

I-66 骨組構造物の耐荷力照査法に関する一提案

東京鐵骨橋梁製作所 正会員 小林岳彦

東京都立大学 正会員 野上邦栄

1. まえがき 我が国では、座屈に対する安全性の照査を有効座屈長の概念を用いた許容応力度設計法¹⁾が採用されている。しかし、この設計法において重要となる骨組を構成する部材や構造系の耐荷力評価式は、今後予想される複雑な構造形式や多様な荷重、境界条件に対応しようとする時より複雑な評価式となり、その適用には困難を生じる可能性がある。また、設計者から有効座屈長の計算法は、論理的・数値計算的にも不合理性を生じる場合があることを指摘されており、従来の設計法の枠組みにとらわれないより自由な設計法が提言され始めている^{2) 3)}。ここでは、現在の電子計算機の普及を考え合わせて、個々の部材の非弾性特性を考慮できると関数を導入した固有値解析⁴⁾による簡易耐荷力解析法を基礎に、有効座屈長の概念を必要としない簡易な耐荷力照査法を提案している。

2. 耐荷力算出法 接線弾性係数 E_t は素材に固有の値ではなく、部材断面を包括的にみたパラメータであって初期不整や溶接残留応力にも依存するものと仮定し、 E_t とヤング率 E の比を

$$\zeta = E_t / E \quad \dots (1)$$

と置く時、細長比 L/r_c の柱の非弾性座屈荷重は

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E \zeta}{(L/r_c)^2} \quad \dots (2)$$

のように応力表示することができる。いま、任意の部材応力に対する ζ から得られる推定座屈応力と Euler 応力の比 σ_{es}/σ_e は、

$$\frac{\sigma_{es}}{\sigma_e} = \frac{\sigma \text{ における } \zeta}{\text{弾性状態の } \zeta = 1} = \zeta (\sigma / \sigma_y) \quad (3)$$

と与えることができる。ここに、 σ_y は降伏応力。

一方、部材応力と Euler 応力との間には、換算細長比 λ を用いて

$$\frac{\sigma}{\sigma_e} = \lambda^2 \frac{\sigma}{\sigma_y} \quad \dots (4)$$

と表すことができる。したがって、図-1のように同じ図上に式(3)と式(4)の関係を表す曲線を描くものとすると、現実の座屈応力 σ_{cr} は2曲線の交点として得られ、また剛性低下率 ζ も ζ_{min} として得られることになる。

このことから、あらかじめ σ/σ_y 関係(ζ 関数)を適当に設定して置くことができれば、上記の関数を利用して骨組構造全体系の耐荷力を比較的簡略な方法で近似的に求めることが可能になる。具体的にこの考え方を固有値計算に取り組む手順としては、先ず仮想荷重に対して構造物の1次弾性解析を実行し、各部材の軸応力度を求める。この軸応力度から各部材の剛性低下率 ζ を求め、部材の曲げ剛性 $E I \zeta$ を持つものとして固有値解析を行い、得られる解と仮想荷重が一致するまで繰り返し計算をすることにより構造全体系の耐荷力を求める。

3. 解析結果 先ず、骨組構造物の耐荷力解析の具体的計算例として端部が固定の門形ラーメン構造を採り上げて数値計算を行った。はりと柱の剛性比 $\alpha (= I_b L / I_c B) = 1$ における弾性固有値解析、弾塑性有限変位解析⁵⁾、そして ζ 関数として道路橋示方書⁶⁾およびSSRC curve-1⁷⁾の柱の基準耐荷力曲線を用いた場合

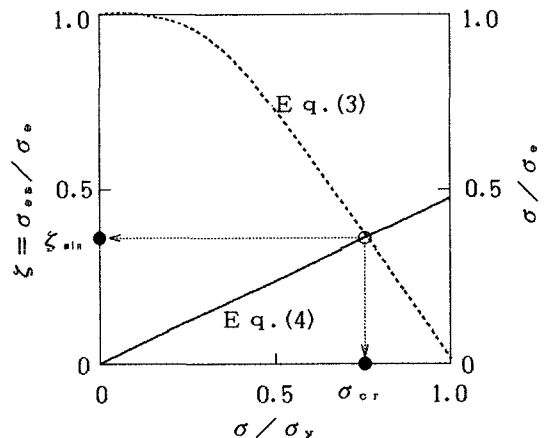


図-1 簡易法の基本的考え方

の本解法の結果を示したのが図-2である。縦軸には降伏応力に対する耐荷力の無次元量、横軸には柱の細長比 L/r_c をとった。道示の関数を用いた本解法による解曲線は、弾塑性有限変位解析結果に比べて最大で10%程度低めの値を与えている。逆にSSRCによる曲線は最大10%程度ほど高めている。

