

大阪大学工学部 正会員 前田 幸雄

大阪大学工学部 正会員 林 正

大阪大学大学院 学生員 森川 孝義

1. まえがき アーチ橋のような高い軸圧縮力を受ける構造物においては、面外性状に対し面内荷重の影響は無視できないものと思われるが、これまでの研究ではまだ十分に明らかにされていない。そこで本研究では、2本のリブを有するアーチについて、立体大变形解析法¹⁾を用いて数値計算を行い、種々のパラメータの値を変化させて面外非線形性状に関する若干の資料を得たのでここに報告する。

2. 計算例 (1) 構造形式: 研究の対象としたアーチは、図-1に示すような横構を有する放射線固定アーチである。ライズ比は $f/L = 0.15$ 、主拱間隔は $B/L = 0.1$ とした。アーチリブの風下側の節点には0から20まで、風上側には0'から20'までの番号を付けた。

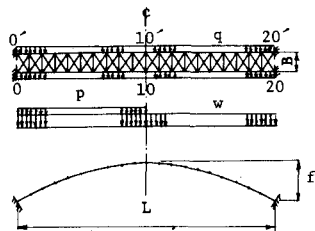


図-1 計算例

(2) 荷重条件: 載荷方法は、等分布死荷重を満載し、次に等分布活荷重を半載した上で、面外荷重をアーチリブ軸線長当り等分布として載荷した。

(3) 無次元パラメータ: 数値計算結果に一般性を持たせるために、剛性及び荷重強度に関する量を無次元パラメータとし次のように定義した。表-1, 2に、計算に用いた値を示す。ただし、横構においては、支材のねじり剛性と鉛直軸まわりの曲げ剛性を無視した。また、ブレース材では伸び剛性のみを考慮した。

剛性に関するパラメータ:

アーチリブ: $\lambda = L\sqrt{A/I_y}$, $K = I_z/I_y$, $\phi = GJ/EI_y$

横 構: $\lambda_s = L\sqrt{A_s/I_s}$, $K_s = I_{ps}/I_y$, $\lambda_b = L\sqrt{A_b/I_y}$

荷重に関するパラメータ:

死荷重: $\gamma = w/w_0$, 活荷重: $\beta = p/w_0$, 面外荷重: $\mu = q/w_0$

表-1 剛性に関するパラメータ

Arch	λ	200					
	K	0.5					
Rib	ϕ	0.0	0.1	0.5	1.0		
	λ	50.0					
Strut	K	0.1	1.0				
	λ	50.0					
Bracing	λ	0.0	10.0	20.0	30.0	50.0	100.0

表-2

γ	1.0	2.0
β	0.0	0.2
μ	0.1	0.3

ここに、 $EI_{y(z)}$:アーチリブの面内(外)曲げ剛性、 GJ :アーチリブのねじり剛性、 A :アーチリブの断面積

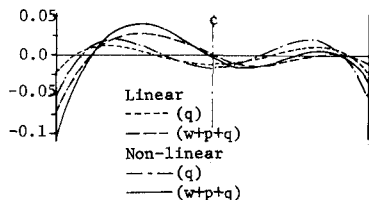
A_s :支材の断面積、 EI_{ys} :支材の水平軸まわりの曲げ剛性、 A_b :ブレース材の断面積

$w_0 = \alpha(f/L)(EI_y/I_z)$:限界死荷重、 α :アーチ橋の座屈係数²⁾

$M_y \times [EI_y/L]$ ($\phi=0.1, K_s=0.1, \lambda_b=10$)

3. 計算結果 以下の図は $\gamma=2.0$, $\beta=0.2$, $\mu=0.3$ の場合である。

(1) 断面力分布: 図-2は風上側アーチリブの面内モーメント図である。図中非線形値(8)は面内、外の荷重の組み合わせ($w+p+q$)による非線形値から面内荷重($w+p$)のみによる非線形値を引いた値を示す。図の剛性の組み合わせでは固定端モーメントは最大であるが、剛性の変化につれモーメント分布は変り、固定端モーメントが常に最大とは限らない。図-3

図-2 アーチリブの面内モーメント ($\phi=0.5, K_s=0.1$)

はアーチリブの軸力図である。面内荷重のみの載荷時に比し、面外荷重の影響によりアーチリブの軸力は、風下側では増加し、風上側では減少している。図-4はブレース材の圧縮部材の軸力分布を示している。 $\lambda_b=100$ の時には、固定端に最大軸力が生じるが、 λ_b が減少するにつれ最大軸力の生じる位置が支間中央側に移動している。

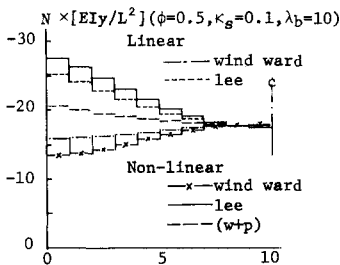


図-3 アーチリブの軸力

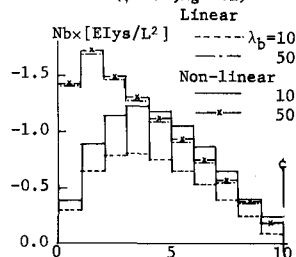


図-4 ブレース材の軸力

(2) 固定端面内, 面外モーメント: 図-5は風上側固定端における面内モーメント(M_y)の ϕ , λ_b による変化を示している。線形解においては ϕ にかかわらず λ_b が大きくなる程, M_y も大きくなるが, 非線形解においては ϕ が0.1より小さくなると, λ_b の増加につれ M_y は減少するため, ϕ, λ_b が共に小さくなると大きな非線形性があらわれる。また, ϕ が小さく λ_b が小さい時, 横荷重のみによる M_y は極めて小さな値となっている。図-6は節点0における面外モーメント(M_z)の変化を示す。 ϕ の影響は少ないが, λ_b が減少するにつれ M_z の急激な増加が生じ $\lambda_b=10$ の時には, M_z よりも大きな値となっている。

