

高張力鋼を用いた圧縮フランジの初期不整に関する評価指標の検討

広島大学工学部 学生会員 ○清岡 直樹

高知工業高等専門学校建設システム工学科 正会員 海田 辰将

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

1. はじめに

近年、様々な性能を有する、高張力鋼などの高機能鋼材が開発され、橋梁に多く用いられるようになった。そこで本研究では、高張力鋼の高い降伏強度を有効活用するために、初期不整を有する厚板を含めた高張力鋼板の座屈強度を従来の w_0/b (w_0 : 初期たわみ量, b : 板幅) の代わりに、 w_0/t (t : 板厚) によって正確に評価することを目的とし、3 辺単純支持一辺自由板の降伏応力の大きさに無関係な座屈強度曲線を提案する。

2. 初期不整を有するフランジの圧縮強度解析

図-1 に本解析モデルを示す。このモデルを一辺が 40mm の 4 節点正方形シェル要素を用いて分割し、フランジの左右対称性を考慮して、図中薄灰色で示す圧縮フランジの半分の領域についての弾塑性非線形有限要素解析をパラメトリックに実施した。

本解析モデルには、鋼板の初期不整として、初期たわみと残留応力を考慮した。残留応力分布は溶接 I 桁の残留応力分布を参考にして、図-2 に示すような分布形を仮定した。初期たわみの形状は、 x 方向にはフランジの自由端中央で最大たわみ(w_0)を生じるような $\sin$ 半波の形状で、 y 方向には線形分布を与えている。

3. w_0/t による強度評価の妥当性

全く異なる降伏強度($\sigma_y=300, 500, 800\text{MPa}$)を持つ板の R の値がそれぞれ 1.0, 1.6, 2.0 とするように板厚 t を決定し、それらの w_0/t の値が同じ($w_0=0.01$)になるように最大初期たわみを導入した解析モデルの荷重-たわみ関係を図-3 に示す。図からわかるように荷重-たわみ関係の形には多少の違いがあるものの、終局強度については降伏応力の大きさに関係なくほぼ同じ値になっている。

つまり、 w_0/t によって最大初期たわみの大きさを制限し、幅厚比パラメータ R ごとにその終局強度を整理すれば、降伏応力(鋼種)に関係なく圧縮強度を評価できることを図は示している。また図-4 は図-3 と同じ板に残留応力を考慮して解析を行った結果であるが、この場合も R と w_0/t が同じであれば、降伏応力の異なる全てのモデルで終局強度が一致した。

4. w_0/t を用いた初期不整を有する圧縮フランジの強度評価

残留応力のないフランジについてパラメトリックに解析を行い、 w_0/t ごとに整理した座屈強度曲線を図-5 に示す。図から、 R が 0.5 付近より小さい板では、塑性座屈となるため、その圧縮強度は w_0/t の値に関わら

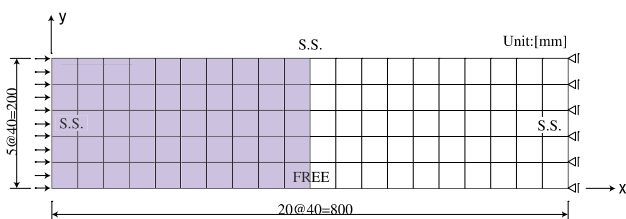


図-1 解析モデル

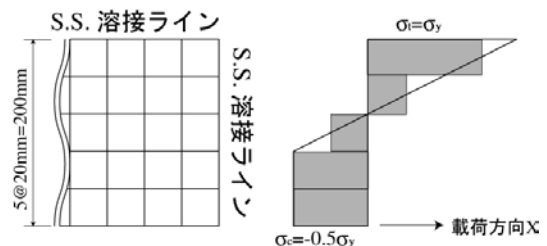


図-2 残留応力分布

キーワード 高張力鋼, フランジ, 終局強度, 初期たわみ, 厚板

連絡先 〒783-8508 高知県南国市物部乙 200 番 1 高知高専建設システム工学科 TEL 088-864-5583

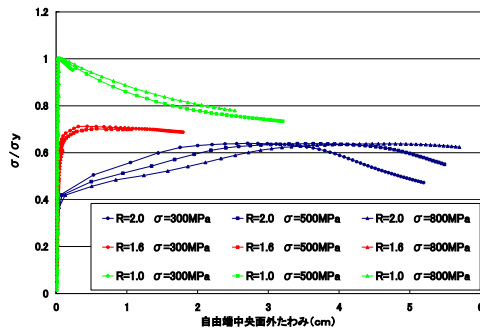


図-3 荷重-たわみ関係(残留応力なし)

