

石川高専 正員 前川 幸次
 福岡県 正員 加藤 孝
 金沢大学 正員 吉田 博

1. まえがき

従来, はりの横倒し安定性の指標として, 固有値として得られるはりの横倒し座屈荷重が用いられてきた。しかし, 近年, 有限変位理論を用い, はりの初期変形を考慮し, 曲線はりとしたもの, 真直はりには荷重が偏心して作用するもの, 真直はりには鉛直荷重と小さい水平荷重が作用するもの等の耐荷力を計算して横倒し安定性の指標として用いられるようになってきた。本研究はこれらの関連性について検討する。

2. 解析の仮定

1) 初期変形は円曲線で表わす。2) 材料のひずみ関係は完全弾塑性体とし, 本計算では $\sigma_y = 2550 \text{ kg/cm}^2$ とした。3) 残留応力は図-3のような圧延成形型(A), 溶接組立型(B), (C)について検討した。4) 荷重条件は, 図-4の3種類(Ⅰ: 直線はりに偏心荷重, Ⅱ: 曲線はりに鉛直荷重, Ⅲ: 直線はりに鉛直および水平荷重)としいずれも上フランジ上に載荷され, はりは両端で単純支持されている。5) 曲げ, および曲げねじり剛性は接線剛性理論に従い, St. Venant のねじり剛性は塑性流れ理論に従った。6) 横断面を図-2のように微小要素に分割し, 要素の図心における軸方向応力を格間の状態量ベクトルから計算して降伏判定を行い有効断面を算定する。7) 6)で求まった有効断面は, 格間において一定である。

等断面はりに対する格間伝達マトリックス, 格点伝達マトリックスについては, 通常の有限変形解析に用いられているものと同じである。¹⁾ 格点で断面変化(有効断面の増減)する場合, 格点伝達マトリックスを次のように留意して求めた。

i) 図心のずれに対する修正。ii) 主軸方向の変化に対する修正。iii) 断面に降伏部分が生じたときの修正(図-1) 図-1は有効(未降伏)断面に, 断面の降伏部分が受け持つ軸力 $\Delta H = -\sigma_y \Delta F_0$ を逆方向に外力として作用させることを示している。図5~8においては残留応力分布を(R.S.P.), 荷重条件を(L.C.)で略記した。また縦軸は耐荷力 P_{cr} と直線はりの飽和荷重 $P_u (=4\pi\sigma_y/L)$ の比であり, 横軸は次式で表わせる $\bar{\lambda}$ を用いた。

$$\bar{\lambda} = \sqrt{M_p / \alpha M_{equ}} \quad (\alpha = 1.35)$$

$$M_{equ} = \frac{\pi^2}{L^2} \sqrt{EI_z GJ \left(1 + \frac{\pi^2 EI_\omega}{GJ L^2}\right) / \left(1 - \frac{I_x}{I_y}\right)}$$

3. 計算結果

図-5, 6, 7から次のことが言える。残留応力分布(A), (C)の場合, 残留応力が存在することによる耐荷力の低下は, 偏心荷重($e = L/1000$)のときは, わずかであるが, $e = 0.0$ のときは $\bar{\lambda}$ の小さい範囲で著しい。一方, (B)の場合は, $e = 0.0$, $e = L/1000$ とともに残留応力の影響は大きく, $\bar{\lambda}$ が 0.8 以下で特に耐荷力が低下する。また, 偏心($e = L/1000$)と無偏心($e = 0.0$)載荷における耐荷力の差の割合は, 残留応力分布(A), (B), (C)いずれの場合も $\bar{\lambda}$ の大きい範囲で大きくなる。図-8は残留応力分布(A)について, 載荷条件による耐荷力の比較を行なったものである。 $\bar{\lambda} < 0.7$ では ① $e = L/1000$, ② $f = L/1000$, ③ $f = L/500$ の耐荷力は, 直線はり無偏心(④ $e = 0.0$)の場合とあまり差はないが, $\bar{\lambda} > 0.7$ では差が生ずる。鉛直荷重 P と水平荷重 αP が作用する⑤の場合, 他の場合に比べて耐荷力は低下し, $\bar{\lambda}$ の小さい範囲で著しい。本計算結果は, $W8 \times 31$ 断面を用いたものであるが, 他の断面についても検討を行なったので, 当日発表の予定である。

