

I-43

H形断面ばりの座屈後変形能に関する一考察

立命館大学大学院 学生会員 渡邊 剛
 富士車輛(株) 正会員 山崎栄一
 立命館大学理工学部 正会員 伊藤 満

1. はじめに

オートストレス設計法(Autostress Design Procedure)の中に用いられている有効塑性モーメント M_{pe} は、鋼板の幅厚比がAISCのplastic基準($b_f/2t_f \leq 7\sqrt{50/F_y}$ 、 $D_w/t_w \leq 391.4/\sqrt{F_y}$)に等しいとき、実際の塑性モーメント M_p に等しく、幅厚比がそれ以上に増加するにつれ実際の塑性モーメント以下に減少していくというものである。AASHTO Guide Spec.¹⁾では、鋼板の幅厚比がCompact基準($b_f/2t_f \leq 65/\sqrt{F_y}$ 、 $2D_{cp}/t_w \leq 608/\sqrt{F_y}$)内であれば、その有効塑性モーメント断面は十分な回転容量を有するとしている。しかしこの判断は、過去の実験データから最大荷重後の曲げモーメント-回転角($M-\theta$)曲線を経験的に定め、それに基づいて行われたものである。もし実際の桁の $M-\theta$ 曲線が最大荷重後も予測可能ならば、連続中間支点上の有効塑性モーメント M_{pe} に対する実際の塑性回転容量 R_p を推定することができ、中間支点上の回転容量に対してより明確な安全性を確保できる。本研究は、前年度供試体載荷実験データを基に、H形断面ばりの座屈後の変形状を把握し、はりの曲げモーメント-回転角予測曲線について考察を加えたものである。

2. 曲げモーメント-回転角予測曲線

参考文献²⁾より曲げモーメント-曲率曲線を図-1のように仮定する。

$$M/M_p = \phi / \phi_p \quad (0 \leq \phi / \phi_p \leq 1.0): OA間$$

$$M/M_p = 1.0 \quad (1.0 < \phi / \phi_p \leq n): AB間$$

$$M/M_p = 1.0 + (\phi / \phi_p - n)/S$$

$$(n < \phi / \phi_p \leq n+S(m_0-1)): BC間$$

$$M/M_p = m_0 + K \{n+S(m_0-1) - \phi / \phi_p\}$$

$$(n+S(m_0-1) < \phi / \phi_p): CD間 \quad \dots(1)$$

ここに、 $\phi_y = 2\varepsilon_y/D$ 、 $\phi_p = f\varepsilon_y$ 、 $\lambda = \varepsilon_{st}/\varepsilon_y$ 、

$$n = \lambda/f, \quad S = E/E_{st}, \quad m_0 = M_{max}/M_p = 1/(1-L_p/L)$$

はりの塑性領域長 L_p は文献³⁾より次式によって求める。 $l_p = L_p/L$ とすると、

$$\left(\frac{b}{t_f}\right)^2 = \frac{6 \left\{ \frac{G_{st}}{E_{st}} \right\}}{\left[1.5 \varepsilon_y - \left(\frac{\pi t_f}{L_p} \right)^2 \right]}$$

$$\varepsilon_b = \varepsilon_y \left(\lambda + \frac{0.5 S l_p}{1 - l_p} \right) \quad \dots(2)$$

(D:全けた高, f:形状係数, ε_y :降伏ひずみ, ε_{st} :ひずみ硬化開始ひずみ, E:ヤング係数, E_{st} :ひずみ硬化係数, L_p :塑性領域長, L:半スパン長, K:ひずみ軟化領域における勾配, b:フランジ幅, t_f :フランジ厚, G_{st} :塑性域におけるせん断弾性係数, ε_b :フランジ局部座屈時ひずみ)

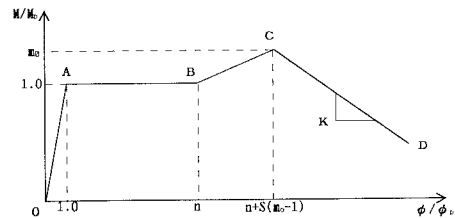


図-1 仮定曲げモーメント-曲率曲線

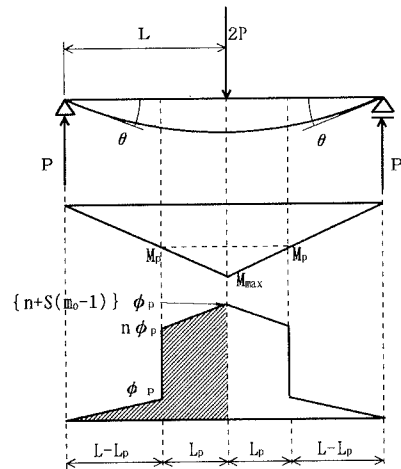


図-2 最大荷重時の $M-\theta$, $M-\phi$ 関係

図-2は最大荷重時の $M-\theta$ 、 $M-\phi$ 関係であり、この図より、 $M/M_p = \theta/\theta_p = 1$ から最大モーメント M_{max} までの回転容量 R_m は、

