

サブワイヤを用いたアーチ構造面外座屈防止効果

熊本大学大学院 学生員○西野公雄 熊本大学工学部 野尻泰正 藤川真一
熊本大学工学部 正員 小林一郎 熊本大学工学部 正員 山尾敏孝

1. はじめに アーチ構造においてスパンを長くすると面外座屈が大きな問題となる。そこで、長スパンアーチの面外座屈を防止する一手法として図-1に示すようにアーチリブ内の上端、下端にローラーを設けサブワイヤを張り、このサブワイヤに一定張力を導入し、面外移動を拘束しようとする方法を提案するものである。このときサブワイヤに一定張力を与え、アーチリブに鉛直方向の力だけを伝達できるように図-1に示したサブワイヤの角度 $\Delta\theta$ は全て一定とした。このため、図-2に示すような力がアーチリブへ伝達される。また、サブワイヤの両端はアーチリブに定着するのではなく、他に設けたアンカーに定着する。よって、景観的にも問題ない補剛法となる。本研究では、サブワイヤによる面外座屈防止効果を単一アーチ部材にローラーを取り付け、ローラー数(ワイヤの角度)やワイヤの張力の大きさ等を変化させて調べたものである。

2. ローラーの数 n と軸力 N 本来軸圧縮がかかるアーチリブにサブワイヤを張ったときのモデルを図-3に示す。図-3(a)のようなローラー1個($n=1$)としたサブワイヤの張り方では、アーチ構造をサブワイヤで吊るした構造となるためアーチ両端部の軸力は引張力となり補剛効果も望める。ライズ f とアンカーの設置高 h の関係を表-1に示している。 $n=1$ ではアーチクラウンより30m高い位置にアンカーを設ける必要があり物理的にも不可能と考えられ、サブワイヤがアーチリブ外に大部分露出することで景観的にも問題があると思われる。そこで、ローラー数 n を増やしサブワイヤをアーチリブ内に組み込むことで上記の改善を計ることを考える。図-3(b)に示すような $n=5$ では、 $n=1$ の場合と比較して h を低くすることが可能となる。

表-1 ライズ f とアンカー設置高 h の関係

ローラー数 n (個)	ライズ f (m)	アンカー設置高 h (m)
$n=1$	10.0	40.0 ($h=0.2L$)
	20.0	50.0 ($h=0.25L$)
	30.0	60.0 ($h=0.3L$)
$n=5$	10.0	35.7 ($h=0.18L$)
	20.0	45.4 ($h=0.23L$)
	30.0	54.9 ($h=0.28L$)

一方、ローラー数 n を増やしたときのアーチ両

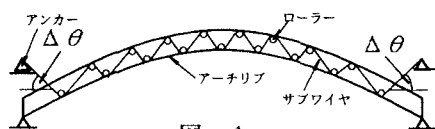


図-1

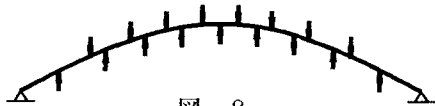


図-2

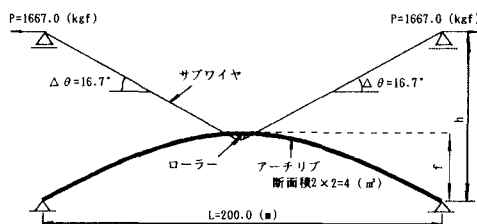


図-3(a) 1個のローラー

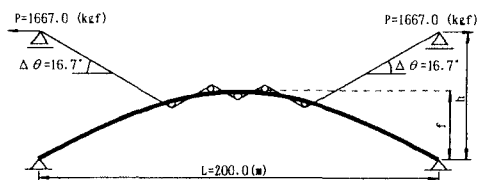


図-3(b) 多数のローラー

端部の軸力 N の変化を調べた結果が図-4である。ただし、 $\Delta\theta$ は n を変化させても一定とし、解析に用いた諸元は図中に示すものである。この図-4から、 n を増加させるとライズ比に関わらず軸力が引張力から圧縮力へと変化することが分かる。よって、サブワイヤの角度や n を調節し軸力が $0(kgf)$ となる状態を作り出すことができれば、その状態がアーチ構造への影響がほとんどないサブワイヤの形状であると考えられる。

