

腐食鋼桁圧縮フランジの座屈に関する基礎的研究

東京工業大学土木工学科	学生員	○レン	イエン
高知高専建設システム工学科	フェロー	多賀谷	宏三
高知高専建設システム工学科	学生	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 に示す。

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した。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 辺自由と 3 辺固定 1 辺自由の 2 種類である。荷重は強制変位制御で平均中央面に載荷する。

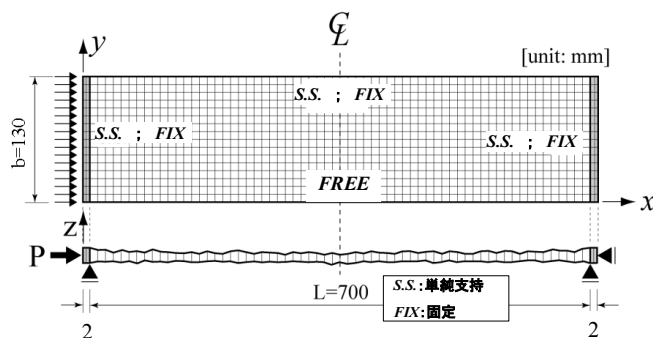


図-1 解析モデル及び要素分割

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。

キーワード 腐食鋼桁、圧縮フランジ、曲げ耐力、座屈解析

連絡先 〒783-8805 高知県南国市物部 200-1 高知高専多賀谷研究室 TEL088-864-5583

3. 解析結果及び考察

1) 図-2 に荷重と載荷点の変位関係を示す。最大荷重を見ると、フランジ B1 の座屈荷重が最も大きくフランジ A1 が最も小さい。フランジ A1 は局部的に大きく腐食しているため、他のフランジよりも圧縮強度が低下したと推定される。又、単純支持条件と固定条件を比較すると傾きはほぼ一致しているが、最大荷重は固定条件の方が大きくなっていることが分かる。

2) 写真-1 に実験によるフランジ A1 の変形を、図-3 には単純支持条件の解析変形(A1)を、図-4 には固定条件の解析変形(A1)を示す。この図と写真を比較すると、単純支持条件や固定条件による解析変形は両者とも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 B2 についても変形はほぼ一致した。

3) 図-5 に荷重=118kN の時の Mises 応力分布を示す。図 5 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 解析値及び Basler 推定値と実験値の関係を求めると、図-6 が得られる。図-6 で代表板厚=平均板厚とすれば、Basler 推定値と FEM 解析値(SS)はほぼ一致している。また、実験値との比較では境界条件を単純支持より固定として解析した方が良い相関が得られている。

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

曲げ試験と同じ全体モデルを作成し 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。

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

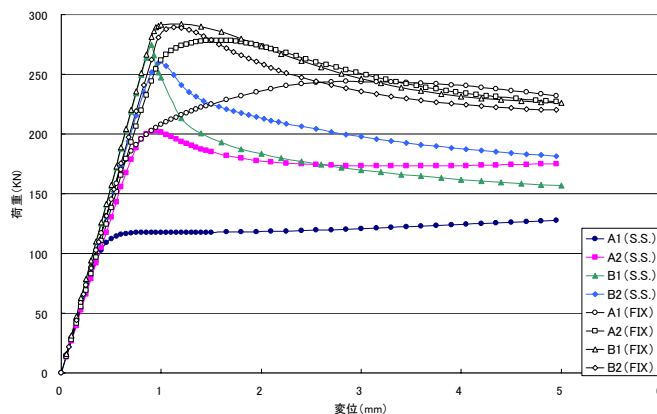


図-2 荷重-載荷点の変位関係



写真-1 実験によるフランジ A1 の変形

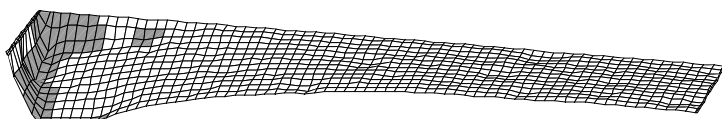


図-3 単純支持条件の解析変形 (A1)

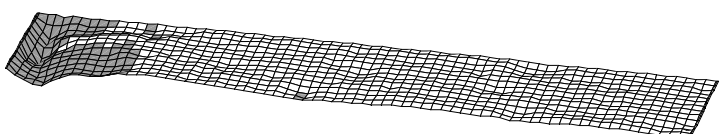


図-4 固定条件の解析変形 (A1)

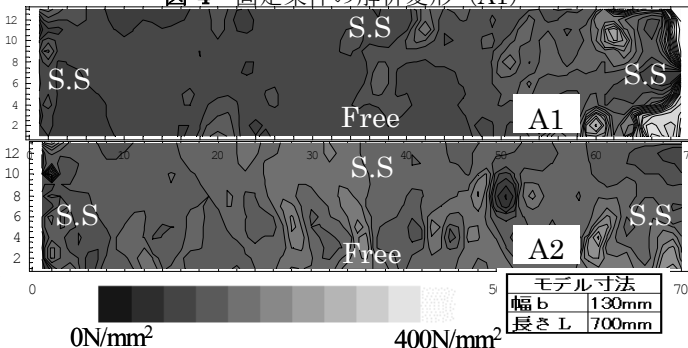


図-5 P=118kN 時のフランジ A1 及び A2 の応力分布

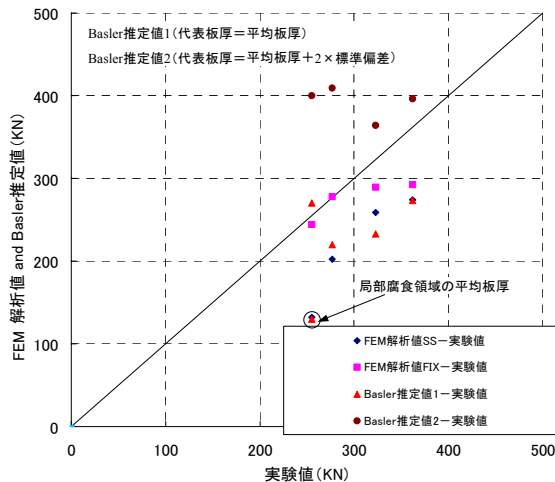


図-6 FEM 解析値と Basler 推定値と実験値における座屈荷重の相関