

I-62

組合せ荷重を受ける変断面I型部材の終局強度の統計学的評価

パンフィックコンサルタンツ(株) 正会員 新田 勲
 関西大学工学部 正会員 米澤 博
 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. まえがき 鋼構造部材として用いられるはり一柱に作用する曲げモーメントが部材軸方向に変化する場、その変化に応じて断面形状の異なる変断面部材がしばしば用いられる。これらの部材には製作時に不可避的な初期不整が生じるが、その大きさは部材の断面形状や製作工程によってかなり異なり、かつばらつく。初期不整のばらつきを統計学的に評価し、それが等断面部材の終局強度に及ぼす影響を明らかにした研究はなされているが¹⁾、変断面部材の終局強度を統計学的に評価した研究はみあたらない。ここでは初期不整のばらつきを考慮し、圧縮力と両端で大きさの異なる曲げモーメントを受ける2軸対称の変断面I型はり一柱の横ねじり座屈の極限強度を統計学的に評価する。

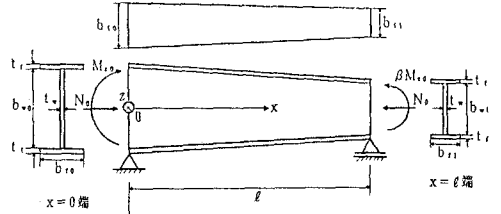


図-1

2. 解析モデル 図-1に示すような長さ l 、フランジ厚 t_f 、腹板厚 t_w で、腹板高が左端から右端へ b_{w0} から b_{w1} 、フランジ幅が b_{f0} から b_{f1} へと直線的に変化するテーパつきI型部材(以後、 $\alpha_w = b_{w1}/b_{w0}$ 、 $\alpha_f = b_{f1}/b_{f0}$ をテーパ比と呼ぶ)に圧縮力 N と両端で大きさの異なる強軸まわりの曲げモーメント M_{e0} と βM_{e0} が作用する場合の終局強度を理論的に明らかにする。ただし初期不整として、半波の正弦波の水平方向初期たわみと、図-2のようなフランジの端部が機械切断された場合の残留応力を仮定する。

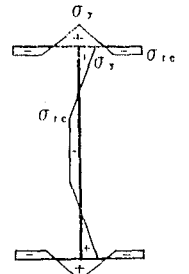


図-2

3. 解析法とその手順 はり一柱の終局強度を統計学的に評価する場合、多数の組合せの初期不整に対してその都度、幾何学的・材料的非線形性を考慮した変断面部材の基礎式を用いて複合非線形解析し、部材の終局強度を定めてもよいが、莫大な演算時間を要する。ここでは限られた初期たわみと残留応力の組合せに対して予め差分法で部材を弾塑性有限変位解析し²⁾、その強度を求めておく。次に、実測データをもとに作成された初期たわみ(図-3)と残留応力(図-4)の分布モデル³⁾を利用し、モンテカルロ法で多数の初期たわみと残留応力の組合せを発生させる。これらの初期たわみと残留応力の任意の組合せに対する終局強度を限られた初期不整に対して先に求められた終局強度を用いてラグランジェの補間法で推定する。以上の計算手順を図-5に示す。

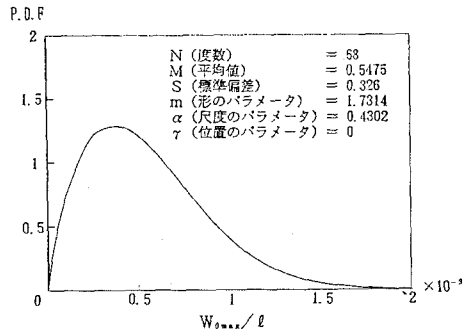


図-3

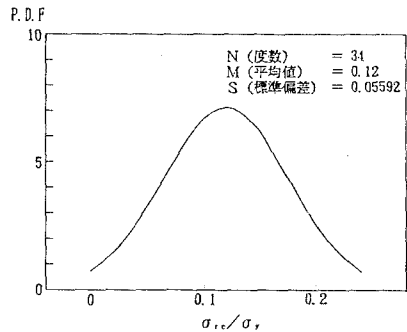


図-4

4. 数値解析結果 ラグランジェの補間法で推定される変断面I型部材の終局強度の精度を検討した

結果, 補間法によって求められた強度は弾塑性有限変位解析によって得られる終局強度と極めてよく一致し, 解法の妥当性を検証することができた。

本解析結果の妥当性を検討するため, 圧縮力と等曲げを受ける等断面はり一柱を対象に, 本数値解を西村ら¹⁾の解析結果と比較する。圧縮力と曲げを受ける等断面部材の終局強度相関曲線を描けば図-6を得る。ここに, 縦軸と横軸はそれぞれ圧縮力と曲げが同時に作用した場合の終局強度を全塑性軸力 N_{p0} あるいは全塑性曲げモーメント M_{p0} で除した値を示す。ただし, 修正細長比 $\lambda_y (= \ell / \pi \times \sqrt{\sigma_y})$,