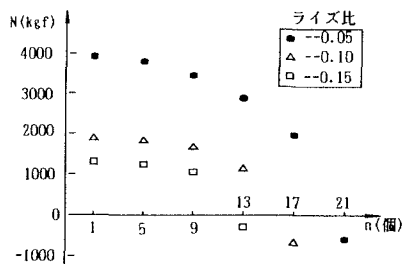


図-4 ローラーの数 n と軸力 N の関係

3. 解析方法 本解析では、主部材を8部材に分割し $n = 5$ であるようなモデル(図-5)について考える。この系に張力 P を与え面外荷重 Q_z をアーチクラウン部に載荷したときの面外方向の変位を非線形骨組み解析により求めた。寸法諸元については表-2に示す通りである。アーチリブ(主部材)及びサブワイヤは骨組み要素とし、ローラーのモデル化については図中に示すような小さなトラスを形成し、前記の条件であるサブワイヤに一定張力を与えかつ主部材に鉛直方向の力だけを伝達できる構造とした。なお、主部材にサブワイヤで与える張力 P は主部材の座屈荷重 $P_{cr} = 1439.0(kgf)$ を目安とした。

表-2 解析モデルの寸法諸元

部材種類	断面積 $h \times b$
主部材 (cm^2)	12.0×1.0
サブワイヤ (cm^2)	1.0×1.0
柱部材 (cm^2)	5.0×1.0
アーチスパン L (cm)	120.0
ライズ f (cm)	12.0
ヤング係数 E (kgf/cm^2)	2.1×10^6

4. 解析結果及び考察 張力 P とアーチクラウン部の面外方向の変位 w との関係を表-3に示す。張力 P を増加させるにつれ面外方向の変位 w は減少するといえる。また、面外荷重 Q_z と面外方向の変位 w との関係を示したものが図-6である。面外荷重 Q_z の増加に伴い面外方向の変位 w の増加分は多少小さくなるが、両者の関係はほぼ比例関係にあるといえる。 w と張力 $P = 0(kgf)$ における変位 w_0 との比較から、変位は $P = 0.1P_{cr}$ の場合約4%、 $P = 0.2P_{cr}$ の場合約8%、 $P = 0.5P_{cr}$ の場合約19%減少していることが分かる。この結果から、張力 P を増加させることでアーチ構造の補剛効果が高めることができると考えられる。

5. おわりに 単一アーチ部材にサブワイヤで張力を作用させた場合の解析が骨組み要素を用いて可能であり、サブワイヤによる補剛効果は張力 P を増加させることによりかなり期待できると考えられることを示した。

(参考文献)

- 1) 崎元達郎：構造力学[上]，森北出版，pp 177～192，1991。
- 2) 菊池陽一：橋梁工学，オーム社，pp 271～286，1967。

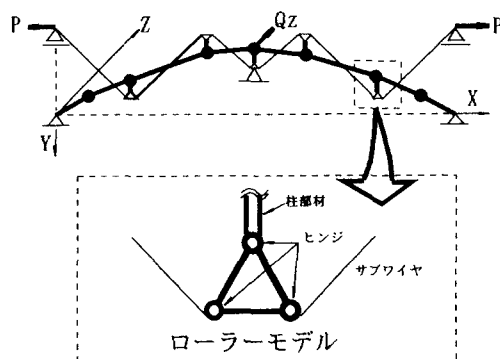


図-5

表-3 張力 P と面外方向の変位 w

張力 $P(kgf)$	面外荷重 $Q_z(kgf)$	変位 $w(cm)$	w/w_0 (%)
$P = 0.0$	50.0	0.263	—
	100.0	0.523	—
	150.0	0.780	—
	200.0	1.030	—
$P = 143.9$ ($P = 0.1P_{cr}$)	50.0	0.252	95.8
	100.0	0.502	95.9
	150.0	0.748	95.9
	200.0	0.989	96.0
$P = 287.8$ ($P = 0.2P_{cr}$)	50.0	0.242	92.0
	100.0	0.482	92.1
	150.0	0.718	92.1
	200.0	0.951	92.3
$P = 719.5$ ($P = 0.5P_{cr}$)	50.0	0.213	81.0
	100.0	0.425	81.2
	150.0	0.630	80.8
	200.0	0.830	80.6

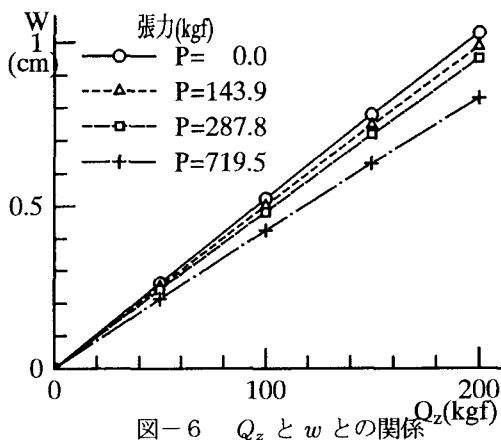


図-6 Q_z と w との関係