

強度解析による局所腐食鋼板の圧縮強度と力学特性に関する一考察

愛媛大学大学院 理工学研究科 正会員 ○海田 辰将
 熊本大学工学部 社会環境工学科 学生会員 川崎 雄太
 高知工業高等専門学校 建設システム工学科 正会員 勇 秀憲
 愛媛大学大学院 理工学研究科 正会員 大賀 水田生

1. はじめに

現在, 高度経済成長期に建設された土木鋼構造物における深刻な腐食被害が数多く報告されている. 実際の構造物では, 個々の板パネル内において局所的に進行する腐食が多く観察されており, これらの腐食が板あるいは構造物の強度と密接に関係すると考えられる. このような, 一枚の板パネル内における局所腐食については, 局所腐食形態ごとに減肉・凹凸状況と腐食箇所, 応力状態などを勘案し, 保有強度を推定することが維持管理において重要であろう

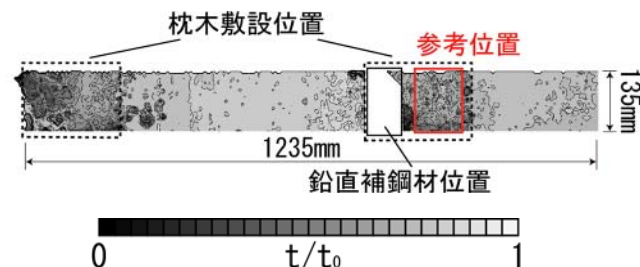
本研究では, 局所腐食被害の一例として, 鉄道橋枕木による隙間腐食を想定した圧縮フランジの弾塑性非線形有限要素解析を実施し, 局所腐食が板の力学特性および終局圧縮強度に与える影響を明らかにする. 解析では, 実際の腐食状況における特徴を考慮した空間的自己相関モデルによる擬似腐食表面形状を用い, 腐食位置や腐食部の凹凸状態を種々変化させている.

2. 空間的自己相関モデルによる局所腐食表面

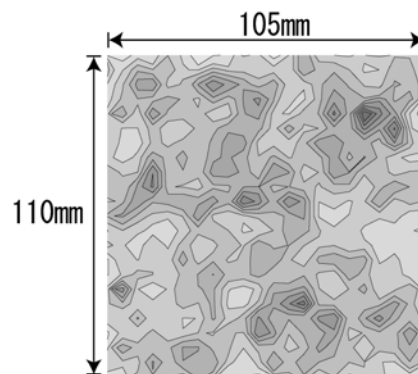
本研究では, 図-1 に示すような約 100 年間供用後撤去されたプレートガーダーフランジ¹⁾における実際の腐食事例にみられた局所腐食形態の特徴を考慮して, 空間的自己相関モデル²⁾により局所腐食フランジの解析モデルを構築した. 図中の点線は, 約 600mm ごとに枕木が敷設されていた箇所である.

図-1 (a) に示す参考位置の腐食状態を参考に, 解析モデルの腐食表面形状を作成した. この参考位置では, 鉛直補鋼材端部に発生した層状錆の影響が少なく, 孔食もみられなかったことから, 枕木と鋼材の隙間に水分が入り込んで湿潤状態が保たれたことが主原因で腐食が進展したと判断される. 参考位置における腐食状況を拡大して図-1 (b) に示す. 図から, 局所腐食の腐食領域内では, ほぼ同程度の比較的緩やかな凹凸が形成されていることがわかる. また, 腐食は鋼板の片面において顕著に進展しており, 片面腐食による荷重偏心の影響が懸念される.

