

I - 1 7 集成材アーチ橋の設計基準について

秋田大学 正員 薄木征三、亀井義典、長谷部薫

1. まえがき 厚さ5cm以下のひき板を接着剤によって接着し積層した木はりまたは柱を集成材といい、これまで主として建築資材として我が国では利用されてきている。その背景として、我が国では天然の大径材は入手し難いこと、戦後植林した人工林が成長してきているが、強度的には天然木に比べて劣ること、その反面、鋼やコンクリートに代表される無機質の人工材料から成る構造物に比べて景観上優れている場合があることなどの理由がある。

土木構造への集成材の利用を考える場合、様々な障害が考えられる。それは建築物と異なり、多くの場合集成材は屋外において使用され、風雨にさらされることであろう。しかしながら社会資本としてのインフラがそう遠くない将来に完備されうる見通しがある現在において、集成材の様なソフトな材料から成るハードウェアの研究も土木の領域を広げる上で有効と考えられる。

ここでは以上の観点から、集成材アーチの設計法についてA I T C（アメリカ木構造協会）のマニュアルを紹介すると共に、ボニーアーチへ応用する場合の著者らの見解を述べたい。

2. アーチの設計基準

1) 許容応力度 表一1に許容応力度の種類と杉と米松の場合の値を示す。これは昭和55年建設省告示によるものである。これらの値に様々な係数が乗じられて、曲げ応力度の場合

$$Fb' = Fb \cdot C_D \cdot C_F \cdot C_L \cdot C_c \cdot C_n \cdot C_p \quad (1)$$

となる。ここで係数 C_D 、 C_F 、...は 表一2に示す内容を持つ。この他に4種類の係数があるがまれにしか使われない。図一1(a)の屋根アーチの場合は、 $C_n = 1$ となるが雨を受ける図一(b)の場合には $C_n = 0.8$ となる。また F_t や F_v など応力の種類によってこれら係数も変わる。表一2で○は係数を考慮する必要がある場合、×は不要の場合である。

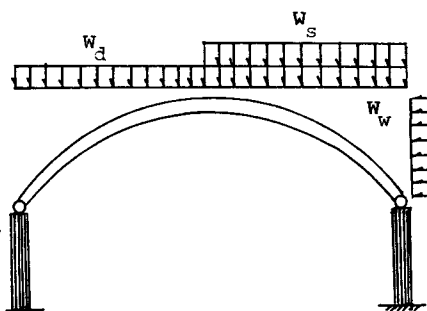
2) 構造解析

(a) 図の場合、死荷重 W_d (t/m) と雪荷重 W_s 及び風荷重 W_w に対してアーチ各点の断面力を求める。雪荷重は全載と半載について値を求める。(b) 図の場合は、各点の影響線を求めた後、L 荷重の P と p 、歩行者荷重 W_p 、死荷重 W_d および雪荷重 W_s を作用させる点は、通常の橋梁と同様であろう。

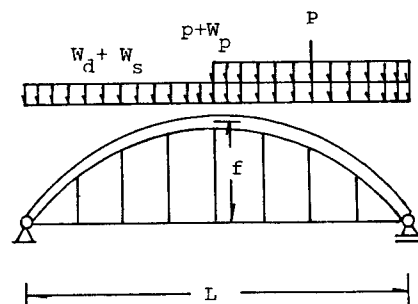
3) 軸力と曲げを受ける部材の応力照査

a) 座屈許容圧縮応力度 F_c'

図一1(a)の場合、吊材または支柱はないので、アーチ面内の柱としての有効座屈長は曲げモーメント M が最大となる



図一1(a) アーチ屋根



図一1(b) ボニーアーチ

表一2 修正係数

表一1 許容応力度							表一2 修正係数						
	曲げ F_b kg/cm	引張り F_t kg/cm	圧縮 F_c kg/cm ²	支圧 $F_{c\perp}$ kg/cm ²	せん断 F_v kg/cm ²	ヤング率 E kg/cm ²		F_b	F_t	F_c	$F_{c\perp}$	F_v	E
杉	115	115	80	20	9	80,000	荷重作用期間係数 C_D	○	○	○	×	○	×
米松	145	145	105	30	12	100,000	寸法係数 C_F	○	×	×	×	×	×
							はりの横安定係数 C_L	○	×	×	×	×	×
							柱の横安定係数 C_p	×	×	○	×	×	×
							曲率係数 C_c	○	×	×	×	×	×
							湿潤係数 C_n	○	○	○	○	○	○

