

曲げと圧縮を受ける薄肉H形断面部材の連成座屈強度について

熊本大学工学部 学生員 坪浦 伸泰

熊本大学工学部 正 員 山尾 敏孝

熊本大学工学部 正 員 崎元 達郎

1. まえがき:

著者らは前報¹⁾で中心圧縮を受ける薄肉開断面鋼柱の局部座屈を考慮した場合の耐荷力の評価式を、AISC²⁾の考え方に基づいて提案した。そして、板要素とはり要素を結合した弾塑性有限変位解析によりその評価式の妥当性を確かめた。そこで本報告では、圧縮だけでなく曲げも同時に受ける溶接H形断面部材を対象として、全体座屈と構成板要素の局部座屈の連成座屈強度の評価式の提案を行い、結合解析法を用いたパラメータ解析によりその提案式の検討を行ったものである。

2. 曲げと圧縮を受ける部材の連成座屈強度式の提案:

図1に示すような薄肉H形断面寸法を有する部材が両端に軸方向圧縮力Pと弱軸回りの等曲げM₀を受け、連成座屈生じる場合の強度算定式として次式を提案する。

$$\frac{P}{P_u} + \frac{M_0}{M_u(1 - P/P_E)} \leq 1.0 \quad (1)$$

ここに、P_Eはオイラー座屈荷重であり、Pは中心圧縮を受ける薄肉開断面鋼柱の局部座屈を考慮した場合の最大強度であり、文献1)で提案した次式を用いる。

$$\frac{P_u}{Q P_y} = \begin{cases} 1.0 & (\bar{\lambda}' \leq 0.2) \\ 1.109 - 0.545 \bar{\lambda}' & (0.2 \leq \bar{\lambda}' \leq 1.0) \\ 1.0 / (0.773 + \bar{\lambda}'^2) & (\bar{\lambda}' \geq 1.0) \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{ここに, } \bar{\lambda}' = \sqrt{Q} \bar{\lambda}, \quad \bar{\lambda} = \frac{L}{r \pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (3)$$

まず、Qは構成板要素の局部座屈による降伏応力の低減係数であり、幅厚比パラメータR_{fu}を用いて次式となる。

$$Q = 0.77 / R_{fu} \leq 1.0 \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} R_{fu} &= \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_{us}}} & (-\frac{h_w t_r}{b_r t_w} > 3.07) \\ &= \frac{b_r}{t_r} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_{rs}}} & (-\frac{h_w t_r}{b_r t_w} \leq 3.07) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ここで、式(5)のσ_yは鋼柱の降伏応力度であり、k_{us}、k_{rs}はウェブとフランジの連成作用を考慮した座屈係数でその誘導については文献3)に詳しく述べている。

また、M₀は純曲げを受ける場合の終局モーメントであり、次式で表される。

$$\frac{M_u}{M_0} = \frac{1}{\{1 - 0.1(R_{fu} - 0.5)\}^2} \quad (6)$$

3. 提案式の検討:

式(1)の提案式の妥当性を検討するために、次に述べるような解析パラメータと結合モデルを用いて解析を行った。フランジ幅厚比(b_r/t_r)を16, 22, ウェブ幅厚比(h_w/t_w)を35, 50, 70, で、これらを組合せた断面を使用し、その寸法、断面定数、幅厚比パラメータ(R_{fu})及び細長比(L/r)をまとめて表1に示す。解析モデルは図2に示すように対称条件によりL/2について結合解析法を用いて行った。なお、断面および軸方向の分割方法や、また、残留応力、初期たわみ等の与え方も文献1)と同様である。

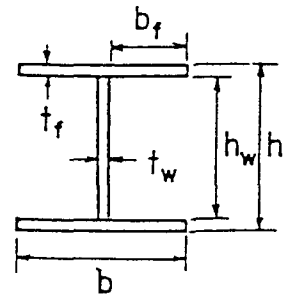


図1 H形断面

図3に、純曲げを受けるH形断面の極限強度解析結果を R_{fw} に対してプロットし、全塑性モーメント M_p と比較して示す。図からわかるように、細長比による影響はみられず全塑性モーメント M_p に対しても著しい低下は見られなかった。この結果より式(5)の R_{fw} を用いて、純曲げに対して式(6)で与えられるような終局モーメント M_u を算定する式を求めた。