このような腐食形態の特徴を踏まえ, 参考位置の腐食状態を空間的自己相関モデルにより再現した腐食表面の腐食深ヒストグラムを図-2 に示す. 図から, 本研究で作成した腐食表面は, 実際の頻度分布特性とよく一致しており, その統計的特徴をよく捉えているとい



(a) プレートガーダー上フランジ



(b) 参考位置の拡大図

図-1 板厚等高線図 (実測結果)

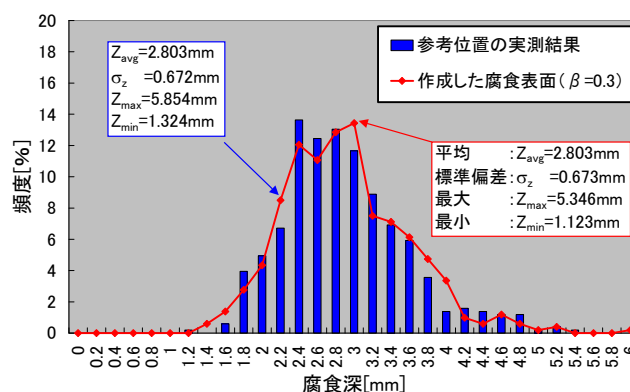


図-2 腐食深ヒストグラムの比較

える. このようにして作成した腐食表面を図-3 に示すように解析モデル片面の任意位置に考慮した. 腐食領域の幅は枕木の幅に合わせて 200mm で一定とした.

3. 局所腐食したフランジの圧縮強度解析

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大変形弾塑性非線形有限要素解析である. フランジの寸法は 800mm×200mm で一定とし, 境界条件

キーワード: 局所腐食, 座屈, 降伏, フランジ, 有限要素法, 空間的自己相関

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番 愛媛大学大学院理工学研究科 Tel: 089-927-9822

