

変断面I形はりの横座屈強度とその評価について

名城大学 正 員 久 保 全 弘

名城大学 学生員 渡 会 竜 二

1. まえがき

はりのスパン方向に曲げモーメント分布が変化する場合には、変断面部材とすれば材料の節約がえられるけれども、断面剛性の低下を伴うため、横座屈崩壊に対する検討がより重要になる。これまでの研究成果から、断面変化による座屈強度低下の性状はわかり解明されてきたが、実用設計に適用する上での簡便式の検討はいまだ不十分である。本報告では両端単純支持の変断面I形はりの弾性横座屈解析を行い、座屈強度特性とその概算法について述べる。

2. 解析手法

変断面はりでは、その断面構成によって図心やせん断中心が材長方向に必ずしも一致しないので、ここでは、断面の任意軸の曲げねじれ変形を表現した基本式をもとに有限要素解析を行った。断面剛性と断面力の評価は要素の両端面上で行い、要素内では直線変化するものとした。図-1は要素分割数による解の収束性を調べたものである。等断面はりでは4等分割でも十分な解がえられているのに対し、変断面はりでは10等分割以上とる必要があることがわかる。したがって、本数値解析では16等分割を用いた。

3. テーパーはりの座屈強度特性

変断面構成には板厚のテーパーも考えられるが、これは実際的でないのを除き、腹板高さ(h)とフランジ幅(b)が直線的に変化するテーパーを解析の対象とした。なお、計算に用いたI形断面の基準断面はH-200×100×5.5×8、H-600×200×11×17の2種類である。

図-2は等曲げ($\beta=1.0$)と不等曲げ($\beta=0.0$)を受けるはりの座屈強度を示したものである。縦軸には最大断面で等断面としたときの等曲げモーメントによる座屈強度 M_{cr0} で無次元化した値 C_m をとり、横軸には最大断面に対する最小断面の寸法比; テーパー比 γ (腹板高さ), γ_b (フランジ幅)をとっている。座屈強度は γ の増大とともに比較的直線性をもって低下している。強度低下の割合には上フランジ幅の変化が一番大きく影響し、下フランジ幅のみが変化する場合には小さいことがわかる。図-3はスパン中央の最大断面から、両端方向に対称にテーパーしたはり中央集中荷重が作用した場合の座屈強度を表わす。図中 K は、中央断面における図心載

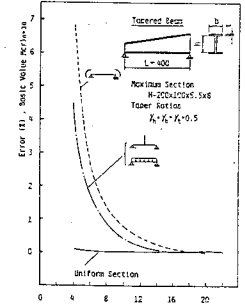


Fig-1

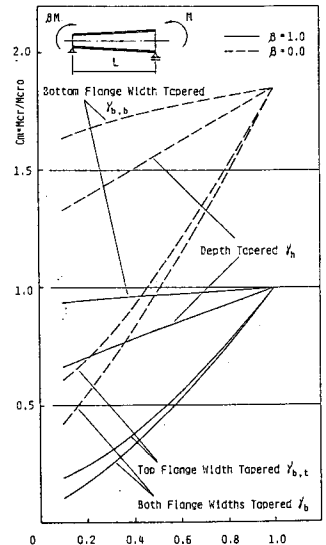


Fig-2

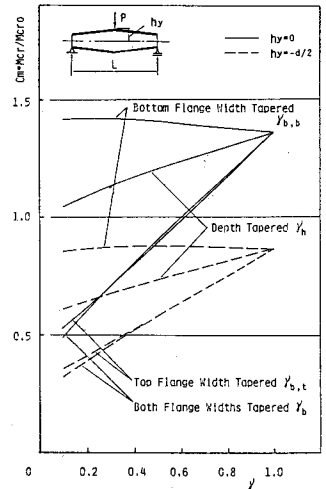


Fig-3

荷 ($ky=0$) を実線で、上フランジ載荷 ($ky=-d/2$) を破線でそれぞれ示してある。荷重の作用高さの違いによる強度性状はほぼ同じ傾向であり、この場合にも上フランジ幅の変化が一番大きく影響している。下フランジのみが変化する場合には、せん断中ばが上フランジ側に移動するため、多少の強度増加を生じている。なお、等分布荷重が作用する場合も図-3と同様の座屈強度特性がえられた。

4. 座屈強度の概算法

テーパーバリの弾性横座屈強度を荷重状態にあまり限定されずに近似的に求める方法を検討する。 $M_{cr} = C_m M_{cr0}$ ——— (1)

