

局部座屈を考慮した薄肉箱形断面 はり一柱部材の設計式

大阪大学工学部 正 員 西村宣男
大阪大学大学院 学生員 吉田信博
大阪大学工学部 学生員 ○竹内正一

1. はじめに 近年の薄肉鋼構造の耐荷力に関する理論的および実験的研究成果の蓄積と、より軽量化を目指す設計サイドからの要求とから、板要素の局部座屈を生じない場合の部材強度を著しく低下させない範囲で、より薄い板の使用を容認する趨勢にある。本研究では、まず純曲げを受ける薄肉箱形断面のフランジとウェブの相互作用を考慮した局部座屈強度の評価式を作成する。そして純圧縮に対する中井ら¹⁾の評価式と併せて、軸圧縮力と曲げモーメントの組合せ状態に対する局部座屈を考慮した断面の強度評価式を検討し、その結果をはり一柱部材の強度相関式に導入した設計式を提案する。各段階において有限要素法による弾塑性有限変位解析の結果との照合、

および各国の設計基準との比較により提案式の有効性を確認する。

2. 解析モデルと初期不整

本研究で用いた結合解析モデル

および純曲げ解析モデルを図-1

に示す。解析に考慮する残留応力は、引張残留応力度 $\sigma_{rt}=1.0\sigma_y$ 、

圧縮残留応力 $\sigma_{rc}=0.4\sigma_y$ の三角形分布、初期たわみは道

路橋示方書の製作許容誤差に相当するものとした。

3. 断面の純曲げ強度 Nassar²⁾が純曲げを受ける薄肉箱形断面の弾性座屈係数曲線にフィットするような近似式を、パラメータ $\eta=t_f/t_w$ と $r=h/b$ の関数として求めると次のようになる。

$$k_b = \frac{6.6 + 3.015\eta - 2.819\eta^2 + (5.961 - 19.485\eta + 17.038\eta^2)r}{0.727 + 1.063\eta - 0.705\eta^2 + (1.511 - 4.947\eta + 4.260\eta^2)r} \quad (1)$$

この式の適用限界は $r \leq 2.467 - 0.933\eta$ である。

弾塑性有限変位解析によって求めた M_u/M_p と箱形断面の弾性局部座屈より求めた等価幅厚比 R_b^* の関係を図-2に示す。曲げを受ける場合の応力再配分効果によってフランジと腹板の幅厚比パラメータの比 $\xi = R_f/R_w$ による強度の差が生ずることが明らかになった。

そこで

$$R_b = \frac{0.696\xi + 0.973}{\xi + 0.72} (0.568R_b^* + 0.288) \quad (2)$$

とすると、図-3に示すように M_u/M_p と R_b の関係は単一板の強度曲線とほぼ一致する。

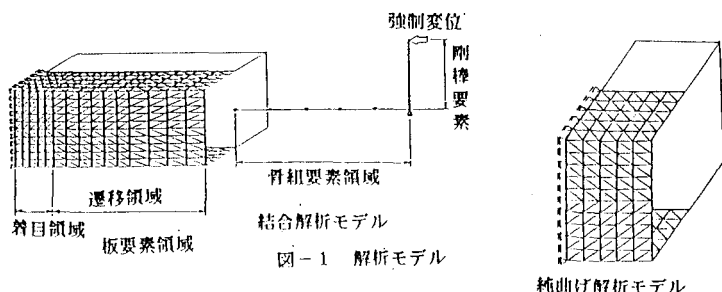


図-1 解析モデル

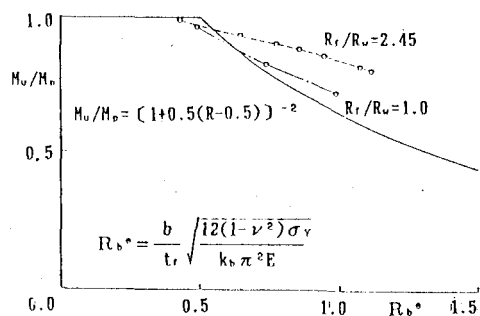


図-2 純曲げ強度と等価幅厚比 R_b^* の関係

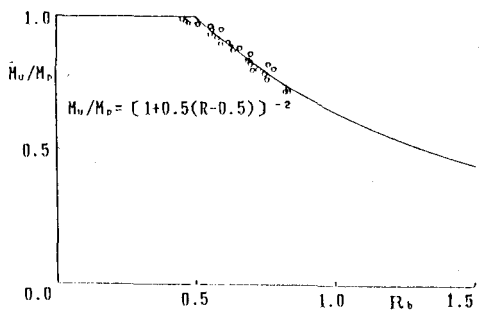


図-3 純曲げ強度と等価幅厚比 R_b の関係

Nobuo NISHIMURA, Nobuhiro YOSHIDA, Shoichi TAKEUCHI

4. 局部座屈を考慮した箱形断面はり-柱部材の設計式

Roikら³⁾が与えた軸圧縮力と1軸曲げを受ける、はり・柱部材の相関強度式を基本として、局部座屈の効果を導入する。

$$\frac{N}{N_y} + \frac{M + N w_0}{M_p} \frac{1}{1 - \bar{\lambda}^2 N / N_y} = f \quad (3)$$

