

I-98 弾性有限変位解析に基づく設計における 等価初期不整について

東京都立大学 正会員 野上邦栄
熊谷組 正会員 福田悦生

1. まえがき

ラーメン構造物の耐荷力に対する安全性は、ラーメン構造全体の形状、剛性分布の他荷重状態にも依存することを考慮する時、本質的には構造全体として評価されるべきであると考えられるが、道路橋示方書(以後道示と呼称)¹⁾では部材単位の照査により構造全体系の安全性を確保していることは周知のとおりである。

しかし、最近鋼を主たる使用材料とする構造物の比較的たわみの有限性が問題となる鋼構造物に対して、既存の設計法に比べて、有効座屈長を用いないなど大幅に変更した新しい限界状態設計法とも言える弾性有限変位解析に基づく設計法が提案されている²⁾。

ここでは、この設計法において重要な設計因子である等価初期不整について、簡単な柱の面内問題を数値計算例として取り上げて検討している。

2. 弾性有限変位解析に基づく設計

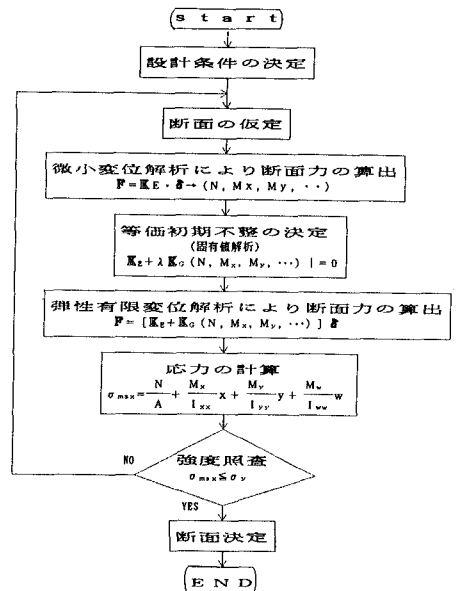
計算機、および構造解析理論の進歩が著しい現状を踏まえ、現在行っている微小変位理論に基づく線形解析より多少高度な計算を設計技術者に要求することにより、設計手順の単純化、合理化を計るよう改善した設計法が、弾性有限変位解析に基づく設計である。具体的には、既存の有効座屈長の概念などの近似的な手法を用いずに、構造解析における弾性有限変位理論による非線形解析を用いること、しかも構造物の耐荷力に影響する初期たわみ、および残留応力などの初期不整を簡単な等価初期不整に置き換えて構造解析に導入することを前提に、得られる設計断面力と設計断面耐力との比較によって構造物の安全性を照査する方法であり、その設計手順の概略の流れ図に示すと表-1のようになる。

3. 等価初期不整の形状・大きさの決定法

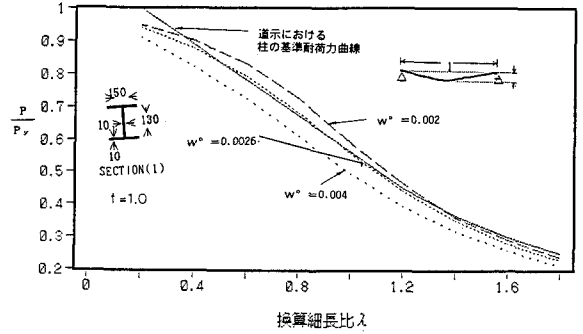
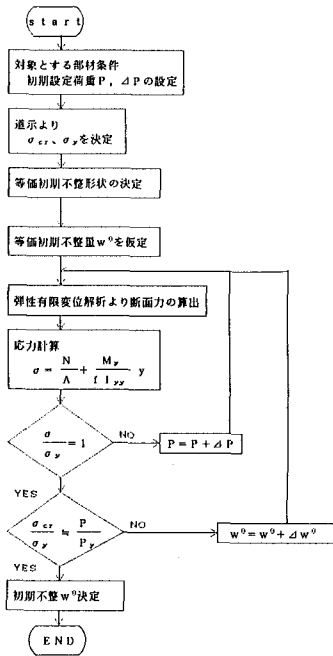
初期たわみ、初期荷重の偏心、および残留応力などの不整要因の相乗作用やバラツキによる骨組構造の終局強度に与える影響を等価な初期不整として全体構造系に導入することは、既存の設計体系において強度を低減することにより考慮している初期不整の影響を、構造解析に等価初期不整を導入して生じる付加曲げモーメントにより表すことを意味している。

