

I-72

開断面で構成される鋼アーチ構造の水平荷重に対する耐荷力

熊本大学 正員 崎元 達郎 熊本県 正員 上月 裕
 熊本大学 正員 坂田 力 熊本県 正員 伊藤 彰

1) まえがき：開断面アーチの耐荷力については、多方面に利用されているにもかかわらず、弾塑性ねじりを含む解析の困難性もあって未解明部分が多い。そこで、本研究は、水平、及び、鉛直の複合荷重が働く開断面アーチ橋を想定し、有限変位弾塑性解析法¹⁾を用いて、水平荷重に対する耐荷力と性状の一端を明らかにした。

2) 解析モデル：基本モデルは、図1に、示すような補剛形式をもつ、スパン 50 m、アーチリブ間隔 5 m、スパンライズ比 0.15 の2ヒンジ放物線アーチ橋とする。

鋼材は、SS41 とし、アーチ断面については表に示すような現実的断面とした。荷重は、一定の鉛直荷重をかけた状態より、水平荷重を増加させ、変位が発散する最大荷重点を求めて耐荷力とした。鉛直荷重強度 p は、アーチ支点部を全断面降伏させる荷重 p_0 に対する比 $\bar{p} = p/p_0$ を、0.2, 0.4, 0.6 の場合を考えた。また、水平耐荷力 $\bar{q}_{ua}$ は、水平限界荷重 q_{ua} の基本風荷重 q_0 に対する比で表した。

$$\bar{q}_{ua} = q_{ua} / q_0 \quad (1)$$

なお、基本風荷重は次式で表される。

$$q_0 = 1/2 \cdot \rho C_D V_w^2 h \quad (2)$$

ここで、 ρ ；空気密度 ($0.125 \text{ kg S}^2/\text{m}^3$)、 V_w ；風速 (50m/s)

C_D ；アーチリブの抗力係数 (2.04)、 h ；リブ高 (m)

なお、本解析では、アーチ構造単独の耐荷力を求めるため、吊り材や、道路桁は、考慮しなかった。

3) 解析結果：基本モデルの崩壊直前の断面力と変形モード図を、図2に示す。図2の縦軸の断面力の値は、塑性軸力、または、塑性モーメントで無次元化している。図3に塑性図を示す。図3の黒い部分は圧縮による降伏域を示している。

