

腐食フランジの残存圧縮挙動に関する研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○秋山 大誠
 愛媛大学 正会員 大賀水田生
 愛媛大学 正会員 全 邦釘
 愛媛大学 正会員 川口 隆

1. 背景

近年、我が国において社会基盤施設の老朽化が問題となっている。戦後の日本では、高度経済成長期中に多くの橋梁が建設され、それらの供用年数が耐用年数の目安の 50 年を超えるものが急増してくる。鋼橋の主な劣化の原因の 1 つは腐食であり、今後、腐食を考慮した構造物の維持管理の重要性は高くなる。現在の点検は、目視などで行われており、検査の評価に個人差や損傷の見落としなど問題が発生すると考えられる。よって本研究は、多くの鋼構造物で使用されている、H 型鋼の圧縮フランジに着目し、実験及び、FEM 解析から腐食フランジの定量的な残存圧縮耐荷力を評価する方法を提案する。

2. 圧縮試験

圧縮試験に使用した供試体は、穴内川橋から採取した腐食供試体 2 本と、既往の論文で使用された表面形状データを使用し SS400 新規鋼材から作成した模擬腐食供試体の 4 本であり、H 型鋼の圧縮フランジ部分に溶接し実験供試体を作成した。なお、穴内川橋供試体はねじれを有している。圧縮試験は、実験供試体の上下を加圧板で挟み、ダイヤルゲージ、ひずみゲージを用いて面外変位とひずみを測定した。腐食鋼板に圧縮力を作用させた場合、供試体中央から座屈する全体座屈、もしくは最小板厚部や最小平均板厚部から座屈する局部座屈が考えられる。よってこの両方を考慮するため、供試体中央部と最小平均板厚部の裏側に並列で 3 点、表側に 1 点貼り付けた。

実験結果は、最小平均板厚部が供試体端部にある場合と、供試体中央部にある場合で異なる座屈挙動が確

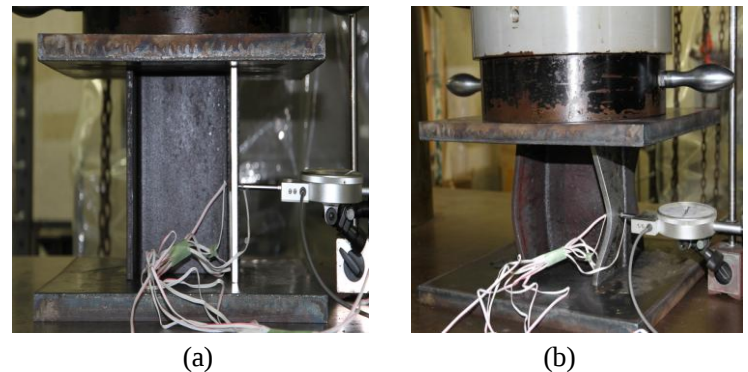
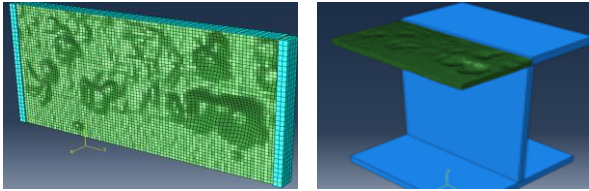


図 2.1 圧縮試験の様子

認された。またひずみゲージの計測結果から、最小平均板厚部に早期に強い曲げ応力が集中し座屈していくことが確認された。

3. FEM 解析

本研究の FEM 解析においては、商用 FEM パッケージ Abaqus/Standard を使用した。解析では 2 次元レーザー変位計を用いて、腐食鋼板の表面形状を測定したモデルを Abaqus 上で再現した。AN-8 の場合、要素数 20025、節点数 24840 である。材料特性は、橋梁から切り出した JIS5 号試験片に対して材料特性試験を行い、その結果を用いた。解析モデルは図 3.1(a),(b) のような腐食フランジを再現した 3 辺単純支持 1 辺自由のモデル（一般に圧縮力を受ける H 型鋼の圧縮フランジの境界条件は 3 辺単純支持 1 辺自由の境界条件とみなせるため）と (b) の H 型鋼モデルである。H 型鋼の境界条件は実験による座屈挙動から端部の回転の挙動が見られなかったため両端固定とした。図 3.2 は実験と解析結果を比較した荷重-面外変位関係である。曲線の形状はよく一致しており、最大荷重、後座屈挙動ともに精度



