

I-46 薄肉H形短柱の最大強度の推定式について

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： 中心圧縮を受けるH形断面鋼柱の連成座屈強度や挙動について理論的、実験的に調べ、局部座屈を考慮した場合の最大強度をAISC³⁾の考え方に基づいて求める手法を提案した¹⁾。しかし、この方法では局部座屈を生じる場合の鋼柱と同一断面を有する短柱実験等でその最大強度を求めておく必要がある。短柱の最大強度の推定式については短柱実験の結果より提案した²⁾が、幅厚比の範囲が小さく、圧縮や圧縮と曲げを受ける鋼柱の連成座屈強度の算定に使用するには多少問題があると思われる。そこで本報告では、ウェブ及びフランジの幅厚比を変化させてパラメータ解析を行い、この結果より精度の高い短柱の最大強度の推定式の提案を行い、実験結果と比較検討する。さらに、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算定式の低減係数として用い、その妥当性の検討を行った。

2. 解析モデルとパラメータ解析：

解析には、図1に示すような断面のH形短柱でその板厚は3.2, 4.5, 6.0mmとし、フランジ幅厚比を10, 16, 18, 22, ウェブ幅厚比を35, 50, 60, 70と変化させたものを組み合わせた断面寸法の供試体を用いた。使用したフランジ幅 b 、ウェブ高 h 等をまとめて表1に示す。なお、供試体の幅厚比は現示方書より大きい値も比較のため使用している。表中の R_{fw} は幅厚比パラメータであり次式で求まる。

$$R_{fw} = \frac{h_w}{t_w} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_{f5}}} \quad \left(\frac{h_w t_f}{b_f t_w} > 3.07 \right) \quad (1)$$

$$= \frac{b_f}{t_f} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k_{f5}}} \quad \left(\frac{h_w t_f}{b_f t_w} \leq 3.07 \right)$$

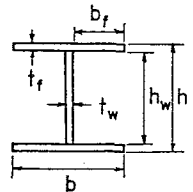


図1 H形断面

ただし、 σ_y は降伏点応力度、 E はヤング係数であり、それぞれ $\sigma_y=245(\text{N/mm}^2)$ および $E=206(\text{KN/mm}^2)$ とした。また、 ν はポアソン比で0.3とした。さらに、式(1)の k_{f5} 、 k_{f5} はH形断面のウェブとフランジの連成作用を考慮して求めた座屈係数である²⁾。解析対象は $l/2$ で、分割方法はフランジ、ウェブ、軸方向及び板厚方向にそれぞれ6分割し、弾塑性

有限変位解析法を用いて行った。この l は短柱の部材長で弾性座屈解析より求とまる最小の座屈長である。荷重は端部で軸方向に一様変位の変位制御で与えた。なお、板の初期たわみ形状や残留応力分布の形状や大きさは文献²⁾と同じとした。

3. 短柱の最大強度推定式の提案：

解析で得られた最大強度 $\sigma_{\max}/\sigma_y$ を表1にまとめて示す。図2は最大強度を表1に示す幅厚比パラメータ R_{fw} で整理した結果である。 R_{fw} が大きくなるにしたがって、最大強度は次第に低下しており R_{fw} に深い関係があることが分かる。この関係について調べると式(2)で示すような関係式が得られた。なお、 Q は低減係数である。文献²⁾の短柱実験から得られた

表1 短柱解析モデルの諸元と最大強度

Specimens	b (mm)	h (mm)	t_f (mm)	t_w (mm)	$\frac{b_f}{t_f}$	$\frac{h_w}{t_w}$	R_{fw}	$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_y}$
P S H - A	94.5	166.5	4.5	4.5	10	35	0.603	0.992
	148.5	166.5	4.5	4.5	16	35	0.735	0.929
	165.5	166.5	4.5	4.5	18	35	0.805	0.877
	202.5	166.5	4.5	4.5	22	35	0.949	0.821
P S H - B	94.5	234.0	4.5	4.5	10	50	0.830	0.856
	148.5	234.0	4.5	4.5	16	50	0.898	0.816
	202.5	234.0	4.5	4.5	22	50	1.020	0.782
P S H - C	93.2	233.0	4.5	3.2	10	70	1.071	0.830
	147.2	233.0	4.5	3.2	16	70	1.084	0.797
	201.2	233.0	4.5	3.2	22	70	1.204	0.722
P S H - D	69.2	230.4	3.2	3.2	10	70	1.159	0.738
	105.6	230.4	3.2	3.2	16	70	1.170	0.731
	144.0	230.4	3.2	3.2	22	70	1.246	0.706
P S H - E	124.5	282.0	6.0	4.5	10	60	0.929	0.862
	196.5	282.0	6.0	4.5	16	60	0.962	0.807
	268.5	282.0	6.0	4.5	22	60	1.118	0.770