面外曲げモーメント M_y が他の断面力と比べてオーダー的に

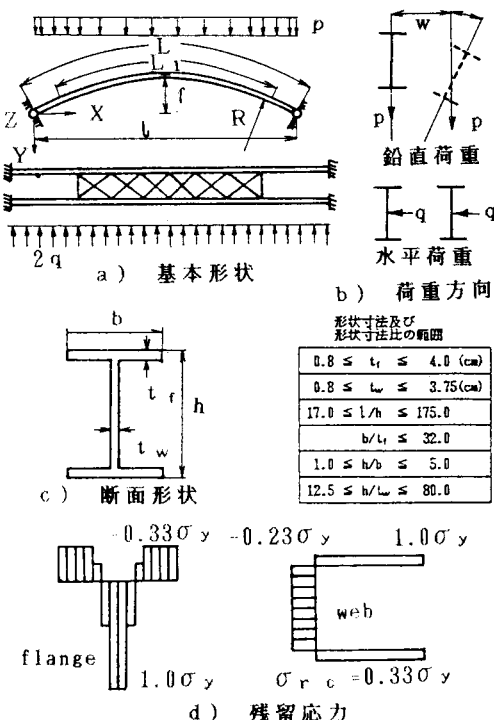


図-1 基本モデル

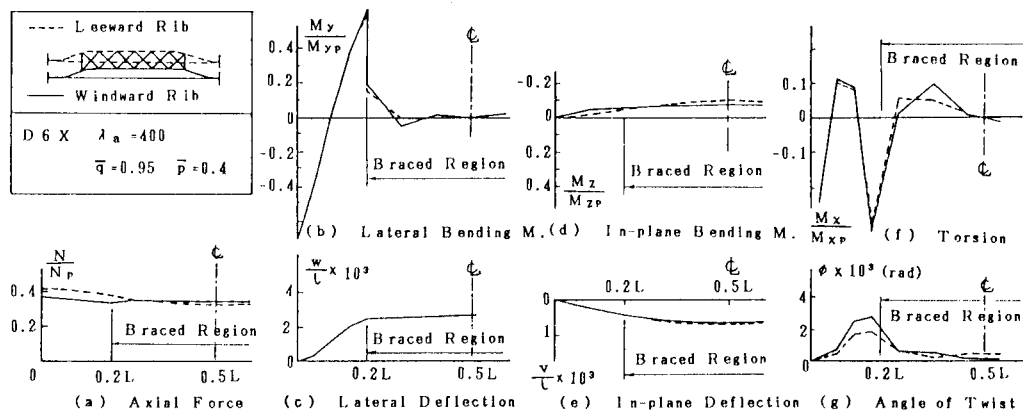


図-2 基本モデルのモード図

大きいこと、塑性域の進展状況が M_y の示すモードとよく一致していることより開断面アーチ橋の崩壊は、主に M_y によるアーチ支点部の降伏が原因だと考えられる。図4は橋門部横梁の有無、橋門部アーチリブの断面係数、補剛領域（補剛トラスパネル数）、アーチリブの細長比（面外方向）、面内荷重強度 p 、等を変化させた様々なモデルについて耐荷力解析した結果を、アーチ支点部の応力 $\bar{\sigma}_{sa}$ と、水平耐荷力 $\bar{q}_{ua}$ の関係について整理したものである。なお、プロット印の説明は、右上挿入図に示しているが、橋門部の太線の部材は、実線で示した場合の2倍の断面係数（面外曲げ）を持つことを意味している。この図より、上記の種々のパラメーターが変化しても、水平耐荷力 $\bar{q}_{ua}$ は、アーチ支点部の応力 $\bar{\sigma}_{sa}$ （ $=\sigma_{sa}/\sigma_y$ ）によって一定の関係で支配されていることがわかる。図4のプロットに対して安全側の包らる線を求めると、耐荷力と支点応力の関係として、閉断面の場合²⁾と同じ次式が求められる。

$$\bar{q}_{ua} = \frac{1.4}{\bar{\sigma}_{sa} - 1.5} = 0.46 \quad (3)$$

式③中の $\bar{\sigma}_{sa}$ は、有限変位立体解析をすることなく、微小変位平面解析による値を用いた式で次式のように近似することができる。（文献2）参照）

$$\bar{\sigma}_{se} = \frac{\sigma_{se}}{\sigma_y} = \left(\frac{N}{A} + \frac{M_c}{A \cdot a} \beta + \frac{M_b}{W_y} m \right) \cdot \frac{1}{\sigma_y} \quad (4)$$

ここに N ：アーチ支点部の軸力、 A ：アーチ支点部断面積、 M_c ：アーチを一体と考えた時に生じる面外曲げモーメント、 a ：アーチリブ間隔、 β ：補剛領域比（ $=L_l/L$ ）、 M_b ：アーチリブ一本の面外曲げモーメント、 W_y ：アーチリブ一本の支点部における断面係数（面外曲げ）、 m ： $P-\delta$ 効果による割増し係数、

図5は、 $\bar{\sigma}_{se}$ と $\bar{\sigma}_{sa}$ の関係を示したもので両者は、よい一致を示している。したがって、式③の $\bar{\sigma}_{sa}$ は、式④の $\bar{\sigma}_{se}$ で置きかえることができる。結局、文献2）で与えた近似式で支点部の断面力を求め、式④で $\bar{\sigma}_{se}$ を計算すれば、式③に代入して、アーチ橋の水平耐荷力が近似的に算定できることになる。ちなみに、図4よりアーチ橋が、風速50mに相当する水平耐荷力に耐えるためには、 σ_{se} （または、 σ_{sa} ）は、 $1.1\sigma_y$ 以下である必要があり、また、安全率1.5を保障するためには、 σ_{se} （または σ_{sa} ）を、 $0.86\sigma_y$ 以下とするような構造とする必要があること等がわかる。

参考文献： 1）崎元，他「薄肉開断面部材の非線形解析」構造工学論文集 Vol.32.A（1986年3月）

2）T.Sakimoto and S.Komatsu 「Ultimate Strength of Steel Arches under Lateral Loads」 PROC. OF JSCE NO.292.DEC.1979.

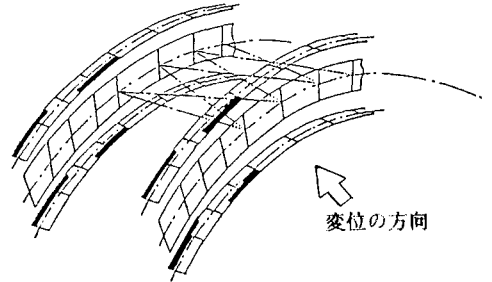


図-3 開断面アーチ橋の塑性図

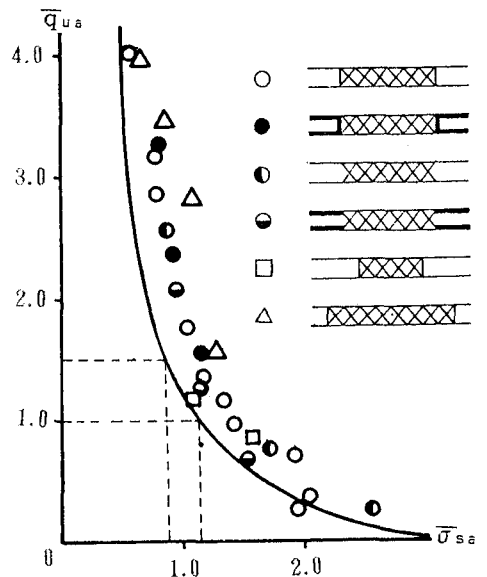


図-4 応力と水平耐荷力の関係

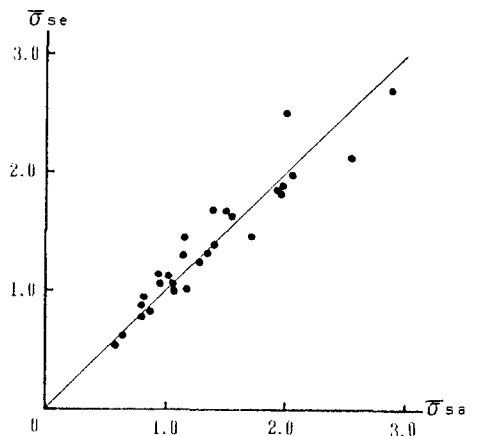


図-5 支点応力の近似計算の精度