ここに、

$$w_0 = \frac{(1 - \kappa)(1 - \kappa \bar{\lambda}^2)}{\kappa} \frac{M_p}{N_y}$$

κ : 局部座屈を含まない柱強度(ECCS b 曲線)

f : 局部座屈による強度の低減係数

西村ら⁴⁾が導入した柱を対象とした場合の局部座屈による低減係数をはり-柱の場合に適用するために、純曲げ ($N = 0$)、及び短柱 ($\bar{\lambda} \leq 0.2$) の場合に、局部座屈による低減に、部材長に關係した $\bar{\lambda}$ が關係なく低減係数 f が、単一板の圧縮強度に一致するように修正する。

$$f = \{1 - 0.5(R^* - 0.5)\}^{-1/\alpha} \quad (4)$$

$$\alpha = 0.625 \bar{\lambda} + 0.375 + 0.5 \left(1 - \frac{0.625 \bar{\lambda} + 0.375}{0.5}\right) \frac{1}{1 + 0.21 c} \quad (5)$$

$$R^* = R_0 + R_b \left(1 - \frac{R_0}{R_b}\right) \frac{1}{1 + 0.405 c} \quad (6)$$

R_0 : 中井ら¹⁾の純圧縮に対する等価幅厚比パラメータ

5. 相関式の適合性 任意の軸力 N とモーメント M の組合わせ状態について式(3)の適合性を照査しておく必要がある。そこで、表-1の4種類のモデルについて、式(3)より求められる軸力、曲げモーメントの相関関係と極限強度解析結果とを比較したのが図-4である。式(3)による相関強度曲線は、解析結果と良好に対応している。

6. 現行基準との比較 提案式と現行の設計基準との比較を図-5に示す、設計基準としては日本道路橋示方書, BS5400, SIA そしてAISCを対象とした。結果をみると、BS5400と日本道路橋示方書は総じて比較的低い強度を示す。一方, SIAと提案式は近い強度を与える。また, AISCは平均値強度であるので直接比較できないが、提案式あるいはSIAに近い強度を与えていると考えられる。

表-1 結合解析モデルの諸元

Model	b	t _f	h	t _w	l	$\bar{\lambda}$	R ₀
(単位)	cm	cm	cm	cm	cm		
C1013	55.00	0.752	55.00	0.752	2134	1.023	1.300
C0813	55.00	0.752	55.00	0.752	1740	0.834	1.300
C0911	55.00	0.889	55.00	0.889	1740	0.834	1.100
C0709	45.00	0.889	45.00	0.889	1137	0.666	0.900

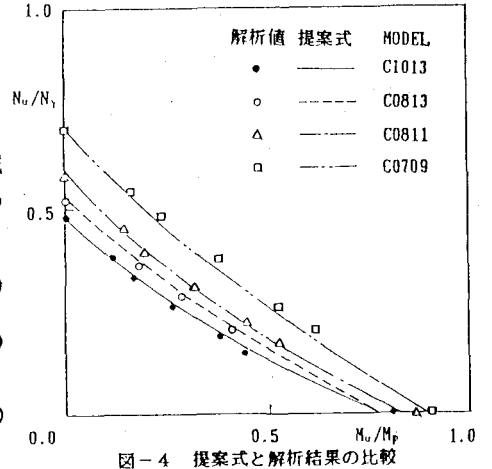


図-4 提案式と解析結果の比較

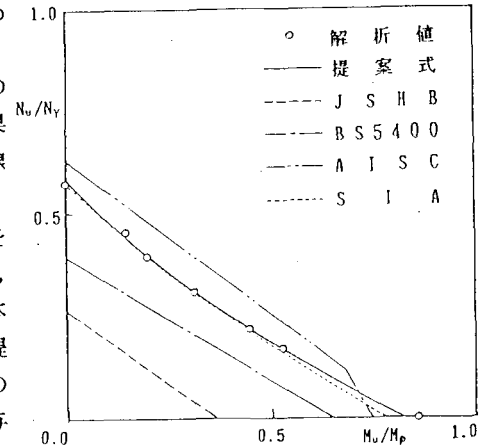


図-5 提案式と現行設計基準の比較

- 1) Nakai, H., Kitada, T. and Miki, T.: Proc. JSCE, Structural Eng./Earthquake Eng., Vol. 2, No. 1 1985.
- 2) Roik, K. and Kindmann, R.: 3rd Int. Colloquium on Stability of Metal Structures, Paris, 1983.
- 3) Nassar, G.: Stahlbau, 10/1965
- 4) 西村宣男ら: 構造工学論文集, Vol. 33A, 1987.