ここに、 M_{cr0} は最大断面で等断面としたときの等曲げモーメントを受けるばりの座屈強度。図-2.3に示したように、式(1)で座屈強度を整理すると、荷重条件に対して統一的表现ができれば、次のように表わす。

$$M_{cr} = C_r M_{cr1} \quad \text{————— (2)}$$

ここに、 C_r は変断面形式による決まる係数。 M_{cr1} は最大断面で等断面としたときの実際の荷重状態を受けるばりの座屈強度であり、荷重の作用高さ ky を考慮した次式を用いる。

$$M_{cr} = C_r \frac{\pi^2 EI_y}{L^2} \left[C_2 ky + \sqrt{(C_2 ky)^2 + \frac{I_w}{I_y} \left(1 + \frac{L^2 GJ}{\pi^2 EI_w} \right)} \right] \quad \text{————— (3)}$$

図-4は腹板高さが変化するテーパーバリの端モーメント ($\beta=1.0 \sim 0.0$) が作用したときの変断面係数 C_r を調べたものである。式(3)のモーメント修正係数には $C_1 = 1.75 - 1.05\beta + 0.3\beta^2 \geq 2.56$ が用いてある。計算では、H-200とH-600の2種類の断面形に対してそれぞれパラメータを $\kappa = L/\sqrt{GJ/EI_w} = 1.0, 1.5$ と変えて求めたが、図に示す範囲でよくまとまる。座屈強度の下限を与えるものとして $C_r = 0.6 + 0.4\beta$ はいいが $C_r = 1/(1.75 - 1.05\beta + 0.3\beta^2)$ がえられ、腹板高さ $b_h = B$ となるように変化する場合には、式(1)にて $C_m = C_r C_1 = 1$ として取り扱える。

図-5は上下フランジともに変化する場合であり、 $C_r = 0.6\beta_b + 0.4\beta_t$ がえられる。図-6は腹板高さが変化するばりに中央集中荷重が図におさび上フランジ載荷したときの C_r を表わす。式(3)にて $C_1 = 1.366$ $C_2 = 0.554$ を用いば荷重の作用高さの相違にも対応できる。この場合にも下限を与えるものとして $C_r = 0.6 + 0.4\beta$ がえられる。図-7は上下フランジともに変化する場合であり、 $C_r = 0.2 + 0.8\beta$ がえられる。等分布荷重を受けるテーパーバリについても図-6、図-7と同様の結果がえられた。

5. あとがき 現在、片持テーパーバリ、スチップバリについても同様の検討を行っている。

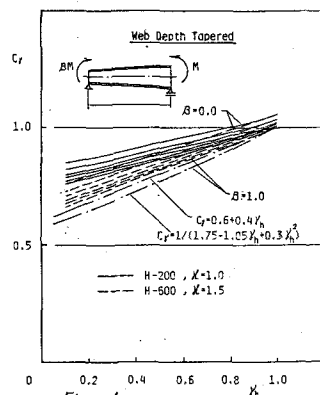


Fig. 4

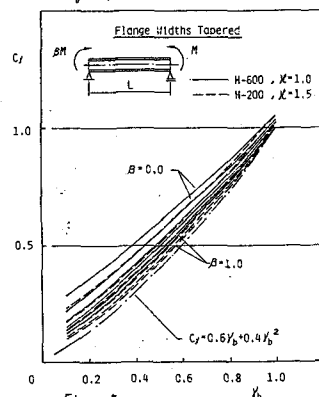


Fig. 5

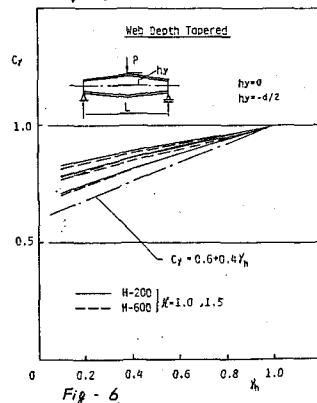


Fig. 6

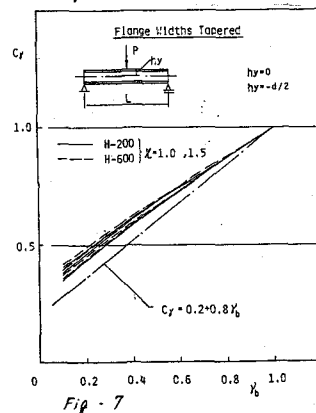


Fig. 7