

1. まえがき 鋼構造物を構成する柱、はり、はり一柱の極限強度に関する研究は古くから行われ、詳細な検討がなされてきた。その結果、世界各国、特に欧米では限界状態を基準とし、確率論的手法に基づいた設計思想のもとに設計示方書が改訂されている。限界状態設計法では終局限界状態

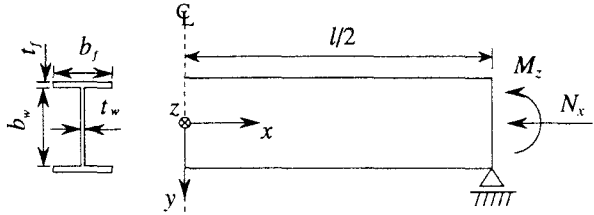


図-1

と使用限界状態を想定し、構造物は両者の限界状態を満足するように設計される。このうち、終局限界状態としては構造物の耐力力が基準となるため、構造物の真の抵抗強度が重要となる。一般に、はり一柱部材には製作時に材料特性や初期不整などの不確定因子が数多く含まれる。そのうち、材料強度のばらつきは終局強度に及ぼす最も大きな変動要因とされている。そのため、材料強度のばらつきを考慮した抵抗強度の検討が必要である。そこで、降伏点応力のばらつきをMonte Carlo法で多数発生させ、これら任意の降伏点応力のはり一柱の終局強度をLagrangeの補間法で推定し、その強度の分散を統計学的に評価する。

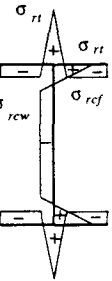


図-2

2. 解析モデル 図-1に示す部材長が $l$ 、腹板の幅と厚さが $b_w, t_w$ 、フランジの幅と厚さが $b_f, t_f$ の鋼 I 形部材を対象に、圧縮力 $N_x$ 、強軸まわりの曲げモーメント $M_z$ が同時に作用する場合の幾何学的・材料的非線形挙動を明らかにする。ただし、製作時に不可避免的に生じる初期不整を考慮し、部材には半波の正弦波に分布する水平方向の初期たわみ $w_0$ 、部材軸まわりの初期ねじり $\phi_0$ 、および図-2に示される残留応力が存在するものと仮定した。

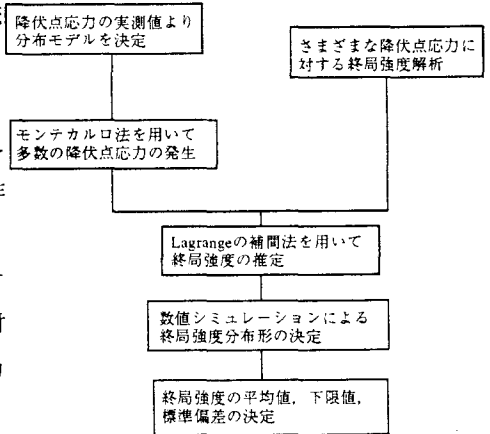


図-3

3. 解析法とその手順 図-3に示す解析手順に従い、降伏点応力のばらつきを考慮した I 形部材の終局強度を数値シミュレーションにより明らかにする。まずはじめに過去に実測された降伏点応力の実測データを参照し、それを精度よく近似した降伏点応力の分布モデルを作成する(図-4)。つぎに、Monte Carlo法で発生させた多数の乱数をその分布モデルに適用し、不確定量である降伏点応力を多数作成する。またこれとは別に、さまざまな降伏点応力を確定論的に与え、それに対応した終局強度を弾塑性有限変位解析から求める。その結果、与えられた降伏点応力のもとでの終局強度が

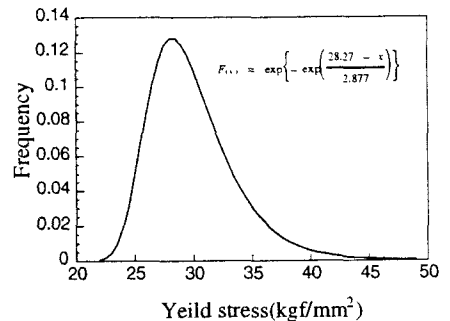


図-4

求められる。以上の結果を利用すれば、Mont Carlo法で発生させた降伏点応力に対応する終局強度を確定論的に求められたいくつかの終局強度で補間して求めることができる。なお、組合せ荷重を受けるはり一柱の弾塑性有限変位解析には幾何学的・材料的非線形性を考慮し、LinあるいはMassonnetの弾塑性理論にしたがって導いた基礎式<sup>2)</sup>を用いる。それを差分法で解く。

