

(1-6) はり-柱の等価初期不整について

東京都立大学 正 員 野上邦榮
 東京都立大学 学生員 山本幸浩
 東京都立大学 正 員 成田信之

1. まえがき

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弾性有限変位解析に基づく設計法¹⁾が提案されている。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は、構造形式、境界条件および荷重条件が影響するため一義的に与えることは困難であり、まだ充分には解明されていない。そこで、著者らは、これまでに柱²⁾、一層ラーメン³⁾、はり⁴⁾の等価初期不整について報告した。さらに、今回ははり-柱の面内問題としての等価初期不整に関して検討している。

2. 等価初期不整の形状・大きさの決定法

初期たわみ、初期荷重偏心、および残留応力等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は、等価な初期不整を全体構造系に導入することにより考慮する。いま、等価初期不整に初期たわみを用いる場合、初期たわみの形状は、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ることにする。また、その大きさは、ここでは図-1の手順で決定している。まず、ある端モーメントに対して、等価初期たわみの大きさ w^0/L を仮定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、つまり、次式の条件

$$\frac{P}{P_y} + \frac{M}{M_y} = 1 \dots\dots\dots (1)$$

を満足するまで荷重 P を修正し、収束したときの荷重が式(2)の限界強度相関式を満足するまで等価初期たわみを修正して、これが収束するまで繰り返し計算を行っている。

$$\frac{P}{P_u} + \frac{C_m M}{M_y(1 - P/P_E)} = 1 \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 P_y 、 P_u 、 P_E は各々降伏荷重、限界荷重、オイラー荷重、 M_y 、 M_1 、 M_2 は降伏モーメント、端モーメント ($|M_1| > |M_2|$)、および C_m はモーメント換算係数である。

3. 数値計算例

いま、具体的な計算例として単純支持された H 型断面 (150×130×10) はり-柱を取り上げ、この場合の等価初期たわみを求めた。用いた端モーメント比 M_2/M_1 は -1, 0, +1 の 3 ケースである。その計算結果が図-2~図-4 である。図中の記号は M_1/M_y のパラメータに対して 2. にしたがって求めた等価初期たわみである。図より明かなように、 $M_2/M_1 = -1, 0$ の場合、 $\lambda \geq 0.6$ の領域において、曲げモーメントが等価初期たわみに影響すること、等価初期たわみを必要としない λ の領域は、端曲げモーメントが増加するにしたがって、さらに不等曲げになるほど広がることか明かになった。また、この結果を基にして、等価初期たわみを換算細長比 λ の線形式で近似したのか実線であり、以下のようにまとめることができる。

(1) 等曲げ ($M_2/M_1 = -1$) の場合

$$\frac{w^0}{L} = \begin{cases} 0 & \lambda \leq 0.2 \\ 0.007\lambda - 0.001 & 0.2 < \lambda < 0.6 \dots\dots\dots (3) \\ 0.002(1 + 3M_1/M_y)(\lambda - 0.6) + 0.0032 & \lambda \geq 0.6 \end{cases}$$

(2) 片曲げ ($M_2/M_1 = 0$) の場合

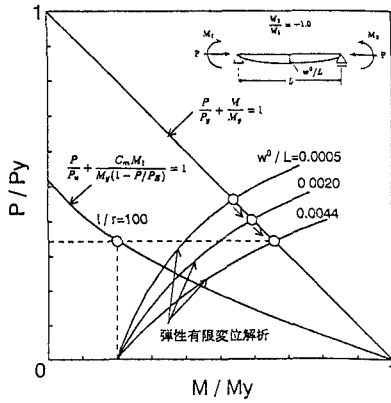


図-1 等価初期たわみの決定法

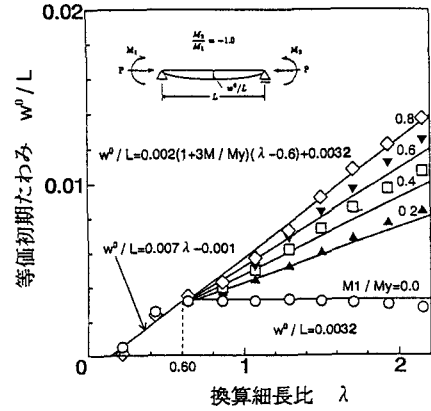


図-2 はり-柱の等価初期たわみ (等曲げ)

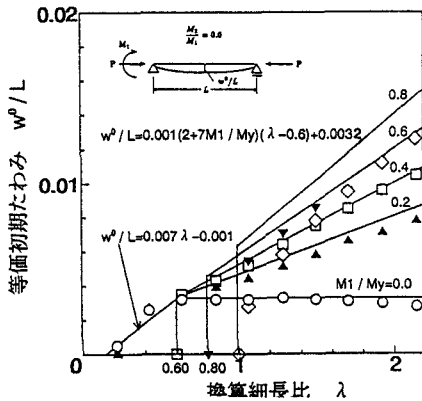


図-3 はり-柱の等価初期たわみ (片曲げ)

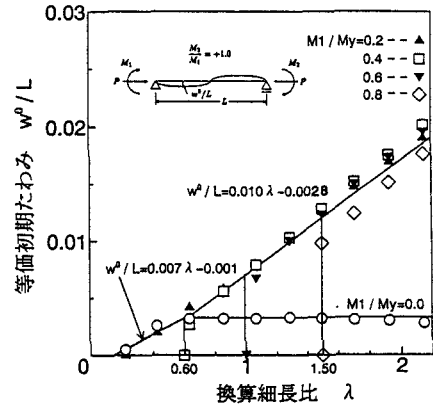


図-4 はり-柱の等価初期たわみ (逆曲げ)

$0 < M_1/M_y < 0.4$ のとき

$$\frac{w^0}{L} = \begin{cases} 0.0 & \lambda \leq 0.2 \\ 0.007\lambda - 0.001 & 0.2 < \lambda < 0.6 \\ 0.001(2 + 7M_1/M_y)(\lambda - 0.6) + 0.0032 & \lambda \geq 0.6 \end{cases} \quad (4)$$

$M_1/M_y \geq 0.4$ のとき

$$\frac{w^0}{L} = \begin{cases} 0.0 & 0 < \lambda < 0.2 + M_1/M_y \\ 0.001(2 + 7M_1/M_y)(\lambda - 0.6) + 0.0032 & \lambda \geq 0.2 + M_1/M_y \end{cases} \quad (5)$$

(3) 逆曲げ ($M_2/M_1 = +1$) の場合

$0 < M_1/M_y < 0.4$ のとき

$$\frac{w^0}{L} = \begin{cases} 0.0 & \lambda \leq 0.2 \\ 0.007\lambda - 0.001 & 0.2 < \lambda < 0.6 \\ 0.01\lambda - 0.0028 & \lambda \geq 0.6 \end{cases} \quad (6)$$

$M_1/M_y \geq 0.4$ のとき

$$\frac{w^0}{L} = \begin{cases} 0.0 & 0 < \lambda < -0.2 + 2M_1/M_y \\ 0.01\lambda - 0.0028 & \lambda \geq -0.2 + 2M_1/M_y \end{cases} \quad (7)$$

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 野上邦栄・林 一輝・成田信之：平面骨組構造の等価初期不整について，土木学会第 48 回年次講演会，1993.9
- 4) 野上邦栄・高木 真・成田信之：はりの面外等価初期不整について，土木学会第 48 回年次講演会，1993.9