

1-10 腐食鋼桁圧縮フランジの座屈に関する基礎的研究

東京工業大学 学生会員 ○レン イエン
 高知工業高等専門学校 フェロー会員 多賀谷 宏三
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 海田 辰将
 広島大学大学院工学研究科 正会員 藤井 堅

1. はじめに

日本の高度成長期に建設された多くの橋梁は建設後 40 年以上経過し、腐食損傷が顕在化している。腐食した鋼橋の保有耐力を正確に評価することは橋梁の維持・管理上緊急の課題といえる。本研究では、102 年前に建設され激しく腐食したプレートガーダー橋の圧縮フランジを取り上げ、板厚を実際に測定した腐食表面データを用いて、圧縮強度解析を行い、その結果を、統計量を用いた従来の推定式による推定値と比較し、圧縮フランジの強度評価を行った。

2. 解析

2.1 材料特性

材料特性は引張試験により求められ、結果を表-1 示す。

表-1 材料特性

弾性係数 E (GPa)	195.8
ポアソン比	0.278
降伏応力 σ_y (Mpa)	299.9

2.3 腐食表面測定方法

腐食表面データ測定は、2mm 間隔メッシュでポータブル 3 次元計測装置を用いて行った。測定から得られた 2mm メッシュ板厚及び偏心量を 1cm メッシュのデータに修正し、その板厚を要素の板厚とする。また、各フランジの平均板厚及び標準偏差を表-2 に示す。4 枚のフランジの内、3 枚 (A2, B1, B2) は全体的に一樣に腐食しているが、A1 は局部的に腐食している。そのため、A1 については局部腐食領域の平均板厚も用いて検討した。

表-2 腐食表面の測定結果

フランジ	平均板厚 (mm)	標準偏差 (mm)
A1	8.72 6.14	2.60 3.10
A2	7.78	1.87
B1	8.79	1.22
B2	8.01	1.30

■ : 局部腐食領域の平均板厚

2.2 解析モデル及び解析条件

本研究で用いた解析プログラムは Up-dated Lagrangian による FEM 大変形弾塑性解析である¹⁾。解析モデルを図-1 に示す。要素の大きさは 1cm である。境界条件は図-1 に示すようにウェブと鉛直補剛材で支持された 3 辺単純支持 1 辺自由である。荷重は強制変位制御で平均中央面に載荷する。

3. 圧縮フランジのねじれ座屈強度の推定式

圧縮フランジのねじれ座屈強度の推定には Basler が提案した従来の推定式 (式-1) を用いる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ultc} / \sigma_y &= 1 && : R \leq 0.45 \\ &= 1 - 0.53(R - 0.45)^{1.36} && : 0.45 \leq R \leq \sqrt{2} \\ &= 1 / R^2 && : \sqrt{2} \leq R \end{aligned} \right\} \text{ただし, } R = \frac{b}{t_R} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)\varepsilon_y}{\pi^2 k}} \quad (\text{式-1})$$

ここに、 σ_{ultc} はフランジのねじれ座屈、 b はフランジの突出幅、 t_R はフランジの代表板厚、 ε_y は降伏ひずみ、 ν はポアソン比、 k は座屈係数 (0.425) である。

3. 解析結果と考察

1) 図-2 に荷重と載荷点の変位及び最大荷重を示す。最大荷重を見ると、フランジ B1 の座屈荷重が最も大きく、それに対してフランジ A1 が最も小さい。フランジ A1 が局部的に腐食しているため、他のフランジよりも圧縮強度が低下したと推定される。

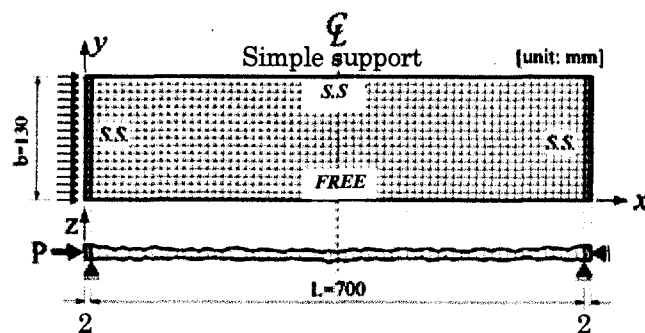


図-1 解析モデル及び要素分割

2) 写真-1に実験によるフランジ A2 の変形を、図-3に解析によるフランジA2の変形を示す。この図と写真を比較すると、解析による変形は実験による変形とほぼ一致していることが分かる。またフランジ A1 についても変形はほぼ一致している。

3) 図-4に荷重=118KNの時の Mises 応力分布を示す。図-4に示すようにフランジA1には左端部が局部的に腐食していたため、応力集中が発生していることが分かる。しかし、腐食の無い箇所では応力がほとんど増加していないことも分かる。これに対してフランジ A2 はフランジ全体が均等に腐食しており、応力が全体に平均して発生し、フランジ A1 よりも大きいことが分かる。

4) フランジ A1, A2, B1, B2 について FEM 解析値と代表板厚を用いた Basler による推定値との関係を求めると、図-5が得られる。図-5で代表板厚=平均板厚とすれば、推定値と解析値は非常に良い相関が見られる。また、局部的に腐食したフランジ A1 の場合は局部腐食領域の平均板厚を用いれば、推定値と解析値がほぼ一致している。

