

I-23

はりの面外等価初期不整について

東京都立大学 正 員 野上邦栄
清水建設 正 員 高木 真
東京都立大学 正 員 成田信之

1. まえがき

骨組構造物の耐荷力に対する安全性は、骨組構造物の形状、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¹⁾(以後道示と呼称)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²⁾³⁾が提案されている。この設計法では等価初期不整が重要な設計因子の一つであり、これまで柱の面内等価初期たわみ量が報告されている⁴⁾。ここでは、はりの面外等価初期不整の大きさに関して検討している。

2. 等価初期不整の決定法

弾性有限変位解析に基づく設計は、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、合理化を計る主旨から提案された設計法である。具体的には、従来、骨組構造物あるいは部材の耐荷力を求める場合に、初期たわみ、初期荷重偏心、および残留応力等の不整要因、施工技術の優劣などの影響を強度の側に有効座屈長や安全率により考慮されているが、新しい方法では、これらの初期不整を簡単な等価初期不整に置き換えてこれを全体構造系に導入し弾性有限変位解析を行い、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手順をとっている。この等価初期不整は、初期たわみ量あるいは等分布横荷重で与えることが可能であるが、ここでは面外方向の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(ここでは横座屈モード)に合わせ、またその大きさは、図-1

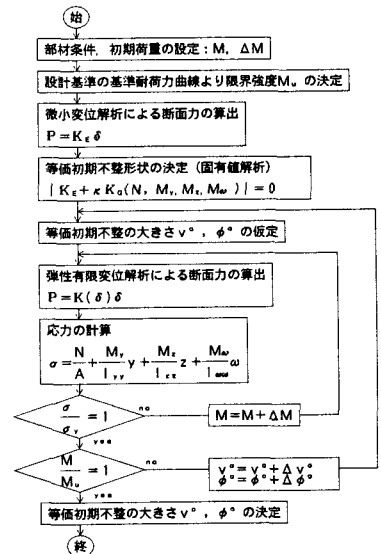


図-1 等価初期不整の大きさの決定手順

はりの場合、仮定した等価初期不整の大きさ(面外たわみ V^0/L)に対して弾性有限変位解析により各断面の応力度 σ を求め、その応力度が初期降伏応力度 σ_y に達するまで荷重を修正し、収束したときの荷重 M が道示のはりの基準耐力曲線から求められる限界曲げモーメント M_u に一致するまで、等価初期不整を修正して繰り返し計算を行うことによって決定できる。

3. 数値計算例

いま、具体的な計算例として図-2のような断面諸元を持つI型断面はりを取り上げ、境界条件、ねじり剛性が等価初期たわみに与える影響について検討した。まず、単純支持はりの場合、図-3から明らかにはりの等価初期たわみ V^0/L は、横ねじれ座屈の換算細長比 λ の二次関数で与えられる。この等価初期たわみを用いることにより図-4のように道示のはりの基準耐力曲線にそった良い精度の解曲線が得られた。また、横方

向の等価初期たわみ V^0/L に代わりねじれ角 ϕ^0 を用いた場合、さらに V^0/L 、 ϕ^0 の両方を導入した場合も同様に λ の二次関数で精度の良い耐荷力評価ができた。

$$V^0/L = 1/1000(-1.5 + 9.8\lambda - 5.5\lambda^2) \dots\dots\dots (1)$$

$$\phi^0 = 1/10(-0.52 + 4.7\lambda - 3.1\lambda^2) \dots\dots\dots (2)$$

$$V^0/L = 1/1000(-1.7 + 9.3\lambda - 5.7\lambda^2), \quad \phi^0 = 0.0296 \dots\dots\dots (3)$$

次に、境界条件の違いによる等価初期たわみへの影響についての計算結果を示したのが図-5である。この場合、最大初期たわみは、 $0.6 < \lambda < 0.9$ の範囲にあり拘束される自由度の増加とともに減少していく。最後にねじり剛性 $\kappa^* = GJ/EI_w$ の等価初期たわみへの影響について計算した。その結果が図-6である。 κ^* の増加にともなう等価初期たわみは、線形関係にあることが明らかにになった。

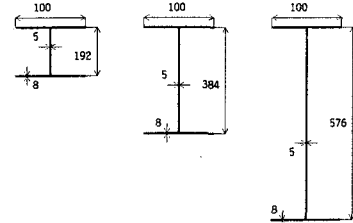


図-2 断面諸元

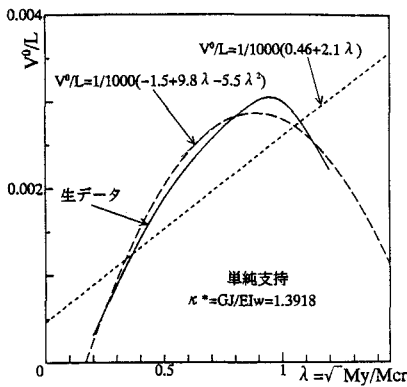


図-3 $\lambda - V^0/L$ 曲線

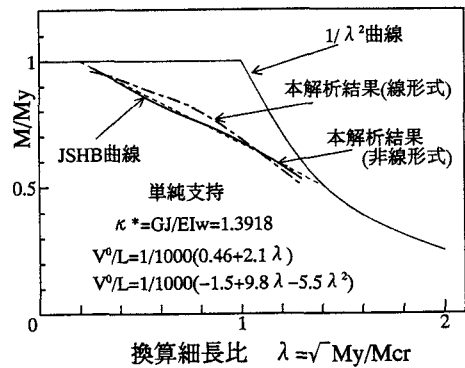


図-4 はりの耐荷力曲線

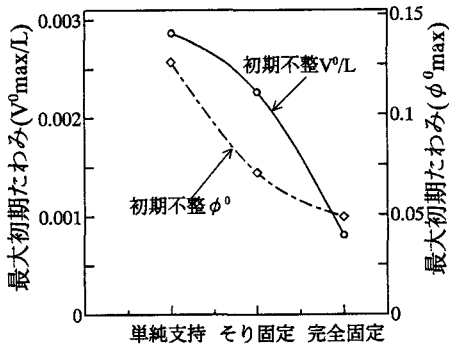


図-5 境界条件による等価初期たわみへの影響

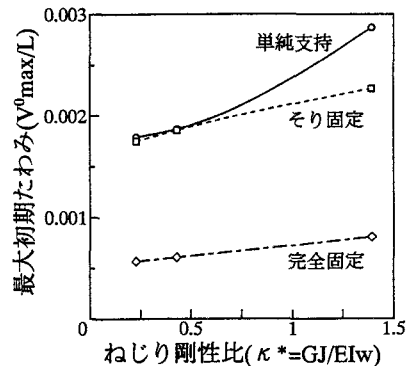


図-6 ねじり剛性比によるの等価初期たわみへの影響

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1990.2
- 2) 長谷川彰夫・西野文雄：線形化有限変位解析による構造物の設計法の提案，土木学会第44回年次講演会，1989.10
- 3) 西野文雄：土木学会・鋼構造委員会・鋼構造終局強度研究小委員会終局強度分科会成果報告書（案），1992.9
- 4) 野上邦栄・福田悦生：弾性有限変位解析に基づく設計における等価初期不整，土木学会第47回年次講演会，1992.9