**4. 数値解析結果** Lagrangeの補間法で推定されたI形断面部材の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、解法の妥当性を検討することができた。

圧縮力と曲げが同時に作用するはり一柱の終局強度を系統的に評価しようと思えば、基準となる圧縮力のみが作用する柱、および曲げのみが作用するはりの終局強度を知っておく必要がある。圧縮力のみが作用する柱の終局強度曲線を図示すれば、図-5のようになる。縦軸には終局圧縮強度を降伏点応力の公称値、すなわち、 $\sigma_y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ に対応する全塑性軸力で除した無次元量を、横軸には柱の修正細長比を示す。また、曲げのみが作用するはりの終局強度曲線を図示すれば、図-6のようになる。縦軸には終局曲げモーメントを降伏点応力の公称値に対応する全塑性モーメントで除した無次元量を、横軸にははりの細長比を示す。2つの図より明らかなように終局強度の平均値曲線と公称値曲線は細長比の小さい領域でそのばらつきの大きいことが分かる。

圧縮力と曲げが同時に作用するはり一柱の終局強度相関曲線を示すと、図-7、8が得られる。ここに、縦軸と横軸はそれぞれ圧縮力と曲げが作用したときの終局強度を全塑性軸力あるいは全塑性モーメントで除したものを示す。図中の実線および鎖線はそれぞれ、終局強度の平均値と降伏点応力を公称値としたときの終局強度を示す。圧縮力の作用が大きい部材のほう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の増加にともない終局強度の低下が著しいことが分かる。

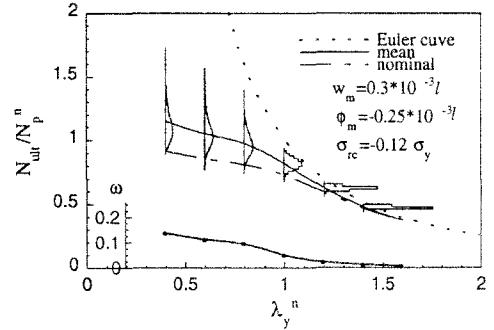


図-5

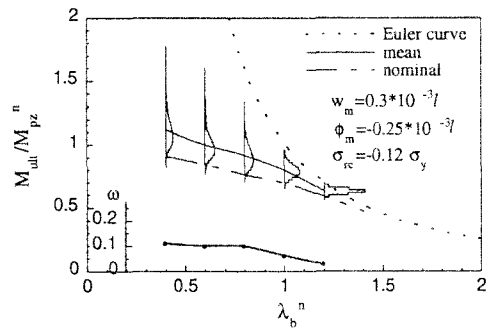


図-6

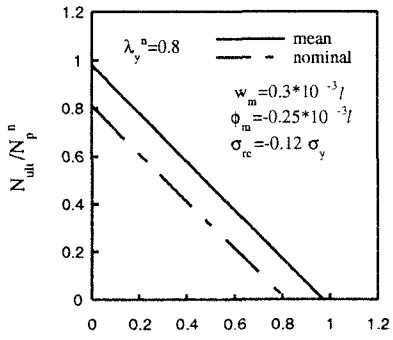


図-7

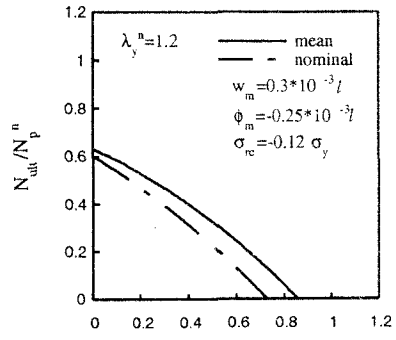


図-8

**参考文献** 1)西村 昭：鋼材の機械的性質のばらつきについて、JSSC, Vol.5, No.38, 1969-5. 2)泉谷 努・米澤 博・堂垣正博：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.