

I-18

上路鋼アーチ橋の面外耐荷力性状について

熊本大学 正員 崎元 達郎
 熊本大学 正員 山尾 敏孝
 熊本大学 学生員 〇橋口 基
 熊本大学 岡本 剛治

1) まえがき: 著者らは、先に、図-1に示す構造系を含めた数種の数値モデルの有限変位弾塑性解析を行、た。その結果、取り扱った数値モデルの範囲で、面外座屈耐荷力に関して次のようなことが明らかになった。(1)(2)

a) アーチリブの面外変位にともない支柱が傾斜することにより、支柱を通してアーチに作用する荷重が面外座屈を助長する成分を持つ為、(図-2参照) 上路アーチ橋の面外座屈強度が著しく低下するという従来の研究結果(Östlund, Wästlund, Stüssi)は、面外曲げ剛性(EI_y)が ∞ の道路桁(計算上、桁の面外変位0の条件)を面外方向に回転自由なヒンジを上下端に有する支柱で支えた構造モデルに対してのみ正しい。

b) 図-1に示すようなより現実的な構造モデル、即ち、有限な面外曲げ剛性(EI_y)の道路桁と、アーチクラウン上に対傾構を有する場合には、桁がアーチリブの面外変位を拘束するので、面外座屈強度は増加する。系を安定させるこの拘束効果は、上記(a)に述べた支柱の傾斜により系を不安定にする効果を打ち消してあまりある。

c) 面外座屈強度の増加の程度は、桁がアーチリブの面外変位を拘束する程度に依存し、図-2アーチに作用する荷重がアーチリブの面外変位を拘束する程度は、桁の面外曲げ剛性(I_y)が大なるほど、桁とアーチリブとの鉛直距離(h)が小なるほど大きい。

d) 従、て、現行のDIN 4114及び道路橋で推奨されている上路アーチの有効座屈長さ係数($\varphi=1.45$)は、安全側に過ぎる場合があり、桁-支柱系のアーチリブに対する拘束の影響を考慮して再考する余地が残されている。

本報では、同解析で得られた弾塑性変形挙動に関する結果を整理し、上記の事実の背景にあるものを明らかにし、簡易な実用算定式導出の糸口を見出そうとするものである。

2) 解析モデルと数値解法: 解析モデルと数値解法については、文献

(1),(2)に示しているので省略し、ここでは、後の図表の理解に必要なパラメーターの定義のみ示す。アーチリブの断面積: A 、断面二次モーメント: I_y 、断面二次半径: $r_y=\sqrt{\frac{I_y}{A}}$ 、細長比: $\lambda_y=L/r_y$ 、 $\alpha_y=N_y/A=\sqrt{f_y/f_c} \cdot \lambda_y$ 、又、断面力は降伏断面力で、変位は支間で無次元化し、道路桁の面外曲げ剛性 I_{y0} は、アーチリブの面外曲げ剛性 I_y で無次元化する。

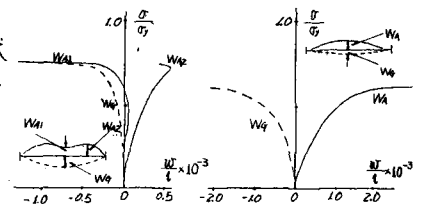


図-3 荷重-面外変位曲線 ($f_{y0}/f_y=1.0, \lambda_y=200$)

3) 解析結果: 図-3に荷重-面外変位曲線を示す。図-1(b)では桁とアーチが離れている為、桁とアーチは別の方向に変位するが、図-1(a)では桁とアーチが近い為その結合の程度が大きいので桁とアーチが同じ方向に変位する。断面力・変位のモードの一例を図-4に示す。軸力が二本のリブで異なるのは、アーチ全体の面外曲げの影響による圧縮と引張の軸力が二本のリブで逆に生じる為である。リブ毎の面外・面内曲げについては、横構取付点でジグザグ状の変化を生じるが、それぞれのリブで最大曲げモーメントを生じる位置が異なる。図-5に同じモデルの塑性域分布を示すが、図-4の軸力に対応して各々のリブ毎に異、た分布の発達をしている。面外変位モー