次に、圧縮と弱軸回りの等曲げを受ける部材極限強度解析を行った。載荷方法については、最初に一定の曲げモーメントを与え、その後軸方向に圧縮力を加える方法を用いて行った。図4に、圧縮力 P と曲げ M_o を受ける部材の荷重-たわみ曲線の1例を示す。縦軸は、 P を降伏荷重 P_y で、横軸にはウェブ中央点の横たわみ w を断面二次半径 r で無次元化して示した。これより、いずれの曲げモーメントに対しても、 R_{fw} の値が大きくなるにしたがって、耐荷力は小さくなっていることがわかる。これは、 R_{fw} が大きくなるに従って局部座屈の発生が早くなり、耐荷力に影響したと考えられる。図5は、解析結果を式(1)の推定式と比較したものである。
 $L/r = 100$ では、式(1)にほぼ一致するが、 $L/r = 50$ ではかなり安全側に評価している。また、 R_{fw} が大きい場合が、同じ細長比でも安全側に評価されていることがわかる。これらの解析結果より式(1)の推定式は、連成座屈強度をよく評価できていることがわかる。

4. あとがき：

曲げと圧縮を受ける薄肉H形鋼柱が連成座屈を生じる場合の耐荷力の評価式を提案したが、今後は強軸回りの曲げと圧縮を受ける場合の部材の耐荷力の評価式も検討し提案したいと考えている。

— 参考文献 —

- 1) 山尾他, 「H形鋼柱の…」, 第42回土木年講概要集, S62.9
- 2) AISI: Specification for ..., 1969
- 3) 山尾・崎元, 「薄肉H形短柱の…」, 土論集, 第380号 /1-7, S62.4

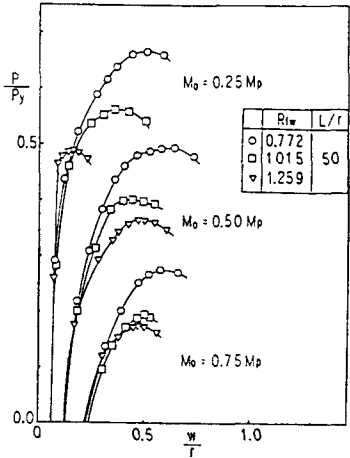


図4 荷重-たわみ曲線

表1 解析パラメータ

E ヤング係数	206 (KN/mm ²)
σ_y 降伏応力	245 (KN/mm ²)
t_f, t_w	3.2, 4.5 mm
ν ポアソン比	0.3
R_{fw} ($b_f/t_f, h_w/t_w$)	0.772 (16.35) 0.903 (16.50) 1.015 (22.35) 1.259 (22.70)
L/r	50, 100

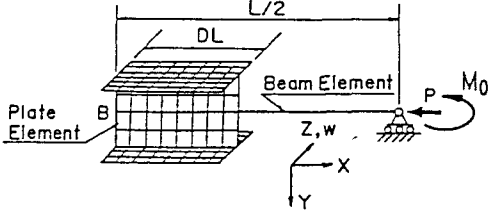


図2 解析モデル

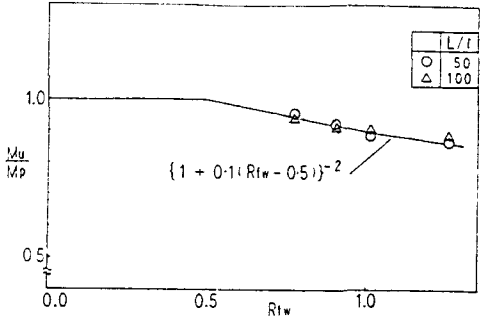


図3 純曲げ強度

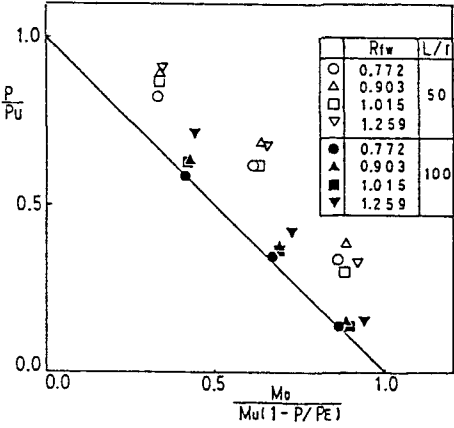


図5 相関強度