

有効接線係数を用いた

鋼骨組みの強度設計法について

熊本大学 正 員 崎元 達郎 熊本大学 学生員 徳岡 栄二

熊本大学 学生員 平野 邦昭 熊本工大 正 員 結城 皓曠

1. まえがき

ラーメン構造物の現行設計法は、構造物全体に対する照査に代えて、構成する部材の照査という形で行われる設計法であり、あらかじめ与えられた個々の部材の有効長さにより圧縮強度を評価し、はり-柱式により $P-\delta$ 効果を加味して部材強度の照査を行っている。

しかしながら、示方書を与えている有効長さ、または、弾性固有値解による有効長さは安全側にすぎる場合も多く、本四公団の吊橋主塔設計要領¹⁾では、着目部材の塑性化後の剛性変化を有効接線係数 E_f により考慮して、固有値解析により有効長さを決定する方法（以後 E_f 法と略称する）が提案された。さらに最近、有効長さを関係式から消去して、設計応力に対して直接各部材の剛性低下率 ζ を求めて固有値解析を行う方法^{2) 3)}（以後 ζ 法と略称する）が提案されている。本研究の目的は、これらの方法の有効性と問題点を数値例について検討することである。

2. E_f 法の概要

① $E_f = E$ としてラーメン柱の有効座屈長を平面骨組の

固有値解析により計算される P_{cr} から平均断面二次モーメントを用いて(1)式から求める。

$$l_e = \pi \sqrt{\frac{E_f I_x}{P_{cr}}} \quad (1)$$

② さらに、この有効長さ l_e と断面二次半径 r から細長比パラメーター λ を求め道路橋示方書の基準耐力曲線より σ_u を求める。

③ 以上で得られた数値から E_{fnew} を次式で求める。

$$E_{fnew} = \frac{\sigma_u}{P_{cr}/A} E_f \quad (2)$$

④ この E_{fnew} を用いて固有値解析を行い P_{cr} を求め

$E_f = E_{fnew}$ として①から④までの手順を行う。

ただし腹材の弾性係数は E のままとする。

⑤ $\frac{E_{fnew}}{E_f} \approx 1$ になるまで繰返し計算を行い収束値 E_{fnew} を求める。

⑥ このときの P_{cr} と E_{fnew} から(1)式により有効座屈長、さらに全部材 l_e 中の最大値 l_{emax} を求める。

⑦ この有効長さの最大値 l_{emax} と E_{fnew} を次式に代入することにより最小座屈荷重を求める。

$$N_u = \frac{\pi^2 E_{fnew} I_x}{l_{emax}^2} \quad (3)$$

3. ζ 関数の概要

部材断面の接線弾性係数を E_t 、ヤング率を E とすると柱の剛性低下率 ζ は次式で与えられる

$$\zeta = E_t / E \quad (4)$$

このとき細長比 L/r_c の柱の非弾性座屈荷重は、 $\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E \zeta}{(L/r_c)^2}$ (5)

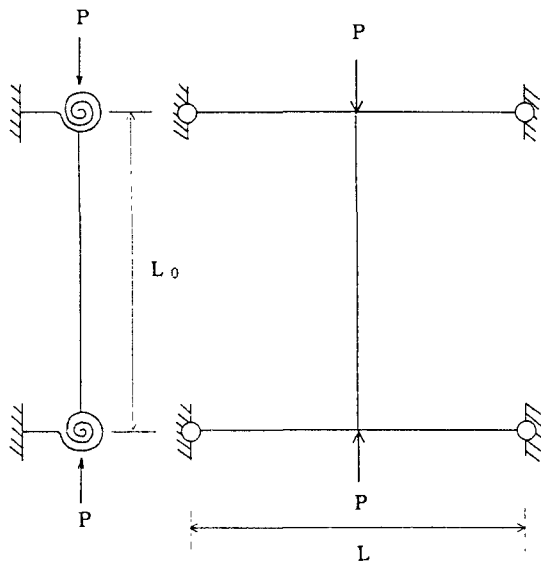


図-1

図-2

のように応力表示ができる。いま、任意の部材応力

に対するから得られる推定座屈応力とEuler応力 σ_{cr}/σ_y

の比 σ_{cr}/σ_y は、

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} = \frac{\sigma \text{ における } \zeta}{\zeta=1 \text{ (弾性状態)}} = \zeta \left(\sigma/\sigma_y \right) \quad (6)$$

