

汎用プログラムによるプレストリブアーチの面内座屈解析

(株)横河技術情報 正会員 古田秀博
 パシフィックコンサルタント(株) ○鈴木健嗣
 豊橋技術科学大学 正会員 草間晴幸

1. はじめに

プレストリブアーチ橋はアーチ橋とトラス橋の特徴を効率的に兼ね備えた構造である。アーチを形成することにより荷重に対して圧縮力で抵抗し、その圧縮力に対しては安定な三角形の構造要素材が軸力で抵抗する。また、プレストリブアーチ橋の構造的長所としては、アーチリブ断面が形状の変化に対応しやすく横断面の幅を自由に考えることができ、経済的な設計が可能である。

本研究は代表的な2ヒンジプレストリブアーチを解析し、設計する際に考慮すべき部材要素の定量的な考察を行い、設計に当たって留意すべき点を提示するものである。

2. COSMOS/Mの解析精度の照査

本研究における解析は全て汎用プログラム COSMOS/M を使用しており、以下に示す非線形構造の数値実験によりその精度の照査を行い、十分に精度があると判断した。

- ① 3 ヒンジトラス、バネ付き3 ヒンジトラスによる飛移座屈の解析
- ② 部材の圧縮耐力を考慮した単位ドームの解析
- ③ 荷重モードの変化による圧縮耐力や変位の進む方向の変化を考慮した偏平立体トラスの解析
- ④ セン断の影響を考慮しなければならない組立柱の解析

3. プレストリブアーチの面内座屈に関する解析

本研究では、ライズ比 f/L と h/L をパラメータとして、Fig.1 に示す2 ヒンジプレストリブアーチモデルについて解析を行った。

組立柱の座屈荷重を求める場合「せん断力がひずみに及ぼす影響は中実柱よりもプレストドコルムの方が大きい」という理論に基づき、中実柱の座屈荷重はせん断力の影響を低減率を乗ずる形で定式化される。プレストリブアーチにおいても同様のことがいえるはずである。つまり、2 ヒンジアーチの面内座屈荷重に低減率を乗ずる形でせん断力を考慮したプレストリブアーチの弾性面内座屈荷重を表すことが出来る。

$$H_{cr} = \frac{H_e}{1 + H_e/H_d}; H_e = \frac{EI^2}{L^2} [4\pi^2 \{1 - 8(F/L)^2\}]; H_d = \frac{\{(h-C)^2 + a^2\}^{3/2}}{A_d E a (h-C)^2} + \frac{h}{a A_b E}$$

ここで、

- I ; 上下弦材の慣性のモーメント
 C ; $[f - 4f(L-d)d/L^2]/n$ で表される c の平均値
 F ; $f-h/2$ で表されるライズ (Fig.1 参照)
 d ; 左右端の三角形を成している部分の水平長さ
 A_d ; 斜材の総断面積
 A_b ; 鉛直材の総断面積
 H_e ; 2 ヒンジアーチの面内座屈荷重

さらに、初期不整の低減率 α を導入すると、初期不整の影響を考慮した座屈荷重は $\bar{H}_{cr} = \alpha H_{cr}$ となる。

以上の式より、 h が大きいほどせん断の影響は大きくなり、初期不整の影響は小さくなると考えられる。また α は、リブ高比 h/L の逆数の自乗に反比例すると考えられる。Table.1 に上式から計算された座屈荷重と COSMOS/M の計算結果を比較したものを示す。Fig.2 は、 $f/L = 1/6$ における弾性と弾塑性大変形解析の結果であり、Fig.3 は、 $f/L = 1/6$ 、 $f/L = 1/8$ 、 $f/L = 1/10$ における弾塑性大変形解析の結果である。幾つかの参考文献によれば、プレストリブアーチに対して $f/L = 1/6 \sim 1/10$ 、 $h/L = 1/15 \sim 1/45$ が適切な範囲とされている。しかし Fig.2 によれば $f/L = 1/6$ の結果に比べ $f/L = 1/8$ 、 $1/10$ の場合は局部座屈の影響が大きくなり耐荷力の減少が生じると考えられる。

Fig.4 は、 $f/L = 1/6$ 、 $h/L = 1/15$ 、 $1/30$ 、 $1/45$ 、 $1/60$ (曲線 a, b, c, d) の場合における、弾性大変形解析の載荷荷重と推力の関係を表した結果である。Fig.5 は、 $f/L = 1/6$ 、 $h/L = 1/60$ の場合における載荷荷重と推力の関係を表した結果であり、曲線 a は弾性大変形解析、曲線 b、c は弾塑性大変形解析 (接線係数 $EX = E/2$ 、 $E/50$) を示す。