4. まとめ

1) 解析による圧縮フランジの座屈変形が実験の圧縮フランジ変形とほぼ一致しているので、本研究で用いた有限要素解析プログラムは精度が良いことがわかる。

2) 局部的に腐食したフランジは応力集中が発生し、座屈強度が大きく低下する可能性がある。

3) 圧縮フランジの強度評価は代表板厚=平均板厚と考えれば、実用的であると思われる。

5. 今後の課題

1) 曲げ試験と同じモデルを作成し FEM 解析を行い、曲げモーメントと圧縮フランジに生じる応力との関係を把握する。

2) 様々な腐食パターンの供試体を用いて、試験及び解析を行う。

3) 強度評価の指標として片面腐食と両面腐食、全面腐食と局部腐食等を考慮した圧縮フランジ強度評価を確立する必要がある。

6. 参考文献

1) 海田辰将, 藤井賢, 中村秀治: 腐食したフランジの簡易な圧縮強度評価, 土木学会論文集, 2004

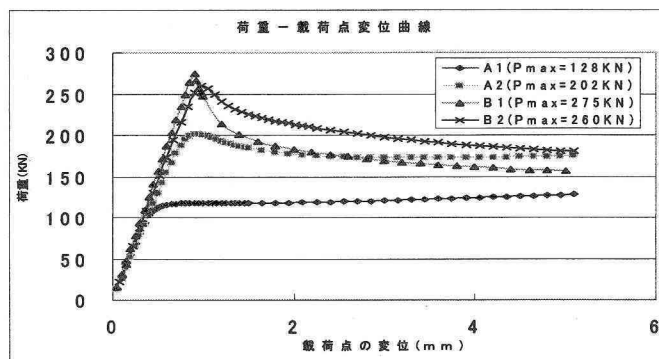


図-2 荷重 - 載荷点の変位

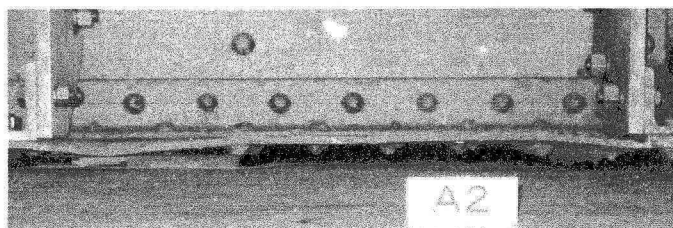


写真-1 実験によるフランジ A2 の変形

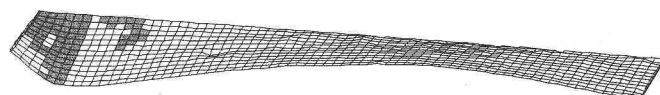


図-3 解析によるフランジ A2 の変形

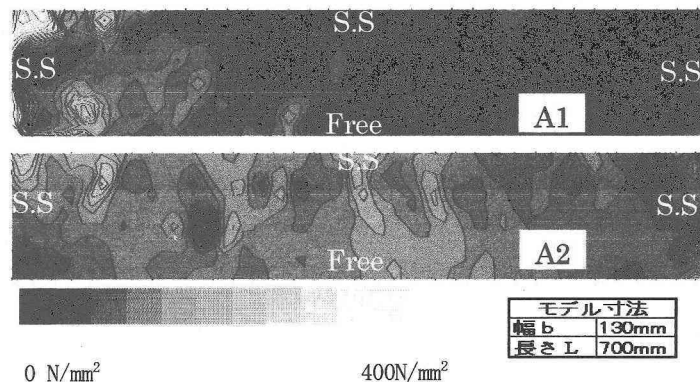


図-4 P=118KN時のフランジ A1 及び A2 の応力分布

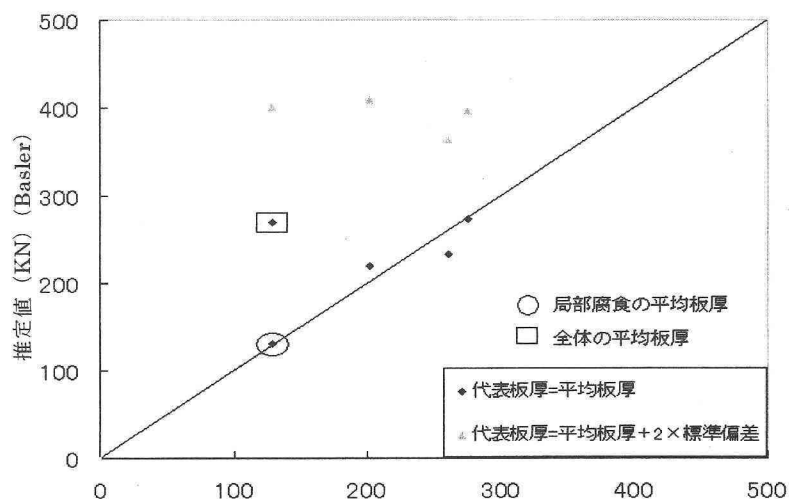


図-5 推定値と解析値における座屈荷重の相関