

(I-28) 付加軸力法によるラーメン柱の有効座屈長 — E_f 法の場合 —

東京都立大学 正 員 野上 邦栄
芝浦工業大学 学生員 新保 孝幸
芝浦工業大学 正 員 山本 一之

1. まえがき

現在の設計法は許容応力度設計法であり、多くの解析結果を集約して柱の耐荷力を有効座屈長の関数として与えられる素材の許容応力度の形に変形して設計に用いるのが普通である。道路橋示方書¹⁾では、代表的骨組部材の有効座屈長を定めているが、骨組部材の有効座屈長は荷重条件や剛性分布にも依存するため、これらが影響する構造物に対して現行示方書での対応が難しい。また、固有値解析では作用軸圧縮力が小さい部材において有効座屈長が長く算定され、それが感覚的にも不合理と思える長さになる事がある。その結果、構造物の耐荷力を実際の耐荷力よりも低く評価する事となる。この不合理な有効座屈長を修正する対策として弾性固有値解析による付加軸力法²⁾や高次固有値法³⁾などが提案されている。

ここでは、柱の基準耐荷力線を準用して非弾性領域を考慮した有効接線弾性係数法 (E_f 法)⁴⁾による付加軸力法について、1層ラーメン構造を用いて検討している。

2. 有効接線弾性係数法 (E_f 法)

実際の構造物の柱は、初期変形、材料の降伏及び残留応力などの非弾性の影響により、座屈荷重は Euler 荷重より低下するばかりでなく、有効座屈長にも変化が生じる。現在、本州四国連絡橋の設計基準⁴⁾では柱の基準耐荷力曲線を基礎にした固有値解析により最小固有値を求め、弾性係数が座屈応力度と限界応力度が一致するように修正して有効座屈長を算出する方法を導入している。この方法は一般に E_f 法と呼ばれている。この計算手順を示したものが図-1である。

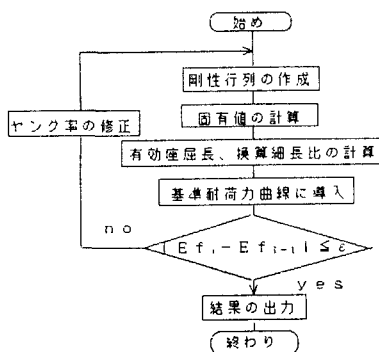


図-1 E_f 法の計算手順

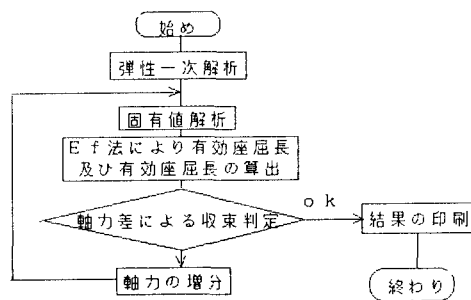


図-2 付加軸力法

3. 付加軸力法

E_f 法において軸圧縮力が小さい場合、1.のまえがきで述べたように実際の設計に使われる有効座屈長はかなり長くなるため何らかの修正が必要になる。ここでは、その対策として微小軸力を受ける断面の軸力を増加させ全ての柱部材に働く軸力を等価にする方法を提案する(以後、修正 E_f 法と呼ぶ)。その流れ図を示したものが図-2である。この場合、 E_f 法における特性方程式に代わり、

$$|K_E(E_{fi}) + \bar{\kappa} K_G(\bar{N}_i)| = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$\bar{\kappa}$: α_i 倍した軸圧縮力を導入した場合の固有値, $\bar{N}_i$: 微小軸圧縮力が作用する断面 i の α_i 倍した圧縮力 ($= \alpha_i N_i$), α_i : 増分係数

