

I - A280

下路式アーチ橋の面外座屈に関する簡易計算法

横河ブリッジ 正会員 尾下里治

1. はじめに 道路橋示方書におけるアーチ橋の面外座屈の照査法は、十分に剛性のある横構、対傾構、橋門構を備えたアーチ橋を前提としているが、最近の下路式アーチ橋では、上横構を省略したラーメン形式のものも多くなっている。こうした構造の面外座屈の照査法としては、立体骨組モデルに対する弾性固有値解を用いた有効長さ手法¹⁾を用いればよいが、実務設計の上では、出来るだけ簡便な方法で座屈照査が行えるのが望ましいし、部材剛性と座屈強度とを関係付けながら設計できるのが理想である。そこで本文では、文献1)の有効長さ手法を用いて部材設計を行うときに必要となる弾性固有値解を、手計算で算出できる簡便法を示す。図1に示すように、2本のアーチリブと横つなぎ材から成るアーチ橋面を取り出して、面外変形に対して両端固定の柱部材として扱う。こうしたモデル化は、道路橋示方書をはじめとして一般的に行われているが、本文の特徴としては、横つなぎ材のせん断変形の影響を精度よく評価する点にある。

2. 弾性座屈強度の算出式 図1の条件下で、せん断変形の影響を考慮した弾性座屈強度は次式で与えられる²⁾。

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_o}{(L/2)^2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 E I_o}{(L/2)^2} \cdot \frac{1}{G A_s}} \quad (1)$$

$$I_o = 2 I_o + \frac{A_o B^2}{2} \quad (2)$$

ここで、 I_o ：片側アーチリブの鉛直軸回りの断面二次モーメント、 A_o ：片側アーチリブの断面積、 A_s ：横つなぎ材のせん断変形を考慮するためのせん断断面積、 E ：縦弾性係数、 G ：せん断弾性係数。

式中のせん断断面積 A_s は、横構形式の場合は一般に良く知られているが、ラーメン形式の場合は次式を用いればよい。

$$A_s = \frac{12 E}{G \left(\frac{\lambda B}{I_s} + \frac{\lambda^2}{2 I_o} \right)} \quad (3)$$

ここで、 λ ：支材間隔、 I_s ：支材の鉛直軸回りの断面二次モーメント。

実橋の場合は、各部材剛性や支材間隔が橋軸方向に一定ではないので、(1)式を用いる場合は、各支材間ごとに I_o と A_s とを計算した上で全長での平均値を用いる必要がある。

また、(1)式で求められる弾性座屈強度はアーチ単独のもので、下路式アーチの場合は吊材がアーチの変形を戻そうと働くので、座屈強度はこれよりも高くなる。道路橋示方書では、係数 $\phi (= 1 - 0.35k)$ を用いて有効座屈長を補正することとしている。また、崎元ら³⁾は、補剛桁とアーチリブとをそれぞれ一体断面

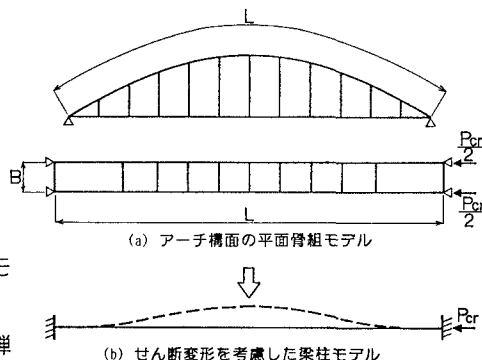


図1 アーチ橋面の面外座屈モデル

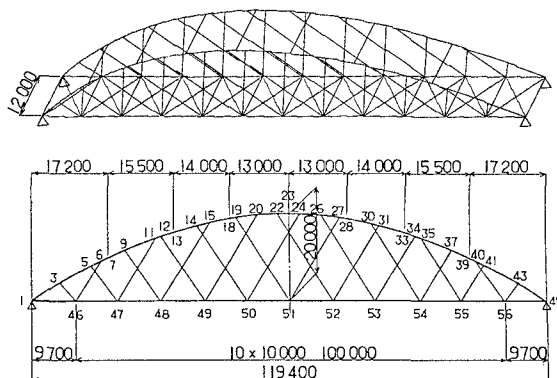


図2 立体モデルの骨組図

キーワード：アーチ橋、面外座屈、せん断変形、弾性座屈、有効座屈長

〒273 船橋市山野町27番地 TEL 0474-35-6161 FAX 0474-35-6160

と考えた場合の面外曲げ剛性の比率で評価できる式を提案している。

3. 計算例 ここでは、上横構のないニールセンローゼ桁の実橋を例にして、立体骨組モデルの弾性固有値解、アーチ部分のみを取り出した平面骨組モデルの弾性固有値解、そして(1)式による値の3者を比較する。