4. 結論

本研究により2ヒンジプレストリップアーチはせん断や局部座屈の影響が大きいことが判った。
また、弾性面内座屈荷重の定式化と、 f/L と h/L の適切な範囲を提示することが出来た。

参考文献

- 1) 半谷裕彦：構造安定解析（スペースフレーム(立体格子構造)設計・解析・施工）； 1983, 国際シェル学会
- 2) 福本晴士：座屈設計のガイドライン 土木学会；1987, 技報堂

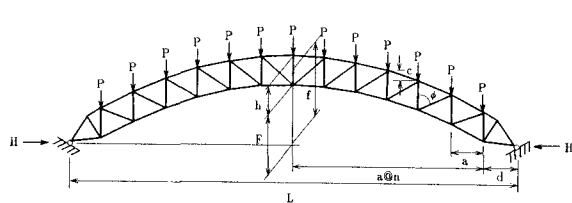


Fig.1

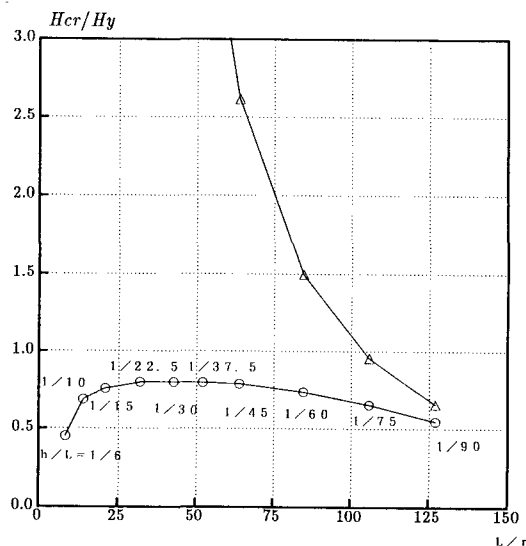


Fig.2

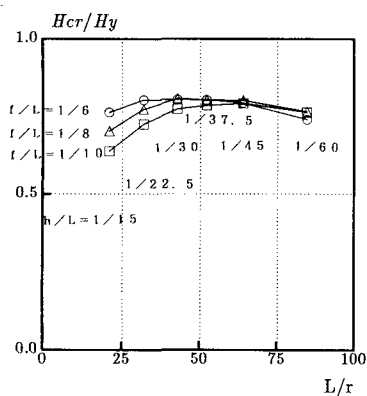


Fig.3

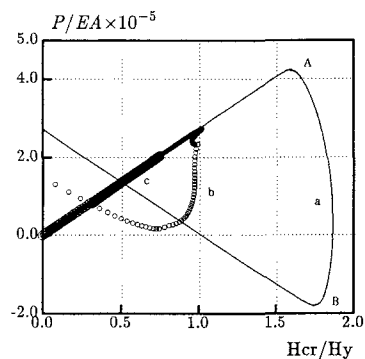


Fig.4

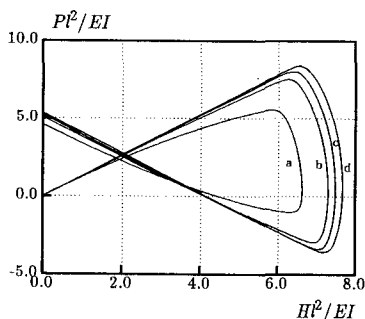


Fig.5

unit: tf

	L/r	h/L	$H_e (H_e/H_{co})$	$H_{cr} (H_{cr}/H_{co})$	H_{cr}/H_e	H_{co}
a	21	1/15	7976 (1.50)	5780 (1.09)	1/1.38	5315
b	43	1/30	1848 (1.31)	1691 (1.20)	1/1.09	1406
c	64	1/45	808 (1.29)	776 (1.24)	1/1.04	628
d	85	1/60	460 (1.28)	450 (1.25)	1/1.02	359
e	106	1/75	293 (1.28)	289 (1.26)	1/1.01	229
f	127	1/90	203 (1.28)	201 (1.26)	1/1.01	159

H_e : 2ヒンジアーチの面内座屈荷重 (せん断を考慮しない面内座屈荷重)

H_{cr} : プレストリップアーチの面内座屈荷重 (せん断を考慮した面内座屈荷重)

H_{co} : COSMOS/Mによる解析結果

Table.1