I-84　ラーメン構造物の簡易耐荷力算出法について

東京都立大学　学生員○小林岳彦
東京都立大学　正　員　野上邦栄

<u>1．まえがき</u>　ラーメン構造物の耐荷力を算出するには数々の解法があるが、構造物の構成部材数が増加するにつれ特性方程式が複雑になり数値解を得るのに多大な労力が必要になる。本報告では、現在のところ最も厳密であるとされる弾塑性有限変位解析を用いず、実務設計に適用する観点からラーメン柱の非弾性を考慮した構造物全体系の固有値解析[4]により耐荷力を求める簡易法[1]について検討した。

<u>2．簡易法の基本的考え方</u>　いま、柱の接線弾性係数E_tとヤング率Eの比を

$$\xi = E_t / E \tag{1}$$

と置く時、接線係数理論[2]における非弾性座屈応力度は

$$\sigma = \frac{\pi^2 E \xi}{(L/r)^2} \tag{2}$$

と与えられる。ここにL／rは柱の細長比である。しかし、このξは素材に固有のものとしているため現在ではこのまま受け入れることはできないが、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であると考え直すことにより柱の耐荷力を求めることが可能である。

残留応力の影響は応力比によって支配されることから、ξが応力比σ/σ_yのみの関数であると仮定する時、任意の応力σの状態においてその応力におけるξを用いて座屈応力を推定することができる。その結果をσ_{es}とする。もし$\sigma_{cr}>\sigma$ならば、通常応力σの大きいほど接線弾性係数E_tが小さくなることを思えば、$\sigma_{es}>\sigma_{cr}>\sigma$の関係になる。逆にもし$\sigma_{cr}<\sigma$ならば、全く同じ理由によって$\sigma_{es}<\sigma_{cr}<\sigma$の関係になる。したがって、$\sigma_{es}=\sigma$になったとき、当然それは$\sigma_{cr}$とも一致するはずである。

つまり、σ_{es}/σ_eについて考える時、

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

と与えられる。

また、一般に細長比のパラメータとして

$$\lambda^2 = \frac{\sigma_y}{\sigma_e} = \frac{1}{\pi^2}\frac{\sigma_y}{E}\left[\frac{L}{r}\right]^2 \tag{4}$$

を用いることが多い。このパラメータλを用いると、任意の応力とEuler 応力との比（σ/σ_e）は

$$\frac{\sigma}{\sigma_e} = \lambda^2 \frac{\sigma}{\sigma_y} \tag{5}$$

と表わすことができる。他方、σ/σ_eは式(5) によ

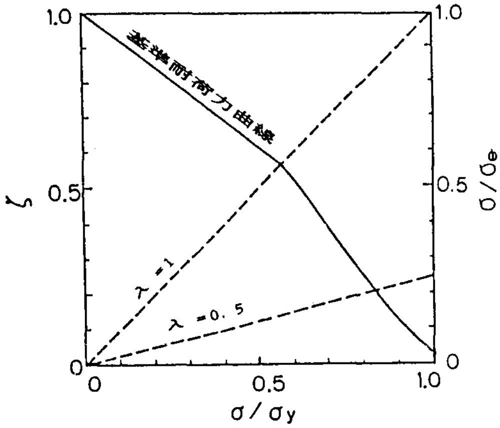

図1　ξ～σ/σ_yの関係

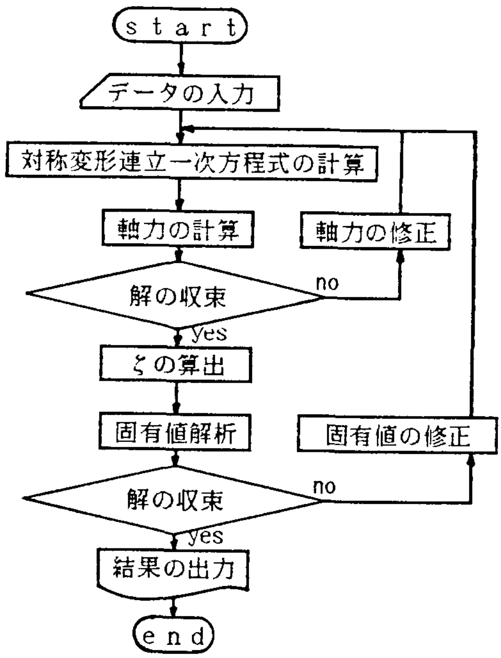

図2　簡易法の流れ図

ってσ/σ_yとλをパラメータとして線形関係を持つ。したがって、横軸にσ/σ_yをとり、縦軸に同じスケールでξとσ/σ_eをとって同じ図上に式(5)と式(3)の関係を表わ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るはずである。このことから、もし$\xi\sim\sigma/\sigma_y$関係を予め適当に設定しておくことができれば、上記の関係を利用してラーメン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り、設計にも利用し得ることになる。

