

上陸鋼アーチ橋の面外座屈耐荷力

熊本大学 正員 崎元 運郎 熊本大学 学生員 清水 隆志
 熊本大学 正員 山尾 敏孝 熊本大学 元元 誠朗

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面外座屈耐荷力性状について、有限変位弾塑性を考慮したパラメータ解析を行った。その結果、種々の耐荷力性状が明らかになり、耐荷力の簡易算定の試みも行った。ここでは、その後の計算結果も含めて、先に提案した簡易算定式の改良を行う。

2) 耐荷力の簡易算定式の考案方: アーチリブ、補剛材、支柱、横構、灯頭構からなる構造の耐荷力を、あくまで主構造であるアーチリブの強度で表現することを考える。アーチリブ以外の構造要素は、荷重の伝達(荷重方向の変化)、アーチリブの面外変形の拘束その他の複雑な影響をアーチリブに及ぼすことになる。基本的な考案方としては、DNV44や現行の道路橋示方書で採用しているように、有効細長比を適当に評価し、それを直柱の基準耐荷力式に代入して、アーチの面外座屈耐荷力を算定しようとするものであるが、座屈長さ係数を算定するのにDNVあるいは示方書のように弾性座屈解を利用することなく、実際の耐荷力解析の結果を利用して、直接求める長に特長がある。すなわち、有効細長比係数 λ を次式のように定義し、座屈長さ係数 K_y, K_z を適確に定めようとするものである。

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{E / E_0 \cdot K_y \cdot K_z \cdot L / r} \quad (1)$$

K_y = アーチリブ両支点の面外回転拘束を考慮する係数(固定0.5, ヒンジ1.0)
 K_z = 支柱・桁系によるアーチリブの面外変位拘束効果を考慮する係数
 K_x = 荷重方向の変化、その他に起因する不安定効果を考慮する係数

a) K_y の算定方法: 図2に示す簡易モデルにおいて、アーチクラウン部に作用させた P は、アーチリブの曲げ剛性 I_{ay} と桁の曲げ剛性 I_{xy} の比に分配されるから、アーチ系全体の曲げ剛性 I_y は、次式のように求められる。

$$I_y / I_{ay} = X / (P - X), \quad \bar{I}_y = I_{ay} + I_{xy} = \{1 + X / (P - X)\} I_{ay} \quad (2)$$

未知力 X は、アーチクラウンでの τ の値と τ の値の間の連続条件から定めることができるので系全体の等価断面二次半径 $\bar{r}$ は次式で与えられる。

$$\bar{r} = \sqrt{I_y / 2A} = \sqrt{I_{ay} / 2A} \cdot \sqrt{\bar{I}_y / I_{ay}} = \bar{r} / K_y$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ここに、} \\ K_y &= \sqrt{\bar{I}_y / I_{ay}} = 1 + \frac{R^3 \{0.25C_1 + C_2 (E I_{ay} / G J)\}}{(K_y + \alpha^2) \frac{I_{ay}}{A} + \frac{L^2}{48} \left(\frac{I_{ay}}{I_{xy}} \right)} \\ C_1 &= \{R(L-l) + fl\} / 8(R-f) \\ C_2 &= C_1 + L / 4R - l / 4(R-f) \end{aligned} \right\} (3)$$

G = セン断弾性係数 J = ねじり抵抗

R = アーチを円弧と考へた場合の半径 A_u = 付随構部材1本の断面積

この K_y を用い $K_y=0.5, K_z=1.0$ とし補正された有効細長比係数 λ を用い整理した結果を図3に示す。図の縦軸は、破壊直前の支点軸力 N_u をアーチリブ断面積 A_u で割った終局応力 σ_u を降伏応力 σ_y で無次元化したものであり、実線は直柱の基準耐荷力曲線(昭和48年示方書、式は図4中に示す)である。