$$R_m = \{(2n-1)(1-l_p) + Sl_p\} l_p / (1-l_p) \cdots (3)$$

また、最大荷重後の $M-\theta$ 、 $M-\phi$ 関係は図-3のようになる。 $M/M_p = \theta/\theta_p = 1$ からひずみ軟化領域内における $M/M_p = 1$ 点までの回転容量 R_p は、

$$R_p = R_m + l_p(1-l_p)/K + l_p / \{K(1-l_p)\} \cdots (4)$$

以上より、座標 $(0, 0)$ 、 $(1, 1)$ 、 (R_m+1, m_0) 、 $(R_p+1, 1)$ を直線で結ぶことによって、無次元化した曲げモーメント-塑性回転角 $(M/M_p - \theta/\theta_p)$ 予測曲線を導くことができる。

3. 実験結果との比較

実験によって得られた曲げモーメント-回転角曲線（無次元）と、前述による曲げモーメント-回転角予測曲線を重ね合わせたものが図-4である（文献²⁾より K はいずれも $1/50$ とした）。供試体E-1, E-2, E-3, E-4は、フランジ幅厚比を一定 $(b/t_f=17)$ とし、ウェブ幅厚比 D/t_w をそれぞれ65, 75, 85, 95と変化させたものである。有効塑性モーメント M_p 上において、E-1, E-2, E-3は実測値と予測値にあまり差がなく、予測曲線に使用されている各式（特に R_p 式）は評価できと思われる。供試体E-4は、実測ウェブ幅厚比 D/t_w がAASHTO Guide Spec. のCompact基準を超えたため、Guide Spec. で保証されている回転容量 $R_p=0.063$ (rads)を満たしていない（図-5参照）。図-4より今回の予測曲線は、E-4を除いて実験値による曲げモーメント-回転角曲線とほぼ同様な履歴となっている。

4. あとがき

文献²⁾を参考にして作成した曲げモーメント-回転角予想曲線を用いて、ウェブ幅厚比の異なる94年度の4供試体について検討を行った。今後はこの予測曲線を改善し、ウェブ幅厚比がGuide Spec. のCompact基準以上となった場合でも使用可能な予想曲線を作成していく予定である。

参考文献

- 1) AASHTO: "Guide Specification for Alternate Load Factor Design Procedures for Steel Beam Bridges Using Braced Compact Sections", Washington D. C., 1986
- 2) 浦 克弘: "フランジ局部屈曲後の変形性状に関する実験的研究", 立命館大学修士論文, 平成6年2月
- 3) A. R. Kemp: "Interaction of Plastic Local and Lateral Buckling", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 111, No. 10, October, 1985, pp. 2181-2196

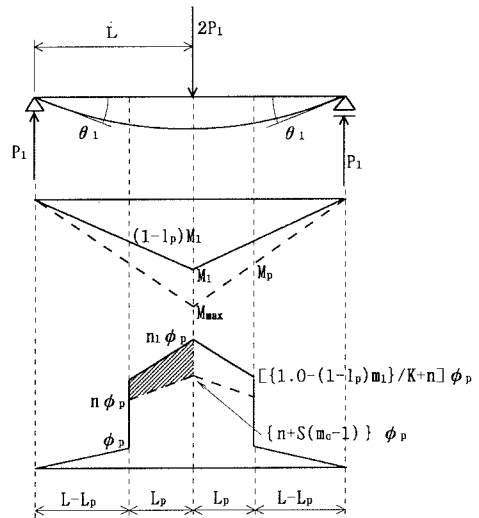


図-3 最大荷重後の $M-\theta$ 、 $M-\phi$ 関係

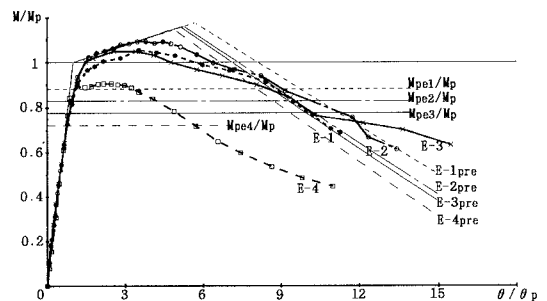


図-4 曲げモーメント-回転角曲線

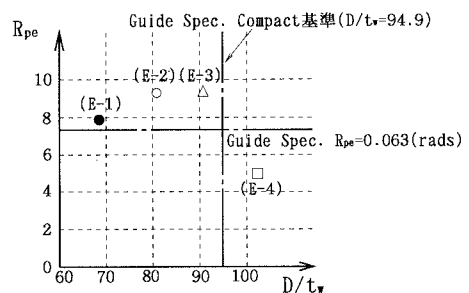


図-5 回転容量-ウェブ幅厚比関係