

I-83

ニールセンローゼ橋アーチリブの合理的設計法について

大阪市立大学 正員 阪野雅則

大阪市立大学 正員 中井 博

大阪市立大学 正員 北田俊行

1. まえがき

ニールセンローゼ橋のアーチリブを設計する場合、現在のところ、有効座屈長の概念が用いられている。その有効座屈長は、以下に述べるような慣用的な方法や、弾性座屈解析により決定されているが、現行の設計法には、統一した決定方法が示されていないのが現状である。そこで、本研究では、ニールセンローゼ橋を3次元骨組構造物として弾塑性有限変位解析¹⁾を行い、そのアーチリブの合理的な有効座屈長の決定法について検討したので、ここに報告する。

2. 現行の設計法

既設のニールセンローゼ橋における有効座屈長は、表-1に示すように、面内に対してはケーブル間隔の2倍、面外に対しては上横構間隔を採用しているものが多い²⁾。アーチリブの有効座屈長が決まると、アーチリブは軸方向力と曲げモーメントとを受ける圧縮部材として道路橋示方書(以下道示とする)に従って設計することができる³⁾。道示の座屈照査式を、終局状態における断面力を用いて表すと、次式のようになる。

$$\frac{P}{P_{cu}} + \frac{M_y}{M_{yu}(1-P/P_{yer})} + \frac{M_z}{M_{zu}(1-P/P_{zor})} \leq 1.0 \quad \text{---(1)}$$

ここに、

$P = \alpha P_1$, P_1 : 道示に定める設計荷重による軸方向力

$M_y = \alpha M_{y1}$, M_{y1} : 道示に定める設計荷重による面内曲げモーメント

$M_z = \alpha M_{z1}$, M_{z1} : 道示に定める設計荷重による面外曲げモーメント

P_{cu} : 道示に定める柱の基準圧縮強度

P_{yer} , P_{zor} : Y軸, Z軸まわりのオイラ座屈荷重

このように荷重係数 α を用い、 α 倍した荷重に対する軸方向力と曲げモーメントで式(1)の左辺を計算し、その値が1よりも小さくなるようにアーチリブの断面を設計すればよいことになる。

3. ニールセンローゼ橋アーチリブの耐荷力に関する有限要素解析

(1) 解析モデル

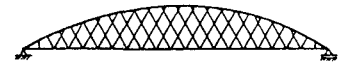
図-1に示すような平面解析モデルと図-2に示すような立体解析モデルとを考えた。平面モデルに関しては、 L/r_y を100~600の範囲で変化させた。ここに、 L はアーチスパン長、 r_y は面内の断面二次半径である。立体モデルについては、両主構を1~4本の上横構でつなぎ、平行弦タイプおよびハスクットタイプ⁴⁾の2種類のものを考え、それぞれに対し上横構間隔 l と面外断面二次半径 r_z の比 l/r_z をパラメータとし、その値を20, 50, 80に変化させた。

(2) 終局状態におけるアーチリブの変位形状

図-3に立体モデルA-TypeおよびB-Typeのアーチリブの終局状態における面外方向の変位形状を示す。この図より、A-Typeでは面外水平方向に半波形のたわみを伴う全体座屈が発生し、B-Typeでは上横構間のアーチリブが面外水平

表-1 実橋の有効座屈長の取り方

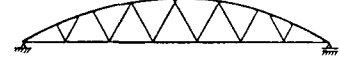
	有効座屈長	橋数	
面内座屈	d	1	
	$2d$	6	
	$2l$	1	
	$3l$	1	
面外座屈	l	9	



(a) ケーブル本数 実橋と同じ

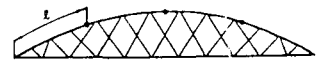
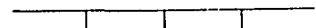


(b) ケーブル本数 実橋の 1/2

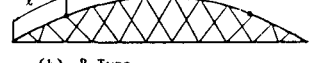


(c) ケーブル本数 実橋の 1/3

図-1 平面解析モデル



(a) A-Type 図は、桁支材 3 本の場合



(b) B-Type 図は、横支材 4 本の場合

図-2 立体解析モデル

方向内側にたわむ上横構間の θ° 初座屈が発生していることがわかる。

(3)終局状態における軸力と面内曲げモーメントの相関曲線の作成

まず、解析モデルの下弦材に等分布活荷重 αp を載荷する。次に、荷重増分法により弾塑性有限変位解析を行い、終局状態時の荷重 θ° ラメータ α_u を求める。そして、解析モデルに $\alpha_u p$ なる荷重を載荷し、弾性微小変形解析を行って θ° リブに作用する軸方向力 P と面内曲げモーメント M_y を求める。以上の方法で得られた最大の P と M_y を用い、式(1)の左辺の第1項および第2項を計算し、相関図上にプロットする。式(1)の P_{cu} 、 P_{cr} を求める際には有効座屈長を必要とするので、有効座屈長を種々に変化させて相関図を描き、有効座屈長の妥当性について検討する。

