

I-64 ステンレス鋼を用いた I 形断面ばりの局部座屈挙動

岐阜大学大学院 学正員 安藤和幸
帝国建設コンサルタント 正員 森脇良一
岐阜大学工学部 正員 奈良 敬

1. まえがき

座屈パラメータの小さい板要素や補剛板の場合は、塑性域で崩壊するため、断面寸法や幅厚比パラメータ等の断面形状パラメータ、および初期不整のみならず、塑性域における変形能が高い低降伏比高張力鋼やラウンド型鋼材と呼ばれる種々の鋼種によって荷重-変位挙動が異なってくる。

I 形断面部材については、福本らが60キロ級の低降伏比高張力鋼3種類を用いて、圧縮フランジならびにウェブの塑性限界幅厚比を明らかにしている¹⁾。一方、建築分野においてはこれまで装飾材であったステンレス鋼を構造部材に利用するための研究が盛んに実施されている²⁾。

そこで本研究では、等曲げを受ける I 形断面ばりを解析対象として取り上げ、鋼材特性がどのように、断面寸法と鋼種を変化させた鋼部材の極限強度や変形能に影響を与えるのか明らかにすることを目的として、ステンレス鋼を用いた場合について報告する。

2. 解析法

解析法については、ひずみ硬化を考慮した1節点6自由度を有する立体弾塑性有限変位解析法³⁾を用いる。

(1) 解析モデル

図-1に示すような等曲げを受ける 2軸対称な I 形断面ばりを解析対象とする。要素分割は、圧縮フランジとウェブを10分割、引張フランジを4分割とし、長手方向(X軸方向)に12分割とした。強制変位としては、図-1に示すように、ウェブの中心に強制回転変位 θ を与えた。解析パラメータには、フランジとウェブの幅厚比パラメータを選ぶ。解析モデルの諸元を表-1に示す。フランジ幅、厚さおよびウェブ高、厚さについてはウェブ厚を $t_w=10\text{mm}$ と一定にし、フランジとウェブの断面積比(A_f/A_t)が1.5となるように決めた。長手方向長さはフランジ幅の2.5倍とした。

(2) 鋼材の機械的性質

ラウンド型鋼材であるステンレス鋼SUS304の機械的性質を表-2に示す。降伏応力度は0.2%耐力とし設定した。また式(1)に示す鋼材の応力-ひずみ曲線モデル⁴⁾の各パラメータの値も併せて表中に示す。

$$\frac{\sigma}{\sigma_y} = B \left(C + \frac{\epsilon}{\epsilon_y} \right)^n \quad (1)$$

(3) 初期不整

初期たわみは実測データ⁵⁾を参考にして与えた。圧縮フランジの初期たわみ波形は自由端で最大値が $\delta_f=b/216$ となる直線形とした。また、長手方向の初期たわみ波形は正弦半波形で与えた。残留応力は、ステンレス鋼と軟鋼の降伏応力の差があまりないため、一般的軟鋼の解析に用いられる残留応力を導入した。すなわち引張残留応力 $\sigma_{r1}=\sigma_y$ 、圧縮残留応力 $\sigma_{r2}=-0.3\sigma_y$ とした。

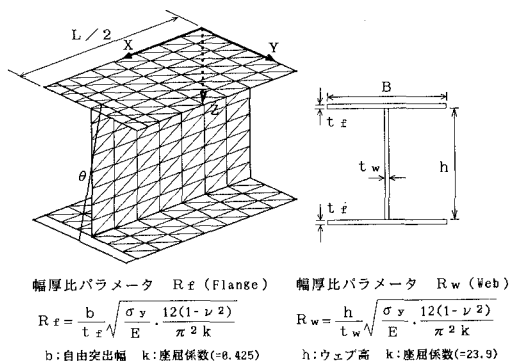


図-1 解析モデル

表-1 解析モデルの諸元 単位(mm)

R_f	R_w	h	t_w	B	t_f	L
0.8	0.8	1177.5	10.0	501.5	15.7	1253.8
0.8	0.6	883.1	10.0	435.0	13.5	1087.5
0.8	0.4	588.7	10.0	356.1	11.0	890.3
0.6	0.8	1177.5	10.0	435.0	18.1	1087.5
0.6	0.6	883.1	10.0	377.4	15.6	943.5
0.6	0.4	588.7	10.0	309.1	12.7	772.7

表-2 鋼材の機械的性質

$\sigma_y(\text{kgf/mm}^2)$	$\sigma_u(\text{kgf/mm}^2)$	$\epsilon_{st}(\%)$	$\epsilon_u(\%)$	$E(\text{kgf/mm}^2)$	B	n	C
20.92	53.06	0.1062	40.0	1.970×10^4	0.4331	0.3634	9.0