A_0 / EI_{y0} , A_0 は断面積, I_{y0} は断面2次モーメント, σ_y は降伏点応力, E はヤング率) = 1.2 の場合である。図中, ●と○はそれぞれ本解析によって求められた終局強度のばらつきのある平均値(M)と下限値(M-2S)を, 外側と内側の2本の実線はそれぞれ西村らの平均値と下限値を示す。図から明らか

かなように, 縦軸あるいは横軸で示される圧縮力あるいは曲げのみが作用する部材の終局強度を除いて, 圧縮と曲げが同時に作用する部材の本終局強度の平均値(M, ●)と下限値(M-2S, ○)は, 実線で示される西村らの平均値と下限値曲線によく一致する。

つぎに, 図-6の縦軸と横軸をそれぞれ圧縮力のみが作用する柱の終局圧縮強度 N_{p0} , 曲げモーメントのみが作用するはりの終局曲げ強度 M_{p0} で無次元化し図示すれば図-7を得る。図中, 一点鎖線と破線はそれぞれ道路橋示方書とEUROCODE3のはり一柱の終局強度相関曲線を示す。図から明らかのように, 本解析による終局強度の平均値と下限値は西村らによって得られた終局強度の平均値と下限値の相関曲線とよく一致し, いずれの曲線も外側に凸の曲線で与えられる。

腹板とフランジのテーパ比がともに $\alpha_w = \alpha_f = 0.75$ の変断面はり一柱に圧縮力と両端のモーメントの比 $\beta = 0.75$ の曲げモーメントが作用する場合, 終局強度の相関曲線を $\lambda_y = 0.8$ と1.2の場合に対して図示すれば図-8と9を得る。ただし, 外側と内側の2本の曲線はそれぞれ平均値(M, ●)と下限値(M-2S, ○)を示す。これらの図から明らかのように, 圧縮力がより強く働く部材の方が曲げモーメントの作用が大きい部材に比べて修正細長比 λ_y の増加とともに終局強度の低下が著しい。

なお, 他の計算結果は講演会当日述べる。

参考文献 1)西村ら:土木学会論文集, No. 416, pp. 357-364, 1990-4. 2)泉谷・米澤・堂垣:組合せ荷重を受ける変断面I型部材の弾塑性有限変位解析, 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集, I-91, 1991-9. 3)福本啓士編:座屈設計ガイドライン, 土木学会, 1987-10.

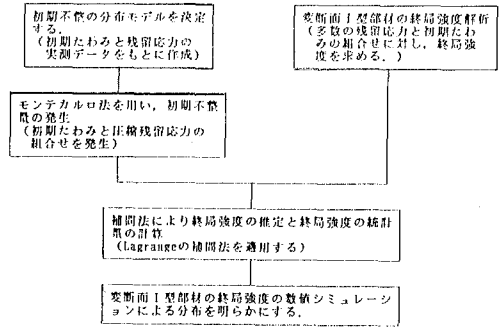


図-5

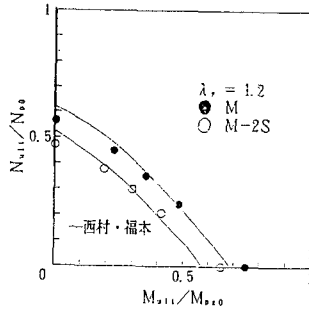


図-6

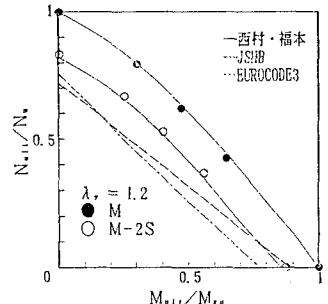


図-7

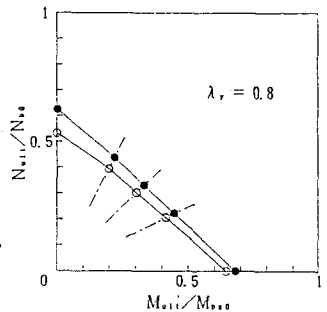


図-8

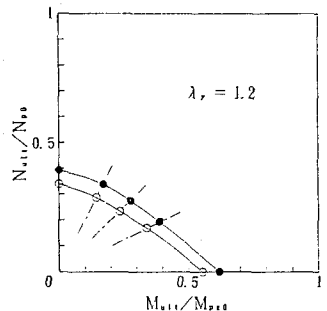


図-9