

プレートガーダー圧縮フランジの終局強度に対する全面腐食の影響

広島大学大学院工学研究科
広島大学大学院工学研究科

学生会員 ○海田 辰将 *1
正会員 藤井 堅 *1

1. はじめに

近年、鋼構造物の腐食損傷が顕在化しつつあり、かなり激しい腐食を受けた鋼橋が数多く供用されている現状にある。これに対し、鋼橋における腐食損傷の評価基準のほとんどは技術者の目視によるものであり、力学的根拠に基づく強度評価はあまりなされていない。これらの背景を考えると、腐食部材の残存強度を精度良く推定するための評価指標を確立することは火急の工学課題といえる。しかし、一般に腐食部材は単に減肉するだけでなく荷重偏心も伴うため、全ての要因を含めた形で残存強度を評価することは難しい。そこで本研究では偏心の影響が無い腐食モデルを作成し、その弾塑性有限要素解析結果からモデルの終局強度に対する腐食表面の影響を考察する。今回は、解析モデルとして全面腐食したプレートガーダーフランジを取り上げ、その残存圧縮強度を精度良く評価できる指標についても検討する。

2. 腐食表面形状の想定

本解析では、過去に著者らが提案した空間的自己相関の概念¹⁾を用いて腐食表面形状を作成した。すなわち図-1に示すように、鋼材表面のある点の腐食深 Z_0 は、その周りの点の独立腐食深 $V_1 \dots V_n$ の影響を腐食深として距離 d に応じた分だけ V_0 に付加することによって求めた。これを定式化すると、各点の腐食深 Z_i は

$$Z_i = \sum_{j \in \Omega} \left(e^{-\beta d_{ij}} \right) V_j \quad (1)$$

となる。ここに Z_i : i 点の腐食深, d_{ij} : ij 間の距離, V_j : i 点の周囲にある j 点の独立腐食深, β : 距離減衰パラメータ (0.4), Ω : 空間的自己相関の影響範囲 (50mm) である。なお、独立腐食深はポアソン分布に従うものとし、平均腐食深 Z_{avg} は 0~3mm を想定した。

3. 解析モデルおよび解析条件

図-2(a) に解析モデルを示す。境界条件は 3 辺単純支持 1 辺自由とし、等変位圧縮を両端に与えた。要素は 4 節点アイソパラメトリックシェル要素を用い、応力-ひずみ関係は完全弾塑性とした。

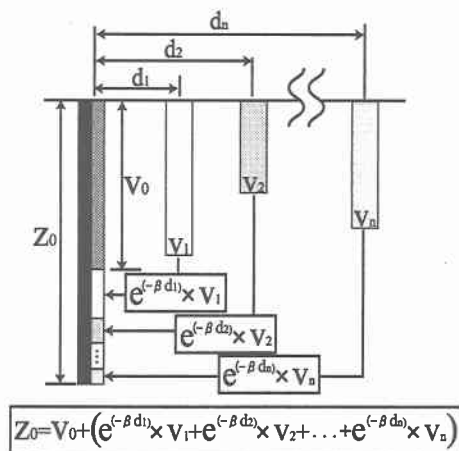
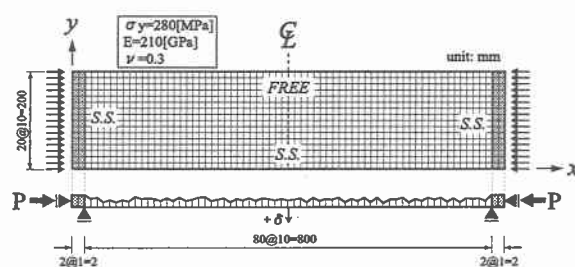
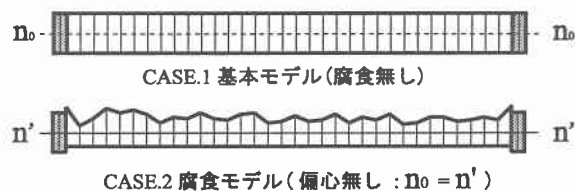


図-1 空間的自己相関の概念



(a) 腐食フランジ解析モデル



(b) 解析パターン

図-2 解析モデル

腐食減肉することによって平均中立面は図-2(b)に示すように $n_0 \rightarrow n'$ と移動し、平均偏心量 e_{avg} を生じる。これを補正して $n_0 = n'$ とするためモデル両端に端部要素 (薄灰色部分) を設け、その中央面と平均中立面を一致させて荷重偏心の影響をできる限り小さくした。また、端部要素の幅は他の要素幅の 1/10 とし、変形に伴って端部に曲げの影響が発生しないよう配慮した。

key words: corrosion, flange, compression, strength estimation, maintenance

*1 〒739-8527 広島県市鏡山 1-4-1 TEL: 0824-24-7790

4. 残存圧縮強度と統計指標

腐食損傷を受けた部材の残存強度評価には板厚測定データが基本となろう。したがって、得られた板厚測定データの中から残存強度を精度良く評価できる指標を決定する必要がある。ここでは板厚測定データから得られる統計指標として、平均板厚 t_{avg} と標準偏差 σ_{st} に着目し、残存強度を評価することを考える。

