

§法を用いた鋼アーチの面内耐荷力設計法について

熊本大学 学生員 〇田中 朝一 熊本大学 正 員 崎元 達郎
熊本大学 学生員 平野 邦昭

1. まえがき

現行のアーチの設計法では、格点間を有効長さとした部材としての断面決定を行い、設計された部材で全体を構成し、全体座屈、又は構造全体の耐荷力は、断面決定後照査する形となっている。したがって、部材断面の決定と全体構造の安定照査が同時に満足されない場合には、繰返し計算が必要となるという問題が存在する。

一方、ラーメン構造については、有効長さの概念を用いずに、有限変位解析による設計応力に対して、直接各部材の剛性低下率を求めて、固有値解析を行う方法（以後 ζ 法と略称する。）が提案されている。¹⁾

著書らは、この ζ 法をアーチ構造の設計へ用いた場合の有効性と問題点を検討している。本研究では、一定断面の一本のリブアーチの面内耐荷力の評価に限定して ζ 法の適用性を検討した結果について報告する。

2. ζ 関数の概要

部材断面における剛性低下率を考慮すると、ヤング率を E として、接線弾性係数 E_t は次式で与えられる。

$$E_t = \zeta E \quad (1)$$

式(1)より直柱の非弾性座屈荷重は、次式で与えられる。

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E_t}{(L/r)^2} = \frac{\pi^2 \zeta E}{(L/r)^2} \quad (2)$$

ここで、 σ_{cr} のオイラーの座屈応力 σ_E との比 σ_{cr}/σ_E を考えると、

$$\zeta = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_E} \quad (3)$$

となる。一方、オイラーの座屈応力 σ_E は細長比パラメーター λ を用いると、

$$\frac{\sigma_E}{\sigma_y} = \frac{1}{\lambda^2} \quad (4)$$

となる。したがって式(3)、(4)より、

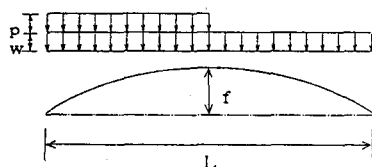
$$\zeta = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma_y} \lambda^2 \quad (5)$$

となる。しかしながら、複雑な構造物の個々の部材について細長比を確定することは困難であるので、 ζ の値を一般的に求めることはできない。ここでは、道路橋示方書の直柱の基準強度式に式(5)を代入して λ を消去して、 $\sigma_u = \sigma_{cr} = \sigma$ と置くことによって ζ 関数を、次式で与えるものとする。

$$\begin{aligned} \zeta &= 1 - 0.773 \frac{\sigma}{\sigma_y}, & \frac{\sigma}{\sigma_y} < 0.564 \\ \zeta &= 3.367 \left(1.109 - \frac{\sigma}{\sigma_y} \right)^2 \frac{\sigma}{\sigma_y}, & 0.564 \leq \frac{\sigma}{\sigma_y} < 1.0 \\ \zeta &= 0.04, & 1.0 \leq \frac{\sigma}{\sigma_y} \end{aligned} \quad (6)$$

このように定めた ζ を用いて、次のようにして圧縮材の弾塑性座屈強度を求めることができる。¹⁾

1) 有限変位解析による作用応力度 σ を σ_{cr} と仮定して、式(6)より各部材の ζ を計算する。



(図. 1) 数値解析モデル

2) 式(2)に代入して σ_{cr} を計算する。(骨組みに拡張する場合は、 σ_{cr} は、弾塑性固有値解析による弾塑性座屈応力度に対応している。)

3) 照査(設計)荷重を変えて、繰り返し計算し、作用応力度 σ と σ_{cr} が一致した時、解(耐荷力)となる。

3. 設計計算の方法

1) 照査荷重の設定: 照査荷重 F^* は、設計荷重 F 、荷重係数 γ_1 として $F^* = \gamma_1 \times F$ とする。

2) 構造解析: 有限変位解析を行う。

3) 部材の剛性低下率の計算: 2)で計算された平均軸応力度を、式(6)に代入して算出する。

4) 限界状態照査¹⁾: $0.95 < \gamma_1 \left(\frac{N_i}{N_{cr,i}} + \frac{M_i}{M_{cr,i}} \right) \leq 1.0$ (7) を用いる。(iは部材毎を表す。)

ここで、 γ_1 : 構造物係数 N_i : 設計圧縮力 $M_i, M_{cr,i}$: 設計曲げモーメント, 設計曲げモーメント耐力 $N_{cr,i}$: 関数を考慮した、構造全体の固有値解析により求まる設計圧縮耐力

$N_{cr,i} = \kappa N_i$ (κ は固有値) ただし、 $N_{cr,i} \geq N_i$ の時は、 $N_{cr,i} = N_i$ とする。

5) 照査荷重の変更: 式(7)の値が範囲外の時は、新しい照査荷重 F^*_{new} を次式で求める。

$$F^*_{new} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{SS}} \right) F^* \quad (SS \text{ は、式(7)の値})$$

4. 解析モデル

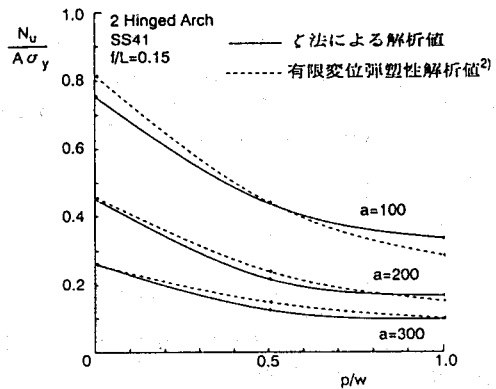
解析モデルは、図. 1 に示すような1本のリブアーチで両端支点部分をヒンジとする2ヒンジアーチである。アーチ断面は、二軸対称な箱型断面とし、断面積 A は長さ方向に一定とする。図のようなアーチの面内耐荷力を支配するパラメーターは、支間長 $L = 15.0$ m、ライズ $f = 22.5$ m、 $f/L = 0.15$ 、細長比 $a = L/r$ (r は断面二次半径)、支間長の半分に載荷した、分布荷重強度(半載荷重強度) p と満載等分布荷重強度 w との比 p/w である。ここでは、荷重比 p/w を、0(満載状態)、0.5、1.0(半載状態)と変化させ、それぞれ細長比 $a = 100, 200, 300$ について解析を行った。

5. 結果と考察

図. 2 は、荷重比 p/w を横軸に、 $N_u/A\sigma_y$ を縦軸にとり、それぞれ γ 法による解析値と有限変位弾塑性解析値をプロットしたものである。ただし、 N_u は、終局荷重に対して微小変位理論で計算される $L/4$ 点の軸力、 $A\sigma_y$ は、降伏軸力である。

今回のような解析モデルについては、 γ 法の値は、有限変位弾塑性解析値の良い近似値となっている。

今後は、より実橋に近づけたモデルについて検討していき、与えられた設計荷重に対して、断面形状を決定する設計方法について検討していく方針である。



(図. 2)

参考文献

- 1) 野上・山崎: γ 関数を用いた鋼ラーメン構造物の一設計法, 土木学会第47回年次学術講演会, 1992
- 2) 小松・新家: アーチの面内耐荷力の実用算定式について, 土木学会論文報告集第267号, 1977
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 昭和48年2月。