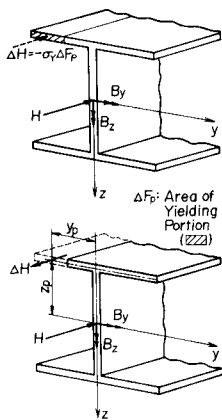


図-1

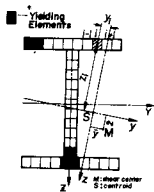


図-2

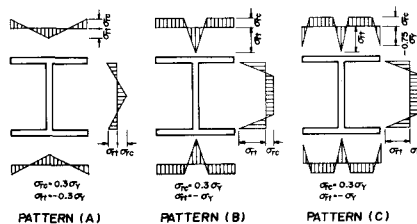


図-3 RESIDUAL-STRESS PATTERN (R.S.P.)

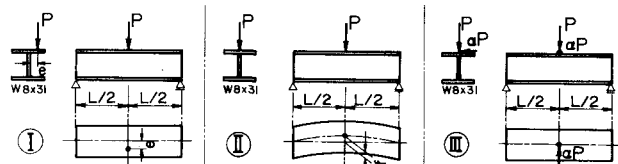


図-4 LOADING CONDITION (L.C.)

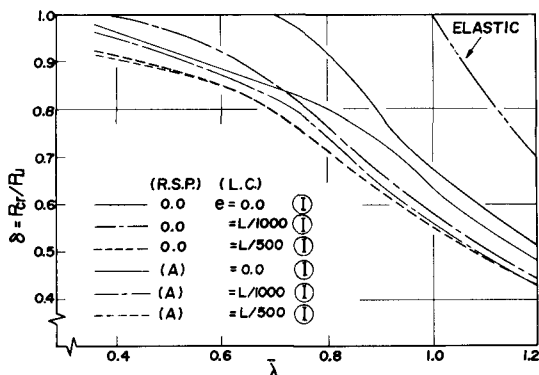


図-5

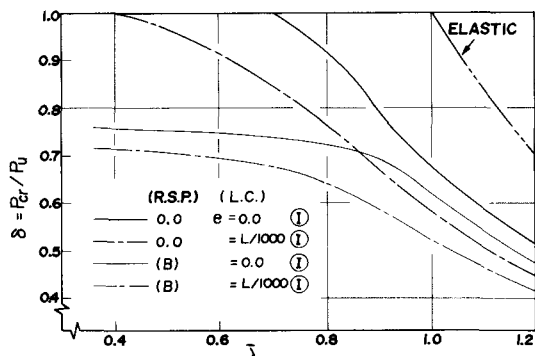


図-6

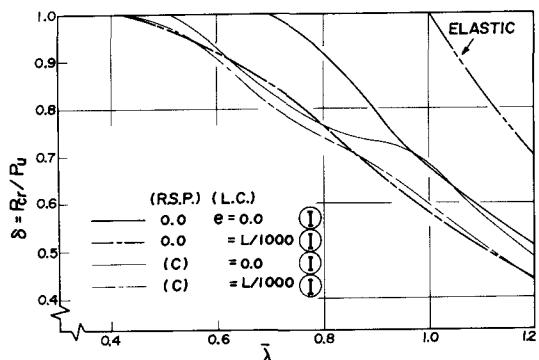


図-7

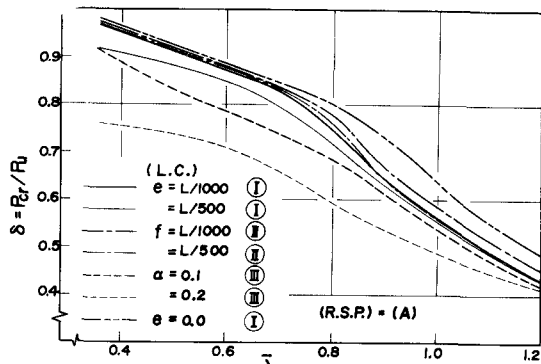


図-8

*参考文献 1) 遠田良喜:伝達マトリックス法による薄肉開断面曲線(り)の有限変位理論解析, 土木学会論文報告集, 第199号. 2) Becker, G.: Ein Beitrag zur statischen Berechnung beliebig gelagerter ebener gekrümmter Stäbe mit einfach symmetrischen dünnwandigen offenen Profilen von in Stabachse veränderlichen Querschnitt unter Berücksichtigung der Wolkrafttorsion, Der Stahlbau, 35, 1965