雪荷重半載の場合の曲げモーメントMが0となる点と支点を結ぶ直線距離を座屈長とする。しかしM=0となる点はアーチ頂点に近いので、図-2(a)のように座屈長L'を定める。

面外への柱の座屈に対しては図-2(b)のようにもや間隔を有効座屈長とする。図-1(b)では格間長が有効座屈長となるが、ボニー形式であるとアーチ面外へは両支点で固定の柱となろう。面内座屈に対しても細い吊材の場合支点としての効果は期待できず、図-1(a)と同じ考えが必要となろう。以下に手順を記すと

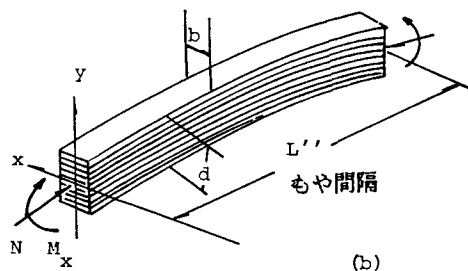
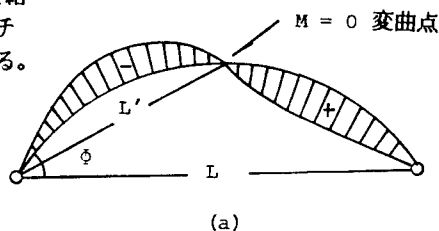


図-2 座屈有効長

$$L' = (L/2) / \cos(\phi/2) \quad (2)$$

$$(le/d)x = L' / d \quad (3)$$

$$(le/d)y = L'' / b \quad (4)$$

ここに le/d は細長比に相当する。

$(le/d)x > (le/d)y$ の場合を示すと

$Kx = 0.671\sqrt{E_x/Fc''}$ の値によって

$$\left\{ \begin{array}{ll} Kx < (le/d)x < 50 \quad \text{なら長柱} & Fc' = 0.30E_x' / (le/d)^2 \\ 11 < (le/d)x < Kx \quad \text{なら中間柱} & Fc' = Fc'' \cdot \{1 - (le/d/K)^4/3\} \quad (5) \\ 11 > (le/d)x \quad \text{なら短柱} & Fc' = Fc \cdot C_D \cdot C_n \dots \end{array} \right.$$

と分類され、それぞれの場合の許容応力度 Fc' を求める。 Fc'' は式(1)で C_p 以外の係数を乗じた値である。

b) 座屈許容曲げ応力度

有効座屈長 le 、はりの横安定係数 C_s 、および係数 C_k を次式で求める。

$$le = k \cdot l_u, \quad C_s = \sqrt{le \cdot d / b^2}, \quad C_k = 0.956\sqrt{E_y / F_{bx''}} \quad (6)$$

ここに $F_{bx''}$ はx軸まわりの許容曲げ応力度 F_{bx} に C_L 以外の係数を乗じたもの。 l_u は図-2(b)の L'' に等しく、係数 k は荷重状態によって異なる。この結果

$$\left\{ \begin{array}{ll} C_s < 10 \quad \text{なら短梁} \\ C_L = 1 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{ll} 10 < C_s < C_k \quad \text{なら中間梁} \\ C_L = 1 - (C_s/C_k)^4/3 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{ll} C_k < C_s < 50 \quad \text{なら長梁} \\ F_{bx'} = 0.609E_x' / C_s^2 \end{array} \right\} \quad (7)$$

となる。これより曲げ許容応力度は、 $F_{bx'} = F_{bx''} \cdot C_L$ から得られる。

c) 応力照査

荷重による実応力度を軸力に対して $f_c = N/A$ 、曲げに対して $f_{bx} = M_x/W_x$ により求め (A = 断面積、 W_x = 断面係数)

$$\frac{f_c}{F_c'} + \frac{f_{bx}}{F_{bx'}} < 1 \quad (8)$$

を満たすと合格となる。この他半径方向応力とせん断応力についても検討することになっている。

文献: Timber Construction Manual, 3rd edition, AITC, 1985