3．ξ関数と解析法　いま、道示[3]の柱の基準耐荷力曲線を用いるとき$\xi\sim\sigma/\sigma_y$関係式は

$$\left.\begin{aligned}\xi &= \left[\frac{1.109^3}{0.545^2}\right]\left[1-\frac{\sigma/\sigma_y}{1.109}\right]^2\frac{\sigma/\sigma_y}{1.109} &&:\quad 0.2<\lambda\leqq 1.0\\ \xi &= 1-0.733\frac{\sigma}{\sigma_y} &&:\quad 1.0<\lambda\end{aligned}\right\}\quad(6)$$

と誘導できる。なお$\lambda\leqq0.2$においては耐荷力が常に降伏点σ_yに一致しているため、ξに無関係（不定）になる。この$\xi\sim\sigma/\sigma_y$の関係を示したのが図1の実線である。この結果は、古くから素材に固有なものと考えられてきたものとかなり相違し、とりわけ応力の小さい領域でのξの低下がかなり大きいが、これは道示にも解説されているとおり、主として初期不整の影響を考慮に加えたためである。いま2．3．にしたがった簡易耐荷力算出の流れ図を図2に示す。

4．解析結果　ここでは固定端を持つ、細長比$L/r_c=120$の門形ラーメンを具体例にとりあげ数値計算を行った。図3はξの収束状況を表している。ξの値は7回前後で$\xi=0.72$に収束している。次に弾性固有値解析[4]および弾塑性有限変位解析[5]による結果と簡易法の解との比較をしたのが図4である。縦軸は降伏荷重に対する耐荷力の無次元量、横軸には梁と柱の剛性比αをとっている。図から明らかなように、簡易法は最も低い値を示しているが、弾塑性有限変位解析に比べて10%前後の差であり、妥当な耐荷力が得られた。

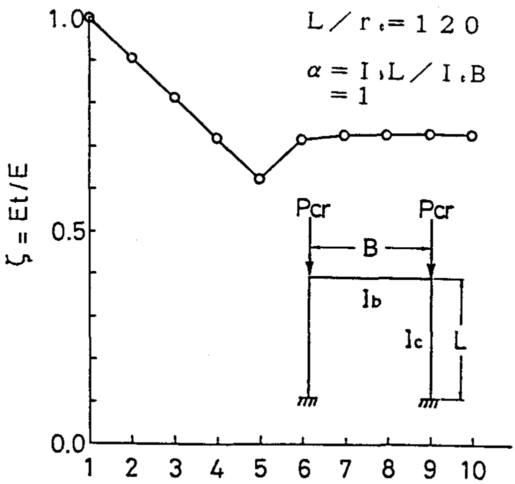

図３　ξの収束状況

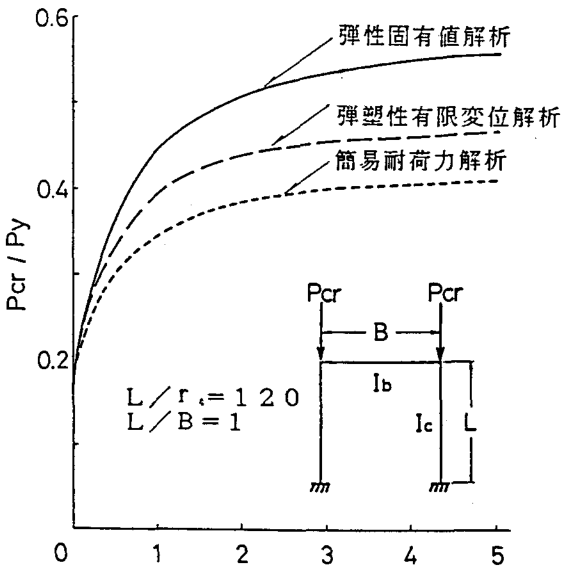

図４　簡易法の精度

参考文献
1）土木学会：座屈設計ガイドライン、1987
2）Hans H. Bleich：Buckling Strength of Metal Structures、McGRAW-HILL、1952
3）日本道路協会：道路橋示方書・同解説　Ⅰ，Ⅱ、1980
4）木村英明・野上邦栄・伊藤文人：対称荷重を受ける対称形ラーメン構造物の座屈解析、第15回関東支部技術研究発表会講演概要集、1988
5）伊藤文人・野上邦栄・田中充夫：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, pp131～144、1988