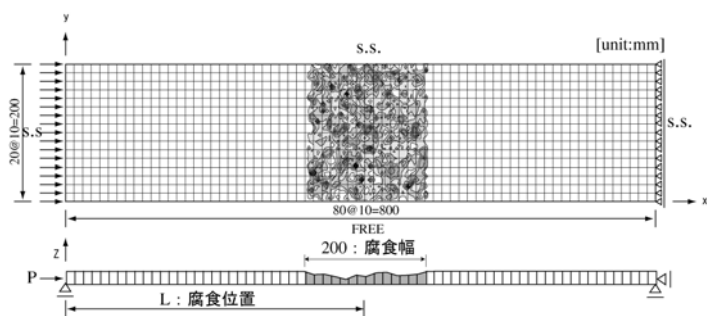


図-3 解析モデル概略

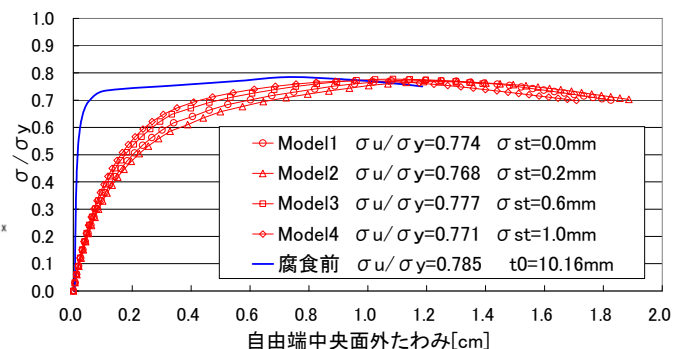


図-4 荷重－たわみ関係（腐食位置：フランジ中央）

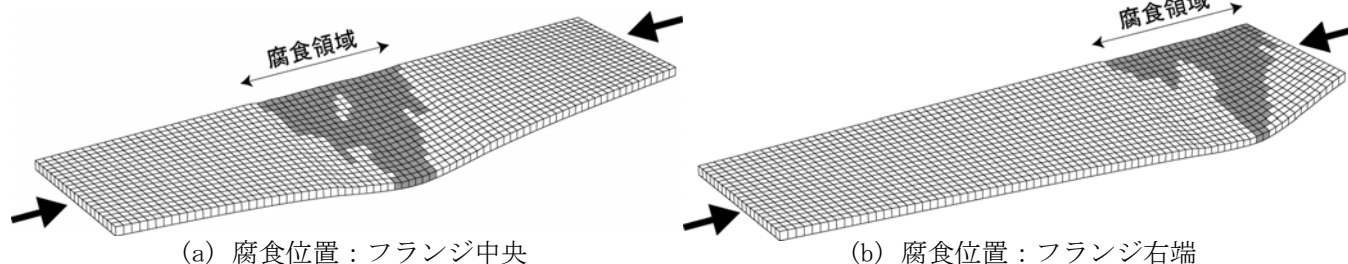


図-5 終局状態における変形図と塑性域

は 3 辺単純支持 1 辺自由（図中 S.S.）とした．材料特性は，降伏応力： $\sigma_y=294\text{MPa}$ ，弾性係数： $E=206\text{GPa}$ ，ポアソン比： $\nu=0.3$ をそれぞれ用いた．

図-4 に，解析結果の一例としてフランジ中央に平均で 2mm の腐食を有するフランジの荷重－たわみ関係を示す．Model1～4 のフランジは，腐食領域における凹凸状態（腐食深標準偏差 σ_{st} ）がそれぞれ異なる．図から，腐食フランジの終局強度（最高荷重）はほぼ一致していることに気づく．これは，それぞれの鋼板の腐食表面形状が異なっても平均板厚が同じならばその終局強度はほぼ同じになることを示す．

また，図-5 の変形図から，図中薄灰色で示した降伏域は腐食領域のみで進展し，面外変形は腐食位置が中央にある方が著しいことがわかる．本解析では，腐食位置がフランジ中央よりも端部に近い方が強度低下が大きく，最大 10% 程度の差が出ることを確認された．

4. 局所腐食したフランジの保有圧縮強度

本研究で実施した解析結果を，図-8 の座屈強度曲線にまとめて示す．図中の実線は，腐食フランジの平均偏心率と同じ最大たわみ量を持つ sin 半波形の初期たわみを考慮した腐食の無いフランジの解析結果から得た座屈強度曲線である．横軸の幅厚比パラメータ R は，腐食領域の平均板厚を用いて算出した．図から，腐食位置が端部の解析モデルの終局強度は腐食の無いフランジの座屈強度曲線と近い値になっていることがわかる．このことは，今回想定したような腐食形態では，平均偏心率と同じ大きさの初期たわみを有する腐食の無いフランジの強度曲線を用いると，平均板厚のみから比較的精度良く，若干安全側の強度評価ができる可能性を示唆している．また，本解析結果を近似曲

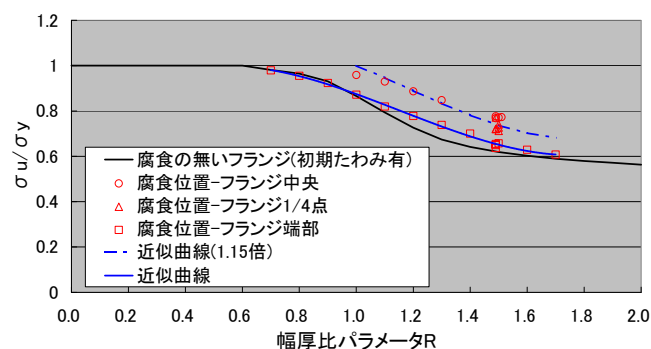


図-6 座屈強度曲線による終局強度評価

線で表すとより一層評価精度が向上する．腐食位置が中央にある場合は，図に示すように近似曲線または腐食の無いフランジの座屈強度曲線を 1.15 倍した曲線を用いれば $1.2 < R < 1.5$ においても良好な結果が得られる．

5. まとめ

- (1) 腐食位置が端部の場合，中央にある場合に比べて終局強度が低くなる．平均腐食深=2mm 程度ではその差は約 10% となった．
- (2) 平均偏心率と同じ大きさの初期たわみを有する腐食の無いフランジの座屈強度曲線を用いて，局所腐食したフランジの終局圧縮強度を精度良く評価できる可能性を示した．

参考文献

- 1) 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．
- 2) 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．