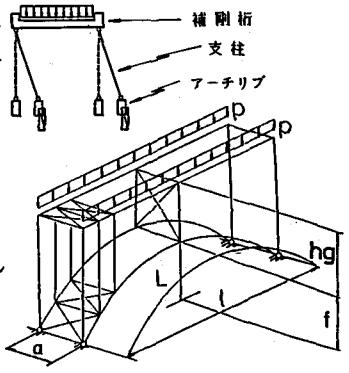


図-1 解析モデルの一般図及び断面図

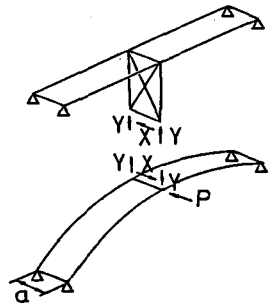


図-2 簡易モデル図

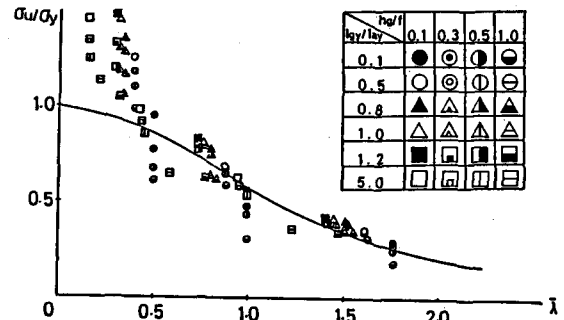


図-3 K_y のみによる補正効果 ($K_z=1.0$)

b) K_2 の算定方法: 表1に示す K_1 は図3に示す結果が耐荷力曲線上に示るような理想の K_2 である。そこで、この K_2 と耐荷力の計算結果とを回帰分析すると、次式が得られる。(ここで、 $\lambda = L/r$ とする。)

$$K_2 = 0.94 \cdot 0.33 (R_g/f) - 0.05 (I_{gy}/I_{ay}) - 0.025 (\gamma/100) \quad (4)$$

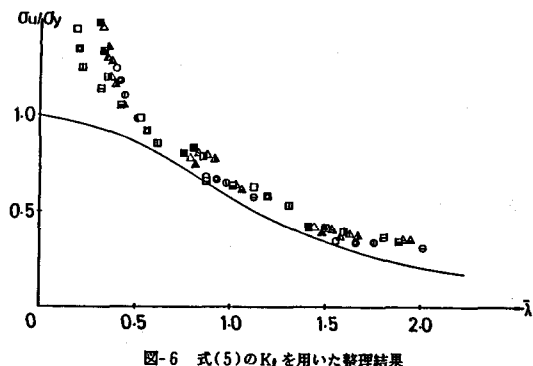
この K_2 を用い耐荷力の精度を判定した結果を図4に示す。ところで、崩壊時の面外変位モードを検討してみると図5(1)(2)に示すように、 $I_{gy}/I_{ay} = 0.1$ の場合は、直線桁の面外変位がアーチリブのそれと比べて非常に大きく、アーチリブより先に崩壊していると考えられる。このことより、 $I_{gy}/I_{ay} = 0.1$ の場合は、美構造として、桁とアーチをアーチクラン部で剛結($R_g/f \leq 0.1$)とすべきであると2除外し、それ以外の計算値に対し安全側になるように K_2 を定めると次式を得る。

$$K_2 = 1 + 0.30 (R_g/f) + 0.05 (I_{gy}/I_{ay}) - 0.02 (\gamma/100) \quad (5)$$

この K_2 を用い耐荷力の精度を判定した結果を図6に示す。また、より簡単に K_2 が (R_g/f) のみに影響されると考え2上の場合と同様に、 $I_{gy}/I_{ay} = 0.1$ の場合を除く他の計算値に対し安全側になるように K_2 を定めると次式を得る。

$$K_2 = 1 + 0.53 (R_g/f) \quad (6)$$

この K_2 を用い耐荷力の精度を判定した結果を図7に示す。
3) あとがき: 先に述べたようにアーチリブと桁をアーチクラン部で剛結する必要がある場合の桁の剛性の境界を明確にすることは、他のパラメータの変化に対してもこの算定式が有用であるか検討していく予定である。



参考文献

- (1) 崎元山尾 雅田; 環学会第38回年報概集 pp 247-248, 1983.9
- (2) 崎元山尾 雅田・岡本; 環学会西部支部研究発表会概集 pp 38-39, 1984.2
- (3) Sakimoto, T. and T. Yamao; Preliminary Report of 3rd Int. Colloq. on Stability pp 529-536, 1983.11 (Paris)
- (4) 崎元山尾 岡本; 環学会第39回年報概集 pp 98-99, 1984.10