(a) 3 辺単純支持 1 辺自由モデル (b) H 型鋼モデル

図 3.1 解析モデル(AN-8)

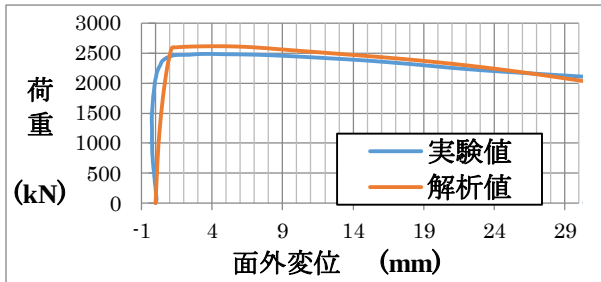


図 3.2 荷重-面外変位

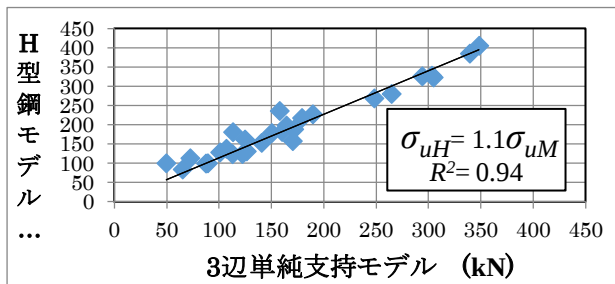


図 3.3 相関図

よく再現されている。次に、3 辺単純支持 1 辺自由のモデルと、同腐食モデルを使用した H 型鋼モデルの腐食フランジ部分の最大荷重の比較を行った。図 3.3 は相関図であり、両モデルの決定係数は 0.94 であり、その時の近似供線の関係は式(3.1)のようになった。

$$\sigma_{uH} = 1.1\sigma_{uM} \quad (3.1)$$

すなわち、H 型鋼の腐食フランジの最大荷重は 3 辺単純支持 1 辺自由のモデルを 1.1 倍した値に近くなると考えられる。

4. 残存圧縮耐力の評価式の提案

実験と解析から腐食フランジの残存圧縮耐力の評価式の提案をする。既往の研究では境界条件が 3 辺単純支持 1 辺自由の腐食フランジの圧縮耐力の評価は式(4.1)の幅厚比パラメータ R を使用し、 R によって異なる評価式(4.2)~(4.4)を使用している。よって、本研究の腐食フランジの幅厚比パラメータ中に使用される有効板厚の考察を行う。以下に提案する有効板厚(4.5),(4.6)を示す。

$$R = \frac{b}{t_R} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{k\pi}} \quad (4.1)$$

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_y} = 1 \quad (0.45 \leq R \leq \sqrt{2}) \quad (4.2)$$

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_y} = 1 - 0.53(R - 0.45)^{1.36} \quad (0.45 < R < \sqrt{2}) \quad (4.3)$$

$$\frac{\sigma_u}{\sigma_y} = \left(\frac{1}{R}\right)^2 \quad (\sqrt{2} \leq R) \quad (4.4)$$

$$t_{eff} = 0.45t_0 + (1 - 0.45)t_{min} \quad (4.5)$$

$$t_{eff} = t_{ave} - 0.9\sigma \quad (4.6)$$

各式の相関は式(4.5)を使用した場合の決定係数が 0.92 であり、式(4.6)では 0.95 である。2 つの式は異なる板厚パラメータを使用している。ある程度の板厚が分かり、平均板厚と板厚標準偏差が既知の場合は式(4.6)をまた、その場で最小板厚を測定し評価する場合は式(4.5)を使用する。

5 結論

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 実験、解析結果により最小平均板厚の場所により座屈挙動が異なり、H 型鋼モデルと腐食フランジとも最少平均板厚に応力が集中し座屈が発生した。
- (2) 腐食したフランジの評価は 3 辺単純支持 1 辺自由の境界条件での FEM 解析で評価ができる。また、状況によって使い分けられる有効板厚式を 2 つ提案し、十分な精度が得られた。

参考文献

- (1) 建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室：既設橋の架替実態に関する調査，土木技術資料，No.40-4，pp.38-43，1998.
- (2) 海田辰将，藤井堅，中村秀治：腐食したフランジの簡易な圧縮強度評価法，土木学会論文集，No.766/I-68，pp.59-71，2004.
- (3) 土木学会：座屈設計ガイドライン，pp162-163，2005.