次に、代表的なラーメン構造物として実橋の長大吊橋主塔について解析を行った。図-3は、3層ラーメン構造主塔をとりあげたものである。縦軸には耐荷力の無次元量を、横軸には水平材剛性パラメータ f ($=1$: 実橋) をとっている。図-2同様、弾塑性有限変位解析に比べて本解法による解曲線は道示で低めに、SSRCで高めに現れたが、この条件の場合にはSSRCの曲線を用いた場合の解の精度が大変良い。

図-2、3から明らかなように、本解析法は関数として使用する柱の耐荷力曲線の選択により求められる耐荷力に大きく影響を与えることになり、その適当な選択によって良い精度の解を得ることが可能になる。

4. 簡易耐荷力照査法 以上の結果を踏まえて、骨組構造物の耐荷力照査に近づけた計算方法として、以下のような特徴

- (1) 部材の非弾性特性や初期不整の影響を考慮できると関数を導入している。
- (2) 構造全体系の耐荷力問題を固有値問題の形に置き換えて評価する。
- (3) 有効座屈長の概念を用いる必要がない。
- (4) 変断面を持つ構造全体系の耐荷力照査が可能である。

を持つ実用的な照査法を提案する。その具体的な設計手順は図-4に示すような流れ図に従えば良い。

参考文献 1) 本四公団：吊橋主塔設計要領・同解説、1988
 2) 長谷川・西野：線形化有限変位理論による構造物の設計法の提案、土木学会年次学術講演会、1989 3) 倉方・井垣・長谷川・西野：骨組構造の座屈設計法について、日本道路会議論文集、No.18、1989 4) 伊藤・野上・小林：平面ラーメン構造物の実用的耐荷力算出法について、構造工学における数値解析法シンポジウム論文集、第12巻、JSSC、1988 5) 伊藤・野上・田中：ラーメン形式吊橋主塔の耐荷力解析、構造工学論文集、Vol.34A、1988 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (共通編、鋼橋編)、1990 7) T.V.Galambos: SSRC, Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures, 4th Ed., John Wiley & Sons, 1988

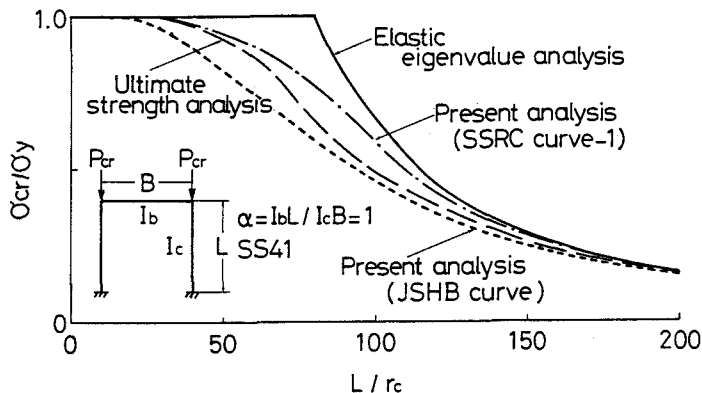


図-2 門形ラーメン構造の耐荷力曲線

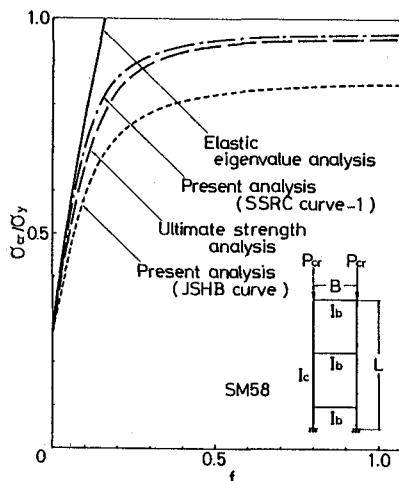


図-3 3層ラーメン構造の耐荷力

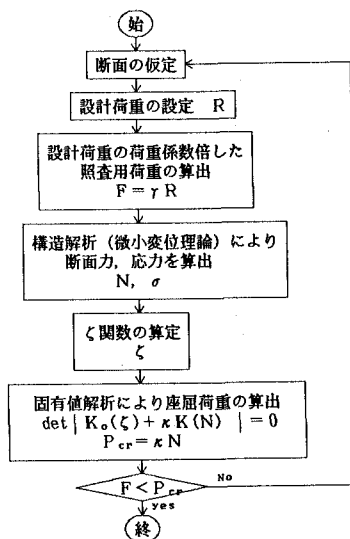


図-4 簡易耐荷力照査手順