(4)耐力相関図を用いた有効座屈長の検討

θ° リブの終局状態における軸方向力と曲げモーメントとの相関図を、図-4~6に示す。図中の破線は、道示の耐力相関曲線式(1)である。これらの図から、面内に関する有効座屈長は0、面外に関する有効座屈長は上横構間隔 l にとつておけば十分に安全な設計ができることがわかる。A-Type、B-Typeの解析結果では、A-4-80(上横構4本、 $l/r_z=80$)、B-1-20の結果が、最も危険側であったので、これらの場合に対して有効座屈長を横支材間隔の0~1.0倍の範囲で変化させて計算した結果を図-7に示す。この図より有効座屈長を、A-Typeでは0.9 l 、B-Typeでは0まで短くできることがわかる。

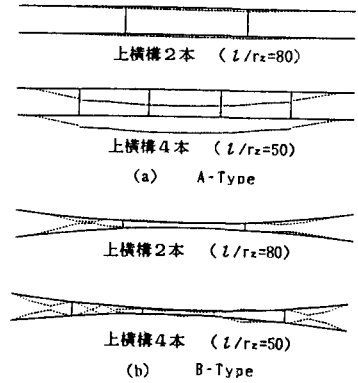


図-3 終局状態での変位形状

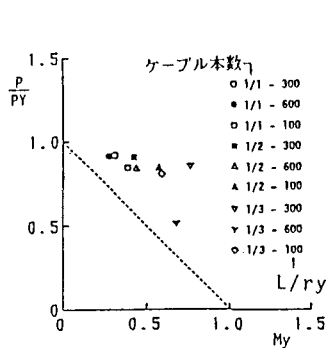


図-4 平面解析モデル 耐力相関図
(有効座屈長 面内 0, 面外 0)

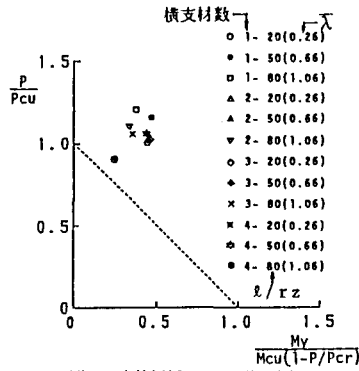


図-5 立体解析モデル 耐力相関図
(A-Type)
(有効座屈長 面内 0, 面外 l)

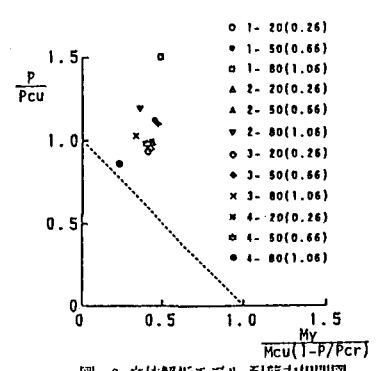


図-6 立体解析モデル 耐力相関図
(B-Type)
(有効座屈長 面内 0, 面外 l)

4. まとめ

弾塑性有限変位解析により、ニルンベ橋の θ° リブの簡便で合理的な有効座屈長の取り方について考察を加えた。今後は、変断面の θ° リブの場合や、ハスクット型の場合には、 θ° リブの傾斜角と面外に関する有効座屈長の関係についても調べる必要があると思われる。

参考文献

- 1) Memoirs of the Fac. of Eng., Osaka City Univ., Vol. 26, pp. 251-271, December, 1985
- 2) 道路橋示方書・同解説、I. 共通編、II. 鋼橋編、丸善、昭和55年2月
- 3) (社)建設コンサルタツ協会近畿支部、長大鋼橋研究委員会： θ° リブ橋の実績調査報告、昭和60年6月

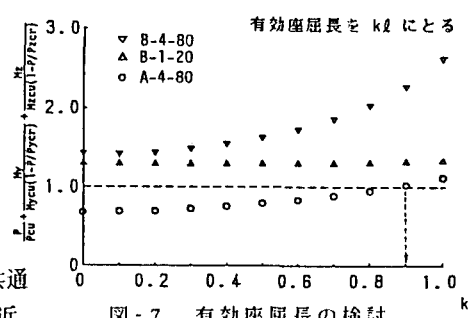


図-7 有効座屈長の検討