局所腐食した圧縮フランジの終局強度と力学特性

熊本大学工学部 学生会員 〇川崎 雄太

愛媛大学大学院理工学研究科 正会員 海田 辰将

高知工業高等専門学校 正会員 勇 秀憲

前橋工科大学工学部 非会員 藤原 章充

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事例が数多く報告されている.こ れらの鋼構造物を構成する個々の板パネルに発生する腐食形態の多くは局所腐食である.これまでに,種々の腐 食鋼材の載荷実験・強度解析によって保有強度評価を目的として腐食鋼板の力学特性が解明されつつあるものの, その多くは,板の全面にほぼ同程度の腐食を有するような形態が想定されており,1枚の板パネル内で腐食の著 しい偏りを持つような局所腐食を有する鋼部材の強度や力学特性については未解明な部分が多く残されている.

そこで本研究では,局所腐食による被害の典型例として,鉄道橋枕木による上フランジの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,局所腐食がフランジの力学特性および終局圧縮強度に与え る影響について調査する.

2. 空間的自己相関モデルによる局所腐食表面の作成

本研究では、図-1の板厚等高線図に示すような約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 おいて測定された腐食形態の特徴を考慮して,空間的自己相関モデル²⁰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.図中の空白は,鉛直補剛材位置で あり,板厚測定が困難であった.本研究では,枕木が設置されていた図中実線で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.図の参考位置では,鉛直補剛材の破断による層状錆の影響が少なく, 孔食も発生していないことから,純粋に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,腐食が進展し たと思われる.参考位置における腐食状況を拡大して図-2に示す.図から,局所腐食の腐食領域内では,ほぼ 同程度の緩やかな凹凸が形成されていることがわかる.また,この腐食は,ほぼ片面腐食に近い状態であること が一般的に知られている.

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-3に示す.図の縦軸は頻度,横軸は腐食深を示している.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精度良く一致しており,その統計的特徴をよく捉えているといえる.このこ とから空間的自己相関モデルによって腐食表面が深さ方向だけではなくある程度平面的に広がりを持って表現で





きていることがわかる.このようにして作成した腐食表面(腐食領域の幅=200mm)を,図-4に示すように,解 析モデルの片面の任意位置(距離L)に考慮してモデル化した.

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. 図-5に フランジの解析モデルおよび要素分割を示す.フランジの寸法は、800mm×200mmで一定とし、境界条件は3辺 単純支持(S.S.)とした.材料特性は、降伏応力: σ_y =294MPa、弾性係数:E=206GPa、ポアソン比: ν =0.3をそ れぞれ用いた.図-6に腐食位置をフランジの中央とした解析結果(荷重-たわみ関係)を示す.これら4つの腐 食フランジ(A1~A4)は、腐食領域における凹凸状態(腐食深標準偏差 σ_{st})のみがそれぞれ異なる.図から、 これらの腐食フランジの終局強度(σ_q/σ_y)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変わらないことを示す.図-7に示す腐食位置がフ ランジの端部でも同じ結果が得られた.また、図-8の変形図から、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.(a)は腐食領域内でSin半波形の座屈モードが形成され局部座 屈を起こす.一方、(b)は腐食領域の変形にあわせて板全体が大きく傾く形で座屈を起こしているのが分かった. 終局圧縮強度は腐食位置がフランジ中央にの場合よりも端部にある方が、同じ腐食表面でも最大10%程度低くな ることが、本解析結果より確認された.

腐食位置が中央にある場合は腐食前(t₀=10.16mm)と比べて1%程度強度が低下し、腐食位置が端にある場合は腐食前と比べ13%程度強度が低下することが明らかになった.

4. まとめ

(1)腐食位置がフランジ端部の場合、中央にある場合に比べて最大約10%程度終局強度が低くなる.

(2)腐食位置が中央の時には腐食領域内でSin半波の座屈モードが形成され局部座屈を起こす.一方腐食位置が 端の時には変形に合わせて板全体が傾く形で座屈する.

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, 2002.3.