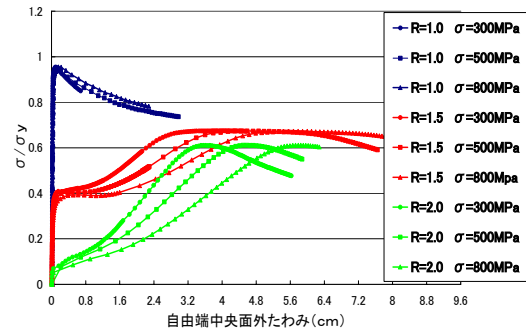


図-4 荷重-たわみ関係(残留応力あり)

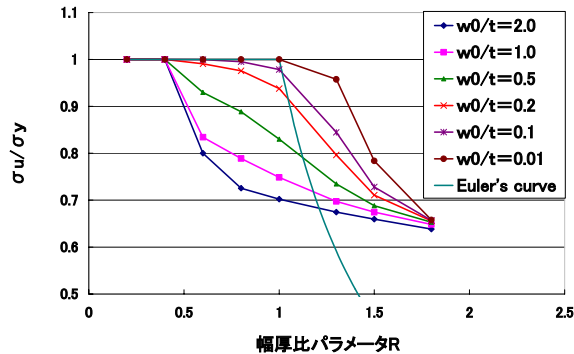


図-5 座屈強度曲線(残留応力なし)

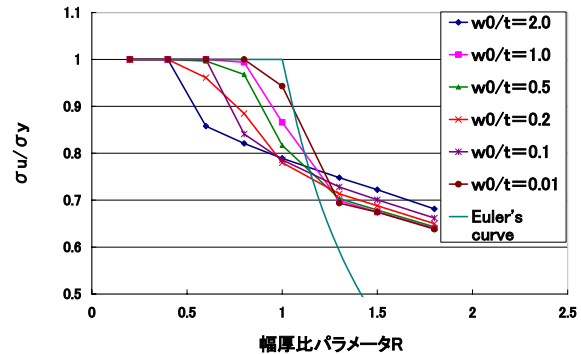


図-6 座屈強度曲線(残留応力あり)

ず $\sigma_u/\sigma_y=1.0$ になることがわかる. また $R>1.5$ の場合も, w_0/t による圧縮強度のばらつきは抑えられるが, これは板が弾性座屈を引き起こすので, 初期たわみの大きさよりもむしろ板の曲げ剛性が強度の支配要因となるためと考えられる.

$0.5<R<1.5$ の範囲では, w_0/t が 0.01, 0.1, 0.2 のように比較的小さい場合, $1.0<R<1.5$ 付近で, 強度低下が特に著しい. また, $w_0/t=0.5$ では, $0.5<R<1.5$ の間で R による強度低下はほぼ線形になることが確認できる. w_0/t が 1.0 や 2.0 になると, 強度低下は $0.5<R<1.0$ の範囲で最大となる. 上記の結果から, 残留応力が無い場合は w_0/t の大きさによって強度低下が著しい R の範囲が異なるので注意する必要がある.

残留応力を考慮した場合(図-6)は, 残留応力がない場合よりも, 圧縮強度に対する w_0/t の影響はかなり抑えられる. また, 残留応力の有無で σ_u/σ_y を比較すると, $w_0/t=0.5, 1.0, 2.0$ では残留応力を考慮した解析モデルの方が, 残留応力がないものよりも高い強度を示している. これは, ウェブとの接合辺で残留応力による引張力が最大になるため, 終局状態において降伏が遅れることに起因する.

6. まとめ

- (1) 本解析結果から, w_0/t を用いて板の終局圧縮強度を評価すると, 降伏応力とは無関係に 1 本の座屈強度曲線で表現できることが明らかになった.
- (2) 残留応力がない場合, $0.6<R<1.3$ の板では $0.1<w_0/t<1.0$ の初期たわみが大きな強度低下を引き起こす.
- (3) 残留応力を考慮した場合, $0.6<R<1.0$ のフランジに $0.1<w_0/t<1.0$ 程度の一定の初期たわみを考慮すると, 引張の残留応力によって板の終局圧縮強度が上昇する.

参考文献

- 1) T.Kaita, K.Fujii and I.Ario: Estimation for Influence of Initial Imperfections to Ultimate Strength of High Tensile Steel Plates Subjected to Uniform Compression, First International Structural Engineering and Construction Conference, Creative Systems in Structural and Construction Engineering, pp.919-924, 2001.