と与えることができる。一方、部材応力とEuler応力

$$\text{との間には換算細長比 } \lambda \text{ を用いて } \frac{\sigma}{\sigma_y} = \lambda^2 \frac{\sigma}{\sigma_y} \quad (7)$$

なる関係がある。ここで道路橋示方書の基準耐力曲線を用いると式(6)(7)より関数は、

$$\begin{aligned} \zeta &= 1 - 0.773 \frac{\sigma}{\sigma_y} & \frac{\sigma}{\sigma_y} < 0.564 \\ \zeta &= 3.367 \left\{ 1.109 - \frac{\sigma}{\sigma_y} \right\} \frac{\sigma}{\sigma_y} & 0.564 \leq \frac{\sigma}{\sigma_y} < 1.0 \\ \zeta &= 0.04 & 1.0 \leq \frac{\sigma}{\sigma_y} \end{aligned} \quad (8)$$

と算出できる。

4. Efの計算例

1). 数値解析モデル

両端を回転バネで拘束された柱の座屈について検討する。柱の断面は二軸対称な箱型断面とする。解析にあたっては回転バネの影響は、柱の両端を梁に結合することで表現した。回転バネ剛性 k と梁の長さ L との関係は、 $k = 12EI/L$ という式を用い剛比は、 $L_0 = 10m$ の部材を基準として $K = (12EI/L)/(EI/L_0)$ としている。ここでは、 $L = 7.5m$ と固定し L_0 を変化させて解析を行った。

2.) 有限変位弾塑性解析⁴⁾

Ef法による解析結果と比較するため同じモデルについて有限変位弾塑性解析を行った。条件は断面分割数を16、残留応力を $0.4\sigma_y$ とし、柱部材の初期たわみを $\delta = (L/100) \sin(\pi X/L_0)$ で与えた。なお、解析方法は荷重増分法で行った。

3.) 結果の説明

図-3は、Ef法により定まる細長比パラメータ λ を横軸にプロットし、それに対する縦座標 σ_{cr}/σ_y は、Ef法と有限変位弾塑性解析から得られた結果をそれぞれ○と▲印でプロットしたものである。

5. まとめ

両端に回転バネを有する簡単なモデルについては、Ef法は良い結果を示すことが明らかになった。今後、多くの構造形式についてこの方法の有効性と問題点を検討していく予定である。これらの結果と、ζ法による計算結果については講演当日に発表予定である。

参考文献

- 1) 本州四国連絡橋公団：吊橋主塔設計要領 1980.3
- 2) 小林岳彦、野上邦栄：平面ラーメン構造物の実用的耐力算出法について J S S C 構造工学における数値解析シンポジウム論文集、第12回 1988.7
- 3) 倉方慶夫、西野文雄、長谷川彰夫：骨組構造物の座屈設計法の問題点とその改良設計法の提案（土木学会終局強度研究小委員会終局強度設計分科会資料、1990.9
- 4) 小松、崎元：[Nonlinear Analysis of Spatial Frames..] 土木学会論文集 No.252.1976. PP143-157

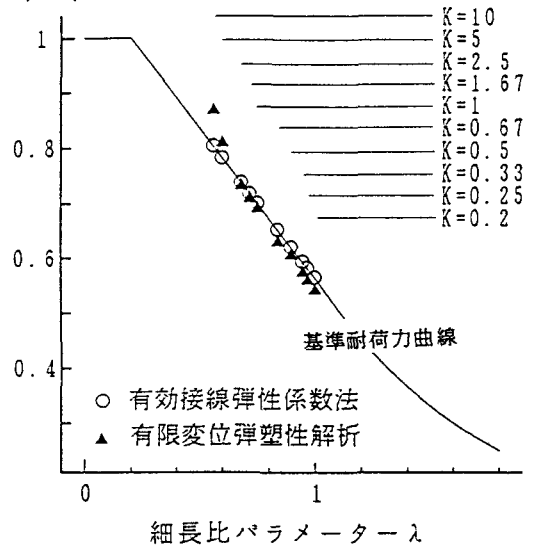


図-3