

(I-27) ラーメン構造物における荷重および構造パラメータの等価初期たわみへの影響

東京都立大学 学 員 伊藤博昭
 東京都立大学 正 員 野上邦栄
 東京都立大学 正 員 成田信之

1. まえがき

我が国における鋼構造物の設計は許容応力度設計法¹⁾により行われているが、世界における鋼構造物の設計法は、限界状態設計法へ移行しており、設計の大きな転換期にある。本研究は従来の許容応力度設計法のような部材照査法に対して、強度に着目する限り全体系の耐荷力が確保できれば良いとする構造全体照査体系の確立を目指した基礎的研究であり、現行法と弾塑性有限変位解析を用いる設計法の中間的な設計法として弾性有限変位解析に基づく設計法²⁾を提案している。ここでは、弾性有限変位解析に基づく設計法において、重要な設計因子の一つである等価初期不整^{3),4),5)}について、1層、2層ラーメン構造物を取り上げて、柱高・柱間比、剛比、荷重条件に着目したパラメータ解析により等価初期たわみの大きさに関する検討を行っている。

2. 等価初期不整の決定法

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を、等価な初期たわみとして全体構造系に導入することにより考慮している。この場合、初期たわみの形状は、固有値解析による座屈モード、および設計荷重下の変形モードなどが考えられるが、ここでは前者を採用することにし、今回は特に部材に鉛直荷重が作用した場合の最小座屈モードを採用した。限界強度の評価は、道路橋示方書の基準耐荷力線に基づいて行っている。等価初期たわみの決定手順を示すと図1のようになる。

3. 解析条件

具体的な解析モデルとして両脚固定で横拘束のない1層、2層ラーメン構造(鉛直部材長: ℓ , 水平部材長: b)を取り上げ、図1手順に従ってそれぞれ等価初期たわみの大きさ W_o/ℓ を算出した。用いた断面形状は、一様断面を有する2軸対称箱型断面とする。水平部材の断面寸法(68×68×2cm)と部材長 b を一定とし、柱高比 $\rho = \ell/b$ を0.5～5.0、剛比 $\kappa = (I_b/b)/(I_c/\ell)$ を0.1～10.0に変化させたラーメン構造に、左右の柱上に P と、 γP ($\gamma = 0.5, 1.0, 2.0$) の鉛直荷重を作用させ、左側の柱頭部に $\alpha(4M_p/h)$ ($\alpha = 0.0, 0.1, 0.2, 0.3$) の水平荷重を作用させて解析を行った。

4. 解析結果

図2、図3は、両脚固定の1層、2層ラーメンの等価初期たわみを表したものである。ここでは、 α 、 γ の変化に対してすべての結果が含まれている。これらの結果より鉛直部材と水平部材の剛性の違いにより以下のように等価初期たわみ W_o/ℓ を提案する。ここに、 $\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y \ell}{E r}}$

$$\begin{aligned} & \text{1層ラーメン} \begin{cases} W_o/\ell = 0.0275 & (I_c \geq I_b) \\ W_o/\ell = 0.07\lambda & (I_c < I_b) \end{cases} & \text{2層ラーメン} \begin{cases} W_o/\ell = 0.007 & (I_c \geq I_b) \\ W_o/\ell = 0.045\lambda & (I_c < I_b) \end{cases} \\ & \text{1層、2層ラーメン構造ともに剛性比 } I_b/I_c \text{ の大きさにより異なる等価初期たわみが得られたのは、最初に降} \end{aligned}$$

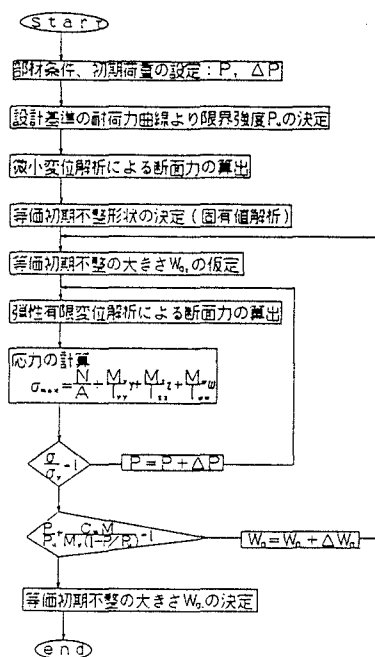


図1 フローチャート

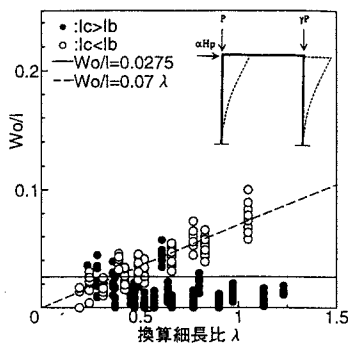


図2 等価初期たわみ (1層)