元の板厚 $t_0 = 8\text{mm}$ から平均板厚 $t_{avg} = 7\text{mm}$ にまで減肉し、それぞれ異なる標準偏差を有する腐食フランジの解析結果を腐食深等高線図と共に図-3(a)に示す。等高線図には最大腐食深 Z_{max} と y 方向の最小断面 A_{min} の発生位置も併せて示す。図-3(a)の荷重-たわみ関係から、標準偏差が大きくなるにつれてその最大耐荷力 σ_u/σ_y は上昇することがわかる。これは、表面の凹凸によって終局時の座屈波形が高次モードに変化することに起因する。特に、標準偏差が大きい場合は腐食減肉しているにも関わらず、 $t_0 = 8\text{mm}$ を有する腐食の無い基本モデルよりも耐荷力が大きくなる場合もある。このような現象は他の平均板厚を想定したモデルにおいても確認されており、板厚が薄くかつ標準偏差が大きい場合に顕著である。よって、腐食鋼板の残存圧縮強度を平均板厚のみで精度良く評価することは困難であるといえる。

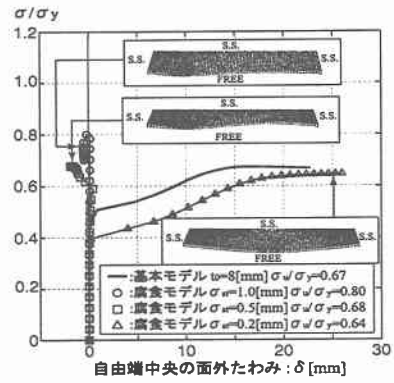
図-3(b)に元の板厚が $t_0 = 8\text{mm}$ で腐食後の平均板厚と標準偏差がそれぞれ等しい腐食モデルの荷重-たわみ関係と腐食深等高線図を示す。これらの腐食モデルは各々全く異なる表面形状を有していることが等高線図からわかる。しかしながら、これらの腐食モデルの耐荷力 σ_u/σ_y は3ケースともほぼ等しくなる。よって、全面腐食の場合、平均板厚と標準偏差が同一ならば、同じ耐荷力をもつと考えて良いと判断される。

5. まとめ

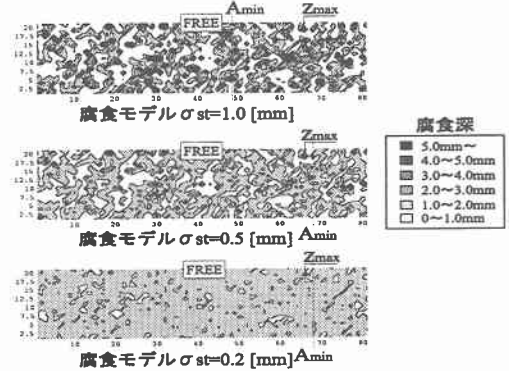
- 1) 標準偏差が大きい場合は表面の凹凸によって高次の座屈波形を示す。また、その時の耐荷力は腐食していない鋼板の耐荷力よりも大きくなる場合がある。
- 2) 全体腐食を受けた鋼板は、平均板厚と標準偏差が同一ならば同じ残存圧縮強度を有することから、その座屈強度は平均板厚と標準偏差を用いて表すことができる。

参考文献

- 1) 藤井堅, 海田辰将, 平井勝志, 奥村誠: 腐食鋼板表面形状モデル作成における空間的自己相関モデルの適用性, 構造工学論文集, Vol.48A, pp.1031-1038, 2002.
- 2) Nukulchal, W.K.: Simple and Effective Finite Element for General Shell Analysis, *int. J. for Numerical Method in Engineering*, Vol.4, pp.179-200, 1979.

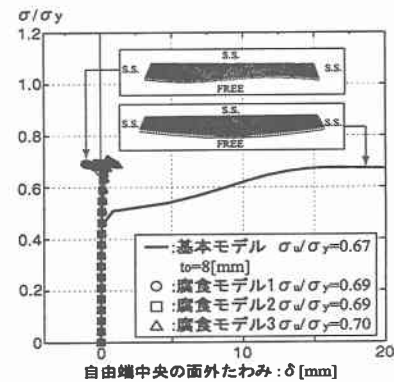


荷重-たわみ関係

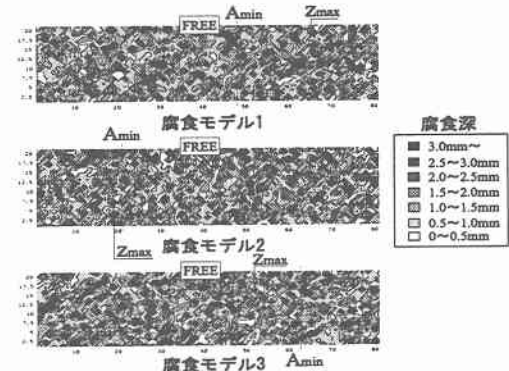


腐食深等高線図

(a) 平均板厚一定モデル ($t_{avg} = 7[\text{mm}]$)



荷重-たわみ関係



腐食深等高線図

(b) 平均板厚, 標準偏差一定モデル
($t_{avg} = 7[\text{mm}], \sigma_{st} = 0.6[\text{mm}]$)

図-3 残存強度を評価するパラメータ