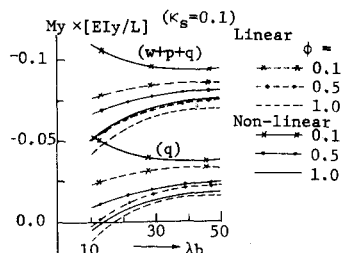


図-5 面内モーメント(風上側リブ固定端)

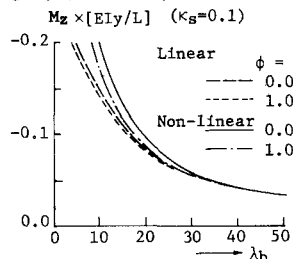


図-6 面外モーメント(風下側リブ固定端)
($\phi=0.1, k_s=0.1$)

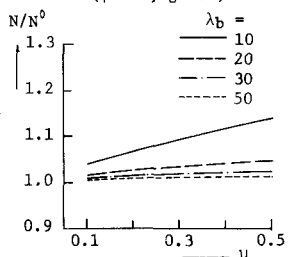


図-7 軸力(風下側リブ固定端)

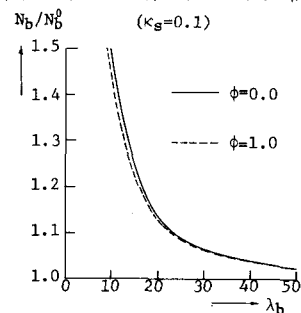


図-8 面外変位(アーチリブクラン) 図-9 軸力(風下側リブ固定端) 図-10 軸力(節点2-3のブレース材)

(3) 非線形性: 計算結果は線形解と非線形解の比で表わす。

μ の影響: 図-7は $r=20, \beta=0.2$ の場合における, アーチリブの風下側固定端軸力を表わす。断面力の値としては, 面外荷重強度により大きな影響を受けるが, 比の値にすると, λ_b が20より大きければ, 影響は少ない。

k_s の影響: ブレース材が十分に配置されているため, 支材の曲げ剛性は非線形性に影響を及ぼさない。図では $k_s=0.1$ の場合のみを示している。

ϕ の影響: 図-6, 9, 10に示すように, M_z, N, N_b においては, $\phi=0.0$ と $\phi=1.0$ で差はなく影響はない。しかし, 面外変位(v)と M_y に関しては, ϕ , つまり, リブのねじり剛性は非線形性にいくらかの影響を及ぼしている(図-5, 8)。

λ_b の影響: 非線形性に対し, 他のパラメータよりもはるかに強い影響を与えている。すなわち, 前述の変位, 断面力のいずれに対しても, λ_b が10から20のみにりて, 急激な非線形性の増加が見られる。この λ_b はブレース材の断面積のみに影響を及ぼすパラメータであり, リブとの断面積比が $1/25$ 以上ならば, v, N, M_z, N_b の面外荷重による非線形性は, 他のパラメータにかかわらず, 10%以下になる。た

に, M_y では断面積比が $1/16$ の時でも, $\phi=0.1$ で約24%, $\phi=1.0$ で約13%の非線形性が生じている。

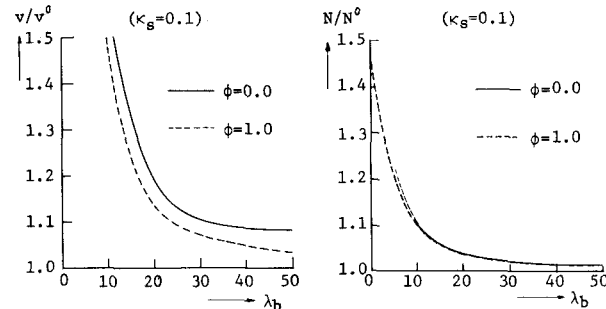


図-8 面外変位(アーチリブクラン) 図-9 軸力(風下側リブ固定端) 図-10 軸力(節点2-3のブレース材)

4. あとがき 以上の計算結果から, 図-1に示すアーチ橋の面外非線形性について, 次のことがいえる。

- (1) アーチリブのねじり剛性, 横構の支材の曲げ剛性は, 非線形性にはほとんど影響しない。
- (2) ブレース材の伸び剛性により, 非線形性は著しい影響を受ける。本計算例では, ブレース材の断面積をアーチリブの断面積の $1/25$ 以上にすれば, 大きな面外荷重に対しても非線形性を10%以下に押えることができる。
- (3) しかし, アーチリブの面内曲げモーメントは, ブレース材の断面積をリブの $1/16$ にしても, 面内荷重が大きい場合には, 面外荷重が小さくても約11%程度の非線形性が生じる。

本研究は, 当時大学院生であった, 現本四公団勤務の中村 守氏が作成したプログラムを改良して行ったものであり, 記して謝意を表したい。なお, 計算には, NEAC 2200-700(大阪大学大型計算機センター)を用いた。

11前田 林 中村: 立体骨組構造物の大変形解析, 関西支部年次学術講演要覧, 昭和49年5月, 2)道路橋示方書, II, 11.3節