この等価初期不整は、初期たわみ量³⁾や等分布横荷重⁴⁾などにより与えることが可能であるが、ここでは等価初期たわみを考えることにする。この場合、初期たわみの形状については、構造全体系の固有値解析を行い、その最小固有値に対する座屈モードに合わせれば良い。また、その大きさは、表-2の手順のように決定すれば良く、仮定した等価初期不整の大きさに対して、作用荷重の基弾性有限変位解析により各断面の応力を求め、その応力が初期降伏応力 σ_y に達するまで荷重を修正し、収束した時の荷重が厳密解としての道示の基準耐荷力曲線 σ_{cr} と一致しない場合、等価初期不整 w^0 を修正し、繰り返し計算を行うことにより決定できる。

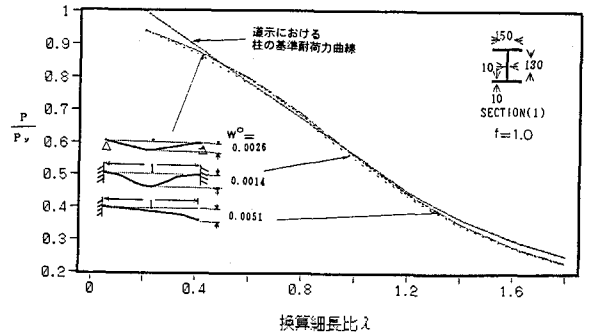
表-1 弾性有限変位解析に基づく設計



表一 等価初期不整量の決定法



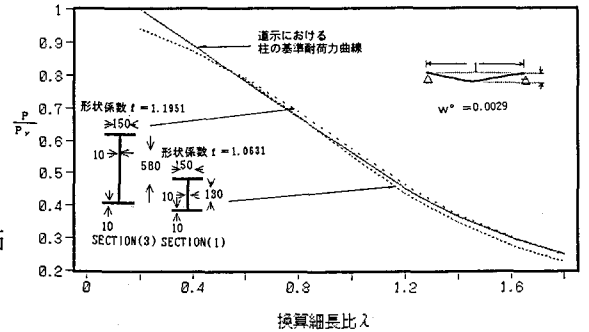
図一 等価初期たわみの変化に伴う耐力曲線



図二 耐力への境界条件の影響

4. 数値計算例

いま、具体的な数値計算例として柱⁴⁾を取り上げる。部材長に対する最大たわみの比で定義した等価初期たわみの大きさ w^0 について計算を行った。まず、断面section(1)に対して、両端ヒンジの柱における等価初期不整の変化に伴う耐力曲線の精度について検討を行った(断面形状 $f=1.0$)。図一から明らかなように $w^0=0.0026$ の等価初期たわみを導入することにより、全体として道示の基準耐力曲線に沿った良い精度の評価を与えている。



図三 形状係数の耐力への影響

次に、図二は境界条件の違いによる耐力への影響を表したものである。各境界条件に対して決定された等価初期不整 w^0 を用いるならば、基準耐力曲線と良い一致を示すことがわかる。

最後に、形状係数 f の影響を考慮した場合の等価初期不整について数値計算した。この場合、両端ヒンジの等価初期不整の大きさは、 $w^0=0.0029$ と決定できた(なお、両端固定の場合 $w^0=0.0015$ 、一端固定他端ヒンジの場合 $w^0=0.0055$)。また、図三に示すように、断面形状の違いにより基準耐力曲線と多少の相違はあるものの良い曲線が得られた。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・解説(共通編、鋼橋編), 1990
- 2) 長谷川彰夫・西野文雄：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, 第44回, 1989
- 3) GAN BUNTARA S., F. NISHINO and E. YAMAGUCHI: A DESIGN PROCEDURE OF STEEL FRAMES BY ELASTIC FINITE DISPLACEMENT ANALYSIS, 土木学会年次学術講演会, 第46回, 1991
- 4) 長谷川彰夫・堀井秀之：固有値解析に基づく有効座屈長を用いた骨組構造物の設計の精度と実務に対する応用, 文部省科学研究費成果報告書, 1988