式(3)の推定式もあわせて示しているが、式(2)に比べて式(3)の推定式は R_{fw} が小さい領域や大きい領域で最大強度をうまく推定できていないことがわかる。図3は著者らが行った短柱実験²⁾および青木ら⁴⁾が行った短柱実験から得られた最大強度を式(1)を使って求めた R_{fw} に対してプロットし、式(2)と式(3)の両推定式を比較して示したものである。式(2)の方が実験値の平均的な値をうまく表していると思われる。

$$Q = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_y} = 1 / \left(1 + \frac{R_{fw} - 0.6}{3.4} \right)^2 \quad (2)$$

$$Q = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_y} = \frac{0.77}{R_{fw}} \leq 1.0$$

4. 圧縮鋼柱の連成座屈強度の比較：

圧縮鋼柱の連成座屈強度 σ_{max} の算定式として次式を用いる。

$$\frac{\sigma_{max}}{Q\sigma_y} = \begin{cases} 1.0 & (\bar{\lambda}' \leq 0.2) \\ 1.109 - 0.545\bar{\lambda}' & (0.2 \leq \bar{\lambda}' \leq 1.0) \\ 1.0 / (0.773 + \bar{\lambda}'^2) & (\bar{\lambda}' \geq 1.0) \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{ここに, } \bar{\lambda}' = \sqrt{Q} \bar{\lambda}, \quad \bar{\lambda} = \frac{L}{r\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (5)$$

L：部材長， r：弱軸回りの断面二次半径

図4は圧縮を受ける鋼柱の幅厚比と細長比をパラメータにとって解析して得られた最大強度 σ_{max} を $Q\sigma_y$ で無次元化し、式(4)の算定式の耐荷力曲線と比較して示したものである。図4(a)，(b)はそれぞれ式(3)，式(2)の低減係数 Q を用いて整理したものである。これより低減係数 Q として式(2)を用いる方が解析結果のばらつきが小さく、算定式の曲線によく一致していることがわかる。したがって、局部座屈の影響がある場合の鋼柱の耐荷力は式(2)の低減係数 Q を用いる方がよく推定できると思われる。

参考文献： 1)山尾他，「薄肉H形鋼柱の…」，土論集，第380号/I-7，1987.4. 2)山尾他，「薄肉H形短柱の…」，土論集，第380号/I-7，1987.4. 3)AISC: Specification for …, 1969. 4)青木・福本「軽量溶接H形…」，構造工学論文集，Vol.34A，1988.3.

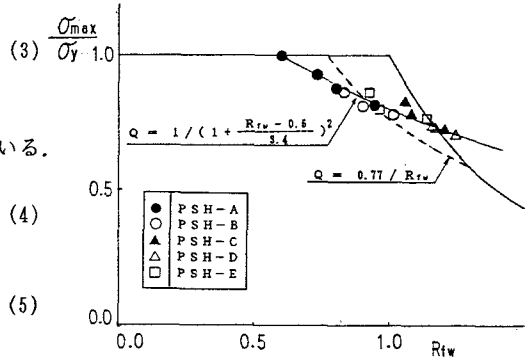


図2 短柱解析による最大強度

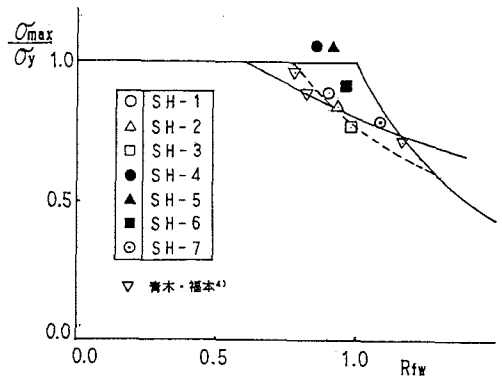
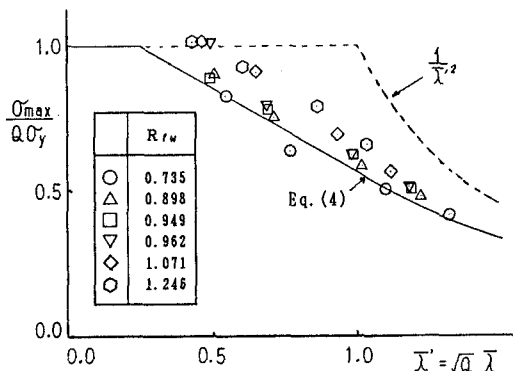
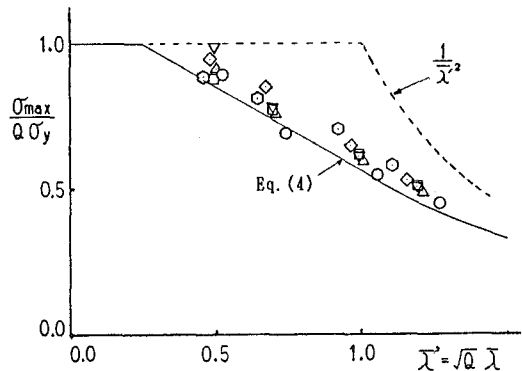


図3 短柱実験の最大強度



(a) $Q = 0.77 / R_{fw} \leq 1$



(b) $Q = 1 / \left(1 + \frac{R_{fw} - 0.6}{3.4} \right)^2 \leq 1$

図4 圧縮鋼柱の最大強度