図2に立体モデルの骨組図、表1に部材剛性を示す。解析モデルとしては、表1の部材剛性を持つ通常モデルの他に、橋門構部分を補強したモデルも扱った。荷重は、死荷重と活荷重とを満載した場合を想定して、すべての補剛桁格点位置に集中荷重を載荷した。図3に梁柱モデルの断面定数の算出過程を示し、表2にはアーチリブの弾性座屈軸力の計算結果を各計算手法ごとに比較して示す。また、図4には骨組モデルを用いた場合の座屈モードを示す。これらの結果より、次のことがいえる。

(1) 本計算法③と平面骨組モデル②とによる弾性座屈軸力は、よく一致している。(2) 立体モデルによる結果①は、②あるいは③の値より通常モデルで約80%、補強モデルで約50%大きい。この増加率は道路橋示方書の係数 ϕ や文献③)の値よりも小さい。(3) 立体モデルの座屈モードは、平面骨組モデルのものとかなり違う。しかし、橋門構部分を補強すると、いずれも両端固定柱の座屈モードに近づいていく。

4. あとがき せん断変形を考慮した弾性座屈強度式(1)によって、ラーメン形式の場合でもアーチ橋面単独の面外座屈強度が推定できる。しかし、下路式アーチ橋特有の全体系としての座屈強度の増大については、本計算例の場合は従来からある推定式ではうまく評価できなかった。今後の課題である。

(参考文献) 1) 崎元・坂田・小堀: 弾性固有値解を用いた有効長さ手法による鋼アーチ系橋梁の弾塑性面外座屈強度の算定、構造工学論文集、Vol. 37A、1991. 3. 2) (社)日本鋼構造協会: 構造物の立体挙動と設計法、JSSCテクニカルレポート、No. 21、pp. 23~24、1992. 4.

表2 弾性座屈軸力の計算結果

	通常モデル	補強モデル
①立体骨組モデル	9036	9508
②平面骨組モデル	5120(1.76)	6360(1.49)
③本簡易計算法	5010(1.80)	6045(1.57)

() 内は①に対する比率

3) 崎元・鶴田・坂田: 下路式および中路式アーチ橋の弾塑性面外座屈強度、構造工学論文集、Vol. 34A、1988. 3.

表1 部材剛性

部位	部材	断面積 A (m ²)	断面二次モーメント 面内 I _y (m ⁴)	断面二次モーメント 面外 I _z (m ⁴)
アーチリブ	1-7	0.0880	0.0189	0.0123
	7-13	0.0739	0.0158	0.0102
	13-23	0.0668	0.0144	0.0093
補剛桁	1-46	0.0686	0.0111	0.0098
	46-47	0.0510	0.0083	0.0071
	47-49	0.0432	0.0069	0.0059
	1-45	0.0413	0.0065	0.0058
横桁	1.45	0.0593	0.0176	0.0050
	46-56	0.0333	0.0140	0.0003
上支材	7-18	0.0490	0.0098	0.0051
	23	0.0531	0.0155	0.0058
吊材	全部	0.00184	E=16000000kg/cm ²	

L = 127810						
19846 16653 14362 13044						
アーチリブ						
12000						
端横桁 支材						
I 7 13 18 23 平均						
通常 モデル	A _s (㎡)	0.000495	0.000588	0.000692	0.00082	0.000630
	I _y (㎡)	6.361	5.341	4.828	4.828	5.438
補強 モデル	A _s (㎡)	0.000814	0.000720	0.000692	0.00082	0.000763
	I _y (㎡)	6.376	5.341	4.828	4.828	5.438

図3 梁柱モデルの断面定数

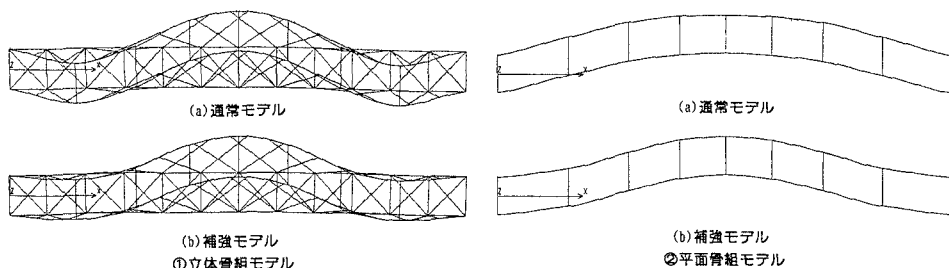


図4 骨組モデルの座屈モード