

参考文献

- 1) 藤井堅，海田辰将，中村秀治，有尾一郎：経年変化を考慮した腐食表面生成モデル，構造工学論文集，Vol.50A, pp.657-665，2004
- 2) 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.

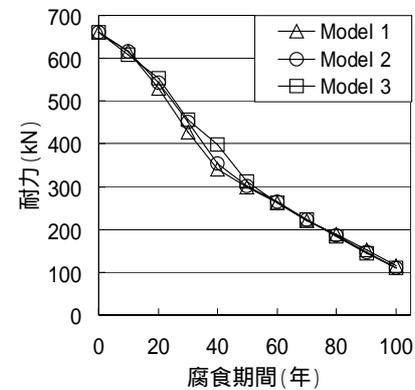
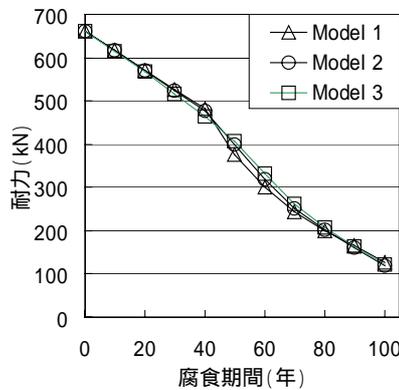


図-4 耐力-腐食期間関係(残留応力無) 図-5 耐力-腐食期間関係(残留応力有り)

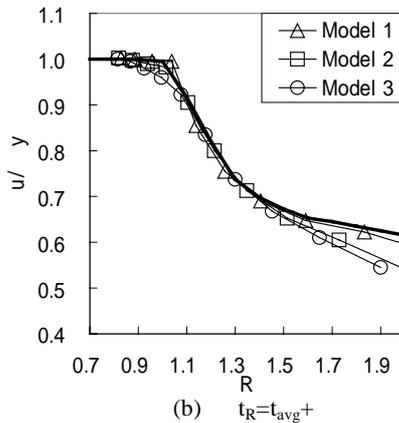
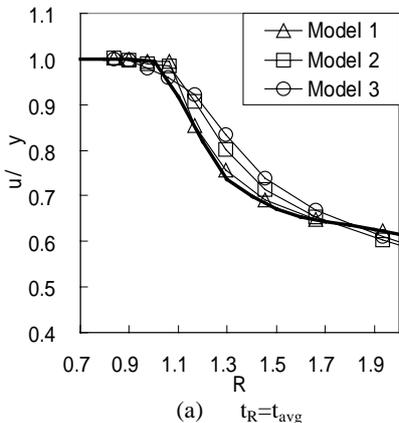


図-6 座屈強度曲線

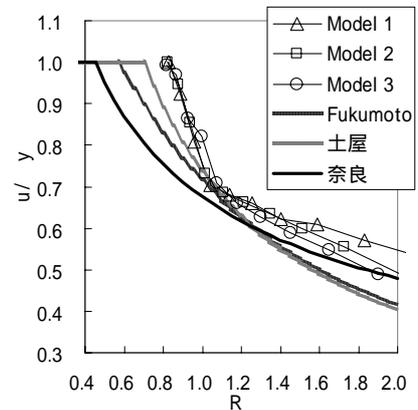


図-7 座屈強度曲線の比較