3. 解析結果と考察

最初に、座屈パラメータが極限強度にどのような影響を与えるかを、図-2に示す。横軸にウェブ幅厚比パラメータ、縦軸に降伏モーメントと全塑性モーメントで無次元化した極限強度をとり、フランジ幅厚比パラメータ0.8, 0.6と変化させたときの極限強度を示す。本解析で用いたステンレス鋼の降伏比が0.39と非常に小さいため、ウェブ幅厚比パラメータを変化させることによる極限強度の上昇率はフランジ幅厚比パラメータを変化させたときと同程度に大きくなっているのが分かる。次に変形能に与える影響を見るために、変形能の指標として回転変位 θ を取り、図-3に横軸にウェブ幅厚比パラメータ、縦軸に θ を降伏時の回転変位 θ_y で無次元化したものを示す。ウェブ幅厚比パラメータが0.8程度に大きくなると曲げ変形能の低下率が頭打ちとなっているのが分かる。これは圧縮フラン

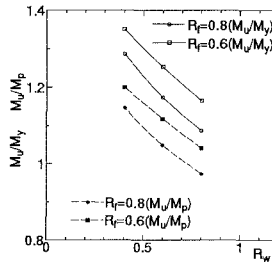


図-2 曲げ極限強度

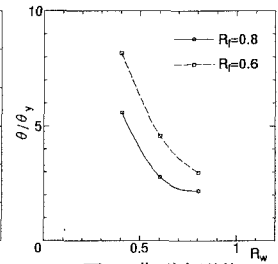


図-3 曲げ変形能

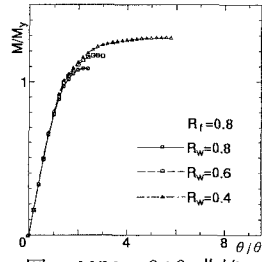
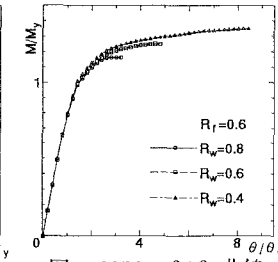
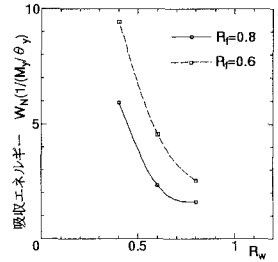
図-4 $M/M_y - \theta/\theta_y$ 曲線図-5 $M/M_y - \theta/\theta_y$ 曲線

図-6 吸収エネルギー

ジのねじれ変形が引き起こす板の局部座屈により部材断面全体としての変形能の低下であると思われる。極限強度と変形能の関係を見るために横軸に回転変位、縦軸に曲げモーメントをそれぞれ降伏時のもので無次元化したものを図-4,5に示す。幅厚比パラメータが大きな断面ではフランジあるいはウェブの局部座屈が生じて、極限強度および変形能が共に低下する。また、 $R_f=0.8$ かつ $R_w=0.8$ を除く各ケースとも全塑性モーメントを越えてからも強度上昇が見られる。この関係は、ステンレス鋼の応力-ひずみ関係によく似ており、塑性棚がないため断面が塑性化すると同時にひずみ硬化域に入るためである。最後に、図-4,5における極限強度までの荷重-変位曲線と横軸が作る面積で表されるエネルギー吸収能について検討する。エネルギー吸収能を縦軸に、横軸にウェブ幅厚比パラメータをとってプロットしたのを図-6に示す。これより変形能と似た特性が見られることが分かる。

4. 結論

鋼材特性が、断面形状の異なる鋼部材の極限強度や変形能に及ぼす影響についてステンレス鋼を用いて明らかにした。本概要には、断面パラメータを変化させた解析モデルの結果しか提示していないが、講演当日には断面形状と鋼種を変化させたパラメトリック解析による結果について発表する予定である。

参考文献

- 1) 福本 嚙士：鋼構造の機能性向上からみた高張力鋼の実用化に関する研究，平成3年度科学研究費補助金（試験研究B）研究成果報告書，平成4年3月。
- 2) 例えば、松下吉男・加藤 勉：ステンレス鋼SUS304N2を用いたH形断面部材の局部座屈耐力と変形能力，構造工学論文集，Vol. 39B，1993年3月，pp. 575-582。
- 3) 安藤和幸・森脇良一・奈良 敬：鋼材特性を考慮した鋼部材の弾塑性解析，平成5年度土木学会中部支部年次学術講演会概要集 I-15，平成6年3月。
- 4) 奈良 敬・出口恭司・小松定夫：ひずみ硬化を考慮した圧縮板の極限強度に関する研究，構造工学論文集，Vol. 33A，1987年3月，pp. 141-150。
- 5) 小松定夫編：鋼橋部材の形状初期不整と耐荷力の統計学的研究，JSSC Vol. 16 No. 170，1980年4月。