

I-57 有効接線係数により定めた有効長さを 用いた鋼骨組の設計法について

熊本大学 正員 崎元達郎 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

骨組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な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、梁-柱式によりP- δ 効果を加味して部材強度の照査を行なっている。

しかしながら、示方書が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。本研究の目的は、こ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 $E_f = E$ として圧縮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2次モーメントを用いて(1)式から求める。

$$l_o = \pi \sqrt{\frac{E_f I_z}{P_{cr}}} \quad (1)$$

- ②さらに、この有効長さ l_o と断面2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荷力曲線より σ_u を求める。

- ③以上で得られた数値から $E_{f_{new}}$ を次式で求める。

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

- ④この $E_{f_{new}}$ を用いて固有値解析を行ない P_{cr} を求め、 $E_f = E_{f_{new}}$ として①から④までの手順を行なう。ただし梁部部材の弾性係数は E のままとする。

- ⑤ $\frac{E_{f_{new}}}{E_f} \cong 1$ になるまで繰り返し計算を行ない収束値 $E_{f_{new}}$ を求める。

- ⑥この時の P_{cr} と $E_{f_{new}}$ から(1)式により有効座屈長を求め、次式に代入して各部材における座屈荷重を求める。

$$N_u = \frac{\pi^2 E_{f_{new}} I_z}{l_{omax}^2} \quad (3)$$

3) 計算例

(a)数値解析モデル

図-1のような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。解析にあたっては、図-2のように回転バネの影響を柱の両端を梁に結合することで表現したモデルを用いた。バネ剛性 k と柱の長さ l との関係は $k = 3EI/l$ 、梁の長さ L との関係は $k = 12EI/L$ であるので、剛比を $K = (12EI/L)/(3EI/l)$ としている。ここでは、 $l = 7.5m$ と固定し、 L を変化させて解析を行なった。

また、図-3に示すような現実の下落式アーチ橋に近いものについても検討した。形式は放物線アーチのランガー桁橋とし、アーチリブと道路桁を桁端部で剛結とした。補剛形式については、実橋を想定しダブルワーレン形式の横構とストラット(横材)を配置した。なお、荷重は等分布荷重満載としている。

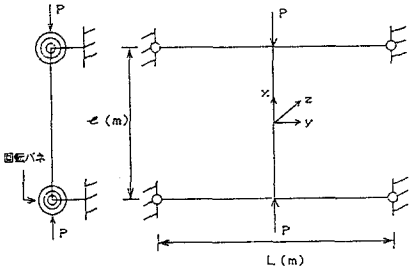


図-1

図-2 回転バネで拘束された柱の解析モデル

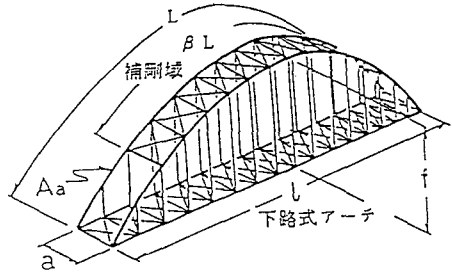


図-3 下路式アーチ橋の解析モデル

(b)有限変位弾塑性解析²⁾

E_r 法による解析結果と比較するために同じモデルについて有限変位弾塑性解析を行なった。条件は、断面分割数を16、残留応力を $0.4\sigma_y$ とし、図-2の柱部材と図-3の初期面外たわみを $\delta=(1/1000)\text{SIN}(\pi X/L)$ で与えた。解析方法は荷重増分法で行なった。

(c)結果の説明

図-4は、図-2のモデルのそれぞれの剛比 K に対して、 E_r 法により求めた収束した段階での細長比パラメータを横軸にとり、 E_r 法と有限変位弾塑性解析によって得られた σ_{cr}/σ_y を縦軸に●と▲印でプロットしていったものである。

図-3のモデルでは着目部材ごとに複数の耐荷力が得られるため、耐荷力が最大となる橋脚部の部材と、最小となるアーチクラウン部の部材について耐荷力を評価した結果のみを、図-5と図-6においてそれぞれの補剛率 β に対して、図-4と同様の方法で表示している。

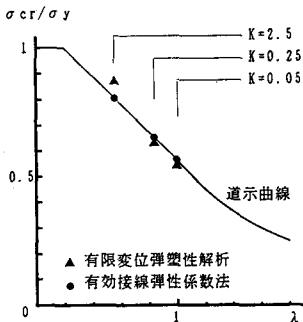


図-4 回転バネで拘束された柱の評価

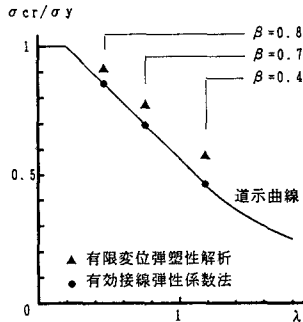


図-5 橋脚部の部材に着目した評価

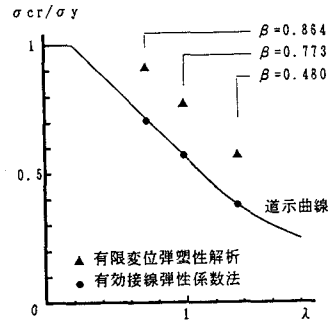


図-6 アーチクラウン部の部材に着目した評価

5) まとめ

図-2のモデルのように、簡単に軸力を一様に受ける構造物に関しては、 E_r 法は有限変位弾塑性解析の近似解を求める手段としては、非常に有効なものであると思われる。しかし、アーチリブのように、軸力を一様に受けず、圧縮力が小さい断面が存在する場合は、構造物の耐荷力を過小評価してしまう場合がある。今後は、耐荷力に応じて断面積を変化させていくことにより、このような不合理性を解消できないかどうか検討し、また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。

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. 小松、崎元：[Nonlinear Analysis of Spatial Frames...] 土木学会論文集 No.252,1976, PP143-157