

腐食鋼板の圧縮強度劣化予測

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。

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。

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

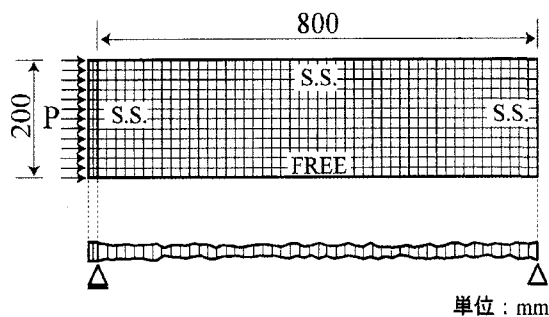


図-1 解析モデル

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

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)
Model1	0.001	800	5
Model2	0.005	160	5
Model3	0.01	80	5

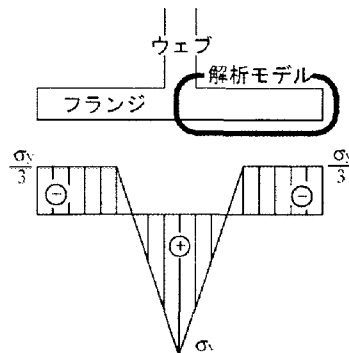


図-2 フランジ残留応力

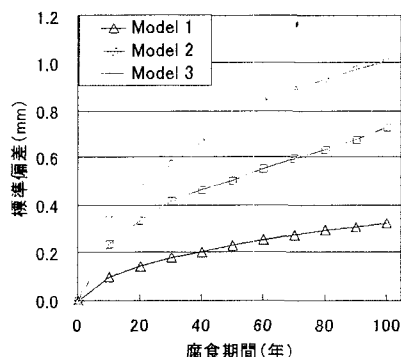


図-2 平均板厚-腐食期間関係

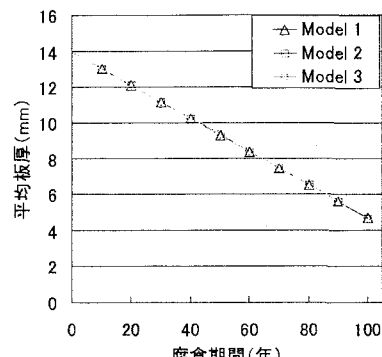


図-3 板厚標準偏差-腐食期間関係

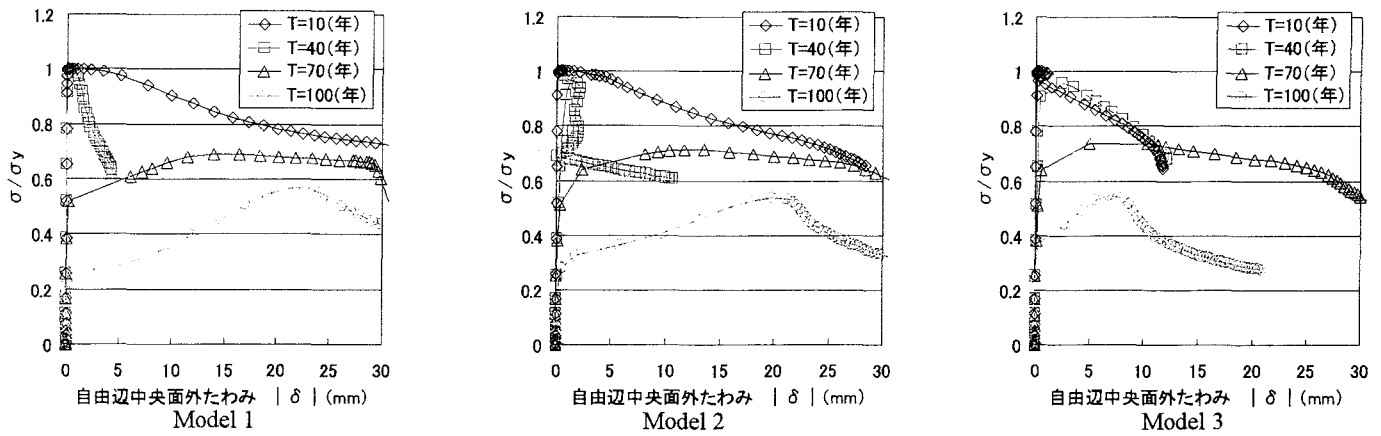


図-4 荷重-たわみ関係（残留応力無し）

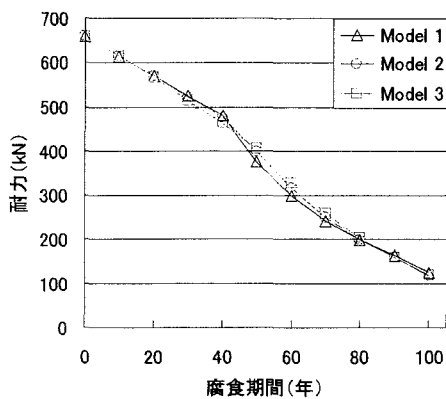


図-5 耐力-腐食期間関係（残留応力無し）

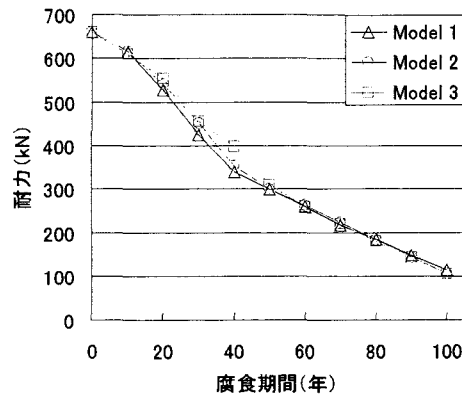


図-6 耐力-腐食期間関係（残留応力有り）

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らわかるように、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

図-4 に残留応力を考慮していない解析から得られた荷重-たわみの関係を示す。ここで、荷重は無次元化した圧縮強度 σ/σ_u であり、たわみは自由辺中央の面外たわみである。ここに $\sigma = P/b/t_{avg}$ (P_u : 荷重, b : 板幅, t_{avg} : 腐食後の平均板厚) である。図からわかるように、腐食期間 10 年、40 年では塑性座屈、70 年、100 年においては弾性座屈により崩壊している。

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-5 に示す。図において腐食期間 40 年以降で急な耐力低下を見せているのは、崩壊形式が塑性座屈から弾性座屈へと移行したことを示している。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、 F が強く、標準偏差の大きなモ

デルほど弾性座屈強度が大きく、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。

残留応力を考慮した強度解析結果を図-6 に示す。耐力-腐食期間関係を、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。特に Model 1 では、残留応力を考慮した場合に耐力が最大で約 29 パーセントも低下している。

5. まとめ

本研究では、経時劣化モデルを用いて腐食進展を予測し、それを考慮した腐食鋼板の有限要素解析によって、圧縮強度の推移を明らかにした。

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。

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.