の式を使用する。これにより微小軸圧縮力を持つ断面での増分係数 α_i により修正された有効座屈長は、

$$\ell_e = \pi \sqrt{\frac{E_f I_i}{-\bar{N}_{cri}}} \dots\dots\dots (2)$$

$$\bar{N}_{cri} = \bar{\kappa} \bar{N}_i \dots\dots\dots (3)$$

と与えられる。

4. 数値計算例

ここでは、具体的計算例として等断面部材で構成された1層ラーメン構造を取り上げて、付加軸力法を用いた E_f 法について数値計算を行い検討した。等断面部材の諸元は、 $A = 0.0528m^2, I = 0.003837tf/m^2, \sigma_y = 32000tf/m^2$ である。また、荷重は $0.1P_y$ の鉛直荷重と水平荷重 $H = \beta H_p (H_p = 4M_p/h, M_p: 全塑性モーメント, h: 部材長)$ の組み合わせ荷重である。

図-3は、水平荷重 $\beta = 0.1$ の場合における有効座屈長と部材1の軸力増分係数 α の関係を示している。この場合、水平荷重による曲げの影響により部材3の軸力が部材1の軸力より大きくなるため、ここでは部材1のみ軸力を増分している。その結果、 $\alpha = 1.07$ で $\ell_e = 13.6m$ に収束している。同様に、弾性固有値解析法にこの付加軸力法を適用した場合³⁾ $\ell_e = 15m$ になっており、 E_f 法が短めの有効座屈長を与えることがわかる。

次に、水平荷重を変化させた場合の有効座屈長への影響について検討した。図-4は、従来の E_f 法と修正 E_f の関係を示している。水平荷重 β の増加にともなって部材3の軸力が増大するため、 E_f 法では部材3の有効座屈長は短めに、逆に部材1は微小軸力状態のため極めて長くなる。この結果に対して修正 E_f 法は両部材に等価な、しかも β の増加に対してほぼ一定の有効座屈長が得られている。さらに、付加軸力法を用いた修正 E_f 法と修正弾性法の両実線の比較から明かなように修正 E_f 法の有効座屈長が短めになっており、修正弾性法より改善されていることがわかる。

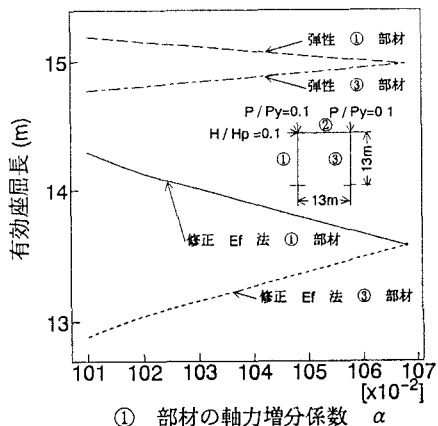


図-3 有効座屈長と軸力増分係数の関係

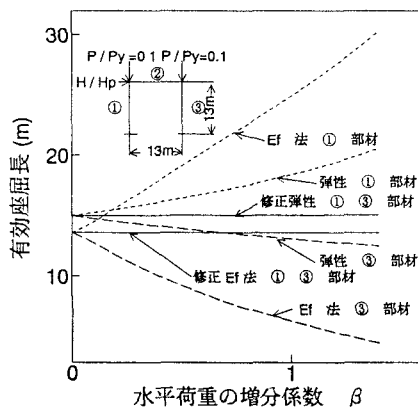


図-4 有効座屈長と水平荷重係数の関係

参考文献

- 1) 日本道路協会: 道路橋示法書・同解説, 1990.2
- 2) F.Nishino and W.Attia : A proposal for in-plane stability design of steel framed structure, Proc. of JSCE, pp.1-pp.10,1992.1
- 3) 野上邦栄・上田浩章・山本一之: 微小軸圧縮力を受ける骨組部材の有効座屈長に関する一考察, 構造工学における数値解析法シンポジウム論文集, 第16巻, 1992.7
- 4) 本州四国連絡橋公団: 吊橋主塔設計要領・同解説, 1988.2