ドの荷重に対する変化(図-6)をみると、図-(a)ではクラウン部で桁がアーチを拘束する為、二波に変位していくが、図-(b)では桁とアーチが離れている為、フラウン部で桁がアーチをあまり拘束しないので一波のまま変位する。故に、フラウン部での拘束の程度によ、アーチの面外変位モードが変化する。これを図-7の面外変位モードと耐荷力の関係(破線:同モデルの桁と支柱を取り除きアーチリブに直接載荷した際の耐荷力;一点鎖線:現行の示方書による耐荷力)をみると、アーチリブのみの場合の耐荷力とほぼ同程度の耐荷力となるモデルは一波で変位するが、それより耐荷力が強いモデルは二波で変位する。 $C_4=0.1, I_{ay}/I_{ay}=0.1$ の場合の耐荷力が、アーチリブのみの場合の耐荷力よりも弱いのは、フラウン部に設けた対傾構が座屈した為、計算上、耐荷力を過少評価した可能性が高い。図-8に荷重に対するクラウン部断面の変形状態を示す。面内変位が二本のアーチリブで異なる為、クラウン部で面内曲げモーメントに差が生じる。(図-4参照) 桁とアーチリブの面外変位の差が大きくなると、対傾構に大きな力がかかり、座屈する可能性がある。又、支柱の傾斜角は(a)の方が大きい為、面外変位を助長する効果は(a)の方が大きい筈であるが、耐荷力は(a)の方が強い。故に、支柱の傾斜による面外変位助長効果は、桁がアーチを拘束する効果に比べて小さいものと思われる。

4) 結論: フラウン部で桁がアーチを拘束する度合いによ、耐荷力が異なる為、拘束の度合いを数値化できれば、変形モード及び耐荷力の推定は可能と思われる。又、桁とアーチが離れていて桁の剛性が弱い場合には、フラウン部に充分な剛度の対傾構を設ける必要がある。よって今後、面外変位が対傾構に与える効果、フラウン部での拘束度、及び $\lambda_y \leq 100$ の実橋の範囲における耐荷力などを詳しく調べて、実用耐荷力算定式を検討していく予定である。

参考文献

(1) 植田, 崎元, 小尾「上路アーチ橋の面外座屈耐荷力について」土木学会第35回年講概集 PP.247-248 昭58.9

(2) Sakimoto, Yamao 'Ultimate Strength.....' Preliminary Rep. of 3rd Int. Collog. on Stability of Metal Structures. PP.529-539 1983.11

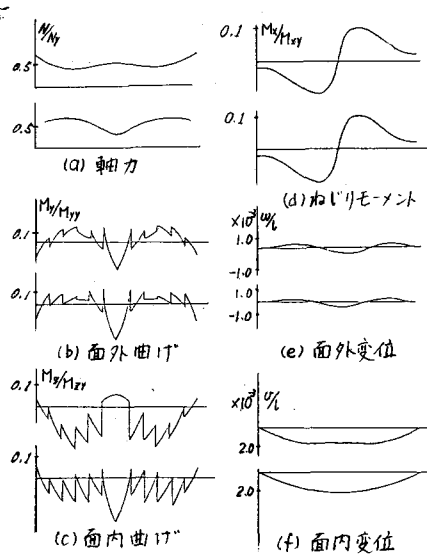


図-4 断面変位の変位方向変化
 $C_4=0.1, I_{ay}/I_{ay}=1.0, \lambda_y=200$

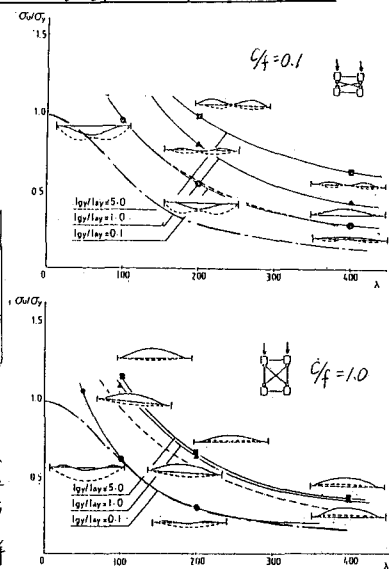


図-7 面外変位モードと耐荷力

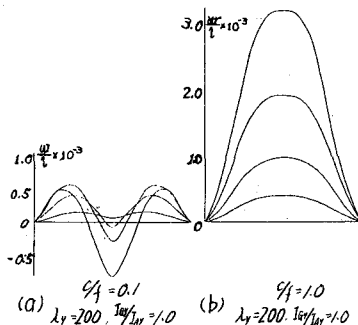


図-6 面外変位モードの荷重に対する変化

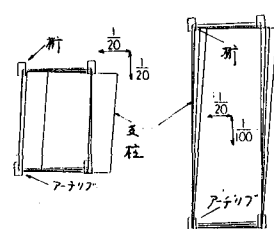


図-8 対傾構位置断面の変形
(a) $C_4=0.1, I_{ay}/I_{ay}=1.0, \lambda_y=200$ (b) $C_4=1.0, I_{ay}/I_{ay}=1.0, \lambda_y=200$