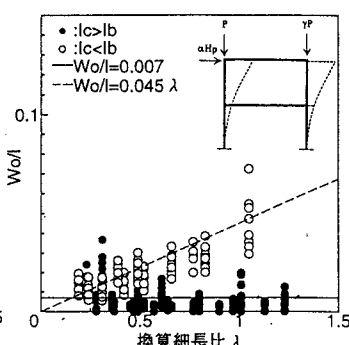


図3 等価初期たわみ (2層)

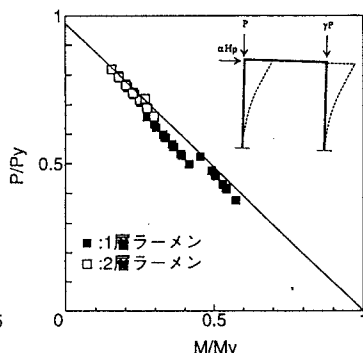


図4 相関曲線 (\$I_c = I_b\$)

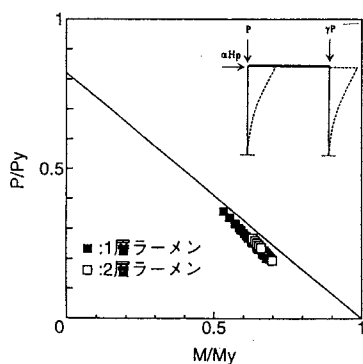


図5 相関曲線 (\$I_c < I_b\$)

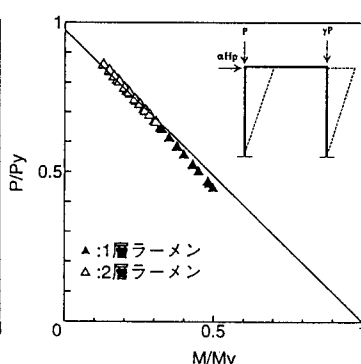


図6 相関曲線 (\$I_c = I_b\$)

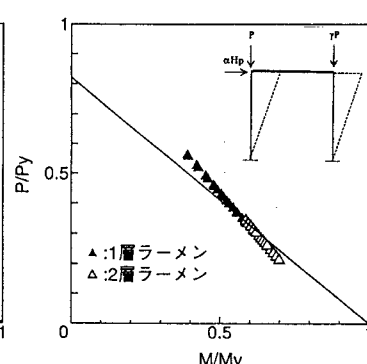


図7 相関曲線 (\$I_c < I_b\$)

伏する断面の位置が、 $I_c \geq I_b$ では鉛直部材の基部、 $I_c < I_b$ では水平部材と鉛直部材の結合部であることに起因している。図4、図5は、提案する等価初期たわみを導入して弾性有限変位解析より評価される耐荷力と道示の基準耐荷力曲線 ($P/P_u + C_m M/M_y (1 - P/P_e)$) を比較し提案する等価初期たわみの妥当性を検証している。 $\rho = 1.0$ (正方形ラーメン) で $\kappa = 1.0$ ($I_c = I_b$) の場合と $\kappa = 2.0$ ($I_c < I_b$) の場合であるが、両者がかなり近い値を示している。図6、図7は、設計における簡易さを考慮して等価初期たわみの形状を座屈モードで入力していたものを直線近似した結果である。構造パラメータは、図4、図5と同じである。図4、図5と図6、図7を比較すると、形状を直線にした場合、一部危険側に出る領域が現れるが全体として妥当な耐荷力を評価している。

5. まとめ

本研究において、等価初期たわみ W_0/l は荷重の影響より構造パラメータの影響によって一定値か、換算細長比をパラメータとした線形式で提案できること、適切な大きさの等価初期たわみを提案すれば、強度の評価も精度よくできることが明らかになった。今後、この設計法による具体的な断面設計を試みる必要がある。

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・西野：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) 野上・林・高木・成田：弾性有限変位解析に基づく設計における骨組構造の等価初期不整について，構造工学論文集，Vol.40A，1994.3
- 4) 野上・成田：はり一柱の等価初期たわみに及ぼす荷重パラメータの影響，構造工学論文集，Vol.41A，1995.3
- 5) 野上・中下・山本：ラーメン構造物の等価初期たわみへの各種パラメータの影響，土木学会第49回年次講演，1994.9