表-1 耐荷力の計算結果 (σ_u/σ_y) と K_1

I_{gy}/I_{ay}	h_g/f	λ	σ_u/σ_y	K_1	I_{gy}/I_{ay}	h_g/f	λ	σ_u/σ_y	K_1	I_{gy}/I_{ay}	h_g/f	λ	σ_u/σ_y	K_1
0.1	0.1	100	0.95	0.494	0.8	0.1	100	1.35		1.2	0.1	100	1.48	
		200	0.55	1.042			200	0.74	0.919			200	0.80	0.854
		400	0.29	0.939			400	0.39	0.911			400	0.42	0.925
		1000	0.11	1.394			1000	1.28				1000	1.33	
	0.3	100	0.77	1.205		0.3	100	0.77	0.851		0.3	100	0.83	0.769
		200	0.47	0.978			200	0.47	0.944			200	0.48	0.940
		400	0.27	0.978			400	0.27	0.944			400	0.27	0.944
		1000	0.11	1.740			1000	1.16				1000	1.20	
	0.5	100	0.67	1.294		0.5	100	0.67	0.848		0.5	100	0.78	0.900
		200	0.43	1.043			200	0.43	0.941			200	0.43	0.969
		400	0.24	1.043			400	0.24	0.941			400	0.24	0.969
		1000	0.11	1.921			1000	1.04				1000	1.05	
	1.0	100	0.61	1.642		1.0	100	0.61	1.142		1.0	100	0.63	1.084
		200	0.30	1.642			200	0.30	1.142			200	0.30	1.084
		400	0.18	1.225			400	0.18	0.971			400	0.18	1.017
		1000	0.11	2.225			1000	1.14				1000	1.15	
0.5	0.1	100	1.25	0.960	1.0	0.1	100	1.45		5.0	0.1	100	1.45	
		200	0.68	0.960			200	0.77	0.896			200	0.98	0.276
		400	0.35	0.918			400	0.41	0.915			400	0.63	0.965
		1000	1.18				1000	1.30				1000	1.35	
	0.3	100	0.67	0.978		0.3	100	0.83	0.819		0.3	100	0.92	0.786
		200	0.43	0.934			200	0.40	0.930			200	0.40	0.930
		400	0.24	0.934			400	0.24	0.930			400	0.24	0.930
		1000	1.10				1000	1.18				1000	1.25	
	0.5	100	0.63	1.012		0.5	100	0.78	0.866		0.5	100	0.85	1.148
		200	0.34	0.933			200	0.38	0.960			200	0.53	1.071
		400	0.18	0.933			400	0.18	0.960			400	0.18	0.960
		1000	0.98	1.301			1000	1.05				1000	1.14	
	1.0	100	0.58	1.115		1.0	100	0.63	1.150		1.0	100	0.65	1.519
		200	0.31	0.978			200	0.31	0.939			200	0.31	0.939
		400	0.14	0.939			400	0.14	0.939			400	0.14	0.939
		1000	0.14	0.939			1000	0.14	0.939			1000	0.14	0.939

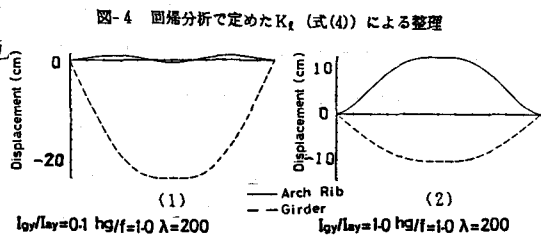
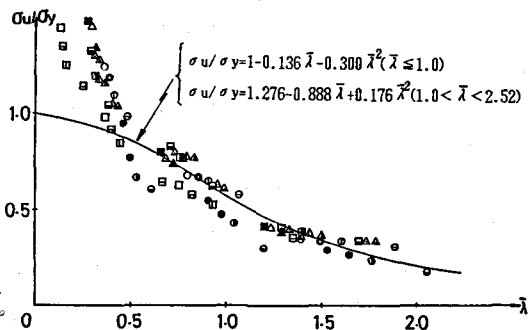


図-5 I_{gy}/I_{ay} の大小による桁及びアーチリブの崩壊時面外変位

